

ナレツジグラフ 推論チャレンジ2021

チーム：カカオ65%
2022/03/07

目次

1. チーム紹介
2. 課題
3. 推論アプローチ
4. 推論過程の説明
5. クエリと結果例
6. まとめと今後の展望

目次

1. チーム紹介
2. 課題
3. 推論アプローチ
4. 推論過程の説明
5. クエリと結果例
6. まとめと今後の展望

1. チーム紹介



チーム名：カカオ65%



メンバー名： すがい りさ 菅井理紗 じんぐうし ゆうや 神宮司祐哉 たけい たくみ 竹井拓実 やまもと あみ 山本愛海

所属：電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻

大須賀・田原・清研究室

参加理由: 12月に伺った江上先生のお話をきっかけに

ナレッジグラフの活用に興味を持ったため

目次

1. チーム紹介
- 2. 課題**
3. 推論アプローチ
4. 推論過程の説明
5. クエリと結果例
6. まとめと今後の展望

2. 課題

題材

シャーロック・ホームズ短編集でホームズが解決した事件

目的

ナレッジグラフを用いて、ホームズと同じように
事件の真相を推論(推理)し、真相と判断した理由を説明する

対象の小説

まだらの紐: ジュリアを殺したのは誰か? (犯人+説明)
悪魔の足: 各人物を殺したのは誰か? (犯人+説明)

目次

1. チーム紹介
2. 課題
- 3. 推論アプローチ**
4. 推論過程の説明
5. クエリと結果例
6. まとめと今後の展望

3. 推論アプローチ



推論に用いたツール Stardog

IBM developer Works https://www.ibm.com/developerworks/jp/web/library/wa-data-integrationat-scale_sparql/index.html

推論対象作品

- まだらの紐 (Speckled Band)
- 悪魔の足 (Devils Foot)

a) 完全	使用するデータ	
b) 不完全(10%)		欠損
c) 不完全(25%)		欠損

3. 推論アプローチ

推論方針 - ルール作成

小説の
ナレッジグラフ

独自に記述した
小説ルール

独自に記述した
常識オントロジー

犯人が持ちうる特徴

現場にいたか

動機があるか

殺す手段が
あるか

危険人物か

現場の物証と
関係しているか

3. 推論アプローチ

推論方針 - ルール作成

小説の
ナレッジグラフ

独自に記述した
小説ルール

独自に記述した
常識オントロジー

小説内で記述されていない常識的な知識

家族関係・死因と凶器の関係など
一般的な常識



事件の内容に関わらず
ホームズが持ち合わせている
専門的な知識



3. 推論アプローチ

 が犯人！



推論方針 - 犯人の特定：作成したルールをもとにしたポイント制

犯人が持ちうる特徴

現場にいたか



動機があるか



殺す手段が
あるか



危険人物か



現場の物証と
関係しているか



目次

1. チーム紹介
2. 課題
3. 推論アプローチ
- 4. 推論過程の説明**
5. クエリと結果例
6. まとめと今後の展望

4. 追加した常識オントロジー

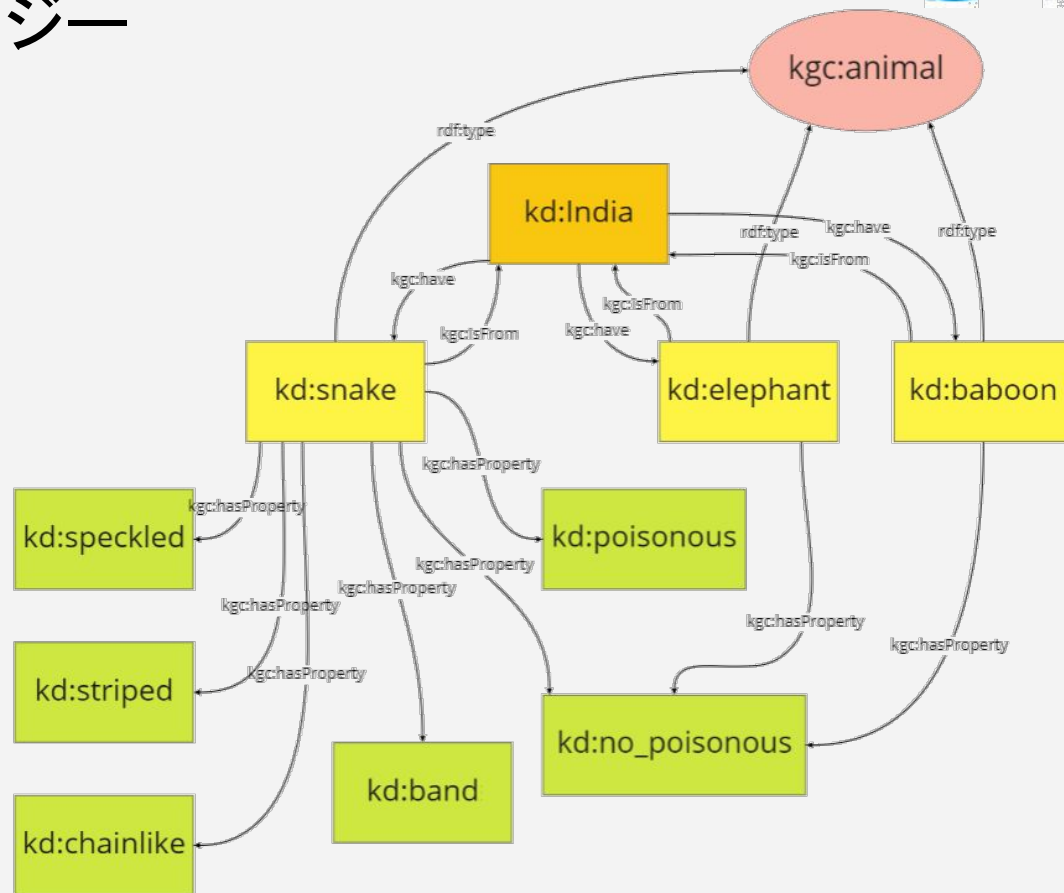
動物に関する知識

- 動物の名前、生息地、特徴

家族関係に関する知識

動機に関する知識

死因に関する知識



4. 追加した常識オントロジー・ルール

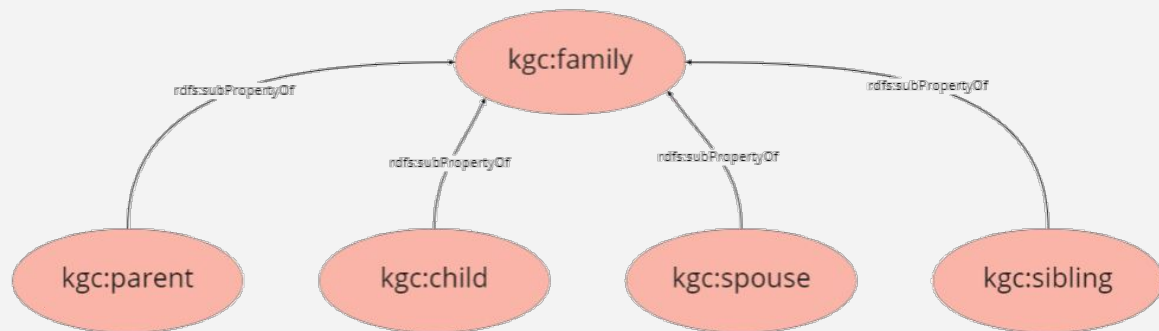
動物に関する知識

家族関係に関する知識

- 親、子供、配偶者、兄弟姉妹

動機に関する知識

死因に関する知識



```

IF {
  {
    ?s kgc:parent ?o.
  } union {
    ?o kgc:child ?s.
  }
} THEN {
  ?o kgc:child ?s.
  ?s kgc:parent ?o.
}
  
```

4. 追加した常識オントロジー

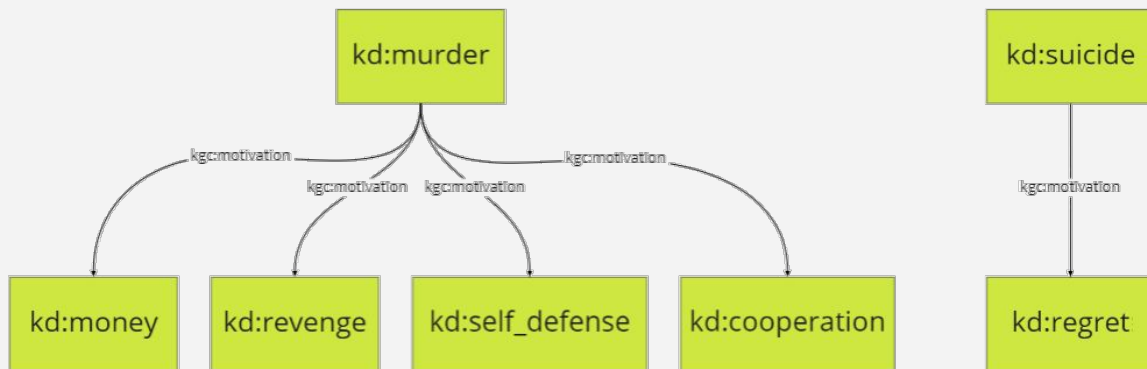
動物に関する知識

家族関係に関する知識

動機に関する知識

- お金、復讐、自己防衛、協力
- 後悔

死因に関する知識



4. 追加した常識オントロジー

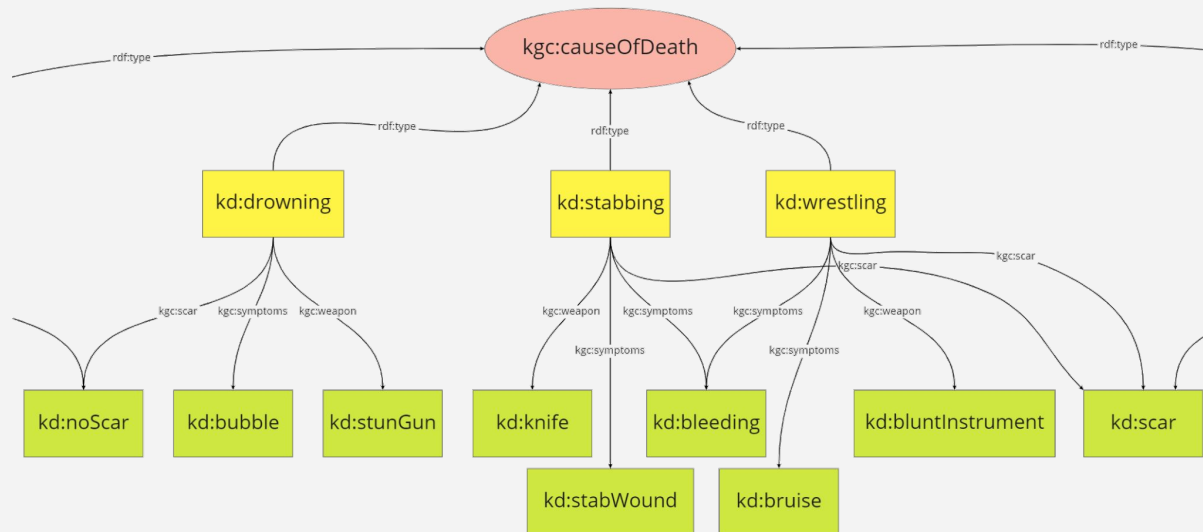
動物に関する知識

家族関係に関する知識

動機に関する知識

死因に関する知識

- 毒殺、刺死、絞死、撲殺、溺死
- 各死因の凶器、外傷有無、症状



一部抜粋

4. 追加した小説ルールの方針

動機に関する小説ルール

動機オントロジー

動機になりうる要素：
お金、復讐、防衛

家族オントロジー

家族になりうる要素：
親、子供、配偶者、
兄弟姉妹

ナレッジグラフ

「人物Aは多額の遺産を
兄弟と分配した」

ナレッジグラフ

「被害者は人物Aの兄で
ある」

家族ルール

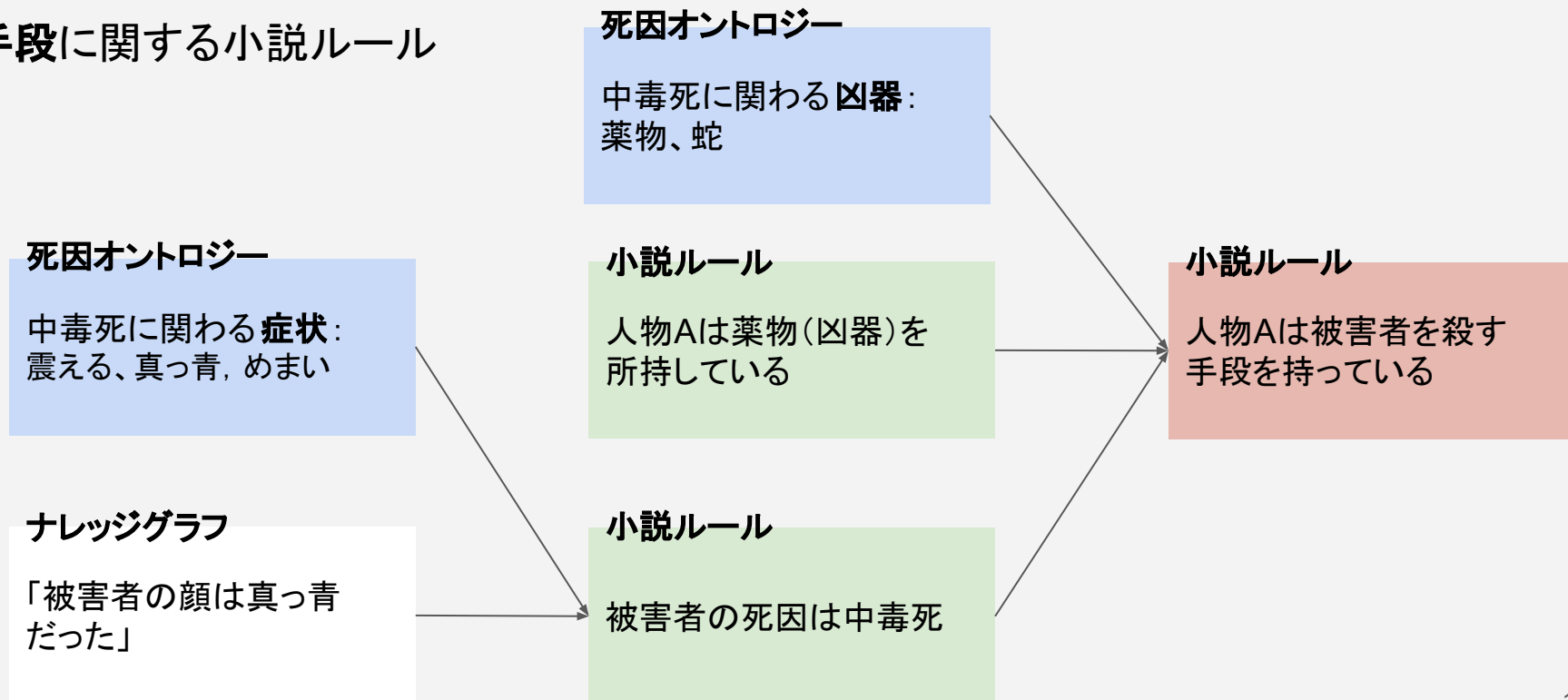
人物Aと被害者は
兄弟である

小説ルール

人物Aは被害者を殺す
動機を持っている

4. 追加した小説ルールの方針

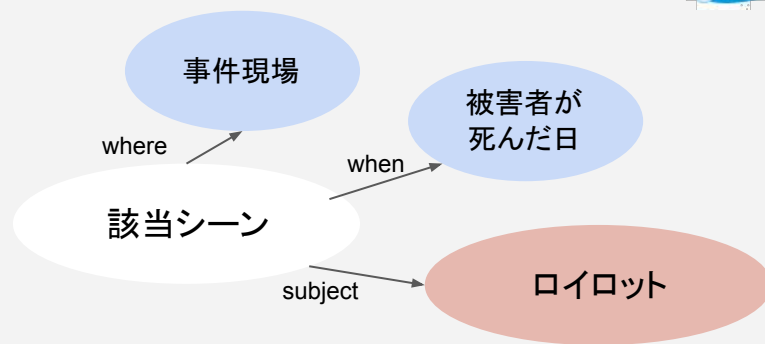
手段に関する小説ルール



4. 追加した小説ルールの方針

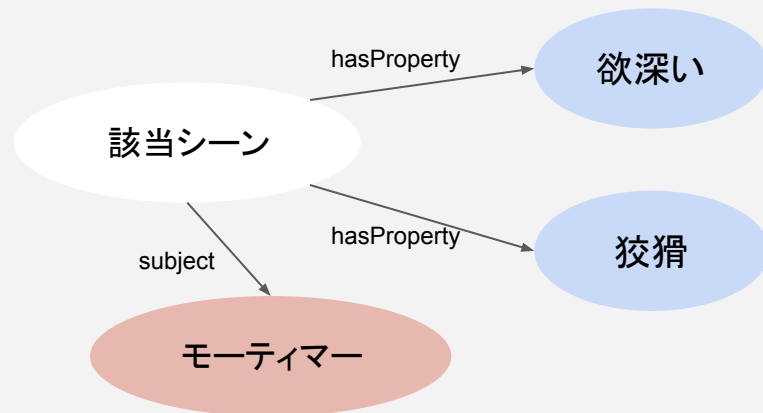
現場に関する小説ルール

ナレッジグラフから、
事件発生時刻に現場にいる人物を推論



危険人物に関する小説ルール

ナレッジグラフから、
危険人物の特徴をもつ人物を推論



物証に関する小説ルール

ホームズが言及している事件現場の違和感に関
連する人物を推論

4. 追加した小説ルールの方針

まだらの紐 ポイント結果

	現場	動機	手段	危険人物	物証	合計
ジュリア	○					1
ロイロット	○	○	○	○	○	5
ヘレン	○	○				2
ロマ	○	○			○	3

4. 追加した小説ルールの方針

悪魔の足 ブレンダ殺害事件(①) ポイント結果

	現場	動機	手段手段	危険人物	物証	合計
モーティマー	○	○	○	○		4
オーウェン	○					1
ジョージ	○					1
ラウンドヘイ						0
ポーター	○					1
スタンデール			○	○		2

4. 追加した小説ルールの方針

悪魔の足 モーティマー殺害事件(②) ポイント結果

	現場	動機	手段手段	危険人物	物証	合計
モーティマー	○	○	○	○		4
オーウェン						0
ジョージ						0
ラウンドヘイ						0
ポーター						0
スタンデール	○	○	○	○	○	5

目次

1. チーム紹介
2. 課題
3. 推論アプローチ
4. 推論過程の説明
- 5. クエリと結果例**
6. まとめと今後の展望

5. 「まだらの紐」クエリ例

<ジュリア殺害事件: 犯人の推論>

・データ範囲: 完全

S	C
kd:Helen	2
kd:Roylott	5
kd:Julia	1
kd:Roma	3
kd:snake	1

ポイントが一番高い

ロイロットが犯人と推測される

・データ範囲: 不完全(10%)・不完全(25%)

S	C
kd:Helen	2
kd:Roylott	2
kd:Julia	1
kd:Roma	2

ロイロット、ロマ、ヘレンが

犯人と推測される

```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/SpeckledBand/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl/#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

SELECT ?s (count(?s) as ?c) WHERE{
  {
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:canKill && ?o = kd:Julia)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:canMurder && ?o = kd:Julia)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:haveMotivation)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:hasProperty && ?o = kd:dangerous)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:hasPredicate && ?o = kd:wasAtTheScene)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:isRelatedTo && ?o = kd:dying_message)
  }
}GROUP BY ?s
```


5. クエリ結果 まだらの紐

	犯人は誰か？	動機は何か？	殺害方法
完全	ロイロット	お金	ヘビ
不完全(10%)	ロイロット・ロマ・ヘレン	お金(ロイロット・ヘレン) 協力(ロマ)	該当なし
不完全(25%)	ロイロット・ロマ・ヘレン	お金(ロイロット・ヘレン) 協力(ロマ)	該当なし

5. クエリ結果 悪魔の足 ブレンダ殺害事件(①)

	犯人は誰か？	動機は何か？	殺害方法
完全	モーティマー	お金	魔足根
不完全(10%)	モーティマー	お金	魔足根
不完全(25%)	モーティマー	お金	該当なし

5. クエリ結果 悪魔の足 モーティマー殺害事件(②)

	犯人は誰か？	動機は何か？	殺害方法
完全	スタンデール	復讐	魔足根
不完全(10%)	スタンデール	復讐	魔足根
不完全(25%)	モーティマー	後悔による自殺	該当なし

目次

1. チーム紹介
2. 課題
3. 推論アプローチ
4. 推論過程の説明
5. クエリと結果例
- 6. まとめと今後の展望**

6. まとめと今後の展望

まとめ

- ・2作品についてホームズの推理を再現することができた
- ・常識オントロジーと小説ルールの併用により**汎用性と説明性を両立**
- ・**ポイント制**を用いることで、不完全なデータでも推論が可能になった

犯人が持ちうる特徴

現場にいたか

動機があるか

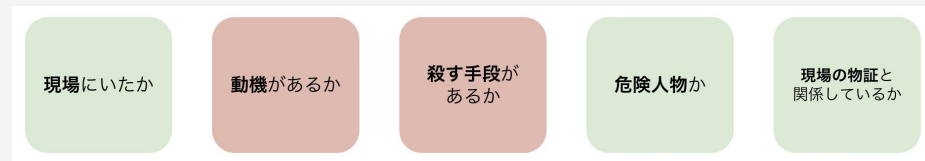
殺す手段が
あるか

危険人物か

現場の物証と
関係しているか

6. まとめと今後の展望

今後の展望



・犯人推論のポイントの重み付け

- 犯人推測により関わる事由に、ポイントの重みを付ける

・ホームズ他作品における汎用性の追求

- 今回追加した常識オントロジーの拡張
- wikidataなど外部知識を活用した新たな常識オントロジーの追加
- ネガポジ判定による、より客観的な評価の検討
- 単語の共起頻度を始めとするNLPの知識・技術の検討

参考文献等

参考文献

第一回ナレッジグラフ推論チャレンジ2018 塚越雄登さん

第一回ナレッジグラフ推論チャレンジ2018 上小田中411チーム

第一回ナレッジグラフ推論チャレンジ2018 株式会社野村総合研究所チーム

パフォーマンス情報

OS: macOS Monterey ver12.0 CPU: Apple M1 Pro

Stardog server 7.8.2 Java 1.8.0

付録～URL一覧～

Github・・・実行プログラムがあるGithubです

<https://github.com/tottoma/holmes2021>

Miro・・・アイデア整理の為に使用したMiroのホワイトボードです

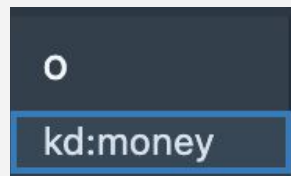
(閲覧のみ可能)

https://miro.com/app/board/uXjVOY2VrOc=/?invite_link_id=111838331320

2. まだらのヒモ クエリ結果②

<犯人の持つ動機についての推論>

・データ範囲: 完全・不完全(10%)・不完全(25%)



犯人ロイロットの殺害動機が

お金と推測される

ロイロットと同様に犯人と推測されるロマ・ヘレンの動機



ロマ



ヘレン

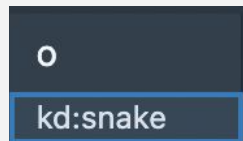
```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/SpeckledBand/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT * WHERE{
    kd:Roylott kgc:haveMotivation ?o .
}
```

Stardog内での検索クエリ抜粋

2. まだらのヒモ クエリ結果③

<犯人の殺害方法についての推論>

・データ範囲: 完全



ロイロットがヘビを使用して

ジュリアを殺した

・データ範囲: 不完全(10%)・不完全(25%)

出力結果なし

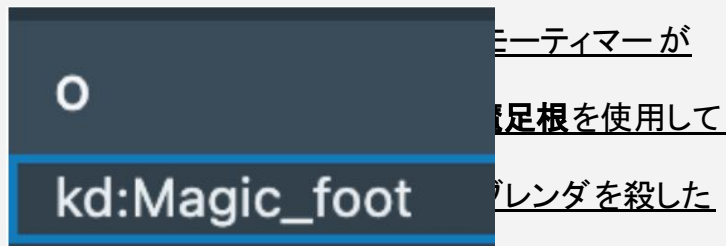
```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/SpeckledBand/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl/#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT * WHERE{
    kd:Royslott kgc:haveMotivation kd:money .
    kd:Royslott kgc:have ?o .
    ?o kgc:canKill kd:Julia .
}
```

Stardog内での検索クエリ

2. 悪魔の足 クエリ結果③

<犯人の殺害方法についての推論 : ブレンダ殺害事件 >

・データ範囲: 完全・不完全 10%



・データ範囲: 不完全 (25%)

出力結果なし

```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/DevilsFoot/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
SELECT ?o WHERE{
    kd:Standale kgc:have ?o .
    ?o kgc:canKill ?o2 .
}
```

Stardog内での検索クエリ

2. 悪魔の足 クエリ結果④

<犯人の推論：モーティマー殺害事件>

・データ範囲: 完全

s	c
kd:Magic_foot	1
kd:Mortimer	4
kd:Standale	5
kd:gravel	1

データの範囲が完全・不完全10%では

スタンデールが犯人と推測され、

はモーティマー自身と推測

・データ範囲: 不完全(10%)

s	c
kd:Magic_foot	1
kd:Mortimer	3
kd:Standale	4

・データ範囲: 不完全(25%)

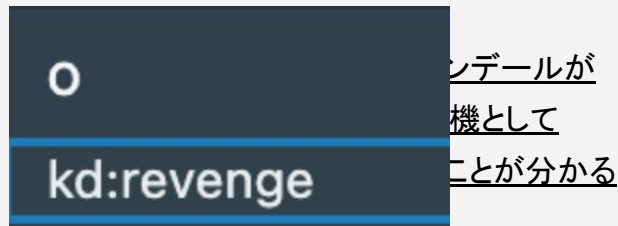
s	c
kd:Mortimer	2
kd:Standale	1

```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/DevilsFoot/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
SELECT ?s (count(?s) as ?c) WHERE{
  {
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:canKill)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:canMurder && ?o = kd:Mortimer)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:haveMotivationForMortimer)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:hasProperty && ?o = kd:dangerous)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:hasProperty && ?o = kd:wasAtTheScene2)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:isRelatedTo && ?o = kd:field_message_2)
  }
}GROUP BY ?s
```

2. 悪魔の足 クエリ結果⑤

<犯人の持つ動機についての推論：モーティマー殺害事件>

・データ範囲: 完全・不完全(10%)



```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/DevilsFoot/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
SELECT * WHERE{
  kd:Standale kgc:haveMotivationForMortimer ?o.
}
```

Stardog内での検索クエリ

・データ範囲: 不完全(25%)



```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/DevilsFoot/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
SELECT * WHERE{
  kd:Mortimer kgc:haveMotivationForMortimer ?o .
}
```

Stardog内での検索クエリ

2. 悪魔の足 クエリ結果⑥

<犯人の殺害方法についての推論：モーティマー殺害事件>

- ・データ範囲: 完全・不完全(10%)



人スタンデールが
足根を使って
害したことが分かる

- ・データ範囲: 不完全(25%)

出力結果なし

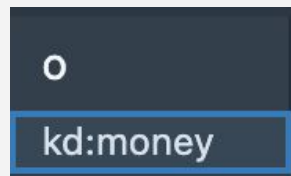
```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/DevilsFoot/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
SELECT ?o WHERE{
    kd:Standale kgc:haveMotivationForMortimer kd:revenge ;
                kgc:have ?o .
    ?o kgc:canKill1 ?o2 .
}
```

Stardog内での検索クエリ

2. 悪魔の足 クエリ結果②

<犯人の持つ動機についての推論：ブレンダ殺害事件>

・データ範囲: 完全・不完全(10%)・不完全(25%)

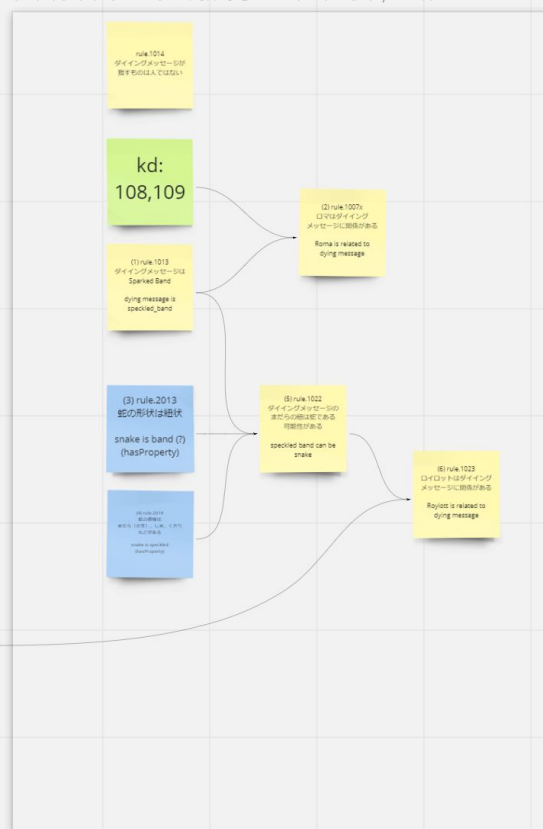


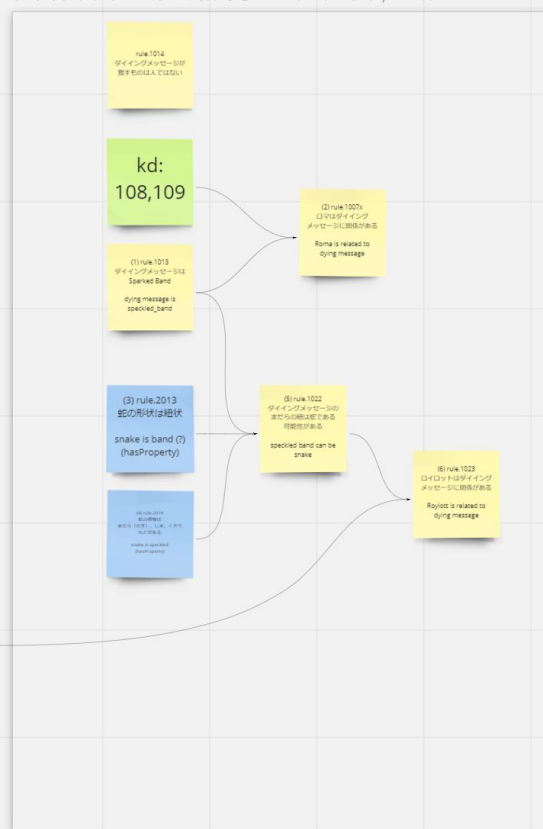
犯人モーティマーの殺害動機が

お金と推測される

```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/DevilsFoot/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
SELECT * WHERE{
    kd:Mortimer kgc:haveMotivationForBrenda ?o .
}
```

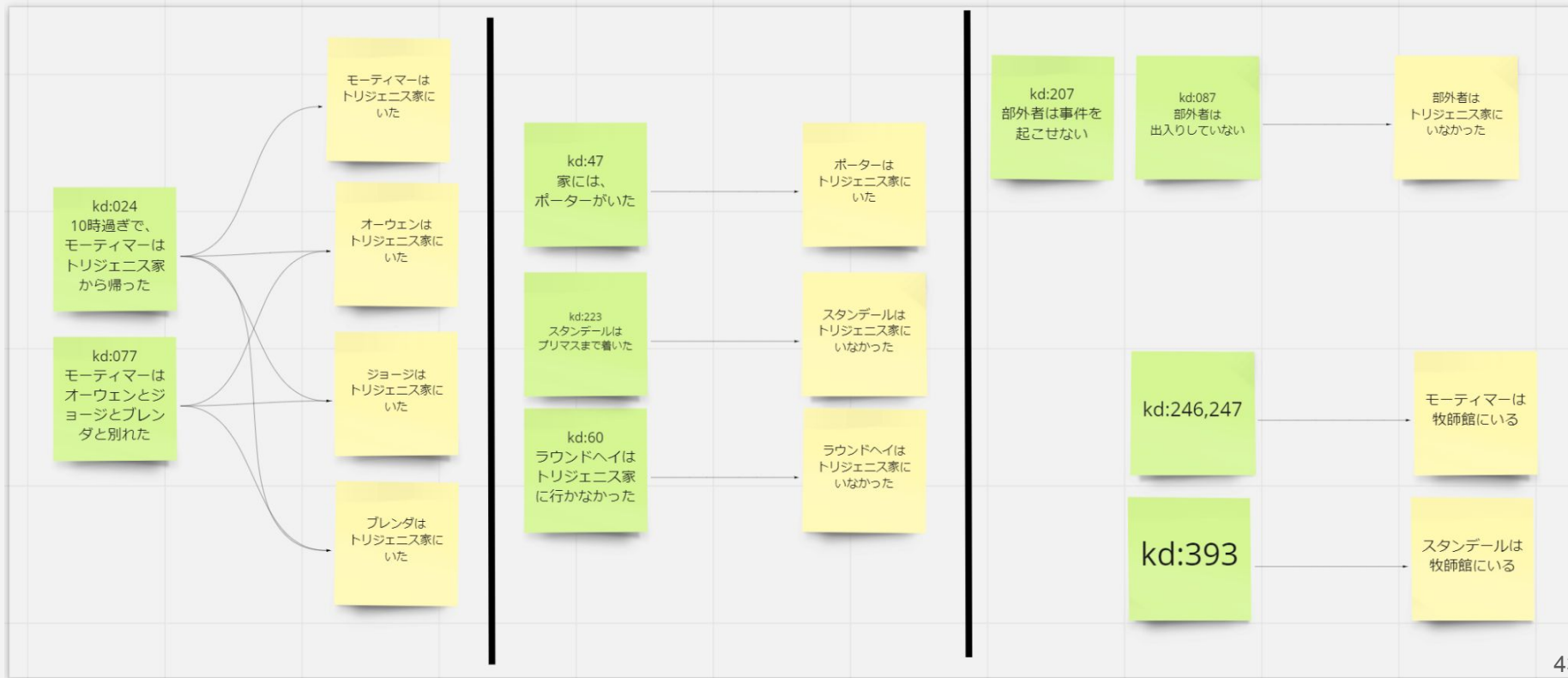
Stardog内での検索クエリ抜粋





4. 追加した「悪魔の足」小説ルール

殺害現場にいたか



4. 追加した「悪魔の足」小説ルール





5.「悪魔の足」クエリ例

<犯人の推論：ブレンダ殺害事件>

・データ範囲: 完全

s	c
kd:Magic_foot	1
kd:Mortimer	4
kd:George	1
kd:Brenda	1
kd:Owen	1
kd:Porter	1
kd:Standale	2

どのデータ範囲でも

ポイントが一番高い

モーティマーが犯人と推測される

・データ範囲: 不完全(10%)

s	c
kd:Magic_foot	1
kd:Mortimer	3
kd:George	1
kd:Brenda	1
kd:Owen	1
kd:Porter	1
kd:Standale	2

・データ範囲: 不完全(25%)

s	c
kd:Mortimer	3
kd:George	1
kd:Brenda	1
kd:Owen	1
kd:Porter	1
kd:Standale	1

```
PREFIX rule: <tag:stardog:api:rule:>
PREFIX kd: <http://kgc.knowledge-graph.jp/data/DevilsFoot/>
PREFIX kgc: <http://kgc.knowledge-graph.jp/ontology/kgc.owl#>
SELECT ?s (count(?s) as ?c) WHERE{
  {
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:canKill)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:canMurder && ?o = kd:Brenda)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:haveMotivationForBrenda)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:hasProperty && ?o = kd:dangerous)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:hasProperty && ?o = kd:wasAtTheScene1)
  }union{
    ?s ?p ?o .
    filter(?p = kgc:isRelatedTo && ?o = kd:field_message_1)
  }
}GROUP BY ?s
```