

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04294

研究課題名（和文）エンゲージメントの促進を目的とした学習支援ロボットシステム

研究課題名（英文）Learning with Robots for Promoting Engagement

研究代表者

柏原 昭博（Kashihara, Akihiro）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：10243263

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：人型コミュニケーションロボットを学び相手として、学習者のエンゲージメントをシステムティックに促す学習支援ロボットシステムを実現した。特に、基盤技術として学習者のエンゲージメントに影響を与える心的な要因を分類し、個々の要因に対してエンゲージメント促進に寄与するロボットの振る舞いを対応づけたエンゲージメント促進モデルをデザインした。また、モデルベースにロボットの擬人化傾向・身体性に関わる要素を制御して振る舞いを構成するメカニズム、および学習者との適応的コミュニケーションを実現するメカニズムを開発した。評価実験の結果、ロボットが学習者のエンゲージメントを促進し、学習効果を高める可能性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学習者のエンゲージメントを促進することは、学習支援システム研究において重要かつ根本的な課題であるが、システムティックな促進方法を開発する試みは見られない。本研究成果である学習支援ロボットシステムでは、エンゲージメント促進モデルをデザインし、モデルベースにロボットの振る舞いを構成することによって学習者のエンゲージメントを引き出すとともに学習効果を高めることができる。こうしたエンゲージメント促進モデルおよび学習支援ロボットの振る舞い構成メカニズムは、様々な学習文脈でのエンゲージメント促進の基盤となり得る点で学術的意義が高く、卓越した研究成果といえる。

研究成果の概要（英文）：Promoting engagement is a key to learning. The main issue addressed in this work was how to systematically promote learners' engagement in learning by means of humanoid robot. Our approach to this issue was to design a model of how robot as learning partner could conduct its own non-verbal behavior to promote learners' engagement in learning. We also developed learning environments in the contexts of knowledge communication such as lecture, collaborative reading in English, etc. where robot intended to achieve adaptive communication with learners and to promote their engagement by controlling non-verbal behavior with the model. The results of the case studies with the learning environments suggest that the robot could promote not only learners' engagement but also their learning effects.

研究分野：知識工学

キーワード：学習支援システム 学習支援ロボット エンゲージメント モデルデザイン 振る舞い制御

1. 研究開始当初の背景

学習におけるエンゲージメント (engagement) とは、興味や楽しみを感じながら学習対象あるいはプロセスに没入・熱中することであり、学習の主体性を支える重要な役割を担っている。申請者は、主体的学習の支援研究を推進する中で、学習者が自ら考えて、知識・誤り・学び方などに自ら気づく経験が学習の主体性を駆動する鍵となることを見出してきた。エンゲージメントは、その程度が高いほど学習プロセスへの注意・集中が促され、何らかの気づきを学習者自身が得る可能性が高まる。したがって、エンゲージメントを促すことは、学習の主体性を助長することにつながることも、学習支援の根本的な課題であるといえる。

一方、学習者のエンゲージメントをいかに引き出すかは、人間の教師にとっても明らかになっているとはいいがたい。従来の学習支援システム研究でも、エンゲージメントを促進する方法論は確立されていない。そのため、学び相手となる学習支援システムがどのように動作し、何を提示すればシステムティックにエンゲージメントを高めることができるのかを情報学的に明らかにすることは非常に有意義である。

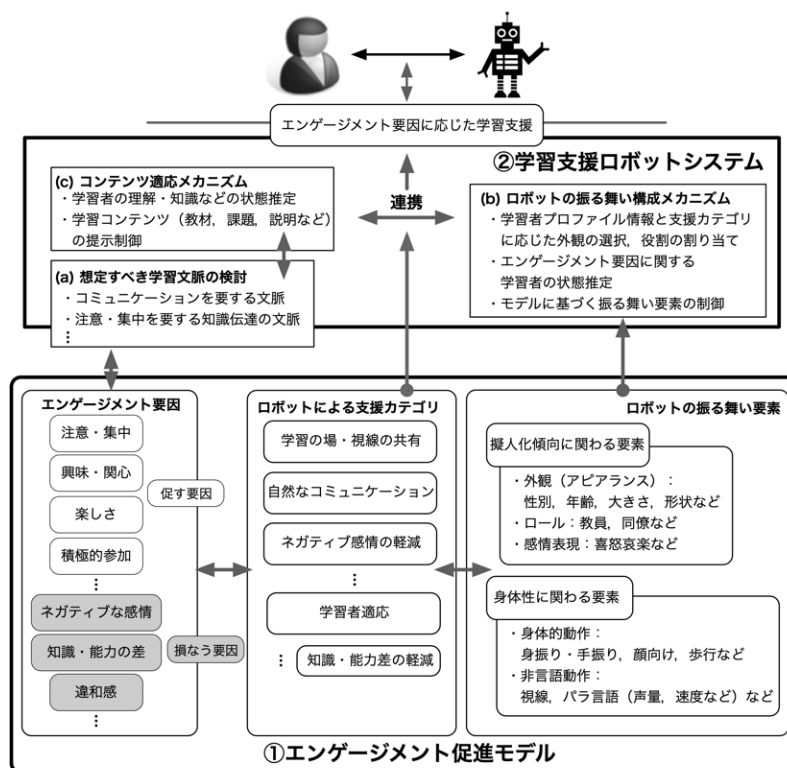
また、人型のコミュニケーションロボットを学習支援メディアとして活用する研究が数多く行われ、PC やタブレットなどの他のメディアと異なり擬人化傾向と身体性を有する特徴からロボットの振る舞いを制御することで、学び相手として学習者のエンゲージメントを促進する有望なメディアであることが示唆されている。しかしながら、エンゲージメント促進に寄与した要因の分析や同定まで至っていない研究が多い。また、エンゲージメント促進のシステムティックな方法を開発しようとする研究は見当たらない。

2. 研究の目的

学習者からエンゲージメントを引き出すことは、学びに関わる気づきを高めることに貢献し、認知的な効果も期待できる。本研究では、こうした学習効果を得ることを含めて、学習者のエンゲージメントをシステムティックに促す学習支援ロボットシステムの開発を目的とした。特に、システムの基盤技術として、下図に示すように、学習者のエンゲージメントに影響を与える心的な要因 (エンゲージメント要因) に対してロボットがどのような支援が可能であり、その支援のためにロボットがどう振る舞うべきかを表現するモデル (エンゲージメント促進モデル) をデザインすることを目指した。そして、モデルベースにロボットの振る舞いを構成し、学習者に対する適応的な学習支援を可能とするメカニズムの開発を目指した。

エンゲージメント促進モデルでは、エンゲージメントを促す要因 (注意・集中、興味・関心など) と損なう要因 (ネガティブな感情、知識・能力の差など) を扱い、ロボットの擬人化傾向と身体性を活かした支援として学習の場や視線の共有、自然な (真正性の高い) コミュニケーション、ネガティブ感情の軽減などを提供する。また、学びに対する個々の学習者への適応的対応も必要であることから、開発を目指すシステムではロボットと学習者間でやりとりされる教材や課題に関わるコンテンツ (学習コンテンツ) の提示制御と、ロボットの擬人化傾向と身体性に関わる要素 (振る舞い要素) の制御を連携する。

また、想定する学習文脈によって着目すべきエンゲージメント要因が異なることを踏まえて、エンゲージメントを要する典型的な学習文脈としてコミュニケーションを伴う学習や講義などの知識伝達などを取り上げる。また、文脈ごとに学習支援ロボットシステムを開発する。最終的には、学習支援ロボットが学習者のエンゲージメントを促進するための方法論の確立を目指す。



学習支援ロボットシステムの枠組み

3. 研究の方法

本研究では、図に示す枠組みに基づき、学習者のエンゲージメントを促進する学習支援ロボットシステムの開発を進めた。

(1) エンゲージメント促進モデルの構築

エンゲージメント要因の分類：学習への没入・熱中を高める、あるいは阻害する心的な要因に着目し、情動や動機付けに関する心理学・認知科学の最新研究・書籍を幅広く調査し、ロボットによる促進可能性を踏まえながら、本研究で取り扱うエンゲージメント促進要因・阻害要因を詳細に分類する。

ロボットによる支援の検討：学習支援ロボットの関連研究から、ロボットの擬人化傾向と身体性によって、「学習の場や視線の共有」、「自然なコミュニケーションの提供」、「ネガティブ感情の軽減」などを実現できるとの知見が得られている。こうした研究成果を踏まえつつ、かつ最新の研究成果も調査して、分類した個々の心的要因からエンゲージメントを促進するために寄与すると考えられるロボットによる支援を検討し、支援カテゴリとして整理する。

ロボットの振る舞い要素との対応づけ：ロボットによる支援カテゴリごとに対して、エンゲージメント促進を実現する上で制御すべきロボットの振る舞い要素の対応づけを理論的観点から分析・整理する。例えば、学習者の注意・集中を促すために学習の場を共有する場合、ロボットの非言語動作として指さしや顔向け・アイコンタクトを使い、またパラ言語としてゆっくり強調して発話する等が考えられる。

(2) 学習支援ロボットシステムの開発

想定する学習文脈において、学習コンテンツの適応的な提示と学習支援ロボットのエンゲージメント要因に応じた振る舞い制御を連携してロボットを動作させ、学習者のエンゲージメント促進と学習効果の向上を図るシステムを開発する。

学習文脈の検討：学び相手（ロボット）がエンゲージメントの促進に貢献し、かつエンゲージメントを発揮することが効果的な学びに不可欠となる文脈として、コミュニケーションを要する文脈、学習者の注意・集中を要する知識伝達文脈などを想定する。具体的には英会話や講義などを取り上げる。

振る舞い構成メカニズムの開発：いくつかの学習文脈において、モデルにしたがって必要な支援を遂行するためのロボットの振る舞いを構成するメカニズムを開発する。その際、感情表現を除くロボットの擬人化傾向に関しては、事前に想定文脈から同定される支援カテゴリに適した外観を有するロボットを選択し、学習前に収集する学習者のプロフィール情報（年齢、性別、性格、学習スタイルなど）に応じてロボットに役割等を割り当てる。また、ロボットの感情表現および身体性に関しては、学習中にエンゲージメント要因についての学習者の状態を推定し、それに依拠して振る舞い要素を制御する。なお、想定文脈ごとに学習支援ロボットシステムを開発するが、振る舞い構成メカニズムは共通のものとして開発する。

コンテンツ適応メカニズムの開発：学習文脈に応じた学習コンテンツ（教材、課題、口頭説明など）を提示するメカニズムを開発する。本メカニズムでは、学習者の知識状態やスキルを推定し、それに依拠してロボットが適応的に学習者とコミュニケーションするために学習コンテンツを制御する。学習者へのコンテンツ提示は、ロボットの振る舞い構成メカニズムと連携して、ロボットの振る舞いに合わせて実施する。

(3) 有効性評価実験

開発した個々の学習支援ロボットシステムを用いたケーススタディを実施して、以下の2点について評価する。

エンゲージメントの促進：大学生・大学院生を被験者として、学習支援ロボットとのインタラクションを通して学習へのエンゲージメントが促進されたかどうかを、システム利用時における学習者の視線・姿勢・音声のトラッキング情報と、学習後エンゲージメントの程度を測定するアンケート結果とを用いて分析する。

学習効果の向上：システム利用後に学習内容についての理解度テストを実施し、その結果を分析する。

なお、このいずれにおいても、ロボットの振る舞い構成を行うシステムを用いる実験群と、構成を行わないシステムを用いる統制群に被験者を分けて、ロボットの振る舞い構成によるエンゲージメント効果・学習効果を検証する。また、実験結果を踏まえて問題点を抽出し、システムの基盤となるエンゲージメント促進モデルと振る舞い構成メカニズムを洗練する。また、必要に応じてコンテンツ適応メカニズムを見直す。

4. 研究成果

以下に、主な研究成果とそれらの位置付け、および今後の展望を示す。

- (1) 情動や動機付けに関する心理学・認知心理学の最新研究を調査・分析し、エンゲージメントの促進・阻害要因を分類した。また、各要因に対してエンゲージメント促進に寄与するロボットの支援を整理した。その上で、エンゲージメント要因とロボットの擬人化傾向・身体性に関わる要素の対応関係を記述したエンゲージメント促進モデルをデザインした。
- (2) 講義や英文読み合いなどを具体的な題材として、エンゲージメント促進・阻害要因（注意、心理的抵抗感など）に応じてロボットの振る舞いを制御するメカニズムを開発した。本メカニズムでは、エンゲージメント促進モデルに基づき、講義における学習者の注意喚起・誘導・維持や英会話での心理的抵抗感の軽減に求められるロボットの擬人化傾向・身体性に関わる要素を抽出して組み合わせ、振る舞いを構成することができる。
- (3) モデルベースに学習者のエンゲージメントを促すことは独創的であり、システムティックに学習者の主体性を引き出そうとする独自性の高い研究であると位置づけることができる。
- (4) 学習者の知識状態・スキル、ならびにエンゲージメント状態を推定して、学習者に提示する教材や口頭説明等のコンテンツを制御し、適応的なインタラクションを実現するメカニズムを開発した。
- (5) 有効性評価実験を実施し、想定通り学習支援ロボットシステムが学習者のエンゲージメントを引き出す上で必要となる振る舞いを生成できること、ならびに適応的なインタラクションが可能であることを確認した。また、学習者のエンゲージメントを促進できることを確認した。特に、講義の文脈ではエンゲージメント要因となる学習者の注意をビデオ講義よりも促進し、講義内容の理解も有意に高めることが分かった。一方、エンゲージメントが促進されないケースも見出した。例えば、長時間の講義では、ロボットによる注意制御・誘導の振る舞いだけでは学習者が注意を維持する難しさが判明した。
- (6) 英文読み合いの評価実験でも、学習者の心理的抵抗感を有意に軽減し、エンゲージメントを促進できることを確認した。その一方で、学習者が自分の話す内容に集中して、ロボットの話す内容に耳を傾けないという問題を確認した。これを解決するには、ロボットが英文の読み方を誤る、うまく行えないといった認知的な弱さをみせて、学習者の向社会性を引き出す必要性を見出した。
- (7) これらの有効性評価実験の結果に基づいて、エンゲージメント要因とロボットの振る舞いの構成要素との対応関係を見直した。また、エンゲージメント促進要因として、新たに学習者の向社会性を促すコミュニケーション方法や、エンゲージメントを持続させるためのインタラクティブな注意維持を取り入れて、それらを可能とするロボットの振る舞いを構成できるようにエンゲージメント促進モデルを拡張した。
- (8) 学習者の英文読み合い状態や講義の受講状態のセンシングからエンゲージメントの状態を同定するメカニズムを開発し、拡張したモデルに基づき、学習中のエンゲージメント状態に対する推定結果に応じてロボットの振る舞いを構成するようにメカニズムを洗練した。
- (9) また、学習中のエンゲージメントを持続させるために、同定されたエンゲージメント状態に応じて、インタラクティブに問題や説明などのコンテンツを提示するメカニズムを開発した。
- (10) 洗練された学習支援ロボットシステムを活用した評価実験の結果、英文読み合いではロボットが意図的に間違い、それを表現する振る舞いを提示することで学習者の教示を引き出し、学習者の向社会性を高めることができることを確認した。同時に、英文理解を助長する効果を確認した。
- (11) 講義の評価実験では、学習者の受講状態に応じたインタラクティブなロボットの振る舞いが講義における学習者の注意維持に貢献し、講義内容への追従を助長する可能性を確認した。
- (12) 学習者のエンゲージメントをシステムティックに促すことは学習支援システム研究の本質的課題の一つであり、本研究成果はその課題に対する一つの有望な解決策を提示している点で大きな意義がある。
- (13) 学習支援ロボットのモデルに基づく振る舞い制御メカニズムは、様々な学習文脈でのエンゲージメント促進の基盤として利用可能であり、その点で卓越した研究成果であるといえる。
- (14) 今後の展望として、エンゲージメント促進モデルをロボット以外のVR空間の学び相手などに応用したシステムの開発を通して、モデルの有効性を高めることが挙げられる。
- (15) ロボットの身体性制御に加えて、擬人化傾向の要素も制御するようにモデルを拡張し、より効果的にエンゲージメントを引き出し、学習効果を高めることができる学習支援ロボットのシステムの開発も今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 INAZAWA Keisuke, KASHIHARA Akihiro	4. 巻 E105.D
2. 論文標題 Designing and Evaluating Presentation Avatar for Promoting Self-Review	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1546 ~ 1556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2021EDP7210	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 Kashihara Akihiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Research on Informatics for Learning and Education	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information and Technology in Education and Learning	6. 最初と最後の頁 p002 ~ p002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12937/itel.1.1.Inv.p002	査読の有無 無
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 Ishino Tatsuya, Goto Mitsuhiro, Kashihara Akihiro	4. 巻 17
2. 論文標題 Robot lecture for enhancing presentation in lecture	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Research and Practice in Technology Enhanced Learning	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s41039-021-00176-6	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 柏原 昭博	4. 巻 37
2. 論文標題 ソーシャルロボットを用いた学びの研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 73 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.37.73	査読の有無 無
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49件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 16件）

1. 発表者名 Sudo Tahahiro, and Kashihara Akihiro
2. 発表標題 Learning by Teaching Partner Robot in Collaborative Reading
3. 学会等名 HCI International 2022 (HCII 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shimazaki Toshiyuki, Sugawara Ayumu, Goto Mitsuhiro, and Kashihara Akihiro
2. 発表標題 An Interactive Robot Lecture System Embedding Lecture Behavior Model
3. 学会等名 HCI International 2022 (HCII 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柏原昭博、島崎俊介
2. 発表標題 ロボット講義におけるインタラクションデザイン
3. 学会等名 教育システム情報学会2022年度第2回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤孝史、柏原昭博
2. 発表標題 英文法の相補的教え合いを可能とする学習パートナーロボット
3. 学会等名 教育システム情報学会 第47回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤絢勇、柏原昭博
2. 発表標題 プレゼンテーションのセルフレビューを目的としたロボットプレゼン動作のデザイン
3. 学会等名 教育システム情報学会 第47回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 須藤敬仁、柏原昭博
2. 発表標題 Learning-by-Teaching を促進する学習パートナーロボットの有効性評価
3. 学会等名 教育システム情報学会 第47回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島崎俊介、柏原昭博
2. 発表標題 インタラクティブロボット講義における注意・理解リカバリの有効性評価
3. 学会等名 教育システム情報学会2022年度第6回研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 須藤敬仁、柏原昭博
2. 発表標題 英文読み合いにおけるLearning-by-Teaching促進システムの評価
3. 学会等名 教育システム情報学会2022年度第6回研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柏原昭博、瀬谷遼太郎
2. 発表標題 ロボットプレゼンテーションによるセルフレビュースキル向上支援
3. 学会等名 教育システム情報学会 第46回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 島崎俊介、菅原歩夢、後藤 充裕、柏原昭博
2. 発表標題 ヒューマノイドロボットを用いたインタラクティブロボット講義システム
3. 学会等名 電子情報通信学会教育工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柏原 昭博 , 内村 圭佑
2. 発表標題 ロボットとのスピーキング競争による自己効力感の向上
3. 学会等名 教育システム情報学会第45回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅原歩夢, 後藤充裕, 柏原昭博
2. 発表標題 学習者状態に基づくインタラクティブなロボット講義システムとその評価
3. 学会等名 教育システム情報学会第45回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryotaro Seya, and Akihiro Kashihara
2. 発表標題 Improving Skill for Self-Reviewing Presentation with Robot
3. 学会等名 28th International Conference on Computers in Education (ICCE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihiro Kashihara
2. 発表標題 Research on Information and Systems in Learning and Education
3. 学会等名 Special Session on Technology and Education in Japan: Research, Practice, and More, IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education 2020 (TALE2020) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬谷遼太郎, 柏原昭博
2. 発表標題 2体のプレゼンテーションロボットによるセルフレビュースキル向上支援
3. 学会等名 HAI シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原 歩夢, 後藤 充裕, 柏原 昭博
2. 発表標題 インタラクティブなロボット講義の評価
3. 学会等名 HAI シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柏原昭博, 菅原歩夢
2. 発表標題 ロボット講義における講義シナリオの適応的制御
3. 学会等名 教育システム情報学会2020年度第6回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenyu Ito, and Akihiro Kashihara
2. 発表標題 Authoring Robot Presentation Behavior for Promoting Self-Review
3. 学会等名 HCI International 2022 (HCII 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takafumi Sato, and Akihiro Kashihara
2. 発表標題 Complementary Teaching Support with Robot in English Communication
3. 学会等名 HCI International 2022 (HCII 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

電気通信大学柏原研究室
<https://wlgate.inf.uec.ac.jp/publication/>

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	長谷川 忍 (Hasegawa Shinobu) (30345665)	北陸先端科学技術大学院大学・遠隔教育研究イノベーションセンター・教授 (13302)	
研究分担者	鷹岡 亮 (Takaoka Ryo) (10293135)	山口大学・教育学部・教授 (15501)	
研究分担者	太田 光一 (Ota Koichi) (00770124)	北陸先端科学技術大学院大学・遠隔教育研究イノベーションセンター・助教 (13302)	

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