

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01379

研究課題名（和文）瞬目を活用する事象関連電位推定法の開発と運動視機能評価への応用

研究課題名（英文）Utilization of blinks for accurate detection of visual motion evoked potentials

研究代表者

百瀬 桂子（Momose, Keiko）

早稲田大学・人間科学学術院・准教授

研究者番号：60247210

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：運動方向を検出できる定常型視覚誘発電位における瞬目の影響を検討した。知覚される運動方向は誘発電位基本波の位相成分から検出できることを確認し、瞬目の出現後には位相のばらつきが特に後頭部（視覚野付近）において小さくなる傾向を確認した。運動知覚が維持されている場合には、瞬目は後頭部の応答の減弱を回復させる役割を担うことが示唆された。しかし、瞬目の出現パターンには個人差が見られ、誘発電位の高精度検出のための瞬目活用法の開発には課題が残された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視機能を比較的簡易な設備で検出できるに脳波測定において、これまでは雑音として排除されてきた瞬目の役割に注目し、その活用について検討した。視対象の動きを捉える脳活動を対象に検討したところ、瞬目は後頭部の応答の減弱を回復させる役割を担うことが示唆された。瞬目の出現パターンから、誘発電位の高精度検出のための瞬目活用における課題を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We examined the effect of eye-blink on steady-state visual evoked potentials that reflect the motion perception. We confirmed that the perceived direction of motion can be detected from the phase of the evoked potential fundamental components, and the phase variation around visual cortex decreased after the appearance of blinks. Results indicated that the blink would restore the visual response of the occipital area. However, individual differences were observed in the pattern of blink appearance, and the utilization of blink for accurate detection of evoked potentials remains a challenge.

研究分野：生体医工学，生体信号処理

キーワード：事象関連電位 瞬目 運動視

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

視知覚及び視覚認知に関わる脳活動を検出する方法として、視覚誘発電位や視覚性事象関連電位が古くから用いられている。機能的MRIなどの非侵襲的脳機能計測法に比べて、特殊で高価な機器を必要とせず、簡易な計測が可能であることから乳幼児の視覚発達の検査や臨床場面、および、日常場面の支援機器に応用されている。

このような誘発電位計測においては、その微弱な振幅を検出するために、アーチファクトは極力排除することが望ましく、とくに視覚系の計測では瞬目(瞬き)は、排除すべき代表的なアーチファクトとなっている。これに対して、視覚的な情報獲得における意味的なまとまりの区切りや脳ネットワーク状態の切り替えに、瞬目が機能していることが報告されている[1][2]。このことは、視覚刺激や視覚性課題に対する被験者の状態が、瞬目出現時で変化している(切り替わっている)ことを示唆する。したがって、注意状態切り替えのための瞬目を抽出し、その出現時点区切りごとに事象関連電位の同定を行えば、被験者の状態をより反映した、高精度の電位推定が可能になると考えられる。

このような注意状態の切り替えを参照することで推定精度の向上が期待できるものの1つとして、視対象の動きの知覚(検出)を行う際の事象関連電位がある。動きの知覚(運動視)においては、視野全体もしくは局所に提示された運動刺激に対して、適切に注意を向けることで、知覚感度(検出精度)が向上すると考えられる。

2. 研究の目的

運動知覚(視対象の動きの検出)に関わる事象関連電位の測定において、瞬目を注意状態の指標として活用して、電位波形をより高精度に検出する方法を検討することを目的とした。そのために、運動知覚状態を推定でき、かつ、信号の特徴が明瞭な Steady-state 型視覚誘発電位(SSVEP)に瞬目が与える影響を検討した。

3. 研究の方法

動きを伴う視覚刺激で知覚される運動方向は、正弦波縞反転刺激による Steady-state 型視覚誘発電位(SSVEP)の反転周波数成分の位相に着目することで、他覚的に検出できることが報告されている[3][4]。本研究では、運動残効知覚時のSSVEPを対象として、(1)視対象の運動速度と空間周波数に対する電位波形の特徴を実測により検証し、(2)その特徴に瞬目が与える影響を検討した。

健康成人を対象として、運動残効知覚時のSSVEPを測定した。刺激は正弦波縞パターンとし、左もしくは右方向に一定速度で移動する順応刺激を20秒提示した直後に、同様の縞パターンの反転刺激(テスト刺激)を12秒提示した。脳波は、64チャンネルの高密度センサ脳波計測システム(GES300, Electrical Geodesics, Inc. 製)を用いて検出した。記録した脳波について1秒ごとに短時間フーリエ変換を行い、刺激の反転周波数(1F)とその2倍の周波数(2F)成分の振幅と位相を算出した。被験者ごとに、順応方向条件間で位相を比較することで知覚された運動方向を特定し、運動速度と空間周波数による違いを検討した。

瞬目発生区間は、眼球周辺(前頭部)の電極から記録された信号の特徴量から特定した。瞬目区間の前後のSSVEPの振幅・位相の比較、および、その変化の推移を確認することで、瞬目が運動知覚に与える影響を検討した。

4. 研究成果

(1) 知覚される運動方向の検出

SSVEPの1F成分の位相が順応方向により逆位相となる傾向が後頭部(O_1, O_2, O_z 付近)と後側頭葉(T_6 付近)で確認された(図1)。これらの反応は、先行報告[3][4]と同様の結果であり、運動方向選択性を持つ神経細胞が存在する脳部位の性質を反映したものと考えられた。

さらに、刺激の空間周波数と運動速度の違いにより、1F成分の位相差の頭皮上分布は異なっていた。低速度条件では後頭・側頭部で同程度の位相差が見られたが、速度の増加に伴って側頭部での位相差がより大きくなる傾向が見られた。ヒトの視覚システムには、異なる速度に対する

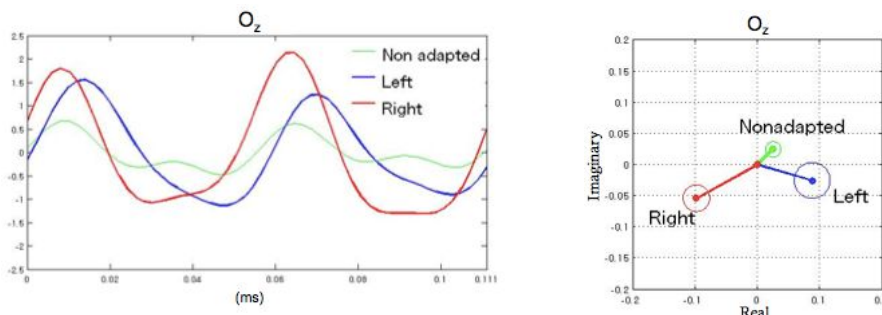


図1 Ozで記録されたSSVEPと1F Phasorの例

運動検出システムが存在することが報告[5]されており、その違いが SSVEP に反映された可能性がある。

運動視の神経基盤は、時間知覚や身体運動、さらに高次の認知処理との関わりで議論されることが近年多い。本研究で得られた知見は単純な運動知覚に関わるものであるが、簡易な脳波測定でも運動検出システムの特徴を確認できたことから、今後、日常に近い場面での運動知覚や高次認知処理との関わりを検討できる可能性を示したと考える。

(2) 瞬目の出現とその影響

瞬目は、全測定区間中 20%の区間に出現が見られた。各被験者の試行ごとの出現頻度は 0～66%とばらついており、刺激条件・個人に依存した一定の傾向は見られなかった。

瞬目前後の区間の SSVEP を比較したところ、一部の試行において、瞬目前に見られた後頭部 2F 成分の位相のばらつきが、瞬目後に低減する傾向が見られた。瞬目前の位相は、全区間の平均位相との差が大きく、瞬目後にはその差が小さくなる方向に位相が変化していた(図 2)。この傾向は、その試行における全区間の 2F 位相のばらつきが小さく安定している試行において、被験者を問わず、確認された。位相のばらつきの小ささは、刺激応答の安定性を示していると考えられる。したがって、運動知覚が維持されている場合には、瞬目は後頭部の刺激応答を回復させる役割を担うことが示唆された。

事象関連電位計測において、アーチファクト以外の観点で瞬目の特徴を調べた報告は少ない。本結果は、瞬目区間を単にアーチファクトとして削除すること以外にも、刺激応答の検出に活用できる可能性を示唆していると考えられる。

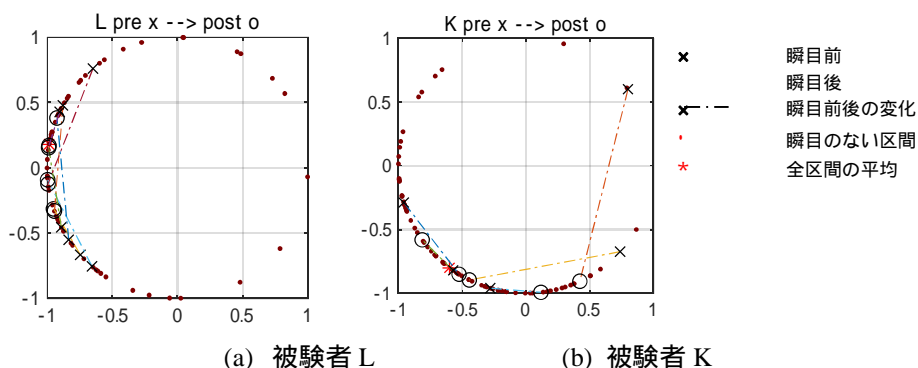


図 2 O₁, O₂, O₂ で記録された各区間の 2F Phasor (単位円) の例

(3) 瞬目を活用した事象関連電位計測

瞬目の出現後に、刺激応答が安定する傾向は見られたものの、その出現パターンには個人差がみられ、さらに試行中の脳状態についても一貫した傾向を見いだすには至らなかった。そのため、瞬目出現を誘発電位の高精度検出に利用する方法の開発は課題として残された。本研究で対象とした運動残効では、瞬目により知覚そのものに影響を与えた可能性がある。すなわち、運動刺激への注意に関わる機能的役割以外の瞬目も含まれていたと考えられる。注意の切り替えを明示的に行う必要のある運動刺激を利用すれば、瞬目の効果がより明確に現れる可能性がある。

測定機器の低価格化や画像処理ソフトウェアの高精度化により、最近では、瞬目の検出がさらに容易となっている。そのため、注意状態を反映する指標として瞬目を活用する研究が増えている。脳波と併用した研究もあるが、脳波解析では、瞬目をアーチファクトとみなし、積極的に活用されていない。本研究で得られた知見は、限定的な状況下であるものの、脳活動状態切り替えの指標として瞬目が活用できることを示唆するものである。

< 引用文献 >

- [1] Nakano, T., Yamamoto, Y., Kitajo, K., Takahashi, T., Kitazawa, S. "Synchronization of spontaneous eyeblinks while viewing video stories," Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 276(1673), pp.3635-3644, 2009.
- [2] Nakano, T., Kato, M., Morito, Y., Itoi, S., Kitazawa, S., "Blink-related momentary activation of the default mode network while viewing videos," Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(2), pp.702-706, 2013.
- [3] Ales, J. M., Norcia, A. M., "Assessing direction-specific adaptation using the steady-state visual evoked potential: Results from EEG source imaging," Journal of Vision, 9(7): 8, pp. 1-13, 2009.
- [4] Momose K., Yakovleva A., Norcia A. M., "Detection of phi and reverse-phi direction-specific responses using the steady-state VEP," 14th Annual Meeting of the Vision Sciences Society (VSS2014), 2014.5.
- [5] Mather G., Pavan A., Campana G., Casco C., "The motion aftereffect reloaded," Trends in Cognitive Sciences, Vol.12, No.12, pp. 481-487, 2008.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Ikai M, Kawashima I, Momose K
2. 発表標題 Effects of dynamic emotional expressions on face-related evoked potentials
3. 学会等名 The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 百瀬桂子
2. 発表標題 運動錯視知覚の視覚誘発電位による検出
3. 学会等名 第56回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kawasima I, Kumano H, Momose K
2. 発表標題 Estimation of Mind-Wandering - For the Respondent Conditioning Enhancing the Meta-Awareness Ability to Mind-Wandering
3. 学会等名 the 25th Annual meeting of the Cognitive Neuroscience Society (CNS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川島一朔, 熊野宏昭
2. 発表標題 脳波と非線形回帰アルゴリズムを用いたマインドワンダリング強度の推定
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川島一朔, 高橋徹, 藤野正寛, 熊野宏昭
2. 発表標題 瞑想経験によるマインドワンダリング変動パターンの変化
3. 学会等名 日本マインドフルネス学会第4回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shiori Arimitsu, Keiko Momose,
2. 発表標題 Motion aftereffect direction-specific responses in the steady-state visual evoked potentials,
3. 学会等名 8th International Workshop on Biosignal Interpretation (BSI2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shiori Arimitsu, Keiko Momose,
2. 発表標題 Effects of visual spatial and temporal frequency on Motion Aftereffect Direction Specific Response in SSVEP
3. 学会等名 The 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'16) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 百瀬桂子, 有光翔理, Alexandra Yakovleva, Anthony Norcia,
2. 発表標題 運動錯視で知覚される運動方向の視覚誘発電位による検出
3. 学会等名 第55回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Momose K
2. 発表標題 Effects of dynamic emotional expressions on face-related evoked potentials
3. 学会等名 The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 百瀬桂子
2. 発表標題 生体信号解釈と応用についての最近の展開
3. 学会等名 日本生理人類学会第80 回大会 (日本生理人類学会) (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	川島 一朔 (Kawashima Issaku) (90773292)	株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報通信総合研 究所・研究員 (94301)	