

令和元年6月7日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H07389

研究課題名(和文)実環境下での単極脳波信号を入力としたアーチファクトフリーシステムの実現

研究課題名(英文)Realization of Artifact-free Systems Using Single-channel EEG in Real Environment

研究代表者

叶賀 卓 (KANOGA, Suguru)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究員

研究者番号：40803903

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、脳波に対して実環境で生じるアーチファクト、特に眼球由来のアーチファクトが混入したノイズなデータを処理する場合を想定し、ノイズなデータから脳波成分を抽出することを目的とした。この時、対象の信号は単極(一つのみの電極)から得られたものとし、リファレンス信号など追加の電極は使用しない。

研究成果として、脳波信号にアーチファクトが入っていない場合は何もせず、アーチファクトが入っている場合は自動で脳波成分のみを抽出できる手法を提案した。従来法と比べ、最も良い分離性能を持つ。しかしながら、識別力を残す分離法ではないため、BCI性能を向上させるためには教師あり分離法としての拡張が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳波は非侵襲で脳内部の活動を観測でき、脳情報ベースのシステムに用いられている。近年、実環境下計測の利便性を求め、1チャンネル(単極)のみで脳波を観測する場面が増えている。一方、観測脳波新語は常に多様なノイズ(アーチファクト)に汚染される。このため、解析時に脳波成分を抽出する必要がある。しかしながら、1種類の信号から脳波成分を抽出することは困難である。本研究は1種類の信号から脳波成分を自動的に抽出する手法を提案・精度実証した。これは、ウェアラブル機器により実環境下で観測される脳波信号から脳波成分を抽出し、脳情報ベースのシステムをより簡便に使用できるようになる意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：This study developed an automatic ocular artifact reduction technique using only single-channel EEG data. Usually, we need a reference channel to alleviate effects of ocular artifacts; however, the proposed technique can remove the effects automatically without any reference channel information. Although we can realize ocular artifact-free single-channel EEG-based systems in real environment after integrating this technique into them, this artifact reduction technique does not ensure the discriminability of artifact-reduced EEG data. Thus, the expansion of proposed artifact reduction for remaining discriminability is my future work.

研究分野：信号処理

キーワード：脳波 単極信号 信号分離 アーチファクト除去

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳波は、非侵襲で脳内部の活動を観測でき、脳機能解明やBCI(Brain-Computer Interface)に用いられている。これらの研究は、現在、電極を複数扱う多極脳波解析により行われている。

実用化では、電極を1つのみ扱う単極脳波解析のほうが、処理の高速化やユーザへの負担軽減といった利点がある。

一方、頭皮が導電性を持つことから電極数に関係なく、観測脳波信号には脳以外の器官から生じた信号(図1)が、アーチファクトとして混入する。したがって、解析の前にこれらを除去する必要がある。このために、観測信号を分解し、混入しているアーチファクト成分を特定し、除去した状態を復元する信号分離法が提案されている。多極脳波解析に対する信号分離法は、約20年前に確立している。しかしながら、観測信号が1種類の場合、従来法では信号分離に必要な情報が欠落しており、信号分離が非常に困難であった(図2)。

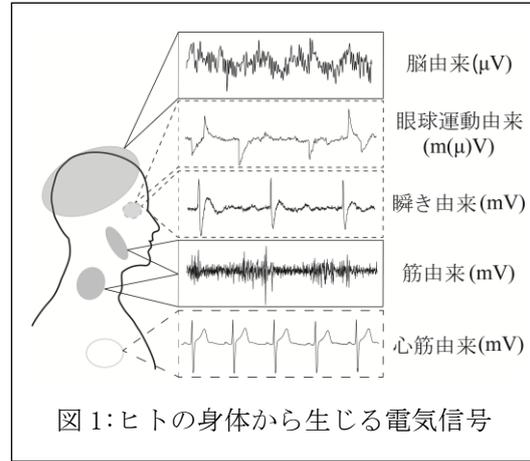


図1: ヒトの身体から生じる電気信号

2. 研究の目的

アーチファクトの中でも特に頻りに混入する眼球由来のアーチファクトに着目し、それを基底関数として表現・除去する

信号分離法を提案する。この時、観測信号1種類以外の情報は用いない。実環境下における単極脳波信号を入力とし、本手法を適用した場合の計算速度を提示する。次に、BCIシステムを構築し、脳波ベースシステムとしてのコマンド操作精度を明らかにする。

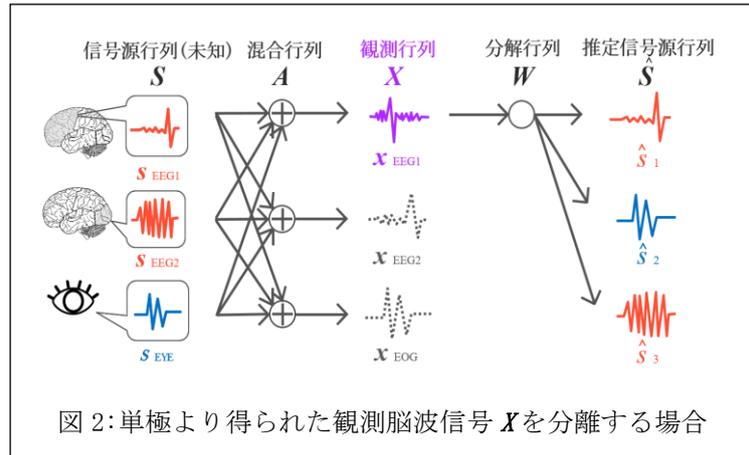


図2: 単極より得られた観測脳波信号 X を分離する場合

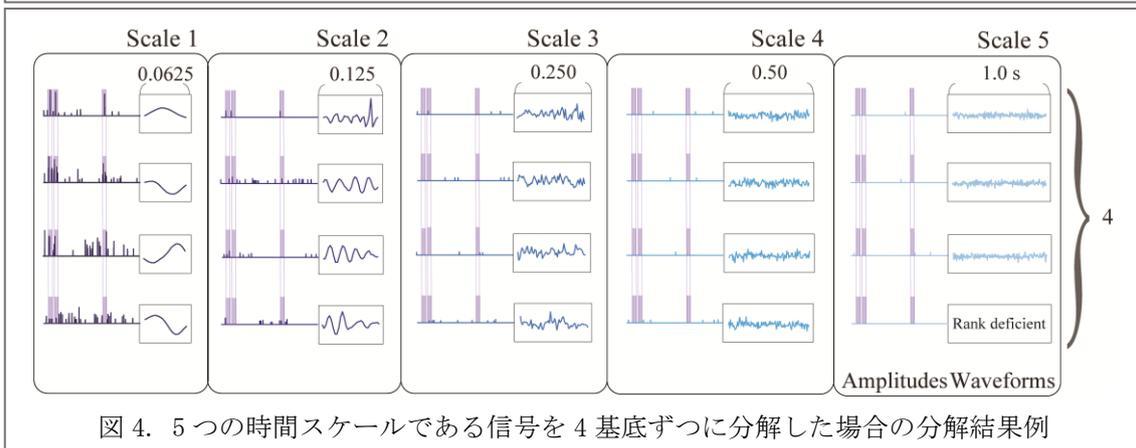
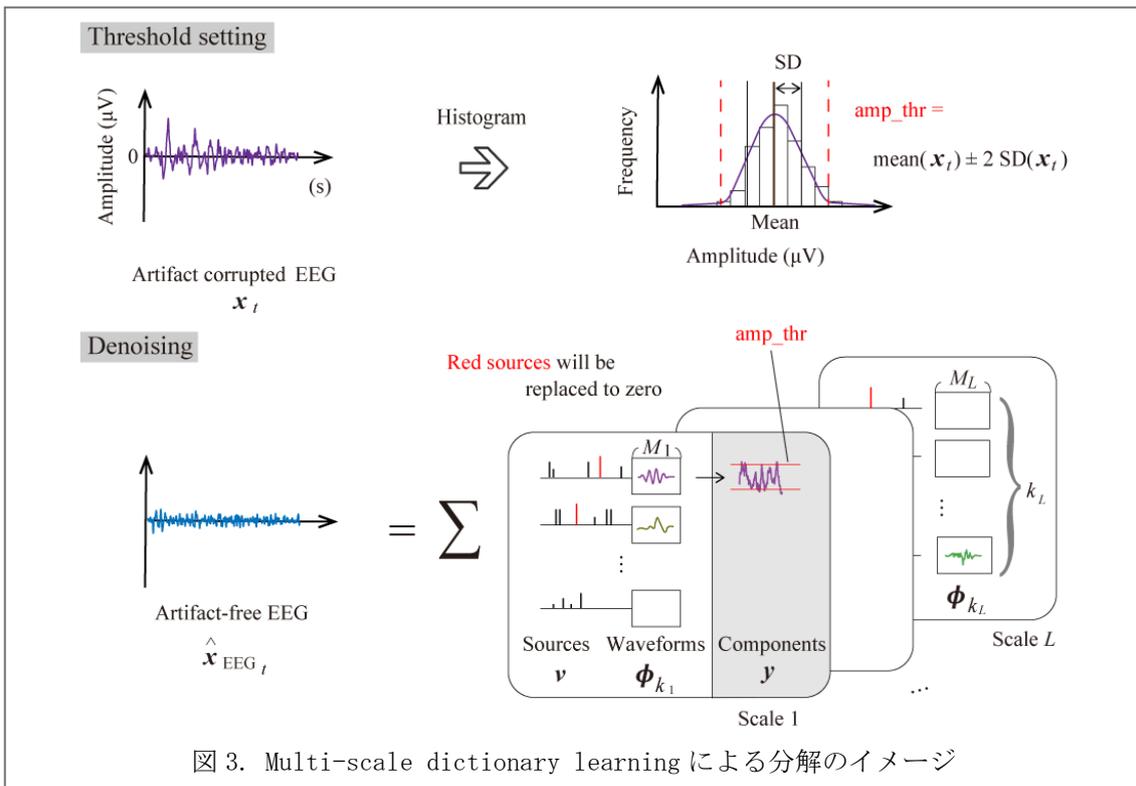
3. 研究の方法

1年目は、システムの大枠となる信号分離法の提案およびシステムの構築を行った。分離法の精度に重点を置き、計算時間にこだわらずに、脳波ベースシステムのフレームワークの完成を目指した。辞書学習を元に、基底をスパースに表現できる特徴量抽出手法を提案し、その分離精度を世界的に有名なBCI competition IV dataset 2aを用いて実証した。また、この際に計算速度を明らかとした。Dataset 2aが対象としている運動想起をタスクとするBCIフレームワークを構築した。

2年目はリアルタイムシステムの構築を当初目指していたが、信号分離法の識別力維持に関して問題が生じたため、運動想起データではなく、定常状態視覚誘発電位によるデータを対象にした方がよい、ということになり、評価用のデータセット生成を行うことになった。どういふことかということ、図2のように成分を分離できたとして、識別力が向上していないことがある。具体的には、ノイジーな状態での識別精度が70%であったのに、アーチファクトを除いたら識別精度が60%になりました、という場合がある。この場合、アーチファクトは除かないほうが良い。1年目の精度検証では、分離した信号の質のみの評価しており、識別力までは評価していなかった。そこで識別力を評価したところ、Dataset 2aの場合、除去してもしなくても識別精度がほとんど変わらないときがあった。これは、誘発している脳波の質が低い場合と、アーチファクトに識別力がある場合が混在しており、現在を把握することは不可能であった。そこで、任意の電位を高強度で誘発できる、定常状態刺激誘発電位を誘発する実験デザインを考案し、計測したのちに「そもそもアーチファクト除去をしたデータを識別器の学習に用いると識別能力は向上するのか？」という脳波信号に対するアーチファクト除去手法の有用性の検証という根本的な問題に対して取り組んだ。

4. 研究成果

瞬きおよび眼球運動由来のアーチファクトを単極の脳波信号から教師なし学習で複数の時間スケールに分解し、自動で除去する手法を提案した(図3)。この手法は、行列分解の最適化とMultiple input single outputの概念に基づいて、スパースな基底 ϕ をマルチスケールで学習し、時間方向に対するアクティベーション v も同時に学習する。制約なしにオリジナル信号 x をアクティベーションと既定の畳み込みにより表現するのは非常に困難であるが、アクティベーションのパラメータ更新に非負値制約を与えることで、元の信号と復元信号の誤差が最も小



さくなるパラメータの最適化を可能にしている。これにより、時系列脳波データを学習データなしでスパースな基底およびアクティベーションに分解し、それぞれを可視化することを可能にした(図 4)。さらにアクティベーションは振幅の情報を保持しているので、脳波による振幅値(約 $30 \mu\text{V}$)を大幅に超えているアクティベーションをアーチファクトであると定義し、0に置換した後に復元信号として生成することで、従来手法よりも高い精度でアーチファクトを除去したクリーンな脳波データを得ることに成功した。計算時間は6秒分のデータに対して約350ミリ秒であった。

したがって、本研究では、観測信号1種類のみで自動的にアーチファクトを除去する手法の提案・実装までは完了した。しかしながら、リアルタイムBCIへの統合と、その際の識別力の保証までは行うことができなかった。識別力を保証するための意図的なアーチファクトの混入と、特定の高強度な電位を誘発する実験デザインを考案し、そのデータセットを用いた識別力の検証を現在行っている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① [Suguru Kanoga, Atunori Kanemura, Hideki Asoh, Multi-scale Dictionary Learning for Ocular Artifact Reduction from Single-channel Electroencephalograms, Neurocomputing \(IF: 3.241\), 査読あり, vol. 347, 2019, pp. 240-250](#)

[学会発表] (計 6 件)

- ① Suguru Kanoga, Atsunori Kanemura, Hideki Asoh, A Comparative Study of Features and Classifiers in Single-channel EEG-based Motor Imagery BCI, IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP'18), 査読あり, 2018, pp. 474-478
- ② Suguru Kanoga, Masaki Nakanishi, Akihiko Murai, Mitsunori Tada, Atsunori Kanemura, Semi-simulation Experiments for Quantifying the Performance of SSVEP-based BCI after Reducing Artifacts from Trapezius Muscles, 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'18), 査読あり, 2018, pp. 4824-4827
- ③ Suguru Kanoga, Masashi Matsuoka, Atsunori Kanemura, Transfer Learning Over Time and Placement in Wearable Myoelectric Control Systems, 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'18), 査読あり, 2018, pp. 2643-2646
- ④ Suguru Kanoga, Atsunori Kanemura, Assessing the Effect of Transfer Learning on Myoelectric Control Systems with Three Electrode Positions, 19th IEEE International Conference of Industrial Technology (ICIT'18), 査読あり, 2018, pp. 1478-1483
- ⑤ Suguru Kanoga, Akihiko Murai, Mitsunori Tada, Exploring Optimal Myoelectric Feature Indices for Forearm Control Strategy Using Robust Principal Component Analysis, 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'17), 査読あり, 2017, pp. 1796-1799
- ⑥ 叶賀卓、兼村厚範、転移学習による筋電位ベース動作識別モデルの適用力向上、電気学会 C 部門学会、2017、pp. 468-473

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

https://github.com/Suguru55/MSDL_based_artifact_rejection

https://github.com/Suguru55/Motor_imagery-based_single-channel_EEG_classification

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。