

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：32643
 研究種目：基盤研究(C)（一般）
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17K00495
 研究課題名（和文）学習者の生体計測と教授者・学習支援システムを結ぶ学習者理解基盤システムの試作

 研究課題名（英文）Development of a foundation system for learner understanding bridging among learner physiological-measurements, tutors, and learning support systems

 研究代表者
 小島 一晃 (KOJIMA, Kazuaki)

 帝京大学・理工学部・講師

 研究者番号：30437082
 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）：近年の知的学習支援研究におけるEducational Data Mining (EDM)では、生体計測データなどを取得して心的状態などにも学習者理解の側面を広げているが、この学習者理解は人間の教授者との共有が難しいという課題がある。本研究では、EDMの技術を応用した知的学習支援システムの実現にあたり、学習者の心的状態の背景にある振る舞いを抽出し、人間の教授者と共有可能な学習者理解の情報を提供できるシステム基盤の試作を行った。対象データを視線、心的状態を確信とする事例において、問題に解答する学習者の振る舞いを視線に基づいて抽出し、学習者の確信の背景を人間の教授者に提供することを試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

EDMの技術基盤は、学習支援システムの範囲を拡張することが期待される一方、使用する生体計測データと知りたい学習者の状態に特殊化され、学習者の状態のみを出力するモデルを使用しているため、人間の教授者と学習者理解を共有できないという課題がある。本研究は、このEDMの技術基盤による学習者理解を、人間の教授者と共有可能にすることを目的としている。今回は問題に解答する学習者の確信と視線に基づく振る舞いのみを対象としたスモールケースにおける取り組みの段階であるが、学習者の心的状態と振る舞いに関する知識記述を拡張、変更可能にすることで、人間の教授者と学習支援システムとの協力が容易になると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Recent research on Educational Data Mining (EDM) in intelligent learning support has extended its aspects of learner understanding to mental states by obtaining learner physiological data. However, there is an issue that such learner understanding is inadequate for share with human teachers. This study attempted to implement a basis for intelligent learning support, which extracts behaviors behind learner mental states and provides information easy to share with human teachers. This basis is supposed to enhance intelligent learning support systems adopting EDM techniques. Here, we selected confidence as a mental state and eye tracking data as a target. The system extracts behaviors of learners who engage in answering problems based on eye tracking data, and provides the background of learners' confidence for correctly answering the problems.

研究分野：知的学習支援

キーワード：学習者理解 心的状態 視線

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の知的学習支援に関する研究においては、学習者の様々なデータを取得し、それらを探索・検討する手法の開発と、それら手法を適用して学習者とその状況の理解に多面的にアプローチする Educational Data Mining (EDM) の試みが盛んになっている[1, 4]。この試みは、学習者が持つ知識に留まらず、飽き、迷い、確信といった心的状態にも学習者理解の側面を広げていることに特徴がある。EDM においては一般に、学習支援システムの操作ログの他に、表情、姿勢、視線、脳活動などといった多岐に渡る生体計測データを取得し、機械学習などの手法を用いて分析することで、学習者の状態を推定する[3,6,7,8]。EDM による学習者理解の基盤技術は一般に、学習者からデータを取得するために単一ないし複数の計測装置と、そのデータを分析して学習者の状態を推定するためのモデルを持つことになる。

EDM による学習者理解の技術基盤は、学習支援システムによる支援の範囲を、旧来の研究の中心であった知識獲得だけでなく、学習継続のための動機付けなどのメンタリングなどにも拡張することが期待される。このような支援を行うシステムを Intelligent Mentoring System (IMS) と呼ぶことにする[5]。しかし、この技術基盤を IMS に適用したり、IMS を運用するにあたっては、大きな課題が存在すると考えられる。EDM の研究では、取得されるデータや対象とする学習者の状態が非常に多岐に渡る一方で、研究毎に使用する生体計測データと知りたい状態に特殊化された精緻な状態推定モデルが構築されている。IMS の運用にあたっては、学習者理解を学習支援システムによる自動介入の基盤にするのみならず、人間による介入の基盤とするというアプローチが提案されつつある。このようなアプローチは、センサーやインターネットの技術向上により大量のデータを入手することが可能になった今日において、学習環境の継続的な再設計や、事前に予測できない学習者の変化に対応する上で有効である[2]。しかし、計測装置からのデータ入力に応じて学習者のある心的状態を出力とすることのみ特殊化された推定モデルでは、その心的状態に至るまでに関連した学習者の状況やプロセスなどを知ることができないため、人間との学習者理解の共有が十分にできず、人間の介入が困難となる。したがって、EDM の技術基盤によって IMS を実現、運用するためには、学習者の状態をその意味も含めて理解し、人間と共有が可能な知識記述によって表現することが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、EDM の技術基盤を応用した IMS を実現するにあたり、人間と学習支援システムとで学習者理解を共有することが可能な基盤を設計し、そのシステムの試作を行う。この基盤では、計測装置を通じて取得されるデータから学習者の心的状態を直接推定するのではなく、学習者の特徴的な振る舞いを抽出する。そして、学習活動における学習者の振る舞いと心的状態との関係から、学習者の状況と心的状態とを理解する。これによって EDM による学習者理解を補強し、人間の教授者が介入できる IMS の実現と運用を可能とすることを旨とする。

3. 研究の方法

本研究ではひとつのスマールケースを設定し、まず学習者の振る舞いと心的状態との関係を実験的に調査した。今回用いるケースでは、学習支援システム上で学習者が多肢選択問題に回答する状況を想定し、心的状態として正答することへの確信を、生体計測データとして視線を対象とし、視線から得られる振る舞いと確信との関係を探索した。また、視線計測装置から取得されるデータから、学習者の特徴的な振る舞いを抽出し、質的に記述するシステムを試作した。図 1 に試作システムの概念図を示す。

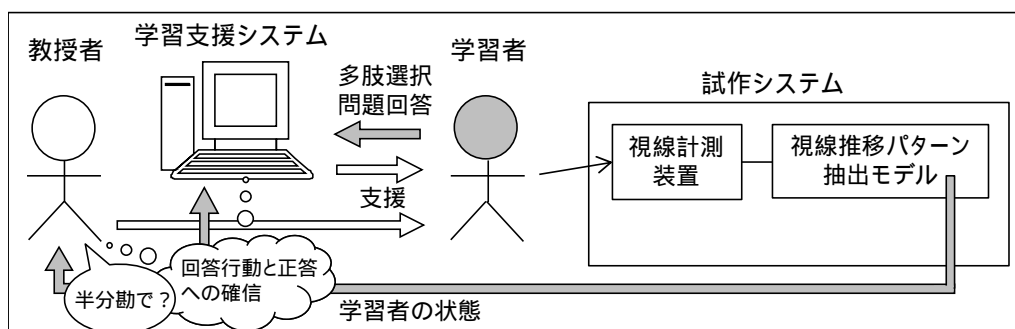


図 1 試作システムの概念図

4. 研究成果

本研究の実験調査には一般大学生が参加し、30 問の 4 択問題への解答と、各問題に対する確信についてのアンケート回答が求められた。また、先述の試作システムを用いて、参加者が 4 択問題に解答する間の視線が計測され、分析された。その結果、下記のような振る舞いが抽出された。

- 問題文を読んで選択肢を走査する途中、解答の選択肢を見つけたら走査を打ち切って解答する行動は、確信が高い時にのみ見られた(図 2 の左)。

- ・ 問題文と 4 つの選択肢を見た後で再度問題文に戻る行動は、確信が中程度と低い時には常に見られたが、確信が高い時は出現しないことがあった（図 2 の右）。
- ・ 初めて問題文と 4 つの選択肢を走査する時（以後、初期走査と呼ぶ）の視線の推移に、特徴が見られた。まず問題文を読んでから選択肢を順に走査するという、規範的な問題の読み込みは必ずしも行われなかった。規範的な走査は、確信が高い時に多く見られた。確信が中程度や低い時は、問題文を読む途中で選択肢の一部を見たり、4 つの選択肢を走査する途中で問題文を再度読むといった行動が見られた。
- ・ 4 つの選択肢のうち、最終的に解答として選択したもの（解答）、解答の候補になると考えたもの（候補）、回答の候補から除外したもの（除外）のどれをどの程度見たかを、視線の停留時間の割合から調べた結果が図 3 である。確信が高い時は解答以外の選択肢が全て除外されたため、候補がない。また、確信が低い時は解答以外の選択肢も候補から除外できなかったため、除外がない。図の左に示されるように、問題に解答するまでの全体を見ると、確信によらず解答の選択肢を見ている。これを初期走査に限ると、図の右に示されるように、確信が高い時は解答の選択肢を注視していたが、確信が低い時はこの傾向が消え、全ての選択肢を同程度見ていたことになる。

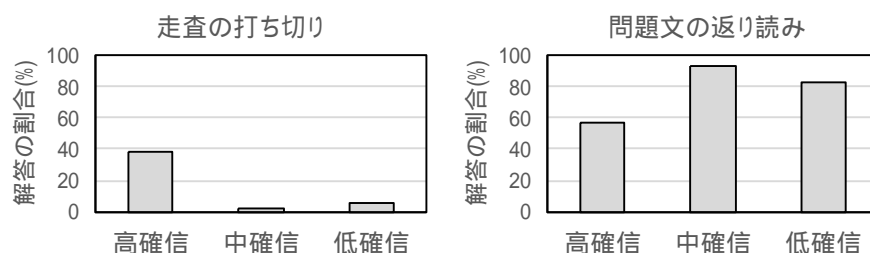


図 2 選択肢の走査打ち切り（左）と問題文の振り返り（右）が発生した割合

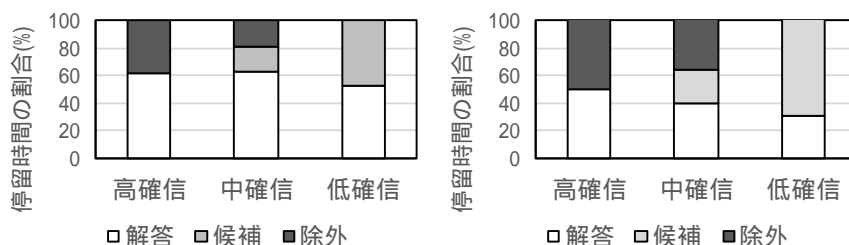


図 3 全体（左）と初期走査（右）において各選択肢に視線が停留していた時間の割合

これらの特徴に基づいて、学習者が多肢選択問題に解答した際、正答することへの確信のみでなく、確信に紐づけて解答中の振る舞いを示すことで、人間の教授者にも学習者理解が容易になるものと考えられる。

なお、当初の研究計画では、このような学習者の振る舞いと、心的状態の関係を科学的な知見に基づいて理解可能となる知識記述を、オントロジーを用いて構築する予定であったが、この構築までは至らなかった。今後この知識記述を追加し、人間の教授者に提示することで、教授者の学習者理解を支援できるかを検討する予定である。

[1] Baker, R. S., & Yacef, K. (2009). The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions. *Journal of Educational Data Mining*, 1, 3-17.

[2] Baker, R.S. (2016). Stupid Tutoring Systems, Intelligent Humans. *International Journal of Artificial Intelligence and Education*, 26, 600-614.

[3] Bosch, N., D'Mello, S.K., Ocumpaugh, J., Baker, R.S., & Shute, V. (2016) Using Video to Automatically Detect Learner Affect in Computer-enabled Classrooms. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*.

[4] Calvo, R. A., & D'Mello, S. (2012). Frontiers of Affect-Aware Learning Technologies. *IEEE Intelligent Systems*, 27, 86-89.

[5] 松居辰則, 小島一晃, 村松慶一 (2012). 知的メンタリングシステム構築に向けた学習者の行動情報と心的状態の関係に関する実験的検討. 第 64 回先進的学習科学と工学研究会, 1-6.

[6] 中村和晃, 角所考, 村上正行, 美濃導彦. (2010). e-learning における学習者の顔動作観測に基づく主観的難易度の推定. *電子情報通信学会論文誌*, J93-D, 568-578.

[7] 竹花和真, 田和辻可昌, 村松慶一, 松居辰則 (2015). 学習時における学習者の生体情報と心的状態の関係の形式化の試み. 第 74 回先進的学習科学と工学研究会, 34-39.

[8] Woolf, B., Burlison, W., Arroyo, I., Dragon, T., Cooper, D., & Picard, R. (2009). Affect-Aware Tutors: Recognising and Responding to Student Affect. *International Journal of Learning Technology*, 4, 129-164.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松居 辰則 (MATSUI Tatsunori) (20247232)	早稲田大学・人間科学学術院・教授 (32689)	
研究分担者	村松 慶一 (MURAMATSU Keiichi) (30634274)	埼玉大学・理工学研究科・助教 (12401)	