

ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2018 に参加して

村松 悠哉

Yuya MURAMATSU

機械システム工学専攻修士課程 2年

1. はじめに

2018年6月2日～5日に北九州コンベンションゾーン（北九州国際会議場）にて開催されたロボティクス・メカトロニクス講演会 2018 に参加し、「脳波信号を用いた移動ロボットの操作に関する研究－脳波信号の解析と BCI システムの構築－」という題目でポスター講演を行った。

2. 発表内容

2.1 背景

脳波と機械を繋げることで機械を直接操作する Brain Machine Interface (BMI) や、コンピュータを間に挟んだプログラム制御により機械の操作を行う Brain Computer Interface (BCI) の分野が注目を集めている。本研究は安価で入手でき比較的精度の高い脳波計と、利便性が高い解析ソフトウェアを用いた BCI システムを構築し、機械操作の一例として移動ロボットの操作を脳波で行うことを目指す。

本研究室でこれまでに行ってきた研究では、脳波の計測およびその計測データの解析は可能であったが、リアルタイムでの解析ではなかった。また、解析データを移動ロボットの動作に反映する際、通信問題によりこちらの想定した動作とは異なる動作がみられた。以上のことからリアルタイムに重点を置き、脳波を解析するソフトウェアの開発と、その基づく移動ロボット制御のための BCI システムの構築を行うことを目的とした。

2.2 構築した BCI システム

構築した BCI システムの概要を図 1 に示す。脳波計には比較的安価であり、被験者の装着時の負担



Fig. 1 Schematic drawing of BCI system

が少ない NeuroSky 社の MindWave Mobiole を使用した。脳波計とコンピュータ間の通信は Bluetooth で行われ、コンピュータと被制御体であるモータ間の通信は Raspberry Pi 3 の機能の 1 つであるファイル共有 Samba によって行われる。

2.3 周波数解析

2.3.1 ガボールウェーブレット変換

時間変化する信号 $f(t)$ をリアルタイムで周波数解析するため、ガボールウェーブレット変換（または複素モルレーウェーブレット変換）による連続ウェーブレット変換を用いた。ガボールウェーブレット変換は次式で与えられる。

$$WT(b, a) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\Psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt \quad (1)$$

$$\Psi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} e^{j\omega t} \quad (2)$$

パラメータ a と b は時間に対応し、 σ は定数である。 σ を大きくすると周波数分布が正確になる一方で、小さくとると時間的変化が正確になる。そのため σ を検討する必要がある。

2.3.2 σ の検討

脳波を入力信号としたとき、 $\sigma=1, 2, 3, 5, 7, 10$ におけるスペクトログラムを図 2 として示す。

図 2 (a) から (f) のすべてのグラフにおいて、2～4 秒付近で β 波帯域が上昇している。図 2 (a) は 20～30 Hz の広範囲で上昇しているのに対し、残りのグラフは上昇している周波数帯域を 3 つに分けることができる。また、 σ を大きくすると計算量が多くなり、その分だけ時間にずれが生じる。以上から今回は $\sigma=2$ に設定した。

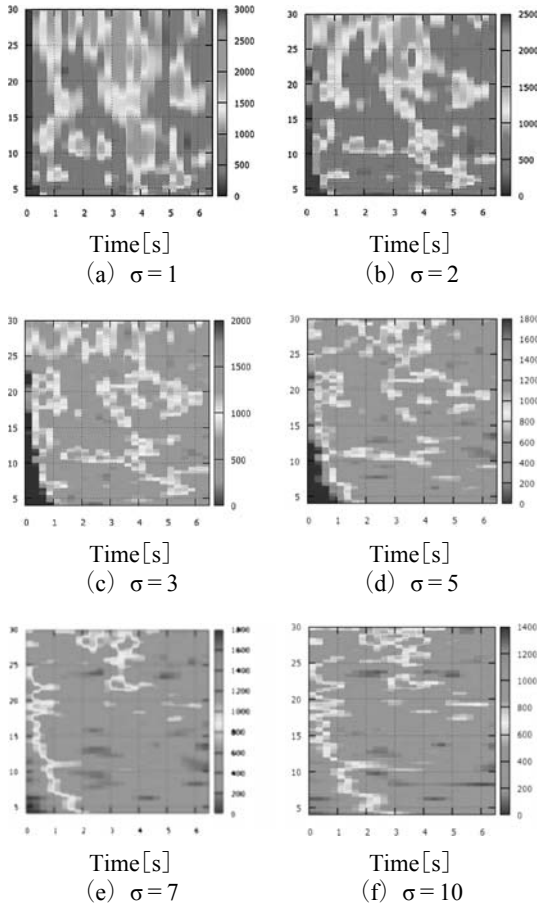


Fig. 2 Spectrogram for each σ

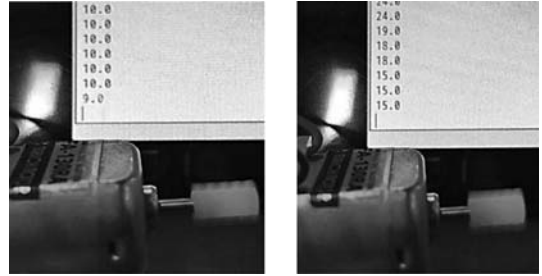
2.4 制御実験

2.4.1 方法

① 閉眼状態 (α 波)

② 開眼かつある 1 点に集中した状態 (β 波)

の状態における脳波を計測し、パワースペクトルが最も大きい周波数が α 波帯域ではモータが正転、 β 波帯域ではモータが反転という条件下で実施した。



(a) Closed eyes (b) Concentrated

Fig. 3 frequency data and motor movement

モータはマブチモーター社の小型直流モータ FA-130 RA, モータドライバは TOSHIBA 社の TA 7291 A を用いた。

2.4.2 結果

閉眼状態および開眼かつ 1 点に集中した状態においてのモータの動作と Raspberry Pi 3 のディスプレイを図 3 に示す。図 3 (a) では最も大きいパワースペクトルが α 波帯域 8~13 Hz の範囲よりモータは正転した。図 3 (b) では最も大きいパワースペクトルが β 波帯域 14~29 Hz の範囲よりモータの反転した。

3. まとめ

Raspberry Pi 3 のファイル共有という機能によりリアルタイムでの解析および BCI システムを構築したが、被験者の動きによりノイズが混入してしまうことがあった。今後は MindWave Mobile のような電極数が 1 つの脳波計ではなく、複数の電極を有する脳波計を用いることでノイズの相殺を行う必要がある。