

# シャーロックホームズのような推理をするAIを 目指して～ナレッジグラフ推論チャレンジの紹介～

2022/10/18@第59回AIセミナー

## ナレッジグラフ 推論チャレンジ

Knowledge Graph Reasoning Challenge

古崎晃司

人工知能研究センター 招聘研究員  
／ 大阪電気通信大学 教授





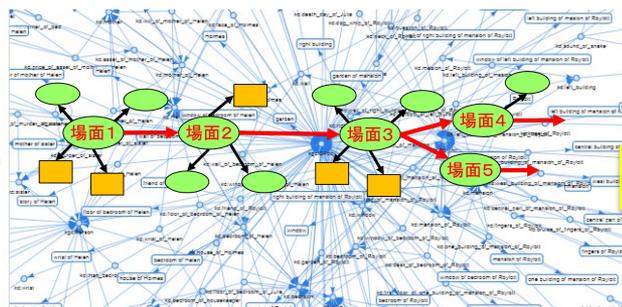
- ▶ **研究背景・目的**  
: 推論チャレンジのねらい・概要
- ▶ **知識グラフの構築**
- ▶ **応募作品の傾向**
- ▶ **今後の展開・まとめ**

## ナレッジグラフ推論チャレンジ(2018~)

シャーロック・ホームズのような**“推理”**(推論)ができるAIシステムの開発を目指した技術コンテスト



「ホームズ」  
の小説



「知識グラフ」としてデータ化



さまざまな「知識」を用いて犯人を推理し  
その理由を説明するAIシステムの開発

**実施  
タスク**

1. 犯人の推定
2. 推定理由の説明

## ▶ タスク(課題)の概要

- ▶ 推理小説の内容をもとに、事件の背景、起こった出来事、人物像などを知識化したナレッジグラフ(LOD)を用いて、“犯人を推理する”
- ▶ ただし、“その理由をきちんと説明できる”こと！

## ▶ 対象とする推理小説

- ▶ 「シャーロック・ホームズ」短編シリーズから、いくつかの小説を選択してナレッジグラフ(LOD)化

どのような“推理・推論・説明”に、  
どのような“知識・技術”が、どの程度必要か？  
を考察するテストケースと位置づけられる。

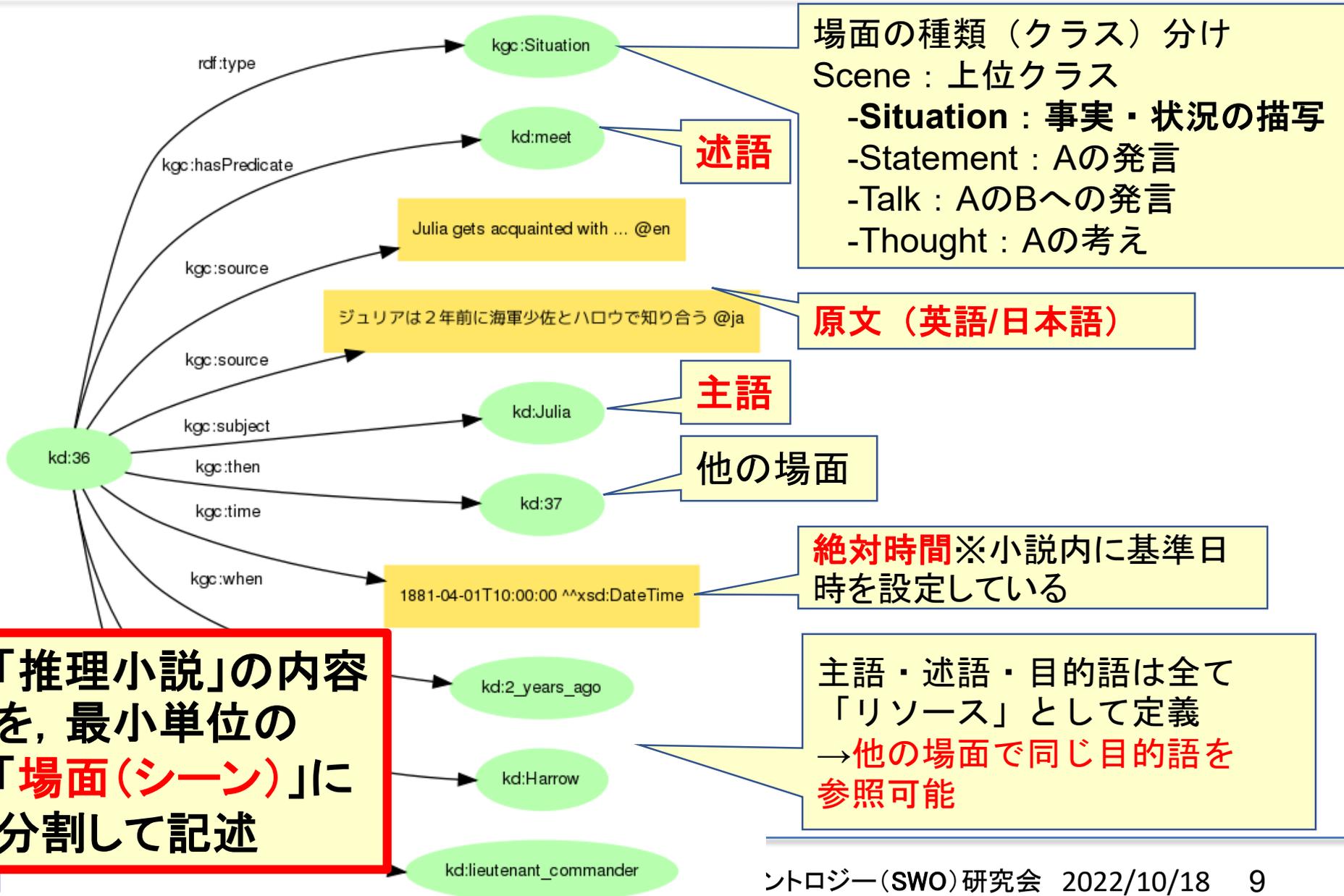
- ▶ ジュリアの死に不審な点があると、ヘレンから相談を受ける
  - ↓ ←犯人は現場にいた人【外部知識】
- ▶ 「ジュリアが死んだ日」に現場の屋敷にいた人物の一覧を取得する
  
- ▶ ジュリアが結婚すると、ロイロット博士に入るお金が減る
  - ↓ ←お金は殺人の動機になりうる【外部知識】
- ▶ ロイロット博士がジュリアを殺す動機になる

- ▶ **説明可能性(解釈可能性)**を有するAI技術に関する最新技術の促進・共有と、その分析・評価、体系化を行う。
- ▶ (将来的には、)現実社会を反映したより複雑な、例えば時間的、因果関係的、確率的関係性を含む問題を扱うため、**帰納的な機械学習(推定)と演繹的な知識活用(推論)**を融合したAI技術を対象とする。

- 現実社会の複雑な関係性を含みながら、**仮想的にクローズ**な(答えがあり, それに至る制約を制御できる)タスクを設計できる
- タスクによっては不確実情報や証拠写真など確率的な処理や機械学習を入れないと解けなかったり, **陽に書かれていない常識知識を補完**しなくては解けない等, 推定と推論の融合を促せる
- **読者が納得しないと小説として成立しない**という人間に対する説明性を有している,
- 小説が広く一般に知られており関心を引きやすい
- 今年度からは, **社会課題を対象とした新たな展開として, 推論チャレンジ【実社会版】を開催**

- ▶ **研究背景・目的**  
: 推論チャレンジのねらい・概要
- ▶ **知識グラフの構築**
- ▶ **応募作品の傾向**
- ▶ **今後の展開・まとめ**

# 知識グラフの構造

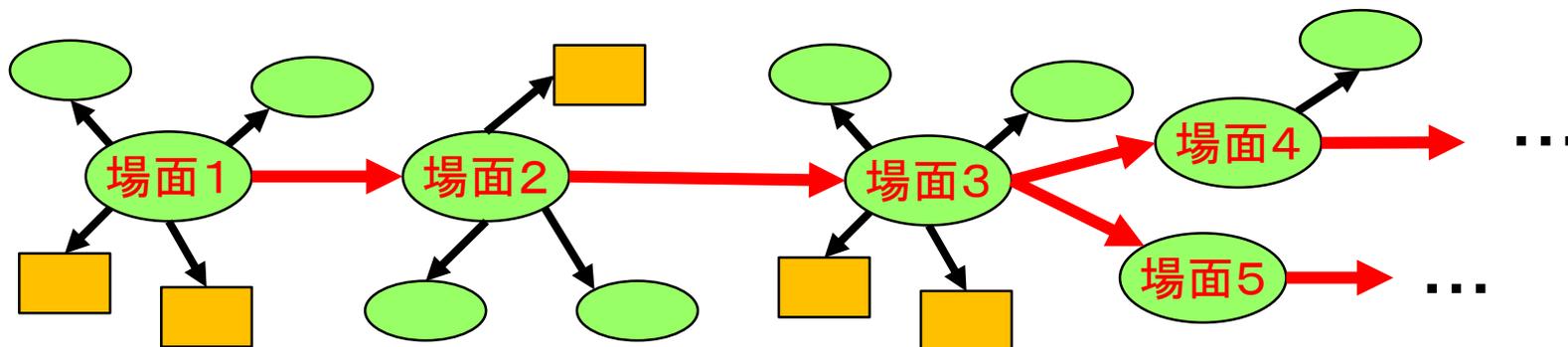


## ➤ 場面を表現するプロパティ

- **subject**: その場面の記述において主語となる人や物
- **hasPredicate**: その場面の内容を表す述語
- **場面の詳細を表す目的語**: whom(だれに), where(どこで), when(いつ), what(何を), how(どのように), ...etc.
- **time**: その場面が起こった絶対時間(xsd:DateTime)
- **source**: その場面の原文(英語/日本語のリテラル)

## ➤ 場面間の関係を表現するプロパティ

- **then, if, because, ...etc.**



ジュリアは二年前のクリスマスにそこへ参りまして、休職中の海軍少佐の方と出会い、婚約の運びとなったのでございます。

## 1. 推理小説(日本語)から推理に必要な部分を抽出 (約300~500文)

subject when whom where predicate subject whom predicate

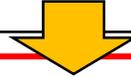
```
kd:36 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:meet;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander;  
kgc:when kd:2_years_ago;  
kgc:where kd:Harrow.
```

```
kd:37 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:engage;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander.
```

```
kd:36 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:meet;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander;  
kgc:when kd:2_years_ago;  
kgc:where kd:Harrow;  
kgc:then kd:37;  
kgc:time "1881-04-01T10:00:00"^^xsd:DateTime.
```

```
kd:37 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:engage;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander;  
kgc:then kd:38.
```

ジュリアは二年前のクリスマスにそこへ参りまして、休職中の海軍少佐の方と出会い、婚約の運びとなったのでございます。



ジュリアは2年前に海軍少佐とハロウで知り合う

ジュリアは海軍少佐と婚約した

## 2. 原文を主語や目的語が明確な文(短文)に変更

```
kd:36 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:meet;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander;  
kgc:when kd:2_years_ago;  
kgc:where kd:Harrow.
```

```
kd:37 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:engage;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander.
```

```
kd:36 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:meet;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander;  
kgc:when kd:2_years_ago;  
kgc:where kd:Harrow;  
kgc:then kd:37;  
kgc:time "1881-04-01T10:00:00"^^xsd:DateTime.
```

```
kd:37 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:engage;  
kgc:whom kd:lieutenant_commander;  
kgc:then kd:38.
```

ジュリアは二年前のクリスマスにそこへ参りまして、休職中の海軍少佐の方と出会い、婚約の運びとなったのでございます。



ジュリアは2年前に海軍少佐とハロウで知り合う

ジュリアは海軍少佐と婚約した



ジュリアは2年前に海軍少佐とハロウで知り合う  
subject when whom where predicate

ジュリアは海軍少佐と婚約した  
subject whom predicate

```
kd:36 kgc:subject kd:Julia;
kgc:hasPredicate kdp:meet;
kgc:whom kd:lieutenant_commander;
kgc:when kd:2_years_ago;
kgc:where kd:Harrow.
```

```
kd:37 kgc:subject kd:Julia;
kgc:hasPredicate kdp:engage;
kgc:whom kd:lieutenant_commander.
```

3. 自然言語処理技術(十人手での修正)を用いて、短文に意味役割(5W1Hなど)を付与  
→RDFのトリプルで表現

```
kgc:then kd:37;
kgc:time "1881-04-01T10:00:00"^^xsd:DateTime.
```

er;

ジュリアは二年前のクリスマスにそこへ参りまして、休職中の海軍少佐の方と出会い、婚約の運びとなったのでございます。



ジュリアは2年前に海軍少佐とハロウで知り合う

ジュリアは海軍少佐と婚約した



ジュリアは2年前に海軍少佐とハロウで知り合う  
subject when whom where predicate

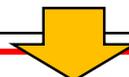
ジュリアは海軍少佐と婚約した  
subject whom predicate

kd:36 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:meet;

kd:37 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:engage;

## 4. 人手で、表記ゆれの統制, シーン間の関係付与

kgc:where kd:Harrow.



kd:36 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:meet;  
kgc:whom kd:lieutenant\_commander;  
kgc:when kd:2\_years\_ago;  
kgc:where kd:Harrow;  
**kgc:then kd:37;**  
**kgc:time "1881-04-01T10:00:00"^^xsd:DateTime.**

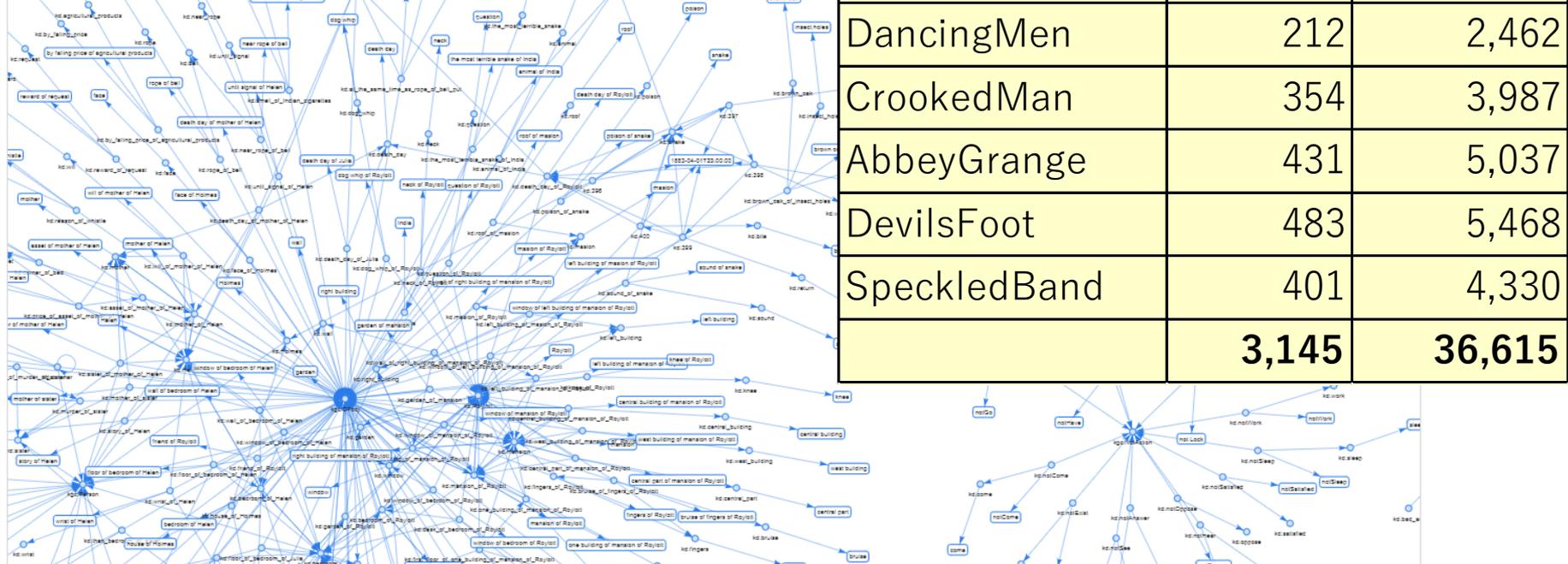
kd:37 kgc:subject kd:Julia;  
kgc:hasPredicate kdp:engage;  
kgc:whom kd:lieutenant\_commander;  
**kgc:then kd:38.**

```
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/SpeckledBand/>
SELECT ?s ?p ?o
WHERE {
?s ?p ?o .
filter(?p != rdfs:comment)
filter(?p != kgc:source)
filter(?o != kgc:Situation)
filter(?o != kgc:Action)
filter(?o != kgc:Object)
}
limit 1000
```

## クエリ言語SPARQLによる検索

SPARQL Endpoint: <http://lod.hozo.jp/repositories>

Keyword:   **グラフDB(キーワード検索も可)**



小説	場面数	トリプル数
ACaseOfIdentity	546	6,323
SilverBlaze	394	4,938
ResidentPatient	324	4,070
DancingMen	212	2,462
CrookedMan	354	3,987
AbbeyGrange	431	5,037
DevilsFoot	483	5,468
SpeckledBand	401	4,330
	<b>3,145</b>	<b>36,615</b>

公開サイト <https://github.com/KnowledgeGraphJapan/KGRC-RDF>  
可視化ツール <http://knowledge-graph.jp/visualization/>

- ▶ **研究背景・目的**  
: 推論チャレンジのねらい・概要
- ▶ **知識グラフの構築**
- ▶ **応募作品の傾向**
- ▶ **今後の展開・まとめ**

## 応募作品

### ➡ 第1回ナレッジグラフ推論チャレンジ2018

- 対象ナレッジグラフ: **まだらのひも**
- 本部門, アイデア部門(実装不要)で応募開始

本部門	5
アイデア	3

### ➡ 第2回ナレッジグラフ推論チャレンジ2019

- 対象ナレッジグラフを**4つ追加**
- ツール部門(部分的なタスクを解く)の導入

本部門	4
アイデア	3
ツール	2

### ➡ 第3回ナレッジグラフ推論チャレンジ2020

- 対象ナレッジグラフ:・既存の**5つ**を洗練+・新規に**3つ追加**

本部門	3
アイデア	2
ツール	2

### ➡ 第1回学生向け！ナレッジグラフ推論チャレンジ2021

- 対象ナレッジグラフ:既存の**8つ**

本部門	2
ツール	3

### ➡ KGR4XAIワークショップ

The 1st International Workshop on Knowledge Graph Reasoning for Explainable Artificial Intelligence 2021) in **IJCKG2021**

知識グラフとして記述する内容の検討・改良を重ねてきた

# これまでの開催概要

## 応募作品

### 第1回ナレッジグラフ推論チャレンジ2018

- 対象ナレッジグラフ: **まだらのひも**
- 本部門, アイデア部門(実装不要)で応募開始

本部門 5  
アイデア 3

### 第2回ナレッジグラフ推論チャレンジ2019

- 対象ナレッジグラフを**4つ追加**
- ツール部門(部分的なタスクを解く)の導入

本部門 4  
アイデア 3  
ツール 2

### 第3回ナレッジグラフ推論チャレンジ2020

- 対象ナレッジグラフ: 既存の**5つ**を洗練+新規に**3つ追加**

本部門 3  
アイデア 2  
ツール 2

- **24の応募作品**(本部門11, ツール5, アイデア8)  
の全体的な傾向について考察

2  
3

The 1st International Workshop on Knowledge Graph Reasoning for Explainable Artificial Intelligence 2021) in **IJCKG2021**

知識グラフとして記述する内容の検討・改良を重ねてきた

# (1)中心とするアプローチ

第1回			第2回			第3回		
部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識
本部門1	知識処理	独自に作成したルール等	本部門1	知識処理 + 機械学習	小説の本文および、 独自に作成したルール、 外部情報等	本部門1	機械学習	なし
本部門2	知識処理	独自に作成したオントロジーおよび推論規則	本部門2	機械学習	なし	本部門2	機械学習	ConceptNet
本部門3	機械学習	シャーロック・ホームズの他の小説本文	本部門3	機械学習	なし	ツール部門1	知識処理	なし
本部門4	知識処理	独自ルール（犯人推定）およびオントロジー（動機）	本部門4	知識処理 (+ 機械学習)	独自作成のオントロジー、 WordNet、 Wikipedia	ツール部門2	知識処理	Wikidata
本部門5	知識処理	独自記述のルール	ツール1	機械学習	なし	アイデア1	機械学習	WordNet
アイデア1	—	なし	ツール2	—	なし	アイデア2	知識処理	Wikidata, ICD-10
アイデア2	知識処理	独自記述の知識	ツール3	知識処理	NRC Emotion / Affect Intensity Lexicon	アイデア3	機械学習	なし
アイデア3	知識処理	独自に作成したオントロジー	アイデア1	機械学習	Wikipedia			
			アイデア2	機械学習	なし			

# (1) 中心とするアプローチ

第1回			第2回			第3回		
部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識
本部門1	知識処理	独自に作成したルール等	本部門1	知識処理 + 機械学習	小説の本文および、 独自に作成したルール、 外部情報等	本部門1	機械学習	なし
本部門2	知識処理	独自に作成したオントロジーおよび推論規則	本部門2	機械学習	なし	本部門2	機械学習	ConceptNet
本部門3	機械学習	シャーロック・ホームズの他の小説本文	本部門3	機械学習	なし	ツール部門1	知識処理	なし
本部門4	知識処理	独自ルール（犯人推定）およびオントロジー（動機）	本部門4	知識処理 （+ 機械学習）	独自作成のオントロジー、 WordNet、 Wikipedia	ツール部門2	知識処理	Wikidata
本部門5	知識処理	独自記述のルール	ツール1	機械学習	なし	アイデア1	機械学習	WordNet
アイデア1			ツール			アイデア		

- 第1回ではほとんどの作品が知識処理を中心としていたが、第2回より機械学習を用いたアプローチが大幅に増加
- 双方のアプローチを相互補完的に用いる手法も見られる
- 本チャレンジのタスクが知識処理と機械学習の融合研究の対象タスクの1つとなり得ることが示唆された。

# (2)利用した外部知識

第1回			第2回			第3回		
部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識
本部門1	知識処理	独自に作成したルール等	本部門1	知識処理 +機械学習	小説の本文および、 独自に作成したルール、 外部情報等	本部門1	機械学習	なし
本部門2	知識処理	独自に作成したオントロジーおよび推論規則	本部門2	機械学習	なし	本部門2	機械学習	ConceptNet
本部門3	機械学習	シャーロック・ホームズの他の小説本文	本部門3	機械学習	なし	ツール部門1	知識処理	なし
本部門4	知識処理	独自ルール（犯人推定）およびオントロジー（動機）	本部門4	知識処理 (+機械学習)	独自作成のオントロジー、 WordNet, Wikipedia	ツール部門2	知識処理	Wikidata
本部門5	知識処理	独自記述のルール	ツール1	機械学習	なし	アイデア1	機械学習	WordNet
アイデア1	—	なし	ツール2	—	なし	アイデア2	知識処理	Wikidata, ICD-10
アイデア2	知識処理	独自記述の知識	ツール3	知識処理	NRC Emotion / Affect Intensity Lexicon	アイデア3	機械学習	なし
アイデア3	知識処理	独自に作成したオントロジー	アイデア1	機械学習	Wikipedia			
			アイデア2	機械学習	なし			

## (2) 利用した外部知識

第1回			第2回			第3回		
部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識	部門	(1)アプローチ	(2)利用した外部知識
本部門1	知識処理	独自に作成したルール等	本部門1	知識処理 + 機械学習	小説の本文および、独自に作成したルール、外部情報等	本部門1	機械学習	なし
本部門2	知識処理	独自に作成したオントロジーおよび推論規則	本部門2	機械学習	なし	本部門2	機械学習	ConceptNet
本部門3	機械学習	シャーロック・ホームズの他の小説本文	本部門3	機械学習	なし	ツール部門1	知識処理	なし
本部門4	知識処理	独自ルール（犯人推定）およびオントロ	本部門4	知識処理	独自作成のオントロジー、WordNet、	ツール	知識処理	Wikidata

- 第1回では推論に必要な知識を独自に作成したオントロジーやルール記述として用いる手法が多く見られたが、第2回以降はWordNetやWikipedia, Wikidataなどの既存のリソースを活用する手法の提案が多い  
→知識を記述に必要なコストを軽減したいという課題への対応策.
- 今後、既存のリソースが、必要な外部知識としてどの程度まで活用できるかの評価が重要な課題の一つになると思われる。

- ▶ **研究背景・目的**  
: 推論チャレンジのねらい・概要
- ▶ **知識グラフの構築**
- ▶ **応募作品の傾向**
- ▶ **今後の展開・まとめ**

## ➡ 知識グラフ構築ガイドライン

- 推論チャレンジを通して検討してきた事項を踏まえた**10項目の構築ガイドライン**の作成
- ガイドラインに基づく**知識グラフの洗練**  
→ 近日公開予定

1. 英短文はRDFへの変換が容易な構文に変換

2. 暗黙的なシーンの追加

3. 時間情報の追加

暗黙的な情報の追加

4. シーンとして扱う文の選別

5. 典型的文型からのトリプル化の統一

6. 複数の主語や目的語がある場合の分割

7. ネスト時のタイプ付け

トリプル構造の統一

8. 動詞とhasPredicateの値の対応付け [述語の統一]

9. 目的語, 補語などの単語の統一

10. 修飾語の扱いの統一

語彙の統一

## ➡ 知識グラフ構築ガイドライン

- 推論チャレンジを通して検討してきた事項を踏まえた**10項目の構築ガイドライン**の作成
- ガイドラインに基づく**知識グラフの洗練**  
→ 近日公開予定

<https://ikgrc.org/>

## ➡ ナレッジグラフ推論チャレンジ【国際版】

- The 1st International Knowledge Graph Reasoning Challenge 2023
- 17th IEEE International Conference on Semantic Computing (ICSC) のワークショップとして開催
  - ✓ **2022/11/30** 2ページの概要原稿の投稿(→書類審査)
  - ✓ **2023/2/1-3** プレゼンテーション&審査@ワークショップ

## ➡ ナレッジグラフ推論チャレンジ【実社会版】

## ▶ ナレッジグラフ推論チャレンジ

- ▶ “シャーロックホームズのような推理(推論)ができるAIシステムの開発”を目指す
- ▶ チャレンジを通して、“**説明可能性(解釈可能性)**”を有するAI技術の促進・共有と、その分析・評価・体系化を行う

## ▶ これまでの成果

- ▶ **約30の応募作品**
  - 知識グラフを用いた推論・説明生成の**事例集**
- ▶ **知識グラフの整備・公開**
  - 知識グラフを活用した技術開発のテストベッドへ
  - 知識グラフ構築のノウハウ・ガイドライン作成

過去の応募作品の資料は[公式サイト](#)にて掲載

# ご清聴，ありがとうございました。



詳細は  
**「推論チャレンジ」**  
で検索

本活動は，JSPS科研費19H04168基盤研究(B)解釈可能なAIシステムの実現に向けたナレッジグラフに基づく推論・推定技術の体系化，および人工知能学会研究会特別支援金の助成を受けたものです。

また，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。