

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：23901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12766

研究課題名(和文) 学習者に熟考を促す学習支援ロボットの開発

研究課題名(英文) Development of a Learning Support Robot that Encourages Learners to Think Carefully

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・助教

研究者番号：60781507

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学習者の応用力や探求心の向上を促す学習支援である認知的徒弟理論に基づくロボットの行動モデルを開発した。また、学習者に学習支援を適切に提供するために、学習者の学習状況やしぐさなどから学習者の心理状態を把握する心理状態認識システムを開発した。中学生を対象とした被験者実験を実施したところ、行動モデルを実装したロボットは、常に問題の解き方を教示するロボットに比べ、学習者に与える学習効果が向上することが示唆された。また、心理状態認識システムを用いることで、学習者の悩んでいる状態を62%の割合で推定できる可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工知能機器の発達・普及により知的情報の入手が容易になる近未来では、学習者が得られた知識を応用する力や探求心を涵養することこそが重要である。このような能力を伸ばすには、教育する側ではなく、学習者に寄り添って学習支援を行うロボットの潜在的ニーズが大きい。

近い将来、教育に関わるロボットが当たり前存在となる社会が来ると予想されている。本研究が完成することで、近未来社会において求められる能力の育成に本ロボットが資することでき、人とロボットが共に学ぶ合う学習環境を実現できると期待される。

研究成果の概要(英文)： This study developed a robot's behavior model based on the cognitive apprenticeship theory. Moreover, this study developed a psychological state recognition system that grasps the psychological state of the learner based on the learning situation and gesture of the learner in order to provide the learner with appropriate learning support. The subject of an experiment suggests that collaborative learning with robots that employ the cognitive apprenticeship theory improves the learning of junior high school. In addition, the result of simulation experiment showed the possibility of estimating the troubled state of the learner at a rate of 62% by using the psychological state recognition system.

研究分野：感性ロボティクス

キーワード：ロボット 共同学習 認知的徒弟制理論

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や新たな知識への探求心こそが必要とされると予想される¹⁾。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び、学習者自らが学習内容に関して熟考する学習が有効である²⁾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。教育支援ロボットがこのニーズに応えられると着目し、研究を進めている。

教育支援ロボットは主に Human Robot Interaction(HRI)の分野において研究が進められている³⁾が、まだ、研究は始められたばかりである。海外では Alemi らが学習者に学習内容を教えるロボット⁴⁾、国内では田中らが学習者から教えられる立場となるロボット⁵⁾を提唱し、ロボットと人が共に学ぶ学習法の実現が試みられている。研究代表者は、ロボットとの長期的な学習を実現するために交互に問題を解き合う協調学習⁶⁾に着目し、ロボットが問題を解く動作と、学習者を観察する動作を交互に実行するロボットの行動モデルを提案した。

しかしながら、申請者が提案した協調学習を行うロボットの行動モデルも含め、従来研究における教育支援ロボットの行動では、学習者に学習内容の熟考を促せにくく、学習者の応用力や探求心を向上させるのは難しいと考える。

2. 研究の目的

本研究では、学習者に熟考を促すことで応用力や探求心を向上させられる学習支援法で構築される認知的徒弟制理論⁷⁾に着目し、この理論に基づく行動モデルと行動の切り替え法を開発する。開発した行動モデルによる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が重要である。本研究では、学習者の学習状況や表情、音声、そぶりなどから学習者の心理状態を把握する心理状態認識システムを開発し、適切なタイミングでヒントの提供、思考の言語化を求めることで、学習者に熟考を促し、応用力や探求心を向上させられる学習支援ロボットの実現を目指す。

3. 研究の方法

(1) 認知的徒弟制理論に基づくロボットの行動モデルの開発

認知的徒弟制理論では、学習者に学習支援を行うための行動が Modeling, Coaching, Scaffolding and Fading, Articulation, Reflection, Exploration の6段階に分類されている(図1)。従来研究において、人による各段階の学習支援のための行動は示されているが、ロボットにおいては示されていない。本研究では、特に応用力の向上を促すのに重要とされる(a)~(c)の学習支援方法に着目して、行動モデルを開発する。

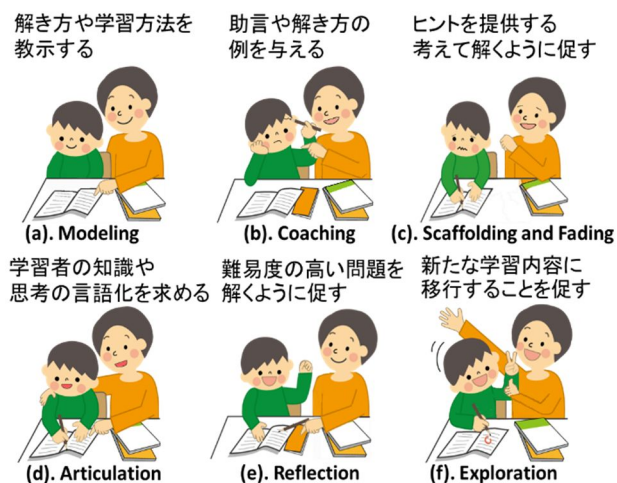


図1: 認知的徒弟制理論の概要

(2) 行動の切り替え法の検討

従来研究では、学習者の成績に応じて認知的徒弟制理論における各段階の学習支援方法を切り替えながら、学習者へ提供することが有効と報告されている⁷⁾。本研究では、学習者が問題を解きながら学ぶ学習形態での使用を想定している。そのため、学習者の問題に対する正解率を基に、行動モデルの行動を適切に切り替えることを検討する。被験者実験を通して、行動モデルにおける行動の切り替えが効果的であったかを検証する。

(3) 学習者の心理状態認識システムの開発

学習者に学習支援を提供する適切なタイミングは、学習者が問題の解答方法が全くわからない状態、悩んでいる状態、飽きている状態(図2)などにあるときと報告されている⁸⁾。画像認識技術の研究では、表情から人の感情を認識できる表情認識手法⁹⁾が提案されているが、学習中の学習者は教材に注目するため、前述した心理状態を捉えるのは難しい場合がある。一方、従来研究では、感情と人のしぐさの対応関係を示す知見¹⁰⁾が報告されている。そこで学習者の姿勢、しぐさ、から心理状態を認識できる手法を構築し、表情による手法と組み合わせることで、学習者が学習支援を必要としている心理状態を認識できる手法を構築する。被験者実験を繰り返し実施することで、学習支援専用の心理状態認識システムの性能を検証する。



図2: 学習者の心理状態例

4. 研究成果

(1)-(2) 認知的徒弟制理論に基づくロボットの行動モデルの開発, 行動の切り替え法の検討

被験者実験を通し, 従来研究で報告されている, Modeling, Coaching, Scaffolding and Fading における人による各段階の学習支援のための行動は, ロボットにも適用できることを示し, Modeling, Coaching, Scaffolding and Fading によるロボットの行動モデルを構築した.

行動モデルにおける行動の切り替えの流れを, 図3に示す. 行動モデルは, 学習者の学習日数(N)と問題の正解率(X)に基づいて切り替える. 具体的には, 学習者が初めて本学習支援モデルを搭載したロボットと共に学習する場合,

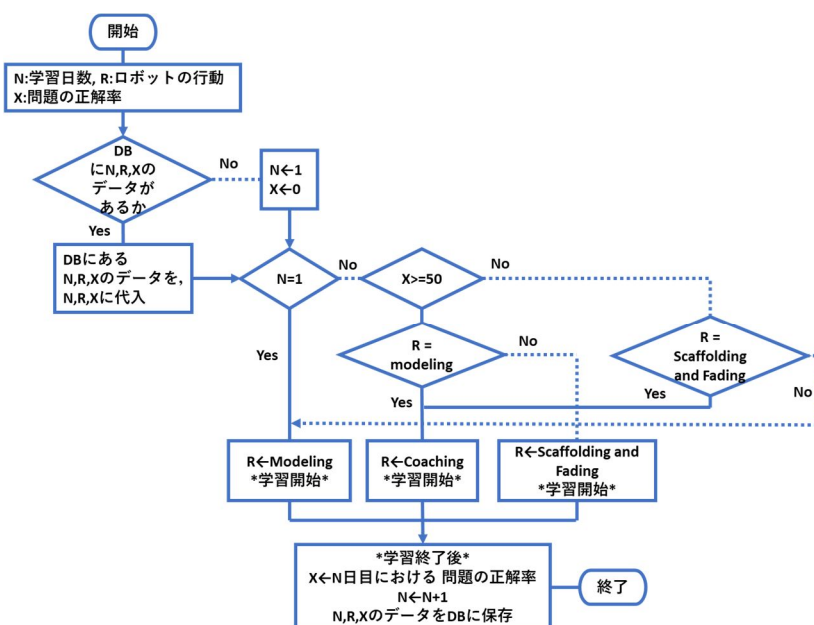


図3: 行動モデルの概要

場合, ロボット内のデータベース(DB)には学習者に関する学習日数(N)と問題の正解率(X)は記録されていない. そのため, 学習日数(N)は1日目となり, 学習時のロボットの行動(R)はModelingを提供することが設定される. 2日目以降では, 前学習日における問題の正解率(X)がデータベースに保存されているため, その正解率を基にロボットの行動(R)を設定する. 具体的には, 前学習日における問題の正解率(X)が50%以上の場合, 前学習日がModelingであればCoachingへ, CoachingであればScaffolding and Fadingへ切り替わる. ただし, 前学習日がScaffolding and Fadingであれば, その状態が維持される. 前学習日における問題の正解率(X)が50%以下の場合, 前学習日がScaffolding and FadingであればCoachingへ, CoachingであればModelingへ切り替わる. ただし, 前学習日がModelingの場合, その状態が維持される.

中学生を対象とした被験者実験を実施したところ, 行動モデルを実装したロボットは, Modelingのみの行動が実装されるロボットに比べ, 学習者に与える学習効果が向上することが示唆された. しかしながら, 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してしまう. この要因として, 現在の切り替え基準における行動モデルは, 学習者が自身の能力で解決できる問題に対しても, 問題の解き方を教示するModelingを提供するからである. これを解決するために, 行動モデルにおける学習支援の切り替え基準を, 問題一つ一つに対する正解率へ変更した. そして, 大学生を対象とした被験者実験より, 学習者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可能性を示した.

(3) 学習者の心理状態認識システムの開発

学習者の手を追跡し, 文字を書いているかどうかを認識する書込認識手法を用いた心理状態認識システムを構築した. 本システムでは, 学習者の手を追跡し, 文字を書いているかどうかを認識する. これにより, 学習者が学習に対して集中できているかどうかを把握できると考える. 本システムと, ロボットが学習者の気持ちに共感するような感情を表出する共感表出法を組み合わせ, 被験者実験を実施した. その結果, 本システムから把握した学習者の集中具合に応じて, 共感表出法において感情を表出することで, 学習者にロボットから受ける好印象を向上させることを示した.

また, 被験者実験から収集した学習者の表情を深層学習より分析したところ, 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%の割合で推定できる可能性を示した.

<引用文献>

- P. Griffin et al: Assessment and Teaching of 21st Century Skills, Springer Netherlands, 2012.
- C. E. Humelo-Silver et al: The international handbook of collaborative learning, Routledge, 2013.
- 三宅, 石黒: 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.10, pp.868-870, 2011.
- M. Alemi et al: Lecture Notes in Computer Science, Vol.9388, pp.1-10, 2015.

- F. Tanaka et al: Proceedins of IEEE-RAS International Conference on Humanoids, pp.270-275, 2015.
- H. Shirouzu er al: Cognitive Science, Vol.26, pp.469-501, 2002.
- J. S. Brown et al: Educational Researcher, Vol.18, No1.1, pp.32-42, 1989.
- 宮田: 日本教育情報学会学会誌, Vol.15, No.1, pp.21-31, 1999.
- A.H. Matamores et al: Knowledge-Based Systems, Vol.110, pp.1-14, 2016
- P.ブウル, 他: 姿勢としぐさの心理学, 北大路書房, 2001.

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 2件）

1. 著者名 K. Miyauchi, F. Jimenez, T. Yoshikawa, T. Furuhashi and M. Kanoh	4. 巻 24
2. 論文標題 Learning Effects of Robots Teaching Based on Cognitive Apprenticeship Theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 101-112
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2020.p0101	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 -

1. 著者名 宮内 建弥, ジメネス フェリックス, 吉川 大弘, 古橋 武, 加納 政芳	4. 巻 31
2. 論文標題 認知的徒弟制理論に基づき教示を行うロボットと中学生における共同学習	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 知能と情報	6. 最初と最後の頁 834-841
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.3156/jssoft.31.5_834	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17件（うち招待講演 0件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 R. Yoshizawa, F. Jimenez and K. Murakami
2. 発表標題 Construction of a Behavioral Model Based on Cognitive Apprenticeship Theory with an Educational Support Robot
3. 学会等名 7th International Conference on Human-Agent Interaction（国際学会）
4. 発表年 2019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認知的徒弟制理論に基づく行動モデルの構築
3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 K. Miyauchi, F. Jimenez, T. Yoshikawa, T. Furuhashi and M. Kanoh
2 . 発表標題 Effects of Educational Support Robots Based on Cognitive Apprenticeship Theory on Junior High School Students
3 . 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Ota, F. Jimenez, T. Yoshikawa and T. Furuhashi
2 . 発表標題 Impression Evaluation of Robots that Express Emotion based on Writing Time
3 . 学会等名 The 8 International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications & The 12th China-Japan International Workshop on Information Technology and Control Applications (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Ota, F. Jimenez, T. Yoshikawa and T. Furuhashi
2 . 発表標題 Sympathy-Expression Method for Educational-Support Robots Based on Writing Times
3 . 学会等名 IEEE World Congress on Computational Intelligence (IEEE WCCI 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Miyauchi, F. Jimenez, T. Yoshikawa and T. Furuhashi
2 . 発表標題 Effect of Educational-Support Robot Based on Cognitive Apprenticeship Theory
3 . 学会等名 IEEE World Congress on Computational Intelligence (IEEE WCCI 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 宮内建弥, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 認知的徒弟制理論に基づく教育支援ロボットが中学生に及ぼす効果
3. 学会等名 第34回ファジシステムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田賢史, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 書込時間を基にした感情表出する教育支援ロボットの印象調査
3. 学会等名 第34回ファジシステムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮内建弥, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 認知的徒弟制理論による教育支援ロボットが及ぼす効果
3. 学会等名 第32回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Zhu, F. Jimenez, T. Yoshikawa, T. Furuhashi and T. Zhu
2. 発表標題 Development of an Emotion Estimation System for Educational-Support Robot
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田賢史, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 教育支援ロボットにおける書込時間に応じた共感表出法の検討
3. 学会等名 第13回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田賢史, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 書込時間を考慮した教育支援ロボットの印象調査
3. 学会等名 第44回東海ファジィ研究会(ヒマ研2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮内建弥, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 教育支援ロボットが与える学習効果についての基礎的検討 ~ 認知的徒弟制理論に基づく学習支援 ~
3. 学会等名 第44回東海ファジィ研究会(ヒマ研2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮内建弥, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 認知的徒弟制理論に基づく教育支援ロボットの印象調査
3. 学会等名 HAIシンポジウム2017 (Human-Agent Interaction Symposium 2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田賢史, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 教育支援ロボットにおける学習者の書記時間を考慮した共感表出法の検討
3. 学会等名 HAIシンポジウム2017 (Human-Agent Interaction Symposium 2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮内建弥, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 教育支援ロボットにおける教示方法に関する基礎的検討
3. 学会等名 第43回東海ファジィ研究会(蒲研2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 朱曜南, ジメネス フェリックス, 吉川大弘, 古橋武
2. 発表標題 HRIにおける表情認識を用いたユーザの感情推定手法に関する基礎的検討
3. 学会等名 2017年度人工知能学会全国大会(第31回)
4. 発表年 2017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
---------	---------------------------	-----------------------	----