

ロボット講義におけるインタラクションデザイン

柏原 昭博^{*1}, 島崎 俊介^{*1}

^{*1} 電気通信大学大学院情報理工学研究科

Issues in Interaction Design for Robot Lecture

Akihiro Kashihara^{*1}, Toshiyuki Shimazaki^{*1}

^{*1} Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

In lecture, lecturers need to conduct their non-verbal behavior involving gaze, gesture, and paralinguage. However, it is not so easy to properly use non-verbal behavior in their lecture to promote learners' understanding. We proposed robot lecture, in which a robot substitutes for human lecturers, and reconstructs their non-verbal behavior to enhance their lecture. On the other hand, robot lecture could not follow the change of learners' attention and understanding during lecture, which indicates the necessity of interaction in robot lecture. This paper discusses some important issues in interactive robot lecture and interaction design as the resolution.

キーワード: ロボット講義, エンゲージメント, 注意制御, 講義動作モデル

1. はじめに

筆者らは、これまでの「主体的学習支援」に関する研究を通して、学習者自ら考え、知識や誤りなどに自ら気づく経験が学びの主体性を助長する鍵であることを見出してきた^{(1),(2),(3)}。そして、図1に示すように、気づきを得る上で重要な役割を担う3つの認知・情動機能に着目し、それぞれを強化・促進するための技術的支援方法を検討してきた。本稿では、このうちエンゲージメント(engagement)を取り上げ、人型コミュニケーションロボットを用いた支援技術について論じる^{(4),(5)}。

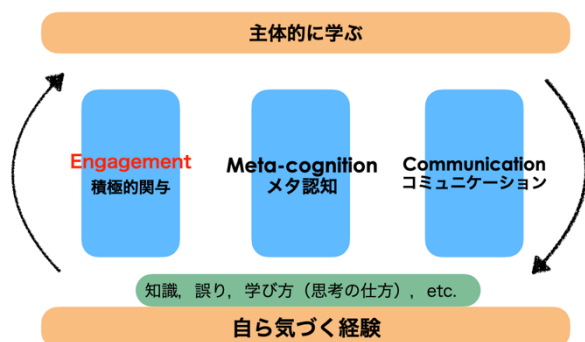


図1 自ら気づく経験がもたらす学びの主体性

エンゲージメントは、学習課題、学習活動、学び相手などに依存して生起することが指摘されている⁽⁶⁾。この点を踏まえて、筆者らは、

**学び相手とのどのようなインタラクションが
学習者のエンゲージメントを引き出すのか？**

という学術的問いを掲げ^{(2),(4)}、ソーシャル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引き出す方法を探究している。人型のロボットは他の学習メディアと異なり、擬人化される傾向にあり、物理的な身体性を有している⁽⁷⁾。そのため、ロボットを学習メディアに用いることで、人同士のコミュニケーションのように、ロボットの立ち振る舞いを通して言語情報だけでなく表情や視線、ジェスチャーなどの非言語情報が伝達可能で、学習者に共感や安心感を与える、エンゲージメント・動機付けを高める等の情動的效果を生み出し、学びの認知的効果につながることを期待されている⁽⁸⁾。

そこで、筆者らは知識伝達の文脈として少人数向けの講義を題材に、学習者(受講者)の伝達知識に対する気づきを高めるロボット講義システムを研究開発

してきた^{(9),(10)}。通常、講義では学習者のエンゲージメントを引き出すために、講義コンテンツ（スライド内容や口頭説明）への興味・関心を喚起し、注目すべき箇所に学習者の注意を向けさせて集中を促すことが重要である。しかしながら、人間講師でも、学習者の注意を制御するために視線や指さしなどの非言語動作（講義動作）を適切に継続することは容易ではない。ロボット講義では、こうした問題へのアプローチとして、人間講師の講義動作を基本としつつ、モデルベースに不適切・不十分な注意制御動作を診断・再構成して、講義を再現可能としている。評価実験の結果、人間講師によるビデオ講義やロボットによる講義動作の単純な再現（再構成を含まない）と比べて、再構成された講義動作によって学習者のエンゲージメントが高まり、短時間の講義では、講義内容の理解が有意に向上する可能性が示唆された⁽⁹⁾。

一方、講義が長時間にわたると、講義動作だけでは学習者の注意を維持することは困難となる⁽¹¹⁾。そのため、講師側から何らかのインタラクションを取る必要がある。通常の講義でも、学習者の注意が低下したり、理解が追いついていないと判断した場合は、講師は何らかの講義内容に関わる問いかけや注意喚起、あるいは間（ポーズ）を取ったりする^{(12),(13)}。

本稿では、ロボット講義におけるこうした課題を整理した上で、その解決に必要なインタラクション方法について論じる。以下、2章ではロボット講義を論じる前に、人型コミュニケーションロボットとのインタラクションからエンゲージメントを引き出すためモデルデザインについて述べる。3章では、このモデルに基づくロボット講義について述べる。そして、4章では、ロボット講義の課題とその解決に必要なインタラクション方法を検討する。

2. エンゲージメントモデルデザイン

2.1 ロボットとのコミュニケーション

人型ロボットとのコミュニケーションでは、図2に示すようにロボットの擬人化傾向と物理的身体性の特徴から学び相手として存在感（presence）を与えることができ、ロボットの立ち振る舞いから視線や感情な

どの非言語情報をより適切に伝達することができる。このような非言語情報の伝達から、情動的効果として学習者のエンゲージメントをいかに引き出すかが、本研究の掲げる問いである⁽⁹⁾。

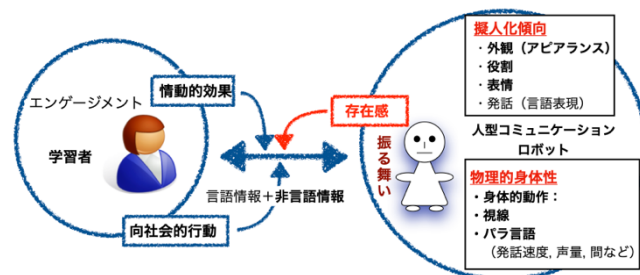


図2 人型ロボットとのコミュニケーション
(文献⁽⁴⁾に掲載された図を改変)

エンゲージメントは、学習者が興味・関心をもって学び相手とのコミュニケーションに没入・熱中することであり、その程度が高いほど学びへの注意が促され、認知的な気づきを得ることにつながる⁽⁸⁾。しかしながら、コミュニケーションを通してエンゲージメントがどう生起するかは情報学的に明らかではない。

2.2 エンゲージメントモデル

そこで、本研究では、意図的に「エンゲージメントを引き出すためにどのようなインタラクションをとるべきか」との観点から、エンゲージメントの生起を表現するモデルをデザインしている。

図3に、エンゲージメントモデルを示す⁽¹¹⁾。本モデルでは、エンゲージメントに影響を与える要因（エンゲージメント要因：促進と抑制）を踏まえて、学習者からエンゲージメントを引き出すためのインタラクションパターンをデザインしている。また、インタラクションで伝達される非言語情報を作り出すために必要となるロボットの振る舞い要素（外観、役割、感情表現、身体動作、視線、非言語動作など）を対応づけている。例えば、エンゲージメント要因として学習者の興味・関心を生起させるためには、学びの場や視線を共有するようなインタラクションが有効であり、これは身体的振る舞い要素としてロボットの視線や顔向けを組み合わせて制御することで可能となる。

このエンゲージメントモデルを参照しながら、これま

で具体的な文脈として講義を取り上げ、学習者のエンゲージメントを促進するための講義動作モデルをデザインしてきた。

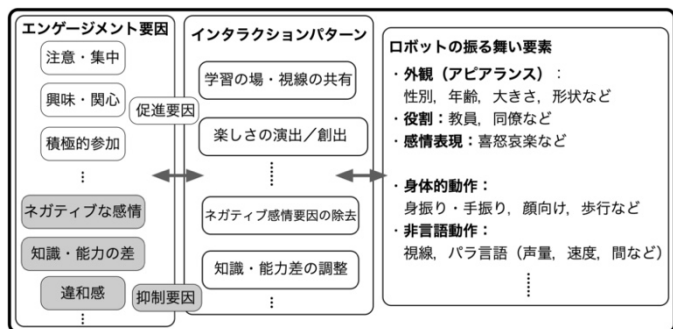


図3 エンゲージメントモデル
(文献⁽¹¹⁾に掲載された図を改変)

3. ロボット講義

3.1 講義における問題へのアプローチ

講義において講義内容を理解するためには、学習者自身にエンゲージメント(積極的関与)が求められる。特に、講義内容に興味・関心を示し、また講義内容の重要箇所へ注意を向けることが重要である⁽¹⁴⁾。一方、講師は学習者の興味・関心を喚起し、注意を促すように振る舞い、学習者のエンゲージメントを引き出すことが必要である。しかしながら、熟練した講師でも、講義中継続して注意制御動作を実施することは容易ではない。そのため、学習者はしばしば講義内容に追従できなくなり、理解が不十分なまま講義を終えてしまうことになる。

そこで、ロボットが人間講師の講義動作を代講する手法を検討した⁽⁹⁾。本手法の特徴は、エンゲージメント要因として興味/注意を取り上げて、講義内容を伝達する場や視線の共有を目的としたインタラクションを遂行するための講義動作(顔向け、指差し、パラ言語)を表現するモデルを基盤としている点である。これは、エンゲージメントモデルの具体化の一つである。

講義動作モデルは、図4に示すように講義意図を達成するための講義動作を導出することができる。例えば、講義内容の重要箇所への集中を促す意図を達成するためには、動作カテゴリとして注意誘導が対応し、そのための講義動作を以下の動作の基本要素を組み合わせて実施すべきであることが表現されている。

- (a)視線をスライドに向ける
- (b)指差しする
- (b)音量を大きくする

また、講義動作モデルに基づくことで講義意図に対する講義動作の不十分・不適切さを診断することができ、診断結果に基づいて動作を再構成することが可能となる。このような講義動作の診断・再構成を可能としてロボットが講義を代講するシステムを開発した⁽⁹⁾。

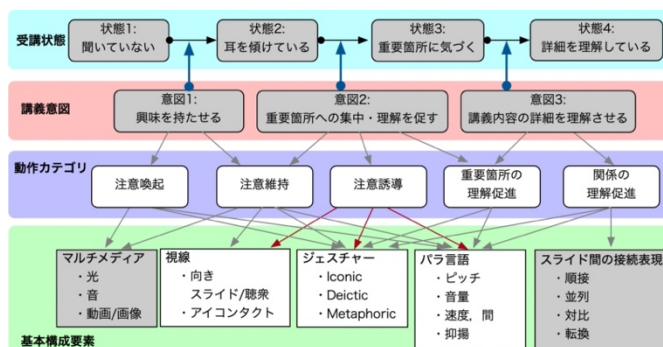


図4 講義動作モデル
(文献⁽¹¹⁾に掲載された図を再掲)



図5 ロボット講義

3.2 ロボット講義システム^{(4),(9)}

開発したロボット講義システムは、図5に示すように、Vstone社製のSotaおよびSoftbank Robotics社のNAOを用いており、人間講師による講義を収録し、基本的にその講義動作を手本として再現する。収録データ(スライド、口頭説明、非言語動作)は、講義スライドの系列と、スライドごとに対応する口頭説明、非言語動作を含む講義シナリオとしてまとめられる。加えて、講師によって入力された講義意図から学習者の興味・注意・集中を喚起・誘導する講義動作のうち不十分・不適切な部分を適切な動作に再構成する。そ

の際、講義動作モデルに基づき、講師が意図した箇所で講義動作を適切に行っているかどうかを診断している。

ロボット講義システムを用いた評価実験⁹⁾では、同一講義に対して講師のビデオ講義、講義動作の単純再現によるロボット講義、講義動作の再構成を伴うロボット講義の 3 条件を設定し、受講後に講義の場の共有・視線の共有を問うアンケートと、講義内容の理解度テストを行った。実験の結果、再構成を伴うロボット講義が、他の二つの条件と比べて有意に伝達場の共有・視線の共有を感じさせ、理解度テストの点数を有意に高めた。また、単純再現によるロボット講義とビデオ講義の間には有意な差は見られなかったことから、この再構成の効果はロボットが講義したことによる **Novelty effect**¹⁵⁾によるものではないことも確認できた。さらに、エンゲージメントを高める上で、講義動作再構成の基盤となった講義動作モデルの妥当性が示唆され、学習者のエンゲージメントを引き出す上でモデルの有効性を確認できた。

4. ロボット講義におけるインタラクション

4.1 ロボット講義の課題

ロボット講義では、人間講師が事前に想定した学習者の受講状態、講義意図、および講義動作を記述したシナリオに基づき、講義を実施している。しかしながら、ロボット講義中、必ずしも学習者が想定通りの受講状態で講義を聴くとは限らない。つまり、事前想定と実際の受講状態に「ずれ」が生じた場合、シナリオ通りの講義では学習者のエンゲージメントを維持することは困難である。

このずれが生じる原因には、①講義の進捗に追従できない、②注意が維持できない・集中が途切れる、③講義内容の理解が難しいなどが考えられる。筆者らは、これまで講義時間が長くなると必ずと生じると考えられる①や②のケースに対応するために、インタラクティブロボット講義を提案した¹¹⁾。

4.2 インラクティブロボット講義の試み

インタラクティブロボット講義では、学習者の受

講状態をモニターし、想定状態とのずれを認識すると、講義意図の変更と講義シナリオ（スライド）のシーケンスを変更する。具体的には、講義意図の変化に応じて、スライド間にポーズを入れる、スライドをスキップする、スライドの説明を繰り返すといった変更を実施する。同時に、ポーズ・スキップ・リピートの際に学習者の注意制御動作を伴わせて、講義進捗への遅れや、注意・集中を取り戻すようなインタラクションを実施している。ロボットが **NAO** の場合は、学習者に歩み寄る動作を追加して、学習者の注意をロボットに惹きつけて注意を回復させるような工夫もしている¹²⁾¹³⁾。

例えば、講義に耳を傾けている状態を想定している時に、学習者がよそ見している場合、インタラクティブロボット講義では、次のスライドの説明を始める前にポーズを入れてスライドシーケンスを変更し、その間に注意喚起動作として学習者の方に視線を向け、声を大きく「よそ見をしない」という注意が与えられるようになっている。

このようなインタラクティブロボット講義について、ロボット講義をベースラインする評価実験を行った結果、講義内容の追従が困難であった学習者に対して、スライドシーケンス変更のポーズ、リピートが有効に機能し、講義内容についての理解度テストを向上させることを確認した¹¹⁾。一方、講義に追従できていた学習者に対しては、ロボットによるインタラクションが講義内容の理解に良い影響を与えないことも同時に確認できた。さらに、ロボットによるインタラクションのパターンが固定的で柔軟性に欠けるといった欠点も明らかになった。

4.3 インタラクションの課題と解決策

一方、4.1 で述べた「ずれ」が生じる原因の③については、上述したインタラクティブロボット講義では解消できない。この問題を解決するためには、シナリオシーケンスの変更や講義動作の工夫だけでは不十分である。

通常の講義では、学習者からの質問を受けることで学習者の理解不足を支援することが一般的であるが、

学習者からの質問の自由度の高さを考えると、ロボット講義の場合適切な回答を生成するにはまだまだ技術的に難しい。

一方、ロボットのほうから講義進行中に講義内容に関する問いかけを行い、学習者の理解状態を把握することは可能である。理解状態が把握できれば、それに応じてシナリオシーケンスを変更したり、別の教材リソースを提示するなどの策を講じることができると考えられる。本研究では、ロボットが理解状態同定のため、それまでに説明してきたスライド内容から学習者に質問すべき内容を自動的に構造化し、学習者への問いかけを行うチャットボットの開発準備を進めている。

5. おわりに

ロボット講義は、単にロボットに講義をさせるものではなく、人間講師の特徴を活かしながら、より適切な講義動作で代講する技術である。本論文は、そのロボット講義での課題を整理し、学習者とのインタラクションをデザインしてより高度な講義を実施するための手法を検討した。今後、提案手法の実装と評価実験を進めていきたい。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP20H04294, JP18K19836 の助成による。

参 考 文 献

- (1) 柏原昭博: Web におけるナビゲーションを伴う学習活動と支援環境のデザイン, 人工知能学会誌 Vol. 25, No. 2, pp. 268-275 (2010)
- (2) 柏原昭博: 学習システム研究における学びのモデルデザイン, 人工知能学会誌, Vol.35 No.2, pp.201-207 (2020)
- (3) Kashihara, A., and Akiyama, N.: Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web, Journal of Information and Systems in Education, Vol.15, No.1, pp.62-72 (2017)
- (4) 柏原昭博: ソーシャルロボットを用いた学びの研究, 教育システム情報学会誌, Vol.37, No.2, pp.73-82 (2020)

- (5) 柏原昭博: エンゲージメントを引き出す学習支援ロボット, コンピュータ&エデュケーション Vol.46, pp.30-37 (2019)
- (6) 鹿毛雅治: “学習意欲の理論—動機づけの教育心理学—”, 金子書房 (2013)
- (7) 神田崇行: コミュニケーションロボットによる学習支援”, 人工知能学会誌 Vol. 23, No.2, pp.229-236 (2008)
- (8) Skinner, E.A., Kindermann, T.A., Connell, J.P., and Wellborn, J.G.: Engagement and disaffection as organizational constructs in the dynamics of motivational development. In Wenzel, K. R. & Wigfield, A. (Eds.), Educational psychology handbook series. Handbook of motivation at school, pp. 223-245 (2009)
- (9) Ishino, T., Goto, M., and Kashihara, A.: Robot Lecture for Enhancing Presentation in Lecture, Research and Practice in Technology Enhanced Learning (RPTEL) 17,1 (DOI: 10.1186/s41039-021-00176-6) (2022).
- (10) Kashihara, A., Ishino, T., and Goto, M.: Robot Lecture for Enhancing Non-Verbal Behavior in Lecture, Proc. of the 20th International Conference on Artificial Intelligence (AIED2019), pp.128-132 (2019)
- (11) 柏原昭博, 菅原歩夢: ロボット講義における講義シナリオの適応的制御, 教育システム情報学会 2020 年度第 6 回研究会, pp.19-26 (2021)
- (12) Shimazaki, T., Sugawara, A., Goto, M., and Kashihara, A.: An Interactive Robot Lecture System Embedding Lecture Behavior Model, The 24th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2022) (2022 in press)
- (13) 島崎俊介, 菅原歩夢, 後藤 充裕, 柏原昭博: 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, 電子情報通信学会教育工学研究会, pp.97-102 (2022)
- (14) Melinger, A. and Levelt, W. J. M.: Gesture and the communicative intention of the speaker, Gesture, Vol. 4, No. 2, pp. 119-141 (2004)
- (15) Smedegaard, C. V.: “Reframing the role of novelty within social HRI: From noise to information”, Proceeding of 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2019), pp. 411-420 (2019)