

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2009～2014

課題番号：21118007

研究課題名（和文）ロボットによる協調学習支援と学習コミュニティの形成

研究課題名（英文）founding a Creative Society via Collaboration between Humans and Robots

研究代表者

三宅 なほみ（Miyake, Naomi）

東京大学・大学総合教育研究センター・教授

研究者番号：00174144

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 81,000,000円

研究成果の概要（和文）：人とロボットが、それぞれの立場で相手の存在を認識し、互いに学び合い、育っていくような人口ロボット共生による新たな協創社会の実現に向けて、「A03班：知恵の協創班」では人の持つ潜在的な学習能力を洗い出し、それを活かした新しい学びを実践的に創造する実践学的学習科学を発展させた。斬新な方法論として、遠隔操作によるロボットを「よい聞き手」「共に学び合う仲間」として協調学習場面に参画させ、人と人との相互作用を制御・支援することによって、学習科学の経験則を再現性のある理論研究へと発展させる基盤を形成した。

研究成果の概要（英文）：Aiming at creating Human-Robot Symbiosis, our Human-Learning-Symbiosis Team has developed “practical” learning sciences by creating and disseminating new collaborative learning pattern deeply based on the core of latent human learning. We innovated a new research method of using remotely controllable robots as a learning partner as well as a research partner in various types of collaborative learning situations in order to develop our rules-of-thumb into practical but replicable theory of learning.

研究分野：学習科学

キーワード：学習科学 認知科学 教育工学

1. 研究開始当初の背景

「人口ロボット共生学」領域の目的は、人と人、人とロボットが互いに相手を育て合う「ヒューマン・ロボット・ラーニング」を共通テーマとして、ヒューマンロボットインタラクション(HRI)と学習科学という二つの研究領域が双方を高め合い、それらを認知科学が支える3領域が融合し合う新学術領域を創成することであった。

研究開始当初、HRIは、人とロボットのインタラクションのあり方を幅広く探ろうと急速に発展し、インタラクションのための基礎技術を確立しつつあった。HRIの次の発展には、インタラクションを実際の日常生活の場に活かす研究開発が必要となっていた。学習という場面では人同士のインタラクションが密に行われる。それが、これまで漠然としていたインタラクションの意義を明確にし、良いインタラクションを定義づけ、インタラクションをより高度化するガイドとなる可能性を持っていた。

他方、人の持つ潜在的な能力を洗い出し、それを活かして人を今より賢くしようとする学習科学は、人と人とが互いに相互作用することによって新しい知力を生み出す形の実践研究を急速に拡大しつつあった。しかし、その方法論は、インタラクションのダイナミズムを扱うだけに、経験知の蓄積と質的分析に頼らざるを得なかった。それゆえ、人と人とのインタラクションを制御・支援する新しい研究方法を求めていた。

2. 研究の目的

上記課題に対して「知恵の協創」を担う本研究課題(A03班)では、人と人との相互作用の制御と支援に、ロボットという新しい研究ツールを持ち込むことによって、これまでの経験則を理論化するための多くのリサーチ・クエスチョンを産出し、新しい学習科学と認知科学の理論を生み出すことを目的とした。

リサーチ・クエスチョンの具体例は次のようなものである。

- ・ 協調学習において担当した資料の理解が不十分でも、説明して話し合っているうちに理解できるか
- ・ 受け取る資料の説明が不十分な場合でも、話し合っているうちに理解できるか

- ・ 学び合うパートナーは、分かったことをしっかり説明し、相互作用をリードする「先生」や「司会」のような振る舞いをした方がよいのか、分からないところを「分からない」と言って一緒に考える仲間として振る舞った方がよいのか

リサーチ・クエスチョンは上記に限られないが、いずれも、これまでの教育実践の中で漠然と「真だ」と思われてきた常識を覆すものを狙った。教育場面では暗黙の前提として学習者の役割が「教師から正解を与えられてそれを覚えること」だと思われがちだが、ロボットを同居させた学習場面では、学習者が自律的に答えを作る学習者中心の学びが実現しやすくなり、そのプロセスを解明できる可能性が高まるからである。

3. 研究の方法

本研究課題では、基本的に、昨今実際の小学校中学校高等学校で取り上げられつつある「アクティブ・ラーニング」という手法について、学ぶ主体である児童生徒の対話場면을フィールドとして立ち上げ、3、4人の子供たちの学びの中にロボットが1体ずつ入る授業を実践し、ロボットの振る舞いを解析することによって、より質の高い授業作りを目指す実践研究に取り組んだ。

手法としては、人同士のやり取りでも質の高い学習成果が起きることが経験的に確かめられている学習活動の型[13]を取上げ、その相互作用にロボットを介入させることによって、未解明だったリサーチ・クエスチョンに答えを出す方法を探った。ロボットはA01、A02班の協力を得て、安定して稼働し擬人的存在感を持つ遠隔操作型のロボットを用いた。ロボットを学習者の「よい聞き手」とすることによって、「学びのパートナー」としての役割と同時に、学習者の自然な対話データを収集する「研究パートナー」の役割も果たさせた。実験場面はX00が用意した人工的な東京・京都の実験プラットフォームから始め、教室やワークショップ、キャリアカウンセリング場面など、より自然な場面に持ち出す形で、手法の一般化可能性を確かめた。

以下では、(1)「知識構成型ジグソー法」という授業の型を中心とした一連の研究、(2)「対話型鑑賞法」という美術鑑賞手法に関わる研究、(3)「リボイシング」という

発話行為をロボットに再現することの効果検証研究の三点に絞って成果を記す。

4. 研究成果

(1) 「知識構成型ジグソー法」関連研究

知識構成型ジグソー法とは、与えられた一つの課題に学習者が3, 4の資料を分担して読み合わせて答えを作る学習法である。この一つの資料の分担者としてロボットを登場させることで、他の学習者が入手していない情報をロボットが持っている状況を設定し、学習者が自然にロボットの情報提供を期待する関係を作った。これは、資料内容を交換した後、与えられた課題に答えを創り上げていく対等な関係が学習者とロボットとの間で行えることにもつながった(図1)。

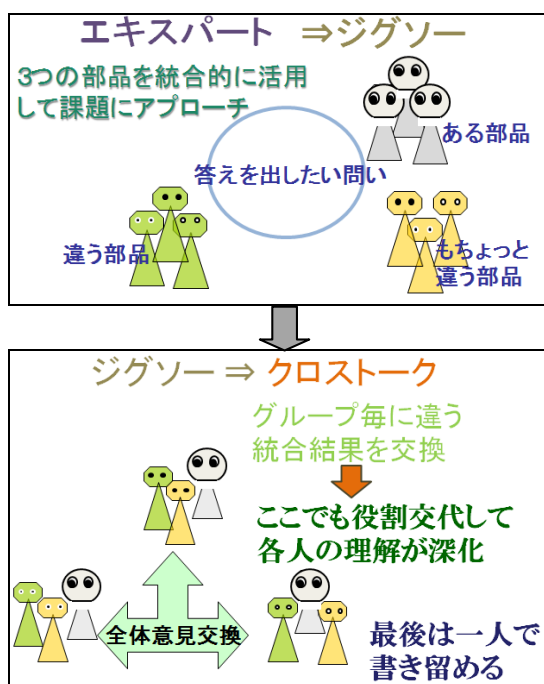


図1: 「ロボット付き」知識構成型ジグソー法

一連の実践の結果、小中高大学生など学校種や教科を問わず、ロボットをパートナーとして学習が成立することが確かめられた(図2) [3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 15, 18, 20, 21]。

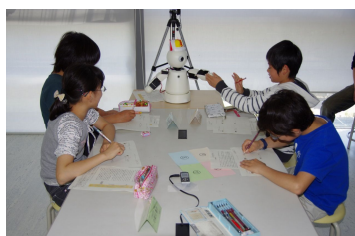


図2: ロボット付きジグソー学習風景

また、実践研究の中から、ロボットが先生や司会のような振る舞いをするよりも一緒に考える振る舞いをした方が学習者の主体的で知的な会話を増し、理解を深めやすいことも分かった[5, 17, 22, 24]。図3の「司会」とは、知識構成型ジグソー法の学習活動において、ロボットが「次はAさんの資料を説明して」「Bさん質問あるかな?」「Aさんどう思うかな?」等と司会的に振る舞う条件を意味し、「質問」とは「誰から説明する?」「どうしよう?」「僕まだわかんないんだけど、なんて書いたの?」などと質問を投げ掛ける「学ぶ仲間」の役割を果たす条件を意味する。図に見る通り、学習者の最終的な記述成績は質問条件の方が司会条件を上回った。

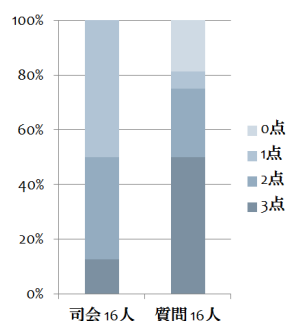


図3: ロボットの役割と学習者の記述得点

なお、この研究は最初から比較対照的な実験として行ったのではなく、ロボットの遠隔操作者(オペレータ)が操作を繰り返す中で、一見操作しやすそうだった「司会役」では子供たちの会話が盛り上がり、逆にロボットに依存的になることに鑑みながら、役割を変えていったものであった。その他にも、ロボットの資料説明を教師が提供するような完成度の高いものにした方が学習者からの質問が出難いことも分かった[3, 8]。

学習者が自ら答えを作る主体となって学びを展開するには、「完全な答え」が提供されるのを待つのではなく、互いの不完全な理解や考えを話し合い聞き合いながら、徐々に答えを創り上げる状況設定が重要であることが示唆となって現在世界的に取り組まれている learning analytics の基盤の一つと見なされている。

本研究の発展的成果の一つとして、上記のような知見が遠隔操作から実感でき、オペレータ自身に、子供たちとどう付き合ったら能力をより引出すことができるかについての気づきがあった[5, 7, 16]。オペレータから、

子供たちと直接対面で関わるよりも、ロボットを操作した方が「疲れた」という言葉が聞かれたのは、それだけ自らの子供たちとの関わり合い方への内省が促されたためだと考えられる。逆に、遠隔操作を経験した教員からは、意識的に子供に「なってみる」者も生まれた。そこでこの成果を活用し、今後現職教員研修の一つの手法として役立てられるかについて、教育委員会との連携研究を始めている。

また、一連の徹底した学習者中心の取組は、A03-2 班の実践も刺激し、「教師のいない教室」でロボットと子供たちだけの協調学習場面作りにもつながった。

(2) 「対話型鑑賞法」関連研究

対話型鑑賞法は、一枚の絵に対して協同で「何が見えるか」「どこからそう思うか」「他にはどうか」を繰り返しながら鑑賞を深めていく手法である。この対話型鑑賞法を幼児・学童対象で行ったワークショップにおいて、子供たちと共に鑑賞するパートナーとしてロボットを参加させ、ナビゲータのプロンプトに応えながら、鑑賞を行えるかの実践を行った(図4)。遠隔操作は主に絵画教育を専門とする大学学部生が行った。



図4:対話型鑑賞法風景

実践の結果、鑑賞が成立することや、ロボットの絵画の表面的な特徴を指摘するような発言から、視点を変えるような発言、解釈を含んだ発言へとという誘導により、年齢の小さい子供たちでも絵画の深い解釈が可能になることが明らかになった[5, 14, 19, 23]。加えて、ナビゲータがロボットの操作を通じて自らの発言にリフレクションを掛けることで、普段意識していなかったような経験則が見えてくることも確かめられた。

(3) 「リボイシング」関連研究

上記のような経験則の意識化や検討は、一つの教授上の発話行為に絞って、その新しい可能性を検証することも可能にする。リボイシングは学習者の発した言葉を教授者が繰り返すことを指すが、実践・研究の進展に伴い、教授者が発言を価値付けて後の相互作用を方向付ける誘導的なリボイシングが主流になってきた。

そこで共同問題解決場面にロボットを同居させ、問題解決者の発言を評価的な語尾も付けずに単純にリボイスする場合と誘導的なリボイスを行う場合との比較を行った。結果、単純リボイスを行うロボットが学びのパートナーと認められやすく(図5a)、事後の理由記述の質が高いことが確かめられた(図5b)。A01 班と共に行ったマイクロな対話プロセスの分析からは、ニュートラルなリボイシングを通して学習者が自分たちで考えようとすることで、多様な視点が議論の場に持ち出され、その比較対照や統合を通して理解が深まることが示唆された[2, 9]。

「人間で言うと、どんな相手？」

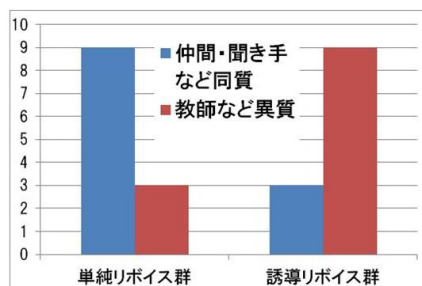


図5a:リボイシングとロボットの認知

転移課題が理由つきで解けたか

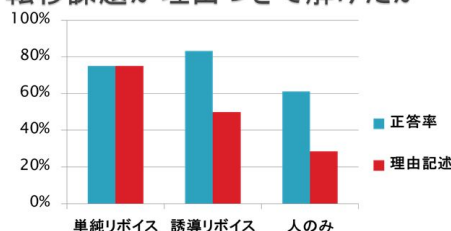


図5b:リボイシングと理解深化

(3) 今後の課題

一連の実践研究を通じて、A03 領域の学習科学分野にも、1) 子供が主体的に学ぶ授業デザインには、これまで以上に教員の子供の見方を変える必要があること、2) 学習者中

心の授業形態から得られる子供同士の対話自体が一人ひとりの学びの過程を推論する貴重なデータになること, 3) こういった学びの過程が詳しく分かってくるようになると, そこから「人が学ぶとはどういうことか」に関して, これまで得られなかったデータが分析可能になることが示唆され, 新しい研究課題として再認識された[1, 5, 26-29].

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)
〔雑誌論文〕(計 41 件)

- 1) 白水始・三宅なほみ・益川弘如 (2014) 学習科学の新展開: 学びの科学を実践学へ認知科学, 21, pp. 254-267
 - 2) Shirouzu, H., and Miyake, N. (2013) Effects of Robots' Revoicing on Preparation for Future Learning. In Rummel, N., Kapur, M., Nathan, M., and Putambekar (Eds.) *To See the World and a Grain of Sand: Learning across Levels of Space, Time, and Scale. (CSCL 2013 Conference Proceedings)*, Wisconsin, Vol.1 pp. 438-445
 - 3) Oshima, J., and Oshima, R. (2013) Collaborative learning through socially shared regulation supported by a robotic agent. In Rummel, N., Kapur, M., Nathan, M., and Putambekar (Eds.) *To see the World and a Grain of Sand: Learning across levels of Space, Time, and Scale: CSCL 2013 Conference Proceedings Volume 2 –Short Papers, Panels, Posters, Demos & Community Events. International Society of the Learning Sciences.*
 - 4) 見館好隆・館野泰一・脇本健弘・望月俊男・宮田祐子・中原淳・三宅なほみ (2013) ロボットによる主体的な発話支援の有効性について グループ・カウンセリングの事例を用いて 日本教育工学会論文誌, 37(3), pp.209-227
 - 5) 三宅なほみ(2012) 人口ロボット共生学: 実践的な学習研究にロボットを導入して、何ができるか 認知科学, 19(3), pp. 292-301
 - 6) Naomi Miyake. 2012.7 Critical Aspects in Learning with Technologies, International Conference of the Learning Sciences (ICLS2012), Sydney, Australia (Invited)
 - 7) Naomi Miyake. 2012.7 Robot Facilitation as Dynamic Support for Collaborative Learning, International Conference of the Learning Sciences (ICLS2012), Sydney, Australia (Invited)
 - 8) 大島純・三宅なほみ(2011) 人口ロボット共生学における「知恵の共創」 日本ロボット学会誌, 29(10), pp. 875-878
 - 9) 白水始・中原淳(2011) 人の主体的な問題解決を促すロボットの役割 日本ロボット学会誌, 29(10), pp. 898-901
 - 10) Miyake N., Ishiguro H., Dautenhahn K., and Nomura T. (2011) Robots with children: practices for human-robot symbiosis. *6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, Switzerland, pp. 3-4
 - 11) Miyake N., Oshima J., and Shirouzu H. (2011) Robots as a research partner for promoting young children's collaborative learning. *6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2011, Switzerland
 - 12) Miyake, N., Oshima, J. and Shirouzu, H. (2011) Robots as research partners for promoting young children's collaborative learning. *The pre-conference workshop at CSCL2011*, Hong Kong
 - 13) Miyake N. (2010) Robots as good listeners: How robots enhance collaborative learning. *5th ACM/IEEE international conference on human-robot interaction 2010*, Osaka
- 〔学会発表〕(計 36 件)
- 14) 中山隆弘・三宅なほみ (2013.10). 芸術作品の対話型鑑賞場面における遠隔操作型ロボットによる支援の試み, 第 10 回子ども学会議, 岡山県立大学, 岡山県
 - 15) 三宅なほみ (2013.3). ロボットによる協調学習支援, HRI2013 共催新学術領域研究「人口ロボット共生学」第 5 回国際ワークショップ, 日本科学未来館, 東京都
 - 16) Tony Belpaeme, Peter H. Kahn, Jr., 三宅なほみ, 石黒浩 (2013.3). ディスカッション「ヒューマン・ロボット・ラーニングのこれから-どのような可能性が考えられるか?」, HRI2013 共催新学術領域研究「人口ロボット共生学」第 5 回国際ワークショップ, 日本科学未来館, 東京都
 - 17) Takahiro Nakayama, Jun Ashikaga, Kenta Iyoki, Sho Inaba, and Naomi Miyake

- (2013.3) . A remotely operated robot as a research tool to study the effects of different roles for successful collaborative learning, HRI2013 共催新学術領域研究「人口ロボット共生学」第5回国際ワークショップ, 日本科学未来館, 東京都
- 18) Jun Ashikaga, Takahiro Nakayama, Sho Inaba, Kenta Iyoki, and Naomi Miyake (2013.3) . Robots as learning partners in collaborative learning research HRI2013 共催新学術領域研究「人口ロボット共生学」第5回国際ワークショップ, 日本科学未来館, 東京都
- 19) 三宅なほみ・白水始 (2012.9) . ロボットによる「新しい視点」を導入する発言の効果日本ロボット学会第30回記念学術講演会 (RSJ2012) , 札幌コンベンションセンター, 北海道
- 20) Naomi Miyake. 2012.8 Governing Board Symposium: Cognitive Science and the Learning Sciences, 34th annual meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2012), 札幌コンベンションセンター, 北海道(招待講演)
- 21) Hiroshi Ishiguro and Naomi Miyake. 2012.8 Robotics and Emotion, 34th annual meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2012), 札幌コンベンションセンター, 北海道 (招待講演)
- 22) Jun Ashikaga, Takahiro Nakayama, Sho Inaba, Kenta Iyoki, and Naomi Miyake (201208) . Robots as learning partners in collaborative learning research, 34th annual meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2012), 札幌コンベンションセンター, 北海道
- 23) Masaki Miyake, Tomoki Hirano, and Naomi Miyake (201208) . Expanding children's perspectives on art work by robot participation, 34th annual meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2012), 札幌コンベンションセンター, 北海道
- 24) Nakayama Takayaro, Ashikaga Jun, Inaba Sho, Iyoki Kenta, and Naomi Miyake (201208) . A remotely operated robot as a research tool to study the effects of different roles for successful collaborative learning, 34th annual meeting of the Cognitive Science

Society (CogSci2012), 札幌コンベンションセンター, 北海道

- 25) 大武美保子・大谷昂・小泉智史・吉川雅博・松本吉央・三宅なほみ (201106) . 高齢者が遠隔操作するロボットを用いた司会による共想法形式のグループ会話支援, 2011年度人工知能学会全国大会(第25回) (JSAI2011), いわて県民情報交流センター, 岩手県

〔図書〕(計11件)

- 26) 三宅なほみ監訳, 益川弘如, 望月俊男編訳 (2014) 『21世紀型スキル:新たな学びと評価の新たなかたち』 京都:北大路書房
- 27) 白水始 (2014) 「第5章 新たな学びと評価は日本で可能か」(pp.205-222) 三宅なほみ監訳, 益川弘如, 望月俊男編訳 『21世紀型スキル:新たな学びと評価の新たなかたち』 京都:北大路書房
- 28) 三宅芳雄・三宅なほみ (2014). 『教育心理学概論』. 東京:放送大学教育振興会
- 29) 三宅芳雄・三宅なほみ (2012). 『教育心理学特論』. 東京:放送大学教育振興会

・領域全体のホームページ:

<http://www.irc.atr.jp/human-robot-symbiosis/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

三宅なほみ (MIYAKE, Naomi)
東京大学・大学総合教育研究センター・教授
研究者番号: 00174144

(2)研究分担者

大島純 (OSHIMA, Jun)
静岡大学・情報学研究科・教授
研究者番号: 70281722

白水始 (SHIROUZU, Hajime)
国立教育政策研究所・初等中等教育研究部・
総括研究官
研究者番号: 60333168

中原淳 (NAKAHARA, Jun)
東京大学・大学総合教育研究センター・准教授
研究者番号: 00342618