

# 関西学院大学 研究成果報告

2020年3月23日

関西学院大学 学長殿

所属：理工学部  
職名：教授  
氏名：嵯峨 宣彦

以下のとおり、報告いたします。

研究制度	<input type="checkbox"/> 特別研究期間 <input type="checkbox"/> 自由研究期間 <input type="checkbox"/> 大学共同研究 <input checked="" type="checkbox"/> 個人特別研究費 <input type="checkbox"/> 博士研究員 ※国際共同研究交通費補助については別様式にて作成してください。
研究課題	脳活動と筋活動の相関に基づくリハビリテーション技術の開発
研究実施場所	理工学部バイオロボティクス研究室（三田C 5号館1階）
研究期間	2019年 4月 1日 ～ 2020年 3月15日（12ヶ月）

◆ 研究成果概要 （2,500字程度）

上記研究課題に即して実施したことを具体的に記述してください。

文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」採択され平成26～30年度に研究を実施した“歩行における脳活動と筋活動の相関に基づく新しい健康維持促進とリハビリテーションの創生”において開発した“ファジィ推論ベースのBCI(Brain Computer Interface)を用いたニューロリハビリテーションシステム”について、得られた知見を論理的に整理し、インターナショナルジャーナルへ投稿し採択された。(Applied Sciences: Impact Factor 2.217/2018年度 Web of Science)

・ Norihiko Saga, Yasuto Tanaka, Atsushi Doi, Teruo Oda, Suguru N. Kudoh, Hiroyuki Fujie, “Prototype of an Ankle Neurorehabilitation System with Heuristic BCI Using Simplified Fuzzy Reasoning”, Applied Sciences, MDPI, Vol.9, No.12, 2429; 2019.

さらに、複雑な脳波波形をファジィ推論ベースのBCIによって得られた脳波

**Ankle Neurorehabilitation System (ANS)**

The diagram illustrates the system architecture. A user is seated at a desk with an Ankle Rehabilitation Device (ARD) on their foot. The ARD is connected to an Electro-Pneumatic Regulator, which is supplied with compressed air from an Air compressor. The system also includes an I/O board with A/D and D/A converters. The Heuristic BCI part consists of EEG measurement, Active Two, and Learning-Fuzzy Template Matching (L-FTM), which sends a trigger signal to a PC. The PC sends a control signal back to the ARD via the I/O board.

特徴が何かを、被験者10人による実験を基に検証し、現在、主流であるディープラーニングを使った手法と同様に、事象関連脱同期(Event Related Desynchronization; ERD)や事象関連同期(Event Related Synchronization; ERS)が検出されていることが明らかにした。このファジィ推論ベースのBCIでは、脳波の $\alpha$ 帯域(8~12Hz)、 $\beta$ 帯域(13~30Hz)、低周波の $\gamma$ 帯域(31~50Hz)、高周波の $\gamma$ 帯域(51~65Hz)の周波数帯域を測定部位ごとのチャンネルとして、安静時の脳波より大きい小さいかのHighとLowの2値で分類したファジィルールを作成し、脳波をイメージしたときとの適合が高いルールを抽出している。適合度の高いとされた上位5つのルール、即ち運動をイメージしたときのルールについて、計測された脳波データを調べた結果、図1に示す通り、C3の $\beta$ 波、P3の $\alpha$ 波、Pzの $\alpha$ 波であり、右足関節の運動に寄与する部位であった。さらに、0秒付近にて電位低下が確認されたC3、P3について、各被験者の0秒から1秒までの最小値と最大値から各閾値の差を求めた結果を図2、3に示す。この結果より最小値にて負の値である場合を事象関連脱同期(Event Related Desynchronization; ERD)、最大値にて正の値である場合を事象関連同期(Event Related Synchronization; ERS)と判別すると、結果から全ての被験者でC3の $\beta$ 波、P3の $\alpha$ 波でERDであることが確認された。また、被験者No.2, 9, 10以外の被験者ではC3の $\beta$ 波、P3の $\alpha$ 波にてERSも確認された。これは、複雑な脳波波形を1か月以上かけて特徴学習させるディープラーニングに比べ、1時間弱で特徴抽出が出来る画期的なシステムであることが検証できた。

次に、健常者10名と脳卒中発症後半年を経過した下肢の麻痺程度Brunnstrom stageⅢの症例被験者1名に開発したファジィ推論ベースのBCIを用いた足関節リハビリテーションシステムを使用した際の脳波(EEG)ー筋電(EMG)の同期解析の結果を図4、図5に示す。事象に対する脳活動は健常被験者と類似した結果が得られた。また、筋電位の結果を比較すると、症例被験者の筋電位は健常被験者の33%程度しか発揮されていないが、筋電位の活動を確認することができた。つまり、本システムにて反復することで筋力の維持・増強も見込めることが示唆された。

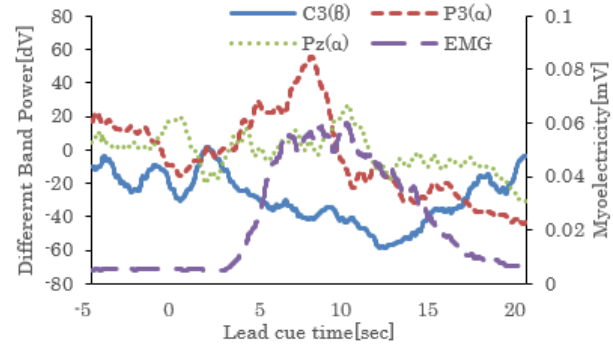
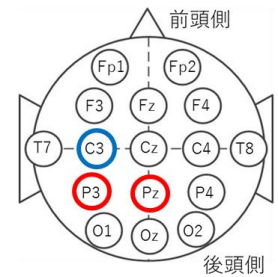


Fig.1 EEG-EMG synchronous analysis

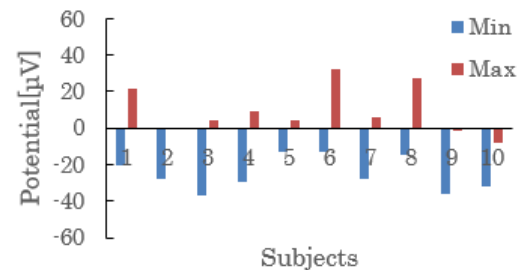


Fig.2 ERD/ERS verification(C3)

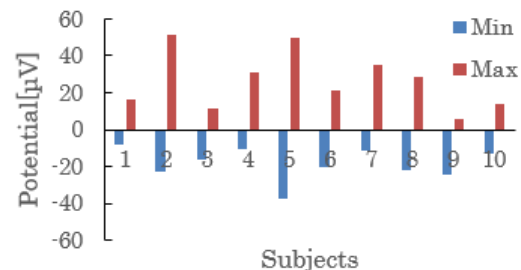


Fig.3 ERD/ERS verification(P3)

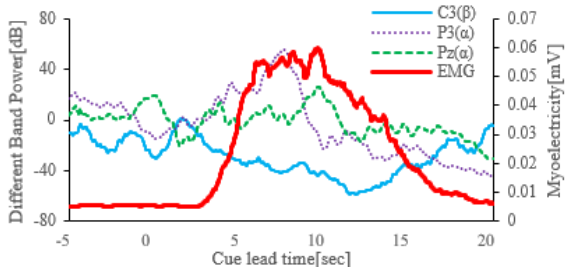


Fig.4 Synchronous analysis of EEG-EMG in healthy subject

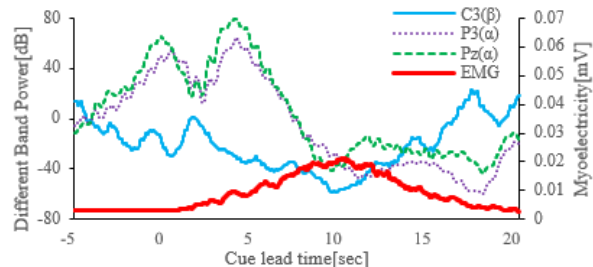


Fig.5 Synchronous analysis of EEG-EMG in case subject

提出期限：研究期間終了後2ヶ月以内

※個人特別研究費：研究費支給年度終了後2ヶ月以内 博士研究員：期間終了まで

提出先：研究推進社会連携機構（NUC）

※特別研究期間、自由研究期間の報告は所属長、博士研究員は研究科委員長を経て提出してください。

◆研究成果概要は、大学ホームページにて公開します。研究遂行上大学ホームページでの公開に支障がある場合は研究推進社会連携機構までご連絡ください。