

報告番号	甲 第 11487 号
------	-------------

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 学習者に共感するパートナー型  
教育支援ロボットに関する研究

氏 名 JIMENEZ LAM Felix Augusto

### 論 文 内 容 の 要 旨

日常的な場面で人と自然な形で関わり合えるロボットを研究する分野に、Human-Robot-Interaction (HRI) がある。HRI では、産業、福祉、教育などの分野で活躍できるロボットが研究開発されている。その中でも本研究では、少人数の学習に対する将来的なニーズが増加すると予想し、教育分野で活躍する教育支援ロボットに注目した。教育支援ロボットとは、学校・塾などの教育現場、家庭などの自主学習の場において学習者を支援するロボットのことであり、教育支援ロボットには、教師のような行動を行う教師型教育支援ロボットと共同学習者のような行動を行うパートナー型教育支援ロボットの二種類がある。

教師型教育支援ロボットには、教師として授業を行うロボットと、教師をアシストするロボットがある。教師型教育支援ロボットは主に海外で研究が進められている。従来研究では、教師として授業を行うロボットが人による授業を代替可能であることと、教師をアシストするロボットを利用して授業を行うことで、通常授業に比べて生徒の集中力を向上できることが示唆されている。

パートナー型教育支援ロボットには、一体のロボットが複数の学習者と共同学習を行う一対多のパートナー型教育支援ロボットと、一体のロボットが一人の学習者と共同学習を行う一対一のパートナー型教育支援ロボットがある。従来研究では、一対多のパートナー型教育支援ロボットを複数の学習者による協調学習の補助として用いることで、学習者の学習効果を向上できること、また、学習者が一対一のパートナー型教育支援ロボットと共に学習することで、学習者の学習意欲と学習効果を向上できることが示唆されている。

超高齢化社会においては、多くの高齢者が生涯学習の一環として家庭学習をすると予想される。また、小中高生の家庭学習の重要性は変わらない。一対一のパートナー型教育支援

ロボットは家庭学習の支援にこそ適している。このロボットの性能が上がれば、一家に一台、もしくは一人に一台の普及が期待され、教育振興に貢献できるだけでなく、産業としても大きな可能性を持っている。しかし、一対一のパートナー型教育支援ロボットの研究発表は国内外で3件しかなかった。また、長期にわたる実験もなされていなかった。

HRIの研究事例に、人がロボットに対して飽きるといった問題を示した研究報告がある。その研究事例では、ロボットを小学校に長期間導入し、子どもとの相互作用について調査したところ、日が経つにつれて、子どもたちとロボットとの相互作用が減少していくことが確認されている。この飽きの問題は、一対一のパートナー型教育支援ロボットにも起きると考えられる。そこで本研究では、飽きを解決することを大きな課題とする。

この飽きの問題に対して、著者はロボットの感情表出法と、人とロボットによる協調学習の枠組みに着目した。HRIの研究では、ロボットが感情を持つかのように表情変化や身体動作を行う感情表出法が提案されている。感情表出法を搭載したロボットは、人に楽しみや安らぎなどの精神的効果を与えることができると報告されている。本研究では、ロボットが表情を変化することで感情を表現する感情表出法に注目した。著者は、感情表出法を教育支援ロボットに実装するだけでは、単にロボットがその内部感情を表出するのみであり、飽きの問題は解決できないであろうと予想した。飽きを防ぐには、ロボットが学習者の気持ちに共感しているように表情を表出することで、ロボットと共に学習していることを学習者に強く感じさせることが重要と考えた。

また、認知科学では、学習者同士が意見を交換し、互いに協力して問題を解き合う協調学習が、学習者の学習意欲と学習効果を向上させ、長期的学習が可能であると報告されている。しかしながら、従来の一対一のパートナー型教育支援ロボットでは、ロボットは学習者から教わる行動をとるだけであり、ロボットから問題を解くという発想は無かった。著者は、二人の学習者による協調学習の成立手法の一つである、建設的相互作用に着目した。建設的相互作用は、二人の学習者が協力して交互に問題を解き合うことで起きる相互作用であり、人とロボット間においても成立し得ると考える。ロボットと学習者との間に建設的相互作用を成立させることで、持続的な学習を促せると期待する。

本研究では、学習者に共感し、学習者を飽きさせない協調学習を行うパートナー型教育支援ロボットを開発する。そのために、学習者に共感する表情を表出する共感表出法と建設的相互作用を促すロボットの行動モデルを提案し、それらの効果を検証する。なお、本研究では、飽きを学習者がロボットの発話を見逃すことと定義する。また、共感を学習者の問題の正誤結果に応じて、ロボットが喜びや悲しみの表情を表出して、学習者にロボットが自分と同じ気持ちであると実感させることと定義する。

第2章では、ユーザに同調して感情を表出できる感情表出法に対する研究成果について述べる。従来の感情表出法では、感情を決定して表出するまでの過程が確定的である。そのため、従来の感情表出法を搭載したロボットとユーザが共に作業すると、ロボットはユーザとは異なる感情を表出してしまうことが多く、ユーザはロボットとの相互作用にすぐに

飽きてしまう問題がある。そこで Russell の感情円環モデルを用いて、ユーザの感情に同調するような表情を表出できる感情表出法を提案する。そして、被験者実験を通して本感情表出法の有効性について検証した。

第 3 章では、学習者にロボットが共感していると実感させる共感表出法に対する研究成果について述べる。第 2 章で提案した感情表出法をロボットに実装することで、人に近い感じでロボットの表情表出を可能とした。しかしながら、前述したように、感情表出法をロボットに実装するだけでは、単にロボットがその内部感情を表出するのみであり、飽きの問題が再び起こってしまうと考えられる。そこで学習者がロボットと共に学習していることを強く感じさせ、飽きを防止するために、第 2 章の感情表出法を基にロボットが学習者に共感しているような表情を表出する共感表出法を提案する。共感表出法は、正解用と不正解用の二つの感情ベクトルの角度を基に、問題の正誤判定に応じて学習者に共感するような表情を表出する手法である。感情ベクトルは学習者の正誤判定に応じて X 座標を、所要解答時間に応じて Y 座標を変動する。この共感表出法を二ベクトル法 I と呼ぶ。実験では、二ベクトル法 I を搭載したロボットと大学生が共に学習する実験を実施し、提案法が学習者に与える心理効果が高いことを示した。

第 4 章では、感情ベクトルを用いた共感表出法の改良に関する研究成果について述べる。第 3 章で提案した共感表出法は、正解用と不正解用の二つの感情ベクトルの角度を基に感情を表出する。しかしながら、感情ベクトルの X または Y 座標が大きく変動しない限り、感情ベクトルの角度が変化しないため、同じ感情が繰り返し表出されるという問題点が起きる。そのため、長期的な共同学習においては学習者にロボットが共感していると実感させることは難しい。そこで、感情ベクトルの大きさと角度を正誤判定と所要時間に応じて変動させることで、感情ベクトルの振幅と角度を基に多様な感情を表出できる共感表出法へと改良する。改良した共感表出法を二ベクトル法 II と呼ぶ。そして、被験者による実験を通して二ベクトル法 II の有効性を示した。

第 5 章では、建設的相互作用を促すロボットの行動モデルに対する研究成果について述べる。ロボットと学習者による協調学習の実現のために、建設的相互作用をロボットと学習者の間に成立することを促すロボットの行動モデルを提案する。行動モデルは、ロボットが問題を解く動作と、学習者の問題を解く様子を観察する動作を交互に実行するモデルである。実験では、行動モデルをロボットおよび画面上のエージェントに実装して比較実験を実施し、行動モデルを搭載したロボットとの協調学習が人同士の協調学習と同様な学習効果を与えることを示した。

第 6 章では、第 4 章の二ベクトル法 II と第 5 章の建設的相互作用を促す行動モデルを組み合わせた効果について述べる。共感表出法と行動モデルを組み合わせることで、学習者に共感して、学習者と問題を解き合って共に学び合うパートナー型教育支援ロボットを開発する。共感表出法と行動モデルを搭載したロボットと中学生が共に学習する実験を実施し、本ロボットにより被験者の飽きを軽減できることを示した。

第7章では, 本論文の結論と今後の課題について述べる. 本研究で得られた成果をまとめ, 残された課題とその解決案を述べる.