Wed. Jun 5, 2019

Room D

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-1

[2D4-OS-1a] 計算社会科学(1)

鳥海 不二夫（東京大学）、笹原 和俊（名古屋大学）、吉田 光男（豊橋技術科学大学）、瀧川 裕貴（東北大学）、榊 剛史（ホットリンク）、高野 雅典（サイバーエージェント）

3:20 PM - 5:00 PM Room D (301B Medium meeting room)

[2D4-OS-1a-01] Proposal of the Method to Construct Landscape Map for Massive Information Propagation on Social Media

〇Takeshi Sakaki[1,2], Fujio Toriumi[2], Masanao Ochi[2] （1. Hottolink, Inc., 2. Univ. of Tokyo）

3:20 PM - 3:40 PM

[2D4-OS-1a-02] The emergence and evolution of communication systems in dilemma games with messaging

〇Naoki Inoue[1], Junya Morita[1] （1. Shizuoka University）

3:40 PM - 4:00 PM

[2D4-OS-1a-03] Analysis of viewers’ comments on Internet TV news

〇Tomosato Nishi[1], Yuki Ogawa[1], Hiromitsu Hattori[1], Fumiaki Taka[2], Masanori Takano[3], Soichiro Morishita[3] （1. Ritsumeikan University, 2. Kanagawa University, 3. CyberAgent, Inc.）

4:00 PM - 4:20 PM

[2D4-OS-1a-04] (Invited talk) Can business cards network approach unresolved problems in social science?

〇Naoki Maejima[1], Tomonori Manabe[1] （1. Sansan, Inc.）

4:20 PM - 5:00 PM

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-1

[2D5-OS-1b] 計算社会科学(2)

鳥海 不二夫（東京大学）、笹原 和俊（名古屋大学）、吉田 光男（豊橋技術科学大学）、瀧川 裕貴（東北大学）、榊 剛史（ホットリンク）、高野 雅典（サイバーエージェント）

5:20 PM - 7:00 PM Room D (301B Medium meeting room)

[2D5-OS-1b-01] Analysis of personal attribute relationships based on online research and social data

〇Baofa Du[1], Kazutoshi Sasahara[1,2] （1. Nagoya University, 2. JST PRESTO）

5:20 PM - 5:40 PM

[2D5-OS-1b-02] Retrieving and analyzing interpersonal relationship from large-scale mobility data.

〇Kimitaka Asatani[1], Fujio Toriumi[1], Masanao Ochi[1], Junichiro Mori[1], Ichiro Sakata[1] （1. University of Tokyo）

5:40 PM - 6:00 PM

[2D5-OS-1b-03] Proposal of a method to estimate insurance claims caused by heavy rain

〇Takeshi Okazaki[1], Oriol Gaspa Rebull[1] （1. Aon Benfield Japan Ltd.）

6:00 PM - 6:20 PM

[2D5-OS-1b-04] Detection of indirect dominance by China on the global shareholding network

〇Takayuki Mizuno[1,2], Mitsuhiro Odaka[1,2] （1. National Institute of Informatics, 2. School of Advanced Sciences, SOKENDAI）

6:20 PM - 6:40 PM

[2D5-OS-1b-05] Expressing Modern/Oldfashioned Racism depending on News Contents of Internet Television

〇Masanori Takano[1,4], Fumiaki Taka[2], Soichiro Morishita[1], Tomosato Nishi[3], Yuki Ogawa[3] （1. CyberAgent, Inc., 2. Kanagawa University, 3. College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, 4. The University of Tokyo）

6:40 PM - 7:00 PM

Room E

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-9

[2E4-OS-9] 顔文字の科学

奥村 紀之（大手前大学）、Michal Ptaszynski（北見工業大学）、Rzepka Rafal（北海道大学）

3:20 PM - 5:00 PM Room E (301A Medium meeting room)

[2E4-OS-9-01] Analysis of Net Slang Expressing laugh at Comments on Nico Nico Douga

〇Shiori Aoyagi[1], Yasuo Kawai[1] （1. Graduate School of Information and Communications, Bunkyo University）

3:20 PM - 3:40 PM

[2E4-OS-9-02] A Multi-class Classification based on the Original Form of Kaomoji using Neural Network

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

○Noriyuki Okumura[1], Rei Okumura[2] （1. Otemae University, 2. National Institute of Technology, Akashi College）
3:40 PM - 4:00 PM

[2E4-OS-9-03] Study on Potential of Automatic Emoticon Generation Based on Emoticon Parts
○Tomoaki Sakai[1], Michal Edmund Ptaszynski[1], Fumito Masui[1] （1. kitami institute of technology）
4:00 PM - 4:20 PM

[2E4-OS-9-04] Convolutional Neural Network for Chinese Sentiment Analysis Considering Chinese Slang Lexicon and Emoticons
○Da Li[1], Rafal Rzepka[1], Michal Ptaszynski[2], Kenji Araki[1] （1. Hokkaido University, 2. KITAMI Institute of Technology）
4:20 PM - 4:40 PM

[2E10-13-5] Panel discussion
4:40 PM - 5:00 PM

Room F

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-5

[2F3-OS-5a] 複雑化社会における意思決定・合意形成のための AI技術(1)

福島 俊一（科学技術振興機構）、福田 直樹（静岡大学）、伊藤 孝行（名古屋工業大学）
1:20 PM - 3:00 PM Room F (302B Medium meeting room)

[2F3-OS-5a-01] Innovation of Large-scale Consensus Support System based on Agent Technologies:A Large-scale Social Experiment using the Automated Facilitation Agent
○Takayuki Ito[1], Daichi Shibata[1], Shota Suzuki[1], Naoko Yamaguchi[1], Tomohiro Nishida[1], Kentaro Hiraishi[1], Kai Yoshino[1] （1. Nagoya Institute of Technology）
1:20 PM - 1:40 PM

[2F3-OS-5a-02] (Invited talk) Towards Realization of Collective Intelligence based on Communication-field Mechanism Design
○Tadahiro Taniguchi[1] （1. Ritsumeikan University）
1:40 PM - 2:00 PM

[2F3-OS-5a-03] (Invited talk) Market design: Designing social mechanisms/institutions based on game theory
○Makoto Yokoo[1] （1. Graduate School and Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University）
2:00 PM - 2:20 PM

[2F3-OS-5a-04] A Preliminary Design and Potential Issues of LOD-based Inter-Domain Querying for a Large-Scale Consensus Support System
○Naoki Fukuta[1] （1. Shizuoka University）
2:20 PM - 2:40 PM

[2F3-OS-5a-05] Opinion dynamics theory considering interpersonal relationship of trust and distrust and media effects
○Akira Ishii Ishii[1], Yasuko Kawahata[2] （1. Tottori University, 2. Gunma University）
2:40 PM - 3:00 PM

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-5

[2F4-OS-5b] 複雑化社会における意思決定・合意形成のための AI技術(2)

福島 俊一（科学技術振興機構）、福田 直樹（静岡大学）、伊藤 孝行（名古屋工業大学）
3:20 PM - 5:00 PM Room F (302B Medium meeting room)

[2F4-OS-5b-01] An annotation method for a discussion model based on the IBIS structure
○Naoko Yamaguchi[1], Tomohiro Nishida[1], Daichi Shibata[1], Shota Suzuki[1], Kai Yoshino[1], Kentaro Hiraishi[1], Takayuki Ito[1] （1. Nagoya Institute of Technology）
3:20 PM - 3:40 PM

[2F4-OS-5b-02] Verification of discussions using consensus building support system organized by city development
○Tomohiro Nishida[1], Takanori Ito[1], Kai Yoshino[1], Daichi Shibata[1], Naoko Yamaguchi[1], Shota Suzuki[1], Kentaro Hiraishi[1], Takayuki Ito[1] （1. Nagoya Institute of Technology）
3:40 PM - 4:00 PM

[2F4-OS-5b-03] Analysis of Discussions with Dealing Rights to Speak Mobile Application
○Hirofumi Masui[1], Takahiro Oshima[1], Tadahiro Taniguchi[1] （1. Ritsumeikan University）
4:00 PM - 4:20 PM

[2F4-OS-5b-04] Filtering of Impertinent Remarks using distributed expression
○Kentaro Hiraishi[1], Daichi Shibata[1], Tomohiro

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Nishida[1], Naoko Yamaguchi[1], Shota Suzuki[1], Kai Yoshino[1], Ahmed Moustafa[1], Takayuki Ito[1]
（1. Nagoya Institute of Technology）
4:20 PM - 4:40 PM

[2F4-OS-5b-05] Issues of social acceptability of autonomous system from the view point of robots
〇Shinichi Fukuzumi Fukuzumi[1], Osamu Sakura[2,1], Hiroshi Nakagawa[1] （1. RIKEN, 2. University of Tokyo）
4:40 PM - 5:00 PM

Room G

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-2

[2G3-OS-2a] データ流通社会における技術基盤と異分野連携(1)

早矢仕 晃章（東京大学）、大澤 幸生（東京大学）
1:20 PM - 2:40 PM Room G (302A Medium meeting room)

[2G3-OS-2a-01] Data Jackets Evolving and Connecting via History of IMDJ
〇Yukio Ohsawa[1], Teruaki Hayashi[1] （1. The University of Tokyo）
1:20 PM - 1:40 PM

[2G3-OS-2a-02] Data visualization method according to thinking process on the data distribution platform with blockchain
Kosuke Miyahara[1], Yusuke Ejiri[1], Eiji Ikeda[1], 〇Hiromichi Sasaki[1] （1. Fujitsu Limited）
1:40 PM - 2:00 PM

[2G3-OS-2a-03] Efficient Privacy-Preserving Prediction for Three-Layer Feedforward Neural Networks Using Ring-LWE-based Homomorphic Encryption
〇Takehiro Tezuka[1], Lihua Wang[1,2], Takuya Hayashi[2], Sangwook Kim[1], Tomoya Tamei[1], Toshiaki Omori[1], Seiichi Ozawa[1] （1. Kobe University, 2. National Institute of Information and Communications Technology）
2:00 PM - 2:20 PM

[2G3-OS-2a-04] Network Growth Process on Cross-disciplinary Data in the Data Platform
〇Teruaki Hayashi[1], Yukio Ohsawa[1] （1. The University of Tokyo）
2:20 PM - 2:40 PM

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-2

[2G4-OS-2b] データ流通社会における技術基盤と異分野連携(2)

早矢仕 晃章（東京大学）、大澤 幸生（東京大学）
3:20 PM - 4:40 PM Room G (302A Medium meeting room)

[2G4-OS-2b-01] Proposing the Enactment of Data Registration
〇Makoto Koike[1,2] （1. Makoto Koike Microwave Research Institute, 2. Micro Patent Office）
3:20 PM - 3:40 PM

[2G4-OS-2b-02] Design of Data Flow Process among Multiple Organizations for PR Measurement
〇Kunihiko Ueshima[1], Taito Tosaka[2], Kohei Taniguchi[3], Teruaki Hayashi[4], Yukio Ohsawa[4]
（1. Japan Data Exchange, Inc., 2. OZMA, Inc., 3. Kikkoman Corporation, 4. School of Engineering, The University of Tokyo）
3:40 PM - 4:00 PM

[2G4-OS-2b-03] (Invited talk) Expectation for data trading
〇Aki Ando[1] （1. ABeam Consulting Ltd.）
4:00 PM - 4:20 PM

[2G05-07-4] Panel discussion
4:20 PM - 4:40 PM

Room I

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-15

[2I3-OS-15a] 人と AIが織りなす新たなエコシステム(1)

中川 裕志（理化学研究所）、山川 宏（ドワンゴ人工知能研究所／全脳アーキテクチャ・イニシアティブ）、浅田 稔（大阪大学）、井上 智洋（駒沢大学）、江間 有沙（東京大学）、金井 良太（アラヤ）、高橋 恒一（理化学研究所）、萩田 紀博（ATR）、堀川 優紀子（ATR）、松原 繁夫（京都大学）
1:20 PM - 3:00 PM Room I (306+307 Small meeting rooms)

[2I3-OS-15a-01] Future Prototyping Methodology for Knowledge Co-creation
〇MIWA NISHINAKA[1], Hideaki Takeda[2], Kunio Shirahada[3], Yusuke Kishita[4], Hisashi Masuda[5]
（1. The Graduate University for Advanced Studies, 2. National Institute of Informatics, 3. Japan Advanced Institute of Science and Technology, 4. The University of Tokyo, 5. Kyoyto University）
1:20 PM - 1:40 PM

[2I3-OS-15a-02] Collective responsibility under AI

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

network
〇shigeo KAWASHIMA[1] （1. Aoyama Gakuin Women's Junior College, RIKEN）
1:40 PM - 2:00 PM

[2I3-OS-15a-03] Analysis of the AI and Society Meeting in Japan
〇Hitomi Sano Sano[1] （1. AI and Society lab in Keio university）
2:00 PM - 2:20 PM

[2I3-OS-15a-04] Gaming Space as an Online Society, and A Consideration about Its AI Implementation for Rapid Transformation Tolerance
〇Shinya Umeno[1], Masaya Nakamoto[1], Tetsuya Nohama[1] （1. Mynet.ai Inc.）
2:20 PM - 2:40 PM

[2I01-04-5] Discussion / Conclusion
2:40 PM - 3:00 PM

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-15

[2I4-OS-15b] 人と AIが織りなす新たなエコシステム (2)

中川 裕志（理化学研究所）、山川 宏（ドワンゴ人工知能研究所／全脳アーキテクチャ・イニシアティブ）、浅田 稔（大阪大学）、井上 智洋（駒沢大学）、江間 有沙（東京大学）、金井 良太（アラヤ）、高橋 恒一（理化学研究所）、萩田 紀博（ATR）、堀川 優紀子（ATR）、松原 繁夫（京都大学）
3:20 PM - 5:00 PM Room I (306+307 Small meeting rooms)

[2I4-OS-15b-01] A Study on Formation of Social Consensus on Personal Data Utilization in AI Society
〇Etsuko Tane[1] （1. The University of Tokyo）
3:20 PM - 3:40 PM

[2I4-OS-15b-02] AI as agency in agency law
〇Ryota Akasaka[1] （1. National Institute of Advanced Industrial Science And Technology）
3:40 PM - 4:00 PM

[2I4-OS-15b-03] (Invited talk) Legal Issues toward the New Ecosystem Interwoven between Human and AIs
〇Satoshi Narihara[1,2] （1. Kyushu University, 2. The RIKEN Center for Advanced Intelligence Project）
4:00 PM - 4:40 PM

[2I05-07-4] Discussion / Conclusion
4:40 PM - 5:00 PM

Room J

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-19

[2J4-OS-19a] 「プロジェクション科学」の発展と応用 (1)

岡田 浩之（玉川大学）、鈴木 宏昭（青山学院大学）
3:20 PM - 5:00 PM Room J (201B Medium meeting room)

[2J11-13-1] Aim of the session
3:20 PM - 3:40 PM

[2J4-OS-19a-01] Towards the mechanism for projection
〇Hiroki Yokoyama[1], Hiroyuki Okada[1], Hiroaki Suzuki[2] （1. Tamagawa University, 2. Aoyama Gakuin University）
3:40 PM - 4:00 PM

[2J4-OS-19a-02] Physics Projection
〇Naoto Iwahashi[1], Hideaki Negoro[1], Soichi Kawano[2] （1. Okayama Prefectural University, 2. Luke System）
4:00 PM - 4:20 PM

[2J4-OS-19a-03] (Invited talk) JIZAI body
〇Masahiko Inami[1] （1. The University of Tokyo）
4:20 PM - 5:00 PM

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-19

[2J5-OS-19b] 「プロジェクション科学」の発展と応用 (2)

岡田 浩之（玉川大学）、鈴木 宏昭（青山学院大学）
5:20 PM - 7:00 PM Room J (201B Medium meeting room)

[2J5-OS-19b-01] Prospects of Studies on Elastic Limb(s) Illusion based on Muscletension-Elastication Correalation
〇Kenri Kodaka[1] （1. Graduate School of Design and Architecture, Nagoya-city University）
5:20 PM - 5:40 PM

[2J5-OS-19b-02] The effect of delayed visual feedback on the full body illusion
〇Itsuki Ohtsuka[1], Sotaro Shimada[1] （1. Meiji University）
5:40 PM - 6:00 PM

[2J5-OS-19b-03] Body Schema Calibration under Virtual Reality
〇Noriki Mochizuki[1], Ryo Suzuki[1], Eimei Oyama[2], Sousuke Nakamura[1] （1. Hosei University, 2. National Institute Advanced

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Industrial Science and Technology）
6:00 PM - 6:20 PM

[2J5-OS-19b-04] The existence of a competitor increases enthusiasm when playing video games:
〇Nobuyuki Kawai[1], Ryuzaburo Nakata[1], Kenta Kubo[1] （1. Nagoya University）
6:20 PM - 6:40 PM

Room K

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-16

[2K4-OS-16a] 臨床の知(1)

諏訪 正樹（慶應義塾大学）、藤井 晴行（東京工業大学）、加藤 文俊（慶應義塾大学）
3:20 PM - 4:40 PM Room K (201A Medium meeting room)

[2K4-OS-16a-01] Consideration on Onigokko as a healthcare content for children in artificial intelligence society
〇Yuushi Hiramine[1,2] （1. Onigokko Association, 2. Onigokko Research Institute）
3:20 PM - 3:40 PM

[2K4-OS-16a-02] Types of Knowledge Emerging from Photos and Language Expression of Experience
〇Haruyuki Fujii[1], Sadayo Hirata[2], Ken-icih Shinozaki[3] （1. Tokyo Institute of Technology, 2. Shibaura Institute of Technology, 3. Nihon University）
3:40 PM - 4:00 PM

[2K4-OS-16a-03] Process of Comprehension of Constructing Dry Stone Walls in Izena in Ryukyu
〇Kenichi Shinozaki[1], Sadayo Hiram[2], Haruyuki Fujii[3] （1. Nihon University, 2. Shibaura Institute of Technology, 3. Tokyo Institute of Technology）
4:00 PM - 4:20 PM

[2K4-OS-16a-04] Toward the Aesthetic Appreciation of the Haptics and Tastes
〇Hiroki Fukushima[1] （1. Kyushu Women's University）
4:20 PM - 4:40 PM

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-16

[2K5-OS-16b] 臨床の知(2)

諏訪 正樹（慶應義塾大学）、藤井 晴行（東京工業大学）、加藤 文俊（慶應義塾大学）
5:20 PM - 6:40 PM Room K (201A Medium meeting room)

[2K5-OS-16b-01] Construction of Design Community by designer and users of place for expression
〇maiko kobayakawa[2,3], takeshi sunaga[1], sunao maruyama[1], tomoki hirano[2], kosuke yamada[4], kakuichi nishimura[3], kentaro watanabe[3], sachiko fujimitsu[5] （1. Tokyo University of the arts, 2. Tokyo University of the Arts Graduate School, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Keio University, 5. Saga University Hospital ）
5:20 PM - 5:40 PM

[2K5-OS-16b-02] On learning through metaphorical imaginations
〇Fumitoshi Kato[1] （1. Keio University）
5:40 PM - 6:00 PM

[2K5-OS-16b-03] Segmental response of the human body to changes in the interrelationship with the environment
〇KAZUYA TANAKA[1], Tomoaki Atomi[2], Wataru Takano[3], Soichiro Fujiki[4], Katsuya Hasegawa[5], Miho Shimizu[6], Yoriko Atomi[6] （1. Teikyo University of science, 2. Kyorin University, 3. Osaka University, 4. Dokkyo Medical University, 5. Japan Aerospace Exploration Agency, 6. Tokyo University of Agriculture and Technology）
6:00 PM - 6:20 PM

[2K5-OS-16b-04] Savage Experiment
〇Takahito Horiuchi[1], Masaki Suwa[2] （1. Graduate School of Media and Governance, Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies, Keio University）
6:20 PM - 6:40 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-1

[2D4-OS-1a] 計算社会科学(1)

鳥海 不二夫（東京大学）、笹原 和俊（名古屋大学）、吉田 光男（豊橋技術科学大学）、瀧川 裕貴（東北大学）、榊 剛史（ホットリンク）、高野 雅典（サイバーエージェント）

Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room D (301B Medium meeting room)

[2D4-OS-1a-01] Proposal of the Method to Construct Landscape Map for Massive Information Propagation on Social Media

〇Takeshi Sakaki[1,2], Fujio Toriumi[2], Masanao Ochi[2] （1. Hottolink, Inc., 2. Univ. of Tokyo）

3:20 PM - 3:40 PM

[2D4-OS-1a-02] The emergence and evolution of communication systems in dilemma games with messaging

〇Naoki Inoue[1], Junya Morita[1] （1. Shizuoka University）

3:40 PM - 4:00 PM

[2D4-OS-1a-03] Analysis of viewers’ comments on Internet TV news

〇Tomosato Nishi[1], Yuki Ogawa[1], Hiromitsu Hattori[1], Fumiaki Taka[2], Masanori Takano[3], Soichiro Morishita[3] （1. Ritsumeikan University, 2. Kanagawa University, 3. CyberAgent, Inc.）

4:00 PM - 4:20 PM

[2D4-OS-1a-04] (Invited talk) Can business cards network approach unresolved problems in social science?

〇Naoki Maejima[1], Tomonori Manabe[1] （1. Sansan, Inc.）

4:20 PM - 5:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

ソーシャルメディア上の大規模情報拡散に関する俯瞰的可視化手法の提案

Proposal of the Method to Construct Landscape Map for Massive Information Propagation on Social Media

榊 剛史 *1,*2 Takeshi Sakaki　鳥海 不二夫 *2 Fujio Toriumi　大知 正直 *2 Masanao Ochi

*1株式会社ホットリンク Hottolink, Inc.　*2東京大学 The University of Tokyo

In recent years, a lot of people pay attention to negative aspects of information publishing by individuals, such as fake news, flames and echo-chamber phenomena. However, information propagation on social media has become a large-scale and complicated phenomenon, and it is difficult for human beings to intuitively understand the whole picture.

Therefore, we propose a method to visualize information propagation on social media in an intuitively understandable form in this paper. Specifically, in the proposed method a clustering method is applied recursively to a social network on Twitter and a hierarchical structure of user communities is constructed. We use the hierarchical structure to visualize information propagation. By using a hierarchical structure, we transform complex phenomena into simpler structures, thereby encouraging human intuitive understanding. We applied the proposed method to the actual case of large information propagation on Twitter and confirmed that reasonable visualization result can be obtained.

1. はじめに

ソーシャルメディアによる情報拡散が実社会に大きな影響を与えるようになった現在，その正の側面・負の側面の双方が顕在化している．特に近年は，炎上やデマ，フェイクニュース負の側面が注目されている．

それに伴い，ソーシャルメディア上での情報拡散を分析し，炎上やフェイクニュースを検知したり，そのメカニズムを明らかにしようとする研究が数多く行われている．それらのうちの代表的なアプローチは２つに分類できると考えられる．

１つ目はエージェントシミュレーションにより情報拡散の基礎的なメカニズムを明らかにしようとするアプローチである．２つ目は，実際のデータを元に情報拡散に関わるユーザの特徴を明らかにしたり，炎上やデマなどの現象を検知しようとするアプローチである．これらのアプローチは情報拡散現象に共通する抽象的な知見を得る意味では有用なアプローチである．しかし，個々の情報拡散の実際の事例について，どのように拡散したかを全体を俯瞰するためには適していない，近代科学において，ある現象を扱うための基礎的なアプローチは「データに基づいて客観的に観測すること」である．しかし，大規模・複雑化したソーシャルネットワーク上での情報拡散を適切に観測するアプローチは確立していない．

本研究では，Twiiter 上の情報拡散を人間が直観的に理解可能な形で可視化する手法を提案する．ソーシャルメディア上での情報拡散を観測可能にすることで，情報拡散を俯瞰的に理解し，分析や対策を容易に行えるようにすることが提案手法の目的である，

本研究では，図１のように Twitter 上の社会ネットワークを階層構造化することで，大規模かつ複雑なソーシャルメディア上の情報拡散をより単純に可視化することを目指す．具体的には，まず Twitter 上の情報拡散行動からユーザ同士の情報拡散ネットワークを構築する．構築したネットワークに，社会ネットワーク分析のクラスタリング手法である Louvain 法を再帰的に適用することで Twitter 上のコミュニティ構造を階層化する．各コミュニティに自然言語処理の特徴語算出手法である tf-idf によるラベリングを行う．さらに Circle − Packing という可視化手法を適用することで，直観的に理解可能なソーシャルメディア上の情報拡散の俯瞰図を作成する．本論文では，いくつの情報拡散事例を提案手法により可視化し，妥当な結果が得られていることを定性的に検証する．今後は提案手法による俯瞰図について定量的に妥当性を評価することを目指していきたい．

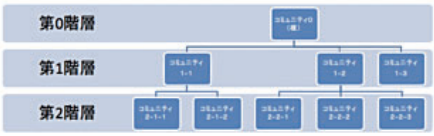


図 1: ソーシャルメディア上の社会ネットワークの階層構造化

2. 関連研究

SNS 上での情報拡散とは，実際には社会ネットワーク上での事象であるため，社会ネットワークの可視化手法が適用できると考えられる．社会ネットワークの代表的な可視化手法としては，クラスタリングを用いた可視化手法があげられる．柴田らの研究なので論文の引用ネットワークに Girvan-Newman 法を適用し，そこから得られるコミュニティ構造を用いて論文ネットワークを可視化している [Shibata 08].

しかし，Twitter 上での大規模な情報拡散においては下記のような理由から，既存手法を利用することが難しい．

1. 既存研究では，ノード数ががたかだか数万のネットワークを扱っていたため，全ノードを点として表示しても，人間が理解可能な画像サイズに収めることができる．一方，SNS 上での情報拡散に関わるユーザ（ノード）の数は数十万〜数百万規模であり，全ノードを点として表示することが難しい．

2. 論文ネットワークの可視化の場合，ジャンル毎に論文の

連絡先: 榊 剛史，株式会社ホットリンク, 東京都千代田区富士見１−３−１１ デュープレックスビズ５Ｆ

部分集合を抽出した上で可視化を行うため，可視化を行う度に結果が異なってしまう．そのため，論文の部分集合毎に比較することが難しい．一方，SNS 上での情報拡散の場合，各情報拡散の事例同士を比較することが難しい．そのため，比較可能な形で可視化することが求められる．

SNS 上の大規模拡散の可視化が，1. ノード数が大規模である，2. 個別の拡散事例を比較する必要がある，という特徴を持つことから，既存手法の適用が困難である，

本研究では，これらの問題点を解消するための新たな可視化手法を提案する．

3. 提案手法

本研究では，Twitter 上の大規模な情報拡散を直観的に理解可能な形で可視化する手法を提案する．

前説において．SNS 上の大規模拡散の可視化には，1. ノード数の大規模性，2. 個別の拡散事例を比較する必要性，という 2 つの問題点があることを述べた．これらの問題点を解決する手段について述べる．

1. については，階層構造を取り入れるで解決することを目指す．複雑系科学においては,「複雑なシステムは一般に階層をもった構造を持つ」とされている [ハーバート・A. 99]．本稿では，この発想を取り入れ，複雑な構造を階層構造により表現することで，直観的に理解可能な形で可視化することを目指す

2. については，Twitter 上の定常的な社会ネットワーク構造を用いることで解決することを目指す．Twitter 全体の定常的なユーザ同士のインタラクション情報から社会ネットワークを構築した後，Twitter 全体を俯瞰できるような俯瞰図の作成を行う．俯瞰図上で，様々な情報拡散の事例を可視化することで，個別の情報拡散の事例を比較することを目指す，ただし，Twitter 全体を対象とすることが困難であるため，本研究では日本語 Twitter ユーザを対象とする．

実際に構築した日本語 Twitter ユーザ全体の俯瞰図は図 2 である．以下では，図 2 を Twitter 俯瞰図と呼ぶこととする．

以下，本節では，Twitter 俯瞰図の見方および構築手順について説明する．

3.1 Twitter 俯瞰図の見方

Twitter 俯瞰図の見方について説明する．

Twitter 俯瞰図とは，図 1 のように階層構造化された Twitter ユーザネットワークのコミュニティ分布を可視化したものである．階層ごとに 1 枚の俯瞰図が作成される．図 2(a) は第 1 階層の俯瞰図であり，図 2(b)　は第 5 階層の俯瞰図である．用いるネットワークは個別の情報拡散事例のデータから構築されたものではなく，ある一定期間の全ユーザ（後述するが，本稿では日本語 Twitter ユーザ）の定常的な情報拡散データから構築されたものである．つまり，Twitter 俯瞰図は，その期間における定常的なユーザの情報拡散関係を表すデータと言える．

図 2(a) は，第 1 階層を表した俯瞰図である．図 2(a) 中の円が一つのコミュニティを表す．また円のサイズは，コミュニティに含まれるユーザ数により相対的に決定される．コミュニティに属するユーザ数が多いほどサイズが大きくなる．また丸ごとにラベルが付与されている．コミュニティ内のユーザプロフィール文から抽出した特徴語が用いられている（ただし，第 1 階層は得られた特徴語をの内容から，人手で再ラベリングを行った）．図 2 ではラベルの文字が読めないが，実際はブラウザで俯瞰図で表示し，マウスオーバーしたコミュニティのラベル名をポップアップで表示する仕様である．円の位置関係は適切に可視化できるように自動的にに決定されたものである．そのため，円同士の近さや隣接性とコミュニティ同士の関係性にはなにも相関性はない．つまり，Twitter 俯瞰図は，Twtiter ユーザの定常的な情報拡散に基づくコミュニティ分布のうち，規模と特徴ラベルを可視化したものである，1 つ下の層では，個別の円，つまり個別コミュニティの中のコミュニティ分布が再帰的に表現されている．

Twitter 俯瞰図に対し，個別の事例を用いて各円の塗色を決定する．各円の塗色は, 対応するコミュニティに属するユーザのうち，個別の拡散事例に関わったユーザの数で相対的に決定される，つまり，色が濃ければ濃いほど，関わったユーザが多いことがわかる．つまり，これが特定の円のみが濃い色で塗られていれば，ある情報拡散に関わったユーザ群はそのコミュニティに偏っていることが分かる．逆に，複数の円が薄い色で塗られていれば，そのユーザ群は複数のコミュニティに広く広がっていることとなる

Twitter 俯瞰図が階層化されているメリットは，全体的な俯瞰とより細部の俯瞰が両方実現できることである．全体を俯瞰したければ，第 1 階層の俯瞰図を見ればよい．より細部を見たければ第 2 階層，第 3 階層と下の層の俯瞰図を見ればよい．

次に具体的事例に基づいて Twitter 俯瞰図の見方を説明する．図 3 では，著者本人（tksakaki）のフォロワーリストに基づいて，Twitter 俯瞰図に色を塗っている．

まず，第 1 階層について図 3 と図 2(a) を比較すると,「ミドルエイジ」のクラスタに多くのフォロワーがおり，逆にそれ以外のクラスタには殆どフォロワーがいないことがわかった，つまり，自分は日本語 Twitter ユーザ上では、非常に偏った領域のユーザにフォローされていることがわかる．次に第 5 階について，図 3 と図 2(b) を比較すると，第 5 階層では，1 つのコミュニティの色が濃くなっている．これは「研究科の一覧,21 世紀 COE プログラム・プログラム一覧, 日本学術振興会賞」というラベルを持ったコミュニティである．つまり，自分は「ミドルエイジ」「のクラスタの中でも，研究者関連の語をプロフィールに持つユーザに多くフォローされていることが分かる．これより，自分は Twitter の中でも研究者コミュニティに属していると判断することができる．

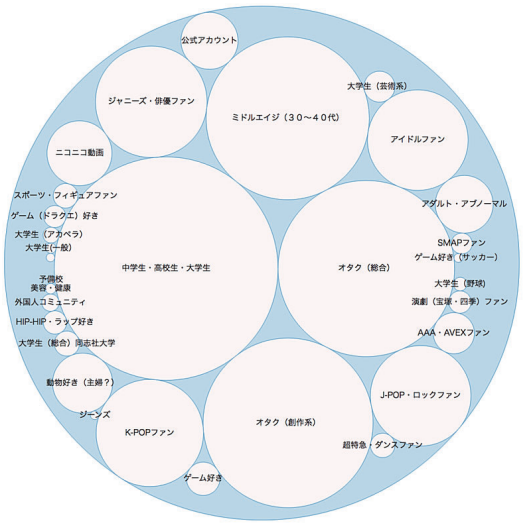
このように Twitter 俯瞰図を用いて個別の情報拡散事例に関わったユーザのコミュニティ分布を階層的に可視化することで，情報拡散の多様性と規模を直観的に理解できると考えられる．

3.2 俯瞰図構築の手順

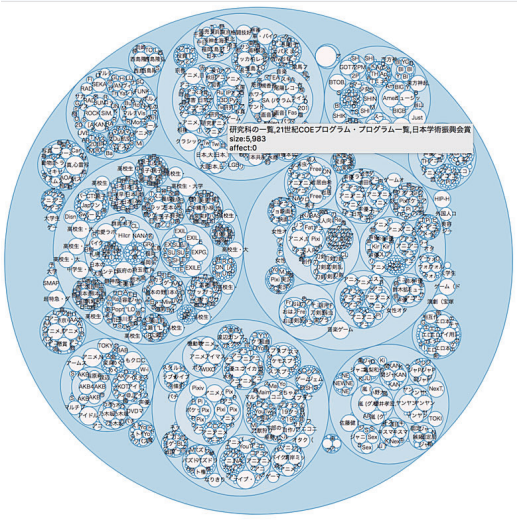
ここでは，Twitter 俯瞰図の構築手順について説明する．大まかな手順は以下の通りである．

1. 一定期間の Twitter ユーザ同士のインタラクション情報から，Twitter ユーザ間のネットワークを構築する
2. 構築したネットワークに対して，クラスタリング手法を適用し，ユーザをコミュニティに分割する
3. 得られたコミュニティについてラベルを付与する
4. コミュニティ規模が大きい場合，再帰的に 2，3 を適用する（再帰的なクラスタリングのことを以下、サブクラスタリングと呼ぶ）
5. 得られた階層的なコミュニティ構造について, 階層構造に適した可視化手法を適用する

以下，各ステップについて詳細に述べる．



(a) 深さ 5 の Twitter 俯瞰図



(b) 深さ 1 の Twitter 俯瞰図

図 2: Twitter 俯瞰図

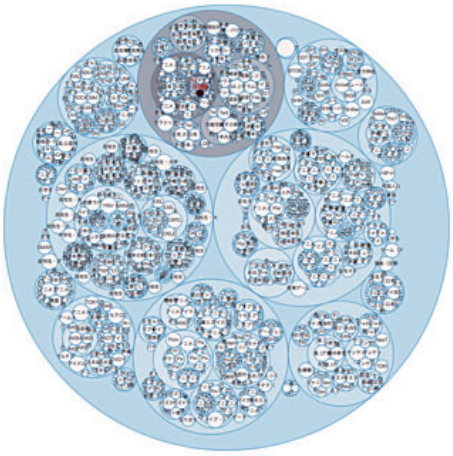


図 3: tksakaki のフォロワー群による俯瞰図

3.2.1 ネットワーク構築

Twitter ユーザの同士のインタラクションからネットワークを構築する，Twitter ユーザネットワークを構築するために手掛かりとして用いられるインタラクションはいくつかあるが，本稿では，リツイート情報を用いる，リツイートとは，1 クリックで，他のユーザの投稿をコピーし，元投稿のユーザを明示した上で，自身に向けてリンクを張っているユーザに対して再発信できる機能である．その手軽さ故に多くのユーザが使っている機能であり，またデータ収集も容易であることから，リツイート情報を用いることとした．

3.2.2 クラスタリング

本稿では，社会ネットワークのクラスタリングに用いられる Modularity-Optimization の手法を採用する，Modularity Q とはクラスタの結合度合いを表す指標であり，式 1 で表される，これが高ければ高いほどネットワーク全体のよくクラスタリングされていると考えられる．本稿では，既存研究で使われていた Louvain 法を用いる [Blondel 08]．式 1 において，$e_{i,j}$ は「コミュニティ$_{i,j}$ に属するノード同士が繋がるリンク数の全リンク数に占める割合」，a_i^2 は $e_{i,i}$ の期待値を表す．

$$Q = \sum_i \left(e_{i,i} - a_i^2\right) \tag{1}$$

クラスタリングにより得られるクラスタをコミュニティとして抽出する．

3.2.3 コミュニティへのラベル付与

本稿では，各コミュニティに関連するドキュメント集合をコミュニティ文書と見なし，各コミュニティ文書に特徴的な語を抽出し，それによりクラスタをラベリングする．

最初に各コミュニティに含まれる全ユーザのプロフィール文を結合して，コミュニティ文書とした，

次に同じ階層にいる全コミュニティのコミュニティ文書を全文書集合として，tf-idf 法を適用することで，各コミュニティ文書に特徴的なキーワードを抽出し，コミュニティのラベルとして用いた．tf-idf 法とは，自然言語処理でよく使われる特徴語抽出手法であり，全文書集合に対して，個別の文書に特徴的な語を抽出する機能である．

ただし，第 1 階層・第 2 階層のコミュニティはサイズが大きいものが多く，説明力が高い特徴語を付与することが難し買ったため，得られた他特徴語から人手で再度ラベルを付与した．

3.2.4 サブクラスタリング

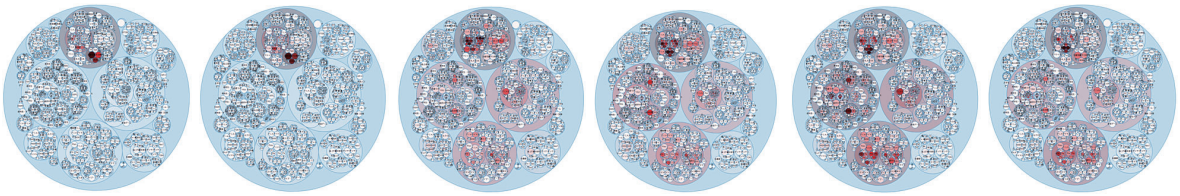
本稿では，サブクラスタリングについて説明する．2. において RT ネットワークからクラスタを抽出したが，可視化の観点からは，得られたコミュニティはサイズが大きく，これだけでは不適であった．

そこで，1 回目のクラスタリングで得られたコミュニティのうち，サイズが閾値 th_{clsize} を超えるものについては，再度クラスタリングを行う，そうして 2 回目のクラスタリングで得られたクラスタのうち，サイズが閾値 th_{clsize} を超えるものについては再度クラスタリング行う，という手順で，再帰的にクラスタリングを適用する．

これにより一定規模以下のコミュニティが大量に得られることとなる．本稿では最初のクラスタリング結果を第 1 階層，それ以降の深さ n のクラスタリング結果を第 n 階層と呼ぶこととする．ただし，深さは最大 th_{depth} になるようにし，それ以上はクラスタリングを適用しないこととした．本校では，$th_{depth} = 5$，$th_{clsize} = 1000$ とした．

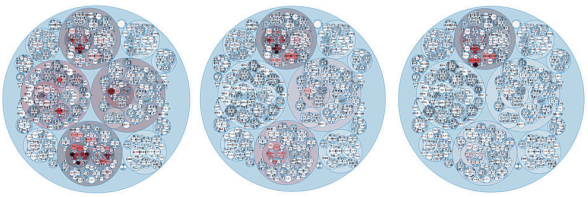
3.2.5 可視化

本稿では，階層構造の可視化手法の筆頭である Circle Packing を用いることとした．具体的には，階層構造を可視化するためのパッケージである．ここでは D3.js に準備されている



(a) 1 月 3 日　(b) 1 月 4 日　(c) 1 月 5 日　(d) 1 月 6 日　(e) 1 月 7 日　(f) 1 月 8 日以降

図 4: ZOZOTOWN 事例における俯瞰図の変化



(a) マクドナルド　(b) 御嶽山　(c) オリンピック

図 5: 大規模バーストにおける俯瞰図

Circle Packing のモジュールを用いて可視化を行った *1.

4. 事例紹介

今回は，我々の既存研究で用いたバースト現象のデータに加え，直近のバースト現象のデータを用いて，可視化を行う．

本稿では下記のようなデータを用いて，Twitter ユーザネットワークの構築・コミュニティの抽出およびふ Twitter 俯瞰図作成を行った．

投稿期間 2017 年 5 月 1 日〜7 月 31 日

利用データ 日本語 10%サンプリング

抽出投稿 公式 RT すべて

4.1 利用データ

我々の既存研究では，トピックエントロピーという値を用いて話題の多様性を評価している [鳥海 17]．本稿ではこれらのデータのうち，多様性が高いと評価された事例としてマクドナルドの異物混入事件（以下，マクドナルド事例）と御嶽山噴火前後のバースト（事例「以下，御嶽山事例），多様性が低いと評価された事例としてオリンピックエンブレム盗作騒動（以下，オリンピックエンブレム事例）の 3 つの事例を用いる．また直近のデータとして，ZOOTOWN 前澤社長の 1 億円プレゼントの事例（以下，ZOZOTOWN 事例）を用いる．特に ZOZOTOWN 事例では，キャンペーン前後の俯瞰図の時間変化を確認する．表 1 にデータセットの概要を示す．

表 1: データセットの概要

事例	件数	期間
マクドナルド	959,792	2014.12-2015.01
御嶽山	1,097,091	2014.09-2014.10
オリンピック	3,161,798	2015.07-2015.09
ZOZOTOWN	6,971,571	2019.01-2019.01

4.2 事例分析

図 5 に過去論文のデータを可視化した結果を示す．過去論文で多様性が高いと評価されたマクドナルド事例，御嶽山事例においては，確かに Twitter 俯瞰図上の幅広いユーザが反応していることがわかる．特に 1 層目に注目しても，「中学生・高校生・大学生」「ミドルエイジ」「「オタク（総合）「オタク（創作系）などである．一方，オリンピック事例においては，反応したユーザがミドルエイジに偏っている．第 2 階層以降に注目すると，ミドルエイジ（政治・社会・経済：左翼系）」など政治に強い興味を持つコミュニティに特に偏って拡散していることが分かる．

図 4 に ZOZOTOWN 事例の俯瞰図の時系列変化を示す，お年玉キャンペーンが行われる前の 1 月 3 日，4 日においては，「ミドルエイジ」のユーザが多く反応しているのがわかる，しかし，5 日にキャンペーンが始めると，一気に反応しているユーザが広がるのが分かる．5 日と 7 日を比較すると，キャンペーン開始時よりも終了時の方がさらに情報がより広く拡散していることが分かる．また，8 日以降も ZOZOTOWN が幅広く話題になっていることがわかる，このように ZOZOTOWN の事例では，キャンペーン当初から幅広いユーザが ZOZOTWON についてつぶやいており，またキャンペーン後にもその影響が残っていることが分かる．

5. おわりに

本研究では，SNS 上での大規模な情報拡散を直観的に理解するために，コミュニティ抽出と特徴語抽出の手法を組み合わせることで，Twitter 全体を俯瞰する俯瞰図を構築する手法を提案した．ただし，本論文では事例を通じた定性的な妥当性評価しか行っておらず，その評価も十分ではない．今後この手法について，定量的な評価を行い，手法の妥当性を検証していきたい，また既存研究で提案しているトピックエントロピやトピッククラスタリングの手法を組み合わせることで，より直観的にわかりやすい可視化を目指していきたい．

参考文献

[Blondel 08] Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., and Lefebvre, E.: Fast unfolding of communities in large networks, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, Vol. 2008, No. 10 (2008)

[Shibata 08] Shibata, N., Kajikawa, Y., Takeda, Y., and Matsushima, K.: Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications, *Technovation*, Vol. 28, No. 11, pp. 758 – 775 (2008)

[ハーバート・A. 99] ハーバート・A. サイモン F システムの科学 〔第 3 版〕, パーソナルメディア (1999)

[鳥海 17] 鳥海不二夫, 榊剛史 F バースト現象におけるトピック分析, 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 6, pp. 1287–1299 (2017)

*1 https://beta.observablehq.com/@mbostock/d3-circle-packing

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

メッセージ付きジレンマゲームにおけるコミュニケーションシステムの成立と変化

The emergence and evolution of communication systems in dilemma games with messaging

井上直紀 *1　森田純哉 *1
Naoki Inoue　Junya Morita

*1静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

This research focuses on the emergence and evolution of human communication system, following Machiavellian intelligence hypothesis, which claims social intelligence resulted from the successful exploitation of rivals for personal benefits. Based on the framework of experimental semiotics, we design a dilemma game with messaging as a means to explore what kind of communication system is emerged and how it evolves in the laboratory experiment. In this game, graphical symbols are generated through interaction between pairs of players, and a dilemma of sharing and monopoly of rewards occurs. We consider that such a situation produces concealment of the betrayal intention utilizing the ambiguity of the symbols. The emergence and evolution of the novel communication system was examined with a small laboratory experiment. Our data suggested that this game causes ambiguity of communication protocol like polysemy.

1. 序論

人間は社会生活において相手の考えを推定しながら自己の利益を追求するようなコミュニケーションを行っている．コミュニケーションにおいて，他者がどのように考えているかをその人に成り代わって想定することは，高度な知能を必要とする．人間がこのような高い知能を得た理由として，マキャベリ的知性仮説が提案されている．この仮説は，人間などの類人猿の知能の進化の原因を，集団社会の中での他者推定のコミュニーションに求めるものである．そのようなコミュニケーションができる知能を持った集団の環境において，それぞれの個体の適応性が向上することで，現在の人間のような複雑なコミュニケーションを操る種が誕生したと考えられている [Byrne 95].

一方，近年は言語コミュニケーションの起源と進化過程に関する認知科学的研究が盛んに行われている [Scott-Phillips 10]. 例えば，Galantucci は通常のコミュニケーションが制限されたビデオゲーム環境下で協調的な課題を課すことで，二者間の相互作用によって，通常の言語のような図形と意味の対応づけのシステム（以下,「コミュニケーションプロトコル」という）が新規に成立することを確認した．[Galantucci 05, Galantucci 09]. Galantucci らの研究を受け，金野らは Galantucci らの実験課題をより制限することで分析を容易にする実験課題を設計した．2×2 マスのマップ上からペアがそれぞれ 1 回の移動によって，共通の場所で出会う協調ゲームを課題とした．初期状態において，ペアに参加するプレイヤーは互いの位置を知ることができず，移動に先立って，5 種類の図形を二つ組み合わせてメッセージとして交換するとで，共通の移動先を決定することを求められた．メッセージに使用される図形は，実験開始の当初は意味が付与されておらず，課題を繰り返すことで徐々に意味づけが行われ，コミュニケーションプロトコルとして成立することが確認された [金野 16]．以上のように認知科学的視点から言語コミュニケーションの成立と進化に関して数多くの議論が行われてきた．しかしながら，これらの先行研究は扱う課題の状況が単純という問題がある．特に従来の研究では，コミュニケーションを行う実験参加者の保持する目標が協調的な関係にある課題のみを扱ってきた．これに対し，より現実の社会に近いモデルを考えるのであれば，協調だけでなく裏切りが行えるようなジレンマ要素を含む課題の設定が必須と言えるだろう．

本研究ではマキャベリ的知性仮説に従いつつ，既存の協調コミュニケーションに関する研究を拡張した実験を行う．それにより，人間の知能の進化過程の示唆に有用な知見を得ることを目指す．それに対するより具体的な問いとして本研究では，通常の言語コミュニケーションが制限された環境下でジレンマ状況を与えることでどのような言語的なコミュニケーションプロトコルが成立し得るのか探索し，参加者同士の相互作用によってどのような変化が起きるのか検討する．

2. 方法

実験は 3 ペア，6 人を対象に実施した．実験参加者は 20〜24 歳 ($M_{age} = 21.7, SD_{age} = 1.25$) の男性であった．本実験はどのような条件下でコミュニケーションプロトコルが成立，進化するのかを明らかにすることを目的としている．よって実験環境に複数のパラメータを設けることでその条件を探索的に検討した．

本実験では金野らの研究を踏襲し，実験課題としてゲームを用いた．ゲームは複数ラウンドから構成され，各ラウンドは「部屋割り当て」,「メッセージ交換」,「移動」の 3 フェーズから構成される．本研究では金野らの研究を拡張し，マップを 3×3 に拡大し，メッセージとして使用できる図形の数を 10 種類に増やした．さらにジレンマ状況を構築するため，2 名のプレイヤーに加え,「報酬」を新たにマップに与えた．ゲーム中，各プレイヤーは隣の部屋に存在するプレイヤー，あるいは報酬を視認することが可能であった．両プレイヤーのメッセージ交換・部屋移動が終わると次のラウンドがはじまり，2 名のプレイヤーのいずれかが報酬の配置された部屋に移動すると各プレイヤーおよび報酬はマップ上に再割り当てされ，次のラウンドが始まる．このような状況の中で，報酬の独占（報酬を一人で取得する）と共有（報酬を二人が同時に取得する）のジレンマが生じる設計を目指す．

連絡先: 井上直紀，静岡大学 情報学部，〒 432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1，ia15003@s.inf.shizuoka.ac.jp

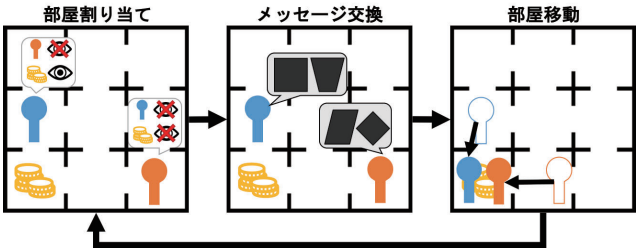


図 1: 実験課題

表 1: 実験の流れ

時間 (m)	フェーズ	
5	実験全体の教示	
10	協調ゲームの説明	協調フェーズ
30	協調ゲームの実施	協調フェーズ
10	協調ゲームのアンケート	協調フェーズ
5	ジレンマゲームの説明	ジレンマフェーズ
30	ジレンマゲームの実施	ジレンマフェーズ
10	ジレンマゲームのアンケート	ジレンマフェーズ
120	所要時間合計	

実験の流れを表 1 に示す．本実験は大きく「協調フェーズ」と「ジレンマフェーズ」の二つに分けられる．まず，協調フェーズで「共有でしか得点が得られない（二人が同時に報酬を取らなければならない）」という条件の中で，上記の課題を遂行する．協調フェーズは，プレイヤー間で互いの意思疎通をある程度可能な状態にするコミュニケーションシステムを構築するために設定する．次に，ジレンマフェーズで「共有することも独占することもできる（二人同時に報酬を取ることも一人で取ることもできる）」という条件で課題に取り組む．これにより裏切りの意図の隠蔽などの騙しのコミュニケーションの生起を図る．ジレンマフェーズでは独占によって得られる得点 (m:monopoly) と共有によって得られる得点 (s:sharing) の比率が実験参加者の行動に大きな影響を与えると考えられる．よって本研究では実験参加者に m が s の 2 倍であると教示した $m > s$ 条件と m と s が等しいと教示した $m = s$ 条件，m が s の 1/2 であると教示した $m < s$ 条件を設定した．なお，いずれの条件においても報酬を取らなかったラウンドは失敗（f:failure）とし，f は 0 ポイントとした．

協調フェーズではまずゲームのルールの説明後，課題における目標を「二人の得点の最大化を目指すこと」と教示したその後前述の条件下で課題を実施し，2 名のプレイヤーが 6 回報酬を共有することに成功した後，もしくはゲーム開始から 30 分経過した後にゲームを終了し，実験内容に関するアンケートを行なった．ジレンマフェーズではまず報酬の取得に関わるルールの変更について説明した後，課題における目標を「自分の得点の最大化を目指すこと」と教示した．ジレンマフェーズにおけるゲームは，ゲーム開始から 30 分経過後に終了した．実験の最後に，ジレンマフェーズでの振る舞いに関わるアンケートが実施された．

なお，それぞれのゲーム実施中は自分の考えをメモ用紙に記入するよう教示した．また，バイアスになることを避けるため，教示内ではゲームの基本ルールと得点が得られる条件のみ説明し，ゲームが協調課題であるかジレンマ課題であるかの説明は行っていない．

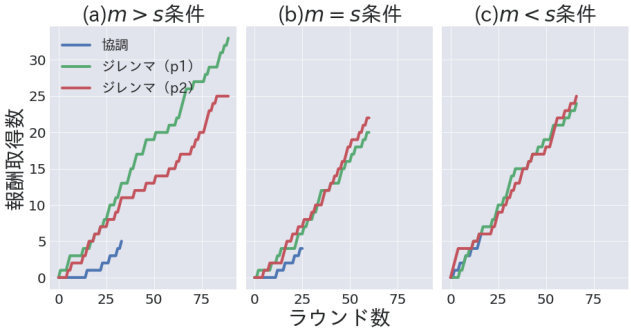


図 2: 報酬取得数の推移

3. 結果

3.1 行動分析

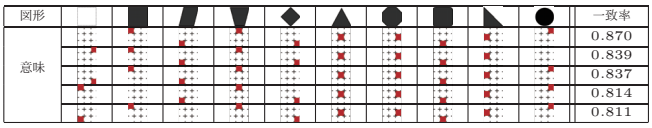
各条件において，ペアを組んだ二人のプレイヤー (p1,p2) が協調フェーズとジレンマフェーズで報酬を取得した累積回数の推移を図 2 に示す．図 2a から，$m > s$ 条件のジレンマフェーズにおいて他条件に比べプレイヤー間の報酬を取得した回数に大きな差が生じていることが確認される．これに関連して，ジレンマフェーズ後のアンケートにおいて，$m > s$ 条件の p1 は自分のことだけを考えたと回答し，p2 は相手が協力しなかったため次第に意思疎通の気力が失われたと回答した．さらに，$m = s$ 条件の p1 は「相手が 1 回嘘をついたのでそれから相手を信じなくなりました.」と回答し，$m < s$ 条件の p2 は実験後の内省報告において相手と協調フェーズで形成したコミュニケーションプロトコルを逆手にとって，でたらめなメッセージを送ることで撹乱しようとしていたという趣旨の回答をした．

3.2 メッセージ分析

メッセージ分析について，鮫島らは実験記号論を利用した協調ゲームにおける記号生成確率モデルを用いて実験参加者のメッセージデータの分析を行った [鮫島 16]．本研究では鮫島らの分析手法を参考にし，モデルと実際のデータの比較を行うことでメッセージデータを分析した．本実験では実験参加者にメッセージを送る際に自分の中でルールを決めて送信するよう教示した．そのため，まずプレイヤーが決めたルールを行動データから導くことができるのかを検討する．さらに，行動とメッセージの組み合わせが他のプロトコルに当てはまる可能性がないか，つまり形成された言語にどの程度多義性が見られるのかを検討する．

本来，新規なコミュニケーションにおいては，コミュニケーションプロトコルとして想定し得る図形の意味づけの組み合わせ全ての中から相手とのやり取りによって徐々に候補を絞っていくと考えられる．しかしながら，全ての可能性を考慮すると，候補となる組み合わせ数が極めて膨大になり，分析が困難である．そのためまず，アンケートから得られた情報を元に，本実験において成立したコミュニケーションプロトコルを分類した．アンケート結果によると $m > s$ 条件のプレイヤー双方ともに各マスに空白以外の 9 種類の図形を当てはめるように意味づけすることでコミュニケーションを取ろうとしていた（以下,「絶対座標タイプ」という）．また $m < s$ 条件の p1 は，自分から見た報酬の相対的な位置を上下左右の 4 方向をそれぞれ 4 種類の図形に当てはめ，自分が報酬を発見している（報酬に隣接した部屋にいる）ときとそうでないときにそれぞれのフラグに 2 種類の図形を使い，それを組み合わせることで意思疎通を図ろうとしていた．その他のプレイヤーは分析が困難な，

表 2: $m > s$ 条件のゲーム全体の平均一致率上位 5 位までの候補プロトコル



図形											一致率
意味											0.870
											0.839
											0.837
											0.814
											0.811

より複雑なプロトコルでコミュニケーションを取ろうとしていた．本項ではアンケートから得られたコミュニケーションプロトコルのタイプのうち絶対座標タイプについてのみ分析した．

前述の通り，絶対座標タイプは 9 種類で行き先を表すことができるので，送ることができる図形の二つの組み合わせのうち片方のみで行き先を表すことができる．本実験においても $m > s$ 条件の片方のみ実質的なメッセージとして使用していた（他方は協調ゲームの 89.7%のラウンドにおいて同一の図形（空白）を送り続けていたため使用していないと判断した）．よって，絶対座標タイプにおいてある片方のみ使用していたと仮定したとき，想定可能なコミュニケーションプロトコルの組み合わせは 10 種類の図形を 9 種類の行き先+未使用図形 1 種類=計 10 種類の意味から選ぶ順列組み合わせであり，${}_{10}\mathrm{P}_{10} = 10! = 3628800$（通り）となる．

本研究で行った分析では得られた実験データを分割し，ウィンドウごとにずらして比較するスライディングウィンドウ法を用いた．本研究では実際の行動データ（実際の行き先）と各条件，各プレイヤーの各プロトコルを用いるモデル（あるプロトコルを用いたときメッセージから想定される行き先）との一致率をウィンドウ幅 10 ストライド 1 で分析したものをヒートマップで可視化した（図 3）. 緑枠で囲まれた部分が協調ゲーム，赤枠で囲まれた部分がジレンマゲームの結果である．

この図において，y 軸は，本研究において正解プロトコルになりうる全てのコミュニケーションプロトコル（図形の意味づけ）約 360 万通りのゲーム全体での平均一致率上位から順に並べたものである．一方 x 軸は前述したウィンドウごとにまとめて分割された各ラウンドでとった行動（実際の行き先）である．この図は凡例から分かる通り，一致率が 1 に近づくほど白く明るく，0 に近づくほど黒く暗く着色されている．つまり図 3 において，各ヒートマップ内で明るい行があればその行が一致率の高いコミュニケーションプロトコルであり，明るい列があれば，多くのコミュニケーションプロトコルに当てはまるような行動をとっていたという意味となる．

なお，絶対座標タイプであった $m > s$ 条件において，この分析手法を用いて，もっともゲーム全体の平均一致率が高いものを参照すると，$m > s$ 条件のプレイヤーがアンケートにて回答したコミュニケーションプロトコル（以下,「正解プロトコル」という）と同一のものであった．以上のことからこの分析手法は一定程度信頼できると言える．正解プロトコルを含め，ゲーム全体の平均一致率が上位 5 位までのプロトコルを表 2 に示す．

また，これらのメッセージ分析に関連するアンケート結果として，コミュニケーションの内容について問う設問に対し,「意味が分かった図形と分からない図形が最後まで混在していた」（$m < s$ 条件 p2）,「自分と相手で同じ記号に対して別の意味で使用していた」（$m = s$ 条件 p1）といった回答があった．

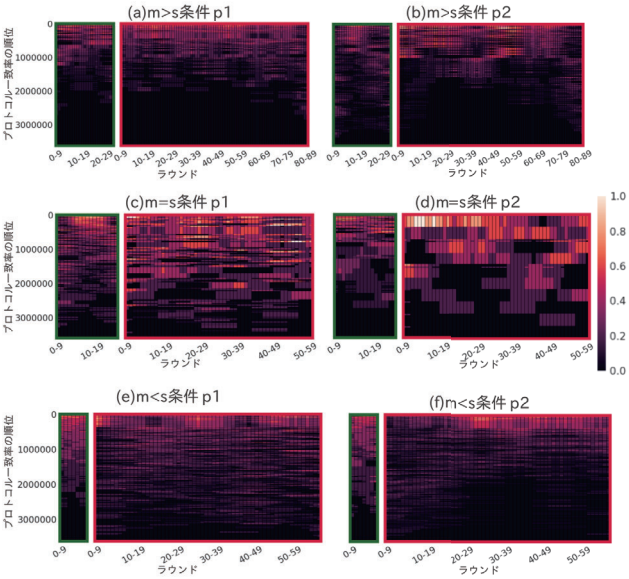


図 3: 各プレイヤーにおける各プロトコルと実際の行動の一致率

4. 考察

4.1 パラメータの調節による変化について

$m > s$ 条件の報酬取得数の推移（図 2a）から，このペアにおけるプレイヤー間の関係性が，搾取をする側（報酬を独占する側）とされる側に分かれていたと解釈できる．この解釈は，アンケート結果からも支持される．これにより，ゲーム内における行動およびコミュニケーションの内容が，実験で設定されるパラメータによって変化する可能性が示唆された．これは $m > s$ 条件のアンケート結果からも支持される．また他の主観評価からも，協調ゲームからジレンマゲームにかけて，ジレンマ要素の追加によって相手を裏切って報酬を騙し取るようなコミュニケーションが生起していたと考えられる．

4.2 言語の曖昧性について

言語の曖昧性について関連する結果について，$m > s$ 条件のメッセージと行動の一致率（図 3a,b）を協調フェーズとジレンマフェーズで比較すると，協調ゲームの序盤はヒートマップが全体的に暗い．これは候補となるプロトコルが分散していたことを意味する．しかしながら，協調ゲームの終盤からジレンマフェーズにかけては明暗が明確に別れ，候補となるプロトコルが収束していることがわかる．一方で最終盤においてもいくつか明るい部分は確認できるため，複数のプロトコルが候補として推定できる．このことは $m = s$ 条件と $m < s$ 条件からも確認できる．これらの条件のペアは本来絶対座標とは全く異なるタイプのプロトコルでやりとりしていた．しかしながら図 3c–f を確認すると絶対座標タイプが候補になり得る可能性も一定程度残されていることが示される．この結果は同じ図形に対して全く異なる意味づけを行っているにもかかわらず，異なる意味に解釈することもできるような状況が生起している可能性を示唆する．これはアンケートにおいても同様の趣旨の記述があったことからも支持される．

これらの結果から実験で生成されたコミュニケーションプロトコルがある一つの図形に対し，曖昧な意味づけや，多義性を持った意味づけがなされていた事例があったことを示している．

5. 結論

5.1 まとめ

本研究では 6 名 3 ペアを対象に参加する予備的な実験を行った．実験ではメッセージ付きジレンマゲームを用いることで，コミュニケーションプロトコルが成立し，変化する過程を観察した．実験で得られた行動データおよびメッセージデータの分析やアンケートの回答により，実験内で成立した言語的コミュニケーションプロトコルには多義語のような曖昧性が生じていたことが示された．また，協調フェーズにおいて二者間の合意のもと生成されたコミュニケーションプロトコルを，ジレンマフェーズにおいて意図的に異なる意味で用いることで，相手に対する裏切りの意図の隠蔽が行われていた可能性が示唆された．

5.2 今後の課題

本実験は予備的な実験として行われたものである．そのためゲーム課題の設計におけるパラメータ部分に幅をもたせて設定した．特に各ペアにおいて得点の条件を変えたため，比較や検討が困難になっている．また実験対象が 3 ペア 6 人と母数が少ないため，実験結果が実験課題や条件ではなく，実験参加者の特性に依存する可能性があり，データの信頼性の観点で疑問が残る．よってさらに実験を行うことでより多くのデータを収集する必要がある．その際は本研究で得られた知見を元により目的を絞った課題設計および実験環境を整備することが今後の課題となる．

参考文献

[Byrne 95] Byrne, R. W.: *The thinking ape: Evolutionary origins of intelligence*, Oxford University Press on Demand (1995)

[Galantucci 05] Galantucci, B.: An experimental study of the emergence of human communication systems, *Cognitive science*, Vol. 29, No. 5, pp. 737–767 (2005)

[Galantucci 09] Galantucci, B.: Experimental semiotics: A new approach for studying communication as a form of joint action, *Topics in Cognitive Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 393–410 (2009)

[Scott-Phillips 10] Scott-Phillips, T. C. and Kirby, S.: Language evolution in the laboratory, *Trends in cognitive sciences*, Vol. 14, No. 9, pp. 411–417 (2010)

[金野 16] 金野武司, 森田純哉, 橋本敬：言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ, 計測と制御, Vol. 53, No. 9, pp. 801–807 (2016)

[鮫島 16] 鮫島和行, 金野武司, 李冠宏, 奥田次郎, 森田純哉, 橋本敬 他：コーディネーションゲームにおける記号生成確率モデルと 「意味」の推定, 研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS), Vol. 2016, No. 5, pp. 1–6 (2016)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

インターネットテレビのニュース番組におけるコメント内容の分析

Analysis of viewers' comments on Internet TV news

西 朋里 *1 Tomosato Nishi　小川 祐樹 *1 Yuki Ogawa　服部 宏充 *1 Hiromitsu Hattori　高 史明 *2 Fumiaki Taka　高野 雅典 *3 Masanori Takano　森下 壮一郎 *3 Soichiro Morishita

*1立命館大学情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

*2神奈川大学
Kanagawa University

*3株式会社サイバーエージェント
CyberAgent, Inc.

In recent years, the global spread of the Internet has altered the influence of media on the formation of people's knowledge and concern. Therefore, clarifying the effect of new media is critical.

This study aims at clarifying the relevance between viewers' comments and news coverage contents on Internet TV. Specifically, we analyzed the words of viewers' comments using TF-IDF and multivariate analysis. The results indicated that critical and hateful remarks were being posted on high-entertainment soft news.

1. はじめに

近年，インターネットを中心とする多様な情報環境の浸透により，人々の知識や関心の形成に対する，既存のマスメディアによる影響が変化しつつある．以前は地上波テレビなどといったマスメディアが人々の共通した情報源となっており，個々の知識や関心の形成に大きな影響を持っていると考えられていた [1][2][3]．しかし，近年ではインターネットを通じた情報が人々の新たな情報源となる機会も多くなってきている．例えば，AbemaTV をはじめとするインターネットテレビもその一つである．

インターネットテレビは，時間や場所に依存せずに視聴できることや，自身の意見をコメントとして投稿できるなど地上波のテレビとは異なる特性を持っている．そういった特性を好み，インターネットテレビを主な情報源としている人が一定数いると考えられる．しかし，インターネットテレビに対する分析は少なく，視聴者に与える影響は明らかになっていない．そのため，インターネットテレビの影響分析を進めるにあたって，まず視聴者に対する効果を明らかにする必要がある．

メディア視聴者に対する効果を分析する手法として質問紙調査が挙げられる．質問紙調査は回答者の心理的態度を測定するための有効な方法ではあるが，自己報告による回答であるため行動量に関しては客観的なデータではないという点で課題がある．そこで，本論文では株式会社 AbemaTV より提供された行動ログデータを分析に利用し，行動ログデータに含まれる視聴者のコメントを発言と見て分析を行う．行動ログデータはユーザに対して正確な情報を持っているため，分析を通じてユーザの具体的な行動を把握できるというメリットがある．ニュース番組は放送内容から主に 2 種類に分けられ，事実の伝達を目的とするハードニュースと政治家のスキャンダルなどバラエティ要素を交えて政治情勢を伝える娯楽的要素の強いソフトニュースがある [4]．それぞれの放送内容から視聴者の政治知識に与える影響が異なる [5][6] ことから，ハード/ソフトニュース視聴による視聴者の発言の違いがあると考える．

よって，本論文ではインターネットテレビに投稿されるコメントを視聴者の発言として分析し，ハード/ソフトニュースとコメントの関連性を明らかにすることを目的とする．

連絡先: 西朋里，立命館大学情報理工学部，滋賀県草津市野路東 1-1-1, is0320kp@ed.ritsumei.ac.jp

2. 関連研究

ニュース視聴が人々の知識や関心に与える影響について様々な研究がなされており，その一つとして，地上波のテレビ番組において前述したハードニュース，ソフトニュースのそれぞれが視聴者に及ぼす効果についての研究がなされている．稲増ら [5] の研究では，番組内容を詳細に記したテキスト情報をもとに番組をハード／ソフトニュースに分類し，これらのニュースへの接触と政治知識や政治意識との関連性を分析している．この研究では，ハードニュースへの接触が多いほど選挙への関心と政治への関与が高くなる結果が報告されている．稲増ら [5] はこの結果に対して，政党の主張や政策争点を取り上げて政治を報道するような番組であれば，選挙への関心や政治への関与と結びつきうるという見解を述べている．また，政治知識の少ない群において，ソフトニュースの視聴が多いほど政治関心が高く，政治知識の多い群においては，ソフトニュースの視聴が多いほど，若干ではあるが政治関心が低いという結果が出ている．つまり，ニュース視聴の効果は個人の政治知識の多寡によって決定される部分があるという調査結果が出ている．政治意識に対するマスメディアの効果に個人のメディア・リテラシーと批判的思考態度の影響を調査した末吉ら [6] の研究も存在する．この研究では，日常的に視聴しているニュースと政治意識に関する質問紙調査を行い，ニュース視聴が視聴者の思考に与える影響を調査している．この研究によると，ハードニュース視聴は政治意識を高めるという前述した研究と同様の結果が報告されている．ソフトニュース視聴は政治知識の多寡によらず政治への関与に対して負の効果を持つことが示されている．

以上の関連研究から，視聴者の発言に着目するとハードニュースは政治知識に関するコメントが多く，ソフトニュースは政治的要素と関連性の薄いコメントが多くなると考えられる．

3. ハード／ソフトニュースにおけるコメントの分析

本論文では，インターネットテレビに投稿されるコメントをテキストデータとして用意し，コメントに含まれる単語からハード/ソフトニュースそれぞれの発言の違いについて分析する．以下にデータセットの構築と分析手法について述べる．

3.1 データセット

本論文では，株式会社 AbemaTV より提供を受けた AbemaTV の視聴ログデータを用いて分析を行う．AbemaTV とは，株式会社 AbemaTV が運営するインターネットテレビ局であり，独自のニュース番組や生放送番組など多彩な番組を 24 時間，無料で閲覧できる．配信される動画は，スマートフォン・タブレットに加え，PC や TV アプリケーション (e.g., Apple TV, Google Cast) などで視聴が可能である．提供を受けた視聴ログデータは，2018 年 6 月 1 日から 2018 年 6 月 30 日の期間に放送された番組を対象としたデータであり，放送された番組のデータと投稿されたコメントのデータを含んでいる．なお，提供されたデータはユーザ情報を匿名化しており，コメントした個人を特定できない仕様となっている．AbemaTV では放送チャンネルが設定されており，本論文ではニュース番組を放送している AbemaNews チャンネルを対象とする．

AbemaTV では，スロットと呼ばれる放送枠が採用されており，スロットに各番組を当てはめることで放送を行なっている．本論文では，スロットごとにコメントを集約したものを 1 文書とする文書データを作成する．スロットごとにコメントを集約する理由は，1 コメントを 1 文書として取り扱った場合，1 コメントが短いこととコメント数が多いことから単語の出現頻度が低くなり，分析で使用する TF-IDF の結果に影響が出るためである．それぞれの文書データに対して MeCab*1 を用いた形態素解析を行い，単語ごとの分かち書きに変換する．形態素解析をするにあたって，辞書に含まれない単語の除去，不要な英数字や特殊文字の除去，ストップワードの除去を行った．辞書には NEologd*2 を利用し，ストップワードには内容推測に適したキーワード抽出のための日本語ストップワード [7] と Slothlib のストップワード *3 を利用した．上記の手順を踏まえて作成したデータを文書データとして分析に用いる．

加えて，AbemaNews チャンネルで放送されている番組を [6] を参考に，出演者が意見することが多く番組内での企画が多い番組をソフトニュース，それ以外の番組をハードニュースに分類した．

表 1: Abema-News 内の番組のハード/ソフトニュース分類

ハードニュース	ソフトニュース
AbemaNews24 時	AbemaMorning
AbemaPrime	AbemaSports！
けやきヒル’sNews	W の悲喜劇
テレメンタリー	みのもんたのよるバズ
報道ステーション	グッド！モーニング
	スーパー J チャンネル
	ワイド！スクランブル
	千原ジュニアのキング・オブ・ディベート
	日曜スクープ
	羽鳥慎一モーニングショー

*1 http://taku910.github.io/mecab/
*2 https://github.com/neologd/mecab-ipadic-neologd
*3 OSDN.net

3.2 ロジスティック回帰によるハード／ソフトニュースに関連する単語の分析

ハード/ソフトニュースとコメントの関連性を分析するに当たって，ニュース番組に投稿されるコメントを構成する単語に着目し，単語とハード/ソフトニュースの関連性を分析する．分析手法の概要を図 1 に示す．上記で作成した文書データを TF-IDF を用いて文書ベクトルに変換した．この文書ベクトルは，各文書ごとに出現する単語の TF-IDF 値を示している．また，この文書ベクトルは出現頻度が 1%以上の単語のみで構成した．各単語を説明変数 x，ハード/ソフトニュースを目的変数 y として，L1 正則化ロジスティック回帰分析を用いて回帰係数を算出した．このとき，ハードニュースを $y = 1$，ソフトニュースを $y = 0$ と設定した．算出した回帰係数を指数変換することで各単語のオッズ比を算出した．算出したオッズ比を評価指標として利用し，オッズ比が 1 超過の単語はハードニュースと関連があり，1 未満の単語はソフトニュースと関連があるとする．

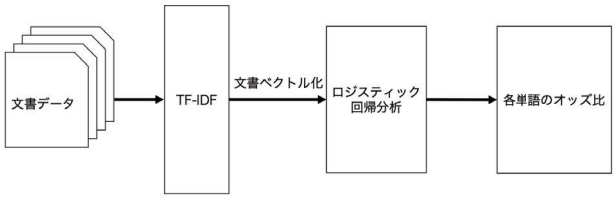


図 1: 分析手法の概要

4. 分析結果

文書データに対して，TF-IDF を用いて 784 単語の TF-IDF 値を算出し，その上位 20 単語を表 2 を示す.「日本」,「韓国」,「アメリカ」などの海外に関する単語が高い TF-IDF 値を示しており，これは外交に関する報道の影響と思われる.「お前」,「かわいい」,「こいつ」，などの日常会話で用いる単語が高い TF-IDF 値を示しており，これはコメント投稿が日常会話と近い感覚で行われているからと考えられる．時期的な影響として，2018 年 6 月には大阪北部地震，FIFA ワールドカップ，米朝首脳会談があったため,「地震」,「サッカー」,「トランプ」等の単語が抽出されている．

次に，文書ベクトルからロジスティック回帰分析によって求めた単語ごとのオッズ比を見る．オッズ比の上位 20 単語と下位 20 単語を表 3, 表 4 に示す．オッズ比の上位 20 単語では,「ご飯」,「優しい」,「復活」といった単語が強い関連性を示しているが，理由は放送内容から考察する必要がある．また,「小松」,「柴田」,「アナウンサー」などの人名と思われる単語が高い値を示している．これは，ハードニュースに属する番組のみに出演しているアナウンサーや芸能人による影響だと考えられる．加えて，前述したように地震などの単語が上位語に含まれているのは時事の影響と考えられる．そして,「総理」,「左翼」という単語から，わずかに政治的内容と関連があるように考えられる．オッズ比の下位 20 単語では,「殺害」,「貧乏」,「低位」といったネガティブな印象を持つ単語や「おかしい」,「ウヨ」,「アホ」といった批判的な意味を持つ単語が抽出されている．また,「韓国人」,「半島」などの単語が下位語に含まれており，これは差別的なコメントの影響と考えられる．よって，ソフトニュースと批判的な単語や差別的な単語が関連性があるという結果を得た．

表 2: TF-IDF 値の上位 20 単語

単語	TF-IDF 値
日本	0.048021
安倍	0.032962
お前	0.026305
かわいい	0.022149
日本人	0.019947
こいつ	0.019704
在日	0.019503
仕事	0.019459
韓国	0.018963
怖い	0.018854
可愛い	0.018433
問題	0.018233
トランプ	0.017683
今日	0.017119
サッカー	0.017017
好き	0.016934
地震	0.016881
子供	0.016148
すごい	0.015899
ええ	0.015734

表 3: オッズ比の上位 20 単語

単語	オッズ比
小松	2.298781
ご飯	2.213871
復活	2.184056
総理	2.044065
柴田	2.043512
最強	1.930302
証拠	1.917079
地震	1.870551
洗脳	1.847198
ピンク	1.822233
自称	1.820762
先生	1.797857
アナウンサー	1.781289
左翼	1.743556
英語	1.732251
うまい	1.729077
開発	1.696934
優しい	1.665322
興味	1.646466
オッサン	1.621961

表 4: オッズ比の下位 20 単語

単語	オッズ比
貧乏	0.349703
意味	0.359977
殺害	0.392264
ウヨ	0.392374
韓国人	0.392751
えな	0.406409
低位	0.412941
半島	0.443341
スマホ	0.445431
結果	0.483959
ども	0.491187
アメリカ	0.491433
かっこいい	0.520964
ブロック	0.527381
な!	0.534321
しん	0.534575
おかしい	0.536381
アホ	0.540805
彼氏	0.550286
揺れ	0.558001

5. 考察

ハードニュース視聴においては，外交問題や国政などの具体的な政治に関する単語が多くなる傾向は見られなかったが，表 3 よりアナウンサー等の番組出演者に関する単語がハードニュース視聴の発言傾向として見られた．逆に，ソフトニュースの中には特定の芸能人が持つ冠番組があったが，表 4 から見て取れるように特定の人物には含まれていない．これは，ハード/ソフトニュースで番組出演者の印象が異なり，ハードニュースでは番組出演者に対する視聴者の関心が強いと考えられる．

次に，ソフトニュースのコメントから批判的な単語が抽出された理由として，出演者と視聴者の影響が考えられる．ソフトニュースは，報道内容に出演者の考えや意図を加えて視聴者に情報を与えるため，視聴者が持つ意見とギャップが生まれる可能性が生じ，批判的な発言 (コメント) に結びついたと考えられる．また，放送内で特定の出演者による過激な他者批判や扇動的な発言などが行われた場合，その意見に同調する視聴者によって批判的なコメントが投稿されている可能性も考えられる．加えて，韓国・朝鮮人に関する報道に対して保守派の視聴者による批判的なコメントや差別的なコメントが投稿されている可能性も考えられる．視聴者層として，批判や煽りを好む視聴者がソフトニュースを積極的に視聴しコメントを行っていることが考えられる．その結果，批判や煽りのコメントが増えていくため，より視聴層を偏らせている可能性が考えられる．[6] に倣って質問紙調査を行う場合，こういった視聴者の心理的態度の測定を検討する必要がある．

6. おわりに

本論文では，インターネットテレビを通じたニュース視聴による視聴者の発言に着目し，AbemaTV のニュース番組に投稿されるコメント内容の分析を行った．その結果，ソフトニュースは批判的な単語や差別的な単語と関連があることがわかり，ハードニュースは放送内容とわずかに関連があることがわかった．

今後の展望として，本論文ではコメントデータのみを用いて分析を行ったが，先行研究が実施しているように視聴者に対する質問紙調査を行い，視聴者層や政治的態度を踏まえてニュース視聴の効果を明らかにする必要がある．また，番組の放送内容を踏まえたコメントの分析，ユーザごとの視聴傾向を考慮した分析を行う必要もある．さらに，コメントの影響を明らかにするために，視聴者が他者のコメントを見たことによる思考の変化について分析を進める必要がある．

参考文献

[1] Bennett, S. E., Flickinger, R. S., Baker, J. R., Rhine, S. L. and Bennett, L. L.: Citizens' knowledge of foreign affairs, The Harvard International Journal of Press/Politics, vol. 1, pp. 10-29, (1996).

[2] Mutz, D. C. and Martin, P. S.: Facilitating communication across lines of political difference: The role of mass media, American Political Science Review, vol. 95, No. 1, pp. 97–114, (2001).

[3] Baum, M. A.: Soft news goes to war: Public opinion and American foreign policy in the new media age. Princeton, NJ: Princeton University Press, (2003).

[4] 萩原滋, ニュース番組の内容と形式 : 娯楽化傾向の検証と番組の類型化, 萩原滋編著『変容するメディアとニュース報道』, 丸善, pp.67-114, (2001).

[5] 稲増一憲, 池田謙一, 多様化するテレビ報道と, 有権者の選挙への関心および政治への関与との関連: 選挙報道の内容分析と大規模社会調査の融合を通して, 社会心理学研究, 第 25 巻, 第 1 号, pp. 42-52, (2009).

[6] 末吉南美, 三浦麻子, 政治意識へのマスメディア効果に対するメディア・リテラシーと批判的思考態度の影響, 関西学院大学心理科学研究, 第 39 号, pp. 81-88, (2013).

[7] 國府久嗣, 山崎治子, 野坂政司, 内容推測に適したキーワード抽出のための日本語ストップワード, 日本感性工学会論文誌 原著論文, 第 12 巻, 第 4 号, pp.511-518, (2013).

4:20 PM - 5:00 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room D)

[2D4-OS-1a-04] (Invited talk) Can business cards network approach unresolved problems in social science?

〇Naoki Maejima[1], Tomonori Manabe[1] （1. Sansan, Inc.）

Keywords: Social Network Analysis, Business Card, Job Change

名刺交換に基づくビジネスネットワークは、従来の社会科学では明らかにできなかった経済的・社会的行為や価値に関する問題への計算社会科学的アプローチを可能にする。本講演では、転職や企業成長、ブランド価値、業界による「人脈作り」の違いなど、様々な観点から、名刺交換ネットワークを理解することでどのような新たな知見を創出できるのかについて報告する。

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-1

[2D5-OS-1b] 計算社会科学(2)

鳥海 不二夫（東京大学）、笹原 和俊（名古屋大学）、吉田 光男（豊橋技術科学大学）、瀧川 裕貴（東北大学）、榊 剛史（ホットリンク）、高野 雅典（サイバーエージェント）

Wed. Jun 5, 2019 5:20 PM - 7:00 PM Room D (301B Medium meeting room)

[2D5-OS-1b-01] Analysis of personal attribute relationships based on online research and social data

〇Baofa Du[1], Kazutoshi Sasahara[1,2] （1. Nagoya University, 2. JST PRESTO）

5:20 PM - 5:40 PM

[2D5-OS-1b-02] Retrieving and analyzing interpersonal relationship from large-scale mobility data.

〇Kimitaka Asatani[1], Fujio Toriumi[1], Masanao Ochi[1], Junichiro Mori[1], Ichiro Sakata[1] （1. University of Tokyo）

5:40 PM - 6:00 PM

[2D5-OS-1b-03] Proposal of a method to estimate insurance claims caused by heavy rain

〇Takeshi Okazaki[1], Oriol Gaspa Rebull[1] （1. Aon Benfield Japan Ltd.）

6:00 PM - 6:20 PM

[2D5-OS-1b-04] Detection of indirect dominance by China on the global shareholding network

〇Takayuki Mizuno[1,2], Mitsuhiro Odaka[1,2] （1. National Institute of Informatics, 2. School of Advanced Sciences, SOKENDAI）

6:20 PM - 6:40 PM

[2D5-OS-1b-05] Expressing Modern/Oldfashioned Racism depending on News Contents of Internet Television

〇Masanori Takano[1,4], Fumiaki Taka[2], Soichiro Morishita[1], Tomosato Nishi[3], Yuki Ogawa[3] （1. CyberAgent, Inc., 2. Kanagawa University, 3. College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, 4. The University of Tokyo）

6:40 PM - 7:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

Analysis of personal attribute relationships based on online research and social data

Du Baofa[1] Kazutoshi Sasahara[1,2]

[1] Graduate School of Informatics Nagoya University [2] JST PRESTO

Although social data can be an important source of information for studying personal attributes, it remains unclear which kinds of attributes can be inferred from social data and meaningfully used in the social sciences. In response, we analyzed the relationships between a variety of attributes, including political alignment, morality, food identity, and brand preferences, based on social data (i.e., Twitter text) and online survey data. Our results revealed a relationship between political alignment (liberal and conservative) and morality, food identity, and brand preferences. In addition, liberal people were more likely to belong to the food left-wing category. As for brand preferences, the conservative people showed a higher preference for Japanese companies than liberal people.

1. Introduction

Although inferring personal attributes from social data is important in research in the social sciences as well as application in social media, complex relationships in person attributes remain unstudied. In our research, we analyzed social data—namely, the tweets of Twitter users—in relation to their personal attributes, as identified by an online survey. In particular, we investigated the relationships between each user's political alignment, morality, food identity, and brand preferences (Fig. 1).

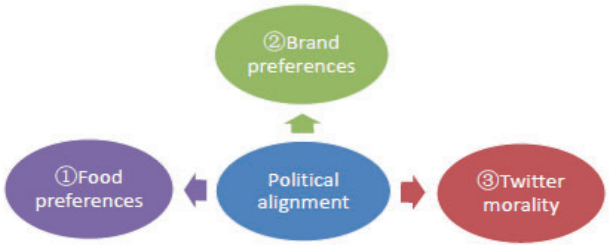


Figure 1. Research Diagram

The framework for our research draws from two important concepts. The first, Moral Foundations Theory developed by Jonathan Haidt [1], holds that every person innately has five moral foundations that allow him or her to intuitively judge moral situations. They are:

- Harm (i.e., disliking the pain of others and feeling responsible for protecting vulnerable people);
- Fairness (i.e., taking the right or just action based on accepted rules);
- Ingroup loyalty (i.e., being loyal to social ingroups, including family and nation);
- Authority (i.e., respecting and obeying tradition and legitimating authority);
- Purity (i.e., feeling antipathy for disgusting things and contamination).

We measured those five moral foundations in Japanese-language texts with reference to the Japanese Moral Foundations Dictionary (J-MFD) [2].

Contact: Du Baofa, Graduate School of Informatics, Nagoya University, du.baofa@h.mbox.nagoya-u.ac.jp

The second concept is food identity, which at base proposes two types of people. Whereas proponents of the so-called "food left-wing" typically advocate natural foods and health consciousness (e.g., vegetarians and vegans), proponents of the so-called "food right-wing" generally consume any available food products and enjoy eating fast food. Sasahara (2018) has shown that food identity can serve as an appropriate proxy for personal attributes and can offer insights into potential buying patterns [3].

Mobilizing those two concepts, we examined the relationship between the self-reported political alignment and food identity, brand preferences, and morality.

2. Method

2.1 Data

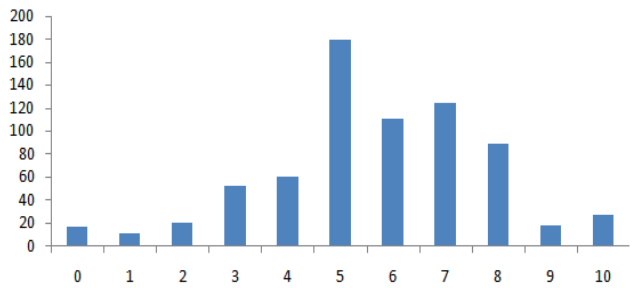


Figure 2. Distribution of users with different political alignment on an 11-point scale (0: very liberal, 10: very conservative)

First, we gathered the responses of a sample of 703 participants from online users to a questionnaire addressing political alignment, food preferences, and brand preferences in statements that participants rated on an 11-point scale (0 = *very liberal*, 10 = *very conservative*). Participants also indicated their political alignment on the same scale (Fig. 2). We placed ones whose scores ranged from 0 to 2 in the liberal group and ones whose scores ranged from 8 to 10 in the conservative group. As we were only focusing on people from these two groups, we excluded the ones whose scores ranged from 3 to 7.

Second, upon receiving permission from the participants, we also collected Twitter data representing each user by using Twitter's API. After gathering all posts (i.e., tweets, retweets, and replies) from 650 active Twitter accounts with more than 2,000 posts, we quantified the tweets in terms of moral foundations based on the J-MFD.

2.2 Data Analysis

We analyzed the relationships among political alignment, food identity, and brand preferences as indicated in the questionnaire data for each group of participants (i.e., the liberal group and the conservative group). Our calculations prioritized the value of political alignment in identifying links among other attributes.

For morality analysis, we used MeCab to separate Japanese-language texts into words and extracted the moral loadings from each participant's tweets with reference to the J-MFD. The moral loading was the percentage of words in the J-MFD also used in tweets. Based on the moral loading, we pinpointed aspects of morality in relation to political alignment.

3. Results

Figure 3 shows the relationship between political alignment and food preferences, the latter of which we divided into three types: fast food (i.e. food right-wing), healthy food (i.e., food left wing), and basic food (i.e., base ingredients). Our results reveal a relationship between political alignment and food preferences; liberal people prefer healthy foods more than conservative ones, whereas conservative people prefer fast food more than liberal ones. The groups did not indicate a significant difference in preferences for basic food.

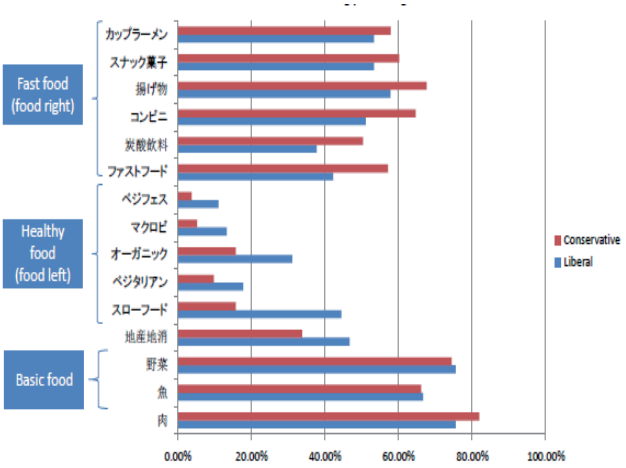


Figure 3. Food liking percentage

We also analyzed the difference in preferences for specific brands between the two groups. Companies from Japan such as Nissan and Toyota were more preferred in the conservative group, whereas the majority of participants who preferred popular brands such as IKEA and Facebook were in the liberal group (Fig. 4).

Figure 4. Brand liking percentage

To measure moral loadings, we separated tweet texts into words and computed the frequencies of words related to "virtue" and "vice" as defined in the J-MFD. Figure 5 shows that participants in the liberal group had higher virtue loadings than ones in the conservative group in most of the foundations except purity. Furthermore, the frequencies of virtue words related to ingroup and authority were greater than any of the other moral foundations. By contrast, vice-related words indicated harm more than any other moral foundation (Fig. 6), with fairness, with the minimum proportion, as a remote second. By political alignment, participants in the liberal group had higher vice-relate moral loadings for all of the five moral foundations, especially for harm and fairness.

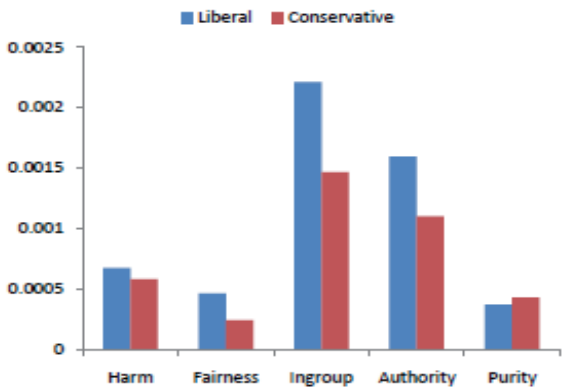


Figure 5.Virtue loadings by moral foundation

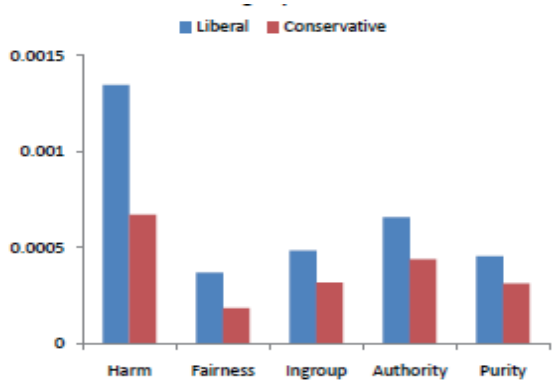


Figure 6. Vice loadings by moral foundations

Last, we visualized word frequency using word cloud (Fig. 7). For ingroup, “社会,” ”国,” ”国民,” and “家族” often appeared in the tweets of participants in the liberal group, while, for harm, “虐待,” “被害,” “战争,” and “平和” appeared frequently for them as well. In such tweets, participants in the liberal group often demonstrated their morality via ingroup loyalty (i.e., virtue), authority (i.e., virtue), and harm (i.e., vice).

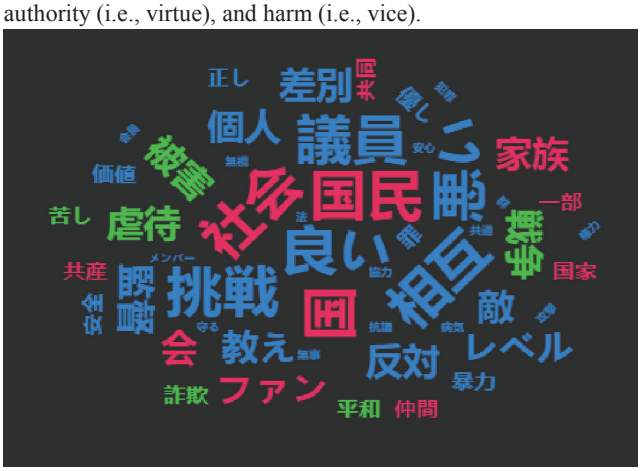


Figure 7. Morality word cloud (red: ingroup virtue, green: harm vice, blue: other foundations)

4. Discussion

In our examination of relationships among the personal attributes of political alignment, food identity, and brand preferences, preference for fast food was more popular than one for healthy food. Participants in the liberal group were more likely to belong to the food left-wing, whereas participants did not differ in terms of their preference for basic food. Meanwhile, regarding brand preferences, participants in the conservative group more than ones in the liberal group preferred Japanese companies (e.g., Toyota). Combining food preferences and brand preferences, participants in the conservative group who were more likely to prefer fast food were also likely to prefer fast-food brands.

In sum, liberal people and conservative people showed starkly different food and brand preferences. Accordingly, our results indicate a relationship among political alignment, food identity, and brand preference. As for personal attributes related to morality, liberal people express their feelings more actively than conservative ones, as well as demonstrated higher morality loadings. Words related to politics closely also show a high frequency of occurrence.

5. References

[1]. Graham, J., Haidt, J., Koleva, S., Motyl, M., Iyer, R., Wojcik, S. P., & Ditto, P.H., Moral foundations theory: The pragmatic validity of moral pluralism, In advances of experimental social psychology 47, pp.55−130, 2013.

[2]. Matsuo, A., Sasahara, K., Taguchi, Y., Karasawa, M., Development and Validation of the Japanese Moral Foundations Dictionary, arXiv:1804.00871, 2018

[3]. Sasahara, K., You are what you eat: A social media study of food identity, arXiv:1808.08428, 2018

Acknowledgement

This research was supported by JSPS/MEXT KAKENHI Grant Number JP17H06383 in #4903, JST PRESTO Grant Number JPMJPR16D6, and JST CREST Grant Number JPMJCR17A4.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

移動データを用いた人間関係の抽出とその性質の分析

Retrieving and analyzing interpersonal relationship from large-scale mobility data.

浅谷　公威 *1　　鳥海　不二夫 *2　　大知　正直
Kimitaka Asatani　　Fujio Toriumi　　Masanao Ochi

森　純一郎　　坂田　一郎
Junichiro Mori　　Ichiro Sakata

This paper is extended abstract of our recently published paper[Asatani 18]. Interpersonal relationship affects our daily activity. In this paper, we consider the link between them by analyzing large-scale mobility data. In the past studies of human mobility, owing to the difficulty of associating mobility data with interpersonal relationship data, previous studies on the link between interpersonal relationships and mobility are limited to the specific activities of particular users. In this paper, we propose a method for detecting interpersonal relationships from mobility data, while distinguishing these relationships from those of familiar strangers such as commuters. In the method, persons who take diverse variations within the same activities are recognized as a pair. From IC card data covering the daily mobility of six million people over three years, we detected millions of frequently co-located pairs. Under certain conditions, most of the detected pairs are confirmed as not being familiar strangers, but rather to have an interpersonal relationship. Next, we analyzed the detected pairs and found that the density of the relationships between groups was divided by gender and age and was found to be asymmetric by gender. For example, an elderly male person is not likely to take trips as a pair with a same-gender elderly person, and this result is data-based evidence for the isolation of retired men. In addition, group trips are confirmed to have an extraordinal character and sometimes converge spatiotemporally. These findings indicate that interpersonal relationship is a strong factor to determine their mobility and group observation is potentially useful for event detection.

1.　はじめに

本論文は [Asatani 18] で発表した内容の Extended abstract である．人の移動を理解し予測することは，感染症阻止，交通の最適化，イベント企画などの多くの応用につながる．これまでの研究の大部分は，人間の移動行動 [Gonzalez 08] や場所の特性 [Giannotti 11] に焦点をあてることで人間の移動を理解・予測してきた．いくつかの応用的な研究は，犯罪の可能性 [Bogomolov 14] と土地利用 [Grauwin 17] のパターンは人間の移動性に基づいて推定できること示している．しかし，さまざまな動機から生じる人間の移動は完全には理解・予測することはできない [Song 10]．その大きな要因の一つは，人間の移動はしばしば人間関係によって動機付けられることであると考えられる．

ある先行研究はデータ解析により社会的相互作用が人間の移動の予測に重要な情報であることを示している [De Domenico 13]．社会的つながりと人間の移動性との関係についても解析が進んでいる．[Fan 17]．しかし，これらの研究の対象期間や対象となる人間は非常に限られている．そこで，データを用いない理論的なアプローチによる人間関係と移動についての考察も行われきた [Miller 05]．このように人間の移動と人間関係に多くの注意が払われているにもかかわらず，一般の人間の日常におけるそれらに関する理解はあまり進んでいない．たとえば，どのような人々が一緒に移動しているか，人間関係が移動に与える影響は何か，グループでの移動の特性などの問いに対する考察は進んでいない．

より広い文脈で考えると，人間関係は人間社会の基本的要素であり，個人の精神的および肉体的健康と強く関連している [Newman 12]．これまで多くの研究者は，オンラインコミュニティや画像共有サービス [Cheung 15] における隠れた人間関係の推定や，人間関係とインターネット上での活動との関連を調査してきた [Pflieger 10]．ただし，これらのデータは各ユーザーの特定の活動に限定されており，日々の日常の行動がよく表されているデータを用いて人間関係を理解することが必要である．そのようなデータの一つとして，広範囲にわたって収集された人間の移動データがあげられる．例えば，大都市に住む人々にとって，鉄道システムからの移動データは彼/彼女らの日常生活の活動の多くを反映している [Shimosaka 15]．したがって，人間関係データを人間関係と結び付けることが出来れば，私たちが日々の人間の相互作用をよりよく理解できるだろう．しかしながら，データの制限とプライバシーの問題から，このようなデータを組合わせることには現実的に難しいと考えられる．

本研究では，人間の移動と人間関係を紐づけたデータがない状況で人間の移動と人間関係に関する上述の問を考察するために，人間の移動そのものから人間関係を推定する方法を開発した．データとして，関西圏 (大阪，神戸，奈良，京都を含む日本で 2 番目に大きい都市圏) から 600 万人を対象として 3 年間に収集された 22 億の移動ログを用いた．電車による移動は，IC カードを使用して電車で移動する人々の日々の活動に不可欠であるため，これらのデータはさまざまな人間の日常的/非日常な移動を含む活動の多くを反映している．本研究では，一定数以上の出発/目的地の組合わせにおいて同一トリップ (同じ目的地と同じ出発地をそれぞれ同時間) を行っている二人の人間の間に友人関係があるとみなした．

定義した手法を用いて移動データから頻繁に共存する数百万もの人間関係を抽出した．また，意図しない同一トリップを頻繁にする関係のない同乗者 (通勤客など) と人間関係がある二人の組合せの間を区別するために，タイム時間ウィンドウ幅の変化に関して検出された二人の組合せの違いを観察した．ある条件下では，時間ウィンドウ幅の増加が検出された二人の組合せに与える影響が小さく，検出された二人の組合せの大部分は一緒に移動する強い意志を持つ人間関係を持っていると推測された．抽出した関係性を使い，大都市における我々は大規模な人間関係グラフを観察することにより，性別による人間関係の違いを明らかにした．さらに，誰かと一緒に移動することによる人間の行動の変化 (例えば普段行かないところに行くなど) や，グループでの移動 (人間関係がある人との同時移動) が時空間的に収束することを明らかにした．

連絡先: 浅谷公威，東京大学工学系研究科，東京都文京区本郷 7-3-1，asatani@gmail.com

2. データ

分析に用いるデータは，2014 年 4 月から 2016 年 3 月までの間の関西圏 (大阪，神戸，奈良，京都を含む日本で 2 番目に大きな都市圏) における 600 万人の匿名ユーザーによる 22 億回の移動である．関西の人口の約 25%にあたる 500 万人が 3 年間で 100 回以上鉄道を使用している．また，各移動は乗車駅と降車駅における乗車/降車の時間が分単位で記録されている．また，全体の 33%のユーザーに関しては 10 年ごとの年齢ラベルと性別の情報が含まれている．また，データにはどのユーザー間に人間関係があるかを示す情報は含まれていない．

3. 手法

我々は人間関係を抽出するために異なる 2 つの方法を開発した．それぞれの手法はともに，頻繁に同時移動する二人の組合せを抽出している． 1 つ目は「同一トリップ検出」である．この方法では，少なくとも t_{id} の同一トリップをする二人の組合せが，頻繁に同時移動する二人の組合せとして検出される．時間ウィンドウ幅が $w = 1(min)$ の場合，各個人が同じ目的地と同じ出発地をそれぞれ分単位で同時刻に入場/退場していれば同一トリップとなる． $w \geq 2$ の場合，二人の個人の出発時刻と到着時刻の差が $w - 1(min)$ 以内の場合に同一トリップと見なされる．少なくとも t_{id} の同一トリップを共有する人 x , y は頻繁に同時移動する二人の組合せとみなされる． 1. この式の $IT^{w}(x, y)$ は，時間ウィンドウ幅 w でのユーザー x と y の間の同一の移動の有無 (1,0) を意味している．

$$P_{id}^{t_{id},w}(x,y) \quad = \begin{cases} 1 & n(IT_{(x,y),w}) \geq t_{id} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{1}$$

同一トリップ検出法では，同じ通勤ルートを共有するなどの見知らぬ同乗者が二人の組合せとして検出される可能性がある．仮に十分に大きい t_{id} の値をとったとしても，毎日同じルートの時間厳守の通勤者たちの間に人間関係があると判断してしまう．そのことを避けるため，十分に長期間にわたるデータがある場合に人間関係のある人々は多くの種類の移動を一緒にすると仮定し，少なくとも t_{ur} の異なる種類の目的地/出発地の組合わせで同一トリップを行う二人の組合せを検出する「ユニークルート検出法」を提案した．より正式には，少なくとも t_{ur} の目的地/出発駅のセットで同一トリップを行うユーザー x, y は，人間関係がある二人の組合せと見なす．(式 2 を参照)．この式で，$ITS_{(x,\ y),\ w}$ は，ユーザー x と y が時間ウィンドウ幅 w で同一トリップになる目的地と出発地の駅の組 (順不同) を意味する．

$$P_{ur}^{t_{ur},w}(x,y) = \begin{cases} 1 & n(\{ITS_{(x,y),w}\}) \geq t_{ur} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{2}$$

4. Results

4.1 人間関係の抽出

はじめに，頻繁に同時移動する二人の組合せの存在確率を考察する．図 1(a) は，時間ウィンドウ幅 w を変化させながら，(a) 同一トリップ手法で t_{id} を変えながら検出された頻繁に同時移動する二人の組合せ数 N_{id}，(b) ユニークルート手法で t_{ur} を変えながら検出された頻繁に同時移動する二人の組合せ数 N_{ur} を示している．図 (a) に着目すると $w = 1$ では，t_{id} を増やしたとき N_{id} にべき乗則に近く減少する．(a) の他の条件や (b) ではそれよりも若干急峻に減少する．一人一人がランダムに移動をすると仮定すると t_{id} や t_{ur} が大きくなったときの N_{ur} や N_{id} の減少は指数関数的であり，条件下の実測値のそれよりもはるかに緩く減少している．したがって，頻繁に同時移動する二人の組合せが何かしらの要因で数多く存在していると考えられる．

頻繁に同時移動する二人の組合せが人間関係がある人同士なのか通勤などによる見知らぬ同乗者であるかを考察するために，検出された二人の組合せの数に対する時間ウィンドウ幅 w の影響を考察した．見知らぬ同乗者の二人の組合せは列車に乗ったり降車したりする時間お互いに調整して合わせることはないため，w が大きくなるにつれて検出数は大幅に増加すると考えられる．一方，人間関係のある二人の組合せの検出数は w の変化に大きく影響を受けないと考えられる．彼/彼女らが同時に移動する場合，多くの場合はわずか数秒以内に改札を通過するためである．したがって，検出された二人の組合せから見知らぬ同乗者がすでに除外されている場合，時間ウィンドウ幅 w が大きくなっても検出される二人の組合せ数はそれほど増えないと考えられる．

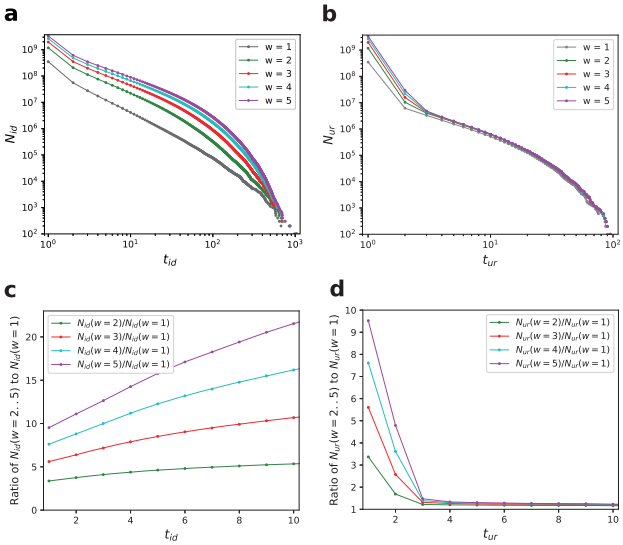


図 1: **(a，b) 同一トリップ検出法 (a) とユニークルート検出法 (b) で検出された，頻繁に同時移動する二人の組合せの数．**横軸は，同一トリップ検出法の各しきい値 t_{id}，t_{ur}，縦軸は頻繁に同時移動する二人の組合せの数を示す．各図では，時間ウィンドウ幅 w を 1..5 に変えた結果を異なる線でプロット．**(c，d) $w = 2..5$ における頻繁に同時移動する二人の組合せの数の $w = 1$ の場合に対する割合**

図 1(a，c) より，同一トリップ手法では時間ウィンドウ幅 w の増加にともなって検出された頻繁に同時移動する二人の組合せ N_{id} の数が大幅に増加することがわかる．このことにより，同一のトリップ方法によって検出された検出された二人の組合せには，見知らぬ同乗者が多く含まれていると考えられる．その一方で，ユニークルート法の場合，w の変化に伴う検出二人の組合せ数 N_{ur} の増加は，$t_{ur} \geq 3$ ではそれほど大きくはない (図 1) (b，d))．この場合，検出された二人の組合せには見知らぬ同乗者がほとんど含まれていないと考えられる．言い換えれば，これらの検出された対の間の移動の時間差は短い時間に収束し，各人は正確に同じ時間に移動するという強い動機を持っていると推測される．

また，$t_{ur} \geq 3$ においても $w = 2$ での二人の組合せ検出数が $w = 1$ よりも 2 割ほど大きい．しかし，$w = 3, 4, 5$ と w を増やしたときの増加は少ない．この理由は，友人関係があるユーザーが同時移動するときに改札を通る時間が記録単位である分をまたがることが一定の確率で存在するからだと考えられる．したがって,$w = 1$ ではなく $w = 2$ を適切なパラメータと考える．

以上より，$t_{ur} \geq 3$ のユニークルート法で頻繁に同時移動する二人の組合せのほとんどが，意図的に同一トリップをする人間関係を持っている二人の組合せだと推測できる．これらの理

由から，本論文ではパラメータ $t_{ur} = 3, w = 2$ を指定した一意のルート方法を使用する．

4.2 年齢性別による人間関係の密度

どのようなタイプの人々の間に人間関係が存在する確率が高いかを確認するために，グループ間の関係の相対密度 $\bar{D}(i,j)$ を図 2 にプロットした．$\bar{D}$ は全ユーザー間のリンク密度 D に対する，対象とするグループ間のグループ密度 $D(i,j)$ の割合である．

同年齢のグループの組合わせの間には，多くの人間関係が存在する． 10 代から 20 代の人々は同じ性別のグループを形成する傾向があるが，30 歳以上の人々は同じ年齢の男性/女性グループを形成する．この傾向は人間の生活を反映している：人は彼/彼女の友達と育ち，後でパートナーと家族を持っている．これらの結果は一般的に想像できる予想と一致している．ただし，性別および老齢学の観点から，人間関係密度の結果から考えられる重要な点は以下である．

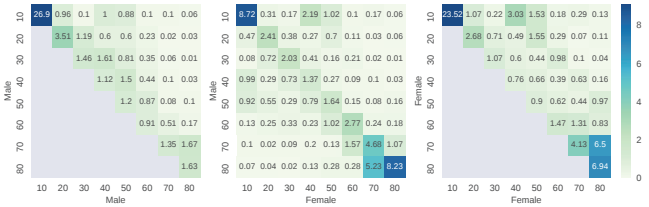


図 2: $\bar{D}$: **性別・年齢別のグループ間の関係の相対密度** 左から，男性/男性，男性/女性，女性/女性の年代別のグループの関係の相対密度 $\bar{D}$ をプロットした．

1. 40〜50 歳の年齢層の女性と 10 代の若者の人間関係の密度は，40〜50 歳の年齢層の男性と 10 代の若者のほぼ 2 倍である．これは，父親が母親ほど子供の世話をすることに関わっていないという事実を反映している．

2. 高齢者 (60 歳以上) では，男性/男性の人間関係は，女性/男性および女性/女性の人間関係と比較してまれである．この傾向は，年配の男性の方が同行する友達が少ないという事実を反映している

3. 年配の男性と若い女性の間の人間関係は，若い男性と年配の女性の間のそれらよりも多く観察される．これは男性と女性の関係の非対称性を反映している．

パラメータ t_{ur} の値を 2 から 10 に変更しても同様の傾向の結果が得られた．これらの結果は，日本の日常生活の活動における著しい性差を強調しており，日本におけるジェンダーによる役割の差を示した研究や報告 [Schwab 16] を裏付けるものである．また，高齢男性が同性の友人と移動をすることはあまりないという結果は高齢男性の孤立の証拠である．これは，老齢学の専門家によるアンケート調査に基づく観察と一致している [Beach 14]．このように，大量の移動データを調査することによって，社会学および老年学の分野で提案された仮説を大規模なデータから確認したといえる．

4.3 グループ移動の特性

大都市における個人の移動は日々の日課により条件付けられている． [Wang 15, Gonzalez 08, Song 10]．ここでは，人間関係が人間の移動における他の決定要因であることを実証するために，はじめにグループ移動の非日常な性質を考察する．グループ移動とは人間関係が推測できる二人の組合せと一緒に移動した移動である．両側グループ移動とはグループ移動のうち乗車駅も降車駅が同じ移動，片側グループ移動とは乗車駅か降車駅のどちらかのみが同じ移動をさす．移動の戻り時間 (すなわち，同じ駅への最初の到着時間とその次の到着時間との間の差) は，その移動の非日常性を性質を表す．移動の戻り時間が 1 日〜数日と短ければ，その移動は日常的な移動と推測される．また，グループ移動におけるある駅への戻り時間の計測には，対象者のその後の全移動を使用していおり，グループ移動だけに限ってはいない．また，ユーザーが同じ日に駅へ何度か移動をする場合には，それらを単一の移動と見なす．戻り時間の（累積）確率分布は図 3 にプロットした．

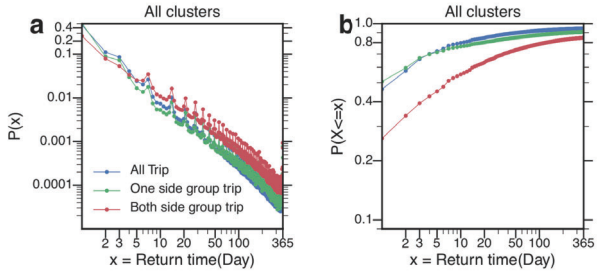


図 3: **(累積) 戻り時間の確率分布．** (a)：全移動の戻り時間の確率分布． (b)：全移動の累積確率分布． 各図において，両側グループ移動 (赤)，片側グループ移動 (緑)，全移動 (青) がプロットされている．

図 3 より，戻り時間の確率分布はべき乗則に従っていることが分かる．この結果は先行研究 [Song 10] の結果と一致している．べき乗則に比べ，7 の倍数の日付と 3 日後の戻り時間の確率は高い値をとり，これは人間の週次の行動や通勤・通学における土日休みのスケジュールを反映しているといえる．

図 3(a,b)，帰路時間の累積確率分布における全移動とグループ移動の違いを明確に示している．全体の移動の 43%(図の青線 3(b)) では翌日に同じ駅に戻るのに対し，両側グループ移動はわずか 26%(図の赤線) である．したがって，両側のグループ移動非日常のものであると考察される．この結果は人間関係が非日常的な移動をもたらすことを示している．

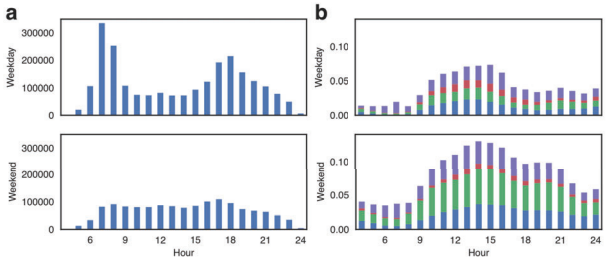


図 4: **(a) 時間別移動数**平日と週末 (休日を含む) で計算します **(b) グループ移動の時間比率**各図で，平日/週末の値を上下にプロット．

人間関係のある人々との同時移動が非日常的な移動である確率が高いことの要因を考察するために，いつ，どのような場所へ知り合いとで一緒に移動するのかを調べた．ユニークルート手法では，全移動の 9.7%がグループ移動として識別され，これらは特定の時間に発生する傾向がありた．図 4(b) に示すように，両側のグループ移動の割合は平日の日中と週末に増加した．これらの時間には一人での移動が多い通勤が少ないためだと考えられる．また，グループ移動の平均時間は 25 分程と，全移動の平均時間の 28 分より短い結果となった．これは，グループ/二人の組合せの意思決定プロセスの中で，人々が長旅のための高コストを避けていることを示唆している．

4.4 グループ移動の時間空間的な集中

以上の分析でグループ移動は非日常的な性質を持っていることが分かった．ここでは，グループ移動先が特定の時刻に特定の駅に時間空間的に集中していることを示す．大きな競技場の近くの駅 (図 5(a)) と他の駅 (図 5(b,c) のグループ移動数と全移動数の時系列を観察した．図 5(a) では，いくつかの明確なピークが見て取れるが，これらはスタジアムでイベントが開催された日とほぼ正確に一致している．一方で，1 日の総移動数のピークはイベントが発生した人との相関は比較的少ない．

また，都市の住宅街駅 (b,c) ではグループ移動数を観察することによって，2 月上旬 (b) と 12 月中旬 (c) にそれぞれイベントが発生したことがわかる．

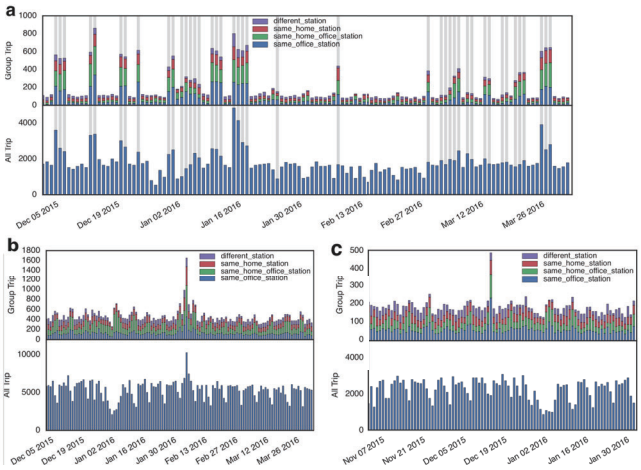


図 5: **1 日のグループ移動数と総移動数．** 1 日のグループ移動数 (上) と総移動数 (下) をプロット．(a) イベント会場の近くの駅．実際にイベントがひらかれた日を灰色でハイライトしている． (b，c) 住宅地にある駅．

これらの観察から，モビリティを介した人間の相互作用の一時的な収束が存在する．したがって，友達との移動はイベント検出の信頼できる指標である．つまり，ある駅における友人と一緒に降りる人の割合は，駅の近くでイベントが発生していることを示す一つの手法として有効である．

5. 考察

本稿では，大規模モビリティデータから人間関係を抽出する手法を提案した．提案手法において多様な種類の同一移動をとる人々が二人の組合せとして検出される．実際のデータを分析したところ，検出された二人の組合せには見知らぬ同乗者はほとんど含まれていないと推定された．このアプローチは人間の相互作用をデータから推測することに応用可能だと考えらる．鉄道移動データに加えて，記録される情報の量が増加すると，潜在的に人間の相互作用に関する情報，例えばＧＰＳログデータ，ウェブサーバの活動や購入ログが蓄積されている．いくつかの研究では，ソーシャルネットワークや画像共有サービスに基づいて，ユーザー間の関係を推定しようとしている [Cheung 15]．本研究で提案した，同じ活動グループの人々を誤って含まずに友人を検出する方法は，これらのデータが十分に長い期間にわたって記録されていれば，他のデータセットにも適用可能と考えられる．

以前のモビリティに関する研究では，人間-場所の関係性を考慮することにより人間の移動を理解・予測してきた [Wang 15]．視点を変えて考えると，多くの移動は友人や会社・学校の人と合うことを目的として行われるので，人間の移動は人間-人間の関係をベースに理解することも可能である．本稿では，人間関係がモビリティのもう一つの決定要因であることを確認した．我々の結果が人間の移動性のある基本的な側面を明らかにするためのエージェントベースのアプローチに貢献することを期待している．

さらに，移動から推測された人間関係の密度は性別や年齢によって異なり，性差による日常生活の違いがデータから読み取れた．例えば，年配の女性と比較して，年配の男性が互いに交流することはめったにない．年配の男性の孤立は私たちの社会の中で重要な課題である [Beach 14]．これに加えて，30〜50 歳の女性と若者の間に存在する関係の確率は，30〜50 歳の男性と若者のそれとは有意に異なる．中年の男性が中年の女性より若い人と移動する可能性が低いという結果は，子育てにおける性差を表している．この結果は，政策決定やイベント計画に適用可能な証拠となりうるだろう．

参考文献

[Asatani 18] Asatani, K., Toriumi, F., Mori, J., Ochi, M., and Sakata, I.: Detecting interpersonal relationships in large-scale railway trip data, *Journal of Computational Social Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 313–326 (2018)

[Beach 14] Beach, B. and Bamford, S.: Isolation: the emerging crisis for older men, *London: Independent Age* (2014)

[Bogomolov 14] Bogomolov, A., Lepri, B., Staiano, J., Oliver, N., Pianesi, F., and Pentland, A.: Once upon a crime: towards crime prediction from demographics and mobile data, in *ACM ICMI*, pp. 427–434ACM (2014)

[Cheung 15] Cheung, M., She, J., and Jie, Z.: Connection discovery using big data of user-shared images in social media, *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 17, No. 9 (2015)

[De Domenico 13] De Domenico, M., Lima, A., and Musolesi, M.: Interdependence and predictability of human mobility and social interactions, *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 9, No. 6, pp. 798–807 (2013)

[Fan 17] Fan, C., Liu, Y., Huang, J., Rong, Z., and Zhou, T.: Correlation between social proximity and mobility similarity, *Scientific Reports*, Vol. 7, (2017)

[Giannotti 11] Giannotti, F. and Nanni, M. e.: Unveiling the complexity of human mobility by querying and mining massive trajectory data, *VLDB*, Vol. 20, No. 5, pp. 695–719 (2011)

[Gonzalez 08] Gonzalez, M. C., Hidalgo, C. A., and Barabasi, A.-L.: Understanding individual human mobility patterns, *nature*, Vol. 453, No. 7196, p. 779 (2008)

[Grauwin 17] Grauwin, S. and Szell, M. e.: Identifying and modeling the structural discontinuities of human interactions, *Scientific Reports*, Vol. 7, (2017)

[Miller 05] Miller, H. J.: Necessary space—time conditions for human interaction, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 32, No. 3, pp. 381–401 (2005)

[Newman 12] Newman, P. and Matan, A.: Human mobility and human health, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 4, No. 4, pp. 420–426 (2012)

[Pflieger 10] Pflieger, G., Rozenblat, C., Mok, D., Wellman, B., and Carrasco, J.: Does distance matter in the age of the Internet?, *Urban Studies*, Vol. 47, No. 13, pp. 2747–2783 (2010)

[Schwab 16] Schwab, K., Samans, R., and Zahidi, e.: The Global Gender Gap Report 2016, in *World Economic Forum* (2016)

[Shimosaka 15] Shimosaka, M., Maeda, K., Tsukiji, T., and Tsubouchi, K.: Forecasting urban dynamics with mobility logs by bilinear Poisson regression, in *Proceedings of the UbiComp 2015*, pp. 535–546ACM (2015)

[Song 10] Song, C., Qu, Z., Blumm, N., and Barabási, A.-L.: Limits of predictability in human mobility, *Science*, Vol. 327, No. 5968, pp. 1018–1021 (2010)

[Wang 15] Wang, Y. and Yuan, N. J. e.: Regularity and conformity: Location prediction using heterogeneous mobility data, in *SIGKDD*, pp. 1275–1284ACM (2015)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

豪雨による支払件数を予測する被害想定手法の提案

Proposal of a method to estimate insurance claims caused by heavy rain

岡崎 豪[*1]
Takeshi Okazaki

レブル オリオル[*1]
Oriol Gaspa Rebull

[*1] エーオンベンフィールドジャパン株式会社
Aon Benfield Japan Ltd.

In order to facilitate flood and landslide damage assessment, we propose an evaluation method that can predict the total number of damaged houses with high accuracy immediately after a disaster. To improve accuracy, we narrowed the exposure down by using low-lying and landslide high-risk areas and apply the precipitation of 15-year return period as a threshold to the original precipitation to take account of disaster preparedness by each local government. When applied to two heavy rain events occurred in 2017 and 2018 and validated the method, we confirmed that it can be well reproduced in any prefecture.

1. はじめに

1.1 目的

2018 年は平成 30 年 7 月豪雨に始まり，台風第 21 号を含めた 5 つの台風の上陸，大阪北部地震と北海道胆振東部地震が発生するなどの多くの災害に見舞われた年であった．これら一連の自然災害による損害保険業界の支払件数は約 138 万件となり，東日本大震災による地震保険の支払件数の約 1.6 倍の規模に達した[日経新聞 18]．損害保険会社や共済団体（以下，まとめて損保業界と呼ぶ）はこれら支払いのため，膨大な人員を投入した．被災地の社員だけでは対応が困難であることから，現地などに対策本部を設置し，他県の社員や損害保険鑑定人が被災地に応援要員として向かった．これら対応の意思決定は即座に行う必要があることから，発災直後に被害の規模を推定する被害想定の重要性が高まっている．被害の規模が大きくなるほど過去の経験からの推定が難しくなるが，意思決定のためにはそれを可能な限り正確に予測することが求められる．筆者らはこの被害想定のため，台風被害想定システムと呼ぶシステムを開発した[岡崎 17]．しかし，同システムは台風による強風の被害を対象としており，洪水や土砂災害などは対象としていない．そこで，本研究ではそれら水災の被害想定を可能とするシステムの開発に取り組んだ．

1.2 評価手法の課題

本研究の評価対象とする水災は，中小規模の外水氾濫，内水氾濫，及び土砂災害とする．一般に外水氾濫を評価する場合，降水量を入力データとした流出解析により河川の流量を評価し，破堤地点を選定したのち，2 次元不定流モデルによる氾濫解析により氾濫域を評価するプロセスとなる．内水氾濫を評価する場合は，流出解析と氾濫解析，そして下水道などの排水能力を考慮する管渠内解析から評価するプロセスとなる．国土交通省によるハザードマップの作成指針においても同様の手法が示されている[国土交通省 15]，[国土交通省 10]．しかし，前者の同手法には河道のデータ，後者には下水道などの排水路のデータが必要であり，それらデータが整備されていない河川や地域には適用できない．平成 29 年九州北部豪雨や平成 30 年 7 月豪雨においては，河道データが整備されていない 2 級河川の氾濫や内水氾濫が各地で多発し，累積で大きな被害となっている．データが整備されていない河川や地域は多く，現状では，それら被害を前述の手法から評価することは困難である．そこで，降水量から被害を直接的に評価する統計的なアプローチで取り組んだ．

図 1 に平成 30 年 7 月豪雨の罹災率の分布を示す．罹災率とは火災保険の契約件数を分母とし，水災による支払いが発生した件数を分子としたときの比率であり，それを市区町村別に表示したものである．広島県，岡山県，福岡県，愛媛県で大きな罹災率となっていることが確認できる．一方，図 2 に平成 30 年 7 月豪雨が発生した期間中の日降水量の最大値の分布を示す．図 1 と図 2 を比較すると，岡山県と広島県の罹災率は高いが，降水量は大きい値ではない．一方，高知県の罹災率は低いが，降水量は大きい値となっている．これら結果から，降水量と罹災率との相関は高くないことが分かる．

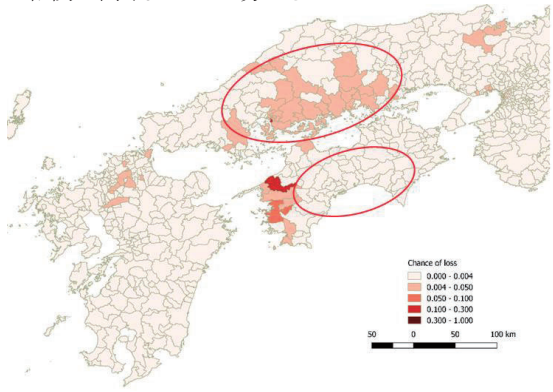


図 1　平成 30 年 7 月豪雨による罹災率の分布

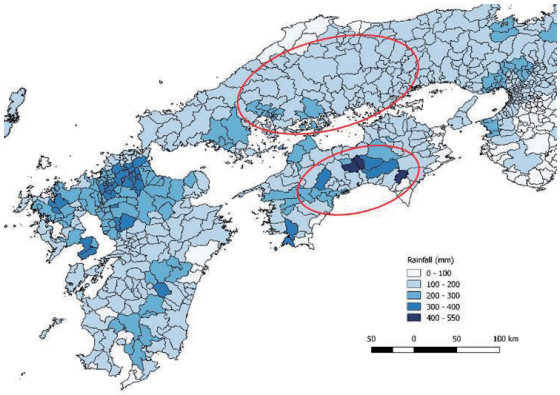


図 2　平成 30 年 7 月豪雨による日降水量の最大値の分布

連絡先：岡崎 豪，takeshi.okazaki@aon.com，エーオンベンフィールドジャパン株式会社，03-4589-4237，東京都千代田区永田町 2-10-3 キャピトルタワー11 階

これら図のように，従来は降水量から被害を直接的に評価することは難しいと考えられてきた．本研究ではこの課題に対して，2つの手法を適用することで解決を図った．一つは洪水や土砂災害が発生する危険性の高い地域の空間情報を用いて，母集団に修正を加える手法である．もう一つは降水量に閾値を適用することで，各自治体の災害対策の効果を反映させる手法である．以下，それぞれの手法を述べたのち，平成 29 年九州北部豪雨と平成 30 年 7 月豪雨に対して適用したときの検証結果を示す．

2. 被害想定の手法

罹災率と降水量との相関を高くするため，母集団と降水量のそれぞれに変更を加えた．以下，それぞれの手法を示す．

2.1 母集団の変更

図 1 はすべての契約データを分母として罹災率を評価したが，それら母集団には高台などの水災リスクが低い契約も含まれる．水災リスクが低い契約データを母集団から除くことで，罹災率と降水量との相関が高くなると考えられることから，土砂災害危険箇所と低位地帯と呼ばれるデータを用いて，母集団に変更を加えた．土砂災害危険箇所とは，都道府県が指定する土石流危険渓流，地すべり危険箇所，急傾斜地崩壊危険箇所及び雪崩危険箇所の範囲をベクターフォーマットでデータ化したものであり，低位地帯は周辺部よりも標高が低く，排水が困難である地帯をデータ化したものである．いずれも国土交通省が website で公表・配布している[国土交通省 10]．

図 3 の左図は日本のすべての建物を表示したものであり，この分布に土砂災害危険箇所を重ね合わせ，土砂災害危険箇所に含まれる建物のみを抽出した結果が図 3 の右上である．全国の建物約 4,915 万棟に対して，土砂災害危険箇所に含まれる建物は約 370 万棟であり，8%の割合に相当する．同様に低位地帯に含まれる建物のみを抽出した結果を図 3 の右下に示す．低位地帯に含まれる建物は約 590 万棟であり，12%の割合に相当する．土砂災害危険箇所の総面積は，低位地帯よりも広いが，低位地帯は人口密集地の沿岸部や河口部に多いため，建物数の割合は低位地帯の方が多い結果となる．母集団の変更においては，これら土砂災害危険箇所と低位地帯のいずれかの領域に含まれる契約を対象とした．

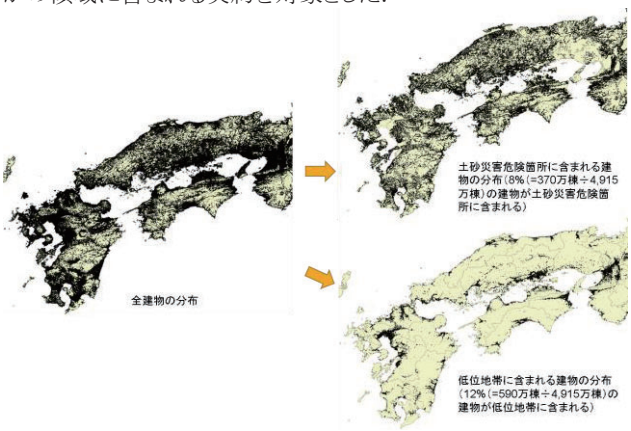


図 3 土砂災害危険箇所と低位地帯を用いた母集団の変更

2.2 降水量データの変更

高知県，宮崎県，徳島県などでは毎年のように大雨が降るが，必ずしも大きな被害とはならない．これは地方整備局や自治体が長年に渡ってその大雨に対応した河川整備や土砂災害対策を施してきたためである．そのため，たとえ大雨が降っても，その地域で発生しやすい規模であれば，相応の対策が施されていると考えられる．本研究では，この地域ごとの対策の度合いを降水量の閾値として反映させた．すなわち，降水量に閾値を適用し，降水量が閾値以上であれば被害が大きくなる手法とした．閾値の計算のため，まず気象庁から日本の全観測地点の 1976～2018 年（43 年間）の降水量を日別に取得した．次に，日降水量の各年の最大値を算出し，それらプロットに一般化極値分布（GEV）と対数正規分布を適用した．適用後，最小二乗法により地点毎にいずれかの分布を選定した．そして，それら分布から再現期間 15 年の日降水量を算出し，閾値とした．再現期間には 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 年の 9 パターンを適用した後，罹災率と最も相関が高かった 15 年を選定した．

母集団に変更を加えた後の罹災率の分布を図 4，降水量に閾値を適用した後の値の分布を図 5 に示す．これらと図 1, 2 を比較すると，広島県，岡山県，福岡県は罹災率が高くなっており，降水量も相対的に大きくなっていることが確認できる．また，高知県は罹災率が低く，降水量も小さくなっている．以上から罹災率と降水量との相関が向上したことが確認できる．

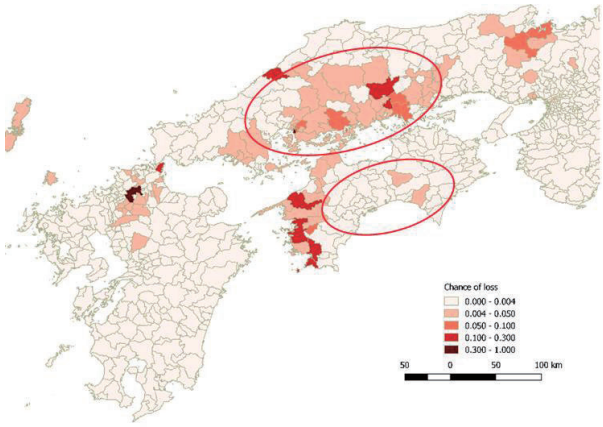


図 4 母集団を変更した後の罹災率の分布

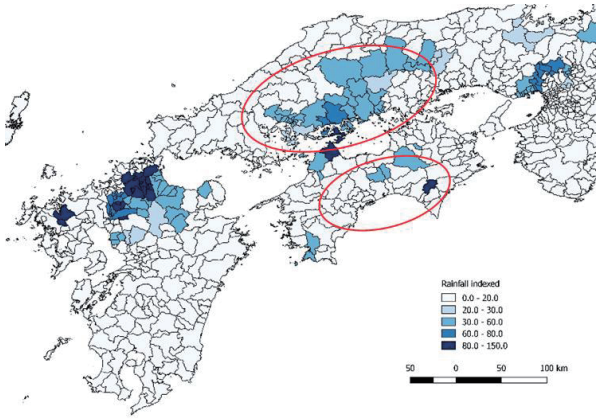


図 5 閾値を適用した後の降水量の分布

2.3 罹災率曲線の構築

母集団と降水量に変更を加えた後のデータを用いて，罹災率曲線を構築した．罹災率曲線は建物構造別，保険の目的別（建物，家財）に構築した．住宅物件の木造を例とした結果を図 6 に示す．横軸は閾値を適用した後の降水量，縦軸は母集団に変更を加えた後の罹災率である．プロットは市区町村毎の値である．近似曲線には，複数の曲線を用いたのち，最も再現性の高い結果が得られた決定木分析（Decision Tree）を適用した．

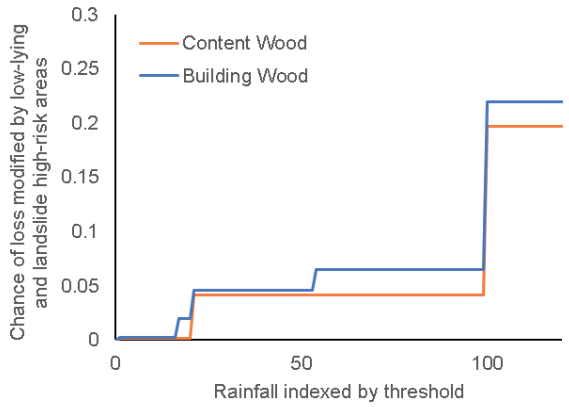


図 6　構築した罹災率曲線（木造建物を対象とした例）

3.　検証

本手法を平成 30 年 7 月豪雨と平成 29 年 7 月九州北部豪雨に適用し，その予測誤差を検証した．以下，比較結果と今後の課題を示す．

3.1　比較結果

平成 30 年 7 月豪雨と平成 29 年 7 月九州北部豪雨を対象として，実際の支払件数（以下，実績件数と呼ぶ）と本研究の手法により再現した件数（以下，予測件数と呼ぶ）を比較した．図 7 に平成 30 年 7 月豪雨の全国計の比較結果を示す．図 8 に平成 29 年 7 月九州北部豪雨の全国計の比較結果を示す．これら図は風災，水災，大規模な外水氾濫の内訳を示している．実績件数の内訳において，風災とは強風による支払件数を意味する．これら豪雨において，支払保険金は水災が大きな割合を占めたが，件数は風災が大きな割合を占めた．

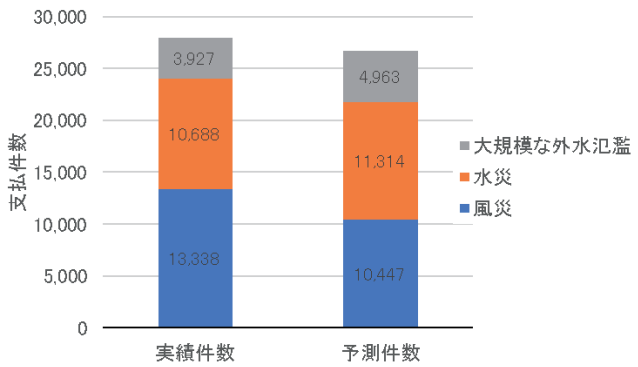


図 7　平成 30 年 7 月豪雨における実績と予測の比較

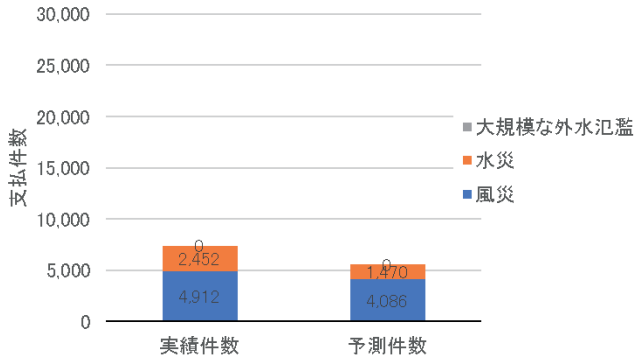


図 8　平成 29 年 7 月九州北部豪雨における実績と予測の比較

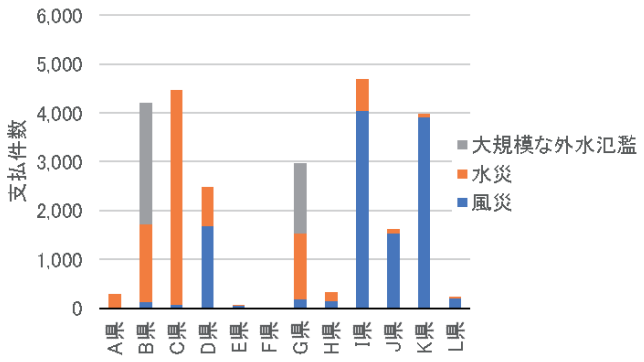


図 9　平成 30 年 7 月豪雨の都道府県別の実績件数

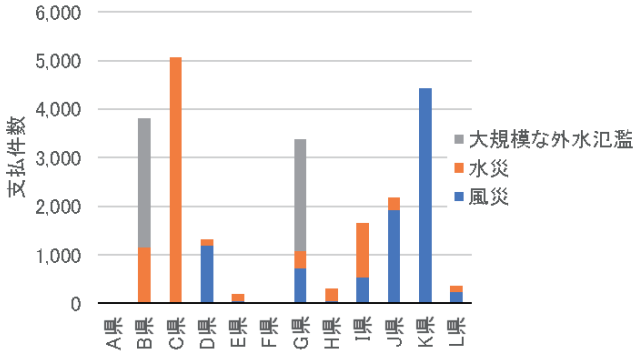


図 10　平成 30 年 7 月豪雨の都道府県別の予測件数

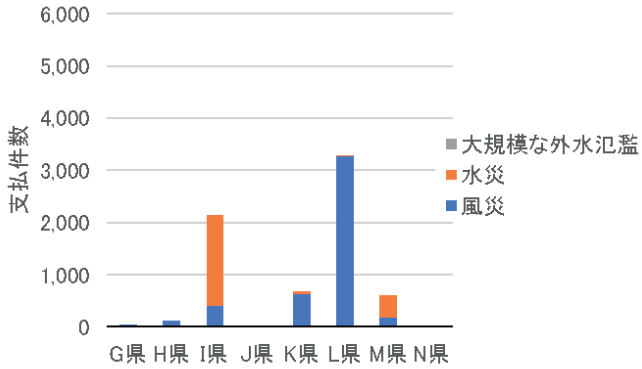


図 11　平成 29 年 7 月九州北部豪雨の都道府県別の実績件数

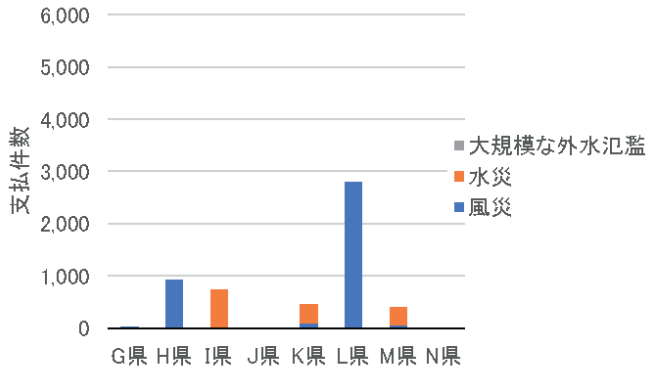


図 12　平成 29 年 7 月九州北部豪雨の都道府県別の予測件数

実績件数の水災とは中小規模の外水氾濫，内水氾濫，土砂災害による支払件数を意味する．ただし，一級水系の本川やそ

れに準じる支川が氾濫するような大規模な外水氾濫による件数は含めていない．平成 30 年 7 月豪雨では，岡山県倉敷市の小田川と愛媛県大洲市の肱川が氾濫しており，それら市で発生した件数は「大規模な外水氾濫」の区分とした．

予測件数の内訳において，風災は前述の台風被害想定システムを用いて評価した結果である．水災は本研究で提案した手法から評価した結果である．大規模な外水氾濫は，国土地理院による氾濫域図を用いて評価した結果である．図 7 と 8 の結果から，予測件数は実績件数をその内訳を含めて，よく再現できていることが確認できる．

次に都道府県別の内訳を示す．図 9 は平成 30 年 7 月豪雨の実績件数，図 10 は同豪雨の予測件数，図 11 は平成 29 年 7 月九州北部豪雨の実績件数，図 12 は同豪雨の予測件数である．いずれの県においても予測件数は実績件数に近い結果となっており，都道府県別の内訳でもよく再現できていることが確認できる．一部，風災の件数が過小評価となっている県があるが，それらは今後に罹災率曲線を見直す予定である．以上から，母集団に変更を加え，また降水量に閾値を適用することで，降水量から支払件数を高い精度で予測できることを確認した．

3.2 今後の課題

被害想定の精度を向上させるための大きな課題は，気象庁の観測所が少ない点である．現状の降水量を観測する AMeDAS の観測地点数は約 1,300 である．市区町村の区分が約 1,700 あることから，市区町村の区分よりも少ない設置数である．市区町村よりも細かい区分で被害想定を行うためには，局地的な降水量の情報が必要となる．しかし，気象庁の観測機器には 5 年に一度再検定が必要であり，その再検定を含めた維持費用が高いことから，設置数が急に増える見込みはない．この課題を解決する手法として，被災地での写真や映像などにディープラーニングによる画像判別を適用し，降水量や被害の度合いを推定する方法がある．2018 年に岡山県倉敷市で洪水が発生した際，国土地理院は一般人が投稿した画像を参考として浸水の水際の位置を特定している[朝日新聞 18]．この事例のように写真や動画の活用は有効であり，被害想定にも応用できると考える．

4. まとめ

豪雨が発生したときの損保業界の意思決定を支援することを目的として，発災直後に高い精度で被災状況を予測できる水災被害想定の手法を提案した．精度を向上させるため，母集団と降水量に変更を加えた．母集団の変更においては，土砂災害危険箇所と低位地帯のいずれかの領域に含まれる契約を対象とした．降水量の変更においては，再現期間 15 年の日降水量を閾値として適用し，地方整備局や各自治体による河川整備や土砂災害対策の度合いを反映させた．平成 30 年 7 月豪雨と平成 29 年 7 月九州北部豪雨を対象として，実際の支払件数と本研究の手法により予測件数を比較したところ，総支払件数，都道府県別の内訳においても，実績件数をよく再現できていることを確認した．

参考文献

[日経新聞 18] 日経新聞, 損害保険支払額, 今年度 1.3 兆円に 7 年ぶり高水準, 2018 年 12 月 21 日付, アクセス日時 2019 年 1 月 30 日
https://www.nikkei.com/article/DGKKZO39194410Q8A221C1EE9000/

[岡崎 17] 岡崎 豪, レブル オリオル, ディープラーニングによる建物特性の抽出と台風被害想定の手法, 人工知能学会全国大会論文集, 2017, JSAI2017 巻, 第 31 回全国大会(2017), セッション ID 3P1-NFC-00a-4, p. 3P1NFC00a4, 公開日 2018/07/30, https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2017/0/JSAI2017_3P1NFC00a4/_article/-char/ja

[国土交通省 15] 国土交通省, 洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第 4 版）, 2015,
www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/manual_kouzuishinsui_1507.pdf

[国土交通省 10] 国土交通省, 内水ハザードマップ作成の手引き（案）, 2010,
http://www.mlit.go.jp/report/press/city13_hh_000063.html

[国土交通省 10] 国土交通省, 国土数値情報, 2010,
http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html

[朝日新聞 18] 朝日新聞, 西日本豪雨の浸水域, 推定図に SNS 活用 国土地理院, アクセス日時 2019 年 1 月 30 日
https://www.asahi.com/articles/ASL8F3QMQL8FUJHB001.html

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

グローバル株所有ネットワークでの中国による間接支配の見える化

Detection of indirect dominance by China on the global shareholding network

水野　貴之*1　　小髙　充弘 1
Takayuki Mizuno　　Mitsuhiro Odaka

1 国立情報学研究所, 総合研究大学院大学複合科学研究科
National Institute of Informatics, School of Advanced Sciences, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies)

We investigate indirect dominance by China on the global shareholding network using a dataset that contains information on shareholding for about 300 million firms and 140 million people worldwide. First, we extend the percolation model on the network to detect the dominance relationships as a subgraph (sub-network) on the global shareholding network. This model decides whether to be able to dominate companies (to percolate nodes), not only by the direct ownership, but also indirect ownership through the dominated companies. Next, we observe world dominance by Chinese owners and American companies (investment companies and GAFA) by controlling the ownership ratio required for domination. When Chinese owners cooperate, world domination is greatly expanded. China dominates 47% of all worldwide employees by an indirect shareholding ratio over 1%. Chinese domination on Tax Haven areas, France, South Africa, Nigeria is prominent. France has many stocks of companies in Africa, the former colony. Domination has a hierarchical structure. That is, China dominates African companies through French companies. The mining industry is particularly under great domination. However, Chinese dominance of the world is strong, but dominance by American companies is even stronger.

1. はじめに

中国政府は一帯一路構想を立ち上げ，中国の国有企業や富豪らが，南太平洋，南シナ海，アジア全域，ロシア，アフリカ，欧州のインフラへの投資や政治家への資金提供を積極的におこない，大規模経済圏を構築しようとしている．近年，それらによる弊害が発生してきた．例えば，豪州では，資金提供を受けた政治家らが，南シナ海問題や自由貿易協定（FTA）などで，中国に望ましい方向に政策を誘導しているという事態が発生している [1]．また，融資が返せない途上国では，政治や資源に対する中国支配が強まっている [2]．このように，想定を超える中国マネーにより，各国の主権が弱まっている．

本稿では，グローバルで複雑な株所有ネットワークを介した中国による間接的な世界支配を検出するために，支配関係に拡張したパーコレーションモデルを提案する．このモデルに従い，中国と米国について，株主らの協力関係を反映した間接的な世界支配の強さについて示す．

中国は世界の全株式会社の従業員の 47%を，1%の間接的な株所有率により支配している．特に，タックスヘブン地域や，フランス，南アフリカ，ナイジェリアでの支配が目立つ．このように中国の支配は強まっているが，アメリカの支配は，その比ではない．米国の僅か4つの投資会社は，その 5 倍の所有比率で47%の従業員を支配している．本発表では，これらの結果に加えて，異なる期間のデータを用いて間接的支配の時間変化や，国会議員データを用いて政治との繋がりについて報告する．

2. グローバルな株所有ネットワークの作成

我々は，Bureau van Dijk 社が提供する全世界 3 億社と 1.4 億人が収録された 2016 年の企業情報データベースを用いる．株式の保有比率が記載された企業の株主リストと，企業や人の保有銘柄リストが含まれている．我々は，これらのリストを全ての企業に関して繋ぎ合わせることで，グローバルな株所有ネットワークを構築した．

連絡先：水野貴之，国立情報学研究所，東京都千代田区一ツ橋２－１－２．mizuno[at]nii.ac.jp

3. パーコレーションモデルによる間接支配の抽出

ネットワーク上のパーコレーションモデルを応用することで，中国が直接的・間接的に支配する企業群を，グローバル株所有ネットワークの部分グラフ（部分ネットワーク）として抽出する．

ネットワーク上のシンプルなパーコレーションモデルでは，各リンクに値が設定されている．そして，あるノードが，そのノードに接続されたリンクを経由して隣のノードに影響をあたえるかどうかは，そのリンクの値が設定した閾値以上であるのかだけに依存する．しかし，このシンプルなモデルでは支配関係を抽出できない．

図1は，ある3社間の株所有ネットワークである．B 社は A 社の株の 30%を，C 社の株の 80%を保有している．そして，C 社は A 社の株の 40%を保有している．支配に必要な閾値を 50%に設定して，B 社からのシンプルなパーコレーションモデルを実行すると，B 社は C 社のみを支配下に置く．しかしながら，現実は，B 社は支配下にある C 社の持つ A 社の 40%の株を利用することができ，B 社が持つ A 社の 30%の株とあわせて間接的に70%を保有することにより，A 社を支配できる．つまり，支配関係を抽出するためには，パーコレートの閾値を，B 社が直接所有する A 社の株を表すリンクに対して設定するのではなく， B 社が支配下企業を介して間接的に保有する A 社の株も合計して，そのリンクの値の合計に対して閾値を設定するパーコレーションモデルにする必要がある，この間接的な影響を加味したパーコレーションモデルは，反復計算を繰り返すことで，B 社が支配する全ての企業を抽出することができる．

図2は，支配に必要な閾値を 50%に設定したときの，間接的な影響を加味したパーコレーションモデルにより抽出された中国政府による企業支配を表す．中国政府は，複雑な株所有ネットワークを通じて多くの企業を支配下においていることが分かる．

4. 支配の条件と抽出結果

株式企業は，様々な所有率で株主に支配されている．例えば，株主は，所有率 2/3 以上で単独での取締役の解任や会社の合

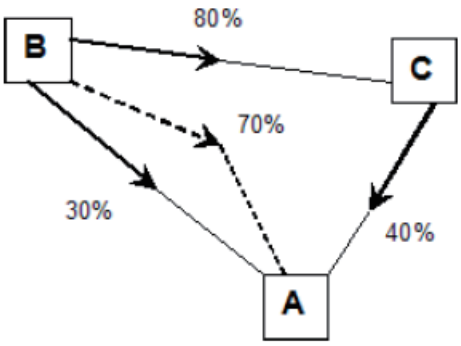


図1　ある3社間の株所有ネットワーク

図2　中国政府による直接的・間接的な企業支配

併解散を決めることができる．また，所有率 1/3 以上であれば，これらの決議について拒否権を発動できる．所有率 50%以上では，普通決議を単独で決めることができる．1%や 3%，10%でも会社を動かす様々な権利が得られる．このように，様々な種類の支配関係が存在する．

複数の株主が協力して会社を支配する場合もある．例えば，妻と夫が，それぞれ，会社 A の株を保有しており，それらの株を合わせることによって会社 A を支配する場合がある．中国政府が，中国人富豪に協力を要請することもある．

世界における企業サイズの分布は，ファットテール従っているから，多くの従業員は大企業で働いている [3]．我々は，支配における企業サイズの違いを考慮するために，正規従業員数で支配の規模を評価する．本データセットに含まれる株式企業で働く正規従業員の合計は約4億人である．我々は，図3で，中国政府，中国株主連合（全ての中国人株主と非株式組織），GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon とそれらのオーナー)，米国投資会社 (Vanguard, Berkshire Hathaway, Bank of America, Blackrock)について，それぞれ支配を調査した．

中国政府は，株式所有率 50%で，世界の全株式会社の従業員の 5%を支配している．中国株主が協力し合うことで，支配率は 8%まで上昇する．支配に必要な閾値を 1%以下に下げると

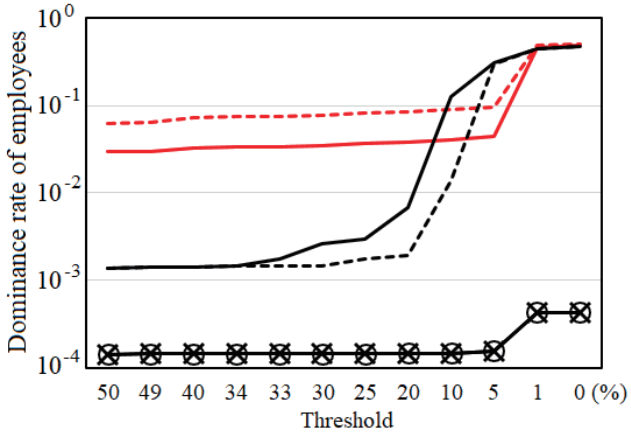


図3　中国政府などによる従業員数支配率．赤実線：中国政府，赤破線：中国株主連合，黒実線：米国投資会社（協力），黒破線：米国投資会社（非協力），○：GAFA（協力），×：GAFA（非協力）．

支配の規模を急激に広げ，中国政府と中国株主連合は，全従業員の 47%を支配する．米国による世界支配は中国の比ではない．アメリカの僅か4社の投資会社が協力するだけで，閾値 10%で中国を逆転する．そして，全世界の 40%の従業員を，株式所有率 5%で支配している．GAFA による株所有による企業支配は，それほど大きくはない．しかも，彼らは，支配企業を明確に棲み分けしており，協力をしたとしても，支配は拡大しない．GAFA は投資ではなくビジネス上の連携をおこなうために，企業支配をおっていると考えられる．

5.　まとめと課題

本稿では，グローバルで複雑な株所有ネットワークを介した中国による間接的な世界支配を検出するために，支配関係に拡張したパーコレーションモデルを提案した．中国は全世界の従業員の 47%を，1%の間接的な株所有率により支配している．しかし，米国企業による支配は中国の比ではない．

我々は，国別に中国による支配率を調査した．タックスヘブン地域や，フランス，南アフリカ，ナイジェリアでの支配が目立つ．フランスは旧植民地であるアフリカの企業の株を多く持っている．支配には階層構造があり，中国は，フランス企業を介してアフリカを支配している．アフリカでは，マイニング産業が大きな中国支配を受けている．

本講演では，これらの結果に合わせて，2009 年の株所有データで同じ解析をすることにより，中国の海外支配の時間変化についても報告する．

本研究は科学研究費補助金 16H05904 の支援を受けている．

参考文献

[1] C. Hamilton, A. Joske (2018) Silent Invasion: China's Influence in Australia. Hardie Grant.

[2] J. Hurley, S. Morris, G. Portelance (2018) Examining the Debt Implications of the Belt and Road Initiative from a Policy Perspective. CGD Policy Paper 121, 1-37.

[3] S. Fujimoto, A. Ishikawa, T. Mizuno, T. Watanabe (2011) A New Method for Measuring Tail Exponents of Firm Size Distributions. Economics 5, 2011-19.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

現代的/古典的レイシズムの表出におけるニュース番組の影響: インターネットテレビに投稿される差別的コメントの分析

Expressing Modern/Oldfashioned Racism depending on News Contents of Internet Television

高野雅典 *1,*2 Masanori Takano　高史明 *3 Fumiaki Taka　森下壮一郎 *1 Soichiro Morishita　西朋里 *4 Tomosato Nishi　小川祐樹 *4 Yuki Ogawa

*1株式会社サイバーエージェント CyberAgent, Inc.　*2東京大学 The University of Tokyo　*3神奈川大学 Kanagawa University

*4立命館大学情報理工学部 College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

We analyzed comments to news programs on Internet television to explore relationships between news contents and modern/oldfashioned racism on expressing prejudice against Zainichi Koreans in Japan. We found that users tended to express both prejudices; nevertheless, it depended on news programs whether users expressed modern or oldfashioned racism.

1. はじめに

匿名のネット空間（e.g. Twitter）では現実の社会では受け入れられないような偏見が表出されることが少なくない [Munger 17, 高 15]．そのような表出されるレイシズムは古典的レイシズムと現代的レイシズムの 2 種類に分けられる [Kinder 81, McConahay 86]．古典的レイシズムとは，被差別民族は能力や倫理観が劣っているという信念に基づく偏見である．現代的レイシズムとは，差別はもはや解決しているにも関わらず被差別民族が恵まれていなかったり権利を求めるのはただの怠惰であり，本人の責任であるという信念に基づく偏見である．この 2 つは元々はアメリカにおける黒人に対する偏見を理解するために考案された枠組みであるが，日本における在日コリアンに対する偏見も同じ枠組みで理解できることが示されている [高 15]．

在日コリアンに対するオンラインでの差別発言はニュース記事をきっかけとすることが多い [高 15]．本研究では在日コリアンに対する差別発言において古典的レイシズムと現代的レイシズムの表出とニュースコンテンツの関係を明らかにすることが目的である．そのために我々はインターネットテレビ局 AbemaTV*1 におけるニュースチャンネルの各番組につけられた在日コリアンに関係するコメントを分析する．AbemaTV には約 20 の各種専門チャンネル（ニュース，スポーツなど）があり，番組表にしたがってリニア放送がパーソナルコンピュータやタブレット，スマートフォンを使って視聴できる Web サービスである．放送されるコンテンツやユーザ体験はテレビに近い．ユーザは放映中の番組についてリアルタイムにコメントをつけることができる．本研究はこのコメントを分析する．

2. データとモデル

以下の手順で現代的/古典的レイシズムを含む差別発言を抽出した．

1. 2018/1/17〜2018/8/31 に AbemaTV のニュースチャンネルに投稿されたコメントからコリアン関連のコメントを抽出（基準は表 1 を参照 *2）
2. [高 15] の分類コードを拡張したもの（表 2）を用いて各コメントに現代的/古典的レイシズムのラベルを付与（両方含まれていなければ付与しない）
3. 現代的/古典的レイシズムの両方のラベルが付与されたコメントが少なくとも 1 回以上出現する番組に対するコメントのみ抽出
4. 現代的/古典的レイシズムの両方のラベルが付与されたコメントを少なくとも 1 回以上投稿し，かつ，2 つ以上の番組を視聴したユーザのコメントのみ抽出

表 1: コリアン関連のコメントを抽出した条件．これらの単語をコメントが含んでいればコリアン関連のコメントとした．コリアン関連の名詞とインターネット空間でしばしば使われる差別的なスラングを用いた．* はワイルドカードである．ただしコリアン以外の在日外国人に関する単語や韓国人俳優名（ユチョン氏など）がコメントに含まれる場合は除去した．

コリアン関連コメントの抽出基準単語リスト
韓国人　朝鮮人 在日　チョン　キムチ*臭 火病 ファビョ ＜｀∀´＞ ニダー

抽出したコメントから「ユーザ IDi，視聴した番組 j，現代的レイシズムの有無 $y_m \in \{0,1\}$，古典的レイシズムの有無 $y_o \in \{0,1\}$，視聴時間の対数値 t_{ij}」というデータセットを作成した．このデータセットは 49,894 行で，599 人のユーザと 1078 番組で構成される．コリアン関係のコメントにおける現代的/古典的レイシズムを含むコメントの比率はそれぞれ 9.18% と 5.88%であった．y_* は番組 j を視聴したときの差別発言の有無である（1 が有，0 が無）．このときユーザ単位での現代的レイシズムと古典的レイシズムの表出確率の相関は弱かった（ピアソン積率相関係数が 0.140*** *3）．

連絡先: takano_masanori@cyberagent.co.jp

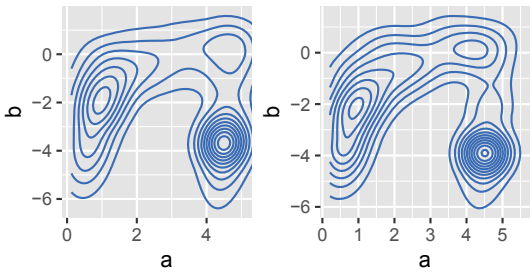
*1　https://abema.tv

*2　本研究の分析対象には差別的な語を用いたコメントも含まれるが，これらを伏せることは現状の認識の妨げになるため，研究の資料的価値に鑑みて抽出に用いた単語はそのまま掲載した．

*3　*** は t 検定で $p-\text{value} < 0.001$ であることを表す．

表 2: 現代的/古典的レイシズムの分類コード（[高 15] の拡張）．これらの単語をコメントが含んでいれば各分類のレイシズムのラベルを付与した．したがって現代的レイシズムと古典的レイシズムのラベルは排他的ではない．

分類	単語
現代的レイシズム	特権 生活保護 生保 受給 人権 通り名 通名 参政権 投票 選挙権 差別 年金
古典的レイシズム	犯罪 事件 逮捕 悪事 凶悪 強姦 レイプ 犯す 犯人 襲う 強盗 殺人 容疑 殺害 暴行 被害 整形 劣る 劣等 ヤクザ 火病 ファビョ



(a) 現代的レイシズム　　(b) 古典的レイシズム

図 1: a と b の密度分布

以下の統計モデルを用いて，現代的/古典的レイシズム（y_m, y_o）それぞれについてユーザ i の個人属性としての差別発言のしやすさ（θ_i）とニュース番組 j の差別発言投稿に関する性質（識別力 a_j と喚起力 b_j）を評価した．

$$y_* \sim B(p_*) \tag{1}$$

$$\mathrm{logit}(p_*) = a_j(\theta_i + b_j + \beta t_{ij}) \tag{2}$$

ここで $B(p)$ は従うベルヌーイ分布，t_{ij} はユーザ i の番組 j の視聴時間を調整するための共変量を表す．モデルは項目反応理論の 2 変数ロジスティクスモデル [Birnbaum 68] の拡張である．

パラメータの推定には Stan を用い，2000 回サンプリングを行って，その後半の 1000 回分を分析に用いた．事前分布は $a \sim \mathrm{N}(0,5)$（ただし $a \geq 0$），$b \sim \mathrm{N}(0,5)$，$\theta \sim \mathrm{N}(0,1)$，$\beta \sim \mathrm{N}(0,5)$ とした（$N(\mu,\sigma)$ は平均 μ，標準偏差 σ の正規分布）．以上のようにしてパラメータ推定をした結果，全ての RHat は 1.1 以下になり，十分に収束していると言える．

3. 分析結果

現代的レイシズムと古典的レイシズムの間の関連を番組とユーザの性質それぞれについて知るために a, b, θ の分布の平均値についてピアソン積率相関係数を使って評価した．その結果，a は 0.158^{***}，b は 0.202^{***}，θ は 0.771^{***} であった．すなわち，二種類のレイシズムはユーザ（θ）に関しては強い相関を示した．一方で，番組の性質（a と b）は相対的に相関は弱かった．

番組の性質は a と b によって大きく 3 つのクラスに分かれた．図 1 に現代的/古典的レイシズムにおける (a,b) の密度分布をそれぞれ示す．ここでは $a = 3$，$b = -1.5$ をしきい値として以下のようにクラス分けをした．

表 3: 現代的/古典的レイシズムのクラス間の共起頻度

現代的＼古典的	1	2	3	合計
1	124	42	156	322
2	47	54	105	206
3	114	92	344	550
合計	285	188	605	1078

- **1)** 識別力 a が大きく喚起力 b が小さいクラス．これは極端な態度（θ が大きい）の人だけがレイシズムを表出する番組クラスである．
- **2)** a が大きく b も高いクラス．これはあまりレイシズム傾向を持たないユーザでもレイシズムを表出しやすい番組クラスである．このクラスは現代的レイシズムのほうが多く見られた．
- **3)** a が小さく b は中程度のクラス．これはレイシズムはある程度喚起するが実際に表出するか否かのゆらぎは大きい番組クラスである．

この 3 つのクラス分けは現代的/古典的レイシズムで類似の傾向を示したが，両レイシズムにおけるクラス間の関連はあまり強いものではなかった．表 3 に各クラス間の共起頻度を示す．番組における現代的/古典的レイシズムの相関を評価するために Cohen の κ 係数を計算した所 0.14 と小さかった．

4. 議論

本研究では現代的/古典的レイシズムの表出要因を番組と人に分離するモデルを提案し，AbemaTV の番組につけられた差別的コメントに適用して分析した．その結果，先行研究 [McConahay 86, 高 15] でも観測されたユーザ単位での現代的レイシズムと古典的レイシズムの相関を確認した．一方で，そのユーザが表出するレイシズムとは番組の内容に依存していた．

レイシズムが表出された番組の性質にも 3 つのクラスが存在することが示された．1 つは極端な態度のユーザのみが態度を表出する番組（クラス 1），1 つはユーザの態度が弱くてもレイシズムの表出を喚起してしまう番組（クラス 2，3）である．これはレイシズムの表出を禁止する場合の対策を番組単位（前者）かユーザ単位（後者）のどちらの観点で実施すべきかが，番組内容によって異なることを示唆する．

各クラスの性質は現代的/古典的レイシズムで類似の性質を示した一方で，クラス間の相関は弱かった．これは番組内容がユーザの現代的/古典的レイシズムに関する偏見をどのように刺激するか？ が異なることを示唆する．レイシズム表出の対策のためには，具体的な番組内容と現代的/古典的レイシズムの関連を明らかにすることが必要である．

参考文献

[Birnbaum 68] Birnbaum, A.: Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring an Examinee's Ability, in *Statistical Theories of Mental Test Scores*, pp. 397—-479, Addison-Wesley, Reading, MA, USA (1968)

[Kinder 81] Kinder, D. R. and Sears, D. O.: Prejudice and politics: Symbolic racism versus racial threats to the good life.,

Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 40, No. 3, pp. 414–431 (1981)

[McConahay 86] McConahay, J. B.: Modern racism, ambivalence, and the Modern Racism Scale, in J. F. Dovidio, and S. L. Gaertner, eds., *Prejudice, discrimination, and racism*, pp. pp. 91—-125, Academic Press, San Diego, CA, US (1986)

[Munger 17] Munger, K.: Tweetment Effects on the Tweeted: Experimentally Reducing Racist Harassment, *Political Behavior*, Vol. 39, No. 3, pp. 629–649 (2017)

[高 15] 高 史明: レイシズムを解剖する: 在日コリアンへの偏見とインターネット, 勁草書房 (2015)

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-9

[2E4-OS-9] 顔文字の科学

奥村 紀之（大手前大学）、Michal Ptaszynski（北見工業大学）、Rzepka Rafal（北海道大学）

Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room E (301A Medium meeting room)

[2E4-OS-9-01] Analysis of Net Slang Expressing laugh at Comments on Nico Nico Douga

〇Shiori Aoyagi[1], Yasuo Kawai[1] （1. Graduate School of Information and Communications, Bunkyo University）

3:20 PM - 3:40 PM

[2E4-OS-9-02] A Multi-class Classification based on the Original Form of Kaomoji using Neural Network

〇Noriyuki Okumura[1], Rei Okumura[2] （1. Otemae University, 2. National Institute of Technology, Akashi College）

3:40 PM - 4:00 PM

[2E4-OS-9-03] Study on Potential of Automatic Emoticon Generation Based on Emoticon Parts

〇Tomoaki Sakai[1], Michal Edmund Ptaszynski[1], Fumito Masui[1] （1. kitami institute of technology）

4:00 PM - 4:20 PM

[2E4-OS-9-04] Convolutional Neural Network for Chinese Sentiment Analysis Considering Chinese Slang Lexicon and Emoticons

〇Da Li[1], Rafal Rzepka[1], Michal Ptaszynski[2], Kenji Araki[1] （1. Hokkaido University, 2. KITAMI Institute of Technology）

4:20 PM - 4:40 PM

[2E10-13-5] Panel discussion

4:40 PM - 5:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

ニコニコ動画のコメントにおける笑いを表現するネットスラングの分析

Analysis of Net Slang Expressing laugh at Comments on Nico Nico Douga

青柳志織[*1]
Shiori Aoyagi

川合康央[*2]
Yasuo Kawai

[*1] 文教大学 情報学研究科

Graduate School of Information and Communications, Bunkyo University

Abstract: Internet communication is developed day by day in the information society. Among these communications, the Internet's own slang called "net slang" is often used. In this research, we focused on net slang expressing laugh in net slang and aimed to clarify whether their meaning usage is the same. By comparing net slang, we found that the type of laugh and the subject of laugh tend to be different in each slang.

1. はじめに

現在，スマートフォンや PC の普及により，様々な世代の人々がインターネットを生活の一部として活用している．それに伴いインターネット上で書記言語を用いたテキストコミュニケーションが日々盛んに行われている．近年では，Skype や Discord を代表とする無料通話アプリケーションやボイスチャット等による音声コミュニケーションも可能となってきたが，現在でもテキストコミュニケーションの場は大いに活用されている．5ちゃんねる（旧：2ちゃんねる）や爆サイ.com といった大型電子掲示板，LINE などのテキストチャット，twitter や Facebook といった身の回りのニュースを発信し，コミュニケーションを交わすことができる SNS，コンテンツに関する評価や意見交換をすることが可能な YouTube やニコニコ動画が代表とされる動画共有サービスなど，テキストを用いたコミュニケーションを行う情報サービスは多く存在し，趣味の発信や娯楽，連絡手段など，生活の一部として，多くの人々に活用されている．

これらのテキストコミュニケーションの中では，“ネットスラング”と呼ばれるインターネット独自の俗語がしばしば用いられている．ネットスラングは様々なきっかけで生まれ，人々の間で流行し，インターネットならではの表現として定着し，また衰退していく．インターネットにおけるコミュニケーションが盛んな現代において，ネットスラングは新たな言葉の創造の場としての役割を担っていると考えられる．また，ネットスラングの変遷からインターネットコミュニケーションにおいて人々が何を求めているのかを観察したいと考えている．本稿では，ネットスラングの中でも笑いを表現するネットスラングについて注目する．

2. 笑いを表現するネットスラング

テキストコミュニケーションにおいて文に笑いの要素を付加するネットスラングを，笑いを表現するネットスラングとする．本稿では「笑」の漢字を含む「（笑）」を代表とし，その派生形である「w」，「草」を対象とした．対象のスラングを使ったものは以下のような例がみられる。「（笑）」，「w」については「現代日本語書き言葉均衡コーパス（BCCWJ）」で，「草」については「ニコニココメント等データ」から引用した

（1）今日はクリスマスという事で…アキバに行ってきます（笑）
（BCCWJ 2008）

（2）ワタシも笑っちゃいましたわwww
（BCCWJ 2005）

（3）本番のハードル上がりまくってて草生える
（NII 18）

以上のように「（笑）」，「w」は記号のように用いられ，「草」は普通名詞と変わらない用いられ方をしている。SNS やブログサイトを対象とした「w」に関する意味用法の研究を行った岩崎らによると，「w」には書き手が文章の内容が笑いを生じさせるものであることを示し，その笑いにも自嘲的な笑いや皮肉的な笑い，苦笑，微笑などさまざまな笑いを示しているとされている [Iwasaki 17] ．本研究では，「笑い」から派生したこれらのネットスラングの意味用法が本当に同じなのかを明らかにすることを目的とした．

3. 研究方法

3.1 調査対象

本研究では調査対象を「ドワンゴ」が提供している動画共有サービス「ニコニコ動画」のコメントを調査の対象にした。「ニコニコ動画」は 2006 年にサービスが開始され，ユーザが動画上にリアルタイムでコメントを書き込める独自のシステムが人気を集めている．インターネットの普及から，「5 ちゃんねる(旧2ちゃんねる)」などの大型電子掲示板サイトや，「あやしいわーるど」に代表されるアンダーグラウンドサイトでは，多くのネットスラングが生み出されてきた．「ニコニコ動画」にはこれらのネットスラングが多く流入され，現在のサブカルチャー界隈の文化を築いている．多くのネットスラングの使用例が抽出できると考えられる。コメントデータは国立情報学研究所のダウンロードサービスにより株式会社ドワンゴから提供を受けた「ニコニコ動画コメント等データ」を利用している．

3.2 データの収集方法

2016 年から 2018 年までの 6 月の月間総合ランキング上位 10 位までの動画を対象とし，期間は「ニコニコ動画」の月間コメントの期間に合わせ，毎年 5 月 1 日（AM6:00）から 6 月 1 日（AM5:59）までに設定し，その間に投稿されたコメントを抽出した．カテゴリはすべてのカテゴリが対象のカテゴリ合算に設定し

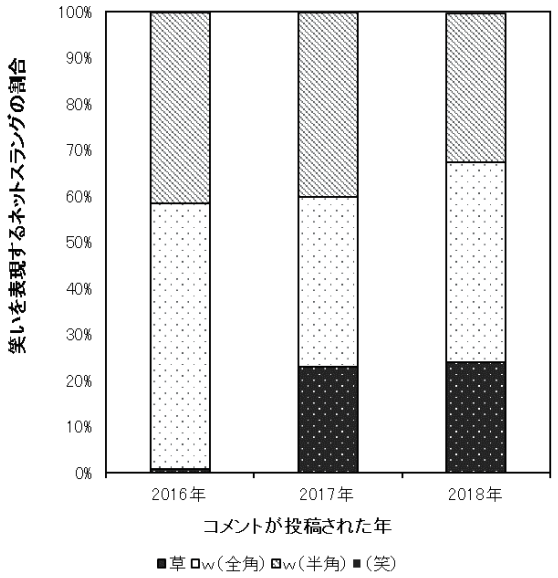
連絡先：青柳志織，文教大学情報学研究科，
b8g51001@shonan.bunkyo.ac.jp

た. 2018 年に関しては, 月間総合ランキング 2 位動画のコメントデータが大きすぎたため期間中のコメントを抽出することができなかった. そのため, 2 位を除いた 1 位から 11 位までの 10 個の動画を対象とした. さらに,「(笑)」,「w(全角)」,「w(半角)」,「草」の含まれるコメントのみを抽出したデータを各年用意した. ただし「w」には複数個並べて笑いの度合いを強くする使用法がある.「w」を並べる数に際限がないため, 分析作業を考慮し「w(全角)」,「w(半角)」に共通して4つ以上「w」が並ぶ場合,「w」の数の上限を3つまでに設定した. また,「草」や「w」を含む「草履」や「GW(ゴールデンウイーク)」などの笑いを表現するネットスラングとして機能していない単語が含まれたコメントに関しては文脈から確認し, 除外した.

表 1 データ収集の結果

	期間中抽出されたコメント		対象のスラングが含まれたコメント			
	期間中抽出されたコメントの合計	対象のスラングが含まれたコメント	草	w(全角)	w(半角)	(笑)
2016年	150,923	53,821	403	31,057	22,252	109
2017年	405,018	34,094	7,822	12,607	13,599	66
2018年	46,595	9,064	2,168	3,936	2,934	26

表 2 データの割合



データ収集によって以上のデータセットが作成された(表 1). 表 2 は対象の笑いを表現するネットスラングが含まれたコメントの, スラングごとの内訳を表したものである. 2018 年は抽出できたコメント数が非常に少なくなった. 2 位の動画のコメントが抽出できなかったことと, 9 位, 11 位の動画コメント数が非常に少なかったことが理由と考えられる.「w(全角)」,「w(半角)」を含むコメントはどの年でも多く抽出された.「草」を含むコメントの割合が多く見られるようになったのは 2017 年からである.「(笑)」に関してはどの年においても出現数はかなり少なかった. 笑いを表現するネットスラングの比較には収集できたデータが多く,「草」を含むコメントの割合が増えた 2017 年のデータを使用する. 本研究ではユーザーローカル テキストマイニングツールを利用して分析をおこなう. ユーザーローカルの「2つの文章を比較」機能を使用し, 特徴的な単語を抽出し, 各笑いを表現するネットスラングの特色を調べる.

4. 結果

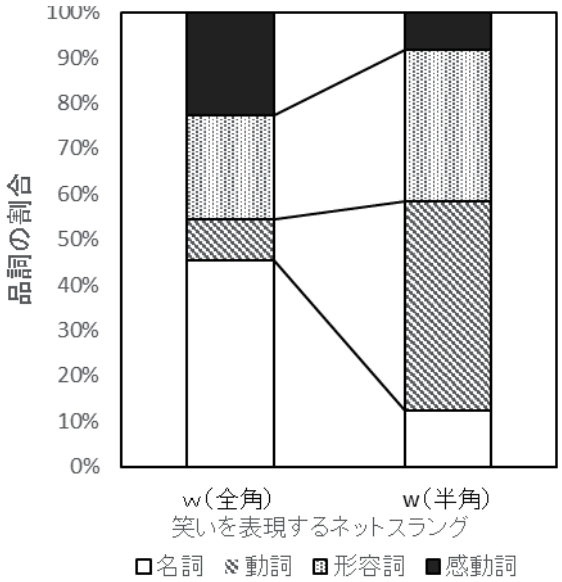
4.1 分析 1「w」同士の比較

「w(全角)」と「w(半角)」の比較をおこなった. コメントから抽出された単語の意味がどれだけポジティブ・ネガティブであるかの比較マップ(以下, ユーザーローカルでの名称に合わせ「ネガポジマップ」とする)においては大きな差は出なかった. 表3は「w(全角)」と「w(半角)」のデータに出現する単語を, それぞれどちらのデータに偏って出現しているか(以下,「単語分類」とする)で, グルーピングした表である. 個別の単語に傾向は見られないが,「w(全角)」には名詞, 感動詞が,「w(半角)」には動詞, 形容詞が多く抽出された(表 4). 岩崎らの研究では名詞につく「w」は単純な笑いと皮肉な笑いを示し, 感動詞につく「w」は単純な笑いを示す. また動詞につく場合, 自嘲や自虐的な笑いを示し, 形容詞においては他者への嘲笑が多いとされている. 本研究では「w」が付与された単語ではなく,「w」が含まれるコメントの中から抽出された単語のため条件は異なるが,「w(全角)」は単純な笑いを示すとき,「w(半角)」は嘲笑的な笑いを示すときに多く使われているといえるだろう.

表 3 「w (全角)」と「w (半角)」の単語分類

全角w	w(半角)
OrGA(名詞)	ウッホホホーホホwww(名詞)
動画(名詞)	草(名詞)
LUCIFER(名詞)	100万(名詞)
編集(名詞)	過ぎる(動詞)
ナターリア(名詞)	知る(動詞)
ちゃん(名詞)	聞こえる(動詞)
二次会(名詞)	ふく(動詞)
グラードン(名詞)	分かる(動詞)
うめ(名詞)	くう(動詞)
グレープ(名詞)	使う(動詞)
でる(動詞)	がる(動詞)
避ける(動詞)	持つ(動詞)
こわい(形容詞)	聞く(動詞)
こい(形容詞)	釣る(動詞)
でかい(形容詞)	早い(形容詞)
長い(形容詞)	くろい(形容詞)
ずるい(形容詞)	少ない(形容詞)
ありがとう(感動詞)	高い(形容詞)
あかん (感動詞)	酷い(形容詞)
お疲れ様 (感動詞)	かっこよい(形容詞)
すまん(感動詞)	わるい(形容詞)
いやー(感動詞)	嬉しい(形容詞)
	うわー(感動詞)
	なんてこった(感動詞)

表 4 「w (全角)」と「w (半角)」の単語分類結果の割合



4.2 分析 2 「草」と「w」の比較

分析2では笑いを表現するネットスラングの中でも 2017 年から多く出現するようになった「草」とどの年においても多く出現された「w」の比較をおこなった.「w」の中でも 2017 年により多くデータが抽出できた「w(半角)」を対象とする. ネガポジマップでは「草」寄りの単語はネガティブが 7 単語, ポジティブが 3 単語であり,「w(半角)」寄りの単語はネガティブが 21 単語, ポジティブが 6 単語であった(図 1). ネガティブ:ポジティブの比が「草」は 7:3,「w(半角)」では 7:2 で「w(半角)」の方がポジティブな単語の割合が低かった. また,「草」においては「草」自体や,「草生える」など「草」と共に使用される語が抽出されている.「草」自体がネガティブ寄りのものと認識されていると考えられる.「w(半角)」においては「w(半角)」自体がネガティブであるわけではなくネガティブな単語と共に現れるケースが多く見られた.

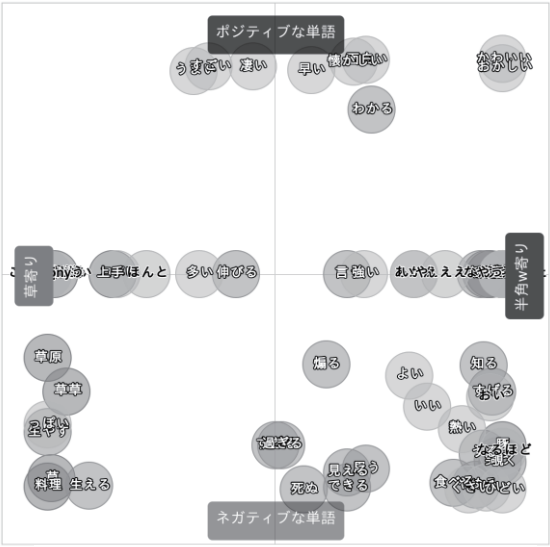


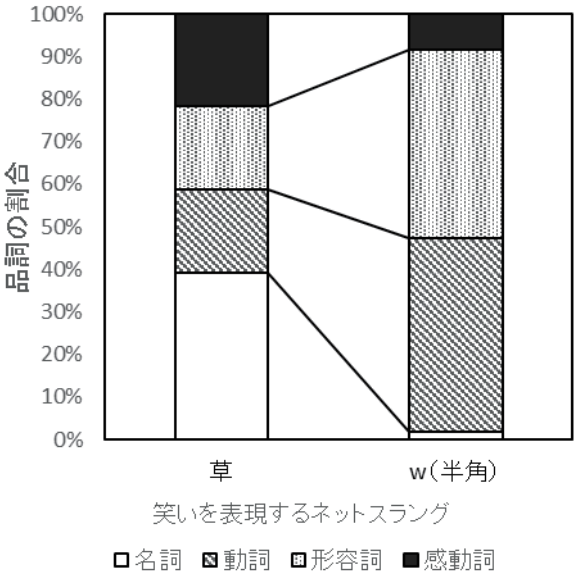
図 1 「草」と「w (半角)」のネガポジマップ

表 5「草」と「w (半角)」の単語分類

草		w(半角)	
草(名詞)	多い(形容詞)	w(名詞)	いい(形容詞)
コメ(名詞)	うまい(形容詞)		面白い(形容詞)
職人(名詞)	上手い(形容詞)	やめる(動詞)	熱い(形容詞)
普通(名詞)	思い(形容詞)	言う(動詞)	やばい(形容詞)
OrGA(名詞)	くろい(形容詞)	知る(動詞)	くさい(形容詞)
顔(名詞)	っぽい(形容詞)	すげる(動詞)	懐かしい(形容詞)
流石(名詞)	やすい(形容詞)	食べる(動詞)	よい(形容詞)
動画(名詞)	貴い(形容詞)	思う(動詞)	強い(形容詞)
声(名詞)	新しい(形容詞)	わかる(動詞)	良い(形容詞)
タグ(名詞)		できる(動詞)	怖い(形容詞)
若干(名詞)		見える(動詞)	わろい(形容詞)
草原(名詞)	ほんと(感動詞)	うる(動詞)	若い(形容詞)
ライ(名詞)	ありがとう(感動詞)	とる(動詞)	かっこいい(形容詞)
ルシファー(名詞)	お疲れ様(感動詞)	いく(動詞)	かわいい(形容詞)
NAVI(名詞)	わーい(感動詞)	とく(動詞)	長い(形容詞)
料理(名詞)	ごめんなさい(感動詞)	聞こえる(動詞)	おかしい(形容詞)
LUCIFER(名詞)	kq(感動詞)	笑う(動詞)	おもろい(形容詞)
まみれ(名詞)	お疲れさま(感動詞)	覗く(動詞)	ひどい(形容詞)
	すごーい(感動詞)	ひく(動詞)	あつい(形容詞)
	おめでとう(感動詞)	きつける(動詞)	優しい(形容詞)
生える(動詞)	anthony(感動詞)	いける(動詞)	おおい(形容詞)
増える(動詞)		あむ(動詞)	黒い(形容詞)
まくる(動詞)		泣ける(動詞)	大人しい(形容詞)
泣く(動詞)		踊れる(動詞)	すっぱい(形容詞)
生やす(動詞)		しとる(動詞)	なつかしい(形容詞)
散らかす(動詞)		しらむ(動詞)	こわい(形容詞)
湧く(動詞)		乗る(動詞)	おい(感動詞)
沸く(動詞)		諦める(動詞)	えええ(感動詞)
踊る(動詞)		乗り上げる(動詞)	すまん(感動詞)
			うううう(感動詞)
			なんてこった(感動詞)

単語分類においては,「草」では名詞, 感動詞が,「w(半角)」では形容詞, 動詞が多く出現した(表 5, 6).「草」と「w(全角)」を比較した場合においても「草」の含まれるコメントのほうが名詞,「w(全角)」では形容詞が多く出現する傾向がみられた.「草」は笑いの対象が名詞である際に用いられ,「w(半角)」は名詞そのものを笑いの対象にするよりは, 行為や状態が笑いの対象である場合に多く用いられるものと思われる.

表 6 「草」と「w (半角)」の単語分類結果の割合



4.3 分析 3 「(笑)」について

「(笑)」について収集できたデータ数が非常に少なく他の笑いを表現するネットスラングとの比較が難しかった.「(笑)」が含まれたコメントの抽出数は年々減少しており, 使用されなくなりつつあるネットスラングであるのかもしれない.「草」は普通名詞のように使用するため他の笑いを表現するネットスラングと使用方法が異なっているが,「(笑)」と「w」は文末に記号のようにつけるなど使用方法が似ている.「w」が含まれるコメントが多く抽出されることから「w」を使うのが主流と思われる.「(笑)」が含まれるコメントを見ていくと以下のような名詞に直に付与されているものがあった.

(4) ユーチューバー(笑)とかいうクソどもと比べ物にならんくらいおもろいわ

(NII 18)

(5) ちゃんと書いてあったろ？同じ番組のナレーター(笑)って

(NII 18)

これらは「(笑)」が付与された名詞を嘲笑する意味合いで使われていた. ミーハーな女性の別称に使われる「スイーツ(笑)」というネットスラングがある[Kindaichi 09]. 上記のコメントはこのスラングを真似た用法と思われる.「スイーツ(笑)」や,「ま～ん(笑)」など,「(笑)」には蔑称として使われる例があるため,「(笑)」は付与された名詞を侮蔑する役割として使用されていると考えらえられる.

5. まとめ

本研究では笑いを表現するネットスラング，「w（全角）」，「w（半角）」，「草」，「（笑）」の比較をおこない，意味用法が同じなのかを明らかにすることを目的とした．ニコニコ動画のランキング上位の動画のコメントを抽出し，笑いを表現するネットスラングの含まれるデータを用意し，ユーザーローカルテキストマイニングを使用して分析をおこなった．「w（全角）」は単純な笑いを，「w（半角）」は嘲笑的な笑いに使用される傾向があった．また多く抽出された「草」と「w」の比較においては，「草」は「草」自体がネガティブな単語とされ，「w（半角）」はネガティブな単語が含まれるコメントに出現する傾向が表れた． また単語分類の結果から笑いを表現するネットスラングによってコメント内に出現する品詞が異なることがわかった．笑いの対象が何かによって使用されるネットスラングが変わると考えられる．

本研究で対象とした笑いを表現するネットスラングは全般的にネガティブな意味や嘲笑，侮蔑的な笑いとして用いられている傾向があった．インターネットコミュニケーションの場においての笑いは嘲笑や批判的なものが多いと言えるのではないだろうか．

参考文献

[Iwasaki 17]岩崎 真梨子, 前田 梨沙, 川島 大樹：若者が着目するインターネット上の表現―ネットスラングと方言，八戸工業大学紀要，36 巻，pp. 41-56，2017.

[Kindaichi 09]金田一「乙」彦：オタク語辞典，美術出版，2009.

[BCCWJ]国立国語研究所：KOTONOHA「日本語書き言葉均衡コーパス」少納言，http://www.kotonoha.gr.jp/shonagon/

[NII 18] 国立情報学研究所: ニコニコ動画コメント等データ,2018.

[User Local] ユーザーローカル：テキストマイニングツール，https://textmining.userlocal.jp/

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

ニューラルネットワークによる顔文字の原形に基づくマルチクラス分類

A Multi-class Classification based on the Original Form of Kaomoji using Neural Network

奥村紀之 *1　　奥村嶺 *2
Noriyuki OKUMURA　　Rei OKUMURA

*1大手前大学 現代社会学部
Otemae University, Faculty of Modern Social Studies

*2明石工業高等専門学校 専攻科 機械・電子システム工学専攻
National Institute of Technology, Akashi College, Advanced Cource, Mechanical and Electronic System Engineering

In this paper, we propose a multi-class classification method for Kaomoji using feed forward neural network. Neural network has some units in each layer, but the suitable number of units is not clear. This research investigated the relation between the number of units and the accuracy of multi-class classification method.

1. はじめに

本稿では，顔文字の分類タスクの一つである，顔文字の原形推定に関する調査報告を行う．顔文字は，半角文字であるASCII 文字に加え，日本語のような全角文字も含めた様々な組み合わせにより表現され，現在確認されているだけでも既に10 万種類を超えている．また，Unicode の合成により，1 行に収まりきらない顔文字を合成することも可能となってきており，風間らの研究によって数百万種規模の顔文字が抽出可能だと言われている．一方で，顔文字を包括的に扱うための枠組みは確立されておらず，大規模な顔文字の辞書を保有しているに過ぎない状況である．

本稿では，多種多様な顔文字をまとめ上げるために顔文字の原形を定義し，任意の顔文字からその原型を推定するタスクに取り組んでいる．すでに顔文字の原形推定の手法についてはニューラルネットワークを用いた手法を提案しているが，中間層に用いるべきユニット数の妥当性が検証されていない．そこで，ある顔文字が単一の原形に集約されない（複数の原形を有する）可能性を踏まえ，マルチクラス分類における中間層のユニット数を調査している．

調査実験の結果，中間層 1 層の場合において 6,500 ユニットを準備することで，学習時間，正解率の観点から優れた結果が得られることが分かった．

2. 関連研究

Bedrick らは，PCFG による顔文字の検出を試みている．[Bedrick 12] 顔文字を抽出する対象としては Twitter に投稿された記事であるが，PCFG のルールを設定しているのみで，顔文字そのもの基本形などを定義しているわけではない．

風間らは，顔文字検出アルゴリズムを提案している．[風間 16]Bedrick らの研究と同様に，Twitter などの SNS に投稿された記事を解析し，顔文字様の文字列を抽出する手法について述べている．風間らの手法により，大量の顔文字様の文字列を抽出することは可能となるが，顔文字の構成をルール化しているのみで，本稿のような顔文字のまとめ上げには向かない．

Ptaszynski らは，顔文字を包括的に扱うための枠組みとして CAO システムを提案している．[Ptaszynski 10] CAO システムは，顔文字様の文字列を抽出することはもとより，抽出された顔文字が表現している感情を抽出することも目的としている．特に，顔文字の特徴として，目-口-目の並び（トリプレット）を顔文字の基本として抽出している．顔文字を表す基本の文字列を定義している点では本研究と類似しているが，我々のように対称性を考慮する [奥村 16] などの詳細な定義を行っておらず，やはりまとめ上げには向かない．

なお，著者のチームでは，ニューラルネットワークによる顔文字の分類手法の開発を進めている．[奥村 18] これまでの成果として，任意の顔文字から推定される唯一の原形を抽出することは 70%程度の正解率で可能となっているが，複数の原形を有する顔文字に対するマルチクラス分類は実装されていない．

本稿では，顔文字様の文字列を原形と称するクラスにラベリングし，複数のクラスに属する場合においても推定可能なシステムの構築を目指す．また，顔文字様の文字列から原形を推定するために必要な，ニューラルネットワークの中間層のユニット数について検証している．

3. マルチクラス分類可能な顔文字の原形抽出

従来の我々の手法では，3,110 種類存在している顔文字の原形のいずれかを出力することを目的としていた．しかし，例えば，(￣▽￣)ノ”o(*‥*)oゞ(￣▽￣) ヨチヨチのような顔文字の場合，顔を表すと考えられる文字列が 3 種類も含まれているため，いずれの原形を抽出して良いか判断できない．したがって，いずれか一つの原形を抽出するだけではまとめ上げとしても不十分であり，顔文字様の文字列に含まれている全ての顔とその原形を同定する必要がある．

本稿では，文字 Embedding を利用した固定長入力のフィードフォワードニューラルネットワークを利用し，マルチクラス分類を実装している．先ほどの例であれば，(￣▽￣)，(‥)，(￣▽￣) の 3 種類（厳密には (￣▽￣) が 2 回出現しているため 2 種類）の顔文字の原形を抽出することが出来れば正解とするようなモデルが必要となる．

連絡先: 奥村紀之，大手前大学現代社会学部，兵庫県伊丹市稲野町 2-2-2，TEL 072-770-6334，FAX 072-770-6916，noriyuki@otemae.ac.jp

3.1 顔文字のマルチクラス分類による原形推定

本稿で構成するニューラルネットワークは中間層 1 層の単純なモデルである．一方で，入力層に与えるべき情報は One-hot ベクトルでは不十分であることが分かっており，文字 Embedding を利用した入力の整形を行っている．本稿執筆時点で収集している顔文字データベースに登録されている顔文字の中で最長のものは 65 文字であるため，Embedding 層への入力は 65 ユニットとしている．Embedding 層へ入力された各文字は，顔文字の左側から順に 100 次元のベクトルへと変換され，順に結合される．65 文字に満たない顔文字については，不足分をゼロパディング（NULL 文字）で固定長の入力ベクトルを生成する．図 1 に本稿で採用したニューラルネットワークの構成を示す．

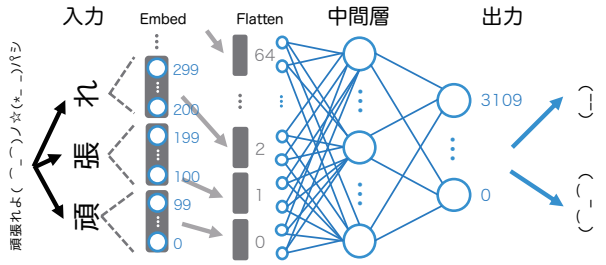


図 1: 顔文字の原形推定モデル

本稿では，図 1 における中間層のユニット数を変化させ，正解率（後述）による評価と学習時間の双方から，適切なユニット数を導出したい．なお，ユニット数の目安として，（入力ユニット数 ＋ 出力ユニット数）× 2/3 という目安があるという議論がなされている *1 が，解決すべき問題の複雑さ，学習データのサイズなど様々な要素に左右されるため，経験則の域を出ない．

3.2 評価方法

これまで，顔文字の原形推定における評価尺度は，出力された原形群の中に一つでも正しい原形が含まれていれば正解とカウントし，算出されていた．しかし，マルチクラス分類においては，出力された原形群に全ての原形が含まれているかを評価する必要がある．本稿では，評価尺度の難易度を 3 つに分類し，従来の評価方法（Easy），出力されるべき原形と出力された原形群に含まれる正解との比率による評価（Normal），顔文字様の文字列に含まれている原形全てを過不足なく推定することができるかという評価尺度（Hard）の 3 種類の評価方法によって傾向を調査する．

例えば，正解の原形が (-_-) (゜-゜) (._.) の 3 種類であり，推定された結果が (-_-) (._.) (_ _) だとすると，Easy では正解としてカウントされ，Normal では 2/3 という正解率が算出され，Hard では不正解としてカウントされることとなる．評価は以下の式 1，2，3 により行う．

$$Eval_{Easy} = \frac{\text{一つでも正解が出力された顔文字の数}}{N} \tag{1}$$

$$Eval_{Norm} = \frac{1}{N}\sum \frac{\text{出力された正解の数}}{\text{出力されるべき原形の数}} \tag{2}$$

$$Eval_{Hard} = \frac{\text{全ての正解が出力された顔文字の数}}{N} \tag{3}$$

*1 https://stackoverflow.com/questions/10565868/multi-layer-perceptron-mlp-architecture-criteria-for\-choosing-number-of-hidde

$Eval_{Easy}$ では，全評価対象に対する正解数の比率を算出し，$Eval_{Norm}$ では全評価対象における正解率の平均を求め，$Eval_{Hard}$ では $Eval_{Easy}$ と同様の比率を計算し，ユニット数による正解率の変化を調査する．

なお，評価では 28,296 組の顔文字様の文字列と原形のペアを使用し，10 分割交差検定により，平均正解率を算出している．以降の節では，10 分割交差検定の平均正解率の推移と学習時間を検討する．

4. 実験結果

本節では，3.2 節で述べた手法で図 1 を評価した結果について述べる．中間層のユニット数は 500 を最小とし，10,000 まで 500 刻みで検証した結果を示している．

4.1 損失の評価

図 2，図 3 に学習データおよび評価データにおける損失の推移を示す．縦軸は損失関数からの出力，横軸は Epoch 数を示す．

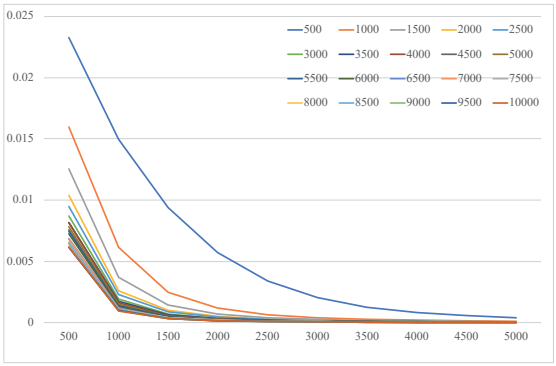


図 2: 学習データの損失

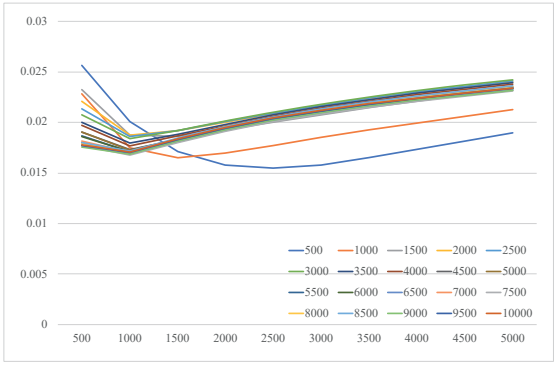


図 3: 評価データの損失

4.2 学習データにおける評価値の推移

図 4，図 5，図 6 に学習データにおける Easy，Normal，Hard の 3 手法による評価値の推移を示す．縦軸は正解率，横軸は Epoch 数を示す．

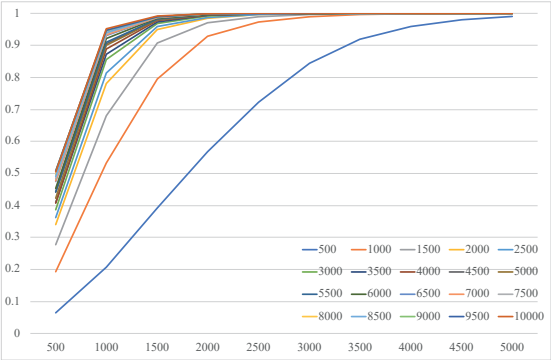


図 4: 学習データの Easy 評価

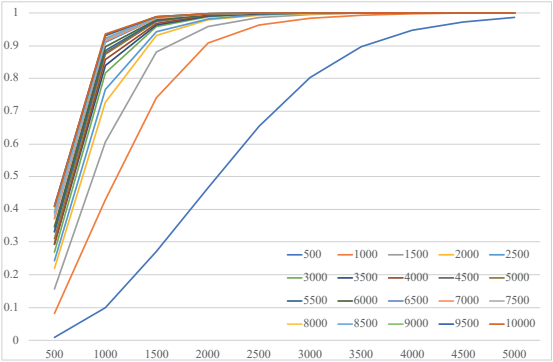


図 6: 学習データの Hard 評価

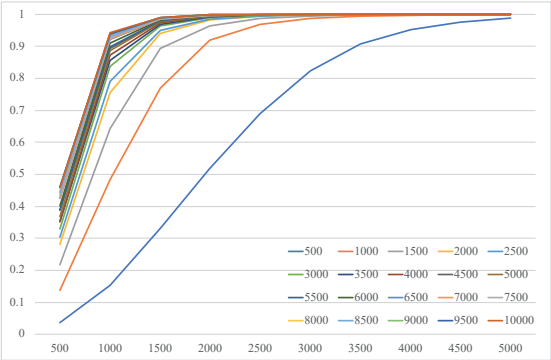


図 5: 学習データの Normal 評価

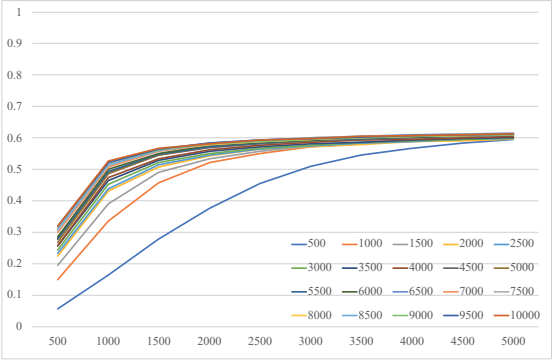


図 7: 評価データの Easy 評価

4.3 評価データにおける評価値の推移

図 7，図 8，図 9 に学習データにおける Easy，Normal，Hard の 3 手法による評価値の推移を示す．縦軸は正解率，横軸は Epoch を示す．

4.4 評価時間

図 10 に 10 分割交差検定に要した時間の推移を示す．縦軸は時間（秒）を示している．

5. 考察

4.1 節に示した図 2，図 3 から，学習は 1000Epoch 程度までで急速に進み，以降は評価データにおける損失が増加していくことから，本稿で採用しているニューラルネットワークのモデルでは 1,000Epoch 程度の学習までで十分であることが分かる．ユニット数による違いは，500 ユニット，1,000 ユニットのみ学習の進みが遅い傾向にあるが，それ以外のユニット数では同等の学習過程であることが分かる．

4.2 節に示した Easy，Normal，Hard のそれぞれの評価を見てみると，いずれの評価においてもユニット数が 500，1,000，1,500 の場合を除いて同等の傾向を示していることが分かる．1000Epoch 付近の評価値からも，少なくとも 2,000 ユニット以上の中間層を準備することによって，学習データに対しては 90%以上の正解率を得られており，学習が収束に向かっていることが読み取れる．

4.3 節に示した Easy，Normal，Hard それぞれの評価を確認すると，Easy の評価のみ 10%程度正解率が高くなるものの，Normal，Hard については大差のない評価が得られていることが分かる．このことから，マルチクラス分類を行う場合において，顔文字様の文字列の中に含まれていると思われる原形の総数以上に推定され出力されることは少なく，推定により出力される原形の個数は顔文字様の文字列に含まれている原形の総数（正解となる原形の個数）に等しいことが読み取れる．一方で，正解率は 50%程度と決して高くはなく，今後の性能向上が求められる．なお，1,000Epoch 付近の正解率を確認してみると，10,000 ユニットの場合が最も正解率が高く 42%ほどであるが，3.1 節で述べた経験則に基づいて算出したユニット数が 6500 (=(6500+3110) × 2/3=6406 ≒ 6500) の場合の正解率を確認してみると 41%程度とその差はほとんどないことが分かる．また，全体的な傾向としては，ユニット数が増えるごとに正解率はわずかながら上昇するが，経験則によるユニット数の場合と比較して正解率が低くなる場合もあるため，ユニット数を増やせば増やすほど良いというわけではないことも分かる．

最後に，4.4 節に示した学習に要する時間について検討する．学習に要する時間は図 10 に示したとおり，ユニット数が増えるごとに増大している．なお，ユニット数が 2,500 の場合に

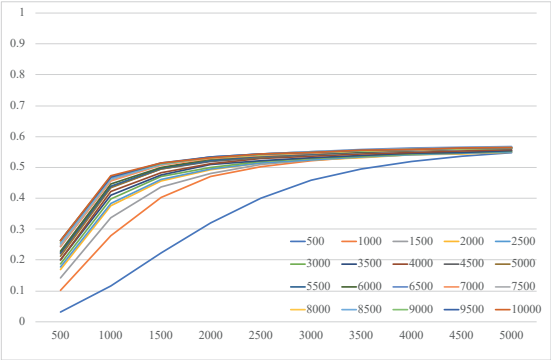


図 8: 評価データの Normal 評価

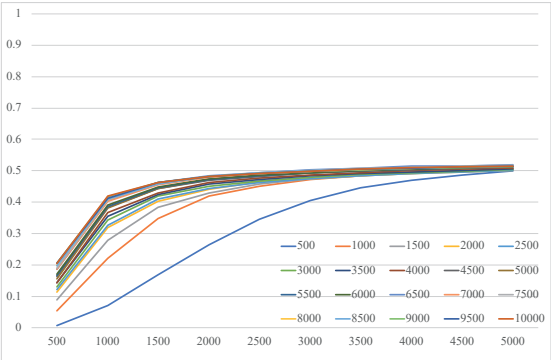


図 9: 評価データの Hard 評価

ついては，計算途中に何らかの割り込みが生じたため，ユニット数が 10,000 の場合をはるかに上回る時間が経過していたため，結果の図からは除外している．10 分割交差検定に要した時間のみを基準にすれば，ユニット数は少なければ少ないほど学習時間の観点からは効果的であるが，正解率は向上しづらいため，経験則に基づくユニット数付近のユニット数を採用するのが良いと考えられる．また，ユニット数が 9,000 以上になると，急激に所要時間が増えてしまう傾向があるため，本稿で採用しているモデルに置いては，8,000 以下のユニット数が妥当だと考えられる．

6. まとめ

本稿では，顔文字の原形推定のためのフィードフォワードニューラルネットワークにおける中間層のユニット数について調査した．経験則に基づくユニット数の最適値について実験的に確認し，およそ経験則から外れることのないモデルであることが分かった．中間層のユニット数を 6,500 とした場合，3,500Epoch 以上の学習でどの評価方法においても 50%を超えることが確認されているが，学習に時間がかかりすぎてしまうという問題が発生する．

今後の課題としては，入力層に与えるべき情報として文字 Embedding を実施しているが，顔文字のデータベースに出現する文字しか対応が出来ていないため，あらゆる文字へ対応

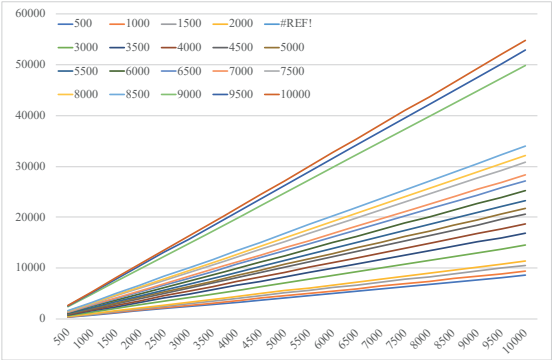


図 10: 10 分割交差検定に要した時間

可能な Embedding 手法を考える必要がある．また，入力が 6,400 次元の固定長であるため，リカレントニューラルネットワークのような可変長の入力に対応可能なモデルを適用して，任意の長さの顔文字に対応可能なシステムへと拡張する必要がある．同様に，本稿では中間層を 1 層としているが，多層化した場合の正解率についても調査を行い，顔文字の分析に使用するモデルとしての層数とユニット数の関係を明らかにしていきたい．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K11455 の助成を受けている．

参考文献

[Bedrick 12] Bedrick, S., Beckley, R., Roark, B., and Sproat, R.: Robust kaomoji detection in Twitter, in *Proceedings of the Second Workshop on Language in Social Media*, pp. 56–64, Association for Computational Linguistics (2012)

[Ptaszynski 10] Ptaszynski, M., Araki, K., Dybala, P., Rzepka, R., and Maciejewski, J.: CAO: A Fully Automatic Emoticon Analysis System Based on Theory of Kinesics, *IEEE Transactions on Affective Computing*, Vol. 1, pp. 46–59 (2010)

[奥村 16] 奥村 紀之：顔文字の原形抽出, 言語処理学会年次大会, Vol. NLP2016, pp. P1–1 (2016)

[奥村 18] 奥村 嶺, 奥村 紀之：文字 Embedding を使用したニューラルネットワークによる顔文字の原形推定, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2018, pp. 2B405–2B405 (2018)

[風間 16] 風間 一洋, 水木 栄, 榊 剛史：Twitter における顔文字を用いた感情分析の検討, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2016, pp. 3H3OS17a4–3H3OS17a4 (2016)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

顔文字パーツに基づいた顔文字の自動生成の可能性に関する調査

Study on Potential of Automatic Emoticon Generation Based on Emoticon Parts

酒井 伴彰 *1　プタシンスキ ミハウ *1　桝井 文人 *1
Tomoaki Sakai　Michal Ptaszynski　Fumito Masui

北見工業大学 情報システム工学科
Department of Computer Science, Kitami Institute of Technology

In this paper, we present our preliminary study in research on generating emoticons completely automatically for a context specified by emotions expressed in a sentence. To verify whether it is even feasible to generate comprehensible emoticons fully automatically, we firstly generate a number of emotion-specific emoticons according to a specified algorithm and then perform a survey in which we ask users about the affective impressions of the artificially generated emoticons. The survey revealed similarities between what were the emotions perceived in those emoticons by human participants and their main emotion score assigned automatically according to the emoticon parts that were used in the generation of those emoticons. This suggests it should be possible to generate comprehensible emoticons fully automatically in the future.

1. はじめに

近年, メールを始め，Facebook，Twitter，LINE などのような Social Networking Services（SNS）を通じたオンラインコミュニケーションが広く普及している．しかし，長年使用されてきたインターネット上の文字ベースのみでのコミュニケーションは実際の会話とは異なり，表情や話し方等の非言語情報が与えられず, 誤解が生じることがある．非言語情報の不足の中で行われる情報伝達を支援するため, 顔文字や絵文字, スタンプ, アスキーアートなどが提案された．また，絵文字，高画質画像（スタンプ，ステッカーなど）や単純なアニメーション（GIF）などによって多彩にしていく一方，文字のみでできた顔文字が人気を維持し古くから使用されている [山本&木村 2016, プタシンスキら 2017]．顔文字とは記号や文字で構成された表情や姿勢を表現するものであり，テキストでのコミュニケーションで補足的な情報を文に付与することができる．

しかし，顔文字は数多くの記号や特殊文字から成立されており，日常コミュニケーションの中でユーザは自発的に新しい顔文字を作ったり, それを使い続けたりしているため，ユーザによって顔文字の理解度が異なる．意味の曖昧な顔文字が使われた場合，誤解を防ぐためにはその曖昧性を解消する必要があると論じられる [石井ら 2017]．一方，より広い範囲のユーザにとって分かりやすい顔文字を文脈に応じて自動的に生成することができたらインターネット上のコミュニケーションの円滑化へ大きく貢献できることが見込まれる．

そこで，本研究では文の感情的な文脈に合わせた顔文字パーツに基づいた顔文字の生成が可能であるかをアンケート調査を用いて調査する．また, 今回は, 日本語や東アジアの文字コードの使用圏などで使用される (^_^) のような正位置の形式の顔文字を対象とする．

この論文は以下の通り構成されている 2. 章では顔文字の生成に関する従来研究について説明する．3. 章では本研究で提案する顔文字の生成のためのアルゴリズムを紹介する．また，4. 章ではパーツから自動生成した顔文字では既存の顔文字と同様の分かりやすさが得られるかについてアンケートをもとに確証する．5. 章ではアンケートの結果を分析して考察を行う．最後に 6. 章では論文をまとめ今後の課題を検討する．

2. 従来研究

顔文字の自動生成に関する研究としては，以下のような研究が挙げられる．[中村 2002] は，顔文字をパーツ（口，目，など）に分割し，機械学習モデルを作成し，対話システムにおいてユーザ入力文に合った顔文字の自動生成を行った．しかし，顔文字と感情表現間の関連性の調査は小規模のサンプルで行ったため結果には不十分な点があった．

中村の研究以来，顔文字の自動生成と異なる顔文字の自動推薦の研究が盛んとなった．その中，文中の感情解析をベースにした顔文字の自動推薦 [Urabe ら 2015] や，幅広い情報の種類（感情，あいさつ，眠気など）を用いた顔文字推薦の研究 [江村&関 2012] が挙げられる．

上記の研究と違い，[Ptaszynski ら 2010] は顔文字の自動解析を行うため顔文字に対して [中村 2002] と似たアプローチをとり，大規模の顔文字データベースをパーツ分割にしオープンソースとして公開した *1．本研究では，この顔文字データベースを用いて調査を行うことにした．

3. 顔文字生成アルゴリズム

3.1 CAO システムの顔文字パーツのデータベース

[Ptaszynski ら 2010] は，顔文字をパーツ（目，口など）に分割し顔文字データベースを構築し，文中顔文字抽出，感情解析を行う CAO システムを提案した．データベース構築のためには，インターネット上にある複数の顔文字辞書を参照し，各辞書内に顔文字が付与されているラベル（たとえば，“ 挨拶 ”，“ 突っ込み ”，“ 励まし ”，“ 怒る ”，“ 泣く ”，“ 笑う ” など）の中から感情関連のラベルのみ使い,「喜・怒・哀・怖・恥・好・厭・昂・安・驚」という 10 種類の感情種類に分類した 1 万以上の顔文字を収集した．さらに，これらの 1 万の顔文字を「口」,「目」などのパーツに自動的に分割し，感情種類別顔文字パーツのデータベースを構築した．

連絡先:

*1　http://arakilab.media.eng.hokudai.ac.jp/ ptaszynski/repository/cao

3.2 顔文字パーツに基づいた顔文字生成アルゴリズム

顔文字データベースを元に顔文字生成アルゴリズムを考えた．[Urabe ら 2015] と同様に，[Ptaszynski ら 2017] の感情解析システム ML-Ask*2 を用いて，文中表出される感情的文脈を解析し，生成する顔文字の感情種類を確定する．さらに，顔文字データベースを参照し，文の感情的文脈に合った感情種類のデータベース内の頻出の顔文字パーツを組み合わせて以下のように新しく顔文字を生成する．

CAO システム [Ptaszynski ら 2010] のデータベースには,「喜」「安」「昂」「好」「驚」「怖」「嫌」「怒」「恥」「哀」の 10 種類の各感情のパーツごとに使用頻度の高いものから順に並べられている. 例として表 1，表 2 はデータベースの一部を表した. このデータベースから 10 種類の各感情で使用頻度の高い顔文字のパーツを組み合わせ，その使用頻度の値の合計が高いものの中から上位 10 個の顔文字を用いてランダムに選択する．

しかし, このように新しく生成した顔文字は「｀ д´」のように普段括弧 () の中身だけのため，最後に，生成した顔文字の両面に括弧を付与し「(｀ д´)」のような () がついたものを最終的に生成した顔文字とする．

4. 調査設計

3. 章で提案した顔文字の自動生成アルゴリズムの有効性を検証するためには以下のようにアンケート調査を設計した．

4.1 アンケート用設問

アンケートの設問について以下で述べる. 顔文字データベースから，1 つの感情種類につき 2 つ，計 20 個の顔文字を 1 セットとし，アンケートを 4 セット作成した．アンケートに参加する被験者の回答としては，各顔文字が表す感情種類について回答してもらう形式にした.

アンケートは選択形式で行う. しかし，回答選択肢として顔文字データベースにあるすべての感情種類を用いた場合，被験者への負荷となり回答の品質への影響が起こるため，4 つだけの選択肢を与えた．

具体的には，アンケートの回答には (1) 元となった感情種類（正解扱い）,(2) 類似した感情種類,(3) 反対の感情種類, そして (4) その他という 4 つの選択肢を与えた. そこで，類似した感情種類及び反対の感情種類は，[Ptaszynski ら 2017] のように [Russell 1980] の 2 次元感情モデルの上にマッピングした ML-Ask の感情種類を参照しその中から選択した．また，感情種類のラベルとしては，元のデータベースのラベルを使った場合，普段使われていない文字（例：昂など）が含まれるため，感情解析システムの感情表現データベースを参照し分かりやすい表現を回答とした．このように，例えば,「怒」の感情種類から顔文字を作った場合, 選択肢には (1)「怒り」と (2)「怖い」と (3)「安らぎ」と (4)「その他」にする. また，正解が分からないように，(1)〜(3) の回答を問題ごとにランダムの順番にした．そして，その中に被験者の考えに合う感情種類がなかった場合のためには,【その他】という選択肢を与え，自分の考えに合った顔文字の感情種類を記述してもらうことにした．

このように，4 セットのアンケート *3 ができ，調査を行った．

*2 https://github.com/ptaszynski/mlask
*3 https://goo.gl/forms/5NHHfu6lRsEZtZC13
https://goo.gl/forms/5JXkaAJfOcKHkWV82
https://goo.gl/forms/bygq0jFMpLQcEGzA3
https://goo.gl/forms/qTgQ4D88mWbLA5Os2

表 1: 顔文字データベースの一部 (怒り)

頻度	パーツ	頻度	パーツ
42	д	53	｀ ´
36	2	47	° °
34	_	46	- -
29	д	42	´ ｀
24	ω	40	- -

表 2: 顔文字データベースの一部 (喜び)

頻度	パーツ	頻度	パーツ
97	∀	81	^ ^
64	▽	77	^ ^
58	_	68	´ ｀
54	∇	59	° °
49	ω	53	- -

5. 結果と考察

5.1 被験者について

予備調査として各セットで回答者数を最低 20 人を目指していたところ第 1 セットは 42 人となり，回答者数が段階的に下がりセット 4 は丁度 20 人となった．今後回答者数を増やし各セットで 100 人からの回答を収集することを目指す．また，男女別割合は各セットで凡そ半分となったが，男性回答者の方が数人多かったため今後より均等の割合になるように調整して，統計的信頼性を高め男女別の顔文字の理解度について調べたい．各セットの回答者の統計情報を表 3 に表した．

表 3: セット毎の回答者の統計情報.

セット	回答者数	年齢（代/%） 10 代/20 代/30 代/40 代	男女別割合 男/女
1	42	4.8%/64.3%/11.9%/19.0%	57.1%/42.9%
2	32	6.3%/62.5%/15.6%/15.6%	59.4%/40.6%
3	26	3.8%/65.4%/19.2%/11.5%	57.7%/42.3%
4	20	5.0%/65.0%/15.0%/15.0%	55.0%/45.0%

5.2 アンケート結果と考察

顔文字データベース内のの出現頻度をもとにして生成した顔文字の感情の種類と実際に回答者が感じる感情の種類の差を調べた. 結果は以下のとおりとなった．

アルゴリズムの通りに生成した顔文字の感情種類が多くの場合，大半の回答者の回答と同様となった．例えば，(^∀^) の顔文字の感情種類は「喜」となっていたところ，92.9%の回答者は「嬉しい」と回答した．また，アルゴリズムと一致した回答を選ばなかった回答者でも，類似した感情種類を選んだことも多かった（例:「喜」ではなく「好」）．その現象は，[Ptaszynski ら 2010] の研究でも取り上げられ，人間によって感情の理解が多少異なっているが，[Russell 1980] の 2 次元感情モデルで顔文字の表す感情種類を抽象化させたら，ほとんどの場合，具体的な感情の種類が異なっていても次元は合っていることが確認されている．さらに，(^∀^) の顔文字には,「煽り」や「皮肉」という回答もあったため，今後，[江村&関 2012] の研究でも触れられていた「動作」の表現として顔文字や [村上ら 2011] の強調している顔文字における皮肉の役割に関する研究にも応用することが考えられる．上記と同様に，(゚д゚) の顔文字の大半の回答は「驚き」となったが，そのほかには，次元が合っ

ている「怒り」や「焦り」も見られた．また，構成記号が少しだけ異なっていても印象が異なる例もあった．例えば，(゜д゜) の場合は，口の部位は大きさのみが異なっている（ 凵 対 д ）が，第 2 印象は，前者の「焦り」から「怖い」に代わっている．その説明としてはこのようなことが考えられる．[Ptaszynski ら 2010] の研究では，顔文字は表情や姿勢など，身体言語（ボディランゲージ）と同様な扱いすることができると強調されている．また，実際の表情と同じように，表情筋のわずかな変更によって印象（読み取られる感情の種類）が変わることがあり [Birdwhistell 1952]，顔文字も，インターネット上のボディランゲージとして扱うことが可能であることの証明だと考えられる．

さらに，(｀凵´) のように回答が 100 %一致した例もあった．

アルゴリズムの通りに生成した顔文字の感情種類と回答者の回答が一致した顔文字の例を図 1 に表した．

また，上記の結果と違い，回答者の回答が分散した例もあった（図 2）．

しかし，その中，3 種類の回答パターンが見られた．まず，(´凵｀) のように，分散は見られたが，1 つか 2 つの感情種類が大部分の回答を覆い，さらに 2 次元での一致が高かった．次に，(￣ω￣) のように，結果が大きく分散した例もあった．しかし，そのような例の場合でも，2 次元の抽象化では，偏りの傾向が見られた（例 :「喜び」,「好き」,「安らぎ」というポジティブな印象）．最後に，(~2~) や (￣ 2 ￣) のような顔文字はの場合は，結果が分散し，それぞれの回答が異なっている印象を表した．その原因としては，表情と結びつきにくい記号が考えられる．[石井ら 2017] によると，顔文字には，表情と結びつきにくい記号（ ~ や数字の 2 など）が顔文字の構成に利用されたら，その顔文字全体の理解度が下がり，印象も想像しにくい．さらに，石井らは，その問題を解決するように顔文字の意味の曖昧性を定量化しスコアの低い顔文字の共通点を探し，原因となる記号を確定してる．今後，本研究のフォローアップとして顔文字の自動生成を行う時は，顔文字データベース内の記号の出現頻度のみならず，出力する前に，出力候補の顔文字の意味の曖昧性を算出し，より曖昧性のない顔文字を利用することが望ましい．

6. まとめ

本研究では，顔文字の自動生成に向けて，感情種類別で構成された顔文字のパーツを含むデータベースに基づいて新しい顔文字を生成するためのアルゴリズムを提案し，その正確性を検証した．検証するためには，人間回答者に各顔文字の感情的印象（感情の種類）についてアンケートにて尋ね，それがデータベース内でパーツに付与されている感情種類と一致しているかを調べた．

アンケートの結果としては，回答者が認識した顔文字の感情的印象とアルゴリズムに沿って生成した顔文字の感情の種類が大幅一致したことを確認した．なお，人間にとって理解可能な顔文字の完全自動生成は可能であること確認した. 今後，提案したアルゴリズムの自動化を行い，従来研究にて提案されてきた顔文字推薦と異なり，文の感情を考慮したパーツからの顔文字の自動生成を行うシステムの実装を行う予定である．

また，より信頼性の高いシステムを実装するためには，今後アンケートの回答者数を現在の 20〜40 人ほどから，各セットで 100 人まで増やしアンケート結果の統計的信頼性を上げる予定である．また，男女別の顔文字の理解度についても調べる予定である．そして，[石井ら 2017] の顔文字の意味の曖昧性推定手法を応用し，一般ユーザにとってより分かりやすい顔文字の提供を行いたい．

参考文献

[山本&木村 2016] 山本恭子, & 木村昌紀. 協調的なメール交換過程における顔文字の返報性規範の影響. 感情心理学研究, 23(Supplement), ps12 (2016).

[プタシンスキら 2017] プタシンスキミハウ, 奥村紀之, & ジェプカラファウ. 顔文字の現象および研究の概観: 記号の遊びが科学されるようになった道 (特集 顔文字の科学: Web 上の非言語表現・行動に関する新研究分野の誕生). 人工知能: 人工知能学会誌: Journal of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 32(3), 333-341, (2017).

[石井ら 2017] 石井 直人, 桝井 文人, プタシンスキ ミハウ. 言語表現性に基づく顔文字の意味の曖昧性の自動推定. In Proceedings of The 31st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (JSAI 2017), pp. 1-4, paper ID: 2O2-OS-22a-1.

[中村 2002] 中村純平. 感情モデルと DialogueAct を用いて自由対話システムの応答文に合った顔文字を出力する手法. 情報処理学会第 64 回全国大会, 2, 25-26, (2002).

[Urabe ら 2015] Urabe, Y., Rzepka, R., & Araki, K. Comparison of Emoticon Recommendation Methods to Improve Computer-Mediated Communication. In Recommendation and Search in Social Networks (pp. 23-39), (2015).

[江村&関 2012] 江村優花, & 関洋平. (2012). マイクロブログにおける感情・コミュニケーション・動作タイプの推定に基づく顔文字の推薦. 自然言語処理, 19(5), 401-418.

[Ptaszynski ら 2010] Ptaszynski, M., Maciejewski, J., Dybala, P., Rzepka, R., & Araki, K. CAO: A fully automatic emoticon analysis system based on theory of kinesics. IEEE Transactions on Affective Computing, (1), 46-59, (2010).

[Ptaszynski ら 2017] Ptaszynski, M., Dybala, P., Rzepka, R., Araki, K., & Masui, F. ML-Ask: Open Source Affect Analysis Software for Textual Input in Japanese. Journal of Open Research Software, 5(1), (2017).

[Russell 1980] Russell, J. A. A circumplex model of affect. Journal of personality and social psychology, 39(6), 1161, (1980).

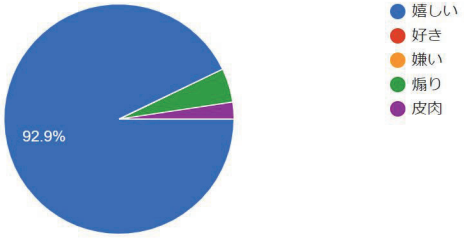
[村上ら 2011] 村上浩司, 山田薫, & 萩原正人. 顔文字情報と文の評価表現の関連性についての一考察. 言語処理学会第 17 回年次大会発表論文集, 1155-1158, (2011).

[Birdwhistell 1952] Birdwhistell, R. L. Introduction to kinesics. University of Louisville, (1952).

図 1: アルゴリズムの通りに生成した顔文字の感情種類と回答者の回答が一致した顔文字の例.

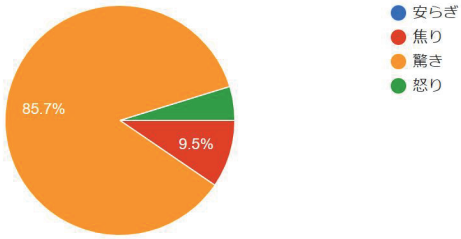
1. (^∀^)

42 responses



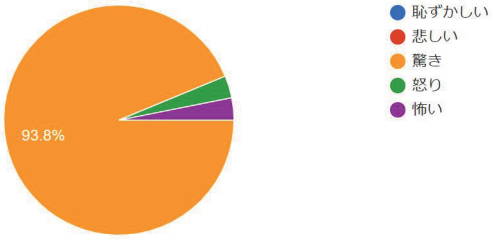
11. (゜Д゜)

42 responses



12. (゜д゜)

32 responses



19. (`Д´)

41 responses

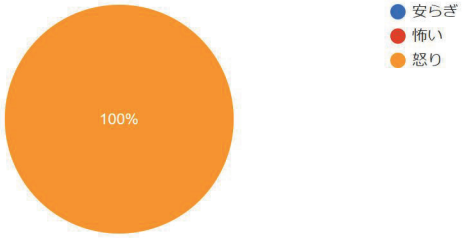
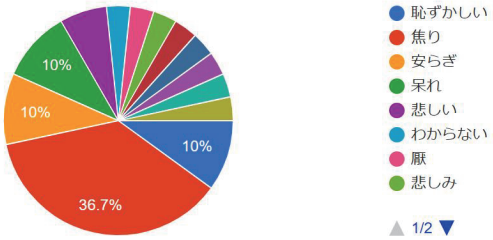


図 2: 回答が分散した顔文字の例.

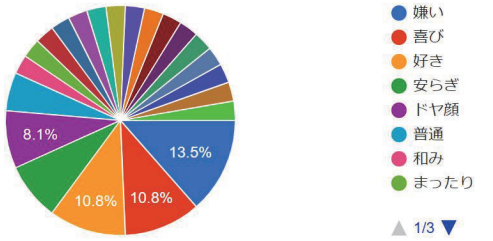
13. (´Д`)

30 responses



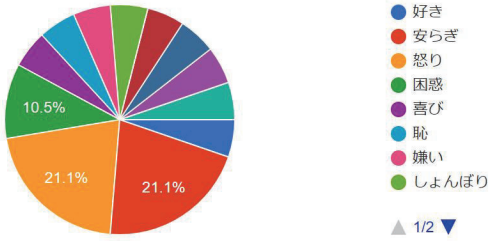
4. (￣ω￣)

37 responses



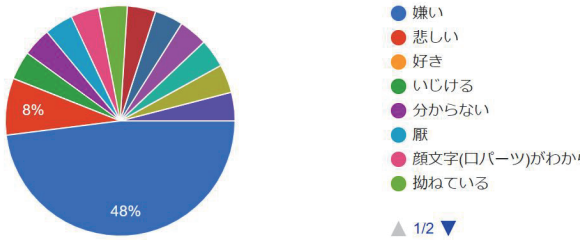
9. (~2~)

19 responses



(￣2￣)

25 responses



The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

Convolutional Neural Network for Chinese Sentiment Analysis Considering Chinese Slang Lexicon and Emoticons

Da Li[*1] Rafal Rzepka[*1] Michal Ptaszynski[*2] Kenji Araki[*1]

[*1] Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University
[*2] Department of Computer Science, Kitami Institute of Technology

Nowadays, social media have become the essential part of our lives. Internet slang is an informal language used in everyday online communication which quickly becomes adopted or discarded by new generations. Similarly, pictograms (emoticons/emojis) have been widely used in social media as a mean for graphical expression of emotions. People can convey delicate nuances through textual information when supported with emoticons, and the effectiveness of computer-mediated communication is also improved. Therefore, it is important to fully understand the influence of Internet slang and emoticons on social media. In this paper, we propose a convolutional neural network model considering Internet slang and emoticons for sentiment analysis of Weibo which is the most popular Chinese social media platform. Our experimental results show that the proposed method can significantly improve the performance for predicting sentiment polarity.

1. Introduction

Today, many people share their lives with their friends by posting status updates on Facebook, sharing their holiday photos on Instagram or tweeting their views via Twitter or Weibo - the biggest Chinese social media network that was launched in 2009. Social media data contain a vast amount of valuable sentiment information not only for the commercial use, but also for psychology, cognitive linguistics or political science [Li 18a].

Sentiment analysis of microblogs became an important area of research in the field of Natural Language Processing. Study of sentiment in microblogs in English language has undergone major developments in recent years [Peng 17]. Chinese sentiment analysis research, on the other hand, is still at early stage [Wang 13] especially in the domains of lexicons and emoticons.

Pictograms (emoticons/emojis) have been widely used in social media as a mean for graphical expression of emotions. For example, 😂 "face with tears of joy", an emoji that means that somebody is in an extremely good mood, was regarded as the 2015 word of the year by The Oxford Dictionary [Moschini 16]. In our opinion ignoring emoticons in sentiment research is unjustifiable, because they convey a significant emotional information and play an important role in expressing emotions and opinions in social media [Novak 15, Guibon 16].

Internet slang is ubiquitous on the Internet. The emergence of new social contexts like micro-blogs, discussion groups or social networks has enabled slang and non-standard expressions to abound on the Web. Despite this, slang has been traditionally viewed as a form of non-standard language, a form of language that is not the focus of linguistic analysis and has largely been neglected [Kulkarni 17].

Furthermore, we also noticed that when people use new words and pictograms, they tend to express a kind of humorous emotion which is difficult to be easily classified as positive or negative. It seems that some emoticons are used just for fun, self-mockery or jocosity which expresses an implicit humor which might be characteristic to Chinese culture. Figure 1 shows an example of a Weibo microblog posted with emoticons and Internet slang. In the third line of the post, 柠檬人 (*ning meng ren*) is a new word appeared in early 2019 on Chinese social media which means "lemon man". Accordingly, to meet this new popular phrase, 🍋 was added to the pictogram repoitoare by social media companies in January 2019. This lemon with a sad face also called "lemon man" which expresses the same emotion as slang *ning meng ren* – "sour grapes" or "jealous of someone's success". This entry seems to express a humorous nuance of a pessimistic attitude. Emoticons and slang seem to play an important role in expressing this kind of emotions. There is a high possibility that this phenomenon can cause a significant difficulty in sentiment recognition task.

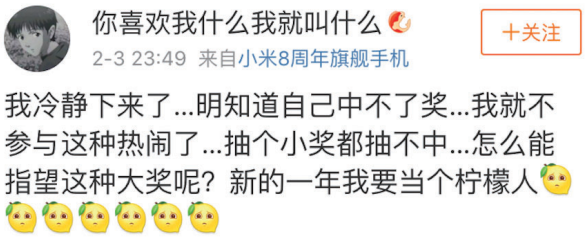


Figure 1: Example of Weibo post with Internet slang and emoticons. The entry says "I have calmed down. Knowing that I won't win the prize, I don't participate in this excitement. I even can't win a small prize. How can I expect a big one? I want to be a lemon man in the new year".

To address this phenomenon, in this paper we focus on the Internet slang and emoticons used on Weibo in order to establish if both slang and emoticons improve sentiment analysis by recognizing humorous entries which are difficult to polarize. To perform experiments, we built a Chinese Internet slang lexicon and a Chinese emoticon lexicon. Because the emoticons probably play a more important role in expressing emotion than textual features, we also analyzed the characteristics of this particular set of emoticons, report on their evaluation while dividing them into three categories: positive, negative and humorous. We also noticed that

Table 1: Examples of Emoticons Conveying Humor Typical for Chinese Culture.

Emoticon	Humorous {%}	Negative {%}	Positive {%}
🙂	41.7	25.0	33.3
🤧	91.7	8.3	0.0
🐮	83.3	0.0	16.7
🥰	75.0	8.3	16.7

Table 2: Examples of Chinese Emoticon Lexicon.

Emoticon	Textual Feature	Emotion/Implication
😏	[阴险]	"smirking"
🤭	[挖鼻]	"nosepick"
🤮	[污]	"filthy"
😍	[舔屏]	"screen lick"

among the resources of Chinese social media sentiment analysis, the labelled Weibo data containing emoticons are extremely rare which makes considering them in machine learning approaches difficult. To resolve this problem, we applied the emoticons polarity and utilized both lexicons with convolutional neural network (CNN) in a way which allows sentiment analysis on smaller annotated data sets. Our experimental results show that the proposed method can significantly improve the performance for predicting sentiment polarity on Weibo.

2. Related Research

In 2017, Felbo and others [Felbo 17] proposed a powerful system utilizing emoji in Twitter sentiment analysis model called DeepMoji. They trained 1,246 million tweets containing one of 64 common emoticons by Bi-directional Long Short-Term Memory (Bi-LSTM) model and applied it to interpret the meaning behind the online messages. DeepMoji is also one of the most advanced sarcasm-detecting model, sarcasm reverses the emotion of the literal text, therefore sarcasm-detecting capability can play a significant role in sentiment analysis, especially in case of social media. Although sarcasm and irony tend to convey negative emotions in general, we found that in Chinese social media (Weibo in our example), in addition to the expression of positive and negative emotions, people tend to express a kind of humorous emotion that escapes the traditional bi-polarity.

In our early research [Li 18b], we analyzed the usage of 67 emoticons with facial expression used on Weibo. We asked 12 Chinese native speakers to label these emoticons by applying one of three following categories: positive, negative and humorous. We have confirmed that 23 emoticons can be considered more as humorous than positive or negative. On this basis, we applied the emoticons polarity (see Table 1) in a Long Short-Term Memory recurrent neural network for sentiment analysis of undersized labelled data.

Chinese Internet slang is defined as an informal language used to express ideas on the Chinese Internet in response to events, to mass media and foreign cultures. It also expresses a natural human desire to simplify and update language. In [Li 19], we collected 448 frequent Internet slang expressions and created a slang lexicon (examples are shown in Table 2), then we converted the 109 Weibo emoticons into textual features creating Chinese emoticon lexicon (examples are shown in Table 3). To test the influence of slang and emoticons on sentiment analysis task, we also utilized both lexicons with several machine learning-based classifiers for detecting humorous expressions on Chinese social media.

3. Convolutional Neural Network Approach

Inspired by the above mentioned works on Internet slang and emoticons, in this paper, we utilized both lexicons and emoticon polarity with convolutional neural network (CNN) for sentiment classification of Weibo undersized labelled data.

In the first step, we added the Chinese slang lexicon and Chinese emoticon lexicon to segmentation tool for matching new words and emoticons. Then we used the updated tool to segment the sentences of a large data set. Secondly, we applied the segmentation results into the word embedding tool for training word vectors. Then, we applied the word embedding model which considered Internet slang and emoticons to train a CNN model with training data to learn an output representation. Next, we input testing data into deep learning model, and we use a softmax classifier to obtain the predicted results and output their probability. Since we assume that emoticons have relatively greater impact than textual features on emotional expression, we set a hyperparameter for each text and emoticon, and calculate the summation of both features' polarities with the hyperparameter. Finally, we can obtain the sentiment probability of a Weibo post which considers the effect of emoticons and Internet slang.

In order to verify the validity of our proposed method, we performed series of experiments described below.

3.1 Preprocessing

Initializing word vectors with those obtained from an unsupervised neural language model is a popular method to improve performance in the absence of a large supervised training set. For our experiment we collected a large dataset (7.6 million posts) from Weibo API from May 2015 to July 2017 to be used in calculating word embeddings. Firstly, we deleted the images, and videos treating them as noise. Secondly, we applied Chinese Internet slang lexicon and Chinese emoticon lexicon [Li 19] into the dictionary of Python Chinese word segmentation module Jieba*1. Next, we used Jieba to segment the sentences of the microblogs, and applied the segmentation results into the word2vec model [Mikolov 13] for training word vectors. The vectors have dimensionality of 300 and were trained using the continuous skip-gram model.

Next, we collected 4,000 Weibo posts containing ambiguous (🙂, 🐮, 😂, 🤷, 😏, 🤔, 🤧, 🙄) emoticons, ensuring each entry has only one emoticon of given type (cases with more emoticons of the same type were allowed). To use these posts as our training data, we asked three Chinese native speakers to annotate them into three categories: "positive", "negative", and "humorous". After one annotator labelled polarities of all posts, two other native speakers confirmed correctness of his annotations. Whenever there was a disagreement, all decided the final polarity through discussion.

*1 https://github.com/fxsjy/jieba

Table 3: Examples of our Chinese Internet Slang Lexicon.

Type	Examples (Origin)	English Translation
Numbers	233 (哈哈哈)	"laughter"
Chinese contractions	人艰不拆 (人生已经如此的艰难有些事情就不要拆穿)	"Life is so hard that some lies are better not exposed."
Slang derived from foreign language	欧尼酱 (お兄ちゃん)	"O-niichan" ("Brother" in Japanese)

3.2 Convolutional Neural Network

Convolutional neural networks (CNN) utilize layers with convolving filters that are applied to local features [LeCun 98]. Originally invented for computer vision, CNN models have subsequently been shown to be effective for NLP and have achieved excellent results in semantic parsing [Yih 14], search query retrieval [Shen 14], sentence modeling [Kalchbrenner 14], and other traditional NLP tasks.

The equations of the CNN are as follows: $x_i \in \mathbb{R}^k$ is the k-dimensional word vector corresponding to the i-th word in the sentence. A sentence of length n (padded where necessary) is represented as described in [Kim 14]:

$$x_{1:n} = x_1 \oplus x_2 \oplus \ldots \oplus x_n \tag{1}$$

where $\oplus$ is the concatenation operator. In general, let $x_{i:i+j}$ refer to the concatenation of words $x_i, x_{i+1}, ..., x_{i+j}$. A convolution operation involves a filter $w \in \mathbb{R}^k$, which is applied to a window of h words to produce a new feature. For example, a feature c_i is generated from a window of words $x_{i:i+h-1}$ by

$$c_i = f(wx_{i:i+h-1} + b) \tag{2}$$

Here $b \in \mathbb{R}$ is a bias term and f is a non-linear function such as the hyperbolic tangent. This filter is applied to each possible window of words in the sentence $\{x_{i:h}, x_{2:i+1}, \ldots, x_{n-h+1:n}\}$ to produce a feature map:

$$c = [c_1, c_2, \ldots, c_{n-h+1}] \tag{3}$$

with $c \in \mathbb{R}^{n-h+1}$. We then apply a max-overtime pooling operation [Collobert 11] over the feature map and take the maximum value $\hat{c} = max\{c\}$ as the feature corresponding to this particular filter. The idea is to capture the most important feature, one with the highest value, for each feature map. This pooling scheme naturally deals with variable sentence lengths. We experimented with the CNN architecture and a model with 10 epochs and the performance achieved the highest value when the dropout rate was 0.5, the filter size was 32 and strides number was 2. The validity of the model was examined by holdout method (90%/10%, training/validation). The activation functions, we used $RELU$ in general, and the network output activation function was softmax.

3.3 Emoticon polarity

In order to predict sentiment category of Weibo posts considering the influence of emoticons for Chinese social media sentiment analysis, we assign the probability of the deep learning model's softmax output $S(z_i)$ a hyperparameter λ_1. At the same time, we apply the labelled emoticons [Li 18b] as polarity P_e, and assign a hyperparameter λ_2. P becomes the final probability output of the classification:

$$P = \lambda_1 S(z_i) + \lambda_2 P_e \tag{4}$$

where the summation of λ_1 and λ_2 is equal to 1.

Table 4: Comparison F scores results of three CNN approaches.

	Humorous	Negative	Positive
CNN	70.48%	66.67%	56.00%
CNN+Lexicons	70.59%	70.45%	70.58%
CNN+Lexicons+Polarities	**76.84%**	**74.69%**	**73.56%**

3.4 Performance Test

Using a trained word2vec model, we passed word vectors of training data into the three deep learning models to train the model. We collected and annotated 180 Weibo entries with the eight emoticons mentioned above as a testing set, deleting images and videos. Then we used the proposed method to calculate probability of each category and confirmed the precision, recall and F1-score. Because we assumed that in emotion expression emoticons might play a greater role than text, in our experiment, we set the hyperparameters λ_1 and λ_2 to 0.4 and 0.6 respectively. We compared the results of sentiment classification by CNN only, CNN considering Internet slang and emoticons lexicons only, and our proposed methods: CNN model considering Internet slang and emoticons lexicons and emoticon polarities. Table 4 describes the results of F1-score with above methods.

The results proved that our proposed method is more effective than a) convolutional neural network only categorization and b) convolutional neural network approach considering just slang and emoticon lexicons. Limited to small annotated data, the precision of the sentiment classification was relatively low, but by considering Internet slang and emoticons, the F1-score of each classifier outperformed previous method. Our proposed approach has improved the performance showing that low-cost, small-scale data labeling is sufficient to outperform widely used state-of-the-art when emoticon and slang information is added to the learning process.

4. Discussion

In our proposed approach, we focused on emoticons and Internet slang in microblogs and investigated how adding these features separately and together influences the previously proposed method

for recognizing humorous posts which are problematic when it comes to semantic analysis.

Error analysis showed that some posts were wrongly predicted due to ambiguous usage of emoticon which brought clearly negative impact on the results. In Figure 2 we show an example of such misclassification into "positive" category annotated as "humorous" by annotators. 😏 was considered as more positive than humorous by our annotators (67%/0%/33%, positive/negative/humorous). It seems that this particular user wrote a joke just for fun, however, our proposed method was misguided by this "smirking" emoticon. Therefore, we plan to increase the number of evaluators for annotating Weibo emoticons in fine-grained humorous emotion to enhance the reliability of the polarity of emoticons.

Post: 吃饱了就有力气减肥了 😏😏
Pinyin: *Chi bao le jiu you li qi jian fei le* 😏😏
Segmentation: 吃饱了/就/有/力气/减肥/了/[阴险]/[阴险]
Translation: When your stomach is full, you get the strength to reduce weight 😏😏

Figure 2: Example of wrong classification into "positive" category.

5. Conclusions and Future Work

In this paper, we applied the emoticons polarity, Chinese Internet slang lexicon and Chinese emoticon lexicon with a convolutional neural network model for sentiment analysis of undersized labelled data. Our experimental results show that the proposed method can significantly improve the F1-score for predicting sentiment polarity on Weibo.

For improving the performance of our proposed method, in the near future we are going to increase the size of both slang lexicon and training dataset to improve further results. We also plan to test other deep learning approaches to compare the classification results.

6. Acknowledgment

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 17K00295.

References

[Li 18a] Li, D., Rzepka, R., Araki, K.: Preliminary Analysis of Weibo Emojis for Sentiment Analysis of Chinese Social Media, Proceedings The 32th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 1J3-04 (2018)

[Peng 17] Peng, H., Cambria,E., Hussain, A.: A review of sentiment analysis research in Chinese language, Cognitive Computation, 2017, 9(4): 423-435 (2017)

[Wang 13] Wang, X., Zhang, C., Ji, Y.: A depression detection model based on sentiment analysis in micro-blog social network, Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013: 201-213 (2013)

[Moschini 16] Moschini, I.: The 'Face with Tears of Joy' Emoji, A Socio-Semiotic and Multimodal Insight into a Japan-America Mash-Up, HERMES-Journal of Language and Communication in Business, 2016 (55): 11-25 (2016)

[Novak 15] Novak, P.K., Smailović, J., Sluban,B. et al.: Sentiment of emojis, PLOS One, 2015, 10(12): e0144296 (2015)

[Guibon 16] Guibon, G., Ochs, M., Bellot, P.: From Emojis to Sentiment Analysis, WACAI 2016 (2016)

[Kulkarni 17] Kulkarni, V., Wang, W.Y.: TFW, DamnGina, Juvie, and Hotsie-Totsie: On the Linguistic and Social Aspects of Internet Slang, arXiv preprint arXiv:1712.08291, 2017 (2017)

[Felbo 17] B. Felbo, A. Mislove, A. Søgaard, et al. "Using millions of emoji occurrences to learn any-domain representations for detecting sentiment, emotion and sarcasm." arXiv preprint arXiv:1708.00524 (2017)

[Li 18b] Li, D., Rzepka, R., Ptaszynski, M., Araki K.: Emoticon-Aware Recurrent Neural Network Model for Chinese Sentiment Analysis, in The Ninth IEEE International Conference on Awareness Science and Technology, iCAST 2018 (2018)

[Li 19] Li, D., Rzepka, R., Ptaszynski, M., Araki K.: A Novel Machine Learning-based Sentiment Analysis Method for Chinese Social Media Considering Chinese Slang Lexicon and Emoticons, The AAAI-19 Workshop on Affective Content Analysis, AffCon 2019 (2019)

[Mikolov 13] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, et al. "Efficient estimation of word representations in vector space." arXiv preprint arXiv:1301.3781 (2013)

[LeCun 98] LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., et al.: Gradient-based learning applied to document recognition, Proceedings of the IEEE, 1998, 86(11): 2278-2324 (1998)

[Yih 14] Yih W., He X., Meek C.: Semantic parsing for single-relation question answering, Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers). 2014, 2: 643-648 (2014)

[Shen 14] Shen Y., He X., Gao J., et al.: Learning semantic representations using convolutional neural networks for web search, Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web. ACM, 2014: 373-374 (2014)

[Kalchbrenner 14] Kalchbrenner N., Grefenstette E., Blunsom P.: A convolutional neural network for modelling sentences, arXiv preprint arXiv:1404.2188 (2014)

[Kim 14] Kim Y.: Convolutional neural networks for sentence classification, arXiv preprint arXiv:1408.5882 (2014)

[Collobert 11] Collobert R., Weston J., Bottou L., et al.: Natural language processing (almost) from scratch, Journal of Machine Learning Research, 2011, 12(Aug): 2493-2537 (2011)

4:40 PM - 5:00 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room E)

[2E10-13-5] Panel discussion

Panel discussion

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-5

[2F3-OS-5a] 複雑化社会における意思決定・合意形成のための AI技術(1)

福島 俊一（科学技術振興機構）、福田 直樹（静岡大学）、伊藤 孝行（名古屋工業大学）

Wed. Jun 5, 2019 1:20 PM - 3:00 PM Room F (302B Medium meeting room)

[2F3-OS-5a-01] Innovation of Large-scale Consensus Support System based on Agent Technologies:A Large-scale Social Experiment using the Automated Facilitation Agent

〇Takayuki Ito[1], Daichi Shibata[1], Shota Suzuki[1], Naoko Yamaguchi[1], Tomohiro Nishida[1], Kentaro Hiraishi[1], Kai Yoshino[1] （1. Nagoya Institute of Technology）

1:20 PM - 1:40 PM

[2F3-OS-5a-02] (Invited talk) Towards Realization of Collective Intelligence based on Communication-field Mechanism Design

〇Tadahiro Taniguchi[1] （1. Ritsumeikan University）

1:40 PM - 2:00 PM

[2F3-OS-5a-03] (Invited talk) Market design: Designing social mechanisms/institutions based on game theory

〇Makoto Yokoo[1] （1. Graduate School and Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University）

2:00 PM - 2:20 PM

[2F3-OS-5a-04] A Preliminary Design and Potential Issues of LOD-based Inter-Domain Querying for a Large-Scale Consensus Support System

〇Naoki Fukuta[1] （1. Shizuoka University）

2:20 PM - 2:40 PM

[2F3-OS-5a-05] Opinion dynamics theory considering interpersonal relationship of trust and distrust and media effects

〇Akira Ishii Ishii[1], Yasuko Kawahata[2] （1. Tottori University, 2. Gunma University）

2:40 PM - 3:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成：自動ファシリテーションエージェントを用いた大規模社会実験

Innovation of Large-scale Consensus Support System based on Agent Technologies: A Large-scale Social Experiment using the Automated Facilitation Agent

伊藤孝行 *1 Takayuki Ito　柴田大地 *1 Daichi Shibata　鈴木祥太 *1 Shota Suzuki　山口直子 *1 Naoko Yamaguchi　西田智裕 *1 Tomohiro Nishida　平石健太郎 *1 Kentaro Hiraishi　芳野魁 *1 Kai Yoshino

*1名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology

Crowd-scale discussion platforms are receiving great attention as potential next-generation methods for democratic citizen platforms. Such platforms require support functions that can efficiently achieve a consensus, reasonably integrate ideas, and discourage flaming. We are developing several crowd-scale discussion platforms and conducting social experiments with private citizens. The aim of this paper is to present an implementation of the automated facilitation agent that facilitate online crowd discussion and demonstrate the result of our large scale social experiment with Nagoya local government. Our automated facilitation agent extracts discussion structures from text discussions, analyzes them, and posts facilitation messages. The experiment results demonstrate that the automated facilitation agent worked quite well.

1. はじめに

オンライン上のクラウド（Crowd）スケールの議論の支援が次世代の民主主義プラットフォームとして注目を集めている [Malone 18]．Twitter や Facebook などの SNS によって，インターネットで何万人，何百万人という人たちの意見を収集できるようになってきている．これらの意見をうまくまとめ，何百万人という人たちの合意を形成できる可能性がありえる．大規模な合意を形成できれば，これまでには不可能だった，大規模な人数による意思決定が可能になる．

そこで，筆者らは複数の実フィールドでオンラインの議論支援システム Collagree を開発し，幾つかの社会実験を行い有用性を確認している [伊藤 17, 伊藤 15, 伊美 15, Ito 14, Ito 15, Sengoku 16, Ito 18]．例えば，2013 年の名古屋市の市民からの意見集約や愛知デザインリーグなどの取り組みである．ここでは，炎上を防ぎながら議論を適切にリードするために人間のファシリテータがオンライン議論をファシリテートした．Collagree では，人間のファシリテータを支援するための様々な技術的工夫を行なった．

課題は，規模が非常に大きいことから，人手でファシリテーションを行うのが困難な点である．オンラインで２４時間休むことなく議論を管理することは非常に難しい．さらに，議論の内容が複雑になればなるほど，それを追い続けるのは多大な負担があることがわかっている．そこで本研究では，自動ファシリテーションエージェントを実装することで，大規模な人数の人たちの意見を効率的に収集し，合意を形成するシステムを実現する．

本稿では，第２章で大規模合意形成支援システム D-Agree について述べる．第３章で自動ファシリテーションエージェントの実装について説明し，第４章では 2018 年の名古屋市との共同社会実験の概要とその結果について述べる．最後に第５章で本論文をまとめる．

連絡先: 伊藤孝行，名古屋工業大学，名古屋市昭和区御器所町名古屋工業大学，052-735-7968, ito.takayuki@nitech.ac.jp

2. 大規模合意形成支援システム D-Agree

本研究で実装した大規模合意形成支援システム D-Agree は，ウェブ上の掲示板型の議論支援システムである．図 1 に概要を示す．システムでは，テーマ毎に掲示板が用意されており，参加者はテーマ毎にフリーテキストを入力し議論を行う．自動ファシリテーションエージェントは，テキストから議論の構造を抽出し，抽出した構造に基づいてファシリテーションを進める．議論の構造としては IBIS(Issue-Based Information System) という創造的かつ建設的な議論を進めるための構造を採用している．議論を活性化するための議論ポイント [伊美 15] や，議論において頻出する単語を表示するキーワードクラウド機能などが掲示板の機能として提供される．

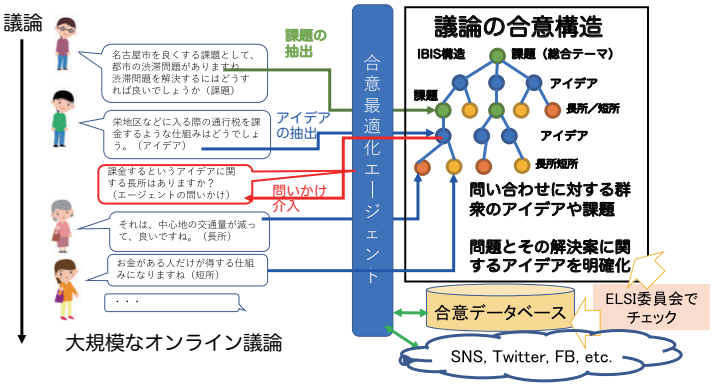


図 1: 大規模合意形成システムの概要

IBIS 議論構造は，Issue，Position(Idea), Argument(Pros, Cons) からなる議論構造である [Kunz 70, Conklin 89]．Issue（課題・論点）を表現するクェリが構造として含まれていることが特徴である．テーマに対する様々な論点をあげ，それに対する個々人の Position（視点）をあげさせ，それに基づいて Argument（討論）を進めるという基本的な仕組みになっている．オンライン議論の実験を数多く行なっているが，経験的に，議論に関してより高いリテラシのある参加者の議論は自然に

IBIS のような議論構造になり，そうでない場合はどちらかというと Twitter のツィートのような形になる．dd 自動ファシリテーションエージェントは，抽出した IBIS 構造に基づいて，ファシリテーション投稿を行う．例えば，参加者からアイデアが投稿されたと判定した時は，そのアイデアの長所（pros）や短所（cons）を尋ねるなどの投稿を行う．

3. 自動ファシリテーションエージェント

3.1 概要

自動ファシリテーションエージェントの基本機能は，IBIS の構造に基づいて，議論中の文をベースに構造化する．構造化した議論に基づいて，ファシリテーション投稿を生成し投稿する．また，炎上を引き起こす可能性のある不適切な発言のフィルタリングも行う．

3.2 アノテーション

上記の深層学習に基づく抽出機構のトレーニングデータとして，実際に議論を行なってデータを獲得した．議論データの詳細は次の通りである：合計議論回数 38 回，タグ付けされた文節の合計数 4,972，平均議論システム開放時間 7.81 時間 (15 分〜144 時間)，平均議論参加者数 13 名 (4〜115 名)，平均投稿数 101.8 ／回 (ファシリテータ発言含む) ．議論参加者はおもに大学生，ファシリテーションは研究員が行った．議題は，教育，災害対策，環境保全，観光推進等多岐にわたる．38 回の議論データのアノテーションは，2 名の研究員および 3 名の大学生・大学院生によって行われた．2 名の研究員が，ラベルの定義考察等を含むアノテーション作業の全体管理を行った．アノテーション作業行程の詳細については論文 [山口 19, Yamaguchi 18] を参照されたい．

3.3 議論構造抽出

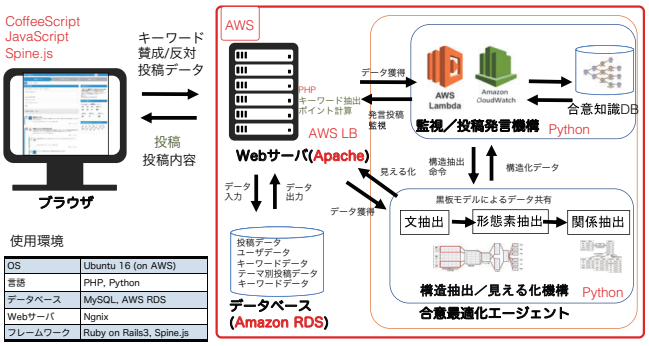
IBIS の基本構造の 4 コンポーネントとそのリンク関係について議論構造の抽出を行なった．手法としては深層学習の一つである BiLSTM を用い，コンポーネントのラベル判定を行ない，リンクについては，回帰としてリンク先を予測している．精度としては，コンポーネントのラベル判別で F 値で 80%以上，リンクの予測で 90%以上を得ている．詳細は論文 [Suzuki 19] を参照されたい．本成果は Argumentation Mining の先端技術 [Stab 17] に匹敵する精度であり，Argumentation Mining の技術としても重要である．

3.4 不適切発言フィルタリング

議論において，不適切な言葉による発言は，公序良俗に反するだけでなく，炎上の原因にもなる．そこで，本システムでは，不適切な言葉についてのフィルタリングを行い，発言を一旦非表示にする機能を実装している．非表示にされた発言は，管理者によって再表示することができる．フィルタリングアルゴリズムとしては，doc2vec を用いて文書をベクトル化し，コサイン類似度を用いたアンサンブルでの分類を行なっており，既存研究を上回る精度でのフィルタリングを実現している．本実験の学習データとして，Collagree や D-Agree 上の投稿データ，また大規模オンライン掲示板である 5 ちゃんねる掲 示板からデータを収集した．正常発言を 3,200 件，性的発言を 2,400 件，暴力的発言を 1,920 件，合計 7,520 件の投稿文書を用いて，学習データの生成を行なった．結果として，F 値は 0.962 を示している．詳細は論文??を参照されたい．

3.5 AWS での実装

図 2 にシステムアーキテクチャを示す．本システムは，AWS 上に実装されており世界中から利用することができる．エージェントは，構造抽出部と投稿生成部から構成される．構造抽出部は上で述べた構造抽出機構が利用されている．投稿生成部は 200 以上の投稿ルールにを用いて，抽出された議論構造と状況から投稿を生成する．AWS の CloudWatch など各機能を効率的に機能を利用し，スケーラブルにエージェントが動作する仕組みを実現している．詳細は論文 [柴田 19] を参照されたい．



使用環境

OS	Ubuntu 16 (on AWS)
言語	PHP, Python
データベース	MySQL, AWS RDS
Webサーバ	Ngnix
フレームワーク	Ruby on Rails3, Spine.js

図 2: システムアーキテクチャ

4. 名古屋市との大規模社会実験

4.1 実験概要

自動ファシリテーションエージェントを導入した合意形成支援システムを用いて名古屋市次期総合計画の中間案に対する市民からの意見集約についての社会実験を行なった．期間は 2018 年 11 月 1 日から 2018 年 12 月 7 日までである．

本意見集約では，名古屋市の将来像を考える上での都市像として 5 つのテーマについて意見を集めた．この 5 つのテーマについては，名古屋市が行政としてまとめたものであり，次期総合計画の根幹をなすテーマである．名古屋市の次期総合計画は，名古屋市の事業にも直結するものであり，重要なテーマが慎重に定義されている． 5 つのテーマは，図 3 の右側にある通り,「テーマ 1 ：人権が尊重され，誰もがいきいきと暮らし，活躍できるまち」,「テーマ 2 ：安心して子育てができ，子供や若者が豊かに育つまち」,「テーマ 3 ：人が支え合い，災害に強く安心・安全に暮らせるまち」，および「テーマ 4 ：快適な都市環境と自然が調和したまち」,「テーマ 5 ：魅力と活力にあふれ、世界から人や企業をひきつける、開かれたまち」である．

5 つのテーマについて，テーマ 1 とテーマ 2 は，人間のファシリテータがファシリテーションを行なった．テーマ 3 とテーマ 4 は，自動ファシリテーションエージェントがファシリテーションを行なった．テーマ 5 については，人間のファシリテータと自動ファシリテーションエージェントが共同でファシリテーションを行なった．

2018 年 11 月 1 日から最初の 1 ヶ月は市民にシステムを使って自由に議論していただいた．2018 年 12 月 1 日から 1 週間は，名古屋市との協議の上，投稿された議論を人間がまとめ，まとめた内容に対して参加者から支持表明をいただくこととした．議論した結果は IBIS の構造に基づいて整理されており，まとめをする上での支援が可能であった．

4.2 結果の分析

表 1 に各テーマの投稿の数を示す．それぞれ，合計，ファシリテータ（人間 FA と自動 FA），および参加者の投稿数を示す．ここで特に参加者の投稿数に注目すると，テーマ 3，テー

図 3: 名古屋市実験のチラシ

マ４，およびテーマ５の投稿数が，テーマ１とテーマ２の投稿数より多いことがわかる．すなわち，今回の実験では，自動ファシリテーションエージェントがファシリテーションをしたテーマの方が，参加者の投稿を増加させる傾向にあったことがわかる．

表 1: 実験結果：投稿の数

テーマ	投稿			
	合計	人間FA	自動FA	参加者
1: 人間FA	81	43	0	38
2: 人間FA	56	21	0	35
3: 自動FA	88	0	24	64
4: 自動FA	70	0	18	52
5: 自動&人間 FA	137	17	21	99
合計	432	81	63	288

図４に，アンケート結果の１つを示す.「時期総合計画に関する議論に満足できましたか？」という，本社会実験におけるオンラインの議論に満足できたか，について問う質問であった．20 の有効回答があり，図４に示すように，自動ファシリテーションエージェントによるファシリテーションが行われたテーマ３，テーマ４，およびテーマ５について，満足度は，人間のファシリテータによってファシリテーションが行われたテーマ１とテーマ２と同等の結果が得られている．

4.3 自動ファシリテーションの事例

図５に，本社会実験において，本システムで自動ファシリテーションが実際に行われている事例の一つを示す．ここでは，課題（課題１）を投稿しており，これを自動ファシリテーションエージェントが「課題」と認識した上で,「解決するために何が必要でしょうか」と問い合わせている．それに対して，参加者がアイデア（アイデア１）を投稿している．

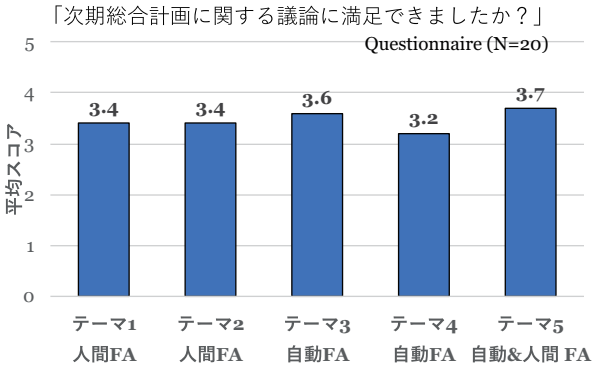


図 4: 実験結果：アンケート結果

5. まとめと今後の課題

本論文では，オンラインの大規模合意形成支援システムのための自動ファシリテーションエージェントの実装と，その実践的応用として，名古屋市との協力による名古屋市次期総合計画の中間案に対する市民からの意見集約実験について示した．自動ファシリテーションエージェントの実装は IBIS 構造に基づいて，実際の議論の意味的構造を抽出し，構造に基づきファシリテーションの投稿を行うことができる．今回は，慎重なアノテーション，深層学習モデルのチューニング，フィルタリング機能，AWS を用いたスケーラブルなシステム実装，によって，実際の市民を対象とした社会実験に，知能処理技術によるファシリテーションが可能であることを示すことができた．大規模合意形成支援は次世代の民主主義プラットフォームにもなりえる上，知能処理技術がどの程度人間社会の意思決定に関与すべきかという観点から ELSI についても議論を進めている [浜田 18]．今後さらに，自動ファシリテーションエージェントが議論に関与する際どの程度まででであれば社会は受容するのか，様々な条件があるが調査を進める．

謝辞

本論文で紹介した研究内容は，JST CREST「エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成：代表伊藤孝行」（グラント番号 JPMJCR15E1）に支援を受けている研究の一部である．本論文の研究内容に寄与していただいているメンバー全員に感謝の意を表する．

参考文献

[Conklin 89] Conklin, J. and Begeman, M. L.: gIBIS: A tool for all reasons, *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 40, No. 3, pp. 200–213 (1989)

[Ito 14] Ito, T., Imi, Y., Ito, T., and Hideshima, E.: COLLAGREE: Facilitator-mediated Large-scale Consensus Support System, in *The 2nd Collective Intelligence Conference* (2014)

[Ito 15] Ito, T., Imi, Y., Sato, M., Ito, T., and Hideshima, E.: Incentive Mechanism for Managing Large-Scale Internet-Based Discussions on COLLAGREE, in *The 3nd Collective Intelligence Conference* (2015)

図 5: 自動ファシリテーションの成功事例の 1 つ

[Ito 18] Ito, T.: Towards Agent-based Large-scale Decision Support System: The Effect of Facilitator, in *The 51st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS2018)* (2018)

[Kunz 70] Kunz, W. and Rittel, H. W.: Issues as elements of information systems, Technical report (1970), CiteSeerX 10.1.1.134.1741

[Malone 18] Malone, T. W.: *Superminds: The Surprising Power of People and Computers Thinking Together*, Little, Brown and Company (2018)

[Sengoku 16] Sengoku, A., Ito, T., Takahashi, K., Shiramatsu, S., Ito, T., Hideshima, E., and Fujita, K.: Discussion Tree for Managing Large-Scale Internet-based Discussions, in *Collective Intelligence 2016* (2016)

[Stab 17] Stab, C. and Gurevych, I.: Parsing argumentation structures in persuasive essays, *Computational Linguistics*, Vol. 43, No. 3, pp. 619–659 (2017)

[Suzuki 19] Suzuki, S., Yamaguchi, N., Nishida, T., Moustafa, A., Shibata, D., Yoshino, K., Hiraishi, K., and Ito, T.: Extraction of Online Discussion Structures for Automated Facilitation Agent, 2019 年度 人工知能学会全国大会 (第 33 回) (2019)

[Yamaguchi 18] Yamaguchi, N., Ito, T., and Nishida, T.: A Method for Online Discussion Design and Discussion Data Analysis, in *The Thirteenth International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS-2018)* (2018)

[伊藤 15] 伊藤 孝行, 奥村 命, 伊藤 孝紀, 秀島 栄三：多人数ワークショップのための意見集約支援システム Collagree の試作と評価実験:〜議論プロセスの弱い構造化による意見集約支援〜, 日本経営工学会論文誌, Vol. 66, No. 2, pp. 83–108 (2015)

[伊藤 17] 伊藤 孝行, 藤田 桂英, 松尾 徳朗, 福田 直樹：エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成—自動ファシリテーションエージェントの実現に向けて—, 人工知能学会誌, Vol. 32, No. 5 (2017)

[伊美 15] 伊美 裕麻, 伊藤 孝行, 伊藤 孝紀, 秀島 栄三：オンラインファシリテーション支援機構に基づく大規模意見集約システム COLLAGREE—名古屋市次期総合計画のための市民議論に向けた社会実装, 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 10, pp. 1996–2010 (2015)

[山口 19] 山口直子, 西田智弘, 柴田大地, 鈴木祥太, 芳野魁, 平石健太郎, 伊藤孝行：IBIS 構造に基づく議論モデルにおけるアノテーション手法の提案, 2019 年度 人工知能学会全国大会 (第 33 回) (2019)

[柴田 19] 柴田 大地, 山口 直子, 西田 智弘, 鈴木 祥太, 芳野 魁, 平石 健太郎, 伊藤 孝行：オンライン上における大規模議論支援のための IBIS 構造に基づく自動ファシリテータの実装, 2019 年度 人工知能学会全国大会 (第 33 回) (2019)

[浜田 18] 浜田 良樹, 松尾 徳朗, 伊藤 孝行：ELSI 委員会による合意形成システムと社会との融和, 人工知能学会論文誌, Vol. 33, No. 5, pp. 1–4 (2018)

1:40 PM - 2:00 PM (Wed. Jun 5, 2019 1:20 PM - 3:00 PM Room F)

[2F3-OS-5a-02] (Invited talk) Towards Realization of Collective Intelligence based on Communication-field Mechanism Design

〇Tadahiro Taniguchi[1] （1. Ritsumeikan University）
Keywords: Communication field, Mechanism design

本招待講演では多人数のコミュニケーションを間接的に制御するコミュニケーション場のメカニズムデザインの概念について紹介する。複数の人間が参画し話し合い、会議、相談等をしている状況は、自律的分散的なマルチエージェントシステムとして捉えられる。各主体はあくまで自らの効用に基づいて行動するために、その振る舞いを誘導するためには適切な誘引や制約の設計が重要である。ビブリオバトルや発話権取引などの事例に触れながら概説する。

2:00 PM - 2:20 PM (Wed. Jun 5, 2019 1:20 PM - 3:00 PM Room F)

[2F3-OS-5a-03] (Invited talk) Market design: Designing social mechanisms/institutions based on game theory

〇Makoto Yokoo[1] （1. Graduate School and Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University）
Keywords: game theory, mechanism design, market design, multiagent systems

"Market Design" is a research field that examines how to design a new market or improve an existing market such that a certain design goal is satisfied. This research field is influenced by micro economics, in particular, game theory. Here, the meaning of a "market" is very broad; it includes a spectrum auction, in which a government allocates the licenses to use specific spectrum bandwidth to companies, or a market without monetary transfer, such as a kidney exchange program, or a school choice program, in which children/parents can choose public schools they want to attend. Now, market design has become a interdisciplinary research topic that is relevant to computer science and information systems. In this lecture, I will describe an overview of market design research.

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

合意形成過程の蓄積・知識化のための LOD 技術に基づく分野横断型議論過程検索機構の設計と課題

福田 直樹 *1
Naoki FUKUTA

*1静岡大学 学術院情報学領域
Colledge of Informatics, Shizuoka University

In this paper, we present our preliminary idea and design issues of a mechanism with a set of software and tools for querying online discussions and arguments with linked open data accesses over different domains to make it as a great knowledge repository. The prototype design is based on Linked Data and Knowledge Graph structure and it includes mechanisms which aim to realize queries over different domains for the stored structured discussion data.

1. 議論過程の分野を超えた知識化の重要性

実世界とインターネット上などのオンライン上の議論とをあわせたハイブリッドな議論について，その実現についての試み [Ito 16] や，その実際の活用の事例に関する考察が行われてきている [Kawase 18]．すでに文献 [福田 18] でも述べてきたが，それら 1 つ 1 つの議論には，興味深く目を向けるべきものが多くあると考えられ，ある 1 つの大きなテーマ内であれば，ファシリテーターなどをうまく動員してそれらをうまく結びつけられる可能性も十分に考えられる．一方で，その議論をさらに深め確実なものとするには，時期やテーマを超え，議論の過程やその際の情勢，その後の経過などを含めて，より広い範囲での議論の参照が重要となってくる [福田 18] 点は，本研究におけるこれまでに一貫した視点である．特に，その議論の背景に深い歴史的背景やそれに起因する対立などがある場合には，その重要性大きいと考えられ [福田 16][福田 17b]，そのための議論過程の蓄積と知識化のための基盤の検討を進めてきた [福田 18]．

すでにこれまでの検討経過でも述べてきたとおり [福田 18]，文脈に基づいて社会的合意のための議論を深いレベルで行うためには，過去の社会的合意形成問題における種々の議論がそこに適切に継承・参照されることが望ましい [武田 13] と考えられる．一方で，それらの議論の重要な部分には，その対象となる分野や時代に固有の事象の扱いが，深く関わってくる場合があるのではないかと本研究では考えている．社会的合意を目指す当事者の個人的な利害関係や立場が原因となって，武田の指摘するような「囚人のジレンマ的な状況で相互の議論を噛み合う状態になるようにお互いが譲歩できない状況」[武田 13] を正確に理解するためには，そこでの固有な利害関係やその背景理解しようとせず，抽象的な議論のみで理解を行うアプローチには，限界があるのではないかと考える．そうした固有の事情を省略することなく，別の分野や時代に議論された場合ではそれらの固有な事情がどういうものにマッピングされるのかという，具体的な対象をその検討に含めた状態での，議論内容の相互参照とそこからの知識の活用が，重要であると考えられる．これらが，本研究の重要な動機付けとなっている．

連絡先: 福田直樹，静岡大学 学術院情報学領域，432-8011 浜松市中区城北 3-5-1，fukuta (at) inf.shizuoka.ac.jp

2. 議論過程の知識化に向けた機構設計の拡張と課題

本研究で拡張の対象となる，議論過程の知識化に向けた課題に対応するための基盤は，こらmでに設計を進めてきた社会的合意のための議論の過程に対する関係性の付与・閲覧支援機構 [福田 17a] であり，さらにそれを複数の異なる議論過程に拡張し，議論過程や関連するデータの閲覧支援に適用可能にするための機構の設計の概要について，文献 [福田 17b] および文献 [福田 18] で述べている．

議論過程の閲覧支援としては，すでに文献 [福田 17b] において，その初期の設計の概要を示している．本研究で主に扱う議論過程は基本的に [福田 17b] と同様の前提をおいている．その前提とは，議論が，その議論当初には実空間における対面での議論が組み合わされる場合もあるが，発言の投稿とそれに対する返信という構造を基本として，Web 上におけるオンライン議論として構成され，それらに「いいね」等の付加情報が付与される形で構成される [Ito 17]，ということである．また，その議論の過程では，ファシリテーターと呼ばれる議論の整理や進展を促す役割のユーザにより，通常のユーザとは異なる権限により議論の方向性などに対する調整が行われる場合があることも，前提とする．

長期的に議論過程を蓄積していった場合には，これらの前提が時間の経過や環境の変化によって異なるものに変容・多様化していくことが想定される．そうした変化に寛容な閲覧支援技術の実現が，重要な課題の 1 つとなる [福田 18]．そうであるがゆえに，それらの中の相違点を，その議論の前提や対象が異なるもの同士の間でも，何らかの説明可能な形で取り出して検討できることには，意義があると考える．

そのためのアイデアの 1 つとして，本研究では，ある議論から一部分を取り出すという操作の説明を抽象的なクエリ言語で表現することを考える．たとえば，その議論過程が，Linked Data（あるいは Knowledge Graph）の形式で表現できると仮定する場合には，そのための標準クエリ言語である SPARQL がそのクエリ表現言語の選択肢として考えられる．ここで，そのクエリを直接的に分野に横断的になるように抽象化するというのではなく，クエリ自身を必要に応じて別の分野・オントロジーに基づく対象へと変換できるようにすることで，そのクエリの持つドメイン固有の詳細性を維持しながらも，それらを相互に比較検討可能にすることが，できるのではないか．それが，本研究の狙いである．

図 1 は，ある議論過程における議論関係を，クエリ表現へ

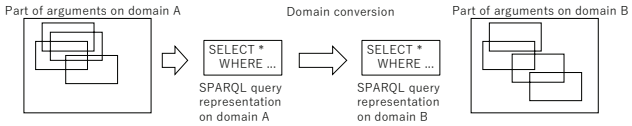


図 1: 議論過程のクエリ表現への変換を通じたドメイン変換

の変換を通じて別の議論ドメインに変換し利用する過程の概念図を示している．

この実現に当たっては，まず，クエリの表現自身を容易に行えるようにするために，これまでに共同で研究を進めてきている，クエリ記述支援における動的な概念マッピング生成に基づく支援技術（たとえば，[Adachi 17]，[Adachi 18] など）の活用が考えられる．これに加えて，すでに記述されたクエリを，別の分野・オントロジーで構成された対象に対するクエリに変換し，その特性をできるだけ維持し相互に関連づけた状態とするための手法も，開発を進めてきている [Adachi 18]．

議論内に見られる要素間の種々の関係を踏まえた閲覧支援は重要であり [福田 17b]，本アプローチでは，その一つの方法として，別々の分野・時期に行われた議論同士の関連性を効果的にかつ説明可能な形で取り出して再利用することを狙っているが，その実現に当たっては，すでに文献 [福田 18] でのべたような，議論過程の効果的な蓄積と再利用性向上のためのアノテーションの品質の管理と向上が重要となる．Carroll らによって提案された関係性そのものに ID を付与する手法 [Carroll 05] と併用することで，アノテーションに対するメタなアノテーションが可能となる [福田 17a] ことはその一助となるかもしれないが，アノテーションの複雑化は同時にそれを高い品質で付与することの難しさにもつながると考えられる．その関連づけに対するメタなアノテーションの基盤となるオントロジーそのものも，ニーズや社会の変化にあわせて深化し，多様化することが考えられる [福田 18]．そのようなオントロジーの変更や変化への許容性と高速な計算可能性の両立は，本研究でも継続的に重要な課題の 1 つとなる．

3. おわりに

議論などの理解の支援では，論証内のミクロな係り受け関係をより上位の抽象度の関係でとらえていくことと同時に，それぞれの信念や立場に基づいたときに，それらがどのように見えるのかを理解していくことが，重要な一助となると考えられることは，これまでも指摘してきた [福田 18]．このためには，本研究で試みるような，ことなる場面で行われた議論どうしを近い視点から再構成するようなアプローチと同時に，同一の議論に対しての異なる視点からの議論の見え方に関しての論理的な構造をふまえた分析・閲覧支援を同時に行えるようにしていきたい．効果的なアノテーションの実現と，それに基づく論理的矛盾なども踏まえた分析の支援を行えるようにすることは，今後の課題である．

謝辞

本研究の一部は，JST CREST JPMJCR15E1 の支援を受けたものである．

参考文献

[Adachi 17] Adachi, T. and Fukuta, N.: A Mapping-enhanced Linked Data Inspection and Querying Support System using Dynamic Ontology Matching, in *Proc. of 2nd International Workshop on Platforms and Applications for Social problem Solving and Collective Reasoning(PASSCR2017)*, pp. 1191–1194 (2017)

[Adachi 18] Adachi, T. and Fukuta, N.: A Query Anonymization Approach using Ontology Mappings, in *Proc. of Joint International Workshop on Practical Application of Ontology for Semantic Data Engineering(PAOS2018) and Platforms and Applications for Social Problem Solving and Collective Reasoning(PASSCR2018)*, pp. 21–32 (2018)

[Carroll 05] Carroll, J. J., Bizer, C., Hayes, P., and Stickler, P.: Named Graphs, Provenance and Trust, in *Proc. of the International World Wide Conference (WWW2005)*, pp. 613–622 (2005)

[Ito 16] Ito, T., Otsuka, T., Kawase, S., Sengoku, A., Shiramatsu, S., Matsuo, T., Oishi, T., Fujita, R., Fukuta, N., and Fujita, K.: Preliminary Results on A Large-scale Cyber-Physical Hybrid Discussion Support Experiment, in *Proc. of 11thInternational Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS 2016)* (2016)

[Ito 17] Ito, T., Otsuka, T., Kawase, S., Sengoku, A., Shiramatsu, S., Ito, T., Hideshima, E., Matsuo, T., Oishi, T., Fujita, R., Fukuta, N., and Fujita, K.: Experimental Results on Large-scale Cyber-Physical Hybrid Discussion Support, *International Journal of Crowd Science*, Vol. 1, (2017)

[Kawase 18] Kawase, S., Ito, T., Otsuka, T., Sengoku, A., Shiramatsu, S., Matsuo, T., Oishi, T., Fujita, R., Fukuta, N., and Fujita, K.: Cyber-Physical Hybrid Environment using a Largescale Discussion System Enhances Audiences' Participation and Satisfaction in the Panel Discussion, *IEICE Transaction on Information and Systems*, Vol. E101-D, No. 4, pp. 847–855 (2018)

[武田 13] 武田 徹：原発議論はなぜ不毛なのか, 中央公論新社 (2013)

[福田 16] 福田 直樹：合意形成支援システムの高度化のための LOD 連携機構の概念設計, 2016 年人工知能学会全国大会講演論文集, pp. 1N4–OS–19a–2 1–2 (2016)

[福田 17a] 福田 直樹：議論に基づく合意形成支援における議論構造を考慮した議論過程 LOD の閲覧支援機構の設計, セマンティック Web とオントロジー研究会, pp. SIG–SWO–041–07 1–2 (2017)

[福田 17b] 福田 直樹：合意形成過程の再利用に基づく LOD 技術による議論過程検索提示機構の設計, 2017 年人工知能学会全国大会講演論文集, pp. 1P3–4 1–2 (2017)

[福田 18] 福田 直樹：合意形成過程の蓄積・知識化のための LOD 技術に基づく議論過程クラウドの設計と課題, 2018 年人工知能学会全国大会講演論文集, pp. 1D3–OS–28b–05 (2018)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

信頼・不信とメディア効果を考慮したオピニオンダイナミクス理論

Opinion dynamics theory considering interpersonal relationship of trust and distrust and media effects

石井　晃 *1　　川畑泰子 *2
Akira Ishii　　Yasuko Kawahata

*1鳥取大学　　*2群馬大学
Tottori University　　Gunma University

Bounded Confidence Model is well-known for opinion dynamics theory that considers opinions as continuous values. However, this does not include confrontation of people. In this paper, we express a theory which expresses the relation of trust and distrust between people by the sign of interpersonal relationship coefficient and extends the value of opinion on one dimensional axis from positive to negative. In addition, the influence on the mass media was also taken into consideration, and efforts were made to consider. In this paper, we will show examples of 2, 3, 20 and 300 people in computational simulation. The distribution of opinions calculated from this calculation may be comparable to the distribution of opinions measured on social networks.)

1.　はじめに

オピニオンダイナミクスは社会（あるいは少数のグループ内）での意見の合意を目指すプロセスを解析する理論として古くから様々な面から研究されている。 [?, ?, ?, ?, ?, ?]. 意見の合意にゲーム理論を使う試みも行われた [?]。オピニオンダイナミクス理論の総合報告も参照されたい [?]。

定量的な解析に向いたオピニオンダイナミクスの理論は、大きく分けて 2 つの流れがある。1 つの手法は意見を 1 と 0、あるいは 1 と－1 の二値とした離散的な意見を扱う理論である。アメリカやフランスの大統領選挙、あるいは BREXIT に見られる国民投票などは投票でかならずどちらか一方に絞って投票するため、この二値の理論は応用しやすい。もう 1 つの手法は意見を一次元（あるいは多次元）の連続値で考える理論である。合意形成などはこちらのやりかたで考えることが多い。

離散的な二値の理論としては、代表的なものに Galam による磁性物理学理論の Ising 模型を応用した理論がある [?, ?, ?]。この理論では、人々の意見は 1 人 1 人の意見が I_i で表せるとし、意見交換による相互作用を $-J\sum_i\sum_j I_iI_j$ と表し、これが社会の conflict になるとする。conflict が低くなるように社会の動力学が動き、$J>0$ ならば、隣り合う人同士の意見が同じに揃う方が conflict は低くなる。

また、理論物理学の繰り込み群の考え方を利用した局所多数決モデルも賛成と反対の二値である [?, ?]。この理論で、Galam はイギリスの EU 離脱（BREXIT）の国民投票 [?] やトランプの大統領当選 [?] の解析を発表している。

一方、意見を連続値とした理論の代表的なものに Deffuant-Weisbuch Model や Heselmann-Krause Model として知られる Bounded Confidence Model が挙げられる [?, ?, ?] 。Deffuant-Weisbuch Model の拡張として意見の対立による 2 極化を扱った試みはあるが [?, ?, ?]、Hegselmann-Krause Model では合意形成のみを念頭に置いている。意見は 0 から 1 までの連続的な値を取るとするが、 1 は賛成で、 0 は無関心であり、反対意見を想定していないことに注意されたい。Deffuant-Weisbuch Model の拡張 [?, ?, ?] ではN人の各人相互の影響の受け方は一定であったり、お互いの意見の相違の度合いから決まるとしていて、各人が元々固有に信頼していたり、反発を抱いていたりという要素はあらわに入っていない。

本研究では、理論的にN人の相互の意見交換を設定しやすい Hegselmann-Krause のモデル [?] に、人々が反発する要素やマスメディアの影響などを含める形で拡張する。

連絡先: 石井晃, 鳥取大学, 鳥取市湖山町南 4-101, 0857315629, ishii@tottori-u.ac.jp

2.　理論

我々の数理モデルは、意見を連続値とした理論の代表的な bounded confidence model[?] から出発する。 N 人の人を想定し、 $1\le i\le N$ として時刻 t でのエージェント i の意見を $I_i(t)$ と書く。 Hegselmann-Krause [?] の理論では、エージェント i の意見は次のように定義される。

$$I_i(t+1)=\sum_{j=1}^{N}D_{ij}I_j(t) \tag{1}$$

ここで、$I_i(t)$ の値域は $0\le I_i(t)\le +\infty$ である。Hegselmann-Krause の理論では、ここで N 人の中の全ての組み合わせ i,j について、係数 $D_{ij}\ge 0$ である。 彼らの定義では $D_{ij}=0$ はエージェント i の意見はエージェント j の意見の影響は受けないことを意味する。なお、この Hegselmann-Krause の理論では意見を強く持つ人から無関心な人までの間での合意形成を念頭に置いていた。

現実の社会において人々の中に対立が無いことは存在しない。より一般的に社会の中の意見交換では、全員が合意形成する場合だけでなく、中には反発する人もいて、対立が存在するのが普通である。昨年、石井ー川畑によって対立を採り入れた理論が提出された [?]。 石井ー川畑の理論では社会の各自の意見 $I_i(t)$ は他の人の意見に影響され、またマスメディアの影響 $A(t)$ を受けるとして、次の形になる。

$$\frac{dI_i(t)}{dt}=c_iA(t)+\sum_{j=1}^{N}D_{ij}I_j(t) \tag{2}$$

ここで係数 D_{ij} はエージェント i から見たエージェント j に対する信頼度である。

石井ー川畑の理論 [?] では、意見は賛成と反対の二値でも Bounded Confidence Model での $0\le I_i(t)\le +\infty$ でもなく、

$I_i(t)$ の値域は $-\infty \leq I_i(t) \leq +\infty$ と拡張し、正の値と負の値がそれぞれある問題に関する賛成と反対に相当するとする。

また、人と人との意見交換の際にどのような影響を受けるかを定義する係数 D_{ij} は人と人との間の信頼と不信を表すとする。即ち $D_{ij} > 0$ であれば、エージェント i はエージェント j を信頼していて、$D_{ij} < 0$ であればエージェント i はエージェント j に不信感を抱いていると考える。また、係数 D_{ij} は非対称とし、エージェント i から見たエージェント j の信頼・不信とエージェント j から見たエージェント i の信頼・不信は異なる数値で、片方が正でもう片方は負というのはあり得るとする。実際の人間関係でそれは十分にあり得るであろう。

先に提出された石井ー川畑の理論 [?] では、実際には同調や反発が時間とともに、無限に進行する欠点がある。例えばエージェント A とエージェント B が反発する場合、どこまでも反発して両者の意見は正の無限大と負の無限大に発散してしまう。実際にはあまりにも意見が違う場合、お互いに無視するであろう。また、もう一つの欠点として、自分と同じ意見の人と共鳴する面も考慮する。エージェント A とエージェント B がまったく同じ意見の場合、石井ー川畑の理論 [?] では両者がどんどん正の意見の方向（あるいは負の意見の方向）に発散していく。実際には同じ意見であれば、それほど影響は受けないであろう。これは謝辞にも記したパリ政治学院の S Galam 教授からも指摘された。そこで、 式（**??**）の $D_{ij}I_j(t)$ を次のように変更して上に述べた２つの足りない効果を採り入れれた石井の修正が提案された [?]。

$$D_{ij}\Phi(I_i, I_j)(I_j(t) - I_i(t)) \tag{3}$$

$$\Phi(I_i, I_j) = \frac{1}{1 + exp(\beta(|I_i - I_j| - b))} \tag{4}$$

ここで $\Phi(I_i, I_j)$ は $|I_i - I_j| = b$ 付近でスムーズにカットオフが働く関数であり、統計物理学で言うフェルミ分布関数と同じ関数形である。さらに $I_j(t) - I_i(t)$ によって、 $I_i(t)$ は自分と同じ意見 $I_j(t)$ には影響されないという影響が入っている。

マスメディアの発信や社会のフレームワークを形成する発信者 (行政、公的機関など) の情報は社会生活をする私たちの中で伝播する。本論文の理論ではそうしたメディアの影響はヒット現象の数理モデル [?, ?] にならって採り入れた [?, ?]。 $A(t)$ を時刻 t におけるメディアからの情報とし、これが人ごとに受け取り方が異なる可能性を考慮して係数 c_i を付加する。つまり 係数 c_i は各エージェントごとにメディアの受け取り方が異なる効果を含めている。もし 係数 c_i が正ならばエージェント i はメディア情報の影響を受けて意見を変更し、逆に係数 c_i が負ならば、エージェント i はメディアからの情報に反発して意見を変更することを意味する。

最終的に、本論文で計算に用いるのは以下の方程式である。

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = c_i A(t) + \sum_{j=1}^{N} D_{ij}\Phi(I_i(t), I_j(t))(I_j(t) - I_i(t)) \tag{5}$$

実際のソーシャルメディア上のデータが１日ごと、あるいは１時間ごとであれば、差分形式では以下のようになる。

$$\Delta I_i(t) = c_i A(t)\Delta t + \sum_{j=1}^{N} D_{ij}\Phi(I_i(t), I_j(t))(I_j(t) - I_i(t))\Delta t \tag{6}$$

以下ではこの式を用いて数値計算を行う。

3. 計算

この新しいオピニオンダイナミクス理論による計算例を示す。計算例は２人の場合、３人の場合、そして多人数の計算例として３００人の場合の計算例を示す

3.1 ２人の場合

まず、二人の場合で計算をしてみよう。二人をA，Bとしよう。二人の場合、式（**??**）は以下の連立方程式となる。

$$\begin{aligned}\Delta I_A(t) &= -\alpha I_A(t)\Delta t + c_A Adv(t)\Delta t \\ &+ D_{AB}\Phi(I_A(t), I_B(t))(I_B(t) - I_A(t))\Delta t\end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}\Delta I_B(t) &= -\alpha I_B(t)\Delta t + c_B Adv(t)\Delta t \\ &+ D_{BA}\Phi(I_B(t), I_A(t))(I_A(t) - I_B(t))\Delta t\end{aligned} \tag{8}$$

係数 $D_{AB} > 0$、$D_{BA} > 0$ と設定すると、両者の意見の中間に収束するように二人の意見が推移していくことが計算結果（Fig.**??**) からわかる。これはお互いに信頼している友人同士の意見交換と考えると自然に理解されたと推察される結果となった。合意に達したあとにわずかに正の方向に意見が動いているのは、マスメディアの影響 $Adv = 0.5$ による。

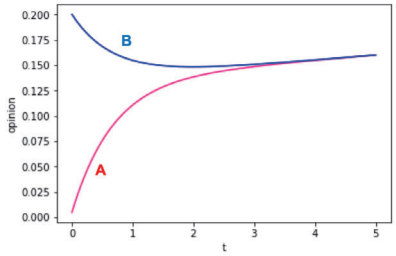


図 1: N=2 の場合の計算。Adv= 0.5, $D_{AB} = 1.0$, $D_{BA} = 0.5$. 初期値は $I_A(0) = 0.005$, $I_B(0) = 0.2$.

次に二人で、お互いに不信感を抱いて反発している場合、係数 $D_{AB} < 0$、$D_{BA} < 0$ と設定する。この場合は Fig.**??** に示すように、お互いに反発するけれど、ある程度意見が離れてしまったら、お互いを無視する形で影響を受けなくなっていることが再現された。

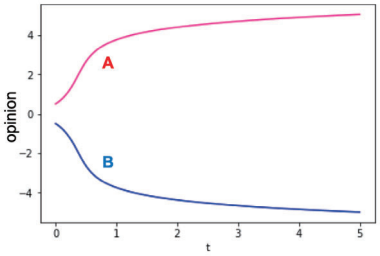


図 2: N=2 の場合の計算。 Adv= 0.5, $D_{AB} = -2.0$, $D_{BA} = -2.0$. 初期値は $I_A(0) = 0.005$, $I_B(0) = 0.2$

3.2　３人の場合

次に３人の場合を考えよう。この場合も式（**??**）で、これを３人で連立させて考える。ここでは３人は A,B,C の３エージェントで、A と B はお互いに不信感を抱いていて反発しているが、A も B もエージェント C には大きな信頼を持っているとする。つまり、C は反発対立している A と B の仲介者の役割になる。計算した結果が Fig.**??**である。A と B の C に対する信頼（係数 D_{AC} 、D_{BC} の値）が大きく正となると、対立していた A と B が C の意見に収束していく様子がわかる。これは仲介者が対立している両者から絶大な信頼を寄せられていると仲介が上手く行くという、日常生活でも経験するような事に対応していることが推察される。

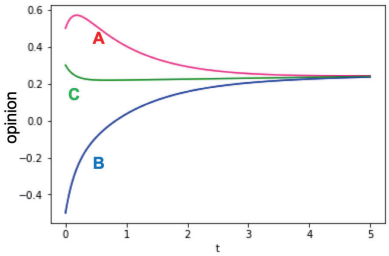


図 3:　３人の場合の計算。 Adv $= 0.005$, $b = 5.$, $\beta = 1.0$, $D_{AB} = -2.0$, $D_{AC} = 5.0$, $D_{BA} = -2.0$, $D_{BC} = 5.0$, $D_{CA} = 1.0$, $D_{CB} = 1.0$. 初期値は $I_A(0) = 0.5$, $I_B(0) = -0.5$, $I_C(0) = 0.2$.

前述のような事由を、実際に起きた事例に置き換えて解釈すると、例えば幕末の日本史で、A を薩摩藩、B を長州藩、C を坂本龍馬と考えると、薩長同盟を仲介した坂本龍馬に両藩から寄せられた信頼の大きさが理解できるケースである（実際の日本史研究では坂本龍馬の果たした役割の大きさには諸説あるが、ここでは単純な通説に従った）。また、現代史で言えば、人種差別政策撤廃後の南アフリカ共和国大統領のネルソン・マンデラ氏の役割が C に似ていると推察する。ネルソン・マンデラは人種差別政策撤廃後に黒人優位の政策を採らず、黒人も白人も平等にという宥和政策に徹して、南アフリカ共和国をうまくひとつにまとめた実績がある。

3.3　300 人の場合

次に、人数を増やして３００人とした場合の計算を示そう。300 人で計算した理由は、意見の分布が上手く描ける程度に多数の人間という程度の意味合いで、300 という数字自体に意味はない。計算にあたって、係数 D_{ij} は全て、－１～１の乱数で決めている。結果は Fig.**??**に一例を示す。左図が時間経過による 300 人の意見の軌跡で、青線は任意抽出の一人の軌跡をわかりやすくするために色を変えてある。右図は計算の最終の時点でこのシミュレーション計算から算出した意見の分布である。

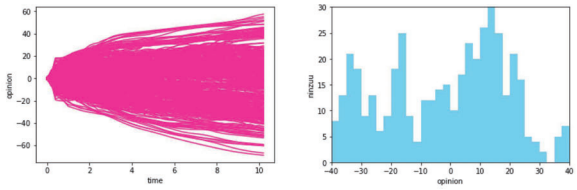


図 4: 300 人の場合の計算。係数 D_{ij} は全て－１～１の乱数で決めている。左図が時間経過による 300 人の意見の軌跡である。右図は計算の最終の時点での意見の分布。

この計算からわかるのは、式（**??**）で求められた分布はある時間から先は有限の範囲内に留まるということである。

3.4　カリスマ的存在がいた場合

次に、多くの人から強い信頼感を持たれているカリスマ的な人物が１人いる場合を考えよう。計算にあたって、係数 D_{ij} でカリスマ的な人物に対して残り 299 人からは高い信頼を寄せられているとする。Fig.**??**の例なら 5.0 の値である。他の全ての係数 D_{ij} は、－１～１の範囲の乱数で決めている。計算結果の一例を Fig.**??**に示す。左図が時間経過による 300 人の意見の軌跡で、青線はカリスマの人の軌跡である。カリスマの人も他の人の意見への対応は、同じく－１～１の範囲の乱数で決めている。右図は計算の最終の時点でこのシミュレーション計算から算出した意見の分布である。計算結果を見ると、カリスマ的人物の意見に近い意見の人の分布は大きいことがわかる。

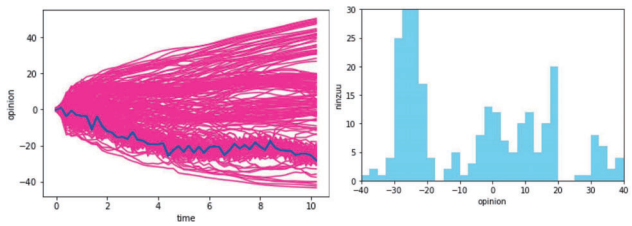


図 5: 300 人の場合の計算。 係数 D_{ij} は 299 人からカリスマの一人に対しての信頼度は 5.0 で、それ以外の係数は全て－１～１の乱数で決めている。左図が時間経過による 300 人の意見の軌跡で、青線はカリスマの人の軌跡。右図は計算の最終の時点での意見の分布。

4.　結論

Bounded Confidence Model を拡張する形で、社会の人々の間の信頼関係と不信関係を同時に考慮し、さらにメディア効果も含めた新しいオピニオンダイナミクス理論を提案した。3 人の計算では仲介者が反発する両者から強い信頼を寄せられていると仲介が成功することが計算から示された。300 人で計算すると、意見の分布はクラスターごとに分かれる傾向が見出された。また、全員から強い信頼を寄せられる人がいると、その人の意見に近い人が多くなる傾向があることが計算で示された。

謝辞

本研究には、パリ大学パリ政治学院の Serge Galam 教授と行われた議論が大きく貢献しているので、Galam 教授に深く

感謝します。また、本研究の計算面で鳥取大の堀尾優輝君に感謝します。

参考文献

[1] French J R P (1956) A formal theory of social power., Psychological Review 63. pp. 181-194.

[2] Harary F (1959) “ A criterion for unanimity in French ’ s theory of social power ”. In Cartwright D (Ed.), Studies in Social Power. Institute for Social Research, Ann Arbor.

[3] Abelson, R P (1964), “ Mathematical models of the dis-tribution of attitudes under controversy ”. In Frederiksen, N and Gulliksen H (Eds.), Contributions to Mathemat-ical Psychology, New York, NY: Holt, Rinehart, and Winston.

[4] De Groot M H (1974) Reaching a consensus. J. Amer.Statist. Assoc. 69. pp. 118 - 121.

[5] Lehrer K (1975) Social consensus and rational agnoiology. Synthese 31. pp. 141 - 160.

[6] Chatterjee S (1975) Reaching a consensus: Some limit theorems. Proc. Int. Statist. Inst. pp.159 -164.

[7] 谷本圭志、喜多秀行、三ッ国 篤志「合意形成の場における雰囲気の形成と その下での住民の発言行動に関するゲーム論的考察」 土木計画学研究 ・論文集 Vol.18no.1 2001 年 9 月, 89 ー 95

[8] Sîrbu A., Loreto V., Servedio V.D.P., Tria F. (2017) Opinion Dynamics: Models, Extensions and External Effects. In: Loreto V. et al. (eds) Participatory Sensing, Opinions and Collective Awareness. Understanding Complex Systems. Springer, Cham

[9] Galam, Physica A 238, 66 (1997).

[10] Sznajd-Weron and J. Sznajd, Int. J. Mod. Phys. C 11,1157 (2000)

[11] Sznajd-Weron, M. Tabiszewski, and A. M. Timpanaro, Europhys. Lett. 96, 48002 (2011).

[12] Galam S, ”Application of statistical physics to politics” Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 274, 1999, Pages 132-139

[13] Galam S, ”Real space renormalization group and totalitarian paradox of majority rule voting” Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 285, Issues 1-2, 15 September 2000, Pages 66-76

[14] Galam S, “ Are referendums a mechanism to turn our prejudices into rational choices? An unfortunate answer from sociophysics ” Chapter 19 of The Routledge Handbook to Referendums and Direct Democracy edited by Laurence Morel and Matt Qvortrup, (Taylor & Francis, London, 2017)

[15] Galam, S, ”The Trump phenomenon: An explanation from sociophysics”, Int. J.Mod. Phys.B31 (2017) 1742015

[16] Hegselmann R and U Krause, ”Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis, and Simulation” Journal of Artificial Society and Social Simulation 5 (2002)

[17] Guillaume Deffuant, David Neau, Frédéric. Amblard, and Gérard Weisbuch. Mixing Beliefs among Interacting Agents. Advances in Complex Systems, 3:87-98, 2000.

[18] Gérard Weisbuch, Guillaume Deffuant, Frédéric Amblard, and Jean-Pierre Nadal. Meet, Discuss and Segregate! Complexity, 7(3):55-63, 2002.

[19] Wander Jager and Frédéric Amblard, ”Uniformity, Bipolarization and Pluriformity Captured as Generic Stylized Behavior with an Agent-Based Simulation Model of Attitude Change”, Computational and Mathematical Organization Theory 10 (2004) 295-303

[20] Wander Jager and Frédéric Amblard, ”Multiple attitude dynamics in large populations” presented in the Agent 2005 Conference on Generative Social Processes, Models and Mechanisms, October13-15, 2005 at The University of Chicago.

[21] Evaguenii Kurmyshev, Héctor A. Juárez, Ricardo A. González-Silva, ”Dynamics of bounded confidence opinion in heterogeneous social networks: Concord against partila antagonism” Physica A 390 (2011) 2945-2955

[22] A Ishii and Y Kawahata, “ Opinion Dynamics Theory for Analysis of Consensus Formation and Division of Opinion on the Internet ”, Proceedings of The 22nd Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems (IES2018), 71-76; arXiv:1812.11845 [physics.soc-ph]

[23] A. Ishii, ”Opinion dynamics theory considering trust and suspicion in human relations” Proceeding of 19th International Conference on Group Decision and Negotiation in 2019 a Joint GDN-EWG/BOR meeting, submitted

[24] Ishii A, Arakaki H, Matsuda N, Umemura S, Urushidani T, Yamagata N and Yoshida N, “ The ‘hit’ phenomenon: a mathematical model of human dynamics interactions as a stochastic process ”, *New Journal of Physics* 14 (2012) 063018

[25] A Ishii and Y Kawahata, ”Sociophysics Analysis of the dynamics of peoples’ interests in society” Frontiers in Physics, 08 October 2018 — https://doi.org/10.3389/fphy.2018.00089

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-5

[2F4-OS-5b] 複雑化社会における意思決定・合意形成のための AI技術(2)

福島 俊一（科学技術振興機構）、福田 直樹（静岡大学）、伊藤 孝行（名古屋工業大学）

Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room F (302B Medium meeting room)

[2F4-OS-5b-01] An annotation method for a discussion model based on the IBIS structure

〇Naoko Yamaguchi[1], Tomohiro Nishida[1], Daichi Shibata[1], Shota Suzuki[1], Kai Yoshino[1], Kentaro Hiraishi[1], Takayuki Ito[1] （1. Nagoya Institute of Technology）

3:20 PM - 3:40 PM

[2F4-OS-5b-02] Verification of discussions using consensus building support system organized by city development

〇Tomohiro Nishida[1], Takanori Ito[1], Kai Yoshino[1], Daichi Shibata[1], Naoko Yamaguchi[1], Shota Suzuki[1], Kentaro Hiraishi[1], Takayuki Ito[1] （1. Nagoya Institute of Technology）

3:40 PM - 4:00 PM

[2F4-OS-5b-03] Analysis of Discussions with Dealing Rights to Speak Mobile Application

〇Hirofumi Masui[1], Takahiro Oshima[1], Tadahiro Taniguchi[1] （1. Ritsumeikan University）

4:00 PM - 4:20 PM

[2F4-OS-5b-04] Filtering of Impertinent Remarks using distributed expression

〇Kentaro Hiraishi[1], Daichi Shibata[1], Tomohiro Nishida[1], Naoko Yamaguchi[1], Shota Suzuki[1], Kai Yoshino[1], Ahmed Moustafa[1], Takayuki Ito[1] （1. Nagoya Institute of Technology）

4:20 PM - 4:40 PM

[2F4-OS-5b-05] Issues of social acceptability of autonomous system from the view point of robots

〇Shinichi Fukuzumi Fukuzumi[1], Osamu Sakura[2,1], Hiroshi Nakagawa[1] （1. RIKEN, 2. University of Tokyo）

4:40 PM - 5:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

IBIS 構造に基づく議論モデルにおけるアノテーション手法の提案

An annotation method for a discussion model based on the IBIS structure

山口　直子* 西田　智裕* 柴田　大地* 鈴木　祥太* 芳野　魁* 平石　健太郎* 伊藤　孝行*
Naoko Yamaguchi Tomohiro Nishida Daichi Shibata Shota Suzuki Kai Yoshino Kentaro Hiraishi Takayuki Ito

*名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology

We propose an annotation method for making training data to develop an automated facilitation agent on the online discussion system. The targets of our developing online discussion system are mainly tackling social wicked problems, therefore in order to progress discussions efficiently, we introduced the Issue-Based Information System's approach into our discussion structuring model. We conducted online discussions based on that model and to collect discussion data. In order to make training data, we annotated those collected data with our defined components. We could achieve to make a prototype automated facilitation agent with using our original annotated data.

1. はじめに

本稿では，オンライン議論システム上の自動ファシリテーションエージェント開発のための，学習用データ作成におけるアノテーションの提案手法について論じる．現在我々は，社会問題等を対象とした大規模議論を，より効率的，かつ個々の意見を尊重して行うオンラインの議論システムを開発中である [Ito 2014,2018]．本システムの重要な機能の一つに「自動ファシリテーション」機能がある．この機能は，基本的には対面式議論におけるファシリテータの役割と同様に，意見の促進，整理，参加者間の相互理解を支援し議論を円滑に進行する役割をコンピュータで実現することを想定している．但し，コンピュータが行うからこそ可能となる議論進行の技法を我々は模索している．

自動ファシリテーションエージェント開発の第一段階として，我々は 2018 年 10 月に，独自に開発したオンライン議論システム「D-Agree」及び「HAMAgree」[注 1] 上で，コンピュータが参加者の意見より特定の議論構造を構成する要素を判別し，その要素から次の構成要素の意見を促進させる発言を出すしくみの実装を果たした．この開発には深層学習を用い [Suzuki 2019]，その学習用データは，D-Agree 上で行った議論データを手動でアノテーションをし，作成した．

2.2 にて詳細を後述するが，現在我々は自動ファシリテーションの手法に関して，Rittle らによる Issue-Based Information System (IBIS) [Kuntz 1970][Rittle 1988]，および IBIS を応用した Dialogue Mapping の概念[Conklin 2005]を主軸に置いている．したがって，アノテーションでは，議論の各意見を IBIS の構成要素をラベルとし，ラベル付けを行った．

2. 提案手法

2.1 オンライン議論システム概要

アノテーションを行ったデータは，すべて D-Agree 上で行った議論内で投稿された意見を用いたものである．ここで D-Agree の特徴的機能を，図 1 を用いていくつか紹介する．図1は実際の議論画面である．まずひとつめの特徴として，スレッド形式議論について説明する．D-Agree では議論参加者が自身で議題に対する意見を自由に入力し投稿していく．投稿には，新規投稿と返信の二つの形式がある。新規投稿は議題に対して新たな小テーマを作成する際に行う．新規投稿を行うと，ひとつのスレッドが形成される．他の参加者（新規投稿者も可）は作成されたスレッドの小テーマを読み，関心を持った場合，その意見に対して自らの意見を，返信機能を用いて投稿をする．このようにしてスレッド内で小テーマに対する議論が展開されていく．スレッド形式を採用したことにより，参加者は明示的構造から解放され，より自由な意見を投稿することが可能である．

図 1：D-Agree 上での議論スレッド画面

二つ目の特徴が，ファシリテータによる議論進行である．ファシリテータも参加者と同様に，新規投稿と返信機能を用いて議論に介入する．議論参加者には予めファシリテータが存在し，そのコメントに注目するように伝達する．ファシリテータ役を人間かコンピュータが担うことは，設定によって変更が可能である．データ作成用議論では，ファシリテーションはすべて人間が行った．

連絡先：山口　直子，名古屋工業大学，〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町，TEL/FAX: 052-735-7407，E-mail: yamaguchi.naoko@nitech.ac.jp

注1「D-Agree」「HAMAgree」は同機能を備えるオンライン議論システムである．D-Agree が原型システムの名称であり，HAMAgree は 2018 年 11 月 1 日～12 月 7 日の間行われた名古屋市次期総合計画中間案市民意見聴取社会実験の際に使用したシステムの名称である．

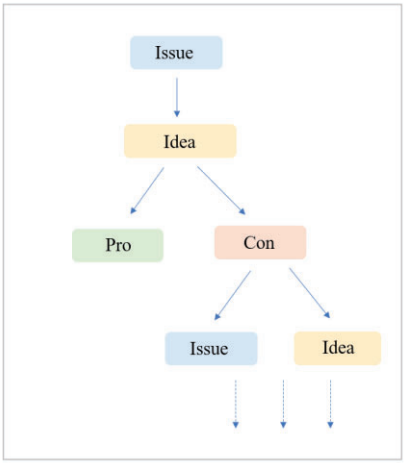


図 2:IBIS 構造に基づく議論モデルフロー

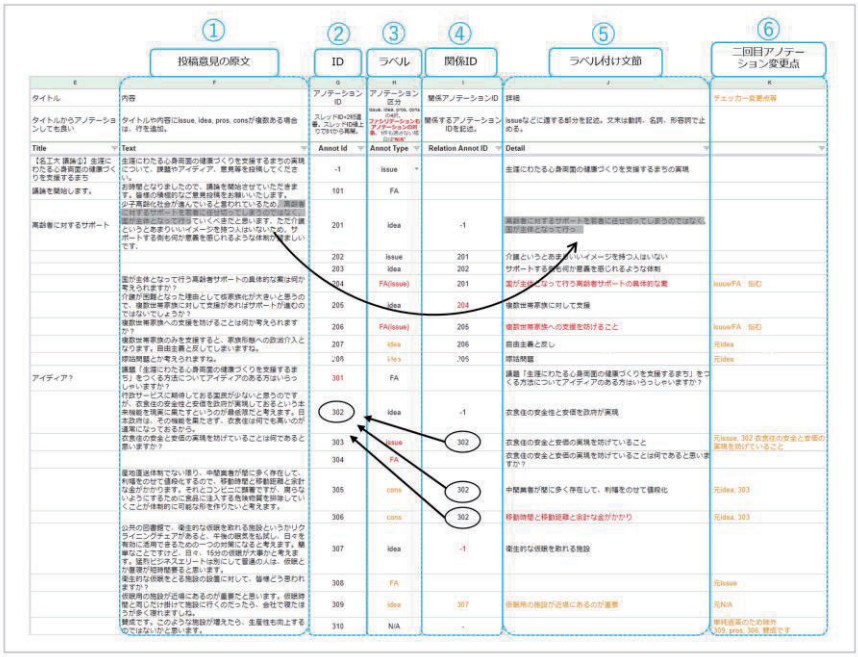


図 3:作成したアノテーションシート

2.2 議論モデル

我々は自動ファシリテーションエージェントのプロトタイプを作成するにあたり，モデルとする議論構造を定義する必要があった．開発初期段階のためシンプルで，しかし議論として意味のある構造を検討した結果，IBIS 手法の応用に至った[Yamaguchi 2018]．IBIS 手法は，その名前の通り，議論において課題に重点を置き，課題を解決するためのアイディアを引き出し，さらに出されたアイディアに対する意見を引き出していく形式による議論設計の概念である．IBIS 手法に基づく議論では，課題を中心に意見を展開していくため，現実的に創造的な議論を展開していくことが可能である．また，IBIS 手法はコンピュータ上での応用を想定して研究された手法であるため，各意見のノードとリンク関係が明確にされており，我々の自動ファシリテーションエージェント開発に適していた．但し Rittle らの IBIS 原案[Kuntz 1970][Rittle 1988]では，構成要素が Issue, Position, Argument の三つで，Position と Argument をシンプルなノードとして取り扱うことが出来なかった為，開発初期段階ではよりシンプルな Conklin による Dialogue Mapping の手法[Conklin 2005]も応用することにした．Dialogue Mapping における議論の構成要素は，Question, Idea, Pro, および Con の四つであり，各要素の定義は文字通りである．

Dialogue Mapping 手法の応用に際し，Question の定義を単純に疑問文と設定してしまうと，原案である IBIS の課題重点式議論から逸脱してしまうと考え，我々の議論モデルでは，構成要素を Issue, Idea, Pro, Con と設定した．ファシリテータは議論において，これらの要素を図 2 のフローで構成させていくことを意図しながら参加者の意見投稿を促進させるよう努めた．

2.3 アノテーション

(1) アノテーション用議論データ

2.2 にて説明した議論モデルをもとに，我々は D-Agree 上で日本語の議論を行い，アノテーション用議論データを収集した．オープンデータではなくオリジナルデータを作成した理由は，より効率的に理想的な議論モデルに則した議論データを収集するため，および，D-Agree 上でのファシリテータと参加者のインタラクションを含めた議論進行の様子を観察するためである．自動ファシリテーションエージェントのプロトタイプ開発に用いた議論データの詳細は次の通りである：合計議論回数 38 回，タグ付けされた文節の合計数 4,972，平均議論システム開放時間 7.81 時間(15 分～144 時間)，平均議論参加者数 13 名(4～115 名)，平均投稿数 101.8／回(ファシリテータ発言含む) 議論参加者はおもに大学生，ファシリテーションは研究員が行った．議題は，教育，災害対策，環境保全、観光推進等多岐にわたる．

(2) アノテーション方法

今回の 38 回の議論データのアノテーションは，2 名の研究員および 3 名の大学生・大学院生によって行われた．2 名の研究員が，ラベルの定義考察等を含むアノテーション作業の全体管理を行った．アノテーション作業行程は次の通りである：(1)議論データを D-Agree データベースより CSV 形式にダウンロードし，各投稿をスレッド毎に時系列に配置し，Google スプレッドシートへアップロードする．(2)一人目のアノテータが各投稿を読み，議論構成要素に該当する文節を抜き出し，ラベルを付与する．(3)二人目のアノテータが，一人目のアノテーションデータを全て確認し，自身の考えと異なる部分に修正を施す．修正を施した箇所はすべてのアノテータが確認出来るよう文字色を変え，修正を行った理由を記述する．アノテーションデータの均質化と全アノテータの要素判別力を確認するため，2 回のアノテーション作業の内，最低 1 回は研究員によって行われた．

アノテーション作業の全体のフローについては以上であるが，次にアノテーションシート上での作業について実際のアノテーションシート(図 3)を用いて説明する．

(1) ①「投稿意見の原文」欄に記されている文章を読み，議論モデル構成要素が含まれている文節の有無を確認する．
(2) ラベル要素を含む文節が存在する場合，該当する文節を抜き出し，⑤「ラベル付け文節」欄に入力する．同時に該当ラベルを③「ラベル」欄に入力する．尚，一投稿に議論構成要素が含まれない場合は，「N/A」ラベルを付与する．
(3) ラベル付けされた文節に対し，ID を付与する． ID は 100 番台から採番し，時系列に数字を増やしていく．また，アノテーションの効率化のため，スレッドが変わるごとに，100 番台の数字も増やしていく．ID は②「ID」欄に入力する．

(4) 2 番目以降のアノテーションより，各ラベル付けされた文節に対し，関係 ID も付与する．これは各ノードの親子関係も学習用データとして利用するためである．関係 ID は④「関係 ID」欄に入力する．

以上の(1)～(4)が基本的なアノテーション作業のフローである．二人目のアノテータはこれらの情報を確認し，修正を施した際は，⑥「2 回目アノテーション変更点」欄に修正理由等を記す．

(3) ラベルの定義

我々は 38 回分の議論データのアノテーション作業を通じ，最終的に以下の通り，IBIS 概念に基づく我々の議論モデルを構成する要素を定義した．

Issue: 課題を解消するための提案を引き出す質問
Idea: 課題を解消するための提案
Pro: 提案の長所や良い側面
Con: 提案の短所や負の側面

尚，ラベルの種類には上記の議論構成要素以外に以下の 2 つが存在する．

FA: 上記ラベルに該当しないファシリテーションの投稿
N/A: 該当せず

ファシリテーションの投稿が議論構成要素に該当する場合は，議論構成要素ラベルを優先的に付与する．

以上のラベル定義に基づき行ったアノテーションにおいて，アノテータ間一致度は，Fleiss’ κ =0.66 を記録した．

3. 学習用データの有効性

提案手法により作成したアノテーションデータは，自動ファシリテーション機能の一部である議論内発言の要素判別とファシリテーションコメント生成の開発に利用した．その結果，コンピュータによる各要素の判別正解率は Argumentation Mining 分野において十分な精度を達成し [Suzuki 2019]，名古屋市次期総合計画中間案に係る市民意見聴取において使用した HAMAgree システム上で自動ファシリテーションエージェントの実装が実現した．また，自動ファシリテーション機能の評価実験[注 2] を行った際，「この議論においてファシリテーションは必要であったと思うか」とのアンケート質問に対し，5 段階評価で，人間 4.22 に対し，コンピュータ（自動ファシリテータ） 3.63 の平均スコアを記録した．これらの結果より，今回開発された自動ファシリテーションは，ファシリテータとしての役割を果たしたものと考える．つまり，開発に利用した提案アノテーション手法を用いて作成した学習用データは有効性の高いデータであることが示された．

4. まとめ

本研究では，自動ファシリテーションエージェント開発のための学習用データ作成に係り，シンプルかつ現実的に創造的議論を展開していく IBIS 手法を応用した，オンライン議論システム上の議論モデル，およびそのモデルに基づくアノテーション手法を構築した．この提案手法により作成した学習データは自動ファシリテーションエージェントの開発に有効なものであることが示されたが，今後の機能性の向上，および国際的に利用できるシステム開発の為に我々は次の課題を掲げる．(1) ラベルの種類の拡張：より意義のあるファシリテーション発言の生成の為，発言の分類数を増やす必要がある．エージェントによる要素判定率とのバランスを考慮しながら，最大限の議論構成要素のラベルを拡張する． (2) 英語議論データのアノテーション：システムの国際的社会応用を考慮し，早急に英語議論データのアノテーションを行う必要がある．英語議論のアノテーションにあたり，日本語議論のアノテーションとの相違点を明らかにし，議論モデルおよびラベルの定義を明確に行っていく．

注 2 開発した自動ファシリテーションの有効性を確認するために評価実験を行った．被験者平均 21 名を各回 2 グループに分け，人間とコンピュータのファシリテーションによる議論を行った．被験者はすべての議論において，人間とコンピュータのどちらがファシリテーションを行うかの情報は与えられていない．議論は 1 時間×2 回，45 分間×4 回の全 6 回を行い，各議論の終了後にファシリテーションの定性的評価を測る質問を中心としたアンケート調査を行った．また，議論データより，議論における人間とコンピュータのファシリテーションの効果に関する定量的調査も行った．

謝辞

本研究内容は，JST CREST「エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成：代表伊藤孝行」（グラント番号 JPMJCR15E1）に支援を受けている研究の一部である．

参考文献

[Ito 2014] Takayuki Ito, Yuma Imi, Takanori Ito, and Eizo Hideshima: COLLAGREE: A Facilitator-mediated Large-scale Consensus Support System, Collective Intelligence 2014, June 10-12, 2014. MIT Cambridge, USA.

[Ito 2018] Takayuki Ito: Towards Agent-based Large-scale Decision Support System: The Effect of Facilitator, The 51st Hawaii International Conference on System Sciences, Hilton Waikoloa Village, USA, January 3-6, 2018.

[Kuntz 1970] Kunz, Werner and Rittel, Horst W. J. Issues as elements of information systems (Working paper). Berkeley: Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley, July 1970.

[Rittle 1988] Rittel, Horst W. J. and Noble, Douglas E.: Issue-based information systems for design (Working paper), Berkeley: Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley. OCLC 20155825. 492. Retrieved 2017-05-26. Originally presented to the ACADIA '88 Conference, Association for Computer Aided Design in Architecture, University of Michigan, October 1988.

[Conklin 2005] Jeff Conklin: Dialogue Mapping Building Shared Understanding of Wicked Problems, John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA ©2005 ISBN:0470017686

[Yamaguchi 2018] Naoko Yamaguchi, Takayuki Ito, Tomohiro Nishida: A Method for Online Discussion Design and Discussion Data Analysis, The Thirteenth International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS-2018) November 15-17, 2018 Pattaya, Thailand

[Suzuki 2019] Shota Suzuki, Naoko Yamaguchi, Tomohiro Nishida, Ahmed Moustafa, Daichi Shibata, Kai Yoshino, Kentaro Hiraishi, Takayuki Ito: Extraction of Online Discussion Structures for Automated Facilitation Agent, 2019 年度 人工知能学会全国大会 (第 33 回), 2019 年 6 月 4 日(火)～6 月 7 日(金) 新潟県新潟市（朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター）（投稿中）

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

まちづくり団体の主催による合意形成支援システムを用いた議論の検証

Verification of discussions using consensus building support system organized by city development association

西田　智裕[*1] Tomohiro Nishida　伊藤　孝紀[*1] Takanori Ito　芳野　魁[*1] Kai Yoshino　柴田　大地[*1] Daichi Shibata

山口　直子[*1] Naoko Yamaguchi　鈴木　祥太[*1] Shota Suzuki　平石　健太郎[*1] Kentaro Hiraishi　伊藤　孝行[*1] Takayuki Ito

[*1] 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology

We have developed the consensus building support system using web technology and have been conducting verification of social experiment by online discussion with the theme of city development. In the past social experiments, we have organized discussions. However, when disseminating the systems to real society in the future, other organizations/person will organize the online discussions. Therefore, we conduct social experiments that a city development association organize online discussions. We verify the effect and the problem about the social experiments. From this verification, we found that incentives have a major influence on participant behavior.

1. はじめに

筆者らは，2012 年から現在にかけて，web 技術を活用した合意形成支援システム COLLAGREE（以下，支援システム）を開発し，まちづくりをテーマとしたオンライン議論による社会実験の検証をおこなってきた[伊美 15, 伊藤 17, 西田 18]. 伊美らの名古屋市と実施したインターネットタウンミーティング[伊美 15]では，オンライン議論においてファシリテータが重要であることを明らかにした. 伊藤らの愛知県と実施した AICHI デザインリーグ[伊藤 17]では，オンライン議論において，参加者である自治体職員や学生から，高い満足を得られることがわかった. 筆者らの名古屋市青年会議所と実施したまちづくりワークショップ[西田 18]では，対面式とオンライン議論の組み合わせにより，参加者による提案とその満足度を向上させることを明らかにした.

これまでの社会実験では，自治体や非営利団体などと協力して実施してきた. そのため，オンライン議論におけるテーマ設定，ファシリテーション，対面式議論やプレゼンテーションとの連携などについて，筆者らが中心となって主催してきた. しかし，今後に支援システムを実社会へ展開する場合，筆者ら以外の団体や個人がオンライン議論を主催することになる.

そこで本研究では，まちづくり団体の 1 つである公益社団法人名古屋青年会議所（以下 JC 名古屋）の主催による支援システムを用いたオンライン議論の社会実験を実施する. この社会実験における支援システムの効果と課題について検証することを，本研究の目的とする.

2. 合意形成支援システムの概要

本研究で扱った支援システムにおける画面の一部を図 1 に示す. 画面上部に「議論フェイズ」「「投稿欄」参加者からの「投稿」がスレッド形式で時系列に表示される.「投稿」へは「返信投稿」することができる. また，画面右側には議論を支援する「議論ポイント機能」と「キーワード表示機能」が配置されている. さらに，投稿について賛同されている参加者を知るための「賛同ボタン機能」がある. 支援システムに搭載した機能の詳細を表 1 に示す.

図 1　支援システムにおける画面の一部

表 1　支援システムに搭載した機能

システム機能	内容
(1)画像の添付機能	投稿するときに，画像を添付することができる機能.
(2)賛同ボタン機能	投稿されたコメントに対して，賛同を示すことができる機能.
(3)議論ポイント機能	議論の貢献度に応じて参加者がポイントを獲得できる機能. 投稿数や他参加者からの返信コメント数，賛同数によってポイントが得られる. 獲得したポイントのランキングを表示することで，議論の活性化を目指す.
(4)キーワード提示機能	議論中に，頻繁に出現したキーワードを表示する機能.
(5)議論ツリー機能	議論の返信関係をもとに，議論の流れを自動で可視化する機能. 参加者は，議論の全体像や論点が把握でき，議論内容の把握を支援することができる. ファシリテータの利点として，議論構造を共有することで，参加者の認識を統一することができる点がある.
(6)リマインドメール機能	自分の投稿に対する返信があった場合にメールにて通知する機能.
(7)コアタイム機能	設定した時間帯において，議論ポイントを 2 倍獲得できる機能. 参加者が集って議論する時間帯を設定することにより，議論の活性化を目指す.
(8)投資機能	ファシリテータが選んだ投稿について，参加者らが 1000 ポイントを 100 ポイント刻みで投資する機能. 投資結果により投稿の重み付けを可視化し，合意案の決定を支援する.

連絡先：西田智裕，名古屋工業大学コレクティブインテリジェンス研究所，名古屋市昭和区御器所町，052-735-7269，nishida.tomohiro@nitech.ac.jp

図２　コアタイムの表示

図３　ナゴヤ未来会議のホームページ

議論を円滑に進行し，合意形成に向けて深い議論がされるよう調整する役割としてファシリテータが参加する．ファシリテータは，議論に対して中立的な立場を保ちながら議論を進行する．議論は「発散フェイズ」「収束フェイズ」「評価フェイズ」の順に，進めることができる．切り替えは，ファシリテータが議論に毎に判断しておこなう．「発散フェイズ」では，参加者が議論テーマ（以降，テーマ）について幅広く投稿し，様々な可能性について検討する．「収束フェイズ」では，「発散フェイズ」の投稿について検討を重ねて絞り込んでいく．「評価フェイズ」では，これまでの

図４　フォーラムの様子

投稿について，参加者らが 1000 ポイントを 100 ポイント刻みで投資することにより評価し，その結果について議論をおこない，合意案を決定する．

支援システムには，議論の活性化を目的とした「議論ポイント機能」がある．議論ポイントは，投稿，返信投稿，賛同などにより得られる．また「コアタイム機能」もある[Nishida 17]．コアタイムの時間帯は，図 2 に示す告知が画面左上に表示される．コアタイムの時間帯では，「議論ポイント機能」における獲得ポイントを倍増させる．コアタイムはファシリテータにより，任意に設定できる．

3. オンライン議論の概要

JC 名古屋の主催により「ナゴヤ未来会議」という名のホームページを設置して，オンライン議論を開催した（図 3）．このホームページでは，支援システムにおけるテーマの表示や，議論へアクセスする機能の他に，「ナゴヤ未来会議」の趣旨，JC 名古屋の説明などもある．議論期間は，2018 年 3 月 7 日から 7 月 29 日

表２　議論テーマ毎の集計結果

No.	議論テーマ	開始	終了	期間	投稿数		閲覧数		賛同数		閲覧人数		最終フェイズ	投資人数
					出現数	構成比(%)	出現数	構成比(%)	出現数	構成比(%)	出現数	構成比(%)		
1	ナゴヤの「好きなところ」について語ろう	3/7	3/20	14	42	1.5	669	5.4	150	0.9	74	5.7	評価	2
2	小学校の部活廃止ってどう思う	3/8	3/21	14	33	1.2	478	3.8	92	0.5	64	4.9	評価	1
3	子育てを楽しむコツについて語ろう！！	3/22	4/16	26	20	0.7	249	2.0	28	0.2	49	3.8	評価	1
4	久屋大通の再生案募集！	3/23	4/22	31	18	0.6	271	2.2	20	0.1	56	4.3	評価	3
5	憲法って何のためになるの？	3/23	4/22	31	12	0.4	139	1.1	21	0.1	44	3.4	発散	-
6	初めて名古屋にくる外国人に名古屋の魅力を説明することになりました。あなたならどう説明しますか	3/23	4/22	31	18	0.6	172	1.4	15	0.1	50	3.8	発散	-
7	障がい者が住みやすい名古屋って？	3/23	4/14	23	19	0.7	168	1.4	6	0.0	40	3.1	評価	0
8	性的マイノリティの方が住みやすい名古屋って？	3/23	4/14	23	9	0.3	173	1.4	3	0.0	43	3.3	評価	0
9	名古屋の良いところ、悪いところを語ろう！	3/25	4/25	32	25	0.9	236	1.9	17	0.1	65	5.0	発散	-
10	親しい友人に同性愛をカミングアウトされたら受け入れられますか？	4/14	4/26	13	11	0.4	137	1.1	18	0.1	48	3.7	発散	-
11	障がい者に対する必要な配慮と特別扱いの違いは何ですか？	4/14	4/26	13	8	0.3	108	0.9	7	0.0	34	2.6	発散	-
12	スマホを育児に使ってもいい？	4/16	4/30	15	12	0.4	190	1.5	29	0.2	54	4.2	発散	-
13	名古屋城にエレベーターは必要か	4/24	5/24	31	15	0.5	211	1.7	23	0.1	56	4.3	発散	-
14	政治に参画していますか？していないなら、その理由は？？	5/29	6/28	31	31	1.1	298	2.4	90	0.5	52	4.0	発散	-
15	日本は民主主義だと思いますか？あなたにとっての民主主義とは？	6/12	7/11	30	14	0.5	299	2.4	42	0.2	35	2.7	評価	2
16	久屋大通の再開発案、大募集！	6/19	7/18	30	22	0.8	303	2.4	77	0.4	57	4.4	発散	-
17	学校教育でどの様にLGBTを教えるべきでしょうか？	6/25	7/17	23	20	0.7	326	2.6	66	0.4	56	4.3	発散	-
18	男性の仕事と育児の両立、どうしてますか？？？	7/6	7/25	20	7	0.2	99	0.8	16	0.1	33	2.5	発散	-
19	日常生活で憲法を意識することはありますか？	7/6	7/13	8	6	0.2	122	1.0	12	0.1	24	1.8	評価	0
20	（メインホール優先シート争奪）あなたならナゴヤのどんな魅力を発信する？	7/12	7/19	8	1788	62.9	4932	39.7	13084	75.3	145	11.1	評価	27
21	（サブディスカッション優先シート争奪）海外に出る、来訪外国人とお話するなどして「名古屋ってこんないいところがあったんだ」とか「名古屋ってここがダメだ」と思ったことを教えて下さい	7/12	7/19	8	274	9.6	893	7.2	1031	5.9	65	5.0	収束	-
22	ナゴヤにカジノは必要か？	7/17	7/25	9	13	0.5	120	1.0	28	0.2	24	1.8	発散	-
23	（メインホール優先シート争奪、第２弾）知事と市長にどんなまちづくりの課題について議論して欲しいですか？	7/23	7/27	5	365	12.8	1423	11.5	2446	14.1	77	5.9	評価	25
24	外国人の参政権！？	7/24	7/27	4	1	0.0	38	0.3	0	0.0	10	0.8	発散	-
25	（メインディスカッション専用）みんなで創ろうナゴヤの未来！！	7/29	7/29	1	60	2.1	370	3.0	44	0.3	46	3.5	発散	-
合計				474	2843	100	12424	100	17365	100	1301	100		61

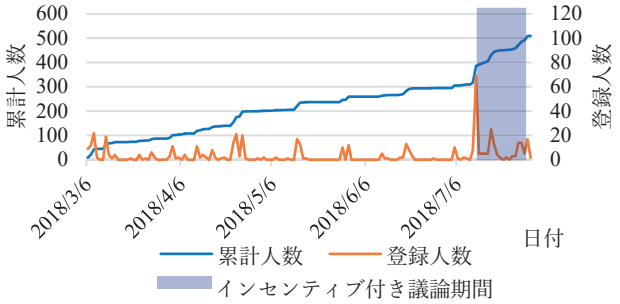


図 5　アカウント登録人数と累計人数

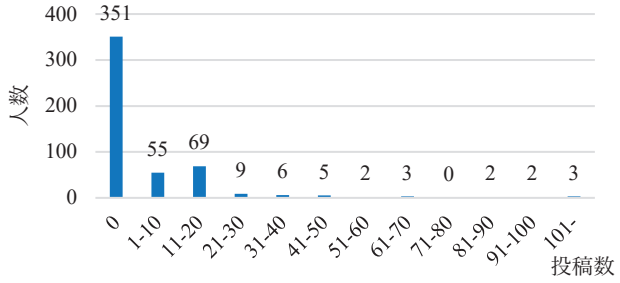


図 6　投稿数毎の登録者分布

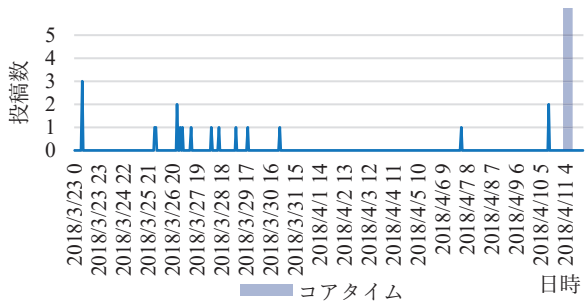


図 7　テーマ 4 における日毎の投稿数分布

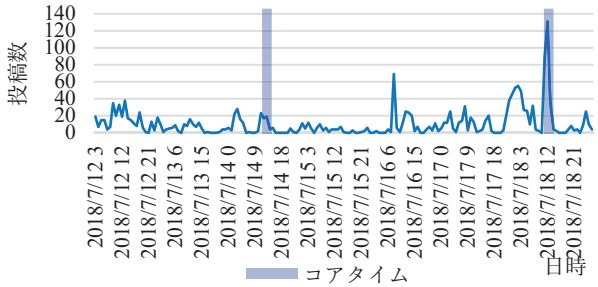


図 8　テーマ 20 における日毎の投稿数分布

と設定した．テーマとして，名古屋市における政治課題など 25 テーマを随時設定した（表 2）．議論へは，アカウント登録による自由参加方式とした．また，議論へは途中からの参加も可能にした．アカウント未登録の人でも議論を閲覧できるように，6 月 12 日よりホームページへ閲覧専用の支援システムと同様の議論画面を設置した．コアタイム機能はテーマ 4，20 において設定した．インセンティブとして，テーマ 20，21，23 では，ポイント上位 2,3 名を，7 月 29 日に JC 名古屋により開催されるフォーラム（図 4）の前 2 列目に招待するインセンティブを設定した．このフォーラムでは，著名な男性・女性のアイドルグループ 6 名と司会者 1 名，名古屋市長，愛知県知事などが出席し，名古屋の政治課題についてパネルディスカッションをおこなった．パネルディスカッションの際，会場からの意見をテーマ 25 において募集し，ディスカッションに用いた．これらテーマ，コアタイム，インセンティブの設定とファシリテーション，フォーラムの実施は，全て JC 名古屋がおこなった．支援システムへのアカウント登録人数は 510 人，議論への投稿数は 2,843 件，閲覧数は 12,424 件であった．

4.　分析

JC 名古屋の主催によるオンライン議論について明らかにするために，支援システムの議論ログを分析する．

4.1　テーマ毎における投稿数と閲覧数

テーマ毎における開始，終了，期間，投稿数，閲覧数，賛同数，閲覧人数，最終フェイズ，投資人数の集計結果を表 2 に示す．

表 2 より，「投稿数」の構成比は，テーマ 20 が 62.9%と最も高く，次いでテーマ 23 が 12.8%，テーマ 21 が 9.6%である．これら以外のテーマは 1.5%以下である．また，「賛同数」構成比は，テーマ 20 が 75.3%と最も高く，次いでテーマ 23 が 14.1%，テーマ 21 が 5.9%である．これら以外のテーマは 0.9%以下である．一方，投稿と賛同からは，議論ポイントが得られる．これらより，今回設定されたインセンティブにより，数多く投稿や賛同したため「投稿数」が多くなったとわかった．

表 2 より，「閲覧数」の構成比は，テーマ 20 が 39.7%と最も高く，次いでテーマ 23 が 11.5%，テーマ 21 が 7.2%である．これら以外のテーマは 5.4%以下である．また，閲覧からは，議論ポイントが得られない．これらより，今回設定されたインセンティブにより，数多く閲覧したため「閲覧数」が多くなるとわかった．しかし，閲覧から議論ポイントが得られないため，最大でも 39.7%の構成比となったといえる．

表 2 より，「閲覧人数」の構成比は，テーマ 20 が 11.1%と最も高く，次いでテーマ 23 が 5.9%，テーマ 1 が 5.7%である．これより，今回設定されたインセンティブは，閲覧者をやや増やすことがわかった．

以上より，今回設定されたインセンティブは，議論への閲覧人数をやや増やすと共に，1 人当たりの「投稿数」と「賛同数」を大きく増やすことが明らかとなった．

4.2　アカウント登録人数

支援システムへアカウント登録人数と，その累計人数を図 5 に示す．

図 5 より，「累計人数」の 3 月 7 日議論開始日から 7 月 11 日インセンティブ付き議論期間までの 128 日間で 310 人，それ以降 7 月 12 日から最終日までの 18 日間で 510 人となった．すなわち，登録人数は開始から 128 日間は 2.4 人/日であり，その後から 18 日間は 11.1 人/日となる．これより，インセンティブ付き議論の開催が，1 日当たりの登録人数を 4.6 倍にしたことが明らかとなった．

図 5 より，「登録人数」におけるインセンティブ付き議論期間の開始日が 69 人と最も多く，次いで議論開始日が 22 人である．これは，インセンティブについて，事前や当日の告知などが要因となったと推察される．

以上より，インセンティブ付き議論期間により，アカウント登録人数を増やす効果があると明らかになった．また，インセンティブ付き議論期間の開始日において，その効果が最も高いことも明らかとなった．

4.3　投稿数毎の参加者分布

支援システムにおける投稿数毎の登録者分布を図 6 に示す．

図 6 より，投稿数が 0 回の登録者が 351 人，構成比 69.2%と最も多い．また，投稿数が 1-10 回の登録者が 55 人，構成比

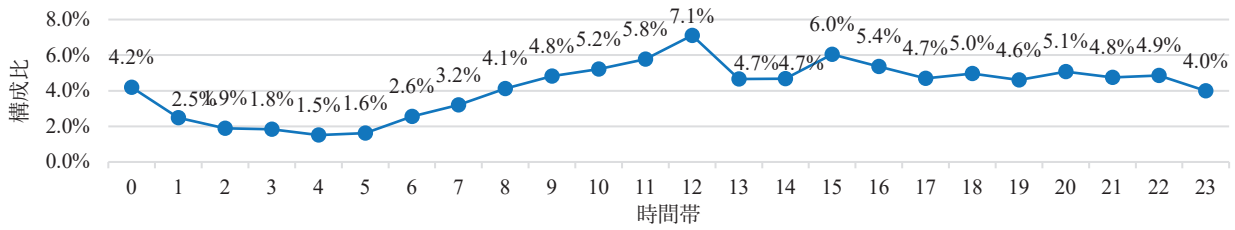


図 9　時間帯毎のホームページアクセス数　（N=9, 583　30 分以内の複数アクセスは 1 回とカウント）

10.8%，投稿数が 11-20 回の登録者が 69 人，構成比 13.5%，投稿数が 21 回以上の登録者が 32 人，構成比 6.3%である．

投稿数が 51 回以上の登録者が 12 人，構成比 2.4%であった．インセンティブの対象者は合計 7 名であったことから，51 回を超える登録者らにより，競い合っていたと推察される．

以上より，登録者の 30.8%が議論へ投稿し，19.9%程度が 11 回以上の投稿していることが明らかとなった．また，インセンティブにより，投稿数が 51 回以上と非常に多くなる競い合いが起きるとわかった．

4.4 コアタイムと投稿数

コアタイムを実施したテーマ 4 とテーマ 20 の日毎の投稿数分布を図 7 と 8 に示す．

図 7 より，テーマ 4 のコアタイムは 4 月 11 日 8-15 時に設定され，その日時の投稿数は 0 件である．これより，テーマ 4 においてコアタイムは効果がないとわかった．

図 8 より，テーマ 20 の 1 回目のコアタイムは 7 月 14 日 11-14 時に設定され，その日時の投稿数は 59 件である．2 回目のコアタイムは 7 月 18 日 11-14 時に設定され，その投稿数は 254 件である．また，2 回目のコアタイムは，前日から日時が支援システム上に実施予告が表示されていた．これより，コアタイムは前日からの実施予告がある場合と，ない場合より投稿数を 4.3 倍に増えることがわかった．

以上より，コアタイムはインセンティブ付きのテーマであり，かつ事前に告知することにより，投稿数を 4.3 倍に増やす効果があった．

4.5 時間帯毎のホームページアクセス数

ホームページの 5 月 15 日から 8 月 31 日までの期間における時間帯毎のアクセス数を図 9 に示す．

図 9 より，12 時台が 7.1%と最も高い．23 時台，0-8 時台は，全ての時間帯が均等のアクセス数だった場合の期待値 4.2%以下の 1.5%-4.2%である．9-11 時台，13-22 時代は，4.2%以上の 4.6%-6.0%である．

以上より，ホームページへのアクセスは，正午を最大として 9-22 時に多くあることが明らかとなった．

5. まとめ

本研究で得られた知見を，以下にまとめる．

(1) アイドルなどが参加するフォーラムの前 2 列目に招待するインセンティブは，議論への参加者をやや増やすと共に，1 人当たりの「投稿数」と「賛同数」を大きく増やすことが明らかとなった．

(2) インセンティブ付き議論期間により，アカウント登録者数を増やす効果があると明らかになった．また，インセンティブ付き議論期間の開始日において，その効果が最も高いことも明らかとなった．

(3) 登録者の 3 割程度が議論へ投稿し，2 割程度が 11 回以上の投稿していることが明らかとなった．また，インセンティブにより，投稿数が 51 回以上と非常に多くなる競い合いが起きるとわかった．

(4) コアタイムはインセンティブ付きのテーマであり，かつ事前に告知することにより，投稿数を 4.3 倍に増やす効果があった．

(5) ホームページへのアクセスは，正午を最大として 9-22 時に多くあることが明らかとなった．

今後の課題として，適切なインセンティブについて明らかにすることがあげられる．

将来の展望として，オンライン議論の主催を筆者ら以外の団体や個人が容易におこなうことができるように，自動ファシリテーションエージェントの開発が求められる．

謝辞　本研究の一部は科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業（CREST:JPMJCR15E1）の援助を受けて実施したものである．

参考文献

[伊美 15]　伊美 裕麻, 伊藤 孝行, 伊藤 孝紀, 秀島 栄三:オンラインファシリテーション支援機構に基づく大規模意見集約システム COLLAGREE, 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 10, 2015

[伊藤 17]　伊藤孝紀, 深町駿平, 杉山弓香, 西田智裕, 秀島栄三, 伊藤孝行: 合意形成支援システムを利用した域学連携手法の有効性, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 82, No. 742, pp. 3169-3179, 2017

[西田 18]　西田智裕, 伊藤孝紀, 福島大地, 仙石晃久, 伊藤孝行: ワークショップにおける対面式と非対面式を組合せた手法の検証- まちづくりの社会実験を事例として-, デザイン学研究, Vol. 64, No. 4, 2018

[伊美 15]　伊美 裕麻, 佐藤 元紀, 伊藤 孝行, 伊藤 孝紀, 秀島 栄三: 大規模意見集約システム COLLAGREE における議論インセンティブ機構の試作と愛知県での自治体課題共有実験, 情報処理学会研究報告知能システム（ICS-179）, Vol. 11, pp. 1-8, 2015

[Nishida 17]　Tomohiro Nishdia, Takayuki Ito, Takanori Ito, Eizo Hideshima, Shunpei Fukamachi, Akihisa Sengoku, Yumika Sugiyama: Core Time Mechanism for Managing Large-Scale Internet-based Discussions on COLLAGREE, In the Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Agents, pp.46-49, 2017

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

発話権取引モバイルアプリケーションを用いたディスカッション場の分析

Analysis of Discussions with Dealing Rights to Speak Mobile Application

益井　博史 *1　　大島　崇弘 *1　　谷口　忠大 *1
Masui Hirofumi　　Oshima Takahiro　　Taniguchi Tadahiro

*1立命館大学
Ritsumeikan University

This paper introduces Dealing Rights to Speak to solve the problem of speech volume imbalance arising in discussions by using a mobile application and analyzing its influence on participants. We propose to use the Dealing Rights to Speak mobile application to expand the applicable discussion scale. During experiments, we changed the number of participants and conducted a questionnaire survey on them concerning the content and progress of the discussions, bias in speech volume, respectively. We found that the participants think that the progression of the discussion remains unchanged using Dealing Rights to Speak even when the number of speakers ranges from 4 to 16.

1.　はじめに

日常生活において，会議のようなフォーマルなものから相談や意見交換といったものまで，多様なディスカッションが行われる．それらのディスカッション場では，一部の参加者に発言量が偏ってしまったり，司会進行役のスキル次第でディスカッションが有意義なものにならなかったりするなどの問題が生じる場合がある．本稿では，ディスカッション場における問題を改善するために提案された発話権取引 [古賀 14] を，モバイルアプリケーションを用いて導入し，場にどのような影響を与えるかを検証することで，発話権取引を大規模なディスカッションに適用する可能性を検討する．モバイルアプリケーションを用いることで，これまで物理的制限により数人のディスカッションにしか使用できなかった発話権取引というメカニズムが，大規模の人数による話し合いの場でも活用可能になる可能性がある．発話権取引が適用可能な範囲を把握することで，より広範囲のディスカッション場の問題を適切に解決することが可能になると考えられる．

ディスカッション場において，発言量の偏りや発言力の大きさを左右するのは，そのコミュニティ内の相対的な地位や年齢，声の大きさ，ディスカッションの習熟度など，ディスカッションの内容や発言内容に直接関係のないパラメータによるものが大きいことが指摘されている [亀田 97]．意思決定や共通見解の作成などを行うディスカッションの場では，他の参加者を論破して議論に勝つことを重視すべきではなく，コミュニティ内の立場やパーソナリティに寄らず参加者全員がディスカッションに積極的に関わり，様々な意見や知識を表出させることが重要とされている [茂木 05, 永井 14]．さらに，司会進行役や中心となる人物には熟練した進行スキルが必要とされ，そのような人物を育成し維持するためには多くのコストを払う必要がある [高城 05]．そのため，参加者の発言量の偏りを緩和し，司会進行役のスキルに依存しない仕組み作りが必要である．

前述の問題を克服するための手法として，会議状況の可視化というアプローチが数多く試みられている [Bergstorm 07, Bergstorm 07, Bachour 08, 原田 13, 松村 03]．しかし，発言量・内容を可視化する方法の場合，参加者が会議の質を判断するための予備知識を持っていないときには効果が見られないことが指摘されている [Bergstorm 07]．また，フォーマルな会議などではなく，気軽な話し合いの場を改善するためには，大きなコストをかけられないため，その仕組みは容易に導入できるものであることも重要である．

コミュニケーションするための空間作りや，ファシリテータの熟練を目指すのではなく，発言量などの制度設計に着目してコミュニケーションにおける問題を改善しようとするアプローチを，コミュニケーション場のメカニズムデザインと呼ぶ [谷口 11]．本稿で導入する発話権取引は，そのメカニズムの一例である．発話権取引がコミュニケーション場に及ぼす影響を定量的に把握し，活用できる条件を調査することは，その他のコミュニケーション場のメカニズムをデザインしようとする際にも重要な知見になると考えられる．

2.　発話権取引

年長者や立場の強い者が過剰に発話時間をしてしまうというといった，発話の不均衡という課題を解決するために考案されたコミュニケーション場のメカニズムとして，古賀らが提案する発話権取引がある．発話権取引の流れを以下に示す [古賀 14]．

1. 全員に発話権を配る．
2. 一枚ずつ発話権を使用し，発言を行う，もしくは他の人に渡す．
3. 2．を繰り返した後に，全ての発話権が使用されれば終了する．

発話権取引の手順図を図 1 に示す．

発話権取引では，参加者に事前に発話権を分配することで，話し合いの場における発言時間の設定を行う．参加者は，その発話権を使用することで一定時間，発言することができる．また，他の参加者に発話権を譲渡することもできる．発話時間がまだ残っているときに，話が終わればその時点で発話時間を終了させることが可能である．参加者はこれら三つの行動から自由に選択することができる．

連絡先: 益井博史，立命館大学情報理工学部，滋賀県草津市野路東 1-1-1，masui.hirofumi@em.ci.ritsumei.ac.jp

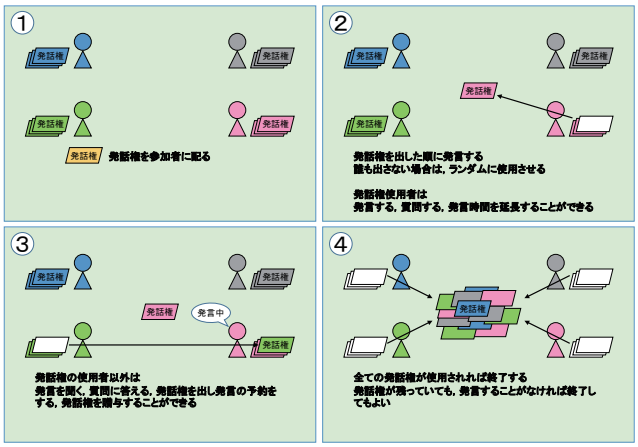


図 1: 発話権取引の流れ [古賀 14]

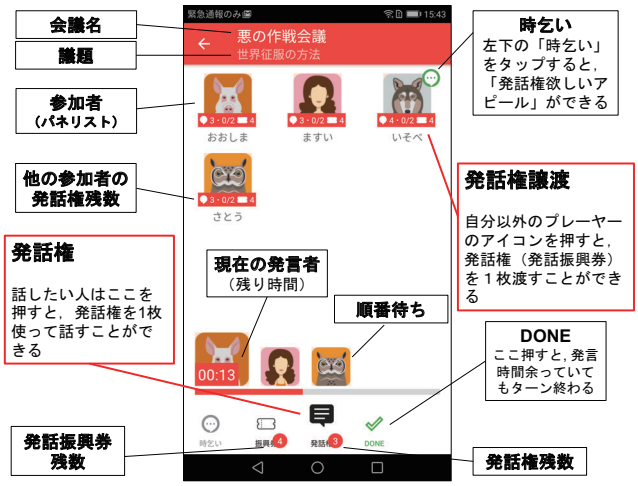


図 2: モバイルアプリケーションの操作画面

発話権取引を導入することで，発言時間が均等化されるように補正されるだけでなく，話し合いの中から司会者の役割をする時間がなくなり，自分の意見や理由を表明する内容の発言の割合が増加することが示されている [古賀 14].

3. モバイルアプリケーション

発話権取引を多人数のディスカッション場に導入しようとすると，カードを準備したり，発話権の譲渡が物理的に難しくなりカードの管理係やタイマー管理係が必要になったりするといったように，実施のためのコストが大きくなる．そこで，モバイルアプリケーション *1 を支援ツールとして用いた．モバイルアプリケーションの操作画面を図 2 に示す．このモバイルアプリケーションを参加者全員が使うことにより，発話権の使用や譲渡，時間管理などを手元の端末の操作のみで行うことが可能になる．

*1 『知』の循環と拡張を加速する対話空間のメカニズムデザイン（JST 未来社会創造事業）ホームページからダウンロードすることができる（アプリケーション名：Trading Hatsuwa）．http://taiwa-kukan.tanichu.com

表 1: 実験条件

実施項目	条件
4 人発話権取引	発話権：4 枚（30 秒/枚）
16 人発話権取引	発話権：2 枚（30 秒/枚）
4 人フリーディスカッション	8 分間 制約なし
16 人フリーディスカッション	16 分間 制約なし

4. 実験

4.1 実験目的

本実験では，発話権取引とフリーディスカッションを参加者のアンケート調査から比較することによって，発話権取引がディスカッションの場においてどのような影響を及ぼすのかを検証する．さらに，発話権取引の影響の程度は人数に応じてどのように変化するのかを検証する．

4.2 実験条件

16 人の被験者を 4 人 4 組に分けた場合と 16 人 1 組にした場合とで，発話権取引とフリーディスカッションをそれぞれ実施した．また，順序効果の影響を排除するため，16 人の被験者グループを 2 組準備し，一方のグループは，(1) 4 人発話権取引，(2) 16 人発話権取引，(3) 16 人フリーディスカッション，(4) 4 人フリーディスカッションの順で実施し，もう一方のグループは逆順で実施した．また，モバイルアプリケーションの習熟度による差を排除するため，実験の前に被験者が練習する時間を設けた．ディスカッションのテーマは被験者から事前に募り，当日に挙手投票によって人気順を決め，最多票のものから実施順に割り当てた．各ディスカッションの条件を表 1 にまとめる．

ディスカッション後，被験者は各ディスカッションに関するアンケートに無記名で回答した．質問項目は次の通りである．

- 議論の内容に関する質問

(1) 議論が論理的だったと思いますか？
(2) 議論が建設的だったと思いますか？
(8) 多様な意見が出たと思いますか？

- 議論の進行に関する質問

(3) 議論の時間を有効活用できたと思いますか？
(4) テンポの良い議論ができたと思いますか？
(7) 議論の進行がスムーズだったと思いますか？

- 発言量の偏りに関する質問

(5) 自分の意見を十分に話すことができたと思いますか？
(6) みんなの意見を十分に聞くことができたと思いますか？

アンケートの回答方法はリッカートの 5 段階尺度を用いて，以下の選択肢から 1 つを選ぶ形式を採った．

1. 非常にそう思わない
2. どちらかというとそう思わない

表 2: アンケート結果計 32 件の平均値.

質問	4 人 発話権	16 人 発話権	4 人 フリー	16 人 フリー
(1)	3.91	3.16	3.68	3.25
(2)	3.91	3.06	3.71	3.56
(3)	3.74	3.28	3.53	2.22
(4)	3.97	3.19	3.50	2.25
(5)	4.22	3.34	3.94	3.00
(6)	4.19	3.78	3.97	3.44
(7)	4.19	3.25	3.56	2.34
(8)	3.97	3.88	3.72	3.69

表 3: 分散分析 F 値.

質問	F 値	有意差
(1)	**5.63**	あり
(2)	**4.87**	あり
(3)	**13.57**	あり
(4)	**17.16**	あり
(5)	**8.19**	あり
(6)	**3.42**	あり
(7)	**20.52**	あり
(8)	0.70	なし

3. どちらともいえない
4. どちらかというとそう思う
5. 非常にそう思う

4.3 実験結果

被験者全員からアンケートの回答を得て，計 32 件となった．得られた回答を間隔尺度データと見なした場合の，各質問への回答の平均値を算出した．結果を表 2 に示す．その他回答結果の詳細については口頭発表にて報告する．

4.4 検定

ディスカッションの 4 つの条件が回答結果に影響を及ぼしているかを知るために，各質問に対し分散分析を行った．有意水準 5%での帰無仮説の棄却域は F >2.68 であり，質問 (8) 以外の全ての質問で有意差が見られた．結果を表 3 に示す．

また，各質問において，(1) 4 人同士，(2) 16 人同士，(3) 発話権取引同士，(4) フリーディスカッション同士を比較するため，順序尺度データを検定するノンパラメトリック手法である U 検定を行った．アンケートの回答方法の順序尺度に対して，U 検定を用いた．有意水準 5%としたが，4 群の多重比較のため，ボンフェローニ法により p 値が $0.05/6=8.33\times10^{-3}$ 未満の場合に有意差ありと判断した．結果を表 4 に示す．

さらに，U 検定と併用して、回答結果を間隔尺度と見なした場合に使用するパラメトリック手法の t 検定を行った．有意水準 5%としたが，U 検定と同じく，4 群の多重比較のため，ボンフェローニ法により p 値が $0.05/6=8.33\times10^{-3}$未満の場合に有意差ありと判断した．結果を表 5 に示す．

表 4: 質問ごとに比較した，U 検定の p 値．p $<8.33\times10^{-3}$で，有意差ありと判断した項目を太字で示す．

質問	4 人同士	16 人同士	発話権同士	フリー同士
(1)	0.166	0.727	$\mathbf{4.65\times10^{-4}}$	0.065
(2)	0.242	0.052	$\mathbf{6.41\times10^{-4}}$	0.674
(3)	0.411	$\mathbf{2.75\times10^{-4}}$	0.143	$\mathbf{5.54\times10^{-6}}$
(4)	0.032	$\mathbf{4.35\times10^{-4}}$	$\mathbf{4.87\times10^{-3}}$	$\mathbf{2.30\times10^{-6}}$
(5)	0.121	0.344	$\mathbf{1.20\times10^{-3}}$	$\mathbf{3.84\times10^{-3}}$
(6)	0.130	0.239	0.065	0.078
(7)	$\mathbf{7.05\times10^{-3}}$	$\mathbf{1.16\times10^{-3}}$	$\mathbf{4.12\times10^{-4}}$	$\mathbf{1.50\times10^{-5}}$
(8)	0.318	0.199	0.940	0.698

表 5: 質問ごとに比較した，t 検定の p 値．p $<8.33\times10^{-3}$で，有意差ありと判断した項目を太字で示す．

質問	4 人同士	16 人同士	発話権同士	フリー同士
(1)	0.225	0.690	$\mathbf{6.42\times10^{-4}}$	0.052
(2)	0.345	0.053	$\mathbf{6.51\times10^{-4}}$	0.521
(3)	0.417	$\mathbf{1.52\times10^{-4}}$	0.107	$\mathbf{6.63\times10^{-7}}$
(4)	0.059	$\mathbf{4.65\times10^{-4}}$	$\mathbf{6.37\times10^{-3}}$	$\mathbf{2.49\times10^{-7}}$
(5)	0.230	0.272	$\mathbf{1.30\times10^{-3}}$	$\mathbf{1.90\times10^{-3}}$
(6)	0.302	0.211	0.099	0.034
(7)	$\mathbf{6.49\times10^{-3}}$	$\mathbf{7.84\times10^{-4}}$	$\mathbf{2.40\times10^{-4}}$	$\mathbf{3.71\times10^{-6}}$
(8)	0.258	0.418	0.679	0.889

5. 考察

質問 (1)，質問 (2)，質問 (8) は，議論の内容に関する質問だった．質問 (1)，(2) に関しては，U 検定，t 検定どちらも人数によって比較した部分にのみ有意差が見られ，t 検定によるとどちらの質問でも 16 人の時の方が 4 人の場合より有意に低くなった．このことから，被験者は発話権取引，フリーディスカッションともに 4 人で実施した時の方が 16 人の時よりも議論内容が論理的・建設的であると感じたと言える．これは，ディスカッション場においては一度に一人しか発話できないため，人数が増えると発話の機会が減ってしまうことが原因だと考えられる．質問 (8) に関しては，4 種類のどこを比較しても有意差は見られなかった．これは，多様な意見が出たと感じるかどうかは，主に人数に対してどの程度のディスカッション時間が設けられているのかに依存するためであると考えられる．

質問 (3)，質問 (4)，質問 (7) は，議論の進行に関する質問だった．質問 (3) に関して，表 2，表 4，表 5 から，フリーディスカッションでは人数が増えることで被験者の回答の値が有意に下がる一方，発話権取引では，有意差が見られないことがわかる．このことから，フリーディスカッションでは人数が増加すると議論の時間を有効活用できたと感じるかについて評価が下がる一方，発話権取引ではその程度が減少されていると考えられる．また，質問 (7) の結果から，被験者が 4 人グループ，16 人グループどちらの場合でも，発話権取引の方がフリーディスカッションより，スムーズな議論ができたと感じていることがわかる．

質問 (5)，質問 (6) は発言量の偏りに関する質問だった．人数に関して比較した場合に有意差が生じるケースはあったが，どちらの人数においても発話権取引とフリーディスカッションとの間に有意差は見られなかった．これは，発話権取引はフリーディスカッションと比べ，発言量に関して被験者全体の満足度を上げてはいないことを意味している．ただし，発話権取引を導入することで，フリーディスカッションにおいて多く話す被験者にとっては話し足りなく感じ，あまり話さない被験者

にとっては多く話せたと感じたこと，つまり発言量の均一化が起こったことで，回答結果が打ち消しあっている可能性が考えられる．今回の実験では無記名での回答としたため，被験者ごとの結果を検証することは不可能だが，今後フリーディスカッションでの発言量と発話権取引での発言量を比較して検証したい．

モバイルアプリケーションを用いることで，発話権取引を大規模なディスカッションにも適用できるかを検証するために本実験を実施した．今回の結果からは，議論の時間を有効に使えたか，という問いに対して，発話権取引では参加人数が 4 人から 16 人になっても，フリーディスカッションほど満足度が下がらないことがわかった．ただし，議論が論理的・建設的だと感じたかという問いに関しては，16 人になった時に発話権取引の満足度はフリーディスカッションよりも下がることもわかった．

考察についても，口頭発表にて詳細を報告する．

6. まとめ

本稿では，ディスカッション場において，モバイルアプリケーションを用いた発話権取引が与える影響を，参加者へのアンケート調査から検証した．その結果，発話権取引が議論内容や発言量の偏りに与える影響を見出すことはできなかったが，議論の進行のスムーズさや，議論の時間を有効活用できたかについて，被験者はフリーディスカッションに比べ良い影響を感じていることがわかった．また，発話権取引がディスカッション場に与える影響をさらに知るためには，各被験者の発話量などの変化を客観的に検証する必要があると考えられ，今後の課題としたい．

発話権取引は，ディスカッション場が持つ問題を解決するために提案されたコミュニケーション場のメカニズムである．発話権取引が，どのような条件で適切に機能するのかを把握することは，他のコミュニケーション場のメカニズムを設計する際の重要な示唆になると考えられる．モバイルアプリケーションの活用によって発話権取引の適用範囲が広がれば，それだけ多くのコミュニケーション場の問題を解決できる機会が増える．ファシリテーションの熟練なく誰でも活用できるメカニズムは，社会の隅々にあるコミュニケーション場が持つ問題を改善できる可能性があり，本稿はその一助となるものと考える．

謝辞

本研究は（一部）、JST 未来社会創造事業 JPMJMI17C7 の支援を受けたものである．

参考文献

[古賀 14] 古賀裕之, and 谷口忠大， 発話権取引: 話し合いの場における時間配分のメカニズムデザイン, 日本経営工学会論文誌 65.3, 144-156, 2014.

[亀田 97] 亀田達也, 合議の知を求めて　グループの意思決定, 共立出版, 1997.

[茂木 05] 茂木秀昭, 身に着けるディベートの技術, 中経出版, 2005.

[永井 14] Junnosuke Nagai and Takaaki Murai and Kazushi Nishimoto, A Conference Support System Following the Monetary System, IEICE Technical Report 113(462), pp.23-28, 2014.

[高城 05] 高城幸司, その場で話しをまとめる技術, 港北出版印刷株式会社, 05

[Bergstorm 07] T. Bergstorm and K. Kalahalios, System Science(HICSS), pp.78, 2007.

[Bergstorm 07] T. Bergstorm and K. Karahalios, Visualizing co-located conversation feedback, IEEE TableTop, 2007.

[谷口 11] 谷口忠大, and 須藤秀紹， コミュニケーションのメカニズムデザイン: ビブリオバトルと発話権取引を事例として, システム/制御/情報 55.8 ，339-344，2011.

[Bachour 08] Bachour and Khaled and Kaplan and Frederic and Dillenbourg, An Interactive Table for Regulating Face-to-Face Collaborative Learning, Third European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2008, Maastricht, The Netherlands, pp.16-19, 2008.

[原田 13] 原田陽雄 and 米山博人 and 下谷啓 and 藤居徹 and 西野洋平 and 飯田靖, コミュニケーション可視化技術「Voistrap」, 富士ゼロックステクニカルレポート，No.22, 2013.

[松村 03] 松村真宏 and 加藤優 and 大澤幸生 and 石塚満, 議論構造の可視化による論点の発見と理解, 知能と情報：日本知能情報ファジィ学会誌, vol.15, No.5, pp.554-564, 2003.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

Filtering of Impertinent Remarks using distributed expression

Kentaro Hiraishi Daichi Shibata Tomohiro Nishida Naoko Yamaguchi

Shota Suzuki Kai Yoshino Ahmed Moustafa Takayuki Ito

Nagoya Institute of Technology

This paper proposes a filtering method, using supervised learning with distributed representation of posted documents and vectors as features. In recent years, online discussion platforms have witnessed a great popularity. However, there here are many harmful contents such as unrelated spam in these discussion platforms, and violent remarks that insult and discriminate against opponents. As result, it becomes necessary to build a discussion platform that allows online users to participate safely by removing inappropriate remarks. To remove inappropriate remarks, understanding and classifying the meanings of documents is needed. Toward this end, we adopt doc2vec and ELMo to word embedding documents. In addition, we constructed a vectorized document by using document similarity calculation and deep neural networks (DNN). The experimental results show that the proposed method is able to classify with higher accuracy.

1. Introduction

Recently, a communication tool allowing users to freely read and write such as bulletin board system and social networking services (SNS) has been developed very much on the web, and everyone can transmit every kind of information on the web. It can be obtained. As a result of on these sites, remarks that disapprove users browsing users such as dating system slandering contents, sexual contents, or speech that encourages crime are scattered, and these contents it is that negative effects are given to minors. And, it is a problem that users who deliver adverse affected contents and users of minors contact each other over the Web, and as a result of recent SNS growth, it is steadily growing. Therefore, it is important to discriminate and remove harmful contents on SNS and Web so as not to adversely affect users of minors.

In recent years, researches on learning meaning vectors of words from large-scale corpus have been actively conducted. In this paper as well, a document is represented by a semantic vector of words contained in the document, and a vector is taken as the feature of the document. We construct information filter using supervised learning, perform evaluation experiment and confirm the effectiveness of this method by showing high F-measure.

2. Related Research

Bayesian filtering is a technique used for spam filtering. We learn how a word characteristically appears in spam or non-spam, and perform filtering by calculating the proportion of characteristic words contained in the mail.

In Japanese, Ando et al. [Ando 2010] propose harmful document determination using word collocation information. Prepare a cooccurrence dictionary and calculate harmfulness based on the number of co-occurrence in the positive example and the number of co-occurrence in the negative example.

Otsuka et al. [Otsuka 2014] propose filtering by making the data of the cooccurrence dictionary very large. But as a problem, the execution time takes quite a lot of time.

Doctor of Information Science, Nagoya Institute of Technology
Gokiso, Showa, Nagoya, Aichi 466-8555, Japan
E-mail: hiraishi.kentaro@itolab.nitech.ac.jp

Sato et al. [Sato 2014] propose filtering using Paragraph Vector and multilayer perceptron. Sato et al. extend Paragraph Vector and predict surrounding words from document vectors and words as input.

3. Building Filters

3.1 Existing Research

・Long Short-Term Memory (LSTM)

Long Short-Term Memory (LSTM) network is one kind of Recurrent Neural Network (RNN) that can learn long-term dependency relationship. RNN has a loop in the intermediate layer in order to retain the storage of input data. Therefore, the neural net can use the previous data as a judgment material. Since the middle layer can deal with the dependence of the data one level before, naturally, when dealing with the previous data, it should be able to deal with the dependency with the first data, but actually It is a problem such as learning can't be done well, there have never been used so much.

LSTM specializes in extending RNN and dealing with previous information.

The choice of information at each gate is made by sigmoid function. LSTM usually learns dependence relationship in forward or forward order, but in this research Bi-LSTM which can learn bi-directionally is used.

・Gated Recurrent Unit (GRU)

Gated Recurrent Unit (GRU) is a model that makes LSTM a bit simpler. By introducing forgetting/updating gates like LSTM, it is possible to generate a shortcut path that bypasses the time steps to write, making it easier to maintain the memory of features of events before a long step.

・doc2vec

Paragraph Vector [Le 2014], also known as doc2vec, is a vector expression method of documents proposed by Le et al. There are two models, Distributed Memory Model of Paragraph Vectors (PV-DM) and Distributed Bag of Words version of Paragraph Vector (PV-DBOW). In PV-DM, words are predicted from words and document vectors in documents. Fig1 is a schematic diagram of PV-DM

In PV-DBOW, predicting words from document vectors. Fig 2 is a schematic diagram of PV-DBOW

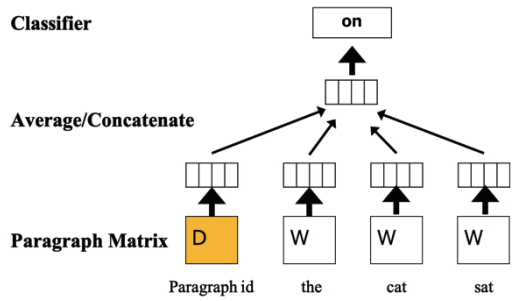


Fig 1: PV-DM

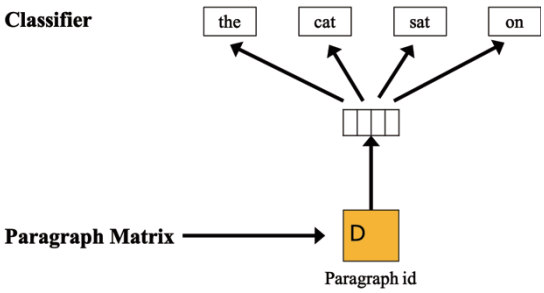


Fig 2:PV-DBOW

3.2 Morphological analysis

In this research, MeCab [Kudo 2004] is used as a morphological analysis engine. In order to vectorize documents in Japanese it is necessary to input to dov2vec etc. for each morpheme.

3.3 Filtering with ELMo and Bi-GRU and Bi-LSTM

In this method, ELMo is used to vectorize each morpheme. ELMo [Matthew 2018] developed by Matthew et al. is a method to acquire a word expression method considering the context by preliminary learning. This method is realized by acquiring the bidirectional language model (biLM) using a large corpus.

Then build and classify a neural network from the vectorized document. We used Bi-LSTM and Bi-GRU

As indicated in Fig3, Morphologically analyze sentences using MeCab and convert each morpheme into distributed representation with ELMo. Pass each output of the output layer as an input to the layer of LSTM or GRU in order after conversion. Softmax is used as the activation function of the output layer, and the probability of each class can be obtained by this.

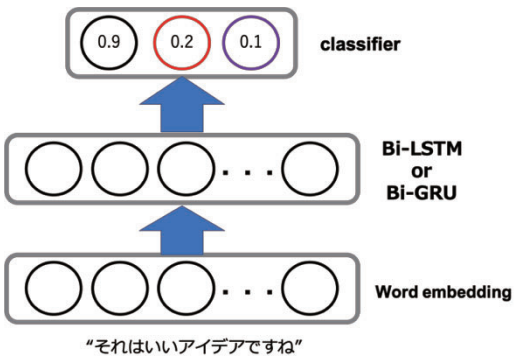


Fig 3: Bi-LSTM and Bi-GRU

3.4 Filtering based on document similarity

We propose classification method using cosine similarity. It is necessary to vectorize documents to compute sentence similarity. We use doc2vec to vectorize documents.

The values of each dimension vectorized by doc2vec have an abstract meaning. Therefore, similar sentences can be thought of as having vectors of close angles. We learned sentences of each class and generated feature vectors.

In this method, filtering is performed using doc2vec and cosine similarity. A labeled and vectorized document is used as input to generate a representative vector. We classify newly posted sentences with feature vectors of each class as follows.

$$\arg\max_{c\in C} cos(\vec{q},\vec{d_c}) = \frac{\sum_{i=1}^{|V|} q_i^2 d_{c_i}^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} q_i^2}\cdot\sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} d_{c_i}^2}}$$

Where, C is the whole class, c is the classification class, d_c is the representative vector of each class, and q is the vector representation of the newly posted document. The similarities calculated for each class are compared and classified into the class with the highest value.

In addition, we propose classification by ensemble in order to increase accuracy. The ensemble method is a method of improving prediction accuracy by fusing classifiers that have separately learned separately.

$$\arg\max_{c\in C} \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} \cos(\vec{q},\vec{d}_{c_k})$$

As shown in equation, in this method, multiple models of doc2vec are created, In the model of cosine similarity with new posting data was calculated and averaged to classify it to the highest one. As shown in equation, in this method, multiple models of doc2vec are created, In the model of cosine similarity with new posting data was calculated and averaged to classify it to the highest one.

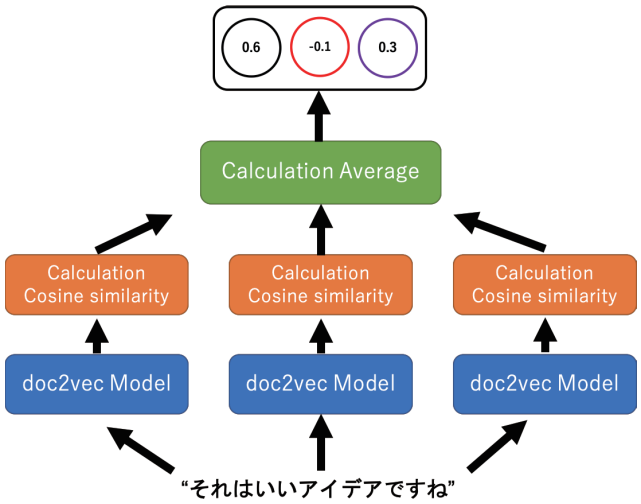


Fig 4: doc2vec Architecture

4. Evaluation Experiment

4.1 Experimental Design

In this experiment, we gathered about 10,000 data from a Japanese textboard, COLLAGREE [Ito 2015] and D-Agree operating in this laboratory. Evaluate with 7,520 training data and 1,680 test data.

As a proposed method, experiments are performed using doc2vec as an ensemble model, Bi-LSTM model, and Bi-GRU model, and the usefulness of the proposed method is confirmed by obtaining high evaluation index. In this research, as the evaluation index of the classification method, the average value of F-measure when classifying from test data was used. F-measure is the harmonic mean of the relevance rate and recall rate.

4.2 Results and Discussion

The average value of F-measure for classification using document similarity and classification using Bi-RNN is shown in the following Table 1.

Tab 1: Experiment Results

Method	F-measure
doc2vec Ensemble Classifier	0.9360
Bi-LSTM	0.9190
Bi-GRU	0.9164

Results on Precision, Recall and F-measure in each method are shown. Table 2 shows results in none-toxic document. Table 3 shows results in obscene document. Table 4 shows results in violent document.

Tab 2: Results in None-toxic Document

Method	Precision	Recall	F-measure
doc2vec Ensemble Classifier	0.9306	0.9882	0.9585
Bi-LSTM	0.9284	0.9450	0.9366
Bi-GRU	0.9022	0.9701	0.9349

Tab 3: Results in Obscene Document

Method	Precision	Recall	F-measure
doc2vec Ensemble Classifier	0.9600	0.9041	0.9312
Bi-LSTM	0.9340	0.9386	0.9363
Bi-GRU	0.9545	0.9144	0.9340

Tab 4: Results in Violent Document

Method	Precision	Recall	F-measure
doc2vec Ensemble Classifier	0.9310	0.9060	0.9183
Bi-LSTM	0.9013	0.8670	0.8839
Bi-GRU	0.9176	0.8460	0.8803

In the approximate class, ensemble classification by doc2vec showed the highest F-measure.

As shown in the Table1, the ensemble model using doc2vec shows the highest F-measure. Because, there was a difference in recall and precision between models used for the ensemble. By ensemble, the balance between precision and recall got better, leading to higher F-measure than other methods.

5. Conclusions and Future work

This paper proposes a method to classify whether posting is inappropriate by using distributed representation. In the proposed method, documents are vectorized using doc2vec, representative vectors are generated for each class, and classified by cosine similarity. Also, we vectorize each morpheme using ELMo and classify it using Bi-RNN. In order to evaluate the proposed method, we conduct experiments using post data on online textboard. The experimental results demonstrate that the proposed method classifies inappropriate posts with high accuracy. Future work is planned to subdivide classes of inappropriate submissions.

Acknowledgement

This work was supported by JST CREST Grant Number JPMJCR15E1, Japan.

References

[Ando 2010] Satoshi Ando, Yutaro Fujii, Takayuki Ito. Filtering Harmful Sentences based on Multiple Word Co-occurrence. Computer and Information Science (ICIS), 2010 IEEE/ACIS 9th International Conference on. IEEE, 2010.

[Otsuka 2014] Takanobu Otsuka, Deyue Deng, Takayuki Ito. Text Filtering for Harmful Document Classification Method Using Three words Co-occurrence and Large-scale Data Processing. IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems 134.1: pp168-175, 2014

[Sato 2014] Genki Sato, Takayuki Ito. A Harmful Document Classification Method Using Paragraph Vector. JAWS2014: pp321-324, 2014

[Le 2014] Quoc V. Le, Tomas Mikolov. Distributed Representations of Sentences and Documents. JMLR W&CP 32 (1): pp.1188-1196, 2014.

[Matthew 2018] Matthew E. Peters, Mark Neumann, Mohit Iyyer, Matt Gardner, Christopher Clark, Kenton Lee, Luke Zettlemoyer. Deep contextualized word representations. NAACL 2018, 2018.

[Kudo 2004] Taku Kudo, Kaoru Yamamoto, Yuji Matsumoto. Applying Conditional Random Fields to Japanese Morphological Analysis. Proceedings of the 2004 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP- 2004), pp.230-237, 2004.

[Ito 2015] Takayuki Ito, et al. Incentive Mechanism for Managing Large-Scale Internet-Based Discussions on COLLAGREE. Collective Intelligence 2015, 2015.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

ロボットの規格から見た自律システム社会受容性の課題 –インタラクティブシステムにおける意思決定のための要件化-

Issues of social acceptability of autonomous system from the view point of robots –requirements for decision making by interactive system –

福住伸一[*1], 佐倉統[*1,2], 中川裕志[*1]
Shin'ichi Fukuzmi[*1], Osamu Sakura[*1,2], Hiroshi Nakagawa[*1]

[*1] 理化学研究所 AIP センター [*2] 東京大学大学院情報学環
[*1] RIKEN Center for AIP [*2] University of Tokyo

This paper describes issues for acceptability of autonomous system to society from the view point of standardization of industrial robots. When standards items about safety for human (operators, stakeholders) are supposed to apply to self-driving system, three requirements were extracted. They are 1) to be recognized existence of autonomous system to whole social system, 2) to be recognized the condition of activation in the system and 3) to be stopped and informed when users approach to autonomous system. As there are other standards related to interact about autonomous system, these requirements shall be fulfilled in the future.

1. はじめに

近年、AI 技術が急速に発展して社会に埋め込まれるようになってきたため、人間は AI を使わざるを得なくなってきている。従来、製品・システム・サービスの設計においては、機能・性能のみが仕様化され、設計されてきた。最近では人間が使う観点から利用状況を把握し、利用者やステークホルダーの要求を要件化する人間中心設計(Human Centered Design: HCD)が開発プロセスに組み入れられるケースが多くなってきている[HCD 2019]。一方、人間がロボットや自律システムといった AI を使う場合には、AI が人間と直接インタラクションする場合と AI を含めたサービスと人間とがインタラクションする場合がある[福住 2018]。

今後、AI がさらに発展し、AI との直接のインタラクションは AI が行い、人間は製品・システム・サービスの 2 次利用者となる可能性もある。図2にその概念図を示す

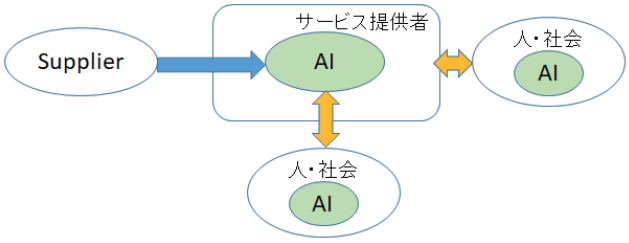


図 1 社会(人、AI)と AI を含んだ社会とのインタラクションの概念図

自律システムと人とのインタラクションについてはまだ不十分なところがあるが、産業用ロボットについては特に安全面に関する規格化もなされている。しかしながら、産業用ロボットは行動や作動範囲が広くないため、自動運転車等これからの AI システムに適用可能かどうかは検討が必要である。本稿では、産業用ロボットの日本工業標準(JIS 規格)を分析し、AI システムへの適用可能性と社会受容性を示すとともに、AI システムを介して人間や社会がインタラクションする際の、意思決定のための必要な要件を示す。

連絡先:福住伸一:理化学研究所 AIP センター
e-mail: shin-ichi.fukuzumi@riken.jp

2. 産業用ロボットの JIS 規格

対象とした JIS 規格は、

「JIS B8433:2015、 ロボット及びロボティックデバイス -産業用ロボットのための安全要求事項-:第一部:ロボット、第二部:ロボットシステムおよびインテグレーション」

である[JIS-B8433-1,-2 2015]。表1に、規格中に示されている自動・自律運転の安全に関する規定の抜粋を、表2に規格の附属書に書かれている危険源リストの中の、インタラクションに関すると考えられる内容(人間工学的危険源)のリストを示す。

表1 産業用ロボットの安全要求事項(抜粋)

危険源同定及びリスクアセスメント(4.)	・附属書に危険源リストを示す。危険源分析では発生する可能性のあるあらゆる危険源の同定を行わなければならない ・リスクアセスメントは、同定したそれらの危険源について行わなければならない
自動運転の始動(5.8.5)	・自動運転モードが有効になる前に、安全防護空間の外側に配置された別の確認手段がなければならない
同時動作制御(5.9)	・同時動作用に設計されたロボットシステムのすべてのロボットは、通常、同じ運転モード(例えば、手動又は自動)又は同じ状態(例えば、動力入り又は切り)でなければならない(5.9.2)
協調運転(5.10)	・協調運転のために設計されたロボットは、協調運転中であることを示す資格表示を備えなければならず… ・人間が協調作業空間内に存在するときは、ロボットは停止しなければならない

表2　使用に関する危険源リスト(抜粋)

種類	危険源の例	
	原因	潜在的結果
人間工学的危険源	-設計が適切でないイネーブル装置 -制御器具（ボタン・スイッチ等）不適切な位置・配置、不注意操作 -予測できる保全活動(トラブルシューティング、修理、調整)をする構成品の不適切な配置による接近困難 -照明が不十分な区域がゆえに危険源又は危険状態の確認がしにくい状態 -照明を妨げるエンクロージャーの内部の構成品 -適切な視野に配置されるべきHMIユニットが高すぎたり低すぎたりする状態	- 健康的でない姿勢又は過度の頑張り(繰返しの緊張) - 疲労

この JIS 規格はあくまで産業用ロボットの安全に関する規格であり、その中で特に周囲の人間（直接利用者だけではない）の安全を確保するために定められた項目である。JIS B0134（ロボット及びロボティックデバイス）[JIS-B0134 2015]によると、

- ロボット：二つ以上の軸を持ち、プログラムによって動作し、ある程度の自律性をもち、環境内で動作して所期の作業を実行する運動機構(ロボットは制御システム及び制御システムとのインタフェースを含む)
- 知能ロボット：環境情報の取得及び/又は外部との相互作用を行いつつ、自分の行動を適応させることによって、作業を実行することができるロボット
- 自律性：人の介在なしに、現在の状態及びセンシングに基づいて所期の作業を実行する能力

である。このことから、上に掲げた規定類について、自動的・自律的に動く対象物と周囲の人間との関係という点では、例えば自動運転車などへの適用の課題は明らかにすべきである。

3. AI システムへの適用可能性と利用者の意思決定のための要件

上記を踏まえ、この規格を自動運転(level3)などにそのまま適用してみる。まず、(4.)については、すべてのリスクを列挙し、アセスメントすることが現実的かどうかは疑問である。産業用ロボットの場合、何等かの形でロボットとインタラクションする人々は相手がロボットであることを認識している（であろう）。また、オペレータもそれが前提で操作し、監視しているので、何かのトラブルの際には関係者は共通した状況認識の上で正しい判断（意思決定）で対処できると考えられる。一方自動運転の場合、周囲の車や歩行者が、どの車が自動運転車かを意識することはないであろう。そのため、状況を共有するのが困難となり、判断を誤る危険がある。このことを少しでも避けるために、(5.8.5)や(5.10)のような「資格表示」を要求するのだが、(5.10)の後者は、自動運転車への提供は不可能である。また、(5.9)は、自動運転車ではこれは前提であるが、ある範囲を定めて外的制御で同じモードにした場合、ドライバーにそのような状況変化（特に自動→手動）を伝えることは困難であり、そのために正しい意思決定もできなくなる。このことから、安全の視点（直接の利用者に限らず）では、

- 機器単体ではなく、それらが存在する社会システム全体に対して、自律システムが存在することを認識させること
- その上で、それらの機器がどのような状態で作動しているのかをシステム内で認識できるようにすること
- たとえ安全対策が施された機器であっても、人間に近寄りすぎた場合などは、停止モードに入るとともにその状態を人間に知らせるようにすること

などが要件として挙げられる

4. Robot Intelligence and Autonomous System

以上のように、従来の安全規格を AI システム、特に自動→手動の切り替えといった人間とのインタラクションが発生するシステムに適用する場合には、考慮しなければならない要件がいくつか存在することがわかった。しかしこれらは利用状況毎に異なるため、一意に決めるのは困難である。この課題を解決する一つの策として、ロボットや自律システムと人間とのインタラクションにおいて、その対象や考慮すべきことをカテゴライズし、ガイドライン的に示す規格文書(TR: technical report)が策定されている。

ISO DTR9241-810 Ergonomics — Ergonomics of human-system interaction — Part 810: Human-system issues of robotic, intelligent and autonomous systems (RIAS) [RIAS 2019]。内容の一例は以下である。

・Human-RIAS interaction issues
　-完全自動でない限り、人と RIAS は共存し、人は RIAS のユーザとなる。
　-RIAS と人間とのコミュニケーションは、人間行動そのものを形成する
　-文化や社会の違いは RIAS が考慮しなければならない
・RIAS-RIAS interaction issues
　-複数の RIAS が同じ環境で動作するとき、異なる供給元の RIAS 間でコミュニケーション問題が生じることがある
・Social/cultural/ethical issues
　-RIAS は社会や文化と切り離して動作することはない。効果的に動作させるためには、チームまたは協力している実態のメンバーとして存在しなければならない

この TR の各カテゴリーに対する規定は順次定められていく予定である。これらの内容も要件に追加していく必要がある。

5. まとめ

今回、産業用ロボットの安全に関する規格を分析し、その規格が自動運転車等 AI システムへ適用可能とするための要件をいくつか提示した。4 章で述べたように、現在、RIAS と人や組織とのインタラクションに関する国際規格もできつつあるので、これらも取り入れ、AI システムが社会で受け入れられるために要件を充実させていきたい

参考文献

[HCD 2019] ISO fDIS9241-210: Ergonomics of human–system interaction —Part 210: Human-centred design for interactive systems, 2019

[福住 2019] 福住他：AI を活用したサービスにおける ELSI 的観点の新たなガイドライン項目の 抽出 -デジタルヘルスを対象とした検討-、AI 学会全国大会、2018

[JIS-B8433-1 2015] JIS B8433-1: ロボット及びロボティックデバイス−産業用ロボットのための安全要求事項−第 1 部：ロボット, 2015

[JIS-B8433-2 2015] JIS B8433-2: ロボット及びロボティックデバイス−産業用ロボットのための安全要求事項−第 2 部：ロボットシステム及びインテグレーション, 2015

[JIS-B0134 2015] JIS-B0134:ロボット及びロボティックデバイス−用語, 2015

[RIAS 2019] ISO DTR9241-810 Ergonomics — Ergonomics of human-system interaction — Part 810: Human-system issues of robotic, intelligent and autonomous systems (RIAS), 2019

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-2

[2G3-OS-2a] データ流通社会における技術基盤と異分野連携(1)

早矢仕 晃章（東京大学）、大澤 幸生（東京大学）

Wed. Jun 5, 2019 1:20 PM - 2:40 PM Room G (302A Medium meeting room)

[2G3-OS-2a-01] Data Jackets Evolving and Connecting via History of IMDJ

〇Yukio Ohsawa[1], Teruaki Hayashi[1] （1. The University of Tokyo）

1:20 PM - 1:40 PM

[2G3-OS-2a-02] Data visualization method according to thinking process on the data distribution platform with blockchain

Kosuke Miyahara[1], Yusuke Ejiri[1], Eiji Ikeda[1], 〇Hiromichi Sasaki[1] （1. Fujitsu Limited）

1:40 PM - 2:00 PM

[2G3-OS-2a-03] Efficient Privacy-Preserving Prediction for Three-Layer Feedforward Neural Networks Using Ring-LWE-based Homomorphic Encryption

〇Takehiro Tezuka[1], Lihua Wang[1,2], Takuya Hayashi[2], Sangwook Kim[1], Tomoya Tamei[1], Toshiaki Omori[1], Seiichi Ozawa[1] （1. Kobe University, 2. National Institute of Information and Communications Technology）

2:00 PM - 2:20 PM

[2G3-OS-2a-04] Network Growth Process on Cross-disciplinary Data in the Data Platform

〇Teruaki Hayashi[1], Yukio Ohsawa[1] （1. The University of Tokyo）

2:20 PM - 2:40 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

Data Jackets Evolving and Connecting via History of IMDJ

Yukio Ohsawa Teruaki Hayashi

*1 Dept. Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo

Here we show the structural changes in the connections among (1) the variables in data jackets (2) words in the expected outcomes of data use, and (3) supposed data use (analysis/simulation) scenarios represented in the 1603 data jackets stored from 2014 through 2018 (business years). These respectively mean (1) the features of data to be provided or created, not necessarily on the allowance to share the data contents, (2) the social expectation about how and for what the data can be used if shared, and (3) the main process of data use. The changes in the structure of the co-occurrence are visualized by use of the traditional sequence of graphs with KeyGraph, where we found that the connections are emerging for the recent two years, that means the ideas of data users are evolving with communication in IMDJ.

1. Introduction

Since we proposed the Innovators Marketplace on Data Jackets (IMDJ) in 2013 [Ohsawa 13], a human-driven platform for creating strategic use scenarios of data and for evaluating the use value of data, participants came to range across various domains of businesses and sciences. The starting workshops in this platform were organized in graduate and undergraduate schools in Japanese universities and exported to other countries Taiwan, India, etc. Then, participants in business sections came to overwhelm academia, with still continuing the activities in scientific projects.

The key technologies in IMDJ here are, simply put, (1) data jackets, (2) human interface for aiding participants in their thoughts and communications with connecting various data without seeing or touching the contents of data [Hayashi 18], and (3) the designed/created data and analysis tools for using data. Among these three, (1) and (2) are the inputs to the IMDJ as a system, whereas (3) is an output. The outcomes of each workshop in IMDJ are mostly the proposed strategic scenarios for data use/reuse (often including data analysis and synthesis) and the results of acting on those scenarios. However, item (3) is also positioned as an outcome or a side product of IMDJ. The relation of these inputs and outputs can be expressed by Eq.(1) through Eq.(3), representing a set of data jackets in (1) by DJs, the use scenario in (2) (called a solution in [Ohsawa 13, Hayashi 18, etc]) by Sol, and tools in (3) by Tool. Also, the requirements spoken in IMDJ from the viewpoints of data users are represented here by Req. And, Act means humans' actions and communications in data processing.

$$\text{DJs, Sol} \rightarrow \text{Req} \quad (1)$$

$$\text{Tool, Act} \rightarrow \text{Sol} \quad (2)$$

Each element above can be expressed by predicates, where DJs takes variables in the data as attributes, Sol takes a part of DJs into its action (Act) and as the inputs to the tools (Tools) it employs in Eq.(2). That is, Eq.(1) and Eq.(2) can be put into

$$\text{provide}(V_1), \text{use}(V_1, \text{req}) \rightarrow \text{realize}(\text{req}). \quad (3)$$

$$\text{process}(V_1, V_2), \text{compute}(\cup_{v \in V2}\, v),$$
$$\text{relate}(\cup_{v \in V3}\, v, \text{req} \mid V_3 \subset V_2) \rightarrow \text{use}(V_1, \text{req}). \quad (4)$$

Here, V_1 in provide(V_1) represents the initially given set of variables in DJs, i.e., the set of data jackets, and the predicate provide means the content of the data supposed to be provided. use(V_1, req) means to realize Sol with the variables in V_1 to satisfy the requirement req in Eq.(3), a situation represented by Req in Eq.(1). The use scenario use(V_1, req) is composed by more granular components, as Sol is in Eq.(2), that is to first preprocess the variables (choose the useful subset of V_1 and further process the chosen set by such procedure as noise filtering). Then, the relations of the variables related relatively directly to the requirements (e.g., the instruction signal) and other variables are computed with automated computation which may be machine learning. Yet the learned relation is not always useful for satisfying the requirement: for example, products sold well in the previous year should be modified to fit the interests of present years' customers. This, as well as tools with AI (Tool in Eq.(2)), actions and communications of humans play the most essential role in the real businesses. Thus, process and relate are represented by Act in Eq.(2). As a result, in IMDJ, all elements composing Eq.(3) and Eq.(4) should be communicated. In summary, the following are communicated in IMDJ.

Provide: to share/get the data to be used

Variables: the variables in V_1 to be given for use/reuse

Process: how the variables and their values are collected or selected, not only for learning efficiently but for fitting req. V_2 may include variables not included in V_1.

Compute: choice of the tools for computation e.q., tools with AI.

Relate: the action to activate the causality between V_3 and req. If V_3 does not fully explain the ways to satisfy req, additional actions should be discussed.

2. The Contents of Data Jackets

Each data jacket (DJ hereafter) is provided not only as the abstract of an existing dataset but also as the preparatory information for the communication exchanging or creating the above information. Therefore, a DJ may include these pieces of information by human-written text. It is certainly allowed that one dataset has multiple DJs by different authors because a DJ is desired to reflect the subjective thoughts or the vision of a participant in IMDJ. Thus, in the entry sheet of each DJ, the following pieces of information and comments are requested.

Contact: Ohsawa Lab, 7-3-1 Hongo, Bukyo-ku 113-8656 Tokyo, info@pands.sys.t.u-tokyo.ac.jp

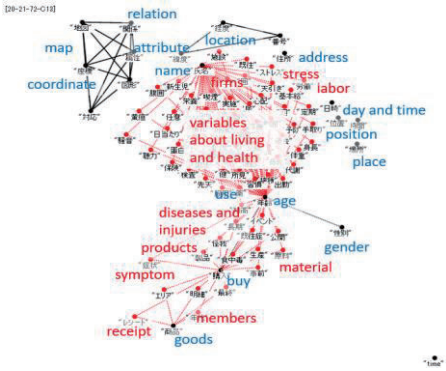
Title of the data (e.g., "POS data in a supermarket")
Outline (e.g., "the sequence of goods bought by customers who come to buy consumption items")
Collecting Cost (e.g., "depends on the system.")
Sharing Policy (e.g., "can be shared after negotiation, if the condition fits the business of the supermarket.")
Types (e.g., "a table of text, numbers, and symbols.")
Formats (e.g., "XML")
Variables/Attributes (e.g., "product class, product category, product name, customer ID, and date and time of purchase.")
Analysis /Simulation (e.g., "apply sequence analyzer such as RNN or visualizer such as Tangled String, for predicting and/or explaining the future strategies in marketing. Predicting may not be trustworthy because the market in the past and the future tend to differ, but the explanation is absolutely required.")
Outcome (understanding the reasons for customers' behaviors)
Anticipation (expected strategies to satisfy existing and forthcoming customers, to be obtained from the data)
What kind of data/tools do you wish to have? (additional data or AI tools that should be combined with the current dataset)

The information corresponding to **Provide** in Section 1 is included in **Collecting Cost** and **Sharing Policy** here. **Variables** in Section 1 are in **Variables/Attributes** here. **Process** and **Compute** in Section 1 are provided in **Analysis /Simulation** here that includes to select variables and use tools with AI, because it is not easy to separate this preprocess and the main step of computation because ordinary users tend to trust experts or automated tools as a package for setting hyperparameters in the preprocess and learning (computation). It is noteworthy here that IMDJ is a platform to connect requirements of sheer users of data and AI tools, and the details of settings in the post-process are dealt with in the later step of action planning. Finally, **Relate** in Section 1 is expected to be filled in **Outcome** and **Anticipation** above, although the entries to the blanks for these two items are optional. In summary, from the viewpoint to detect the social interaction of the data use/reuse process, the three items **Collecting Cost, Sharing Policy, Variables/Attributes** represent the pre-process, whereas **Outcome** and **Anticipation** represent the post-process. **Analysis/simulation** shows a part of the main process.

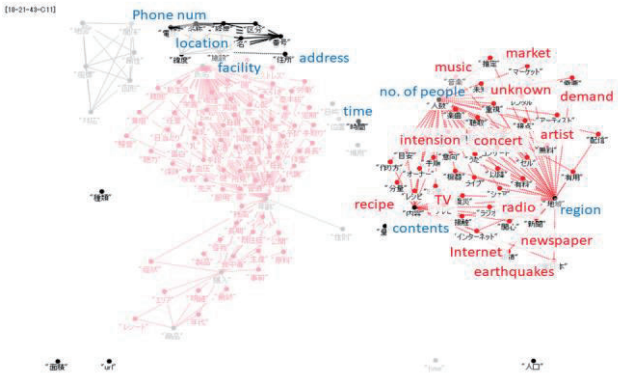
3. The visualized changes in DJ for 5 years

Kamishibai (K)-KeyGraph shows the structural variation of the co-occurrence graphs of items in the partial data for each period, in a given sequence [Ohsawa 10]. The black nodes with blue letters show frequent words, connected by red ones represented by less frequent words. The sequence of visualized graphs is shown for explaining the structural changes, but the distances such as obtained from the coordinates in distribution representation vectors are not reflected here. This visualization rule is common in Figure 1, 2, and 3. The same item appears at the same position in the 2D coordinate, so the changing is intuitively grasped at a glance. In Figure 1, 2, and 3, respectively, the changing in the connections among the variables in **Variables/Attributes (Collecting Cost, Sharing Policy** are cut because of the difference in the granularity of information**)**, among words in **Outcome** plus **Anticipation,** and among words in **Analysis /Simulation process**, are visualized.

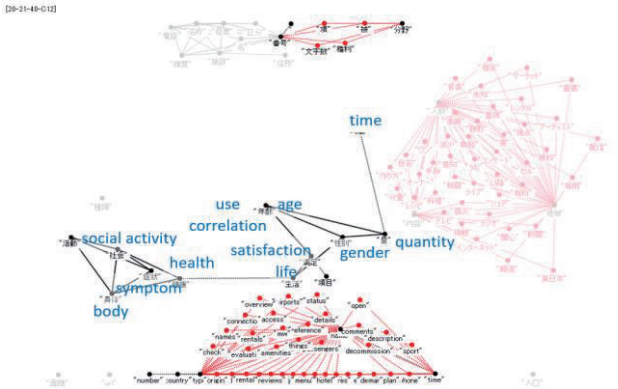
(a) April 2014 – March 2015



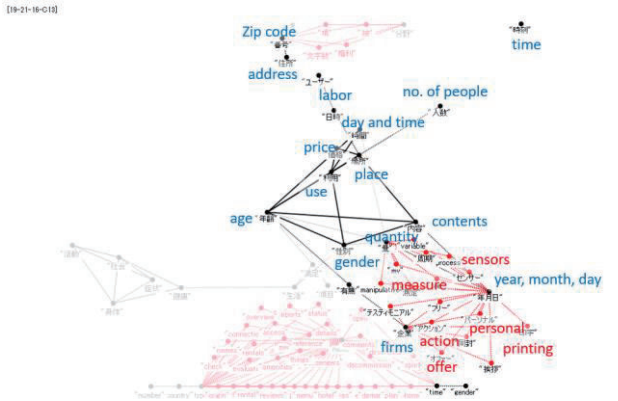
(b) April 2015 – March 2016



(c) April 2016 – March 2017



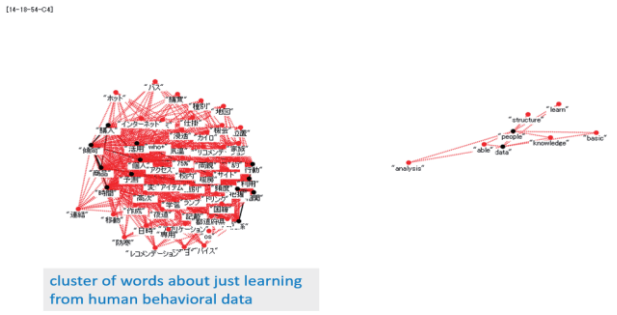
(d) April 2017 – March 2018



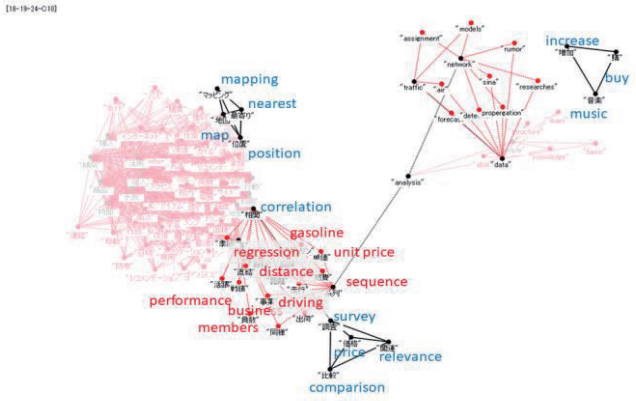
(e) April 2018 – Jan 2019

Figure 1. The changes in the connection of variables in DJs.

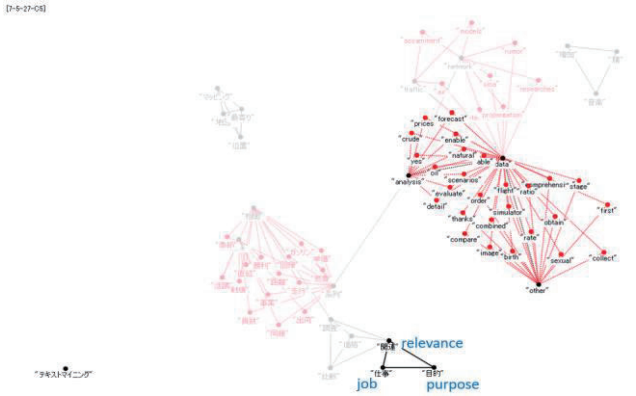
(a) April 2014 – March 2015



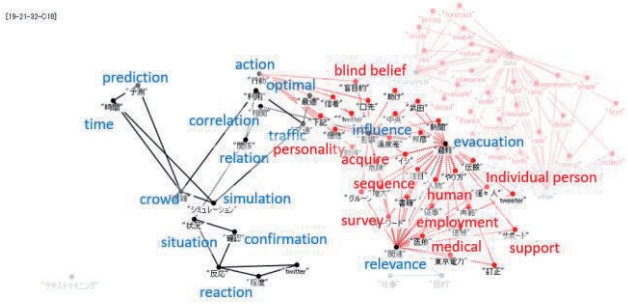
(b) April 2015 – March 2016



(c) April 2016 – March 2017



(d) April 2017 – March 2018



(e) April 2018 – Jan 2019

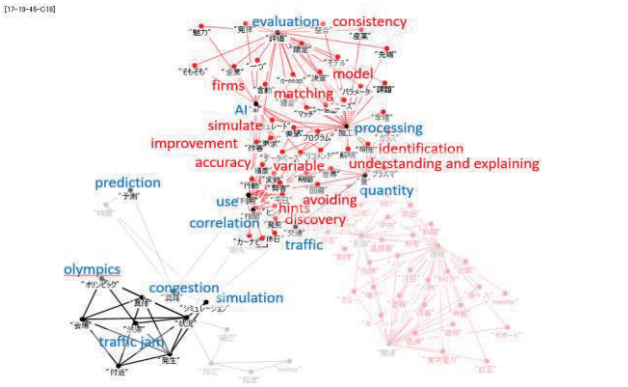


Figure 2. The changes in the connection of words in the expected outcomes of data use, described in DJs.

4. Discussions

The numbers of nodes and edges in graphs are set equally for all periods (years), to make the comparison for different periods. As in Fig. 1 (a), the connections among the variables have been sparse in 2014, in that the human (personal) data and geographic data have been separated into clusters. This tendency lasted till 2015, but the human data and physical data including data from sensors have got coupled into a cluster in 2017. Then, a larger cluster in 2018 appeared that integrates the human data and physical data into AI-driven innovations toward businesses with emotional designs and marketing. The cluster that emerged at the center of Fig.1 (c) for 2016 may be interpretable as a transient path from the localized clusters in (a) to the grown-up one in (e). This integration of clusters is also found in Fig.2. In Fig.2(d) for the year 2017, the simulation and data analysis are coupled into a cluster on services for health care, simulation-based urban traffic management [Yoshimura 17], disaster protection etc., linked to show social demands for AI-driven innovations in Fig.2 (e).

Such a connection of local clusters is not so obvious in Fig.3. However, the last cluster in (e) connect visions toward data-driven innovation and the full sequence is coherently addressed to realize "explanation" as well as "prediction" from sequential data (highlighting spaciotemporal information), putting these keywords at the center of the graphs. The last Fig. 3(e) involves "theory" used for two meanings: (1) mathematical models for investigating latent dynamics [Yamanishi 15], and (2) the respect to domain knowledge highlighted in model-based sciences [Magnani 17], corresponding to the return to "model" in Fig.3 (a)

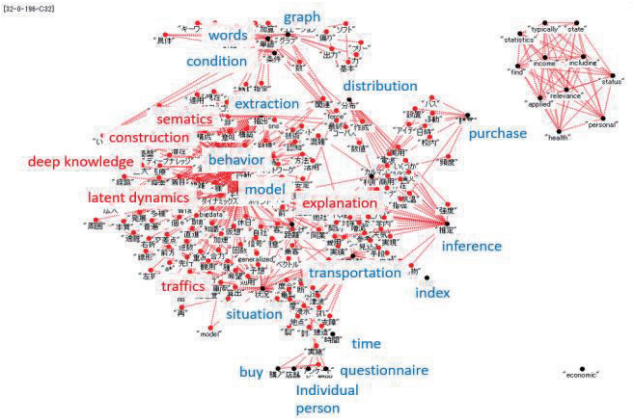
(the assumption of low-dimension causality in using sparse data [Rish 14] is itself a model that may not work in explaining behaviors in the complex interaction with unexpected events).

5. Conclusions

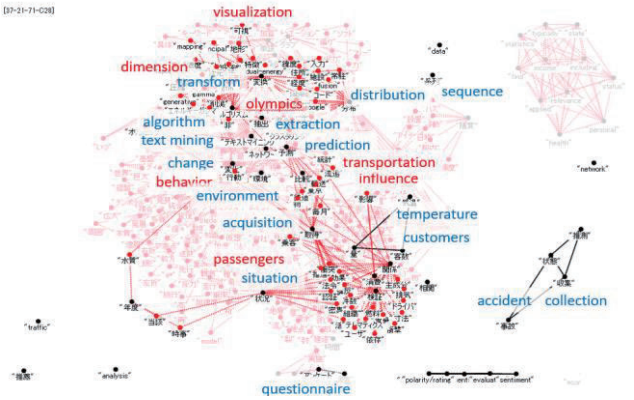
Above we find the human-centric data engineering process has been considered so far in IMDJ, reflecting the communication onto the entries of new DJs. DJs came to be included in the DTA standard of data catalog. We assume this reflects the potential expectation of data users, whose communication in the market of data triggers the evolution of representation of data.

Acknowledgments This work was supported by JST CREST JPMJCR1304, JSPS KAKENHI JP16H01836, JP16K12428, and industrial collaborators in the DJ workgroup.

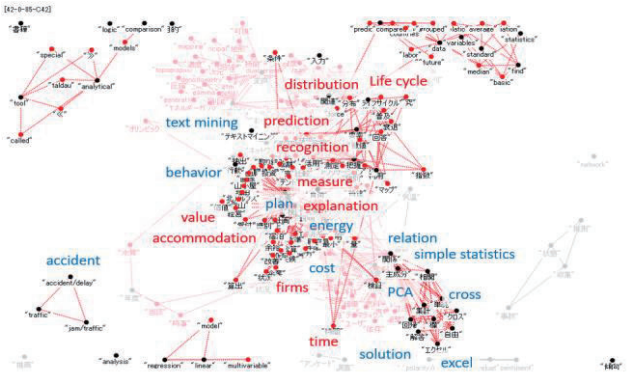
(a) April 2014 – March 2015



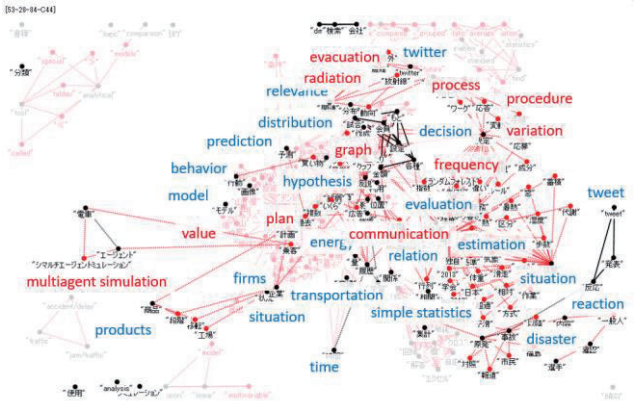
(b) April 2015 – March 2016



(c) April 2016 – March 2017



(d) April 2017 – March 2018



(e) April 2018 – Jan 2019

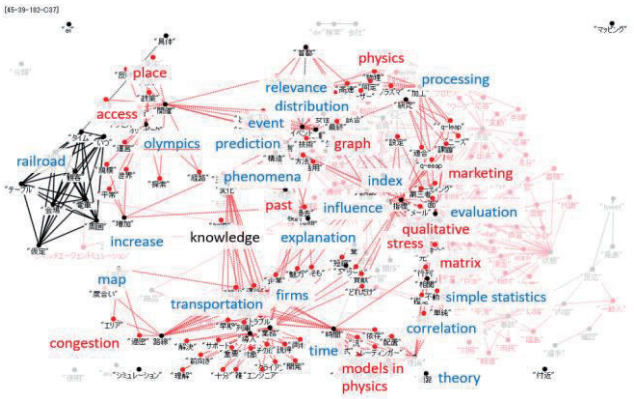


Figure 3. The changes in the connection of words in the analysis/simulations described in DJs.

References

[Hayashi 18] Hayashi, T., Ohsawa, Y., "Inferring Variable Labels Using Outlines of Data in Data Jackets by Considering Similarity and Co-occurrence," *Int'l J. of Data Science and Analytics* 6(4), 351-361 (2018)

[Magnani 17] Magnani, L., Bertolotti, T., Springer Handbook of Model-Based Science (2017)

[Mudinas 18] Mudinas, A, Zhang, D., Levene, M., Market Trend Prediction using Sentiment Analysis: Lessons Learned and Paths Forward, in *Proc. Wisdom* 2018, London.

[Ohsawa 13] Ohsawa, Y., Hayashi, T., Kido, H., Liu, C., et al, Data Jackets for Synthesizing Values in the Market of Data *Procedia Computer Science* 22, 2013, pp. 709-716

[Ohsawa 10] Ohsawa, Y., Ito, T., and Kamata. IM. Kamishibai KeyGraph: Tool for Visualizing Structural Transitions for Detecting Transient Causes, *NMNC* 6 (2) 1-15 (2010)

[Rish 14]Rish, I., Grabarnik, G.A., *Sparse Modeling Theory, Algorithms, and Applications,* CRC, 2014.

[Yoshimura 17] Yoshimura, S., Fujii, H., "MATES: Multi-Agent based Traffic and Environmental Simulator -Core Technologies and Practical Applications-", 8th Int'l Conf. Computational Methods (ICCM 2017) (2017).

[Yamanishi 15] Hayashi, Y., Yamanishi, K., Sequential network change detection with its applications to ad impact relation analysis, *KDD* 29(1) 137−167（2015）

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

ブロックチェーンを用いたデータ流通基盤における思考プロセスに応じたデータ可視化方法

Data visualization method according to thinking process on the data distribution platform with blockchain

宮原 広翼[*1] Kosuke Miyahara　江尻 祐介[*1] Yusuke Ejiri　池田 栄次[*1] Ikeda Eiji　佐々木 泰芳[*1] Sasaki Hiromichi

[*1] 富士通株式会社　ネットワークソリューション事業本部　サービスビジネス事業部

Abstract In recent years, interest of data utilization is emerging and many new businesses using data are considered. We think combining different companies' data is effective for creating innovative businesses, so sharing different companies' data each other would be necessary. Then, in order to accelerate the data utilization society, Fujitsu developed "Virtuora DX Data Distribution and Utilization Service". Our service uses blockchain technology and Data Jacket proposed by Ohsawa Laboratory in the University of Tokyo. In our service, companies can share their data attribute information as Data Jacket and discuss about data utilizing idea using KeyGraph which shows relation among Data Jackets. We think the view of KeyGraph in our service should be flexible according to users' current status on the thinking process to create idea. In this paper we explain some method to change the view of KeyGraph flexibly.

Keywords Data Distribution, Data Jakcket, KeyGraph, Co-Creation, Blockchain

1. はじめに

IoT 技術や各種センサーの進化によって，ヒト・モノに関連する膨大な情報をデータ化，蓄積できるようになってきた．同時にビッグデータ解析や AI（人工知能）の活用によって，新たな価値創出を目指す動きが世界的に加速している．

こうした多様なデータと最新技術の組み合わせにより，これまでにない新しいサービスや製品を生み出していくことは企業の競争力強化につながるだけでなく，より良い豊かな社会の実現にも重要な役割を果たすと考えられる．そのためには，社会が保有するデータを業種・業界を超えて流通・利活用され，持続可能な価値創出が行われる必要がある．

しかしながら，実際は多くのデータが組織やシステムに閉じて蓄積されているため，組織を超えて相互利活用可能な状態になっておらず，データが経営資源として資産化されていない．また，データが資産化されたとしても，膨大なデータから新しいアイデアや新たな価値を生み出すプロセスの確立が必要となる．さらに，資産化されたデータを信頼できる相手と安心・安全に共有・活用する仕組み作りが不可欠な状況となっている．

これらの課題解決のため，富士通はブロックチェーンをネットワーク制御に応用した「富士通 VPX®テクノロジー」をベースに，信頼のおける関係者同士が参加し，データを用いたイノベーション活動を行うサービス「FUJITSU Intelligent Service Virtuora DX データ流通・利活用サービス」（以下，Virtuora DX）を発表した[富士通 18]．本稿では，本サービス上で流通データを拡大していく上で必要となるデータ可視化方法について記載・考察する．

連絡先：富士通株式会社
ネットワークソリューション事業本部サービスビジネス事業部
〒212-8510 神奈川県川崎市幸区新小倉1−1
E-mail: miyahara.kosuke@jp.fujitsu.com, ejiri.yusuke@jp.fujitsu.com, Ikeda.eiji@jp.fujitsu.com, hiromichi@jp.fujitsu.com

2. Virtuora DX データ流通・利活用サービス

Virtuora DX は，データ活用グループ（コンソーシアム）の形成から，データの登録・共有，アイデア創出，データの受け渡しなど，データ利活用プロセスを一貫して効率的に実現可能なサービスである[池田 18]．

各企業が保有するデータの概要情報をポータルサイト上で安心・安全に共有・可視化することで，企業を超えて，さらには業界・業種を超えてデータ流通・利活用とアイデア創出が可能となる．

図 1 Virtuora DX のポータル画面

2.1 データジャケットの適用

一般的に企業の保有するデータそのもの（以下，実データ）は，非公開情報や個人情報等を含む可能性があるため，そのまま企業を越えて共有することが困難である．また実データを共有しても，データサイエンティスト等の専門性が高い人以外は，その内容や価値を十分に理解できず，活用の道を見つけられないといった課題がある．これに対し，実データそのものを共有するのではなく，データの概要情報のみを共有し，利活用アイデアを創出するアプローチがある．東京大学・大澤幸生研究室

では，上記概念を「データジャケット」として提唱している[大澤 17]．データジャケットを書くことでデータが情報化されると，データに関わる人の情報格差を埋めることが可能となる．筆者らも Virtuora DX 上でその概念を取り入れている．

2.2 キーグラフによるアイデア発想支援

データジャケットの組み合わせから，新たなデータ活用アイデアを発想する為には，データジャケット同士の関連性や，共通のキーワード・変数を可視化することが有効である．東京大学・大澤幸生研究室では，このキーワード抽出・可視化手法を「KeyGraph（キーグラフ）」として開発しており，Virtuora DX でも登録されたデータジャケットから関連性をキーグラフとして可視化する機能を提供している．

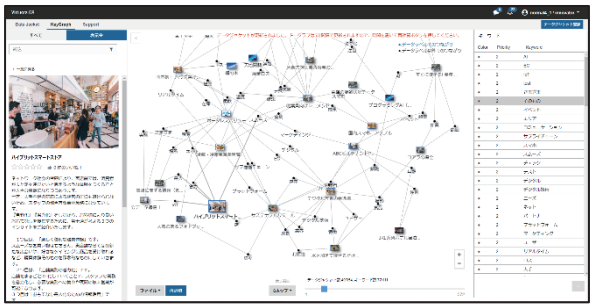


図 2　Virtuora DX で提供するキーグラフ

3. 思考プロセスの進行に応じたキーグラフ表示の最適化

コンソーシアム規模の拡大に伴い，必然的に登録されているデータジャケット数も増加するため，ユーザーにとって，キーグラフ上の多数のデータジャケットを認知し，その組み合わせからアイデア発想を行うことが困難になってくる．

また，コンソーシアム規模の拡大により，当初の参加企業はデータ活用プロセスが進捗し，求めるアイデアの粒度やレベルも変化するし，新たに参加する企業においても，各々様々な検討レベル・フェーズに位置する組織が参加することが想定される．

したがって，キーグラフの視認性を高め，個々の参加者の思考プロセスの進行具合に応じて，柔軟かつ簡易にキーグラフの表示内容を最適化できる仕組みが必要である．

そこで，①データジャケット間の親近性に基づく表示範囲の調整，②データジャケットの評価度合いに基づく表示範囲の調整，③データジャケットの指定によるキーグラフの表示，の 3 種類の仕組みを実装し有効性を検討した．次章で各方法について説明する．

3.1 データジャケット間の親近性に基づく表示範囲の調整

(1) ホップ数の変更

表示範囲を最適化する方法として，「ホップ数」を使用する方法が考えられる．ホップ数とは，キーグラフ上で注目している 1 つのデータジャケット（図 3 において最も濃い色のデータジャケット）を中心として，連鎖的に繋がる先のデータジャケットがいくつのデータジャケットを経由しているかを示す数であり，中心となるデータジャケットと当該データジャケット間の親近性を表している（図 3 参照）．

本方法では，表示する「ホップ数」（注目しているキーグラフから何ホップ目までを表示するか）を変更することで，データジャケットの表示範囲の調整を行う．

ホップ数による調整の効果として，例えば，ホップ数を小さくした場合，親近性の高いデータジャケットが表示されるため，互いに近い市場領域のデータを発見できる可能性があり，ホップ数を大きくした場合は，異なる市場領域のデータを発見し，組み合わせアイデアを発想できる可能性がある．

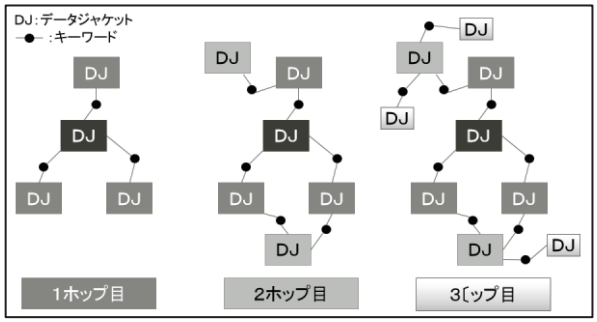


図 3　ホップ数に変更よる表示範囲の違い

(2) ホップ数の上限設定

また，表示するホップ数を変更する場合，上限設定が必要である．上限設定を行う際，ホップ数変更により繋がるデータジャケットの特徴は，下記の様になると考えられる．

- 1ホップ目：共通のキーワードで繋がっているデータジャケットを発見できる．（関係性の近いデータジャケットからアイデア発想ができる．例えば，同じ市場領域のデータジャケット同士）
- 2ホップ目：共通のデータジャケット（1 ホップ目）に繋がっているデータジャケット（2 ホップ目）を発見できる．（例えば，同じ市場領域のデータジャケット（1 ホップ目）と組み合わせ可能性のあるデータジャケット（2 ホップ目））
- 3ホップ目以上：共通のキーワードやデータジャケットをもたないデータジャケットを発見できる．（想定外の新しいデータジャケット）

上記により，ユーザーの思考プロセスの進行に対応させるためには，3 ホップ目まで必要と考えられ，実際にホップ数を変化させてキーグラフを生成すると，4 ホップ以上は視認性が低下することが想定されたため，3ホップを上限と設定した．

3.2 ユーザー評価度合いに基づく表示範囲の調整

また，別の観点として「ユーザーによる評価度合い」を用いて表示範囲を調整する方法が考えられる．ユーザーによる評価が高いデータジャケットは，より多くのユーザーが価値を認めているため，該当データジャケットを使ったアイデア創出を行える可能性が高いと考えられる．そこで，ユーザーからの評価の高さに基づいて表示されるデータジャケットの範囲を変化させることが可能な機能を実装した．（図 4 参照）

ユーザー評価の基準は，データジャケットの閲覧者による評価を用いており，今後，データの新鮮さ（登録日時）も含めて複合的に評価し価値を算出することを検討している．

図 4 のように，スライドバーを左右に移動させることで，表示されるデータジャケット数が変化する．このように，評価値を用いてデータジャケットで変化させることにより，ユーザーの認知でき

る範囲に応じて，活用しやすいデータジャケットが表示され，アイデア発想の効果を高めることが可能になると考える．

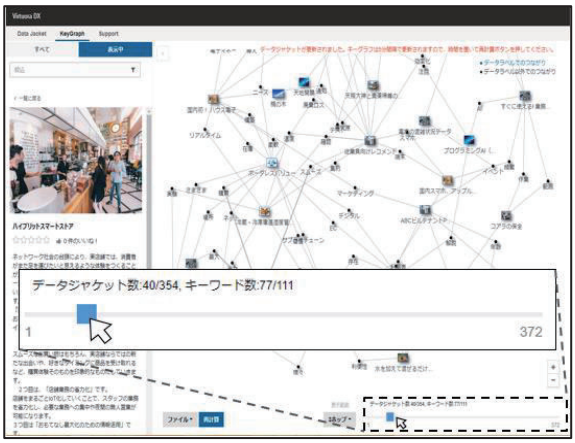


図 4　ユーザー評価度合いに基づくデータジャケット表示数の調整

3.3 データジャケットの指定によるキーグラフ表示

前記 3.1,3.2 では，データジャケット一覧から中心となるデータジャケットを 1 つ選択し，そのデータジャケットを中心として生成されるキーグラフを用いて活用可能なデータジャケットを発見し，アイデア発想を行う方法を示した．一方で，利用者がすでに活用するデータを決定している場合も考えられる．例えば，ビジネス上の連携相手やサービス案の領域が決定していることにより，活用すべきデータに制約がある場合などである．

このような場合に，利活用が必要なデータジャケットを選択して，それらからキーグラフを生成・表示する機能を新たに実装した．（図 5 参照）

これにより，上記の制約がある場合のアイデア創出の他，複数のデータジャケットから共通点（共通するキーワード）を発見するという利用方法も考えられる．

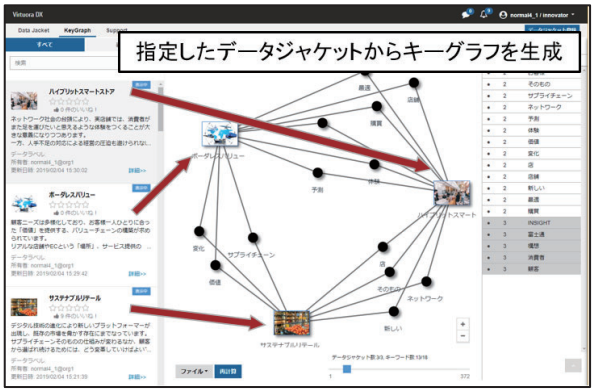


図 5　指定したデータジャケット群による キーグラフ表示

4. まとめ

多様なデータが社会全体で共有され，安心・安全に価値創出活動を進められる場が望まれている．

本稿では，企業や組織，業界・業種をこえたデータ流通・利活用の場の実現を目指し，Virtuora DX 上においてデータジャケットとキーグラフから行われるアイデア発想の概要を紹介しながら，データジャケットの表示の最適化方法について紹介し，考察を行った．今後も，データジャケットと KeyGraph の概念を広く社会に普及させ，この Virtuora DX により，あらゆる企業や組織が安心安全にデータを相互活用し，データを起点としたイノベーションが持続的に創出される社会の実現に貢献していきたい．

参考文献

[富士通 18]　富士通株式会社，"ブロックチェーンを活用し，異業種間共創を促進するデータ流通・利活用サービス「Virtuora DX」を販売開始" . http://pr.fujitsu.com/jp/news/2018/05/14-1.html

[池田 18]　池田 栄次，佐々木 秦芳: 「ブロックチェーン×データジャケット」で実現するデータ流通・利活用社会:～ 異業種共創を加速するコンソーシアムの効用～，人工知能学会全国大会論文集 JSAI2018(0), 1C3OS8b03-1C3OS8b03, 2018 年 6 月．

[大澤 17]　大澤 幸生，早矢仕 晃章，秋元 正博，久代 紀之，中村 潤，寺本 正彦: データ市場，第 1 版，近代科学社，2017 年 3 月．

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

三層ニューラルネットワークにおける Ring-LWE ベース準同型暗号を用いた効率的なプライバシー保護推論処理

Efficient Privacy-Preserving Prediction for Three-Layer Feedforward Neural Networks Using Ring-LWE-based Homomorphic Encryption

手塚　雄大 *1 Takehiro Tezuka　王 立華 *1,*2 Lihua Wang　林 卓也 *2 Takuya Hayashi　Kim Sangwook*1 Sangwook Kim　為井 智也 *1 Tomoya Tamei

大森 敏明 *1 Toshiaki Omori　小澤 誠一 *1 Seiichi Ozawa

*1神戸大学 Kobe University　*2国立研究開発法人 情報通信研究機構 National Institute of Information and Communications Technology

Concerns about privacy of data prevent from making good use of a huge amount of data. Data analysis while preserving privacy is a very important task. In this research, we propose a Privacy-Preserving Machine Learning that can efficiently compute inner product in a three-layered neural network using Ring-LWE-based Homomorphic Encryption. We propose a two-party model consisting of client and server: the former encrypts input data and receives a classification result from a server and the latter performs predicting process over the encrypted data using a trained classification model. This enables that the client acquires the inference result without revealing the privacy of their data and the server protects their model from exposing it. The proposed method costs 10.549 [ms] per one class for prediction process and performed keeping its accuracy close to the case of sigmoid and ReLU.

1. はじめに

近年，データの利活用が活発化される中で，複数の組織が持つ膨大なデータを統合し，利活用することで，新たなビジネスの創出や様々な社会問題の解決につなげることが期待されている．しかし，プライバシー保護やデータの機密性の確保が大きな壁となり，複数組織間でのデータ共有が問題解決につながっている事例は多くない．これに対して，データを秘匿化したまま解析するプライバシー保護データマイニングの技術が注目されている．また，データ分析には多様な知見やリソースが必要であり，分析モデルの公開は知的財産価値の喪失に繋がる．

そのような状況を踏まえて，Dowlin ら [Dowlin 16] は，学習済みの五層の畳み込みニューラルネットワークを暗号データに適用するモデルを構築した．Juvekar ら [Juvekar 18] は，暗号ライブラリ GAZELLE を作成し，garbled circuits を利用した四層ニューラルネットワークの予測モデルを構築した．

本研究では， Ring-LWE ベース準同型暗号を用いたプライバシー保護可能な三層ニューラルネットワーク (Privacy Preserving Three-Layer Feedforward Neural Networks : PP-TLFNNs) における効率的な推論処理を提案する．本稿では，入力層，中間層，出力層をそれぞれ一層ずつのニューラルネットワークを三層ニューラルネットワークと呼ぶことにする．提案手法では，学習済みモデルをもつサーバとサーバの持つモデルを用いて推論を行いたいクライアントの二者を考える．クライアントはデータを Ring-LWE ベースの準同型暗号により暗号化してサーバに暗号文を渡す．サーバは受け取った暗号データに対して学習済みの分類モデルを用いて推論処理を実行した後，推論結果が含まれる暗号文をクライアントに渡す．クライアントは受け取った暗号文を復号した値から対象データの推論結果を得る．ニューラルネットワークにおける活性化関数にはよく ReLU 関数や sigmoid 関数などが用いられるが，これらは有限次元の多項式で表すことはできない．したがって，提案手法では二次の多項式を用いて，中間層における非線形演算を乗法と加法の組み合わせのみで実現し，乗法性と加法性を備える準同型暗号での計算を可能とする．本研究では，データの Packing 方法の工夫により PP-TLFNNs の効率的な推論処理が可能となる．

本稿では，2 節で使用する準同型暗号について，3 節で準同型暗号を用いた三層ニューラルネットワークの効率的な順方向計算について述べる．4 節では推論に要する実時間性と分類精度の妥当性について評価し，5 節でまとめを述べる．

連絡先: 小澤 誠一，神戸大学数理･データサイエンスセンター，〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1，TEL: 078-803-6466，E-MAIL: ozawasei@kobe-u.ac.jp

2. 準同型暗号

本研究では，準同型暗号として，Lauter ら [Lauter 11] により提案された Ring-LWE ベースの公開鍵準同型暗号方式を用いる．この方式を LNV-PHE（Public key Homomorphic Encryption）方式と呼ぶ. この方式は，加法準同型性と乗法準同型性を持つため，準同型内積演算ができる．

2.1 表記法

n を 2 のべき乗，$\mathcal{R} = \mathbb{Z}[x]/(x^n+1)$ とする．Ring-LWE ベース暗号の平文空間を $\mathcal{R}_p = \mathcal{R}/p\mathcal{R} = \mathbb{Z}_p[x]/(x^n+1)$，暗号文空間を $\mathcal{R}_q = \mathcal{R}/q\mathcal{R} = \mathbb{Z}_q[x]/(x^n+1)$ とする．

整数 y と自然数 q に対して，$y - zq \in [-q/2, q/2)$ をみたす整数 z がただ一つに定まる．このとき，$[y]_q := y - zq$ とする．

同様に，多項式 $u = \sum_{i=0}^{n-1} u_i x^i \in \mathcal{R}$ に対して，$[u]_q := \sum_{i=0}^{n-1} [u_i]_q x^i$ とする．また，$u^{(t)}$ を以下のように定義する．

$$u^{(t)} := -\sum_{i=0}^{n-1} u_i x^{n-i} = u_0 - u_1 x^{n-1} - \cdots - u_{n-1} x.$$

ここで，[Wang 17b] より，任意の二つの多項式 $u, v \in \mathcal{R}$ に対して，次式が成り立つ．

$$(uv)^{(t)} = u^{(t)} v^{(t)}.$$

また，多項式 u の係数ベクトルを $\overline{u} := (u_0, ..., u_{n-1})$ で表す．

次元が等しいベクトル $\overline{u}$ と $\overline{v} = (v_0, ..., v_{n-1})$ に対して，その内積を $\langle \overline{u}, \overline{v} \rangle = \sum_{i=0}^{n-1} u_i v_i$ で定義する．

任意の有界な集合 $\mathcal{A}$ に対し，一様サンプリングを記号 $a \xleftarrow{\$} \mathcal{A}$ で表す．また，$f \xleftarrow{g} \mathcal{R}_{(0,s^2)}$ によって，各係数を独立に分散 s^2 の離散ガウス分布からサンプリングした多項式 $f \in \mathcal{R}$ を表す．

2.2 LNV-PHE 方式を用いた準同型内積演算

本稿では，公開鍵を pk，秘密鍵を sk とし，$c = (c_1, c_2), c' = (d_1, d_2) \in \mathcal{R}_q^2$ をそれぞれ平文 $m, m' \in \mathcal{R}_p$ の暗号文とする．

平文 m 及び暗号文 c に対する暗号化と復号化をそれぞれ $\mathsf{Enc}(pk, m)$，$\mathsf{Dec}(sk, c)$ とし，それらを以下のように定義する．

$$\mathsf{Enc}(pk, m) = (e_1 a + pe_2, e_1 P + pe_3 + m) \in \mathcal{R}_q,$$
$$\mathsf{Dec}(sk, c) = [c_1 S + c_2]_q \mod p \in \mathcal{R}_p.$$

ここで，$pk = (P, a), sk = S$．ただし，$r, S \xleftarrow{g} \mathcal{R}_{(0,s^2)}$, $a \xleftarrow{\$} \mathcal{R}_q$，$P = pr - aS \in \mathcal{R}_q$ であり，$e_1, e_2, e_3 \xleftarrow{g} \mathcal{R}_{(0,s^2)}$ である．

上記の LNV-PHE 方式における加法 $(c_1 + d_1, c_2 + d_2) = \mathsf{Enc}(pk, m + m')$ と乗法 $(c_1 m', c_2 m') = \mathsf{Enc}(pk, mm')$ 準同型演算ができる．また，[Wang 17a] より以下の計算によって内積準同型演算を実現できる．内積準同型演算 $\mathsf{InnerP}(c, c')$ 及びその復号 $\mathsf{DecIP}(sk, ip)$ は下記の通りである．

$$ip_1 = c_1^{(t)} d_1 \in \mathcal{R}_q,$$
$$ip_2 = c_1 d_2^{(t)} + c_2^{(t)} d_1 \in \mathcal{R}_q,$$
$$ip_3 = (c_2^{(t)} d_2 \in \mathcal{R}_q) \bmod x \in \mathbb{Z}_q$$

とし，

$$\mathsf{InnerP}(c, c') := (ip_1, ip_2, ip_3) = ip \in \mathcal{R}_q \times \mathcal{R}_q \times \mathbb{Z}_q.$$
$$\mathsf{DecIP}(sk, ip) := [(ip_1 S^* + ip_2 S) \bmod x + ip_3]_q \bmod p \in \mathbb{Z}_p.$$

ただし，$S^* = SS^{(t)}$ である．

3. 三層ニューラルネットワークにおける効率的なプライバシー保護推論処理 (PP-TLFNNs)

3.1 TLFNNs の順方向計算

入力次元を N, 中間層のノード数を L, クラス数を C とし，一層目の結合荷重を $W^{(1)} = \left(w_{ij}^{(1)}\right)_{N \times L}$，活性化関数を $g(x) = \alpha x^2 + \beta x + \gamma$，二層目の結合荷重を $W^{(2)} = \left(w_{jk}^{(2)}\right)_{L \times C}$ とすると，TLFNNs の順方向計算による入力ベクトル $U = (u_1, ..., u_N)$ に対する出力 $Z = (z_1, \ldots, z_C)$ は次式で表せる．

$$Z \quad = g(U \cdot W^{(1)}) \cdot W^{(2)}$$

したがって，各クラス $k = 1, \ldots, C$ の出力値 z_k は活性化関数の各係数 α, β, γ について次のように整理できる．

$$\begin{aligned} z_k &= \sum_{j=1}^{L} g\left(\sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)}\right) w_{jk}^{(2)} \\ &= \alpha \sum_{j=1}^{L} (\sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)})^2 w_{jk}^{(2)} + \beta \sum_{j=1}^{L} (\sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)} w_{jk}^{(2)}) \\ &\quad + \gamma \sum_{j=1}^{L} w_{jk}^{(2)} \\ &:= z_k^{\alpha} + z_k^{\beta} + z_k^{\gamma}, \end{aligned}$$

$j = 1, ..., L$ に対し，

$$A_j := \sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)} = \langle U, W_j^{(1)} \rangle$$
$$B_j^{[k]} := \sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)} w_{jk}^{(2)} = \langle U, W_j^{(1)} w_{jk}^{(2)} \rangle$$

とし，

$$A := (A_1, ..., A_j, ..., A_L), \quad B^{[k]} := (B_1^{[k]}, ..., B_j^{[k]}, ..., B_L^{[k]})$$

とすると，$z_k^{\alpha}, z_k^{\beta}, z_k^{\gamma}$ はそれぞれ次のように書き直せる．

$$\begin{aligned} z_k^{\alpha} &:= \alpha \sum_{j=1}^{L} (\sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)})^2 w_{jk}^{(2)} \\ &= \alpha \sum_{j=1}^{L} (\sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)})(\sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)} w_{jk}^{(2)}) \\ &= \alpha \sum_{j=1}^{L} A_j B_j^{[k]} = \alpha \langle A, B^{[k]} \rangle, \\ z_k^{\beta} &:= \beta \sum_{j=1}^{L} (\sum_{i=1}^{N} u_i w_{ij}^{(1)} w_{jk}^{(2)}) \\ &= \beta \sum_{j=1}^{L} B_j^{[k]} = \beta \langle \mathbf{1}, B^{[k]} \rangle, \\ z_k^{\gamma} &:= \gamma \sum_{j=1}^{L} w_{jk}^{(2)}. \end{aligned}$$

3.2 Packing 方法

ベクトル $V = (v_1, ..., v_N)$ に対して，Packing を下記のように定義する．

$$\mathsf{Poly}_1(V) \quad := \quad \sum_{i=1}^{N} v_i x^{i-1} \tag{1}$$

$$\mathsf{Poly}_2(V) \quad := \quad \sum_{i=1}^{N} v_i x^{(i-1)N} \tag{2}$$

式 (1), (2) を用いると，ベクトル $U = (u_1, ..., u_N), W_j^{(1)} = \left(w_{1j}^{(1)}, \ldots, w_{Nj}^{(1)}\right)$ 及び $W_j^{(2)} = \left(w_{2j}^{(2)}, \ldots, w_{Lj}^{(2)}\right)$ に対して

$$\begin{aligned} V_{A_j}(x) &:= \mathsf{Poly}_1(U)(\mathsf{Poly}_1(W_j^{(1)}))^{(t)} \\ &= A_j + \sum_{j=1}^{\lfloor n/N \rfloor} (0 \cdot x^{jN}) + [\text{other terms}], \\ V_{B_j^{[k]}}(x) &:= \mathsf{Poly}_2(U)(\mathsf{Poly}_2(W_j^{(1)} w_{jk}^{(2)}))^{(t)} \\ &= B_j^{[k]} + \sum_{j=0}^{\lfloor n/N \rfloor} \sum_{k=1}^{N-1} (0 \cdot x^{k+jN}) + [\text{other terms}] \end{aligned}$$

となり，$V_{A_j}(x), V_{B_j^{[k]}}(x)$ それぞれの定数項に $A_j, B_j^{[k]}$ が現れる．また，$V_{A_j}(x)$ と $V_{B_j^{[k]}}(x)$ の係数ベクトル $\overline{V_{A_j}(x)}$ と $\overline{V_{B_j^{[k]}}(x)}$ の内積は以下のようになる．

$$\langle \overline{V_{A_{[j]}}(x)}, \overline{V_{B_{[j]}^{[k]}}(x)} \rangle = A_j B_j^{[k]}. \tag{3}$$

3.3 暗号文を用いた TLFNNs の順方向計算

暗号文 $\mathsf{Enc}(\mathsf{Poly}_1(U)) = (c_1, c_2)$, $\mathsf{Enc}(\mathsf{Poly}_2(U)) = (d_1, d_2)$ に対して，下記の準同型計算を行うと，$V_{A_j}(x)$ と $V_{B_j^{[k]}}(x)$ の暗号文を求めることができる．

$$\begin{aligned}(\widehat{c_{1,[j]}}, \widehat{c_{2,[j]}}) &:= \left(c_1(\mathsf{Poly}_1(W_j^{(1)}))^{(t)}, c_2(\mathsf{Poly}_1(W_j^{(1)}))^{(t)}\right)\\ &= \mathsf{Enc}(\mathsf{Poly}_1(U)(\mathsf{Poly}_1(W_j^{(1)}))^{(t)})\\ &= \mathsf{Enc}(V_{A_j}(x)),\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\widehat{d_{1,[j]}^{[k]}}, \widehat{d_{2,[j]}^{[k]}}) &:= \left(d_1(\mathsf{Poly}_2(W_j^{(1)}))^{(t)} w_{jk}^{(2)}, d_2(\mathsf{Poly}_2(W_j^{(1)}))^{(t)} w_{jk}^{(2)}\right)\\ &= \mathsf{Enc}(\mathsf{Poly}_2(U)(\mathsf{Poly}_2(W_j^{(1)} w_{jk}^{(2)}))^{(t)})\\ &= \mathsf{Enc}(V_{B_j^{[k]}}(x)).\end{aligned}$$

したがって，式 (3) 及び [Wang 17a] より $A_j B_j^{[k]}$ は $(\widehat{c_{1,[j]}}, \widehat{c_{2,[j]}}), (\widehat{d_{1,[j]}^{[k]}}, \widehat{d_{2,[j]}^{[k]}})$ を用いて内積準同型演算で計算でき，また，加法準同型性より $z_k^\alpha = \alpha\langle A, B^{[k]}\rangle = \alpha\sum_{j=1}^L A_j B_j^{[k]}$ に対応する暗号文は下記のようにして計算できる．

$$\begin{aligned}ip_\alpha^{[k]} &= \alpha\sum_{j=1}^L \mathsf{InnerP}((\widehat{c_{1,[j]}}, \widehat{c_{2,[j]}}), (\widehat{d_{1,[j]}^{[k]}}, \widehat{d_{2,[j]}^{[k]}}))\\ &:= (ip_{\alpha,1}^{[k]}, ip_{\alpha,2}^{[k]}, ip_{\alpha,3}^{[k]}).\end{aligned}$$

ただし，

$$\begin{aligned}ip_{\alpha,1}^{[k]} &= \alpha\sum_{j=1}^L \widehat{c_{1,[j]}}^{(t)} \widehat{d_{1,[j]}^{[k]}} \in \mathcal{R}_q,\\ ip_{\alpha,2}^{[k]} &= \alpha\sum_{j=1}^L \left(\widehat{c_{2,[j]}}^{(t)} \widehat{d_{1,[j]}^{[k]}} + \widehat{c_{1,[j]}} \widehat{d_{2,[j]}^{[k]}}^{(t)}\right) \in \mathcal{R}_q,\\ ip_{\alpha,3}^{[k]} &= (\alpha\sum_{j=1}^L \widehat{c_{2,[j]}}^{(t)} \widehat{d_{2,[j]}^{[k]}} \bmod x) \in \mathbb{Z}_q.\end{aligned}$$

一方，$B_j^{[k]} = \langle(1, 0, ..., 0), \overline{V_{B_{[j]}^{[k]}}(x)}\rangle$ であるため，$z_k^\beta = \beta\sum_{j=1}^L B_j^{[k]}$ の暗号文は下記で計算できる．

$$ip_\beta^{[k]} = (0, ip_{\beta,2}^{[k]}, ip_{\beta,3}^{[k]})$$

ただし，

$$\begin{aligned}ip_{\beta,2}^{[k]} &= \beta\sum_{j=1}^L \widehat{d_{1,[j]}^{[k]}} \in \mathcal{R}_q,\\ ip_{\beta,3}^{[k]} &= (\beta\sum_{j=1}^L \widehat{d_{2,[j]}^{[k]}} \bmod x) \in \mathbb{Z}_q.\end{aligned}$$

また，

$$ip_\gamma^{[k]} = (0, 0, z_\gamma^{[k]}).$$

したがって，$z_k = z_k^\alpha + z_k^\beta + z_k^\gamma$ の結果を含む暗号文は

$$ip^{[k]} = ip_\alpha^{[k]} + ip_\beta^{[k]} + ip_\gamma^{[k]} := (ip_1^{[k]}, ip_2^{[k]}, ip_3^{[k]}).$$

により求められる．ただし，

$$\begin{aligned}ip_1^{[k]} &= ip_{\alpha,1}^{[k]} \in \mathcal{R}_q,\\ ip_2^{[k]} &= ip_{\alpha,2}^{[k]} + ip_{\beta,2}^{[k]} \in \mathcal{R}_q,\\ ip_3^{[k]} &= ip_{\alpha,3}^{[k]} + ip_{\beta,3}^{[k]} + z_k^\gamma \in \mathbb{Z}_q.\end{aligned}$$

3.4 スキーム

本節では，プライバシー保護可能な推論処理のスキームを 5 つの Step に分けて説明する．ただし，$\mathbb{Z}[x]/(x^n+1)$ の次数 n は，入力ベクトルの次元 N に対して $n \geq N^2$ とする．

Step-0 サーバは $k = 1, ..., C$ に対して，事前に

$$\widetilde{\mathsf{Poly}_\alpha^{[k]}} = \alpha\sum_{j=1}^L \mathsf{Poly}_1(W_j^{(1)})\mathsf{Poly}_2(W_j^{(1)})^{(t)} w_{jk}^{(2)},$$

$$\widetilde{\mathsf{Poly}_\beta^{[k]}} = \beta\sum_{j=1}^L \mathsf{Poly}_2(W_j^{(1)})^{(t)} w_{jk}^{(2)},$$

及び $z_k^\gamma = \gamma\sum_{j=1}^L w_{jk}^{(2)}$ を計算しておく．

Step-1 クライアントは自分のデータ U を方式 (1) , (2) を用いてエンコードし，下記のように暗号化してからサーバへ送る．

$$\begin{aligned}\mathsf{Enc}(pk, \mathsf{Poly}_1(U)) &= (c_1, c_2),\\ \mathsf{Enc}(pk, \mathsf{Poly}_2(U)) &= (d_1, d_2).\end{aligned}$$

Step-2 サーバは (c_1, c_2) と (d_1, d_2) を受け取ったら，下記の準同型計算を行い，

$$\begin{aligned}ip_1^{[k]} &= c_1^{(t)} d_1 \widetilde{\mathsf{Poly}_\alpha^{[k]}} \in \mathcal{R}_q,\\ ip_2^{[k]} &= d_1\left(c_2^{(t)}\widetilde{\mathsf{Poly}_\alpha^{[k]}} + \widetilde{\mathsf{Poly}_\beta^{[k]}}\right) + c_1 d_2^{(t)}\widetilde{\mathsf{Poly}_\alpha^{[k]}}^{(t)} \in \mathcal{R}_q,\\ ip_3^{[k]} &= (d_2\left(c_2^{(t)}\widetilde{\mathsf{Poly}_\alpha^{[k]}} + \widetilde{\mathsf{Poly}_\beta^{[k]}}\right) + z_k^\gamma \bmod x) \in \mathbb{Z}_q.\end{aligned}$$

結果 $ip^{[k]} := (ip_1^{[k]}, ip_2^{[k]}, ip_3^{[k]}) \in \mathcal{R}_q \times \mathcal{R}_q \times \mathbb{Z}_q, k = 1, 2, ..., C$ をクライアントに渡す．

Step-3 クライアントはサーバから受け取った結果を復号する．

$$\mathsf{DecIP}(sk, ip^{[k]}) = z_k \quad (k = 1, ..., C).$$

Step-4 クライアントは $\{z_k\}$ の最大値

$$z_{k^*} = \max_{k\in\{1,...,C\}}\{z_k\}$$

を求め，データ U をクラス k^* に分類する．

4. 実験

4.1 速度評価

3.4 節における各 Step の処理時間のベンチマークを測定した結果を表 1 に示す．計測は Core i7-7700K(4.20 GHz) のシングルスレッドで行った．実装には次のパラメータを用いた．

$$\begin{aligned}p &= 32749 \times 32719 \times 32717 \times 32713\\ q &= 2^{96} - 2^{32} + 1\\ n &= 4096, \quad s = 8.0\end{aligned}$$

平文は $p_i \in \{32749, 32719, 32717, 32713\}$ それぞれについて暗号化，計算を行い，復号時に中国剰余定理で p に持ち上げることで高速化を行った．また，実数値は 2^{16} を掛けて床関数により整数化を行った．

表 1: 各 Step の処理時間 (C : クラス数)

処理	時間 [ms]
事前計算 (Step-0)*1	$2747.336 \times C$
暗号化 (Step-1)	8.561
PP-TLFNNs の順方向計算 (Step-2)	$10.549 \times C$
復号 (Step-3)	$0.332 \times C$

表 2: 使用するデータセット

	データ数	特徴量数	クラス数
Satellite	6435	36	6
Australian	690	14	2
German	1000	20	2

Step-0 の事前計算は，モデルを製作した時点でサーバがあらかじめ計算しておく処理であり，クライアントとサーバ間での処理時間に直接的に影響を及ぼさないため，処理速度の実用性の評価はその他の結果から行うこととする．暗号化ではクラス数に依存せず， PP-TLFNNs の順方向計算および復号にかかる時間はクラス数に依存する．Satellite データセットであれば $C = 6$ であるため，順方向計算に 63.294 [ms]，復号に 1.992[ms] で処理できる．これらの結果から，処理速度は十分実用的であると言える．

4.2 精度評価

分類精度の評価には，UCI Machine Learning Repository [Dua 17] にて公開されている 3 つのデータセット Satellite : Statlog (Landsat Satellite) Data Set，Australian : Statlog (Australian Credit Approval) Data Set，German : Statlog (German Credit Data) Data Set を使用した．それぞれのデータセットに関する情報を表 2 に示す．また，これらのデータセットを使用するにあたって，前処理として各データそれぞれで平均が 0, 分散が 1 となるように正規化を行った．中間層の活性化関数には ReLU 関数を二次の多項式により近似したものを用いた．ここで，ReLU 関数の近似は学習過程で中間層に入力された最大値と最小値を含む $[-30, 30]$ の範囲で最小二乗法により行った．

モデルの学習では確率的勾配降下法により学習を行った．そして，求めた結合荷重を提案手法の推論処理で使用した．

本稿の実験では 5 分割の交差検定を行い，分類精度を評価した．中間層の活性化関数に Sigmoid 関数，ReLU 関数を用いた場合と二次関数を用いた PP-TLFNNs の分類精度を表 3 に示す．

表 3 の結果から，PP-TLFNNs は Sigmoid 関数や ReLU 関数を用いた TLFNNs に対して，近い精度で推論処理を行えたことがわかる．

5. まとめ

近年，データのプライバシーに対する懸念が，データの利活用の活発化への大きな障壁となっていた．それにより，複数組織が膨大なデータを所有していても，それらをより効果的に利用することが困難な問題があった．そのような状況に対して，データのプライバシーを保護した状態で解析を行える技術が求められている．そこで，本研究ではデータを暗号化した状態で推論処理を行えるモデルを構築した．

*1 実装では漸近的に高速なアルゴリズムを使用していないため，高速化の余地は残っている．

表 3: 分類精度の比較．PP-TLFNNs は暗号文実装のモデル，TLFNNs は平文実装のモデルを指す．

中間層における活性化関数	PP-TLFNNs	TLFNNs	
	二次関数	Sigmoid 関数	ReLU 関数
Satellite	0.871 ± 0.016	0.899 ± 0.027	0.900 ± 0.023
Australian	0.857 ± 0.041	0.875 ± 0.028	0.875 ± 0.039
German	0.741 ± 0.020	0.774 ± 0.026	0.778 ± 0.036

本稿では，準同型暗号を用いた三層ニューラルネットワークにおいて，Packing 方法の工夫により効率的な推論処理を提案した．速度評価では，それぞれの処理を実用的な時間で実現することを示した．また，精度評価では二次関数を用いたことによる精度の低下は見られたが，依然として高い精度で分類できることを示した．これにより，複数組織がデータの情報を漏らすことなく，それぞれのデータを解析することが可能となり，さらなるデータ利活用の促進が期待できる．

今後は活性化関数の近似手法の改良や暗号方式の工夫によるネットワーク構造の拡張等による分類精度の向上，さらには実データへの適用を目指したい．

謝辞

本研究の成果は JST CREST 研究領域「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」研究課題「複数組織データ利活用を促進するプライバシー保護データマイニング」JST CREST JPMJCR168A，JSPS 科研費 JP15K00028 の助成を受けて得られたものです．

参考文献

[Dowlin 16] Dowlin, N., Gilad-Bachrach, R., Laine, K., Lauter, K., Naehrig, M. and Wernsing, J.: Cryptonets: Applying neural networks to encrypted data with high throughput and accuracyrq, *ICML 2016*, pp. 201-210 (2016)

[Juvekar 18] Juvekar, C., Vaikuntanathan, V. and Chandrakasan, A.: GAZELLE: A low latency framework for secure neural network inference, *Usenix Security 2018,* pp. 1651–1669 (2018).

[Lauter 11] Naehrig, M., Lauter, K. and Vaikuntanathan, V.: Can homomorphic encryption be practical?, *CCSW'11*, pp. 113–124 (2011).

[Wang 17a] Wang, L., Hayashi, T., Aono, Y. and Phong., L. T.: A generic yet efficient method for secure inner product., *NSS 2017, LNCS 10394*, pp. 217–232 (2017).

[Wang 17b] Wang, L., Aono, Y. and Phong, L. T.: A new secure matrix multiplication from Ring-LWE., *CANS 2017, LNCS 11261*, pp. 93–111 (2017).

[Dua 17] Dua, D. and Taniskidou, E.K.: UCI Machine Learning Repository, `http://archive.ics.uci.edu/ml`, (2017)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

データプラットフォームにおける異分野データネットワークの成長過程に関する一考察

Network Growth Process on Cross-disciplinary Data in the Data Platform

早矢仕晃章[*1]
Teruaki Hayashi

大澤幸生[*1]
Yukio Ohsawa

[*1] 東京大学大学院　工学系研究科　システム創成学専攻
Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo

Data are generated every moment, and new kinds of data appear one after another in the real world. In recent years, problem-solving by exchanging/combining data among different domains is one of the social demands. In the Web and Social Networking Services, many models to express the complex networks and their growth process have been proposed. However, the network model focusing on data from different domains in the data platform has not been discussed. In this study, we observed the process of network growth of cross-disciplinary data using the summarized information about data–data jacket–, and considered the dynamic change of the characteristics of the network in its growth process. From the characteristics of the dynamic network, we demonstrated several strategies as data platformers.

1. はじめに

実社会において，多種多様なデータが時々刻々と生成され，新たな種類のデータが続々と登場してきている．近年，データを交換可能な材として，異分野間でデータを交換・結合させることで問題解決する動きが活発になってきている．このような取引が行われるプラットフォームとして，データ流通市場，データ取引市場など，多様な形態のデータ市場及び関連サービスが萌芽してきている．データ市場では多様なステークホルダーのデータがプラットフォームに登場し，他者と交換・取引されるという点で，データをノードとしたネットワークは絶えず成長するネットワークと言える．さらに，国内外でデータプラットフォームのサービスが立ち上がりつつある中で，プラットフォーマーとしての覇権争いが行われつつある[早矢仕 19a]．しかし，どれほどの規模のデータがあればプラットフォームとして十分に機能するのか，また，どのような種類のデータをプラットフォームで取り扱うことで，自律的にコミュニティが成長するのか，ということは研究されてきていない．新たなデータがプラットフォームに参入する過程をダイナミックに捉え，モデル化することは，将来のデータのプラットフォームの活性化において重要な課題である．

Web や SNS などでは，データの複雑ネットワーク及びその成長過程を表現する様々なモデルが提案されてきた（[伏見 14][Osaka 17]など）．しかし，データ市場における異業種のデータ固有の特徴に着目したモデルは十分議論されてきたとは言い難い．そこで本研究では，データ概要情報データジャケットを用いて異種のデータのネットワークが成長する過程を観察し，成長過程におけるネットワークのダイナミックな特徴の変化について考察する．

連絡先：
早矢仕晃章，東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻，hayashi@sys.t.u-tokyo.ac.jp
This research was supported by JST, CREST (JPMJCR1304). 本研究にご協力いただいた共同印刷株式会社の皆様に心より感謝申し上げます．

2. 異分野データの動的ネットワーク作成

2.1 データジャケット

データジャケット（Data Jacket: DJ）は，データの概要情報を記述するためのフレームワークである[Ohsawa 13]．データに関する説明文や含まれる変数の名前（変数ラベル），保存形式，共有条件などをデータ概要情報として記述することでデータを秘匿としたまま，異なる分野のデータについて理解可能となる（図 1）．DJ はメタデータの一形態であるが，通常のメタデータと異なり，DJ は人間がデータについて理解し，議論可能とすることを目的としている．また，異なるフォーマット，異なる粒度の変数ラベルを有するデータを共通の記述ルールによって構造的にメタデータ化することで，様々な形式のデータを統一的に扱うことができる．この特徴を用いて，[早矢仕 18b][Hayashi 18]は，変数ラベル及びデータが持つコンテキスト（文脈）を介した異分野データネットワークの解析を行い，ネットワークの特徴及びデータ市場における特徴的なデータの振る舞いについて論じた．なお，変数ラベルとは，データ固有の変数を自然言語によって記述された説明文を意味する．

DJ No. XX【購買履歴データ】	
概要	東京都の◯◯スーパーマーケットで収集されている顧客の購買行動履歴。
収集方法・コスト	ポイントカードとPOSによって取得
共有条件	共有不可
データの種類	表形式、テキスト、数値
保存形式	CSV
分析・シミュレーション	時系列分析
変数ラベル	氏名、性別、顧客ID、支払金額、購入品目、日にち
分析結果	• その日の売上の計算 • 今後の売上の予測と仕入れの推定
期待される分析	顧客の購買行動とリピート率を計算し、ロイヤルカスタマーの特定が可能かもしれない。
コメント	有効なデータの組み合わせが発見されればデータの提供あるいはコラボレーションもあり得る。

図 1　DJ の記入例（[早矢仕 18a]より引用）

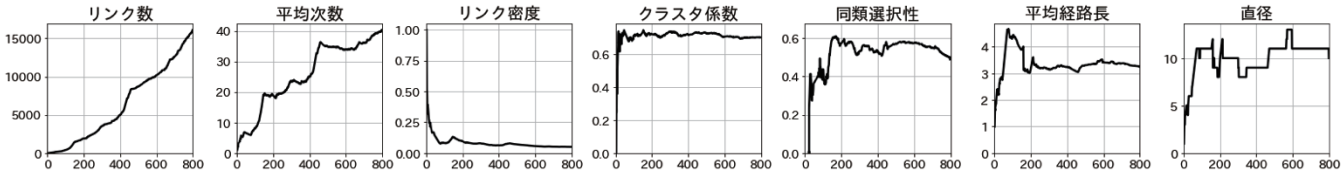


図 2　DJ（ノード数）の増加に伴う各ネットワーク特徴量の変化（横軸：ノード数）

2.2 目的と解析アプローチ

従来研究では，時間を固定した静的ネットワークを対象とした分析に留まっていた．実社会のネットワークの多くは時間変化する動的ネットワークである．そして，データ市場におけるプラットフォームでは新たなデータが参入することでデータ間の関係は時々刻々と変化するものと考えられる．ネットワークの成長過程を観察することにより，特徴的な構造変化を与えたデータの振る舞いと特徴を捉え，考察を行うことが本研究の目的である．データプラットフォームをネットワークで議論することで，ネットワークの諸問題が適用可能となり，データ同士の関係性を理解できる．変数が共通しているデータは互いに似ているという仮定によって，データの類似性を考慮したネットワークを議論できる．

本研究では，DJ ストア[1][早矢仕 16]から入手できる 1316 件の DJ のうち，ネットワークで表現した際に最大コンポーネントを構成する 798 件の DJ を対象として分析を行う．なお，ネットワークの各ノードは DJ を表し，DJ 同士が共通する変数ラベル（Variable Label: VL）を保有している場合にリンクが張られるものとした．例えば，「東京都の病院の位置情報」と「東京都に設置されている警察署の設置情報」という DJ が「緯度」と「経度」という変数ラベルを共通して有していた場合，2 つの DJ にはリンクが張られる．また，ネットワークの性質を理解する上で，ネットワークの基本統計量を用いる．本稿では，動的ネットワークの変化の特徴として，ネットワークのリンク数，各ノードの平均次数，リンク密度，クラスタ係数，同類選択性，平均経路長，ネットワーク直径の 7 項目を選んだ．

3. 結果と考察

3.1 異分野データのネットワーク

DJ の VL によるネットワークを用いることで，データのネットワークがどのように成長したのかということを時系列に従って分析することが可能となる．表 1 は 798 件の DJ の静的ネットワークの特徴量を表したものである．表にあるように，VL を介したデータのネットワークの平均次数は 40.29 と高く，リンク密度 0.051 と低い値を示している．一方，クラスタ係数は 0.702 と高い値である．リンク密度が大域的な密度を表し，クラスタ係数が局所的な密度を意味する指標であることを考慮すると，異分野データのネットワークは局所的に密なネットワークを作りやすく，大域的に密度が低い性質を持っていることが分かる．つまり，同じような変数を持つデータ同士が局所的に大きな塊を作るため，大域的に見たときに疎な構造となっているのである（図 3）．

同類選択性は隣接する 2 ノード間の次数相関を示す指標である．経験的にタンパク質などの自然界のネットワークやインターネットなどの工学系ネットワークは同類選択性が負になることが知られている．一方で，論文の共著関係や SNS などの人間関係を表すネットワークの同類選択性は正の値となりやすい．本研究の同類選択性は 0.489 と高く，同じようなデータは互いに密なネットワークを構成するものの他の領域のデータとは繋がりが疎となる特徴を持つことが分かった．また，ノード数に対して平均経路長は比較的短く，直径も小さいことから，異分野データのネットワークはスモールワールド性を有していると考えられる．

図 2 は DJ による異分野データの動的ネットワークとして捉えた際に，ノード数の増加に伴って変化するネットワークの特徴を表す指標をグラフ化したものである．リンク数は DJ の増加に伴い単調に増加しているが，あるデータの出現によってネットワーク全体のリンク数が急増する点が数箇所見られる．例えば，721 番目の「駐車場利用データ」，481 番目の「公衆トイレ情報」などはそれぞれ 160 リンク，102 リンクと，データ登場時に極めて高いリンク数を獲得している．リンク数の変化量は平均次数にも影響している．平均次数を見ると，基本的には増加しているが，リンク数の急激な増加が起こった直後に減少している部分が観察できる．これは極端に多くのリンクを獲得したデータが現れた後に見られる．極端に多くのリンクを獲得したデータが出現した直後は通常のリンク数を持つデータが乗っていくるため，ネットワーク全体の平均次数が低下するものと考えられる．

続いて，リンク密度とクラスタ係数の 2 つの指標の変化を観察すると，ノード数の増加に伴い，リンク密度は急激に低下し，一方でクラスタ係数は初期から高い値を示しており，0.70 前後の値を上下し，安定した構造を見せている．これは，データのネットワークが初期の段階から局所的に密な構造となることが分かる．また，データの追加によって密度は大きく変化することなく，局所的に密度が高い部分にてリンクを獲得していくものと考えられる．次数相関を表す同類選択性はクラスタ係数と同じく，初期から高い正の値を示しており，同じような次数のデータが互いに繋がりやすい傾向がネットワーク生成の初期から現れていることが分かる．平均経路長の変化を見ると，初期は比較的長く，その後 3.1 から 3.5 の間を推移し，安定している．ネットワーク直径もノードの増加による大きな変化はなく，10 前後を推移している．異分野データのネットワークはデータ数が少ない初期の段階から局所的に密かつ大域的に疎であり，平均次数は増加するものの他のネットワーク特徴量はデータ数 200 件ほどから急激に変化しないことが分かった．

表 1　ネットワークの特徴量

	最大コンポーネント
ノード数	798
リンク数	16076
平均次数	40.29
リンク密度	0.051
クラスタ係数	0.702
同類選択性	0.489
平均経路長	3.26
直径	10

[1] http://160.16.227.37/index/DJStore

図 3　異分野データネットワーク

3.2 データプラットフォーマーとしての戦略立案例

前節で議論したネットワークの特徴から，データプラットフォーマーとしていくつかの戦略を立案することができる．まず，自律的なコミュニティ成長においては，そのコミュニティおいて核となるデータが必要となる．すなわち，ネットワークにおいて中心性が高いデータやクラスタにおいてリンク数が高いデータが該当する．予めこのような特徴量を高くし得るデータをプラットフォームに含めておくことにより，新たなデータがプラットフォームに参入してきた際にリンクを獲得する可能性が高くなる．データ提供者にとって，自身の保有するデータがどれだけ他のデータと結合可能性が高く，周りの他のデータと比較して優位性があるのかということがデータ提供のモチベーションになるからである．

また，本稿におけるネットワークでは，同類選択性が高く，リンク密度が低い．そのため，同類選択性を低くし，リンク密度を高めるデータをプラットフォームに参入させるという戦略も考えられる．これにより，人間関係のネットワークのように局所的に強い繋がりが表れやすい「タコツボ化」が緩和し，他の領域のデータとの繋がりが生まれやすくなる．異分野データ連携を活性化させる上でプラットフォーマーは，同類選択性が高く，リンク密度が低い傾向が観察されたら，媒介中心性などを高めるデータ保有者のデータをプラットフォームに提供すると良いだろう．

4. 結論

本稿では，データ概要情報データジャケットを用いて異種のデータのネットワークが成長する過程を観察し，成長過程におけるネットワークのダイナミックな特徴の変化について考察した．本稿で扱った異分野データのネットワークは，[早矢仕 18a][早矢仕 19b]から始まった研究であり，まだまだ発展途上である．本稿のように複雑ネットワークの諸問題に落とし込むことで多様な手法が適用可能となり，データプラットフォームに関する研究のさらなる発展が期待できると考えている．

Barabási らの研究から派生し，成長するネットワークには様々なモデルや時間を考慮したテンポラルネットワークなどの動的ネットワークに関する研究が進んできた（[Leskovec 05][Holme 13]など）．また，ネットワークにおける新参のノードが「下剋上」を起こして中心的な存在になることが知られている[Bianconi 01]．今後の研究では，「あるデータの登場によってどのように他のデータとの関係性が変化していくのか」という成長モデルを構築するとともに，どのような変数を含むデータを新たに設計することによって，プラットフォーム上で優位な存在となるのかということを明らかにしていきたい．また，異分野データ連携において，データの変数のみならず，文脈における共通性も重要な特徴である．データランドスケープ[早矢仕 18b]を導入したネットワークの成長過程を観察し，文脈を考慮した潜在的なデータの繋がりと動的変化を議論する必要があるだろう．また，部分的に観測されたネットワーク構造から残りの構造を推定するリンク予測問題と考えれば，潜在的なリンクを推定し，未知の VL または秘匿 VL の存在を明らかにすることができるなど，データ市場及びデータ流通プラットフォームにおいて重要な知見を得ることができると考えている．

参考文献

[Bianconi 01]　Bianconi, G., Barabási. A.L.: Bose-Einstein Condensation in Complex Networks, Physical Review Letters, Vol.86, No.24, pp.5632-5635 (2001)

[伏見 14]　伏見卓恭, 斉藤和巳, 風間一洋: PageRank に基づく動的ネットワークの構造変化抽出, 知識ベースシステム研究会, Vol.B4, No.02, pp.31-37 (2014)

[早矢仕 16]　早矢仕晃章, 大澤幸生, “Data Jacket Store: データ利活用知識構造化と検索システム,” 人工知能学会論文誌, Vol.31, No.5 (2016)

[早矢仕 18a]　早矢仕晃章, 大澤幸生: データ市場におけるデータのネットワークと関係性の分析−データの属性と繋がりからの考察−, 信学技報, 人工知能と知識処理研究会, Vol.117, No.440, pp.49-54 (2018)

[早矢仕 18b]　早矢仕晃章, 大澤幸生: データ 3.0 時代のデータランドスケープ, 2018 年度人工知能学会全国大会 (2018)

[Hayashi 18]　Hayashi, T., Ohsawa, Y.: The Difference between Variable-based and Context-based Networks of Data Using Data Jackets, 22nd International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering System, Vol.126, pp.1740-1747 (2018)

[早矢仕 19a]　早矢仕晃章, 小口裕, 飛沢省二, 大澤幸生: 日本・米・欧州・中国のデータ市場ビジネスの動向, 信学技報, 人工知能と知識処理研究会 (2018)

[早矢仕 19b]　早矢仕晃章, 岩永宇央, 岩佐太路, 大澤幸生: データジャケットを用いた異分野連携に資するデータの特徴とネットワーク分析, 日本知能情報ファジィ学会誌, in Press (2019)

[Holme 13]　Holme, P., Saramäki, J.: Temporal Networks, Understanding Complex Systems, Springer (2013)

[Leskovec 05]　Leskovec, J., Kleinberg, J., Faloutsos, C.: Graphs over time: densification laws, shrinking diameters and possible explanations. the 11th International Conference on Knowledge Discovery in Data Mining, pp.177-187 (2005)

[Ohsawa 13]　Ohsawa, Y., Kido, H., Hayashi, T., and Liu, C.: Data Jackets for Synthesizing Values in the Market of Data, 17th International Conference in Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Procedia Computer Science, Vol.22, pp.709-716 (2013)

[Osaka 17]　Osaka, K., Toriumi, F., Sugawara, T.: Effect of direct reciprocity and network structure on continuing prosperity of social networking services, Computational Social Networks, Springer, Vol.4, No.2, pp.1-20 (2017)

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-2

[2G4-OS-2b] データ流通社会における技術基盤と異分野連携(2)

早矢仕 晃章（東京大学）、大澤 幸生（東京大学）

Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 4:40 PM Room G (302A Medium meeting room)

[2G4-OS-2b-01] Proposing the Enactment of Data Registration

〇Makoto Koike[1,2] （1. Makoto Koike Microwave Research Institute, 2. Micro Patent Office）

3:20 PM - 3:40 PM

[2G4-OS-2b-02] Design of Data Flow Process among Multiple Organizations for PR Measurement

〇Kunihiko Ueshima[1], Taito Tosaka[2], Kohei Taniguchi[3], Teruaki Hayashi[4], Yukio Ohsawa[4] （1. Japan Data Exchange, Inc., 2. OZMA, Inc., 3. Kikkoman Corporation, 4. School of Engineering, The University of Tokyo）

3:40 PM - 4:00 PM

[2G4-OS-2b-03] (Invited talk) Expectation for data trading

〇Aki Ando[1] （1. ABeam Consulting Ltd.）

4:00 PM - 4:20 PM

[2G05-07-4] Panel discussion

4:20 PM - 4:40 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

データ登録制度の提案
Proposing the Enactment of Data Registration

小池 誠[*1, 2]
Makoto Koike

[*1] 小池誠マイクロ波研究所 Makoto Koike Microwave Research Institute
[*2] マイクロ特許事務所 Micro Patent Office

An amendment to the Unfair Competition Act in 2018 in Japan provides for civil remedies such as damages and injunction against unfair acquisition, use and disclosure of data that satisfy certain requirements. However, it is not easy to prove the ownership and content of the data, let alone the change of right concerning data. Therefore, this presentation presents the proposal of enacting the registration of data with a legal framework of ensuring bona fide commercial transactions thereof. This presentation does not concern with a privacy but property aspect of data.

1. はじめに

自動車の自動運転では三次元地図データが活用されており，人工知能の機械学習，特に教師あり学習ではデータセットが活用されている．このようにデータには財産的価値があるので，平成 30 年に不正競争防止法が改正され，管理性，相当蓄積性などの一定の要件を満たすデータについては，限定提供データとして保護対象に追加された[小池 19]．限定提供データの不正取得行為，不正使用行為及び不正開示行為は，不正競争とされ（2 条1項），差止請求権(3 条)，損害賠償請求権(4条)などの民事的措置が認められるようになった．

ここで，データは知的財産の一種であるが，知的財産としては，特許法が定める発明，意匠法が定める意匠，商標法が定める商標，著作権法が定める著作物などがある．特許権，意匠権，商標権などの産業財産権は，不動産と同様に登録という一種の公示制度を採用しており，第三者は登録番号から権利の有無及び内容について確認することができる．

しかしながら，限定提供データについては，産業財産権と異なって，権利の有無が明確でなく，第三者がデータに関する権利について調査することも容易ではない．

そこで，本稿は，産業財産権登録制度，著作権登録制度などを参考にして，データ登録制度を創設し，データに関する権利の有無を明確化することを提案する．

なお，データが個人情報に関するときには，不正競争防止法に限られず，個人情報保護法も適用されることになる．しかしながら，紙片の都合により個人情報保護法は本稿の対象外である．

2. 登録制度の必要性

2.1 データの特徴

限定提供データは，電磁的方法，即ち，電子的方法，磁気的方法その他人の知覚によっては認識することができない方法により相当量蓄積され，管理されている情報と定義されているので（不正競争防止法2条7項），権利の対象は人の知覚によって認識することができず，その特定が必ずしも容易でない．

例えば，書籍，音楽などの著作物は人の知覚により認識することができ（著作権法2条1項1号），この認識を通じて特定することができるが，この点において相違する．

連絡先：小池誠，patentcom007@gmail.com

確かに，データジャケットに記載されたメタデータで，限定提供データは特定できる[Ohsawa 15]．しかしながら，権利者，及び，侵害と訴えられた当事者が，データジャケットのフォーマットでメタデータを記録しているとは限らない．

また，限定提供データの紛争では，メタデータのレベルで，データの同一性を判断するのでなく，メタデータの対象となるデータのレベルでデータの同一性を判断することが求められる．

そこで，限定提供データの内容，即ち，権利の対象を登録で明確化することが所望される．

2.2 客体の同一性

限定提供データでなく，まず，著作権で考える．著作権法では，2人の創作者が別箇，独立に同一又は酷似する著作物を創作したときには，2つの著作権が併存する．著作権法では，権限なく他人の著作物を複製する行為が侵害となる．

著作権を巡る現実の紛争では，侵害と訴えられた当事者が，独自に著作物を創作して，偶然，似てしまったのか，それとも著作権者の著作物を複製したのか，という事実の争いになることがある．結局のところ，権利者が，相手の行為に関する事実を立証できるかという立証の問題に帰着する．

限定提供データも著作物と同様であり，理論的には，2人が同一のデータを偶然，蓄積したときには別箇，独立に権利が発生する．しかしながら，現実にそのような事象が起きる確率は小さく，データの漏洩，不正アクセスなどの権利侵害があったのではないかという疑義が生じる．このような紛争を想定したときには，限定提供データの内容が，登録で明確になっていることが所望される．

そこで，主に著作権の登録を参酌して，以下，データ登録制度について提案する．

3. 登録制度の概略

3.1 権利の発生

限定提供データに関する財産権は，所定のデジタルデータを蓄積し，管理することで発生するが，これらは事実行為であり，法律行為でない．ここで，特許権などの産業財産権では設定の登録により権利が発生し（特許法 66 条等），移転などでも登録が効力発生要件に定められている（特許法 98 条等）．すると，産業財産権のように限定提供データの登録が効力発生要件と定めるのは適切でない．

一方，著作権法では，著作物の創作により，著作権が発生するが，著作権の発生については登録が不要であり，©という記号を付すというような方式も不要である．

著作権法は著作物の登録について規定しており，著作者，第 1 発行年月日，創作日が登録できる（著作権法 75 条，76 条，76 条の 2），登録は第三者対抗要件とされている（著作権法 77 条）．同様に限定提供データの登録は第三者対抗要件に定めることが求められる．

3.2 登録の要件

著作物の登録には，原則として，公表という要件が定められている（著作権法 75 条，76 条，76 条の 2）．ただし，プログラムの著作物については公表が要件とされておらず，プログラムの著作物については公表前に登録できる（著作権法 78 条の 2）．

すると，限定提供データの登録について，公表を要件とするか否かが問われるのであるが，プログラムの著作物と同様に公表を要件とすることなく，登録を認めるべきである．公表を要件とした場合，限定提供データは複製が容易なので，第三者が複製して，限定提供データに関する権利を侵害する事態が発生することが想定される．

また，限定提供データについて，譲渡，質権の設定など権利変動について登録できるように定め，取引の安全を図るのが所望される．具体的には下記のような条文が望まれる．

次に掲げる事項は，登録しなければ，第三者に対抗することができない．

一　限定提供データ権の移転（相続その他の一般承継によるものを除く．次号において同じ．）若しくは信託による変更又は処分の制限

二　限定提供データ権を目的とする質権の設定，移転，変更若しくは消滅（混同又は限定提供データ権若しくは担保する債権の消滅によるものを除く．）又は処分の制限

3.3 登録手続

不正競争防止法は経済産業省が所掌するので，「経済産業大臣が登録原簿に記載し，又は記録して行う」というような規定を設けるべきである．

また，限定提供データはデジタルデータとなるので，登録申請書にはデジタルデータの複製物を添付すべきである．

情報通信技術の進展に鑑みて，インターネットのような情報通信回線により登録の申請を行うのが適切である．工業所有権に関する手続等の特例に関する法律，行政手続等における情報通信の技術の利用に関する法律などが先例となる．

3.4 登録機関

登録機関は，限定提供データをコンピュータに登録するという情報処理業務を遂行することが求められる．登録業務は，大量かつ定型的な業務であり，一定の専門的技術，知識と相当の設備が求められる．従って，経済産業省のような政策官庁が登録機関となって，経済産業省の建物内部にホストコンピュータなどのハードウェアを設置するのは現実的でない．

そこで，工業所有権に関する手続等の特例に関する法律，プログラムの著作物に係る登録の特例に関する法律，著作権等管理事業法などと同様に登録機関を指定することができる旨を法定するのが適切である．

工業所有権に関する手続等の特例に関する法律では，第19条第2項の規定に基づくが登録情報処理機関として，一般財団法人工業所有権電子情報化センター（東京都千代田区五番町）が指定されている[特許庁　17]．

プログラムの著作物登録では，登録機関が指定することができる旨が定められており，これに伴って，一般財団法人ソフトウェア情報センターが指定されている[金井　92]．

3.5 方式審査

登録機関は，限定提供データの登録について方式審査を行うことが所望される．法令の規定に従った方式により申請されているかなど却下事由に該当しないかどうかを審査する．

一方，限定提供データの成立要件は法定されているが，相当蓄積性の要件，管理要件などの実体審査をするのは適切でない．

3.6 秘密保持義務

登録機関の情報処理業務について秘密保持を定め，違反したときには刑罰規定を設ける．例えば，下記のような規定である．

1　指定登録機関の役員若しくは職員又はこれらの職にあつた者は，登録事務に関して知り得た秘密を漏らしてはならない．

2　登録事務に従事する指定登録機関の役員又は職員は，刑法（明治四十年法律第四十五号）その他の罰則の適用については，法令により公務に従事する職員とみなす．

3.7 情報の信託

平成 30 年になってから，総務省が情報銀行の社会実装を提案している[総務省　18]．ここで，情報銀行とは，個人とのデータ活用に関する契約等に基づき，パーソナルデータ・サービスのようなシステムを活用して個人のデータを管理するとともに，個人の指示又は予め指定した条件に基づき個人に代わり妥当性を判断の上，データを他の事業者に提供する事業である．

情報銀行は，個人情報の信託という要素があるのだが，著作物の信託という要素がある著作権等管理事業法を参酌して，法制度を設計するのが所望される．著作権等管理事業法については，[清野 01]が詳しい．

4. まとめ

著作権法の登録などを参考にして，限定提供データの登録について提案した．

参考文献

[Ohsawa 15] Yukio Ohsawa, Hiroyuki Kido, Teruaki Hayashi, Chang Liu, Kazuhiro Komoda, Innovators marketplace on data jackets, for valuating, sharing, and synthesizing data. In *Knowledge-Based Information Systems in Practice*, pp. 83-97, Springer, Cham. 2015

[金井　92]　金井重彦:著作権の基礎知識 コンピュータプログラム，ぎょうせい，1992

[小池 19]　小池誠: データの法的保護―平成 30 年不正競争防止法改正の紹介―，信学技報，vol. 118, no. 453, AI2018-38, pp. 5-10, 2019

[清野　01]　清野正哉: 著作権等管理事業法，中央経済社，2001

[総務省 18]　総務省編: 平成 30 年版情報通信白書，日経印刷，2018

[特許庁　17]　特許庁編: 工業所有権法（産業財産権法）逐条解説，第 20 版，発明推進協会，2017

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

PR 効果測定のための複数組織間のデータ流通プロセス設計

Design of Data Flow Process among Multiple Organizations for PR Measurement

上島 邦彦[*1] Kunihiko Ueshima　登坂 泰斗[*2] Taito Tosaka　谷口 耕平[*3] Kohei Taniguchi　早矢仕 晃章[*4] Teruaki Hayashi　大澤幸生[*4] Yukio Ohsawa

[*1] 株式会社日本データ取引所 Japan Data Exchange, inc.

[*2] 株式会社オズマピーアール OZMA, inc.

[*3] キッコーマン株式会社 Kikkoman Corporation

[*4] 東京大学大学院工学系研究科 School of Engineering, The University of Tokyo

In this study, we designed and conducted the process of data flow to evaluate the effectiveness of PR and communication. Based on the process, we obtained 15 datasets from 15 different companies in about four months and created the integrated time-series data on trends of the product market, taking account of seasonality, trends, advertisement and PR activities, and unexpected events. The result suggests that our method can reduce the cost and failure risk in flowing data among multiple organizations and encourage the sustainable use of various data, reducing the workload of all the stakeholders as smooth as possible.

1. はじめに

データ流通産業の成長に伴って, 広告・PR 施策の投資対効果を検証する手法の確立が望まれている. しかし, 次の 2 つの意味で「越境的な」効果測定の手法は, 日本国内で十分に普及したとは言えない. 一つは, オンライン/オフラインの「施策」をまたいだ検証であり, もう一つは, 店頭販促, デジタル施策, TV CM などの「業域」をまたいだ検証である. というのも, 企業におけるデータ活用には次の 3 つのトリレンマがある.

- 経営指標に対する貢献の直接性, 明証性
- 事業活動における実用性, 持続性
- 分析手法としての先進性, 高度性

上記すべての満足を目指すデータ活用プロジェクトは, 実施コストや失敗リスクが肥大し, データの改竄や, 分析品質の低下, 解析システムの誤作動などが生じやすくなることが懸念される. 企業は, 限られたリソースによるデータ分析を, 簡潔に, 持続的に行う必要に迫られている. 広告・PR 業界でデータ活用に取り組む企業も, その例に漏れない. 以上を踏まえ, 私たちは以下の 3 点を目的とした研究を行った[OZMA 18].

(1)多様なデータに含まれる項目（変数群）に着目し, 企業の中長期的なマーケティング・コミュニケーション活動が生活者の消費行動に与える影響を測定する指標を策定する手法の開発

(2)上記の指標策定に当たって必要なデータの設計や分析手法を探索・選択するプロセスの開発とシナリオの生成

(3)参画企業内で上記の手法・指標の実用化に向けた実証実験

本稿では特に(2)に着目し, 複数の組織間で複数のデータを対象に所在調査, データ活用知識の表出・整理, 権利処理, 品質評価, データ設計, 分析手法の選定, 手法の適用, 結果の評価に至る一連のデータ活用プロセスを設計し, 適用した結果を報告し, そのプロセスについて議論する.

連絡先：上島邦彦, 株式会社日本データ取引所, 東京都渋谷区猿楽町 9-8 URBANPARK 代官山 I, 03-6455-1397, ueshima@j-dex. co. jp

2. 関連研究

これまでにも, オンラインとオフラインを統合した効果検証の要素技術はいくつか提案されてきた. 例えば, 店舗施策と DMP の連携, シングルソースパネルによるメディア接触と購買行動の横断分析, スマホアプリの行動ログ, 監視カメラ, ビーコンによる来店検知, EC サイト会員情報と実店舗 POS の ID 連携, 来店者の個人情報（顔, 指紋, 肉声等）による認証が挙げられる.

しかしいずれの技術でも, 得られるデータは個々の業域における特定用途に限られていた. 従って, 「施策」や「業域」をまたいだ知識を得たい利用者は, ①短期間に多大な技術投資を行うか, ②長期の実施計画に基づいた, 複数の調査プログラムを継続的に行うかを選択しなければならない. 一連の業務フローに沿った指標を策定するためには, 多種多様なデータを, なるべく低負荷で, 速やかに, 持続的に活用できることが望ましいとされる. こうした背景から, PR 戦略研究において, 関連業務フローの全体を考慮した, データ活用のライフサイクルが提案されている[Alex 17].

他方で, 組織を横断したデータ流通には様々な障壁があることが知られている. [METI 15]は, データの提供及び交渉における時間・労力・合意の不確実性を障壁として挙げている. 特に, データの利用権限に関する条件整理は, 「契約実務の蓄積が乏しいこと, あるいは当事者間の認識・理解のギャップがあること等により, 契約の締結が進まないという課題」がある [METI 18] .

結果として, 多くの要素技術が提案され, データ活用のライフサイクルを描いた概念モデルが作成されてはいても, 実際にデータ提供を行ったことのある企業は少ない. [METI 16]によれば, 「自社のデータを社外の企業・組織に提供・連携した経験」のある企業は 26. 5%（n=584, 日経 BigData 調べ）に留まっていた.

なかでも, 利用規約の異なる多種類のデータを, 業界・分野の異なる多種類の組織が, 互いに合意のうえで提供・利用する試みは, 実現していなかった.

3. データ流通プロセスの設計

そこで本研究では, CRISP-DM (Cross-Industry Standard Processing for Data Mining)[Shearer 00], Data Jacket [Ohsawa

13], Action Planning [Hayashi 14]のほか, データ活用を円滑化する 15 の手法・ツール群を用いたデータ流通プロセスを設計し, その適用を行って, 15 社の企業が保有するデータと知識を組み合わせた時系列解析を行った.

まず, CRISP-DM を用いて, データ分析の標準的な業務工程について, 研究の当事者間で理解を行った. 次に, データの所在調査, 利用可否の吟味, データ活用知識の表出・整理を行うため, Data Jacket 及びデータ利活用方法検討ワークショップ Innovators Marketplace on Data Jackets を導入し, データ分析のシナリオ原案を作成した.

また, これを踏まえて, データ・ブローカーの仲介と, 研究参加者の相互協力のもと, データ提供会社, データ提供会社の親会社・関係会社, 分析ツール提供会社, データの販売代理店, データ購入者など 15 社と権利処理や利害調整を行った. この工程を通じて, シナリオ原案が洗練されたほか, すべての企業から利用許諾を受けたデータを調達するに至った.

さらに, データ種類ごとの利用目的や開示範囲, 利用条件を考慮し, データ品質の評価を行ったうえで, 全種類のデータを統合したデータセットを設計した. 作成されたデータセットをもとに, 時系列解析の手法を適用した.

時系列解析の手法は, 実行しやすさ, 理解しやすさを優先して選定した. というのも, データ分析において,「変数によるデータの結合だけでなく、共通の目的や知識によってデータを繋ぐ」[Hayashi 18]には, 研究の当事者が反証可能な仮説を見つけ, 必要十分な品質のデータを確保し, 抽出, 加工, 分析の手法を適切に選定し, 得られた事実を妥当に解釈することが求められる。それに加えて, PR 効果測定のためには, 研究の非-当事者が得られた知識を組織内で理解させ, 利害関係者に望ましいふるまいを促すことが求められるためである.

4. 結果と考察

本研究では, 3 社が提出した 40 件の Data Jacket をもとに, 4 本のシナリオ原案が考案され, 1 本が採用された. その 1 本に必要とされた 23 種類のデータについて利用交渉に当たった. その過程で、データ分析のシナリオをさらに洗練させ、対象データを 15 種類に絞り込んだ(図 1). 結果として, データ分析に必要な各工程の所要時間を短縮でき, 15 社の企業・組織間での 15 種類のデータ流通を, 4 ヶ月程度で実現できた.

単年の事業計画のなかでデータ活用プロジェクトを行う場合, 最大で残り 8 ヶ月を企画の起案, 調査・分析の実施, 結果の評価, 施策の実行に費やせることになる. 広告・PR 関連業務において, 長期の実施計画に基づいた, 複数の調査プログラムを継続的に行いたいとき, 従来と比べてより多くのデータ分析プロジェクトを実施できる可能性がある.

なお, データの利用許諾に当たっては, データの権利帰属が明確であること, 営業秘密やプライバシーが保護されていることなど, 組織間の法的相互運用性の確保が課題となった. 今後, 個々の課題への対応が進むことで, データ流通の工程をさらに短縮することが期待される. また, データ種類ごとの権利関係や, 取引・交渉のための所要コストを計算できれば, データ流通プロセス全体の最適化に資する知見を得られる可能性がある.

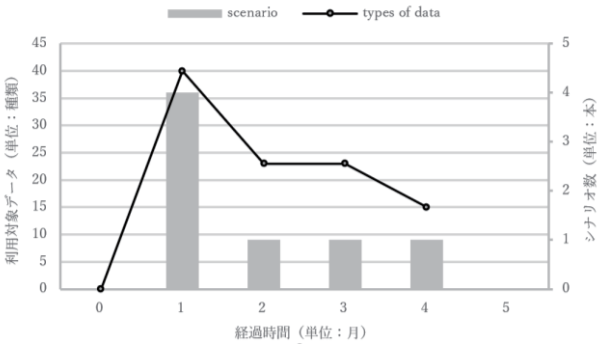


図 1 データ流通プロセスの適用によるデータ種類の低減

5. 参考文献

[OZMA 18]株式会社オズマピーアール, キッコーマン株式会社, 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科, 株式会社日本データ取引所, “テレビ・WEB・SNS・店舗・食卓をまたいだ コミュニケーション効果検証の手法を開発する共同研究を開始”, 2018. https://ozma. co. jp/digitalcommunication/news-20181005/

[METI 15] 平成 26 年度経済産業省委託事業, “我が国経済社会の情報化・サービス化に係る基盤整備（データ駆動型イノベーション創出に関する調査事業）調査報告書”, 経済産業省ウェブサイト, 2015

[METI 18] 経済産業省, “AI・データの利用に関するガイドライン”, 経済産業省ウェブサイト, 2018

[METI 16]平成 28 年度経済産業省委託事業, “先端課題に対応したベンチャー事業化支援等事業 報告書「データ利活用促進事業：データ駆動型イノベーション創出支援のためのデータエクスチェンジプラットフォーム構築」”, 経済産業省ウェブサイト, 2016

[Alex 17] Alex Aiken, “CHAPTER 6 Measurement is not optional–not for the UK Government–not for your organization”, The PR Professional’s Definitive Guide to Measurement, AMEC, PRCA, PRCA MENA, ICCO, 2017

[Shearer 00] Shearer C. , “The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining”, J Data Warehousing (2000); 5:13-22, 2000

[Ohsawa 13] Yukio Ohsawa, Hiroyuki Kido, Teruaki Hayashi, Chang Liu, “Data Jackets for Synthesizing Values in the Market of Data,” 17th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering System (KES2013), pp.709-716, Procedia Computer Science, Vol.22, pp.709-716, 2013.

[Hayashi 14]早矢仕晃章, 大澤幸生, “協同問題解決のプランニングにおける発言とシナリオ評価への影響 (ヒューマンコミュニケーション基礎)”, 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report : 信学技報 114(273), 37-42, 一般社団法人電子情報通信学会, 2014

[Hayashi 18]早矢仕晃章, 大澤幸生, “データ3.0時代のデータランドスケープ”, 2018 年度人工知能学会全国大会（第 32 回）大会論文集, 2018

4:00 PM - 4:20 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 4:40 PM Room G)

[2G4-OS-2b-03] (Invited talk) Expectation for data trading

〇Aki Ando[1] （1. ABeam Consulting Ltd.）

Keywords: Data Trading

データ流通に関する期待の高まりで、技術面・制度面での検討が進むが、本来はデータ流通の具体的なユースケースを融合していく必要がある。ビジネス側からの目線でデータ流通への期待を語る。

4:20 PM - 4:40 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 4:40 PM Room G)

[2G05-07-4] Panel discussion

Panel discussion

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-15

[2I3-OS-15a] 人と AIが織りなす新たなエコシステム(1)

中川 裕志（理化学研究所）、山川 宏（ドワンゴ人工知能研究所／全脳アーキテクチャ・イニシアティブ）、浅田 稔（大阪大学）、井上 智洋（駒沢大学）、江間 有沙（東京大学）、金井 良太（アラヤ）、高橋 恒一（理化学研究所）、萩田 紀博（ATR）、堀川 優紀子（ATR）、松原 繁夫（京都大学）

Wed. Jun 5, 2019 1:20 PM - 3:00 PM Room I (306+307 Small meeting rooms)

[2I3-OS-15a-01] Future Prototyping Methodology for Knowledge Co-creation

〇MIWA NISHINAKA[1], Hideaki Takeda[2], Kunio Shirahada[3], Yusuke Kishita[4], Hisashi Masuda[5] （1. The Graduate University for Advanced Studies, 2. National Institute of Informatics, 3. Japan Advanced Institute of Science and Technology, 4. The University of Tokyo, 5. Kyoyto University）

1:20 PM - 1:40 PM

[2I3-OS-15a-02] Collective responsibility under AI network

〇shigeo KAWASHIMA[1] （1. Aoyama Gakuin Women's Junior College, RIKEN）

1:40 PM - 2:00 PM

[2I3-OS-15a-03] Analysis of the AI and Society Meeting in Japan

〇Hitomi Sano Sano[1] （1. AI and Society lab in Keio university）

2:00 PM - 2:20 PM

[2I3-OS-15a-04] Gaming Space as an Online Society, and A Consideration about Its AI Implementation for Rapid Transformation Tolerance

〇Shinya Umeno[1], Masaya Nakamoto[1], Tetsuya Nohama[1] （1. Mynet.ai Inc.）

2:20 PM - 2:40 PM

[2I01-04-5] Discussion / Conclusion

2:40 PM - 3:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

未来を共創するためのフューチャー・プロトタイピング手法の提案

Future Prototyping Methodology for Knowledge Co-creation

西中 美和[*1]
Miwa Nishinaka

武田 英明[*2]
Hideaki Takeda

白肌 邦生[*3]
Kunio Shirahada

[*1] 総合研究大学院大学
The Graduate University for Advanced Studies

[*2] 国立情報学研究所
National Institute of Informatics

[*3] 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

木下 裕介[*4]
Yusuke Kishita

増田 央[*5]
Hisashi Masuda

[*4] 東京大学
The University of Tokyo

[*5] 京都大学
Kyoto University

Abstract: This position paper proposes “Future Prototyping Methodology” for a discussion platform assuming a citizen workshop, to simulate future situation. Prototyping by this methodology, we also propose a model to clarify thinking process for the future when people seeking well-being, which might be one of triggers to cause social change. We focus on the well-being as an inevitable purpose of the discussion because we think that happiness is emerged when we work for social well-being in the succeeding generations as well as seeking current personal happiness. Our research will contribute to the area of Artificial Intelligence by presenting theses of thinking process for social well-being for the future. As a practical contribution, the proposed methodology is positioned as a tool to show the future to achieve well-being based on people’s needs for the future. This paper presents research overview, prior research, a research question for our methodology and its uniqueness.

1. はじめに

本稿は，未来共創を促進する「フューチャー・プロトタイピング手法」を提案するポジション・ペーパーである．この方法論は，市民ワークショップでの使用を想定し，参加者が未来コンテキスト（状況）をディスカッションで共創するためのシミュレーション・プラットフォームである．また，参加者が未来コンテキストにおける well-being を議論する中で，考えがどのように変遷していくかの過程を明らかにする．この研究は，人工知能研究にとっては，倫理問題に対する 1 つのテーゼの提示として貢献する．実務的な貢献としては，幸福を達成するため，将来への人々のニーズに基づいて未来を示すためのツールとして位置付けられる．

方法論とモデル構築にあたって，私たちは未来共創における well-being と考えの変化を重視する．well-being を重視する理由は，私たちは「より良く生きる」ということは、現世代だけではなく，将来世代にとっても，「よく生きる」ことであり，幸せな状態ではないかと想定するためである．考えの変化を重視する理由は，未来を考える際，人は，現生的な考え方から，自己を超越した将来的な考え方に，ある時点で変わる場合があり，考えの変化によって，社会も変わるのではないかと思っているためである．その思考過程を明確化する．考えの変化を起こすものが，この方法論であり，方法論の特徴としての創作ストーリーである．今後の研究としては，考えを変えることによる社会変革の過程を対象として想定している．

Well-being に関しては，様々な定義がある．本稿においては，将来世代のための「社会的な well-being (social well-being) 」と現代の幸せである「個人的な well-being (personal well-being) 」の双方を well-being とする．また，広義における「幸せ」と捉え，身体的，精神的，社会的幸せをすべて含んだ概念であるとする．

連絡先：西中美和，総合研究大学院大学，神奈川県三浦郡葉山町上山口 1560-35, nishinaka_miwa@soken.ac.jp

未来コンテキストにおける well-being を考える場合の問題点としては以下が考えられる．

- Personal well-being 間における利害の対立がある
- Personal well-being と social well-being は，必ずしも一致しない．個人の利益の追求は，公共の利益にはならないことは多い．その逆もありうる．
- social well-being 間における選択の難しさがある．例えば，地方の共同体で開発の話が出た場合，守ってきた伝統と景観を子孫に残すか，便宜性を優先させ，市街化することで現時点での人口減少を食い止めるかといった議論が 1 つの典型である．伝統や自然保護，人口減少対応の双方とも social well-being を目指すものであり，どちらがより重要であるかは，一概には判断できない．

これらを踏まえた上で，人がどのように考えを変えてゆくかの過程と要因を提示する．以上より，以下のリサーチ・クエスチョン（RQ）を設定する．

RQ:人は将来の社会的 well-being (social well-being) のために，どのように考えを変えるのか，それはなぜか．

2. 研究の概要

2.1 方法論の提案

図 1 に方法論の概要を示す．この方法論でプロトタイプを行い，方法論そのものとモデルを完成させてゆく．また，以下に手順を示す．手順の番号は図における番号に相当する．

(1) INPUT が準備される

1. 創作ストーリーのアウトライン
2. 未来要素を描いたデジタル・カード（技術・自然・経済・社会要因等，設定する時間軸，アバターとしての登場人物：これらによりバックキャスティングを行い，OUTPUT としての未来コンテキストを構築する）

3. 実データ（RESAS (Regional Economy Society Analyzing System in Japan) や白書等のデータ）
(2) PROCESS として，実験的ワークショップが実施される
1. 参加者は，準備された INPUT を用いて議論を行いながら，未来をプロトタイプする
2. ワークショップにおいて，分析用データが収集される．これらは方法論とモデルの構築に使用される．データとしては，発話データ，創作ストーリーのテキスト，視線等の生体データであり，これらから参加者の考えを分析する．
(3) OUTPUT が完成する
1. 未来コンテキストのデジタル・イメージ
2. 創作ストーリー
3. 実データによって描かれたグラフ
(4) データを分析しワークショップを評価する．これらにより未来コンテキストにおける知識共創の過程を明確化する
1. INPUT と OUTPUT の相関関係を検証する
2. 参加者の参加度合を検証する
3. 参加者の主観的考えを調べる
(5) このサイクルが一巡するとプロトタイプが完成する
(6) このプロトタイプを使用し，再度サイクルを回し，試行錯誤の上方法論をブラッシュアップする
(7) 最終的に方法論とモデルが完成する．

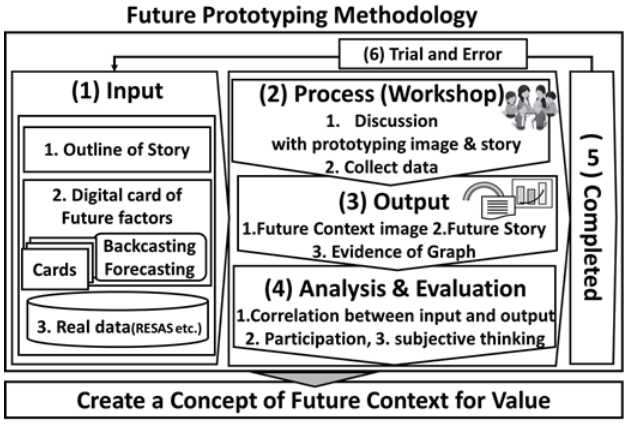
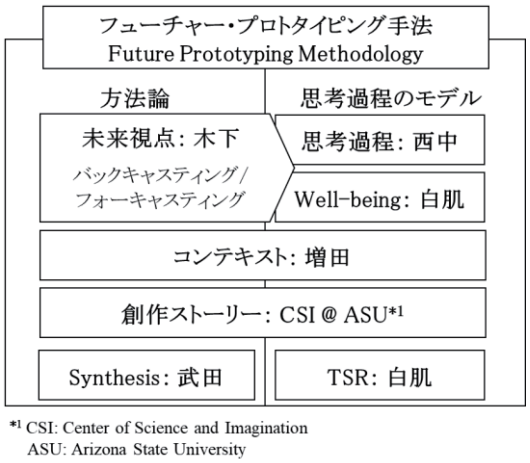


図 1　フューチャー・プロトタイピング手法の概要

3.　学術的背景および先行研究

3.1　背景となる研究の全体図

図 2 に，本研究における背景となる研究の全体を示す．



*1 CSI: Center of Science and Imagination
ASU: Arizona State University

図 2　背景となる研究の全体図

以下，関連する先行研究において，これまでの研究の紹介を行ったうえでまだ十分ではない箇所を明らかにし，我々の研究の新規性を示す．

3.2　思考過程

これまで，西中と白肌は，ワークショップにおける共創コミュニケーションにおいて，未来志向と革新的な考えを促進する概念モデルを研究してきた[Nishinaka 2017]．これらの結果から革新的な考えが生まれる過程は，(1) 2 人のリーダータイプ・メンバー間の相互作用が重要である，(2) やりとりによって具体的なアイデアが抽象化・概念化されてゆく過程が革新性と関係する，(3) 良い結果を生み出すには，メンバー全員の参加が重要である等が明らかになってきた．しかしながら，未来志向的な考えがどのように生まれ，それがどのようにメンタル・イメージとなってゆくかの詳細な思考過程や要因は十分に明らかになってはいない．そのため，その部分を，木下のバックキャスティングの手法を用いて取り入れたうえで，新しい方法論とモデルを構築する．

3.3　バックキャスティングとフューチャー・デザイン

木下は，持続可能な社会に向けたシナリオの設計方法論について研究を行っている[Kishita 2016]．そこでは，望ましい将来像 (ビジョン) を初めに描き，そのあとでビジョンを達成するための道筋を時間的に逆方向に描く技法である「バックキャスティング」を用いたシナリオ作成方法を開発している．事例として，自治体と連携しながら持続可能なエネルギービジョンを描いたバックキャスティングシナリオを作成している[木下 2018]．しかしながら，2050～2060 年のような遠い将来をバックキャスティングで描く際には，シナリオ作成者自身が，現在とは異なった将来の視点を持つことができるかどうかが大きな課題となる．

他方，西條らはフューチャー・デザインというコンセプトを提案し，仮想的な将来世代をつくることによって，将来世代と現世代が持ちうるニーズの違いを明らかにしようと試みている[Saijo 2015]．これまでに，市民ワークショップを通して 2060 年の自治体を対象とした将来を描いたところ，将来世代は現在の状況にとらわれることなく，複雑で解決に時間のかかる課題への優先度を高める傾向があるとの結果を導いている[Hara 2015]．

今後，バックキャスティングとフューチャー・デザインを適切に組み合わせることは，社会的 well-being が高い将来の描写に向けて有望なアプローチである．

3.4　コンテキスト

増田は，コンテキストを考慮したビジネスやそのコミュニケーションのモデル化に関して，ビジネスプロセスモデリングにおけるアーリー・バインディングとレイト・バインディングの適用提案[Hara 2016]や、小林らと共に，価値共創におけるコミュニケーション・パターンの類型化に関する研究を行ってきた[小林 2014]．

本提案手法では，コンテキストの概念定義として主に以下の分野の概念を統合的に用いるが，特に，未来という不確実性の高い状況，かつ，集団と個人でのコンテキストの差異といった観点の表現や取り扱いに関しては，既存概念の統合や拡張といった課題解決が必要になる．サービス・マーケティングにおけるサービス・ドミナント・ロジック[ラッシュ 2016]では，"価値は他のサービス・プロバイダーから提供される資源とともに，ある特定の文脈でオファリングを使用することから生み出される"として，コンテキスト(文脈)を価値の形成に影響を与える要因として捉えている．また、人類学の視点としては，コンテキストは意味を伝達するためのコミュニケーションの機能のひとつである[Hall 1976]とし，意味は情報とコンテキストから作られ，低コンテキストコミュニケー

ションでは，意味における情報の割合がコンテキストより大きく，高コンテキストコミュケーションでは，それが逆転するという視点から国際的な文化差を説明する．Context Aware Computing では，コンピュータが取り扱うコンテキストとして，"any information that can be used to characterize the situation of an entity" として，コンテキストはエンティティの状況説明に用いられる情報であるとする[Dey 2001]．本研究における未来コンテキストは，コンテキスト概念における新しい概念の提示とその応用活用手法の提案として位置づけられる．

3.5 創作ストーリーと Science Fiction Prototyping (SF Prototyping)

本研究で提案する方法論の特徴は，ワークショップ参加者が将来を描きやすくするために創作ストーリー[Halpern 2018]を使うことである．創作ストーリーは，参加者の暗黙的なメンタルモデルを表出化し，望ましい未来に対するアイデアを生み出すことに役立つと言われている [Halpern 2018]．創作ストーリーを作成することは省察を伴い[Johnson 2011][Kohno 2011]，心の中の暗黙的な考えに自分自身で気づくための助けになる．この特徴のため，ワークショップのアウトプットとしては，完成した創作ストーリー，および将来像の絵が出来上がるが，これらは参加者のメタ知識を表出化したものと考えられる．ここでのメタ知識とは，人の考えに意味付けを行い，高位の抽象化が行われた上で，人から独立した知識のことを指す．

創作ストーリーの作成手順は，SF Prototyping を参考にしている[Johnson 2011]．SF Prototyping は，SF あるいは創作を利用して，科学的発見の端緒やあるべき科学の姿を提示する方法である (https://csi.asu.edu/) [Johnson 2011]．手順としては，まずアウトラインを提示し，それに沿った形で全体の話を作ってゆくという形をとる．これには，SF によって，あるべき科学の姿をプロトタイピングするという意味合いがある．

本研究が提案する手法では，さらに参加者にストーリーを考えるための材料として白書等の実データを提示する．その上で，ワークショップの中で参加者が自分たちの思い描く未来の姿をストーリーとして完成させてゆくという手順をとる．

本研究が提案する方法論の主とするところは，考えの変化をモデル化する点であり，またその実際の手法を構築する点にある．そのために創作ストーリーを利用するが，創作ストーリー自体を研究するわけではない．また，実データを INPUT として利用はするが，参加者の発想による創作を重視する．

長谷，大澤らは，人工知能に小説を書かせる試みにおいて SF を社会にいかに活用できるかを検討しているが[長谷 2016]，私たちの研究は，人が考えたストーリーの中から，人工知能へのテーゼを提示するというものである．

3.6 Transformative Service Research

ウェルビーイング志向のサービス研究として Transformative Service Research (TSR)が世界的に推進されている[白肌 2018]．価値共創プロセスとしてのサービスの成果を，人間の幸福や社会の公平さなどと関連付けて考察することにより，より良い社会を形成しようとするものだ．ここには価値共創主体が，自らの置かれている文化的，経済的，制度的コンテクストを見直す中で，支配的になっている価値観を問い直し，本当に自分自身やコミュニティ，社会にとって価値のある経験は何かを考え，サービス設計し実践していくことを含んでいる．未来構想を射程にする本研究においては，創作ストーリーや未来コンテキスト分析の基盤的思考枠組みとして機能すると同時に，未来に向けて残したい価値の源泉としての資源を，どのように多主体価値共創システムの中で維持するかという設計枠組みの基盤としても機能する．

3.7 Synthesis

アブダクション（Abduction）は，科学的発見の方法として Peirce が提唱したもので[Peirce 1878]，演繹とは逆方向の推論として位置づけられ，仮設生成を行うものである．科学において仮説の検証の過程は演繹による推論として説明できるが，発見を行う過程は演繹では説明できず，このため Peirce はアブダクションという別の推論を定義した。この演繹とアブダクションの関係は，科学プロセスの中で，分析的なプロセスであるアナリシスと，仮説生成的プロセスであるシンセシスに対応する．武田ら[Takeda 1994]はこの関係を人工物の分析と設計に当てはめ，設計プロセスの定式化を行った．フィーチャー・プロタイピングでは，未来コンテキストが仮説に当たる．

アブダクションは論理的には演繹の逆プロセスと定義することができるが，探索の方法，知識の範囲，解の選択方法に依存する．フィーチャー・プロタイピングでは，そもそも利用する知識を生成しなければいけないことがある．これは知識自身を仮説生成しなければいけないことになり，高階のアブダクションとなる．これは推論として難しい問題であり，現実的な方策で解を見つける必要がある．

4. おわりに

このポジション・ペーパーは，「フューチャー・プロトタイピング手法」 およびこの方法論を使用することで構築されるモデルを提案し，学術的背景と特徴を説明した．この方法論は，未来コンテキストにおける参加者の social well-being に対する考えを促進し，知識共創をサポートする方法論である．さらに，今後の研究としては，考えを変えることによる社会変革の過程を対象として検討をしており，本研究においても，その点を見越して，研究を進める予定である．社会変革とは，最適性・最善性・妥当性ループを社会的オープンシステムで自律的に回すことで価値を創出することであり，社会における未来共創のエコシステム構築のことである．

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費課題番号 JP16K03859，情報・システム研究機構　未来投資型プロジェクト，国立情報学研究所　平成 30 年度共同研究（会合型）の助成を受けたものです．

参考文献

[Dey 2001] Dey, A.K.:Understanding and Using Context, Personal Ubiquitous Computing, 5 (1), pp.4-7 (2001)

[長谷 2016] 長谷敏司，藤崎慎吾，山川宏，宮本道人，大澤博隆: SF の想像力を技術者・社会はどのように活用できるか―はるこん 2018 人工知能× SF セッションレポート―，人工知能学会誌 33(5), 679-690 (2018)

[Halpern 2018] Halpern, M., Eschrich, J., & Sadowski, J. 2018. *The Rightful Place of Science: Frankenstein,* Consortium for Science, Policy & Outcomes, Tempe, AZ and Washington, DC (2018)

[Hara 2015] Hara, K., Yoshioka, T., Kuroda, M., Kurimoto, S., Saijo, T. Participatory deliberation for future design by creating imaginary future generations - Evidence from an experimental workshop in Yahaba Town, Iwate, Japan,

Proceedings of EcoDesign 2015 International Symposium, 72-74 (2015)

[Hara 2016] Hara,Y., Masuda,H.: *Global Service Enhancement for Japanese Creative Services Based on the Early/Late Binding Concepts, Domain-Specific Conceptual Modeling: Concepts, Methods and Tools*, Springer International Publishing, pp. 509-526 (2016)

[Hall 1976] Hall, E.T.:Beyond culture, Anchor Press, 2001.

[Johnson 2011] Johnson, B.D.: *Science Fiction Prototyping: Designing the Future with Science Fiction*, Morgan and Claypool, https://doi.org/10.2200/S00336ED1V01Y201102CSL003 (2011)

[Kishita 2016] Kishita, Y., Hara, K., Uwasu, M., Umeda, Y. Research Needs and Challenges Faced in Supporting Scenario Design in Sustainability Science: A Literature Review, *Sustainability Science*, 11(2). 331-347 (2016)

[木下 2018] 木下裕介, 本元俊行, 上須道徳, 野間口大, 原圭史郎: 自治体スケールのエネルギービジョンを対象としたフューチャー・デザイン, 第 37 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, pp. 321-326 (2018)

[小林 2014] 小林潔司, 原良憲, 山内裕(編):日本型クリエイティブ・サービスの時代「おもてなし」への科学的接近, 日本評論社 (2014)

[Kohno 2011] Kohno, T. and Johnson, B. D.: Science Fiction Prototyping and Security Education: Cultivating Contextual and Societal Thinking in Computer Security Education and Beyond, *SIGCSE '11 Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education*, 9-14. DOI: 10.1145/1953163.1953173 (2011)

[ラッシュ 2016] ラッシュ, R. F., バーゴ, S.L.; 井上崇通(監訳者), 庄司真人(訳者), 田口尚史(訳者):サービス・ドミナント・ロジックの発想と応用, 同文館出版 (2016)

[Nishinaka 2017] Nishinaka, M., Shirahada, K., and Kohda, Y.: Visualization of the influence by conceptual leadership promoting high quality output, *Proceedings of 2017 International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEE IEEM2017)*, DOI: 10.1109/IEEM.2017.8289866 (2017)

[Pierce 1878] Pierce, C. S.: Deduction, Induction, and Hypothesis, *Popular Science Monthly*, 13. 470-482 (1878)

[Ryan 2008] Ryan, R.M., Huta, V., and Deci, E. L.: Living well: A self-determination theory perspective on Eudaimonia, *Journal of Happiness Studies*, 9(1), 139-170 (2018)

[Saijo 2015] Saijo, T. Future Design: Concept for a Ministry of the Future, *Kochi University of Technology, Social Design Engineering Series*, 2015-14 (2015)

[白肌 2018] 白肌・ホー: ウェルビーイング志向の価値共創とその分析視点, サービソロジー論文誌, 4(4), pp.1-9 (2018)

[Takeda 2001] Takeda, H.,Yoshioka, M. & Toiyama, T.: Roles and formalization of abduction in synthesis, *The 15th Annual Conference of Japanese Society for Artificial Intelligence*, 1-4 (2001)

[Yonemori 2007] Yonemori, Y.: *Abduction: Theory of hypothesis and discovery*, Tokyp: Keisoshobo (2007)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

AI ネットワーク環境化における社会的次元の倫理的責任の検討

Collective Responsibility under AI Network

河島茂生[*1 *2]
Shigeo Kawashima

[*1] 青山学院女子短期大学現代教養学科
Department of Liberal Arts, Aoyama Gakuin Women's Junior College

[*2] 理化学研究所革新知能統合研究センター
Center for Advanced Intelligence Project, RIKEN

Abstract: The aim of this report is to consider how to position the attribution of ethical responsibility in situations where cooperation exists among multiple AIs and between AIs and other systems. Based on the theory of neo-cybernetics, we support the idea of collective responsibility under the AI network environment. In view of recent trends in computer technology, we assume that responsibility cannot be attributed to specific people or organizations. In such a case, establishing collective responsibility is required to compensate the victims and not give rise to a situation wherein people do not favor developing or using AI. However, under the AI network situation, there is lack of collective responsibility. If the defects of a specific person or organization are clear, responsibility should be attributed to the concerned person or organization.

1. 問題の所在

1.1 社会的背景

本報告の目的は，複数の AI が通信ネットワークにおいて接続されていく環境下の集合的責任について検討することである。AI が相互作用してデータを交換し群として機能することで多様なサービスが実現される。しかし，AI ネットワーク化により困った事態が起きることも想定される。

ネットワーク通信を介した事件ではデジタル・フォレンジックの限界がすでに露呈しており，誰が行った殺害予告・サイバーテロなのかを特定できないケースが相次いでいる。インターネット広告では，広告主や広告代理店，配信事業者でも，どのようなウェブサイトに広告が表示されているかを正確に把握できず，思惑から外れて猥雑なウェブサイトや政治的にきわめて偏ったウェブサイトに広告が掲載され，またアドフラウド(広告詐欺)にもあっている。AI がネットワーク化して群として機能するようになると，責任の所在の検証が難しくなることは，それほど頻繁に発生するとは考えにくいとはいえ，容易に想定される。

本論文は，こうした事態を想定し，ネオ・サイバネティクスの理論に依拠しながら AI ネットワーク下における集合的責任(collective responsibility)ともいうべき考え方を考察することである。EU 議会における電子人間の提言は，補償基金設立と合わせて提案されているが，これらは別個の論点である。というのも，電子人間なるものを確立しなくとも過失が不分明な場合には集合的責任を導入すれば機能するように想定されるからである。

1.2 関連研究および研究の目的

Perrow は，定常事故(normal accident)という語を生み出し，被害が甚大だったスリーマイル島原発事故やボパール化学工場事故などを取り上げながら，複雑かつ大規模な科学技術に依存している現代社会は事故が避けられないと指摘する[Perrow 84]。けれども Perrow の研究は，複雑かつ大規模な科学技術の倫理的責任にまで及んでいない。また Schomberg は，不確実性が増す技術が社会に組み込まれる状況を作り出しているのは，個人の意図というよりも集合的行為であるため集合的責任を考えなければならないとした[Schomberg 09]。とはいえ，Schomberg の論文は AI もしくは AI ネットワークについては射程外である。

AI と責任の問題については数多くの研究がある。なかでも赤坂は，不法行為法との関連から AI に法的人格を与えた場合の損害補填機能や抑止機能，制裁機能を検討しており，一定の妥当性は見出せるものの，制裁機能や AI 自体の故意・過失の認定に疑問があるとしている[赤坂 18]。必ずしも AI に法的人格を付与する必要性はなく，本報告でも集合的責任の一形態として上げる無過失補償制度について支持している。とはいえ赤坂の研究は，あくまで法学的観点から論じたものであり，本報告とは理路が異なる。本報告は，ネオ・サイバネティクスの理論に依拠することにより基礎的なところから AI ネットワーク化の集合的責任を捉える。

2. 社会システムと倫理的責任

ネオ・サイバネティクスの理論的支柱であるオートポイエーシス理論は，生物と機械との区分を明確にした[Maturana 80]。生物の特徴は，自分で自分(auto)を作る(poiesis)ことであり，そうした働きを内部で行う単位体をオートポイエティック・システムという。オートポイエティック・システムは，生物の必要十分条件である。人間は，37 兆個もの細胞を作り続けているオートポエティック・システムの集合体であり，それぞれの集合体(つまり，個人)は唯一無二の存在になっていく。オートポイエティック・システムの反対概念であるアロポイエティック・システムは，それ自体によって作られるのではなく，別のもの(人間)によって作られ，別のもの(allo)を生み出す(poiesis)。エアコンや自動車と同じく AI も，AI が AI を作っているわけではなく，アロポイエティック・システムである。

オートポイエーシス理論によれば社会は，社会システムと呼ばれ，細胞や人間の心理(心的システム)とは違った別種のオートポイエティック・システムである。つまり，社会は「生物的」であり，コミュニケーションが後続のコミュニケーションを喚起しながら存立する自己産出を特徴としている。個人の心的システムには還元できない社会システム内での自律性が生じる。コミュニケーションは不確実性を帯びており，いかなるコミュニケーションが連鎖していくかを統制できない場合も多い。質問の意図で発した言葉が命令や嫌味に受け取られるなど，自分の思いとは離れてまったく別様に解釈されることが起きる。あるいは身に覚えがな

連絡先：河島茂生，〒150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25，kawashima.shigeo@gmail.com

いことでも噂が広まってしまい収束できない状況も起きる。とりわけ社会システムの規模が大きくなると，コミュニケーションは非人称的な側面が強くなっていく。

社会のなかで責任が生じる。けれども，ある問題を伴う出来事があったとき，誰の責任であるかは必ずしも自明ではない。それゆえ，責任の度合いとともに，いかなる組織や人に責任を被せるかの議論がしばしば起きる。ただし社会システムの責任は，特定の人や組織に帰属できる場面ばかりではない。コミュニケーションの連鎖が急激に進み，誰も止められないことが起き，特定の誰かに帰責することが難しい場面が生ずる。

3. AI ネットワーク化における集合的責任

近代以降，人間の心的システムにおける自由意志に倫理の基盤を置き，そのことから瑕疵があったときに個人に責任を課し，社会の安定を図ってきた。被害を生んだのは個人の行為であり，その人を非難することで被害者の苦しみを解消することが求められた。

こうした事態は，そう簡単には変わらないと想定される。AI が普及した社会が無責任社会になってはならず，開発者・利用者の故意の過失もしくは怠慢，責任感の減退を防ぐためには，また技術を改善する動機の維持のためには，明確なるミスについてその倫理的責任を追及し続けざるをえない。特定の人や組織の過失まで，後述する集団的責任として補償することは人々が納得しないと考えられる。許し難い過失や故意があった場合でも，それを追及できないとするならば被害者は不満を募らし鎮静化には至らない。開発者やその AI によってサービスを提供するものが責任を負い，役割にあった行為を遂行すると予期できるからこそ，人々は AI ネットワークを信頼して受容することができる。

重要な課題は，前記したように，複数の AI が連携して動くなかで個人の悪意や過失が同定できない場合に起こる。あるいは，どの個人が行った行為なのか特定できないケースに起きる。

AI は，専門性の高い分野であり，その内部機構はただでさえ複雑であり，今後もその複雑性は増すと考えられる。Microsoft の AI「Tay」の騒動に端的に表れているように機械学習を使っているため，データが変動すると出力も変わる。個々の AI は対策を施してサービスを実施するだろうが，そうした AI 同士がネットワーク化し連動するなかで，予期しない動きが生じ未解明の事象が出てくることは避けられない。協業／分業に伴うリスクもある。a という AI システムの開発者は，ほかの複数の会社が開発・運営している b, c, d, ･･･といった AI のデータを取り込み，独自のメカニズムで処理して結果を出すようにプログラムを実装したとしよう。このとき a の開発者は，b, c, d, ･･･が正しいデータで妥当なデータ処理をしていることをあてにできるからこそ，自分の作業に専念することができる。a の開発者は，b, c, d, ･･･の中身やデータの適切性について検証する時間もなければ権限もない。したがって，たとえ擬制であっても b, c, d, ･･･が適正な動きをしていると信じなければならない。もちろん，b, c, d, ･･･の AI の不具合が噂になったり，データ・フォーマットが崩れたりしていると a の開発者は気づく機会を与えられる。しかし厳密なる検証はし難い。それゆえ誤ったデータが一度流通すると，それが連鎖していく恐れがある。

なにも過失がない場合にも，エンジニアや運営者が責任追及されるとすれば，それは AI 開発および利用の萎縮につながり，社会的な損失ともなる。逆に過失が同定できないからといって，被害者が救済されない事態を招くことも望まれない。

したがって悪事を働いたものが特定できない場合にせよ，十分予見されえず非意図的な場合にせよ，過失が同定できないならば，AI ネットワークが組み込まれた社会システムそれ自体が一種の道義的責任を担い，損害を被った人に補償していく制度の構築が望まれる。

社会システムのコミュニケーションは，そもそも不確実性があり非人称的な面を抱えている。そのような特徴をもつ社会システムに組み込まれて AI ネットワークは動作する。個々の AI はアロポイエティック・システムであり，入力と出力の対応関係が定められた範囲で収まるように調整されている。けれども AI がネットワーク化し不確実性のある社会システムに組み込まれて群として動いたときに開発者・利用者の予期せぬ動きが生じ，コントロール不能に陥ることが考えられる。集合的責任の制度構築により，開発者・利用者の負担を過度に増加させなくとも被害者を救済する途が開かれる。開発活動・利活用の保護および被害者の保護を考慮すると，こうした制度は，過分な責任追及を行う度合いを相対的に低くし被害者救済も図れるため，バランスの取れた帰結をもたらすように推察される。

集合的責任には，身体への傷害に対する金銭的な補償に加え，名誉の回復も含まれる。インターネット上ではフェイクニュースが氾濫している。AI は，フェイクニュースの検知や伝播過程の分析にも使われるが，フェイクニュースの作成や流布にも使われる。匿名化技術によって作成者や送信元が特定できないように加工され，プラットフォーム企業のサービスに流される。そのデータが人生を左右しかねない意思決定を支援する AI に取り込まれ，そのほかの AI にも伝播していく。たとえ不快な嘘，不正確で誤解をもたらす情報が出回り名誉が傷つけられて人生が狂わされても，怒りを向ける相手が分からず対処できない。謝罪広告も出してもらえない。そうしたときに，公益財団法人等の運営組織を共同で立ちあげてフェイクニュースが事実誤認であることを示し，合わせて AI のデータの書き換え要請を行うことで被害者を救済する方法もありうる方策である。

4. 結語

本論文は，ネオ・サイバネティクスという学術的礎をもとに，AI ネットワーク環境下の集合的責任ともいうべき考え方を検討してきた。

本論文は，個人的責任と集団的責任の両立を支持する。近代以降の社会は，個人の内にある心的システムの自由意志を特権的に位置づけ，そこに倫理的責任を帰属させてきた。けれども個人的責任だけでは限界がある。個人の内面の倫理観を高め技能を向上させるだけではなく，不確実性が内在化している社会システムの責任として引き受けることが求められる。

今後，具体的な制度に関する考察が求められる。

謝辞

本報告は、科学研究費補助金若手研究(B)「人工知能・ロボット・サイボーグの倫理的問題に関する理論的かつ実証的研究」(平成 29 年度−平成 31 年度、代表: 河島茂生、研究課題番号: 17K12800) の助成を受けた研究に基づいたものである。

参考文献

[赤坂 18] 赤坂亮太: 不法行為法における AI の法的人格に関する検討, 2018 年度人工知能学会全国大会発表資料, 2018.

[Maturana 80] Maturana, H. R. and Varela, F.: Autopoiesis and Cognition, D. Reidel Publishing Company, 1980.

[Perrow 84] Perrow, C. Normal Accidents, Basic Books, New York, 1984.

[Schomberg 09] Schomberg, R. von. Organising Collective Responsibility, Keynote lecture at the first annual meeting of the Society for the Study of Nanoscience and Emerging Technologies, Seattle, 11 September. 2009.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

AI 社会論研究会の分析

Analysis of the AI and Society Meeting in Japan

佐野仁美[*1]
Hitomi Sano

[*1] 慶應義塾大学
Keio University

The AI and Society meeting in Japan is an organisation which meets to discuss 'the influence of Artificial Intelligence on society' from various viewpoints such as Humanity, Philosophy, Economics, Law, Politics and Sociology. These are collectively referred as 'HELPS'. This article classifies the themes have been discussed at this meetings using 'HELPS'. Through analyzing how various themes have been discussed and how various stakeholders have been involved, we consider the effectiveness of the meetings and how the multi-stakeholder process works.

1. はじめに

本稿では、2015 年 2 月より開催されている AI 社会論研究会の社会的な役割について検討を試みる。人口減少が続く我が国で、AI 技術者が不足しつつも、第 4 次産業革命の核になる技術として期待される AI を社会に実装しながら、様々な社会課題を解決すること生産性を向上させることなどが益々期待されている。AI が社会に浸透し、大規模に人々と AI が混在する社会が形成されるにつれて予期し難い影響が生じるのであれば、あらかじめ多くのステークホルダーとの対話の中でリスクや不確実性を回避することが求められる。人と AI が織りなす新たなエコシステムを検討するには、限られた分野に閉じた議論ではなく、分野共創、マルチステークホルダー、調和 などのキーワードとともに、異分野が対話する'場'の設計が新たなエコシステムのフレームワークとして有効である。AI 社会論研究会は、これまで AI と社会の接点としての、その場を担っているとすれば、どのような効果を AI 技術と社会のあり方の議論に波及してきたのかを AI 社会論研究会の特徴である「HELPS」を指標に取り入れ、その議論とステークホルダーの多様性を中心に分析し、今後のあり方についても示唆する。

2. AI 社会論研究会とは

2.1 概要

AI 社会論研究会は「人工知能が社会に与える影響」について議論する会として、AI 研究者、高橋恒一と経済学者、井上智洋が共同発起人となり 2015 年 2 月 5 日に発足され、2016 年 12 月より法学者の新保史生が企画委員に加わっている。同会では、哲学（Humanity）、経済学(Economics)、法学（Law）、政治学(Politics)、社会学(Sociology)(略称：HELPS)による多様な観点からのアプローチを目指しており、2015 年 2 月 5 日から 2019 年 2 月までの間で計 37 回開催され、76 名から AI と社会に関する報告が行われている[参考 1]。

2.2 特色

人工知能が社会に及ぼす影響を検討する動きは、2014 年 9 月の人工知能学会誌（Vol.29, No.5）特集「人工知能技術が浸透する社会を考える」をきっかけに「AIR（Acceptable Intelligence with Responsibility）」研究会や、人工知能学会では、2014 年 12 月に倫理委員会が発足し 2016 年 6 月には倫理綱領（案）の後、「人工知能学会倫理指針」（2017 年 2 月 28 日）が策定された、総務省での AI ネットワーク化の影響やリスクの評価する AI ネットワーク化検討会議をはじめ、各省庁でも AI と社会に関する議論が行われており、日本国内外問わず AI と社会に関する議論は活発に行われている[参考 2][図表 1]。そのような潮流の中で AI 社会論研究会は、高橋・井上が提唱する哲学（H: Humanity）、経済学(E: Economics)、法学（L: Law）、政治学(P: Politics)、社会学(S: Sociology) (略称：HELPS) による多面的なアプローチを用いた研究を行うことを目指している。

図表1

2.3 HELPS

前述の通り、AI 社会論研究会が掲げる「HELPS」による AI 技術が社会に及ぼす多面的な議論のアプローチとは、従来の科学と社会の接点における検討で用いられていた「ELSI」ではその背後にある科学技術の性質上の違いにより不十分である、つまりは生物工学の発展を背景に用いられるようになった「ELSI」は、人工知能技術と社会における影響を論じるに、分野横断性の指標として不十分であると井上、高橋は主張している[高橋,井上 2017]。「ELSI」ではなく「HELPS」を用いた分野横断軸の指標は従来の科学技術がおよぼす影響としてのテクノロジ

ーアセスメント[神里 16]ではなく、AI 技術を中心にした技術が社会に与える影響の早期の予測としてのテクノロジーアセスメントの取り組みとして捉えることができるであろう。高橋、井上が提唱する「HELPS」は AI と社会の接点の多面的な議論を支える軸として、また AI 社会論研究会における特色とし捉え、本稿では「HELPS」参考にしながら AI 社会論研究会のこれまでの取り組みにおける多様性の分析と評価を試みる。

2.4 マルチステークホルダープロセス

AI 社会論研究会は HELPS を分野共創の軸としながら各分野からの報告が行われ情報が共有されている。AI 社会論研究会で発表を行った数多くの報告者が各省庁の AI と社会に関する政策を議論する委員会に出席していることを始め、その場での議論が人工知能学会の特集号[参考 3]となるなど、AI 社会論研究会での報告およびその場での議論は AI と社会における政策決定などの前提となる情報や認識共有型のマルチステークホルダープロセス[Hemmati 02]として捉えることができる。本稿では「HELPS」を指標に取り入れた多様性の分析を通して AI 社会論研究会においていかにしてマルチステークホルダープロセスが機能したかの検討も行う。

3. 多様性の可視化

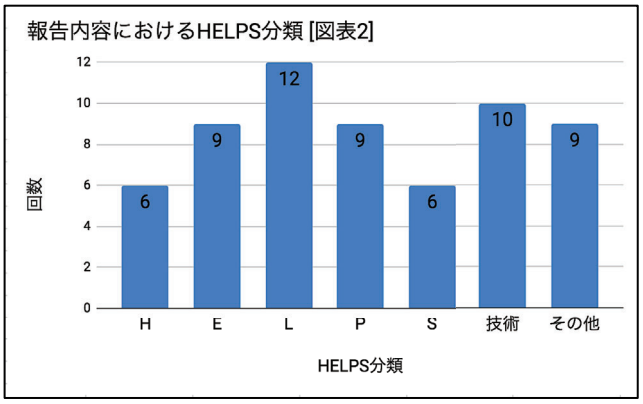
まずは(1)報告内容の多様性を HELPS に分類し検討する。さらに、AI 社会論研究会に関与するステークホルダーを(2)発表者、(3)会場の参加者、(4)会場(会場提供者)の3者に分類し、それぞれの属性と割合を多様性の可視化を試みる。最後に(5)国際性の分類も発表者の主たる所属機関の在籍国をもとに作成した。(1)～(5)の中でも(1), (3) については 2.3.で述べたように、HELPS を用いた分類を行った。

(1) 報告内容の多様性

AI 社会論研究会における、報告内容を以下のようにこれまでの発表内容を HELPS とその他で分類し、グラフ図により可視化した[図表 2]。 ただし、以下の各報告における HELPS 分類は、共同発起人、井上、高橋らの意見を参考にした分類である。

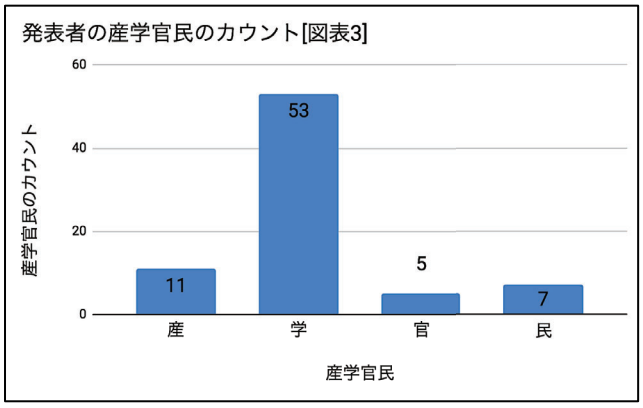
H	ロボットの人類学とは何か、知能機械をめぐる非連続的思弁と連続的実践の狭間で
	～機械、労働、人間～
	AI 社会における倫理のゆくえ:自己創出という分岐点および責任の所在、擬人化の先鋭
	オープン化を手掛かりに AI と人間の関係を考える
	AI 技術に対する人間の傷つきやすさと自律的で真正な生き方の可能性について
	「科学研究への AI の導入はどんな影響をもたらすか —Artificial Creativity の可能性と科学の未来」
E	人工知能・産業革命・経済成長—AI を制覇した国が世界を制覇する！？—
	カンヌ(広告業界)での AI 事情に関する報告
	経済学者は人工知能の夢を見るか？『大格差』と経済の将来
	『ぼくらの Pepper プロジェクト～親子で考えるロボットのいる暮らし～』から観測する、子供たちの考えるロボットとの共存
	「電気、ガス、水道、そしてキャリア」 の時代 シンギュラリティを迎える我々のキャリアと HR ビジネスの重責
	Fintech と AI:Fintech と AI の関係性について、Fintech スタートアップにいる立場から考察する
	＜AI 時代＞到来！ユニバーサル・デザインの「次世代エージェント」
	AI の普及とデザインマネジメントの発展
	経営戦略立案への AI 利活用の研究
L	ロボットと法をめぐる最近の政策動向について
	ロボット法に関するご報告
	AI とプライバシー・個人情報保護に関する法的論点
	AI・ロボットに関する法的論点の概観
	「ロボット・AI・キャラクターの“人格”的権利」
	「プライバシー権と個人情報保護——AI を語る前に整理しておきたいこと」
	ロボット・AI と医事法～医療過誤を中心に～
	AI and Robot Law
	ロボット法
	ロボット法:AI とヒトの共生に向けて
	人工知能に対する法人格の付与
	論理プログラミングによる要件事実論に基づく民事裁判支援システムの開発
P	AIネットワーク化の展望と課題
	AI ネットワークと 5G 時代のデータエコシステム
	標準化を用いた AI 倫理の方向付け: IEEE のイニシアチブを中心に
	米国における AI・ロボット技術の社会実装に向けた産官学の取り組み－開発原則の視座から
	シンギュラリティ以前の問題
	政策的視点で考える AI イノベーションの現状と課題
	AI は政治を変えるか？
	DATA-DRIVEN ELECTIONS IN DEMOCRATIC SOCIETIES: EARLY LESSONS FROM THE CAMBRIDGE ANALYTICA SCANDAL 民主主義社会におけるデータ駆動型選挙:ケンブリッジ・アナリティカ・スキャンダルから学ぶこと
	航空研究センターの概要と研究の取り組みについて
S	AIR(Acceptable Intelligence with Responsibility)に関する報告
	データ活用時代の＜ゆりかごから墓場まで＞のプライバシーを考える
	人工知能・意識・価値
	人工知能が拓く新しい社会デザイン
	How to Grasp Social Shaping of AI in East Asia
	AI への権限の委譲と心理的障壁
技術	Human-Agent interaction に関する報告
	人工知能×創造力で社会 を変えるスマートデータ・イノベーション
	民主化・個人化されたテクノロジーの一種としての AI
	対人インタラクションと感情モデル
	Hitachi AI Technology/H
	1.未体験の変化は制御しうるか　2.全脳アーキテクチャの活動のご報告
	AI とデータ整備

	人の認知状態推定するAI技術の可能性とリスク
	対話システムにおける諸課題～技術・サービス・倫理の側面から～
	人工知能と意識のプロジェクト
その他	シンギュラリティ大学に関する報告
	AIと監査
	AIのAIによる芸術の為の芸術
	アルキテクトーム(ARKHITEKTOME) ーアルゴリズミック・デザイン原理モデルー
	進化の時計の針は止まらず、人類の知的探求心が消え去ることもない。なればこそ。新旧の物語、つまりはSFと古典の両者に叡智を求めることが、脅威論の克服に繋がるだろう
	理化学研究所・未来戦略室
	SF作品と未来ビジョンについて――未来ビジョンの作り方の一例
	新規研究開発領域「人と情報のエコシステム」について
	「先端技術と共創する新たな人間社会」公募案内



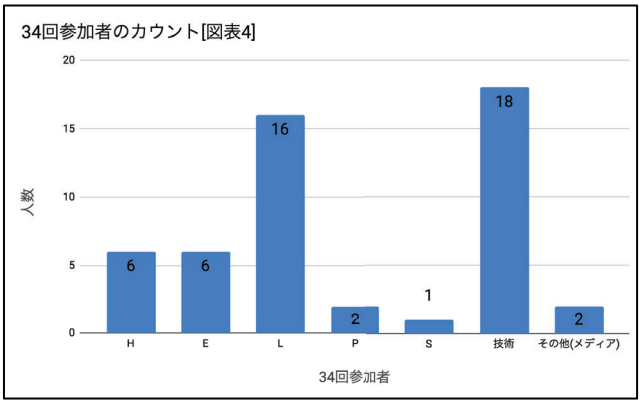
(2) 発表者の多様性

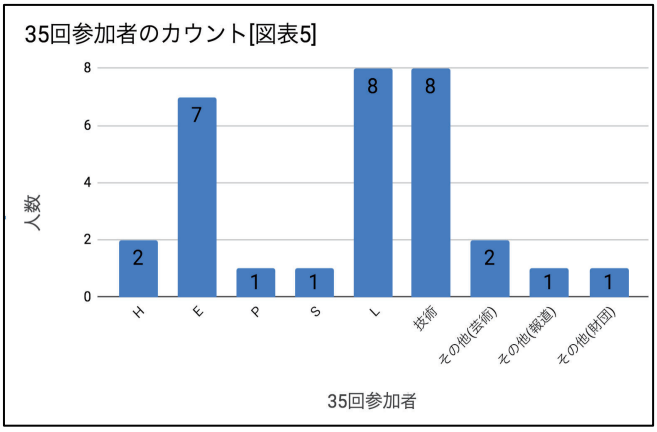
発表者の属性を産官学民に分類した。



(3) 参加者の多様性

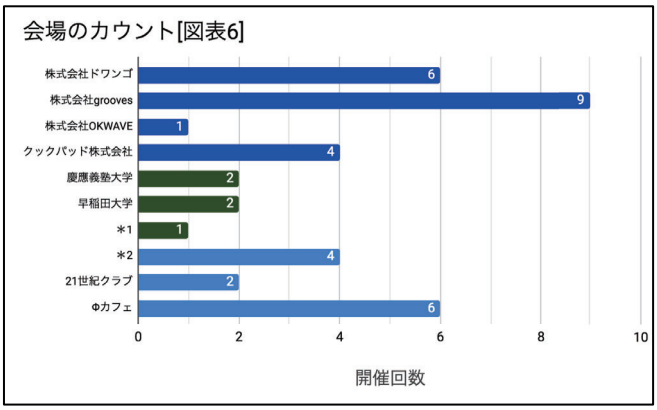
これまでに37回運営された内、第34回、第35回の、参加者をHELPSに分類し、図に表示した。ただし参加者のHELPS分類は事前の参加者アンケートで参加者自身が自らの属性を回答したデータである。





(4) 会場(会場提供者)の多様性

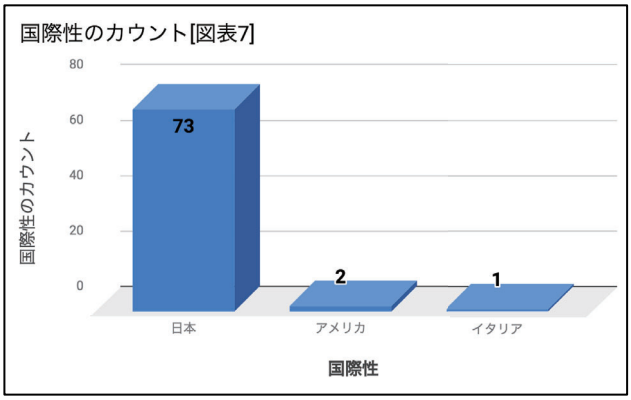
会場(会場提供者)を回数別に表示した。



図表の内、＊1は国際大学グローバル・コミュニケーション・センター(GLOCOM : Center for Global Communications)、＊2は理化学研究所革新知能統合研究センター(AIP)。

(5) 国際性

最後に国際的な多様性を検討するために発表者の国別に表した。



4. 分析

4.1.分析 1

AI 社会論研究会での議論が人工知能学会に特集として組まれている。3.(1)～(5)のように多様性の可視化を行ったが、AI 社会論研究会の特徴として、(2)で見られるように発表者の属性では学が飛び抜けて多いことから、アカデミックな議論が中心となっていることがわかる。AI はビジネス現場に応用される段階となるなど今後はアカデミックに閉じた議論だけでなく、ビジネス現場の議論またはビジネスとアカデミックを繋ぐような議論とそれを政策に繋ぐ場としての機能がますます期待されるのではないだろうか。また、図7から国際性が乏しいことがわかる。

4.2.分析 2(マルチステークホルダープロセス)

3.(3)では、AI 社会論研究会の参加者の HELPS 分類による多様性の可視化であるが、図表 4 は第 34 回研究会の参加者 HELPS 分類であり、図表 5 は第 35 回研究会での参加者の HELPS 分類である。

第 34 回研究会はトリノ大学(イタリア)のウゴ・パガロ氏からロボット法に関する報告(The Hard Cases of AI & Robotics, and their Legal Governance)[参考 4]であった。報告者の HELPS 分類が L:ウゴ氏にあたるところに、図表 5 からわかるように HELPS の多い順から、技術(18 名)＞L(16 名)>H=E(6 名)>S(1 名),その他メディア(2 名)の会場参加者であり、報告者 L に対して参加者は技術が L よりも多いことは異分野の交わりとして示唆的なデータである。

会場参加者の技術者からは AI とロボットの差とは何か、法的な問題の国際性と複雑化についてなど、ウゴ氏への様々な質問が飛び交った。ウゴ氏からは AI ロボットと法的な問題を複雑化している要因として重要な課題に決定を下すにはデータが不足していることから法的実験・探索主義の有効性が訴えかけられた。ウゴ氏の報告後、経営学者(E)からは、法制度のみならず組織など多様な分野で制度が変化するプロセス自体が、現在進行形で変化していると仮説が述べられた。

写真 1

(写真 1) は第 34 回の会場で技術者がウゴ氏(L)に質問する様子である。

第 35 回での Ugo 氏と企画委員の新保はパネルディスカッションを開催し、AI・ロボット技術の進歩と法制度の分岐点についての議論を行った。後に Ugo 氏と新保は CPDP2019 にて How the adequacy mechanism works: Progress in the EU's governance of cross-border data flows?と題したセッションを開催し日本の個人情報保護委員会が EU との長期の交渉の結果、十分性認定を獲得した報告を行った[参考 5]。

第 35 回 AI 社会論研究会の参加者 HELPS 分析から、イタリアから来日したウゴ氏の報告から日本の技術者を中心として広範囲の分野に影響し新保を経由し政策にまで広範囲に渡るマルチステークホルダープロセスが見られる。

5. さいごに

本稿では HELPS による分野横断軸を AI 社会論研究会における特色として捉え、AI 社会論研究会で議論された AI と社会における 37 回の議論を HELPS の指標を参考にしながらその多様性を分析した。この分析が今後の AI 社会論研究会のより効率的なマルチステークホルダープロセスを意識した運営、AI 技術が与える社会的影響を中心としたテクノロジーアセスメントの議論の発展に貢献することを願う。

＊本研究は，国立研究開発法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業(社会技術開発)「人と情報のエコシステム(HITE)」研究開発領域による研究成果の一部である。

謝辞

本項の執筆にあたっては、AI 社会論研究会共同発起人の高橋恒一氏、井上智洋氏、企画委員の新保史生氏、および AI 社会論研究会に関わる皆様にご指導いただきました。感謝いたします。

参考文献(論文誌と同じスタイルを推奨)

[参考 1] AI 社会論研究会 http://aisocietymeeting.wixsite.com/ethics-of-ai (最終アクセス 2019/2/15)

[参考 2] 人工知能と人間社会に関する検討の国内外の動向,内閣府,政策統括官(科学技術・イノベーション担当), https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/ai/1kai/siryo2.pdf, (最終アクセス 2019/2/15)

[高橋,井上 17] 高橋恒一,井上智洋: 特集「AI 社会論」にあたって,**人工知能 32 巻 5 号, 2017.**

[神里 16] 神里 達博: 情報技術における ELSI の可能性:歴史的背景を中心に, 情報管理,58 巻 12 号 p.875-886, 2016.

[参考 3] 特集「AI 社会論」, **人工知能 32 巻 5 号,** P.614-694, **2017.**

[Hemmati 02] M,Hammati: Multi-stakeholder Processes for Governance and Sustainability, Earthscan, 2002.

[参考 4] AI 社会論研究会,「ロボット法」の世界～ウゴ・パガロ教授をお招きして～http://aisocietymeeting.wixsite.com/ethics-of-ai/the-laws-of-robots (最終アクセス 2019/2/15)

[参考 5] CDPD2019 How the adequacy mechanism works: Progress in the EU's governance of cross-border data flows? , https://www.cpdpconferences.org/cpdp-panels/how-the-adequacy-mechanism-works-progress-in-the-eus-governance-of-cross-border-data-flows(最終アクセス 2019/2/15)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

オンライン社会としてのゲーム空間と、その速度耐性のための AI 実装についての考察

Gaming Space as an Online Society, and A Consideration about Its AI Implementation for Rapid Transformation Tolerance

梅野真也[*1] Shinya Umeno　中元正也[*1] Masaya Nakamoto　野濵哲也[*1] Tetsuya Nohama

[*1] 株式会社 mynet.ai
Mynet.ai Inc.

We discuss how we can consider an online gaming space as an online society. We also consider how we can implement AI that can tolerate rapid transformation of the society. An online community is one of the appropriate platforms for demonstration experiment of catastrophe-control AI, and we will explain the reasons.

1. はじめに

本稿ではオンラインゲームのユーザー空間に代表されるオンライン空間を、「オンライン社会」と捉え、その社会の下での AI 実装による社会の安定化の仕組みを考察する。とくに社会のバランスが壊れたカタストロフィー状態を起こさないような制御を行う AI は、どのように考えうるのか、また、その満たすべき性質や機能は何かのか、というところを論じていく。

実社会で IoT 化が進み、社会のデジタルトランスフォーメーションが進むと、社会のほぼ全データが取れる「オンライン化」社会が訪れることとなる。これに先んじて、完全性のあるデータが取れるオンライン社会にて社会バランスを保つような AI を実装し、その有効性を検証していくことは人類の発展にも一定寄与しうる取り組みとなると考える。

本稿の論点の土台は、[山川 2018]の考察について、オンライン社会という切り口で、その社会実装を進められないか、という考えに基づいている。特に[山川 2018]の以下に示す考え方に著者も呼応しており、これをオンライン社会にプロジェクションして考察を深めることで、さらに論考が深まることを目的とする。

- “技術にけん引される形で変化速度が増大”
- “これへの対処をなおざりにすれば、最終的には個別問題の対処が追い付かず破綻する”
- “AI が社会的決定を代行する必要がある”
- “AI が迅速に動作するためには、社会が共有する価値観の実装が必須であり、その設計に難しさがある”

1.1 社会構造の法による秩序とその速度耐性の限界

現在の実社会では、法律が存在し、それが社会に属するメンバに経済性・社会性の観点から、社会に対して不適切と考える行動への抑止力として機能してきた。このような社会では、以下のようなペナルティの観点から、抑止力が発生していると考えられる。

1. 経済性のペナルティ
   (ア) 法律違反での罰金
   (イ) 懲戒解雇などによる経済基盤の棄損
2. 社会性のペナルティ
   (ア) そのメンバが何をしたのか、またそれが「違法」であるという権威付けされた事実が知れ渡ることによる、所属していた社会・コミュニティでの居づらさ
   (イ) 前科として、過去の行いがその後の自らの人生について回ること

このような法治社会での統治が 20 世紀までは機能してきたが、近年では変化のスピードのみが上がり責任の所在やペナルティがあいまいになっているという現象が起きていると考えられる。第 3 章で詳しく述べるが、例えば為替でのアルゴリズミック・トレーディングによる為替のカタストロフィックな値の変化において、社会的なインパクトは大変大きい。しかしながら、法的にそれを取り締まって、市場の本来の流動性を失わせるような方策はとられていないし、今後もとられないかもしれない。また、法整備前に起こったカタストロフィックな事象について、その責任を追及していくことは難しい。

[山川 2018]も“レイテンシ問題”として同様のことを述べるように、社会の変化スピードが指数関数的に上がっていく現在において、社会の意思決定（例えば為替の値付け）は他人や機械・AI に委譲され、またそれによってさらに変化速度が高まっていく。このような状態が続くと、カタストロフィーと捉えられるような事象の発生頻度が上がり、法律が出来上がった時には「元の木阿弥」となってしまうような社会が出来上がってしまう。

このような変化速度の高まった社会では、法治の力が届く前に、まずは何かしらカタストロフィックな事象が起こることを 0 時間でとらえ、またより良くは事前察知し、カタストロフィーの制御というものを組み込んでいかないといけない。さらには、カタストロフィーを起こしている側が AI や機械なのであれば、察知し対抗する制御側も AI とすることで対応速度をマッチさせていく必要がある。

1.2 本稿の構成

本稿のこれ以降は以下のような構成となっている。

第 2 章でオンライン社会としてのスマーフとフォンゲームについて論じる。なぜ社会といわれるべき要素を持つのか、またその特性から経済的カタストロフィーが発生する社会としての縮図としてとらえることができることを説明する。

第 3 章では、カタストロフィー制御 AI の社会実証の場として捉えた場合のオンライン社会や、カタストロフィーをどのように記述しうるかという例を述べる。

第 4 章では、カタストロフィー制御を含む社会バランス AI について、その実現すべき性質や考えうるアーキテクチャについて論じる。

第 5 章でまとめる。

2. オンライン社会としてのスマートフォンゲーム

オンラインゲーム、ソーシャルゲーム、と言われる種類のスマートフォンゲーム（スマホゲーム）のうち、現在日本で配信されているものの多くは、以下のような仕組みで成り立っている。

ユーザーは自らの資産であるカードをゲーム内の仮想空間上で取得し、「デッキ」といわれる資産ポートフォリオを組み立てる。このカード取得は、主要なものに例えば以下の3つが上げられる。

1. ゲーム内で遊んでクエストやイベントの攻略報酬として取得する。
2. 一日一回ゲーム空間を訪れることで取得できる“ログインボーナス”として無償の“石”と呼ばれるゲーム内仮想通貨を貯めることでカードと交換する。
3. 有償で現実世界の金銭をアプリ内課金として支払い、“有償石”を取得することでカードと交換する。

現在のデジタルゲーム国内市場の年間 1.2 兆円のうち、約 9000 億円がこのような形のオンラインゲームのよって 2000 年代~2010 年代に新たに作り出しされた市場であると言われている。

ユーザー資産であるデッキの各カードは、そのままユーザーと一緒に戦うモンスターとしてゲーム空間内に現れたり、またユーザーの装備である武器や防具となったりすることで、空間内に実効力をもたらす。簡潔に言えば、より強いカードを入れたデッキを構成すれば、ゲームの攻略スピードが上がったり、プレイヤー同士の対戦の際に有利に試合を進められたり、ということになる。

特にプレイヤー通しの大戦において、「ギルド」と呼ばれるチームを組成し、あたかもサークルや部活のようにオンライン空間で毎晩試合を行う、というようなことが行えるギルド・バーサス・ギルド（GvG）というチーム戦を取り入れているようなゲームタイトルも多数存在する。このようなタイトル内の各チームでは、スマホのチャットアプリのようなグループチャットが用意され、そこで次回の試合に対する作戦を立てたり、ゲームの最新のカードやキャラについて仲間としてコミュニケーションをとったり、また時には天候の話や当日何を食べたかなど、通常の友人と変わらないようなカジュアルなコミュニケーションを取ったりする。

下記に、このような空間における現実社会との違いを、本稿の軸である社会的決定の委譲とAI実装の観点からまとめたものが下のテーブルである。

	オンラインゲームのオンライン社会	現実社会
社会的決定の委譲の例	最新のカードの強さのインフレ率を調整することで、資産がどのような速度で入れ替わるか、また原資産が目減りしていってしまうのか、を運営が調整する。	中央銀行が物価のインフレ目標を設定し、公定歩合の決定や金融の量的緩和を行う。
取得データの完全性	社会のなかのユーザー行動データが全て取得できる（完全性がある）	不完全なデータ（IoT が極限まで行き、またプライバシー問題が解決できるのであれば、完全性あるデータ取得がやっと可能性を帯びる。）
AI のコアとなる機械学習部分構築の容易性	データの完全性により、社会で起こっている事象のもととなるデータはほぼ完全に取れているといってもよい。このため機械学習の構築が実社会より容易	データが取れていない事象が予測性の根本となる場合もある。組みたい AI に本質となるデータが取れているか次第。
社会的決定の AI 代行の社会実装難度	ゲーム運営の事業者としての経済インパクトやユーザー空間での資産性の崩壊など、重要な事象が起こる可能性は残るが、実社会よりは許容度が高く、先行して実装していくことが可能と考えられる。	社会やコミュニティという単位でAIが何らかのバランスを取る場合、人命や生命維持、経済インパクトなどのミッション・クリティカルなタスクへの AI 実装はリスクが高く、進みは遅い。
カタストロフィーの例	・プログラムのバグを突く無償石や有償石の無限増殖 ・ゲーム内のユーザー間カードトレードを悪用した、ボット（機械的/AI 的エージェント）によるユーザーなりすましと優良カードの1ユーザー資産への集中化	・アルゴリズミック・トレーディングでの為替等の社会基盤へのカタストロフィックな変化 ・電力融通を行うスマートグリッドでの悪意のある参加者や運営による電力需給の人為操作

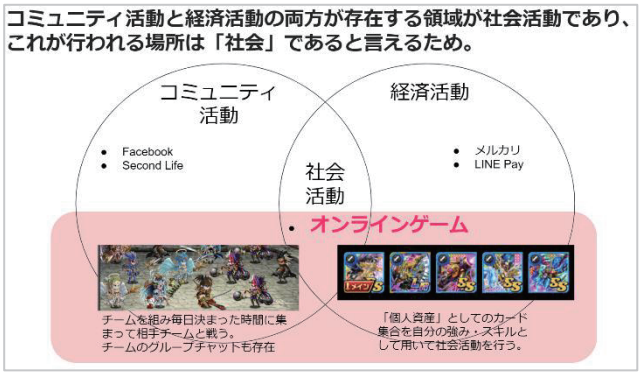
2.1 なぜオンライン「社会」なのか

上記で述べたようなオンライン空間は、「社会」と呼んでもよい要素を兼ね備えていると筆者は考えている。その理由は以下である。

コミュニケーションと共同タスクという社会性：まず、社会として基本となる、所属メンバ同士のコミュニケーションが取れる。これは前述のように、友達とチャットアプリでするような会話に似たものも含まれる。また、チーム戦等を通して、共同で同一のタスクに向かい、タスク達成条件を満たす（例えばチーム戦で勝利する）ために協力して取り組みを行う。

資産形成と資産性保持による経済性：次に、デッキというものを通した資産形成が存在していることである。この資産は、そのポートフォリオ構成要素であるカードに新たなより強い（より価値の高い）ものが、過去のものと同額でマーケットに売り出されることにより、実質的資産価値が時系列変化していく。ちょうど家電において、ほぼ同じような値段で新たなモデルが出て行ったり、そのモデルの性能が前のモデルより優れていたりすることで、いち家庭における家電の資産価値が時系列変化していくことに近い。ゲームの空間では、資産価値の目減りは、よりゲームの中で勝ちにくくなる、ということを意味する。ユーザーはある程度制御された運営のインフレ計画の中で、自分の経済事情にマッチしたような資産性維持戦略を取り、引き続きゲームが楽しめる状態を保とうとする。

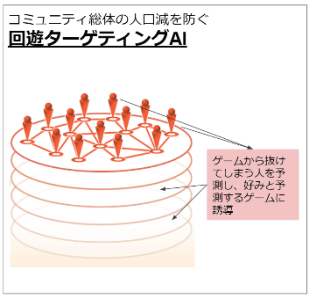
このような、社会の構成要素としての Minimal Vial Product（MVP）を満たすような空間がオンラインゲームの空間であり、それのよって、著者は同空間を「オンライン社会」と呼んでいる。（下図）



また、このような空間に対して、そのバランスを制御するような AI の研究開発を著者の所属する組織では進行している。(下図)

筆者の組織のグループ企業においては、ゲームタイトルを多数運営しているため「、オンライン社会が複数存在しているとも考えられる。これらの社会について、ある社会メンバがそろそろその社会を去ろうとしていることを察知し、次のマッチする社会を推薦するような仕組みを考えている。(下図左)

また、ユーザー資産となるデッキの状態を把握し、社会全体の資産バランスが崩れない形で新たなカードの強さを設計するようなサポート AI についても開発を行っている。(下図右)



2.2 レイテンシ問題とカタストロフィーの例

次に、上記のようなオンライン社会においてのカタストロフィー問題を取り上げる。基本的に、ゲームのオンライン社会でのカタストロフィーは、急速な経済状態の変化によってもたらされることが多い。例えば、カタストロフィーの例でテーブル内に述べた無償石の無限増殖であるとか、強いカードや攻撃力を上げるアイテムの無限トレードをボットによる不適正ユーザーの増殖によって起こされたような事象である。

2.3 共有する価値観の実装

[山川 2018]も述べるように、合意形成結果を近似するような評価関数がないと AI が学習できない。これに対して、山川は2つの案を出している。「民意の高速な推定」と「より上位の社会的目標の設定」である。

ゲーム空間においては、「民意の高速な推定」は“楽をして勝ちたい”など、必ずしも社会が活性する方向に動くような評価関数をもたらさない場合が考えられる。よって、「より上位の社会的目標の設定」のようがより実効的であると考えている。その社会に「住む」住人にとっては、オンライン社会自体の存続というものが一番の上位的な社会目標となりえる。これを運営側としてトップダウンで設定することは、ユーザーと Win-Win の関係を築けることを前提として、取りうる選択となる。

その目標のために、運営側の「中間的目標」として、課金により事業的にも社会持続に貢献してくれているロイヤルユーザーを維持する、というものが考えられる。

3. カタストロフィー制御 AI の社会実証の場として

ゲームのオンライン社会は、カタストロフィーの対処に対して非常に進んでいる社会であるという見方ができる。これは、もしカタストロフィックな事象が起きたとしても、仮想空間内のことであるので、基本的には法律に乗っ取った責任分解や裁定が起こらないことに起因する。ユーザーは規約を守るという制約のもと、この社会に足を踏み入れるが、それを破った場合の実社会での大きな罰則は今のところ存在しない。(実社会での罰されるセキュリティ・クラッキングのようなものはもちろん本論の外である。)

このようにチート行為をリスク少なく起こしやすいため、ゲーム運営ではしばしばカタストロフィックな事象が発見される。このような事象は、何万といるユーザーが総攻撃的に不具合を悪用して権利を手に入れたり、またボットにより CPU/GPU の速さでチート行為が行われ、その行動者が増殖していく場合もある。今の運営では、迅速にそのようなユーザーを発見し、規約違反で追放(バン)したりすることで実効力を持って対処をしている。しかし、そのカタストロフィーによって崩された経済性のバランスは一朝一夕には解決されず、例えば無償石が大量に社会内にばらまかれた場合にはその影響の終結のために2～3か月、経済バランスを崩し課金が抑えられた中で運営をせざるを得ない場合もある。

このような重大な帰結をもたらしうるカタストロフィーについて、その発生を予期したり、人間では間に合わないスピードでの対処・裁定によりバランスされた状態に持ち込むための AI が必要となる。このような AI について、概念で試行することは現実社会でも可能であるが、例えば、以下のようなバランスされた状態を保ち続ける例について、実社会への影響を押さえながらの実証というのは難しい。これは、ひとたびカタストロフィーが起きたときの影響が大きいということに起因する。一方で、非常に制限された、人工的なデジタルシミュレーションを作ることでその影響を図ろうと考える諸氏もいる。しかしこのシミュレーションでは、実際に「人間とはどう考えて何という手を連続的に売っていくのか」という事象への再現精度に問題が出てくる。

1. 地域の需要家どうしで電力を融通するスマートグリッド内のカタストロフィー:例―米国エンロン社による、特定参加者の経済性のための人為的需給の非バランス化
2. サブプライムローン問題や不動産バブルのような、リスクとリターンの関係性がマスクされてしまった商材に対するリスク顕在化やバブルの崩壊
3. 為替のアルゴリズミック・トレーディングによる、為替高や為替安の連鎖反応的でカタストロフィックな価格変動
4. 特定の電子マネーを使うとある確率で全額キャッシュバックのような、経済行動や経済価値観の変化をもたらしうる施策

一方で、オンライン社会であれば、人命や(電力のように)生命維持にかかわるようなミッションクリティカルでない、また上記のような経済性からカタストロフィーは起こしたくない、という強い動機も働く。このため、カタストロフィー制御を含む社会バランス AI の実証として適すると筆者らは考えている。

また、データが取れていないと、カタストロフィーがなぜ起こるのか、どうやって予測し得たのか、の解明が一向に進まない。社会のメンバの取りうる手と取得されたデータの完全性のバランス

の観点でも、オンライン社会はカタストロフィー制御の実証に適すると考えている。

3.1 中間目標としてのカタストロフィー制御の定義

実際のカタストロフィーについては、時相論理、様相論理のようなもので、その定義であるとか、またそれがコントロール状態になることが記述可能であると筆者は考えている。

例えば、「一定時間 T 内の社会数値 X の変化量は Δ 以内に収まる：□t≦T　δ (t→t+T)|X|≦ Δ」のような記述である。

また、カタストロフィーが制御された状態は、「社会数値 Y が変化量 Δ2 を超えた場合、時間 τ 以内にその変化値は Δ 以内にまで戻る制御時系列が存在する：□（□ δ (t→t+T)|Y| ＞ Δ2 → ◇t≦t+ τ δ（t→t+ τ）|Y| ≦ Δ）」というような制御下の状態を表す時相論理も考えられる。

4. カタストロフィー制御を含む社会バランス AI について

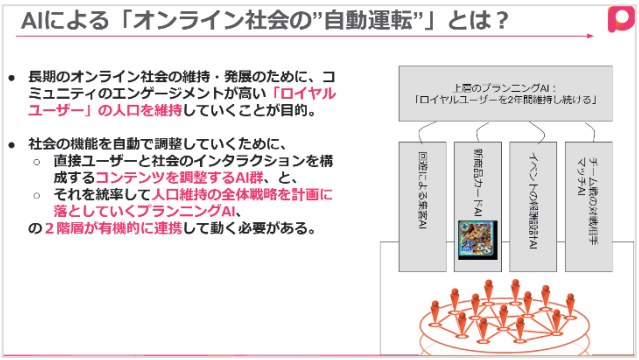
本章では、カタストロフィーに対応するための社会バランス AI の持つべき機能について考察する。

4.1 より上位の社会的目標の導入

長期のオンライン社会の維持・発展のために、コミュニティのエンゲージメントが高い「ロイヤルユーザー」の人口を維持していくことが目的とする。

4.2 階層型の AI

社会の機能を自動で調整していくために、直接ユーザーと社会のインタラクションを構成するコンテンツを調整する AI 群、と、それを統率して人口維持の全体戦略を計画に落としていくプランニング AI、の2階層が有機的に連携して動く必要がある、と考えている。



4.3 中間目標としてのカタストロフィーの制約項

第 3.1 節のような時相論理の制御要件を受け取って、それを解釈するような AI か、AI に理解できる言語に変換するコンパイラのようなものが必要になってくると考えている。

このような時相論理による制御則を満たすかどうかについては、"ハイブリッドシステム"といわれる制御とコンピュータ科学の学際分野にて研究がされてきた。

ハイブリッドシステムの分野では、制御するものされるものをスイッチング制御理論的・オートマタ理論的にモデル化し、同モデルに対するリアプノフ関数やエネルギー関数の単調減少での安定化の照明や保証を行う。[Myla 2008] [Mitra 2008]

また、事象や時系列の抽象化後の言語（データ）を把握する AI も必要になるかもしれない。このような言語とその計算モデルの検証は以下の論文で述べられている [Umeno 2008]

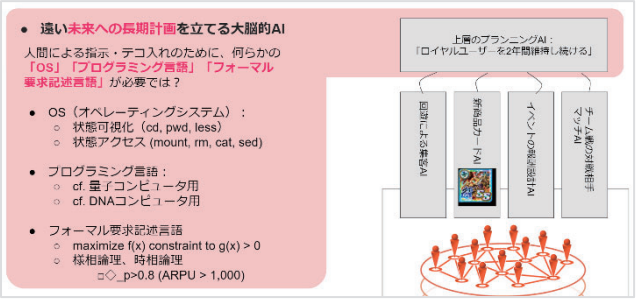
4.4 ハッカブルな AI の必要性

上層となるプランニング AI は、LSTM のような、リカレント性を持ち、状態をある程度メモリする時系列系の機械学習モデルで動くはず。メモリを持ったニューラル回路は、回路図の左から右への信号増幅を行うトランジスタの回路から、論理ゲートに再帰入力を掛けてフリップフロップを作ることで S-RAM となったデジタル回路にも似ていると筆者は考えている。

カタストロフィーに AI のみで対応しきれないと判断がされた場合、そのハックのための OS（メモリ仮想化）やプログラミング言語も必要であると考える。ニューラル回路内の状態を効率的に高次の言語で変えていく必要があるからである。（下図）

最終的に時代が進めが、ハック部分のプログラム/スクリプトを含めて AI が1つのシステムとして構築されると考えている。

また、カタストロフィーをある程度自動で脱出するために、異常検知のための機械学習アルゴリズムにも似た動きを持った忘却ゲートも必要かもしれない。



5. おわりに

オンライン社会は実社会への応用を考える土台としてどのように適しており、また、カタストロフィー制御 AI の実証場所として検討できそうかを考察した。今後、AI のオンライン社会への実装を進めるとともに、実社会への応用も積極的に考えていきたい。実社会への同様の考え方のフレームワークについては、北陸先端科学技術大学院大学の内平教授・岡田准教授と共に、思考フレームワーク＋アイデアソンの形でのブートキャンプ集中事業を行った。[内平 2019]　このような機会も活かしていく。

参考文献

[山川 2018]　山川 宏: 速度耐性をもつ社会の実現にむけた基礎的考察, 2018 年度人工知能学会全国大会（第 32 回）, 2018.

[内平 2019]　内平直志, 梅野真也：イノベーション・デザイン手法の地域課題解決への適用 ― 石川県能美市×AI／IoT アイディアソン ― ，サービス学会 第 7 回国内大会, 2019

[Myla 2008] M. Archer, H. Lim, N. A. Lynch, S. Mitra, S. Umeno: Specifying and proving properties of timed I/O automata using Tempo. Design Autom. for Emb. Sys. 12(1-2) (2008)

[Mitra 2008] Sayan Mitra, Daniel Liberzon, Nancy A. Lynch: Verifying average dwell time of hybrid systems. ACM Trans. Embedded Comput. Syst. 8(1): 3:1-3:37 (2008)

[Umeno 2008] S. Umeno: Event order abstraction for parametric real-time system verification. EMSOFT 2008: 1-10

[Umeno 2010] Shinya Umeno, Nancy A. Lynch: Automated Formal Verification of the DHCP Failover Protocol Using Timeout Order Abstraction. ICECCS 2010: 136-145

2:40 PM - 3:00 PM (Wed. Jun 5, 2019 1:20 PM - 3:00 PM Room I)

[2I01-04-5] Discussion / Conclusion

Discussion / Conclusion

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-15

[2I4-OS-15b] 人と AIが織りなす新たなエコシステム(2)

中川 裕志（理化学研究所）、山川 宏（ドワンゴ人工知能研究所／全脳アーキテクチャ・イニシアティブ）、浅田 稔（大阪大学）、井上 智洋（駒沢大学）、江間 有沙（東京大学）、金井 良太（アラヤ）、高橋 恒一（理化学研究所）、萩田 紀博（ATR）、堀川 優紀子（ATR）、松原 繁夫（京都大学）

Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room I (306+307 Small meeting rooms)

[2I4-OS-15b-01] A Study on Formation of Social Consensus on Personal Data Utilization in AI Society

〇Etsuko Tane[1] （1. The University of Tokyo）

3:20 PM - 3:40 PM

[2I4-OS-15b-02] AI as agency in agency law

〇Ryota Akasaka[1] （1. National Institute of Advanced Industrial Science And Technology）

3:40 PM - 4:00 PM

[2I4-OS-15b-03] (Invited talk) Legal Issues toward the New Ecosystem Interwoven between Human and AIs

〇Satoshi Narihara[1,2] （1. Kyushu University, 2. The RIKEN Center for Advanced Intelligence Project）

4:00 PM - 4:40 PM

[2I05-07-4] Discussion / Conclusion

4:40 PM - 5:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

AI 社会におけるパーソナルデータ活用の社会的合意形成に関する考察

A Study on Formation of Social Consensus on Personal Data Utilization in AI Society

多根　悦子[*1]
Etsuko Tane

[*1] 東京大学大学院 総合文化研究科
Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

In recent years, AI technology has been developing rapidly beyond social acceptance. Although utilization of personal data has advantages of bringing convenience to people and enriching our lives, we also have risks of being abused. Social consensus formation is required to utilize technologies with high uncertainty. In order to practice a valid consensus formation, the diversity of decision-making subjects, the disclosure of necessary information, diversity of options and transparency of the decision-making process is necessary. In this paper, the tasks of utilizing personal data are overviewed and consider how to form a consensus to ensure social rationality.

1. はじめに

近年における通信技術, コンピュータ, IoT（Internet of Things）等のデジタル技術の急速な発展によって, 世の中に流通するデジタルデータの量・種類は急激に増加を続けている. 例えば, WEB 上での購買履歴や行動ログ, 位置情報, 交通系 IC カード利用履歴など, 大量・多種のデータ（ビッグデータ）を取得・保存できるようになり, それらのデータを分析することによって予測や認識をする AI 技術が発達してきている. しかし, 個人の ID に紐づくパーソナルデータは, 個人のプライバシーへの配慮や個人情報漏洩などのデータの取り扱いのリスクから, 活用メリットがあると理解されつつも現実には活用が進んでいない [本村 15] ことが課題となっている.

このような状況の中で,パーソナルデータを社会的に活用できるようにするためには PDS（Personal Data Store）とよばれる, 個人が自分のデータを蓄積・管理・共有できる仕組みが必要であり [橋田 13], 内閣官房 IT 総合戦略室では 2016 年 9 月から「データ流通環境整備検討会」を開催し, PDS とそれを代理運用する情報銀行（情報利用信用銀行）, データ取引市場などのデータ流通の仕組みについて検討してきた [総務省 18]. さらに, 総務省は個人データを収集・管理する「情報銀行」の事業者認定を 2019 年に開始すると発表し, パーソナルデータの活用の環境整備が進みつつあり, 社会からの注目はますます高まってきている.

2. パーソナルデータの定義と課題

パーソナルデータは個人情報と同義語と考えられがちであるが, インターネットの閲覧履歴や位置情報など, そのデータ単体では個人を特定できないものも含まれる. 2011 年に開催された世界経済フォーラムにおいて,「パーソナルデータ：新たな資産カテゴリーの出現（Personal Data: The Emergence of a New Asset Class）」がまとめられ, そのレポートの中でパーソナルデータの言葉が定義されている [WEF 11] . 本研究では, 世界経済フォーラムのレポートに記述されたパーソナルデータの定義を踏襲した（表 1）.

表 1　本稿におけるパーソナルデータの定義

ボランティアデータ	個人が自らシェアしたデータ 例：SNS のプロフィールなど
観察データ	個人の行動の記録から作られたデータ 例：携帯電話使用時の位置情報など
推測データ	観察データの分析から得られた個人に関するデータ 例：与信情報など

また, 同レポートの中でパーソナルデータは,「インターネットにおける新しい石油であり, デジタル世界における新たな通貨である」と記述されており, 世界的にもパーソナルデータが社会や経済にとって有用であり, 価値あるものであると示されている.

一方でパーソナルデータは, データの主体であるユーザーの管理・コントロールから離れて本人の知らないところで利用されるというリスクを有する. 例えば WEB サイトで使われているリコメンド（推薦）機能や検索エンジンを利用した際に画面上に表示される広告や検索結果の一部（リスティング広告）は, ユーザーのインターネット上での行動ログや購買履歴などのデータの分析をもとに表示されており, ユーザーの意思とは関係なくパーソナルデータが企業の宣伝活動に利用されている. また, 2018 年に発覚した Facebook の情報漏洩問題は, アプリ経由で 8700 万人の個人情報が流出し, アメリカ大統領選にも影響を与えたと言われている. さらに, 中国の電子商取引サイト最大手のアリババ（Alibaba）が傘下におさめるオンライン決済サービスのアリペイ（Alipay）は利用者の決済情報から信用力スコアを算出し, 住居の賃貸や融資の場面, 外国のビザ取得にまで利用されているといわれている [山本 17].

急速に技術発展が進むことにより, それが社会にどのような影響を与えるか答えることができない不確実性を持つ問題をワインバーグは「トランスサイエンス（Trans-Science）」と名付けた [Weinberg 72]. AI は急速な技術的進化と共に社会への適用も同時進行で発展しており, その中でもパーソナルデータは, その活用がユーザーや社会に対してどのような影響をもたらすか, あらかじめ全てのリスクを予見できない, トランスサイエンスの領域にあるといえる. 本稿では, 多様なステークホルダーの期待と懸念が混在し, かつ技術の発展に対して社会的不確実性がある中で, 健全にパーソナルデータを活用するための社会的合意形成について考察する.

連絡先：多根 悦子, 東京大学大学院 総合文化研究科 広域科学専攻, etsukotane103@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

3. 社会的合理性と意思決定

科学技術と社会の接点で生じる問題を解決する手段として，科学主義が強い技術官僚モデル（technocratic model）と，より多くの価値観を導入する民主主義モデル（democratic model）がある[藤垣 03]. 日本の科学技術をめぐる社会的意思決定では前者が用いられがちであるが，技術官僚モデルは科学的要素が強いがゆえに，理想的な状況で取得されたデータにもとづいて意思決定されており，現実の社会的場面には即さない．パーソナルデータは先に述べた通り，AI の技術の発展に伴い活用範囲も急速に広がっており，事前に科学技術の側面からリスクを判断することが難しく，民主主義モデル，つまり多様な価値観を加味した社会的合理性をもとに妥当性境界[1]を判断する必要がある．では，社会的合理性はどのように担保されるのか．藤垣によると，「公共空間」における科学技術の問題に対する意思決定は，下記の3つによって社会的合理性が担保されなければならない．

1. 意思決定の主体の多様性
2. その意思決定に必要な情報の開示，選択肢の多様性
3. 意思決定のプロセスの透明性

これらをパーソナルデータに当てはめて考えてみると，1についてはパーソナルデータの活用をめぐり，企業とユーザー以外にデータアグリゲータ，政府，法律家，研究者など多様なステークホルダーが存在する．これらのステークホルダーが主体となる議論の場を設計し，未来に起こりうる問題や技術動向を話し合う必要がある．2の情報開示および選択肢の多様性については，専門家（知識を持つ者）と一般市民（知識を持たざる者）としての関係（欠如モデル）による二者択一の意思決定ではなく，各ステークホルダーが情報を持ちよることにより，複数の選択肢を構築していくことができると考えられる．有効な手段として，技術評価の手法のひとつであるシナリオワークショップ[2] [平川 02] を用いてパーソナルデータ活用がもたらす未来について考えることができる．また，これは多様なスタークホルダーが参加し，その結果を公開することによって，3の意思決定のプロセスの透明性を担保することもできる．

このように，社会的合理性にもとづいてパーソナルデータ活用の合意形成をはかることにより，不確実性が高い未来に対してあらゆる可能性を予見し，それぞれの立場から行動をおこすことができると考えられる．

4. ステークホルダーの認識および態度

本研究では，パーソナルデータ活用に対する社会的合意形成の実践として，まずは各ステークホルダーの認識的課題を明らかにするために，一般市民参加型のワークショップを開催（2回）し，議論のスクリプトに対して共起語分析，感情分析，フレーミング分析を行った．ワークショップは参加者が様々なステークホルダーを演じることによって，主体の多様性を仮想的に再現した．

1回目のワークショップでは，ユーザーの立場として参加者のパーソナルデータ活用の認識・受容の程度について明らかにし，どのようなメリットとリスクが考えられるかについて議論した．その後，今度は役割を変えて企業側の立場に立った場合に，どのように考え方が変わるかを観察した．その結果，ユーザーの立場で考えた時は，情報収集や利便性を重視しつつも，個人を特定されやすい情報の提供に懸念を示していたものの，企業側の立場に立って考えると個人の特徴や属性を表すデータの取得を目指しており，同一人物であっても立場を変えると懸念や取り扱いの考え方が変化することがわかった．

2回目のワークショップは，参加者が様々なステークホルダーを演じるロールプレイングの手法を用いて行った．その結果，議論の内容から各ステークホルダーのパーソナルデータに対する態度や主張がフレームとして表出し，倫理的な問題や新たな利害関係が生まれたりするなど，パーソナルデータ活用のための課題と解決のための選択肢が抽出された．また事後アンケートから，ワークショップで様々な立場に立って考えることによる参加者のパーソナルデータに対する意識の変化も見られた．

5. おわりに

本稿では，AI 社会におけるパーソナルデータ活用について，社会的合理性が担保された合意形成について考察し，認識的課題を明らかにした．一方で，専門家の態度，意見に関してはワークショップ参加者の想像の域に限定されている．次のステップでは，これを補完する形として実際の専門家へのインタビューを実施し，各ステークホルダーの立場からのパーソナルデータの捉え方を確認する．

現代の AI 社会では，その技術発展の速さゆえに不確定要素を残したまま意思決定を迫られ，その都度，倫理的または合理的な判断基準が求められている．しかし，多くのケースでは社会的な合意形成を得ないまま技術が浸透しているのが現実であり，その影響を誰も予見できないという大きなリスクをはらんでいる．この問題はパーソナルデータに限らず，自動運転やロボットなど他のシーンでも同様である．本研究の発展として，AI 時代の社会的合意形成モデルを構築し，各分野に応用していくことを今後の課題とする．

参考文献

[本村 15] 本村 陽一: AI 技術によるビッグデータ活用の課題，人工知能学会第 29 回全国大会予稿，1J3-OS-18b-4, 2015.

[橋田 13] 橋田 浩一: 分散 PDS による個人データの自己管理 (< 特集> パーソナルデータに基づく気付きの創発)，人工知能学会誌 Vol.28, No.6, pp.872-878, 2013

[総務省 18] 総務省: 情報通信白書，第 1 部 特集 人口減少時代の ICT による持続的成長，第 2 節 日本と世界のデータ関連制度，2018

[WEF 11] World Economic Forum: Personal data: the emergence of a new asset class. In World Economic Forum, 2011

[山本 17] 山本龍彦: おそろしいビッグデータ: 超類型化 AI 社会のリスク，朝日新聞出版，2017

[Weinberg 72] Weinberg, A. M :Science and Trans-Science, , Minerva 10(2), 209-222, 1972

[藤垣 03] 藤垣裕子: 専門知と公共性，東京大学出版，2003

[平川 02] 平川秀幸: デンマーク調査報告書― シナリオワークショップとサイエンスショップに関する聴き取り調査 ―, 2002

[1] 意思決定において必要な判断基準，判断基準の根拠

[2]社会変化に関わる人々がそれぞれ立場から見て望ましい未来像を描き，全員が共有できるビジョンとそれを実現するための行動プランを定めるワークショップ

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

代理人としての AI の検討

AI as agency in agency law

赤坂　亮太[*1]
Ryota AKASAKA

[*1] 産業技術総合研究所　特別研究員
AIST Postdoctoral Researcher

Many scholars arguing that acts of artificial intelligence affect to modern law systems. There are some discrepancies between human beings in law systems who act based on "free mind" to humans in terms of today's science, and AI actualize this discrepancy. Due to solve this problem in a field of contract law, some US law scholars arguing to interpret AI as an agency in common law. In this article, I describe applicability and limits for this argument.

1. はじめに

1.1 問題背景

AIのような自律的に行為をしえる非人間の存在が、近代法以降の法体系に影響を与えること、とくにいかに法的責任を考えるのかというテーマは近年盛んに議論されている。その中で、AIに一定の法的立場を付与し、現行法の延長線上に回収しようとする議論も行われている。

他方で人間の側に目を向けると、「意思能力、行為能力、責任能力といった「能力」概念を媒介として、行為を現実化させる「意思」(行為の創発)から、行為の「効力」、そして行為(の帰結)に対する「責任」に至る一連のプロセス」として人の行為を自由意思による自律的な行為とする法の人間理解については、近時の人間諸科学の研究成果をもとに法学領域においても疑問が提起されている。たとえば法律時報の 90 巻 12 号「特集・現代法における「人間」の相対化」ではこの問題意識をもとに、法的に扱われる人間像が再検討されている。特に AI との関係において、角田[2018]は特に「弱い AI」を含む高度な道具について、このような思考能力を拡大できるような「行為能力のレバレッジ」をかけるレバレッジ機構が日常的になることによって「身の程を知らない自由がモンスター化」し、帰責対象としての人間画から責任が溢れ出すことを懸念する。[角田,2018;P37]

このような高度な情報技術と人間が協働する場面において従来の帰責構造では人間に過大な責任が生じ得るという問題意識は、他にも、Elish[2016]が道徳的クラッシュゾーン(Moral Crumple Zone)という概念で、人間と非人間の複数の関係アクターが係る事件について統御とアカウンタビリティとしての不一致が(主に人間が責任をとるという形で吸収されるように)生じる現象を描きだしたように、さまざまな論者に共有されているものである。

我が国においても、製造物責任に関する訴訟においてはしばしば、対象となる事物が、それを用いる者の判断に影響したかどうかが問われる事例がある。例えば、名古屋地判平成 15 年 12 月 26 日判時 1854 号 63 頁　平成 7 年(ワ)第 4179 号、同 8 年(ワ)第 1423 号は、航空機のオートパイロットモードに人間の操縦がオーバーライドする際の設計がパイロットに影響をもたらしたかどうかがとわれた。もっとも、本件では中華航空機のパイロットの重過失が認められ、またパイロットが誤った操作をするような設計をエアバス社がしたかどうかという人間の行為が問われたのであり、稲谷[2017]が指摘するように「技術的人工物の存在態様そのものがより良いものに生まれ変わるという形での、いわば事物の存在態様そのものへの責任追及」は直接的な関心ではなく、結局はそのような設計をした人間の責任が問われている。

フェルベークやラトゥールといった現代の技術哲学の論者は、主体としての人間と、客体としての機械を対極におくのではなく、むしろ事物も道徳的役割を負っているのであり、人間との相互浸透作用が人間の判断を導き出していることを提唱している。(ラトゥール[2007]、フェルベーク[2015])たしかに、人間と非-人間の相互浸透作用により事象が生じるということは、AI のような自律的に動作するものを考慮するとより明確に問題になってくるように思える。たとえば、AI を用いて何らかの取引を行う場合、人は AI を統御して意思決定を下すというよりは、AI の判断により意思が形成され取引を行っていると考えた方が適切であると考えやすい。

このような問題意識に基づいて、稲谷[2017]は刑事法において「技術の道徳性」を前提とした新たな刑事法規制のありかたとして、限界効用の観点から事物に働きかけるほうが有利な場合において刑罰を人に課すのではなく、むしろ刑事手続きを通じた企業の構造改革手続きを応用し、事物の道徳性に配慮した設計手続きを履践することを求めるという手法を提案する。

では、市民間の秩序形成を対象とし、特に強制力が金銭による損害賠償という形で実現する民事法部門において、このような問題意識に基づいた何らかの対処は可能だろうか。この点について、米国の代理法研究において AI をコモンロー上の代理人として扱うことで、AI の役割を現在の法制度における責任論に回収するアイデアが議論されており、参考になるように思われる。

そこで本報告では、米国における代理法を AI に応用する研究において何を問題として議論がなされ、どういった手法で応用するのか。

1.2 米国の制度的背景

本論に移る前に、米国においては「電子的代理人」という概念がすでにいくつかの法令や二次的法源において定義されていることに言及する必要があるだろう。というのも、AI をコモンロー上の代理人と捉える研究は、これらの法令等における概念に対する批判という形で生じているためである。

米国では従前より、人間の取引を媒介するように振る舞うプログラムについて統一電子商取引法(UETA)や統一電子署名法(E-Sign 法)、ならびに統一商事法典(UCC)といった法規範に

連絡先:産業技術総合研究所,〒135-0064 東京都江東区青海 2-4-7, 080-3306-5993, r-akasaka@aist.go.jp

おいて、電子的代理人という概念を定義してきた。これらの法規範において電子的代理人は意思伝達のための道具として定義されている。 たとえば UCC2−103.1(g)では「個人による再確認または行為なしに、全部または一部において、独自の作動を開始するために、もしくは電子的記録または電子的作用に反応するために用いられるコンピュータ・プログラムまたは電子的もしくは他の自動的手段を意味する」とされ、契約に対する意思について、「プログラミングおよび機械の利用」に求められている(コメント 4,コメント 5)。

また、本報告の対象とするコモンロー上の代理法については、2005 年の第三次代理法リステイトメントが最近の二次的法源として有力である。ここでは、代理を「ある者(本人)が他の者(代理人)に対して、代理人が本人の支配・監督のもと、本人のために行為することへの(本人による)容認を表明し、かつ、(代理人の方でも)代理人がそのように行為することの容認、もしくは何らかの形で同意を表明するときに生ずる信任関係」(§1.01)であるとし、ここでいう者について§1.04(5)にて「(a)自然人、(b)法律上権利を有し義務を負うことのできる組織もしくは団体(c)政府、政府より小さな自治体、もしくは政府によって創設された」ものとして定義されている。この定義につきコメント e において「本人か代理人として行為できるためには、法的権利と法的義務の対象となる能力がある、人(person)でなければならない」として「無生物や人ではない動物は本人やコモンロー上の代理人にはなることができない。」としている。さらにリポーターズノートにおいて、コンピュータは法的な人ではないから代理人にはなれない。

上記でみたように、各法規範では AI が代理人として扱われる余地はない。しかしながら、UETA の§2コメント5では、「人工知能の発展を通じて、コンピュータは『経験から学び、自らのプログラムにおける指図を変更し、かつ、あらたな指図を考案する』ことが可能となるだろう」「そのような発展が生じるとしたら、裁判所は、そのような新たな能力を認識するたえに、それに応じた電子的代理人の定義を解釈しうるであろう」と電子的代理人概念が今後拡張されうることは示唆されている。

2. 米国代理法研究の問題意識

それでは、米国法の代理法研究の研究者は何を問題とし、AI をコモンロー上の代理人として解釈すべきとしているのだろうか。

2.1 関係性に着目するもの

比較的初期の研究においては、使用者とAIの関係性に注目したものがみられる。例えば、Smed[1998]は、利用者と知的なソフトウェアの関係をプリンシパル-エージェントの関係ととらえ、代理法はそのような関係における責任の問題を解決するために最適な法だとしている。

Middlebrook,& Muller[2000; 354]も、E-SIGN 法や UETA といった立法は、個人とその代わりに行為を行うボットとの間の関係性を説明していないとして、コモンロー上の代理法に言及する。このコモンロー上の代理法は、イノベーションと経済的成長を社会が育成するための道具であるとの理由から、特に電子商取引におけるソフトウェアロボットについて適切であるとしている。(なお、これのように代理法に経済的な価値を見出すのは、代理法をビジネス法の基礎におく、きわめてアメリカ代理法の特色が強い見解であるといえる。)

2.2 意思形成に着目するもの

上記の関係性にたいする着目の発展形として、契約の締結にともなう意思の形成および意思の表示に AI が果たす役割の大きさを問題とする説がある。この見解は、人間の自由意志と自律性に対する非-人間の役割を重要視したものである。

このような主張の代表的なものとして Chopra & White[2011]がある。AI を単なる道具とするアプローチ(mere tool approach; 以降、単なる道具アプローチ)は、利用者との相互作用において、特定の契約に関して先存する意思があるとは言えないとして批判する。たとえば、ショッピングサイトのように中程度の複雑なエージェントを含む場面において、利用者と「相互作用」される特定の契約に関して、本人は事前の「意思」をもてないとする[Chopra & White, 2011: 36]。自律的な AI は「単なるコミュニケーションツール」ではなく、それ自体が本人の意思を構成する手段となっていることを指摘する。更に、そのような AI こそが本人や人間の代理人よりも契約締結における情報の最も良いソースであり、本人の再確認なしに自律的に契約条項を変化させるようにプログラムさせることができるとする。このことは特定の契約について意思を形成するとともに、意思を表明していると指摘する[Chopra & White, 2011; 38-39]。

パガロ[2013,2018]はこの見解を継承して、単なる道具アプローチを批判する。単なる道具アプローチは、自律的なロボットなどに意思決定を左右するような知識の獲得といった認知作業を委任する可能性がること、本人がロボットに対して契約の締結を委任したという事実から法律効果が必ず本人に発生することはならないこと、このアプローチは責任及びリスクがロボットの行為の本人としての管理者と使用者との間で配分されうる場合に対処できないことを問題として、代理法の適用を肯定的に評価する。

最近の研究では Scholz[2017]は、自動化された代理人は、申込者が意識的に検討しているかもしれないししていないかもしれない条件の組み合わせで、申込者の代わりに申込を行うことに着目する。ここで問題は、当事者が、実際に AI が選択した契約に同意することと、価格や契約条件を選択する AI を利用することに対して明示的な意思を示すことは同じだといえるだろうかということである。この問題について、申込者が設定したパラメーターの中での行為なら、本人としての申込者は当該契約に拘束されるが、申込者がブラックボックスである AI を用いた契約に同意していると言える程度では、単に幻想的な約束であるとしている。そしてその幻想的な約束については AI を法的な人格のない代理人や擬似的な代理人として想定し、具体的には追認の法理による代理関係を援用することを支持する。(Scholz[2018]; 166-167)

なお、米国以外の論者においても、このような見解を示すものがいる。例えば Sartor[2009]は電子的な代理人は 利用者やプログラマーにより用意された契約を伝達しているだけだという考えは電子的な代理人を利用する理由そのものと矛盾するものであるから拒否すべきだとする。利用者やプログラマーは知識の獲得やその熟慮に電子的な代理人に認知的な課題を委任することが電子的な代理人を利用する理由であるためである。利用者の意思が最終的には契約の効果を正当化することが事実だとしても、これは、電子的な代理人に取引の準備および実行に必要な認知過程を実行し、利用者の名の下で特定の取引を締結するというタスクを委ねる、という意図であるとする見解を示している。

2.3 その他の説

上記のほかに、Chopra & White[2011]は、法と経済学における、所謂「最安価危険回避者」の観点からも、単なる道具アプローチを批判する。すなわち、現実には利用者とAIの管理者、そしてAI自身というアクターが関わっている状況において、利用者がかならずしも最安価危険回避者ではないことはあり、その場合すべてのリスクが利用者に配分される単なる道具アプローチでは非効率的だとする。

Scholz[2017]は、米国の契約法の契約成立要件である約因にも問題があるとする。すなわち、約因とは交渉によって約束される動機、法的行為に従事する合意としての合理的な利益と損害であり、申込者と承諾者でなくAIが交渉を行っている場合、合意のために交渉を行っているとは言いづらいとする。(Scholz, [2017]; 156)

また、契約は市場評価額に縛られず嗜好を表現できる場であるものの、AIは定義上、規約、文脈、および人間のプログラマーの限界に縛られている点や、ブラックボックスの AI は価格差別を可能にし、市場で力を持つ企業が多くの余剰を取ることを可能にする契約状況を可能にすることといった、市場取引全体についても問題が生じる点も指摘する。

3. 代理人としてのAIの実現と限界

以上で見るに、代理人として AI をとらえる説は、人間と AI との関係の中で、人間の意思形成を代替ないし強く影響を与える問題への対処法として考案されていることがわかる。しかしながら、このような考え方に疑問がないわけではない。ではこのような案を、疑問を乗り越えて実際に法制度上で実現するためにはどのようにすればよいのだろうか

このような疑問点の第一には、具体的に人工物である AI が責任を果たす手立てを持ち得るかという問題がある。たとえば木村[2018]は、AI に責任を負わすために法人格を与えることは、そもそも人が責任を負担できる前提を欠いているとして批判する。同じように、Elvy[2016]も、AI は法的に人ではないため代理人としての責任を全うできないとして AI を代理人として解釈するアイデアを批判している。

このような 批判に対して、歴史的に人間以外で限定的な財産を持ち得た主体のアナロジーからの応答がなされている。例えば、Chopra＆White[2011;42]は、ローマ法における奴隷のような法的な媒介者（intermediary）という概念をもちだす。ここでの目的は AI に法的人格をもたせることではなく特定の状況下で仲介者を介して相互作用する人々が責任を免れられるようにする、より洗練された適切な法的メカニズムの発達であるとし、現代のコモンローとの「結婚」として、本人を法的に拘束できる能力のある知的な非人間のアクターとして奴隷とちかいものは子供であるとし、子供のメタファーを用いる。

他方、でパガロ[2013＝2018; 121]も奴隷のアナロジーを持ち出すが、ここではその「特有財産」に着目する。これは「自らが所有する奴隷による事業や商業活動によって損害を被ることを避けたいと考える家長たちの要求と、奴隷と安全に取引を行うことを希望する奴隷の相手方の保護というバランスを図ることを目的」とした制度で、「家長の法的責任は奴隷が保有する特有財産の価値を限度とするが、後者に関する法的な取引の安全性の保証を義務付ける」ものであった。これを応用し、個人の法的責任を AI のポートフォリオ価値の範囲内に限定させようとする。

近時の研究によれば、民法の文脈においては(すなわち、憲法的な人格権や道徳的な意味での人格を考慮せず、民法 417 条および 722 条に基づく金銭的損害賠償を行うという点についてのみいえば)そもそもAIに法的な人格を付与することは、現実的に可能な法技術であるといえる。例えば AI に法人格を付与することは既存の法人制度を利用することでも可能であり、これにより責任の分配が適切に行われうることは示されている[斉藤、2017]。Chopra＆White[2011]が指

摘するように、このように法的人格を付与するメリットは1、契約上の自由と契約の締結に関する法理論への最小限の影響で、電子契約代理人によって制定されたまたは宣告された宣言と契約の有効性問題を解決する。AI は問題の契約を締結する意思のある人として理解されることになり、標準的な意思の客観理論がかれらの行動の解釈に適用されることになる2、契約の締結において代理人がその現実の代理権や表見的代理を超えて行動した場合、本人は契約に拘束されなくなり、第三者はいわゆる代理権担保（代理人は本人の取引をていけつする権限があるという第三者への代理人の約束）の侵害で代理人を訴えることによる追加的保護をうけることができるようになる。代理人が人ではない場合には、そのような法的行為は開かれていない。3、代理人の行動のための本人の潜在的な道徳的および法的責任を制限するから、第三者への代理人の潜在的な責任を考慮することを通じ、潜在的に、人工代理人をより魅力的なものにする。といったものがある。

もう一点の疑問は、米国法における代理法と日本法の差異にある。米国の代理法の特徴として1，本人のための代理制度 (本人中心主義) 2，信任関係としての代理制度（フィデュシャリー(fiduciary)としての代理人） 3,本人とされるリスク（支配には代理法上の責任が伴う）があるとされている[樋口,2002; 12]。その中で、特に前者 2 点について、直截に米国の議論を日本に適用できないである問題があるように思われる。例えば、本人のための代理制度という点でみると、米国代理法は代理人の不法行為までもカバーする。すなわち、日本の制度が法律行為に限定されているのに対し、米国ではプリンシパルーエージェント関係にある、より広い自体において代理法が適用されている。また信任関係という関係は日本法にはない概念であり、代理関係を如何に規定すべきなのかについて差がある。また、日本には信任関係という関係性は法的に定義されているものではなく、日本では代理関係は契約関係と解される。しかしながら岩井[2016]によれば、信任関係は倫理的側面が強調され、むしろ契約関係と対極にある関係だとされている。

このような疑問点について、たしかに大陸法と英米法間の隔たりが大きく、それが原因で米国代理法研究が我が国であまり盛んに行われてこなかった[砥中、1988; 328]。しかしながら、ラトゥールやフェルベークの指摘する人間と非ー人間の相互浸透作用という人間の行為の理解は法制度を超えて共通であり、また意思を問題とする文脈に限って言えば日米双方の法制度においても、少なくとも契約において意思の形成と表示が契約の締結にとって重要なファクターであることは共通しているため、法解釈論として参照すべき論点ではないかと考える。ただし、米国のように不法行為まで含む一体的な解釈が可能になったとすると、今度は不法行為の機能としての報復・制裁機能を代理人としての AI にも想定することとなりまた困難を伴う。

4. 最後に

以上で見てきたように、一定の限界がありつつも、AI を法的な代理人として扱うという見解は、現代的な科学観に基づいた問題が顕在化する AI と人間の関係において一定の意義があるように思われる。もっとも、このような説自体もまだ米国において

主流派の学説であるといえるほど主張されているわけでなく、今後の議論の展開を負う必要があるだろう。

5. 謝辞

この成果は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業の結果得られたものです。

参考文献

[Smed 1998] Smed, S.: Intelligent Software Agents and Agency Law, Santa Clara Computer & High Tech. L.J., 14 ,1998.

[Scholz 2017] Scholz L.H.: Algorithmic Contracts, 20, Stan.Tech. L. Rev. 128, 2017.

[Chopra & White 2011] Chopra, S., White, L. F.: A Legal Theory for Autonomous Artificial Agents, University of Michigan Press, 2011.

[Elish 2016] Elish, M. C. : Moral Crumple Zone: Cautionary Tales in Human-Robot Interaction, We Robot 2016 Working paper, 2016.

[Middlebrook & Muller 2000] Middlebrook, S. T. , Muller, J.: Thoughts on Bots: The Emerging Law of Electronic Agents, The Business Lawyer, Vol. 56, No. 1 , 2000.

[Sartor 2009] Sartor, G.: Cognitive automata and the law: electronic contracting and the intentionality of software agents, Artificial intelligence and law 17.4, 2009.

[Elvy 2016] Elvy, S.A.: Contracting in the Age of the Internet of Things: Article 2 of the UCC and Beyond, 44 HOFSTRA L.REV. 839, 2016.

[パガロ 2018] ウゴ・パガロ(新保史生監訳): ロボット法,勁草書房, 2018.

[フェルベーク 2015]ピーター＝ポール・フェルベーク（鈴木俊洋訳）: 技術の道徳化, 法政大学出版局, 2015.

［ラトゥール 2008］ブルーノ・ラトゥール: 科学論の実在-パンドラの希望-, 産業図書, 2008.

[稲谷 2017] 稲谷龍彦: 技術の道徳化と刑事法規制, アーキテクチャと法 -法学のアーキテクチュアルな転回?-, 弘文堂, 2017.

[岩井 2016] 岩井克人: 信任関係の統一理論に向けて：倫理と法が重なる領域として, 経済研究, 67(2), 2016.

[角田 2018] 角田篤泰:ロボット・AI と人間性,法律時報, 90 巻, 12 号, 日本評論社, 2018.

[木村 2018] 木村真生子:AI と契約, ロボット・AIと法, 有斐閣、2018.

[斉藤 2018] 斉藤邦史:人工知能に対する法人格の付与, 情報通信学会, 35 巻, 3 号, 2018.

[砥中 1988] 砥中英夫:日本における外国法の摂取:アメリカ法, 英米法研究 3・英米法と日本法, 東京大学出版会, 1988

[樋口 2002] 樋口範雄:アメリカ代理法, 弘文堂, 2002.

4:00 PM - 4:40 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room I)

[2I4-OS-15b-03] (Invited talk) Legal Issues toward the New Ecosystem Interwoven between Human and AIs

〇Satoshi Narihara[1,2] （1. Kyushu University, 2. The RIKEN Center for Advanced Intelligence Project）
Keywords: AI Network, Law, Architecture

本講演では、人と AIが織りなす新たなエコシステムを実現するための法的課題を明らかにした上で、その解決に向けたアプローチを提示することを目的とする。近年の日米欧における AIの法的問題に関する議論と規範形成を検討した上で、今後の法的課題を整理し、その解決のあり方を模索する。その結果、新たなエコシステムを実現するためには、 AIの適切な設計を促すための法制度の設計（メタデザイン）が求められることを明らかにする。

4:40 PM - 5:00 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room I)

[2I05-07-4] Discussion / Conclusion

Discussion / Conclusion

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-19

[2J4-OS-19a] 「プロジェクション科学」の発展と応用(1)

岡田 浩之（玉川大学）、鈴木 宏昭（青山学院大学）

Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room J (201B Medium meeting room)

[2J11-13-1] Aim of the session

3:20 PM - 3:40 PM

[2J4-OS-19a-01] Towards the mechanism for projection

〇Hiroki Yokoyama[1], Hiroyuki Okada[1], Hiroaki Suzuki[2] （1. Tamagawa University, 2. Aoyama Gakuin University）

3:40 PM - 4:00 PM

[2J4-OS-19a-02] Physics Projection

〇Naoto Iwahashi[1], Hideaki Negoro[1], Soichi Kawano[2] （1. Okayama Prefectural University, 2. Luke System）

4:00 PM - 4:20 PM

[2J4-OS-19a-03] (Invited talk) JIZAI body

〇Masahiko Inami[1] （1. The University of Tokyo）

4:20 PM - 5:00 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

3:20 PM - 3:40 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room J)

[2J11-13-1] Aim of the session

Aim of the session

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

プロジェクションのメカニズムを探る：重ね描きとプレディクション

Towards the mechanism for projection: overlaying and prediction

横山裕樹 *1 Hiroki Yokoyama　岡田浩之 *2 Hiroyuki Okada　鈴木宏昭 *3 Hiroaki Suzuki

*1*2玉川大学脳科学研究所
Tamagawa University Brain Science Institute
*3青山学院大学教育人間科学部
College of Education, Psychology and Human Studies, Aoyama Gakuin University

1. 問題の背景

目の前に自分の好物のリンゴがある．するとそれは美味しそうだと感じる．そうした感覚，感情が生じると同時に，私たちには「美味しそうなリンゴがある」という認識が生じる．つまり推論の結果生まれた「美味しそう」という情報は，単に感じられる，そう考えたという，心の中の出来事だけでなく,「ある」という形で世界に実在するものとなっている．

この（感じた，考えた）⟶（ある，存在する）という関係はいかにして確立されるのだろうか．残念ながら，認知科学を含めた心の科学は，この問題に対する知見をほとんど有していない．この問題の困難さに気づいた哲学者の一部には，これをもって内的表象の不在，認知科学の不要を説くものもいる [Searle 84].

2. プロジェクションとは何か

この困難を乗り越えるためには，内的（脳内，情報処理システム内）に構成された表象を世界と結びつける心の働きが必要となる．我々はこの心の働きをプロジェクションと名付け，その研究の必要性を訴えてきた [鈴木 16, 鈴木 19]．物理世界の発する情報を元に内的に作り出された表象＝世界の意味は，プロジェクションの働きにより世界へと返されることにより，世界はその人なりの固有の意味に彩られた経験世界となる．そしてこの経験世界の中で人はまた認識と行為を繰り返す．

プロジェクションは，いくつかのタイプに分けられる．内的に構成された表象がそれを生み出した物理世界の事象とある程度まで一致した形で行われる，いわゆる投射が考えられる．目の前のものを特別な意味なしに知覚する，音の発生源の定位を行うなどは，通常環境下では投射の元となる情報の発生源＝ソースと，投射の先＝ターゲットが一致している．

一方，物理世界のソースとは異なる対象へのプロジェクションである異投射も考えられる．例えば，自分の手に対する刺激を目の前のゴムの手に感じるラバーハンド錯覚 [Botvinick 98]，音源とは異なる場所を音源としてしまう腹話術効果などは，典型的な異投射である．またフェティシズムに見られるように，長年使用してきたモノ，特別な経験の時に用いられたモノ，有名人が使用したモノには，そのモノ自体が持つ性質とは異なる性質が付与される [Bloom 11]．これも異投射の 1 つと考えることができる．また PC 上のエージェントに特別な感情を抱いたり [小野 16]，自分の身体の一部と同期するアバターなどの CG に自己との同一感を感じるなどの現象も異投射の現れと考えられる [渡邊 16].

またソースが存在しない，あるいは曖昧であるにも関わらず投射が起こることもある．これを虚投射という．盛んに研究がなされている色字共感覚では，黒い文字で印字されているものに色がついたと見え，それが数字によって異なることが明らかにされている [Cytowic 09]．統合失調における幻聴，東日本大震災後に被災地に現れる幽霊 [工藤 16]，極限状況下において現れる他者＝サードマンなども [Geiger 09]，明確なソースがないにも関わらず投射が起こる虚投射の例となるだろう．また脳への直接的な刺激を与えて脳の状態を変化させることで，虚投射が生じることも報告されている．[Arzy 06] は，てんかん治療のために埋め込まれた電極を通して，左側頭頭頂結合部に刺激を与えることで，現実には存在しない人の気配を生み出せるという報告もある [Arzy 06].

以上のことの中には，共感覚のような厳密な実験を通して得られたデータもあれば，ひとりの体験者の事後報告に基づくものもある．さらに，その体験の中にはサードマン，幽霊などのような一見オカルト風のものも含まれている．そうしたことから，これらの現象は科学の対象にならないと考える人もいるかもしれない．ただここで主張したいことは，これらの認識対象（幽霊やサードマン自体）の研究をすべきということではなく，そうした認識を生み出す心の仕組みを解明することは重要だ，ということである．つまり色字共感覚者が見る色が実際に印字されたもののどこかに存在するということ，実際に幽霊がどこかにいることの研究を勧めているのではなく，色や幽霊が見えてしまうプロジェクションの仕組みを明らかにすべきということである．

これら様々なタイプのプロジェクションの解明を通して，人も含めた生体にとって意味に彩られた経験世界がいかに作り出されるのか，そしてその中で生体はどう活動するのかを描き出すことが可能になる．

3. 認識と生成

物理学者のファイマン（Richard Feynman）は“What I cannot create, I do not understand.（私は自分に作れないものは，理解できない）”という言葉で認識と生成を一対のこととして捉える重要性を示唆している．本稿で議論しているプロジェクションによる認知のプロセスは，世界に対して予測モデルを生成し，認識と生成のプロジェクションループを回すという点で同様の問題意識を共有している．このように認識と生成

連絡先: hiroki.yokoyama@okadanet.org

を投射というプロセスを介して一対として考えることがプロジェクション科学の大きな特徴であると考える．

ここではプロジェクション科学における認識と生成の問題を統計的予測問題における生成モデルと識別モデルの対比で考える．あるデータがあったときに，そのデータを入力とした何らかの予測器を構成することが統計的予測問題である．

リンゴを見たときに「大きい」とか「小さい」とか判断したり、「美味しそう」とか「酸っぱそう」とか味を推測すること，即ちデータ ($\mathbf{x}$) に対するクラス (C_k) の条件付き確率（事後確率 $p(C_k)$）を直接データ ($\mathbf{x}$) だけからモデル化することを識別モデルと言う．大量の教師データ ($\mathbf{x}$ を入力としたときに対応するクラス (C_k)) が得られる場合には識別モデルのような仕組みでリンゴの見た時の各人様々な認識を獲得することが可能であるが，実世界で変化に富んだ環境で暮らす我々にはこのような状況は稀なことであると言わざるを得ない．

一方，生成モデルでも同様にデータに対するクラスの条件付き確率（事後確率 $p(C_k)$）をモデル化する点では識別モデルと同様だが，生成モデルではこの事後確率をベイズの定理により以下のように求める．

$$p(C_k|\mathbf{x}) = \frac{p(\mathbf{x}|C_k)p(C_k)}{p(\mathbf{x})} \tag{1}$$

この式の右辺において，$p(\mathbf{x}|C_k)$ はクラスに対するデータの条件付き分布であり，これを経験的に求めるのは難しくない．つまり，単にリンゴの画像からリンゴの形状（丸いとか小さいとか）や位置、光源などのパラメタを推定する（認識）だけでなく、生成過程をシミュレーションすることによりリンゴの画像の予測を可能にしているのである．

このような生成モデルの考え方はプロジェクションによる認知と非常に親和性があると考える．即ち生成と認識は一対のものとして考える，その認知プロセスを説明するのがプロジェクション科学であると考える．

4. 重ね描きによるプロジェクション

プロジェクションの問題を難しくするのは，その経路に物理的基盤が存在しないという事実である．外界からの刺激の受容から処理までは，物理的，生理的な基盤が存在する．視覚で言えば，受容されるのは電磁波の一種である光であり，その後の処理は脳内の各部位が担当する．一方，プロジェクションについて，それを字義通りに受け取れば，それは我々から世界へ向けてのプロセスである．このプロセスの一部は，明らかに行為である．しかし，行為が及ぶのは身体の到達可能な範囲までのことであり，視覚や聴覚のような遠感覚には及ばない．言うまでもなく．人はプロジェクタではないので，目から光線を発するわけではない．だとすると，内的に作り出された意味をいかにして世界の中に実在させられるのだろうか．

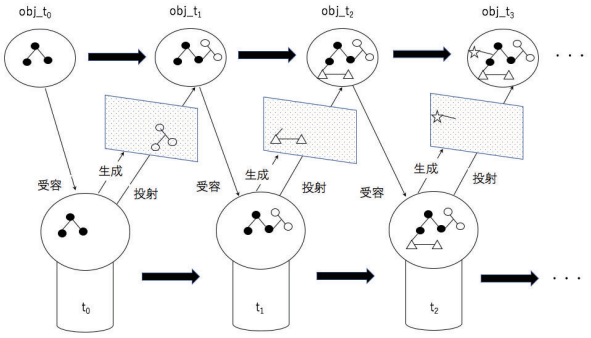


図 1: フィルタの漸次的更新による認識の変容

この難問解決の候補を考える際に，大森が述べる「重ね描き」は大きな意味を持つ [大森 82]．重ね描きについて，大森は概略以下のように論じる．赤いメガネをかければ，世界は赤く見えるのと同様に，脳に何らかの異常が生じれば，世界はその異常を反映した形で知覚される，と *1．つまり大森は，赤メガネ，脳も含めた身体を前景として，世界という遠景を透視するという図式を提案している．

これを本論文の主旨から解釈すれば，前景はフィルタであり，遠景は世界ということになるだろう．つまり，人は推論も含めた知覚システムによってフィルタを生成しながら，世界を知覚したり，行為を通して世界に働きかけたりするというサイクルを回しながら認知を行っている．このサイクルの中で，ただのリンゴは赤くて艶やかなリンゴとなり，おいそうなリンゴとなり，(たとえば）アップルパイの材料にしたいものとして知覚されることになる（図 1 参照）．こうした重ね描きという働きによって，心の世界と物理世界を結びつけること，すなわちプロジェクションが可能になるのではないだろうか．

5. 予測符号化理論による説明

こうした図式は予測符号化理論との適合性が高い．予測符号化理論は，Rao らが大脳皮質にみられる求心性，遠心性の双方向結合の役割を説明するために提案した計算モデルである [Rao 99]．初期視覚野のニューロンは，線分方位や局所的な動きといった情報を表現し，これらを組み合わせるとどのような網膜像が得られるかを予測する．この予測は，初めは正確ではないため，実際の網膜像との間に予測誤差が生じる．この予測誤差を減少させるためにニューロン活動を修正する．同様に，高次の領野は初期領野からの入力を良く予測するように，より抽象的な概念を表現する．下位概念を x，上位概念を y と表すと，各領野は上位概念が与えられた時に下位概念がどのように生成され得るかを $p(x|y)$ として表現していることになる．感覚入力の生成則を表現しているため，予測符号化モデルは生成モデルの一種である．$p(y|x)$ を表現し，感覚入力から抽象概念へと一方向かつボトムアップに計算して行く識別モデルとは，考え方が逆となる．

例えば，高次領野で，目の前の物体がりんごであることを y_2 に表現しているとする．この領野は，これまでの経験から，りんごが円形で赤いことが $p(y_1|y_2)$ に表現されており，これに基づいてりんごの画像を構成する曲線や色の情報が y_1 に表現されていることを予測する．そして初期領野は曲線や色の情報に基づいて網膜像を予測する．もし実際の網膜像が予測よりも黄色を帯びていて凹凸があれば，初期領野は x の予測誤差を減少させるために y_1 を修正し，高次領野はそれに伴って生じる y_1 の予測誤差を減少させるために y_2 を修正する．この場合は，物体がりんごではなく，みかんであるということが表現される．さらに，味覚との関係が $p(y_3|y_1, y_2)$ として表現されていれば，y_3 が予測され，(赤くて艶のあるりんごなので）「美味しそうなりんごがある」と感じることができる．このよ

*1 大森は表象を認めないどころか，主観–客観の区別を否定するという立場から論を進めており，本論文のような物理世界と心理的世界（表象）を分けて考える立場の対極に位置する．ただし，2 つの世界を一体化するという意味では，大森と本論文は問題意識を共有している．大森は主客が一体化していることを世界，人の在り方として存在論的に描き出した．一方，本論文はそれを認識論的に描き出すことを目指している．

うな予測と誤差のやりとりを繰り返し行うことによって，感覚入力として得られた x を最も良く説明する（$p(y_1, y_2, \cdots|x)$ を最大にする）$y_1, y_2, \cdots$ を求めようとする過程で，りんごに様々な意味が重ね描きされる．

色や形，単語といった静的な情報だけでなく，それに対する行動やその結果といった時系列の情報も重ね合わせの対象となり得る．Rawlik らは，エージェントの行動と報酬を折り込んだ生成モデルを提案し，強化学習を教師なし学習の一種として記述している [Rawlik 12]．また，深層ニューラルネットワークによる生成モデルの学習を実現した GAN（Generative Adversarial Networks, [Goodfellow 14]）は，データセットを再現しながら，そこには含まれていない新たなパターンを生成することができる．この GAN のように，複雑でありながら高い汎化性能を持った生成モデルは，自己の行動やそれに伴う報酬を含む経験を学習することで，新たな行動を生成し，その結果を予測することも可能であろう．そのため，目の前のりんごに対して想起した，りんごを剥くという動作，りんごを食べている恋人といった情報から,「このりんごを彼氏のために剥いてあげたい」などという考えが浮かび，一つの物体に対して様々な意味が重ね描きされていくと考えられる．

6. おわりに

本報告では，プロジェクションがなぜ必要なのかを述べ，プロジェクションのタイプ分けをまず行った．次に，プロジェクションがいかなる計算過程を経てなされるのかを，生成モデル，大森の「重ね描き」，予測符号化理論をベースにして考察した．これらはまだ提案の段階であり，その実装，シミュレーションは今後の課題となる．

プロジェクション科学は，情報の受容から表象の構成の段階に留まっていた心の科学を，世界へと結びつけ，人（あるいは種）に固有な意味世界を描き出す新しいパラダイムである．このため，これまでの知見の再検討，再解釈に加えて，心の科学とは疎遠であった様々な分野（社会関連諸科学，経営学，臨床諸科学）との共同が必要となる．またこの展開の過程では，意識，クオリア，志向性，自己などの哲学上の難問への挑戦も必要となるだろう．

謝辞

本研究は，青山学院大学綜合研究所「投射の科学」ユニットからの助成を受けて行われた．

参考文献

[Arzy 06] Arzy, S., Seeck, M., Spinelli, L., Ortigue, S., and Blanke, O.: Induction of an illusory shadow person, *Philosophical Transaction of the Royal Society B*, Vol. 443, p. 287 (2006)

[Bloom 11] Bloom, P.: *How Pleasure Works: The New science of Why We Like What We Like*, Vintage Books (2011), (小松淳子 (2012).『喜びはどれほど深い：心の根源にあるもの』インターシフト)

[Botvinick 98] Botvinick, M. and Cohen, J.: Rubber hands feel touch that eyes see, *Nature*, Vol. 391, p. 756 (1998)

[Cytowic 09] Cytowic, R. E. and Eagleman, D.: *Wednesday is Indigo Blue: Discovering the Brain of Synesthesia*, MIT Press, Cambridge, MA (2009), (山下篤子（訳）(2010).『脳の中の万華鏡：共感覚のめくるめく世界』河出書房新社．)

[Geiger 09] Geiger, J.: *The Third Man Factor: The Secret to Survival in Extreme Environments*, Penguin (2009), (伊豆原弓（訳）(2010).『サードマン：奇跡の生還を導く人』新潮社．)

[Goodfellow 14] Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., and Bengio, Y.: Generative Adversarial Networks (2014)

[工藤 16] 工藤 優花：死者たちが通う街：タクシードライバーの幽霊現象, 金菱 清（ゼミナール）（編）, 呼び覚まされる霊性の震災学：3・11 生と死の狭間で, 新曜社 (2016)

[小野 16] 小野 哲雄：プロジェクション・サイエンス」の視点からの認知的メカニズムのモデル論的理解, 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集, pp. 26 – 30 (2016)

[大森 82] 大森 荘蔵：新視覚新論, 東京大学出版会 (1982)

[Rao 99] Rao, R. P. N. and Ballard, D. H.: Predictive coding in the visual cortex: A functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects, *Nature Neuroscience*, Vol. 2, No. 1, pp. 79–87 (1999)

[Rawlik 12] Rawlik, K., Toussaint, M., and Vijayakumar, S.: On Stochastic Optimal Control and Reinforcement Learning by Approximate Inference, in *Robotics: Science and Systems* (2012)

[Searle 84] Searle, J. R.: *Minds, Brains, and Science*, BBC (1984), (土屋俊（訳）(1993).『心・脳・科学』岩波書店)

[鈴木 16] 鈴木 宏昭：プロジェクション科学の展望, 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集, pp. 20 – 25 (2016)

[鈴木 19] 鈴木 宏昭：プロジェクション科学が目指すもの, 認知科学, Vol. 26, pp. 1 – 22 (2019)

[渡邊 16] 渡邊 翔太, 川合 伸幸：自己身体と操作対象の身体図式の一致はより強い運動主体感・身体所有感を喚起する, 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集, pp. 31 – 40 (2016)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

Physics Projection: Intelligence with Physical World

Naoto Iwahashi*1 Hideaki Negoro*1 Soichi Kawano*2

*1Okayama Prefectural Univ *2Luke System

This paper presents a new approach named *physics projection*, through which robots can learn the physical world and predict the effects of their actions actively and online. Physics projection consists of three components: a robot, physical world model, and physics engine. The process of physics projection has a double loop structure comprising (1) a learning loop of the physical world model and (2) a simulation search loop. Experiments were performed using the TurtleBot3 mobile robot and Unity graphic engine. The results clearly showed that the robot predicted the effects of its various actions under the given physical conditions and successfully executed the tasks of carrying a wine glass without dropping it and a cup filled with water without spilling. The robot could predict a catastrophic effect that could not be predicted by a human operator.

1. Introduction

Intelligence arises from the coupling of the dynamics of internal (mental) states and external (world) states. The nature, mechanisms, and functions of such coupling have long been discussed in the fields of philosophy, science, and technology [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Not only low-level sensory-motor activities but high-level cognitive activities, such as language and communication, are also established in the coupling.

We have been studying the coupling of internal states of human and robot in linguistic and physical communication, which reflect the external states, where mutual beliefs play an important role [15, 16, 17, 18]. Mutual beliefs can be considered as the communication state that is used to generate and understand linguistic (utterances) and physical actions. By focusing on such characteristics, we constructed a computational model of human–robot linguistic and physical communications (Figure 1). The model has a double loop structure containing (1) a mutual-belief learning loop (outer red-line loop) and (2) a simulation search loop (inner blue-line loop). The mutual-belief learning loop is executed when the robot is acting and making observations both linguistically and physically during communication, and a mutual belief model is learned actively and online. The simulation search loop is executed as a process in the mutual-belief learning loop to search for an appropriate action by evaluating numerous candidates by using a probabilistic-inference-based simulation.

Linguistic and physical communication is based on various constraints such as physical, sensory-motor, psychological, conceptual, and experiential constraints. The human–robot linguistic-and-physical-communication model makes it possible to incorporate these constraints into the mutual-belief model and use them in the simulation search. Among all the constraint types, physical constraints might be an important basis. However, the aforementioned human–robot model cannot apply physical constraints, such as gravity, collision, and stability, directly. Nevertheless, it can statistically learn the concepts of the physical relationship between objects and use it in the simulation search. Note that no previous high-order cognitive systems can incorporate physical constraints directly [19]. In addition,

Contact: Naoto Iwahashi, iwahashi@c.oka-pu.ac.jp, www-ail.c.oka-pu.ac.jp

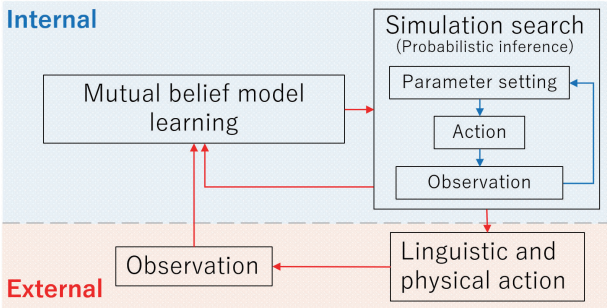


Figure 1: Linguistic and physical communication model with mutual beliefs

even without the connection of physical constraints with high-order cognitive activities, it is extremely difficult for state-of-the-art robots to predict the effects of their actions on the physical world. Therefore, robots cannot safely carry wine glasses on top of a tray or place unknown objects on a table without knocking it down.

This paper presents a new approach named *physics projection* that enables robots to learn the physical world model and predict the effects of their actions actively and online. Many previous works are closely related to this approach. The prediction of the effects of actions by physics engines was intensively studied in the fields of virtual reality, augmented reality, robotics, machine learning, and cognitive science [20, 21, 22, 23]. The comparison and integration of learned and analytic physical models were discussed in [24, 25]. The recent study of automatic 3D modeling [26] is also in this line with the current research, and could be applied to these research fields. Compared with these studies, physics projection is a novel idea, and makes the following contributions:

1. It comprises active and online loops of the learning of the physical world model and simulation search.
2. The proposed method can be integrated with high-level cognitive systems.

2. Physics Projection

2.1 Incorporating the physical world

Physics projection is a new approach for incorporating the physical world into artificial intelligence; It operates

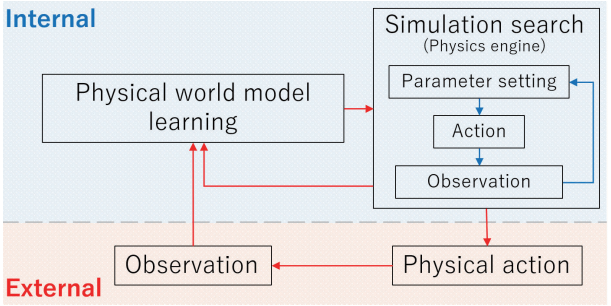


Figure 2: Physics Projection

the internal (mental) model of the external (physical) world to understand the physical world. The approach consists of three components: a robot, physical world model, and physics engine (Figure 2). The process of physics projection has a double loop structure comprising (1) a learning loop of the physical world model (outer red-line loop) and (2) a simulation search loop (inner blue-line loop). The learning loop of the physical world model is executed when the robot is performing actions and making observations in the physical world; thus, the physical world model is learned actively and onlie. The simulation search loop is executed as a process in the learning loop of the physical world model to evaluate numerous candidates and search for an appropriate action. Eventually, the loop structures of physics projection and above-mentioned human–robot liguistic-and -physical-communication model are the same, although they operate at different spatiotemporal scales and handle different conceptual granularity. Therefore, the physical constraints of physics projection can be easily incorporated into the human–robot linguistic-and-physical-communication systems.

2.2 Learning of the physical world model

The physical world model is represented by a set of physical entities with attributes, such as shape, color, mass, center of mass, inertia tensor, friction, softness, viscosity, velocity, acceleration, and gravity. These attributes are learned by robots through passive or active sensory-motor observation. Now, let us consider the robotic task carrying a wine glass on top of a tray. In this case, the attributes of the glass, floor and interaction between the robot and floor can be useful. The glass attributes include shape, mass, center of mass, and inertia tensor, whereas the floor attributes include friction, surface shape, and slope declination. The attributes of floor–robot interaction include the relationship between action-control settings and robot acceleration. However, only a few of these attributes can be observed through image processing. Although the mass, center of mass, and inertia tensor of the glass cannot be directly observed, they can be inferred through cross-modal prediction methods, such as the multimodal learning method [27]. The acceleration realized by a particular action setting cannot be obtained in a passive manner but can be observed by performing actual actions.

2.3 Simulation search

Simulations are run several times using the computational physics engine with different parameter settings of action control and the physical world model. The simulation search has two functions: physical-world adjustment, and action-control optimization. These functions are explained as follows with respect to the task of carrying a wine glass.

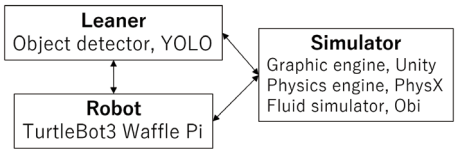


Figure 3: System implementation

2.3.1 Physical-world adjustment

Simulations are run by setting the position values of the center of mass of the glass. The simulation search determines an appropriate value of the floor friction to achieve consistency between reality and simulation of whether the glass remains on the tray or falls down. According to this value, the parameters of the physical world model are adjusted, and the adjusted physical world model is used at subsequent simulation searches.

2.3.2 Action control optimization

Here, the simulations are run by setting several different values of velocity for action control. The simulation search selects an appropriate velocity value so that the robot carries the wine glass without dropping it in a reasonable time. According to this value, the actual robot can execute the action, and this is expected to produce a desirable result.

2.4 System implementation

We implemented the physics projection system by using the TurtleBot3 Waffle Pi mobile robot, Unity graphic engine, PhysX physics engine, Obi fluid simulator, and Yolo object detector (Figure.3) .

3. Experiments

3.1 Tasks and conditions

The following three tasks were set.

STEP The robot descends one step while carrying a wine glass. The height of the step was set at 7 mm. The conditions were that the robot must not drop the wine glass; however, the wine glass may fall with the impact of descending the step. Here, the robot judges the speed at which it should descend the step.

SLOPE The robot rotates 180° on a slope with a declination of 15 % while carrying the wine glass. Here too, the robot must not drop the wine glasse; however, the glass may fall because of the centrifugal force, which changes depending on the direction of rotation because the floor is tilted. Here, the robot judges in which direction it should turn.

WATER The robot moves over an obstacle with a height and width of 7 and 120 mm, respectively, while holding a cup of water. Here, the robot must not spill water, and thus it judges the speed at which it should move over the obstacle.

The heights of the step and obstacle, and the slope inclination were measured manually, and were input into the physical-world model. The wine glass and cup were recognized by the YOLO object detection software, with a camera attached on TurtleBot3. The shape of the glass and

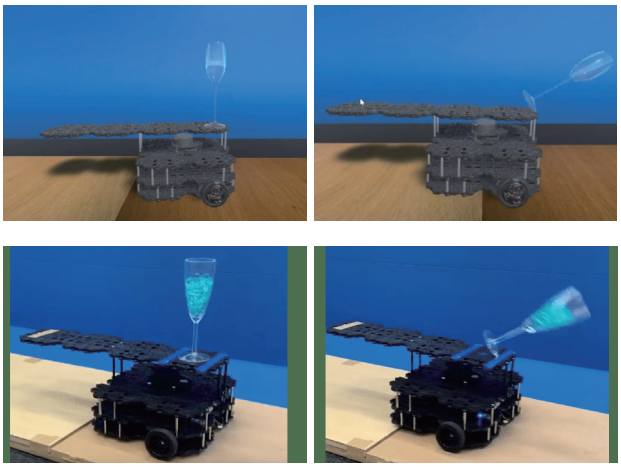


Figure 4: Resultant action effects in theSTEP task (velocity and height of center of mass). **Upper left:** Success in the prediction (15 cm/s and 13 cm). **Upper right:** Failure in the prediction (20 cm/s and 14 cm). **Bottom left:** Success in the actual task (15 cm/s and 13 cm). **Bottom right:** Failure in the actual task (20 cm/s and 14 cm).

cup, as well as the amounts of wine and water were calculated through subsequent image processing. The mass and position of the center of mass of the wine glass were inferred through a cross-modal prediction mechanism.

3.2 Results

3.2.1 STEP

Learing

In the initial setting, when the simulated and actual robots descended the step, their velocities changed in different ways. The impact of the robot's tire contacting the floor caused the actual robot to decelerate owing to motor characteristics and floor friction. Therefore, the deceleration in the simulation was set by considering consistency between the simulated and actual action effects at velocities of 10, 15, and 20 cm/s with the height of the center of mass of the glass 13 cm.

Prediction

After the learning, physics projection accurately predicted the action effects at velocities of 10–20 cm/s with heights of 12, 13, and 14 cm of the center of mass of the glass. These conditions were different from the condition under which the learning was done (*i.e.* cross-situational setting); this shows the generalization capability of physics projection. Figure 4 illustrates the predicted and actual action effects.

3.2.2 SLOPE

Prediction

The physics projection predicted that if the robot rotated in the clockwise direction, the wine glass did not fall; in contrast, with rotation in the counterclockwise direction, the glass kept falling down. The similar phenomena were observed for the actual robot, and the resultant effects were same as the predicted effects, as shown in Figure 5.

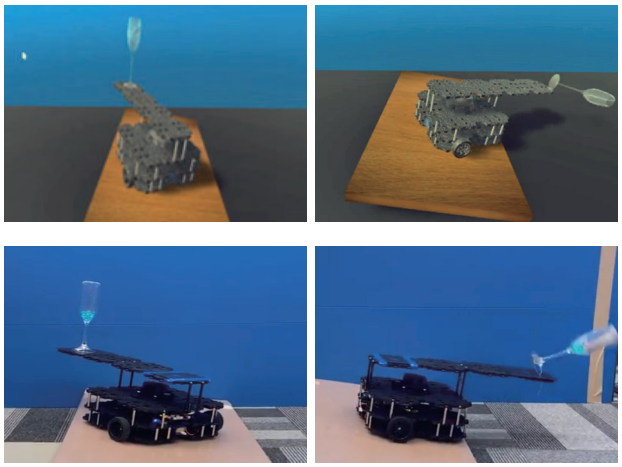


Figure 5: Resultant action effects in the SLOPE task. **Upper left:** Success in the prediction (clockwise). **Upper right:** Failure in the prediction (counterclockwise). **Bottom left:** Success in the actual task (clockwise). **Bottom right:** Failure in the actual task (counterclockwise).

3.2.3 WATER

Learning

The learning was executed for the situation that the robot descended a step with the height of 7 mm, which was different from that in WATER task. At initial setting of the liquid attributes in the simulator, the physics projection prediction was not consistent with the actual effects; the simulation robot spilled water when moving at velocities of 20 and 22 cm/s, while the actual robot spilled and retained water when moving at velocities of 20 and 22 cm/s, respectively. The liquid attributes were learned in the simulation search loop to minimize the inconsistency between reality and simulation.

Prediction

After the learning, physics projection was executed for WATER task conditions. Several situations were used with different combinations of velocities of 20, 22, and 24 cm/s and the position of cup positions of 6, 0, -6, and -12 cm. The cup position is the horizontal distance in the forward direction from the center position. The physcs projection predicted that when the position of the cup moved forward, water tended to spill. Figure 6 shows the predicted and actual action effects.

Unexpected effect

When the cup was positioned at the rear end of the robot (cup position of -12 cm), the catastrophic effect that could not be expected even by a human operator was predicted through physics projection (Figure 7). When the robot moved on the obstacle, its right front wheel, which is one of two powered wheels, floated from the floor. Therefore, the robot lost control, turned unexpectedly to the right, dropped off the path, and spilled water. We confirmed that the actual robot acted similarly.

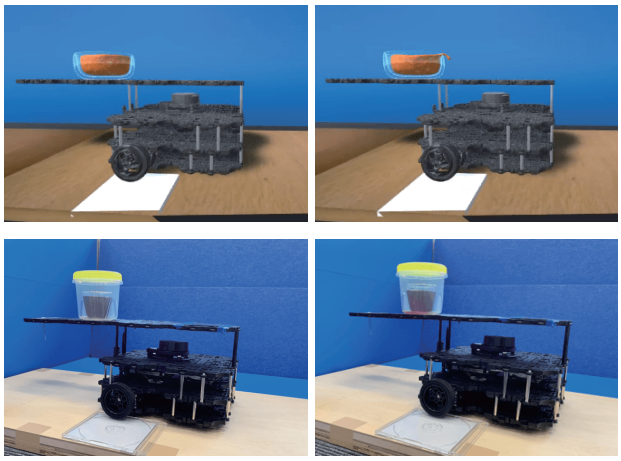


Figure 6: Resultant action effects in the WATER task (velocity and position of cup). **Upper left:** Success in the prediction (24 cm/s and 6 cm). **Upper right:** Failure in the prediction (26 cm/s and 6 cm). **Bottom left:** Success in the actual task (24 cm/s and 6 cm). **Bottom right:** Failure in the actual task (26 cm/s and 6 cm).

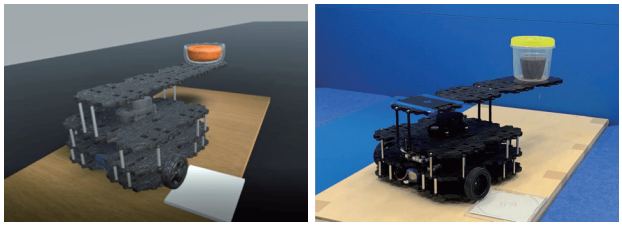


Figure 7: Unexpected action effects in the WATER task (velocity, 24 cm/s; position of cup, -12 cm). **Left:** Prediction. **Right:** Actual task.

4. Discussion

Physics projection is a very simple idea, and will attract not only technological but also scientific interests. Several research topics could be discussed, illustrated as follows:

1. When should the physical world model be learned?
2. How should the attributes be selected for learning?
3. How can incomplete physical world models work for prediction?
4. How widely should the simulation search be evaluated?
5. How would differentiable physics engines improve physics projection?
6. How can physics projection be integrated with high-order cognitive systems?

For further improvement and refinement of this approach, it is necessary to incorporate rapidly developing machine learning technology and apply recent scientific findings.

Acknowledgements

This work was partially supported by JST CREST (Grant number JPMJCR15E3, ‘‘Symbol Emergence in Robotics for Future Human-Machine Collaboration”) and JSPS KAKENHI Grant Number 18K11359.

References

[1] Martin Heidegger. *Being and Time*. 1927.

[2] Kenneth Craik. *The nature of explanation*. Cambridge University Press, 1963.

[3] Michael Polanyi. The tacit dimension. 1966.

[4] Terry Winograd. Understanding natural language. *Cognitive psychology*, 3(1):1–191, 1972.

[5] James Jerome Gibson. The ecological approach to visual perception. 1979.

[6] Humberto Maturana and Francisco Varela. Autopoiesis and cognition: the realization of the living. *Dordrecht: Reidel*, pages 2–62, 1980.

[7] David Marr. Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. mit press. *Cambridge, Massachusetts*, 1982.

[8] Dan Sperber and Deirdre Wilson. *Relevance: Communication and Cognition*. Blackwell, Oxford, 1986,1995.

[9] Stevan Harnad. The symbol grounding problem. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 42(1-3):335–346, 1990.

[10] Rodney A Brooks. Intelligence without representation. *Artificial intelligence*, 47(1-3):139–159, 1991.

[11] John R. Searle. *Mind: A Brief Introduction*. Oxford University Press, 2004.

[12] Elizabeth S Spelke and Katherine D Kinzler. Core knowledge. *Developmental Science*, 10(1):89–96, 2007.

[13] Karl Friston. The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature reviews neuroscience*, 11(2):127, 2010.

[14] Georg Northoff. *The spontaneous brain: from the mind-body to the world-brain problem*. The MIT Press, 2018.

[15] Naoto Iwahashi. Language acquisition by robots. *Journal of Artificial Intelligence Society of Japan*, 18(1):49–58, 2003.

[16] Naoto Iwahashi. Robots that learn language: A developmental approach to situated human-robot conversations. In *Human–robot interaction*, chapter 5. I-Tech, 2007.

[17] Naoto Iwahashi et al. Robots that learn to communicate. In *AAAI Fall Symposium: Dialog with Robots*, 2010.

[18] Komei Sugiura, Naoto Iwahashi, et al. Situated spoken dialogue with robots using active learning. *Advanced Robotics*, 25(17):2207–2232, 2011.

[19] Brenden M Lake, Tomer D Ullman, Joshua B Tenenbaum, and Samuel J Gershman. Building machines that learn and think like people. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, 2017.

[20] Peter W Battaglia et al. Simulation as an engine of physical scene understanding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pages 18327–18332, 2013.

[21] Lars Kunze and Michael Beetz. Envisioning the qualitative effects of robot manipulation actions using simulation-based projections. *Artificial Intelligence*, 247:352–380, 2017.

[22] Nicholas Watters et al. Visual interaction networks: Learning a physics simulator from video. In *Advances in Neural Information Processing Systems 30*, pages 4539–4547. 2017.

[23] Marc Toussaint et al. Differentiable physics and stable modes for tool-use and manipulation planning. *Proc. of Robotics Science&Sysem*, 2018.

[24] Alina Kloss et al. Combining learned and analytical models for predicting action effects from sensory data. *arXiv*, 2018.

[25] Niko Sünderhauf et al. The limits and potentials of deep learning for robotics. *The International Journal of Robotics Research*, 37(4-5):405–420, 2018.

[26] Ting-Chun Wang et al. Video-to-video synthesis. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, pages 1152–1164, 2018.

[27] Takaya Araki et al. Online object categorization using multimodal information autonomously acquired by a mobile robot. *Advanced Robotics*, 26(17):1995–2020, 2012.

4:20 PM - 5:00 PM (Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 5:00 PM Room J)

[2J4-OS-19a-03] (Invited talk) JIZAI body

〇Masahiko Inami[1] （1. The University of Tokyo）

Keywords: virtual reality, robotics, wearable computing, superhuman sports

農業革命、工業革命など社会構造革命は身体観の革新を伴ってきた。情報革命を、実社会に対するバーチャル社会の確立と捉えるなら、我々はその社会構造変化に自由自在に適応可能な新たなバーチャルな身体像「自在化身体」を設計し、身体観を更新する必要があると考る。本講演ではバーチャルリアリティや AI、ロボット工学を援用しつつ身体性を編集可能とするキーテクノロジ、自在化技術について議論し、超人スポーツなどその未来像を展望する。

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-19

[2J5-OS-19b] 「プロジェクション科学」の発展と応用(2)

岡田 浩之（玉川大学）、鈴木 宏昭（青山学院大学）

Wed. Jun 5, 2019 5:20 PM - 7:00 PM Room J (201B Medium meeting room)

[2J5-OS-19b-01] Prospects of Studies on Elastic Limb(s) Illusion based on Muscletension-Elastication Correalation

〇Kenri Kodaka[1] （1. Graduate School of Design and Architecture, Nagoya-city University）

5:20 PM - 5:40 PM

[2J5-OS-19b-02] The effect of delayed visual feedback on the full body illusion

〇Itsuki Ohtsuka[1], Sotaro Shimada[1] （1. Meiji University）

5:40 PM - 6:00 PM

[2J5-OS-19b-03] Body Schema Calibration under Virtual Reality

〇Noriki Mochizuki[1], Ryo Suzuki[1], Eimei Oyama[2], Sousuke Nakamura[1] （1. Hosei University, 2. National Institute Advanced Industrial Science and Technology）

6:00 PM - 6:20 PM

[2J5-OS-19b-04] The existence of a competitor increases enthusiasm when playing video games:

〇Nobuyuki Kawai[1], Ryuzaburo Nakata[1], Kenta Kubo[1] （1. Nagoya University）

6:20 PM - 6:40 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

筋運動誘導型 Elastic Limb(s) Illusion に関する研究の展望

Prospects of Studies on Elastic Limb(s) Illusion based on Muscletension-Elastication Correlation

小鷹研理 *1
KENRI KODAKA

*1名古屋市立大学芸術工学研究科
Graduate School of Design and Architecture, Nagoya-city University

This article outlines a series of studies on elastic limb(s) illusion based on muscletension-elastication correlation and discusses how these illusion studies contributes to exploring the body-image plasticity.

1. はじめに

筆者の研究室（小鷹研究室）は, 2016 年以降, HMD を使って腕または脚が伸縮する感覚を誘発する研究を継続的にすすめている. 本稿では, この一連の研究の総称として, 「Elastic Limb(s) Illusion」あるいはその略語として ELiI という名前を用いる. このプロジェクトの中で. これまでに 4 つの異なるシステムを考案してきたが, いずれについても, 運動学的な力学作用（引っ張る/引っ張られる, 押し込む/押し込まれる）と, 見かけ上の四肢の長さの伸張との動的な関連付けをベースとし, それらの作用量を体重計の値を通して見積もる点で共通している. 後に触れるように, これらの 4 つのシステムは, 過去に様々な展示会で出展され, 錯覚の誘発に関して極めて個人差の少ない手法であることを示してきたが, 個々のシステムについて得られている効果の認知的根拠および, 各システム相互の関連について, これまでに俯瞰的に論じる機会がなかった. 本稿では, 4 つのシステムをあらためて概観し, 他の研究者によって報告されている関連研究と比較しながら, Elastic Limb(s) Illusion 研究の学術的な展望を議論したい.

2. 身体変形感研究の周辺

Elastic Limb(s) Illusion は, 身体所有感の変調に関して蓄積された古典的な知見を下敷きにしている. 以下では, ELiI と関連の深い, 身体変形感に関するここ 10 年の諸研究を概観する.

よく知られているように, 物理空間と仮想空間の両者にまたがって複数感覚に同期刺激を与えることで, 仮想空間内の身体やアバターに体験者の身体所有感（Ownership）が投射される. 本稿の関心に照らして注目すべきは, 所有感の変調が, 所有された身体のサイズ感をも引き込んで変調する点にある. 例えば, 自分とはサイズの異なるアバターに対して視触覚の同期刺激を与えると, 自分自身の身体のサイズ感がアバターと同化する方向で変形することが知られている [Hoort 2011][Normand 2011]. このサイズ感の変調は, 実際に外部空間のスケールを縮小／拡大させるとともに [Hoort 2014][Hoort 2016], 身体のサイズに紐づけられた種々の自己イメージ（例えば, 身体満足度の変調 [Preston 2014]）にまで作用する.

近年とりわけ注目されているのは, サイズ感の変調が主観的な痛みに与える影響に関するトピックである. 例えば, 特殊な鏡を使って手のサイズを拡大・縮小して呈示した 2 つの報告では [Moseley 2008][Ramachandran 2009], サイズ感の大小に対応するかたちで主観的な痛みが増減することが紹介されている（ここでは, 視触覚バイモーダル細胞によるトップダウンの関与について検討が必要である）. 他方で, CRPS（複合性局所疼痛症候群）の患者に対して指の主観的なサイズをリアルタイムに伸縮させるシステム（MIRAGE[Newport 2015]）を用いた場合, 伸張・収縮ともに痛みの感覚を低減する効果が確認されている [Preston 2011]. ここで注目すべきは, Moseley や Ramachandran らの実験系では, 身体サイズの変形感を誘発する際に, はじめからサイズの異なる手・腕を静的に呈示している一方で, MIRAGE システムでは, 通常のサイズから伸びたり縮んだりする過程も含めて動的に変形イメージを呈示している点である. すなわち, 前者は単なる「身体変形感」の誘発である一方で, 後者は「身体伸縮感」を内包した「身体変形感」の誘発であると区別することができる.

CRPS の患者は, 主観的な身体イメージのサイズ感に齟齬を抱えていることが報告されており [Lewis 2007], したがって, 特定の身体マップを表象する神経細胞群の一部が, 何らかの原因により不適当な学習のスパイラル（不使用の学習 : Learned-non-use）に置かれ, 物理的状態を正確に更新できない凍結状態に陥っていると考えられる. MIRAGE のようなシステムで, 連続的にサイズが増減する（つまり様々なスケールを内包する）視覚イメージを与えることは, 問題のある神経細胞群を全般的に再活性化させ, 身体マップを再組織化することにつながる可能性がある.

3. Elastic Limb(s) Illusion

3.1 錯覚原理

筆者らが提案する Elastic Limb(s) Illusion は, 一人または複数で成立する特定の運動形式を通して, 体験者の手脚に伸張または収縮の力学的作用を与え, その力の大きさを HMD 空間内の手脚の伸張度と連動させるものであり（muscletension-elastication correlation）, MIRAGE で前提とされている錯覚原理を, 身体全体に拡張して適用したものと整理することができる. また, 全てのシステムに共通する手法的な新規性として, 腕や脚に具体的に作用している力を, 体重計からリアルタイムに取り出す点を挙げることができる（weight-based muscletenstion estimation）. ただし, 以下に示すように, この体重計の実際の使われ方は, システムによって大きく異なる. 以下に, 図 2 を参考にしながら, 小鷹研究室がこれまでに考案した 4 つのシステムの概略を示す.

連絡先: 464-0083 愛知県名古屋市千種区北千種 2-1-10, kenrikodaka@gmail.com

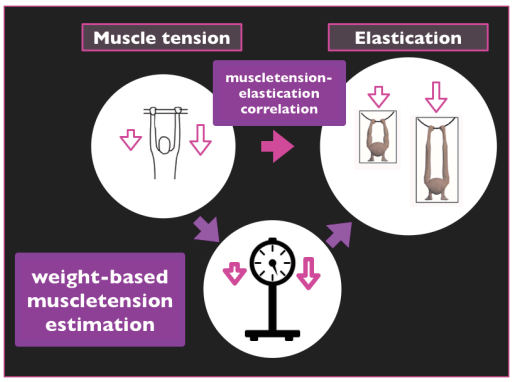


図 1: Principle of elastic limbs illusion

3.2 システム概略

『Underground Diver』[曽我部 2016] は, HMD を着用した体験者が懸垂の要領で鉄棒にぶら下がることによって, 両腕に対して, ぶら下がりに対する反作用の伸張力を上向きに発生させる（下方ぶらさがり）. このとき, 腕にかかる力は, 体験者の足元に置かれた体重計の減少量（自重比）によって見積もることができる. なお, このシステムのみ, HMD の視点として, アバターの頭部をやや後方から観測する Full Body Illusion 視点を採用している.

『Stretchar(m)』[Kodaka&Mori 2017] は, HMD を着用した体験者が両手でハンドルを握った状態で後方に体重を傾け, 相対する実験者がそのハンドルを支えることで（後方ぶら下がり）, やはり体験者の両腕に対して伸張力を発生させる. このとき, 腕にかかる力は, 体験者の足元に置かれた体重計の増加量（自重比）によって見積もられる（つまり, この過程で, 実験者の体重が体験者の側へと部分的に移動する）.

『Elastic Arm Illusion』[森・小鷹 2018] では, 仰向けに寝転がった体験者の片手を, 実験者が, やはりハンドルを介して上方へと引っ張り上げる（上方引っ張られ）. 体重計は, 実験者の側の足元に置かれ, この体重計の増加量によって腕にかかる力が推定される. つまりこのシステムでは, 体験者とは異なる他人の身体状態の変化を通して体験者の身体状態が推定されている. この意味で, 4 つの ELiI のなかでも, 体験者にとって最もストレスフリーなシステム構成となっている.

『Elastic Legs Illusion』[安楽 2019] では, 長座位の姿勢で伸ばした両脚の裏をスタンドに接地させ, そのスタンドをゴムチューブを介して自身の腕で手前側に引っ張ることで, 手脚に相反する方向で力を発生させる（つっぱり運動）. この力は, つっぱった脚とスタンドの間にかませた体重計の値によって推定する. なお本稿では詳しく述べないが, このシステムは, 腕と脚に対して同時に伸縮感覚を誘発することも可能である.

3.3 錯覚の強度・個人差

以上に挙げた 4 つの錯覚誘導システムは, 国内外の展示会で公開され, これまでに多くの体験者からの反応を得ている. 『Stretchar(m)』と『Elastic Legs Illusion』については, 発表された各展示会の中で, 体験者に対して簡易的なアンケートを行っており, 「自分の腕／脚が実際より伸びるように感じた」かの問い（-3 to +3, 7 段階評価）に対して, 前者（腕）については 77% (27/35, エンターテインメント・コンピューティング [石原・森 2017]), 後者（脚）については 75%（33/44, からだは戦場だよ 2018 Δ）の体験者が, 実際よりも伸びる感覚を「強く感じた」または「大変強く感じた」と解答している（+2 or +3）. 逆に, 錯覚に対してネガティブな回答をした人は, 両者に関して, それぞれわずか 1 人であった. 他のシステムについてはアンケートを未実施であるが, 来場者の反応に大きな違いはないという印象を筆者は得ている. いずれにせよ, 以上の結果は, ELiI が, 姿勢の違い及び腕・脚の違いに関わらず, 極めて個人差の少ない高水準な錯覚を誘導できることを示すものである.

3.4 筋肉の運動学的生理

既に述べた通り, 我々の提案している一連の Elastic Limbs Illusion は, 筋骨格系と視覚系の感覚間相関を錯覚原理として適用している. ＜下方・後方ぶら下がり＞、＜引っ張り上げ＞といった運動作用は, 体験者の腕に伸張作用を発生させる. この種の物理的に「伸ばされている」という固有感覚と, 視覚的な腕の伸張度を同期させるという考え方は極めて直感的であり, また, 複数感覚間相関に基礎を置く所有感ベースの錯覚原理の考え方 [Blanke 2012] に沿っている. 他方, 『Elastic Legs Illusion』において両脚に与えられている「つっぱり運動」の筋運動の方向は, 実は, 伸張でなく収縮である. ここでは, 両脚の筋肉を収縮させる力の大きさと脚の伸張度を同期させていることになり, つまり, 物理世界における作用と仮想世界における作用があべこべとなっている. それにも関わらず, 既に示した通り, 『Elastic Legs Illusion』は, これまでの腕伸縮錯覚と同程度の錯覚強度を生み出している. この謎を紐解くための準備として, 筋肉の伸張・収縮の生理的側面を以下で確認する.

筋肉が「伸びた感じ・縮んだ感じ」は, 筋骨格系に分布する感覚受容器を通して取得されると考えられている. [伊藤 1986] によれば, 筋肉に分布する筋紡錘は, 筋が伸張することでインパルスが増大する一方, 筋肉と骨をつなぐ組織である腱付近に分布する腱器官は, 筋肉からの張力をモニタし, 結果的に筋肉が収縮されることでインパルスが増大する. これらの情報は脊髄の運動ニューロンを介して, 筋を望ましい長さに保つべく, 負のフィードバックとして即座に対象の筋肉へと差し戻される（伸張反射）. 外的に発生した緊張方向とは逆の方向の補償作用が内的に発生するという生理的知見は, 『Elastic Legs Illusion』における「あべこべ」の問題を考えるときに極めて示唆的である. というのも, 『Elastic Legs Illusion』の感覚間同期にとって, HMD 上の伸びゆく脚のイメージと同期しているのは, 外力（収縮）ではなく, 内的な補償作用（伸張）の方であるという解釈が成立するからだ. この解釈を拡大すると, 特定の筋運動に対して, 順逆いずれの視覚イメージを適用しても, 等しく伸縮感覚が誘導されることも考えられる. つまり, 「伸ばす」と「縮む」は同じ 1 つの現象の表と裏のような関係にあり, 文脈によって, 前景化される筋運動の方向が決定するという仮説が成立するだろう. この問題を詳しく検討するため, これまでに発表したものと同一の筋運動に対して, HMD 上で収縮イメージを呈示した際に, 伸張イメージと同等の伸縮感覚が得られるかどうかを検証することは, 今後の重要な課題である.

3.5 視点ドリフト型と作用点ドリフト型

4 つのシステムは, HMD 上で手または脚が実際の長さよりも伸張する点で共通しているが, 力が作用する接点となる手先・足先の HMD 空間上の位置が固定か可変かによって, 2 つのグループに分けることができる. 例えば, 『Underground Diver』は, 手先は鉄棒の位置に固定され, 頭と肩が地面へと沈んでいくことで両手が伸張する. 同様に『Elastic Legs Illusion』では, 足先がスタンドの位置に固定され, 腰が後方へとスライドしていくことで両足が伸張する. この両者は, 手先・足先が固定さ

れ, 視点（つまり上半身）が移動することで手脚が伸張するため「視点ドリフト型」に分類される. 他方で, 「作用点ドリフト型」に分類される『Stretchar(m)』『Elastic Arm Illusion』では, 視点は物理世界の頭部の位置に固定する一方で, 手先は, 力が作用する方向へ（正確には視点から手先へと向かうベクトルの延長線上で）と, 連続的にドリフトしていく. すでにアンケートでも示している通り, いずれのドリフト型でも高い水準の伸縮感覚を誘発することが可能である.

視点ドリフト型と作用点ドリフト型は, 「自分が動くことによる変形」か「端点が動くことによる変形」かの選択に関わるものであり, 同一の筋運動の事象において許容される, （相対的に同一な）視覚的伸張イメージの解釈の２つのバリエーションである. 実際, 全てのシステムは, （発表されものとは対照的な）もう一方の視覚解釈を採用することも可能である. ここで浮上する興味深い問いは, ある特定の筋運動に対して, 錯覚にとって有用な視覚解釈は一方に定まるのか否か, というものだ. 筆者ら設計者の経験的な印象としては, ある筋運動のタイプによって, もう一方の視覚解釈を採用することで錯覚強度が大きく減退することもあるが, 必ずしも明確に区別できないケースも存在するように感じている. この種の偏りがどのような機序で生じるかを検討するのも今後の課題である.

4. おわりに

Elastic Limb(s) Illusion の 4 つのシステムについて, それらのシステム相互の関連性を俯瞰的に整理し, 今後の展望を述べた. とりわけ, ELiI において, 1 つの物理的な筋運動形式に対して, HMD 上で全く異なるタイプの変形イメージが対応できる可能性を指摘した. これらの問題の実験科学的な検証は, 身体イメージの可塑性の探求において, 極めて有用な知見を提供するものと期待される.

謝辞

本研究の一部は, 中山隼雄科学技術文化財団の助成を受けた.

参考文献

[Hoort 2011] van der Hoort, B., Guterstam, A., & Ehrsson, H. H. (2011). Being Barbie: the size of one's own body determines the perceived size of the world. PloS One, 6(5), e20195.

[Normand 2011] Normand, J. M., Giannopoulos, E., Spanlang, B., & Slater, M. (2011). Multisensory stimulation can induce an illusion of larger belly size in immersive virtual reality. PLoS ONE, 6(1).

[Hoort 2014] van der Hoort, B., & Ehrsson, H. H. (2014). Body ownership affects visual perception of object size by rescaling the visual representation of external space. Attention, Perception, and Psychophysics.

[Hoort 2016] Van Der Hoort, B., & Ehrsson, H. H. (2016). Illusions of having small or large invisible bodies influence visual perception of object size. Scientific Reports.

[Preston 2014] Preston, C., & Ehrsson, H. H. (2014). Illusory changes in body size modulate body satisfaction in a way that is related to non-clinical eating disorder psychopathology. PloS One, 9(1), e85773.

[Moseley 2008] Moseley, G. L., Parsons, T. J., & Spence, C. (2008). Visual distortion of a limb modulates the pain and swelling evoked by movement. Current Biology : CB, 18(22), R1047-8.

[Ramachandran 2009] Ramachandran, V. S., Brang, D., & McGeoch, P. D. (2009). Size reduction using Mirror Visual Feedback (MVF) reduces phantom pain. Neurocase, 15(5), 35760.

[Preston 2014] Preston, C., & Ehrsson, H. H. (2014). Illusory changes in body size modulate body satisfaction in a way that is related to non-clinical eating disorder psychopathology. PloS One, 9(1), e85773. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085773

[Newport 2015] Newport, R., Auty, K., Carey, M., Greenfield, K., Howard, E. M., Ratcliffe, N., … Themelis, K. (2015). Give It a Tug and Feel It Grow: Extending Body Perception Through the Universal Nature of Illusory Finger Stretching. I-Perception, 6(5)

[Preston 2011] Preston, C., & Newport, R. (2011). Analgesic effects of multisensory illusions in osteoarthritis. Rheumatology (Oxford, England), 50(12), 23145.

[Lewis 2007] Lewis, J. S., Kersten, P., McCabe, C. S., McPherson, K. M., & Blake, D. R. (2007). Body perception disturbance: a contribution to pain in complex regional pain syndrome (CRPS). Pain, 133(13), 1119.

[ノーマン・ドイジ 2016] ノーマン・ドイジ, 脳はいかに治癒をもたらすか, 紀伊国屋書店, 2016

[曽我部 2016] 曽我部愛子, 森光洋, 小鷹研理：ぶら下がりによる自重変化を利用した腕が伸縮する感覚の誘発, 第 20 回情報処理学会シンポジウム・インタラクション 2016, 2016.3

[Kodaka&Mori 2017] Kodaka, K., & Mori, K. (2017). Stretchar(m) makes your arms elastic. In SIGGRAPH Asia 2017 VR Showcase, SA 2017.

[森・小鷹 2018] 森光洋, 小鷹研理：Elastic Arm Illusion, VR Creative Award 2018 (Finalist), 2018.8.25

[安楽 2019] 安楽大輝, 森光洋, 小鷹研理：Elastic Legs Illusion ― 脚を長く伸ばす体操, 第 23 回情報処理学会シンポジウム・インタラクション 2019, 2019.3

[石原・森 2017] 石原由貴, 森光洋, 室田ゆう, 小鷹研理：HMD を介したポールを引っ張り合うことによる腕が伸縮する感覚の誘発, 情報処理学会シンポジウム・エンタテインメントコンピューティング, 2017.9.16

[Blanke 2012] Blanke, O. (2012). Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. Nature Reviews. Neuroscience, 13(8), 55671.

[伊藤 1986] 伊藤宏司：筋運動制御機構, 計測と制御, Vol.25, No.2

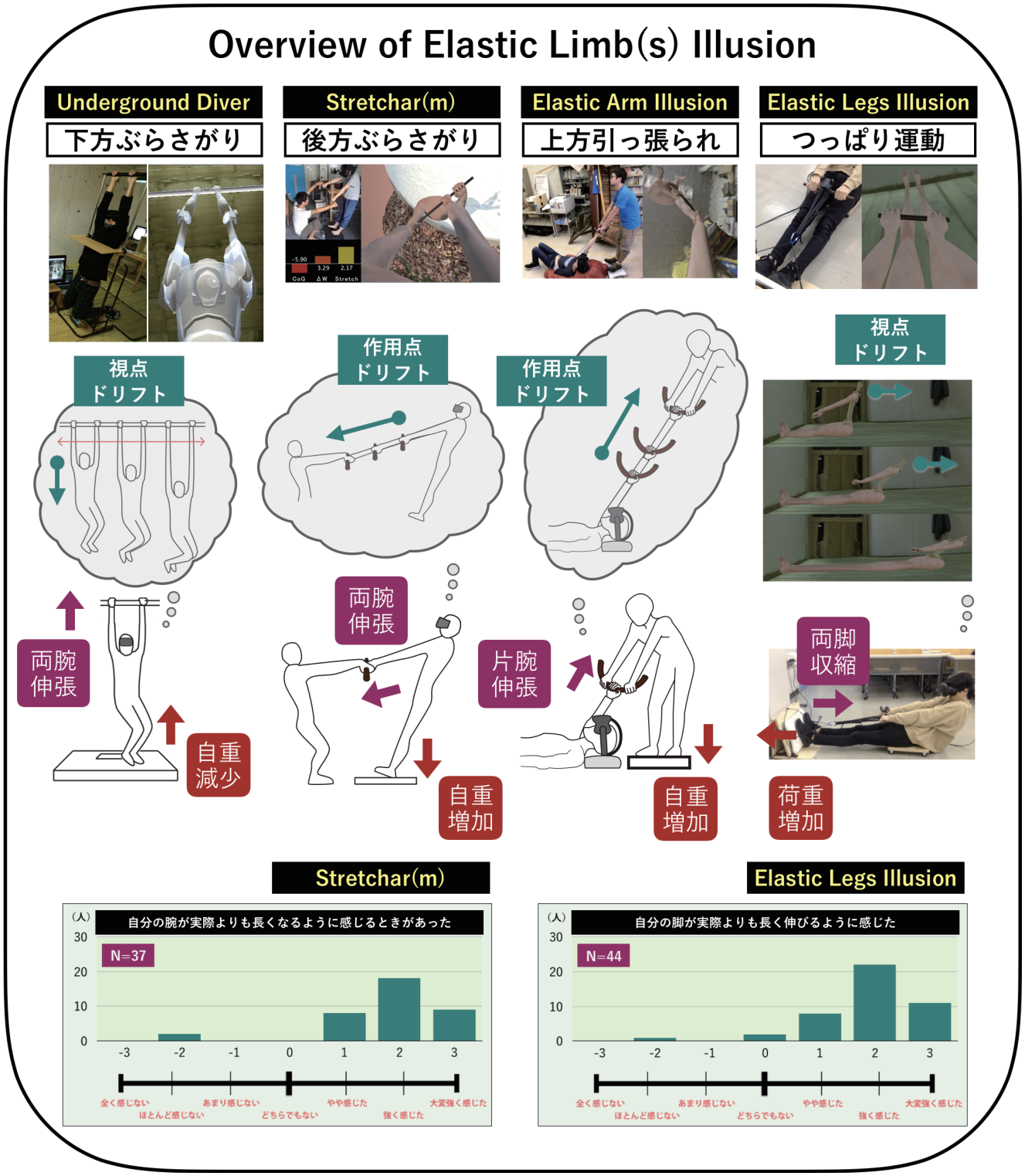


図 2: Overview of elastic limb(s) illusion

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

フルボディ錯覚における遅延視覚フィードバックの影響

The effect of delayed visual feedback on the full body illusion

大塚　一輝[*1]
Itsuki Ohtsuka

嶋田　総太郎[*2]
Sotaro Shimada

[*1] 明治大学大学院
Meiji University Graduate School

[*2] 明治大学
Meiji University

The full body illusion (FBI) is an illusion of the self-ownership and self-agency towards an avatar that moves synchronously with one's own body movement. Here we investigated the FBI using an avatar that moves with a short delay from the participant's movement. Participants made their steps on the spot while watching a VR scene as if the avatar walked in a street either synchronously (100-ms delay) or asynchronously (400- or 700-ms delay) with their steps. The avatar was presented in either 1st-person or 3rd-person perspective. The result showed that the participants felt the sense of ownership only toward the avatar that moved synchronously in the 1st-person perspectives. Our results suggest that our body image can be projected on the avatar that is presented in the 1st-person perspective and moves synchronously with one's own body.

1.　はじめに

自己身体感の最小構成要素は，身体保持感と運動主体感であるとされる[Gallagher 2000]．身体保持感とはこの身体は自分自身の身体であると感じる感覚であり，運動主体感とはこの運動を引き起こしたのは自分自身であると感じる感覚である.「プロジェクションサイエンス」の観点から考えると，自己身体認識とは脳内にある自己身体の表象を外部にある身体的な物体に投射することで自分の身体として認知することだと説明できる．このとき，自己身体の表象の投射先が自己身体以外となる例として，ラバーハンド錯覚やフルボディ錯覚が挙げられる．

ラバーハンド錯覚とは，自分の手の表象を自分の手ではない偽物の手（ラバーハンド）に投射して，ラバーハンドが自分の手のように感じられる錯覚である[Kalckert 2012]．ラバーハンド錯覚を全身に拡張した現象がフルボディ錯覚であり，自分の身体が刺激されている状態で，アバターの 1 人称視点でアバターが筆で同じ場所を刺激される映像を見ると，そのアバターに対し身体保持感を感じることが報告されている[Petkova 2011]．3 人称視点のフルボディ錯覚ではアバターの背面をアバターの後方から見る．自分の背中を刺激されるのと同時にアバターの背中が刺激されている映像を見るとアバターに対して身体保持感を感じることが報告されている[Heydrich 2013]．

本稿では，自ら動かせるアバターに対して身体保持感および運動主体感を感じる錯覚（フルボディ錯覚）について検討する．ここでは，アバターを 1 人称視点で見た場合と 3 人称視点で見た場合，アバターの動きが同期している場合と遅れている場合において錯覚の強度にどのような違いが生じるのかを調べる．これによって自己身体全体がどのように他の物体に投射されるのかについて考察する．

2.　フルボディ錯覚実験

2.1　被験者

21 名の健康な男性が実験に参加した（21.7 ±0.15 歳）．被験者には実験前に実験内容や安全性についての説明を行い，書面にて実験参加の同意を得た．

連絡先：大塚一輝，明治大学大学院理工学研究科，神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1，E-mail: itsuki09120921@gmail.com

2.2　実験環境

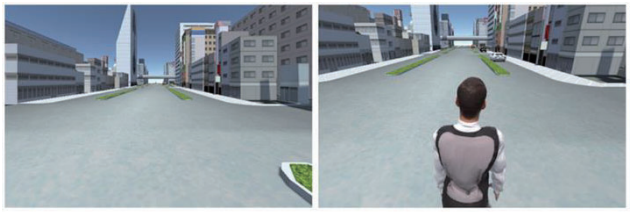
被験者はモーションキャプチャーデバイス（Perception Neuron, Noitom, CHN）とヘッドマウントディスプレイ（HMD: Head Mounted Display）（Oculus rift, Oculus, USA）を装着した．Oculus rift は視野角が約 110°，解像度が 1080×1200，リフレッシュレートが 90 Hz であった．

Perception Neuron のセンサは磁気の影響を受けやすいため磁場シールド（アンティエミー4010T 東京計器ピエーション株式会社，JPN）の中に入り，磁場の影響を極力少なくし実験を行った．また，Perception Neuron のセンサは計 12 個のセンサを用いて実験を行った．

被験者は実験開始位置に立った状態で HMD を装着した．ゲーム開発プラットホーム（Unity, Unity Technologies, USA）で仮想現実空間の映像を作成した．

2.3　実験手順

被験者にアバターが 1.0 m/s の速さで前に動いている映像を見せながら，1 分間その場での足踏みを行ってもらった（図 1）．足踏みを行うにあたり被験者には「通常歩くスピードより遅めに、一定のペースで腿をきちんと上げ、その場から動かないようにすること．首を動かせる範囲は前方 180 度以内であり、後ろを見ないこと．」と教示を行った．アバターに対する身体保持感を変調させる要因として視点（1 人称視点：1pp，3 人称視点：3pp）とアバターの動きの整合性（同期 vs 遅延 400ms vs 遅延 700ms）の二つの要因を設け，2×3 = 6 つの実験条件で実験を行った．なお同期条件でも装置の接続により 100ms の遅延があった．



A. 1人称視点　　B. 3人称視点

図 1　実験映像

本実験開始前に，足踏みによる影響をなくすために図 1 の A の前に進まない映像を見ながらその場で 1 分間足踏みを行ってもらった.足踏みによる実験開始位置からの変位が 10cm 未満となる、または測定を 3 回行ったところで終了とした.

フルボディ錯覚の強度を測る指標として以下の 2 つを用いた.

(1) 自己身体認識アンケート

主観的指標として自己身体認アンケートを行った．アンケートは先行研究[Kalckert 2012]で用いられたものを今回の実験に合わせた内容に変更し日本語に翻訳したものを用い，身体保持感と運動主体感およびそのダミー項目の全 8 項目から成る．評価には「とても思う(+3)」から「まったく思わない(-3)」までの 7 段階リッカート尺度を用いた．2 項目は身体保持感に関するもの(「アバターの身体が自分の身体であるかのように感じました」など)，2 項目は運動主体感に関するもの(「アバターの身体は，私の意思に従うように，思った通りに動きました」など)，残りの 2 項目はダミーの質問(「二つ以上の身体を持っているかのように感じました」や「アバターの身体が私の意思をコントロールしているかのように感じた」など)であった.

被験者はそれぞれの実験条件につき 1 試行ずつ行った．順序効果を避けるため 6 つの実験条件の呈示順序は被験者間でカウンターバランスを取った.

身体保持感，運動主体感それぞれ 0 に対して有意に大きなスコアであった場合(t 検定)，アバターに対して身体保持感，運動主体感を感じたと定義した.

(2) ドリフト測定

客観的指標としてドリフト測定を行った．1 分間の足踏み終了後に被験者に対し「開始位置から動いてしまったと感じたら基準位置まで戻ってください．前後左右に動くまたは回転していただいても大丈夫です．」と教示を行った．そして被験者が戻った位置を実験終了位置とし，実験開始位置からの前後方向の被験者の位置の変位を測定した(図 2)．また本実験の変位(実験値)と前に進まない条件(基準値)の変位の差をドリフト距離とし，フルボディ錯覚生起の指標として定義した.

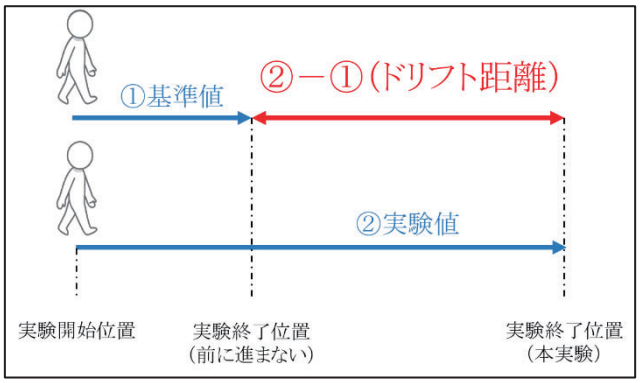


図 2 ドリフト測定

3. 実験結果

3.1 自己身体認識アンケート

身体保持感に関するアンケート結果を図 3 に示す．各条件において、0 との t 検定を行ったところ 1pp の同期条件において有意なアンケートスコアが見られた($t(20) = 2.12$, $p < 0.05$)．また、二要因に対応がある([1pp, 3pp], [同期, 遅延 400ms, 遅延 700ms])二要因の分散分析を行ったところ視点による主効果が見られた($F(1,20) = 8.28$, $p < 0.01$)．同様に遅延による主効果も見られた($F(2,40) = 13.1$, $p < 0.001$)．遅延の主効果が見られたことから多重比較(テューキーの HSD 検定)を行ったところ遅延 400ms 条件及び遅延 700ms 条件よりも同期条件の方が高いスコアを示した($HSD = 0.704$, $p < 0.05$)．

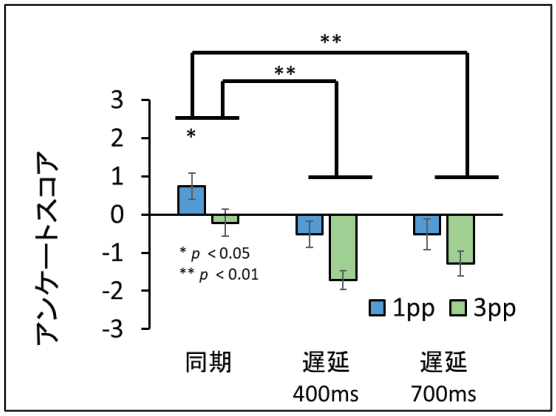


図 3 身体保持感のアンケート結果

運動主体感に関するアンケート結果を図 4 に示す．各条件において、0 との t 検定を行ったところ 1pp の同期条件($t(20) = 4.01$, $p < 0.001$)及び 3pp の同期条件($t(21) = 6.30$, $p < 0.001$)において有意なアンケートスコアが見られた．また、二要因に対応がある([1pp, 3pp], [同期, 遅延 400ms, 遅延 700ms])二要因の分散分析を行ったところ遅延による主効果が見られた($F(2,40) = 24.1$, $p < 0.001$)．遅延の主効果が見られたことから多重比較(テューキーの HSD 検定)を行ったところ遅延 400ms 条件及び遅延 700ms 条件よりも同期条件の方が高いスコアを示した($HSD = 0.786$, $p < 0.05$)．

以上の結果より身体保持感は 1pp の同期条件時にアバターに対して抱き、運動主体感は同期条件であれば抱くといえる。

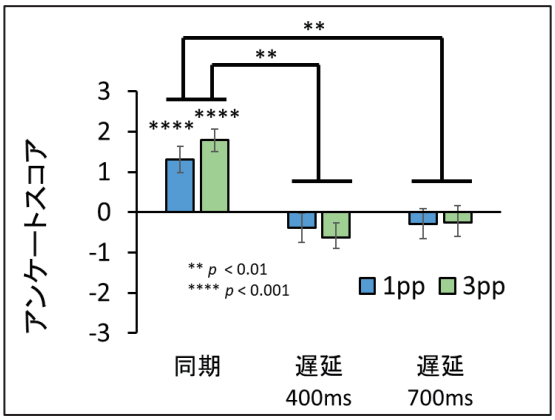


図 4 運動主体感のアンケート結果

3.2 ドリフト距離

ドリフト距離の結果を図 5 に示す．各条件において、0 との t 検定を行ったところ 1pp の遅延 700ms 条件（$t(20) = 3.08$, $p < 0.01$）、3pp の同期条件（$t(20) = 2.35$, $p < 0.05$）において有意なドリフト距離が見られた．また、二要因に対応がある（[1pp, 3pp],[同期, 遅延 400ms, 遅延 700ms]）二要因の分散分析を行ったところ交互作用が見られた($F(2, 40) = 3.44$, $p < 0.05$)。下位検定として単純主効果検定を行ったところ遅延 700ms 条件において 1pp 条件より 3pp 条件の方が前方への大きなドリフト距離を示した($F(1, 60) = 5.76$, $p < 0.05$). さらに 3pp 条件において多重比較（テューキーの HSD 検定）を行ったところ 3pp の遅延 700ms 条件と 3pp の同期条件の間に有意差が見られた（$HSD = 15.5$, $p < 0.05$）.

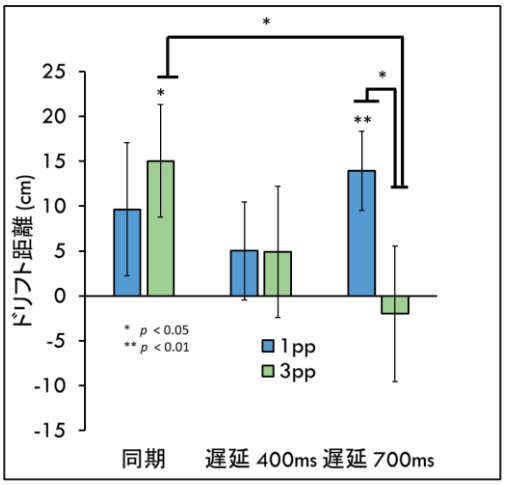


図 5 ドリフト距離の測定結果

4. 考察

今回の実験では，VR 環境において自分の身体の動きをアバターに投射し，視点とアバターの動きの違いによる自己身体感を調べた．身体保持感のアンケート結果において 1pp の同期条件では身体保持感を抱いていたが 3pp の同期条件では抱いていなかった．これより自己身体の投射は時間の整合性だけでなく投射先の自己との相対的位置が重要であると考えられる．これはラバーハンド錯覚の先行研究において,ラバーハンドと実際の手の距離を離すと身体保持感が低下するという結果からも支持される[Lloyd 2007]．また、運動主体感のアンケート結果で同期条件であれば視点と関係なく運動主体感を抱いた．これはアバターと自身の動きの時間的一致によって自身の動きの表象がアバターに投射されることで距離に関係なく運動的自己が拡張されたと考えられる．このことから運動主体感は身体の動きとの時間的整合性が重要であるが、身体保持感はそれに加えて空間的整合性も必要になるのだと考えられる。

参考文献

[Gallagher 2000] Gallagher S: Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science. Trends in Cognitive Sciences, 4: 14-21. 2000.

[Kalckert 2012] Kalckert A: Moving a rubber hand that feels like your own: A dissociation of ownership and agency. Frontiers in Human Neuroscience, 6, 40. 2012

[Petkova 2011] Petkova V. I: The perspective matters! Multisensory integration in ego-centric reference frames determines full-body ownership. Frontiers in psychology, 2, 35. 2011

[Heydrich 2013] Heydrich L: Visual capture and the experience of having two bodies – evidence from two different virtual reality techniques. Front. Psychol., 4, 946. 2013

[Lloyd 2007] Lloyd, Donna M: "Spatial limits on referred touch to an alien limb may reflect boundaries of visuo-tactile peripersonal space surrounding the hand." Brain and cognition 64.1: 104-109. 2007

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

バーチャルリアリティにおける身体図式キャリブレーション ～伸長・収縮方向における回帰モデルでの評価～

Body Schema Calibration under Virtual Reality: The Evaluation using Regression Model in The Direction of Extension and Contraction

望月　典樹[*1]　鈴木　涼[*1]　大山　英明[*2]　中村　壮亮[*1]
Noriki Mochizuki　Ryo Suzuki　Eimei Oyama　Sousuke Nakamura

[*1] 法政大学 Hosei University
[*2] 産業技術総合研究所 National Institute Advanced Industrial Science and Technology

In the immersive virtual reality system, when the shape of the virtual body is parted from the real body, there is a problem that its operability deteriorates. The authors assumed this is caused by misfit of the body schema which is an internal model in the brain realizing the body position, because it is initially tuned up to the real body instead of virtual body. Thus, the authors have proposed a method called body schema calibration using VR technology to change the body schema adapting to the real body so as to fit the virtual body. In this paper, we newly evaluated two regression models based on the result of body schema calibration to the direction of extension and contraction. As a result, two-piece linear regression model was more suitable than the linear regression model. And it was suggested that the changing characteristics of the body schema are different in the direction of extension and contraction.

1. はじめに

VR（Virtual Reality）とは，コンピュータで人工的に生成した情報をあたかも現実であるかのように感じさせる技術である．[舘 10]によれば，理想的なVRが満たすべき最も特徴的な要点は，コンピュータで生成した仮想空間が，

(a) 人間にとって自然な3次元空間を構成している
(b) 人間がその中で，環境との実時間の相互作用をしながら自由に行動できる
(c) その環境と使用している人間とがシームレスになっていて環境に入り込んだ状態が作られている

ということである．これらの3要素を有したVRシステムを構成する場合，人の動作そのものを入力として，仮想身体を操作することが現実感を高めることに適していると考えられる．例えば，仮想空間内でのコミュニケーション，エンタテイメントに用いられるアバタや，テレイグジスタンスで用いられる遠隔操作ロボットが挙げられる．しかし，仮想空間内の仮想身体の身体寸法が実身体と異なると，実身体と同様に操作をすることが難しくなる[渡邊 09]．これに対して著者らは，その原因が身体定位を実現する脳内モデルである身体図式の乖離にあると仮定し，実身体に適合している身体図式を仮想身体のものへと変更する「身体図式キャリブレーション」について提案し，研究を進めてきた[Nakamura 14] [依田 15] [望月 17]．

これまで身体図式の変更は，身体形状を伸長および収縮する方向に対して試みてきたが，開発過程の都合から，両者で被験者および実験環境を統一出来ていなかった．そこで本論文では，伸長・収縮の両方向に対して同一条件下で身体図式の変更を実施し，得られた結果を線形回帰モデルに当てはめることで比較検討を行う．

連絡先：望月典樹
法政大学大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻
〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2
090-9130-8887
mono.gmllab@gmail.com

2. 仮想身体の操作における問題とその原因

仮想身体の操作性低下に対するアプローチとして，遠隔ロボット操作においては，幾何学的に視野角と眼間距離を制御することで自然な空間として提示するスケーリングと呼ばれる手法が提案されている[柳田 02]．しかし，スケーリングには操縦者とスレーブロボットが非相似形で異なる場合に身体の一部しか整合させることができないという欠点がある．また，実空間を近似した仮想空間において，仮想的な遠隔ロボットを操縦する訓練を行い，遠隔ロボットへの一体化の度合いを高める手法が提案されている[大山 94]．しかし，この手法は訓練のために適切な動作パターンの選択法や訓練回数・時間の設定法を欠いており，さらに，災害地における瓦礫の落下など，遠隔地の環境が動的に変化した場合に，必ずしも対応できる保証はない．

2.1 身体図式と仮想身体の乖離が主要因である仮説

身体図式とは，「自分の身体の姿勢や動きを制御する際に働く無意識のプロセス」と定義される．例えば，「カップを持つ」という行為では，カップの大きさや位置を知覚し，自分の身体図式と照合した上で，手の形や伸ばす位置を決定している．一方で，

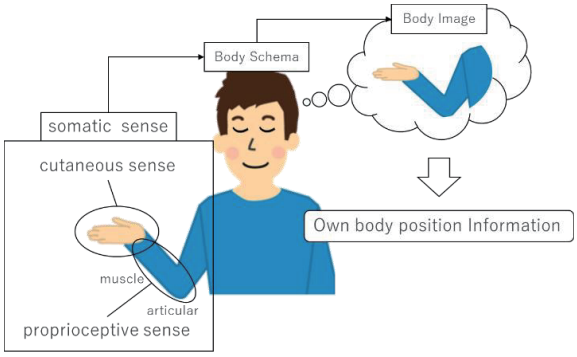


図 1 Body image recalled through body schema in the brain from somatosensory inputs.

身体イメージは「自分自身の身体について意識的に持つ表象」と定義される．これは客観的に想像した自身の姿であり，人間は身体図式 からその時々において身体イメージを生成している[Head 11]．上記のイメージを図 1 に示す．

身体図式を形成するには，視覚，聴覚，体性感覚（皮膚感覚および深部感覚）などの知覚情報が必要になる．特に，視覚的な空間知覚と触力覚的な空間知覚に関する情報の統合が重要である[Iwamura 98]．また，生成された身体図式は日々の体験や経験によって維持され，リアルタイムに更新されている．

人間の動作は身体図式が基盤となっている．つまり，自分自身と身体形状の異なる仮想身体を操作する場合，身体図式が仮想身体に適したものになっておらず，その結果として操作性の低下が生じている可能性が考えられる．

2.2 身体図式の変更事例

身体図式は通常，成長に合わせて変化した身体に合致するように徐々に更新されていく．一方で，急激な身体変化に対しては身体図式の変更は行われ難く，事故などで身体を欠損した際には幻肢が生じる場合がある[Bromage 74]．これらの自然発生的な身体図式の変更は高精度ではあるが長時間を要する．

また，能動的に身体図式が更新された事例としては，RHI[Botvinick 98]や VHI[Slater 08]，音による錯覚[Tajadura 12]が報告されている．しかし，これらは短時間での身体図式の変更が認められるもののその精度は低い．

これに対して，著者らが考案した「身体図式キャリブレーション」は，仮想空間内での運動により寸法変更後の身体と体性感覚とを紐づけることで身体図式を更新するという手法であり，短時間で高精度に身体図式を変更することができる[Nakamura 14] [依田 15] [望月 17]．

3. 身体図式キャリブレーションとその評価方法

3.1 身体図式キャリブレーション

身体図式は，運動の際に身体像と体性感覚情報を統合することで学習される．正確な身体像は仮想空間において自身が操作する仮想身体である．ここで，仮想身体を表示している場合，自身の身体像は視覚によって認知できるため，体性感覚に基づいた身体像が意識されず，身体図式変更の所要時間が増大すると考えられる．すなわち，短時間で変更するためには，仮想身体の映像を遮断して，体性感覚に基づく身体像を意識させることが有効である．一方で，仮想身体は身体像の正確な教師信号となるため，仮想身体を常時遮断している状況では，正確な身体像を学習することが困難となり，身体図式の確度が低下する．そこで我々は以下の 2 つの学習過程をハイブリッドで行う手法を提案している．なお，身体図式を変更する対象は右前腕に設定している．

(a) 変更目標の身体像に合致した身体映像が視覚提示された状態で運動を行う学習過程

(b) 身体映像は遮断した状態で，変更目標の身体像に合致した指先位置のみを間接的に視覚提示し，そこから想起される身体映像を教師信号として，体性感覚主導の学習を行う過程

この 2 つの要件を満たす流れを図 2 に沿って説明する．

まず，実空間と仮想空間の両者に存在する MR スティックを使用し，実身体及び仮想身体の右腕に触れ，視触覚同期刺激を提示することで，仮想身体に対する自己所有感を高め，VHI の状態を作り出す．仮想空間には仮想スイッチを設置し，スイッチを右手中指で押す動作（スイッチングタスク）を，実身体の運動による仮想身体の操作で繰り返し行わせる．この時，仮想スイッチは押されるたびにランダムな位置に移動する．そして目標の身体イメージは実身体の寸法に対する倍率である寸法比として設定し，提示寸法比になるまで，仮想スイッチを押した回数に従って，仮想身体の右前腕を徐々に肘から手首，または手首から肘の方向へ線形的に変形させていく．また，一定のスイッチング回数ごとに仮想身体を視覚提示しない状態でスイッチングをさせ，成功失敗の判定は仮想スイッチの変形と移動によって視認できるものとした．なお目標とする身体イメージに対応する仮想身体を提示した状態での運動機会を確保するために，目標の寸法に達した後も十分な回数のスイッチングを行わせる．

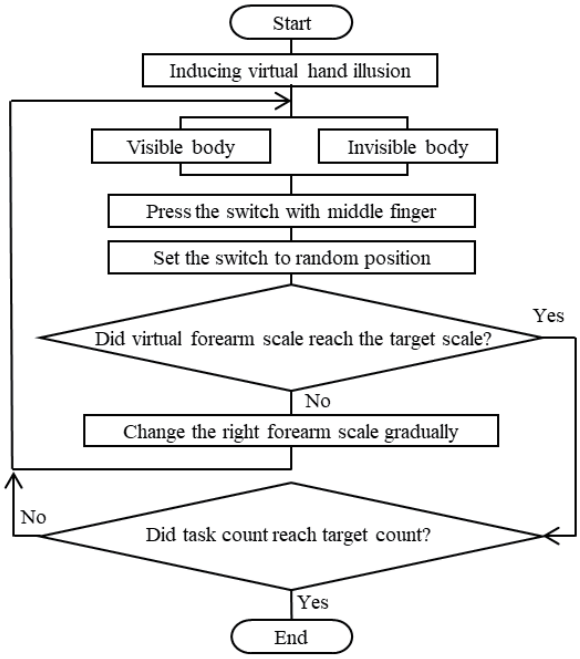


図 2 The flow of changing body schema.

3.2 評価方法

身体図式は脳内モデルであるため，直接測定することは困難である．そこで，[Prablanc 79]をもとに，体性感覚入力に伴い身体図式より出力される，身体の位置姿勢情報が確実に利用される動作において，その位置関係から間接的に身体図式の変化を捉えることとした．具体的には，目標位置を視覚提示する手段として仮想コーン（仮想空間のみに存在する三角錐状のオブジェクト）を用意し，身体映像を視覚遮断した状態で，実身体の右手中指先端を仮想コーンの先端に一致させるポインティングタスクなる課題を設定した．この時，仮想コーンの座標および実身体の右手中指先端の座標，右腕各部の位置を記録することで，その関係から身体イメージを間接的に評価する．このタスクをスイッチングタスクの前後に実施することで，指先位置の関係から身体図式の変化を推定することが可能である．

本論文ではスイッチングタスク前に測定した指先位置をポインティング位置A，スイッチングタスク後に測定した指先位置をポインティング位置Bと呼称する．また意図した形状への身体図式の変化を観測するために，身体図式を変更させる方向の成分のみを抽出する処理を施す．評価指標の導出過程を以下に説明する．

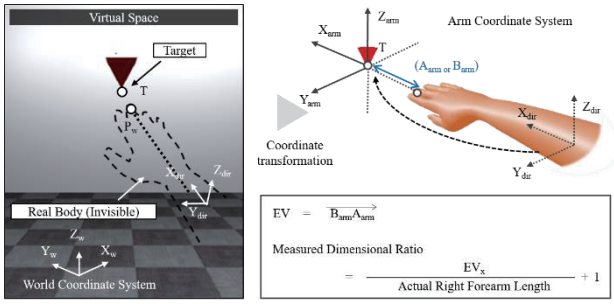


図 3 Pointing task and calculation of the updated level of body schema.

まず目標位置を原点，肘から手首に向かう方向をx軸正方向，掌から手の甲へ向かう方向をz軸正方向，XZ平面の法線方向をy軸正方向として腕座標系を定義する．そして座標変換により腕座標系におけるポインティング位置A_{arm}，B_{arm}をそれぞれ求める．この時，B_{arm}からA_{arm} へのベクトル$\overrightarrow{B_{arm}A_{arm}}$を$EV$とすると，$EV$の$x$成分が身体図式の変化量に該当する．また変更目標を比率で設定しているため，比較が容易にできるよう次元を合わせる必要がある．そこで変化量EVのx成分に対して実際の右前腕の長さで正規化を行い，右前腕の実寸に対する寸法比（実測寸法比）という形に変換する．この値が身体図式の変化の評価指標となる．ここで，ポインティングタスクおよび評価指標の導出手順のイメージを図 3 に示す．

4. 実験システム

身体図式キャリブレーションに基づき，構築したシステムの概要を図 4 に示す．詳細は以下の通りである．

被験者の上半身にはマーカーを取り付け，モーションキャプチャで取得した位置姿勢情報を仮想空間上のアバタの動作に反映する．仮想空間の情報は HMD(Head Mount Display)を被験者に装着し，視覚提示する．仮想空間は，実空間を模倣した空間とすることで現実感を向上させる．また，仮想スイッチと仮想コーンを仮想空間に配置し，両方の表示を切り替え可能としている．仮想スイッチが存在している場合はスイッチングタスクを被験者に与え，スイッチを押すたびに仮想身体の寸法が変更さ

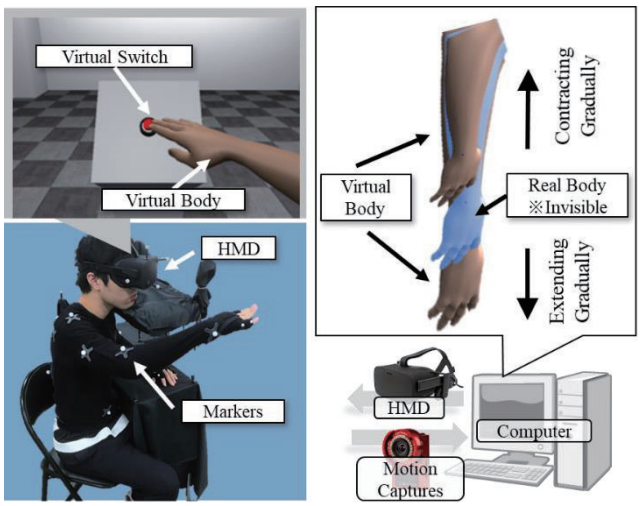


図 4 Experiment system.

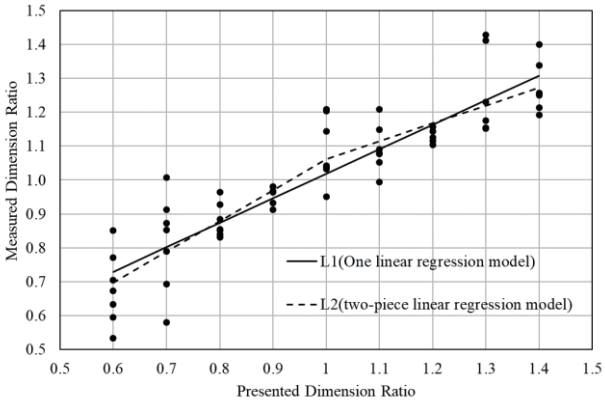


図 5 Experiment result.

れるようになっている．また仮想コーンが存在している場合は仮想身体を非表示にした状態で，前節で述べたポインティング位置と指先位置の差分を測定する機能が有効になっている．

5. 実験・考察

提案手法による伸長方向および収縮方向への身体図式の変更について，健常者 7 名（22～23 歳，男性，右利き）に対して，提示寸法比を 0.6～1.4 倍（0.1 刻み）として 9 通りの実験を行った．なおハイブリッド学習の実現のため，仮想身体を表示させた状態でのスイッチング 4 回と，非表示状態でのスイッチング 1 回を交互に行わせた．また提示寸法比は 100 回で目標値となるよう線形変化させ，目標値にて 200 回まで継続させた．

各提示寸法比に対する実測寸法比，およびその直線回帰と折れ線回帰の結果を図 5 に示す．提示寸法比に応じて実測寸法比が同方向に変化していることが確認できる．なお直線回帰モデル$L1$は，伸長方向と収縮方向の変化を1つの直線で表したものであり，折れ線回帰モデル$L2$は提示寸法比 1.0 から伸長方向と収縮方向で直線の傾きを独立させて表したものである．

ここで各回帰モデルに対して，AIC(Akaike's Information Criteria)を求めたところ，$L1$は AIC=-106.7，$L2$は AIC=-109.3 となり，$L2$の方がモデルとして適しているという結果になった．このことから，身体図式の変更に関して，伸長方向と収縮方向とでは特性が異なる可能性が示唆された．また$L2$の傾きは，伸長方向で 0.53，収縮方向で 0.90 となり，収縮方向の方がより高い効果が得られている．これは通常の成長過程で，現在よりも小さい身体図式での動作を経験しているため，それが適応のしやすさに影響した可能性が考えられる．

6. 結論

本論文では，以前より著者らが取り組んでいる「バーチャルリアリティにおける身体図式キャリブレーション」に関して，伸長方向と収縮方向の両方向に対して同一条件下での適用を試み，得られた結果に対する直線回帰モデルと，方向別に直線を分離させた折れ線回帰モデルとを比較した．その結果，伸長方向と収縮方向とでは，身体図式の変更特性が異なる可能性が示唆された．今後は，身体図式の変更限界に関する調査や，本手法を適用した際の仮想身体の操作性能について評価を行っていく予定である．

参考文献

[Botvinick 98] M.Botvinick and J.Cohen：Rubber hands‘feel’touch that eyes see，Nature，Vol.391，pp.756，(1998)

[Bromage 74] P.R.Bromage and R.Melzack：Phantom limbs and the body schema，Canadian Anaesthetists Society Journal，Vol.21，No.3，pp.267-274，(1974)

[Head 11] H.Head and G.Holmes:Sensory Disturbances From Cerebral Lesions”，Brain，Vol.34，No.2，pp.102‐254，(1911)

[Iwamura 98] Y.Iwamura : Hierarchical somatosensory processing”，Current Opinion in Neurobiology，Vol.8，No.4，pp.522-528，(1998)

[Nakamura 14] S.Nakamura，N.Mochizuki，T.Konno，J.Yoda，and H.Hashimotoa:Research on Updating of Body Schema Using AR Limb and Measurement of the Updated Value，IEEE Systems Journal，Vol.10，No.3，pp. 903-911(2014)

[Prablanc 79] Prablanc, C., Echallier, J. F.,Komilis, E. and Jeannerod, M : Optimal response of eye and hand motor systems in pointing at a visual target, Biological Cybernetics, Vol. 35, Issue 2, pp 113-124, (1979)

[Slater 08] M.Slater, D.Perez-Marcos，H.H.Ehrsson and M.V.Sanchez-Vives：Towards a digital body: The virtual arm illusion，Front Hum Neurosci，Vol.2，No.6，(2008)

[Tajadura 12] A.Tajadura-Jimenez，A.Valjamae，I.Toshima，T.Kimura，M.Tsakiris and N.Kitagawa : Action sounds recalibrate perceived tactile distance，Current Biology，Vol.22，No.13，pp.516‐517，(2012)

[大山 94] 大山英明，常本直貴，前田太郎，舘暲：仮想環境へのテレイグジスタンスのための一手法”，日本ロボット学会誌，No.8，pp.1175-1182，(1994)

[舘 10] 舘暲：バーチャルリアリティ学，2010.

[望月 17] 望月典樹，中村壮亮，橋本秀紀：バーチャルリアリティにおける身体図式キャリブレーションに触力覚フィードバックが及ぼす影響，日本機械学会論文集，Vol.83，No.851，pp.17-22, (2017)

[柳田 02] 柳田康幸，舘暲：HMD 型テレイグジスタンスシステムの頭部運動時における視野角不整合の影響，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.7，No.1，pp.69-78，(2002)

[依田 15] 依田淳也，中村壮亮，昆野友樹，望月典樹，橋本 秀紀：AR 肢体を用いた身体位置感覚更新が運動軌道に与える影響の評価，日本機械学会論文集，Vol.81，No.829，pp.15-00249，(2015)

[渡邊 09] 渡邊孝一，川上直樹，舘暲：テレイグジスタンス・マスタスレーブシステムにおける操縦者とスレーブロボットとの間の寸法不一致の影響，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.14，No.3，pp.391-394(2009)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

誰かと対戦しているとの思い込みがビデオゲームを楽しくさせる：事象関連電位（P300）による検討

The existence of a competitor increases enthusiasm when playing video games: Investigations based on the event-related potential (ERP) component (P300)

川合伸幸[*1*2] Nobuyuki KAWAI　中田龍三郎[*1] Ryuzaburo NAKATA　久保賢太[*2] Kenta KUBO

[*1] 名古屋大学情報学研究科 Graduate School of Informatics, Nagoya University
[*2] 名古屋大学情報科学研究科 Graduate School of Information Science, Nagoya University

Abstract: Studies suggested that an actual existence of opponent players increases competitive motivation and enjoyment of the game playing. However, it is unknown whether a belief of the existence of a competitor also increases these motivation and enjoyment. We hypothesized that projection (i.e., as if playing with a real competitor) would increase the participants' engagement to the video game than playing with the computer player. In this study, the participants played alone (single condition) or played with the fake player (competitive condition), while their brain activity was measured by means of event-related potential (P300). Results showed the amplitude of P300 in the competitive condition was smaller than that in the single condition, indicating that the belief of playing with the opponent player modulated the brain activities. The subjective scores were higher than those in the single condition. These results suggest that a projection modulates the brain activities and psychological states in the video game playing.

1. はじめに

近年のゲーム研究では，１人でゲームをプレイするよりも，誰かと一緒にゲームをプレイするほうがより楽しく感じることが報告されている．たとえば，対戦相手が存在するほうがゲームに対する動機づけや面白さが増し[1]，快感情が高まる．ゲーム中の熱中度を直接測定することは難しいが，事象関連電位(P300)により外乱刺激（プローブ刺激）に対する注意を測定することで，ゲームプレイ中の熱中度を間接的に測定することが可能である．この手法（プローブ刺激法）を用いて，映画に対する注意を調べた研究では，興味のある映画を鑑賞している場合には興味のない映画を鑑賞するときにくらべて P300 が減少していた[2].

しかし，他者と実際に対戦していなくても，他者とゲームをしているとの思い込みだけでも，熱中度が変化する可能性がある．すなわち，そのゲームを架空の対戦相手とのゲームとプロジェクションすることで，実際には同じようにコンピュータと対戦していても神経活動や心理状態が変化する可能性がある．そこで，２つの実験で検討した．

2. 実験1：通常のビデオゲーム

2.1 方法

参加者は，体動や眼電といったアーティファクト混入により，脳波測定が不良であった 3 名を除いた大学生 10 名(男性 5 名，平均年齢 19 歳，全員右利き).

2.2 刺激と課題

主課題：対戦格闘ゲームの STREET FIGHTER IV(CAPCOM 社製)をゲーム課題として用いた．参加者はゲーム内モードの一つであるトレーニングモードでプレイした．トレーニングモードでは，ダメージを与えても(受けても)，一定時間が経過することで，そのダメージが回復する．そのため，勝敗は課題中にはつかない．全参加者は同一のキャラクターを操作した(ゲームのスタンダードなキャラクターであるリュウ)．対戦相手とコンピュータも同様のキャラクターを操作し，リュウ v.s.リュウの同じキャラクター同士の対戦を行わせた．コンピュータの強さを示す難易度は，Easy（5 段階の 2 段階）を選択し，課題前に 3 分間の練習時間を設けた．

参加者は，実験では単独条件として一人でコンピュータ相手にゲームをする場合と，対戦条件として実験者とゲームをする場合があることを教示された．課題として，出来るだけ相手にダメージを与えられるよう努力することを教示した．

単独条件: 参加者は，コンピュータと対戦を行った．この時のコンピュータの強さは，練習課題と同様のものだった．

対戦条件: 参加者はサクラである女性（別の実験者）と対戦を行うよう教示された．実際には，ゲームは単独条件同様にコンピュータが操作しており，難易度も同様だった．対戦条件では，女性実験者が操作しているよう，ゲームの状況に合わせてボタン押しなどを行う演技を行った．参加者は，単独条件と対戦条件の両方に参加した．課題の実施順序は参加者間でカウンターバランスをとった．

副課題: ゲームプレイ中に聴覚オドボール課題を行った．聴覚刺激は，標準刺激(standard: 呈示確率 = 80 %, 1000 Hz)と標的刺激(target: 呈示確率 = 20 %, 2000 Hz)を参加者の前面約 60 cm の位置から音圧 60 dB，持続時間 70 ms, 立ち上がり立ち下り 10 ms で呈示した．

参加者は，呈示される 2 種類の聴覚刺激のうち，高い音が呈示される回数を数えるよう教示した．呈示回数は標準刺激が 192 試行，標的刺激が 48 試行だった．刺激オンセット間隔は 1500 ms だった．副課題を実施するために，ゲームのプレイ音声は呈示しなかった．

各条件における参加者の心理状態を測定するため，各条件実施後に質問紙による主観指標を測定した．質問紙は，先行

連絡先：川合伸幸，名古屋大学情報学研究科，〒464-8601 名古屋市千種区不老町，kawai@is.nagoya-u.ac.jp

研究[3]と同様に，ゲームプレイに対する暴力性，不満，興奮度，面白さ，楽しさ，難しさについて，7 件法(低い 1-7 高い)で回答を求めた．さらに，日常的にゲームをする頻度や，そのゲームのジャンルについても回答を求めた．

2.3 結果

各条件に対する総加算平均の結果を Figure 1 に示す．Figure 1 では，刺激呈示後 250-600 ms にかけて，Pz における ERP 波形に大きな陽性の電位が認められた．この電位を極性，潜時，頭皮上分布から P300 と同定した．

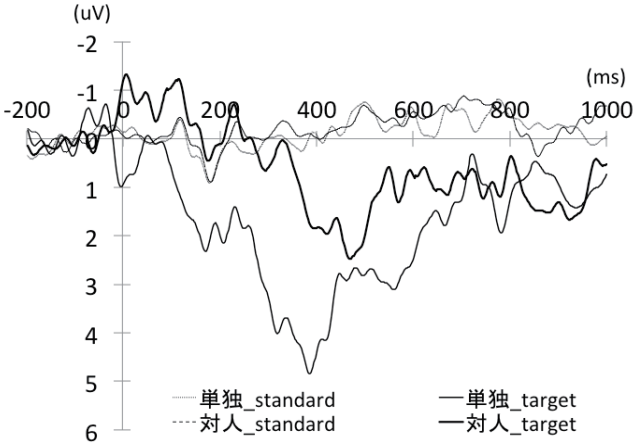


Figure 1. 各条件における総加算平均波形(N = 10)

主観指標では，興奮度($t(18) = 3.88$, $p = .001$)と面白さ($t(18) = 2.89$, $p = .005$)，楽しさ($t(18) = 2.59$, $p = .009$)において，対戦条件が単独条件に比べて有意に高かった．難しさについては，条件間で有意な差は見られなかった．

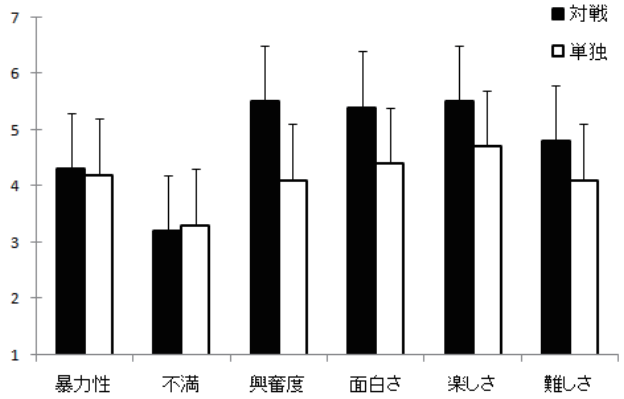


Figure 2. 対戦/単独条件における心理反応(N =10). 横線は有意差が認められた項目($p < .05$).

3. 実験2：VR ゲーム

隣に対戦中の相手が見えないヘッドマウントディスプレイをかぶった状態でも同じ結果が得られるかを確かめた．

3.1 方法

大学生 19 人（♂12名，M = 18.9 歳）が実験に参加した．事前に本実験で用いたゲームをプレイした参加者はいなかった．

3.2 刺激と課題

VR デバイスとして Playstation VR を2セット用意し，制御用デバイスの Playstation 4 とともに横並びの2台の机にそれぞれ1セットずつ設置した．ゲーム画面は VR ヘッドセットの 5.7 インチ OELD ディスプレイ上に呈示された．視野角は約 100 度であった．ゲームの音は呈示しなかった．ゲーム操作は Playstation 4 に付属のコントローラを使用した．コントローラの振動機能は使用しなかった．ゲームプレイ中の聴覚刺激呈示用にスピーカを実験参加者の後方約1 m に設置した．

実験では2つの走行条件（VS. コンピュータ条件，VS. 他者条件）を設定し，参加者はランダムな順序で両方の条件を経験した．VS. コンピュータ条件では対戦相手がコンピュータであることを走行前に教示した．実際に対戦する車はコンピュータが操作した．VS. 他者条件では実験者と対戦することを走行前に教示した．実験者は参加者の横のシートに座り，ゲームをプレイしているような演技をしたが，実際に対戦する車は VS. コンピュータ条件と同様にコンピュータが操作した．参加者は VR ヘッドセットを装着しているので，実験者の様子を視覚的に確認することはできなかった．他者の存在の手がかりになる聴覚情報を参加者に与えないように，実験者は対戦中にできるだけ動かないようにした．

脳波の測定方法や主観指標などは実験1と同じであった．

3.3 結果

基本的には実験1と同じ結果が主観指標，脳波に得られた．低頻度刺激の数え間違い数も，実験1と同様に他者と対戦していると信じているほうが多く，より熱中していたことを示す．

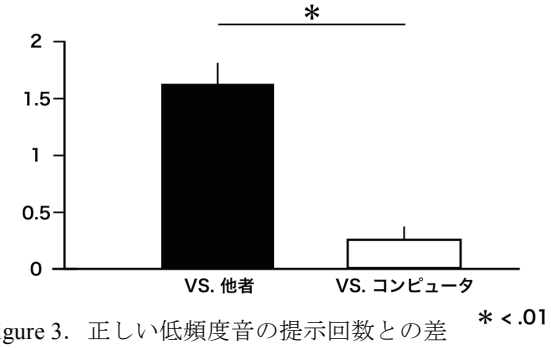


Figure 3. 正しい低頻度音の提示回数との差

4. 結論

これらのことは，他者との対戦との思い込み（プロジェクション）が脳波や課題遂行，主観的な楽しさに影響することを示す．

参考文献

[1] P. Vorderer, T. Hartman, & C. Klimmt. Explaining the enjoyment of playing video games: the role of competition. ICEC'03 Proceedings of the second international conference on Entertainment computing, 1-9, 2003.

[2] 入戸野 宏. 映像に対する注意を測る一事象関連電位を用いたプローブ刺激法の応用例一 生理心理学と精神生理学, 24, 5-18, 2006.

[3] B. J. Bushman, & J. L. Whitaker. Like a magnet: Catharsis beliefs attract angry people to violent video games. Psychological Science, 21, 6, 790-792, 2010.

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-16

[2K4-OS-16a] 臨床の知(1)

諏訪 正樹（慶應義塾大学）、藤井 晴行（東京工業大学）、加藤 文俊（慶應義塾大学）

Wed. Jun 5, 2019 3:20 PM - 4:40 PM Room K (201A Medium meeting room)

[2K4-OS-16a-01] Consideration on Onigokko as a healthcare content for children in artificial intelligence society

〇Yuushi Hiramine[1,2] （1. Onigokko Association, 2. Onigokko Research Institute）

3:20 PM - 3:40 PM

[2K4-OS-16a-02] Types of Knowledge Emerging from Photos and Language Expression of Experience

〇Haruyuki Fujii[1], Sadayo Hirata[2], Ken-icih Shinozaki[3] （1. Tokyo Institute of Technology, 2. Shibaura Institute of Technology, 3. Nihon University）

3:40 PM - 4:00 PM

[2K4-OS-16a-03] Process of Comprehension of Constructing Dry Stone Walls in Izena in Ryukyu

〇Kenichi Shinozaki[1], Sadayo Hiram[2], Haruyuki Fujii[3] （1. Nihon University, 2. Shibaura Institute of Technology, 3. Tokyo Institute of Technology）

4:00 PM - 4:20 PM

[2K4-OS-16a-04] Toward the Aesthetic Appreciation of the Haptics and Tastes

〇Hiroki Fukushima[1] （1. Kyushu Women's University）

4:20 PM - 4:40 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

人工知能社会における子どものための ヘルスケアコンテンツとしての鬼ごっこに関する考察

Consideration on Onigokko as a healthcare content for children in artificial intelligence society

平峯 佑志[*1]
Yuushi Hiramine

[*1] 一般社団法人鬼ごっこ協会
Onigokko Association

This paper discusses the contents of deeper consideration through practical activities that utilize the contents of Onigokko on the basis of previous research on health care issues for children in artificial intelligence society. Onigokko is a traditional play that everyone has tackled in early childhood. In modern Japan, it is said that children's physical fitness declines and sports population declines are progressing, and the number of physical play such as Onigokko is decreasing. However, the development of mobile terminals, game machines and the like is remarkable. In this paper, we conclude that in the society in which artificial intelligence develops, it is important for the future of the child to value creation of physical play called Onigokkoaccording to social demands.

1. はじめに

鬼ごっこは、人間本来の本能的な性質に基づいて、追うこと、追われることの端的な身体的動作を行うことであるが、人間がこの世に生を受けて乳幼児から幼児期、学童期に至っていく発育発達の過程に置いて、最も大切な子どもの遊戯の一つであると考えられている。文科省では、2012年から幼児期運動指針という政策において、幼児期に欠かすことができないものとして「鬼ごっこ」を単体の大項目として取りあげているほどである。人間が生を受けた後に、自分以外との有機的な対象物と行う身体的遊戯として、鬼ごっこは最初に行われる動作ではないだろうか。例えば、ハイハイをして何かの動的な対象物や生物を追いかけたり、空中を浮遊している虫や鳥を目で追いかけながら手を伸ばしたりなど、鬼ごっこをする上での原始的な身体動作を生まれた直後から行うことなどがあげられる。人工知能関連の研究でも、身体知や暗黙知という言葉で、身体的認知についての研究が進められているが、鬼ごっこの身体知は、乳幼児から動作を行っていることからも、本能的な部分に由来していると考えられる。本研究では、本能的に備わっていると考えられる鬼ごっこを通じた身体的な楽しさが、人工知能社会においては多くの生活様式が機械化や電子化されて、身体的な動作の多くを要することの必要性が低下してくる中で、鬼ごっこのような身体的遊戯が人間の心身のヘルスケアへと貢献して、さらに人工知能と相対することなく、共生関係を図っていく社会へ向かうには、どうすれば適切に社会が機能していくのかについての道筋について考察を行った。

2. 鬼ごっこのヘルスケア

鬼ごっこのヘルスケアに関係する研究は、私も所属している鬼ごっこ総合研究所で主に行われている。鬼ごっこは、一般的には誰もが知っているが故に、その効果や効能については、あまり注目を集めてこなかった。そんな鬼ごっこに着目して、子どものヘルスケアのために研究を長年してきたのが、鬼ごっこ総合研究所を運営している一般社団法人鬼ごっこ協会の代表理事である羽崎泰男（以下、羽崎）である。まず、鬼ごっこ協会という組織であるが、鬼ごっこという身体的遊戯を活用して、子どもから大人の健全な心身を育み、誰もが健康的になることを目指して活動している団体である。2010年6月に鬼ごっこ協会を設立した羽崎は、元々は1985年に設立されて2015年に閉館となった東京都渋谷区の青山に立地していた国立総合児童センター「こどもの城」の事業本部長などを歴任していた。そこで、20数年前に当時の厚生省との共同研究によって、高度経済成長期を経て子どもの肥満が増えてきていた1980年代を背景として、肥満の防止のための運動プログラムに鬼ごっこが適していることを、数あるスポーツ競技やトレーニングを行った結果として辿り着いたとされている。ここで注目に値することが、既存のスポーツ競技や一般的なトレーニングを肥満の子どもにやらせた結果として、運動が好きではない子どもの割合が多かったため興味関心を示すことが無かった中で、鬼ごっこには関心を示したということであった。笹川スポーツ財団の調査（2017）（表 1）によると、過去 1 年間に「よく行った」運動・スポーツ種目で、4～11歳では、鬼ごっこは第 1 位（47.3%）となっているなど、子どもの鬼ごっこの関心が高いことを伺うことができる。

（表1） 過去 1 年間に「よく行った」運動・スポーツ種目（4～11 歳）

順位	実施種目	実施率
1 位	鬼ごっこ	47.3%
2 位	水泳	34.2%
3 位	自転車遊び	30.4%
同位	ドッジボール	30.4%
5 位	ぶらんこ	25.4%

（引用：笹川スポーツ財団（2017）子ども・青少年のスポーツライフデータ）

3. 人工知能社会における鬼ごっこの役割

人工知能が発達していく社会では、人の働き方やライフスタイルが変化すると言われており、なくなる職業と残る職業ランキングがオックスフォード大学の論文（表 2）で公開されたが、そのランキングでは残る職業としてレクリエーション療法士やメンタル

ヘルスカウンセラー、教育コーディネーター、作業療法士などが挙げられており、メンタルヘルスや身体的なヘルスケアなどの領域で、主に福祉や教育、医療などの観点で取り上げられている。

（表 2）あと 10～20 年でなくなる職業・残る職業の一部

残る職業		無くなる職業
レクリエーション療法士	1	電話販売員
整備・設置・修理の第一線監督者	2	不動産登記の審査・調査
危機管理責任者	3	手縫いの仕立て屋
メンタルヘルス・薬物関連ソーシャルワーカー	4	コンピュータを使ったデータの収集・加工・分析
聴覚訓練士	5	保険業者

（出典）The future of employment：how susceptible are jobs to computerization?より一部作成

ここで私が注目したのは残る職業では対人間コミュニケーションを綿密にとる必要性があるものが多くあり、なくなる職業としては手続きをシステム化しやすい事務作業や簡易作業などが多く含まれていることである。ここから、鬼ごっこの人工知能社会との関連性について述べたい。鬼ごっこは、基本的にはあまり多くの道具を使わずに場所を問わず、必要とされるデジタル機器も無く取組むことができる。身体が一つあれば、環境を選ばずに心身の健康のために子どもが気軽にできるのも特徴である。社会一般の人々にとって、人工知能社会といって身近な端末としては、一例としてスマートスピーカー、スマートフォン、ウェアラブル端末などが、普段から接している身近な機器であるが、これらの機器は必ずヘルスケアのためのコンテンツがアプリケーションなど、様々な形式で内蔵されている。主には、1人で取組む事ができるランニングやワークアウト、トレーニングのためのコンテンツが多く存在している。鬼ごっこも、スマートフォンで鬼ごっこを活用したアプリケーションはダウンロードすることができる。私は、人工知能分野の研究者ではなく、鬼ごっこの指導を子どもや大人にしている専門家であるので、人工知能の詳細な発展形式の可能性については、詳細な造詣は持ち合わせていないが、人工知能が社会にもたらす効果に着目をしている。多くの人々に人工知能による社会への恩恵がもたらされることは魅力的であると考えられるのは間違いがないが、その裏腹として人工知能が発達していく中での弊害としては、メンタルヘルスの問題やヘルスケアの問題が一つとしてあげられている。メンタルヘルスではカウンセリング、ヘルスケアではトレーニングやランニングが取り上げられるが、私はスポーツや遊びが果たす役割は大きいと考えている。スポーツや遊びは、対人で行うものがほとんどである。一部には、1人で行うものもあるが、基本的には個人対個人か集団対集団の対人間で行われる。人工知能社会では、先ほどの残る職業として対人間コミュニケーションの重要性が考えられているが、スポーツや遊びは対人間でのコミュニケーションによって成り立つものであるので、人工知能の発達した社会においては果たすことができる役割があると、私は考えている。中でも、特に鬼ごっこは対人間で行い、さらに道具を必要とせずに、行う場所も屋内外を問わずにできるので、人口知能が発達した社会においても、気軽に対人間と取り組めるという点で果たすことができる役割は大きい。2018年6月28日付の日本経済新聞には、未来学のポスト平成の未来学「第8部遊びの進化論・デジタルから離れて・顔合わせ身体動かす爽快感」として、人工知能が発達したデジタル社会と対比して、アナログな身体的遊戯である鬼ごっこによる、メンタルヘルスやヘルスケアに貢献が記事にもされているなど、メディアからも注目をされている。

4. 直観と人工知能の先行研究

鬼ごっこは、乳児期や幼少期より行われる、人間の本能に由来した身体的な遊戯であるが、それは知能と言うよりも直観として必要性を認知して行われているものなのではないだろうか。対人間とのコミュニケーションを図っていく上では、鬼ごっこと言う手段を通じて、分かり合うことには大きな価値がある。そこで、この「直観」と人工知能についての先行研究があるので、ここで取り上げたい。意思決定学者であり教育コンサルタントの奈良潤氏の著書「人工知能を超える人間の強みとは」では、「直観と人工知能のすみ分け」という言葉を用いて、直観と人工知能の共生について論じている。詳しく言い換えると、奈良氏は「人間は、人工知能のように記憶力に優れていない。また、直観を働かせても判断の正確性に欠けることがある。しかし、人工知能は人間とは違い、指導力を発揮して組織運営をすることには不向きである。人工知能は、独創性を発揮して実際の現場で問題解決の決断を下すことができない。」と、企業などの組織マネジメントの領域の話をもとに述べている事からも、人間として人工知能との共生を図っていくためには、お互いの強みを生かす必要性があるということが分かる。まだ、日本においては人間の直観や身体的な感覚を知能として深めていくことを志向する身体知などの研究は、多くは進んでいない中で、世界中の老若男女が誰もが鬼ごっこのような身体的な遊戯は子どもの頃に経験しているものであり、それは無意識でお互いの距離感や親密性を図り合うために、遊びを通じてコミュニケーションをとる姿が見られることは、人間の更なる知覚や知能を深く理解していく上で重要となることではないだとうか。

5. 鬼ごっこと人工知能の社会的共生

鬼ごっこと本論文で取り上げたのは、私が鬼ごっこ協会の指導員としての豊富な実務経験があるからでもあるが、鬼ごっこはデジタルな要素や様々な社会的制約は全くなくできて、老若男女が誰もが知っているコンテンツであるということから、これからの人工知能社会において、人間が健康的に生きていくための必要な要素が詰まっていると考えたからである。特に、鬼ごっこ協会で普段から接している子ども達は、デジタルネイティブ世代と言われ、この世に生を受けた時からコンピューターネットワークは整備され、様々な電子デバイスが生活の中にあり、働く世代を迎え頃には人工知能の発達によって職業構成が変化している可能性が高い。そのことからも、人工知能と人間との社会的共生を図っていく上での、鬼ごっこのような人間の身体性を分かりやすく表わせたコンテンツと人工知能の社会的共生を考える事は、人間という生身の存在がどのようにこれからの人工知能社会に向き合っていくかのヒントがあるように考えられるのではないだろうか。

6. 結論と今後の展望

現代に生きる人間も、種の起源をたどると皆、ホモ・サピエンスであり、知能も発達しておらず、歴史を辿るにつれて、人間社会の繁栄を少しずつ築いていった。鬼ごっこも、まだ原始の時代にも、人間が獲物を追いかける行為をしていたが、当時から本能的に人間の身体知としてなくてはならないものであったと考えることができる。時代は遡って、現代は第 3 次人工知能ブームで盛んに社会的に人工知能へと注目が集まっている中で、社会環境の変化や働く環境の変化が起こってくると提唱されてい

るが、専門家や技術者ではない一般の市民にはまだ実感としては、これまでの日常の延長線上で日々の生活を営んでいるように感じられる。しかしながら、確実に生活の中にある様々な製品やデバイスには人工知能が組み込まれ、生活は一変をしようとしている。そのような確実にではあるが、水面下で大きな社会の変化を迎えている中で、これまでの時代以上に対人間との関係性のありよう、心身のヘルスケアのための身体的動作への強い動機を持ち得ることは、貴重な価値となってくるのではないかと私は考えている。人間は、進化を遂げたとはいえども、対人間とのコミュニケーションや関係性があって、初めて充足感のある生活を送ることができるのではないだろうか。しかし、人工知能によってもたらされる社会的便益や生活環境の改善、職場環境の変化については、元来の社会の有り様を保っていくために、その変化を否定するのではなく、新しい価値観を柔軟に取り入れる必要がある。鬼ごっこは、多くの人にはアナログコンテンツとして認識され、昔遊びの一つの形式であると捉えられているにすぎないかもしれない。しかし、私が、その価値に関しての普及活動を開始してから 8 年を迎える中で、数多くの事例を見る中で、現代社会に生きる人々に必要とされるコミュニケーション能力や対人との調和を持つ力、集団に置いて良好な関係性を築くための力などは、老若男女が鬼ごっこをすることで培われる現場を多く見てきた。また、鬼ごっこの研究者である羽崎が、鬼ごっこ協会を設立して鬼ごっこを通じて、社会の変革を起こそうとしたきっかけに、デジタルゲームの登場があったことを忘れてはならない。デジタル的な遊びにアナログ的な遊びが、一方的な視点での批判をするのではなく、双方が発展していくために、羽崎が研究を重ねてきた背景があることは、現代においても踏まえなければならない。当時以上に、2019 年現在は人工知能の発展が著しく、子ども達の将来の働き方や生き方にも影響を与えてくることは間違いない。しかし、子ども達が人間として生きる上での大切なことを、鬼ごっこを通じて心身のヘルスケアを行うことは、とても大切なことである。人工知能が難しいとされている、前例のない新たな価値創造を、鬼ごっこを通じて行っていくことが、子ども達の未来のためになると私は考えている。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたって、これまで鬼ごっこ協会の活動現場で出会い、研究への動機をいただいた全ての子ども達と保護者、関係者の皆様へ感謝を申し上げます。

参考文献

[羽崎 92] 羽崎泰男:ビデオ写真で見る0・1・2・3歳児の運動発達と体操実践, 日本小児医事出版社 (1992)

[野中・竹内 96] 野中郁次郎,竹内弘高:知識創造企業, 東洋経済新報社 (1996)

[羽崎 02] 羽崎泰男: 鬼ごっこ楽しくあそんで体力づくり, 日本小児医事出版社 (2002)

[マイケル・ポランニー 03] マイケル・ポランニー:暗黙知の次元,筑摩書房(2003)

[文部科学省 12] 文部科学省:幼児期運動指針(2012)

[松尾 15] 松尾豊:人工知能は人間を超えるか, 株式会社 KADOKAWA (2015)

[Klein 15] Gary Klein:「洞察力」があらゆる問題を解決する, フォレスト出版 (2015)

[諏訪 16] 諏訪正樹:「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学, 講談社 (2016)

[Harari 16] Yuval Noah Harari:サピエンス全史 上・下 文明の構造と人類の幸福, 河出書房新社 (2016)

[若木 17] 若木均,羽崎泰男: スポーツ鬼ごっこの運動能力に及ぼす効果と今後の展望, 第 64 回日本小児保健協会学術集会 (2017)

[奈良 17] 奈良潤:人工知能を越える人間の強みとは, 技術評論社 (2017)

[海老原 17] 笹川スポーツ財団: 子ども・青少年のスポーツライフデータ, 笹川スポーツ財団 (2017)

[羽崎 18] 羽崎泰男,羽崎貴雄,平峯佑志: まるごと鬼ごっこ, いかだ社 (2018)

[羽崎 18] 羽崎泰男,羽崎貴雄,平峯佑志: 目指せ鬼ごっこ博士, いかだ社 (2018)

[落合 18] 落合陽一: デジタルネイチャー, 株式会社 PLANETS (2018)

[諏訪 18] 諏訪正樹:身体が生み出すクリエイティブ, 筑摩書房(2018)

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

経験の写真とことばによる記録から顕在化される知の型

Types of Knowledge Emerging from Photos and Language Expression of Experience

藤井 晴行[*1] FUJII Haruyuki
平田 貞代[*2] HIRATA Sadayo
篠崎 健一[*2] SHINOZAKI Ken-ichi

[*1] 東京工業大学 Tokyo Institute of Technology #1
[*2] 芝浦工業大学 Shibaura Institute of Technology #2
[*3] 日本大学 Nihon University #3

The authors are trying to create a method of passing on traditional techniques and methods of building vernacular architecture. Although the local techniques and methods are significant and important for the architecture in the region, they are being driven out by modern and global technologies and methods. As a result, the cultural scenery typical and unique in a certain area is being destroyed. The authors focus on three types of knowledge i.e., theoretical knowledge, technological knowledge, and practical knowledge, and are representing them in such a form in which they are passed on from the experts to the prospective experts. This paper introduces our research plan and some findings from one of the pilot studies. We classified verbal expressions to describe how good, or bad, traditional artifacts are and found that descriptions of actions to create something are often used in the evaluation of the artifacts.

1. はじめに

「これまでの伝統技術を伝承するとともに新しい科学技術と融合したこれからの伝統となる技術を共創する方法の好ましい姿を明らかにする」ことを目的とする探究を、地域固有の伝統文化の継承と現代生活の質の向上を共存させるという現実の問題を解決しようとする研究的実践と実践的研究を連携することによって遂行している。具体的には、Ⅰ.技術知の共創プロセスにおける人々や環境の間に生じるインタラクション、Ⅱ.技術知を共創する場を形成する共同体システムにおける実践知とその価値、Ⅲ.技術知や実践知や理論知がインタラクションから生まれるプロセスを解明しようとしている。これらを通し、Ⅳ.臨床の知における主観性や固有性と科学の知における客観性や普遍性とを連携させる方法を構成的に確立したい。

本研究を着想する直接の契機は、沖縄県伊是名村の伝統的民家の空間構成と住生活の調査を継続して、科学技術が伝統技術を駆逐することを居住者たちは必ずしも歓迎していないことを知ったこと[藤井 2018a, 2018b]と、居住者たちの日常会話を通して、伝統技術の伝承の鍵は伝統技術を取り巻く共同体システムを支える慣習にもあることに気づいたことである。一方で、非論理的な思考も重要なデザインを対象とするデザイン科学の方法を構築する必要性を感じたことに端を発し[藤井 2005]、方法を模索する過程で、デザインの状況性[Gero 2005]と〈臨床の知〉[中村 1992,1993]に出会い、構築した方法論を上記の伝統技術と近代技術の共存の問題に適用しようとしている。

既報[藤井 2018a, 2018b]において、風土や文化に根ざした〈生きる〉ための工夫に利用される知と近代科学に基づく技術と相克しつつも共存する状況の背景にあるものごとを、〈空間図式〉に注目し[藤井 2017]、地域における〈臨床の知〉の共創と継承のための課題を題材として、浮き彫りにしている。

- 〈普遍性〉に駆逐された〈固有性〉に再び意味を持たせる
- 〈固有の文化と〈普遍的〉な要求を共存させる術を探す
- 〈普遍〉の技術を加えて〈固有〉の知を更新する
- 〈固有〉の知と〈普遍性〉の知との好ましい重なり方を探る

同時期に、伊是名村の石垣築造事業に関与する機会を得ている。本報では、次節に示す研究計画のパイロット・スタディとして、伊是名区後辺（くしひん）地区における石垣築造の経験に基づく〈技術知〉の抽出の試みを紹介する。

連絡先：藤井晴行，東京工業大学 環境・社会理工学院，東京都目黒区大岡山 2-12-1，fujii.h.aa@m.titech.ac.jp

2. 研究目的と方法

2.1 問い

「〈技術知〉や〈実践知〉はいかにして伝承されるか（第一の問い）」、「〈デザイン〉における〈特異点〉はいかなるプロセスとメカニズムによって出現するか（第二の問い）」、「〈デザイン〉という行為を扱う科学的方法はいかなるものであるか（第三の問い）」という三つの問いをたてている。ここで、法則性を有目的的に適用してものごとを創る知を〈技術知〉、実践に内在している実践それ自体としての知を〈実践知〉、生きるために自覚的に工夫することを広い意味での〈デザイン〉、デザインで合理的思考を超越した革新的なデザインの契機となる閃きが生じる瞬間をデザインの〈特異点〉とよんでいる。

第一の問いに答えるために「技術を伝承することは技術知や実践知をもつ教導者が継承者とともに教導者の技術知を〈協働デザイン（co-design）〉することであり、知を教導するというサービス提供のプロセスと知を継承するというサービス享受のプロセスのインタラクションによる技術と価値の共創である（[Nakashima 2016]より発想）」と仮定し、「技術を教導するプロセスは心身に内在する知を伝達できるようにことばや自身（教導者）が行為することを表現媒体として外化するプロセスであり、技術を継承するプロセスはことばや自身（継承者）が行為することを通して理解したものごとを内省して内化するプロセスである（[Suwa 2015]より発想）」と捉えたうえで、問いを「Ⅰ.技術知の共創プロセスにおける教導者と継承者と環境との間にいかなるインタラクションが生じるか」、「Ⅱ.技術知を共創する場を形成する共同体システムの実践知はいかなる特徴と価値をもつか」という二つの問いに分節化する。

第二の問いに答えるために、デザイン・プロセスがしばしばデザイン・スペースの内部での探索として定式化されること[Akin 1986]、Peirce が提案した演繹的推論、帰納的推論、発見的推論（abduction）を関連づける科学的探究のモデル[Peirce 1887]を踏まえて、「予期しないインタラクションを契機とするデザイン・

スペースの変容が革新的発想を生む」と仮定し、「Ⅲ.技術知や実践知や理論知はインタラクションからいかなるメカニズムで生まれるか」を問う。

第三の問いの背景には「デザインという行為を対象とするものごとには近代科学では扱えきれないものごとがある」という問題意識がある。近代科学が解明する〈科学の知〉は客観性、論理性、普遍性があることを基本原理とするが、デザインにおいて重要な役割を担う主観的な判断や世界観、論理を超越した思考、知の固有性や身体性にまなざしを向ける〈臨床の知〉を排除する傾向にある[中村 1992,1993]。〈デザインの科学〉の方法の一翼を構築することを視野に入れ、臨床の知と科学の知からなる知見を学術的に呈示する方法を明らかにすることを目指し、「Ⅳ.臨床の知の主観性や固有性と科学の知の客観性や普遍性の連携はいかなる方法によって可能か」という問いに対する答えを共創する。

2.2 研究目的

「伝統技術を伝承するとともに新しい科学技術と融合した新しい伝統となる技術を共創する方法の好ましい姿を明らかにする」ことを目的とし、以下を解明する。

Ⅰ.技術知の共創プロセスにおける参加者たちや環境の間のインタラクション、

Ⅱ.技術知を共創する場を創出する共同体システムにおける実践知とその価値、

Ⅲ.技術知や実践知や理論知がインタラクションから創発されるプロセス、

Ⅳ.臨床の知の主観性や固有性と科学の知の客観性や普遍性とを連携させる方法。

技術知の共創の研究的実践と技術知を共創するための実践知の顕在化と学理の実践的研究を実際の生活の場に臨み、一人称視点と三人称視点を連携して行うという研究方法をとる。研究対象であると同時に創造対象でもある技術知の共創プロセスに伝統技術の継承者かつ科学技術の教導者として参与して観測を行ない、プロセスの内部で問いを発生し、プロセスを変容させつつ、技術知の共創に関わる者として行為的直観の内省を通して創生する臨床の知と観察者としての客観的分析を通して創生する科学の知の関わり方を探究する。研究方法の有効性を研究の遂行によって実証することによって、臨床の知と科学の知の対立を止揚(aufheben)し、両者が発展的に共存する知見を学術的に示すデザイン科学の方法の柱のひとつを構築することを目論んでいる。

2.3 研究方法(全体構想)

近代技術の影響を受けながらも伝統的な技術や慣習を継承している地域を対象として、下記の観測①～④、分析準備⑤⑥、分析と考察⑦～⑧を 3～4 カ月を一周期として構成的に繰り返す。①～⑥はⅠ～Ⅳの解明に共通する。沖縄県伊是名村伊是名区を対象地域とする。

(1) 参与観察

伝統的な技術(臨床の知)を用いる築造の現場において、伝統技術の伝承を含む共同作業(結い)と結いの労をねぎらうもてなし(会食と懇談)に参加し、そこで起こるものごとを内側から観測する。複数回行ない、毎回、下記の記録①～④を行う。

①参加者の経験を各自の視点からビデオ記録する。

②気になる経験(気づく、腑に落ちる、目から鱗が落ちる、疑問に思う、迷うなど)をスナップショット写真、メモ、クロッキーなどとして記録する。

③共同作業や結いの状況を観察者の視点からビデオ記録する。

④共同作業や結いの全貌を俯瞰するビデオ記録を行なう。

(2) 分析準備

分析のためのデータを下記⑤⑥のように作成する。

⑤記録①③④に基づき、技術知や実践知を示す言語表現や非言語表現(身振りや身体動作など)と参照対象などとの時間的・空間的な関係をビデオ動画記録から抽出し、これらを継時的に列記する。

⑥記録①②に基づき、技術知と実践知をテーマとする写真日記(写真とことばによる気づきの記録)を作成し、複数人で議論しながらボトムアップで写真日記をグルーピングすることを繰り返して構造化する。構造化した写真日記から、記録①～④を援用し、モノグラフを作成する。加えて、写真日記をグルーピングする際の議論を記録①③④と同様に記録し、これに基づき、分析⑤と同様に、グルーピングの理由を示す言語表現と非言語表現(身振りや動作など)と参照対象などとの時間的・空間的な関係性をビデオ記録から抽出し、これらを継時的に列記する。

(3) 分析と考察

下記のⅠ～Ⅳを明らかにするために、それぞれ、下記の⑦～⑩を行なう。

Ⅰ.技術知の共創プロセスにおける参加者たちや環境の間のインタラクション

⑦データ⑤⑥に基づき、記録④を参照し、教導者の行為(手本)を示す表現、築造の手順や選択する材料を示す表現、行為の理由を示す表現などに注目して、技術知の内容、その言語表現、非言語表現、参照対象の間の動的な関係性を明らかにする。

Ⅱ.技術知を共創する場を創出する共同体システムにおける実践知とその価値

⑧データ⑤⑥に基づき、記録④を参照し、行為を示す表現、行為の理由を示す表現、慣習や信仰を示す表現に注目し、行為が示す実践知の内容と経験則や慣習や信仰との関係性を明らかにし、伝統技術を伝承する共同作業の場の形成のされ方を考察する。

Ⅲ.技術知や実践知や理論知がインタラクションから創発されるプロセス

⑨デザイン・スペースをデータ⑤⑥の言語表現の出現語によって構成される概念空間として表現し、技術知の共創における概念空間の状態遷移の巨視的分析による特異点を抽出し、特異点とその近傍における概念空間の構造の関係性の微視的分析による特徴づけ、分析結果⑦の結果を参照し、特異点とその近傍における共創の場の構成する要素の間のインタラクションのパターンの類型を明らかにする。ここで、特異点において、巨視的には概念空間の状態が不連続に遷移し、微視的には概念空間の構造が変化すると仮定している。

Ⅳ.臨床の知の主観性や固有性と科学の知の客観性や普遍性とを連携させる方法

⑩データ⑥と分析結果⑦⑧⑨から、主観的な気づき、間主観的な認識、客観的な事実の関係を分析することによって、主観的なものごとと客観的なものごとの関係性、固有性をもつものごとと普遍性をもつものごとの関係性を明らかにし、臨床の知と科学の知を連携する方法を考察する。

3. 〈技術知〉の顕在化手法のパイロット・スタディ

3.1 参与観察

2018 年 11 月、2019 年 1 月に実施した石垣築造において、参与観察（研究計画①～④）を行ない、分析（同⑤⑥）を並行している。ここでは分析⑥について報告する。

分析⑤は参与観察した学生たちを主体に石垣築造マニュアルを作成することを通して進めている。

分析⑥に関して、本報に先行して、89 枚の写真日記を構造化することを通して石垣築造における行為のパターンを抽出している［平田 2019］。

3.2 石垣の好ましさに関わる知の共通認識

写真とことばによる経験の記録（写真日記とその構造化、および、写真を参照しながらの会話）から当該経験に関わる知を顕在化することを試みている。具体的には、石垣築造の経験（作業への参与観察）を踏まえての、石垣の好ましさについての筆者らの会話からその好ましさの判断に関わる知を整理している。

石垣の意匠的な好ましさはいくつもの言語表現を用いて語られる。このうち、筆者らの印象に残っている、「石垣が端正である」と「石垣に味がある」という言語表現に注目し、これらの外延的意味（指示対象）と内包的意味（意義）に関する筆者たちの共通認識を共創することを試みる。

図1に共通認識の共創プロセスを FNS ダイアグラムで表現したものを示す。二人の主体が、石垣の写真を観て石垣について語り合うという共創経験の場において、写真と、および、互いに、〈インタラクション（C√2）〉しながら、それぞれの FNS サイクルを繰り返している。写真を読むことと相手の発話を理解することは〈分析（C2）〉に相当する。端正さと味があるということを意識して石垣の経験を想起することや石垣の端正さや味について詳しく語ることばを選ぶことは〈構想（C3）〉に相当する。選んだことばを実際に発話することは〈生成（C1）〉に相当する。

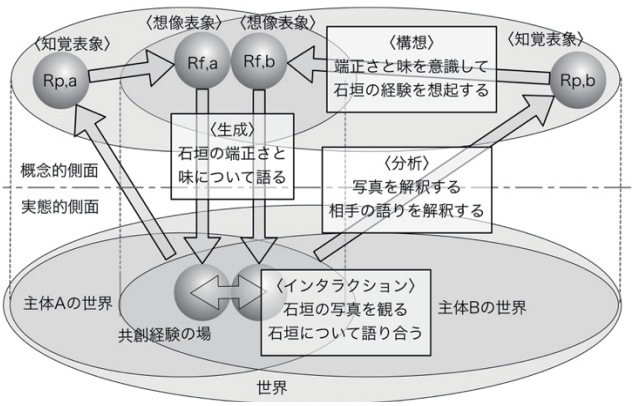


図 1 石垣の好ましさに関する共通認識の共創の FNS サイクル

(1) 石垣に直接関わる経験

石垣に関する石垣の好ましさの判断に直接影響を与えると仮定するこれまでの経験を以下に示す。

- 伝統的民家の実測と空間図式の顕在化（2014.9~現在）
- 地域創生デザインの課題のデザイン［藤井 2018a, 2018b］
- 伊是名地区石垣悉皆調査（2018.3）
- 石垣築造（第1回, 2018.11.14~17）
- 石垣築造の省察（第1回, 2018.11.19）
- 石垣築造マニュアルの作成（2018.11.19~2019.1.13）
- 石垣築造におけるパターンの抽出（2018.11.15~現在）
- 石垣築造（第 2 回, 2019.1.15）
- 石垣築造の省察（第 2 回, 2019.1.16）
- 石垣普請の価値共創の観点からの考察［平田 2019］
- 石垣築造マニュアルの改訂（2019.1.15~現在）

(2) 写真を参照しての石垣の好ましさに関する対話

石垣を正面から撮影した写真を参照しながら、石垣の好ましさについて議論を行なった。実在する石垣から「好ましい」とか「面白い」とかの印象を受ける経験を石垣という実体に結びつけて理解しようとする試みである。石垣築造において、村民や私たちが「好ましい」と思える石垣を築造しようとしている。そのような石垣を築造するための知を明らかにして伝承することを視野に入れている。

・対話セッション 1

琉球地方（主に伊是名島）で 2014 年 9 月から 2019 年 1 月までに撮影した写真の中から石垣の側面に正対する写真 104 枚を任意に選択し、各写真に撮影されている石垣について、「端正であるか」と「味があるか」ということについて、撮影されているものごとを指示しながら、藤井と篠崎が語り合った。本研究では、この語り合いを、「石垣が端正である」と「石垣に味がある」という言語表現の指示対象と意義に関する二人の主体の共通認識を共創するプロセスであると捉えている。共通認識を共創するということを意識的に行なうために、語りの中で、必ず、各石垣の端正さの度合いと味の有無を五段階の尺度で評価し、その理由を述べることにした。

・対話セッション 2

石垣が端正であるか、石垣に味があるかということに関して、平田が写真を参照しながら藤井に語るという形式で、その評価仕方を探った。藤井・篠崎セッションの 104 枚の写真の中から、端正さと味の有無が分散するように 19 枚の写真を選んで用いた。予め、平田には藤井・篠崎セッションの前半の 50 例について、会話内容をテキストのみで提示し、平田はそれに目を通している。会話が参照する写真は提示していない。平田の評価が藤井・篠崎セッションでの評価の影響を受けるような誘導的な会話はしていない。

3.3 石垣に関わる知の言語表現の型

対話セッションにおける発話の内容を石垣の端正さと味の有無を判断の仕方に注目して整理し、石垣に関する知の型を概観しようとしている。これまでに、以下の型を分類している。これらの型には、石垣という対象に依存せず、他の人工物に関する知の整理にも適用可能なものがあると直感している。

- 公理的な認識の宣言
- 典型の存在の示唆
- 情景の描写（肯定的、否定的、中立）
- 評価に関わる法則性の認識の宣言
- 比喩的な情景描写
- （石垣築造）行為への言及（肯定的、否定的、中立）
- （好ましくない石垣を改善する）行為の提案

これらのうち、石垣を築造する行為への言及や好ましくない石垣を改善する行為の提案は、石垣築造を参与観察し、石垣築造のマニュアルを作成するという、筆者らの経験を反映していると考えられる。これらの経験がなければ語れない内容が含まれているとしたら、その内容は筆者らが体得した知を示唆していると考えている。

以下に、各型について、表現例を添えて、概説する。

(1) 公理的な認識の宣言

石垣の価値や性質に関することと石の性質に関することが、恒真とみなす命題、すなわち、公理であるように、断定的に語られている。事実に紐づいた客観的な事実である場合と、石垣の価値のあり方に関する間主観的な認識を示していると考える。

- 端正に積むというのは石と石との良い関係ができるように丁寧に積むことである。(001)

(2) 典型の存在の示唆

石垣が端正であることや石垣に味があることを評価する際に、石垣の典型（archetype）があり、それと比較して現前の石垣を評価していることを示唆する表現が用いられる。典型の具体的な姿はこの型では示されていない。「情景の描写」型において示される典型の側面を総合する概念であると考える。

- 石垣感がある。(041)

(3) 情景の描写（肯定的、否定的、中立）

石垣が端正であることや石垣に味があることを石垣の実体的な特徴に結びつけて評価する際に、石垣の実体的な状態を語る表現が用いられる。「石垣が端正である」とか「石垣に味がある」とかに関して肯定的な評価をしている場合に評価の根拠として示されている状態を肯定的な情景の描写とみなす。肯定的な情景の描写の集まりが、築造において目指すべき、好ましい石垣の典型についての知の集まりであると考える。一方、好ましくない石垣の姿は、肯定的な情景描写を否定する内容によって語られている。

- 穏やかな水平な流れがある。
- 面が滑らかで平らな感じがする。
- 全体としてうまくまとまっている。

(4) 評価に関わる法則性の認識の宣言

石垣が端正であるとか石垣に味があるとかを判断する私たちの経験的な意味づけと石垣の実体的な構成とを結びつけるために私たちが認識しているものごとを示す。実体的構成から経験的意味づけを導出する法則性を示していると考える。

- 模様があると端正である。
- 印象的であると味がある。
- 水の流れを感じると端正で味があると感じる。

(5) 比喩的な情景描写

石垣の状態を石垣とは異なる情景に見立てている内容を示す型である。比喩を用いることによって発話者が注目している石垣の特徴を示していると考える。

- 木の葉が風で舞っている感じがある。(068)
- ここに珊瑚が生えているような生命感がある。(024)

(6) 行為への言及

主に石垣の築造における行為について言及している内容の型である。好ましい石垣を実現する行為を参照して、石垣を評価している。自ら石垣を築造したという筆者らの経験を投影していると考えられる。容易ではないと私たちが実感している行為がなされた結果として出来上がった石垣を行為的に評価している。端正な石垣を築造した行為を石垣の仕上がりを意識した丁寧な行為であると捉える一方、端正ではない石垣を築造した行為をそういう意識の薄い無造作な行為として捉えている傾向がある。

- 平らではない石を使って平らで滑らかな面をつくっている。
- 無造作に積んでいる感じがする。

(7) 行為の提案

「端正ではない」もしくは「味がない」と評価する石垣に対して、そのような石垣を築造した行為を好ましくない行為として推量し、当該石垣を改良する行為を提案する内容の記述である。自分たちが築造した石垣を行為的に評価しようとするも高い評価を与えられないことから、自分たちの築造技術を向上するためになすべきことにも言及している。

- 空いているところにとりあえず石を置いていったという感じがする。石が色々な方向性を示している。平たい石を積むならもう少し丁寧に水平に置けば良い。

4. まとめ

「伝統技術を伝承するとともに新しい科学技術と融合したこれからの伝統となる技術を共創する方法の好ましい姿を明らかにする」ことを目的とする探究の計画を述べ、その端緒として、石垣築造の経験に基づく知の顕在化の試みを紹介した。

謝辞

石垣築造に関わった伊是名村の方々と学生たちに謝意を表す。

参考文献

[Akin 1986] Omer Akin. Psychology of Architectural Design, Pion, 1986.

[藤井 2005] 藤井晴行: 建築デザインの論理的観点と非論理的観点を結合する二層モデル, 日本建築学会計画系論文集, No.591, pp.79-84, 2005.

[藤井 2017] 藤井晴行, 篠崎健一: 写真日記を作成することによる空間図式探究, 日本認知科学会第 34 回大会予稿集, OS04-5, 2017.

[藤井 2018a] 藤井晴行, 篠崎健一: 主観性と客観性を共存させる方法による隣地探究に基づく地域創生デザイン課題のデザイン, 2018 年度人工知能学会全国大会（第 32 回）予稿集, 2B2-OS-19a-03, 2018.

[藤井 2018b] 藤井晴行, 篠崎健一: ヴァナキュラーな文化に埋め込まれた知恵と近代科学技術の相克,日本認知科学会第 35 回大会予稿集, OS03-5, 2018.

[Gero 2000] John S. GERO, FUJII Haruyuki. A Computational Framework for Concept Formation in a Situated Design Agent, Knowledge-Based Systems, Vol. 13, No. 6, pp. 361-368, 2000.

[平田 2019] 平田貞代, 藤井晴行, 篠崎健一: 沖縄の伝統的建設技術の価値を継承するためのパターン・ランゲージの設計 :価値共創を顕在化するための記述方法の構築, サービス学会 第 7 回国内大会, 2019.

[中村 1992] 中村雄二郎. “臨床の知とは何か”, 岩波書店, 1992.

[中村 1993] 中村雄二郎. “デザインする意志”, エッセー集成 6, 青土社, 1993.

[Nakashima 2016] Hideyuki Nakashima, Haruyuki Fujii, Masaki Suwa: FNS Model of Service as Value Co-creation in Design Processes, Journal of Serviceology, 1(1), pp.6-14, 2016.

[Peirce 1887] Peirce, C. S. “Science and Immortality”, Charles S. Peirce: Selected Writings, Dover, New York, pp.345-379, 1887.

[Suwa 2015] 諏訪正樹, 藤井晴行: 知のデザイン - 自分ごととして考えよう, 近代科学社, 2015.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

実地の体験とマニュアル制作による石積みの気づきのプロセス

Process of Comprehension of Constructing Dry Stone Walls in Izena in Ryukyu

篠崎 健一[*1] SHINOZAKI Kenichi
平田 貞代[*2] HIRATA Sadayo
藤井 晴行[*3] FUJII Haruyuki

[*1] 日本大学 Nihon University #1
[*2] 芝浦工業大学 Shibaura Institute of Technology #2
[*3] 東京工業大学 Tokyo Institute of Technology #3

This article tries to present an experience of acquiring comprehension and technique through out two times on site constructions of Dry Stone Walls in Izena island in Ryukyu, Okinawa, and making an instruction manual for its construction. The analysis bases on; 1) fundamental technique of constructing Dry Stone Wall, 2) management of stone arrangement, 3) total flow of the process of the work, and 4) variation of the characteristics of the work. Through the experiences, it is revealed that an acquaintance with the terms such as "Tsumi-ishi (building stones) " and "Guwa-ishi (fill or hearing)" brings about a clear figure of a model section of the Dry Stone Wall and accelerate understanding about its whole construction.

1. はじめに

本稿は，琉球地方の伝統的生活空間を形成する珊瑚石の石垣の築造を通じて獲得する臨床の知の報告である。筆者らは，沖縄本島北部の離島伊是名集落にて，伝統的民家や集落空間における空間構成と生活に基づく空間図式の顕在化の研究を 2014 年から継続している。臨地の実地の経験を重視し研究室内では成しえない発見的アプローチをとることが特徴である。筆者らは，この臨地における活動と活動の拠点をリビング・ラボと称し研究を遂行している。

石垣と琉球の伝統的空間

琉球民家を囲い集落の景観を構成する珊瑚の石垣は，石垣に沿って植えられるフクギなどの樹木とともに，琉球の民家を暴風から護ってきた。この囲繞を屋敷囲いという。珊瑚石の石垣は，集落の人びとが協力して労働を交換し共同作業で積み継承してきた。用いる珊瑚石は，かつては，集落の南浜の沖の島から切り出しまた島で拾い，サバニと呼ばれる小さな手漕ぎ木造舟を二艘並べ舟の上に渡した板に乗せて運んだ。珊瑚石の石垣には，地域の共同体の結びつきの強さや，人びとが共有する価値が宿る。今日，集落の石垣は部分的に崩れたり全く崩れてしまった箇所が目立つ。石を積む労働の嫌悪や当時の新材料（コンクリートブロック）への憧れなどから，珊瑚の石積みは顧みられなくなり，石垣は崩壊し減少している。

集落の公民館前を東西に走る道より北側の地域は集落の後辺（くしひん）と呼ばれ，伝統的な民家（民家の形態や構法，空間構成，赤瓦などの伝統的材料を用いている）や，珊瑚石の石垣，フクギなどによる伝統的な集落景観が残る地域である。後辺地域の伝統的空間は，民官学いずれもが同様に重要と考える地域資源であり，これを継承するという課題が共有される。

リビング・ラボの活動を通して，1）後辺民家約 50 民家を実測し民家の内外の空間を図面化する，2）実測に合わせ民家における生活について聞き取る，3）集落の年間の祭祀を過去の文献記載と比較しながら記録する，4）集落の神アサギという信仰の中心の修繕（屋根葺替え）に参与し工程と技術を記録する，5）集落全体の石垣の状態を記録し崩壊部分を詳細に記録するなどしてきた。また6）一人称的な視点に基づき空間認識を図式抽出する過程から，集落空間についての気づきを構成的に導き出している。

本報告の臨地における石垣築造は，このような長期にわたる地域との関わりの中から，これまでの記録することの継続の上に，地域が失いつつある地域に内在する力を喚起する契機とならないかと考えている。

2. 石垣の築造体験

2.1 臨地石積み体験と石垣築造マニュアル

石垣築造は，第1回臨地石積み体験を 2018 年 11 月 14 日から 17 日の4日間に，第2回臨地石積み検証を 2019 年 1 月 15 日に，それぞれ伊是名村伊是名地区の個人所有地にて行った。第1回の石垣築造は全長 33m 高さ 1.4m 幅 0.8m の石垣を，重機を使いながら延べ 40 人日で行う比較的大規模の築造で，第2回の石垣築造は，下記の石垣築造マニュアルの検証を目的とした，相対的に小規模な築造で，長さ 3m 高さ 1.2m 幅 0.8m の部分的に崩壊した石垣を1日で積み直す，延べ5人日の実験的な築造である。石垣築造マニュアルは，第1回と第2回の石積み体験の間に，未来の石垣築造者に築造の仕方を伝えるために制作した。本稿は，

- (a) 第1回臨地石積み体験により獲得した気づきや理解
- (b) マニュアル制作により顕在化した気づきや理解
- (c) 第2回臨地石積み検証により獲得した気づきや理解

を，次の4つの観点から整理し，石垣築造の体験（a～c）による臨床の知の獲得を試みる。4つの観点は，(1) 石積みの基本技術，(2) 石のマネジメント，(3) 石垣普請の全体の流れ，(4) 石垣普請のヴァリエーションである。(1)を(2)石のマネジメントがサポートし，(1)と(2)を(3)石垣普請の全体の流れがサポートする，また(1)(2)(3)は(4)に内包されるという関係がある。(1)から(4)の相互に関連する観点の抽出は，この石垣築造の体験（a～c）の経験に依存する。これをマトリクスに示す（図1）。

2.2 石積みの臨床の知

(1) 石積みの基本技術

第1回臨地石積み体験で得られる気づきは，石積みの様々な基本の積み方についてがほとんどである（1a）。「石垣の水平面を強調する」，「下段の石と互い違いになるように積む」，「石垣の両端と中央は時々噛み合うようにする」，「面がある石は石垣の両端に積み、丸い石や小石は中央に積む（＊）」，「ひとつの石を7回転がして最もはまるところに積む」，「石がカチッと嵌るようにする」，「石垣の両端がやや高く中央が低くなるように積む」などである。根石の築造は体験していないため「根石はどっしり固める。ある程度経験がある人が作業する」，「石垣の根入れ深さは 200mm とする」などの学習以外の気づきはない（1a）。

マニュアル制作の効用は，わかったつもりで実はよくわからない疑問を明らかにすることにもある(1b)。「石を鉛直に積むのか上部を傾けるのか」，「門と角は特に美しく積むとは具体的にどう石を積むのか」などであり，また「石垣の部位や石積みの行為を表す用語を知ることの必要性」に気づく(1b)など，具体的な解決が求められる疑問が明らかになる。これを第2回臨地石積み検証にて熟練者に積極的に尋ね解決することが可能となる。

第2回臨地石積み検証で，「積み石」と「ぐわぁ石」という石の呼称を得る(1c)。「積み石」は石垣の外側に積む石で，「ぐわぁ石」は両方の「積み石」の間に入れる小さい石や小石である。第1回臨地石積み体験での気づき(＊)の「面がある石」と「丸い石や小石」はそれぞれ「積み石」と「ぐわぁ石」に相当すると理解する。マニュアル制作までは個別で相互の関係が希薄であった石積みの様々な基本の積み方(上に列記)は，「積み石」と「ぐわぁ石」という二つの石による，築造すべき石垣の明快な断面構成の獲得により，有機的に連続する石積みの技として理解される。

第2回臨地石積み検証では，自力で根切りし，根石を置き，かつ熟練者からのダメ出しと具体的な実技指導を受けたため，気づきや理解の数，内容の多様さ，奥深さが格段と増す(1c)。具体的には，まず「根切りは側面が鉛直になるように切る(掘る)」，「根石は，根切りの鉛直の側面に，内側から外側に向かって強く押しあてるように置く」ことなどである。熟練者の指摘と実技による状況修正以前は，この理想的な根切りと根石の状態に対する理解がなかった。理想的な状態を実現するための具体的な行為が実地に示されることの重要性に気づく(1c)。

(2) 石のマネジメント

積む石のマネジメントは作業効率を左右する。しかしそれは，効率の問題だけに帰着するのではない。第1回の臨地石積み体験は，既存の石垣を重機で崩し改めて積み直すため，積む石は大きさも形も渾然一体となり山に積まれた。そこでせめて「石垣築造の位置にあわせて積む石を置く場所を決める」，「積む石は石垣の両側(敷地の内外)に等しく配置する」ことを理解し(2a)マニュアルに記す(2b)。体験後の振返りでは，作業効率改善のため石のマネジメントについての言及がある。具体的には「石垣の表側を積むのに適する(美しく積める)平たい石を集めて置けないか」，「積む石を石の形で分類できないか」などである(2a)。第 2 回臨地石積み検証において，石のマネジメントの可否を検証した。具体的な方法と気づきは以下の通りである。

石垣を手で崩し，崩した石を，大きな石，平たい石，小さな石の三種に分けて置く(2c)。最初の気づきは，作業を開始して間もなく「模様のある顔となる(面となる)石を，これらとは別に置く」ことである。石を石の形状だけでなく「石の積む箇所」という概念に基づき分別することで石垣の全体像が捉えられる(2c)。

「石の量が想像より多く石を置く場所が当初より広く必要である」，「石を一目で見やすくするため重ねないで置きたい」，「ぐわぁ石の量が想像よりはるかに多い(ぐわぁ石の存在をあまり意識していなかった)」など，検証の気づきは内容，数とも多様で多い(2c)。道具についての気づきにも至る。例えば，石を崩す過程で「手箒があれば崩す石とその周囲をきれいにできる」，「絡まる蔓や植物を切る鎌があるとよい」，舗装された集落道に掘った土を広げ散布すると「石を少し投げて置くことができ作業効率が上がる(当初土で汚すことを躊躇した)」などである(3c)。

また石垣を手で崩すことは「思いの外無駄な時間ではない」と感じる。石垣崩しの過程で，これから積む石を一度手に取ることは，石を積むことに何かの寄与があるように体感する。」崩すことが積むことに直結すると気付く(石と身体が紐づけられるような感覚)のである。

(3) 石垣普請の全体の流れ

第1回臨地石積み体験後の振り返りで，直接的な石積み行為の外の気づきが得られる。例えば「作業の役割分担やチームを作るとよい」，「マニュアルや技術紹介ビデオが有効」，「安全対策をする(日中夜間)」だが，「道具の用意」や「休憩場所の設置」，「アガリジャー(作業後の慰労の食事や飲み物)の準備」など，実際に体験しているにも関わらず気づきから抜け落ちるものもある(3a)。これらはマニュアル制作時に補完され，「作業の流れを皆で共有する」，「目標とする石垣のイメージを共有する」などの気づきと共に石垣普請の全体の流れが共有される(3b)。

第2回臨地石積み検証で補修した石垣の既存部分の蔓の絡まりや空き缶やビニルなどのゴミを掃除すると，石垣全体の存在感がずっと増すことに気づく(3c)。石垣を手入れしてきれいに保つことは，石垣の存在の大切さに集落の人が自ら気付く契機となり，伝統の継承につながるのではないかと気付く(3c)。

(4) 石垣普請のヴァリエーション

重機に頼らない人力による石積みの可能性が実証された(4c)。第1回石積み体験の大規模な普請(4a)ではなく，部分的な石垣補修の小規模な普請を，小さな(4人)作業ユニットが1日で完成させられる。このような石垣補修は，日常的に例えば週末などに少人数で行えるため，集落の石垣築造及び築造技術の継承の可能性が高まると期待する(4c)。これに関し，リビング・ラボが 2017 年 3 月に報告した，集落全体を対象とした石垣崩壊箇所に関する調査報告が有効であると改めて理解する。

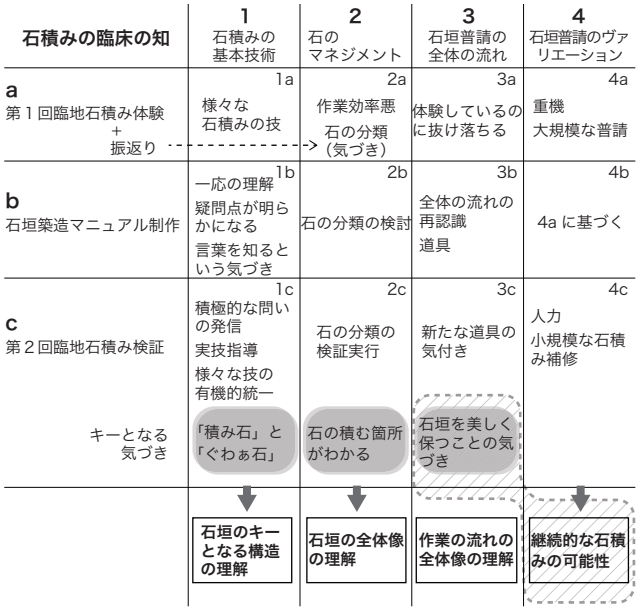


図1 石積み体験と石垣築造マニュアルによる気づきのプロセス

3. まとめ

伊是名地区における二回の臨地石積み体験と石垣築造マニュアルの制作を通して，単に石積み体験を重ねることによる技術獲得以上の，全身体による様々な段階の臨床の知を獲得する可能性を示した。知は，手元の基礎的技術から，石積みをサポートする石のマネジメント，その周縁の準備行為，さらに集落の伝統的空間継承の可能性へ拡大しながら発展する。

参考文献

[真田 2018] 真田純子:図解 誰でもできる石積み入門，一般社団法人 農産漁村文化, 2018.12.15.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

触れる鑑賞、味わう鑑賞にむけて

Toward the Aesthetic Appreciation of the Haptics and Tastes

福島宙輝[*1]
Hiroki Fukushima

[*1] 九州女子大学
Kyushu Women's University

Abstract: In this paper, the author considers the feasibility of the aesthetic appreciation of the haptics, smells, and tastes. Generally, these sensory domains are not regarded as the subject of the aesthetics mainly because they do not have an artefactual object. Here the author does not give a conclusion for the question whether they could be the subject of the aesthetics or not. Instead, the author illustrates some examples of the "haptic aesthetics" through the Japanese teacups, and gives some examples of the "aesthetic concepts of the taste" through the descriptions of the taste of Japanese sakes.

1. はじめに

1.1 感覚と鑑賞

本稿を通して考えていきたいのは，味覚や触覚の鑑賞，あるいは視覚的な芸術でも日本を含む東アジアの書（書道）のような，触感を色濃く含むような対象の鑑賞はどのように行うことができるかということである．鑑賞は，美的なものを趣味（taste，対象の味わいや情緒を感じ取る能力）をはたらかせながら見て，その良い部分，美的質を受容するという行為である．ただし，ここでは味覚が美学の範疇，対象に入るかについて議論するつもりはない．というのも，一般的には，味覚や嗅覚，触覚といったものは美学（近代美学）の範疇には入らないとされている．悲しいことに哲学としての美学において，ルネサンスと宗教改革による価値の相対化を経て，近代美学は視聴覚に偏重し，美的価値を視聴覚のみに認める方向に進んでいくこととなる．これは中村(2000)が近代科学がルネサンスを契機に視覚に「専制支配」されてしまったと主張することと通底するものである．

1.2 言葉による鑑賞

美しいとはどういうことか，美的な質をどのように鑑賞するかという問題にたいして，言葉を道具立てとして美的性質を解釈していくという手法は，シブリー(Sibley, 1959, 2001)を始点とする．

シブリーが Aesthetic Concepts という論考で問いかけたのは，絵画を鑑賞して言葉で解釈を加えたり，鑑賞のポイントがわからないような人に説明したりするときに，どのような言葉が用いられるかということである．シブリーは美的概念を表現する語彙を，美的用語 aesthetic terms と呼ぶ．シブリーは，美的用語，あるいは美的表現とは，趣味や鋭敏な知覚，感受性，美的識別の能力，そして鑑賞眼を必要とするような用語ないし表現であり，それらに対応するものが美的概念であるとする．具体的には，バランスの取れた，力強い，生命感に満ちた，繊細な，といったような用語である．そしてこのような美的概念を表さないようなもの，例えば，青いとか，まっすぐな線といったような表現は（感受性がなくても見て取れるので）非-美的表現と呼ばれる[1]．

本稿では，この美的概念をひとつの指針とし，特に日本酒の味わいにおいて美的表現が見受けられるかを議論していきたい．

2. 触れる鑑賞

触れる鑑賞を考えるときに，やはり陶磁器というのがその中心に座るのではないかと思う．西洋にも優れた磁器は数多い．多くのテーブルウエアが美術品として各地の美術館にコレクションされている．しかしやはり白磁の湯呑で呑むときと，（もちろん筆者が使うようなものなので値段は大したことはないが）ティーカップで飲むときと，同じお茶であっても，その味わいがどうも異なっているように感じられる．

これは筆者の感覚であるが，日本や朝鮮，中国の茶盌（ちゃわん，ご飯茶碗と区別するために茶盌と表記しておく）と，西洋のティーカップの違いは，その持ち手の部分に関係があるのではないかと思う．日本の湯呑，茶盌は持ち手がなく，包むようにして持つのに対して，ティーカップは持ち手の部分をつまむようにして持つ．欧米のマナーでは，ティーカップの持ち手の部分ではなく本体を持つと，マナー違反（ぬるくて飲めないという意図と解されるという）とされる．

この違いは，単に持ち方の違いにとどまらず，身体性をともなってその芸術的価値にも影響を与えているのではないだろうか．

茶盌のみならず陶磁器の愉しみは，やはり視覚と触覚との融合，中村(1979)のいう「共通感覚」を抜きにしてはやはり語りえない．萩の茶盌のぬくもりは，やはり手で包んで，その枇杷色の土，柔らかな焼きの質感，持ち上げたときの軽さ，指先で感じるカイラギの凹凸によってはじめて得られるものであって，写真では感じ得ないものである．天草に「陶房泰」という窯があるが，その窯の白磁は，白磁であるにもかかわらずその外側はザラッとしている．このざらつきは，視覚上の陰影と言うよりもむしろ，手触りと，飲むときの感触に大きな働きを見せる．陶房泰の湯のみに氷を入れ，グレープフルーツサワー（キリンの本搾り）を飲んでみてほしい．グレープフルーツの苦味と，下唇で感じる陶器のざらつきがまさに共感覚的に呼応しあい，そして上唇では湯呑のなめらかな内側の質感が，氷の冷たさとともに感じられる．この美的経験を，近代美学はなぜ見逃すのだろうか．

西洋のティーカップの芸術的作品とされるものを見るだに，やはりどこかカップ自体が絵画のキャンバスとして切り離されてしまっているように思える．惜しくも絶版となった「古美術読本」の第一巻，陶磁編(芝木編, 2006)をひらくと，芝木好子，大佛次郎，

[1] 念のために補足しておくと，シブリーは別の論考（Tastes, Smells, and Aesthetics）において，味覚や嗅覚は低次で，動物的で，役に立たない，すぐに消えてしまい，変化しやすい感覚のであるから美学の対象とならない，といったような議論は誤解であり，味覚や嗅覚も美学の対象となりうるということを力強く主張している．

谷川徹三ら錚々たる著者陣がその触覚の美を説いている．大佛はいう．「日本の陶器にいのちをこめているものは，手に持ったり肌に触れて試みるやきものに対する情愛だと思う．それにくらべてセーヴルもデルフトも，見るもの，飾り物なのである．外にある器物にすぎない．博物館のガラスケースの乾いた空気の中にある参考点か，個人の趣味の蒐集品でしかない．」

筆者は，五感の統合的な美的鑑賞のあり方の研究があっても良いのではないかと思い，陶磁器や書道の鑑賞，酒の鑑賞の研究を進めているところである．

3. 味の鑑賞について

日本酒を鑑賞するとき，あるいは言いかえれば，ある日本酒の特徴や美味しさを反省的に捉えようとするときに，言語による表現は最も基本的な道具立てであり，鑑賞のための手段でもある．我々は一杯の酒を呑むときに，その酒に感じた特徴を言語化していくと同時に，その反作用として，言語のフレームを介することによって，新たな味に気がつく．このような，酒と自らの身が言葉を介して融け合うようなダイナミックな営みが，酒を鑑賞するという営為である．

3.1 味わう言葉の経緯

それでは，日本酒には，その味わいを鑑賞することばとしてどのような用語があるのだろうか．

日本酒はワインと異なり，味わいをことばで表現していくという伝統が薄いといえる．これはワインのテイスティングワードが生産地のフランスではなくイギリスの商人の力で発展したことと通底する．各地方でワインが醸造されるフランスでは，酒屋にボトルを持っていって自分の地元のワインを量り売りしてもらうというのが基本的なスタイルであり，特に他の地方との味の差を気にする必要はなかった．一方で，自国でワインを生産する環境に乏しいイギリスは，フランス，特に 12～15 世紀において英国領であったボルドー地方のワインを売買することとなる．この際に，イギリス本国のマーケットで売買するために，銘柄ごとの差異を語るための言葉が発展したというのがその背景のようである．

日本酒もフランスのワインと同様，その地域のいわゆる地酒を文句なく呑むのが普通であって，現在のように日本各地の酒が手に入る状況は，1980 年代のいわゆる地酒ブームや純米酒人気，90 年台の吟醸酒人気を経て，ごく最近になってからのことである．こうした背景から，日本酒はそもそも味わいを言語によって鑑賞していくという習慣を，伝統的にもたなかったのである．

日本酒の魅力的な味わいを表現する文化がないという背景のもう一つは，日本酒の醸造における徹底した品質管理にあるといえる．日本酒は，世界の醸造酒の中でも非常に高度な醸造技術をもつ酒類である．その一端を垣間見ることができるのは，醸造年度ごとの味のブレの少なさであろう．

例えばワインは，その年の気候によってブドウの出来不出来がはっきりとあらわれ，できあがるワインの品質にもダイレクトに影響を与える．しかし日本酒は，あまりヴィンテージ，つまり良い年と悪い年の差がなく，毎年，一つの銘柄であればほぼ同じような安定した味を作り出す．当然，ブドウと同じように米にも豊作不作，台風や猛暑の影響によるできばえの良し悪しは毎年のように発生している．しかし一定の範囲の味に安定してコントロールできるのは，ひとえに日本酒の高度な醸造技術の賜である．

この高度な品質管理を支えるのが，醸造を行う蔵人と，そのリーダーである杜氏（とうじ）の卓越した官能評価能力である．微生物を相手とする醸造において刻々移り変わる酒の様子や，品質の良し悪し，醸造環境の変化や劣化をいち早く検出し，その悪因を排除することは，杜氏にとって最も重要な仕事である．このような背景から，実は日本酒においてはその魅力的な味わいを表現することよりもむしろ，「出してはいけない香り（オフフレーバー）」を言葉にすることが重視されてきた．以下では，このような背景を考慮に入れた上で，日本酒の鑑賞に資するような美的用語の可能性を検討していく．

3.2 新酒鑑評会審査カードにおける評価用語の検討

まずは日本酒の味わいを評価するスタンダードから議論していく．ごく近年になってから，各種の日本酒コンテストが国内外で開かれるようになってきたが，伝統的に醸造技術を支える鑑評会として機能してきたのは，酒類総合研究所および日本酒造組合中央会による全国新酒鑑評会である．日本酒鑑賞へ向けての議論の入り口として，ここでは全国新酒鑑評会で用いられる「新酒鑑評会審査カード」（図 1）の用語を参考にする．なおこのカードは 2006 年以降に使用されているバージョンである．新酒鑑評会では，大きくわけて日本酒（清酒）の「香り」と「味」，そして「総合評価」が評価対象となる．

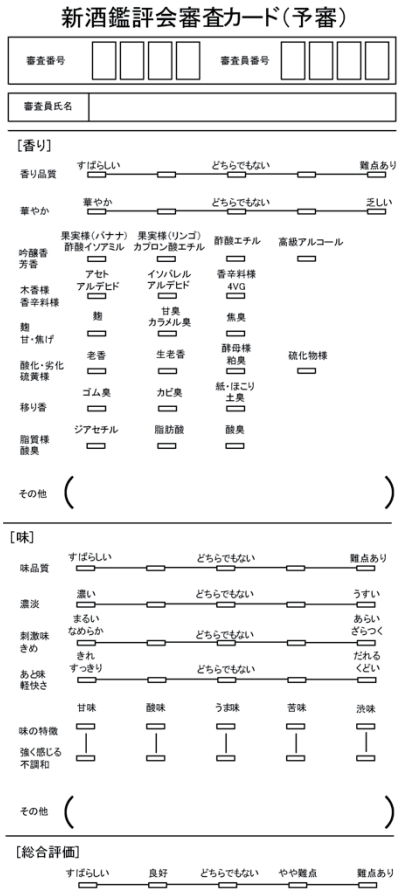


図 1：新酒鑑評会審査カード（2006 年版）

(1) 五味は非-美的表現なのか

まずは最も基礎的な用語，基本五味（甘味，酸味，うま味，苦味，渋味）について考えてみる．

シブリーの議論では，美的概念は特殊な能力や趣味の働きでもって見出されるものであるため，絵画における絵の具の「色」や描かれている「線」は非-美的概念とされる．これは，絵画における「色」や「線」はおよそ健常な視覚を持つものであれば誰でも見てとることができるためである．絵画において色や線が美的概念ではないということに沿って考えれば，日本酒の味覚における「甘味」や「旨味」は，これは美的概念ではないということに

なるだろう．甘味や旨味は，それを構成する物質に還元して考えることもできるし，味覚センサーを用いて定量的に評価することもできる．

しかし，日本酒の味わいにおける五味は，本当に無批判に非-美的概念として考えて良いのだろうか．

ゴッホの描いた「ひまわり」が，「黄色を主体としていて中心は黄緑色である」と言うためには，健常な視覚をもってすれば，特段の能力や趣味を働かせる必要はないだろう．しかし東一の純米酒を味わって，「旨味が主体だが中心に酸味がある」と指摘するのは，やや特別な能力が働いているように感じられるのではないだろうか．日本酒を初めて呑む人にとって，「甘味がある」「酸味がある」と指摘することはかなり困難である．

先述のとおりシブリーは，「知覚力，感覚力，そして美的識別能力もしくは鑑賞眼」の行使を要するか否かによって美的質と非-美的質を区別する．そうすると，（シブリーはもちろん味覚は美学の対象に入ると主張しているが）味覚は五味というその最も基本的な要素の段階から，視覚や聴覚を基軸とした現行の美学の単純な概念移植では議論が進まないという難しさを孕んでいる．そもそも一般には美学の対象と目されていない味覚について議論するのであるから，一足飛びに「味覚における美的概念とはなにか」を問うことは早計と思われる．そこで以下本稿では，味覚の鑑賞のための用語としてどのようなものがあるかという事例を紹介したいと思う．

(2) 香りと味の表現

新酒鑑評会審査カードの香りの表現を見ていくと，わずかに「華やか」が美的用語として考えられる余地をのこしてはいるが，その他の項目は，ほぼ全て香りの同定的検出のための用語であり，非-美的なものと考えられる．

味についてはどうだろうか．濃淡については，乾いた（価値判断を伴わない）用法の場合には非-美的用語といえる．ただし「濃厚な」あるいは「淡麗な」というように，価値を伴うような語になると美的な用法が現れてくる．

あと味の「きれ／すっきり」は美的用語といえる．ある酒にきれ（キレ）があるかどうか，あと味がスッキリしているかどうかを判断するのは，対象の微細な差異を判定するための能力，感受性や判断力，趣味を必要とする．

刺激味の「まるい」「なめらか」も，日本酒の表現として用いられた場合には美的な用法であることが多い．この両者はそれぞれ視覚と触覚からの共感覚的隠喩に基づく表現であり，こうした隠喩的な転移に基づく美的用語は，本来の絵画や音楽についての美的概念にも数多くみられる．

味の調和については，現行の新酒鑑評会審査カードでは「不調和」が評価項目となっているが，2002 年から 2005 年にかけてに使用されていたバージョン（図 2）では，「調和」が香りの特性項目に挙げられていた．味が「調和している」，「バランスがとれている」という表現も，美的表現と考えることができる．シブリーは，この「バランスのとれた」という表現も，隠喩的な変換を経て美的用語になり，いまや標準的な語の位置づけを得たものとして例に挙げている．

3.3 日本酒のレビュー表現における美的な用語

ここまで検討してきたように，現行の新酒鑑評会審査カードでは，その評価項目は非-美的表現が中心となっている．一方，以前のバージョンでは，「調和」「ソフト」「華やか」「優雅」「濃醇（味わいが濃く，複数の味の調和による深みがあること）」「軽快」「きれい」「なめらか」「しまり」などの美的用語として使用されるであろう語が多く設定されている．なお以前のバージョンから現行のものへ移行する際の用語の選定については，宇都宮(2006)の論文に詳しい．

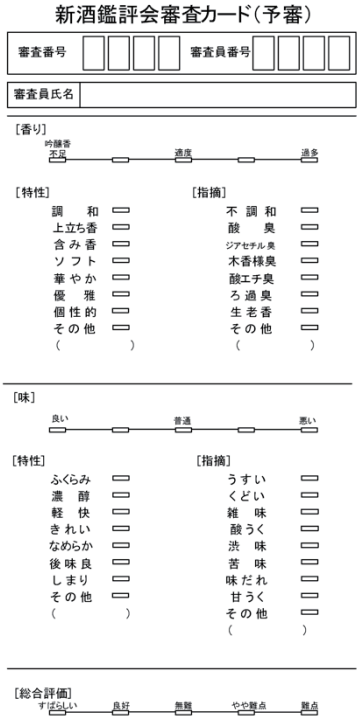


図 2 新酒鑑評会審査カード(2002-006 年)

本稿では一足飛びに日本酒の，あるいは味覚の美的用語を定義することまでは目論んでいない．いま検討したいのは，日本酒の鑑賞を行うにあたって，どのような美的用語（あるいは日本酒の魅力を表す語）があるかの概観である．

まずは，日本酒の味わい表現においてどのような語がよく用いられるかを，雑誌，書籍および味覚言語化実践研究によって収集した日本酒の味わい表現データ（10 万語レベル）をもとにして検討したい．味わい表現データ中に頻出する主な品詞の上位語は，表 1 のとおりである．

表 1

	擬音語	形容詞	形動	動詞	
1	ほんのり	強い	きれい	広がる	味
2	ゆっくり	硬い	穏やか	飲む	酒
3	しっかり	高い	爽やか	残る	舌
4	ゆったり	辛い	なめらか	立つ	香り
5	きりっと	丸い	透明	思う	甘味
6	あっさり	薄い	ふくよか	引く	酸味
7	すっと	太い	緩やか	入る	口
8	とろり	柔らかい	まろやか	消える	奥
9	すっきり	濃い	華やか	ふくらむ	酸
10	ピリピリ	香ばしい	スマート	含む	口中
11	ぐっと	長い	複雑	いう	旨味
12	ふっくら	優しい	シャープ	帯びる	印象
13	さっぱり	若い	スムーズ	落ち着く	苦味
14	じわじわ	力強い	濃密	出る	喉
15	ふわっ	おとなしい	フレッシュ	現れる	香気
16	まったり	熱い	滑らか	漂う	最後
17	やんわり	甘酸っぱい	端正	抜ける	大吟醸
18	さらり	厚い	伸びやか	見せる	香味
19	ザラザラ	淡い	素直	熟す	純米
20	たっぷり	弱い	軽快	続く	辛味

(1) 名詞

表 1 をみると，名詞には基本的な味を表す語（甘味，酸など）や，口中の身体部位（舌，喉），そして大吟醸や純米といったような規格を表す語が目立つ．鑑賞という点からすると，名詞には非-美的用語が多く見受けられ，日本酒の味わいの要素は名詞的に表現されることが見て取れる．

(2) 形容動詞

美的用語はどこに見られるかというと，形容動詞および形容詞に特徴的に現れている．

形容動詞では，きれい，穏やかを筆頭に，上位 20 語のすべてを美的用語としてみなすことができるだろう．注釈が必要な語を解説すると，「透明」とは，もちろん酒の色調を表すこともあるが（その場合には非-美的用語かもしれない），主には「酒の味の透明感」を表しているものと思われる．透明感とは，酒に無駄な味や雑味がなく，淡麗でありつつも味わいのある酒を表す用語で，一種の隠喩表現（視覚からの共感覚比喩）である．「複雑（複雑味）」は，まれに短所を指摘する用法もあるが，「単調でなく，いろいろな味が折り重なって重層的に感じられる」という美的な質を表す用法としても用いられる．「伸びやか」は酒の旨味がまとまりをもちつつも口の中で広がろうとするさまで，これも一種の隠喩表現である．

(3) 形容詞

続いて形容詞は，やはり大まかに見ると美的表現が多く見受けられる．おそらく文句なく美的表現としてカウントできるものは，審査カードにも挙げられていた「丸い」を筆頭として，「柔らかい」「濃い」「香ばしい」「優しい」「力強い」「厚い」（おもに旨味を指して，濃厚で舌の上に乗っている感じが強く得られる酒のさま）などが挙げられるだろう．ここで難しいのは，いま挙げた「力強い」や，その他にも「若い」「おとなしい」「淡い」などの語のように，実はやや欠点含みの内容を美化して言うという表現の扱いである．「力強い」は主に長所を言うが，まれにアルコール感が強い，というニュアンスを持つ．また若い酒というと，熟成が足りないという意味を含んだり，おとなしいとか淡いというのは，やや迫力に欠けて物足りないということを婉曲的に，美化して表す言い方である．この婉曲美化はワインに特徴的で，例えば「豊かな酸味」というと一見，美的表現にみえるものの，実は「酸味が強すぎて飲みづらい」という意味内容をもっていたりということがある．こうした婉曲美化表現に美的用語としてどのようなポジションを与えるかは，今後の大きな検討課題である．

(4) 動詞

形容詞，形容動詞については，やはり本来の品詞としての働きからしても美的用語が多く見られたことは納得のできる結果である．しかし美的用語は，形容詞や形容動詞などの修飾語に限られたものではない．日本酒の表現で注目したいのは，動詞やオノマトペに美的用語（と解釈できそうな語）が数多く見られるという点である．

動詞で注目できる語は，広がる，残る，立つ，引く，消える，ふくらむ，落ち着く，出る，現れる，漂う，続くという語である．広がるとふくらむ，漂うは，口の中での液体や味わいの動きの表現である．香りが口の中に広がったり，空気感を伴って香気が広がることをふくらむ，と言い習わす．

また，舌の上ではなく口腔の上の方で香りが滞留する様子は，漂うと表現される．これらは口や鼻の空間での味や香りの経時的変化を捉えないと表現できないものであり，甘味や酸味などの識別力とは異なる，時空間上の動きの変化を捉える鑑賞能力を要するという点で美的概念に相当する可能性があるだろう．

動詞は，とりわけこの時空間上の変化の表現が重要である．「立つ」「出る」「現れる」はそれぞれ香りが現れる瞬間を捉える表現であり，「引く」「消える」「落ち着く」というのは反対に味が感じられなくなる変化を表す（「残る」は味が消えないことを示す）．

絵画の美的用語でも「バランスがとれた balanced」というのも動詞的な表現であり，味わいの表現においても動詞による美的な質の表現は注目に値する．

(5) オノマトペ

オノマトペは，「ほんのりと香る」というように動詞を修飾する副詞的用法を中心として，「サラサラした舌触り」のように<オノマトペ+スル>の形で形容詞的な用法があり，また「舌先のピリピリが気になる」というように名詞的に主題化されることもある．

オノマトペというと，車を「ブーブー」というように，幼児の使うような幼稚な言語使用かのような印象を受けるかもしれない．しかしこれは全くの誤解であり，一般的な言語使用においても，とくに感覚的なものを表現するときには必須の要素である．

味覚の言語表現においては，感覚と言語をつなぐことの難しさが他の知覚領域以上に顕在化する．筆者はこれまでの研究において，認知的な際立ちの小さい味覚感覚の言語化に際して，オノマトペが共感覚的比喩として用いられることで言語化の橋渡しが達成されるを明らかにしてきた．分析の詳細は研究論文(Fukushima, Imai, & Tanaka, 2017)に譲るが，結果として，日本酒およびワインの味覚表現におけるオノマトペの使用原理として以下の三点を明らかにしている．

- 醸造年度，価格などの定量的な表現や状況表現には用いられづらい
- 「味わい」比較的上位カテゴリの味わい表現を修飾するために用いられやすく，ワインの個別のテイスティングワードのような具体的な要素と一緒に現れることは少ない
- 味わいの“状態”よりも“変化”を表現する

これらの結果は，ソムリエやプロテイスターのように味覚表現に熟達した者が用いるような，一見体系的で慣習的な味覚表現においても，なおもって表現の難しい感覚領域があり，その言語化の困難さを克服する言語方略としてオノマトペが用いられることを示すものである．

参考文献

Fukushima, H., Imai, M., & Tanaka, S. (2017). The Usage Mechanism of Japanese Ideophones in the Description of Taste: Morphological and co-occurrence analysis of the description of wines and sakes. International Journal of Computational Linguistics Research, 8(3), 109–122.

Sibley, F. (1959). Aesthetic concepts. The Philosophical Review, 68(4), 421–450.

Sibley, F. (2001). Approach to aesthetics: Collected papers on philosophical aesthetics. Clarendon Press.

中村雄二郎. (1979). 共通感覚論: 知の組みかえのために. 岩波書店.

中村雄二郎. (2000). 臨床の知 (Vol. 2). 岩波書店.

井上靖. (2006). 古美術読本 (1)「陶磁」. 知恵の森文庫.

宇都宮仁. (2006). 清酒の官能評価分析における香味に関する品質評価用語及び標準見本. 日本醸造協会誌, 101(10), 730-739.

Organized Session | Organized Session | [OS] OS-16

[2K5-OS-16b] 臨床の知(2)

諏訪 正樹（慶應義塾大学）、藤井 晴行（東京工業大学）、加藤 文俊（慶應義塾大学）

Wed. Jun 5, 2019 5:20 PM - 6:40 PM Room K (201A Medium meeting room)

[2K5-OS-16b-01] Construction of Design Community by designer and users of place for expression

〇maiko kobayakawa[2,3], takeshi sunaga[1], sunao maruyama[1], tomoki hirano[2], kosuke yamada[4], kakuichi nishimura[3], kentaro watanabe[3], sachiko fujimitsu[5] （1. Tokyo University of the arts, 2. Tokyo University of the Arts Graduate School, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Keio University, 5. Saga University Hospital ）

5:20 PM - 5:40 PM

[2K5-OS-16b-02] On learning through metaphorical imaginations

〇Fumitoshi Kato[1] （1. Keio University）

5:40 PM - 6:00 PM

[2K5-OS-16b-03] Segmental response of the human body to changes in the interrelationship with the environment

〇KAZUYA TANAKA[1], Tomoaki Atomi[2], Wataru Takano[3], Soichiro Fujiki[4], Katsuya Hasegawa[5], Miho Shimizu[6], Yoriko Atomi[6] （1. Teikyo University of science, 2. Kyorin University, 3. Osaka University, 4. Dokkyo Medical University, 5. Japan Aerospace Exploration Agency, 6. Tokyo University of Agriculture and Technology）

6:00 PM - 6:20 PM

[2K5-OS-16b-04] Savage Experiment

〇Takahito Horiuchi[1], Masaki Suwa[2] （1. Graduate School of Media and Governance, Keio University, 2. Faculty of Environment and Information Studies, Keio University）

6:20 PM - 6:40 PM

©The Japanese Society for Artificial Intelligence

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

表現の場の作り手と使い手によるデザイン共同体の構築

Construction of Design Community by designer and users of place for expressive activity

小早川真衣子*1*3 Maiko Kobayakawa　須永剛司*2 Takeshi Sunaga　丸山素直*2 Sunao Maruyama　平野友規*1 Tomoki Hirano

山田クリス孝介*4 Kosuke C Yamada　西村拓一*3 Takuichi Nishimura　渡辺健太郎*3 Kentaro Watanabe　藤満幸子*5 Sachiko Fujimitsu

*1 東京藝術大学大学院 Tokyo University of the Arts Graduate School　*2 東京藝術大学 Tokyo University of the Arts

*3 産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology　*4 慶應義塾大学 Keio University　*5 佐賀大学附属病院看護部 Saga University Hospital

The purpose of our research is to find the way of design doing and thinking for that expressive activities are emergent autonomously for creating a society that regard people's expression as important too. We reflected our co-design project, researched about what happened and way of relationship between designer and user(people) on the process. As a result, we are finding that designer and people have to construction mutual constituent relationship, that is "becoming a Design Community" is very important for the expression activity to become independent. In this paper, we will report the state of the design community found in the case of project with nurses. In addition, to create that relationship, we discuss the idea that the design of the mechanism of "becoming" is encompassed in issue of designing.

1. はじめに

現代社会が抱える諸問題は，多様で複雑さを増している．それは，合理性を重視して細分化，先端化した各専門分野の能力や知識によって一挙に解決できるものだけではない．そこで着目されているのが，異なる立場や能力をもつ人たちが互いの力を合わせて自分たちの問題を発見し，解決に向けて何かをつくり出してみる共同デザイン（Co-design）のプロセスである．このアプローチは，誰もがデザインできるという考え方に立脚している．そのため，その実践においては，これまでに社会の役に立つと思われる物事をつくり出し，使い手に提供することを考え行なってきたデザイナーは，自らの専門性を問い直し，従来の役割や振る舞いを変革することが必要不可欠となる．

2. 研究の背景と目的

2.1 デザインの問題領域を拡張すること

これまでに著者は，表現の場をつくることをデザイン実践として行ってきた．そして，その実践を改めて見つめることから，表現の場をつくる際に不可欠な，表現の活動プログラムのデザイン方法を探究してきた．活動プログラムとは，いつ，どこで，誰が，何をどう行うのかという活動計画である．活動は，道具の機能や形を決めるために構想し考慮される対象である．しかし，それは形づくる対象とされてこず，道具が使い手に十全に利用されない事態を招く要因のひとつになってきた．活動プログラムを対象にすることで，これまでのデザインの問題領域を拡張させ，デザインそのものを問い直しが可能になると考えている．

連絡先：小早川（小原）真衣子，国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター，東京都江東区青海 2-3-26，kobayakawa.maiko@gmail.com

2.2 社会づくりの原動力としての表現活動

表現とは一般的に，他者の目に触れる前提で表出されるものから，日常的に自分の感情や意思を示す言葉や態度まで幅広く含まれる．中でも著者が着目するのは，自己省察を伴う表現行為を，複数人が共同して行う活動であり，それは豊かな社会づくりの原動力になると考えている．なぜなら，その営みは，人が自身の表現の意味や価値を発見することを促し，自分の表現と社会のつながりを確認できるコミュニケーション過程だからである．そこに個人が社会に対するあり方を見直し，効力感を手に入れる契機となる可能性がある．

本研究の目的は，そのような表現も重視する豊かな社会づくりに向けて，表現活動が自立的に生まれるようなデザインのやり方や考え方を明らかにすることである．そこで，表現活動が生まれている現場＝表現の場の作り手である著者らと，そこに表現活動に参加する使い手との共同デザイン過程をふり返り，デザインしたことや起きたことについて調査し考察した．その結果，表現活動が自立するためには，両者が相互構成的な関係性，すなわち「デザイン共同体になること」が重要であることが明らかとなった．本稿では，事例に見出したデザイン共同体の状態について報告する．加えて，その関係性を構築するためには，人が何者かに「なること」のメカニズムのデザインが内包される必要があるという考え方について論じる．

3. 表現の場の作り手と使い手の共同デザイン

3.1 看護の仕事を変革するプロジェクト

(1) プロジェクトのねらい

病院での看護の仕事の新しいあり方をデザインするために，現場の実践者である看護師たちとの協働に取り組んでいる．2012年に開始し，現在も進行中のプロジェクトである．大学病院の看

護部の看護師長数名（以下，使い手）と心理学系の研究者，サービス工学を専門とする研究者，デザイン系の研究者からなる研究グループ（以下，作り手）が参加しており，学際共同研究「MED プロジェクト」と呼んでいる[藤満 2013,須永 2013，渡辺 2015,]．このプロジェクトでテーマとなっている看護の仕事の新しいあり方のデザインとは，病院に次々に導入される情報システムの利用によって失われつつある「看護の心」を表出し共有する仕組みと文化をつくることである．ここでいう「看護の心」とは，看護師たちが通常業務で患者に対面・対話し看護処置にあたる際に欠かせない，患者やその家族，そして仲間を想う気持ちである．

(2) 自立した表現活動

2016 年，さまざまな取り組みを経た後，看護の仕事の中で，心に残った体験を作文し朗読し，その後にそれらを貼り合わせて新聞をつくり鑑賞する表現活動プログラム「新聞ワークショップ」をデザインした（図1）．新聞ワークショップでは，日々の業務の忙しさに追われている看護師らが，自分の思いや気づき，喜びや不安を表出し共有する．この活動を通して，看護師たちは普段は気がつかない看護の仕事に欠かせない心象の側面に，お互いに気がつき，自らをエンパワメントさせることができている．

図 1. 新聞ワークショップの様子（左：個人の作文を貼り合わせる．右：タイトルが付けられた新聞を他グループに見せる看護師）

当初，著者らがこの表現活動の基本プログラムをデザインしていたが，その後に看護師らが改良デザインの過程に参加できるように促した．その結果，現在では，自立的に基本的な活動プログラムをもとに実施の計画をし，準備をし，ワークショップ中のファシリテートもできるようになった．現在，この表現活動は，看護師の手によって病院内に広がりつつある．

本事例研究については，表現活動の詳細やプロジェクトの過程について，これまでにも報告してきた[小早川 2018]．ここでは，改めて両者の関係性に着目し，プロジェクトの成り立ちについて考察する．

3.2 考察：表現活動はどのように自立するのか？

(1) プロジェクトを牽引するリーダーの役割交代

一般的に，共同デザインをどのように進めるのかは，デザインすることの専門家である作り手が担うものとされる．しかし，実際には，そうとは限らないことが明らかになった．次に示すのは，共同デザインのプロジェクトを牽引する役割が，作り手から使い手に交代したとみなした場面である．これは，新聞ワークショップをつくり始める 2 年前に起きたことである．

＜エピソード B. 2014 年 1 月～5 月頃の出来事の記録＞

2014 年，プロジェクトでは表現の道具「Zuzie Poetory」を用いて，看護の心を表出・共有する表現活動プログラムのデザインに取り組んでいた．その表現活動をやってみることは楽しく，看護師 H は「新人看護師が，患者さんから『ありがとう』と感謝の気持ちを伝えられ，それに涙したストーリーを Zuzie Poetory で作ってみたい」と意欲的であった．しかし，その表現活動をどのように院内で実施していくかを話し合っていた時，看護師の一人が「いいけど，これを使う時間はない」と発言した．この後ろ向きの発言に愕然とした私（著者）は「このプロジェクトは，そうした時間を必要とするような新たな文化を院内につくろうとしているのではないですか？」という主旨の返事をした．その時間を看護業務の一部にしていくことは，私たち作り手にはできないことだとわかっていたからだ．その後，彼女は看護の仕事のあり方を変えるというこのプロジェクトを「引っ張っていくのは私たちなのですね」と発言．数ヶ月後，彼女らは自分たちで「ケアリングの継承」を目的とする表現活動の実施を計画し始めた．（2017 年 7 月 著者）

著者は，看護師の発言をきっかけに，改めて自分の限界を看護師に表明している．そして，その表明を受け，看護師が行動し始めている．このように，作り手が何らかの事情でプロジェクトを牽引しないことを表明せざるを得ない時，使い手はそのプロセスを破綻させないために，自分たちの意思で判断し，行動を起こすことを迫られる．このような事態は，プロジェクトの中で数回起きている．本研究では，このような事態を「リーダーの役割交代」とし，表現活動の自立を促進する方法と捉えた．

(2) 使い手にしかできないことから

リーダーの役割交代によって展開する共同デザインの過程では，使い手である看護師たちが，作り手が行なっていたことを徐々に習得しているとみなすこともできるだろう．例えば，机の並べ方や，参加者への声がけの仕方である．看護師らは，こうしたことを契機に，「（作り手でなくても）自分たちにもできる」といった効力感を手に入れ，徐々に自分たちにできることを増やしていったと考えられる．しかし，改めてここで着目したいのは，使い手は，作り手がやっていることと全く同じことをコピーしているわけではないということである．看護師らが行っていることは，例えば，参加する部署を選ぶことや新聞ワークショップを実施するタイミングを決めることである．さらに，表現活動を組織の中にいかにして広げ，定着させ，持続性を保つのかの検討である．その内容は，作り手だけでは決められない．

この段階に入ると，役割交代は劇的に起きるのではなく，自然体を帯びくる．そこには，お互いにやれることをやるというという共通理解が構築され，現場で生じていることに従って，両者が反応することが起きるからである．つまり，使い手は，明示的な役割交代がなくとも，作り手との相対的な関係の中で，自分たちにしかできないことを見出すようになるのである．

次に示すのは，表現活動が病院で自立したと著者がみなした時の記録である．

＜エピソード E. 共同デザインにおける気づきの記録＞

初めて，看護師たちが主導する新聞ワークショップに参加させてもらった際，私は自分が行っていたことを看護師たちが行っているのを見て，喜びとともに彼女たちに「巻き込まれた」という感覚を得た．そこには，私たちデザイナーがいつもやってきたように振舞っている看護師たちがいたからだ．しかも，私がやるよりもはるかによく．そこにいた自分は，もう巻き込む側の人ではない．私が，彼女たちがやりたいことの一部になったのだと理解した．（2017 年 3 月 著者）

ここに記された「巻き込まれ」という言葉から，著者が表現の場をつくる知恵や技術を使い手が手に入れていることを認め，そこに自分の存在価値の危うさを感じていることが伺える．しかし，看

護師がデザイナーにはなることはない．その逆も同様であり，デザイナーは看護師にはなり得ない．そのように考えれば，作り手が，病院の中に表現の場をつくるという実践に参加しているのは，何か知識や技術を獲得するためでもなく，何かを看護師に教え，指導するためでもないのである．改めて，両者は関わり合うが，その関係は対称的ではないことがわかる．

(3) 新たに構築された関係性：デザイン共同体

このように，表現活動が自立に向かう共同デザインのプロジェクト過程には，2つのコミュニティの異なる思考と行為がある．それは両者の相対的な関係性の中で発揮される力である．だからこそ，両者はそれぞれの力を認め合い，互いの立場を超えて，新たな自分を発見する．このようなプロセスを相互に構築できる状態を「デザイン共同体」と呼んでみたい．

作り手と使い手が「デザイン共同体」になるとは，何を意味しているのだろうか？作り手にプロジェクトの進行を任せきりだった使い手が，リーダーの役割を担い始めたことを思えば，そこには，使い手が自ら変容していく動的なプロセスがあったとみなせる．これは，使い手が「私はこうである」という場所に留まらなかったことによるものである．そして，それは，自分が自分でないもの，つまり現状の自分からズレることを迫られたことによって生じたものだ．ここでいうズレとは，強い意志をもった大きな転換ではなく，他者の影響を受けて，現場から少し移動してしまう状態を表している．このことから，「デザイン共同体」とは，他者の存在が，それまでの自分の役割を超える契機となるような，相互構成的な関係が構築されている状態を意味しているのだと考えられる．この議論から，表現活動が自立するためには，作り手と使い手の両者がプロジェクトを展開する主体となれるように，プロジェクトそれ自体をもデザインすることが重要であると考えられる．

3.3 デザイン共同体に「なること」

本事例研究では，人が表現者になること，使い手が作り手になること，デザイン共同体になることに着目してきた．そもそも，人はどのようにして自分以外の何者かになるのだろうか？

例えば，ある人から「あなたはお母さんになったんだね？」と問われたとする．この問いに対して，著者は「子どもが私をお母さんにしてくれた」のだと答えるだろう．もちろん子どもを産んだことで社会的には母親になったわけだが，正確には，子どもという他者の存在との関係によって徐々に母親になっていったように思われる．そしてそのようにしか，人は本当の意味での母親にはなれないのではないだろうか．著者は子どもの存在を受け入れることによって受動的かつ能動的に共同で母親になったのである．

同様に，作り手と使い手がデザイン共同体に「なる」ためには，個人の意思や働きかけのみを頼ることは難しい．そこには，他者の振る舞いを包括的に受け入れてみることが必要である．個人による働きかけを能動性，他者の受け入れを受動性と捉えれば，そこには，これら2つの一見矛盾するようなベクトルが同時に作用するメカニズムが働いていると考えられる．

そのように考えれば，事例において看護師にズレを迫ったのは，できないことをできないと正直に表明するような作り手の態度にあると考えられる．それは，作り手がプロジェクトの流れを全て決めてしまうのではなく，使い手が表現することやリーダーになることを受け入れるという態度である．作り手の態度を使い手が受け入れると，リーダーの役割は交代せざるを得なくなる．つまり，受動性と能動性が同居したプロセスを経て，使い手は，それまでとは別の自分を演じることで，表現の場をつくる側の人間へと飛躍する契機を得る．心理学の研究者であり実践者でもあるホルツマンは，人間の発達とは，今の自分で「在ること（being）」よりも「成ること（becoming）」を基礎概念とするものであり，「自分でない人物をパフォーマンスすることで，自分が何者かを創造する活動となる．」と説いている[ホルツマン 2014]．

このように，「デザイン共同体」においては，受動性と能動性が同時に作用するようなメカニズムを内在させることによって，人が自（みずから）ら自（おの）ずから，表現の場の「作り手になる」ための力が働いているのだと考えられる．

4. 結論と展望：デザインの専門を問い直す

表現活動が自立するためには，その表現活動が組織や社会の営みの中で，ある目的を達成するための手段となることが必要である．そのために，作り手は自分たちの社会の営みをより良くしようとする使い手と協力し合える関係を結ばなければならない．事例研究から導出したのは，それは「デザイン共同体」と呼べるような相互構成的な関係性であるという知見である．そのためには，作り手と使い手の両者がプロジェクトを展開する主体となれるように，プロジェクトそれ自体をもデザインする方法が重要であることが明らかになった．

一般的に，専門家とは高度な知識と技術を身につけ，その後にそれらを適用し行為するものと考えられる．著者らが実践してきた道具をデザインは，そのような技術的合理性を基本原理とする専門性で成り立っている．しかし，活動をデザインの問題にしようとする過程で，著者はそのような専門性の限界に少し気づくことになった．活動には人が内包されているために，作り手が全てを決められないからだ．さらに，共同デザインに関わったことで，その気づきは確信へと変わった．

事例研究で作り手としてのデザイナーは，これまでに自身が身につけた知識と技術が適用できないような，不安定で不確実な状況の中にあえて入り込み，その都度，その場の状況に応じて自分のできることを見出してきた．そのことが，プロジェクトのリーダーの役割交代を起こし，共同デザインの過程を駆動してきた．そして，表現の場が自立的につくられるようになった今，作り手として行うべきことは何もないのかもしれないと思いつつ，それでも自らの役割を発見しながら，看護の仕事を変革しようとする実践に参加し続けている．表現活動プログラムのデザインとは，受動性と能動性を統合的に扱うことで，人の「なること」を可能にするメカニズムの設計であり，両者の統合こそ与えられた固定的枠組みから越え出るための開かれた実践のあり方なのである．私たちデザイナーもまた，デザイン共同体のメンバーになることを契機として，内側から自分の専門性を問いなおし，そこに新たな可能性を拓くことのできる専門家になることが求められるだろう．

＜謝辞＞
本プロジェクトに参加する佐賀大学医学部附属病院看護部の皆様に感謝申し上げます．なお，本研究の一部は JSPS 科研費 15K16174 の助成を受けたものです．

参考文献

[藤満 2013] 藤満幸子，山口真由美，原田由美子，椛島久美子，宮之下さとみ，南里美貴，百武朋美，山田クリス孝介，須永剛司，小早川真衣子，新野佑樹，渡辺健太郎，西村拓一：医美工連携による看護情報システムの開発を目指したデザイン・プロジェクト」，第 33 回医療情報学連合会（第 14 回日本医療情報学会学術大会，2013

[須永 2013] 須永 剛司，小早川 真衣子，山田 クリス孝介，渡辺 健太郎，新野 佑樹，西村 拓一:Co-design プロジェクトが

自発的に回ること：社会を形づくるデザインに向けて, 人工知能学会誌, 28(6) 886-892 , 2013

[渡辺 2015] 渡辺 健太郎, 藤満 幸子, 原田 由美子, 山田 クリス孝介, 須永 剛司, 小早川 真衣子, 新野 佑樹, 阪本 雄一郎, 西村 拓一, 本村 陽一:看護現場における業務経験の表現・共有支援システムの開発, 情報処理学会論文誌, 56(1), 137-147, 2015

[小早川 2018]小早川 真衣子,須永 剛司,丸山 素直,平野 友規,山田 孝介,西村 拓一,渡辺 健太郎,藤満 幸子 表現のための活動プログラムのデザイン:看護の心を表現すること 人工知能学会全国大会論文集, 2018

[ホルツマン 2014] ロイス・ホルツマン (著), Lois Holzman (原著), 茂呂 雄二 (翻訳), 遊ぶヴィゴツキー: 生成の心理学へ,新曜社, 2014

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

「的な」をとおして学ぶ
On learning through metaphorical imaginations

加藤文俊[*1]
Fumitoshi Kato

[*1] 慶應義塾大学
Keio University

The present project explores the ways in which various "good places" are shaped and reshaped through our communication processes. Acknowledging that we are always "in-communication," our research begins with a series of critical observations of our day-to-day activities. This year, we are conducting a project named "*tekina* (its like…)." We rely on metaphors when we encounter "something" that is difficult to put into proper words. Or, occasionally, we need to name the "something" to begin with. "*Tekina*" is the term to represent metaphorical expressions through which we can begin to speculate upon in qualitative research.

1. はじめに

筆者は，人びとの「集まり」や「居心地のいい場所（グッド・プレイス）」，コミュニケーション行動の理解に関心をいだき，おもに社会学（都市社会学）の観点からフィールド調査を行っている．自らの調査研究を進めるとともに，教員という立場上，観察・記述を中心に据えた質的調査の方法や，調査者として現場に向き合う態度を（大学生に）教えるという課題にも向き合っている．

フィールドワークは，私たちの五感を動員しながら，身体的に学んでゆく性質のもので，いわゆる「座学」を補完するべく，さまざまな実習が考案されている．フィールドワークのための課題は，どのようにデザインすればよいのか．本稿では，筆者が 2018 年度に考案した実習課題を紹介しながら，「気づく力」を育むためのきっかけづくりについて論じたい [加藤 2014].

2. 課題のデザイン

フィールドワークで発見した〈何か〉をことばにするのが難しいとき，あるいはまだことばさえあたえられていない〈何か〉に向き合うとき，私たちは別の〈何か〉にたとえたり，見立てたりする．曖昧さを認めながらも，「～的な」「～みたいな」「～らしい」「～っぽい」といった表現が，現場での直接体験を伝えようとする際に用いられる．こうした日常生活に密着した体験に関わるコミュニケーションに求められる隠喩的・比喩的な表現を，作業用の概念として「的な」と呼んで，質的な調査研究のありようについて考えてみることにした．

「的な」という表現によってコミュニケーションが促されるとき，じつは「受け手」の読解レベルが試されるということになる．そもそも，語りたい〈何か〉が，何にたとえられているのか，何に見立てられているのかを知らなければ，「的な」という表現は役に立たない．〈何か〉を伝えるための工夫や方法でありながら，前提となる知識を持ち合わせていないと，理解することができない．

「パロディ」や「あるある」と呼ばれる表現も，同じような状況をもたらす．上質なものは，何が「パロディ」の対象になっているかがわかりやすく，かつその対象からのギャップや誇張があればこそ，その表現を味わうことができる．同様に，「あるある」を目にしたとき，自分自身の経験とすぐさま結びつけることができれば，頷くことができる．「パロディ」や「あるある」は，「受け手」の能力を執拗に要求する，難しい表現だと言える．

こうした隠喩的・比喩的な表現の理解を創造するために，大きく二つのステップで課題をデザインし，いずれも学部 2～3年生（ゼミ生）を対象とするグループワークとして実施した．

3. コンセプトワーク：先人たちに学ぶ

3.1 「背中を見て」学ぶ

まず，「的な」というキーワードをとおして，メディアと表現の多様性について考えるにあたって，先人たちの表現活動に着目することにした．あらかじめ選ばれた4名について，個性的な表現のあり方，さらには，それを成り立たせていたと考えられる文化的・社会的な文脈を調べることを目指した [加藤文俊研究室 2018].

今回は，吉田初三郎，成瀬巳喜男，タイガー立石，宮武外骨の 4 人を選んだ．それぞれの人生は，時代的には重複する部分もあるものの，直接のつながりはないはずである．マップ（鳥瞰図），映像（映画），グラフィック，テキストと，一人ひとりの選んだ媒体も表現方法もことなるが，いずれも，既知の世界から，想像力と技法を駆使して，自らの世界を拡張してゆくための方法や態度を考えるきっかけになった．

3.2 経過と考察

コンセプトワークは，いわゆる「調べ物」だと理解されがちだが，たんに「理屈」や知識，情報として人物像を受容するのではなく，一人ひとりが，どのように創作やコミュニケーションに向き合ったか，その「生き様」を理解することを強調した．つまり，先人たちの個別具体的な「もがき」を知ることが重要であった．このフェーズでは，以下のような知見をえることができた．

(1) 媒体（メディウム）の選択

先人たちは，いずれも自らのものの見方・感じ方に応じて，表現方法や素材，媒体を探索していた．現場との不断の対話をとおして一人ひとりの感性が開拓され，自らのスタイル，つまり「的な」と呼ぶべきユニークな方法や態度がかたどられていった．

(2) 組織づくり

それぞれの表現は，個人的な着想や問題意識に基づいているが，他者との関わりなしに活動は成立しえなかった．それは，

連絡先：加藤文俊，慶應義塾大学環境情報学部，〒252-0882
神奈川県藤沢市遠藤 5322，fk@sfc.keio.ac.jp

「受け手」を意識することだけではなく，何らかの共同作業を伴うものであり，組織や制度づくりも重要な課題として位置づけられていた．

(3) 社会的・文化的背景の理解

上記の点と関連して，それぞれの表現者たちの活動は，その時代的な文脈と不可分であった．時には不可避的に制作プロセスや表現に制約が加えられ，紆余曲折，試行錯誤を経ながら進行する，相互構成的な側面が際立った．

4. フィールドワーク：まちを歩く

次のフェーズでは，先人たちの流儀を学んだ上で，実際にまちを歩きながら，あらためて「的な」について考えた．大規模な再開発に向けて，いま大きく変りつつある桜丘町（東京都渋谷区）を，フィールドワークの対象地として選定した [加藤文俊研究室 2019].

4.1 「桜丘的」から「的な桜丘」へ

本プロジェクトにおいては，フィールドワーカーとしての世界のとらえかた，表現のしかたに着目している．重要なのは，私たちが向き合うのは「的な桜丘」であって，「桜丘的な」ではないという点だ．つまり，本プロジェクトは，桜丘のまちを歩いて「桜丘的」と感じた〈モノ・コト〉を採集，集約し，桜丘を性格づけようとしているわけではない．むしろ，桜丘をとおして，自分（自分たち）の感性や表現方法を発見，再発見することを目指すものだ．したがって，極端に言えば，桜丘町である必要はない．

誰にでも，まち（あるいは，もう少し広い意味での「環境」）に反応する「きっかけ」のようなものがあるはずだ．まずは，その「きっかけ」に出会い，その上で，自らの方法や表現のスタイルとして語れるように円環的な学びへの導入を促す．

4.2 経過と考察

学生たちは5つのグループに分かれて，およそ5か月にわたって，桜丘町に足をはこんだ．それぞれが，現場から何を感じるのか，そしてその個別具体的な体験をどのように表現し，ことば（あるいは表現物としての形）をあたえていくかについて思索と試行を重ねた．

10 月末は，一部エリアの再開発計画の一環でいくつかの店舗が閉店したが，あるグループは，閉店の場面に幾度も居合わせながら，「閉じること」「別れる」ことに焦点を当てて，その現実とイメージ（現実に先行して私たちが想い描く「閉店」の様子）とのギャップをとらえる方法を提案した．あるいは，他のグループは桜丘界隈に漂うにおいを手がかりに，嗅覚をとおしたまちの理解をどのように記述し表現するかについて試行錯誤した．また，まちで感じたことを，即時即興的にスケッチやイラストで表現し，Tシャツにプリントして身に纏うことができるような方法を考案したグループもあった．足しげく店に通うことで，まちに暮らす/まちで店を営む人びとに接近し，その過程で何らかの形で「まちに還す」ことが，まちの理解に役立つことを提案したグループ，そして，文字通り身体的にまちと接する（接地する）方法を採用したグループもあった（くわしくは，プロジェクト報告のサイトを参照）．

5. 考察

それぞれのグループの個性を活かした成果物は，桜丘町を表現したものであるが，より抽象度の高いことばで語ることによって，他のまちでも適用可能なものとなる．

5.1 「ラボラトリー」としての課題環境

本稿では「的な」「的な桜丘」という標題で実施した課題について，コンセプトワークおよびフィールドワークという二つのフェーズを紹介した．課題のデザインは，思索・試行を実現するための「ラボラトリー（実験室）」のデザインとして理解することができるだろう．「ラボラトリー」は，フィールド（個別具体的な体験）とコンセプト（普遍抽象的な言明）を橋渡しし，行動と思考との円環的な往復を可能にする仕組みである [加藤 2017].

課題や実習プログラム，ワークショップ等を「ラボラトリー」として位置づけることで，複雑なフィールドを単純化し，操作可能な領域として扱うことができる．

5.2 視点を呈示する

「ラボラトリー（実験室）」という言葉から，私たちは仮説検証型のアプローチを想起しがちであるが，ここでの課題は「視点呈示型」ともいうべきものである [西條 2007]．この場合，「ラボラトリー」における活動は，人びととの関係を変革し，新しい仮説や概念を生成する仕組みとしての側面が際立つ．「視点呈示」を念頭にデザインされた課題は，コミュニケーションを誘発し，グループのメンバーどうしの知的な交流・交歓を促す．

5.3 転用可能性

「的な」は，フィールドとコンセプトを接続し，絶え間ない往復を促すためのヒントを示唆するために設定したテーマであった．私たちは「臨床」ということばから，医療・福祉等の文脈を想い浮かべることが多いが，「臨床現場」は広義にとらえると，私たちが表現者として暮らす場所であり [中村 1992]，すべて「秩序（オーダー）を作り出す」ための一連の努力によって成り立っていると言えるだろう [パパネック 1974]．一連の実践をとおして得られた知見の「転用可能性」を見極めることによって，私たちは，まちを理解する想像力をさらに高めることができるはずだ．

参考文献

[加藤文俊研究室 2019] 加藤文俊研究室：的な桜丘，プロジェクト報告，https://vanotica.net/tknskrgk/, 2019.

[加藤文俊研究室 2018] 加藤文俊研究室：的な（It's like…），プロジェクト報告，https://vanotica.net/tekina/, 2018.

[加藤文俊 2017] 加藤文俊：「ラボラトリー」とデザイン：問題解決から仮説生成へ『SFC Journal』第 17 巻第 1 号　特集：Design X*X Design: 未知の分野における新たなデザインの理論・方法の提案とその実践（pp. 110-130），2017.

[加藤文俊 2014] 加藤文俊：まちの変化に「気づく力」を育むきっかけづくり（特集・フィールドワーカーになる）『東京人』5月号（no. 339, pp. 58-63）都市出版，2014.

[西條 2007] 西條剛央：質的研究とは何か（ライブ講義），新曜社，2007.

[中村 1992] 中村雄二郎：臨床の知とは何か，岩波新書，1992.

[パパネック 1974] ヴィクター・パパネック：生きのびるためのデザイン，晶文社，1974.

The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

環境との相互関係の変化に対する身体の分節的応答

Segmental response of the human body to changes in the interrelationship with the environment

田中　和哉[*1]
Kazuya Tanaka

[*1] 帝京科学大学　医療科学部　理学療法学科
[*1] Teikyo University of Science, Faculty of Medical Science, Department of Physical Therapy

跡見　友章[*2]　高野　渉[*3]　藤木　聡一朗[*4]
Tomoaki Atomi　Wataru Takano　Soichiro Fujiki

[*2] 杏林大学　[*3] 大阪大学　[*4] 獨協医科大学
[*2] Kyorin University　[*3] Osaka University　[*4] Dokkyo Medical University

長谷川　克也[*5]　清水　美穂[*6]　跡見　順子[*6]
Katsuya Hasegawa　Miho Shimizu　Yoriko Atomi

[*5] JAXA　宇宙研究開発機構
[*5] Japan Aerospace Exploration Agency

[*6] 東京農工大学
[*6] Tokyo University of Agriculture and Technology

In general, it may be difficult to secure the amount of activity due to pain. Therefore, there is a need to pay attention to qualitative aspects of exercise, such as body balance control. In human body, the mass ratio of the trunk including the head is said to occupy 60% of the whole body. Therefore, evaluation of the segmentality of the head and trunk in posture / motion control strategy is important as an indicator of stability and efficiency of motion. In this research, we investigated human's segmental attitude control using an acceleration sensor based on a cantilever structure control model. As a result, a segmental response of the body occurred in the change of the relationship between the environment and the body. Regarding human body balance control, the possibility that each segment of the body responds to each frequency band was considered.

1.　意識下・無意識下における姿勢制御

ヒトは日常生活において，重力に代表される様々な物理的刺激の入力に応答し，意識下・無意識下で姿勢制御を行っている．意識下での制御においては，重力に抗する複数の筋を協調的に制御することが必要となる．重力環境下における適切な姿勢・動作制御は，抗重力筋の萎縮を抑制するなど，身体機能の維持にとっても重要である．

一般に，運動器的疾患による疼痛のため、運動量の確保が困難となる場合があることから，身体バランスや歩き方など，運動の質的側面に着目する必要性がある．人体においては、頭部を含めた体幹部の質量比は，身体全体における 60%を占めるとされる。従って，姿勢・動作制御戦略における頭部・体幹部の分節性に関する評価が、動作の安定性や効率性の指標として重要である．

一方で，無意識下での制御や応答には，前庭迷路系の姿勢反射の影響や関節周囲筋や靭帯の物性が反映され，下位セグメントの動揺が上位セグメントに伝播する．これらのなかでも物性による応答は，必ずしも動揺を低減する役割のみではなく，剛体に近い状態であれば直達的に動揺を上位セグメントに伝播し，過度な柔軟性を持つ場合は，周波数帯域や特性によってはより強い振幅をもった揺れとして伝播することがある．

これらの意識下・無意識下での姿勢制御は，動揺の周波数によってその影響が反映される帯域が異なると考えられる．

連絡先：田中和哉，帝京科学大学医療科学部理学療法学科
〒409-0193 山梨県上野原市八ツ沢 2525，Tel: 0554-63-4411，e-mail: k-tanaka@ntu.ac.jp

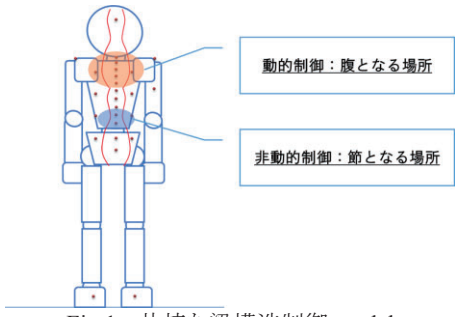


Fig.1　片持ち梁構造制御 model

また，ヒトの立位姿勢制御を片持ち梁と同様の構造として考えると，その物性や解剖学的構造によって足部などの下位セグメントからの動揺が上位セグメントに伝播される際に，節なる非動的制御部分と腹となる動的制御部分に分かれるのではないかと考える(Fig.1).

そこで本研究では，ヒトの環境との相互関係の変化に対する身体の分節的応答を，片持ち梁構造制御モデルに基づいて検討した．

2.　加速度計を用いた姿勢・動作解析

現在，ヒトの姿勢・動作解析について，加速度センサを用いた分析が広く用いられるようになっている．単一の加速度センサを用いた活動量分析などが解析方法として用いられているが，姿勢制御など質的な解析を行う上では，多分節モデルであるヒ

トの解析には複数のセンサを用いた手法の確立が必要であると考えられる.

3. 対象と方法

対象者は, 既往に整形外科疾患等を有しない健常男性 1 名(年齢 21 歳, 身長 172cm, 体重 78kg)とした. 対象者においては, 本研究の目的を説明し, 同意を得た.

実験方法は, 開閉眼の 2 条件及び開閉脚の 2 条件を組み合わせた計 4 条件で立位姿勢の体幹動揺を 20 秒間計測した. 体幹動揺の計測においては, 3 軸加速度センサモジュール MMA7361LC(Strawberry Linux 社製)を頭部・体幹部・骨盤部に貼付し 1000Hz で計測を行った.

出力されたアナログ信号を A/D 変換ボード(NI USB-6225, National Instruments 社製)に入力し, LabVIEW2012(National Instruments 社製)を用い, ノート PC にデータの取り込みを行った. センサから得られたデータ特性を線形モデルとして仮定し, 重力加速度にて補正を行った. また, 身体各部位への貼付時の傾きについても, 前後左右方向への加速度入力を行ったキャリブレーションデータよりベクトル変換を行い補正した.

計測データは, 条件ごとに前後方向及び左右方向に分けて, 1/1000 秒ごとの変位の絶対値を求め 20 秒間の積分値を算出した. また, 20 秒間の前後方向及び左右方向の加速度データについて離散フーリエ解析を行い, 各身体セグメントのパワースペクトルを解析・検討した.

4. 結果

条件毎の前後左右加速度積分データについては, 頭部・骨盤部に比して, 胸腰椎移行部での加速度積分値が少ない傾向が見られた(Fig.2).

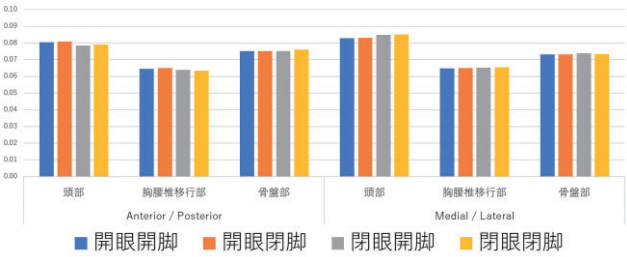


Fig.2 条件毎の前後左右加速度積分データ

開閉眼及び開閉脚の異なる条件での加速度情報について, 周波数解析を行ったところ, 周波数帯域が異なる振る舞いが見られた. 閉眼閉脚条件では, 高周波成分の割合及びパワースペクトル共に高い傾向が示された(Fig.3A , B).

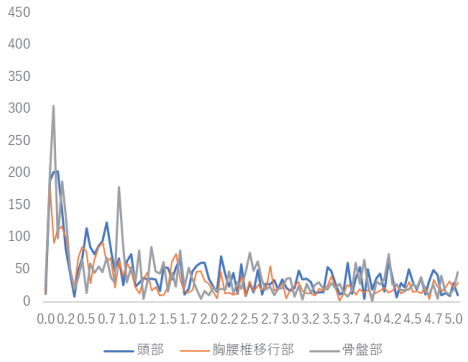


Fig. 3-A 開眼開脚の前後成分パワースペクトル

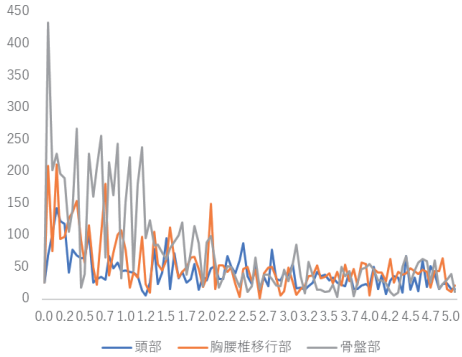


Fig. 3-B 閉眼閉脚の前後成分パワースペクトル

5. 考察

加速度センサを用いた解析において, 量的変化としては胸腰椎移行部の動揺が少なく, パワースペクトルにおいては骨盤部で高周波成分が多く、頭部で低周波成分が多くなる傾向が見られた(Fig.4).

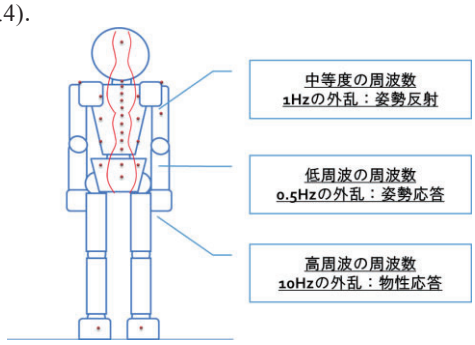


Fig.4 周波数帯域別姿勢応答仮説

このことは, 単一の量的解析では, 差が見られにくいものであっても, 2 つ以上のセンサを用いセグメント間の比較を行うことで, 異なる傾向を示していることが分かった.

高周波成分においては, 特に閉眼時の下肢筋固有感覚系の機能が表れやすいとの報告もある. 今回の解析方法を用い, 各セグメント間での周波数成分の減衰傾向や加速度データの振幅を分析することにより, 部分的な機能を分析することが可能になることが示唆された.

参考文献

1) MOE-NILSSEN, Rolf; HELBOSTAD, Jorunn L. Trunk accelerometry as a measure of balance control during quiet standing. Gait & posture, 2002, 16.1: 60-68.

2) ATOMI Yoriko：Design and production of practical underwear for sensing body knowledge-Posture control during walking induced by tactile information. 人工知能学会全国大会論文集, 2011, 25th , 3D2-OS8-11

3) 斉藤徹郎, 松本泰尚, 吉見雅行：前後振動が立位人体の姿勢保持へ及ぼす影響に関する研究. 土木学会第 59 回年次学術講演会

4) 藤原勝夫; 池上晴夫. 身体各部位の動揺の周波数分析による立位姿勢調節の検討. 体育学研究, 1985, 30.3: 241-248.

2K5-OS-16b-04

野生の実験：「実践目的が浮動する構え」を獲得する

Savage Experiment: Acquiring Perspective for World practice aiming floating

堀内隆仁[*1]　諏訪正樹[*2]
Takahito Horiuchi　Masaki Suwa
[*1] 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科　[*2] 慶應義塾大学環境情報学部
Graduate School of Media and Governance, Keio Univ.　Faculty of Environment and Information Studies, Keio Univ.

The savage mind, Levi-Strauss advocated, enables people to combine things which don't relate to each other in order to generate new one. In this paper, we present first author's special learning practice in athletics, and argue about this as a 'savage experiment'. The speciality in his learning practice is below: first, the practice and his basic embodied skills in daily living have been crossed each other. Second, he made some embodied media for augmenting embodied skills in daily living, on his own. By this experimental actions, prototyping the media has transformed into a self-organizing system from mere a step. Thus, his practice has aimed at the floating point between athletics and prototyping, where he is able to find new variables by embodiment.

1. はじめに

1.1 野生とは

本稿題目にある野生とは，文化人類学者レヴィ=ストロースが著した「野生の思考」[レヴィ=ストロース 76]を受けている．近代化に伴う欧米中心主義が流行る中，彼は世界各地の未開社会でフィールドワークを実施した．詳らかにされたのは，近代科学以上に綿密な自然種の弁別や，それをオペレータとして構築した社会規範（トーテミズム）・神話体系など，驚くべき文化体系の数々であった[*1]．それを可能とするのは，一見関係ない事物同士を組み合わせて新たな意味を構成する，「野生の思考」だとした．

レヴィ=ストロースは，野生的な行為にブリコラージュを挙げる．ブリコラージュは，目下の目的に対して，あり合わせの資材を組み合わせて「なんとかやりくりする」ことを言う[*2]．その資材集合は，ポリネシアのマナ型の観念[ibid.]や，代数学の記号Xのように，余白をもつシニフィアンになるということだ．「出来上がりは，手段の集合の構造と計画の構造との妥協」だとした上で．彼は以下のように述べる（ブリコルールとは，ブリコラージュする者を指す）．

> （ブリコルールは）ものと「語る」だけでなく，ものを使って「語る」．限られた可能性の中で選択を行うことによって，作者の性格と人生を語るのである．計画をそのまま達成することはけっしてないが，ブリコルールはつねに自分自身のなにがしかを作品の中にのこすのである．([ibid.], p27)

ここから，ブリコラージュとは，現実解を，自らの「物語」として紡ぐことだと考えられる．

1.2 第一著者は，研究者であり実践者

第一著者・堀内は，陸上競技（大学入学時から十種競技[*3]専門：PB6283点，十種競技歴7年，陸上競技歴10年）に熱中し，これまで実践者として取り組むと同時に，研究者としてその過程を探究してきた（e.g.[堀内，諏訪 16,18a,18b]）．本稿では，第一著者自らの実践を物語った上で，その認知的な特性を野生の観点から，内省的に議論する．

2. 第一著者の実践

本章では，堀内の実践を具体的に物語る．節は時系列順である．

2.1 野生化以前

競技と長らく向き合っていると，日々の泥臭く細かな試行錯誤はもとより，競技に対する「構え」という大きなレベルにおいても，意識変革がなされるものである．しばしば「怪我や挫折」が契機となる．堀内においてもその例に漏れず，巧者のパフォーマンスの「見た目」をなぞるように練習する最初段階から，フィジカル強化を目論んだ練習量の積み上げにアクセントをおく段階，苦手な「走り」の

連絡先：堀内隆仁，慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科，メールアドレス：discus4372@keio.jp

[*1]彼らは「文明社会から取り残された野蛮な人たち」などではなく，欧米とは異なる仕方で発展を遂げていたのだった．この考え方が，構造主義の走りとなる．
[*2]日本語訳に，「日曜大工」が当てられることがある．
[*3]走・跳・投の計10種目の総合力を競う．キング・オブ・スポーツとも称される．

根本的改革によって総合力を上げようとする段階（cf.[堀内，諏訪 16]）・・・etc．決して順風満帆ではないながらも，漸進的にパフォーマンスアップを果たしながら，生活の喜びを感じていた．

2.2 生活動作のスキル性を究める

M1の秋，大きな転換点が訪れる．シーズンを終え，長らく抱えていた右膝の痛みの原因が，身体の使い方の癖にあることに気づいた．ごく簡単に述べれば，走る際に，身体重心鉛直真下より，過度な前方位置に接地していることで，接地中に接地脚の膝に高負荷がかかっていた．さらにそれが「普段の歩き」でも無自覚に生じていることを悟ったのだ．「自らの競技者としての実践」が，陸上競技場を飛び出，日常生活と交錯しはじめた瞬間だった．冬季は，立ち方や歩き方から徹底的に見直しを図ることで，競技動作改善にも成功した．長きにわたる実践が，立ち方や歩き方の模索に至った例は，他のスキル学習例題においても報告されている（e.g.剣道[諏訪，赤石 10]，野球の打撃[諏訪 16]）．

春のシーズン開幕を待ち望んでいた矢先，疲労が蓄積し，右足舟状骨を疲労骨折する．結果的にM2シーズンは走ることすらままならず，受傷から走れるようになるまで一年半程度を要した．

2.3 メディアのプロトタイピング経験を介して，生活環境に手を加える

⑴ 身体を計測するツールから，刺激するメディアへ

M2シーズンは，何もせずに終わったわけではない．上記の通り，生活の一部が練習になっているからだ．また，修士研究副査がメディアアーティストでもあったことが関係し，自らの身体を測る様々な「ツール」のプロトタイピング（＝つくりながら使う）を行なった（cf.堀内，諏訪 18a]）．当初は「ツールで身体を客観的計測する」というスポーツ科学的姿勢で挑んだが，すぐに厳密計測の難しさやそれに伴うコストへ直面した．興味深く感じられたのは，インタラクティヴ・ツールの振る舞いにより，思いがけず動きや身体感覚が喚起される事態である．

例えば，図１は堀内がプロトタイピングした「加速度可聴化ベルト」である．本ツールは，リアルタイムに，センサーで検知した加速度を音に変換し，ブザーから音出力する（加速度と音周波数がマッピング）．当初は，運動における「無駄な上下運動」を削減するために，フィードバックを得ることを企図した．しかし，実際に本ツールを腰部に装着して歩いてみると，「耳の周囲をハエが飛び回るような間抜けな音変化」に，むしろ踊るような激しい上下運動を促されてしまったのだ．

こうした経験を積むうちに，堀内のツールに対する姿勢は，「つくり・いじる中で自分の身体を『刺激』するメディアであれば良い」と割り切るように変化した．これらのメディアは，百均グッズやDIY用資材，Processing（アートプログラミング言語）やArduino（電子工作キット＆IDE）といった素材として普及したもので自作した，チープなものある．

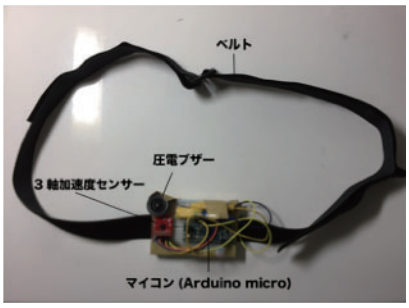


図1：加速度可聴化ベルト

⑵ 日常生活の環境に手を加える

プロトタイピング経験を通して得た「割り切り姿勢」は，前節同様に日常生活にまで及んでゆく．引越し準備において，洗濯機を1人で運ぶ際の持ち方・体幹部の使い方を悟ったり，河原の石を絶妙なバランスで積み上げる[*4]ことで，外力だけ（筋力なし）で成立するポジショニングを探ったり（図2），リュックを「腹負う」（腹側にリュックを背負う行為を堀内が命名）ことでスムーズな重心移動に試みる，等である．日常生活において，歩く等の「身体動作」のみならず，自らを取り巻く環境に対しても，競技者としての身体を刺激する道具へ仕立てるように変容したのだ．これもブリコラージュである．なお2.1節～本節で述べた過程は[堀内，諏訪 18a]に詳しい．

図2：堀内の石花作品

2.4 メディアプロトタイピングを楽しむ

修士研究を終え，まだ怪我の治癒途中でもあった堀内は，コンピュテーショナルなメディアの制作に様々取り組む．いきなり「使えるメディア」を作ろうとする姿勢ではなく，メディアづくり自体を楽しみ，表現・制作スキルの向上を目論む向きが強い．

怪我治癒後からは，本格復帰を目指し，通常の「トレーニング」も徐々に開始している．トレーニング・メディアづくり・日常生活，これらを行ったり来たりしながら，実践を実り豊かにせんと努めている．

*4 ロックバランシングまたは石花と呼ばれる遊びである．

⑴ Ultra Re-generation of MRI

メディアの一例を紹介する（本例は，[堀内，諏訪 18b]に詳しい）．「Ultra Re-generation of MRI」と題するメディアを制作した．本メディアは，インターネット上に漂流する「MRIによる全身横断面*5撮像gifファイル」をデータとし，多様な動きや変換エフェクトをかけた3Dの人型像を，画面上に再生する*6．「死体解剖学的なデータに命や意志を吹き込む」ことが初期コンセプトであった．「身体に訴えかける」表現を探りながら，バージョン変更を繰り返した．

様々な効果を試作する内に，制作時に意図しなかった身体感覚を再生像から得た．それがもととなり，「体幹部の冠状面*7での分解」という変数[J.J.Gibson & E.J.Gibson 55]を獲得した．図3は，冠状面の分解感覚が感じられる再生像である．陸上競技の多様な運動において，身体重心と接地位置との前後位置関係は重要である．冠状面（身体の前後方向）での分解は，この位置関係の身体感覚に関わるという点で，競技者として価値ある変数であった．一見して遠回りなプロセスで，変数を獲得したのだ．

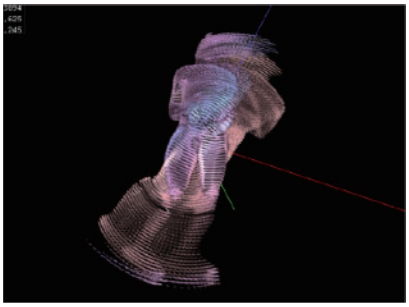


図3：Ultra Re-generation of MRI の再生像一例

本メディアは前節の加速度可聴化ベルトと異なり，運動を直接検知するインタラクティヴ・ツールではない．MRI撮像は本来，怪我や病気の発見に資する医療用データである．メディア・アートの文脈において，基本的にコンピュテーションは，何らかのモノを表現媒体化（メディア）することに使われる．前節までの経験を経た上でメディア制作スキルを育む堀内にとって，MRI撮像すら，「河原の石」や「洗濯機」同様，記号Xになったのだ．

⑵ 特異な環境下での体験に垣間見る，新たな構え

> 吊り輪を足場として移動するには，必然的に股関節の筋群を優位に使わなくてはならなかった．考えてみれば当たり前で，普段の地面は，足と地面のインタフェースが，ある意味固定化されている．しかし，吊り輪に足をかけて運動する場合，砂場の比ではないくらいダイナミックなインタフェースとなるから，プルプル感がやばかったのだ！だからこそ，安定を作り上げるためには，足ではなく，膝や股関節ということになる．なんかおもしろ練習器具がDIYできる気はするのだが．
>
> （2018年10月28日の記述より一部抜粋）

図4：競技者を逸脱した堀内の「構え」が表れる記述例

図4に示した記述は，堀内が本格的なフィールドアスレチックを体験した日のものである（堀内の一人称研究[諏訪，堀ら 15]では，日々の実践における問いや変数発見の過程を，自身でメタ認知している）．記述から，単なる競技者を逸脱した堀内の構えを垣間見ることができる．特異な環境下での運動体験で，競技者としての身体の使い方・感覚に加え，環境の特性をも探りつつ，それに応じて生成される身体側の特性を，考察している．

3. 「第一著者の野生」を内省する

実践はデザイン行為[Simon 01]である．自らにとってより好ましい状況を指向する一連のアクションを指す．個々のアクションも何らかの目的をもつが，デザイン行為が大局的に指向するものが，「実践目的」だと言える．野生（ブリコラージュ）の概念をもとに，堀内の実践は，以下のようなデザイン行為として表せる．

> あり合わせの身体（動作・感覚）を資材とし，あり合わせの環境から工具として選び，これらをもちいて現実解を構成する．

堀内の実践目的が「競技スキルを構成する」だったことを踏まえると，通常のブリコラージュがあり合わせの資材とするものは，「資材」と「工具」に分けられる．資材は，自分の身体の「身体動作や感覚」であり，工具は，資材を形づくるためにあり合わせの環境から選んだモノである．

3.1 各実践はどう野生か

堀内が果たした「野生化」とは，実践目的に対して，資材または工具が異なるドメインへ飛び出ることだろう．長らくの実践では，あり合わせをフル活用する必要性に至り，結果的に実践目的と一見異なるドメインに属するモノに着手することになる．

競技スキル構成という実践目的に対して，競技的なトレーニングをしたり，その身体動作を動画撮影・解析するだけでは，資材・工具が「競技ドメイン」に属する．単線的に問題解決を目論む，非野生的な構えである（ブリコラージュではなく，エンジニアリング的）．2.1節に概説した実践の段階では，野生化していなかった．

「立つ・歩く」等を問い始めたこと（cf.2.2節）は，「競技ドメイン」の実践目的と異なる「日常生活ドメイン」に属する身体動作を資材として選ぶことを意味し，野生である．

2.4節では，メディアを作り始めた．「加速度可聴化ツール」は，はじめから素材（記号X）の意味が与えられた材料で制作しているため，実践目的の「競技ドメイン」と明確に異ドメインとは断言できない．一方，その際の資材は競技スキルではなく，身体構造の感覚（cf.2.4節⑴）や，生活動作（cf.2.4節⑵）をいじっているから「日常生活ド

*5身体において，体軸に垂直な面を指す解剖学用語である．
*6本メディアは，openFrameworks・GLSLを用いて制作した．
*7身体において，背と腹に平行な面を指す解剖学用語である．

メイン」と捉え得る．だから，野生なのである．自前のチープな工具だからこそ，選ばれた資材の方が「日常生活ドメイン」になったと解釈できる．「競技ドメイン」の資材（動作）を仕立てる工具は，自作が難解だと当時判断したからである（cf.2.3節⑴）．

生活環境にまで手を加え始めたのは，実践目的に対して異なるドメインの工具を選んだことになり，野生である．環境から選び出す工具が何であるかによって，似た資材でも出来上がりは異なり，工具によって選ばれる資材もある程度決まる．すなわち発見される変数が異なる．メディアプロトタイピングや，2.3，2.4節で紹介した実践では，異なる工具だからこそ，獲得している変数が異なった．

3.2 ボトムアップな変数発見

我々が身体を具備する認知主体であるがゆえに（cf.身体性[Pfeifer & Bongard 06]），変数発見は生じる．正解的変数がトップダウンに降ってくることなどないならば，「手応え[佐伯 95]」を感じながら，ボトムアップに変数発見する他ない．ボトムアップに発見した変数は，身体化され，柔軟に発揮できる実践知となろう．そうして身体を拡張し，得た変数は物語の隙間を糊付けする．

また，工具が自前であることの意義は，自分でつくるからこそ，記号Xとしてのポテンシャルや，それに伴う資材選択を模索できるのであり，作り手が素人かプロかは第一義ではない．特にコンピュテーショナルなメディアは，その性質が顕著と言える．工具を外注すると，身体性がスキップされかねない．

3.3 実践目的すら浮動する構え

2.4節の堀内はもはや，単なる競技者を逸脱している．端的に言えば，メディアをプロトタイピングすることが自己組織化・自己目的化し，実践目的が拡張している．特に，コンピュテーショナル・メディアは，モノを表現媒体へ仕立てる手段として優れている．Ultra Re-generation of MRI（cf.2.4節⑴）のような，表現可能性の試行は，あり合わせの環境と身体双方の集合において，記号Xとして選べる要素を増やした．この手段の豊かさが，競技スキル構成という実践目的以外の道を切り拓いた．メディアづくりは目的に対するブリコラージュの工具づくりではなくなった．

ブリコラージュは，現実解を構成している．つまり，「設計図に基づいた唯一の正解」に合致するはずはないし，そもそもそれは存在しない．このように妥協するならば，実践目的という正解も更新されて然るべきである．目的更新こそがデザインの本質[中島ら 08]でもだ．2.3節⑴で獲得した「割り切り姿勢」は，妥協を実感し始めたのでもあった．

一見して「競技者として，あまりにコストパフォーマンスが悪い実践」であり，自己目的化は「競技者としての逃避ではないか」という反駁もあろう．しかし，未来における正解（好ましさ）は，現在における正解と異なるということを見逃してはならない．そうすれば，メディアづくり自体を楽しむことは，目先の競技的利益に飛びつかずボトムアップな発見を待つ我慢の工夫でもある，と積極的に解釈できる．こうして堀内は，単一目的を指向しない，悠然たる構えを獲得したのだった．

参考文献

[J.J.Gibson & E.J.Gibson 55] James J.Gibson，Eleanor J.Gibson: Perceptual Learning: Differentiation or Enrichment?, Psychology Review, Vol.62, No.1, pp. 32-41, 1955.

[Pfeifer & Bongard 06] Rolf Pfeifer, Josh Bongard: How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence，A Bradford Book, 2006

[Simon 01] Herbert. A. Simon: The Science of the Artificial. Third Edition, The MIT Press, 2001.

[佐伯 95] 佐伯胖：「わかる」ということの意味，岩波書店，1995.

[諏訪 16] 諏訪正樹：「こつ」と「スランプ」の研究－身体知の認知科学－，講談社メチエ，2016.

[諏訪，赤石 10] 諏訪正樹，赤石智哉：身体スキル探究というデザインの術，認知科学, Vol.17，No.3, pp.417-429, 2010.

[諏訪，堀ら 15] 諏訪正樹，堀浩一（編著），伊藤毅志，松原仁，阿部明典，大武美保子，松尾豊，藤井晴行，中島秀之（著），一人称研究のすすめ-知能研究の新しい潮流-，近代科学社，2015.

[中島ら 08] 中島秀之，諏訪正樹，藤井晴行: 構成的情報学の方法論からみたイノベーション, 情報処理学会論文誌 Vol.49, No.4, pp1508-1514, 2008.

[堀内，諏訪 16] 堀内隆仁，諏訪正樹：「走り」を追究するアスリートの物語–身体で実践し，気づき，考え，解り，実践する–，第30回人工知能学会全国大会論文集，1M4-OS-14a-5，2016.

[堀内，諏訪 18a] 堀内隆仁，諏訪正樹：陸上競技スキル学習の仮説生成型研究–身体・生活意識・ツールが共創する「野生の実践」–, 2017年度慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士論文，2018.

[堀内，諏訪 18b] 堀内隆仁，諏訪正樹：身体性を孕む共創現象の成立–自分とモノとの『距離』–，共創学会第2回年次大会予稿集1-6，2018.

[ポランニー 03] マイケル・ポランニー（著），高橋英夫（訳）：暗黙知の次元，ちくま学芸文庫，2003.

[レヴィ=ストロース 76] クロード・レヴィ=ストロース（著），大橋保夫（訳）：野生の思考，みすず書房，1976.