

2018年11月25日

第43回セマンティックウェブとオントロジー(SWO)研究会

## 特別企画

# 推論チャレンジ(仮称)開催予告 ～解釈可能な人工知能を目指して～

### 配布物

- ・「赤毛組合」のあらすじ(A4両面印刷)
  - ・A4の白紙(メモ用)
- を各自1部ずつお取りください

# 本セッションのスケジュール

- 開催経緯 & セッション概要 : 5分  
(大阪大学 古崎晃司)
- 推論チャレンジの開催予告 & 開催概要 : 20-30分  
(科学技術振興機構 川村隆浩)
- 推論例のデモ : 10-15分  
(電気通信大学 江上周作)
- ミニワークショップ  
～ナレッジグラフを書いてみよう！～ : 20-30分  
(大阪大学 古崎晃司)
- 総括＋今後の案内 : 5分

# 開催経緯

- 2017年2月 第41回SWO研究会@志賀島
  - ISWC2016@神戸に次ぐ, “コミュニティとしての大きな目標設定をしたい”という議論.
  - セマンティック技術の特徴として「推論」にフォーカスした何かを行わない.
  - 「推論チャレンジ(仮称)」開催の提案
- 2017年9月～11月 SWO研究会ワークショップ
  - 「推論チャレンジ(仮称)」開催に向けた方向性について, 研究会の幹事メンバー+αで議論



# 本セッションのスケジュール

- 開催経緯 & セッション概要 : 5分

(大阪大学 古崎晃司)

- 推論チャレンジの開催予告 & 開催概要 : 20-30分

(科学技術振興機構 川村隆浩)

- 推論例のデモ : 10-15分

(電気通信大学 江上周作)

- ミニワークショップ  
～ナレッジグラフを書いてみよう！～ : 20-30分

(大阪大学 古崎晃司)

- 総括 + 今後の案内 : 5分

# 推論チャレンジ(仮称)開催予告 ～解釈可能な人工知能を目指して～

主催：人工知能学会 セマンティックWebとオントロジー(SWO)研究会

# 1. チャレンジ開催の背景

- ➡ 近年、Deep Learningを起爆剤とした人工知能(AI)技術への関心の高まり
- ➡ 今後、AI技術が普及し、様々な社会システムに埋め込まれるようになる
- ➡ 更に、人の手を離れてシステム自身に動作を任せるようになると予想されるが、
  - 安全・安心に社会の中で活用していくためには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、システムが判断に至った理由を説明できる(解釈可能性を有する)  
AI技術が必須となる
- ➡ 同時に、機械学習技術で先行されている日本にとってはチャンスでもある

解釈可能性にフォーカスした推論(推定)に関するチャレンジを開催し、認識の共有と必要な技術の開発・促進を図りたい

## 2. ISWC2017における推論の動向(Reasoning I, IIより)

---

- ➡ Entity Comparison in RDF Graphs (R)
  - SPARQLを用いた異なるグラフ内のエンティティ比較
- ➡ Semantic Rule-Based Equipment Diagnostic (U)
  - **オントロジーで一般化し(OBDA), 再利用可能にしたルールシステムでセンサー系の実問題へ適用. 産業応用の観点で評価されBest In-Use受賞.**
- ➡ Meta Structures in Knowledge Graphs (R)
  - **KG内のデータの関連性などを図るため, KGからスキーマレベルの構造を抽出するオートマトンベースの手法を提案**
- ➡ Distributed Semantic Analytics using the SANSA Stack (RS)
  - **内部表現をTensorで統一, 推論からMLまでを一気通貫する大規模データ処理フレームワークSANSAの提案. Sparkとも連動(Best Demo受賞)**

## 2. ISWC2017における推論の動向(Reasoning I, IIより)

---

- ➡ An Empirical Study on How the Distribution of Ontologies Affects Reasoning on the Web (R)
  - **さまざまなデータセットにおける分散オントロジーの推論への影響調査**
- ➡ Expressive Stream Reasoning with Laser (R)
  - **ストリーム推論エンジンLaser. 表現力expressivenessと実時間性 runtimesの両立.**
- ➡ RSPLab, RDF Stream Processing Benchmarking made easy (RS)
  - **ストリーム推論用ベンチマーク環境の提供(オープンソース)**
- ➡ Multi-Label Based Learning for Better Multi-Criteria Ranking of Ontology Reasoners (R)
  - **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の提案. 1954セットのオントロジーに基づくHermit, FaCT++, Racer, Pelletなど10の推論エンジンの内, DLではKoncludeがよいらしい.**

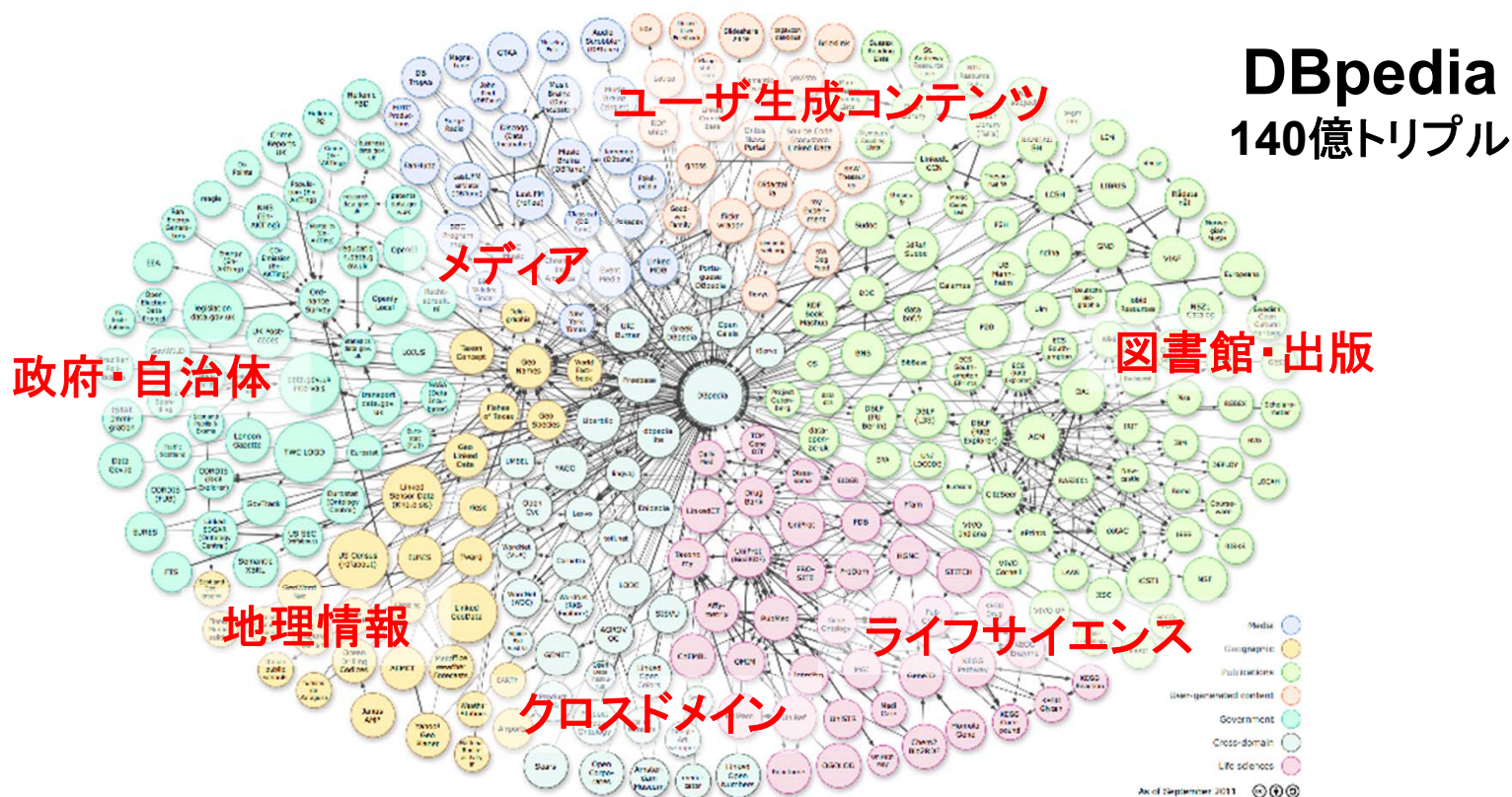


### 3. 推論チャレンジの概要

---

- ➡ 題材は「シャーロック・ホームズ」の小説とする
- ➡ タスクは、背景や人物像を知識化したKnowledge Graph (RDF形式) から、「犯人を推理する」こと
- ➡ 推理？推論？推定？する手法は、情報技術であればなんでもOK！
  - 手法1 SPARQLで検索して探す  
例) 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) 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) 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) 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, (人を犯罪者にする以上) その理由をきちんと説明できること!  
⇒ 解釈可能であること(interpretability)

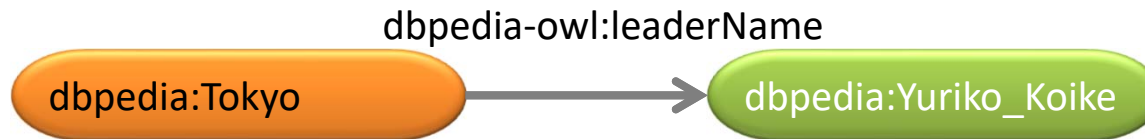
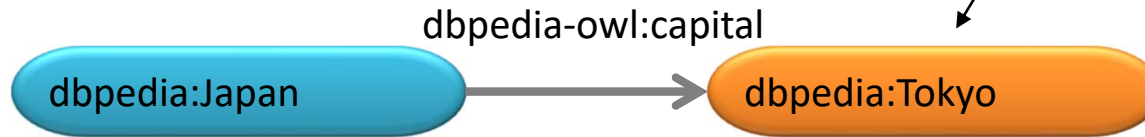
# 【参考1】Knowledge Graph とは



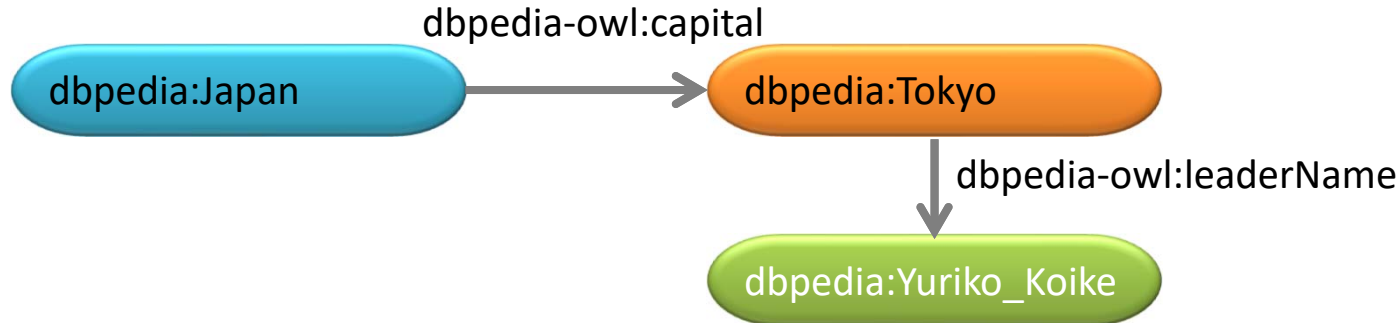
様々な情報・データから抽出した知識をグラフ構造状に整理した知識ベースの一種。  
Googleが検索エンジンの検索結果を拡張するために使用しているものが最も有名であり、  
2017年現在、10億のエンティティ(事象)、700億の属性情報の定義をもつと言われている。  
セマンティック技術の分野では、Wikipediaの情報を元にしたDBpediaやWikidataが有名。

## 【参考2】RDF とは

情報の所在とリンクをURIで表現  
(単位:トリプル)



URIが同じノードで2つのトリプルを結合



RDFを利用して、データを公開・共有する仕組みがLinked (Open) Data  
Web空間を巨大な分散データベースとして、問い合わせや利用が可能に！  
対象分野・ドメインを越えてデータ間をリンクすることで、繋がりが無限に広がっていく  
⇒T. B. Lee提唱「データのWeb (Web of Data)」の構築

## 4. タスクの詳細

---

- ➡ 事前準備として、有志メンバーにて、「シャーロック・ホームズ」シリーズから1, 2話分の内容をKnowledge Graph化する
  - 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, 「犯人を特定できる理由にいたる, すべての内容をKG化したもの(完全グラフ)」を構築
  - グラフには正しいことと, 正しくないこと(偽証など)が含まれている
  - 本来は, 犯人の特定には(直接的には)関係しない情報(情景, 状況の描写など)もKGに含めるのが良いと思われるが, 2年目以降の課題としたい
- ➡ 上記構築した完全グラフから, 「ホームズの推理により導かれた内容」に相当する部分を, 段階的に取り除いたグラフ(不完全グラフ)を作成(取り除く量を変えて複数作成)
  - 比較的簡単な問題と, 高度な問題を用意する
- ➡ 上記, 不完全グラフを公開し, 何らかの手法でグラフを補完し, 犯人を特定する手法と結果を募集(チャレンジタスク)



## 5. 本タスクの学術的位置付け

本タスクを一般化すると,

**「不完全グラフの補完(Knowledge Graph Completion)」の一種として  
さまざまなKG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**

- ➡ Knowledge Graph Completionは機械学習問題の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.
  - 参考: <https://arxiv.org/pdf/1503.00759.pdf>
- ➡ 但し, 現実の問題へのフォーカスを想定し, 精度が重要, 解釈可能性が重要, 虚偽の情報も含まれている, データが大量にあると限らない, 等の難しさがある.
- ➡ 特に, 同一のタスクを対象にしてセマンティックスによる推論と, 機械学習に推定, それぞれの特徴を比較, 評価, 議論することを目的とする
  - 例) 機械学習では説明できない点, 推論を使うと解釈・説明できる, etc.

## 6. チャレンジ評価ポイント

---

- ➡ 犯人を正しく当てられていること (correctiveness)
- ➡ 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 (正直, 未定...)

## 7. 開催スケジュール

---

2018/01 Knowledge Graph **スキーマ設計**

2018/02 Knowledge Graph **構築(完全・不完全)**

2018/03 SWO **研究会(合宿)にてチャレンジ詳細を検討**

2018/04 Knowledge Graph **公開・チャレンジ告知**

|

2018/10 **チャレンジ応募〆切**

2018/11 **授賞式(JIST2017@淡路島での併設イベントを予定)**

- ➡ **スキーマ設計, Knowledge Graph構築については, 関心のある方に参加していただきたい**
- ➡ **2年目以降は国際イベント化とし, 海外からの参加も募りたい!**  
Knowledge Graph構築部分の自動化など, タスクの範囲を広げることも検討
- ➡ **解説論文・サーベイ論文として, 応募者共著で人工知能学会論文誌 特集号へ投稿**

## 8. サンプルタスクの紹介(電通大 江上さん)

---

### ➡ 対象: シャーロック・ホームズの短編小説「白銀号事件」

➤ 情報ソース: Wikipedia + 青空文庫

<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>

1. 短編を多少に, 最低限必要な完全グラフの例をつくる
2. そこから, 簡単なSWRLルールによる推論で補完できる数ステップを取り除く
3. 取り除かれた状態のグラフでは犯人が特定できないが, 推論を実行してグラフが更新されると, 犯人が見つかる!
  - トリプルストアはStardogを利用
  - 推論エンジンはPelletを利用



**是非, チャレンジへの参加をご検討ください**

# セマンティクスを用いた推論デモ ～シャーロック・ホームズを例に～

江上周作

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻

# 白銀号事件

- 短編集「シャーロック・ホームズの思い出」より
- あらすじ
  - ウェセックス・カップの本命馬である白銀号が突然失踪する。
  - さらに調教師のストレイカーが死体で発見され、殺人事件として捜査が進められる。

※本デモではネタバレがあります

# あらすじ (1/4)

- 白銀号が失踪した晩、予想屋と思われる怪しい男(=フィッツロイ・シンプソン)が白銀号の厩舎にやってきた。
- 世話係のネッド・ハンターがその男に犬をけしかけようとするが、すでに逃げ出していなくなっていた。



予想屋だな。  
出てけ



白銀と栗毛、確実  
な予想を教えてください  
ませんか





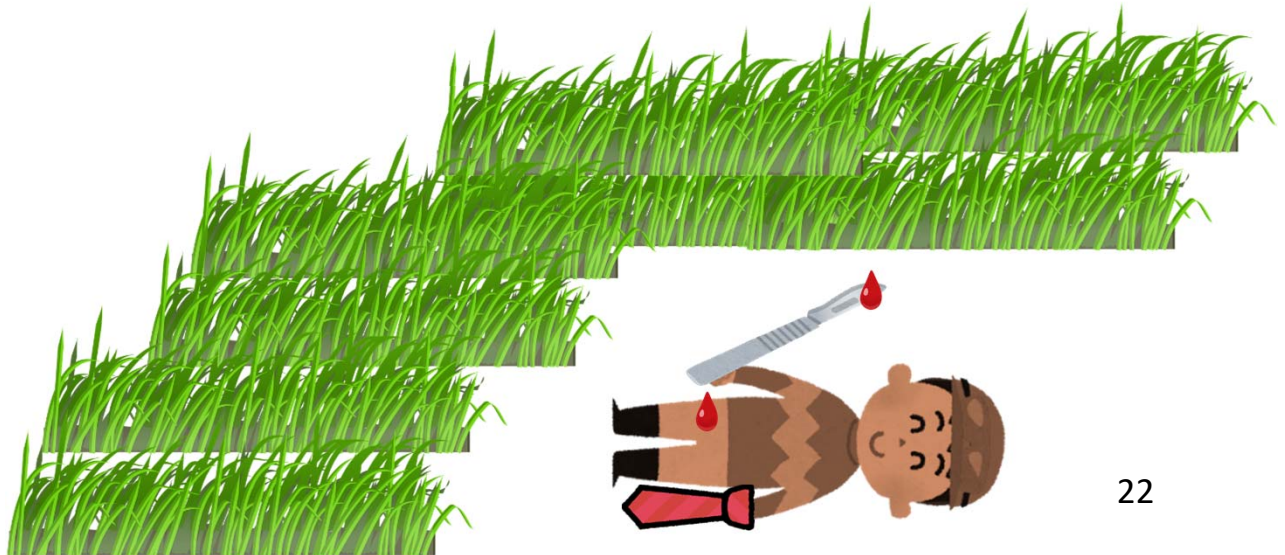
## あらすじ (2/4)

- その夜中の1時に、調教師のストレイカーが馬の様子を見にいったまま戻らず、
- 翌朝厩舎にストレイカーの妻が行ったところ、見張り当番のネッド・ハンターが薬で眠らされており、
- 白銀号もストレイカーもいなくなっていた。



# あらすじ (3/4)

- ストレイカーは厩舎から4分の1マイルほど離れた茂みの中で、頭を鈍器のようなもので殴られ、腿を刃物で切られた死体で発見された。
- 死体の右手には血の付いた外科用のメス、左手には昨晚厩舎にやってきた男がつけていたネクタイを持っていた。



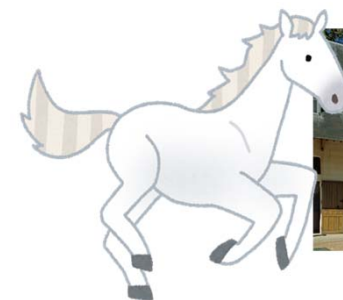
# あらすじ (4/4)

- 警察は殺人事件の容疑者としてネクタイの持ち主、フィッツロイ・シンプソンを逮捕し、ストレイカーがメスで傷つけたと考える共犯を探していた。
- 白銀号の行方と真犯人をホームズが推理する。



# 真相 (1/2)

- シャーロック・ホームズが調査を進め、近くの窪地に馬の足跡を見つける。
- その足跡を追うとライバル厩舎の前まで来ていた。
- ライバル厩舎の調教師はレースに有利になるため白銀号を隠し持っていたが殺人事件とは無関係。

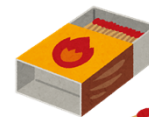
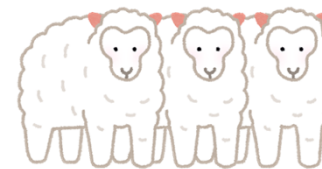


魔が差した



# 真相 (2/2)

- 睡眠薬(阿片)は匂いと味が強いため隠すのは容易ではない。
- ホームズは、夕飯がカレーと知っており、あやしまれずに阿片混入ができたストレイカーかその妻が犯人と考えた。
- さらに、白銀号が連れ出された時に犬が吠えなかったことに着目し、犯人は犬がよく知っているものと推理
- 現場にマッチ、メスが落ちており、厩舎にいた羊が何匹か足を悪くしていることから、ストレイカーが白銀号に手術を施す予定だったと推理
- 明かりに驚いた白銀号がストレイカーを蹴り殺した



# 作中の主な登場人物

(KG化の際には簡略化のため何人か除外)

シャーロック・ホームズ

ワトソン

グレゴリ警部

馬：白銀号

白銀号の調教師：ジョン・ストレイカー (死亡)

白銀号の馬主：ロス大佐

白銀号の厩舎の馬丁：ネッド・ハンター

ストレイカーの妻

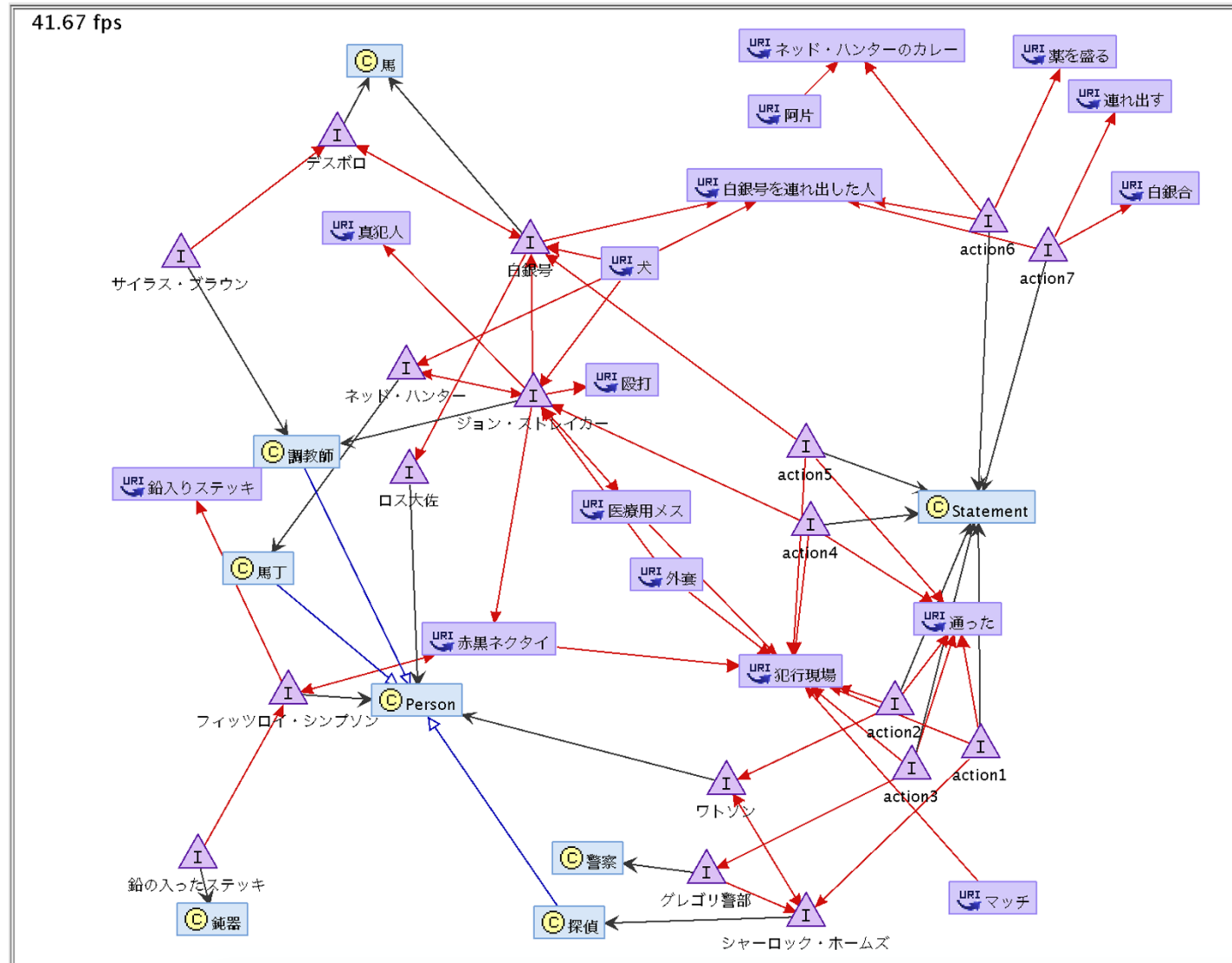
ストレイカーの女中

怪しい男：フィッツロイ・シンプソン

ライバル馬：デスボロ

デスボロの調教師：サイラス・ブラウン

# 事実を簡易的にKnowledge Graph化



# 実行環境

- MacBook Pro OSX (メモリ8G, Core i5 2.6GHz)
- RDFストア: Stardog Community 4.1.3
- 推論エンジン: Pellet (Stardogに組み込み)



<https://www.stardog.com/>

# SPARQLで犯人を探してみる (1/2)

- 「犯行現場に落ちていた物の所有者は誰か」

```
SELECT * where {  
    ?x ex:発見場所 ex:犯行現場 ;  
        ex:所有者 ?s .  
    filter(?s != ex:ジョン・ストレイカー)  
}
```

結果

# SPARQLで犯人を探してみる (2/2)

- 「犯行当日に現場を通ったのは誰か」

```
SELECT * where {  
    ?action rdf:subject ?s ;  
             rdf:predicate ex:通った ;  
             rdf:object ex:犯行現場 ;  
             ex:time "事件当日" .}
```

結果



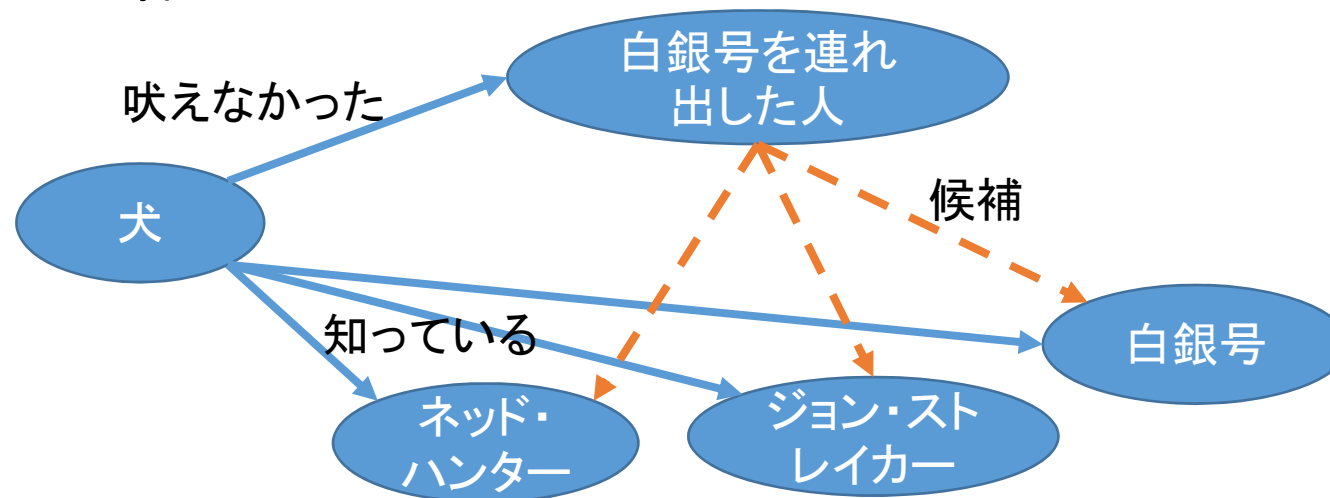
# ホームズの推理をルール化

## ホームズの推理

「白銀号が連れ出された時に犬が吠えなかったということは、  
白銀号を連れ出した犯人は犬がよく知っている人」

Semantic Web Rule Language (SWRL)

$[(\text{ex:犬 } \text{ex:吠えなかった } ?x), (\text{ex:犬 } \text{ex:知っている } ?y) \rightarrow (?x \text{ ex:候補 } ?y)]$



# 犯人を推論付きSPARQLで探す

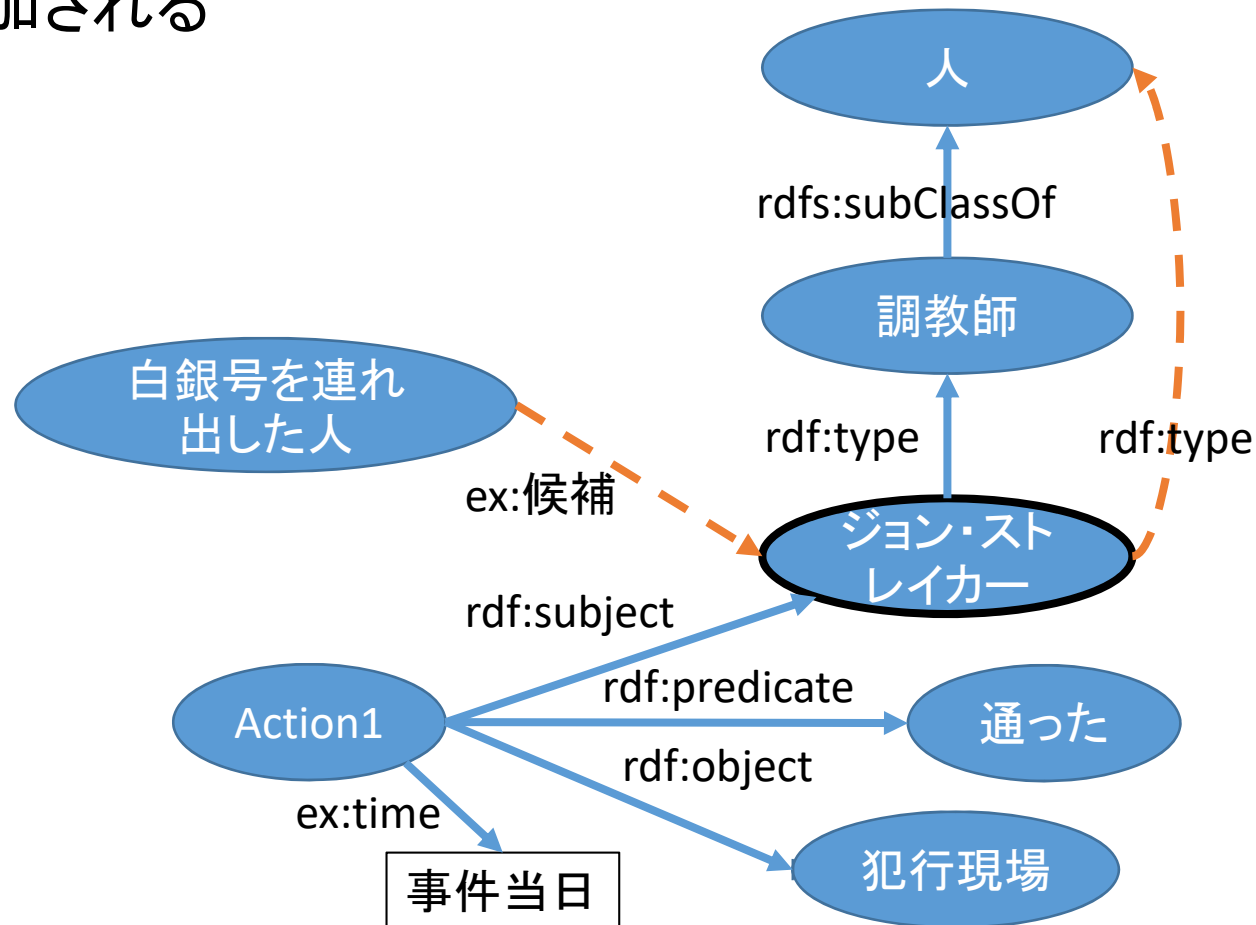
- 「白銀号を連れ出した人, かつ犯行当日に現場を通った人」

```
SELECT * WHERE {  
    ex:白銀号を連れ出した人 ex:候補 ?s .  
    ?action rdf:subject ?s ;  
              rdf:predicate ex:通った ;  
              rdf:object ex:犯行現場 ;  
              ex:time      "事件当日" .  
    ?s      rdf:type      ex:Person .  
}
```

結果

# 検索結果(サブグラフ)

- 独自定義したルールとRDFSルールにより新たなリンクが追加される



# まとめ

- 目的

- 「白銀号事件」の真犯人を推論

- 手法

- 推論の一例としてKGからのアプローチ
- KG, SPARQL, ruleによる検索・推論

- 結果

- とりあえず小説の要点を書き起こした程度の簡易的なKGでも簡単な推理は可能
- 一般的な知識の不足により犯人やトリックの推論ができない部分もある

- 課題

- KGとルール of 拡充が課題
- 推理小説における共通の語彙・オントロジーがあると良い(?)

# 本セッションのスケジュール

- 開催経緯 & セッション概要 : 5分  
(大阪大学 古崎晃司)
- 推論チャレンジの開催予告 & 開催概要 : 20-30分  
(科学技術振興機構 川村隆浩)
- 推論例のデモ : 10-15分  
(電気通信大学 江上周作)
- ミニワークショップ  
～ナレッジグラフを書いてみよう！～ : 20-30分  
(大阪大学 古崎晃司)
- 総括＋今後の案内 : 5分

# ミニワークショップ

## ～ナレッジグラフを書いてみよう！～

- ワークショップのねらい
    - 「推論チャレンジ」で利用するナレッジグラフを実際に描いてみることで、本チャレンジにおける
      - 「タスク」のイメージ,
      - 検討課題 ...を考える.
  - ナレッジグラフ化の対象
    - シャーロック・ホームズの短編小説「**赤毛組合**」
      - ウィキペディアに掲載の「あらすじ」
      - 青空文庫の全文
- を利用



ミニワークショップ～ナレッジグラフを書いてみよう！～

## STEP 0: グループ分け

- 2-3人で1つのグループを作ってください。
- 各グループごとに,
  - A3の白紙(1枚)＋ペン(1本)を取ってください。
- グループができてたら互いに自己紹介を。

2分

個人への配布物(確認)

- ・「赤毛組合」のあらすじ(A4両面印刷)
- ・A4の白紙(メモ用)

を各自1部ずつ

ミニワークショップ～ナレッジグラフを書いてみよう！～

## STEP 1: 情報ソースを読む

個人ワーク

- ・「赤毛組合のあらすじ」(青空文庫の本文でも可)を読みながら

5分

- ・ **ナレッジグラフとして表現したい部分**

に印を入れる。印のつけ方は任意。

ウィルソンはさびれた小さな質屋の経営者で、ヴィンセント・スポールディングという男を雇っている。スポールディングは「通常の半額の給料で構わない」と言ってウィルソンの店に採用された店員だが、...

※後半にあるホームズの推理(裏面の3パラグラフ目から)に関係のない(なさそうな)部分は、飛ばしてもOK

ミニワークショップ～ナレッジグラフを書いてみよう！～

## STEP 2: ナレッジグラフを書く

グループワーク

15分

- STEP1で作ったメモを参考に,
  - **どの部分をナレッジグラフ化するか？**をグループで話し合う.
- 話し合いながら, ナレッジグラフを書いてみる.
  - グループごとに**A3の用紙**に記載する
  - グラフの書き方は自由ですが,

主語

述語

目的語

を基本にしてください.

※以上の作業を繰り返す.



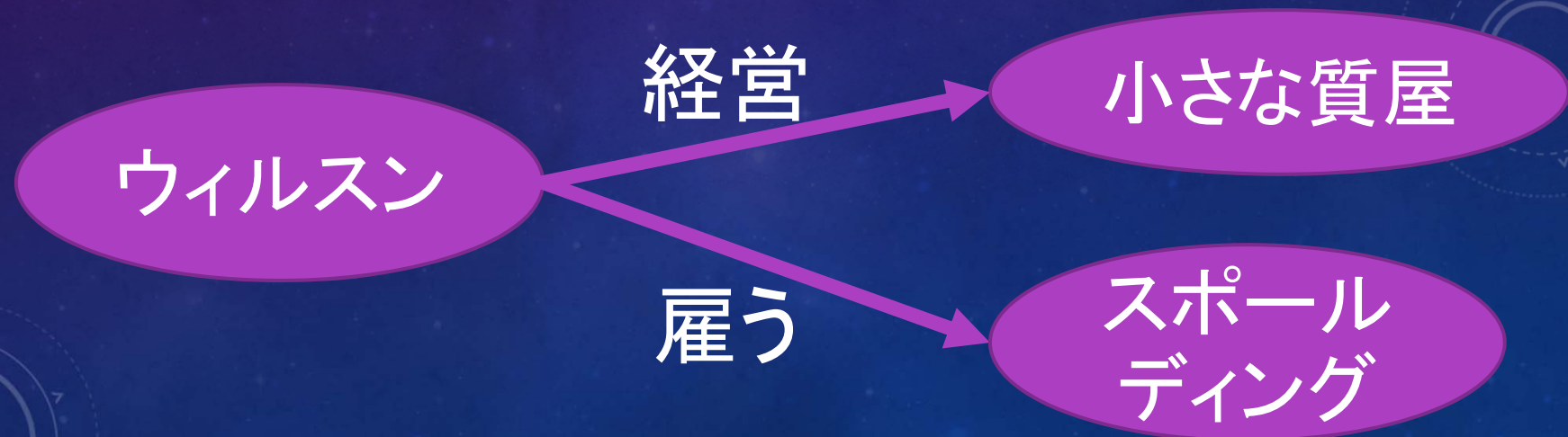
ミニワークショップ～ナレッジグラフを書いてみよう！～

## STEP 2: ナレッジグラフを書く **グループワーク**

### ・ ナレッジグラフの記載例

15分

ウィルソンはさびれた小さな質屋の経営者で、ヴィンセント・スポールディングという男を雇っている。スポールディングは「通常の半額の給料で構わない」と言ってウィルソンの店に採用された店員だが、...



ミニワークショップ～ナレッジグラフを書いてみよう！～

## STEP 3: ナレッジグラフを分析

グループワーク

- STEP2で作ったナレッジグラフを見ながら,
  - **ホームズの推理から導かれた部分**  
がどのあたりかを、グループで話し合う.
- 話し合った結果を、ホームズの推理部分に、**「H」印**を入れる.
- ナレッジグラフを書いたA3の用紙は、最後に提出していただきます.  
→推論チャレンジ用のナレッジグラフ構築の参考にさせていただきます.

5分

ミニワークショップ～ナレッジグラフを書いてみよう！～

## STEP 4:結果の発表

- STEP2, 3で作ったナレッジグラフについて、数チームに前で発表していただきます。
- 特に力を入れた部分を中心に、ご説明ください。

5分



# まとめ・今後の予定

- 推論チャレンジについて、ご意見・ご提案等ありましたら、お聞かせください。
- 具体的なスケジュール等の最新情報については、
  - **GitHubレポジトリ**(※研究会サイトよりリンクあり)  
<https://github.com/KnowledgeGraphJapan/Challenge>
  - **SWO研究会のWebサイト**
  - **SWO研究会のメーリングリスト**等でお知らせします。
- ※ML受信希望の方は、名刺等でメールアドレスをお知らせください。