

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：13904

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700893

研究課題名(和文)非装着型スマートセンサを用いた多機能学習活動フィードバックシステムの開発と評価

研究課題名(英文)Development and Evaluation of Learning Feedback System using non-wear Smart Sensors

研究代表者

李 凱 (LI, KAI)

豊橋技術科学大学・先端農業・バイオリサーチセンター・特任助教

研究者番号：10531543

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ヒューマンセンシング情報を活用し、学習状況を推測する行動認識研究である。具体的に、多様な学習活動を計測するシステムの開発、及び学習活動の定量化・可視化手法の研究を行った。結果として、9軸モーションセンサを用いて、無線で学習活動をセンシングすることができた。また、ノイズ除去、特徴量抽出、機械学習を行い、98.5%の識別率で5種類の学習活動を自動的に分類することができた。さらに、EEG脳波解析により学習行動情報と学習心理状態の関連付けを行った。本研究の成果を教育現場にフィードバックすることにより、教員は生徒の学習活動に応じて授業内容・方法を改善、質を向上させることが期待される。

研究成果の概要(英文)：This study focused on improving teaching effect by feedback students' learning status using activity recognition. We developed a learning activity detecting system with motion smart sensors to quantify and visualize the learners' activities. As a result, learning activities could be measured wirelessly with a 9-axis motion sensor. And 5 different activities could be classified automatically with a recognition rate of 98.5% after filtering noises, extracting feature characteristic and machine learning. Also the learning activities are associated with brain activities by electroencephalogram analysis. The results of the study show that teaching methods and teaching effects could be improved by feedback classified learning activities with smart motion sensors.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 機械学習 ヒューマンセンシング 学習活動 生体情報 フィードバック

1. 研究開始当初の背景

近年、大学では授業内容・方法を改善し、向上させるための取組み FD (Faculty Development) が義務化されている。FD に取り組むために、担当教員自身の努力・工夫が重要であり、生徒の受講態度や理解力に依りて授業内容や教え方を適切に変えていくことが欠かせない。従って、生徒の学習状況を的確に把握する必要がある、その必要性は今後さらに高まると考えられる。FD の推進、教育効果の向上など、社会的な貢献に結びつくことも期待できる。

学習活動を把握する研究はこれまでも数多く行われているが、その多くは質疑、アンケート、小テストなどフィードバック方法が使われ、主観的に生徒の学習状態を判断するものであった。また、客観的に学習状況を把握するための行動識別研究では、脳波、心電図、筋電図など生体情報を計測し、心理的・精神的変動を観察する方法が一般的な手法である。しかし、生体電気を引き出すために、装着型センサなど複雑な設備を手首など体の一部に取り付けなければならない。これらの方法は拘束性が高く、取得できる信号の信頼性が高い一方で実用化に問題があった。

しかし、近年、腕型ウェアラブル端末の普及と、センシング技術の進歩によって、人間行動を高精度で検出し、複数データを同時に認識できる様々な非接触式スマートセンサ(振動、変位、モーションなど)が開発されている。これらを利用して、本研究では従来の計測手法の拘束性を緩和しつつ、学習活動を測定・解析できる多機能フィードバックシステムの開発を試みる。さらに、客観的なヒューマンセンシング情報(動き、振動などの生体信号)と主観的なフィードバック情報(小テスト、アンケートなど)から、総合的に講義中の生徒の学習状況(理解度、集中度、覚醒度など)を計測・推定する。また定量化・可視化したフィードバック情報により、教員は学習状況の把握、授業内容・方法の改善、学習者は意味理解、学習効果の改善がみられることを最終的な目的とする。

2. 研究の目的

本研究では、モーションスマートセンサを用いて、多様な学習活動を計測するシステムの開発、及び学習活動の定量化・可視化手法の研究を目的とし、主に以下の3点を明らかにする。

(1) スマートセンサを用いて学習活動を計測する方法

学習活動を表現するパラメータとして、学習者の微動の動き、圧力の変化、接着点の移動などが挙げられ、これらをモーションスマートセンサを用いて計測する方法を検討する。

(2) 振動、動きなど生体情報から客観的学習状況を推定するアルゴリズムの開発

生体情報は個人差を有する情報であるた

め、その規格化とパラメータ化の手段を検討し、学習活動との関連付けを試みる。

(3) 学習活動の定量化、可視化方法の開発
理解度、集中度、覚醒度など状態の分類、評価の指標、その妥当性を確立し、学習活動の数値化・可視化を実現する。

3. 研究の方法

[平成24年度] 主に、学習活動を反映する要因の調査、学習活動の分類及び構造定義、ヒューマンセンシング情報計測システムのデザインを行った。以下詳細

(1) 授業内容・方法を改善するために必要な生徒の学習活動について、フィードバック情報、支援機能を調査した。加速度センサを用いた身体動揺の測定では、上下、左右、前後方向の振動が検知され、姿勢を推定可能することが可能と考えられる。さらに、MEMSにより開発された小型モーションセンサによって、より高い精度で人間の静的な状態や動的な姿勢が計測可能になるため、関連センサの購入及び開発を行った。

(2) システムデザインでは、要素分析によって学習活動フィードバックを提供する際に必要なヒューマンセンシング情報を検討した。具体的には、非装着センサの種類、設置場所、精度、パラメータなどを検討した。HASC (Human Activity Sensing Consortium) を参考に、人間行動理解のための大規模データベースの構造を検討した。

(3) Microsoft 社によって開発された Kinect センサを利用し、人間行動の深度、RGB、関節など3次元情報を抽出し、多様な学習活動を計測、識別することができた。

[平成25年度] H24年度にデザインした多機能フィードバックシステムの試作、学習活動の抽出・推定、並びに予備実験を行った。以下詳細

(1) 9軸モーションセンサを用いて、人間の行動を計測するシステムを構築した。具体的には、加速度、角速度(ジャイロ)、地磁気(方位)センサを搭載した IMU-Z モーションセンサモジュールを利用し、Bluetooth による無線でセンサデータをパソコンに転送するシステムを構築した。その結果、学習者が拘束されることがなく、センサを腕にバンドで取り付けただけで、各行動を計測することが可能になった。

(2) 各行動を認識するため、機械学習ツールを利用し各行動状態の特徴量を抽出した。まず、WEKA という機械学習ツールによって、学習フェイズで実験者から一連の動きに関するセンサデータを取得し、学習活動の識別器を作成する。次に分析対象である学習者から、同様にセンサデータを取得し、特徴量の抽出を行い、生成された識別器に入力し、自動的に学習活動の識別を行った。予備実験で行った結果として、揺らす、静止、前傾、後傾、横傾、歩くは行動認識率 65%で正しく分類された。

[平成26年度] H25年度の計画を継続し、学習行動を計測・解析するシステムの改良、推定認識率の改善、及び学習行動情報と学習心理状態の関連付けを行った。以下、詳細。
 (1) 計測・解析システムの改良を行った。昨年度は、市販 IMU-Z モーションセンサモジュールを利用して人間の行動を計測するシステムを構築したが、高価なため、今年度は低価格であるオープンソースハードウェア Arduino と 9 軸モーションセンサを使って、学習行動の計測システムを構築した。また、Matlab (MathWorks 社) を使って計測されたセンシングデータから特徴量を抽出・解析するシステムの改良も行った。

(2) 行動を認識するため、昨年度開発した識別器の改良を行った。まず、実験者の右腕にモーションセンサを取り付け、一連の動きに関するセンサデータを記録した。次に、ビデオ記録に基づいて手で活動ラベル(静止、キーボード操作、マウス操作、筆記、読書)を付与した。計測した 9 軸センサデータが膨大なため、得られた各軸データを、2 秒の時間窓(20 データ)で分割し、時間窓内の平均、分散、主成分の特徴量を求め、次元を削減する(9 軸×20 から 9×3 次元に)。そして、得られた特徴量を使って、決定木、k-NN(k 最近傍法)、SVM(サポートベクターマシン)などの分類器を試し、ホールアウト検定による機械学習を行った。交差検定の分割数を 20 に設定し、80%のデータを学習セットとして識別器に学習させ、残った 20%のデータをテストセットとして識別器の精度を評価した。

(3) 推定の可視化と、各学習行動と学習心理状態の関連付けを行った。具体的には、まず、新たに収集されたテストデータについて、同じく平均、分散、主成分の特徴量を求め、選定された一番高い精度の識別器に適用させ、自動的に学習活動のカテゴリ分類を推定・可視化した。次に、脳波を検出する無線ヘッドセット emotiv を使って、各学習行動の EEG 脳波を記録・解析した。記録された脳の活動を波、波に分け、頭部の活発度により安静度、集中度など心理状況を推測した。そして、モーションセンサから得られた行動情報と EEG から得られた心理状態の関連付けを行った。結果として、集中低下に伴い、揺らす、傾きなどの行動が多く見られた。

4. 研究成果

本研究は、モーションスマートセンサを用いて、多様な学習活動を計測するシステムの開発、及び学習活動の定量化・可視化手法の研究を目的とし、以下の成果を得ることができた。

(1) 予備実験で各学習環境における活動をモーションセンサで計測し、学習活動を分類することで、学習状態の推定が可能になると考えられる。学習活動の分類項目を具体的に列挙すると、教室学習環境における活動に関して、揺らす、静止、前傾、後傾、横傾、

歩く、パソコンを利用した学習環境における活動に関して、静止、キーボード操作、マウス操作、筆記、読書である。

(2) 9 軸(加速度、角速度、地磁気)モーションセンサを使って、学習行動の計測システムを構築した。センサデータが無線でパソコンに転送されることで、学習者を口ガパソコンに拘束することなく計測が行える。そのため、学習者の学習活動に与える影響が少ないと考えられる。また、腕にバンドを固定するだけなので設置が簡単というメリットもある。

(3) 活動推定の識別器を作成した。ノイズ除去および特徴量の抽出を行い、決定木、SVM、KNN などいくつか分類器を用いた機械学習を行った。線形 SVM の精度が一番高く、98.5%、次は k-NN で 97.6%、決定木は 85.0%であったため、線形 SVM を分類器として選定し、活動推定の識別器を作成した。分類された五つの学習活動(静止、キーボード操作、マウス操作、筆記、読書)の識別結果を Confusion Matrix 表として表 1 に示す。表の横軸は予測されたカテゴリ、縦軸は真のカテゴリ、各セルの数字は識別された活動の数を表す。表 1 からわかるように、パソコンを利用した学習における 5 つの学習活動の認識率は平均 98.5%で正しく分類された。また、図 1 として、5 つの学習活動の散布図の中でも SVM 分類によるものを取り上げた。横軸は X 軸加速度センサの平均値、縦軸は Y 軸加速度センサの平均値を表す。図 1 から散布図によって各活動の分布が異なることがわかる。以上の結果から、9 軸モーションセンサを用いて十分な精度で学習活動を識別できることが考えられる。

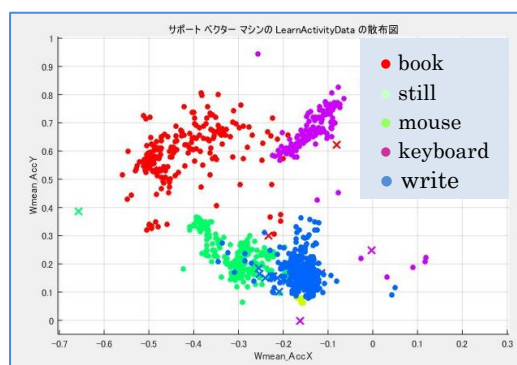


図 1 線形 SVM による各活動の散布図

表 1 各学習活動の識別結果

a	b	c	d	e	カテゴリー	精度
40	0	0	0	1	a = 読書	97.6%
0	20	0	0	0	b = 静止	100%
1	0	48	0	0	c = マウス	98%
0	0	1	6	0	d = キーボード	98.5%
0	0	0	0	29	e = 筆記	100%

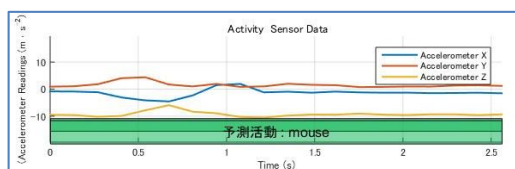


図 2 線形 SVM による各活動の散布図

(4) 学習活動の可視化を実現した。選定された SVM 識別器に適用させ、五つの学習活動カテゴリーを自動的に推定することができた。図 2 のグラフは実際に計測されたセンサデータ、下の部分は識別器で推定された学習活動を示す。

以上の研究成果を関連する国内の教育工学会、国際会議 ED-Media、E-Learn にて発表した。

本研究では、モーションスマートセンサを用いて、多様な学習活動を計測するシステムの開発、及び学習活動の定量化・可視化手法の研究を行った。本研究の成果は、教育現場において汎用性が高く、授業方法や教育評価の改善が期待できる。それにより、教育現場に大きく貢献するものではないだろうか。

今後は、様々な学習環境における学習活動の収集、識別アルゴリズムの改善を行い、広い範囲での性別、年齢を網羅した検証実験を進めていく。さらに、システムの商品化、パッケージ化を行い、教育効果の向上に貢献していく。

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 3 件)

- 1) Li, K. and Iribe, Y.(2012).Supporting Continued Communication with Social Networking Service in e-Learning, Intelligent Interactive Multimedia: Systems & Services, pp. 569-577
- 2) Li, K. (2013). Wireless Sensor Networks for Learning Activity Monitoring: Design and Development, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, pp. 1053-1057
- 3) Li, K. (2014). Detecting Learning Activities with MEMS Sensors and Machine Learning,

World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Vol. 2014, No. 1, pp. 1157-1162

〔学会発表〕(計 6 件)

- 1) 李凱(2012)非装着型センシング技術による学習活動検出システム開発の試み、日本教育工学会第 28 回全国大会, pp.683-684
- 2) K. Li, T. Kumazaki, and M. Saigusa (2012)Developing Wireless Sensor Networks in Greenhouse with Arduino, Asia-Pacific Interdisciplinary Research Conference, pp.93
- 3) 李凱(2013)モーションセンサを用いた学習者の状態推定、日本教育工学会第 29 回全国大会, pp773-774
- 4) K. Li, T. Kumazaki, and M. Saigusa(2013) Development of a Low-cost Environmental Monitoring System for Greenhouses, Asia-Pacific Interdisciplinary Research Conference, pp.53
- 5) 李凱(2014)学習環境及び学習活動を可視化するセンサネットワークの開発、日本教育工学会第 30 回全国大会、pp649-650
- 6) K. Li, T. Kumazaki, and M. Saigusa(2014)Development of a Wireless Sensor Network for Monitoring Environmental Distribution in Greenhouses, Asia-Pacific Interdisciplinary Research Conference, 7P-33

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

李 凱 (Li, Kai)

豊橋技術科学大学・先端農業バイオリサーチセンター・特任助教

研究者番号：10531543