

第1回ナレッジグラフ推論チャレンジ2018

～解釈可能な人工知能を目指して～

The First Knowledge Graph Completion Challenge 2018

- Toward the Interpretable AI -

川村 隆浩 *¹ 江上 周作 *² 長野 伸一 *³ 大向 一輝 *⁴ 森田 武史 *⁵ 山本 泰智 *⁶
 Takahiro Kawamura Shusaku Egami Shinichi Nagano Ikki Ohmukai Takeshi Morita Yasunori Yamamoto
 古崎 晃司 *⁷
 Koji Kozaki

*¹科学技術振興機構

Japan Science and Technology Agency

*²電気通信大学

University of Electro-Communications

*³東芝

Toshiba Corp.

*⁴国立情報学研究所

National Institute of Informatics

*⁵慶應義塾大学

Keio University

*⁶ライフサイエンス統合データベースセンター

Database Center for Life Science

*⁷大阪大学

Osaka University

This paper describes a new challenge for addressing knowledge graph completion held in Japan, 2018. Deep learning techniques have opened a new vista of Artificial Intelligence and promoted applying the AI-related systems to a wide variety of social systems. However, security and safety of such AI systems in addition to the interpretability of AI decision would become extremely important accordingly, as already warned in several communities. Therefore, the Special Interest Group (SIG) on Semantic Web and Ontology of JSAI organized the challenge, in which a knowledge graph showing well-known novels of Sherlock Holmes is openly constructed, and techniques for reasoning or completing the missing information about criminals that was intentionally removed from the knowledge graph are recruited from the general public. The SIG has started the challenge at the 32nd JSAI Annual Conference 2018, and hopes many participants concerned will have an active discussion to this end.

1. チャレンジ開催の背景

近年, Deep Learning を起爆剤として人工知能 (AI) 技術への関心が高まっている. 今後, AI 技術は幅広く普及し, さまざまな社会システムに埋め込まれるようになるだろう. 更には, 人の手を離れてシステム自身に決定的な判断を任せようになると予想される. しかし, 安全・安心に社会の中で AI を活用していくためには, AI によるシステムが正しく動作しているかを検証する技術や品質保証が必要となる. そのため, AI が判断に至った理由を説明できる, 解釈可能性 (interpretability) を有する AI 技術が必須となるだろう. 既にこの点は国内外で指摘され, Neural Information Processing Systems (NIPS) など Deep Learning に関する国際会議においても Interpretable Machine Learning といったシンポジウムが開かれている.

そこで, 本会セマンティック Web とオントロジー (SWO) 研究会では, 解釈可能性の高い AI に関する最先端技術の共有と研究開発の促進を図るため, 推論に関するチャレンジを開催する.

2. 関連研究

関連する研究動向の一部として, 国際会議 International Semantic Web Conference (ISWC) 2017 における推論の動向を紹介する (セッション Reasoning I, II より). [1] では, 工場などで使われているデータ・ドリブンのルールをオントロジーを用いて抽象化し, 再利用可能にしたルールシステムを構築し, Siemens でプロトタイプ実証を行った結果について示

している. 実応用の観点で評価され Best In-Use Paper を受賞した. [2] では, ルールを含めて内部表現を Tensor で統一し, 推論から機械学習までを一貫通する大規模データ処理フレームワーク SANSa を提案し, Apache Spark とも連動させることで Best Demo Paper を受賞している. [3], [4] はいずれも昨今注目を集めているストリーム推論にフォーカスしており, [3] では表現力 (expressiveness) と実時間性 (runtimes) を両立させた推論エンジン Laser を提案している. また, [4] ではストリーム推論用ベンチマーク環境をオープンソースとして提供している. [5] では, オントロジー (DL) 推論エンジンを効率と正確さでランキングするメタ推論エンジンを提案し, 1954 セットのオントロジーに基づいて HermitY や FaCT++, Racer, Pellet など 10 の推論エンジンを調査した結果を示している.

上記以外にもナレッジグラフ補完 (completion) に関する研究や, 前章で述べた機械学習系における解釈可能性へのアプローチなども注目すべき研究と言えるだろう. しかし, いずれにおいても後述する本チャレンジに類似するプロジェクトは見つかっていない.

3. 推論チャレンジの概要

SWO 研究会では, 本チャレンジに関する企画委員を任命し, 研究会顧問らを含めて議論を重ねた結果, 推理小説を対象とした犯人当てのタスクとして設計することとした. 理由としては, 犯人は論理によって導かれること, 小説が広く一般に知られていること, 現実の問題を一部反映していることなどが挙げられる. 具体的には, シャーロック・ホームズの短編小説いずれかを対象とし, 事件や背景, 人物像を知識化したナレッジ

連絡先: 川村 隆浩, 国立研究開発法人 科学技術振興機構 情報分析室, takahiro.kawamura(at)jst.go.jp

ラフ *1 から自動的に犯人を推論 (推理) することを目的とする。推論 (または推定) する手法は問わない。例えば、以下のような方法が考えられるだろう。

- 手法 1 クエリー言語 SPARQL でナレッジグラフを検索して探す。例えば、特定の時間に特定の場所に居た人を Union で探す、など
- 手法 2 一階述語論理に基づくルールを加えて推論する。例えば、ナイフに個人の指紋がある ⇒ 犯人である、など
- 手法 3 オントロジーに基づいて記述論理で推論する。例えば、犯人クラスを定義し、犯人候補との包摂関係を推論する、など
- 手法 4 機械学習を用いて分類、クラスタリングして推定する。例えば、他の事件における犯人の特徴群から学習・推定する、など

但し、タスク設定上、人を犯罪者扱いするからには理由をきちんと説明できることを回答の条件とする。

3.1 チャレンジタスク詳細

まず事前準備として、シャーロック・ホームズシリーズの短編小説 *2 「白銀号事件」と「赤毛組合」を題材とし、オープンワークショップを 3 回開催 (2017/11/25, 12/19, 2018/2/28) した。本ワークショップでは、ナレッジグラフの試験的な記述を通して、本タスクに必要な知識 (ナレッジグラフで記述すべき内容) とその表現方法について議論し、その結果をもとにスキーマ設計を行った (参加者の延べ人数は 80 名程度であった)。

第 1 回ワークショップ (2017/11/25) では、「赤毛組合」のあらすじを元に 3-4 名ずつのグループでナレッジグラフの試験的な記述を行ったところ、図 1 のように、登場人物間の関係性の記述が多く見られた。その結果を踏まえ、スキーマ設計の基本方針を検討する目的で行った第 2 回ワークショップ (2017/12/19) においては、ナレッジグラフとして記述すべき内容の種類を数え上げることを中心に議論した。その結果、小説内で描かれている出来事 (イベント) を中心とし、それに付随する情報として、それらのイベントに関与した人物、もの、場所、それらの関係性などを記述するという基本方針を決定した。さらに、第 3 回のワークショップにおいて、この方針に沿ったスキーマの詳細設計と、ナレッジグラフを記述する具体的な作業手順に関する議論を行った。

次にスキーマに沿ってナレッジグラフを構築するためのスプレッドシート (表) 形式のテンプレートを Google Drive にて作成し、ワークショップ参加者や SWO 研究会 ML を通じて広く賛同者を募り、小説に書かれた事実情報、登場人物の証言 (虚偽も含む)、ホームズの推理により導かれた内容など犯人を特定するに至る全ての情報を含むナレッジグラフ (以下、完全グラフ) を構築した。完全グラフ構築にあたっては 4 回目のオープンワークショップも開催した (2018/3/18, 参加者約 30 名)。尚、本来は犯人の特定に直接的には関係しない情報 (情景、状況の描写や常識など) もナレッジグラフに含めるのが良いと思われるが、2 年度目以降の課題としたい。

*1 様々な情報・データから抽出した知識をグラフ構造状に整理した知識ベースの一種。Google が検索エンジンの検索結果を拡張するために使用しているものが最も有名であり、2017 年現在、10 億のエンティティ (事象)、700 億の属性情報の定義をもつと言われている。セマンティック技術の分野では、Wikipedia の情報を元にした DBpedia や Wikidata が有名である。

*2 <https://ja.wikipedia.org/wiki/Category:シャーロック・ホームズシリーズの短編小説>

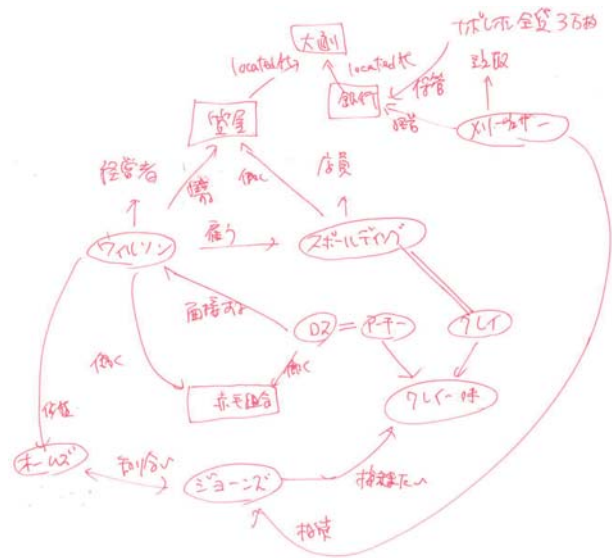


図 1: 第 1 回ワークショップで記述されたナレッジグラフの例

そして、完全グラフからホームズの推理によって導かれた犯人を特定する情報を取り除いたグラフ (以下、不完全グラフ) を作成・公開し、いずれかの手法で削除された情報を推論 (推定) し、犯人を特定する手法とその結果を募集するものである。完全グラフから取り除く情報を変えることで、比較的容易に推理できるタスクと高度なタスクなど複数用意した。

応募作品の評価ポイントは、犯人を正しく当てられていること (correctiveness) に加えて、上述の解釈可能性 (interpretability)、推論 (推定) 手法の技術的な新規性 (novelty)、実用性 (utility)、処理時間 (runtimes) など、いくつかの観点で評価する予定である。また、応募作品を通してセマンティックスによる推論と機械学習による推定、それぞれの手法の特徴を比較、評価、議論する。

3.2 ナレッジグラフおよびスキーマ

本節ではナレッジグラフのスキーマ、および「白銀号事件」に関するナレッジグラフの一部を紹介する。

スキーマ設計にあたっては、題材とする小説を表すための表現力 (expressiveness) に加えて、ナレッジグラフとしての構築のし易さや推論処理にデータとして与える際の利便性を考慮し、結果として各文を意味役割付与 (Semantic Role Labeling) し、事象 ID を中心に主語 (subject) や述語 (predicate)、目的語 (object) など主に 5W1H をエッジとして持つスキーマとした。各文を表すサブグラフの ID を参照することで時系列的な行動や事象の因果関係、さらには人や組織、場所に関する静的な情報も併せて記述できる。但し、一般常識を公理として記述したり、小説内で使用される時刻表のような情報を表すには別途、ルールやテーブル形式のデータも活用する。また、グラフ構築の負担を減らすため、一部、文章内の文字列をリテラル値としてそのまま入力することも許している。

そして、スキーマに沿ってナレッジグラフを構築するにあたり、図 2 のようなシートを一般に公開した。図 2 は事象 (event) を記述するためシートの一部であるが、他に静的なオブジェクトを記述するためのシートも作成、公開した。賛同者には小説内の段落を割り振り、該当する項目を埋めてもらい、最後に一括してナレッジグラフに変換した。尚、シートの記載にあたってはクラウドソーシングも活用した。実際に構築されたナレ

記述内容	必須	説明	ID	Property	Object(原文)	Object(統制ラベル)	展開フラグ	関連ID
ID	○	1文(または、ひとまとまりの述語)単位でユニークなIDを付与 ※IDを記述する行は特別扱い、IDと原文の紐づけ	E-00001	source	Aさんの話によると、白銀号が失踪した晩、予想屋と思われる怪しい男が白銀号の厩舎に、こっそりとやってきた。			
event-type	○	事実の描写や誰かの発言、予想(推理)など		event-type		証言		
information-source		事実の描写でない場合は、情報源を明記		information-source	Aさんの話によると	Aさん		
main-predicate	○	主となる述語		main-predicate	やってきた	来た		
5W1H ※必要に応じProperty追加				who	予想屋と思われる怪しい男が	予想屋の男		
		whereはTo,From,ATなど複数定義		to-where	白銀号の厩舎に	白銀号の厩舎		
				when	白銀号が失踪した晩	白銀号が失踪した晩	○	O-00001
				what				
				why				
				how	こっそりと			
event-relation		他のイベントとの関係(same-time, because, thereforeなど)		same-time	その時、番犬は吠えなかった。		○	E-00002
ID			E-00002		その時、番犬は吠えなかった。			
...								

図 2: ナレッジグラフ構築シート (一部)

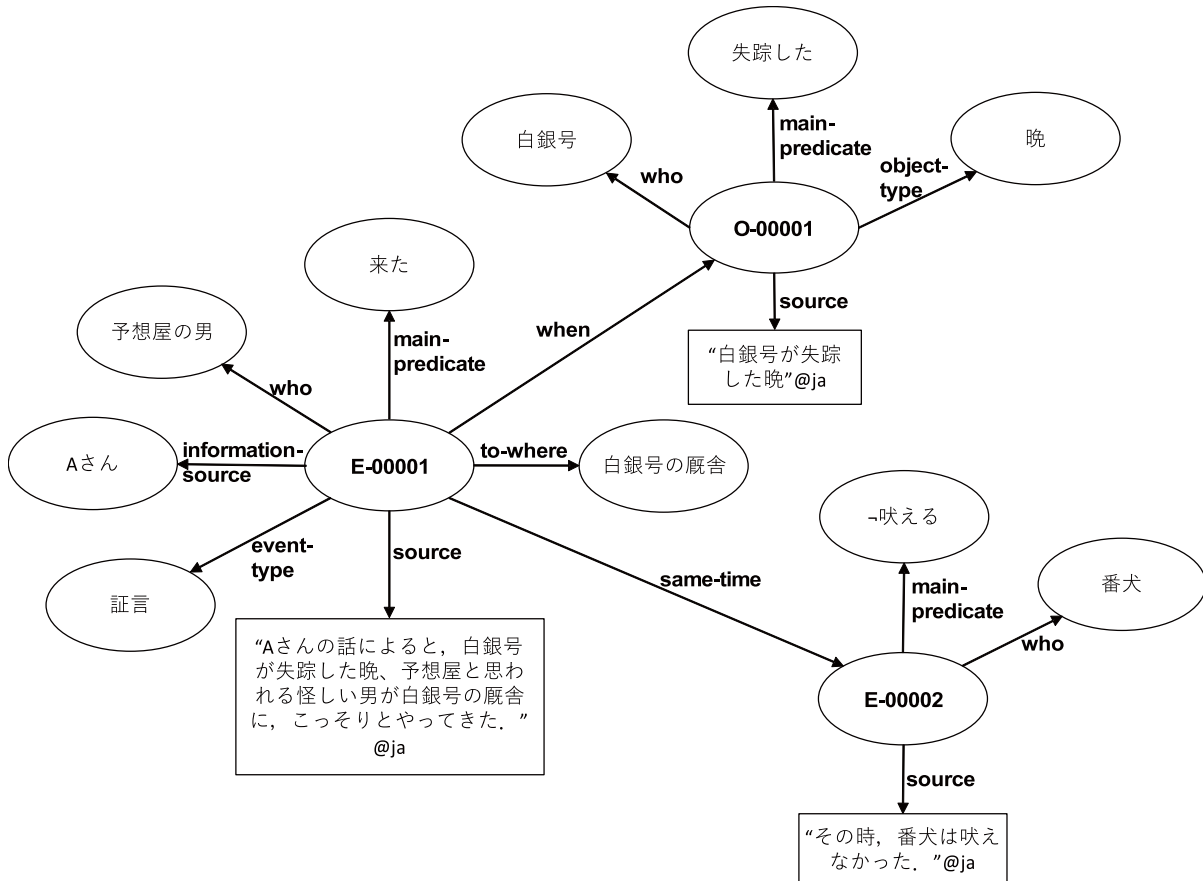


図 3: ナレッジグラフ (一部)

ジグラフの一部を図 3 に示す。

3.3 本タスクの学術的位置付け

本タスクは、ナレッジグラフの補完 (Knowledge Graph Completion)^{*3} の一種として一般化することができ、ナレッジグラフを含むさまざまな知識ベースの構築、保守、更新などに適用できる汎用的な問題設定として位置づけることができる。但し、現実問題へのフォーカスを想定し、精度と解釈可能性を重視している点やナレッジグラフに虚偽情報も含まれている点、さらにナレッジグラフが必ずしも大規模ではない点などに独自の難しさがある。

4. 開催スケジュール

上述したように、これまで 4 回のワークショップを通して、スキーマ設計およびナレッジグラフ構築を行ってきた。今後は、本発表を以ってナレッジグラフを公開し、チャレンジをスタートする。詳細は、本チャレンジのサイト^{*4}を参照して欲しい。

チャレンジ応募は、2018 年 10 月末日とし、11 月に予定されている国際会議 8th Joint International Semantic Technology Conference (JIST 2018)(11/26-28, 淡路島)^{*5} の併設イベントとして授賞式を開催する予定である。また、チャレンジの概要、応募作品の評価等に関しては、本会論文誌に寄稿を予定している。更に、2 年度目以降は国際イベントとし、海外からの参加も募りたい。ナレッジグラフ構築の自動化など、タスクの範囲を広げることも検討している。

5. おわりに

本論文では、解釈可能な AI 技術の深耕を目的として、推理小説を題材としたナレッジグラフから犯人を推理 (グラフを補完) するチャレンジの企画・開催について述べた。本チャレンジは本会 SWO 研究会が中心となって進めているものであるが、広く一般から協力を仰いでデータを構築・公開し (オープンデータ)、応募された技術を共有することで更なる発展を期待する (オープンサイエンス) の形式で進めているものである。本チャレンジは 2018 年度人工知能学会全国大会開催日より約半年間の日程でスタートする。是非、チャレンジへの参加をご検討されたい。

謝辞

本チャレンジ開催にあたりまして、これまで 4 回に渡るワークショップ参加者の皆様へ感謝申し上げます。

参考文献

- [1] G. Mehdi, E. Kharlamov, O. Savkovic, G. Xiao, E. G. Kalayci, S. Brandt, I. Horrocks, M. Roshchin, T. Runkler: Semantic Rule-Based Equipment Diagnostic, Proc. ISWC 2017.
- [2] J. Lehmann, G. Sejdin, L. Buhmann, P. Westphal, C. Stadler, I. Ermilov, S. Bin, N. Chakraborty, M. Saleem, A.-C. N. Ngomo, H. Jabeen: Distributed Semantic Analytics using the SANS Stack, Proc. ISWC 2017.

*3 機械学習問題の 1 つとして知られており、WordNet や Freebase を対象にして実験・評価した研究が多数存在する。

*4 <http://challenge.knowledge-graph.jp/>

*5 <http://jist2018.knowledge-graph.jp/>

- [3] H. R. Bazoobandi, H. Beck, J. Urbani: Expressive Stream Reasoning with Laser, Proc. ISWC 2017.
- [4] R. Tommasini, E. D. Valle, A. Mauri, M. Brambilla: RSPLab, RDF Stream Processing Benchmarking made easy, Proc. ISWC 2017.
- [5] N. Alaya, M. Lamolle, S. B. Yahia: Multi-Label Based Learning for Better Multi-Criteria Ranking of Ontology Reasoners, Proc. ISWC 2017.