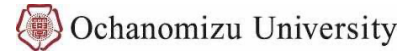


# CCG統語解析器lightblueと 自動定理証明器waniによる自然言語推論の試み

富田朝 松原舞 大洞日音 戸次大介  
お茶の水女子大学  
tomita.asa@is.ocha.ac.jp



## Abstract

- 計算言語学に基づく自然言語推論システムを構築し、データセットを用いた評価実験を行った
- 本研究で提案する推論パイプラインは、各ステップが理論の仮説のもと計算されるため、システムが仮説検証としての役割を果たす
- 解析の全過程に理論的説明が伴うため、「説明可能AI」に求められる要請を実現することができる

## Theoretical Background

### ■ 組合せ範疇文法 (CCG; Steedman 1996)

- 統語理論である範疇文法の一つ
- 辞書と組合せ規則によって統語構造を定義
- 痕跡(trace)を伴う移動操作を仮定しないため、CYKチャートパーシングによる統語解析が可能

### ■ 依存型意味論 (DTS; Bekki 2014, Bekki and Mineshima 2017)

- 依存型理論 (DTT; Martin-Löf 1984) に基づく自然言語の意味の理論
- 型理論的意味論の一つで、**カーリー・ハワード対応**が成立する



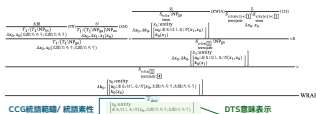
$\left[ \begin{array}{l} e: \text{event} \\ \text{run}(e, \text{taro}) \end{array} \right]$

- 依存型では型の中で項を参照することができるため、DTSでは照応解決・前提解決を証明探索に帰着させて計算できる

## Proposed Method - Inference Pipeline

### ■ 統語・意味解析

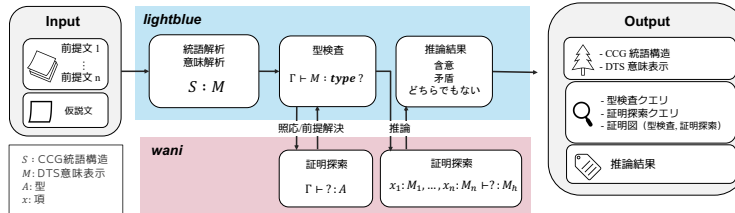
- CCGに基づく統語解析・DTSに基づく意味合成を行う
- 詳細な統語情報を含む統語構造を出力することができる



### ■ 型検査

- 意味表示が整合な型を持つかを確認することができる  
**semantic felicity condition (SFC)**  
文の意味表示は依存型理論におけるtypeという型を持つという制約
- 意味表示のill-formednessは語彙項目における不整合を意味する

型検査クエリ  $\vdash \left[ \begin{array}{l} x_0: \text{entity} \\ \text{走る} / \text{ガ} (x_0, \text{太郎}) \end{array} \right] : \text{type} ?$



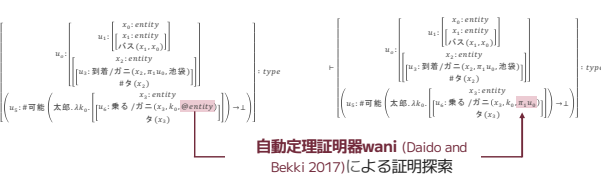
### ■ 証明探索 - 推論

前提文の意味表示から、**仮説文の意味表示の型を持つ証明項**が存在するかどうかを判定する

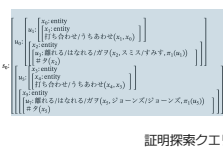
前提文: スミスとジョーンズが打ち合わせを離れた  
仮説文: スミスが打ち合わせを離れた。

### ■ 証明探索 - 照応・前提解決

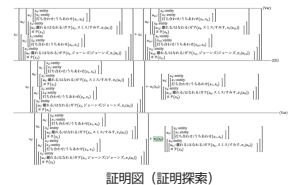
証明探索の結果得られた証明項によって未指定項を書き換える



自動定理証明器wani (Daido and Bekki 2017)による証明探索



証明探索クエリ



証明図 (証明探索)

## Evaluation Experiment

- 含意関係認識のテストセットである日本語意味論テストセットJSeM (Kawazoe et al. 2015) を利用
- Verbセクション計36問における推論に取り組み、高階論理に基づく推論システム ccg2lambda (Martínez-Gómez et al. 2016) およびGPT 4oと性能を比較し、すべての指標で ccg2lambdaを上回ることが確認できた

System	GPT 4o	ccg2lambda	Our System
Parsing	-	-	0.90
Type Check	-	-	1.0
Accuracy	0.750	0.556	0.667
Precision	0.287	0.172	<b>0.397</b>
Recall	0.333	0.250	<b>0.342</b>
F1	0.308	0.204	<b>0.319</b>

## Conclusion

- 言語学的アプローチに基づく自然言語推論システムを考案・提案した
- 本システムは、純粋なデータ駆動型手法とは異なる、解釈可能で検証可能な推論を可能にする道筋を示しており、理論と言語処理の架橋として大きな意義を持つ