

触覚刺激駆動型 BCI の開発と応用

Review of Stimulus-driven P300-based Tactile BCI Paradigms developed by bci-lab group

兒玉拓巳¹, 清水健介¹, 森啓²,
牧野昭二¹, ルトコフスキ トマシュマチエイ^{3,4}

¹ 筑波大学 生命領域学際研究センター, ² 株式会社 NTT データ,

³ 東京大学, ⁴ 理化学研究所 脳科学総合研究センター(理研 BSI)

E-mail: {takumi, tomek}@bci-lab.info

要旨: 本研究グループでは、P300 反応を用いた触覚刺激駆動型 BCI アプリケーションの開発を行ってきた。触覚刺激駆動型 BCI は、視覚刺激駆動型に比べてコマンド正解率(Classification Accuracy)は劣るもの、盲目の被験者や末期 ALS 患者などに適用できる利点がある。振動型、圧力型、また超音波による非接触型など、様々な触覚刺激を用い、BCI に最適な刺激提示方法について検討を行った。本発表では、代表的な 3 つアプリケーションの概要と、被験者実験を行う上で得られたコマンド正解率、触覚刺激から生じる ERP の特徴、正解率向上のために用いた機械学習技術についても紹介する。

- A) ピン圧力(Pin pressure tactile)刺激型 BCI … 9 つのソレノイドドライバを用いて 6 種のパターンを生成し、被験者の掌にピン圧力型の刺激を与え、P300 反応を誘発する [1]。
B) 全身振動(Full body vibrotactile)刺激型 BCI … 8 つの振動子(エキサイター)を被験者の背中に配置し、6 種の振動刺激パターンから P300 反応を誘発する [2]。被験者が寝たきり状態でも実験を行うことができる(Figure 1)。
C) 空中超音波非接触(Air-bone ultrasonic tactile display)刺激型 BCI … 超音波スピーカーを用いて空中に不可視な触覚刺激パターンを生成し、被験者の掌へ与え P300 反応を誘発する [3]。東京大学との共同研究、2014 年度 BCI Award 受賞 [4]。



Figure 1. 全身振動刺激型 BCI。図左下の振動子を被験者の背中に配置し、刺激パターンを提示することでP300反応を誘発する。図右下の人型ロボットは、BCIからの選択パターンによって操作が可能。

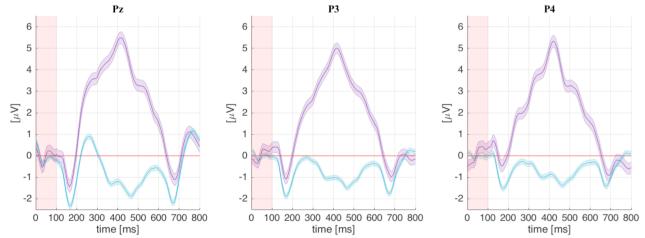


Figure 2. 触覚刺激から誘発される P300 反応(10 被験者の全平均)。反応が視覚、聴覚に比べて強い(平均で 4~6 マイクロポルト)という利点がある。その一方で、ノイズが多く記録されるという欠点があるため、信号処理技術と用いる機械学習アルゴリズムの選択、設定を調整しつつ、最適なコマンド正解率を求めている。

[1] Shimizu K, Makino S, Rutkowski TM. Inter-stimulus Interval Study for the Tactile Point-pressure Brain-computer Interface. In: 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Press; 2015. p. 1910-1913.

[2] Kodama T, Shimizu K, Rutkowski TM. Full Body Spatial Tactile BCI for Direct Brain-robot Control. In: Proceedings of the Sixth International Brain-Computer Interface Meeting: BCI Past, Present, and Future. Asilomar Conference Center, Pacific Grove, CA USA: Verlag der Technischen Universitaet Graz; 2016. p. 68.

[3] Hamada K, Mori H, Shinoda H, Rutkowski TM. Airborne Ultrasonic Tactile Display Brain-computer Interface Paradigm. In: Mueller-Putz G, Bauernfeind G, Brunner C, Steyrl D, Wriessnegger S, Scherer R, editors. Proceedings of the 6th International Brain-Computer Interface Conference 2014. Graz University of Technology Publishing House; 2014. p. Article ID 018-1-4.

[4] Annual BCI Research Award, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Annual_BCI_Research_Award.