

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：23901

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19909

研究課題名（和文）学習者の応用力と探求心の向上を促す教育支援ロボットの開発

研究課題名（英文）Development of an educational support robot that encourages learners to improve their ability to apply and explore

研究代表者

ジメネス フェリックス（Jimenez, Felix）

愛知県立大学・情報科学部・准教授

研究者番号：60781507

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）：本研究では、学習者の応用力と探求心の向上を促すために、認知的徒弟推進理論に基づく行動モデルを開発する。また、学習者の表情から学習者の困惑状態を推定する困惑推定手法を構築して、行動モデルと統合した学習支援モデルを構築した。実験結果から、本学習支援モデルを搭載したロボットは学習者のボタン押下によって学習支援を提供する従来ロボットと同様に大学生の応用力や探求心の向上を促す可能性を示した。つまり、本ロボットは学習者の困惑状態を的確に推定して、自律的に学習支援を提供できることを示唆した。しかし、中学生は本ロボットとの共同学習に対して、すぐに飽きてしまい、長期的な共同学習の実現は難しいことも確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近未来社会では、人には得られた知識を応用する力や、新たな知識を学びたいという探求心が必要とされる。応用力と探求心の向上を促すには、他者と協力しながら共に学ぶ協調学習が有効であるが、家庭学習などにおいて常に共同学習者を確保できるとは限らない。申請者は教育支援ロボットがこのニーズに応えられると着眼し、研究を進めている。本研究では、学習者に知識の応用力と探求心を向上させられる教育支援ロボットを開発する。本研究が完成することで、近未来社会で求められる能力の育成に本ロボットが資することで、HRIの学術的な新展開に大きく寄与するとともに、教育支援ロボットの教育現場への導入・普及にも貢献できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aim to develop a behavioral model based on the cognitive apprenticeship theory to enhance learners' application skills and curiosity. Additionally, we will create a method to estimate learners' confusion by analyzing their facial expressions and gestures, and integrate it into the behavioral model. Our goal is to create an educational support robot that can enhance learners' application skills and foster a spirit of inquiry. The experimental results demonstrate that this robot has the potential to improve university students' applied skills and curiosity, similar to conventional robots that provide learning support through button presses. Specifically, the robot successfully and autonomously estimated learners' confusion levels and provided appropriate support. However, we also observed that junior high school students quickly became disengaged with the collaborative learning experience with the robot, making it challenging to sustain long-term collaboration.

研究分野：感性ロボティクス

キーワード：教育支援ロボット 深層学習 困惑推定手法 認知的徒弟推進理論 Human-Robot-Interaction

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人工知能機器が普及して知的情報の入手が容易となる近未来社会では、人には得られた知識を応用する力(応用力)や、新たな知識を学びたいという探求心が必要とされる。応用力と探求心の向上を促すには、他者と協力しながら共に学ぶ協調学習が有効であるが、家庭学習などにおいて常に共同学習者を確保できるとは限らない。申請者は教育支援ロボットがこのニーズに応えられると着眼し、研究を進めている。

本研究では、応用力や探求心の向上を促す学習支援法である認知的徒弟制理論に着目し、この理論に基づく行動モデルをロボットに搭載することで、ロボットとの協調学習において学習者の応用力と探求心の向上を促せると着想した。また、行動モデルの学習支援を効果的に行うには、学習者に学習支援を提供するタイミングも重要である。そこで、学習者の表情やしぐさから学習者の困惑状態を推定する困惑推定手法も必要である。行動モデルと困惑推定手法を活用し、ロボットが適切なタイミングで支援を提供することで、人同士の協調学習と同様な学習環境を実現できると考える。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「学習者の応用力と探求心の向上」であり、そのために認知的徒弟制理論に基づく6段階の学習支援法を提供するロボットの行動モデルを開発する。さらに、学習者の表情やしぐさから学習者の困惑状態を推定する困惑推定手法を開発して組み合わせることで、適切なタイミングでヒントの提供、思考の言語化を求め、学習者の応用力や探求心を向上させられる教育支援ロボットの実現(図1)を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、下記のイ)~ハ)に基づいて研究開発を遂行した。

イ)困惑推定手法の構築

ロボットと大学生がと共に学習する学習実験より、学習者が学習している様子を記録した動画データを集める。収集した動画データから学習者が問題に悩んでいる状態と学習に対して飽きている状態を検出・推定する困惑推定手法を構築した。被験者実験を通して、本システムにおける心理状態の認識性能を検証した。

ロ)行動モデルと困惑推定手法の統合

認知的徒弟制理論で構成される行動モデルを構築した。従来研究では、学習者の成績に応じて各段階の学習支援法を提供することが有効と報告されている。本研究では、困惑推定手法を用いて学習者の成績だけでなく、学習者の困惑状態も考慮することで、学習者の学習状況・困惑状態に応じて学習支援を提供する学習支援モデルを構築した。そして、被験者実験を通して、学習支援モデルを搭載したロボットが大学生へ与える学習効果を検証した。

ハ)教育支援ロボットが中学生へ与える効果

学習支援モデルを搭載したロボットが学習者に与える学習効果を中学生に対する被験者実験にて検証した。

4. 研究成果

認知的徒弟制理論に基づく従来の行動モデルでは、Modeling、Coaching、Scaffolding and Fadingにおける学習支援の切り替え基準を、1回の学習で算出される、学習者の全問題における正解率としたが、この切り替え基準では、学習者はロボットから提供される学習支援に依存する問題が起きた。そのため、切り替え基準を、問題一つ一つに対する正解率へ変更した。その結果、改良した行動モデルを搭載したロボットは、大学生が得意な問題には簡潔な学習支援を、苦手な問題には丁寧な学習支援を提供できるようになり、大学生へ与える学習効果の向上を促せた。困惑推定手法においても、被験者実験により収集した学習者の表情を深層学習により分析した。その結果、喜怒哀楽の感情分布を用いることで、学習者の表情から悩んでいる状態の感情分布を推定できる可能性を示した。そして、シミュレーション実験より、本システムは学習者の悩んでいる状態を62%の割合で検出することが可能であると示した。しかしながら、被験者実験の結果では、正解率51%の割合であるため、深層学習のモデルを改良する必要がある。

そこで困惑推定手法のベースモデルに対して転移学習を実施し、困惑状態の推定に特化した困惑推定手法(改)を構築した。シミュレーション実験より、推定精度を80%まで向上したことを確認した。また、困惑推定手法(改)を搭載したロボットと共に学習する被験者実験を実施した。被験者実験の結果から、困惑推定手法(改)を搭載したロボットは最適なタイミングで学習支援を提供できる可能性を示唆した。

困惑推定手法(改)と、認知的徒弟制理論に基づく学習支援法で構成される学習支援モデルを組み合わせた統合モデルを構築した。そして、統合モデルを搭載したロボット(以下、本ロボッ

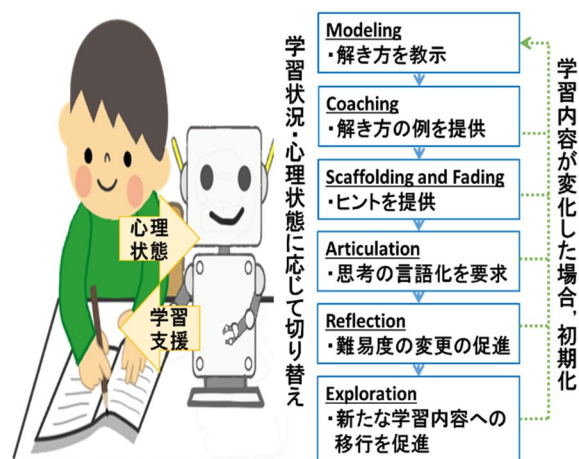


図1 開発するロボットの概要

ト)が大学生に与える学習効果を検証した。実験結果から、本ロボットは学習者のボタン押下によって学習支援を提供する従来ロボットと同様に大学生の応用力や探究心の向上を促す可能性を示した。つまり、本ロボットは学習者の困惑状態を的確に推定して、自律的に学習支援を提供できていることを示唆した。実際に従来ロボットと本ロボットにおいて学習支援回数や問題正答率の推移が類似していることを確認できた。また、本ロボットを中学校に導入する実証実験も実施したところ、本ロボットは中学生との共同学習を実現できる可能性を示した。しかしながら、中学生は本ロボットとの共同学習に対して、すぐに飽きてしまい、長期的な共同学習の実現は難しいことも確認できた。

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 Ryo Yoshizawa, Felix Jimenez, Kazuhito Murakami	4. 巻 32
2. 論文標題 Proposal of a Behavioral Model for Robots Supporting Learning According to Learners' Learning Performance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 769-779
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2020.p0769	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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Kohei Okawa, Felix Jimenez, Kazuhito Murakami, Shuichi Akizuki, Tomohiro Yoshikawa
2. 発表標題 Impressions of Collaborative Learning with a Teacher-type Robot Estimating Perplexion of Learners
3. 学会等名 The 22th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2021)（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大川航平, ジメネスフェリックス, 村上和人, 秋月秀一, 吉川大弘
2. 発表標題 学習者の困惑を推定する教育支援ロボットとの共同学習に関する印象調査
3. 学会等名 第37回ファジシステムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大川航平, ジメネスフェリックス, 秋月秀一, 吉川大弘
2. 発表標題 教育支援ロボットにおける学習者の表情から困惑を推定する困惑推定手法(改)の提案
3. 学会等名 動的画像処理実利用化ワークショップ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryo Yoshizawa, Felix Jimenez and Kazuhito Murakami
2. 発表標題 Deep Learning Method for Estimating Perplexion in Learners by Educational Support Robots
3. 学会等名 Joint 11th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 21th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉沢峻, ジメネスフェリックス, 村上和人
2. 発表標題 教育支援ロボットにおける学習者の困惑状態推定手法に関する基礎的検討
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉沢峻, ジメネスフェリックス, 村上和人
2. 発表標題 深層学習を用いた顔画像からの困惑状態推定手法に関する研究
3. 学会等名 第26回画像センシングシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大川航平, ジメネスフェリックス, 秋月秀一, 吉川大弘
2. 発表標題 困惑推定手法を用いた教師型ロボットが大学生へ与える効果
3. 学会等名 第40回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kohei Okawa, Felix Jimenez, Shuichi Akizuki and Tomohiro Yoshikawa
2. 発表標題 Effects of a Teacher-type Robot Using a Perplexion Estimation Method on College Students
3. 学会等名 Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS 2022) (国際学会)
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
---------------------------	-----------------------	----

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