

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} 柴田大地^{*1} 鈴木祥太^{*1} 山口直子^{*1} 西田智裕^{*1} 平石健太郎^{*1} 芳野魁^{*1}
Takayuki Ito Daichi Shibata Shota Suzuki Naoko Yamaguchi Tomohiro Nishida Kentaro Hiraishi 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。

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。

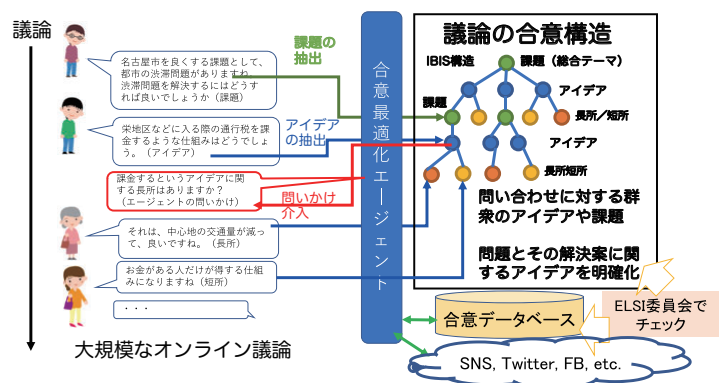


図 1: 大規模合意形成システムの概要

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) を表現するクエ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 Twitter のツイ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 を使い、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ちゃんねるの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。

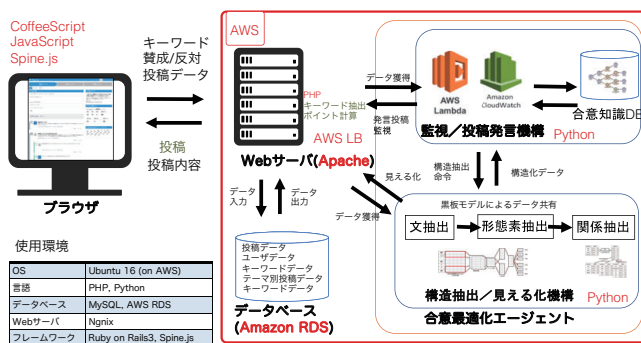


図 2: システムアーキテクチャ

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

大規模意見集約システム HAMAgree 社会実験2018 参加者募集

【実施期間】 11月1日(木)正午 - 12月7日(金)正午

【募集内容】 名古屋次期市長選合戦中継家間案について】

【参加申込】 <https://hamagree.com>

NAGAOYAの未来を
考えてみませんか？

あなたの意見を
見逃しません！

大規模意見集約システム「HAMAgree」社会実験2018 実施概要

趣 意 名古屋市長選挙の選挙設計について
 最近、選挙に市長選挙の選挙設計について、いろいろな議論がなされています。選挙設計によって選挙の結果は変わります。また、選挙の結果によって選挙のやりかたも変わります。名古屋市長選挙の選挙設計について、いろいろな議論がなされています。選挙設計によって選挙の結果は変わります。また、選挙の結果によって選挙のやりかたも変わります。

活動期間 総選挙11月1日(木)・11月18日(金)、中継家間案12月7日(金)・12月8日(土)

活動方法 大規模意見集約システム「HAMAgree」の参加
 (議題) 名古屋市長選挙の選挙設計について、いろいろな議論がなされています。選挙設計によって選挙の結果は変わります。また、選挙の結果によって選挙のやりかたも変わります。

議題テーマ 「NAGAOYAの未来」の選挙設計について
 (議題) 名古屋市長選挙の選挙設計について、いろいろな議論がなされています。選挙設計によって選挙の結果は変わります。また、選挙の結果によって選挙のやりかたも変わります。

大規模意見集約システム「HAMAgree」の参加
 (議題) 名古屋市長選挙の選挙設計について、いろいろな議論がなされています。選挙設計によって選挙の結果は変わります。また、選挙の結果によって選挙のやりかたも変わります。

大規模意見集約システム「HAMAgree」の参加
 (議題) 名古屋市長選挙の選挙設計について、いろいろな議論がなされています。選挙設計によって選挙の結果は変わります。また、選挙の結果によって選挙のやりかたも変わります。

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³, 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。

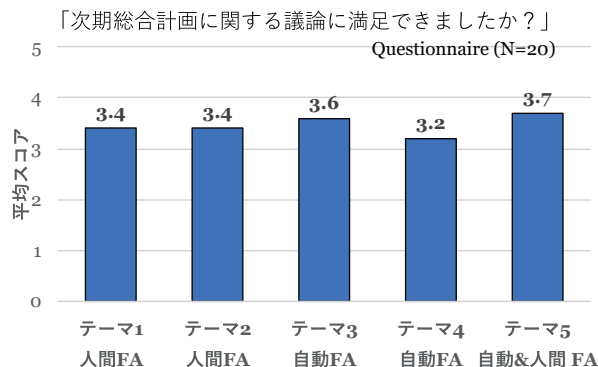


図 4: 実験結果: アンケート結果

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ともなりえる上、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。

謝辭

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 3rd 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一自動ファシリテーションエージェントの実現に向けて一, 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)