

令和 5 年 4 月 12 日現在

機関番号：33306

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12098

研究課題名(和文) 学生点訳ボランティアを支援する点字への翻訳システム

研究課題名(英文) Braille translation system supporting student volunteers

研究代表者

川邊 弘之 (Kawabe, Hiroyuki)

金城大学・社会福祉学部・教授

研究者番号：60249167

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)：日本語から点字への翻訳を深層学習で行った。「日本語文、分かち書きカナ」対、または、「日本語文、点字文」対の対訳を用意し、ニューラル機械翻訳の深層学習で翻訳機を作成した。ネットワークモデルとして、transformerを採用した。その翻訳機を用いて、日本語から点字への翻訳を行い、翻訳結果を評価した。良好な結果を得た。

また、字句解析に用いたlex(flex)が8bitコードだけを解し、日本語の多バイトコードを受け付けられない仕様であったが、制限を回避する方策(日本語1文字の多バイト列を複数の8bitコードからなる文字列とみなす)を考案し、変換プログラム・逆変換プログラムを書いた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では日本語文から点字文への変換に深層学習を導入した。深層学習を日本語文から点字文法のカナ文字に変換する部分、点字文法のカナ文字から点字文法の分かち書きに変換する部分に適用した。そして、点字文法への対応を向上させ、全盲学生が健常学生と同等に学修することを可能にした。

応用として、点字図書製作や古書点字の修復・復元がある。点字図書製作も学生ボランティアと同様の手法で行われているが、このシステムが応用できれば点字図書製作も簡略化される。また、全国に広まれば、反響は大きい。古書点字は点字を入力後、点字製作と同様にミスチェックや分かち書きチェックが必要である。そのためにもこのシステムは有効である。

研究成果の概要(英文)：Translation from Japanese to Braille was performed using deep learning. We prepared a pair of "Japanese sentences, separated kana sentences" or "Japanese sentences, Braille sentences" pair, and created a translator by deep learning of neural machine translation. A transformer was adopted as the network model. Using the translator, we translated from Japanese to Braille and evaluated the translation results. Good results were obtained.

In addition, lex(flex) used for lexical analysis only understands 8-bit code and does not accept Japanese multi-byte code. character string consisting of 8-bit code), and wrote a conversion program and inverse conversion program.

研究分野：福祉工学

キーワード：深層学習 点字翻訳 全盲学生 学生支援

1. 研究開始当初の背景

点字文法は我々が常用する日本語文法とは異なる。日本語文を点字文に変換するには、自然言語処理の手法を応用し、原文を構文解析・形態素解析してきた。だが、日本語文の構文解析は難易度が高く、形態素解析には辞書が必要であり、辞書の性能によって品詞分解の性能が左右されてしまう。そのため、市販の点字編集ソフトウェアは、利用者が点字文法に長けていて誤変換を自力で修正できることを前提としていた。これでは、学生点訳ボランティアを含む初心者には使えない。先行研究で、我々は形態素解析ツールを用いた変換システムを構築し、市販の点字編集ソフトウェアを超える変換精度を得た。しかし、点字文法への対応において性能面で不満が残った。

一方、外国語翻訳の分野で大きな発展があった。深層学習の外国語翻訳への応用である。深層学習は機械学習の一手法であり、画像識別・認識の分野で大きな成功を収めた。それが機械翻訳にも適用され、良好な結果を与えている。本研究では、点字変換にこの深層学習を適用した。深層学習が外国語翻訳で良好な結果を与えるのなら、点字変換でも良好な結果を与えるはず、と考えたのである。それを検証し、初心者でも使える点字変換システムを構築した。そして、全盲学生の学修環境の改善に繋げることを目指した。

2. 研究の目的

教育現場では、障害者の学修環境整備が急がれている。全盲学生の場合、教科書や授業資料、板書の点字化がそれにあたる。全盲学生は大学に入学すると、教科書、参考書など多くの点字の本が必要になる。それらが入手できないと授業の聴講に支障を来す。点字製作現場では点字編集ソフトウェアを用いて、学生のボランティア入力に頼っている。そのため、点訳ボランティアはそれらの本や資料を迅速に点訳し、そして、点字翻訳版を全盲学生に渡すことが求められている。しかし、点字には固有の文法があり、また、点訳ボランティアは学生で経験が浅いため、日本語の誤入力・誤変換の他に、点字文法における誤りが発生する。

我々の先行研究では、漢字仮名交じり文を形態素解析ツールで点字文法に則った点字文に変換するシステムを構築した。このとき、点字文法への対応において性能面で不満が残った。そのため、本研究では日本語文から点字文への変換に深層学習を導入した。深層学習は機械学習の手法のひとつであり、外国語の翻訳にも利用され、好結果を得ている。すなわち、我々の課題を日本語から点字への変換ではなく「翻訳」と解釈し、機械翻訳の手法を適用した。

3. 研究の方法

(1) 点字 分かち書きカナ逆変換プログラムの作成

通常の点訳では、分かち書きカナから点字を作り出すので、ここで作成するのは、その逆変換プログラムである。最終的な翻訳結果を評価する際に必要である。このような機能の実装を見かけることがあるが、ソースコードとして提供されていないので、作成する必要があった。

日本語から点字への翻訳を深層学習、特に教師あり学習で行うためには、日本語文と点字文との対訳が必要である。日本語図書のテキストデータと対応する点字図書の点字データがあれば、好都合であるが、出版社は日本語図書のテキストデータを提供してくれない。一方、点字図書の点字データならば、点字図書館に協力を仰ぐことで入手可能である。そこで、点字図書館から点字データを借用できることを前提に、点字データを分かち書きカナに逆変換するプログラムを作った。分かち書きカナ 点字の変換規則は定義されているので、その逆変換を定義し、字句解析器を作れば、点字 分かち書きカナ変換プログラムを生成できる。また、確認のため、分かち書きカナから点字への順変換プログラムも作成した。

(2) 点字データと「分かち書きカナ」データの生成

点字図書館に協力を仰ぎ、点字図書の点字編集ソフトウェアの保存データを借用した。保存データから印刷時の書式データを削除して、点字データとした。そして、(1)で作成した点字 分かち書きカナ変換プログラムを用い、分かち書きカナ文を作り出した。

(3) 日本語書籍の電子化

点字図書館から借りた点字データのオリジナル書籍をスキャナで読み込み、OCR ソフトウェアでテキストデータ化した。

(4) 深層学習による点字翻訳

上記で得られた「日本語文、分かち書きカナ」対、または、「日本語文、点字文」対の対訳を用い、深層学習で翻訳機を作成した。その翻訳機を用いて、日本語から点字への翻訳を行った。そして、翻訳結果を評価した。

4. 研究成果

(1) システムと方法

ChatGPT は最新の深層学習アプリケーションの一つで、その性能から最近話題になっている。これは、主に自然言語処理やコンピューター ビジョンの分野で使用されている Transformer と呼ばれるディープラーニングモデルに基づいており、入力データの各部分の有意性を差別的に重み付けする自己注意のメカニズムを採用している。我々はこの Transformer を使って、ニューラルネットワークを使った点字翻訳システムを以下のハードウェア上に構築した。

- Workstation: Lenovo ThinkStation P620 (AMD Ryzen Threadripper PRO 3955WX), 256GB memory

- GPU: NVIDIA A30

また、以下のソフトウェアを用いた。

- OS (Windows10, Ver.1803)

- GPU 環境設定 - CUDA ver. 9.0, CUDA toolkit, CUDNN ver. 9.0

- Visual Studio Community 2017

- Anaconda, Python 3

- Tensorflow ver.1.10

- Transformer (Tensor2Tensor ライブラリに含まれている)

日本語を点字に翻訳するために、我々は3段階のプロセスを考案した。1 段目では仮名漢字混合文をスペース挿入文に変換する。2 段目ではスペース挿入文を表音カナ文に変換する。最終段では表音カナ文を変換する。また、比較として、全段階を一括で変換する実験も行なった。

(2) 多段階翻訳

約 10,000 対の仮名漢字混合文と点字コードを学習データとして作成した。それらの 90% を学習に使用し、残り 10% をトレーニングに割り当てた。学習時間は 32 時間であった。小さなトレーニングセットにもかかわらず、文のトレーニング精度は 93% であった。トレーニングセットと似た分野の文章に関する翻訳精度は 86.5% であった。翻訳システムでは高い変換精度を得たが、結果に誤りもあった。漢字仮名変換ミス (76.9%)、単語を区切るためのスペースの配置の間違い (17.3%)、その他、文字の欠落など (5.8%) である。漢字仮名変換で誤りを生ずると、点字の単語間でスペースの挿入場所も間違えてしまうことがわかった。

(3) 一括翻訳

翻訳精度向上のため、(1) から学習データを増やした結果、トレーニングデータは約 50,000 文になった。学習とトレーニングに用いた文の割合は (2) と同様である。この時、トレーニング時間は 39 時間であった。トレーニングセットが大きくなったため、文のトレーニング精度は 97.4% に向上した。また、近似のブルースコアは 0.918 に達した。トレーニングセットを構築したジャンルから離れた文章、186 文で変換システムを評価した。誤りを含む文の数は 63 で、誤りの総数は 73 であった。誤りのある文の平均誤り数は 1.56、正訳率は 65.6% であった。誤訳は 3 種類あり、漢字仮名変換ミス (56.2%)、単語を区切るためのスペースの配置の誤り (20.5%)、その他、文字の欠落などであった。

(4) 字句解析による仮名点字翻訳

字句解析と構文解析で利用するつもりであった lex(flex) と yacc(bison) が 8bit コードだけを解し、日本語の多バイトコードを受け付けられない仕様であることがわかったが、この仕様の制限を回避する方策 (日本語 1 文字の多バイト列を複数 8bit コードからなる文字列とみなす) を考案し、変換プログラム・逆変換プログラムを書いた。これにより、上記の翻訳結果の確認・検証ができた。

(5) 課題

変換精度向上のためには課題が明らかになった。一つ目は学習データを増やすこと。二つ目はいろいろな分野の学習データを追加することである。ただ、これだけでは変換精度の劇的な向上には不足であろうことが、最近の ChatGPT の成功から示唆されている。三つ目として、ネットワークモデルを拡大することが必要である。

< 引用文献 >

川辺 弘之、下村 有子、南保 英孝、瀬戸 就一、点字変換と点字翻訳 一形態素解析と機械翻訳の視点から、設備管理学会 2020 年度秋季研究発表大会

H.Kawabe, Y.Shimomura and S.Seto, Braille Translation System using Neural Machine Translation Technology II - Code conversion of Kana- Kanji mixed sentences -, Proceedings of the Fifteenth International Conference on Management Science and Engineering Management (pp.417-426)

H.Kawabe, Y.Shimomura and S.Seto, Braille Translation System using Neural Machine Translation Technology III - Braille generation from Kana-Kanji mixed sentences -, Programme and Abstract Proceedings The 2022 Asia Pacific Industrial Engineering &

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 H. Kawabe, Y. Shimomura, S. Seto	4. 巻 -
2. 論文標題 Braille Translation System using Neural Machine Translation Technology II - Code conversion of Kana-Kanji mixed sentences -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Fifteenth International Conference on Management Science and Engineering Management	6. 最初と最後の頁 417-426
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H.Kawabe, Y.Shimomura and S.Seto	4. 巻 -
2. 論文標題 Braille Translation System using Neural Machine Translation Technology III - Braille generation from Kana-Kanji mixed sentences -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Programme and Abstract Proceedings The 2022 Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, p.26	6. 最初と最後の頁 26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 H. Kawabe, Y. Shimomura, S. Seto
2. 発表標題 Braille Translation System using Neural Machine Translation Technology II - Code conversion of Kana-Kanji mixed sentences -
3. 学会等名 The Fifteenth International Conference on Management Science and Engineering Management（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬戸就一、川邊弘之、下村有子
2. 発表標題 深層学習を用いた点字を漢字カナ文字に翻訳するシステムの構築 -点字コードから表音カナ文への変換
3. 学会等名 設備管理学会2021年度秋季研究発表大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川辺 弘之、下村 有子、南保 英孝、瀬戸 就一
2. 発表標題 点字変換と点字翻訳 - 形態素解析と機械翻訳の視点から -
3. 学会等名 日本設備管理学会 2020年度 秋季研究発表大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	下村 有子 (Shimomura Yuko) (70171006)	金沢大学・設計製造技術研究所・研究協力員 (13301)	
研究分担者	瀬戸 就一 (Seto Shuuichi) (90196973)	金城大学短期大学部・ビジネス実務学科・教授 (43304)	

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
---------	---------