

様式VI

博士学位論文調査報告書

論文題目 Neural Approaches for Syntactic and Semantic Analysis
(構文・意味解析に対するニューラルネットワークを利用した手法)

申請者氏名 栗田 修平

最終学歴 平成 27年 3月
京都大学大学院理学研究科物理学・宇宙物理学専攻修士課程 修了
平成 31年 3月
京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻博士後期課程
研究指導認定見込

学識確認 平成 年 月 日 (論文博士のみ)

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科
(調査主査) 黒橋 禎夫 教授

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科
鹿島 久嗣 教授

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科
河原 大輔 准教授

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	栗田 修平
論文題目	Neural Approaches for Syntactic and Semantic Analysis (構文・意味解析に対するニューラルネットワークを利用した手法)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、自然言語の構文・意味解析の手法・システムについて論じたものである。具体的には、中国語における統合構文解析、日本語における述語項構造解析に基づく格・省略解析、英語における意味依存構造解析それぞれについてニューラルネットワークに基づく新たな手法を提案し、その有効性を示している。論文は、これらの三つの手法について各々一章を割り当て、序論と結論の章を合わせて全五章から構成されている。</p> <p>第一章は序論である。自然言語処理の基礎解析について概説し、特に、パイプラインモデルにおける誤差伝播問題、世界知識の不足による問題、既存モデルが特定のドメインのデータセットに対して設計されている汎用性の低さの問題について解説している。次にニューラルネットワークの研究史およびニューラルネットワークを利用した自然言語処理について解説している。最後に、本論文における3種類の提案手法それぞれについて概説し、それらの位置づけおよび関連性について述べている。</p> <p>第二章は、ニューラルネットワークを利用した中国語の統合構文解析手法を提案している。まず、現在の自然言語処理研究の動向として、ニューラルネットワークを利用した依存構造解析器が従来法を上回る性能を上げつつあること、しかし、ニューラルネットワークを利用した統合構文解析器はまだ存在しないことを指摘している。その上で、本論文では遷移に基づく統合構文解析についてニューラルネットワークを利用する手法を提案している。提案手法は既存の統合構文解析手法を拡張して、ニューラルネットワークを利用した初めての中国語単語分割、品詞タグ付け、係り受け解析の統合構文解析手法である。また、既存の単語の分散表現、文字の分散表現に加えて、文字列の分散表現の利用を提案した。評価実験として、提案手法と既存手法の性能を比較し、中国語の標準的コーパスであるCTB-5における実験で単語分割・品詞タグ付けおよび係り受け解析で世界最高性能を達成している。また、提案手法が、文字列内の文字の規則的な配置を学習することによって、中国語の有名でない地名のような固有表現を効率的に把握できることを定性的に示している。</p> <p>第三章は、日本語の述語項構造解析について、敵対的生成ニューラルネットワークを応用し、生コーパスから知識獲得を行って学習を行う半教師あり学習モデルを提案している。既存の述語項構造解析手法では、学習コーパスに出現する知識のみを用いるか、学習に用いられるモデルや手法とは別の手法によって事前に獲得された知識を用いている。本研究では、敵対的生成ニューラルネットワークを応用し、述語項構造解析を行うニューラルネットワークを用いて、生コーパスから知識を獲得する方法を提案している。提案手法では、ニューラルネットワークによるモデルを生成器と評価器に分割する。生成器で通常の述語項構造解析を行い、評価器を用いて生成器の出力を評価することにより、生コーパスからの知識の獲得に供する。評価実験において提案手法と既存手法の性能を比較し、日本語の格解析・省略解析において世界最高性能を達成している。また、既存手法では解析できなかった事例について、定性的に評価している。</p>			

第四章は、ニューラルネットワークを用いた強化学習に基づく英語の意味依存構造解析手法を提案している。遷移やグラフに基づく既存の構文解析手法は、機械学習モデルに対して強い制約を課している。これは、既存モデルが特定のドメインのデータセットに対して設計されている汎用性の低さの問題といえる。これに対して、本研究では強化学習を用いた反復的意味主辞選択モデルを提案し、このモデルが自発的に平易優先戦略を獲得することを実証している。提案モデルについて、その解析アルゴリズム、方策勾配法を用いた強化学習手法、強化学習に用いられる報酬について順に述べている。提案手法を既存手法の性能と比較し、英語の意味依存構造解析の3形式全てで世界最高性能を達成している。加えて、実験結果の解析結果を提示し、強化学習を用いて学習したモデルが文の解析順序において自発的に平易優先戦略を取ることを定量的および定性的に示している。また、この解析順序は通常の教師あり学習を行ったモデルには見られないことを指摘している。

第五章は結論であり、本論文を総括した上で、今後の課題および自然言語処理とニューラルネットワーク研究の今後の方向性について考察している。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、自然言語処理の構文・意味解析の既存モデルでは、パイプラインモデルにおける誤差伝播問題、世界知識の不足の問題、特定ドメインのデータセットに特化して汎用性を失っている問題を指摘し、それぞれの問題に対して、近年急速に広まりつつあるニューラルネットワークを利用したモデルによる解決方法を提案したものである。得られた主要な成果は以下の通りである。

1. 中国語の構文解析は、誤差の伝播問題により性能が大きく制約されていた。本研究では、ニューラルネットワークを利用した世界初の中国語統合構文解析モデルを提案し、中国語の標準的コーパスにおける実験でその有効性を示した。この研究は、これまでの単一タスクに特化した構文解析モデルとは異なり、実際の構文解析器の使用に近い状態での実験結果を示したものとして価値ある成果であり、自然言語処理のトップカンファレンスACL2017においてout-standing paperに選出されるなど、国際的に高く評価された。

2. 述語項構造解析は、用言と項の選択選好等の世界知識に大きく関連する問題であり、少量の教師付きコーパスからの知識の獲得は困難である。本研究では、ニューラルネットワーク研究の中でも近年非常に活発な研究が行われている敵対的生成ネットワークを応用して、生コーパスから知識を取り出す手法を提案した。提案手法により、世界最高性能の述語項構造解析結果が得られていることに加えて、定性的な評価により、既存手法では解決できない問題が獲得知識を用いて解決できていることを示した。

3. 意味依存構造解析は、構文解析を包含し、また、述語項構造解析をも含むより高度な文の解析である。既存の意味依存構造解析手法が遷移やグラフに基づく構文解析アルゴリズムのような強い制約のもとでモデル学習を行っているのに対し、そのような制約が少なく学習の自由度が大きい強化学習に基づく反復的意味主辞選択手法を提案した。本手法によって世界最高性能を達成したことに加えて、モデルが自発的に平易な解析順序を選択していることを示し、それが文中の文法規則ともある程度合致していることを示した。この成果は、強化学習を構文解析に応用する先進的な手法であるのみならず、強化学習により得られたモデルが自然言語処理の観点から妥当なモデルとなっていることを示した点でも意義がある。

よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成31年2月19日に実施した論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。更に、試問の結果の要旨(例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」)を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降