

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01717

研究課題名（和文）AIを用いて日常用語を学術用語に変換する探究支援ツールの開発

研究課題名（英文）Development of AI tools to translate everyday words into academic terms for inquiry-based learning

研究代表者

山内 祐平（Yamauchi, Yuhei）

東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授

研究者番号：50252565

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、高校生の探究における問いの設定・推敲と学術的な情報収集の支援のために、日常用語を学術用語に変換できる、AIを用いた機械翻訳のアルゴリズムと、それをもとしたWEBツールを開発した。日常用語と学術用語の文脈情報を利用して類似度を測定するアルゴリズムを実現し、本研究のために作成したデータセットで評価したところ、比較対象よりもMAP値が約10%ポイントも高い結果を得られた。さらに、高校生を対象に本WEBツールの効果を評価した結果、問いの推敲に有用な学術用語を提供でき、問いの推敲に概ね影響を与えたことが確認された。また、歴史の探究の学習方略に対する有用性の認知も向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

情報科学の領域における学術的意義としては、短文で記述された、異なるドメインで使用される用語の類似度を測定する手法を実現できた点があげられる。教育領域における学術的意義としては、探究においてこれまでほとんど注目されていなかった、問いの設定・推敲に焦点を当てた支援方法を開発できた点が挙げられる。社会的意義としては、通常ではアクセスしにくい学術用語の情報を、個別に異なる問いを設定した高校生それぞれに対して即時に提供し、問いの推敲を支援できる方法を開発できた点が挙げられる。

研究成果の概要（英文）：We developed an AI-based machine translation algorithm and a web tool based on the algorithm that can convert everyday words into academic terms to assist high school students in setting and elaborating questions and gathering academic information in their inquiry-based learning. We realized an algorithm that measures the similarity between everyday words and academic terms using contextual information, and evaluated it on a dataset created for this study, and found that the MAP value was approximately 10 percentage points higher than that of the comparison target. Furthermore, evaluation of the effectiveness of this Web tool with high school students confirmed that it was able to provide useful academic terms for question elaboration and generally had an impact on question elaboration. It also improved their perception of the usefulness for learning strategies for historical inquiry.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 AI 機械翻訳 探究 問い 歴史学習 学術用語

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

教育の研究領域において「探究」の支援は長年注目されている課題である。特に近年では、自分で問いの設定をする高度な探究に注目が集まっている。実際、平成 30 年版の高等学校学習指導要領では「総合的な探究の時間」や「世界史探究」「日本史探究」が新しく設けられ、高校生自身が「①課題の設定、②情報の収集、③整理・分析、④まとめ・表現」をすることが求められている。

さらに、学習者自身で問いの設定をする探究では、情報を収集しながら問いを推敲するプロセスが重要であると示されている (Pedaste *et al.*, 2015)。この際、問いと関連する学術用語を知ること、各領域における学術的な視点からの高度な推敲や、学術的な情報収集が促進されると考えられる。

しかし、各高校生が関心を持っている「日常用語」を「学術用語」に変換するための支援ができていないという問題がある。この「日常用語」から「学術用語」への変換の支援が弱いという問題点に対し、機械翻訳の手法は解決の糸口になりうる。近年、AI を教育分野に応用する研究が増えており、特にデータマイニングの応用によって、学習中の行動分析、学習内容や成果物の分析、可視化が可能になっている (Aldowaha *et al.*, 2019) が、AI を用いた学術的な情報収集の支援に関する研究は少ない。これに対し、本研究では機械翻訳の手法に着目する。機械翻訳はある領域の言葉を他の領域のものに、意味を保ちながら自動的に言い換える手法である。これまでに Google 翻訳のような自然言語間の翻訳を行うサービスや、数学や社会学の研究支援のための応用研究が行われている。しかし、高校生の探究を目的に掲げ、日常用語を学術用語に翻訳するためのアルゴリズムは開発されていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、高校生の探究における問いの設定・推敲と学術的な情報収集の支援のために、日常用語を学術用語に変換できる、AI を用いた機械翻訳のアルゴリズムと、それをもとにした WEB ツールを開発する。

### 3. 研究の方法

#### (1) アルゴリズムの開発方法

日常用語を学術用語に翻訳するためのアルゴリズムは、学習者が入力した日常用語と学術用語に対して、3 種類の手法を統合するものとして実現した。1 つ目は、潜在意味解析、明示的意味解析、深層学習による分散表現、名詞の文脈情報、TF-IDF の 5 種類を組み合わせて作成した特徴ベクトルを用いて、学術用語をカテゴリとみなした文章分類器を使用する。2 つ目は、日常用語と学術用語の字面の一致性を解析する Jaccard 係数を用いた文章検索アルゴリズムを用いる。3 つ目は、日常用語と学術用語それぞれの概念に最も近い Wikipedia 記事の参照・被参照関係の類似度を用いたグラフ構造を利用した類似度検索アルゴリズムである。

評価については、事前に用意した評価用データセットに対して、3 つの手法をどのように組み合わせるのが良いのか、文章分類器の訓練に有効な特徴の組み合わせはどれか、を適合率、再現率、F 値、MAP を用いて分析した。

#### (2) WEB ツールの開発方法

上記のアルゴリズムに加え、学術用語のデータベースを組み合わせることで WEB ツールを開発する。

学術用語については、高校で「世界史探究」「日本史探究」の科目が設定されていることを考慮し、歴史領域に焦点を当てて、データベースを構築した。歴史の学術用語については、『歴史学事典』(尾形ほか, 2012) に含まれる「理論と概念」の用語や、「論争」の用語の一部が含まれている。前者については、例えば「世界システム(論)」や「文化伝播」などがあり、後者については「産業革命論争」や「明治維新論争」などが含まれている。

また、学術用語に関連した情報を多様に提供するための補助的な機能として、学術用語の関連語を提示する方法も開発した。関連語を選ぶ手続きとしては、初めに Wikipedia から小説やゲームなどの架空のものを除く歴史学に関連する用語、約 20000 語を選抜した。この約 20000 語に対して、データベース上の学術用語の説明文と、選出された各関連語の説明文(Wikipedia の解説内容)との間でコサイン類似度を算出し、コサイン類似度の上位 300 位に含まれるものの中から、学術用語との関連度が高く、高校生でも理解しやすいものを最大 3 つ選出した。これにより、学術用語と合わせて関連語も提示できるようにした。

#### (3) 教育評価の方法

都立高校 X の高校生 22 名に対し、2022 年 10 月 28 日と 11 月 14 日の放課後に評価実践を行った。最初の実践では、事前の質問紙回答(5 分)、歴史の探究と問いの解説(15 分)、ブラウザ検索を通した 2 種類の歴史の問い A・B の生成(20 分)、教科書と WEB 検索を使った通常の問い A の推敲(25 分)、事中の質問紙回答(5 分)を実施した。2 回目の実践では、WEB ツールの操作方法の解説(10 分)、WEB ツールと WEB 検索を使った問い B の推敲(25 分)、事後の質問紙回答(5 分)を実施した。推敲の際は、推

敲した問いに加え、推敲中に重要と感じたキーワードをワークシートにメモさせた。また、推敲中のノート PC の画面を録画した。

評価については、ワークシート分析を通して WEB ツールが問いの推敲に与えた効果を評価した。具体的には、推敲前の問いの内容に比べて、推敲後のワークシートに書かれた問いの文章とメモをもとに、学術用語および学術用語内の概念用語の影響があったかを分析した。補足的に録画面面も確認した。次に、質問紙調査を通して、WEB ツールが歴史の学習方略に与えた効果を評価した。質問紙は、拡散学習方略・マクロ理解方略・ミクロ理解方略・暗記方略の 4 因子で構成される村山(2003)の「歴史の学習方略尺度」のうち、本活動では用いない暗記方略を除く 3 因子の項目を使用した。分析では、歴史の問いの推敲前(事前)、WEB ツールを用いない通常の推敲後(事中)、WEB ツールを用いた推敲後(事後)の 3 時点で、方略に対する有用性の認知が変化したかを分析した。

#### 4. 研究成果

##### (1) アルゴリズムの開発の研究成果

アルゴリズムの組み合わせ方法としては、提案手法である 3 つの手法を組み合わせるのが、それぞれだけを使用するよりも高い精度を得られることを確認した。特に、最も MAP 値が良かった比較対象よりも、本手法は 10%ポイントも高い結果を得られた。文章分類器の訓練としては、明示的意味解析、深層学習による分散表現、TF-IDF、名詞の文脈情報の組み合わせが、F 値が約 73.8%と最も高い精度が得られた。

##### (2) WEB ツールの開発の研究成果

開発したアルゴリズムとデータベースを統合した上で、図のように WEB ツールを開発した。WEB ツールでは、左の入力欄に学習者が疑問に思った文章や単語を入力できるようになっており、検索ボタンを押せば上述した計算結果をもとに、関連度の高い学術用語が順に検索される。各学術用語をクリックすることで、図の右のように、学術用語の解説や利用例、関連語の 3 つが読めるようになっている。



図 AI を用いた学術用語検索ツールの WEB 画面

##### (3) 教育評価の研究成果

2 日とも参加した 19 名のうち 18 名(95%)が、問いの推敲や探究を深める際に重要そうだと思うキーワードを書くメモ欄に、WEB ツールに掲載されている用語を書いていた。また、ワークシートと画面録画の分析の結果、WEB ツールを用いた推敲後の問いにおいて、ATC に掲載されている用語の直接的な影響があったものは 10 名(53%)、ATC に掲載されている用語が WEB 検索に影響を与え、間接的に推敲の影響があったものは 4 名(21%)、ATC の影響が見られなかったものは 5 名(26%)いた。全員が異なる問いを書いていたことを踏まえると、推敲で重要だと感じさせる情報を柔軟に提供でき、概ね問いの推敲に影響を与える効果があったと考えられる。

質問紙については欠損データを除いた 18 名を対象に分析した。学習時点(事前 vs. 事中 vs. 事後) × 学習方略(拡散学習方略 vs. マクロ学習方略 vs. ミクロ学習方略)の被験者内分散分析を行った結果、学習時点のみ有意な主効果が確認された ( $F(2, 34) = 7.68$ ,  $p = .0018$ ,  $\eta^2 p = 0.31$ )。このため、

修正ボンフェローニ法による多重比較を行ったところ、事後>事中、事後>事前、事中=事前でスコアに差があった。つまり、WEB ツールを用いて推敲する活動を行うことで、歴史の学習方略の有用性の認知が向上することが示された。この原因としては、学術用語を含めた問いの推敲の試行錯誤が関係していると考えられる。WEB ツールを用いずに教科書と WEB 検索をしていた条件での推敲では、ほとんどの高校生が WEB 上の類似した問いに関する歴史の解説サイトを読んでおり、他者の推敲の影響を受けていたことが確認された。一方で、WEB ツールを用いて WEB 検索をしていた条件では、学術用語を検索しながら推敲を試行錯誤している高校生が多かった。

以上より、開発した WEB ツールは、探究の問いの推敲やそれに関する学術的な情報収集を促進できる効果があったと示された。

#### 参考文献

Aldowaha, H., Al-Samarraiea, H., Fauzy, M. W. (2019) Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education- A review and synthesis. *Telematics and Informatics*, 37: 13-29.

村山航 (2003) 学習方略の使用と短期的・長期的な有効性の認知との関係. *教育心理学研究*, 51(2): 130-140.

尾形勇, 樺山紘一, 岸本美緒, 佐藤次高, 山本博文, 加藤友康, 川北稔, 黒田日出男, 南塚信吾 (2012) *歴史学事典 6 歴史学の方法*. 弘文堂.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, A. L., Jong, T., van Riesen, A.N. S., Kamp, T. C., Manoli, C. C., Zacharia, C. Z., Tsourlidaki, E. (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14: 47-61.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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 Yasunobu Sumikawa, Ryohei Ikejiri, and Yuhei Yamauchi
2. 発表標題 Academic Term Search Support System for Beginners in Inquiry-based Learning
3. 学会等名 The 9th International KES Conference on Smart Education and E-Learning (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澄川靖信, 池尻良平, 山内祐平
2. 発表標題 歴史探究のための AI を用いた学術用語検索支援
3. 学会等名 日本教育工学会2021年春季全国大会（第38回）講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池尻良平, 城戸楓, 澄川靖信, 相川浩昭, 山内祐平
2. 発表標題 AIを用いた学術用語検索ツールが歴史の探究における問いの推敲に与える効果
3. 学会等名 日本教育工学会2023年春季全国大会（第42回）講演論文集
4. 発表年 2023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	池尻 良平  (Ikejiri Ryohei)  (40711031)	東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・特任講師    (12601)	

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
研究分担者	澄川 靖信  (Suikawa Yasunobu)  (70756303)	拓殖大学・工学部・助教     (32638)	

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