

脳波測定時の電極数最適化におけるクラスタリング手法の有用性の検討 Clustering of EEG Signals to Minimize Number of Electrodes Necessary for Specific Application

横羽 曜[†] Goutam Chakraborty[†] 馬淵 浩司[†] 松原 雅文[†] 菊池 大悟[‡]
Hikaru Yokoha Goutam Chakraborty Hiroshi Mabuchi Masafumi Matsuhara Daigo Kikuchi

1. はじめに

近年、脳波を測定し解析することで、機器の操作や文書作成などを可能とするBrain Computer Interface(BCI)に関する研究が盛んに行われている。BCIは、脳波を制御信号へ変換するシステムであり、電極を頭に取り付けて脳波を計測することにより動作や言語を媒介せずに文書作成やコンピュータの操作等が可能となる。主に手足を動かせない、言葉を発することができないなどの体の不自由な患者を対象として応用されている。

一般的なBCIにおいては、使用する電極の数が多く、有効な取り付け位置がわからないことや分析するデータが多いこと、取り付けに時間を要してしまうという問題がある。そこで本稿では、BCIの効率化を目的とする。

問題を解決するため、有効な電極位置や電極の組み合わせを考慮し、教師なし学習であるクラスタリングを用いる。類似している特徴を持った脳波信号を分類し、類似電極の最適化を行うことにより、電極を削減し、分析するデータの削減と取り付け時間の短縮を目指す。

2. 提案手法

提案手法の流れを図1に示す。

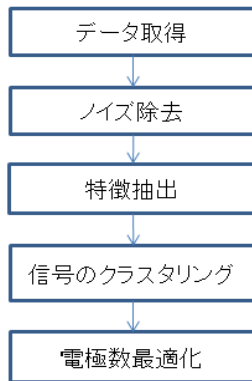


図 1: 提案手法流れ

2.1 脳波データの取得

g.TEC社のP300型BCI speller [2]を参考とする。P300型BCI spellerは、ヒトが注意して受けた感覚刺激から約300ミリ秒後に発生する陽性電位P300を利用し、文字を推測するシステムである[1]。本研究ではNet Station System 300[2]を実験機材として使用する。Net Station System 300とは128chの電極から脳波を測定できる脳波測定器である。刺激提示装置とあわせて使用し、目的に合わせた刺激を与え、そのときの脳波を測定することができる[2]。刺激提示装置の画面を図2に示す。



図 2: 刺激提示画面

Net Station System300では、128chから取得できるが128chすべてを使用すると次元数が多くなり解析に時間がかかってしまう。そこでNet Station System300の電極の中から国際10-20法で定められている21chを使用して解析していく。データを取得する際にP300型BCI Spellerと同じような環境を構築し、擬似的なBCIの実験を行う。被験者に図2のようにディスプレイにマトリクス状に配列された文字が点滅している画面を注視させ、入力したい文字が光ったときカウントしてもらい脳波を取得する。

2.2 ノイズ除去

ノイズ除去にはバンドパスフィルタを使用する。バンドパスフィルタはハイパスフィルタとローパスフィルタの両方の性質を持ち、特定の周波数帯域のみ通過させるフィルタである[4]。本研究ではP300型BCI Spellerのマニュアルに記されている0.1Hz~30Hzの範囲にバンドパスフィルタを設定し、取得した脳波データにフィルタをかけ、ノイズ除去を行う。

2.3 特徴抽出

特徴抽出手法には高速フーリエ変換(FFT:Fast Fourier Transform)を使用する。FFTとは、時間的変化を表した信号を周波数成分の変化に変換させる手法である。脳波に対してFFTを用いて周波数解析を行うことにより時間区間での周波数の強さを調べることができる[3]。そのため時間領域のデータ周波数成分に分解することが可能である。電極数分FFTを行い、特徴ベクトルを作成する。FFTを適用する際、脳波の中で変化が現れやすい α 波帯域と β 波帯域の8Hz~30Hzを利用する[5]。

2.4 クラスタリング

クラスタリング手法としてFuzzy c-means(FCM)を用いる。FCMとはk-means法にファジィ理論を導入したクラスタリング手法で、個体の各クラスタへの所属の度合の大きさをあいまいに設定が可能である[6]。k-meansでは所属するかしないかで分けていたが、FCMによって帰属度を用いることで細かい分類が可能となる。

[†] 岩手県立大学 Iwate Prefectural University

[‡] 岩手県立大学大学院 Iwate Prefectural University Graduate School

2.5 電極数最適化

電極数の最適化は、ノイズ除去、特徴抽出を行ったデータをクラスタリングによって分類し、その中からそれぞれのクラスタの中からもっとも適応度の高い 1ch を選択し、残りを削除することで行う。今回は電極数 21ch から P300 型 BCI speller で使用できる電極数である 8ch に減らし精度が高くなる位置を特定する。

3. 評価実験

3.1 実験概要

画面にターゲットを縦横 10 回ずつ計 20 回ランダムで点滅させる。点滅の間隔は 600ms に設定した。目的の文字が光ったときにカウントしてもらう。この実験を被験者 3 人にそれぞれ 3 件ずつ行い、合計で 9 件のデータ、1 人 60 件の 8ch 分の計 480 件のデータを取得した。取得したデータにノイズ除去、特徴抽出を行い、クラスタ数 8 に設定した FCM を用いて分類する。

入力には FFT で取得した特徴ベクトルを使用する。各電極をクラスタに分け同じクラスタの中から帰属度が高い 1ch ずつを選択し電極数を 21ch から 8ch まで減らす。電極位置は、P300 型 BCI speller のマニュアルに記されている Fz, Cz, P5, Pz, P6, PO7, Oz, PO8 の 8ch, 提案手法のクラスタリングを用いて求めた Fz, Cz, Pz, C3, C4, F4, O2, P3 の 8ch を使用する。図 3 にそれぞれの電極位置を示す。

電極位置を求めた後、反応がある脳波と、反応がない脳波のパターンをニューラルネットワークに学習させる。本研究では誤差逆伝播法による学習を行う。ニューラルネットワークのパラメータを表 1 に示す。ノイズ除去や特徴抽出をした脳波データの 9 割のデータを学習データとして入力し結合荷重の学習を行い、1 割のデータをテストデータとして入力し、入力された脳波データの反応あり、反応なしの判別を行う。マニュアルに記されている 8ch と、提案手法で求めた 8ch の認識精度を比較する。

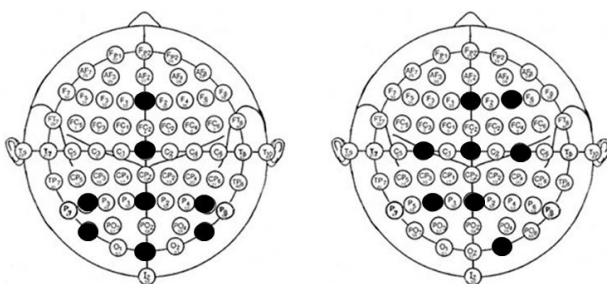


図 3: 使用電極位置
(左: マニュアル, 右: 提案手法)

表 1: ニューラルネットワークのパラメータ

全データ	420 件	出力層	2
学習データ	378 件	学習回数	10000 回
テストデータ	42 件	学習係数	0.001
入力層	8	実験回数	5 回
中間層	20		

3.2 実験結果と考察

実験結果は表 2 のようになった。提案手法で選んだ 8ch のほうの精度が 3 人ともよくなった。実験結果より、認識精度が高くなったことからクラスタリングによる電極の最適化は有効であると考えられる。

表 2: 実験結果

		認識精度	標準偏差
被験者 1	マニュアル	71.79%	0.0517
	提案手法	72.18%	0.0481
被験者 2	マニュアル	70.11%	0.0368
	提案手法	70.58%	0.0634
被験者 3	マニュアル	67.32%	0.0521
	提案手法	67.38%	0.0561

4. おわりに

本稿では電極数最適化におけるクラスタリングの有用性について検討してきた。脳波データを取得し、バンドパスフィルタ、FFT を施し、FCM を用いてクラスタリングを行い電極の最適化を試みた。

評価実験としてクラスタリングで減らした 8ch と一般的な 8ch の認識精度をニューラルネットワークを用いて比較した結果、精度を上げることができ、本手法の有効性を示すことができた。

今回特徴抽出手法として FFT を用いたが、FFT では時間情報を損なってしまう。そこで今後は時間情報を保持したまま特徴抽出が可能な特徴抽出手法を使用することで精度が上がると考えられる。また、クラスタリングに FCM を使用したが、与えられた入力情報の類似度をマップ上での距離で表現が可能な自己組織化マップの使用も検討している。さらに今後人数を増やして実験し、有効性を示していく。最終的には 8ch から減らした場合の精度も検討していく予定である。

参考文献

- [1] 松下光次郎, Maryam Alimardani, 山本知幸: P300-BMI による実空間オブジェクトのポインティング装置, インタラクシオン, 東京, pp.343-346, March, 2011
- [2] 株式会社 ミユキ技研
<http://www.miyuki-net.co.jp/jp/index.shtml>
- [3] 脳波解析マニュアル
<http://eegkaiseki.web.fc2.com/ft.html>
- [4] 入野野宏, 小野田慶一: 事象関連電位の波形に及ぼすフィルタの効果, 生理心理学と精神生理学 26(3), 237-246, 2008-12
- [5] Yuji Mizuno, Hiroshi Mabuchi, Goutam Chakraborty, Masafumi Matsuhara: Clustering of EEG data using maximum entropy method and LVQ: INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE, Volume 4, 2010
- [6] 渡邊 浩和, 小野 勉, 松永 昭浩, 金川 明弘, 高橋 浩光: ファジィ c-means 法を用いた複数巡回セールスマン問題の一解法, 日本ファジィ学会誌 13(1), 119-126, 2001-02-15