

視覚的想起における脳波の識別手法の提案 Proposal of Identification Method for Visual Imagery EEG

赤間 勇哉[†] 土屋 誠司[‡] 渡部 広一[‡]
Yuya Akama Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

1. はじめに

近年、情報処理技術の発展とともに、コンピュータは様々な分野で利用されている。コンピュータへの入力インターフェースとして、一般的なものはキーボードとマウスである。一方、手を使うことができない場合におけるコンピュータ制御や文字入力を達成するための手段として BCI (Brain-Computer Interface) への注目が高まっている。BCI とは、人間の脳波を解析したものをコンピュータへの入力として、それに対して何らかの動作が返されるインターフェースのことである。

本研究では、文字や記号を視覚的に想起したときの脳波を用いることがより目的を円滑に達成可能な BCI の開発に繋がると考え、視覚的に想起した矢印「↑」、「↓」、「←」、「→」とアルファベット「A」、「B」を脳波により識別するシステムを構築する。

2. 使用技術

2.1 特徴抽出

特徴抽出とは、信号の特徴を残したまま、あるいは強調し、サイズを減らすことで、より容易にかつ短い時間でクラス分類を行うことができるようにするための技術である。本研究で用いる特徴抽出の既存の手法について述べる。

2.1.1 CSP : Common Spatial Pattern

空間重みを用いた特徴抽出の手法であり、複数の電極で記録された脳波の特徴抽出に頻繁に用いられる。

この手法では、信号と 2 クラスの学習データから求めた重み行列の積を特徴量とし、この重みベクトルをあるクラスの特徴量の分散が最小かつ別のクラスの特徴量の分散が最大となるように調整する。これにより複数の電極で記録した脳波から、クラス分類に有効な電極を重視した特徴量が得られる。

2.1.2 MFCC : Mel Frequency Cepstrum Coefficients

低周波であるほど差がわかりやすく、高周波であるほど差がわかりにくいという人間の知覚特性を考慮した特徴抽出の手法であり、音声の特徴抽出に頻繁に用いられる。

この手法では、信号をフーリエ変換したスペクトルに対して、メルフィルタバンクと呼ばれる低周波数帯域を重視するフィルタの集合を用いて、それぞれのフィルタ毎の和の対数を取り、それを離散コサイン変換したものの係数を取り出して特徴量とする。これにより信号のサイズを削減し、低周波数帯域を重視した特徴量が得られる。

2.2 クラス分類

信号をあらかじめ用意された複数のクラスに分類する技術として、クラス分類がある。クラス分類を用いることで、学習データを基に、未知の信号がどのクラスに分類される

[†] 同志社大学大学院理工学研究科

[‡] 同志社大学工学部

のかを推定することができる。本研究で用いるクラス分類手法である SVM (Support Vector Machine) について述べる。

SVM は識別性能が高いとされるクラス分類手法の 1 つであり、「マージン最大化」という概念を用いることで汎化能力に長けたクラス分類を実現している。この手法では、各クラスの学習データ同士の距離が最大となるような超平面 (識別境界) を定義することで、クラスの境界が定まり、未知のデータが位置するクラスをその未知のデータのクラスとする。

3. 提案手法

脳波は一般的にその周波数帯域によって 5 種類に分類され、それぞれ異なる脳の活動を示すことが知られている。この分類を表 1 に示す。本研究では、雑音の影響が大きい δ 波、 γ 波を使用しないものとし、 θ 波、 α 波、 β 波を重視した特徴抽出を行う。

これを実現するために MFCC の考え方を基に、重視する周波数帯域を自由に変更することができる SMFCC (Shift-MFCC) という特徴抽出手法を考案する。この手法で重視する周波数帯域を θ 波、 α 波、 β 波に設定することで、脳波の周波数帯域に関する特性を考慮した特徴抽出を行うことができる。

表 1 脳波の分類

名称	周波数帯域	雑音の原因
δ 波	1 ~ 4Hz	筋電・心電
θ 波	4 ~ 8Hz	—
α 波	8 ~ 13Hz	—
β 波	13 ~ 30Hz	—
γ 波	30 ~ 64Hz	周囲の電子機器

4. 脳波測定実験

本研究で使用する脳波を取得するために行った実験について述べる。視覚的に想起した矢印を脳波により識別する Yamanoi ら^[4]の脳波測定実験の手順を参考とした。本研究における実験の被験者は 2 名で、測定回数は各文字 (記号) につき 50 回ずつ、合計 300 回、サンプリングレートは 800Hz で行う。ただし、サンプリングレートは後に 100Hz へとダウンサンプリングし、雑音除去のために 4.00Hz~30.00Hz のバンドパスフィルタをかけた。本研究で行った脳波測定実験の手順を以下に示す。また図 1 にその流れを示す。

- (1) 2~3s 間、画面に「+」の記号を表示する。被験者は画面に注目して画面が切り替わるのを待つ。
- (2) 2~3s 間、画面に「↑」、「↓」、「←」、「→」、「A」、「B」のうちいずれかの文字をランダムに表示する。被験者は表示された文字を見て画面が切り替わるのを待つ。
- (3) 3s 間、画面に何も表示しない。被験者は (2) で表示された文字を視覚的に想起する。

- (4) 「↑」, 「↓」, 「←」, 「→」, 「A」, 「B」の全ての文字を 50 回ずつ表示し終わるまで (1) に戻って繰り返す。

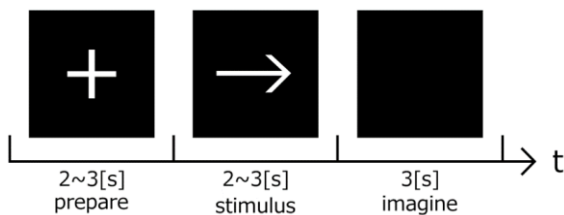


図 1 脳波測定実験の流れ

5. システムの構築

本研究では、視覚的に想起した矢印「↑」, 「↓」, 「←」, 「→」とアルファベット「A」, 「B」を脳波により識別するシステムを構築する。このシステムは学習段階と識別段階に分けられ、学習段階では特徴抽出器とクラス分類器の学習を、識別段階では未知の脳波の識別を行っている。2 クラスずつの特徴抽出とクラス分類を行い、多数決によって多クラスの分類を行う One-Versus-One 戦略を採用する。

このシステムの学習段階における処理の手順を以下に示す。

- (1) 学習データのうち 2 クラスの脳波を用いて、CSP による特徴抽出器の学習を行う。
- (2) (1) で学習済みの CSP による特徴抽出器と、学習の必要がない SMFCC による特徴抽出器を用いて、(1) で用いた 2 クラスの脳波の特徴量を得る。
- (3) (2) で得た 2 クラスの脳波の特徴量を用いて、SVM によるクラス分類器の学習を行う。
- (4) 学習データの 2 クラスの全組み合わせによる特徴抽出器とクラス分類器の学習を終えるまで、(2) に戻って繰り返す。

このシステムの識別段階における処理の手順を以下に示す。

- i. CSP による特徴抽出器と、SMFCC による特徴抽出器を用いて、未知の脳波の特徴量を得る。
- ii. SVM によるクラス分類器を用いて、i. で得た未知の脳波の特徴量を識別する。
- iii. 学習データの 2 クラスの全組み合わせによる特徴抽出器とクラス分類器を用いて未知の脳波を識別するまで、ii. に戻って繰り返す。
- iv. iii. の繰り返しによって得られた 2 クラスの識別結果のうち、最も多かったものを多クラスの 識別結果とする。

6. 評価実験

6.1 評価手法

本研究で用いる精度評価の手法は次の 3 つである。

A) LOOCV: Leave One Out Cross Validation (被験者内)

任意の被験者の全データのうち 1 個のデータをテストデータ、その被験者の残りのデータを学習データとして評価を行い、これを全被験者の全データが 1 回ずつテストデータとなるように繰り返してそれぞれの評価結果の平均を求める手法である。

B) LOOCV: Leave One Out Cross Validation (被験者外)

全被験者の全データのうち 1 個のデータをテストデータ、全被験者の残りのデータを学習データとして評価を行い、これを全被験者の全データが 1 回ずつテストデータとなるように繰り返してそれぞれの評価結果の平均を求める手法である。

C) LOPOCV: Leave One Person Out Cross Validation

任意の被験者の全データをテストデータ、残りの被験者の全データを学習データとして評価を行い、これを全被験者の全データが 1 回ずつテストデータとなるように繰り返してそれぞれの評価結果の平均を求める手法である。

5.2 評価結果

本研究で構築したシステムにおける、評価手法別、クラス分類器別に様々な設定値の試行の結果、最も高かった場合の精度を図 2 に示す。

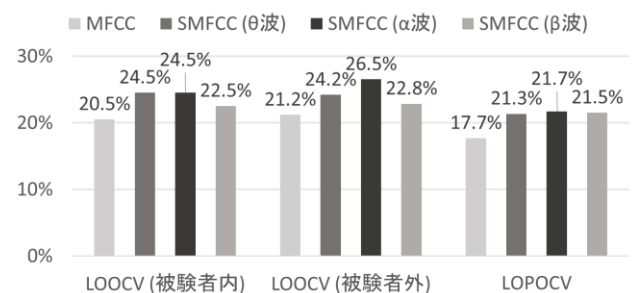


図 2 評価結果

7. 考察

特徴抽出に SMFCC を用いた場合は、MFCC を用いた場合に比べて、どの評価手法を用いた場合においても精度が向上していることが分かる。これは SMFCC で脳波の周波数帯域に関する特徴を考慮した特徴抽出を行ったためであると考えられる。

また、最も高い精度が得られたときの SMFCC で重要視した周波数帯域の設定値はどの評価手法においても α 波の中央にあたる 10.5Hz であった。この結果から、矢印「↑」, 「↓」, 「←」, 「→」とアルファベット「A」, 「B」の 6 種類を視覚的に想起した際の脳波の識別には α 波が最も重要であると考えられる。

矢印「↑」, 「↓」, 「←」, 「→」の 4 種類で識別した際の最も高かった精度は 35.25% で、アルファベット「A」, 「B」の 2 種類で識別した際の最も高かった精度は 67% であった。このとき重要視した周波数帯域は前者は β 波の中央にあたる 21.5Hz、後者は α 波の中央にあたる 10.5Hz となり、異なっていた。このことから想起する対象によって識別に有効な周波数帯域が異なると考えられ、識別する対象に合わせて最適な周波数帯域を選択して重要視するようなシステムを構築することで精度の向上を図ることが可能であると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16K00311 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Yamanoi, T., Toyoshima, H., Yamazaki, T., Ohnishi, S., Sugeno, M., & Sanchez, E. Brain Computer Interface by use of Electroencephalograms from Right Frontal Area. SCIS-ISIS 2012, pp.1150-1153, 2012.