

P300 を用いた BCI における色・背景の効果

池野望[†] 島田尊正^{††} 深見忠典^{†††} 斎藤陽一^{††††}

近年, Brain-Computer Interface (BCI) と呼ばれる脳信号を利用して被験者の意思判別を行なうことを目指したシステムの研究が盛んであり, 我々は P300 に着目して研究を行なっている. BCI の実現のためには脳波の変化の判別が不可欠であるため, ターゲット刺激呈示時にノンターゲット刺激呈示時よりも大きな変化が被験者の脳波形状に見られる手法の考案が求められている. そのため我々は画像刺激によるオドボール課題を行なう際, 呈示される画像に背景や色をつけ, 変化量を大きくすることで P300 の波形が受ける影響について検証した. そこで「有色の画像・有色の背景」, 「有色の画像・白色の背景」, 「白黒画像・白色の背景」, 「画像無し・有色の背景のみ」という 4 つの条件で被験者に画像によるオドボール課題を行ない, P300 を測定した. その結果, 画像・背景ともに有色のときに P300 の振幅は最大の値を記録し, 呈示画像に色をつけることは有効な手法であると推測できるデータが得られた.

Effect of color and background in BCI that uses P300

Nozomu Ikeno[†], Takamasa Shimada^{††}, Tadanori Fukami^{†††},
and Yoichi Saito^{††††}

Recently, the research of Brain-Computer Interface (BCI) that distinguishes the subject's intention by using the brain signal is active, and we pay attention to P300. The distinction of the change in the brain wave is indispensable to achieve BCI. Therefore, the technique into which the shape of waves changes more greatly before and after stimulation is requested. We thought that the change of the shape of waves would grow by applying the background and the color to the stimulation image, and enlarging the amount of the change, too. Then, we measured P300 by doing oddball task by the image under the following four conditions, "Colored image and colored background", "Colored image and white background", "Monochrome image and white background", and "Image no, colored background". As a result, the distinction rate and

amplitude of P300 recorded the maximum when both the image and background were colored. It is thought that it is effective to apply the color to the image.

1. はじめに

あらゆる人にとってコミュニケーションの手段をもつことは必要不可欠である. しかし発声や体を動かすことが困難となる障害を持つ人もおり, 従来とは異なる方法により他者と意思や情報の伝達を行なう必要がある. そこで現在, 体の動作を用いることなく外部と情報の伝達を行なうことが出来る, BCI と呼ばれる技術に関心が寄せられている.

BCI とは Brain-Computer Interface の略語であり, 脳と機械が相互的に作用しあうシステムのことである. 生体信号に含まれる情報を解析することで例えば考えるだけで機械を操作する, 逆に機器の信号を刺激として脳に送ることで治療に役立てるといった研究が行なわれている. 四肢を用いることなく, 考えるだけでコミュニケーションが可能になる. そのため, 義手や義足をはじめとし, 多くの分野で研究が行なわれている.

本研究では P300 と呼ばれる脳波に着目し, BCI に応用が可能かを検証する. P300 とは刺激に対して応答的に生じる脳波のことである. 複数の刺激をランダムな順に与えることにより, 注意を向けている刺激の呈示後 0.25~0.5 秒付近で出現する^[1]. P_z 電極でよく見られるとされ, 先行研究としては脳波キーボードがある^[2]. これは図 1 のような画面が表示され, 行方向もしくは列方向にランダムな順でフラッシュを行なう. フラッシュ後, 入力したい文字が含まれていると生じる P300 を検出することでどの行のどの列の文字を入力するかを決めている.

P300 は認知に関する脳波と考えられているため, 我々は刺激画像に色をつけそれぞれの刺激間の変化量を大きくし, 認知を容易にすることで P300 に影響が与えられるかを検証した. また, 従来の脳波キーボードのような手法では画面隅にも文字が表示されるため, 眼球運動のノイズが混入する恐れがある. そこで本研究では画像をフラッシュ表示させる手法を用いた.

[†] 東京電機大学大学院 情報環境学研究科 情報環境学専攻
Graduate School of Information Environment, Tokyo Denki University, Chiba, Japan

^{††} 東京電機大学 情報環境学科 情報環境学部
School of Information Environment, Tokyo Denki University, Chiba, Japan

^{†††} 山形大学 工学部
Faculty of Engineering, Yamagata University, Yamagata, Japan

^{††††} 脳波計量解析研究所
Research Institute For EEG Analysis, Tokyo, Japan

A B C D E
F G H I J
K L M N O
P Q R S T
U V W X Y
Z . . * B s

Fig.1 Brain wave keyboard

2. 実験

2.1 有色・無色画像による実験方法

図2の有色画像もしくは図3の無色画像のそれぞれ5種類ずつの画像をランダムに0.5秒間呈示し、その後1.0秒間黒い画像を表示するという流れを1試行とする実験を行なった。被験者はターゲットに設定した画像が呈示されたとき、心の中でその画像が表示された回数をカウントしてもらう。試行を200秒間繰り返すことで1セットとし、1回の実験では6~8セット行なった。図2、図3の画像はセットごとに交互に用いている。被験者は健康者2名(A:24歳・右利き・男性、B:23歳・左利き・男性)、安静・開眼・着席状態、サンプリング周波数は500Hzで脳波を計測する。

図4に1セットの流れ、図5に実験環境、図6に実験に用いた電極を有色で示す。計測はA₁、A₂の電極の平均を基準とした単極導出法を用いた。

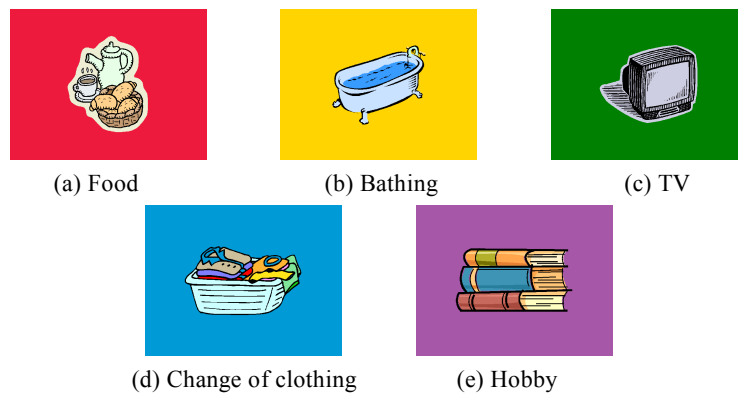


Fig.2 Color Images

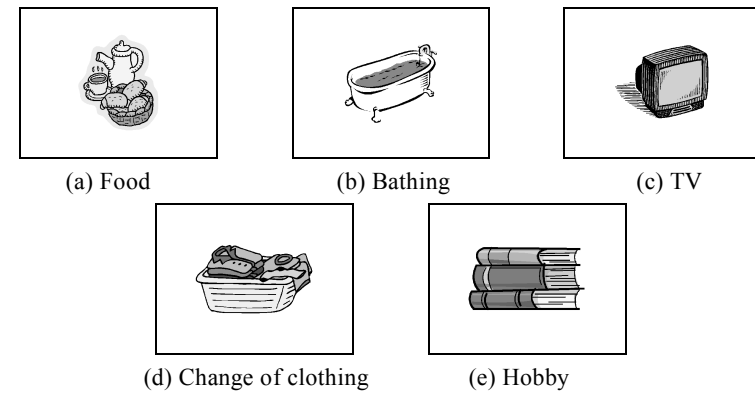


Fig.3 Monochrome Images

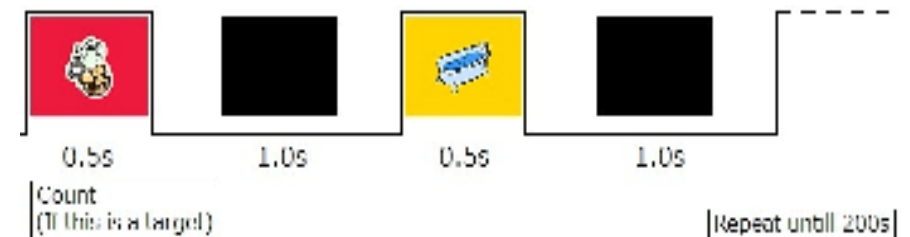


Fig.4 Flow of experiment

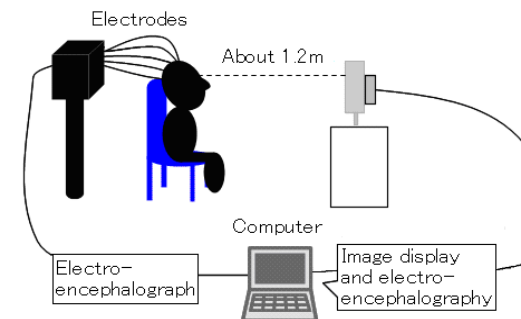


Fig.5 Experimental environment

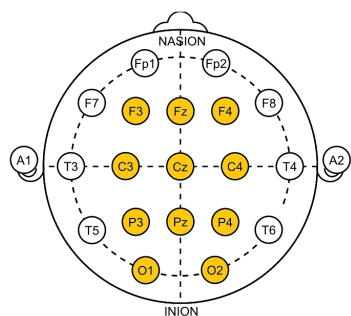


Fig.6 Electrodes used and not used

2.2 背景無・背景色の画像による実験方法

色と背景の効果をより詳しく検証するため、被験者 A はさらに図 7 の背景無の画像、図 8 の背景色だけの画像を 1 セットずつ交互に使用した実験を行なった。図 2、図 3 の代わりに図 7、図 8 の画像を用いた以外の条件は、2-1 で行なう方法と同じである。

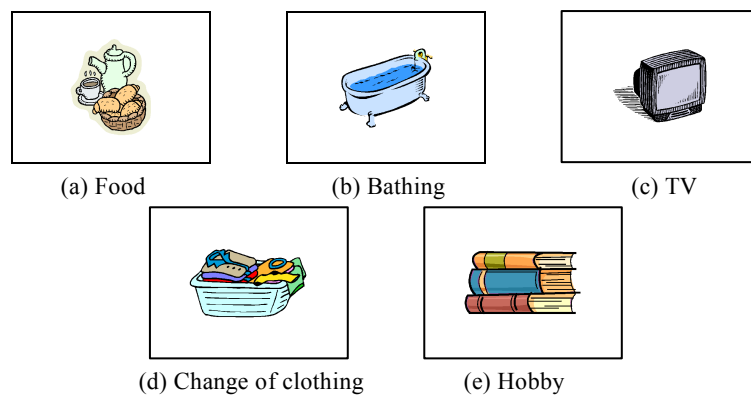


Fig.7 Background color none

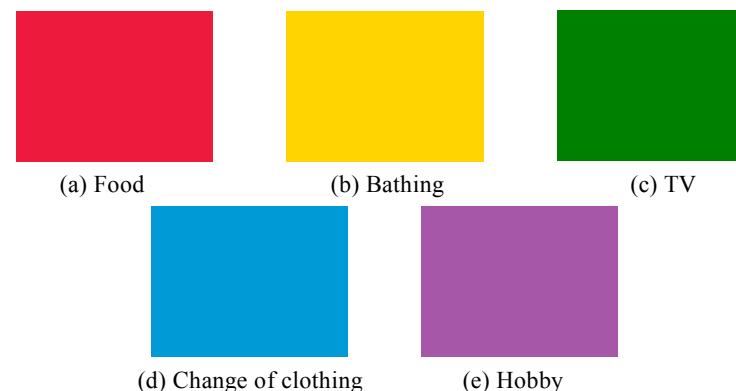


Fig.8 Only the back ground color

3. 実験結果

3.1 加算平均による結果

ターゲット刺激呈示時とノンターゲット刺激呈示時の脳波の違いを比較する。もし違いが見られれば、P300 による被験者の意思判別が可能であると考えられる。

Pz 電極において、刺激呈示を行なう 0.2 秒前から 0.8 秒後までに得られたデータを加算平均した結果を図 9 に示す。縦軸は電位 (μV)、横軸は時間 (秒)、各データは被験者 A の結果となっており、詳細は表 1 に示す。刺激は 0~0.5 秒のときに与え、それ以外の時間は休憩として黒画像を表示している。眼球運動があったと思われる時間のデータは除外している。また、得られたデータは正負の符号を反転させている。

結果としては、0.3-0.4 秒付近で赤・ピンクとオレンジ・紫で違いが生じている。ターゲット刺激とノンターゲット刺激で P300 の振幅値が異なっており、このことから P300 は被験者の意思判別に利用できることが推測される。

Table1. Analytical data

Line	Target	Image	Addition frequency
Red	○	Color	368
Pink	○	Monochrome	388
Orange	×	Color	1522
Purple	×	Monochrome	1512

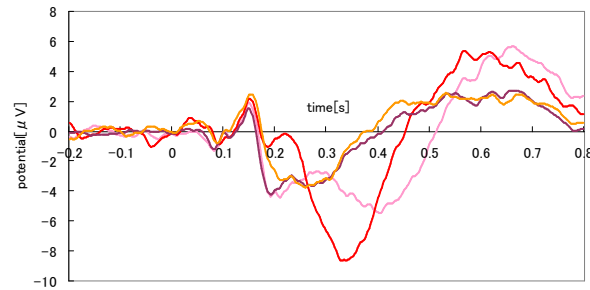


Fig.9 Addition average result

次に色と背景の効果を検証するため、有色の画像と無色の画像による結果の違いを比較する。Pz 電極において、刺激呈示を行なう 0.2 秒前から 0.8 秒後までに得られたデータを加算平均した結果を図 10 に示す。縦軸は電位 (μV)、横軸は時間 (秒)、各データはターゲット刺激呈示時の結果となっており、詳細は表 2 に示す。刺激は 0~0.5 秒のときに与え、それ以外の時間は休憩として黒画像を表示している。眼球運動があったと思われる時間のデータは解析から除外している。また、得られたデータは正負の符号を反転させている。

赤・ピンクから被験者 A では色の有無による振幅値の違いが見られた。青・水色から被験者 B では振幅値の大きな違いは見られなかったが、注視点を設定せずに行なったため、厳密な条件で実験を行なうと結果も変わるかもしれない。他の特徴として、有色と無色では P300 の最大振幅値が現れる谷の長さも異なっている。刺激に有色画像を用いた赤は同被験者の無色画像を用いたピンクよりも、同様に青は水色よりも P300 の出現時間が短くなっている。また被験者 A・B ともに背景があることで対象の画像か否かが分かりやすく、疲労感も少なかったという感想が得られた。従来の白黒画像よりも、有色画像による刺激呈示法は良い影響を与えていると考えられる。

Table2. Analytical data

Line	Subject	Image	Addition frequency
Red	A	Color	368
Pink	A	Monochrome	388
Blue	B	Color	76
Aqua	B	Monochrome	86

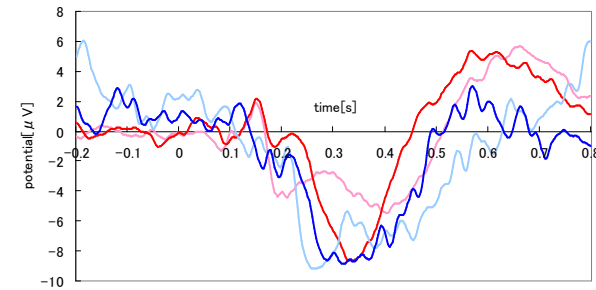


Fig.10 Addition average result

また、より詳しく色と背景の効果を調べるため、背景色の有無、画像の有無について結果を検証した。Pz 電極において、刺激呈示を行なう 0.2 秒前から 0.8 秒後までに得られたデータを加算平均した結果を図 11 に示す。縦軸は電位 (μV)、横軸は時間 (秒)、各データは被験者 A のターゲット刺激呈示時の結果となっており、詳細は表 3 に示す。刺激は 0~0.5 秒のときに与え、それ以外の時間は休憩として黒画像を表示している。眼球運動があったと思われる時間のデータは解析から除外している。また、得られたデータは正負の符号を反転させている。

いずれの画像刺激でも P300 は出現しているが、赤の振幅が最も大きな値を記録している。このことから背景色と有色画像を組み合わせた刺激呈示法が最も P300 が顕著に見られることが分かる。

Table3. Analytical data

Line	Image	Addition frequency
Red	Color	368
Pink	Monochrome	388
Green	Background color none	103
Lime	Only the background color	101

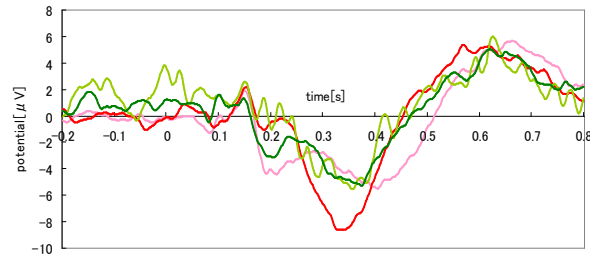


Fig.11 Addition average result

3.2 判別率

P300 の振幅を比べることで被験者がどの画像に意識を向けているかを調べることが出来ると考えられる。そこで 5 種の画像それぞれについて、 P_z 電極での 2 試行分の振幅の平均をとる。ノイズや眼球運動による影響を抑えるためである。求めた 5 種の加算平均波形それぞれにおいて、さらに P300 が強く現れるとされる 0.25~0.4 秒間の平均を求め、5 種の画像間でその大きさを比較した。この平均値がターゲット刺激を呈示した際にノンターゲット刺激呈示時よりも勝っていれば判別に成功したとみなした。

判別率は実験日によって異なるが、有色画像呈示時は無色画像に比べ平均で約 16.6% 向上し、従来の BCI の改善に応用可能と思われる結果が得られた。単純に大きさを比較するのではなく、事前にノイズの除去を行なうなどの前処理を行なう、周波数解析のような別の処理も同時に行い比較する、といった工夫で更なる判別率の向上が期待できる。

4. まとめ

P300 の性質を知るために、ランダムに表示される有色や無色、背景無、背景色のそれぞれ 5 種類の画像を呈示し、そのうち 1 種類に意識を向けるという実験を行なった。その結果、被験者によっては色の有無による脳波の違いが見られた。

また、P300 が現れている区間の平均を比較することで判別率を求めると、有色画像の判別率は無色画像に比べ約 16.6% 高い結果を記録した。平均の出し方を工夫することでより結果の向上を図ることが出来るかもしれない。

有色画像を用いた際は内省も好意的であり、より優れた BCI の開発への応用が期待

される。画像刺激ではなく聴覚刺激を利用した P300 の実験や^[3]、P300 だけでなくほかの脳波も組み合わせることで成果が向上したという研究報告もある^[4]。それらを踏まえ、適切な背景色や背景画像を検討するだけでなく、音の刺激の組み合わせや、P300 以外の脳波も利用した解析を試みるなど、更なる手法を検討したい。

一方でまだデータの数が不十分であり、例えばより多くの被験者の結果を比較するなどの検証が必要である。また P300 以外にも様々な成分が存在しているため、それぞれの特徴や特徴についても調査を行なう。

参考文献

- 1) 堀浩, 下河内稔, 西浦信博, 高橋光雄, 井上健: 脳波・筋電図用語辞典, 永井書店, pp.265-266(1999).
- 2) 山田奨治: 脳波キーボードの入力速度向上手法と評価, 電子情報通信学会論文誌 A, vol.J79-A, No.2, pp.329-336(1996).
- 3) 加納慎一郎, 山岸智久, 宮本浩一郎, 吉信達夫: 聴覚刺激の音脈分凝を利用した BCI システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, NC, ニューロコンピューティング(107)542, pp.445-449(2008).
- 4) 飯澤健, 渡邊正峰: 視覚的注意を用いた EEG ブレイン・コンピュータ・インタフェース, 第 1 回横幹連合コンファレンス, pp.281-284(2005).