

平成 30 年 6 月 29 日現在

機関番号：34302

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26282062

研究課題名(和文) 受講ログの獲得と可視化による受講状況の振り返りが容易な学習支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of a learning support system which facilitates to reflect learning situation based on acquiring and visualizing learning log

研究代表者

村上 正行 (MURAKAMI, Masayuki)

京都外国語大学・外国語学部・教授

研究者番号：30351258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大学授業における受講生の学習支援を目的として、授業状況や受講生の学習プロセスを把握し、学生にフィードバックする学習支援システムの開発を目指した。アクティブ・ラーニング型授業における授業映像から機械学習によって自動で授業状況を判別し、受講者グループごとの活動量を推定して可視化した。また、タブレットを活用した学習において、ペンストロークの時間間隔を用いた答案の解答停滞箇所の検出手法を提案した。これらの授業状況の情報を授業映像と合わせて提示し、Web上で見ることができシステムを開発し、インターフェイスに関する評価及び実際にシステムを活用しての授業分析を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aimed to develop a learning support system to grasp class situation and learning process of students and give feedback to students for the purpose of supporting students' learning in higher education. We estimate class situation automatically by machine learning from lesson video of active learning class. We developed a method to detect answer stuck points from time intervals of the pen stroke data in using tablet for learning. We developed a system that can be viewed on the web, and evaluated interfaces and analyzed lessons using the actual system.

研究分野：教育工学・大学教育学

キーワード：授業状況の可視化 授業状況の推定 Learning Analytics アクティブラーニング 学習支援 機械学習 授業分析 授業研究

1. 研究開始当初の背景

近年、授業映像のみならず学習支援や履修認定なども行なう MOOC (Massive Open Online Course) と呼ばれる大規模公開オンライン講座が話題になりつつあり、日本でも東京大学や京都大学が参加している。また、LMS や SNS、ポートフォリオなどを活用した教育・学習支援も活発に行われている。このような活動の中で得られた教育・学習データをどのようにして有効に活用するか、ということが課題となっており、実践の中で得られた大量のデータを分析することによって、学習者の学習成果、学習方法の改善、教育内容の検討などを行う Learning Analytics が重要になると考えられる。Learning Analytics に関する研究は、主として LMS やポートフォリオなどのオンライン学習で得られる学習ログを用いており、対面の授業における受講生の情報を活用した研究はほとんど見られない。これは、授業中の受講生の態度などの情報を取得することが難しいからだと考えられる。

研究代表者らは、これまでに授業改善に利用することを目的として、授業中の講師・受講生の振る舞いをビヘイビアと定義し、授業映像から ICT を活用して自動的にビヘイビアを獲得する研究を行ってきた。その研究に基づいて受講生の活動度、姿勢や顔の向きなどに関する情報を獲得し、授業改善のために教員が見やすい形でビヘイビアを提示するインターフェイスを開発している。これまでは、授業改善を目的としていたことから、利用対象者を教員として研究を行ってきた。本研究では、これらの研究を踏まえて、対面の授業で得られた受講生の情報を獲得、分析を行い、受講生が授業中における自身の学習プロセス(集中度や理解度、受講態度など)を把握し、振り返りながら、学習をすることができる学習支援システムを開発することを旨とする。

さらに、受講生の受講中の学習行動を詳細に把握するために、タブレットを用いて授業資料の配布を行い、受講生の学習ログや視聴データを収集し、受講生の学習プロセスを分析するとともに、教員の認識とのずれなどについても検討する。

2. 研究の目的

本研究課題では、大学授業における受講生の学習支援を目的として、受講生の学習プロセスを把握し、フィードバックするための仕組みを構築するために、以下の3点について研究を行う。

(1) 受講生の学習プロセスを把握する方法の開発

(2) 学習プロセスを学生にフィードバックする学習支援システムの開発

(3) 本システムを活用した学習支援のデザイン・実践・評価

3. 研究の方法

(1) については、アクティブ・ラーニング型授業の授業状況の推定、グループ活動の評価と可視化についての研究、タブレットを用いた学習におけるペンストロークの分析による解答停滞箇所の検出に関する研究を行った。

(2)(3) については、自己と他者の受講態度の比較が容易な受講者映像の可視化、授業状況・学習プロセスを視聴するための Web インターフェイスの開発を行い、そのシステムを活用して学習支援の方法について検討した。

4. 研究成果

(1) アクティブ・ラーニング型授業の授業状況推定

授業を振り返るためには、撮影された授業映像を見るのが有効であるが、その際、90分間の授業にどのような授業展開がなされたのかという情報が付与されていれば、授業を視聴する際に有効な手がかりになる。また、授業状況の流れや積算情報を他の教員や別の授業回の情報と比較することができれば、その授業の特徴を明らかにすることができる。しかしながら、それらの情報を手動で付与するには、大変手間がかかるため、多くの授業を対象に実施することが難しい。そこで、授業映像からさまざまな特徴量を抽出し、機械学習によって自動で授業状況を判別して可視化することで、講師が自身の授業の特徴を把握できるようにすることを目指す。

ここでは、授業状況を(1)移動、(2)各自作業、(3)解説、(4)発表、(5)グループワークの5つに分類する。移動は授業間の移動や資料の配布、各自作業は小テストや問題演習等の個人での作業、解説は講師による指示や問題解説、発表は意見の発表や講師の質疑に対する応答、グループワークは複数人での作業が含まれる。分析のために、教室をカメラで撮影し、講師マイクの音声を収録した。授業の様子を判断する特徴として、マイクおよび環境音の音量と映像中のフレーム間差分に着目する。環境音とマイク音を別々に収録することで、講師と受講者のどちらから出た音量かを推定する。映像内のフレーム間差分量は授業がどれほど活発であるかを表すと考えられることから、1秒ごとに取得し、1秒ごとの授業の状況の自動判定を目指す。授業の展開をある1時刻の特徴のみで判断することはできないので、各時刻の特徴に加えて、前後数秒の特徴も含めたものを1つの特徴として分類器にかけることとした。

分類には機械学習の一種である Bag-of-words の手法を用いた。各時刻で得られた特徴の類似しているものを特徴空間上でクラスタリングをし、各クラスタのセントロイドを求める。そして、求めたセントロイドから各クラスタを次元とするヒストグラムを作成し、学習データとして保存する。こ

のヒストグラムはその時間帯で起こった内容を指し示すことになる。分類対象の時刻も同様にヒストグラムを作成し、学習データと比較し、k-NN法により類似のクラスタに分類をする。

機械学習によって分類した授業状況の展開の可視化を行う。可視化の例を図1に示す。この図によって授業の流れを一目で把握することができる。また、他の授業と比較することで、より詳しく授業展開の特徴を確認することもできる。図2は授業カテゴリの所要時間を積算してグラフ化した例である。横軸は各カテゴリ、縦軸は時間を表し、授業内で各カテゴリがどの程度の時間行われたのかを確認することができる。図2からは、すべての授業で解説に多くの時間をかけていること、授業BおよびCではグループワークを多く行っているというような授業の特徴があることがわかる。このように複数の授業を並べて閲覧した場合に、授業毎に特徴があることが分かり、授業分析などの手がかりになると考えられる。

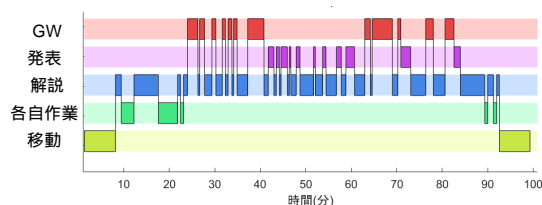


図1 授業状況の展開の可視化

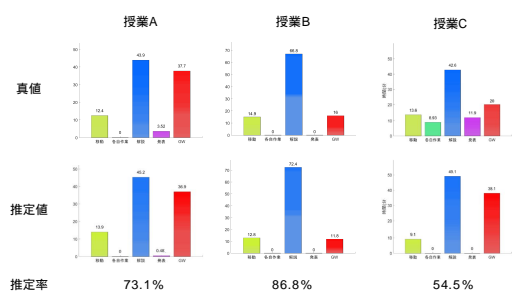


図2 授業状況の積算と推定結果

同講師による90分の授業映像6本を使い、Leave-one-out交差検証(LOOCV)を行った。図2の上段の3つのグラフは真値を表し、下段の3つのグラフは上段の図に対応する授業の推定値を表している。推定率に注目すると、LOOCVの平均推定率は72.4%であった。最大値が図2の授業Aで推定率86.8%、最小値が図2の授業Bで54.5%であった。およそ平均においても真値と推定値に大きな差は観られず、授業特徴を把握できることがわかる。推定率が悪かった授業Bに関しては、各自作業と発表のカテゴリにおいて誤分類が多いことがわかった。この2つのカテゴリは学習

サンプルが比較的少なかったため、より多くのサンプルを用いれば、推定精度を高めることができると思われる。

(2) アクティブ・ラーニング型授業における受講者グループの活動の可視化

本研究では、アクティブ・ラーニング型授業における受講者グループごとの活動を可視化することを目指す。映像中において受講者の動きが活発な場所を検知すれば、その位置周囲がグループであることが期待できる。そこで、混合ガウス分布推定を用い、離散的に存在する受講者をガウス分布によってグループ化し、その位置を取得した。

山梨大学で行われたグループワークを中心とする3つのアクティブ・ラーニング型授業を俯瞰魚眼カメラで撮影した映像を対象として、上記の方法でそれぞれグループの自動分割を行い、位置の精度を検証した。グループの数が増えれば精度は低くなるものの15グループの場合でも60%以上の精度でグループ抽出が正しく行えた。抽出に失敗した例では、講師の机間巡視など本来受講者が存在しない場所も受講者位置の候補が生じてしまっていたものがあつた。

分割したグループそれぞれについてフレーム間差分を用いて受講者の動きを取得し、グループワークの活動量を正しく示しているかどうかを分析した。映像中のあるグループで行われたグループワークにおいてグループに属する受講者がどの程度話し合いに参加していたか、被験者4名に議論の参加度を5段階で評価してもらった。受講者グループの活動評価に基づいて分析すると、フレーム間差分量の増減との推移が必ずしも一致しないことがわかった。一方で、図3のようにフレーム間差分の時間軸増加量に着目すると、活動評価との一定の相関が見られた。例えば、紙を囲んで話し合いが始まった、1人が席を立ち話し合いが止まった、メンバー全員がノートに何かを書き始めたといった活動が見られた箇所は勾配が急であった。これらはそれぞれグループワークにおける議論と個人作業の契機であるといえる。つまり、このフレーム間差分の増加量に着目することでグループ内の活動の契機を検知することができると思われる。

このフレーム間差分の増加量は活動立ち上がりを示しうるものとして、映像上に可視化することとした。授業の映像において時間軸上にすべてのグループの活動に着目するのではなく、活動立ち上がり起きてから観察者がそのグループを観察することができるようになる。映像において各グループを囲った円の色を図4のように変化させることでグループごとの活動を観察者に提示できるようにした。

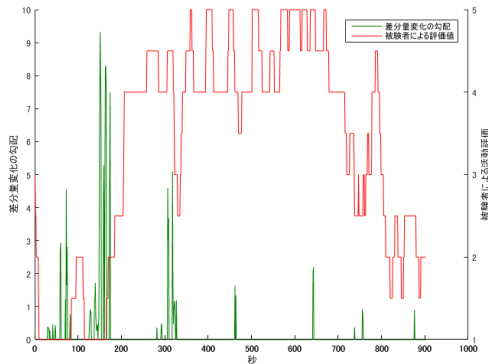


図3 フレーム間差分量の勾配と活動量評価値



図4 受講者グループの活動の立ち上がりの可視化

(3) タブレットを活用した学習におけるペンストロークを用いた解答停滞箇所の検出

紙の答案からは見えない学習者の傾向を明らかにするために、問題を解く際のペンストロークの分析による解答停滞箇所の検出を行った。ここでの「ペンストローク」とは記述における一筆のことであり、ペンアップの時刻、ペンアップまでの経過時間、ペン先の二次元座標列で表現されるペン先が通った軌跡などからなる。このようなペンストロークデータからは、紙の答案から得られる静的な情報に加え、動的な解答の過程も得ることができる。これらのデータを分析することによって、習熟度が低い箇所を把握できるようになることが期待できる。

解答の停滞が見られた箇所に基づいて生徒の理解度や思考の過程を分析することを想定した場合、単に解答に時間を要した箇所を検出するのではなく、答案を他の複数の生徒の答案と比較することによって、相対的な解答時間の遅れを検出することが重要である。その際、この比較は答案間における解答過程内の同一ステップにあたる箇所ごとに行われるべきであり、答案間の同等箇所がペンストロークデータ上で対応している必要がある。これを実現するために、以下の手順にて答案の対応付けと解答停滞箇所の検出を行った。

1. ペンストロークデータからの文字列抽

出：生徒間で筆跡の違いが存在する場合にもロバストに対応付けが可能となるよう文字認識を行い、答案を表す文字列を生成する。

2. DP マッチングによる答案文字列同士の対応付け：抽出された文字列には認識誤りが含まれ、また、同等箇所でも生徒ごとに異なる数式の表記が用いられている。これらの違いに対してロバストになるよう DP マッチングによる対応付けを行う。
3. 解答停滞箇所の検出：対応づけられた同等箇所ごとに、記述に要する時間の生徒間の平均値と各生徒の平均からの乖離を算出し、これを可視化する。

中学校3年生86名が数学の因数分解を中心とした課題7題に解答した際に得られたペンストロークデータを用いて実験を行った。取得した602個のデータの中から消しゴムとしてのストロークが含まれたものを除き、211個の答案データを用意した。なお、実験にあたっては、氏名・出席番号等個人を特定する情報を削除して匿名化処理を行ったものを利用している。

解答停滞箇所の検出閾値は、人が見て停滞と感じられる長さを元に2秒と定めた。つまり平均2秒以上遅れている箇所を解答停滞箇所として検出する。解析の結果、93個の答案のうち14個の答案から計298箇所の解答停滞箇所が検出された。検出結果の例を図5に示す。結果を提示する際に、直前のストロークが2秒以上遅れている箇所を解答停滞箇所として赤く、遅れが0に近づくほど青く着色している。図5においては、式展開後に項ごとにまとめる計算に時間を要し、また中かっこを記述する際に少し時間を要していることが確認できる。

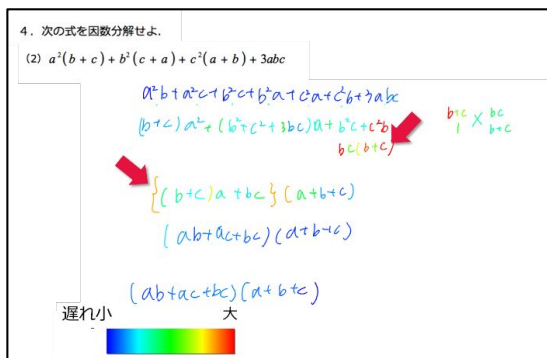


図5 解答停滞箇所の検出結果の例

ペンストロークデータには解答過程の時間情報も含まれているため、その解答過程を動画再生することも可能である。ふたつの答案を、対応付いている箇所ごとにタイミングを同期させながら再生することで、各箇所どちらがどれだけ停滞しているかがわかる。各箇所にかかった時間をそれぞれの答案ごとに棒グラフで表示する。棒グラフを見ながら、解答停滞箇所として検出されたペンストローク付近の箇所には実際どれくらいの時間がかかっているのか、またその時間は他者

の答案と比べてどうなのかをより詳細に見ることができる。図 6 に提案する提示法による動画の 1 フレームを示す。

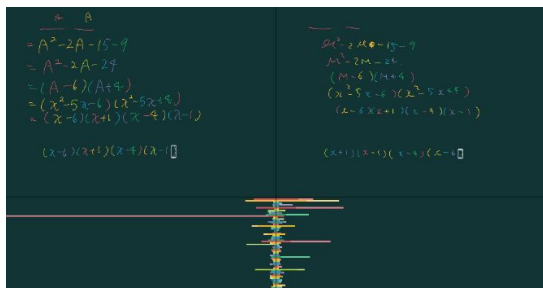


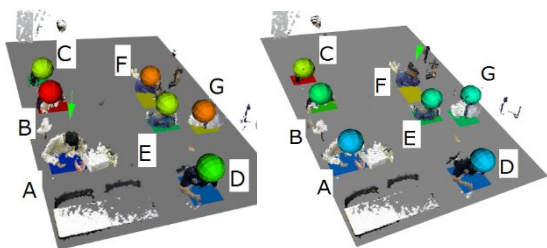
図 6 解答停滞箇所の提示法の例

(4) 自己と他者の受講態度の比較が容易な受講者映像の可視化

本研究では、受講態度を表す情報として、受講者の頭部の動きの大きさを考える。動きの大きさに基づく可視化によって、そわそわした受講態度、落ち着いた(集中した)受講態度、寝ている、などの判断がしやすくなる。また、自己の受講態度と他の受講者の受講態度のズレを気づきやすくするために、自己の受講態度を基準とした他の受講者の相対的な受講態度を可視化する。

自己の受講態度と他の受講者の受講態度のズレは、青色～緑色～赤色で表現した疑似カラーで可視化する。獲得した映像を何度か視聴し、落ち着いた話を聞いている学生(受講者 A)と、そわそわしている学生(受講者 F)を自己として指定して可視化した様子を、それぞれ図 7(a), 図 7(b)に示す。

全ての受講者の頭部の動きの大きさ(分散)の偏差値を求めてプロットしたグラフを図 8 に示す。このグラフから、各受講者がどのような受講態度を持つ集団に属するかを把握することが可能である。



(a) 基準：受講者 A (b) 基準：受講者 F

図 7 受講態度の提示例

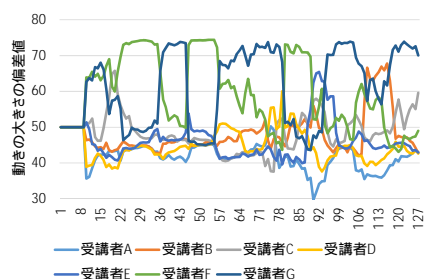


図 8 受講態度の変化

(5) 授業状況・学習プロセスを視聴するための Web インターフェイスの開発

獲得した授業状況や学習プロセスを視聴するために Web 上で視聴することができるインターフェイスを開発した。(1)の研究で得られた授業状況などを授業映像に付与し、登録した授業を自分で選択して、Web 上で視聴することができる。画面例を図 9 に示す。

このシステムを活用することで、振り返りを行いながら、授業の視聴を行うことができる。このシステムのインターフェイスに関する評価及び実際にシステムを活用しての授業分析を行った。また、授業実践においてこのシステムをどう活用できるのか、教員や学生が授業において省察するための手立てについて検討した。授業状況を一望できることが有用であるとともに、振り返りのためのポイントに関する情報をどのように提示するかが重要であることが分かった。

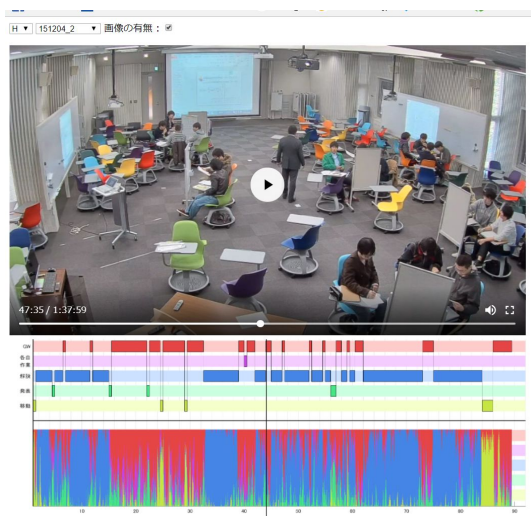


図 9 授業状況・学習プロセスを視聴するための Web インターフェイス

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 6 件)

K. Okamoto, K. Kakusho, M. Yamamoto, T. Kojima, and M. Murakami(2018) “Estimating Work Situations from Videos of Practical Training Classes with Assembly Tasks”, International Journal of Information and Education Technology(IJIET) ,Vol.8, No.1, pp38-45. (査読有)

西川純貴, 角所 考, 飯山将晃, 西口敏司, 村上正行 (2018) 「RGB-D カメラを用いた顔観測による講義室内の受講者の着席位置推定」教育システム情報学会誌 Vol. 35, No.2, pp151-156. (査読有)

飯山将晃, 中塚智尋, 森村吉貴, 橋本敦史, 村上正行, 美濃導彦 (2017) 「ペンストロークの時間間隔を用いた解答停滞箇所の検出」教育システム情報学会誌 Vol. 34, No.2, pp.166-171 (査読有)

Kai Okamoto, Koh Kakusho, Michiya Yamamoto, Takatsugu Kojima, and Masayuki Murakami (2016) "Video-Based Performance Recognition of Assembly Work in a Practical Training Class for Teaching Material Preparation", Journal of Advances in Information Technology, Vol.7, No.3, pp.186-193 (査読有)

村井文哉, 角所考, 小島隆次, 村上正行 (2015) 「授業映像に基づく雰囲気認識のための基本特性と観測特徴量」教育システム情報学会誌, Vol.32, No.1, pp.48-58 (査読有)

[学会発表](計 26 件)

西口 敏司, 豊浦 正広, 村上 正行 (2017) 「没入型授業映像視聴環境のためのハンドジェスチャーインターフェイス」教育システム情報学会第 42 回全国大会講演論文集 pp329-330(2017 年 8 月 24 日 北九州国際会議場)

阪口 真也人, 豊浦 正広, 赤穂 大樹, 茅 暁陽, 西口 敏司, 埴 雅典, 村上 正行 (2017) 「アクティブラーニング型授業の分析のための深層学習」教育システム情報学会第 42 回全国大会講演論文集 pp257-258 (2017 年 8 月 24 日 北九州国際会議場)

Masahiro Toyoura, Mayato Sakaguchi, Xiaoyang Mao, Masanori Hanawa, Masayuki Murakami (2016), "Visualizing the Lesson Process in Active Learning Classes," IEEE Frontiers in Education Conference (FIE2016) (Oct.15 2016, Pennsylvania, USA)

村上正行, 豊浦正広, 西口敏司, 水越駿, 阪口真也人, 埴雅典, 茅暁陽 (2016) 「アクティブ・ラーニング型授業の映像分析と可視化」日本教育工学会第 32 回全国大会講演論文集 pp19-22(2016 年 9 月 19 日 大阪大学豊中キャンパス)

西口敏司, 豊浦正広, 角所考, 村上正行 (2014) 「自己と他者の受講態度の比較が容易な受講者映像の可視化」教育システム情報学会第 39 回全国大会講演論文集 pp79-80(2014 年 9 月 10 日 和歌山大学)

[図書](計 1 件)

C.M.ライゲルース, A.A.カー=シエルマン 著, 鈴木克明・林雄介 監訳, 村上正行他 8 名翻訳 (2016) 「インストラクショナルデザインの理論とモデル: 共通知識基盤の構築に向けて」 pp180-209, pp244-270

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 正行 (MURAKAMI, Masayuki)
京都外国語大学・外国語学部・教授
研究者番号: 30351258

(2) 研究分担者

角所 考 (KAKUSHO, Koh)
関西学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 50263322

椋木 雅之 (MUKUNOKI, Masayuki)
宮崎大学・工学部・教授
研究者番号: 20283640

西口 敏司 (NISHIGUCHI, Satoshi)
大阪工業大学・情報科学部・准教授
研究者番号: 80362565

飯山 将晃 (IIYAMA, Masaaki)
京都大学・学術情報メディアセンター・准教授
研究者番号: 70362415

山肩 洋子 (YAMAKATA, Yoko)
東京大学・大学院情報理工学系研究科・特別研究員
研究者番号: 60423018

豊浦 正広 (TOYOURA, Masahiro)
山梨大学・大学院総合研究部・准教授
研究者番号: 80550780

森村 吉貴 (MORIMURA, Yoshitaka)
京都大学・高等教育研究開発推進センター・特定准教授
研究者番号: 80578279

遠海 友紀 (ENKAI, Yuki)
東北学院大学・ラーニング・commons・特任助教
研究者番号: 20710312