

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K16077

研究課題名(和文) 対話時の脳波と脳血流の同時計測による脳活動の状態と沈黙の関連性の解明

研究課題名(英文) Simultaneous monitoring of EEG and NIRS signals for discovery of relations between brain activity and silence during conversation

研究代表者

大山 勝徳(OYAMA, Katsunori)

日本大学・工学部・准教授

研究者番号：50615606

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)：本研究は意思疎通の効率を向上させる対話インタフェースの実現に向け、対話時の脳波と脳血流の同時測定結果から沈黙と脳活動状態の関連性の解明を目的で研究をおこなった。特に、ヘルスケアモニタリングへの応用に向け、遠隔環境の被験者に暗算課題を音声で伝えて実施する実験を行い、脳波と脳血流の同時測定結果から沈黙前後について、1分単位と1秒単位のセグメンテーションで異なる2階層の自己組織化マップを提案した。安静中と課題実行中の2状態を92%前後の識別率であることを確認したと同時に、単なる閉眼、聞き取り中、記述中、聞きながら記述の4状態についてそれぞれ条件が異なることを発見した。

研究成果の概要(英文)：This study was conducted to discover the relations between silence during conversation and the corresponding brain activity from the result of simultaneous monitoring of EEG and NIRS signals. To identify the brain states, we cascade a system of two self-organizing maps (SOMs) in which the feature vectors have different segment lengths; that is, the segment length of a sample in the lower SOM is 1 sec and that in the upper is 30 sec. From the experimental results, the brain states of resting and listening were identified in 92% classification accuracy. The brain states of eye-closing, listening, writing answers and writing answers with listening were varied from 67% through 100% in classification accuracy, and we found that the conditions for situation recognition were different by the brain states.

研究分野：BCI

キーワード：自己組織化マップ EEG NIRS 暗算課題 遠隔環境 ヘルスケアモニタリング

## 1 . 研究開始当初の背景

### 非対面コミュニケーションの問題

遠隔コミュニケーションシステムは、企業や教育機関における技術学習やプロジェクト活動の効率化、さらには、遠隔医療の支援などの多面的効果がある一方で、技術的な問題や社会的な問題などの条件によって効果が得られないことが報告されている。特に非対面コミュニケーションは、対面に比べて意思伝達手段が限られることから、意思疎通の失敗に関するリスクの高さが問題となる。例えば、互いに意見を汲み取れずに意思決定の難航が続く場合、参加意識が低下し、その結果として対話が中断しやすい。

### 脳波リズムに関する研究分野

脳科学において、対話中の脳活動は前頭前野や側頭葉に見られることが指摘されてきた。例えば、EEG ( Electroencephalogram ) の解析結果から、対話リズムに合わせて波と波を含む周波数帯域成分の脳波リズムに明瞭な同期が現れることが報告された。その一方で、意思疎通の失敗が生じた場合にもまた、脳波リズムに対する一時的な影響があると考えられるが、これまで詳しい議論はされてこなかった。

## 2 . 研究の目的

本研究は意思疎通の効率を向上させる対話インタフェースの実現に向けて、ヘルスケアモニタリングのための診断に応用するべく、対話時の脳波と脳血流の同時測定結果から沈黙 ( 10 秒以上 ) と脳活動状態の関連性の解明を進めてきた。おもに課題実行中ではなく、その前後の沈黙に着眼し、意思疎通に関する情報共有モデルや実験の検討を進めてきた。対話中や沈黙中の脳活動に関するクラス分類を行うことにより、対話状態、脳波、脳血流を同時計測する本手法の脳活動の変化とその兆候の評価や識別に関する有用性を検証する。

(1) 対話時の脳波と脳血流の同時計測による脳活動の特徴量の教師なし学習を行い、現在の話者が次の話者を指名せずに生じた沈黙と質問を受けた話者がターンをとるときの沈黙を比較する。

(2) 自己組織化マップに基づく沈黙の種類のクラス分類を行う。沈黙中のフレーム特徴量に分析範囲を絞った自己組織化マップを表現することにより、時間的に変化する潜在要因の抽出を試みる。

## 3 . 研究の方法

(1) **非対面の対話中の沈黙**について、教師なし学習と沈黙中の状態とそれ以外の状態について分析を行う。おもに現在の話者が次の話者を指名せずに生じた沈黙と質問を受けた話者がターンをとるときの沈黙を比較する。さらに、数分間以上連続的に安静を保った場合の脳活動の個人差についても比較する。

(2) **脳波と脳血流の同時計測**の分析結果から高精度で脳活動の状態について分類や推定に使用可能であることを確認するため、最初に、単純な脳活動の検証事例として暗算課題に関する実験を行い、比較考察を重ねる。特に、意思疎通の失敗の種類と要因に注目し、脳血流量、脳波、頭部動作の加速度のマルチモーダル対話データから課題失敗に関わる潜在要因を可視化し、その潜在要因 1 つ 1 つについて分析を行う。

(3) **2 階層の自己組織化マップとその分析結果となる自己組織化マップに基づく教師データを付加したニューラルネットワーク**を生成し、推定精度について検証を行う。本研究では、ヘルスケアモニタリングの事例を用いて、課題実施中の脳波や脳血流、そして血液検査データの組み合わせを入力として、脳機能リスクに関するスコア ( BDI-II , STAI , 及び , MMSE スコア ) を教師データとし、それらの推定精度を求める。

## 4 . 研究成果

### H28 年度

遠隔の対話環境で暗算課題を実施し、対話時の脳波と脳血流の同時測定結果から沈黙前後について、自己組織化マップを作成し、識別可能な脳活動状態について調べた。暗算課題において時間変化する被験者の各脳活動状態について、特徴ベクトルのセグメンテーション ( サンプル対象の区間 ) の大きさに応じて識別可能な脳活動状態が異なるため、1 分単位と 1 秒単位のセグメンテーションで異なる 2 階層の自己組織化マップを提案した。

最初に、実験では、暗算課題における特徴量のサンプリングに最適なセグメント長は、脳波に対しては 30 秒以下、脳血流に対しては 1 分以上であり、脳血流は脳波よりも比較的長時間の脳活動 ( ストレスなどの持続的な情動変化 ) を識別することに向く一方で、脳血流は秒単位で変化する脳活動の識別に向かないことが明らかとなった。

次に、遠隔環境の被験者に暗算課題を音声で伝えて、計算を実施する実験を行った。2 階層の自己組織化マップで安静時と課題実

行時の1分単位の大まかな2状態を92%の精度で識別可能であることを確認したと同時に、単なる閉眼、聞き取り中、記述中、聞きながら記述の4状態についても67%から100%の間で識別できることを確認し、時間解像度に応じた機械学習は多種類の脳活動状態を対象とするときに有効であることを結論付けた。

本年度は、研究計画に基づいて、自己組織化マップによる分析手法の改善を行いつつ、当初の目的である沈黙前後の脳活動状態のいくつかをクラス分類することができた。また、そのときのストレスレベル、感情変化、聞き取りや発話意思の視点からも分析が進んでいる。

ただし、遠隔環境の対話から沈黙の種類を分析するには、分析後に判定した脳活動状態の正しさを検証することが課題となった。沈黙の種類のうち、意図的に実験時に再現できない種類のものがある。そのため、脳波と脳血流の同時測定について、リアルタイムな記録と機械学習を可能にすることがセットとして新たに課題であると考えている。

## H29年度

### (1) 脳波と脳血流の同時計測の応用

次に、前年度の暗算課題に関する実験の成果を応用し、沈黙中の被験者の脳波と脳血流の同時測定結果から、前頭前野脳活動の左右差に基づく指標(FAA: Frontal Alpha AsymmetryとLIR: Laterality Index at Rest)を用いて、気分障害リスクや不安度の推定可能性について実験を行なった。推定誤差を検証するために、気分障害リスクに関する実測データとして抑うつ尺度(BDI-IIスコア)、および不安度の実測データとして状態特性不安尺度(STAIスコア)を用いた。計14点のサンプルデータについて相関分析を行なったところ、BDI-IIスコアとLIRに相関( $r = -0.45$ )があることがわかった。次に、2名の被験者について被験者内時系列データからそれぞれに相関があることが確認できた。この結果について、査読付き国際会議IEEE International Conference on Cognitive Computing (ICCC)に採択され、発表を行うことが決定している。現在、その結果について自己組織化マップを用いてさらにクラス分類のために特徴量の解析を行なっている。

### (2) 自己組織化マップとニューラルネットワークのヘルスケアモニタリングへの応用

さらに本年度、実験に用いている脳機能データの測定結果に統計や機械学習が即時に行えるようにユーザインタフェースの開発を進めた。特に、NIRS計測による脳血流データ及び一般血液検査データを用いて適切なDeep Neural Network (DNN)を構築し、高齢者の認知機能障害のリスク評価を行う機能を実装し、Google Cloud上のサーバで動作

するPythonによるWebサービスの開発を行った。

被験者202名について時間分解能NIRSを用いて前頭前野の脳機能計測を行い、計15個の脳機能データの項目を入力とするDNNを構築した。Leave-one-outによるクラス分類(MMSEスコア24未満と24以上の2クラス)の結果、91.5%の識別率を確認した。

また特筆すべきこととして、oxy-Hb, deoxy-Hb, S02だけでなく、プローブから大脳皮質の光経路長がその推定結果に影響を与えていることを見出し、考察している。MMSEスコアに対する相関度について有意差が認められない代わりに、MMSEスコアの計測値に基づく異常なし(Normal)と認知症リスクあり(Impaired)の群間で平均値に大きな差がある。このことは頭蓋骨から大脳新皮質の距離が影響するため、脳萎縮の程度に関する間接的な影響も示唆している。

次に、DNNの出力を回帰の結果として、そのままの出力を推定値とすると、MMSEテストによる計測結果とDNNによる推定結果の間に有意な正の相関( $r = 0.85$ ,  $p < 0.01$ )が認められた。一方のRMS誤差(Root Mean Square error)は3.02であり、推定値が標準分布に従うと仮定したとき $\pm 3.02$ のバラつきがあることに留意する必要がある。年齢層によってはRMS誤差も大きく異なる傾向がわかっており、その条件について今後検証の余地がある。

本分析結果について論文投稿を行い、学術論文Advances in Experimental Medicine and Biology (2018年7月発刊予定)に採択されている。

## 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)

Carl K. Chang, Katsunori Oyama, Guest Editorial: A Roadmap for Mobile and Cloud Services for Digital Health, IEEE Transactions on Services Computing, Vol. 11, No. 2, pp. 232-235, 2018.

DOI: 10.1109/TSC.2017.2778658

Katsunori Oyama, Lizhen Hu, Kaoru Sakatani, Prediction of MMSE score using time-resolved near-infrared spectroscopy, Advances in Experimental Medicine and Biology, **査読有**, 2018. (7月掲載)

Katsunori Oyama, Kaoru Sakatani, Temporal Comparison between NIRS and EEG Signals during a Mental Arithmetic Task Evaluated with Self-Organizing Maps, Advances in Experimental

Medicine and Biology, **査読有**, Vol. 923,  
pp.223-229, 2016.  
DOI: 10.1007/978-3-319-38810-6

〔学会発表〕(計 3 件)

Labiblais Rahman, Katsunori Oyama,  
Long-term Monitoring of NIRS and EEG signals  
for Assessment of Daily Changes in Emotional  
Valence, IEEE International Conference on  
Cognitive Computing (ICCC), 2018 . 7 . 4( **採択** ),  
San Francisco, USA.

Labiblais Rahman, Katsunori Oyama,  
Long-term Simultaneous Monitoring of NIRS and  
EEG signals for Analysis of Depression Risk, IEEE  
International Conference on Biomedical and Health  
Informatics (BHI), 2018 . 3 . 5, Las Vegas, USA.

Katsunori Oyama, Kaoru Sakatani, Hua Ming,  
Carl K . Chang, Hierarchical Self-organizing Maps  
of NIRS and EEG Signals for Recognition of Brain  
States, International Conference on Smart Homes  
and Health Telematics (ICOST2016), 2016 . 5 . 27,  
Wuhan, China .

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称：生体機能についての医学的検査の  
得点判定装置，及びプログラム

発明者：酒谷薫，大山勝徳

権利者：酒谷薫，大山勝徳

種類：特許願

番号：J07377A1 特願 2017-048625

出願年月日：2017-03-14

国内外の別：国内

6 . 研究組織

(1)研究代表者

大山 勝徳 (OYAMA, Katsunori)

日本大学・工学部・准教授

研究者番号：50615606

(2)研究協力者

酒谷 薫 (SAKATANI, Kaoru)

CHANG, Carl K.

RAHMAN, Labiblais