

共同企画

共同企画7

医学医療における AI応用

2021年11月20日(土) 09:10 ~ 11:10 B会場 (3号館3階国際会議場)

[3-B-1-04] 生活の安心安全を支えるデータ知識融合 AI -日常生活空間に埋め込まれる次世代 AIに向けて-

*福田 賢一郎¹ (1. 産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 人工知能研究センター)

*Kenichiro Fukuda¹ (1. Artificial Intelligence Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

キーワード : Artificial Intelligence, Knowledge Representation, Ontology, Deep Learning

深層学習がもたらしたデータ駆動 AIのブレークスルーにより個別アプリケーションへの AIの活用は飛躍的に進んだ。しかしながら、少子化と超高齢社会の進行により喫緊の課題となっている介護や子供の生活安全支援など、日常生活空間の中で人によりそう AIの実現にはまだ大きな課題が残されている。人はヒヤリハットなど稀にしか発生しないデータ量の少ない事象に対しても、暗黙的な知識と明示的な知識をうまく組み合わせて対処しているように見受けられる。日常生活空間での人の活動は、人やモノおよびその相互作用など個別性の高い、さまざまな要素で構成される。この個別性の高い観察データをどのように解釈し AI応用を構築するかは、依然として、環境・タスク・人に関する知識をもった人間に依存している。この知識をある程度明示的に計算機システムに取り込まない限り、人の生活空間での AI応用、特に、人の安全と安心を目指した人間中心の AI応用には大きな限界がある。本講演では、日常生活空間での AI応用の実現に向け、人から AIへの働きかけを拡大し、人間の有する知識をシステム内にある程度明示的に表現することを目指し、データ駆動 AIと知識駆動 AIのふたつのアプローチを融合する取り組みについて紹介する。

生活の安心、安全を支えるデータ知識融合 AI - 日常生活空間に埋め込まれる次世代 AI に向けて -

福田賢一郎*1

*1 産業技術総合研究所人工知能研究センター

Data Knowledge Integration AI to support daily living activity - toward next generation AI for safety and healthy living -

Ken Fukuda*1

*1 Artificial Intelligence Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The breakthrough in data-driven AI has dramatically advanced the use of AI in many applications. However, there is still a great deal of work to be done to realize AI that can help people in their daily lives, such as in nursing care and safety support for children, which are urgent issues due to the declining birthrate and super-aging society in Japan. Human activities in daily living spaces are composed of various elements that are highly individualized, such as people, objects, and their interactions. How to incorporate this highly individual observational data and build AI applications is still dependent on human knowledge about the environment, tasks, and people. Unless this knowledge is explicitly incorporated into computer systems to some extent, AI applications in human living spaces, especially AI applications aimed at human safety and security, will be severely limited. In this document, we will overview some efforts to integrate the two approaches of data-driven AI and knowledge-driven AI in daily life space domain.

Keywords: Artificial Intelligence, Knowledge Representation, Ontology, Deep Learning

1. 緒論

日常生活空間での人の活動は、人やモノおよびその相互作用など個別性の高い、さまざまな要素で構成される。この個別性の高い観察データをどのように解釈し AI 応用を構築するかは、依然として、環境・タスク・人に関する知識をもった人間に依存している。この知識をある程度明示的に計算機システムに取り込まない限り、人の生活空間での AI 応用、特に、人の安全と安心を目指した人によりそう AI 応用には大きな限界がある。

本稿では、日常生活空間での AI 応用の実現に向け、データ駆動 AI と知識駆動 AI のふたつのアプローチを融合する取り組みについて紹介する。2 節、3 節でデータ駆動 AI と知識駆動 AI を融合するための関連技術の概要と動向を概観し、4 節で要素技術の研究事例を紹介する。5 節で全体を振り返る。

2. 知的システムの歴史

計算システムに知的な処理をさせたいという計算機科学の長い研究の歴史がある中で、深層学習の成果により人間の視聴覚に相当する画像処理や音声処理などセンサーデータの認識、識別が飛躍的に進化した。一方で、外界の認知もしくは認知した後の知的な処理の現状はどうだろうか。

2.1 知識ベース

人間の“知的な活動”という場合、その活動が何であれ、知的活動は“知識”によって裏付けられていると考えられる¹⁾。すなわち、視聴覚から受け取った情報を認知する過程で、我々がこの世界について知っている知識もしくは知っていると感じている知識を適切に参照して行動を取っている。

また人間社会は、稀にしか発生しないが重大な事例を、集約して明示的に言語化することで、集合知として活用することができる。安全に係る各種の標準や認証制度、医療における症例の蓄積はそのような事象の例である。その結果、人はデータ量の少ない事象に対しても、暗黙的な知識と明示的な知識

をうまく組み合わせて対処できている。

人工知能研究の分野では 1960 年代後半から、このような知識を計算機の中に表現した知識ベースを構築することで、論理推論などある種の自動推論を実現できるという考えから、人間の知識を明示的に記述して計算機に知的処理をさせるエキスパートシステムの研究がさかんに行われた。

様々なエキスパートシステムが提案され産業用の実用的なシステムが多く開発された。しかしながら、基本原理は直感的でシンプルであったが、現実の問題を扱った際に芋づる式に知識の拡張が必要になり、容易に複雑化していくケースも少なくなかった。

2.2 知識を記述するための工学

当時のエキスパートシステムの問題点は、知的システムの構成要素として知識の取り扱いが重要であることが理解されていた一方で、知識を記述する工学的な学問が存在しないことであった。このため、人間のエキスパートからコストをかけて知識を抽出し、記号表現に変換して新しい知識を知識ベースに追加しても、汎用性や再利用性が低いため知識が積み上がっていかず、また登録した大規模知識を管理できなくなる問題を抱えていた。

人間が言語で表現した知識には依然として前提となる仮定や現実世界の事象を捉える視点の曖昧性が残されていた。例えば、「先生は人間です」は正しいのか？（「先生」は職業であり「人間」は生物である）あるいは、自転車から車輪など部品を順々に取り外していったならば自転車はいつまで自転車なのか？²⁾といった議論を解決するためには、世の中を記述する前提に対する合意の工学的で合目的かつ明示的な記述方法とその記述を一貫して遵守する技術体系が必要となる。この問題が計算機科学の research question として認識されオントロジー (ontology) というひとつの研究分野として体系づけて研究されるようになったのは 1993 年にスタンフォード大学の Tom Gruber 博士が“An ontology is a specification of a conceptualization.”³⁾と定義してからであった。オントロジーは

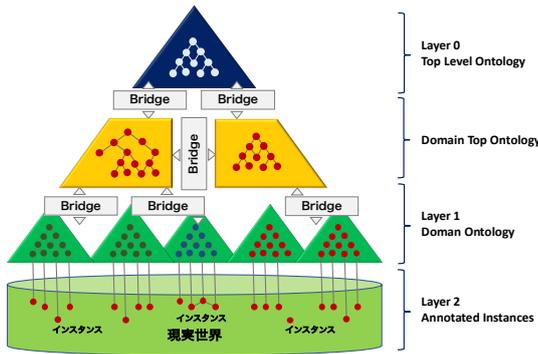


図1 トップレベルオントロジーとドメインオントロジー
 ([文献 9, p154] を参考に改変)

哲学の存在論(Ontology)に由来する。1993年以前の人工知能研究でもCyC⁴⁾など“Ontology”という単語への言及はあるが、応用哲学から定義なしに用語を流用している側面があり、計算機科学としてのオントロジー研究が始まったのは1993年以降であるといえる。日本国内では、オントロジー研究を第2次AIブーム時代の論理プログラミング研究や知識ベース研究と同一視して混同しているケースがあるが⁵⁾、計算機科学のオントロジー研究は第2次AIブームが終了した後に誕生した学問分野であり、また知識ベース研究はオントロジー研究の応用の一例に過ぎず、このような認識は誤りである。

2.3. オントロジー研究の発展

オントロジー研究の進展により現在では再利用可能な様々なオントロジーが存在する。大まかな分類としては、非常に汎用的な概念(永続的に存在するモノ的な概念や時間に依存して発生・消失するコト的な概念、など)の記述を規定するトップオントロジー⁶⁾⁷⁾⁸⁾と各種専門領域の概念を規定するドメインオントロジーから構成される(図1)⁹⁾。科学に大きく貢献したドメインオントロジーの例がGene Ontology¹⁰⁾¹¹⁾である。マイクロアレイ解析技術の普及と連動して生物種横断的に遺伝子の機能を記述するための語彙体系をマイケル・アッシュバーナー博士のカリスマ性のもとで主要モデル生物種データベース開発者たちを中心に構築された。もう一つの大きな研究の進展がオントロジーとWeb技術との融合である¹²⁾。その結果、記述言語や検索言語など基盤となるソフトウェア技術が成熟していき、知識グラフ(Knowledge Graph)¹³⁾としてあらためて注目されるようになった。

3. 知識グラフ技術

知識グラフは関心の対象である物事とその間の関係をリンクで書き表し(例えば、(俳優A)-[出演]->(映画B))、事実に知識に構造を与える非常に柔軟で強力な知識表現手法である。GAF¹⁴⁾をはじめ様々なエンタープライズ・ソフトウェアで重要な役割を果たしている¹⁴⁾。通常はオントロジーによりリンクの意味に制約が課せられている。大規模グラフデータとして知識が記述されることで、グラフ構造をベクトル空間に埋め込む知識グラフ埋め込み(Graph Embedding)技術¹⁵⁾やグラフ・ニューラル・ネットワーク(GNN)技術¹⁶⁾などデータ駆動型のアプローチが適用可能となり、情報推薦などに応用されるようになった。

3.1 知識グラフによるコトの記述

ロボットやAIが人と協働するためには、対象の人間がどこで何をしているかの情報が必要である。近年、人の行動識別を実現しようとする研究が非常に活発になってきている。

知識グラフの研究でも、DBpedia¹⁸⁾のような静的な事実に知識以外にも、複数の人間のインタラクションが織り成す状況などコトに関する情報を知識グラフで記述する研究が進んでいる。ナレッジグラフ推論チャレンジ¹⁹⁾はデータ知識融合的なAI技術を競うコンペティションで、主催者がシャーロック・ホームズの小説の各シーンの描写を“イベント”の系列で記述した知識グラフとして公開し、応募者は複数の小説のそれぞれの犯人を当てるAI技術を競う。MovieGraph²⁰⁾は映画のシーンに対して登場人物間でどのような社会的営みが繰り返されているかの詳細なグラフ構造のアノテーションを提供している。他にも熟練従業員の接客スキル習得支援²¹⁾やエスノグラフィによる製品開発支援²²⁾、介護での見守り支援を想定して、深層学習モジュールが認識系として動画像から人物や物体を検知した際に映像内の文脈を知識グラフで構造化しビデオ・インデキシングする技術が開発されている。

4. 日常生活の安全・安心に係る AI

日常生活での人によりそうAIの開発においては、人がどこでどのような動作をしているかを識別するだけでは十分ではない。高齢になれば日常生活行動には多かれ少なかれ何かしらのリスクが伴う。生活行動には当事者の実現したい生活機能²³⁾の目的とリスクのトレードオフがあり、期待されるAIの機能は当事者の生活意図を理解し“うれしさ”²⁴⁾を維持しつつリスクの少ない代替手段を提案することであると考えられる。

4.1 安全・安心に係る日常生活の記述

Nishimuraら²⁵⁾はWHOの国際生活機能分類(ICF)のカテゴリ名を再利用し日常生活行動の文脈を表現するためのオントロジーを構築している。構築されたオントロジーは追加された中間概念を含めて284のクラスで構成され、オントロジーの網羅性の評価を実際の介護映像へのアノテーション(図2)とデータ駆動型AIによる常識推論に用いられるデータリソースに基づいて行っている特徴がある。

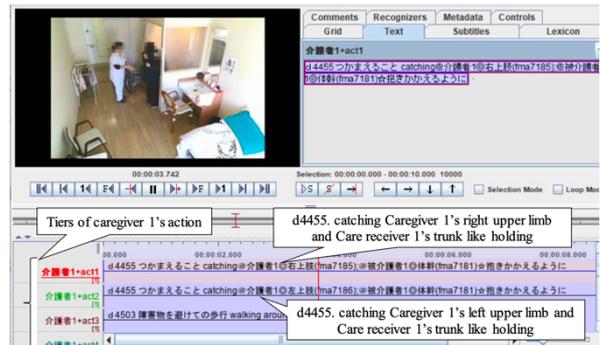


図2 介護映像へのオントロジーのアノテーション
 ([文献 25 Fig2] から引用)

4.2 データ知識融合による生活行動の類型化

データ駆動型AIは基本的にデータ・ハングリーな手法であり、学習データが不足する際にはデータ拡張の手法を用いてデータ量を増やす手法が取られることがある。日常生活空間というプライバシー性の高い空間を支援するAI開発ではデータ量は常に問題となる。Egamiら²⁶⁾は記号表現で定義された基本的な人間動作を組み合わせることで仮想空間のシミュレーションを用いて日常生活データの知識グラフを生成している。また、シミュレーションで生成された大規模な知識グラフから類似する生活行動を知識グラフ埋め込みで類推できること

を示している²⁷⁾。

5. まとめ

日常生活空間での AI 応用の実現に向け、データ駆動 AI と知識駆動 AI のふたつのアプローチを融合する取り組みについて概観してきた。

深層学習のブレイクスルーによってデータ駆動 AI が第3世代 AI としてめざましく発展し、一方で、第2世代 AI が明らかにした記号的知識を管理する工学の不在の反省からオントロジー研究が誕生し、生命科学など様々な分野を支える基盤技術として成熟していった。

人の生活行動の意図や状況に関する知識の記述をデータ駆動 AI に入力するチャンネルを拡大するデータ知識融合研究の進展は、日常生活に埋め込まれた人によりそう AI やロボットの開発のためにさらなる進展が期待される。

謝辞

この成果の一部は、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) の委託業務 (JPNP20006) の結果得られたものです。本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP/ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」(管理人: NEDO) によって実施されました。

参考文献

- 1) Ronald Brachman and Hector Levesque. Knowledge Representation and Reasoning, Morgan Kaufmann, 2004. ISBN: 9781558609327.
- 2) 溝口理一郎. オントロジー工学. オーム社, 2005.
- 3) T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition, 5(2): 1993, 199–220. <http://tomgruber.org/writing/ontologia-kaj-1993.htm>
- 4) Douglas B. Lenat, R. V. Guha, Karen Pittman, Dexter Pratt, and Mary Shepherd. Cyc: toward programs with common sense. Commun. ACM 33, 8 (Aug. 1990), 30–49. DOI:<https://doi.org/10.1145/79173.79176>
- 5) 浅川伸一, 江間有沙, 工藤郁子, 他. 深層学習教科書 ディープラーニング G 検定(ジェネラリスト) 公式テキスト. 2018. 翔泳社.
- 6) Mizoguchi, R. and Fumiaki Toyoshima. YAMATO: Yet Another More Advanced Top-Level Ontology with Analysis of Five Examples of Change. 2017, JOWO. http://www.hozo.jp/onto_library/upperOnto.htm
- 7) Robert Arp, Barry Smith and Andrew Spear. Building Ontologies With Basic Formal Ontology. 2015, MIT Press.
- 8) Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Oltramari, A.. DOLCE : Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering. “WonderWeb Deliverable D18 Ontology Library”, 2003, IST Project 2001–33052 WonderWeb:Ontology Infrastructure for the Semantic Web.
- 9) C.M. Keet. An Introduction to Ontology Engineering. 2018, College Publications.
- 10) Ashburner et al. Gene ontology: tool for the unification of biology. Nat Genet. May 2000;25(1):25–9.
- 11) The Gene Ontology resource: enriching a GOLD mine. Nucleic Acids Res. Jan 2021;49(D1):D325–D334.
- 12) <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>
- 13) Amit Singhal. Introducing the Knowledge Graph: things, not strings. 2012, <https://blog.google/products/search/introducing-knowledge-graph-things-not/>
- 14) Natasha Noy, Yuqing Gao, Anshu Jain, Anant Narayanan, Alan Patterson, Jamie Taylor. Industry-Scale Knowledge Graphs: Lessons and Challenges. Communications of the ACM, Vol. 62 No. 8, August 2019, Pages 36–43, DOI:10.1145/3331166
- 15) Q. Wang, Z. Mao, B. Wang and L. Guo. Knowledge Graph Embedding: A Survey of Approaches and Applications. in IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 29, no. 12, 2017, pp.2724–2743, doi:10.1109/TKDE.2017.2754499.
- 16) Z. Wu, S. Pan, F. Chen, G. Long, C. Zhang and P. S. Yu. A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks. in IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 32, no. 1, Jan. 2021, pp. 4–24. doi:10.1109/TNNLS.2020.2978386.
- 17) Sören Auer, Christian Bizer, Georgi Kobilarov, Jens Lehmann, Richard Cyganiak, and Zachary Ives. DBpedia: a nucleus for a web of open data. In Proceedings of the 6th international The semantic web and 2nd Asian conference on Asian semantic web conference (ISWC’07/ASWC’07). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007, 722–735.
- 18) 川村隆浩, 江上周作, 田村光太郎, 外園康智, 他. 第 1 回ナレッジグラフ推論チャレンジ 2018 開催報告—説明性のある人工知能システムを目指して—. 人工知能, 人工知能学会, Vol.34, No.3, 2019, pp.396–412.
- 19) Paul Vicol and Makarand Tapaswi and Lluís Castrejon and Sanja Fidler. MovieGraphs: Towards Understanding Human-Centric Situations from Videos. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018.
- 20) K. Fukuda, J. Vizcarra, S. Nishimura. Massive semantic video annotation in high-end customer service. International Conference on Human-Computer Interaction, 2020, pp.46–58.
- 21) J. Vizcarra, S. Nishimura, K. Fukuda. Ontology-based human behavior indexing with multimodal video data. In Proc. of IEEE 15th International Conference on Semantic Computing (ICSC), 2021, pp.262–267.
- 22) 西田佳史. 生活をデザインする:生活機能構成学のアプローチ: 1. 生活を科学的にデザインする:生活構造データベースによる生活機能構成. 情報処理, vol.54, no.8, 2013, pp.772–778.
- 23) 井上美喜子, 北村光司, 西田佳史, 満行泰河, 大和裕幸. うれしきネットワーク分析に基づいた生活機能統合による社会参加支援. 第 11 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, 2011, SI2011–3K1–4.
- 24) Nishimura S., Fukuda K. Towards Representation of Daily Living Activities by Reusing ICF Categories. In: Gao Q., Zhou J. (eds) Human Aspects of IT for the Aged Population. Supporting Everyday Life Activities. HCII 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12787, 2021, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78111-8_30.
- 25) Egami, S., Nishimura, S., Fukuda, K. VirtualHome2KG: Constructing and Augmenting Knowledge Graphs of Daily Activities Using Virtual Space. Proceedings of the ISWC 2021 Posters & Demonstrations and Industry Tracks co-located with 20th International Semantic Web Conference, 2021, (to appear).
- 26) Shusaku Egami, Satoshi Nishimura, Ken Fukuda. A Framework for Constructing and Augmenting Knowledge Graph Using Virtual Space: Toward Analysis of Daily Activities. In Proc of The 33rd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence 2021 (ICTAI2021), 2021, (to appear).