

ナレッジグラフ推論チャレンジ 本部門発表資料(差分)

グラフ畳み込みネットワークを用いた推理小説の犯人推定 とその根拠の解釈


東京都市大学大学院 総合理工学研究科情報専攻 | 産業技術総合研究所:

勝島修平


東京都市大学大学院 総合理工学研究科情報専攻: 穴田一

産業技術総合研究所: 福田賢一郎


目次




問題の概要



アプローチの特徴と結果



既存研究




提案手法



結果



課題



まとめ

問題の概要

人工知能の発展に伴った説明性を持つAIの開発の必要性

ナレッジグラフ推論チャレンジの開催

小説の内容を構造化したナレッジグラフを利用し、
推理小説の犯人を説明付きで推定



アプローチの特徴と結論

特徴

- グラフ畳み込みネットワークによる小説の学習
- Layer-wise relevance propagationによるノード分析

結論

小説に必要な知識を追加した場合、犯人を推定可能

既存研究

黒川ら TransEによる埋め込み手法

場面	主語	述語	対象	場所	起点	終点	時間	何	理由
1	Helen	come				House of Holmes			
2	Helen	beScared							
...									
6	Helen	obtain					Within 2 months	money	

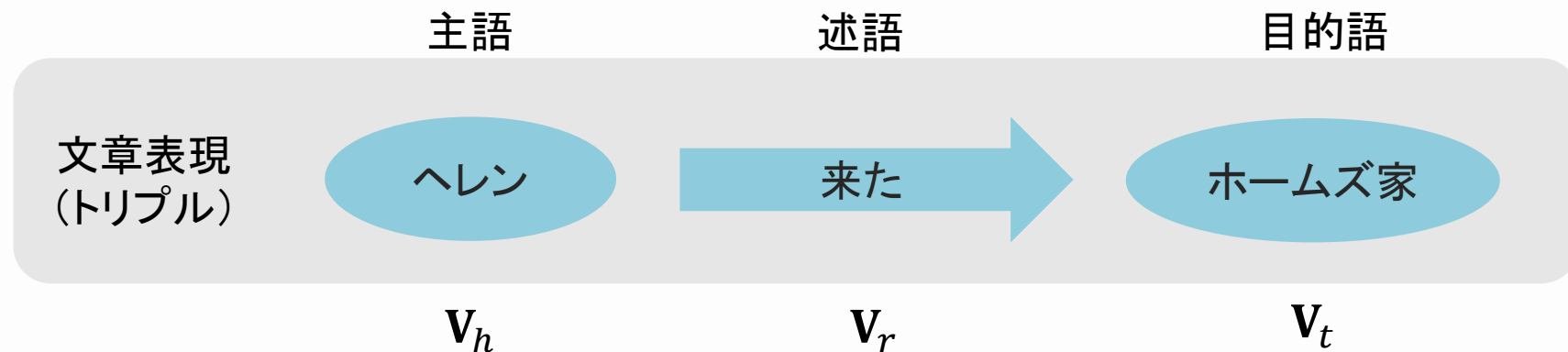
↓ SVO形式に分解

場面	主語	述語	目的語
1	Helen	come	house of Holmes
2	Helen	beScared	
...			
6	Helen	obtain	within 2 months
6	Helen	obtain	money

トリプル

目的語を分解

既存研究



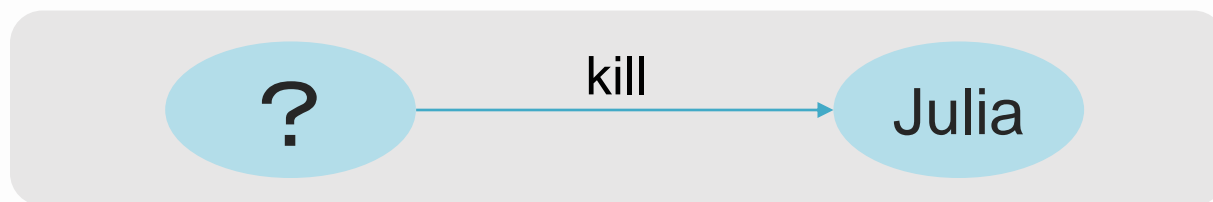
スコア関数

$$f(h, r, t) = \|V_h + V_r - V_t\|$$

→トリプル関係が成り立つように学習

■ 犯人推定

小説「まだらの紐」と「悪魔の足」を組み合わせ、



?に該当する人物のスコアをランキング

→犯人 ‘Royslott’ を2位で予想

* ホームズ、ワトソン、被害者ジュリアを除いて

既存研究

既存研究の問題点

場面ごとの同時性を考慮していない

第72場面

“Helen heard whistle at the corridor on the death day of Julia”

ヘレンはジュリアの死んだ日に廊下でホイッスルの音を聞いた

主語	述語	目的語
Helen	hear	Whistle
Helen	hear	Death_day_of_Julia
helen	hear	corridor

同時に扱うべき単語

同時性に関する情報が欠落

課題

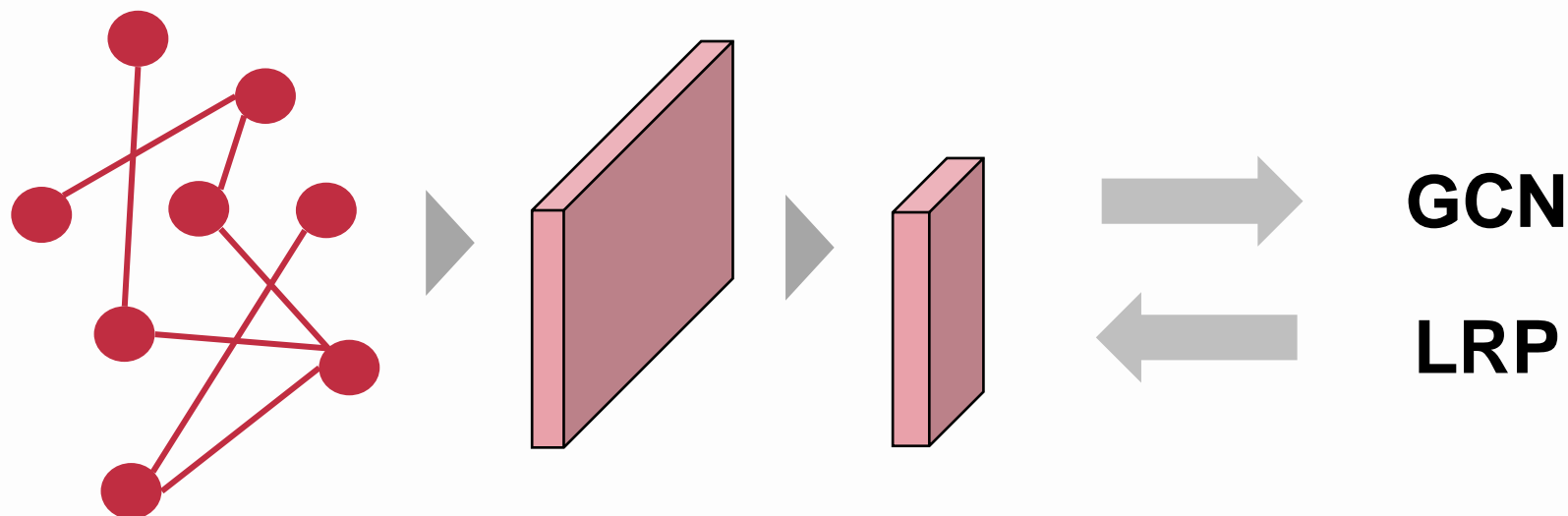
場面ごとの単語の同時性

提案

Graph Convolutional Network
によるグラフ構造の学習

提案手法

提案手法のフロー



他小説



ConceptNet

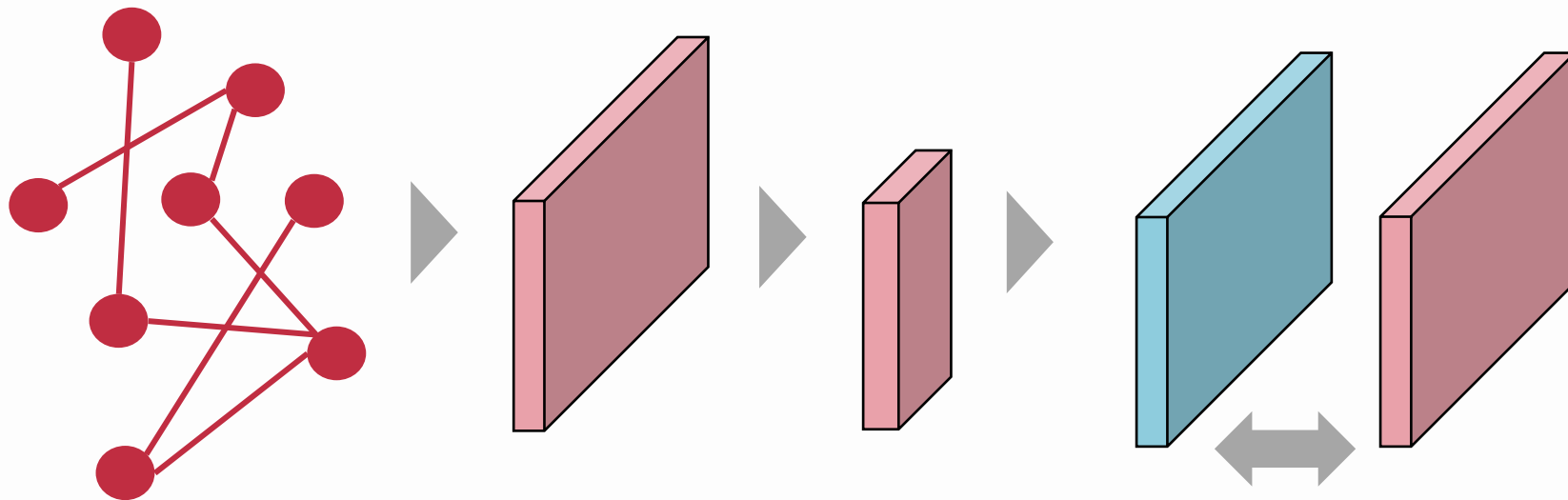


独自
オントロジー

murderと登場人物とのコサイン類似度を計算
→類似度の高い人物を犯人としての特徴を
持っているとして推定

提案手法 (graph convolutional network)

提案手法のフロー



ノード同士の隣接関係:

隣接行列 A

ノードの特徴ベクトル:

特徴行列 H

$$H^{(l+1)} = \sigma(\tilde{D}^{-\frac{1}{2}} \tilde{A} \tilde{D}^{-\frac{1}{2}} H^{(l)} W^{(l)})$$

$$A' = \text{Sigmoid}(HH^T)$$

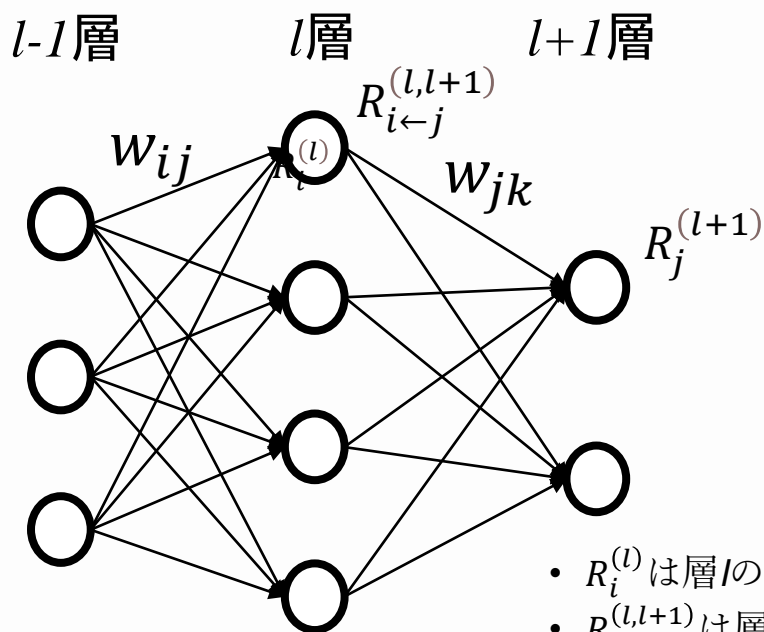
$$L = \|y - A'\|_2^2$$

σ : 活性化関数, $W^{(l)}$: 重み, \tilde{D} : 次数行列

提案手法 (layer-wise relevance propagation)

概要

- 深層学習における説明手法
- 層のユニットごとの関係性を逆伝播、入力データの出力データへの関係性を計算



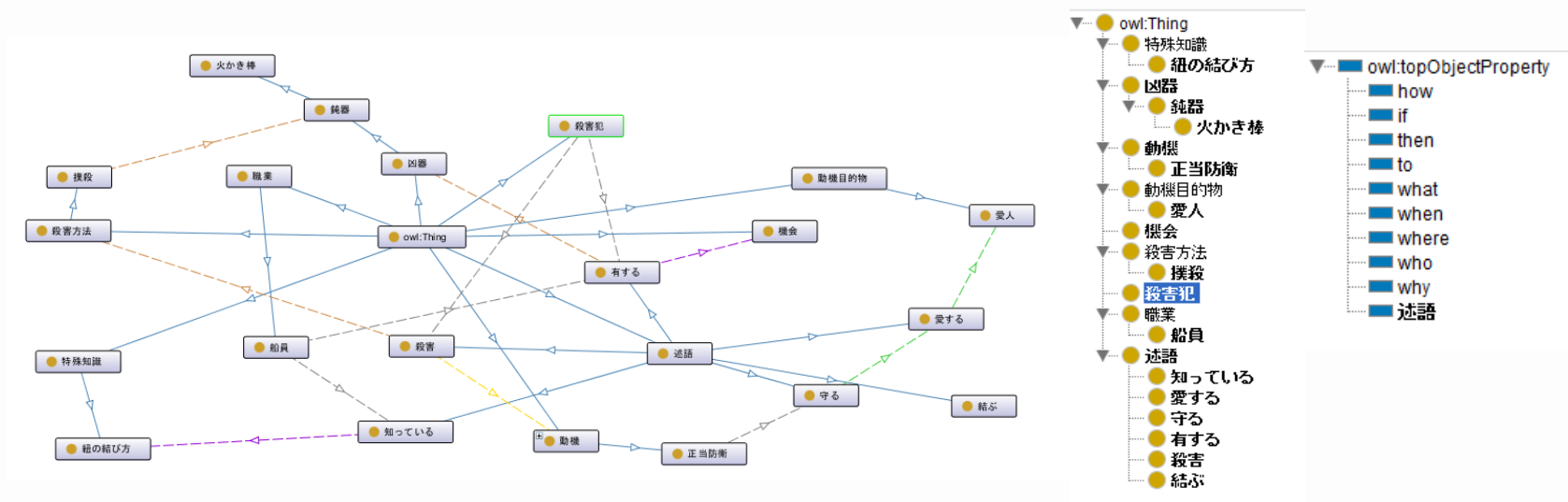
$$R_{i \leftarrow j}^{(l, l+1)} = \frac{z_{ij}}{z_j} R_j^{(l+1)}$$

$$R_i^{(l)} = \sum_j R_{i \leftarrow j}^{(l, l+1)}$$

- $R_i^{(l)}$ は層 l のユニット i の出力値に対する貢献度,
- $R_{i \leftarrow j}^{(l, l+1)}$ は層 $l+1$ のユニット j から層 l ユニット i へ逆伝播する貢献度,
- z_j は層 $l+1$ ユニットの出力値,
- z_{ij} は層 l のユニット i から層 $l+1$ ユニットへ順伝播する値

提案手法 独自オントロジー(僧坊莊園用)

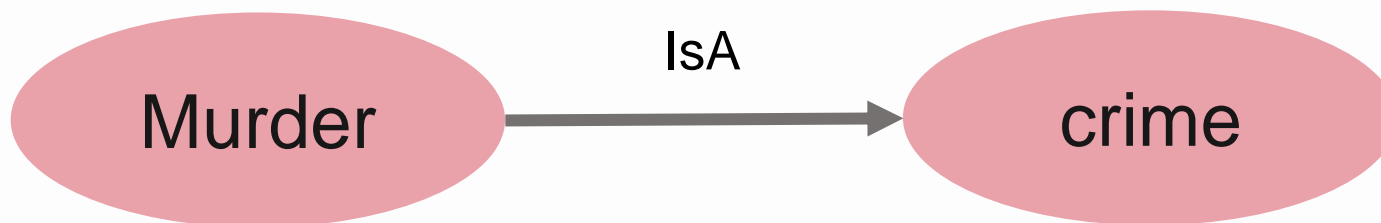
独自オントロジー (鵜飼さん作成 犯罪方法オントロジー参考)



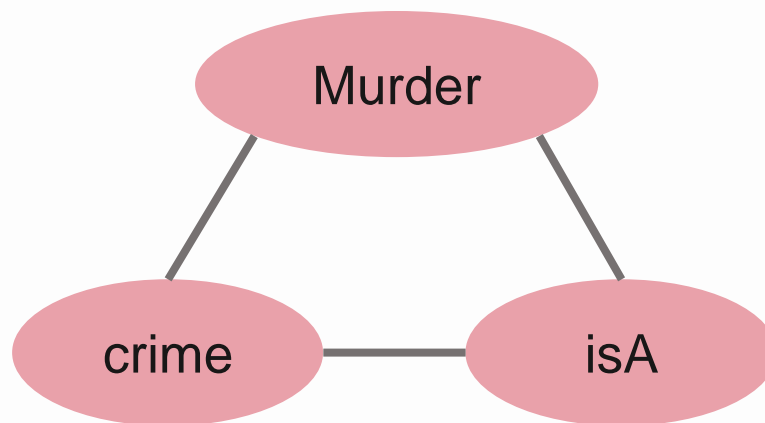
GCNの形式に合わせて, 述語もノードとして僧坊莊園用のネットワークを構築

- 殺害犯は動機・凶器・機会を有する
- 正当防衛で愛する人 (lady_brackenstall) 守る→殺害動機
- 船員は紐の結び方 (特殊知識) を知っている→殺害機会

ConceptNet



↓ GCNに合わせて無向ノードとして表現



実験設定

変更前	変更後
追加知識であるConceptNetに対して施した処理	
冠詞	無
複数形	単数形
2語以上の空白	_ (アンダーバー)
antonym	含めない
大文字	小文字
小説データに対して施した処理	
場面番号	場面番号_小説名
大文字	小文字

Antonymは反意語を示すため、学習には含めず
_小説名はConceptNet上の数字と差別化するため

結果

犯人推定

犯人Royslottの順位			
まだらの紐	+ConceptNet[murder]	+ConceptNet[murder] +ConceptNet[kill]	+ConceptNet[murder] +ConceptNet[kill] +ConceptNet[snake]
10%欠損	2	2	1
25%欠損	2	2	2

ConceptNetのデータを段階的に追加

ConceptNetのmurder, 実際の事件のデータを加えた場合は犯人推定一位

25%欠損で犯人推定が出来ていない

→snakeの知識が十分でない

結果 (差分)

犯人推定

犯人Roylottの順位			
まだらの紐	+ConceptNet[murder] +ConceptNet[kill] +悪魔の足	+ConceptNet[murder] +ConceptNet[kill] +僧坊荘園	
10%欠損	2	2	
25%欠損	2	2	

犯人Jack Crockerの順位			
僧坊荘園		+独自オントロジー +ConceptNet[murder]	
10%		1	

他小説のデータを加えただけでは, 犯人推定はできず.
構築した独自オントロジーを加えた場合は順位が一位

結果 (差分)

LRP

LRPによる貢献度のRoyslottから見た重要ノード上位5つ	
1	91_speckledband
2	One_building_of mansion_of_Royslott
3	Dog_whip_of_Royslott
4	139_speckledband
5	38_speckledband

Dog_whip_of_royslottは、実際の小説のまだらの紐にて殺害に用いられる犯行手段
→グラフ構造から関係性を学習

結果 (差分)

LRP

LRPによる貢献度のjack crockerから見た重要ノード5つ	
1	355_abbey_grange
2	308_abbey_grange
3	310_abbey_grange
4	282_abbey_grange
5	thought_of_jack_crocker

犯人推定方法オントロジーにおける愛人lady brackenstall を
brackenstallから守る(正当防衛による)殺害
→thout_of _jack_crockerを近く学習

- 嘘の考慮

ナレッジグラフの情報をそのまま学習しているため、
嘘の考慮が出来ない

- LRP

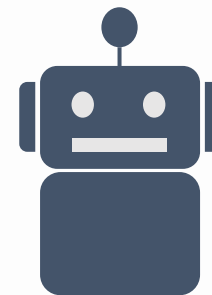
隣接しているノードの貢献度しか示すことが出来ない

- ConceptNet上の語義の曖昧性

似たような意味、品詞の違う単語を考慮できていない。
学習が不安定→より密なグラフを作成

まとめ

- GCNとLRPを組み合わせることで, 必要な知識があった場合犯人推定を行うことができた
- 追加知識にConceptNetと独自オントロジーを定義
- 追加知識の準備や定義方法に関して課題が残る
- より説明性の高いシステムの構築を目指す



ACKNOWLEDGEMENTS

この成果は,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, JPNP180013）の結果得られたものです.

謝辞

本研究を進めるにあたり、江上周作(産業技術総合研究所)様から多大なご指導を賜りました。改めまして、感謝申し上げます。