

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32682

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K20016

研究課題名（和文）脳活動特徴空間の構築によるオンライン授業視聴中の学習状態の可視化

研究課題名（英文）Visualization of learning states during watching online video class by developing feature space of brain activity

研究代表者

嶋田 総太郎（SHIMADA, Sotaro）

明治大学・理工学部・専任教授

研究者番号：70440138

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、動画授業を実施・試聴しているときの先生と生徒の脳活動、および協調作業をしている2人の脳活動を近赤外分光法（NIRS）および脳波（EEG）を用いて測定し、前頭前野などいくつかの脳領域で被験者間に共通する脳活動を見出した。この知見をもとに、脳活動データを被験者間相関（ISC）が最大化されるように主成分分析（PCA）を行い、上位の主成分をベースに受講者の脳活動を特徴空間にマッピングする技術の開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の情報技術の発展により教育コンテンツのオンライン化（オープンエデュケーション）が進み、また現在のコロナ禍の影響も重なって、世界的にもオンライン授業の重要性が高まっている。本研究では、同一の授業内容が再現性を持って提供されるオンライン動画授業を主眼として、学習に関する脳活動を特徴空間にマッピングする技術の開発を行った。これによって学習状態のよりの確な把握と、これに基づいたテーラーメイド教育への可能性を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted experiments to measure brain activities of a teacher and a student who underwent online video class or of two individuals performing a cooperative work by using near-infrared spectroscopy (NIRS) or electroencephalography (EEG), and found similar brain activities among participants during the tasks. Based on these results, we developed a technique to map brain activity of an individual during watching a video class on a brain-activity-based feature space, by employing the principal component analysis (PCA) that maximizes inter-subject correlation (ISC) of participants' brain activities.

研究分野：認知脳科学

キーワード：オンライン授業 脳活動計測 被験者間相関 近赤外分光法 脳波

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

#### 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年の情報技術の発展により教育コンテンツのオンライン化(オープンエデュケーション)が進んでいる。特に世界の一流大学の授業動画が無料でオンライン公開される MOOC( massive open online course ) の受講者数は拡大の一途を見せしており、オープンエデュケーションへの流れを加速させている。日本でも高等教育改革が進められている中で、アクティブラーニングや生涯学習がキーワードとなり、オンライン授業の重要性が高まっている。

(2) 脳科学と教育分野は 2000 年代初頭に日本を含む世界各国で精力的に研究が進められた。その結果、特に発達科学や発達障害との関連で目覚ましい成果を上げてきたが、近年のコンピュータ能力やインターネット環境の爆発的な性能向上によって可能性が拓けてきたオープンエデュケーションを見据えた研究はまだ行われていない。

(3) 申請者はこれまでに社会性認知ないしメディア視聴に関する認知脳科学研究を主なテーマとして、脳波計( EEG )、近赤外分光法( NIRS )、機能的核磁気共鳴法( fMRI )などの脳活動計測装置を用いるとともに、様々な脳活動データ解析技術に精通してきた。最近では、従来の一般的なタスク-レスト型に構造化された実験だけでなく、映画視聴や対面コミュニケーションなどあまり構造化されていない刺激を用いた脳活動計測も進めている。世界的には、Hasson らが映画を視聴しているときの脳活動を計測し、被験者間の脳活動の相関から解析を行う手法( Intersubject correlation; ISC 解析 )を提案している( Hasson et al., Science, 2004 )。近年では Dmochowski ら( 2014 )がこの手法を応用して、全米 CM の人気ランキングが上位の CM ほど ISC の値も高いという結果を報告している。これは「多くの人々に同じような脳活動を引き起こす CM ほど人気が高い」という興味深い結果であり、「優良なオンライン授業は多くの受講者に同じような脳活動を引き起こす」という本研究の構想にも活かされている。しかしながら、全体としてはこのような研究は少なく、オンライン授業を取り上げた研究については申請者の知る限り存在しない。

#### 2. 研究の目的

本研究では、オンライン授業視聴中の受講者の脳活動を特徴空間にマッピングし、学習状態を可視化する手法を開発する。同一の授業内容が再現性を持って提供されるオンライン授業の特性に着目した脳活動データ解析を行うことで、「教育と学習」という認知脳科学の未開拓の重要問題を扱う技術的枠組みを提供する。さらに多数の受講者から得られた脳活動データと学習履歴やテスト成績などの学習データを組み合わせることで、受講者一人一人に適切な教材をリコメンドできるオンライン教育アシスタントシステムへの応用を目指す。また受講者間の脳活動の整合性等からオンライン授業のコンテンツの有効性を定量化する手法への応用を目指す。これらの技術によって従来の対面式教育スタイルに対するオープンエデュケーションの潜在的優位性を引き出し、認知脳科学に基づいた革新的な教育方法論の創出可能性を探る。

#### 3. 研究の方法

(1) オンライン動画授業を視聴しているときの脳活動を計測し、被験者間相関( ISC )を解析する。ISC 解析は、動画視聴など脳活動計測実験用に特に構造化されていない刺激を呈示したときの脳活動を計測し、被験者間の脳活動相関をベースにモデルフリーに関連のある脳領域を特定する解析手法のことである。本実験では、授業動画を作成し、これを視聴しているときの脳活動計測を近赤外分光法( NIRS )および脳波計( EEG )を用いて行い、ISC 解析を適用する。

(2) 受講者の脳活動を特徴空間にマッピングするための技術として、脳活動データを被験者間相関( ISC )が最大化されるように主成分分析( PCA )を行う手法( Dmochowski et al., 2014 )の有効性を検討する。このうちの上位 3 主成分程度を特徴量として、脳活動を特徴空間にマップし、学習状態を適切に反映しているかを検討する。

#### 4. 研究成果

(1) 授業動画を作成し、これを説明している教師、および視聴している生徒の脳活動計測を近赤外分光法( NIRS )を用いて行った。その結果、教師 - 生徒間、および生徒 - 生徒間で有意な被験者間相関が見られることを明らかにした。特に、2 人の異なる教師の授業動画では、時間帯は異なるものとともに授業の中の同じ重要トピックを説明しているときに、前頭前野などいくつかの脳領域で強い ISC が確認された。このことは ISC 解析が授業の理解度に関わる指標として有効であることを示している。この成果は国内外の学会において発表された( Hirako et al., 2017; 平子 他, 2017; 嶋田, 2019 )。

(2) さらに ISC 解析の有効性を調べるために 2 つの派生実験をいくつか行った。1 つ目は、シースルー型のヘッドマウントディスプレイを用いたミックスリアリティ( MR )環境下で協調作業を行っている 2 者の脳活動を同時計測する実験である。このときの 2 者間の ISC を計算したところ、単独作業時よりも協調作業時のほうが ISC が高くなるという結果を得た。2 つ目は、音楽( J-POP )を聴いているときの脳活動を計測してそれぞれの曲に対する ISC の解析を行った。そ

の結果、ISCが高いほどその音楽の年間チャートのランキングも高いという傾向が見いだされた。これらの結果は、協調作業を行っているときや魅力的なコンテンツを視聴しているときほどISCも高まることを示唆しており、動画授業においてもISCが高いほど理解度が高いという仮説と整合性のある結果だといえる。これらの成果について、国内外の学会で発表を行い (Inagaki et al., 2018; Ogawa & Shimada, 2019; Ueno & Shimada, 2019; 小川&嶋田, 2019) さらに国際論文の執筆を行った (現在、投稿中)。

(3) 脳活動のISCを最大化するように主成分分析を行う技術を適用した。その上位3主成分による特徴空間へ脳活動をマッピングし、さらにその結果に対してクラスタリングを行う技術を開発した。休息時とオンライン動画授業視聴時の脳活動を測定してそれぞれクラスタリングを行った結果、クラスター同士にある程度の重なりが見られることが確認された。これは休息時の脳活動パターンから学習時の脳活動パターン (学習スタイル) を予測できることを示している。本研究によって、脳活動を特徴空間にマッピングする技術の開発に成功したと言え、今後はこの技術を教育分野へ応用するための更なる精緻化を進めていきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 開一夫, 今井倫太, 嶋田総太郎	4. 巻 34(2)
2. 論文標題 Real World 認知科学: インタラクション研究の新たな地平 Real World Cognitive Science: Open Up a New Horizon for Interaction Studies.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 人工知能	6. 最初と最後の頁 236-244
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7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yuta Inagaki, Tatsuya Matsuzaki, Kanako Ueno, Sotaro Shimada
2. 発表標題 Intersubject correlation analysis of EEG rhythm during listening to music.
3. 学会等名 24th Annual Meeting of the Organization on Human Brain Mapping (OHBM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Hirako, Takaaki Ito, Sotaro Shimada
2. 発表標題 Intersubject correlation analysis of brain activity when viewing videotaped teacher 's explanation
3. 学会等名 47th Annual Meeting of the Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平子祐亮、伊藤貴昭、嶋田総太郎
2. 発表標題 動画授業視聴時の生徒間脳活動相関解析
3. 学会等名 日本認知科学会第34回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yutaro Ogawa, Sotaro Shimada
2. 発表標題 Inter-brain synchronization during a cooperative task under shared mixed reality environment
3. 学会等名 25th Annual Meeting of the Organization on Human Brain Mapping (OHBM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fuyu Ueno, Sotaro Shimada
2. 発表標題 Inter-subject correlation analysis of EEG data during listening to popular music
3. 学会等名 25th Annual Meeting of the Organization on Human Brain Mapping (OHBM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川雄太郎、嶋田総太郎
2. 発表標題 複合現実環境下で協調作業をしている2者間の脳波同期解析
3. 学会等名 日本認知科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嶋田総太郎
2. 発表標題 Real World認知脳科学へ向けて
3. 学会等名 第22回日本光脳機能イメージング学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----