

# 多チャンネル脳波信号の高周波成分の相関を用いた BCI の検討 (Study of BCI based on Correlation of High-frequency component of Multichannel EEG signal)

柏田大貴\* 原田治行\* 玉利陽三\*  
(\*鹿児島工業高等専門学校)

## 1 はじめに

近年、タスク実行時の脳波を解析することで意思伝達の支援などに応用する Brain-Computer Interface(BCI)技術が注目されている。先行研究[1]では、脳波の高周波成分が感性やイメージタスクに関係しているという報告[2]に着目して、脳波の高周波成分の各電極間の相関係数[3]の平均値を特徴ベクトルの要素としてテンプレートを作成し、タスクの判別を行う方法を提案した。

本研究は、先行研究[1]で使用している各タスクの特徴ベクトルの要素の平均値の差の有意性を多重比較検定法により検討した。

## 2 方法

### 2.1 実験

被験者は右利きの男性 3 名で、測定にあたっては鹿児島高専生命倫理委員会の承認を得て、インフォームドコンセントを行ってから実施した。タスクは、「リラックス」、「右手反復閉運動イメージ(右手イメージ)」、「左手反復閉運動イメージ(左手イメージ)」の 3 種類で、タスクを 1 回あたり 10 秒間行い、それを 5 回実施してまとめた 50 秒間のデータを 1 回の試行とした。脳波の測定箇所は国際 10/20 法に基づいて、左脳(F3①, C3③, P3⑤, O1⑦)、右脳(F4②, C4④, P4⑥, O2⑧)の 8 か所で基準電極を A1, A2 として、基準電極導出法(同側耳朶法)を用いた。また、システムリファレンスは A1 とした。電極間の接触抵抗は 10k $\Omega$  以下とした。測定は、Polymate II AP216 を用いてサンプリング周波数 250Hz で行い、30~100Hz の帯域フィルタおよび 60Hz のノッチフィルタを通して高周波成分を求めた。

### 2.2 解析

1 回の試行の 50 秒間のデータを、100 個のデータ区間に分割し、1 区間で各電極間の相関係数を求め、100 個の相関係数の平均値を特徴ベクトルの要素とした。要素数は、8 電極から 2 電極を選ぶ組み合わせで 28 あり、その並びは、1-6 番までが左脳の電極間の相関係数の平均値、7-12 番までが右脳の電極間の相関係数の平均値であり、13 番以降は左脳と右脳の電極間の相関係数の平均値とした。

## 3 結果と考察

被験者 A の左手イメージの 2 回の試行の特徴ベクトルとその標準偏差を図 1 に示す。1 回目と 2 回目の試行の特徴ベクトルは、ほぼ同じ形になり、標準偏差もほぼ同じ値となった。右手イメージとリラックスについても同様な傾向が見られた。各タスクの 2 回の試行を平均した特徴ベクトルと標準偏差を図 2 に示す。12 番までの特徴ベクトルの値に比べて、13 番以降の値は各タスクの値が比較的大きく異なっているので、これらの値をテンプレートとして用いて、テンプレートマッチングで各タスクを判別できるかを検討した。

特徴ベクトルの各要素は 100 個の相関係数の平均値であるため、100 個のデータの分布は左手イメージの 15 番目の相関係数を例にとると図 3 になる。この分布が正規分布に仮定できるかどうかをアンダーソン・ダーリン検定とダゴスティノー・パーソン検定で調べた。5%の有意水準では電極間の相関係数の分布は両方の検定を満たし正規分布と仮定できた。また、13 番以降の他の要素の相関係数の分布も概ね正規分布と仮定できた。

3 つのタスクの特徴ベクトルの 3 集団間に差があるかないかを統計的に調べるために、平均値の差の検定を行った。集団数が 2 を超えて、相関係数の分布はおおむね正規分布に従い、標準偏差はほぼ等しいとみなせるので、多重比

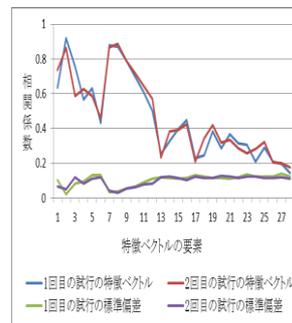


図 1. 被験者 A の左手イメージの特徴ベクトルと標準偏差

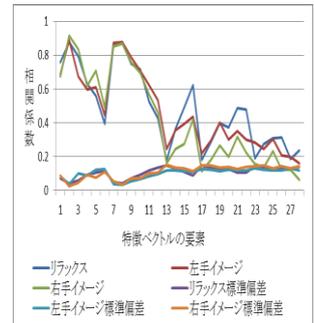


図 2. 被験者 A の各タスクの特徴ベクトルと標準偏差

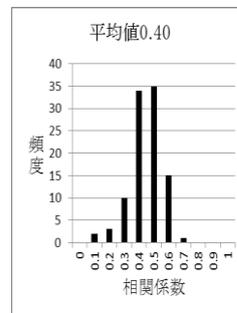


図 3. 左手イメージの 15 番目の相関係数の分布

表 1. Tukey 法による平均値の差の多重比較検定結果

要素番号	13	14	15	16	17	18	19	20
電極組合せ	①-②	③-④	⑤-⑥	⑦-⑧	①-④	②-③	③-⑥	④-⑤
組合わせ1	○	x	○	○	○	○	x	○
組合わせ2	x	○	○	○	○	○	○	○
組合わせ3	○	○	○	x	○	○	○	○

要素番号	21	22	23	24	25	26	27	28
電極組合せ	⑤-⑧	⑥-⑦	①-⑥	②-⑤	③-⑧	④-⑦	①-⑧	②-⑦
組合わせ1	○	○	○	x	x	○	x	○
組合わせ2	○	○	○	○	○	○	○	○
組合わせ3	○	○	○	○	○	○	○	○

組合わせ1: リラックス・左手イメージ 組合わせ2: リラックス・右手イメージ  
組合わせ3: 左手イメージ・右手イメージ

較検定の Tukey 法を用いた。有意水準を 5% として検定を行った結果を表 1 に示す。○印が平均値の差が有意であることを示す。被験者 B, C についても同様の処理を行うと、各タスクの特徴ベクトルは被験者 A のものとは異なり、多重比較検定結果のすべて○印となる要素番号も異なった。

従って、被験者ごとに特徴ベクトルのテンプレートは異なるが、要素には統計的に有意差がある相関係数の平均値が含まれるので、3 種類のタスクを判別できることが示唆された。また、すべて○印がついた要素番号を用いて被験者ごとにテンプレートを作成すれば、電極数を減らせる可能性も示唆された。

## 4 まとめ

先行研究[1]で使用している各タスクの特徴ベクトルの要素の平均値の差の有意性を多重比較検定法により検討した結果、3 種類のタスクを判別できることと、電極数を減らせることが示唆された。

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 15K12614 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 松山, 原田, "脳波の高周波成分に着目した BCI の研究," 平成 27 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 CDROM, 15-3P-10, p.568(2015).
- [2] 丸山, 中川, "ヒト脳波のイメージタスクに対する高周波成分の変化," 信学論(D), Vol. J95-D, no. 6, pp.1410-1420 (2012).
- [3] 田中, 松永, 堀, "移動ロボットの脳動制御," 電学論(C), Vol. 124-D, no. 3, pp.890-896 (2004).