

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26540102

研究課題名(和文) 頭頂葉の高能率脳波デコーディングによる運動意図の早期検出とBMI応用

研究課題名(英文) Early detection of motor intension by efficient decoding of electroencephalogram on the parietal lobe

研究代表者

田中 聡久(Tanaka, Toshihisa)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70360584

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：脳コンピュータインターフェイス(BCI)は、計測した脳活動を解析することで、外部機器を制御するシステムである。BCIには、運動想像によって誘発される運動野の電位、外部からの感覚刺激による事象関連電位や誘発電位など、さまざまな脳活動を利用できる。本研究では、運動意図に関連した脳活動は、後部頭頂皮質(PPC; posterior parietal cortex)において随意運動の直前に生じる活動であり、運動の種類や方向といった情報を含んでいることを実験的に確認した。運動意図に関連した脳活動をBCIに利用することで、運動発現前に運動の種類や方向で識別できるインターフェイスの実現が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Posterior parietal cortex (PPC) is considered related to the formation of intention. The intention specifies the goal of a movement and the type of a movement. It has been reported that EEG signals extracted from PPC can be used to decode intended movement direction before actual movement. However, visual cue was used for users in the experiment. It is not clear whether the extracted EEG signals were related to intentions. In this study, we conducted not only an experiment with visual cue but also an experiment with tactile cue. EEG components that could be related to PPC were extracted by using independent component analysis. Event-related potential (ERP) waveforms were observed in the experiment with visual cue. On the other hand, ERP waveforms obtained in the experiment with tactile cue were totally different from the one with visual cue. These results suggest that VEP was included in the EEG signals extracted from PPC in the experiment with visual cue.

研究分野：信号処理工学

キーワード：脳神経科学 ブレインマシンインタフェース 脳 運動 信号処理

## 1. 研究開始当初の背景

運動意図とは、これから行う動作を選択する脳機能のひとつである。ブレイン・マシン・インタフェース (BMI) の分野では、身体の動きの (動きを想像する) 直前に、運動野周辺で観測されるポテンシャルの変化を指す場合が多い。しかしながらこれとは別に、神経科学の文脈では、後部頭頂皮質 (PPC) の神経活動に現れる脳機能に運動意図 (motor intention) という言葉が割り当てられている。この PPC における脳活動は、運動野の活動より早くに現れることがわかっている。最近の研究によれば、脳腫瘍患者の開頭手術中、頭頂皮質に電気刺激を与えることによって、身体を動作させていないにもかかわらず、実際に動かそうとした感覚が得られると報告があり、PPC における活動が運動意図に関連するものであることが臨床的にも示された。

大脳皮質は左右半球で異なる機能が局在していることが知られている。特に右利きの人では、左半球に運動機能が局在している。

Stancák ら [1] と Bai ら [2] は、指を動かす前に生じる脳活動を脳波を利用して調べた。

その結果、右手 (利き手) を動かす場合では、帯における事象関連脱同期 (ERD) が運動野の左半球で生じ、左手 (非利き手) の場合では、帯における ERD が運動野の両半球で生じることを示した。この研究結果は、運動野の左半球が指を動かす運動をするに関して重要であることを示している。さらに、Fumuro ら [3] は、運動発現前に生じる ERD の出現分布が運動の種類により異なることを示した。しかしながら、利き手と非利き手で運動する場合で、ERD の分布が非対称的に出現するかどうか調べた研究は少ない。

さらに、BMI によるニューロリハビリテーションでは、ERD (event-related desynchronization) などの運動に関連した脳活動を推定し、推定した結果を視覚、触覚、電気刺激などによって患者にフィードバックするという手続きをとる。ここで、ERD は、アルファ帯域 (8--12 Hz) またはベータ帯域 (13--28 Hz) において脳波のパワーが減少する現象であり、運動の実行および想像により

発生することが知られている。たとえば Takahashi らは、ERD と BCI によるニューロリハビリテーションを脳卒中患者に実施した結果、運動障害の改善が認められたと報告している<sup>[4]</sup>。しかしながら、このようなりハビリテーションが患者の脳活動にどのような影響を与えるのかは明らかにされていない。運動障害に対する処置を効果的に実施するためには、りハビリテーションが患者に与える影響を明らかにすることが重要である。

[1] A. Stancák and G. Pfurtscheller, "The effects of handedness and type of movement on the contralateral preponderance of  $\mu$ -rhythm desynchronisation," *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 99, no. 2, pp. 174-182, 1996.

[2] O. Bai, Z. Mari, S. Vorbach, and M. Hallett, "Asymmetric spatiotemporal patterns of event-related desynchronization preceding voluntary sequential finger movements: A high-resolution EEG study," *Clinical Neurophysiology*, vol. 116, no. 5, pp. 1213-1221, 2005.

[3] T. Fumuro, M. Matsushashi, T. Miyazaki, M. Inouchi, T. Hitomi, R. Matsumoto, R. Takahashi, H. Fukuyama, and A. Ikeda, "Alpha-band desynchronization in human parietal area during reach planning," *Clinical Neurophysiology*, vol. 126, no. 4, pp. 756-762, 2015.

## 2. 研究の目的

本研究では、到達運動前に生じる帯の ERD の出現分布を調べた。到達運動の場合においても、指を動かすときと同様に、運動野の左半球が運動に重要な役割があると仮定した。この仮定が正しければ、左手、右手に関わらず、到達運動前に運動野の左半球で ERD が

優位に出現するはずである。

さらに、運動刺激が脳活動に与える影響を調べるために、健康な被験者の運動中における脳波を運動療法介入前後について測定、解析した。解析では、ERD を脳波から算出し、介入前後における ERD 強度変化を比較した。

### 3. 研究の方法

被験者は健康な視力をもった右利きの男性 6 人とした。東京農工大学研究倫理委員会の承認に基づいて、被験者にインフォームド・コンセントを得た。

運動開始キューの前に 2000 ms の運動の準備をする時間を設けた a delayed reaching task を実施した。この実験には、運動に用いる手（右手、左手）とターゲット（左ターゲット、右ターゲット）の組み合わせからなる 4 つのタスクがある。運動の準備をしている時間の脳活動を 27 チャンネルの脳波で計測した。グランドは AFz、リファレンスは A1 とした。運動を準備している時間の脳波に短時間フーリエ変換を適用し、休憩時における脳波のパワーとの時間変化を各帯域で調査した。短時間フーリエ変換には、500 ms の窓長をもったハミング窓を用い、シフト幅は 102 ms とした。

一方、被験者は、健康な 20 代の男性 11 名および女性 1 名であった。脳波測定の実施にあたっては、東京農工大学研究倫理委員会の承認に基づき、被験者からインフォームド・コンセントを得た。

運動療法介入前後における脳活動の変化を調べるために、被験者の運動時における脳波と腕の角度を介入前後について測定した。被験者は寝台に座位の状態となり、測定開始から 3 秒後に出るタスク開始の合図の後、肩関節を屈曲させ右腕を上げて降ろした。測定開始から腕の運動終了後数秒間までを 1 トライアルとし、10 トライアル繰り返した。10 トライアル実施した後、被験者は 10 分程度、療法士の徒手から右側の上半身を中心にゆっくりとした外力を受けた。運動療法介入の後、介入前と同様に被験者は右腕を上げて降ろすタスクを 10 トライアル実施した。

### 4. 研究成果

図 1 は運動開始キューの -819 --313 ms における 18-24 Hz の ERD のトポグラフィカルマップを表している。図 1. では、被験者が右手の運動の準備をしているときには、左半球で ERD が生じ、一方で、被験者が左手の運動の準備をしているときには、両半球で ERD が生じている。

運動開始キューの -819 ~ -313 ms における 18-24 Hz の ERD を調べた。左手、右手に関わらず、運動野の左半球で ERD が生じた。この結果は、運動野の左半球が運動の準備に重要な役割があるという知見を支持している。この結果は脳の損傷が運動機能に与える影響を理解するのに役立つと考えられる。

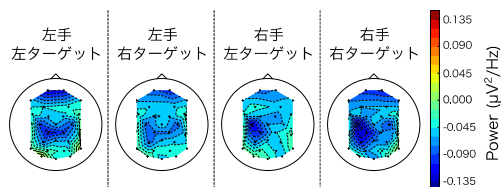


図 1. 運動開始キューの -819 --313 ms のにおいて生じた 18-24 Hz の ERD のトポグラフィカルマップ。

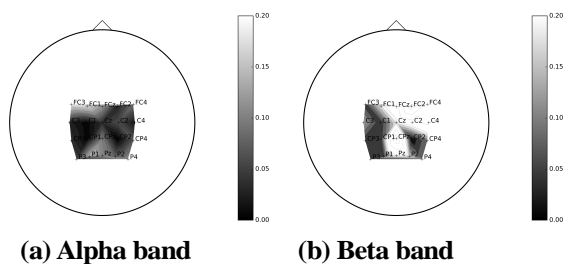


図 2: The topographical map of  $p$  value from paired Student's  $t$ -test.

また、運動介入に関する検定結果を、 $p$  値のトポグラフィカルマップとして図 2 に示す。図 2 (a), (b) より、どの帯域についても、介入前後での RP の変化が両半球で有意となっていることがわかる。また、介入後における ERD 強度が有意に増加していることが観測できた ( $p = 0.024 < 0.05$ )。介入前後での RP の変化が有意となった他の電極についても、同様に ERD 強度が増加傾向にあった。これより、運動療法介入前後で、先行研究<sup>[6]</sup>と同様な脳活動の変化が認められた。

また、ERD 強度は、皮質脊髄路の興奮性増加を反映しているという報告がある<sup>[9]</sup>。これより、本稿で実施した運動療法は、皮質脊髄路の興奮性を促進するリハビリテーションであると考えられる。

### 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 2 件)

1. Y. Kamikawa and T. Tanaka, "Asymmetric patterns of event-related desynchronization during the reach movement planning," in *Proceedings of Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016 38th Annual International Conference of the IEEE, IEEE, August 2016.* (accepted)

2. Y. Kamikawa and T. Tanaka, " Responses in posterior parietal cortex to movement intention task with visual and tactile cues, " in *Proceedings of Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE*, IEEE, August 2015. pp.6654-6657.  
DOI: [10.1109/EMBC.2015.7319919](https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7319919)

〔学会発表〕(計3件)

1. 伊知地敦大, 齊藤大志, 花房由香, 田中聡久, " 運動療法介入前後における脳波の解析, "第55回日本生体医工学会大会, pp. 72-73, 2016年4月26日-28日, 富山国際会議場(富山県富山市).
2. 上川侑祐, 田中聡久, " 後部頭頂皮質における運動意図に関連した脳活動の抽出に向けた一検討, "第54回日本生体医工学会大会, pp.438-439, 2015年5月7日-9日, 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)
3. Y. Kamikawa, T. Tanaka, " Extraction of brain activity related to motion intention, " *The 2nd Workshop on Electronics and Information Engineering*, 2015年5月29日, 会津大学(福島県会津若松市)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.sip.tuat.ac.jp>

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 聡久 (TANAKA, Toshihisa)

東京農工大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号: 70360584