

顔画像に基づく個別適応エンゲージメント促進支援ロボットの開発

Development of an Adaptive Engagement Promotion Robot
Based on Facial ImagesYAO Bowei^{*1}, 太田 光一^{*1}, 柏原 昭博^{*2}, 卯木 輝彦^{*3}, 長谷川 忍^{*1}
Bowei YAO^{*1}, Koichi OTA^{*2}, Akihiro KASHIHARA^{*2}, Teruhiko UNOKI^{*3}, Shinobu HASEGAWA^{*1}^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学^{*1}Japan Advanced Institute of Science and Technology^{*2} 電気通信大学^{*2}The University of Electro-Communications^{*3} 関西外国語大学^{*3}Kansai Gaidai University

Email: hasegawa@jaist.ac.jp

あらまし：本研究の目的は、学習者のエンゲージメントの変化に応じて、学習者毎に個別適応したインタラクティブなパートナーロボットを開発することである。これを実現するために、顔画像から学習者のエンゲージメントを推定し、状態に応じたロボットの振る舞いを設計し、さらに振る舞いに対する学習者の反応に応じてロボットの行動を更新するモデルを開発することを通じて、Learning Companion としてのパートナーロボットを実装した。また、20名の被験者による比較実験を通じてその効果を検証した。

キーワード：エンゲージメント、個別適応、顔画像、Learning Companion、パートナーロボット

1. はじめに

「エンゲージメント」とは、学習にポジティブな影響を与える心的状態であり⁽¹⁾、学習過程に没入・熱中することを通じて学習者の主体性を支える重要な要素である。こうした学習者のエンゲージメントを維持・促進することは、主体的学習を実現する上で重要な役割を果たす⁽²⁾。しかしながら、学習者の個別性が強い主体的学習過程においては、学習者のエンゲージメントを把握・予測し、その状況に応じた支援を行う方法論およびシステムはいまだ確立されていない。

本研究は、学習者の学習活動に対する意欲や取り組み方、理解度などを包括した概念である「エンゲージメント」を学習者の顔画像から推定し、ヒト型ロボットの振る舞いを通して学習者のエンゲージメントを促進するためのパートナーロボットを開発することである。学習時のエンゲージメントは、ロボットの振る舞いに対する個々の学習者の印象により変化することから、学習者に個別適応した「学び相手：Learning Companion」の開発を目指す。

2. 提案手法

2.1 インタラクティブロボット：Sota

本研究では、カメラ、マイク、スピーカ、ネットワーク機能を備え、言葉や身振り、手振りによる自然なインタラクティブを実現する卓上型コミュニケーションロボットである Sota⁽³⁾を利用した。なお、本研究ではエンゲージメント推定とインタラクティブネットワークの更新はGPUを搭載したPC上で行い、その結果を Sota が定期的に JSON データとして取得してインタラクティブを生成した。

2.2 エンゲージメント推定

本研究では、顔画像から学習者のエンゲージメントを推定するためのモデルとして、7th Emotion Recognition in the Wild Challenge 2019 で提案された Huynh らの手法⁽⁴⁾を採用した。特徴量は表情分析のためのオープンソースツールキットである OpenFace⁽⁵⁾により得られた学習者の一定間隔毎の頭部の姿勢と視線方向に関する平均値、標準偏差、最小値、最大値から得られた 60 次元の F1 特徴量と、顔画像データセットによる事前学習済み ResNet から得られた 128 次元の F2 特徴量を用いて、LSTM ベースの 2 種類のエンゲージ回帰モデルの予測結果をアンサンブルしたものであり、最終的に Disengaged, Barely Engaged, Engaged, Highly Engaged の 4 段階のいずれかが出力される。

2.3 インタラクティブネットワーク

本研究では、ロボットの振る舞いに対する学習者の反応に応じてネットワークの重みパラメータを更新することで、リアルタイムにインタラクティブ戦略を更新できるインタラクティブネットワークを開発した。提案手法では、前節で述べたエンゲージメント推定モデルにより、Sota とのインタラクティブの前後で学習者のエンゲージメントの変化を比較し、インタラクティブの内容が現在の学習者にとって適切であるかどうかを判断する。

エンゲージメント推定モデルの出力を入力とする形でインタラクティブネットワークを配置し、図 1 に示すように、発話、行動、発話速度を含む 3 層の完全連結型ネットワークを構築した。各層間の各パスの重みは初期値を設定し、次の層へのパスの重みの総和は 1 とする。また、重みの大きさは次の層の

ノードを確率的に選択するために利用した。

インタラクション後に学習者のエンゲージメントが変わらないか減少した場合、インタラクションが行われた経路の重みを減らし、その他の経路の重みを増やして重みの和が1に更新する。つまり、同様な状況が発生した場合にロボットが他のインタラクション戦略を行いやすくする。これにより、それぞれの学習者に適した重みに更新されるため、学習者の異なる個性に応じたインタラクティブ体験を実現することが期待できる。

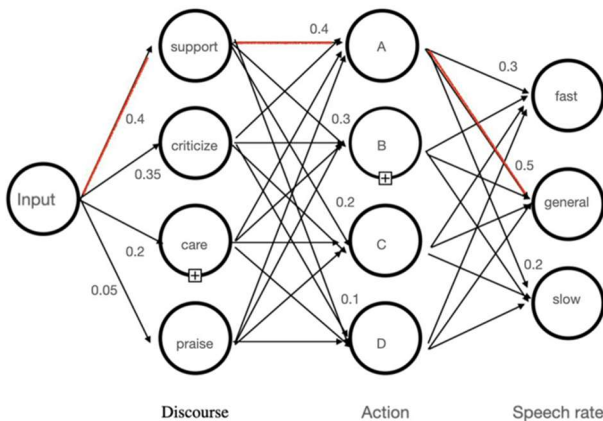


図1 インタラクションネットワークモデル

3. 評価実験

エンゲージメント推定モデルの精度、Sota と学習者のインタラクションの効果、インタラクションモデルの更新アルゴリズムの有効性をそれぞれ評価するために、20名の理系大学院生を対象として Sota なし/あり条件による被験者内計画で実験を行った。

被験者は30分間の学習用ビデオ(物理/化学)を Sota による介入の有無の条件で学習を行った。実験順序については、学習用ビデオと介入の有無に関するカウンターバランスを取った。被験者は、それぞれのビデオの学習後に、自己の顔映像を見ながら5分毎のエンゲージメントを4段階で自己評価を行うとともに、Sota ありの条件では、インタラクション毎の満足度についてそれぞれ5段階評価を行った。

3.1 結果

被験者の自己評価とモデルの推定結果を比較した結果、その一致率は53.6%(=150/280)であった。なお、一致しなかったケースのうち93.6%はその差が1であり、楽観的な傾向(モデルの推定結果の誤差はエンゲージメントが高い傾向)はあるものの、ある程度信頼できる推定が行えた。

Sota がエンゲージメントの維持に有効かどうかを評価するために、Sota の有無による学習時間全体の自己評価を比較した結果、Sota ありが平均2.07(標準偏差0.47)、Sota なしが平均1.71(標準偏差0.47)となり、t検定の結果 $t(19)2.48, p=.022$ で、Sota あり条件の方が有意に高い平均エンゲージメントを示した。学習時間が短い場合十分な結果であるとは言えない

が、ロボットによるインタラクションがエンゲージメントの維持に一定の効果があることが示唆された。

各被験者のインタラクションに対する満足度のアンケート結果を時間順に1/3ずつに分割したときの平均値を比較したところ、最初の1/3が平均3.17(標準偏差0.81)、中央の1/3が平均2.84(標準偏差0.88)、最後の1/3が平均3.70(標準偏差0.71)であった。Jarque-Bera 検定によりデータが正規分布であることが確認できたため、対応のないANOVAで検定を行ったところ、 $F=18.9, p=.00001$ であった。Tukey's HSD を用いて各条件を比較したところ、最初の1/3と中央の1/3の間では $Q=3.34(p=.0498)$ 、最初の1/3と最後の1/3の間では $Q=5.22(p=.0085)$ 、中央の1/3と最後の1/3の間では $Q=8.56(p=.0000)$ であり、各期間の満足度に差があることが示された。これらの結果から、被験者のインタラクションに対する満足度は実験中盤で低下するものの、重みが調整されるに従って向上していると言える。

4. おわりに

本研究では、学習者のインタラクションに対する反応の個人差に追従し、パーソナライズされたインタラクションを実現した学習パートナーロボットを提案し、初期の評価を行った。

本研究では、ロボットとのインタラクション後の学習者のエンゲージメントの変化に基づいて、インタラクション内容を更新している。今後はさらに、学習者の学習内容への興味や学習効果に応じて、ロボットのインタラクション内容を変化させることが期待される。今回の研究では、1セッションが30分と短かったため、学習者が長時間学習する場合にロボットがどのように介入できるかという点についても今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は、科研費(20H04294)の助成、および株式会社フォトロンとの共同研究の成果である。

参考文献

- (1) 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)
- (2) 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)
- (3) ヴェイストン株式会社: “Sota 法人向けサービスのご案内”, <https://sota.vstone.co.jp/home/> (2022.5.20 アクセス)
- (4) Van Thong Huynh, Hyung-Jeong Yang, Gucee-Sang Lee, and Soo-Hyung Kim: “Engagement Intensity Prediction with Facial Behavior Features”, In International Conference on Multimodal Interaction (ICMI '19), pp.567-571, (2019)
- (5) Tadas Baltrušaitis, Amir Zadeh, Yao Chong Lim, and Louis-Philippe Morency: “Openface 2.0: Facial behavior analysis toolkit”, In 2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition, 59-66, (2018).