

BCI構築における視覚刺激配置に関する一考察

A study on the placement of visual stimulus for BCI

板井 陽俊 中部大学工学部情報工学科

Akitoshi ITAI College of Engineering, Chubu University

アブストラクト 本プロジェクトの最終目的は、外部機器の制御と周辺状況の認識を両立する定常状態視覚誘発電位 (SSVEP : Steady-State Visual Evoked Potential) を用いた脳コンピュータインタフェース (BCI : Brain Computer Interface) の構築である。目的の達成には、2次元、3次元空間上における SSVEP 誘発特性と、状況変化に対する反応特性を明らかにする必要がある。本報告では、特に2次元空間上の SSVEP 誘発特性を解析し得られた知見について述べる。

1 SSVEP と BCI

SSVEP は網膜上に投影される視覚刺激の周期的変化に応じて誘発される律動的な脳波である。この脳波が有する周波数成分は、視覚刺激の種類、点滅 (パターン切り替え) 周波数に依存する。視覚刺激には光源の on-off 状態を表現するフラッシュ刺激、白黒模様とその位相反転からなるパターンリバーサル刺激が存在する。前者は点滅周波数に、後者は点滅周波数の2倍となる高調波に SSVEP を誘発する。この誘発周波数の違いを利用し、BCI は次の4工程から構成される。

1. 点滅周波数が異なる複数の視覚刺激を提示
2. 自分の意思が関連付けられた刺激に注意を向ける
3. 脳波解析による利用者意思の推定
4. 推定された意思に応じた外部機器の操作

視覚刺激により SSVEP を誘発する方法として、視覚刺激を注視する (注意と視線を向ける)、視覚刺激に注意を向ける (視線は向けない) の2種類が存在する。元々 SSVEP を用いた BCI は身体不自由者の利用を想定して提唱された経緯から、注意による脳波の誘発がなされてきた。一方、近年では健常者の利用を想定し視覚刺激に目を向ける、すなわち注視による SSVEP 誘発実験が行われている。

さて、BCI に接続されている外部機器がコンピュータなどの移動を伴わない機器であれば、単純に視覚刺激へ注意を向け意思の伝達を行うことができる。一方、

車椅子などの移動体、特に利用者自身が搭乗し移動する機器を制御するとき、歩行者や自転車の接近などにより周辺状況が急激に変化する。そのため、状況の変化を素早く把握し、危険回避を行うことが要求される。SSVEP を利用した BCI は外部機器の制御に注意を利用することから、少なくとも制御中は周辺状況に対する注意が薄れ、危険の発見を遅らせる可能性がある。

2 SSVEP 誘発範囲の検証

SSVEP が視覚刺激への注意により誘発されることはいくつかの報告により示されてきた。Morgan らは固視点から左右 10.4 度離れたフラッシュ刺激に注意を向けると、注意を向けていない状態に比べ SSVEP が増加することを示している [1]。我々は近年 BCI に度々利用されているパターンリバーサル刺激を用い、SSVEP がどの視野角まで誘発されるか検証を行った。

2.1 パターンリバーサル刺激への注意による SSVEP 誘発実験

はじめに、視線から離れた位置のパターンリバーサル刺激に注意を向けた状態の SSVEP 誘発実験を行う。視覚刺激は縦横 5cm、視野角 4.77 度、5×5 マス、15Hz にて点滅するチェッカーボードである。また、MATLAB R2014a と Psychtoolbox を利用して生成され、液晶ディスプレイ (ProLite G2773HS) を通して 120Hz のリフレッシュレートにて提示される。ディスプレイは被験者の鼻頭から 60cm の位置に設置され、背景色として灰色が出力された状態にある。被験者は椅子に座り、顎乗せ台に頭部を固定された状態でディスプレイ中央に表示された黒色十字の固視点に視線を向け、固視点の上下左右 θ 度の位置に提示された視覚刺激に注意を向けるよう指示されている。被験者の頭部には電極スポンジを生理食塩水で湿らせた簡易脳波計 Emotic 社製 EPOC を装着させ、後頭部の脳波を 128Hz にて計測する。刺激提示位置 θ は点滅刺激の中心と十字が一致する点を 0 度とし、-10.0 度か

ら 10.0 度まで 2.5 度刻みの計 9 種類とする. 各 θ につき 60 秒間点滅刺激を提示したときの脳波に離散フーリエ変換を適用し, 点滅周波数の高調波である 30Hz の振幅スペクトル (SSVEP 誘発量) を求める.

実験の結果, 固視点から上下 [2] 左右 [3], いずれの方向においても 5.0 度を境に, 正面に視覚刺激を提示した状態から SSVEP 誘発量が減少することが示された.

2.2 パターンリバーサル刺激より注意を外した SSVEP 誘発実験

次に, 正面に提示されたパターンリバーサル刺激から θ 度離れた十字の固視点へ注意を外すことにより SSVEP が減少するか検証を行う. 視覚刺激と被験者の状態は先の実験と同等であり, 異なる点についてのみ言及する. 被験者はディスプレイ中央に提示されたチェッカーボードに視線を向け, その上下 θ 度の位置に提示された十字に注意を向けるよう指示されている. 本実験では注意を十字に向けるため, 実験中に数回十字が赤色に変化する旨を被験者に伝え, その数をカウントさせる. さらに点滅刺激から視線が離れていないか確認するため, 赤外線カメラを用いて実験中の眼球を撮影している. これらカウント, 眼球の動きを分析し, 視線と注意の向け方が正しく行なわれた実験の脳波のみ解析に利用した.

実験の結果より, 注意の位置 θ に関係なく SSVEP 誘発量に有意な差は存在しないことが示された [4]. これは中心視野にパターンリバーサル刺激が存在するとき, 注意を周辺視野に向けての SSVEP が誘発されることを示している.

3 考察

視線から離れたパターンリバーサル刺激へ注意を向ける実験の結果から, 視線と視覚刺激の距離に依存して SSVEP 誘発量が減衰することが明らかとなった. これは注意可能な範囲から離れた視覚刺激に注意を向けたため SSVEP が減少したものと推測されるが, ヒトの網膜, 認識の構造が影響している可能性がある. ヒトが物体の色や形を正確に判断するには, 弁別視野と呼ばれる視線から ± 2.5 度の範囲に対象を捉える必要がある [5]. 実験環境では 2.5 度刻みに視覚刺激を配置しているが, $\theta = 2.5$ は固視点と視覚刺激の一辺が重なるため, 弁別視野内に刺激が存在する状態にある. 一方, $\theta = 5.0$ は固視点と視覚刺激の一辺が視角 2.5 度離れており, 弁別視野に視覚刺激が存在していない.

パターンリバーサル刺激より注意を外す実験より, 注意の位置に関わらず視線上の刺激により SSVEP が誘発されることが示された. また, フラッシュ刺激では 10 度以上離れた視覚刺激に対して注意による SSVEP の誘発が見られた. これらをまとめると, フラッシュ刺激は光源の on-off により表現されるため, 網膜上の明滅する刺激に注意を向けることで SSVEP が誘発される. 一方, パターンリバーサル刺激は模様の認識を必要とし, 注意を向けても模様が認識されない状態では SSVEP は誘発されない可能性を示している.

以上の結果より, パターンリバーサル刺激を使用した BCI においては, 視線を視覚刺激に向け周辺視野を用いて周辺状況の理解を行うで制御することが必要になると推測される.

4 まとめ

本報告では, 視覚刺激の種類や位置と SSVEP 誘発量との関連について述べた. その結果, フラッシュ刺激は注意による SSVEP 誘発が可能であることから視線を動かさない身体不自由者にも利用可能であり, パターンリバーサル刺激は SSVEP の誘発に視線の移動を必要とし, 健常者を対象とした BCI に応用が限定される可能性を示唆した. しかしながら, 本報告の成果のみでは 1 つの可能性に留まるため, 今後, より詳細な角度分解能による SSVEP 誘発範囲の検証など, 様々な面からの考察が必要となる.

参考文献

- [1] S. T. Morgan, J. C. Hansen, and S. A. Hillyard : Selective attention to stimulus location modulates the steady-state visual evoked potential., Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 93(10), pp.4770-4774, 1996.
- [2] 松井勇輝, 板井陽俊 : 固視点と点滅刺激の位置関係と SSVEP の誘発特性, 第 29 回回路とシステムワークショップ, pp.347-350, 2016.
- [3] T.Sakakibara, A.Itai : The relationship between a location of visual stimulus and SSVEP, Proc. of ISCIT, pp.145-148, 2015.
- [4] 松井勇輝, 板井陽俊 : 注意を向けていない点滅刺激に対する SSVEP 誘発, 平成 28 年度電気, 電子, 情報関係学会東海支部連合大会, D1-1, 2016.
- [5] 畑田豊彦, 他 : 眼・色・光より優れた色再現を求めて, 日本印刷技術協会, 2007.