

学位論文内容の要旨

報告番号	先端科学技術甲第 184 号	氏名	ルスリ アンドレ
論文題目	Utilizing Natural Language Processing to Develop a Chat-Based Learning Platform to Support Second Language Acquisition		

近年、人工知能の分野の一つである自然言語処理（NLP）が急速に進化している。その中で多くの手法が提案され、新しいモデルが続々と提供されている。本研究は自然言語処理と機械学習（ML）の様々な提案手法のうち言語教育分野で利用の可能性がある手法やモデルを調査し、実験を行う。最終的に、実験の結果から有用であった手法やモデルを用いて、第二言語としての英語学習を支援するチャットベースの学習支援システムの開発を目的としている。本システムは、多様な自然言語処理手法を用いて、ユーザー同士が英語でのコミュニケーションや、自己学習、自己評価などが行えるための複数の支援機能が提供されている。特に、授業外での学習や教師のサポートが限られている場合に有用である。さらに、本システムを利用することによって、教師の負担も削減できる。

第1章は、本研究の動機、背景、および方向性が紹介されている。Computer-assisted language learning（CALL）の分野における従来研究やスマートフォンやウェブの先端技術で外国語の学習体験をどのように向上できるかなどについての調査を行う。また、本研究で最終的に提案する CALL システムの概念を記述する。本システムの機能としては主に2つに分かれている。まずは、ユーザーが日本語または英語を使用して相互にコミュニケーションするための翻訳支援付きのチャット機能である。そして、自己学習を可能にするための練習機能である。本システムの練習機能は、できる限り教師の手作業を減らすために自動的に練習問題を生成し、学生の回答を自動的に採点して自己練習のための即時フィードバックを提供することもできる。この方向性に基づいて、本研究では様々な既存の機械学習および NLP 技術や手法を実装、分析、および評価する一連の実験が行われ、システム開発へと研究を進める。

第2章の前半では、日本語の文書の形態素解析に適した方法を注目する。日本語はアルファベット言語と異なり、文の中の各単語やフレーズを区切るためのスペース（分かち書き）がない。さらに、文脈によっては、同じ文字の組み合わせが複数の異なる方法で分割されることがある。本研究では、日本語テキストのトークン化のための既存の方法をいくつか検討し、それらの性能をいくつかの機械学習タスクで評価する。後半では、多言語の大規模言語モデル(LLM)の従来研究について調査を行う。多言語モデルは外国語学習分野でよく見られるような、複数の言語を扱うシステムを構築するために有用性の高い技術である。前回の実験に続いて、本実験では英語、日本語、インドネシア語という3つの言語を処理するための適用可能性を、多言語で学習された XLM-RoBERTa モデルに焦点を当てて探求する。

第3章は、本研究で実施した日英ニューラル機械翻訳(NMT)に関する実験を中心に説明をする。

まず日英機械翻訳の現状を把握するために既存の研究を調査する。前章の実験で得られた知見で、SentencePiece という英語と日本語テキストをトークン化できる手法と Transformers アーキテクチャに基づいて機械翻訳モデルを学習し、精度評価や他モデルとの比較を行う。また、日英機械翻訳、特にチャット翻訳における重大のチャレンジの1つであるゼロ代名詞という現象を調べ、改善方法を提案する。ゼロ代名詞を処理し、適切なモデルを学習する研究はいくつかあるが、学習されたモデルを評価するための研究はあまり行われていない。それで、本研究の改善方法では、専用の評価データセットを構築するためのツール「Zero-Pronoun Annotation Support Tool (0Past)」を提案した。このツールを使用して、日英並列テキストの対話コーパスをラベル付けし、複数の NMT モデルを再評価した。さらに、ゼロ代名詞有無のラベル付きデータを使用して、XLM-RoBERTa を fine-tuning して、ゼロ代名詞テキスト分類モデルを学習した。

第4章では、今までの実験結果を踏まえて、英語でのコミュニケーションのスキルと自信を向上させるために、チャットベース英会話の学習支援システムの開発について述べている。本システムは PC とスマートフォンの両方で使用できるように、Web ベースのツールとして構築されている。Web のアプリケーションは VueJS を使用して構築され、バックエンドのサーバーは Google Firebase の Auth と Realtime Database を用いる。さらに、Python で書かれた API を Heroku 上で提供する。API の中には自然言語処理や ML モデル推論などに関連するプロセスを提供している。開発後、日本の大学でユーザビリティテストを実施し、フィードバックを収集し、いくつかの機能の改善を行い、最終的に結果を報告している。

第5章では、いくつかの追加実験について説明する。最初の追加実験は提案システム上でデータ収集を行い、機械翻訳用のリファレンス文を改善する実験である。次の追加実験は、2つの仕様に分類され、従来のなストリングマッチングアルゴリズム指標と LLM ベース指標である機械翻訳モデルの精度の評価指標をいくつか実装し、その結果を比較する。この追加実験の結果によって本研究が提案するシステムのスコアリング方法は BLEU という従来のな指標から COMET という LLM ベース指標に変更した。最後の追加実験では、最近の言語モデルの進歩 (ChatGPT) を使用した自動 QA 生成およびスコアリングの可能性が含まれる。

第6章では、本研究を結論付ける。本研究の一連の実験や調査により、提案されたシステムとその中に使用された自然言語処理手法などが、英語の学習者にとって有用であることが実証された。大規模言語モデルおよび CALL は、英語を外国語として学ぶ方法を変革する可能性があるが、これらのシステムを開発する際に人間を優先することが重要であると強調する。教師は言語学習において重要な役割を果たし、LLM を学習環境で十分に統合し利用するためには、強力な教育理論的アプローチが必要である。また、学生がこれらのモデルを効果的かつ意味のある方法で使用していることを確認するために、学生の使用を監視およびガイドすることが重要である。最終的に、教育に AI を統合することの目的は、教師の役割を排除することではなく、彼らを支援して学生により良い教育を提供することである。