

P300 speller におけるユーザの入力意思の有無判別に関する検討

A Study on Discrimination of Input Inclination in P300 Speller

河合康平 *1

吉川大弘 *2

古橋武 *2

Kouhei Kawai

Tomohiro Yoshikawa

Takeshi Furuhashi

*1名古屋大学工学研究科

Graduate School of Engineering Nagoya University

Brain-Computer Interface (BCI) is a system that controls external devices based on the signal of human's brain. The P300 speller, which uses P300 as the target feature, is one of the BCI communication tools. P300 speller allows a user to select letters just by user's thought. However, generally user can not switch P300 speller ON and OFF by himself/herself. Thus, user is required to continue to input letters even if he or she has no intention to input letters any more or wants to take a rest. This paper proposes and studies a P300 speller which is synchronous to the intention of input using the probability density distribution of discriminant score.

1. はじめに

Brain-Computer Interface (BCI) とは、脳信号を用いて思考判別を行うことで、四肢を使うことなくコンピュータなどの外部機器の操作を可能にするシステムである。BCIの研究が進むことで、筋委縮性側索硬化症 (ALS) 患者のような、脳活動は正常であるが、体に重度の四肢麻痺を抱える人に対して、コミュニケーションをとることを可能にすると期待されている。この BCI の一種に、脳波から得られる事象関連電位の一種である P300 を特徴量に用い、ユーザーが思考のみで文字入力を行う P300 speller [1] がある。P300 speller では、インターフェースに表示された文字をランダムに 1 行または 1 列ずつ点灯させることで、視覚的な刺激をユーザーに呈示する。ユーザーは選択したい文字に対して意識を集中させることで、その文字が含まれる行や列の点灯時に P300 が誘発され、この P300 を捉えることで、ユーザーの選択したい文字を特定し、文字入力が可能になる。

従来の P300 speller においては、システムの開始/終了はユーザー以外の者が行うため、ユーザーが文字入力を行いたいタイミングでシステムをオンにすることや、途中で休憩したい場合にシステムを一旦オフにすることなどのコントロールはできない。そこで本稿では、ユーザーの入力意思の有無によって、文字入力のオン/オフを自動で切り替えることが可能な文字入力システムの提案、及び検証を行う。

2. 入力意思判別に基づく文字入力システム

従来の P300 speller では、P300 が S/N 比が悪いため、予め指定したシーケンス (すべての行と列を 1 回ずつ点灯させることを 1 シーケンスと呼ぶ) 分の脳波データを計測し、加算平均することで、S/N 比を改善している。指定したシーケンス数の刺激呈示を行った後、各行各列について得られた加算平均波形に対して、事前学習によって得られた判別関数を用いて判別得点を算出する。このようにして得られた判別得点の中で、相対的に大きな判別得点を得られた行と列に含まれる文字をターゲット文字と判別し、ユーザーに結果を呈示する。またこ

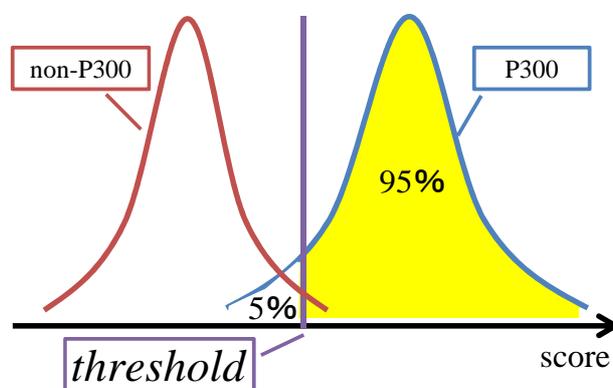


図 1: 閾値の設定

のとき、ユーザーの入力意思の有無に関わらず文字判別を行う。これに対し提案手法では、文字判別を行う前に入力意思の有無を判別し、入力意思ありと判別された場合にのみ同様の方法で文字の判別を行う。

事前学習に用いるデータ (学習データ) は、ユーザーが予め指示された文字列の入力を行うことで計測されるため、学習データにおける P300 及び non-P300 データの正解ラベル付けがされ、それらの判別得点に対する平均値と分散値を求めることができる。さらに、先行研究 [2] を参考に、それぞれの判別得点の分布が正規分布であることを仮定すると、P300 と non-P300 データの判別得点の分布が得られる。このようにして得られた P300 及び non-P300 の判別得点の確率密度分布のイメージを図 1 に示す。

ここで、ユーザーによる文字の入力意思がない場合、観測されるデータは、non-P300 データと同様、P300 の特徴を持たないことから、すべての行及び列の判別得点が低い値となると予想される。そこで提案手法では、図 1 右に示す P300 の判別得点の確率密度分布において、左片側 5% を閾値として設定し、行及び列いずれかの最大となる判別得点が閾値を超えていれば、入力意思があると判別する。一方で、すべての行及び列の判別得点が閾値よりも小さければ、入力意思なしと判別する。

連絡先: 河合康平, 名古屋大学大学院工学研究科, 名古屋市千種区不老町, 052-789-2793, 052-789-3166, kohei@cmplx.cse.nagoya-u.ac.jp

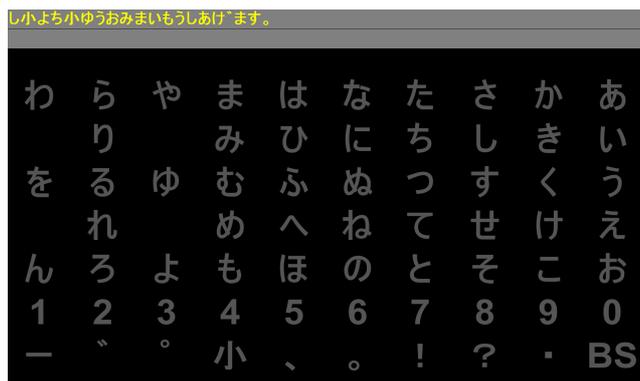


図 2: P300 speller のインターフェイス

3. 実験

3.1 使用データ

本稿では、図 2 のように、ひらがなが配置された日本語インターフェイスを用いて実験を行った。実験には、予め計測した 4 人 (Sub1, Sub2, Sub3, Sub4) の脳波データを用いた。脳波計測の際には、BCI 開発用の汎用プラットフォームである BCI2000 に搭載されている P300 speller を用いた。1 シーケンスあたり 7 行 10 列の計 17 回ランダムに点灯し、1 文字の入力に対して 10 シーケンスの点灯を行った。脳波の計測は二種類の状態で行った。一つは入力意思ありの状態であり、これは被験者が特定の文字に集中 (ターゲット文字の点灯回数を数えるよう指示した) し、文字入力を行っている状態である。もう一つは、入力意思なしの状態であり、これは被験者が特定の文字に集中することなくインターフェイスを見ている状態である。それぞれの状態について、40 文字分の脳波データを計測した。識別機にはステップワイズ線形判別分析 (Stepwise Linear Discriminant Analysis: SWLDA) [3] を用いた。

3.2 実験方法

初めに、事前学習として、入力意思ありのデータからランダムに 10 文字分のデータを選択し、学習データとした。その後、学習データを用いて機械学習を行い、判別関数と入力意思判別に用いる閾値を求めた。また同様に、入力意思あり、及び入力意思なしのデータからランダムに 20 文字分のデータを選択することでテストデータを作成し、入力意思判別を行った。入力意思判別において、入力意思ありと判別された場合のみ文字判別を行った。この事前学習と入力意思判別を 50 試行繰り返し、判別正答率 (入力意思判別及び文字判別) を算出した。

次に、10 シーケンス内で入力意思なしから入力意思ありへと切り替わった際の判別正答率を求めた。1 文字 (10 シーケンス) の入力に対し、入力意思なしのデータの割合を 0~10 シーケンスまで変化させた 11 種類のデータを作成し、上記と同様の実験を行った。入力意思あり及びなしのデータが混在しているため、ここでの正答率は、判別を行った回数のうち、入力意思なしと判別、もしくは入力意思ありと判別し、指定したターゲット文字を正しく判別した場合を正答として算出した。

4. 結果

表 1 に、3.2 で示した前半の実験に対する判別正答率を示す。表 1 より、どの被験者においても、高い精度で入力意思有無の判別ができていることが確認できる。また、入力意思ありと判別されたデータに対する文字判別においても、高い正答率を得

表 1: 判別正答率

| | Sub1 | Sub2 | Sub3 | Sub4 |
|---------|--------|--------|--------|---------|
| 入力意思あり | 97.6 % | 96.5 % | 98.1 % | 98.3 % |
| 入力意思なし | 98.9 % | 95.4 % | 99.1 % | 99.6 % |
| 文字判別正答率 | 99.9 % | 99.8 % | 99.6 % | 100.0 % |

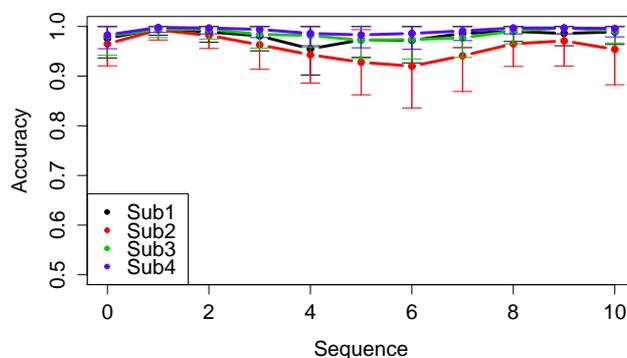


図 3: 入力意思なしのシーケンス数と判別正答率の関係

ていることがわかる。これは、入力意思ありと判別されたデータは判別得点が高い、すなわち信頼度の高いデータであったことが原因であると考えられる。

次に、3.2 の後半の実験における判別正答率を図 3 に示す。図 3 より、10 シーケンスの途中で入力意思がありとなったデータに対しても、誤判別をすることなく、高い判別正答率を維持できていることが確認できる。

5. まとめ

本稿では、P300 speller において、被験者の入力意思の有無を判別する手法の提案と検証を行った。実験により、提案手法を用いることで、入力意思の有無を高い精度で判別できることを確認した。また、判別区間の途中で入力意思がありとなったデータにおいても、誤判別をすることなく、高い正答率を維持できていることを確認した。今後の課題として、提案手法のオンライン実験での性能評価が挙げられる。

参考文献

- [1] L. Farwell and E. Donchin: "Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials", *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, **70**, 6, pp. 510-523 (1988).
- [2] Y. Kaneda, H. Takahashi, T. Yoshikawa and T. Furuhashi: "A study on reduction of discrimination time of p300 speller applied to reliability-based automatic repeat reQuest" (2009).
- [3] D. J. Krusienski, E. W. Sellers, S. Bayouhd, D. J. McFarland, T. M. Vaughan and J. R. Wolpaw: "A comparison of classification techniques for the p300 speller", *Journal of Neural Engineering*, **3**, 4, pp. 299-305 (2006).