

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 21 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870588

研究課題名（和文）協調学習におけるマルチモーダルデータに基づく次世代型スキル評価システムの研究開発

研究課題名（英文）Development of Next-generation Skills Evaluation System Based on Multimodal Interaction Data in Collaborative Learning

研究代表者

林 佑樹 (Hayashi, Yuki)

大阪府立大学・人間社会システム科学研究科・助教

研究者番号：40633524

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、次世代に求められるスキルを評価するための基盤となるシステムを実現することを目的とし、次の3点の成果を挙げた。(1) マルチモーダルデータに基づく協調学習参加者の協調的態度および性格特性の評価モデルを確立した。(2) 評価モデルを協調学習支援システムへと組み込むための、マルチモーダルデータ処理を可能とする協調学習システム開発基盤を開発した。(3) 論理的思考力、批判的思考能力の評価を目掛けたメタ認知的思考プロセス分析システムを開発した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed a system which is the basis for evaluating the skills required for the next generation. We have got the following three results: (1) we established evaluation models of collaborative attitudes and Big-five personality traits based on multimodal interaction data in collaborative learning; (2) we built a platform for development of CSCL systems that enables system developers to access the necessary verbal and nonverbal information in order to embed the skills evaluation models into the developed CSCL systems; (3) we developed an analysis system of metacognitive thinking processes toward the evaluation of logical thinking and critical thinking skills.

研究分野：教育システム情報学

キーワード：マルチモーダルインタラクション 協調学習 言語・非言語情報 CSCL 論理的思考能力 思考モニタリング 自己内対話

1. 研究開始当初の背景

国際団体 ATC21s が提唱している、コミュニケーション能力や問題解決能力、批判的思考力といった「21世紀型スキル」と呼ばれる次代を担う人材が身に付けるべきスキルに注目が集まっている[1]。今後の教育・学習活動においては、従来の正確な知識の理解や与えられた課題を効率よく解く力に加えて、多人数で課題に取り組むためのスキルを備えた人材の評価、育成に向けた取組みが特に重要な課題になると言える。

このような次世代型スキルを育む効果的な手段として協調学習が挙げられる。協調学習は、複数のメンバが同一の学習課題を議論し合い、互いの知識構築や問題解決を行う相互依存的な学習である。議論を介した知識の強化や理解の深化、他者の問題解決行動の観察による協調的な態度の育成など、学習過程で培われる学習効果は多岐に渡ることが知られている。協調学習は会話を中心に進展するため、従来研究の多くは参加者の言語情報を用いて相互作用の分析を行うものが殆どであり、コミュニケーション維持に不可欠な相槌や視線といった非言語情報には着目されてこなかった。一方で、従来では計測が難しかった非言語動作計測のための技術の進展により、言語・非言語情報を統合したマルチモーダル情報を用いて協調学習を分析することが可能な段階にきている。

2. 研究の目的

本研究課題では、次世代に求められるスキルを評価するための基盤となるシステムを実現することを目的とし、(1) 協調学習におけるマルチモーダルデータに基づく学習者特性の評価モデルを確立し、さらに、(2) 評価モデルを協調学習支援システムへと組み込むための、マルチモーダルデータ処理を可能とする協調学習システム開発基盤の開発に取り組む。また、問題解決に向けた知識創造的な協調学習を実現するためには、あらかじめ個人々々でその議論内容について自己内対話を行うことが重要である[2]。ここで求められる論理的思考能力や批判的思考能力を次世代スキルの一つとして捉え、研究課題の対象を事前学習へと拡張し、(3) 論理的思考力、批判的思考能力の評価を目掛けたメタ認知的思考プロセス分析システムを開発する。

3. 研究の方法

(1) 学習者特性の評価モデルの構築にあたり、協調学習のマルチモーダルデータ(参加者の視線、音声、姿勢、顔動画、筆記動作等)が計測された多人数対話コーパスに基づき、統計的な手法により 協調学習における協調的態度傾向、参加者の Big-five 性格特性を予測するモデルを確立する。ここで利用するマルチモーダル対話コーパスは、共同研究により構築を進めてきた協調学習会話コーパス[3]および、グループディスカッションコー

パス[4]を利用する。

(2) 参加者の言語・非言語情報を各種センシング機器から捉え、これらのマルチモーダル情報に基づく処理を各種学習ツールへと組み込み可能な協調学習支援システム開発基盤に求められる要件として、「マルチモーダル情報への階層的解釈を前提とし、その基礎となる単一動作に基づく情報を提供できる」、「学習ツール独自の情報を定義でき、通信可能とする」という2つの設計要件を挙げ、開発者によるマルチモーダル解釈処理を可能とする基盤システムを開発する。

(3) 「考えていること(ベース思考)を考える(メタ思考)」という、頭の中の姿形のないメタ認知的な思考を捉えるために、思考プロセスとその思考タスク成果物との間に対応のとれた思考外化システムがあることを前提とすることで、オブジェクトに対する視線行為にメタ思考プロセスの一端が現れるという着想を視線-思考解釈フレームワークとして整備し、これに基づくメタ認知的思考プロセス分析システムを設計・実装する。

4. 研究成果

(1) 学習者特性評価モデルの確立

協調的態度評価モデル

協調学習会話コーパスデータの発話情報と視線対象情報、そして各参加者の学習課題に関する知識の有無に基づき、参加者の協調的態度を評価するためのモデルを構築した。多項ロジスティック回帰により3段階の協調性 (*high, middle, low*) を推定するモデルを構築した結果、被視線量と発話時間で表される評価モデルでは、*middle* から *low, high* に分化する要因は発話時間が強く影響しているという知見を得た。また、既学習者に見られる知識量に関する特徴を採用した評価モデルでは、協調性が高い既学習者ほど、発話時に未学習者から注目を集めやすいことが明らかとなった。交差検証法に基づき、既学習者用の推定モデルは参加者の協調性を F 値 0.67 で判定できることを確認している。

性格特性評価モデル

NEO-FFI 人格検査の得点換算表を用い、ディスカッション参加者の Big-five 性格特性(情緒不安定性、外向性、経験への開放性、協調性、勤勉性)の値が「かなり高い」「高い」とされる上位群と、「低い」「かなり低い」とされる下位群の2群に分類し、グループディスカッションコーパスに含まれる、発話数、発話長、インテンシティ、インテンシティの幅、話速、ポーズ長、ピッチの平均差、および加速度変化量の特徴量と比較した。

検定の結果、性格特性のうち、「外向性」、「協調性」、「勤勉性」について、複数の特徴に関して有意差や有意傾向がみられることが示された。一方、「経験への開放性」はピッチの平均差の特徴のみ有意差がみられた。また、「情緒不安定性」については有意な特

徴がないことが明らかとなった。

この初期分析結果を踏まえ、性格特性を評価するためのモデルを構築した。ここでは、各性格特性（外向性、協調性、勤勉性）の得点が「かなり高い」「高い」と分類される参加者を *high*、「平均」と分類される参加者を *middle*、「低い」「かなり低い」と分類される参加者を *low* とし、この3カテゴリを従属変数に、複数の性格特性に渡り有意差や有意傾向の見られた非言語情報を独立変数として多項ロジスティック回帰モデルを作成した。10-fold 交差検証法を用いて評価した結果、「外向性」、「協調性」、「勤勉性」それぞれについてF値 0.396, 0.584, 0.477 で判定できるモデルを確立した。

(2) マルチモーダル情報を活用した協調学習支援システム開発基盤

協調学習時にやり取りされる視線や音声、筆記動作といった言語・非言語情報を扱うために、リモート環境で動作する試作段階のプラットフォームを構築した。図1にシステム開発基盤上で動作する協調学習支援システムを利用する参加者の様子を示す。本システムは、マイクやアイトラッカ、デジタルペンといった各種センサ外部機器を追加可能な形で構成され、並列に流れてくるデータをリアルタイムに計測処理することができる。表1にシステム開発者に提供されている言語・非言語情報を掲載する。開発者は、これらの任意の情報にアクセスし、学習形態に合わせた学習ツールを容易に実装することが可能となる。

表1：言語・非言語情報

発話情報	発話区間
	発話内容(音声認識結果)
視線情報	視線座標
	注視区間 注視対象
筆記情報	筆記区間
頭部動作情報	頭部方向(yaw, roll, pitch)

実験的な環境ではあるが、プレゼンテーションを通じた学習を可能とする開発ツールを用いて、多人数マルチモーダルデータを正しく計測できることを確認している。図2に本ツール(図2(a))を通して計測された参加者の時系列情報を示す。視線対象情報は、参加者のビデオ映像やプレゼンテーション資料上に注視領域を付与することにより自動計測される。図2(b)は発話区間と視線対象データを、図2(c)は視線対象データを統合し、同一対象オブジェクトを注視した区間を表している。

このように、本開発基盤が提供する原始的な言語・非言語情報を組合せた階層的解釈処理をシステム開発者は独自に定義することができ、研究成果(1)で示したマルチモーダル情報処理を伴う評価モデルをシステム上に

実現することができる。また、本システム開発基盤は、大規模な学習履歴をデータマイニングの手法を使って分析する学習分析研究にも応用が可能であり、協調学習において重要視されている学びのプロセスに踏み込んだ学習分析のための基盤として貢献できる可能性を持つ。



図1：協調学習に取り組む参加者の様子

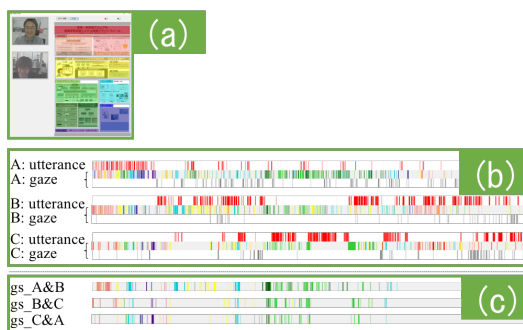


図2：計測された視線対象区間、発話区間、共同物への注視区間のタイムライン

(3) メタ認知的思考活動分析システムの開発 視線-思考解釈フレームワーク

外界から観測不可能な領域であるメタ思考プロセスの一端を捉えるために、「ベース思考を対象としたメタ認知モニタリングとコントロールのサイクル」と、「思考表現オブジェクトに対する視線行為とベース思考外化のサイクル」に見られる同型性に着目した視線-思考解釈フレームワークを提唱した。本フレームワークはオントロジー工学的手法に基づき組織化されており、対象とする思考(メタ思考)を如何に捉えようとしているのか、研究者間の知見を共有、比較、合意を得るための共通土台として寄与するものと考えている。

メタ認知的思考活動分析システム

の視線-思考解釈フレームワークに準拠する形で実装された思考分析システムとして、葛藤構造を論理立てて表明するタスクにおける学習者/添削者の視線情報を計測するためのツール(図3)を開発した。計測ツールは、共同研究で提案されている葛藤に至る思考プロセスとその論理構造が適合する

ように設計された思考トレーニングのための教具ツール[5]の表現形式を採用しており、分析用アイトラッカを用いて、ツール上に外化される思考表現オブジェクトを計測することができる。

同ツールにより計測された情報を、メタ思考へと解釈を持ち上げて分析するための思考プロセス分析システムを開発している。図4にシステムのインタフェースを示す。分析者は、計測データに対して任意の解釈ルールを設定でき、その結果をタイムライン画面より視覚的に把握しながら、さらに高次レベルの解釈へと仮説検証的に持ち上げていくことができる。本システムを用いることで、例えば「ある立場と他方の立場の違いを理解している」「葛藤に至る思考の妥当性を吟味している」といった論理的思考を伴う思考プロセス区間を検出することが可能となると考えている。

看護思考法プログラムを機会として、添削者による看護師の成果物に対する添削データを収集する実践を行っており、現在20件程度のデータを収集している。今後は、開発した分析システムを用いてメタ思考プロセスの分析を進め、論理的思考力、批判的思考能力との関係を明らかにしていく必要がある。



図3：思考過程計測ツール

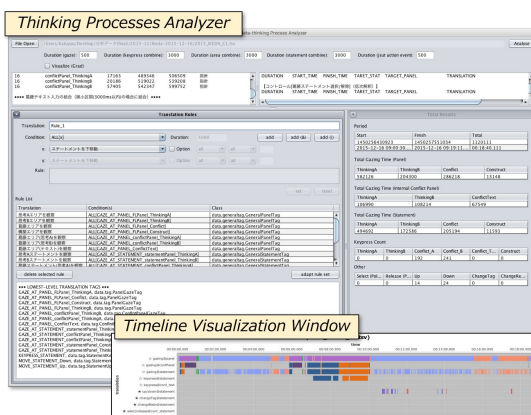


図4：思考プロセス分析システム

< 引用文献 >

[1] Griffin, P., McGaw, B., Care, E. (編), 三宅なほみ (監訳), “21世紀型スキル 学びと評価の新たなかたち”, 益川弘如, 望月俊男 (編訳), 北大路書房, (2014).

[2] 瀬田和久, 崔亮, 池田満, 松田憲幸, 岡本真彦, “思考外化と知識共創によるメタ認知スキル育成プログラム -大学初年次生を対象として-”, 教育システム情報学会誌, Vol.30, No.1, pp.77-91, (2013).

[3] Yuki HAYASHI, Yuji OGAWA, and Yukiko I. NAKANO: “An Experimental Environment for Analyzing Collaborative Learning Interaction”, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol.8018, pp.43-52, (2013).

[4] 林佑樹, 二瓶芙巳雄, 中野有紀子, 黄宏軒, 岡田将吾: グループディスカッションコーパスの構築および性格特性との関連性の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.4, pp.1217-1227, (2015).

[5] Chen, W., et al., “Sizhi: Self-dialogue Training through Reflective Case-Writing for Medical Service Education,” In Proc. of Workshop on Skill Analysis, Learning or Teaching of Skills, Learning Environments or Training Environments for Skills, pp.551-558, (2011).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

1. 岡田将吾, 松儀良広, 中野有紀子, 林佑樹, 黄宏軒, 高瀬裕, 新田克己: マルチモーダル情報に基づくグループ会話におけるコミュニケーション能力の推定, 人工知能学会論文誌, Vol.31, No.6, pp.1-12 (2016年11月) <査読有>

2. 林佑樹, 二瓶芙巳雄, 中野有紀子, 黄宏軒, 岡田将吾: グループディスカッションコーパスの構築および性格特性との関連性の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.4, pp.1217-1227 (2015年4月) <査読有>

〔学会発表〕(計13件)

1. Yuki HAYASHI, Aoi SUGIMOTO, and Kazuhisa SETA: “Accessible Multimodal-interaction Platform for Computer-supported Collaborative Learning System”, Proc. of 11th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, Article No.82, 2017年1月, Beppu, Japan <査読有>

2. Yuki HAYASHI, Kazuhisa SETA, and Mitsuru IKEDA: “Ontology-based Systemization Approach to Capture Meta-level Thinking Processes from Gaze Behaviors”, Proc. of 24th International Conference on Computers in Education, pp.70-75, 2016年11月, Bombay, India <

- 査読有 >
3. 杉本葵, 林佑樹, 瀬田和久:「CSCL システムのための言語・非言語アウェアなプラットフォーム開発」, 第 41 回教育システム情報学会全国大会, G4-1, pp.323-324, 2016 年 8 月, 帝京大学宇都宮キャンパス(茨城県) <査読無>
 4. 杉本葵, 林佑樹, 瀬田和久:「協調学習のための言語・非言語アウェアなツール間連携プラットフォーム」, 人工知能学会 第 77 回 先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B504-06, pp.29-34, 2016 年 7 月, 広島市立大学サテライトキャンパス(広島県) <査読無>
 5. 林佑樹, 瀬田和久, 池田満:視線行為とメタ認知的思考プロセスに関するオントロジー構築の試み, 人工知能学会 第 77 回 先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B504-05, pp.23-28, 2016 年 7 月, 広島市立大学サテライトキャンパス(広島県) <査読無>
 6. Yuki HAYASHI, Kazuhisa SETA, and Mitsuru IKEDA: “Gaze-aware Thinking Training Environment to Analyze Internal Self-conversation Process”, Proc. of 18th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2016), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Part II, Vol.9735, pp.115-125, 2016 年 7 月, Toronto, Canada <査読有>
 7. 林佑樹, 瀬田和久, 池田満:視線情報に着目した思考プロセス分析ツールの開発, 第 30 回人工知能学会全国大会, 1C5-OS-13b-4, 2016 年 6 月, 北九州国際会議場(福岡県) <査読無>
 8. 林佑樹, 瀬田和久, 池田満:視線情報に基づく思考外化プロセスの分析, 第 6 回知識共創フォーラム, 知識共創 第 6 号, V10-1, 2016 年 3 月, 石川県政記念しいのき迎賓館(石川県) <査読有>
 9. Yukiko I. NAKANO, Sakiko NIHONYANAGI, Yutaka TAKASE, Yuki HAYASHI, and Shogo OKADA: “Predicting Participation Styles using Co-occurrence Patterns of Nonverbal Behaviors in Collaborative Learning”, Proc. of 17th ACM International Conference on Multimodal Interaction, pp.91-98, 2015 年 11 月, Seattle, WA, USA <査読有>
 10. Yuki HAYASHI, Shunsuke OSARAGI, and Yukiko I. NAKANO: “Estimating Utterance Tags in Collaborative Learning using Prosodic Features”, Proc. of 10th International Conference on Knowledge Management, 2014 年 11 月, Antalya, Turkey <査読有>
 11. Yuki HAYASHI, Haruka MORITA, and Yukiko I. NAKANO: “Estimating Collaborative Attitudes based on Non-verbal Features in Collaborative Learning

Interaction”, Proc. of 18th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, Procedia Computer Science, Vol.35, pp.986-993, 2014 年 9 月, Gdynia, Poland <査読有>

12. 林佑樹, 大佛駿介, 中野有紀子:「協調学習における韻律特徴を用いた発話タグ推定モデル」, 第 39 回教育システム情報学会全国大会, D5-4, pp.441-442, 2014 年 9 月, 和歌山大学(和歌山県) <査読無>
13. 林佑樹, 森田遥, 中野有紀子:「協調学習インタラクションにおける非言語特性に基づく協調的態度の分析」, 第 28 回人工知能学会全国大会, 1M3-1, 2014 年 5 月, ひめぎんホール(愛媛県) <査読無>

6. 研究組織

(1)研究代表者

林 佑樹 (HAYASHI, Yuki)
大阪府立大学・大学院人間社会システム科学研究科・助教
研究者番号: 40633524