

BCI への応用に向けた視空間的注意に関する研究（延長）

A Study on Visual-Spatial Attention for Brain-Computer Interface

藤澤 順也

唐山 英明（准教授）

富山県立大学

Hideaki Touyama (Associate Professor)

Toyama Prefectural University

和文アブストラクト - 近年，ブレインコンピュータインタフェースの研究が盛んである．このような脳活動を利用したインタフェース技術は，高齢社会において今後益々重要となるであろう．本研究では，人間の視空間的注意の所在を脳波により高精度に検出する技術を開発し，これを基に，車椅子等の機械制御を行うまでを実施する．これが実現できれば，眼球の運動がない場合にも注意の方向が検出可能となり，例えば，車両の運転中に周辺視野に注意を向けているかどうか，ドライバが子供の飛び出し可能性を認知できているかどうか等，たいへん有用な応用が期待できる．

Abstract - Brain computer interface (BCI) is an excellent technology which would enable us to communicate with external world via brain activities. In this paper, a brain signal of alpha band modulation during visual-spatial attention WITHOUT flickering visual stimuli was focused. Visual-spatial attention has been expected to provide a new channel of noninvasive independent BCI, but little work has been done on it. The scalp electroencephalographic signals over occipital cortex were recorded. The common spatial patterns (CSP) were for the first time applied to the brain states during the attention task. The averaged classification accuracy was 75.39 (range 63.75 to 86.13) % for the discrimination between left and right direction attention. It is suggested that the adopted algorithm is useful in the context of visual spatial attention, and the alpha band modulation during visual spatial attention without flickering stimuli has the possibility of a new channel for independent BCI as well as ERD/ERS in motor imagery. This technology would be applied for extraction of car-driver's cognitive states.

1. 研究目的

近年, 脳活動のみでコンピュータ等を操作する技術が注目されている. このような機械操作手法はブレインコンピュータインタフェース (Brain-computer interface, 以下 BCI と記す.) と呼ばれている.

従来の BCI 研究では, 点滅視覚刺激を観察する際の脳活動 (視覚誘発電位) を利用した注視方向の推定がある程度可能であり, これが BCI を実現する一つの原理となっているものの, 点滅刺激を準備する必要がある, また, 長時間利用時に眼球疲労がある, といった問題があることが分かっている.

本助成研究では, 従来のような点滅視覚刺激のない状態での視空間的注意の課題中の脳活動の変化について報告する. 視空間的注意は, 末梢神経に依存しないブレインコンピュータインタフェースの新しいチャンネルとして期待できるが, この手法についてはこれまであまり研究がなされていない. これが実現した場合, 意識のみで入力を可能とする「意識インタフェース」とでもいうべき応用が可能となろう. 視線は固定されたまま, 注意の方向を制御することにより動作するこのような新しい入力インタフェースは実現可能であろうか. 今回著者らは, コンピュータにより再現性よく生成される視覚刺激 (点滅視覚刺激なし) 提示時に, 視空間的注意をどのような精度で検出可能であるか, またどのようなアルゴリズムが有用か, 最後に本研究の発展などについて報告したい.

2. 研究経過

視覚刺激では点滅刺激は提示されなかった (図 1). スクリーンの背景は黒色で, 中央には注視点があり, その左右 17.4° の位置にそれぞれコンピュータで生成される 1 つの文字を提示した.

視覚刺激を伴う視空間的注意に関する研究では通常, ターゲットを探知する課題が用意されるが, 本研究では, "a" から "h" と "x" の文字 ($1.8 \times 1.8^\circ$) がランダムに表示された. ターゲットとなる文字は "x" で,

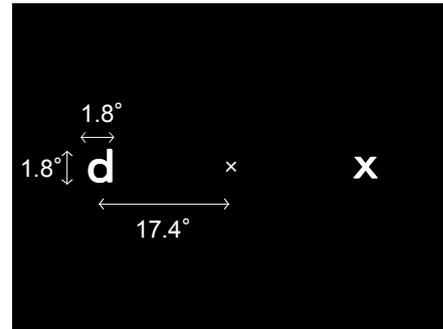


図 1. 提示した視覚刺激の一例

他の文字と同確率 (11%) で出現し, 左の文字は 2Hz で, 右の文字は 3.3Hz で切り替えた. (本研究では, より現実に近い視覚刺激を提示することも行ったが, 本報告書作成現在, データの解析を続けている段階である.)

電極は, 後頭葉に複数配置した. 各電極で計測された脳波を 128Hz で計測し, アンプで増幅した. また, 眼球運動をモニタリングするため, 眼電位を計測した.

各被験者に対し, 右周辺視野への注意, 左周辺視野への注意, 中心の注視点への注意という 3 つのタスクを, ランダムな順番で行う. 1 つの試行は, cue の出現で始まる. これは, 被験者にタスクを指示するものである. cue はスクリーンの中央に 4 秒間表示され, 2 つの赤い長方形と 1 つの白い長方形から構成される. 被験者は cue が消えると, 視線は中央の注視点に固定したまま, 赤い長方形が位置していた方向に注意を向ける. この注意期間は 8 秒続き, 再び cue が現れることにより, 次のタスクが指示される. 注意期間では, タスクが右または左の周辺視野への注意であれば, 注意を向けている方向に出現する, ターゲットである "x" の出現回数を数える. この出現回数は, セッション終了後に申告する. これと実際の "x" の出現回数とを比較することにより, 被験者の注意のパフォーマンスを測定することができる.

3. 研究成果

表 1 に 5 人の被験者 (s1-s5) の平均の正答率を示す. 右と左, 右と真中, 左と真中への注意という 3 つの二値判別について, それぞれの正答率を示した.

図 2 に被験者 s2 の右周辺視野への注意, 左周辺視野への注意判別時における, CSP アルゴリズムにより設計された空間パターンを示す. 図は頭部を上から見た図を平面に投影したもので, 顔側を上としている. 空間パターンはそれぞれ右周辺視野への注意, 左周辺視野への注意に固有な割合の大きい 3 個のパターンを示す (右列: 右周辺視野への注意, 左列: 左周辺視野への注意). 上段が各クラスに最も固有な空間パターンで, 下に固有な割合の順に続く. また, 図の補間法はスプライン補間を用いた. 白色に近いほど空間パターンの絶対値が大きい, つまり, その部位の信号の影響が大きいことを表している. 右周辺視野への注意では右側の電極の影響が大きく, 左周辺視野への注意では左側の電極の影響が大きい. また, 他の被験者でも同様の傾向が見られた.

本研究の結果により, 視空間的注意による右, 真中, 左の 3 クラスそれぞれの二値判別が, 点滅刺激がなくとも可能であることが示された.

表 1 から, 一部の被験者において, 平均判別率が 85% (加算平均なし) を上回っており, CSP アルゴリズムを用いた視空間的注意検出, つまり, 運動想起と同程度の有用性をもった新たな independent-BCI のチャンネルが実現できる可能性が示唆された. しかしながら, 目標としていた 90%には到達しなかった. 平均

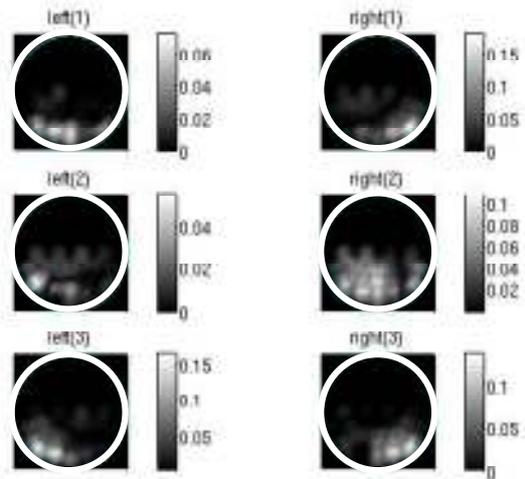


図 2. CSP により設計された空間パターン例

では, 左右の注意課題において 75% (加算平均なし) という高い判別率を得ることができた.

4. 今後の課題と発展

本研究では, まず人間の視空間的注意の所在を脳波により高精度に検出する技術を開発することが目的であった. 実際に, 上に述べた CSP アルゴリズムにより点滅刺激なしでの状態での視空間的注意の検出が可能であることが分かり, これを利用することにより, 「意識」のみで様々な入力を可能とするインタフェースが実現できると考えられる. 例えば, 車両運転時の視線と脳活動の関係をより詳細に調べることにより, 運転者の視空間的注意がどこに配分されているか(周辺に気をとられているか,

表 1. 正答率

attention direction	s1	s2	s3	s4	s5	average
right vs left	86.13	80.33	71.54	75.21	63.75	75.39
right vs centre	86.61	62.50	68.77	60.00	74.58	70.49
left vs centre	84.93	69.45	68.90	69.32	79.58	74.44

など),といったことが明らかにできる可能性がある。

本研究の次の目的は,車椅子等の機械制御を実施することであった。BCIの目的はコンピュータや機械をリアルタイムで操作することであるためである。実際に,ここで報告したオフライン解析に留まらず,より現実に近い複雑な視覚刺激で,判別結果を被験者にフィードバックするオンライン実験を実施した。オンライン実験では,ユーザの脳活動結果が即座にコンピュータの操作画面に視覚を通して反映されるものであったが,結果として本報告と同程度の正答率や性能が得られることが分かった。これについては現在も詳細に分析を行っている段階であり,発展研究として継続していく予定である。

最後に,運動想起の事象関連同期,事象関連脱同期といった脳活動は,被験者の訓練を通じて有用性,判別率が向上することが知られている。視空間的注意検出には被験者の訓練は必要ないが,被験者の訓練を通じて判別率が向上するかという問題はたいへん興味深い。

5. 発表論文リスト

1. 藤澤順也,唐山英明ら, ”新しい BCI チャネルの実現に向けた視空間的注意の検出”, 電子情報通信学会・ヒューマンインフォメーション研究会, 2008 年 11 月. 金沢工業大学.
2. 藤澤順也,唐山英明ら, ”視覚的注意検出に関する研究”, 日本バーチャルリアリティ学会, 2008 年 9 月. 奈良先端大学院大学.
3. Junya Fujisawa, Hideaki Touyama, et al, “Extracting Alpha Band Modulation during Visual Spatial Attention without Flickering Stimuli using Common Spatial Pattern”, Proceedings of 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC’08), pp.620-623, 2008.08.

以上