

令和元年6月19日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00219

研究課題名(和文)協同学習におけるエージェントベースのリフレクションに関する総合的検討

研究課題名(英文)Comprehensive study on agent-based reflection in collaborative learning

研究代表者

林 勇吾 (Hayashi, Yugo)

立命館大学・総合心理学部・准教授

研究者番号：60437085

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学習者ペアが新たな知識を創り出す知識統合活動に着目し、対話エージェントを用いて自己モニタリングの支援について総合的に検討した。ここでは、協同学習に関する心理学的な実験を通じて、学習者ペアの発話や視線情報をもとに学習者の状態を特定するモデルを構築した。さらに、ここで得られた知見をもとにマルチモーダル情報を活用した協同活動のリフレクションの有用性を実験的に検討し、その有用性を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの認知科学の研究では、協同学習における学習者の自己モニタリング活動が重要であることが指摘されてきた。そこで本研究では、対話エージェントの技術を用いてこの活動をファシリテートするための方法や学習者の状態を推定する上で有用とされるモデルを検討することができた。この成果は、教育工学や学習支援システム研究に対して有益な情報を提供するといえる。また、これらの知見はICTを用いた学校教育の場面での導入に役立つことが期待される。

研究成果の概要(英文)：This study focused on collaborative learning in dyads knowledge integration activity, and examined how to support self-monitoring using conversational agents. We conducted controlled psychological experiments to investigate the learning models and factors that facilitate learning performance. Through this analysis, we were able to construct a model that identifies the learner's state based on the learner's pair's conversational data and gaze information. Furthermore, we were able to discover the use of multimodal information to facilitate reflection for the learners' collaborative activity.

研究分野：認知科学

キーワード：協同学習 学習支援システム ション コミュニケーション 対話エージェント メタ認知 説明活動 リフレクション インタラク

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

認知科学における協同問題解決研究では、他者とのインタラクションを通じた説明活動や役割分担、認知的葛藤の生起が学習者の思考を活性化し、知識を精緻する上で有効であることが明らかにされてきた。しかしながら、こうした認知科学の分野で得られてきた知見が必ずしも全ての学習者に対して起きるとは限らないということも、過去の研究の中で明らかになってきている。そこで、こうしたインタラクションを活性化するための一つの方法として、情報処理技術を用いて協同学習の支援を行うことが有効であると考えられる。本研究では、学習者ペアが新たな知識を創り出す知識統合活動に着目し、対話エージェントを用いて自己モニタリングを支援する方法について検討する。

### 2. 研究の目的

本研究では、学習者ペアが新たな知識を創り出す知識統合活動に着目し、対話エージェントを用いて自己モニタリングを支援する方法について検討する。ここでは、学習者から表出されるマルチモーダル情報を用いてコミュニケーションや感情状態を判断し、その情報をもとにファシリテーションを行う。本研究の目的の一つはこれらの検討を通じて、学習者ペアの発話や視線、表情をもとに学習者の状態を特定する「ピアラーニングモデル」を構築することであった。また、第二の目的としては、ここで得られた知見をもとにマルチモーダル情報を活用した協同活動のリフレクションの有用性を実験的に検討することであった。これらの総合的な検討を通じて協同学習時のインタラクションのモデル化と学習支援の方法を検討した。

### 3. 研究の方法

本実験では、学習者のペアがそれぞれの異なる概念知識である心理現象について話し合う、「知識統合課題」を開発し、実験の題材として利用した。この課題で学習者は、それぞれ個別に学習した概念について、コンピュータ端末のディスプレイに映し出された概念の概要を見ながら説明活動を行った。ここでは、まず(1)画面上の各概念を見ながら役割分担しながら説明活動を行い、(2)両概念の知識を統合し理解を深め、(3)最終的に統合した概念を用いて心理現象を説明することが求められた。図1には実験画面の例を示す。

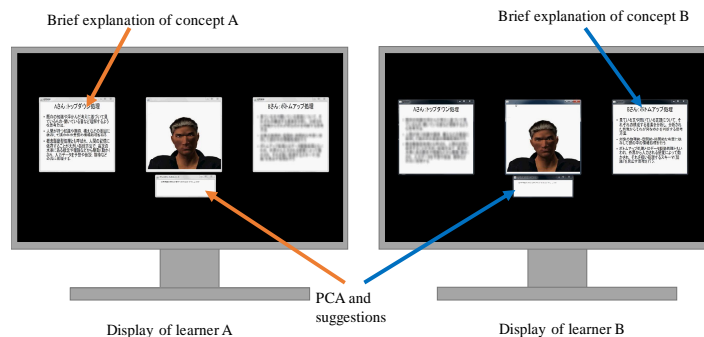


図1. 実験画面の例。

従属変数として、ペアの発話や視線、顔表情を同時に記録し、これらの指標と学習パフォーマンスとの関係を捉える、ピアラーニングのモデルについて検討した。そして、これらの知見から得られた学習者の発話データや認知行動の知見をもとにペダゴジカル会話エージェントへの実装を行った。実装に際しては、学習ペアの視線や言語情報から学習者の心的状態に関する推定を行った。

また、本研究で開発したペダゴジカル会話エージェントは、学習者の画面の中に現われ、どのようなファシリテーションの提示によって、メタ認知を促すことができるのかについても検討し、その時の学習者の認知行動プロセスを分析した。さらに、協同活動のリフレクションを促すため方法を探る心理実験では、マルチモーダル情報を活用したファシリテーション方法に関する検討を行った。ここでは、学習者からリアルタイムで得られるマルチモーダル情報を有機的に活用したファシリテーション方法を検討した。具体的には、学習者の注視情報を再提示するリフレクションによるコミュニケーション促進方法についての検討を行った。

### 4. 研究成果

本課題を用いて学習者ペアがある基礎概念の知識について話し合いながら知識統合活動を行う場面に関する実験室実験を行った。学習者が話し合いを進める中でどのような言語・非言語情報を用いているのかに関するデータの収集を行い、課題遂行のパフォーマンスの促進に関連する要因に関する検討を行った。また、本システムを開発していく上では学習者がペタゴジカル会話エージェントに対して、実際にどの程度の注意を向けていたのかを明らかにすることは、会話エージェントによるファシリテーションの有効性を検討する上で重要な検討事項であることがわかった。そこで、PCAによるファシリテーション時に画面の上の重要な箇所に対してPCAが視線ジェスチャを提示する状況を設定して、学習者がどの程度反応しているのかについての実験的な検討を行った。実験では、PCAが存在しないno agent条件、PCAが存在するagent条件、PCAに視線ジェスチャがあるagent+joint条件を設定して検討した。図2には、条件ごとの学習のパフォーマンスの結果が記される。

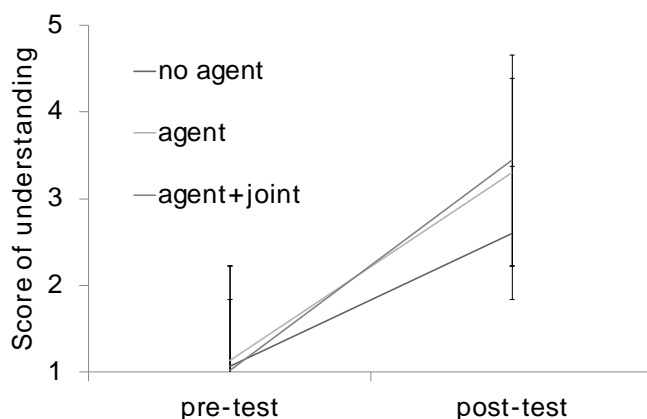


図2. 実験条件ごとのパフォーマンス。エラーバーは、SDを示す。

分析の結果、学習者はPCAによる視線ジェスチャが存在していた時の方が存在していなかった時よりも注意を向けていたことが眼球運動の測定の結果から明らかになった。これより、学習者が話し合いを行う際には、PCA自体によるマルチモーダルな情報利用が協同による学習活動の促進に対して効果的であることが明らかになった。また、この実験を通じてピアラーニングモデルに関するデータ（発話データや視線情報）の収集を行い、また、実際にモデルを利用したシステムを利用した際のエージェントのインタフェースのデザインに関する要因についても明らかにすることができた。この研究成果は、国際会議のITS2018で発表を行い、さらにその内容を元に内容を向上させて、学術雑誌論文のヒューマンインタフェース学会論文誌(「知識統合型の協同学習における身体性を持つ教育エージェント」)に掲載された。

続いて、上記で得られた学習者の発話データや視線情報のデータをもとに、学習パフォーマンスを促進するための学習者のピアラーニングモデルの構築に取り組んだ。ここでは、学習者の発話と視線の2つのモダリティから得られた学習者同士の視線と利用していた語彙の一致度をモデル化した。図3には、学習者の視線と語彙の一致度の相関図を示したものである。

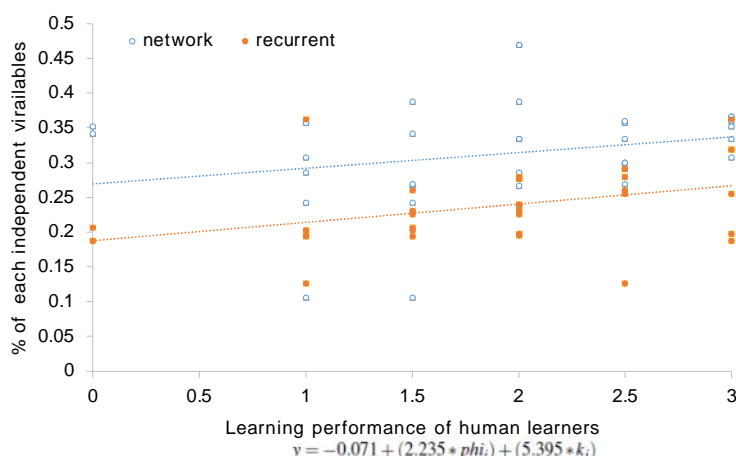


図3. 学習者の視線と語彙の一致度の相関図。

分析では、回帰モデルを用いて、同期の度合いからパフォーマンスを推定することができた。この成果は、The 40th Annual Conference of the Cognitive Science Society(CogSci2018)にて、口頭発表のセッションで発表を行った。またこれらの発話と視線情報の結果をベースに学習者の活動を形式化し、ピアラーニングのモデルを構築した。なお、当初の予定では感情を含めた同期

のモデルも検討する予定であったが、感情のモデルを構築することが研究期間内では困難であったため、今回は上記の2つの指標に基づくモデルのみの構築となった。今後の課題としては、これらの点を踏まえてより多くのマルチモダリティの情報を収集・分析することでより良いモデルの検討を行うことが期待される。また、これをリアルタイムで解析し、それに応じたPCAのファシリテーションを提示するシステムの開発に関しても継続して検討していきたい。

最終年度の目標は、マルチモーダル情報を活用した協同活動のリフレクションの有用性を実験的に検討することであった。前年度の研究では、学習者同士による視線情報の一致度合いが重要な要因になっていることが明らかになり、ここではPCAによるファシリテーションに加え、CSCLの分野で検討されている視線情報のフィードバックをすることによって、協同学習のリフレクションの有用性が得られるのかを検討した。そこで検討に際して、協同相手である学習者の注視情報の再提示によって学習者同士のコミュニケーションが促進されるのかを協同相手の視線情報をリアルタイムでフィードバックする手法を用いて検討した。実験では、2(視線フィードバックの有無: without gaze feedback vs gaze feedback) × 2(PCAの利用: without PCA vs with PCA)の被験者間要因による検討を行った。その結果、視線情報のリアルタイムによるフィードバックは、協同学習プロセスや課題達成のパフォーマンスに対して促進的な役割を果たしていることが明らかになった。この成果は、The 14th International Conference on Intelligent Tutoring Systems(ITS2018)にて、フルペーパーで採択され、Best Full Paper Awardを受賞した。

以上より、本研究を通じて、学習者ペアの発話や視線、表情をもとに学習者の状態を特定する「ピアラーニングモデル」を構築するという目的は、概ね達成できた。また、第二の目的としては、実験で得られた知見をもとにマルチモーダル情報を活用した協同活動のリフレクションの有用性について実験的に検討を行い、視線の同期を促すファシリテーションによって学習パフォーマンスが促進されることが明らかになった。今後の研究の展開としては、このような学習者同士によるコミュニケーションの達成に着目したモデルベースの学習支援システムの開発に関する検討を継続して行っていく。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計3件)

1. 林勇吾(2019) 知的学習支援システムによる協同学習の支援に向けて: 視線情報と言語情報を用いた学習プロセスの推定モデル, 認知科学, 査読有, 26(3), in press.
2. Hayashi, Y. (2019). Multiple Pedagogical Conversational Agents to Support Learner-Learner Collaborative Learning: Effects of Splitting Suggestion Types, Cognitive Systems Research, 査読有, 54, pp.249-257.
3. 林勇吾(2018) 知識統合型の協同学習における身体性を持つ教育エージェント: 眼球運動測定を用いた助言と視線ジェスチャーに関する実験的検討, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, 20(1), pp.79-88.

### 〔学会発表〕(計8件)

1. Hayashi, Y. (2019). Detecting Collaborative Learning through Emotions: An Investigation using Facial Expression Recognition, 15th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2019). June, 5.
2. Hayashi, Y. (2019). A preliminary study on the use of emotional recurrence analysis to identify coordination in collaborative learning, 24th Annual ACM International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI2019). March, 19.
3. Hayashi, Y. (2018). Towards a Pedagogical Conversational Agent for Collaborative Learning: A Model Based on Gaze Recurrence and Information Overlap, 40th Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci2018). July, 27.
4. Hayashi, Y. Takeuchi, Y. (2018). The influence of task activity and the learner's personal characteristics on self-confidence during an online explanation activity with a conversational agent, 11th International Conference on Educational Data Mining (EDM2018). July, 17.
5. Hayashi, Y. (2018). Gaze Feedback and Pedagogical Suggestions in Collaborative Learning: Investigation of Explanation Performance on Self's Concept in a Knowledge Integration Task, 14th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2018). June, 14.
6. Hayashi, Y. (2017). An Experimental Investigation on Using Pedagogical Conversational Agents: Effects of Posing Facilitation Prompts in Oral-Based Peer Learning, Workshop at the 25th International Conference on Computers in Education (ICCE2017). February, 4.
7. Hayashi, Y. (2016). Collaborative learning in a knowledge integration task using PCAs: Investigation based on dyad eye movements, Workshop at Learning Analytics and Educational

Data Mining (LAEDM 2016). September, 14.

8. Hayashi, Y. (2016). Coordinating knowledge integration with pedagogical agents: Effects of agent gaze gestures and dyad synchronization, 13th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2016). June, 10.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

○取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://yugohayashi.jp/publication.html>

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：黄 宏軒

ローマ字氏名：Huang Hung-Hsuan

所属研究機関名：国立研究開発法人理化学研究所

部局名：革新知能統合研究センター

職名：研究員

研究者番号(8桁)：00572950

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。