

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18670

研究課題名（和文）適応的な学習支援を目指した生体情報計測による学習活動のモニタリング手法の確立

研究課題名（英文）Establishment of Monitoring Method for Learning Activities by Measuring Biometric Information toward Supporting Adaptive Learning

研究代表者

森田 裕介（MORITA, Yusuke）

早稲田大学・人間科学学術院・准教授

研究者番号：20314891

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本課題では、対面授業と遠隔授業において生体情報計測モニタリングに関する実験的な検証を行った。対面授業での実験結果から、学生の「集中」や「緊張」は、教員やTAが観察しても判断できないが、皮膚電気抵抗を用いることによって、グループ活動における各学習者の覚醒度についてモニタリング可能であることを示した。また、遠隔学習者の生体情報リアルタイムモニタリングの実験結果から、皮膚電気抵抗を用いることで学習状態を測定できることを示した。主観評価を合わせた分析結果から、遠隔授業であっても授業で指名される可能性がある場合は、講義を受動的に視聴している時よりも、発言時に緊張が高まることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題では、文部科学省が提唱する適応的な学習を実現するため、皮膚電気抵抗を用いて学習者の心的な覚醒度を測定し、アクティブラーニングにおけるひとつの評価指標としての利用可能性を検討した。教室における対面でのアクティブラーニングは、議論における挙手や発言などの観察可能な学習活動のみで評価されることが多い。しかしながら、発言回数が少ない学習者も、議論中には様々な思考活動を行っている。遠隔学習環境で個別に学習をする学習者は、観察することが難しい。生体情報をモニタリングすることによって、より適切な学習支援が可能になる。

研究成果の概要（英文）：In this project, we conducted an experimental verification of biometric measurement monitoring in face-to-face classes and distance classes. The results showed that the "concentration" and "tension" of the students cannot be determined by the teachers and TAs in classroom, but it is possible to monitor the awareness level of each learner in the group activity using by the skin electrical resistance. Also, the results showed that it is possible to monitor the arousal level of each distance learner in discussion and presentation sessions by using the skin electrical resistance. From the analysis results including the subjective evaluation, it became clear that the tension is higher in the active class than in the passive class.

研究分野：教育工学

キーワード：生体情報 モニタリング アクティブラーニング

## 1. 研究開始当初の背景

近年、個人の健康状態を把握することが可能な腕時計型やメガネ型の生体情報計測装置は、日常生活に欠かせないものとなっている。また、コンピュータを使った学習時の学習データ分析（ラーニングアナリティクス）研究も急速に進んでいる。生体情報を用いて学習状況をモニタリングし、学習者の特性に合わせた即時フィードバックを行う適応的学習支援の確立は、未来の教室授業を大きく変革する可能性を有している。生徒の集中度や学習活動をモニタリングできれば、遠隔学習（例えば、MOOCs：大規模公開オンライン講座）を用いた学位認定も可能になる。多数の生体情報の同期的計測・モニタリング環境の構築ならびに生体情報データを用いた学習状況の把握は、適応的な学習（Adaptive Learning）を支援する上でも有意義である。また、実験室における心拍・瞳孔径計測装置を用いた分析についても、遠隔学習者の活動モニタリングの観点から有意義である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、次の2点であった。

### (1) 生体情報計測システムの開発

心電位計測センサ（心拍数、HRV）、脈波センサ（指尖容積脈波）、皮膚コンダクタンス計測センサ（発汗量）を実装した生体情報を同期的に計測・モニタリングするモバイル型の生体情報計測装置を製作する。また、測定したデータをネットワーク経由で収集し、教師や学生に適切なフィードバックをする環境を構築する。

### (2) 学習者の生体情報計測手法の開発

対面授業環境と遠隔授業環境を想定し、複数の生体情報データを多変量・多次元的解析ならびに機械学習を用いて複合的に分析（複合指標統合化分析）するため、授業時の学習活動（聴講、議論、発表、グループワーク）ごとに、各学習者に対して適切なフィードバックを与える方法、教師やティーチングアシスタントが適切な学習支援を行う方法を検討する。

## 3. 研究の方法

### 3.1 生体情報計測システムの開発

IoT 皮膚コンダクタンス測定器（以下、測定器）の作成については、教室内の学生全員のデータをパラレルに測定するため、学習者の手首に装着可能なサイズの電子基板を切削マシンで作成し、電子部品（抵抗、ダイオードなど）を手作りで半田付けして 50 台作成した。また、ケースは 3D プリンタで作成し、無線 LAN 経由でデータを蓄積できる仕組みを構築した。

### 3.2 学習者の生体情報計測手法の開発

前項で開発したシステムを用いて、授業における学習者の活動をモニタリングした。また、心拍と瞳孔径について計測装置を用いて学習活動をモニタリングし分析を行った。

## 4. 研究成果

### 4.1 生体情報モニタリングシステムの開発

図 1 に、開発したハードウェア（IoT 皮膚コンダクタンス測定器）と実際に装着した様子を示す（長野ほか 2019 から転載）。計測値はサーバ側のソフトウェアで処理を行う構成となっている。NTP サーバ経由で得られたタイムスタンプとともに、10 秒毎に Wi-Fi 経由でサーバに HTTP プロトコルで送信し、サーバ側でディスクに記録した。また、計測装置上面には装置ごとに固有の URL を表す QR コードが貼り付けられており、ユーザーは自分のスマートフォンで当該 URL を表示することにより、直近 10 分間の皮膚電位抵抗の変化を確認することができるように設計した。生体情報モニタリングシステムは、ソフトウェア、ハードウェアともに、できる限りオープンソースであるものを用いて構成した。学校等でも使用できるようにコストを下げ、かつ運用可能なデザインとした。また、身体への装着の負担を考慮し、サイズを小さくした。

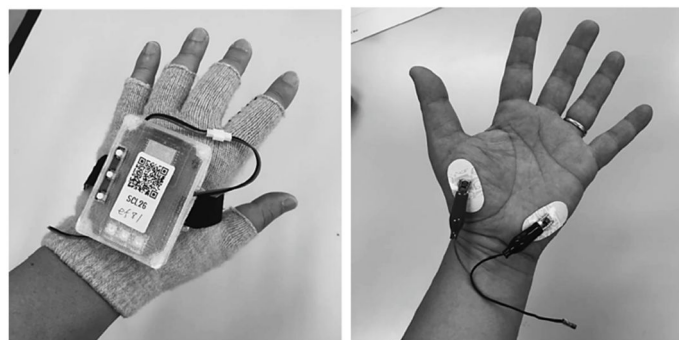


図 1 開発した測定器と装着した様子

### 4.2 学習者の生体情報計測手法の開発

#### (1) 皮膚コンダクタンス測定によるリアルタイム・モニタリング

まず、作成した測定器を用いて、対面授業場面において計測を試みた。大学生 48 名を対象に、ホワイトボードに描かれた的に向けて、銃型玩具で吸盤つきダーツを発射し、得点を競いあう射的課題を実施させ、皮膚コンダクタンス（以下、SC）を測定した。実験の結果、多数の学習者のデータを同時に計測できることを確認した。一方で、遠隔授業での生体情報計測モニタリングを実施するため、計測装置を自宅に持ち帰らせ、データを収集する試みも行った。分析の

結果、データ収集は可能であるが、活動の様子が明確でないため、記録方法を検討する必要があることが明らかになった。次に、対面授業と遠隔授業において生体情報計測モニタリングに関する実験的な検証を行った。まず、対面授業での生体情報計測モニタリングに関する分析を行った。大学生 12 名を対象とし、講義パート、議論前半・議論後半パート、発表パートの 4 つに分け、1 秒ごとの発汗量を測定した。その結果、グループ活動における各学習者の覚醒度について、客観的評価指標のひとつとしてモニタリング可能であることが明らかとなった。また、授業のビデオをティーチングアシスタントに試聴させた結果、「集中」や「緊張」に関しては、学習者の観察からは判断できないことも明らかになった。生体情報計測の結果と、ティーチングアシスタントの主観的評価に乖離があった学習者に対する情意面の評価は、「集中」と「緊張」の 2 項目において発汗反応を客観的指標として推定できることが示唆された。

(2) 皮膚コンダクタンス測定による遠隔学習者の分析

遠隔学習者の生体情報リアルタイムモニタリングの実験を行った。実験参加者は大学生 15 名とした。まず、IoT 皮膚コンダクタンス (SC) 測定器 (以下、測定器) の作成については、前年度と同様に、学習者の手首に装着可能な装置を作成した。また、無線 LAN 経由でデータを蓄積できる仕組みを構築した。次に、作成した測定器を用いて、遠隔授業場面を想定した実験を行った。遠隔授業場面については、オンラインコミュニケーションツールを用いた場面と、360 度映像のライブストリーミングを用いた場面について生体情報を計測しデータを分析した。分析は、比較的ノイズの少ない 10 名の実験参加者を対象とした。SC 測定の結果について二要因混合分析を行った結果、活動要因の主効果が有意であった ( $F(6,48)=5.339, p<.01$ )。指名意識要因の主効果と、活動要因と指名意識要因の交互作用とはいずれも有意ではなかった。IBI から算出した HRV ではいずれの項目も有意ではなかった。意識群のみの SC に対する一要因参加者内分散分析を行ったところ、学習活動ごとの SC 値の差が有意であった ( $F(6,30)=4.094, p<.01$ )。多重比較の結果、議論 1 回目 ( $p<.01$ )、発言 1 人目 ( $p<.10$ )、議論 3 回目 ( $p<.01$ ) に差があった。よって、意識群は、安静状態や講義を視聴している状態と比較して、議論 1 回目、発言 1 人目、議論 3 回目とで有意に SC 値が高くなった。以上の結果から、議論パートと発言パートの皮膚電気抵抗には有意な差があった。主観評価を合わせた分析結果から、遠隔授業であっても授業で指名される可能性がある場合は、講義を受動的に視聴している時よりも、発言時に緊張が高まることが明らかになった。

(3) 心拍・瞳孔径測定による学習状況の分析

実験では、大学生 24 名に対して、映像授業を視聴させ、心拍変動および瞳孔径変化を測定した。

心拍変動については、個人差の影響を排除するために、LF/HF 値の平均について、平均が 0、標準偏差が 1 となるように標準化した。そして、群要因とパート要因からなる二要因混合分散分析を行った (図 2)。その結果、交互作用が見られた ( $F(2, 44)=3.36, p<.05$ )。そこで、単純主効果の分析を行ったところ、群要因において、前半パートでは、低群の LF/HF 値の平均は、高群に比べて、有意に大きかった ( $F(1, 22)=9.85, p<.01$ )。一方、パート要因において、高群、及び、低群で有意差が見られた (高群:  $F(2, 44)=8.12, p<.01$ , 低群:  $F(2, 44)=5.48, p<.01$ )。

瞳孔径の変化については、個人差の影響を排除するために、瞳孔径の平均について、平均が 0、標準偏差が 1 となるように標準化し、群要因とパート要因からなる二要因混合分散分析を行った (図 3)。その結果、交互作用が見られた ( $F(2, 44)=4.80, p<.05$ )。そこで、単純主効果の分析を行ったところ、前半パートでは、低群の瞳孔径の平均は、高群に比べて、有意に大きかった ( $F(1, 22)=4.77, p<.01$ )。さらに、後半パートでは、高群の瞳孔径の平均は、低群に比べて、有意に大きかった ( $F(1, 22)=4.84, p<.01$ )。一方、パート要因において、高群、及び、低群で有意差が見られた。以上の結果から、映像授業における主観的難易度の程度が高かった群では、映像教材の後半パートにおいて、主観的難易度が、前半パートに比べて、有意に高かったことが明らかになった。また、映像教材における主観的難易度の高低は、心拍変動、及び、瞳孔径変化に影響する可能性が示唆された。

引用文献 (主なものを抜粋)

長野祐一郎, 永田悠人, 宮西祐香子, 長濱澄, 森田裕介 (2019) IoTSC 測定器を用いた授業評価。生理心理学と精神生理学, 37(1):17-27

DOI <https://doi.org/10.5674/jjppp.1903si>

長濱澄, 大出香菜子, 宮西祐香子, 加藤一聖, 丸

井朱里, 森田裕介 (2019) 映像教材における教材の難易度が生体情報に与える影響についての分。日本教育工学会論文誌, 43(Suppl.): 145-148 <https://doi.org/10.15077/jjet.S43088>

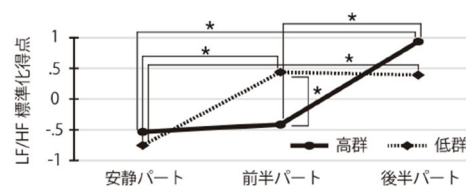


図 2 LF/HF 値の多重比較結果

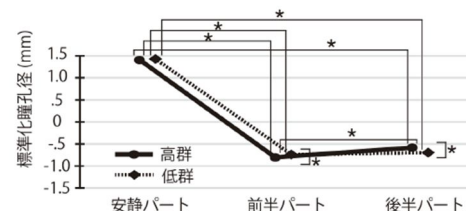


図 3 瞳孔径の多重比較結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Nagahama, T., Morita, Y.	4. 巻 12
2. 論文標題 How Learning-styles Influence Learning Experience with Lecture Video Played at Different Speeds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal for Educational Media and Technology	6. 最初と最後の頁 29-40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 長濱澄, 名取優太, 岩附直登, 川島一朔, 森田裕介, 百瀬桂子	4. 巻 42
2. 論文標題 映像コンテンツの高速視聴における事象関連電位P300振幅を指標とした注意配分量の分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 41-44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.15077/jjet.S42026">https://doi.org/10.15077/jjet.S42026</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 長濱 澄、大出 香菜子、宮西 祐香子、加藤 一聖、丸井 朱里、森田 裕介	4. 巻 43
2. 論文標題 映像教材における教材の難易度が生体情報に与える影響についての分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 145-148
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.15077/jjet.S43088">https://doi.org/10.15077/jjet.S43088</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Nagahama, T., Morita, Y.	4. 巻 13
2. 論文標題 Effect Analysis of High-Speed Presentations of Educational Video Utilizing Synthetic Speech	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal for Educational Media and Technology	6. 最初と最後の頁 66-74
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 長野 祐一郎, 永田 悠人, 宮西 祐香子, 長濱 澄, 森田 裕介	4. 巻 37
2. 論文標題 IoT皮膚コンダクタンス測定器を用いた授業評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生理心理学と精神生理学	6. 最初と最後の頁 17-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI <a href="https://doi.org/10.5674/jjppp.1903si">https://doi.org/10.5674/jjppp.1903si</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長濱 澄, 浅見 隆平, 奥本 隼, 梅村 恭司, 森田 裕介	4. 巻 19
2. 論文標題 映像教材の難易度に関するタギング操作と視聴操作の関連性に関する一検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教育工学会研究報告集	6. 最初と最後の頁 169-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 長濱 澄, 浅見 隆平, 奥本 隼, 梅村 恭司, 森田 裕介	4. 巻 19
2. 論文標題 タギング機能を活用した映像教材の視聴における操作と主観的難易度の関連性に関する一検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教育工学会研究報告集	6. 最初と最後の頁 449-454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Yusuke Morita, Keiko Iizuka, Toru Nagahama
2. 発表標題 A Trial Study on Connected Media for Correspondence High School Students
3. 学会等名 EdMedia (国際学会)
4. 発表年 2018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	長野 祐一郎  (Nagano Yuichiro)  (00325870)	文京学院大学・人間学部・准教授   (32413)	
研究 分担者	長濱 澄  (Nagahama Toru)  (50779270)	早稲田大学・人間科学学術院・助教   (32689)	