

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：94301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730146

研究課題名(和文) 同期的脳活動パターンと会話情報に基づくコミュニケーション支援BMIの開発

研究課題名(英文) Development of BMI based on synchronization of brain activity and verbal communication in daily life

研究代表者

小川 剛史(Ogawa, Takeshi)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報通信総合研究所・主任研究員

研究者番号：10614323

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、日常生活空間において居住者の同期的脳活動パターンと会話情報からコミュニケーション支援を促すブレイン・マシン・インタフェース(BMI)の開発を行うことである。そのためには、携帯型脳活動計測器による脳活動計測と動作や会話などの行動情報を計測する必要がある。これらの情報を活かし、ユーザの要求に対して適切な環境を提供する実環境BMIの開発を行った。さらに、携帯型での情報量の少ない脳活動データから時空間パターンを抽出する解析手法の開発を行った。

研究成果の概要(英文)：This study is to develop a brain machine interface (BMI) to support communication from oscillatory brain activity and conversation between residents in daily-life environment. In order to achieve this purpose, I need to record brain activity by using wearable brain measurement device and human behavior including daily actions and conversation. Based on these information, I developed real-environment BMI which serve proper situation for user's request. In addition, I developed methodology to extract spatial-temporal patterns from brain activity which contains low information due to small amount of sensors.

研究分野：神経科学

キーワード：ブレイン・マシン・インタフェース 携帯型脳活動計測 実環境 脳波 近赤外分光計測

1. 研究開始当初の背景

近年、SNS などのコミュニケーションツールが広く使われているが、face-to-face の社会的なインタラクションが希薄となり、コミュニケーションにおけるトラブルが増えている。このようなネットワーク時代の意思疎通をより円滑に行うために、コミュニケーション主体の感情や認知状態の推移に関するデータを収集して新たな知見を獲得し、原稿のサービスに付加する情報や機能を探索する必要はある。

そこで、二者間コミュニケーションにおける脳活動データに着目した。二者間コミュニケーションについて、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI)、脳波 (EEG)、近赤外分光法 (NIRS) を用いた研究が行われるようになってきた。特に、安静時の脳活動から、認知機能や個人差など表現する脳内ネットワークを特定することができるようになってきた。このような情報を簡易的な脳活動計測により抽出し、日常的な行動や情動状態と結びつけることによって、コミュニケーションの円滑化につながるのではないかと考えた。さらに、関連する会話情報も加えることにより、コミュニケーションの質を数値化し、コミュニケーション支援を行うことができる、ブレイン・マシン・インタフェースの開発ができるのではないかと考えた。そのためには、4 つの課題を解決する必要があると考えた。

- (1) EEG - NIRS の 2 人同時計測を行い、個人内・個人間の脳内ネットワークを同定する手法を開発する。
 - (2) 二者間における自然なコミュニケーション中の EEG - NIRS 同時計測により脳情報を取得し、会話情報も含んだ会話タグ付き脳活動データベースを構築する。
 - (3) 会話タグに特有の脳活動パターンを探索し、コミュニケーションの質について定量化する。
 - (4) コミュニケーションの質をフィードバックしてシステムの有効性を検討する。
- これらの問題を解決するために、データベースを用いたデータ駆動型アプローチを用いて、コミュニケーションの質的転換をもたらす可能性があり、情報科学的意義も大きい研究である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、データ駆動アプローチに基づく脳活動パターンと会話内容の同時解析からコミュニケーションの質を向上させるのに役立つ脳情報を特定し、それに基づくコミュニケーション支援 BMI を開発する。その意義は、日常生活支援を促す工学的な目標に加え、生活支援のコミュニケーションに関わる脳活動パターンを探索的に解析することで、コミュニケーションに関する脳内メカニズムの端緒を開くことにある。

3. 研究の方法

目的を達成するために、研究計画全体を以下の 4 つのサブタスクに分けた。

- (1) EEG-NIRS の 2 人同時計測システムの構築
NIRS 計測器と EEG 計測器を用いて 2 人同時計測システムを構築する。マスター PC から各計測器にトリガーを送り、2 人の脳活動計測の同期をとる。

- (2) 協調・競合課題を用いた二者間コミュニケーションとシステム全体の妥当性の評価

(1) で構築した計測システムを用いて、単純な協調・競合課題を行う。NIRS で得られる脳決了変化および EEG で得られる電位の変化に対し、時間遅れも考慮したうえで 10 秒 ~ 60 秒程度のデータを用いて相関行列を求め、各時刻の脳内ネットワークの強さを計算する。クラスタリングなどを用いて典型的なパターンを分類し、動的推移などについてもマルコフモデルを用いて解析する。

- (3) 自然なコミュニケーション中の計測実験からの会話タグ付脳活動データベースの作成

(2) で行った実験に加え、対話コミュニケーション中の脳活動と会話音声データを同時に計測する。EEG や NIRS の脳計測データから、個人内・個人間の脳内ネットワークを算出し、クラスタリングによるコミュニケーション中に頻出する典型的な脳活動パターンをリストアップする。データ駆動的に、脳情報と会話情報に共通する情報について、正準相関解析を用いて抽出する。さらに、会話内容のタグが付いた脳活動パターンデータを集め、会話タグ付き脳活動データベースを作成する。

- (4) コミュニケーション支援 BMI システムの開発

(3) で構築したデータベースを用いて、コミュニケーションを行っている二者の脳活動パターンおよび会話内容から、「コミュニケーションの質」をオンラインで算出し、視聴覚情報フィードバックによって、コミュニケーションの円滑化を図る BMI システムを構築する。

携帯型脳活動計測器から得られる脳情報だけでは情報量が少ない場合や、大きなノイズが混入する場合がある。そこで、fMRI で計測される安静時脳活動から得られる脳内ネットワークにも着目し、個人差を表現しているネットワーク解析も行うことで、NIRS や EEG から得られた結果の解釈などに役立てる。

4. 研究成果

- (1) EEG-NIRS の 2 人同時計測システムの構築
複数人でのより自然な状態での脳活動計測を行うために、実環境計測設備である BMI

ハウスにおいて、携帯型 NIRS-EEG 脳活動計測器を用いた計測環境の構築を行った。脳活動のみならず、被験者の行動も記録できるように、室内の数か所にカメラを設置し、被験者にもウェアラブルカメラを装着し、音声と一人称画像を同時に計測した。さらに、加速度センサーを頭部と両手首に装着し、同時計測できる環境を整えた。

この環境の中で、協調課題と競合課題を用いて二者間コミュニケーションの脳活動とその行動情報を計測した。協調・競合課題として、ジェンガ（積み木）や調理を行っている際の脳活動を NIRS で計測し、その様子を一人称視点のウェアラブルカメラで撮影することで、行動にラベルを付けた。これらを元に、タグ付脳活動データベースを構築し、動作に基づく脳活動を用いて、動作識別を行い、それに対応した実験環境内の家電などを制御する BMI を開発した。そのために、脳活動の時間遅れを含む時空間パターンを特徴量として、線形識別機（サポート・ベクター・マシン：SVM）を用いる腫瘍により、数秒の時間誤差を吸収できる動作識別のための BMI システムを開発した。

この手法およびシステムについては、特許を出願し、取得した。これらの研究成果については、日本神経科学大会および Society for Neuroscience 2014 にて発表した。

(2) 基礎的な脳情報を用いた日常生活のコミュニケーション支援

構築したタグ付脳活動データベースを元に、さらにデータサンプルの拡張を行うために、協調・競合課題を用いた二者コミュニケーション実験を継続する予定であった。しかし、携帯型脳活動計測器の故障により1台しか使用できなくなった。携帯型脳活動計測器から得られる情報量は非常に限られており、(1)で取得したデータだけではデータ量が不足し識別精度の向上に限界があることが判明した。そこで、高次元コンテンツを含むような会話情報を直接もちいるのではなく、基礎的な脳情報(情動・日常動作)に着目し、それらを用いた、日常生活のコミュニケーション支援を行うシステム構築を目的とした。

これらを達成するために、以下の2種類のデータベースを構築した。

生体情報・脳活動情動データベース

実環境における日常的な情動変化に伴う生体情報（心拍、呼吸、皮膚抵抗）と脳活動（EEG）を同時に計測し、情動喚起刺激のラベルが付加された脳活動データベースを構築した。25人の被験者に対し、4種類の情動（快・不快・中性・混合）を喚起する刺激バッテリーを作成し、BMIハウスにおいて計測を行った。その結果、EEGから快・不快の2通り情動判別については、約75%の精度で判別できることが分かった。これは、日常的に起こりうる情動を脳情報から解読することが

できる可能性を示唆するものである。

生活動作脳活動データベース

NIRSを用いてBMIハウスのリビングルームにおいて、4種類の日常生活動作（右手でテレビの操作、左手でテレビの操作、右手でエアコンの操作、読書）のデータ計測を、1人につき2時間程度おこなった。この実験を27人の被験者に対して行い、データベースに登録した。この脳活動データは、行動を確認するための動画も同時に保管されており、脳活動に日常動作が紐づけされたデータベースとなっている。

これらの研究成果については、日本神経科学大会、日本認知心理学会、IEEE-EMBC 2015、VISAPP にて発表した。

(3) 基礎的な脳情報の解読手法の開発

(2)までに作成された2種類のデータベースを精査し、脳情報解読方法の開発を行った。

スパース独立成分分析による情動状態

脳活動のスパース性を仮定した独立成分分析を導入し、個人差なども含めた解析を行った。スパース性を仮定した独立成分分析から得られた独立成分を教師無し学習で分類分けを行った結果、解読精度の高い被験者とそうでない被験者の間に、情動状態の違いがあることが示唆された。

辞書学習を用いた時空間パターンの抽出

時空間情報の基底を抽出する辞書学習を用いて解読するアルゴリズムを用いて、解読を試みた。さらに、脳活動の個人差に着目し、大規模な安静時脳活動のデータから、日常的な問題解決に必要な脳内ネットワークについて、解析を行った。NIRSによる日常生活動作の脳活動を用いて、辞書学習により、個人の動作の時空間情報の基底を抽出することができた。

安静時脳活動の脳内ネットワークの個人差の同定

fMRI で計測した安静時の脳活動の大規模データベースを用いて、日常的問題解決と脳の体積が関係している脳領域の同定、および、機能的な脳内ネットワークの解明を行った。

なお、これらの研究成果は、日本神経科学大会、Society for Neuroscience2016、IBIS2016、その他、国内会議などにおいて発表した。また、アウトリーチ活動の一環として、中学生や高校生を対象とした講演会や、体験型の実験実習の講師を行った。この活動を通じて、脳科学やブレイン・マシン・インタフェースについて興味や関心を持ってもらう機会を作ることができた。

5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計2件)

1. Morioka H, Kanemura A, Hirayama J, Shikauchi M, Ogawa T, Ikeda S, Kawanabe M, Ishii S. "Learning a common dictionary for subject-transfer decoding with resting calibration", Neuroimage, 111, 167-178 (2015). DOI: 10.1016/j.neuroimage.2015.02.015

2. Ogawa T, Hirayama J, Gupta P, Moriya H, Yamaguchi S, Ishikawa A, Inoue Y, Kawanabe M, Ishii S. "Brain-machine interfaces for assistive smart homes: A feasibility study with wearable near-infrared spectroscopy", Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2015, 1107-10 (2015). DOI: 10.1109/EMBC.2015.7318559

[学会発表](計 10 件)

1. Hoshino T, Kanemura A, and Ogawa T. "Spatiotemporal analysis of brain activity measured with near infrared spectroscopy", IBIS2016, 京都 (2016).

2. Ogawa T, Aihara T, Shimokawa T, and Yamashita O. "Individual representation of large scale brain network related to creative insight: Voxel-Based Morphometry and resting-state functional connectivity analyses", Society for Neuroscience 2016, San Diego, CA, USA (2016).

3. Ogawa T, Aihara T, Shimokawa T, and Yamashita O. "Individual difference of creative insight in broad-age ranged adults: combined Voxel-Based Morphometry and resting-state functional connectivity analyses", 第 39 回日本神経科学大会, 横浜, (2016)

4. 小川剛史 "ネットワーク型BMI", 第10回通信行動工学研究会, 吹田市 (2016).

5. 小川剛史. "脳を知り、脳を活かす", れいめい高校キャリアパス講演会(2016).

6. 小川剛史. "実生活空間に広がる BMI 技術とその応用", 日本認知心理学会 第 13 回大会, 東京(2015).

7. Ogawa T, Hirayama J, Gupta P, Abdur-Rahim J, Moirya H, Yano K, Kawanabe M, Ishii S. "An application of NIRS-based brain machine interface in the realistic environment: supporting appliance control with online single-trial decoding", 第 38 回日本神経科学大会, 神戸(2015).

8. Yano K, Ogawa T, Kawanabe M, Suyama T.

"On-line hand gesture recognition to control digital TV using a boosted and randomized clustering forest", VISAPP 2015, Berlin, Germany (2015).

9. Ogawa T, Gupta KP, Yano K, Addur-Rahim JA, Morioka H, Hirayama J, Yamaguchi S, Ishikawa A, Inoue Y, Kawanabe M, Ishii S. "Decoding daily behaviors from NIRS signatures by using a portable NIRS device in the daily-life environment", Society for Neuroscience 2014, Washington DC, USA (2014).

10. Ogawa T, Gupta KP, Yano K, Addur-Rahim JA, Morioka H, Hirayama J, Yamaguchi S, Ishikawa A, Inoue Y, Kawanabe M, Ishii S. "Decoding daily behavioral signatures in the real environment: portable NIRS signal using behavior labels", 第 37 回日本神経科学大会, 横浜 (2014).

[図書](計 0 件)

[産業財産権]
取得状況(計 1 件)

名称: 動作識別システム、情報処理装置、および情報処理プログラム

発明者: 小川剛史、平山淳一郎、石井信

権利者: 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

種類: B2

番号: P6014869

取得年月日: 平成 28 年 10 月 26 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

・ researchmap の紹介ページ

<http://researchmap.jp/takezono6/?lang=japanese>

・ 個人ホームページ

<https://sites.google.com/site/introtakeshiogawa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川 剛史 (OGAWA Takeshi)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報通信総合研究所・主任研究員

研究者番号: 10614323

(2) 研究協力者

兼村 厚範 (KANEMURA Atsunori)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・人間情報研究部門・研究員

川鍋 一晃 (KAWANABE Motoaki)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳
情報通信総合研究所・主幹研究員

守谷 大樹 (MORIYA Hiroki)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳
情報通信総合研究所・研究員

チェリッカナト ハンデ (CELIKKANAT Hande)
ヘルシンキ大学・理学部・博士研究員