

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K00830

研究課題名（和文）ニューラル機械翻訳と自然言語推論技術に基づく外国語作文の自動添削

研究課題名（英文）Automatic Checking of Foreign Language Writing Based on Neural Machine Translation and Natural Language Inference

研究代表者

綱川 隆司（Tsunakawa, Takashi）

静岡大学・情報学部・講師

研究者番号：30611214

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、近年のニューラル機械翻訳および深層学習に基づく自然言語処理技術に基づいてユーザーが効果的な外国語作文の独習ができる訳文添削システムの構築を目的とする。特に意味的な誤りの検出および添削に着目し、最新の自然言語処理技術を用いた自然言語推論モデル、文間類似度推定モデル、および単語アライメントモデルを適用した自動添削システムを構築した。評価実験において不正解文検出の適合率・再現率ともに70%以上を達成し、かつ添削結果のうち半数程度は妥当であるという人手評価結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

和文英訳問題は英語学習者にとって重要な部分を占めている一方で、学習者自身で回答の正誤を判定することはしばしば困難である。文法的誤りの検出・訂正においては実用化されたシステムが存在する一方で、意味的誤りの検出・訂正はまだ研究途上にあった。本研究は最新の自然言語処理技術を適用することで、任意の和文英訳問題に対する意味的誤りの検出と添削がある程度の性能で可能であることを示した上で、現状残っている学術的課題を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：This study aims to construct a translation correction system that enables users to effectively self-study foreign language composition based on recent natural language processing technologies based on deep learning. In particular, we focused on the detection and correction of semantic errors in the sentences. We constructed an automatic correction system with natural language inference, sentence similarity estimation, and word alignment based on the state-of-the-art natural language processing technologies. In the experiment, the proposed system achieved over 70% in both of precision and recall for detecting inappropriate sentences, and about half of the correction results were evaluated by humans as being valid.

研究分野：自然言語処理

キーワード：添削 和文英訳 外国語作文 誤り検出 誤り訂正

1. 研究開始当初の背景

和文英訳問題が多くの試験で採用されているように、英語学習者にとって、日本語で書かれた文を英語に翻訳して書く訓練は英語学習において重要な部分を占める。しかし、和文英訳問題は記述式問題であるため、指導者がいない場面では学習者自身による正誤判定がしばしば困難になる。このような背景から、和文英訳問題を含めた外国語作文の自動採点・添削システムの実用化が求められる。

外国語作文において生じる誤りには大別して「文法の誤り」と「意味内容の誤り」がある。そのうち「文法の誤り」についてはその検出や訂正を行う実用システムが存在するものの、「意味内容の誤り」の自動添削に関する研究は希少である。

近年、深層学習に基づく機械翻訳モデルであるニューラル機械翻訳の研究が急速に進展している。従来、大量の対訳文対からなるパラレルコーパスから翻訳器を学習するモデルとして統計的機械翻訳が用いられてきたが、出力文は必ずしも文法的に正しくなく、読みにくい文になることも少なくなかった。一方でニューラル機械翻訳は、出力文の流暢さが大きく向上したことが知られている。これに伴い、日本においても旅行用の携帯音声翻訳機をはじめ各種翻訳サービスに採用されている。

一方で、機械翻訳システムの性能を測るための評価指標については多数の研究がなされているものの、統計的機械翻訳当初から用いられている BLEU スコアが依然として主流である。また、1 文単位の評価指標に関する研究も多いものの、人手評価との相関は十分なレベルとはいえない。

ここ数年で、文単位の意味を高次元のベクトル空間に埋め込む技術が急速に発展している。この成果の一つとして、2 つの文の意味的類似性をより正確に測ることが可能となっている。そこで、人間が訳出した文をどう修正すれば正解訳に近づくか計算することができると考えられる。

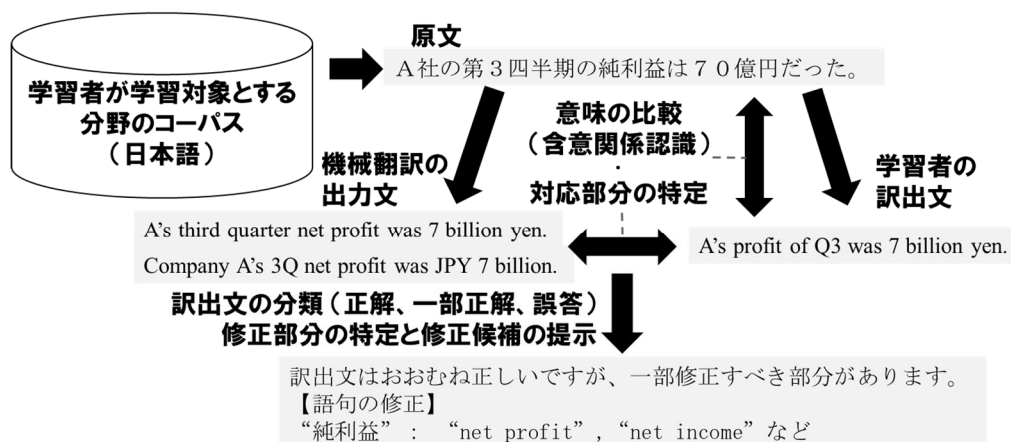


図 1 和文英訳添削システムの概要

2. 研究の目的

本研究の目的は、近年のニューラル機械翻訳および深層学習に基づく自然言語処理技術に基づいてユーザーが効果的な外国語作文の学習をすることができる訳文添削システムを構築することである。

1 文単位で言語の異なる 2 つの文が同一の意味を示すかどうかを評価する指標は研究途上にあり、精度良く訳出文の“得点”を得られるわけではない。しかし、外国語作文の学習においては学習者の訳出文の“得点”が逐一得られることよりも、どこをどう直せば原文の意味が伝わる文になるかを提示されるほうが有効と考えられる。また、正解訳は一つではなく、修正方法も複数あり、かつ、ある状況、文脈においては特定の表現が好まれるといった語用論的制約も存在することにも留意する必要がある。

そこで、図 1 に示すように本研究で構築する添削システムでは学習者の訳出文に対してまず大まかに複数の正解訳(ここではニューラル機械翻訳の出力文を正解訳と仮定する)に対する近さを推定し、その程度に応じて修正候補や別解を提示する。訳出文がほぼ正しい場合には、原文との語句レベルの対応関係の提示や異なる表現例を提示する。訳出文にある程度正しい部分が含まれる場合は、その文をベースとしてより適切な訳に近づけるための修正候補を提示する。訳出文の意味が原文とまったく異なる場合には、動詞などの重要な部分の訳をヒントとして提示する。

ニューラル機械翻訳においてはまず機械翻訳の性能向上に主眼が置かれており、任意の訳文に対する語句単位の対応付けは直接考慮されていない。また、機械翻訳結果の後編集についても

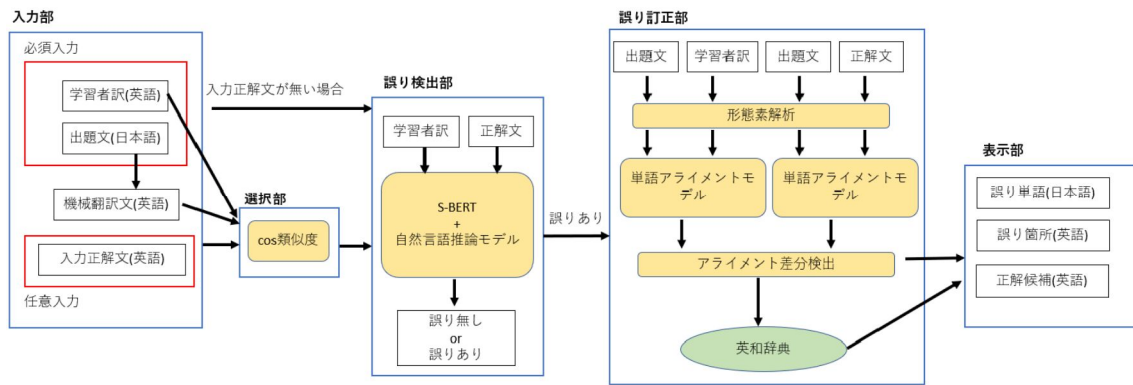


図 2 提案システムの全体図

訳文の修正対象はあくまで機械翻訳結果であり、人が翻訳した文とは異なる。さらに、自然言語推論をはじめ 2 文間の関係を推測する手法は異なる言語間でも有効であり本研究にも応用し得るが、任意の訳出文に対して有効な修正を提示するための手法は未知のままであり、これらのことを本研究にて明らかにしていく。

3. 研究の方法

3.1 システム概要

図 2 に提案システム全体の処理の流れを示す。まず、利用者は出題文(日本語)と学習者訳(英語)を入力する。また、用意可能であれば正解文(英語)として既定の正解文や機械翻訳による出力文も入力する。入力された正解文が複数ある場合、入力正解文、機械翻訳文のそれぞれと学習者訳を文ベクトルに変換し、それらのコサイン類似度の高い方を誤り検出・訂正用に用いる正解文とする。

その後、自然言語推論モデルと SentenceBERT (S-BERT) で学習者訳中の意味内容の誤りの有無を検出する。誤りが検出された場合、単語アライメントモデルで出題文と学習者訳・正解文との対応関係をそれぞれ取る。正解文と学習者訳とで対応関係の取れていない単語と英和辞典に記載のない単語を誤りとする。最後に誤り箇所と正解文から抽出した訂正候補の単語を示す。

3.2 誤り検出

意味内容の誤り検出に自然言語推論(NLI) を利用する。自然言語推論とは前提文に対して仮定文が「含意」となるのか「矛盾」となるのか「中立」となるのかを判定するタスクである。学習者訳と正解文との自然言語推論で「矛盾」がなければ意味内容に誤りがないとし、「矛盾」があれば意味内容に誤りがあるとした。さらに、二つの意味的に類似するテキストのペアを学習データとし、BERT などの事前学習モデルをファインチューニングした文ベクトルの生成モデルである Sentence-BERT(S-BERT) を利用し、学習者訳と正解文の文ベクトルのコサイン類似度が一定の閾値を超えるかどうかで意味内容の誤りの有無を判定した。

3.3 誤り訂正

出題文と学習者訳、および出題文と正解文の間でそれぞれ単語間の対応関係(単語アライメント)を求め、それらの差異から添削が必要な部分を求める手法を提案した。

単語アライメントモデルとして awesome-align を採用し、出題文・学習者訳間の単語アライメントと出題文・正解文間の単語アライメントの二つを取得する。「名詞」「動詞」「副詞」「形容詞」「接続詞」「感動詞」である出題文中の日本語単語に対して、正解文のみにアライメントされている単語を訂正候補とした他、意味は異なるが共通性のある単語がアライメントされてしまう課題に対処するために辞書を用いるなどの手法で誤り訂正性能向上を図った。

4. 研究成果

提案システムの有効性を示すため、大学受験レベルの和文英訳問題の中からランダムに 51 問を抽出し、英語中級レベルの 5 名の被験者から試験と同様の設定で英作文の回答を収集し、延べ 254 文(うち正解文 142 文、不正解文 112 文)の回答を得た上で、各回答を本研究にて構築した自動添削システムに入力し、誤り検出・誤り訂正結果の妥当性をそれぞれ人手で評価した。

正解文・不正解文それぞれにおける誤り検出の適合率、再現率、F 値を表 1 に示す。

表 1 誤り検出性能評価実験結果

	適合率	再現率	F 値
正解文	0.80	0.72	0.76
不正解文	0.70	0.76	0.73

また、112 文の不正解文に対して、提案システムがどの程度単語（またはフレーズ）を添削できたのかを調べた。提案システムが不正解であると判定したものは 102 文、添削箇所は 298 件あり、うち適切と考えられるものは 178 件、適切でないものは 120 件あった。逆に添削すべき箇所でも添削されなかった箇所が 21 件みられた。

誤り検出では、正解文・不正解文においてどの指標でも 70%以上を達成した。より大規模な言語モデルを基に自然言語推論モデルや SentenceBERT を構築することでさらなる精度向上が期待できると考えられる。

誤り訂正では、半分程度の確率で適切な添削が可能であることを示した。適切でない添削箇所が多いことについては、英和辞典に存在しない出題文とアライメント関係にあった学習者訳中の単語（フレーズ）が不正解判定されるためであると考えられる。一方で添削が不足していた箇所は比較的少なく、英和辞典は出題文中の単語をある程度網羅していることを示している。

今後の課題として、単語アライメントモデルを訂正タスク向けに拡張したモデルの検討や過剰添削を防ぐアルゴリズムの検討が挙げられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 松井 颯汰, 綱川 隆司, 西田 昌史, 西村 雅史
2. 発表標題 BERTモデルを用いた和文英訳添削システム
3. 学会等名 静岡大学情報学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井 颯汰, 綱川 隆司, 西田 昌史, 西村 雅史
2. 発表標題 英語学習者のための和文英訳自動添削システムの構築に向けて
3. 学会等名 静岡大学情報学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sota Matsui, Takashi Tsunakawa, Masafumi Nishida, and Masafumi Nishimura
2. 発表標題 Automatic Detection and Correction of Semantic Errors in Translation Tests for Foreign Language Learners
3. 学会等名 The 20th China-Japan Natural Language Processing Joint Research Promotion Conference (CJNLP 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松井 颯汰, 綱川 隆司, 西田 昌史, 西村 雅史
2. 発表標題 自然言語推論に基づく誤り検出器を用いた和文英訳自動添削システム
3. 学会等名 NLP2021ワークショップ文章の評価と品質推定
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天野 勇弥, 松井 颯汰, 綱川 隆司, 西田 昌史, 西村 雅史
2. 発表標題 和文英訳自動添削システムにおける内容誤り検出手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松井 颯汰, 綱川 隆司, 西田 昌史, 西村 雅史
2. 発表標題 和文英訳問題自動添削システムにおける意味内容の添削
3. 学会等名 言語処理学会第29回年次大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

静岡大学情報学部 西村研/綱川研/西田研(NIST-Lab)ホームページ http://lab.inf.shizuoka.ac.jp/nisimura/ 静岡大学情報学部 綱川研究室 ホームページ https://wvp.shizuoka.ac.jp/tsunakawa/ 和文英訳自動添削システムデモ https://tsunalab.net/rest/system
--

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	松井 颯汰 (Matsui Sota)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	天野 優弥 (Amano Yuya)		
研究協力者	西村 雅史 (Nishimura Masafumi)		
研究協力者	西田 昌史 (Nishida Masafumi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関