

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12107

研究課題名（和文）雰囲気の研究とそのEdTechへの応用

研究課題名（英文）Study of Atmosphere and Its Application to EdTech

研究代表者

松本 一教（Kazunori, Matsumoto）

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：40350673

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：学習状況を観測し、学習者の状況を推定して、学習効果の向上に寄与するEdTech技術の研究開発を行った。学習者を直接モニターする直接方式と、学習成果物や副成果物をモニターする間接方式の2方式を開発した。前者の方法では、学習者のカメラ動画より集中度や興味度をリアルタイムに推定する方式を開発し有効性を実証した。後者の方法では、学習中の様々なデータが応答時間との関係付けることで有効活用できることを明らかにした。とくに、授業の理解度や集中度、およびクラスの受講雰囲気が応答時間から推定できることを示した。これら技術のシステム化と実証実験により、本研究の技術が学習支援に効果的であることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

情報通信技術を活用した学習システムが広く普及しているが、さらなる発展の技術開発が必要である。将来的には、紙ベースの手法では不可能な高度なデータ活用と支援による、大きな学習支援効果が期待されている。本研究では、学習を直接モニターする手法と学習成果物を通じて間接的にモニターする手法の両面から研究開発を行った。各々の観点から、学習者の集中度や理解度を自動的に推定したり、可視化して表示する技術を開発した。これらを組み込んだシステム開発と実証実験を行った。とくにオンライン学習において効果を発揮でき、いつでもどこでも質の高い学習を可能とする技術に発展できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop EdTech technologies that contribute to the improvement of learning effectiveness. Two different approaches are applied in the study: a direct method that monitors learners directly, and an indirect method that monitors learning products and by-products. In the former method, we develop a method for estimating the learner's attention and interest level in real time from video images. Both of eye blinks and head movements are used together for the estimation. The latter method clarifies that various data appeared in the learning process can be effectively used by relating them from the viewpoints of response time. We show that levels of class comprehension, attention, and atmosphere can be estimated from these data. Through these developments and demonstrations, we have demonstrated that real-time monitoring of learners contributes to the improvement of learning effectiveness.

研究分野：人工知能

キーワード：集中度推定 興味度推定 雰囲気推定 行動推定 瞬き検出 EdTech

1. 研究開始当初の背景

ICT (Information and Communication Technology) を教育で活用する研究開発が、広く行われている。近年では EdTech (Education Technology) という造語も広く使われている。教材を公開するための技術や、教育コースを管理するための技術などは広く研究開発されており、実用化やシステム開発も進んでいる。教育の場においても広く用いられている。とくにコロナ禍でのオンライン学習においては、学習支援のために ICT が不可欠な技術となり、EdTech の重要性が再認識された。一方において、基礎的な研究は未だに十分とは言い難い状況であった。従来からの伝統的な紙の教材をベースとする学習支援方法に対して、一部だけを単純に ICT 化したというシステムも多数存在しており、ICT 活用の本質を活かすための研究は少ないという状況であった。このような状況の下で、本研究を申請するに至った背景は以下のように整理できる。このような背景の下での課題を解決するために本研究を進めた。

- (1) ICT の活用を主とする学習支援システムにおいて、データを活用して有効利用するシステムの研究が不十分であった。とくに、如何なるデータを収集すべきかの検討が少なく、データ収集に関するコストや関係者の負担、などの基礎的な研究も不十分であった。紙での教材にとらわれない視点から、今後の学習支援システムに必要なデータやデータ活用について研究が必要であった。
- (2) 収集したデータを活用する技術の研究が十分ではなかった。とくに、データサイエンスや AI の技術を活用して、データに基づいて学習者の状況を推定して活用する技術の研究が十分ではなかった。データを高度に活用することで、人間の教師に近い能力を持たせるための研究が必要であった。
- (3) 上記の基礎的な研究に基づいて、学習者に関するデータを収集して活用することができる学習支援システムの構築研究と、その有効性に関する検証研究が十分になされていなかった。システムを構築して実証する研究が必要であった。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、データを有効に活用して学習効果を高めることのできる学習支援システムの構築と、その有効性の実証である。この最終目的を達成するためには、熟練した人間の教師が行う教育活動が参考になる。図 1 に示すように、人間の教師は学習者を詳細に観察したり、学習者のデータを利用したりしている。ICT による学習支援システムにおいて、このような観察とデータの利用を実現して、学習効果の向上に寄与する技術開発が本研究の目的である。

従来の学習支援システムや EdTech 研究においては、学習に直接関係するデータが主対象で

あり、学習者の身体に行動に関わるデータを収集して積極的に利用する研究は少なかった。上述の人間教師が学習者の行動を深く観察して有効活用していることとの大きな違いとなっている。この背景には、紙の教材時代からの教師の指導形態を継承している部分が多いからと考えられる。学習者の観察に係る部分は教師の個人的なノウハウとして、あまり意識されないうちに実現されていることが多い。このために、成績などの紙の時代のデータが重視され、ICT ならではのデータがあまり注目されてこなかったという背景がある。本研究は、学習者の身体に行動に関わるデータに焦点を当てた研究を進める点を特長としている。

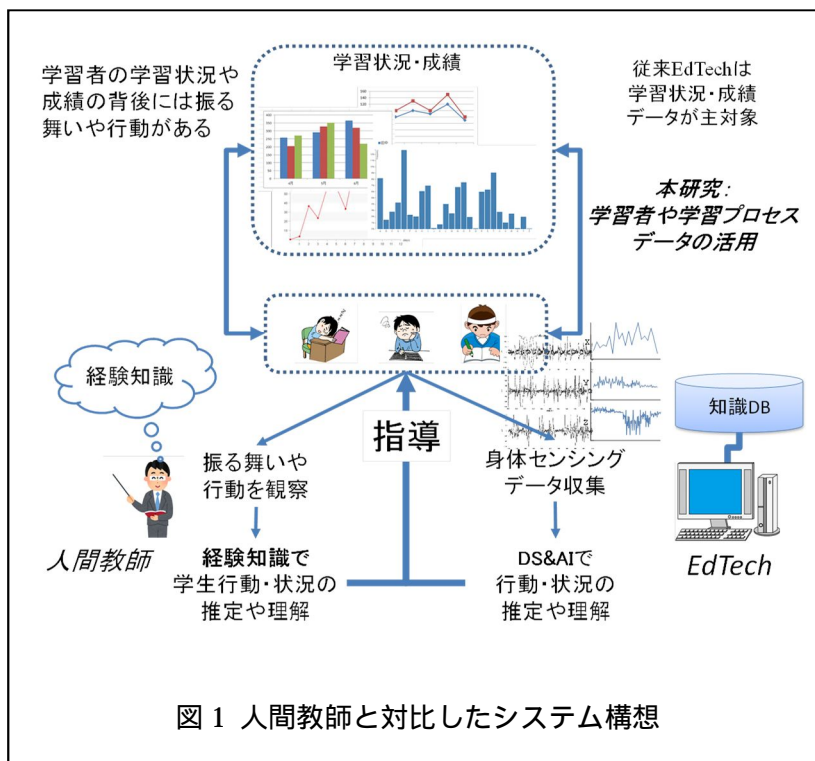


図 1 人間教師と対比したシステム構想

3. 研究の方法

本研究全体は大きく 3 つの部分に分割して進めることができる。以下に各部分の研究内容について説明する。

- (1) センサー等により収集可能なデータの検討：学習支援システムでは学習者の負担となることなく、現実的なコスト負担によってデータ収集を行う必要がある。このような観点から、実験による評価も行いながら、収集対象として活用するデータを検討する。
- (2) 収集したデータをデータサイエンスや AI 手法によって活用する技術の開発：学習支援システムへの組み込みを前提としており、日常的なコンピュータ環境での利用を想定している。この前提の下で実行可能な処理方式を開発する。
- (3) 開発した技術のシステム化と有効性に関する実証研究：開発した技術を組み込んだシステムを実装して、実際の学習環境を想定した実験によって有効性を実証する。

4. 研究成果

学習システムとして収集すべきデータの検討から、データを 2 種類に分けて考えることが有効であると判明した。第 1 のデータは、学習者を直接的に観測することで得られるデータ（直接データとよぶ）である。学習者の身体に装着する各種センサーのデータや、学習者を撮影する画像データなどである。第 2 のデータは学習途中で発生するデータであり、学習の成果物であったり成果物に関連するデータであったりする（間接データとよぶ）。

直接データの場合には、学習者から直接収集するために、身体的および精神的な負担を与えるという問題があり、とくに身体に直接装着するセンサーの場合には個人毎に慎重な検討が必要となる。また、複数のセンサーを利用することで精度や安定度は向上するが、学習の負担が高まると同時に、コスト上昇という問題も発生する。本研究では予備実験の結果から、カメラからの動画だけを直接データとして採用することにした。利用するカメラは VGA 程度の解像度として、必要機器を容易かつ安価に入手できる技術として開発した。この動画を利用して、学習中の集中度や興味度を自動的に推定する有効な技術を開発できた。

間接データに対しては、Web で大部分の教材が提供されるという実際の教育現場でもほぼ実現されている状況を仮定して研究を進めた。この仮定の下でさらに、学習中に適宜穴埋め形式を主とする課題を与えて解答させることも想定した。これらの仮定に従って、教材を閲覧を進める速度（Web ページをめくる速度）や、課題の解答を提出する速度や正答率などのデータを収集することにした。このようなデータを用いることで、学習者の集中度、興味度、理解度を推定できることが判明し、その有効性も実験で明らかにできた。

以下に 2 種類のデータを用いる方式により開発した技術の特長的な部分の概要を説明する。

(1) 直接データの活用：画像データからの集中度と興味度の推定

上述のように、汎用的なカメラによる動画を利用することにした。学習中のディスプレイに設置するカメラで学習者の動画を撮影する。このときに画像解像度は VGA 程度としている。画像データに対して、直接機械学習手法を適用リアルタイムに瞬き（瞬目）を検出する。瞬目の検出方法としては、深層学習による方式、SVM (Support Vector Machine) による方式、閾値による方式を比較検討した結果、閾値による方式を採用することにした(図 2)。この方法では、顔のアスペクト比である EAR 値を閾値として用いる。

$$EAR = \frac{\|p_2 - p_6\| + \|p_3 - p_5\|}{2\|p_1 - p_4\|}$$

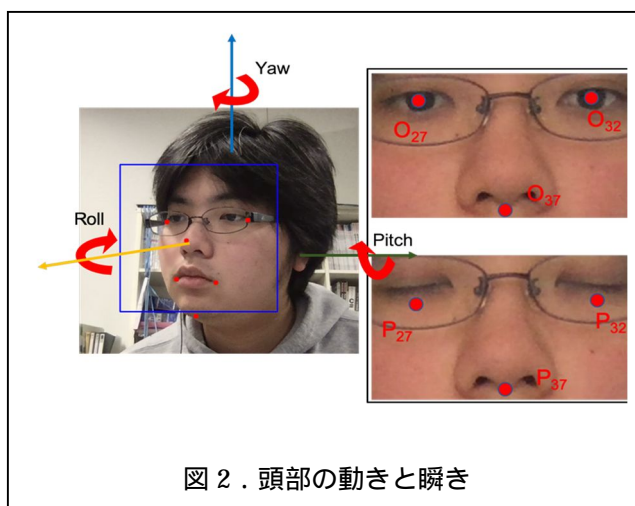


図 2. 頭部の動きと瞬き

この式において p_1 と p_4 は顔の横方向の両端の座標を示し、 p_2, p_3 は顔の上端部左右 2 点の座標であり、 p_5 と p_6 は顔の下端左右の 2 点の座標である。なお EAR 値は個人差があるので、実際には個人差を調整した値としている。瞬目数からの集中度や興味度の推定には、一定時間に発生する瞬目数にもとづく。個人毎の一定時間での瞬目数の最大値を $\max(F_b)$ 、最小値を $\min(F_b)$ として、現在の瞬目数を F_b とすれば、ここでの集中度 c_1 は下記で定まる 0 から 1 までの実数値として求まる。

$$c_1 = \frac{\max(F_b) - b}{\max(F_b) - \min(F_b)}$$

瞬目数の最大値と最小値を計測する必要があるため、本技術を組み込んだシステムでは、定期的に単純作業を指示することで計測を行うようにしている。数分以内の計測で終了するため、実

適用で問題になるほどの負担は生じないことが確認できている。

通常の動画のフレームレートは 30fps 程度であるが、学生が使う可能性のある低性能のコンピュータではこのフレームレートでの動画処理は処理に遅れを生じることがある。そのため本研究では、フレームレートを減少させることで処理の負荷を減少する方法を採用している。

また瞬目の検出は、頭部の向きにより不可能となる場合が生じるために、頭部の動き（図 2）から求まる値も加味するようにしている。これら各種の算出による集中度推定方法の詳細やフレームレート減少の効果などについては、発表論文で公開している。

(2) 間接データの活用：上述のように本研究では、Web での教材を利用することを前提としている。また、学習者が各自の自由なペースで学習を進めるのではなく、教師あるいはシステムが定めるペースに従って学習を進めると仮定している。これらの仮定の下で、Web 教材のページ閲覧時間や教師（システム）の指示からの経過時間など時間が関係する多様なデータを収集するようにしている。また、穴埋め問題などの課題も提示して、その解答に関連するデータも収集するようにしている。収集するデータの詳細については発表論文で説明している。

これらのデータに基づいて、学習者の状態を推定する方法を開発した。表 1 にその概要を示す。この表には推定する状態として、学習への集中度と学習進捗への追従度を載せている。集中度や追従度は、教師やシステムから提示される教材との同期の度合い、および関連するデータから判定される。例えば、教材提示ウィンドウが常にフォーカスされていて、提示と同期した Web ページ遷移を継続していれば、集中した状態で授業に追従している状態となる。このような推定結果に対して、横軸を時間軸としたグラフ表示したものが図 3 となる。

表 1 間接データからの推定の一部

推定結果 集中度	推定結果 追従度	教材提示との 時間的同期	関連データ
集中	追従	教師と同期	教材ウィンドウのフォーカス維持
集中	遅れ	時間遅れで同期	教材ウィンドウのフォーカス外れ
集中不足	追従	教師と同期	
集中不足	行き過ぎ	先行した参照	マウス操作/キー操作が下限値以上
集中せず	遅れ	無関係な遷移	マウス操作/キー操作が下限値以下

(3) システム開発と評価：開発した技術を組み込んだシステムを開発して評価した。図 3 にシステム実行例の一部を示している。表示されているグラフは 2 人の学習者の学習状況である。横軸が時間軸であり、授業の進行を示している。棒グラフにより教材ウィンドウのフォーカス状態が示され、折れ線グラフにより授業への追従度（推定結果）が示されている。左右のグラフの違いから、2 人の学生の集中度や追従度に違いがあることが直ちに理解できる。このように学習状況を個人毎、あるいはクラスなどの単位で推定して可視化する機能を提供することで、学習効率改善に効果的であることを実証できた。実証実験結果などは論文で発表している。

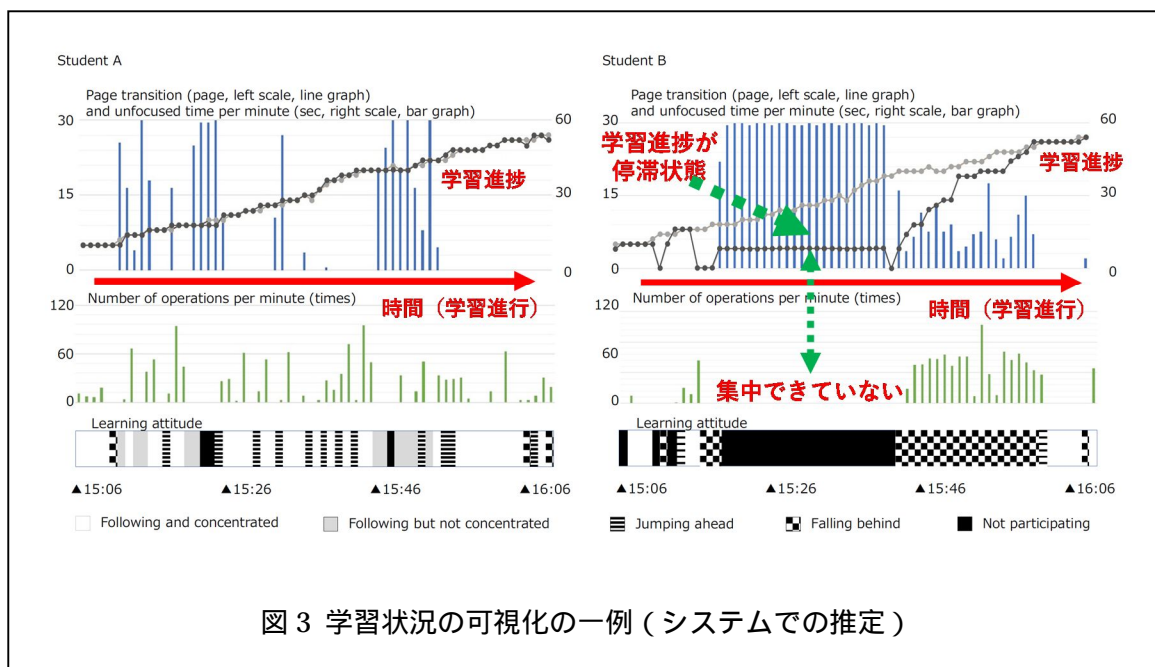


図 3 学習状況の可視化の一例（システムでの推定）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Abe Kousuke, Tanaka Tetsuo, Matsumoto Kazunori	4. 巻 141
2. 論文標題 Students' Learning Attitude Extraction based on Learning Behavior Log of Fill-in Workbook	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1437 ~ 1443
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejeiss.141.1437	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Masaaki Goto, Tetsuo Tanaka, and Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 Estimating Attention Level from Blinks and Head Movement
3. 学会等名 30th International Conference on Software Engineering and Data Engineering (SEDE) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaaki Goto, Tetsuo Tanaka, and Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 Estimating Attention Level from Blinks and Head Movement
3. 学会等名 30th International Conference on Software Engineering and Data Engineering (SEDE) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kousuke Abe, Tetsuo Tanaka and Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 PROTOTYPING A RETROSPECTIVE REVIEW SUPPORT FUNCTION FOR A FILL-IN WORKBOOK SYSTEM
3. 学会等名 17th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安部 功亮, 田中 哲雄, 松本 一教
2. 発表標題 リアルタイムラーニングアナリティクスに向けた穴埋め式ワークブックシステムの学習行動ログ分析
3. 学会等名 電気学会 第78回情報システム研究会予稿集, IS-19-043
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kousuke Abe, Tetsuo TANAKA, Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 Learning Attitude Analysis based on Operation Logs of Fill-in Workbook System
3. 学会等名 International Conference on Education 2019 (EDU 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nguyen Hoang Son, Takahata Yu, Goto Masaaki, Tetsuo Tanaka, Akihiko Ohsuga and Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 Estimating the Concentration of Students from Time Series Images
3. 学会等名 35th International Conference on Computers and Their Applications (CATA 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nguyen Hoang Son, Masaaki Goto, Yu Takahata Akihiko Ohsuga, Tetsuo Tanaka, Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 Recommendation based on Emotional Preference
3. 学会等名 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安部 功亮, 田中哲雄, 松本 一教
2. 発表標題 穴埋め式電子教材操作ログからの授業態度・理解度の抽出
3. 学会等名 電気学会 令和2年全国大会 予稿集
4. 発表年 2020年

〔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	大須賀 昭彦 (Ohsuga Akihiko) (90393842)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授 (12612)	
研究分担者	田中 哲雄 (Tanaka Tetsuo) (90727984)	神奈川工科大学・情報学部・教授 (32714)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------