

令和 5 年 4 月 28 日現在

機関番号：53101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20853

研究課題名（和文）個別最適化学習のパラダイムシフトを生む情動反応からのリアルタイムな理解度の可視化

研究課題名（英文）Real-time Visualization of Comprehension from Emotional Responses that Creates a Paradigm Shift in Individually Optimized Learning

研究代表者

土田 泰子（Tsuchida, Yasuko）

長岡工業高等専門学校・一般教育科・教授

研究者番号：30455125

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）：本研究では、学習者の生体情報の変化から、学習中の理解度をリアルタイムで可視化するシステムを開発することを目指した。難易度の異なる英語動画教材を被験者が視聴し、実験中の表情・表面温度・指尖容積脈波・視線・皮膚コンダクタンスについて計測を行った。これらのデータのうち、顔表面温度・指尖容積脈波・皮膚コンダクタンスについて、理解度との相関に着目して解析した。理解度の主観評価が高いほど、心拍と考えられる周波数の値が減少し、皮膚コンダクタンスの急増回数が減少する傾向と、顔表面温度の傾きが減少する傾向が見られた。これらの生体情報が理解度推定の指標となる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では学習時の生体情報に注目し、その変化を解析することで、学習に対する即時的な理解度を推定することを目指した。本研究の成果により、その学習者が今あると考えられる予想学習状態を即時的に知ることが可能になり、従来のテスト形式等とは異なる、全く新たな理解度の判定手法が提供されることとなる。学習状況に応じて個別最適化された指導法の開発や、英語力向上の鍵となる未知の問題を発見する手掛かりとなることが考えられ、英語教育の分野に対する貢献だけでなく、新たな学問分野や産業に発展する可能性が大いに期待できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a system to visualize the degree of comprehension while learning based on changes in learners' biometric information in real time. Participants watched English video materials of different difficulty levels, and their facial expression, surface temperature, pulse wave, gaze, and skin conductance were measured during the experiment. Among these data, facial surface temperature, pulse wave, and skin conductance were analyzed focusing on their correlation with comprehension. The higher the subjective evaluation of comprehension, the lower the value of the frequency considered to be a heartbeat, the lower the number of surges in skin conductance, and the lower the gradient of facial surface temperature. These biometric data were shown to have the potential to serve as indicators of comprehension estimation.

研究分野：コミュニケーション

キーワード：生体信号 多次元解析

### 1. 研究開始当初の背景

Society 5.0 時代においては公正に個別最適化された学びの実現が求められるが、個々の学習者の特性を認知し、学習者の学習状況や理解度に応じて適切な指導を行う能力は、教員の経験や力量によって大きな差がある。特に英語の授業では、学生個々の英語力にも差がある場合が多く、授業後に時間が経ってからスタディ・ログを基に学習状況を分析する方法では、その時点で学習内容の理解に大きな差ができてしまっている現状がある。

### 2. 研究の目的

もし学習中に学習者の生体情報を用いてリアルタイムで学習に対する「理解度」を判定することができれば、理解度に応じて教材や教授方法、授業展開を即時的に、かつ自動的に切り替えることが可能となり、熟練教員でなくとも、新任教員、あるいは近未来の AI 教員であっても、個別に最適化された学習を実現できることになる。顔画像を用いて感情を判定するシステムはすでに開発されているが、理解度を直接判定することは実現できていない。そこで、学習者の表情や行動の変化、さらに心拍数や体温、視線、脳波、脳血流量などの生体情報の変化から、学習者の授業に対する理解度をリアルタイムで可視化して共有できるシステムを開発する。

### 3. 研究の方法

理解度の可視化を実現するため、e-learning を想定した英語教材動画を PC 上で学習し、学習中の顔表面温度・指尖容積脈波・皮膚コンダクタンスを計測する。顔表面温度・指尖容積脈波・皮膚コンダクタンスは、生体信号収録装置（ミュキ技研、ポリメイトプロ MP6000）により計測する。5 分の学習の後、1 分間を閉眼安静とし、その後学習内容について理解できたかどうかの主観評価アンケートを実施する。動画内容を①字幕なし、②英語字幕付き、③日本語字幕付き、④字幕なしの順に変更する形式で実験を繰り返し、必要な数のデータを収集する。学習後に実施する主観評価アンケートでは、英語教材動画に対する理解度について、1 を最も低い、10 を最も高いとして、10 段階での回答を求める。実験で得られた生体情報と主観評価アンケートの回答を関連付け、理解度の推定に有効な生体情報の指標を明らかにする。実験には、本研究代表者の勤務校に在籍する男子 10 名（20 歳）が参加した。

### 4. 研究成果

本研究では、実験用の英語学習教材として、著名人による英語プレゼンテーションを公開している TED の動画を使用した。TED の特徴の一つとして、動画中に主要な言語の字幕を選択して表示させる機能があり、英語のプレゼンテーション動画内容を違う言語圏の人でも理解することができる。実験では、理解度の主観評価に応じた生体情報を得るために、動画の難易度を変える必要があるため、TED の字幕機能を用いて、同一の内容で難易度を変更した字幕なし、英語字幕付き、日本語字幕付きの 3 種類の動画を用意して実験を行った。字幕機能を用いて難易度を変更することで、被験者の英語運用能力に関わらず、視聴した動画によって理解度の主観評価に差がある状態を作ることを目指したものである。

測定した顔表面温度・指尖容積脈波・皮膚コンダクタンスの時系列データをグラフ化し、それぞれの生体情報の特徴量とその傾向について検討を行った。

顔表面温度の時系列データから見受けられた特徴量とその傾向について、理解度の主観評価が低い場合と高い場合の、顔表面温度の時系列データの例を、図 4-1、図 4-2 に示す。顔表面温度の時系列データを近似して得られる一次関数の傾きに注目すると、理解度の主観評価が高くなるにつれて、負の向きに大きくなる傾向が見受けられた。特に 10 名の被験者の内 7 名が「①字幕なし」の視聴では傾きが正であったが、「④字幕なし」では傾きが負となっていた。

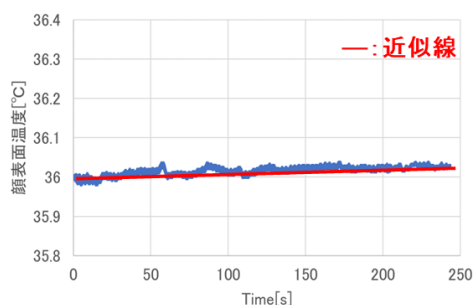


図 4-1 顔表面温度の時系列データ例  
(理解度の主観評価が低い場合)

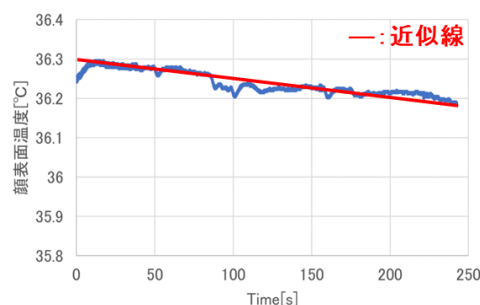


図 4-2 顔表面温度の時系列データ例  
(理解度の主観評価が高い場合)

指尖容積脈波の時系列データから見受けられた特徴量とその傾向について、指尖容積脈波の時系列データの例とその拡大図を図 4-3、図 4-4 に示す。図 4-4 から分かるように、指尖容積脈波の時系列データには心拍と考えられる 1Hz 程度の一定周期の波が見られた。この波の周波数値について、理解度の主観評価が高くなるにつれ減少する傾向が見受けられた。

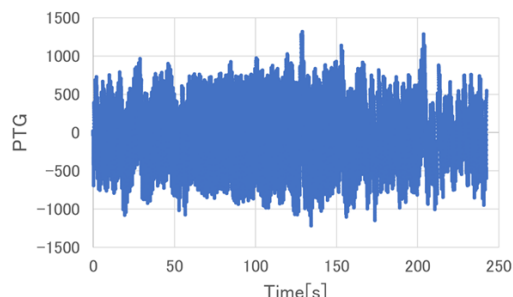


図 4-3 指尖容積脈波の時系列データ例

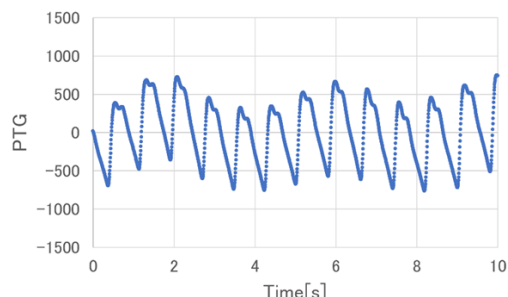


図 4-4 時系列データ例の拡大図

皮膚コンダクタンスの時系列データから見受けられた特徴量とその傾向について、理解度の主観評価が低い場合と高い場合の、皮膚コンダクタンスの時系列データの例を図 4-5、図 4-6 に示す。図 4-5 の矢印が指す箇所に着目すると、図 4-6 にはない、皮膚コンダクタンスが急増する特徴的な瞬間が存在している。この急増回数に着目すると、理解度の主観評価が低い場合には、皮膚コンダクタンスの急増回数が増え、理解度の主観評価が高い場合には、皮膚コンダクタンスの急増回数が減る傾向が見られた。

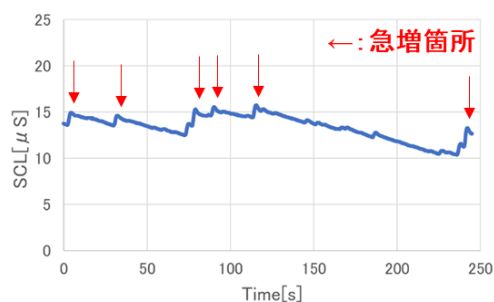


図 4-5 皮膚コンダクタンスの時系列データ例  
(理解度の主観評価が低い場合)

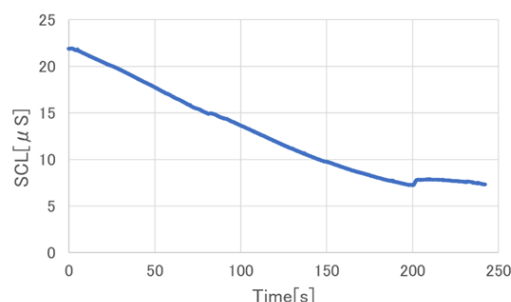


図 4-6 皮膚コンダクタンスの時系列データ例  
(理解度の主観評価が高い場合)

本研究では学習時の生体情報に注目し、その変化を解析することで、学習に対する即時的な理解度を推定することを目指した。難易度の異なる英語動画教材を被験者が視聴し、実験中の生体情報について計測を行った。計測で得られたデータのうち、顔表面温度・指尖容積脈波・皮膚コンダクタンスについて、理解度との相関に着目して解析を行った。理解度の主観評価が高いほど、心拍と考えられる周波数の値が減少し、皮膚コンダクタンスの急増回数が減少する傾向と、顔表面温度の傾きが減少する傾向が見られた。これらの生体情報が理解度推定の指標となる可能性が示された。本研究の成果により、その学習者が今あると考えられる予想学習状態を即時的に知ることが可能になり、従来のテスト形式等とは異なる、全く新たな理解度の判定手法が提供されることとなる。学習状況に応じて個別最適化された指導法の開発や、英語力向上の鍵となる未知の問題を発見する手掛かりとなることが考えられ、英語教育の分野に対する貢献だけでなく、新たな学問分野や産業に発展する可能性が大いに期待できると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 八子 拓也、下田 明、八子 亮太、和田 政輝、土田 泰子、外山 茂浩	4. 巻 23
2. 論文標題 自己組織化マップを用いた英文読解時の視線・脳波解析による英語能力の推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 397 ~ 406
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.23.4_397	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2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小日向慶人、和田政輝、土田泰子、外山茂浩
2. 発表標題 課題遂行時の集中度及び理解度の評価
3. 学会等名 第27回高専シンポジウムオンライン
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuko Tsuchida, Shigehiro Toyama, Michiaki Omori
2. 発表標題 Visualization of English Language Ability by Self-Organizing Map Using Biological Signals
3. 学会等名 5th STI-Gigaku (国際学会)
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	大森 理聡  (Omori Michiaki)  (30707386)	長岡工業高等専門学校・一般教育科・准教授    (53101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	外山 茂浩  (Toyama Shigehiro)  (60342507)	長岡工業高等専門学校・電子制御工学科・教授     (53101)	

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