

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02770

研究課題名（和文）人工知能による学習者の授業コンテンツ理解支援と教材コンテンツ自動生成

研究課題名（英文）AI-based approach to support students for understanding and to automatically generate class contents

研究代表者

田村 哲嗣（Tamura, Satoshi）

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：10402215

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：効果的なオンライン授業の実現と学習者の理解度向上を目的に、人工知能技術を用いて、次の取り組みを行った。授業コンテンツに目次や学習者の反応を付与したりダイジェストを生成したりする視聴システムを開発した。留学生向けに授業コンテンツを自動翻訳する枠組みを作成した。大規模言語モデルを用いて、学習者の理解度に応じた問題生成や、要約動画を自動生成する手法を構築した。これらについて、実際の授業での活用を通じて評価を行った。以上の教育・工学連携テーマを通じて、新しい学びへのイノベーションを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

最先端の人工知能技術を教育分野に適用する本研究の学際的な取り組みは、教員連携としていずれの分野から見ても革新的であり、その学術的意義は大きい。特に教育分野において、最新の人工知能技術の活用は画期的であり、もたらしたインパクトも大きい。

コロナ禍を経て一般的になったオンライン授業において、本研究の視聴システムは有用であり、学習者に応じた要約動画や問題の自動生成は個別最適な学びの実現に十分貢献することが確かめられた。この点において、本研究の社会的意義も十分に認められる。

研究成果の概要（英文）：To accomplish effective online classes and to enhance understanding of learners, we have conducted the following works using AI technology. (1) We built a video watching system on which learners can post and view reactions. We also developed another system to generate summary movies. (2) We investigated a method to automatically translate class contents for foreign learners. (3) Using LLMs, we made a scheme to generate questions and digest movies customized for each learner, according to her/his understanding level. Regarding these works, we evaluated the systems and methods in university classes. Through these education-engineering interdisciplinary activities, we have finally achieved the innovation for next-generation learning scheme.

研究分野：人工知能・教育工学

キーワード：授業コンテンツ 講義視聴システム 問題自動生成 教材自動生成 深層学習 大規模言語モデル 音声情報処理 自然言語処理

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

令和 2～3 年 (2020～2021 年) 当時、本研究開始前後の背景は次のようなものであった。

- 人工知能、とりわけ深層学習と呼ばれる技術の急速な発展によって、情報工学では従来は困難であった高度な音声・画像理解や動画処理が可能となった。授業や学会発表の動画コンテンツ処理の研究は、一昔前まで行われていたが、人工知能ブーム下においても、データ量の問題から、研究事例は少なかった。
- 教育工学では、情報技術の発展や普及を受け、教育 ICT に関する研究が継続的になされてきたが、従来の対面型授業のサポートとしての役割が強かった。
- ところがコロナ禍によるオンライン授業の急速な広まりを受けて、本格的かつ従来の対面型授業に代わる高度な教育 ICT 手法が求められるようになった。さらに授業コンテンツが大量に作成・配信されるようになり、人工知能技術の適用にあたり障害となっていたデータ量の問題が解決することとなった。

2. 研究の目的

上述した背景を踏まえ、本研究は、最先端の人工知能技術を用い以下の達成を目的とした。

- 授業コンテンツに対し学習者個人が感じた重要場面・コメントを付与する機能を提供することで、学ぶ側のコミュニティ作りの促進と理解度向上を目指す
- 授業コンテンツのダイジェスト化や多言語化、個人にあわせた確認テスト生成などにより、学習者の知識定着のための学習を支援する
- 教師へのフィードバックを通じて、学習者の理解度把握と今後のより良い授業コンテンツへの取組みに向けた支援を行う

これらを通じて、人工知能によるオンライン授業コンテンツのアクティブラーニングのフレームワークを構築し、新しい学びへのイノベーションの実現を目指した。

3. 研究の方法

上述した目的を実現するため、本研究では以下に取り組んだ。

(1) オンライン学習のための授業コンテンツ視聴システム・ダイジェスト動画生成

まずウェブブラウザ上で動作し、講義動画や目次を閲覧でき、ユーザ間のチャット、重要度や視聴履歴、タグ付与も可能なシステムを構築した。次に、システムの学習履歴を利用し、学習者にあわせたダイジェスト動画コンテンツの自動生成を行う手法を開発した。加えて、大規模言語モデルなどに基づく理解度最適化手法を構築し、学習者それぞれに適した要約動画生成を行う手法を研究した。

(2) 学習者の知識獲得の助けとなる教材コンテンツの自動生成

留学生のための授業コンテンツ多言語化として、日本語スライド形式の講義コンテンツを英語講義コンテンツに翻訳・生成するシステムを作成した。また、小児や視覚障がい者の音読による教育支援を目指し、音声合成システムをベースに表現力のある朗読システムを構築した。

(3) 学習者の理解度に応じた問題自動作成

まず自然言語処理技術により講義に関するテキストから自動で重要単語を推定し穴埋め問題や選択式問題を生成するシステムを構築した。次いで事前学習モデルを用いた単語推論により多肢選択式問題の選択肢を生成する手法を構築した。最終に個別最適な学びの実現に向けて、講義動画に対し人工知能技術により多肢選択問題を生成する手法を開発した。また大規模言語モデルを用いて生成した問題の難易度を推定する手法を構築した。

4. 研究成果

本研究の実施期間である令和 3 年度～令和 5 年度を通じて、5 件の国内学会発表と 1 件の雑誌論文採択の成果を得た。次頁以降に本研究の成果の概要を示す。

(1) オンライン学習のための講義コンテンツ視聴システム

高等教育機関の学習者が自宅などで個別に講義映像を視聴しながら学習する「オンライン学習」が急速に広まった。学習者にとって、多くの講義映像を効率的に学習するのは容易ではない。また、対面授業と比較して孤立化しやすく、周りの学習者との学習状況の共有が難しいことや教師からのフィードバックを得にくいことが課題として挙げられる。そこで、よりよい講義コンテンツ視聴システムの実現を目的として、期待される機能を統合的に搭載した新たな視聴システムを開発した。試用評価実験を実施し、その結果からオンライン学習に特化した視聴システムに必要な機能や改善点について検証した。図1に開発したシステムの概要を示す。

視聴システムにおいて索引表示、索引再生などの視聴したい映像シーンをすぐに見つけられるようにする機能が特に期待されていることが明らかとなった。加えて、視聴システムを使用した講義映像の視聴が、理解支援や講義内容習得度の向上に有効に作用することが確認された。

	身長	算数	偏差値	勉強の好き	性別
A	162	4	45	好き	男
B	170	7	65	嫌い	男
C	185	3	40	嫌い	女

図1 講義コンテンツ視聴システム

(2) 留学生向け自動翻訳システム

日本語を母語とする教員と非母語とする留学生においては、学生は資料が事前に配られない限り非母語での学習を余儀なくされ、日本語を母語とする他の学習者との知識の習得に差が生じてしまう。他方、教員が留学生それぞれの母語に対し資料を用意することは困難である。そこで、講義資料に焦点をおいた自動翻訳システムの開発を行った。実際に留学生に試用・評価してもらい、翻訳コンテンツが学習支援にどのような効果をもたらすのか調査と分析を行った。

この結果、使用言語と学習意欲は関連が強いことが示唆された。また本システムについての評価が総じて高く、留学生への効率的な学習支援に有効であることが分かった。さらにテストの結果からも、学習者の理解度向上に本システムが有用であると考えられる。

(3) キーワード抽出と単語推論を用いた自動問題作成システム

オンライン学習の普及に伴い、教育関連の電子データを大量かつ容易に扱うことができるようになった。このデータを基に学習コンテンツを自動作成することによって、個別最適な学びなどオンライン学習を支援することが可能であると考えられる。そこで、自然言語処理の技術を活用し、講義資料のテキストデータから単語埋め込みとキーワード抽出によって自動的に穴埋め問題と多肢選択問題を生成するシステムを作成した。構築したシステムに関して、実際の大学講義の学習者に試用してもらい、システムの評価を得るとともに、設問の難易度について調査した。

この結果、穴埋め問題は選択問題よりも評価が高く、穴埋め箇所は妥当であることが分かった。一方、選択肢の生成には、専門用語としての妥当性や難易度の点で課題があることも示唆された。

(4) 表現力のある朗読音声合成システム

音声合成の技術は飛躍的に進歩し、人間に近い自然な音声を生成できるようになった。この音声合成の活用先として、児童や障がい者の学びのための文章朗読支援が挙げられる。このためには、発話のリズムやフレーズ感などの表現力のある発話が求められる朗読音声合成が必要である。そこで、テキストから得られる韻律情報や係り受けの情報を音声合成システムに適用し、表現力のある音声を合成するシステムを作成した。あわせて既存手法との比較を行った。表現力のある音声は、発話内容や発話意図の理解の助けになると考えられる。そこで生成された音声による朗読は聞き手にどのような印象を与えるかの調査も行った。

従来手法との比較では、提案手法の方が自然性や発話速度の自然度の項目で好印象が得られた。また、発話速度の自然度が高く、朗読音声として自然なテンポ感や話速が再現できていることが分かった。一方で満足度の項目においては改善すべき点がみられた。

(5) 学習者の理解度に応じた多肢選択問題および動画要約生成システム

令和の日本型学校教育において実現すべき要項として「個別最適な学び」がある。「個別最適な学び」とは、学習者に応じて学習内容を変化させることを指し、学習者が自己調整しながら学習を進めていくことができるよう指導することを目指す考え方である。前述した(1)(3)のシステムを踏まえ、「個別最適な学び」で使用される学習コンテンツとして多肢選択問題と動画要約に着目し、それらを人工知能技術により自動生成することで「個別最適な学び」の支援を目指した。大学のオンライン講義を想定し、学習者にとって未修得の知識や苦手な部分を集中的に学習するため、問題生成と出題を最適化しつつ、解答履歴にあわせて学習者に資する要約動画を生成する手法を開発した。実際の講義において試用し、最適化を行わない出題方法との比較のほか、自動生成した問題・動画要約が学習に効果的かどうかを調査した。

この結果、開発したシステムが生成した問題および動画の学習への利用可能性が示唆された。要約動画については、新規の知識獲得に関しての期待は小さいが、復習として知識を定着される効果は期待できるという分析結果が得られた。

(6) 自動問題生成システムのための難易度調整

前述した(3)(5)のように、自然言語処理や人工知能を活用することで、自動問題生成が可能である。ところで「個別最適な学び」のためには、学習者の理解度に応じて適切な難易度の問題を生成し提示することが重要である。ここで各問題に定量的な難易度の指標を自動で付加する必要があり、そのために大規模言語モデルを活用した。大規模言語モデルに選択式問題を解かせ、その正答率から問題の難易度を自動的に推定できるかの検証を行った。

この結果、人間の正答率と大規模言語モデルの正答率には関係があることが分かった。また大規模言語モデルによって人の主観的評価に近い難易度評価を行うために、複数のモデルの結果を合わせることで有効であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 和久 友親, 田村 哲嗣, 川瀬 真弓	4. 巻 48
2. 論文標題 学習者の理解度に応じた自動問題生成AIシステムの開発	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.48004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 和久 友親, 田村 哲嗣, 川瀬 真弓
2. 発表標題 単語推論による多肢選択式問題自動生成手法の提案
3. 学会等名 2023年度 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 和久 友親, 田村 哲嗣, 川瀬 真弓
2. 発表標題 学習者の個別最適な学びを支援するダイジェスト自動生成システムの開発と評価
3. 学会等名 日本教育工学会 2023年春季全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 和久 友親, 田村 哲嗣, 川瀬 真弓
2. 発表標題 講義資料からの人工知能による問題作成システム
3. 学会等名 日本教育工学会 2022年春季全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 墨 啓希, 田村 哲嗣, 川瀬 真弓
2. 発表標題 オンライン学習のための講義コンテンツ視聴システムの検討
3. 学会等名 日本教育工学会 2022年春季全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江口 愛莉, 田村 哲嗣, 川瀬 真弓
2. 発表標題 留学生向け講義コンテンツ自動翻訳システムの検討と学習効果分析
3. 学会等名 日本教育工学会 2022年春季全国大会
4. 発表年 2022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	川瀬 真弓 (Kawase Mayumi) (20805353)	岐阜大学・社会システム経営学環・助教 (13701)	

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