

自己効力感の向上のための ウェアラブルTA行動記録システムの開発

照井 佑季¹ 今村 瑠一郎² 江木 啓訓^{2,a)}

概要:

本研究では, Teaching Assistant (以下, TA とする) の自己効力感の向上のためのウェアラブル TA 行動記録システムを開発した。経験の浅い TA は教育補助者として未熟な状態であり, 失敗経験を繰り返すことで学習性無力感に陥る危険性がある。一方で, 成功経験の振り返りは TA の自己効力感の向上を促す効果があると考えられる。そこで, TA が成功経験の振り返りを行うためのシステムを開発する。講義中の TA にウェアラブルデバイスを装着し, 講義中の行動と学生への対応の自己評価, 視野映像を記録する。TA の講義中の行動を行動データを用いて推定することで, 学生への対応を行っていた時間を特定する。学生への対応のうち, 自己評価結果の高いものを TA の成功経験とし, その際の視野映像を振り返りに用いることで, TA の自己効力感の向上を促す。実際の講義に開発したウェアラブルデバイスを導入し, システムによる TA の行動の推定精度を調査した。その結果, 提案した行動推定の手法では, TA の個人差や周囲の影響で, 精度が安定しないことがわかった。今後, TA の行動推定の精度を向上させる手法を検討し, 振り返りによる TA の自己効力感の向上を促す実験を行う。

1. はじめに

大学の講義において, 実験や演習の補助業務を行う Teaching Assistant (以下, TA とする) を導入する大学が増えている。演習講義のような, 学生が各自で課題を進める形式の講義において, TA は教室を巡回し, 学生からの質問に対応している。学生はそれぞれのペースで課題を進めているため, TA は学生からの様々な質問に柔軟に対応する能力が必要である。しかし, 学生は演習課題に行き詰った場合でも, TA に質問をすることができない場合が考えられる。そのため, TA が学生の学習状態を把握し, 自ら積極的に声掛けを行うことも重要である。

一方で, TA は教育補助者としては経験も浅く未熟であり, 学生の間に TA として従事する期間は短い。そのため, TA が限られた期間で, 教育補助者として熟達するためには, 実際の講義中の経験から学ぶ必要がある。TA が実際の経験から熟達していく過程は, Kolb の経験学習モデルによって説明することができる [1]。Kolb の経験学習モデルによると, 学習者が実際の経験から学習するためには, 「具体的経験」, 「内省的観察」, 「抽象的概念化」, 「能動的実験」の4つのサイクルを循環させる必要がある。「具体的

経験」とは, 学習者が環境に働きかけることで起こる相互作用, 結果のことを指している。「内省的観察」とは, 自分の行動や経験を多様な観点から振り返ることである。「抽象的概念化」とは, 内省的観察で得た知見を一般化し, ほかの場面に応用可能な状態にすることである。「能動的実験」とは, 抽象的概念化によって変換された知識やルールが, 実際に異なる場面で利用可能なものか実践し確認することである。能動的実験により得られた新たな結果が, 再び具体的経験として内省的観察を行うきっかけとなり, 効率的に経験からの学習することが可能となる。

TA においては, 講義中の行動を「具体的経験」, 「能動的実験」として, また, 振り返りを「内省的観察」, 「抽象的概念化」を捉えることができる。Kolb の経験学習モデルに基づき, TA が振り返りを行うことで, TA の熟達を促進することができると考えられる。

経験の浅い TA は, 学生への対応や学生への声掛けにおいて失敗したとすることも少なくない。人は自分自身の経験の振り返りを行う際, 成功した時の経験に比べて, 失敗した時の経験を強く意識する傾向がある [2]。また, 人は過去に繰り返された失敗体験により, 無力感を感じるようになり, これは学習性無力感と呼ばれる [3]。経験の浅い TA が失敗経験の振り返りを行うことで, 自己の失敗経験を強く意識し, TA 業務に対して学習性無力感に陥ってし

¹ 電気通信大学 情報理工学域

² 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻

^{a)} hiro.egi@uec.ac.jp

もう可能性があると考えられる。

経験の浅い TA の熟達を促すためには、TA が学習性無力感に陥ることを避けつつ、自己効力感を向上させることが重要であると考えた。自己効力感とは、Bandura の社会的学習理論で提唱された概念である [4]。Bandura は自己効力感を、ある結果を得るために必要な一連の行動を組み立て、実行する能力に関する、自分自身の判断と定義している。自己効力感が高くなることで、人は結果に到達するために必要な行動を実行する可能性が高くなることが予想される。自己効力感の向上には、「成功経験」、「代理経験」、「言語的説得」、「情緒的覚醒」の 4 つの要因が関係している。「成功経験」とは、自分の行動に起因した成功を得ることで、自己効力感の向上に最も大きな影響を与えるとされている。この成功経験は、小さな成功経験であっても、積み重ねることで自己効力感の向上に有効であるとされている。「代理経験」とは、他人の成功経験を観察することであり、実際に経験することが難しい体験などにおいて有効な手段となると考えられる。「言語的説得」とは、激励や成功経験に対する称賛を指している。「情緒的覚醒」とは、自身の生理的状態の自覚が自己効力感に影響することを指している。課題に対して不安を感じるとき、その課題に対する自己効力感は低下するが、不安を感じず落ち着きを感じるときは自己効力感が向上するとされている。

本研究では、自己効力感の向上に最も効果的であるとされている成功経験を振り返りに用いる。TA が講義中の成功経験について効率的に振り返りを行えるよう、ウェアラブル TA 行動記録システムを開発した。

2. 関連研究

過去の自分の経験の振り返りが、個人に及ぼす影響を調査した研究がある。藤村は、経験の行為者が自分か他人か、その経験が成功経験か失敗経験かという条件を設定し、個人が振り返りを行う程度と、それらの振り返りが課題に対する自信と行動に及ぼす影響を調査している [5]。その結果、人は振り返りにおいて、自分の失敗経験と他者の成功経験をよく振り返ることが確認された。また、自分の成功経験の振り返りが、課題に対する自信や努力量を向上させることが確認された。

豊田らは、目標達成のために実際に行った行動を振り返りの対象とし、自信や努力量の変化について調査している [6]。自分の成功経験の振り返りが、低関心課題における努力量が増加することが確認された。一方、結果を伴わない行動に対する振り返りでは、関心の高低、経験の種類に関わらず、自信との関連がないことが確認された。これらの研究では、振り返りを行う際の手掛かりとして、被験者の記憶を用いている。日常の中の出来事を振り返りの対象としているため、記憶が曖昧なものとなり、適切な振り返りを行えていない可能性が考えられる。Kolb の経験学習

モデルでは、多様な観点から自分の経験を振り返ることが必要であるとされている。記憶のみを頼りに、多様な観点からの振り返りを行うことは難しいと考えられる。

中山らは、再帰訓練法を用いた英語学習に対する自己効力感の向上を検討している [7]。この研究によって、再帰訓練法を用いて学習者に成功経験を与える授業が、自己効力感の向上に有効である可能性が示されている。中山らの研究では、既成の成功経験を振り返るのではなく、新たな成功経験を与える手法を用いている。本研究で対象とする TA の場合、講義内容や学生からの質問によって経験そのものの質が大きく異なることが予想される。そのため、成功経験をあらかじめ用意することが難しいと考えられる。また、経験学習において、過去の自分の経験を振り返ることは重要であり必要なプロセスである。本研究では、TA が過去の自分の成功経験を、記憶に頼らない手法で振り返りを行う。

3. 提案手法

本研究では、演習中の TA の視野映像と、学生への対応に対する自己評価を用いて、TA の自己効力感を向上させる TA 振り返りシステムを提案する。

TA の自己効力感を向上させるためには、講義中の自分の経験から、成功経験について振り返りを行うことが有効であると考えられる。しかし、TA が講義内での業務について振り返りを行う機会は少ない。振り返りを行う機会があっても、TA が自分の記憶のみを頼りに、講義中の自分の行動を振り返ることは難しい。そこで、TA の頭部にウェアラブルカメラを装着し、講義中の TA の視野映像を記録する。振り返りの際に講義中の TA の視野映像を用いることで、講義中に TA が見ていたものを具体的に振り返ることが可能となる。また、振り返りの際に TA が成功経験について振り返るとは限らない。むしろ、失敗経験を振り返り、強く意識することで、TA が学習性無力感に陥る可能性が考えられる。そこで、講義中の行動から TA の成功経験を抽出し、TA の振り返りに用いる。

講義時間全体の視野映像を用いて振り返りを行うことは、TA にとって時間的な負担が大きいと考えられる。TA の時間的な負担を軽減するため、TA が学生からの質問に対応していた時の視野映像のみを振り返りに用いる。TA が学生への対応を行っていた時間を推定するため、ウェアラブルデバイスを用いて TA の講義中の行動を記録する。

また、TA は学生への対応が終わった直後に、その対応の自己評価を行う。自己評価が高い対応の視野映像を、自身の成功経験として振り返りに用いる。TA は振り返りの際に、対応の自己評価の結果を確認し、なぜそのような評価を付けたのか、考えながら振り返りを行う。結果と原因を紐づけて振り返ることで、TA は成功経験時の行動を一般化することができる。その後の講義において、概念化した成

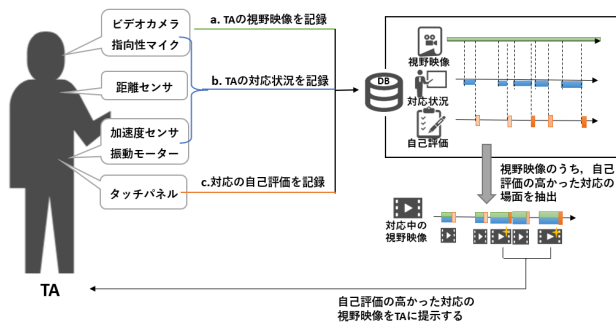


図 1 システム構成



図 2 システムを導入する教室の環境

功経験を基に行動し、再び振り返りを行うことで、成功経験を得るための考えを深化させることができる。また、成功経験を強く意識した振り返りを行うことにより、TAの自己効力感を向上させることが可能になると考えられる。

4. システム設計

本研究ではウェアラブルデバイスを用いて講義中のTAの行動と、各学生への対応のTAによる自己評価を記録する。システムにより推定されたTAの行動履歴から、TAが対応を行った場面のTAの視野映像を抽出する。システムの構成を図1に示す。

4.1 システムの導入環境

本研究で実験を行う教室の様子を図2に示す。講義を受講する学生には、1人につき1台デスクトップ型PCが用意されており、学生はそのPCを用いて演習に取り組む。TAは机の間の通路を巡回し、学生から質問があると学生の座席まで行き、その場で対応する。

4.2 TAの行動推定システム

講義中にTAが装着するウェアラブルデバイスを用いて、講義中のTAの行動を推定する。TAがデバイスを身につけた際の全体像を図3に示す。



図 3 行動記録デバイス

本研究ではTAの行動を「静態」、「巡回」、「対応」の3状態に分類した。「静態」とは、TAが自席で座っている状態や、教室の通路で学生の様子を見渡す際に立ち止まっている状態を指す。「巡回」とは、TAが教室の通路の間を歩きながら学生の様子を見て回っている状態を指す。「対応」とは、学生から質問を受けた場合や、TA自ら学生に声をかけ、学生に指導している状態を指す。この時、TAは学生用PCのディスプレイを見ながら対応する場合が多い。

TAが装着するウェアラブルデバイスには、3軸加速度センサ、距離センサ、指向性マイクを用いた。3軸加速度センサをTAの腰部、距離センサをTAの胸部、指向性マイクをTAの頭部に装着した。3軸加速度センサと距離センサはArduinoを経由して、指向性マイクは直接Raspberry Piに接続し、TAは各センサが接続されたRaspberry Piを携帯する。3軸加速度センサは、TAの歩行の有無を検出する。TAが静態または対応状態の時、3軸加速度センサから得られる値の変化は小さくなり、巡回状態の時は値の変化が大きくなると考えられる。そのため静態および対応の状態と、巡回の状態を分別できると考えられる。

距離センサは、TAの正面1m以内に存在する物体の有無を検出する。TAが対応状態の時、学生や学生のPCがTAの正面に存在するので、TAの対応状態にあることを分別できると考えられる。

指向性マイクは、TAの発話の有無を検出する。TAが対応状態の時、指導のため学生と会話をするので、TAの対応状態にあることを分別できると考えられる。これらのセンサから得られるデータを複合し、TAの「静態」、「巡回」、「対応」を推定する。

図 4 対応の自己評価を入力する画面

4.3 対応の自己評価記録システム

TA が学生への対応が終了した際に行う自己評価は, TA が携帯するタッチパネルディスプレイ付き Raspberry Pi を用いて記録した. この Raspberry Pi は, TA の行動推定のために携帯しているものである. また, TA の対応の様子を TA が頭部に装着するウェアラブルカメラにより記録する. ウェアラブルカメラには SONY 製のアクションカムを用いた. TA の視野映像を記録し, 講義後の振り返りに用いる. TA が自己評価を入力する画面を図 4 に示す. TA は学生への対応を終了すると, Raspberry Pi のディスプレイに表示された図 4 の画面から自己評価を記録する.

TA が記録する対応の自己評価は, 「知識」, 「コミュニケーション」, 「時間管理」の 3 指標について 5 件法で尋ねた. 「知識」は, 学生からの質問に答えるために十分な知識を有していたかを尋ねた. 「コミュニケーション」は, 学生とのコミュニケーションが円滑に行われ, 質問の意図や学生の理解度を把握することが出来たかを尋ねた. 「時間管理」は, 学生の理解度や質問の内容に対して, 適切な時間配分で対応を終了することが出来たかを尋ねた.

講義中の対応それぞれについて自己評価を記録し, 3 指標の結果が高かった対応を特定する. TA は, 自己評価の高い対応を成功経験として, その際の視野映像を用いた振り返りを行う.

5. 実験

本研究では理工系大学の学部 1 年生を対象とした, 基礎プログラミング演習の TA を対象とした. 同一の講義内容を扱う 5 クラス 10 名の TA にシステムを導入した. ウェアラブルデバイスを用いて取得した行動データと, 学生への対応の自己評価を記録した. 実験監督者が講義に立ち会い, 講義中の TA の行動を監視し, 取得した行動データに対して行動のラベル付けを行った. ラベルをリアルタイムで記録することで, 取得したデータと, その際の TA の行動を比較することが可能である. TA は学生への対応を終

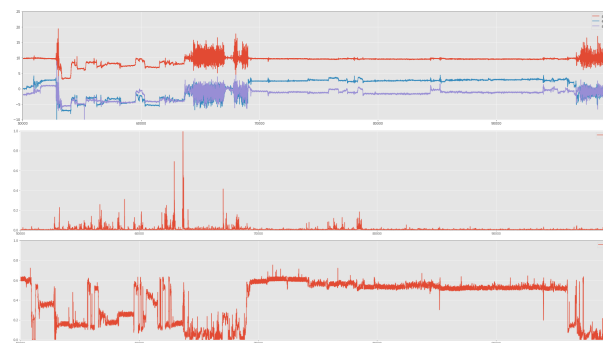


図 5 講義中の TA の行動データ (一部)
3 軸加速度 (上段), 音量 (中段), 距離 (下段)

えた際, 腰部に装着したデバイスを用いて, 対応の自己評価を記録した. TA が学生への対応を終えた際, その対応の自己評価の記録を忘れていた場合は, 実験監督者から TA が身に付けているデバイスに通知を送り, 自己評価の記録を促した.

6. 結果と考察

実際の講義に本システムを導入し, 講義中の TA の行動データを記録した. 講義中に記録した TA の行動データを図 5 に示す. 図 5 上段を見ると, TA の歩行動作と加速度成分の変化が対応していることがわかる. また, 図 5 下段を見ると, TA の発話行動と指向性マイクの音量が対応していることがわかる. しかし, 図 5 下段の距離センサの値は, TA の行動に対応した変化を確認することができない. そのため, TA の行動の分類を行う際, 距離センサの値は除外して分類を行った.

TA の講義中の歩行は不安定であるため, 鉛直方向の加速度成分のほうが, 水平方向の加速度成分に比べて安定した波形が得られた. そのため, 分析の簡単化を行う目的で, 分析には鉛直成分の加速度データと, 指向性マイクへの入力音量データを用いた.

得られた鉛直方向の加速度成分に対して平滑化を行うため, 区間数を 50 として移動平均を計算し, 標準偏差を求めた. これによって得られた加速度データの標準偏差の値の範囲が 0 から 1 になるよう正規化した. マイクの音量データは, TA のマイクへの接触などによる外れ値の処理を行った後, 値の範囲が 0 から 1 になるよう正規化した. 以上の処理を行った加速度データと音量データの一部を図 6 に示す.

講義全体の TA の行動データに対して, システム設計で定義した TA の行動分類に則り, 行動の分類を行った. システムを導入し取得した行動データのうち, 欠損したデータを除いた全 10 データを行動の推定に用いた. 講義中に実験監督者が記録した TA の行動のラベル (以下, 正解ラベル) と, 推定結果のラベル (以下, 推定ラベルとする) との一致率を求めた. 正解ラベルと推定ラベルの一致率を表

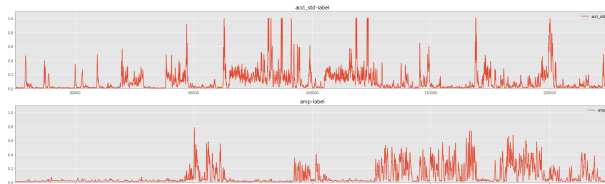


図 6 加工後の TA 行動データ (一部)
加速度の標準偏差 (上段), 音量 (下段)

表 1 TA 行動推定結果

TA	一致率 (全体)	一致率 (静態)	一致率 (巡回)	一致率 (対応)
TA1	0.745 0.689	0.883 0.876	0.106 0.034	0.820 0.707
TA2	0.777 0.804	0.913 0.918	0.153 0.102	0.868 0.886
TA3	0.658 0.527	0.916 0.991	0.031 0.052	0.437 0.193
TA4	0.312 N/A	0.860 N/A	0.040 N/A	0.385 N/A
TA5	0.487 N/A	0.382 N/A	0.035 N/A	0.895 N/A
TA6	0.409 0.519	0.874 0.960	0.199 0.539	0.140 0.000
平均	0.572	0.818	0.128	0.548

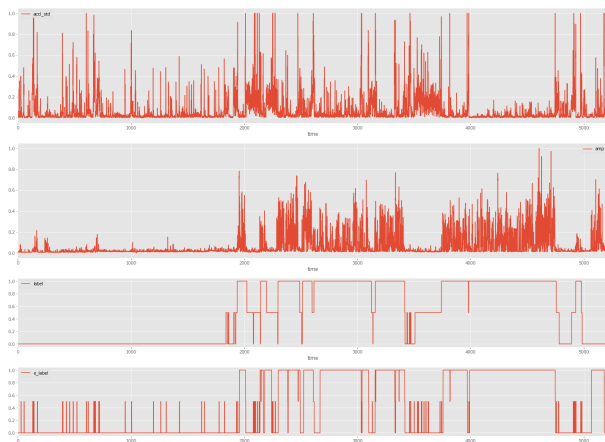


図 7 TA2 の行動データ (全体)
加速度の標準偏差 (1 段目), 音量 (2 段目)
正解ラベル (3 段目), 推定ラベル (4 段目)

1 に示す。実験は 2 週間に渡って行った。表 1 は各 TA の講義回ごとの行動ラベルの推定精度を示す。TA4, 5 については、1 回分の講義を欠勤したため、行動データは得られなかった。また、表 1 における TA2 の講義全体での行動データと行動ラベルの推定結果を図 7 に示す。

図 7 の正解ラベル、及び推定ラベルの値は、「0, 0.5, 1」の 3 つの値を取り、それぞれ TA の行動の「静態」、「巡回」、「対応」に対応している。

今回の実験で記録した距離センサの値は、講義中の TA の行動に対して規則的な変化を示さなかった。そのため、



図 8 TA6 の行動データ (全体)
加速度の標準偏差 (1 段目), 音量 (2 段目)
正解ラベル (3 段目), 推定ラベル (4 段目)

距離センサの値を用いて、講義中の TA の行動を推定することは困難であると判断し、加速度データと音量データのみを行動の推定に用いた。距離センサの値が、TA の行動の推定に有効に働かなかった原因は以下のようなものが考えられる。

一つ目は、講義中の TA が教科書などの教材を手に持ち行動する場合があることが挙げられる。TA の胸部に装着した距離センサが、TA が手に持った教材との距離を出力してしまい、学生への対応中のみ得られると想定していた TA の前方 1m 以内に物体が存在するという条件を満たす状況があったと考えられる。

二つ目に、距離センサそのものの特性に原因があると考えられる。今回使用した距離センサは正面 15cm から 150cm までの測距を想定している。この距離の間での得られる出力値は、距離センサとの距離が近いほど増加する。しかし、距離センサと正面の物体の距離が 15cm 未満になった場合、出力値が急激に低下するという特性がある。TA の胸部に取り付けた距離センサが、TA の身体の一部、机などの物体と 15cm 以内まで接近する可能性がある。そのため距離センサの出力値から、TA と TA の正面にある物体との距離を一意に求めることは難しかった。

以上が、距離センサの出力値が TA の行動の推定に有効ではない理由として挙げられる。

次に、表 1 の結果を見ると、TA6 の 2 回目の実験での学生への対応の推定の一致率が 0.000% となっている。TA6 の 2 回目の実験時の行動データを図 8 に示す。

図 8 の正解ラベルを観察すると、TA6 は講義中に学生への対応を 6 回行っていることがわかる。しかし、推定ラベルを観察すると、学生への対応は 1 回しか推定されておらず、またその時間は正解ラベルが示す学生への対応を行っていた時間とは異なる。このような結果が得られた原因は音量データにあると考えられる。図 7 の TA2 の音量デー

タと比べると, TA6 の音量データは極端に小さくなっていることがわかる. マイクへの入力音量が低くなっている原因として, TA の声量が小さかったことと, マイクの取り付け位置が適切でなかった可能性が考えられる. 講義中は先生がスピーカーを通じて教室全体に向けて話す場合も多く, 周囲の雑音を拾ってしまう可能性が高くなってしまう. そのため, マイクの指向性を変えることや, 感度を高くする方法は用いることができない. 本システムでは, 固定の閾値を設定し, TA の発話を検出する手法を用いた. しかし, 周囲の雑音を入力として受け取らず, さらに声量の小さい TA に対しても同様の精度で推定を行うためには, 異なる手法を検討する必要がある.

7. おわりに

本研究では, TA の自己効力感の向上を促すための, TA 行動記録システムを開発した. 提案手法により, 講義中の TA の行動を「静態」, 「巡回」, 「対応」の 3 状態に分類し, システムを用いて記録した行動データから TA の行動の推定を行った. 今後, TA の個人差の影響を受けない行動推定手法を検討する. また, 記録した講義中の TA の視野映像と, 学生への対応の自己評価結果を用いた振り返りを行い, 成功経験を用いた振り返りが, TA の自己効力感の向上に有効であるか調査する.

謝辞

本研究の一部は, JSPS 科研費 JP18K02911, JP18K18657, JP19H01710 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] D. A. Kolb. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall P T R, Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
- [2] Paul T Wong and Bernard Weiner. When people ask "why" questions, and the heuristics of attributional search. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 40, No. 4, p. 650, 1981.
- [3] Martin E Seligman and Steven F Maier. Failure to escape traumatic shock. *Journal of experimental psychology*, Vol. 74, No. 1, p. 1, 1967.
- [4] Albert Bandura. The explanatory and predictive scope of self-efficacy theory. *Journal of social and clinical psychology*, Vol. 4, No. 3, pp. 359-373, 1986.
- [5] 藤村まこと. 成功経験と失敗経験の振り返りが自信と努力量に及ぼす影響. 福岡女学院大学紀要. 人間関係学部編, No. 15, pp. 81-87, mar 2014.
- [6] 豊田雅樹, 安達智子. 経験の振り返りと自己効力, 努力量の関連: 関心の高低による比較. 大阪教育大学紀要. 人文社会科学・自然科学 = Memoirs of Osaka Kyoiku University, Vol. 67, pp. 1-16, feb 2019.
- [7] 中山誠一, 松沼光泰. 再帰訓練法は英語学習に対する自己効力感を向上させるか. 城西大学語学教育センター研究年報, No. 7, pp. 23-32, mar 2013.