

瞬目による運動刺激の位相弁別に対する影響

The influence of blink on phase discrimination of moving stimulus

満 倉 英 一*, 林 大 輔**, 瀬 谷 安 弘*, 天 野 成 昭*

Eiichi MITSUKURA, Daisuke HAYASHI, Yasuhiro SEYA, Shigeaki AMANO

要 旨

私たちが無意識に行う瞬目によって視覚情報は一時的に遮断された状態になる。この瞬目はコントラスト感度を低下させ（Blink suppression）、瞬目の前後における視覚刺激の変化を気付きにくくさせる（Blink induced change blindness）などの抑制的効果を持つ。本研究では、瞬目が回転運動刺激の位相弁別に及ぼす影響を調査した。独立変数として瞬目の有無および視覚刺激の回転運動速度を操作し、参加者には同時に提示される2つの回転運動刺激の位相の異同を報告させた。この実験を瞬目無し条件、瞬目有り条件の順で実施した結果、瞬目無し条件よりも瞬目有り条件の方が高い正答率となる傾向がみられた。この結果は、条件の提示順による効果を排除できていないものの、瞬目が回転運動刺激の位相弁別能力を向上させる効果を持つことを示唆している。

キーワード：瞬目効果、位相弁別、運動視、回転運動

1. はじめに

私たちは1分間に平均15回程度の頻度で瞬目をしており、瞬目中は上瞼と下瞼が接触する状態になるため、私たちの視界は遮断される。瞬目には無意識に行う自然瞬目と意識して行う随意性瞬目があり、その持続時間はそれぞれ400ms, 250ms程度であると言われている。にもかかわらず、私たちは瞬目によって目の前が暗くなったと感じることはない。このことは瞬目の際に、何らかの情報処理がなされており、瞬目によって途切れた視覚情報が補償されていることを示している。

視覚研究において、随意性瞬目が視覚情報処理を抑制することが報告されている。Volkman, Riggs, & Moore (1980) は、瞬目が光の強度の変化に対する感度に与える影響を調査した。彼らは瞬目によって光の強度が変化しないように、暗室下で光ファイバー管を用いて実験参加者の口内から網膜に向けて光を照射し、瞬目前、瞬目時：上瞼が降り始めてから元の位置に戻るまでの間、瞬目後のそれぞれの場合に、光の強度を変化させる実験を行った。その結果、光の強度の変化に対する感度は、瞬目時が最も低かった。

Ridder & Tomlinson (1993) は、実験参加者に右目のみで瞬目をさせ、コントラストと空間周波数が異なる縞模様を左目のみに提示する実験を行い、瞬目が視覚刺激に対するコントラスト感度に与える影響を調査した。彼らは右目の瞬目開始から左目に刺激を提示するまでの時間の長さを操作し、左目に提示される縞模様に対するコントラスト感度を測定した。その結果、低空間周波数の刺激に対するコントラスト感度は、瞬目から

* 愛知淑徳大学人間情報学部

** 日本たばこ産業株式会社たばこ中央研究所

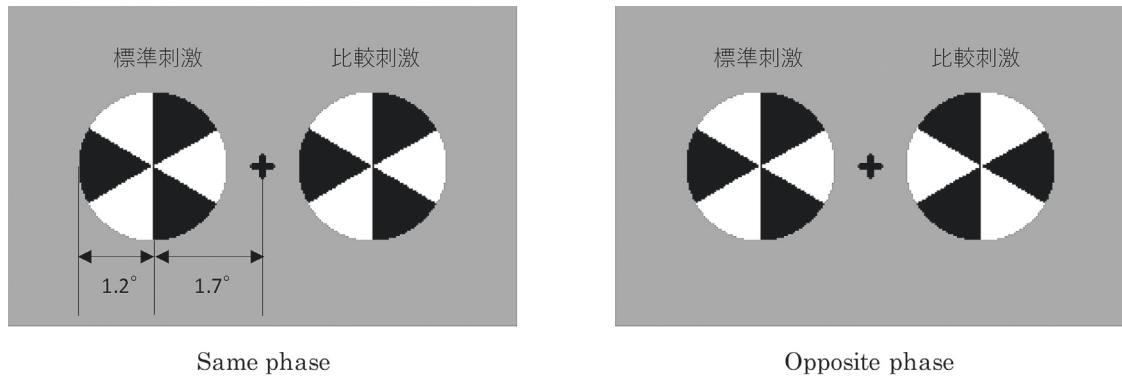


図1 実験に用いた視覚刺激の模式図。

刺激提示までの時間が長い方が高かった。

O'Regan, Deubel, Clark, & Rensink (2000) は、参加者に画像を提示し、開眼時と瞬目の前後で画像の一部を変化させる実験を行った。その結果、瞬目を伴う場合は、その変化の検出確率が低下した。

以上のような視覚情報処理に対する抑制は、サッカードによっても同様に引き起こされることが報告されている (Binda & Morrone, 2018)。

運動視については、Maus, Goh, & Lisi (2020) が、注視点を中心に円運動する刺激を提示し、瞬目中もしくは開眼の間に刺激の提示位置を円軌道上で運動の順方向と逆方向に変化させ、移動方向を回答させる実験を行った。その結果、瞬目中において、刺激の移動距離を実際の移動距離より短く、速度を実際より遅く推定していると結論づけた。

以上のように瞬目は視覚情報処理に様々な影響を与えている。この瞬目の性質をさらに解明するために、本研究では刺激自体が回転する物体の知覚に対して瞬目が与える影響を、位相弁別課題を用いて調べた。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、著者を含む男性3名であった。彼らの平均年齢は45.0歳（標準偏差10.8歳）であった。すべての参加者の視力は正常範囲内であった。

2.2 刺激

実験刺激の模式図を図1に記す。図1のように、注視点、背景、および標準刺激と比較刺激によって実験刺激を構成した。標準刺激と比較刺激はいずれも放射状の白黒模様の回転円であった。刺激の輝度値は白： 67.01cd/m^2 黒： 0.06cd/m^2 、背景： 17.24cd/m^2 であった。実験条件として、回転の速さ7条件（120, 240, 360, 480, 720, 960, 1200deg/s）、回転方向2条件（時計回り／反時計回り）、そして位相2条件（同／異）の組み合わせ、計28条件を設定した。

2.3 手続き

実験を愛知淑徳大学11号棟視覚情報実験室にて、暗室条件下で行った。実験手続きの概略を図2に記す。

参加者への刺激の提示には、コンピュータに接続した液晶ディスプレイを用いた。液晶ディスプレイの解像度は $1920 \times 1080\text{pixel}$ であり、リフレッシュレートは240Hzであった。参加者の頭部を固定するために顎台を用いた。刺激の作成と提示および反応収集には、心理実験用アプリケーションPsychopy 3.0 (Peirce, 2007, 2009)を用いた。データの解析には、MATLAB (MathWorks)を用いた。

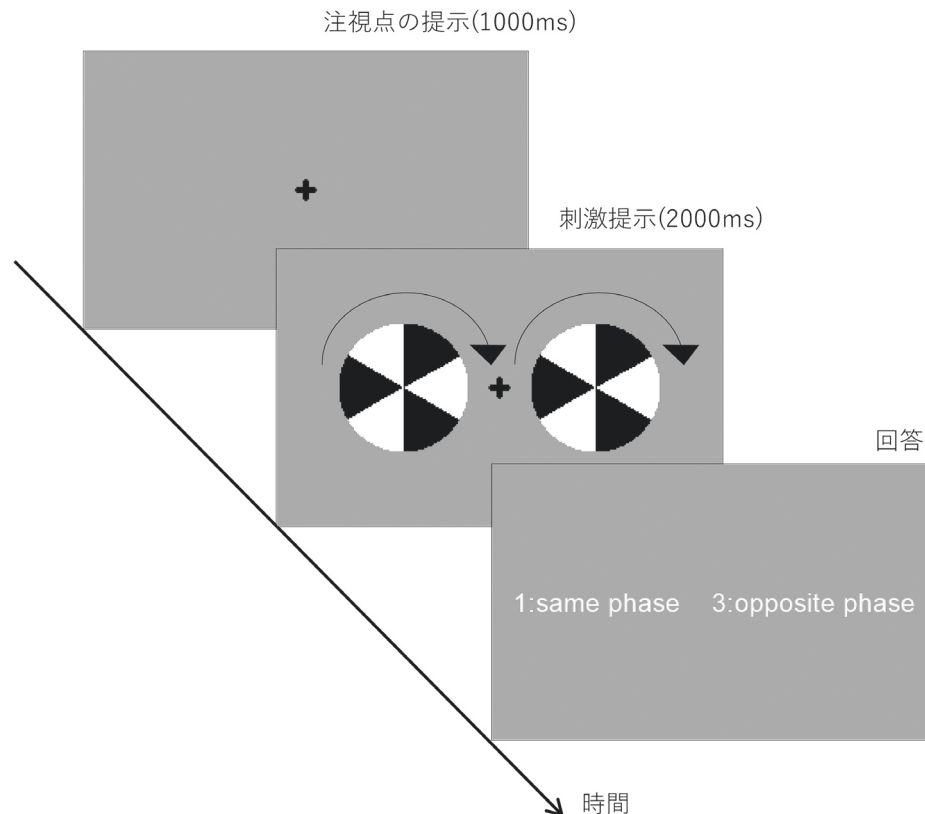


図2 実験手続きに関する模式図。

各試行の始めに、注視点を画面中央に1秒間提示した。その後、注視点の左側に標準刺激、右側に比較刺激を2秒間提示した。各試行において、刺激の透明度を操作することで、刺激提示時間2000msのうち、提示開始から500msまでフェードイン、提示終了の500ms前からフェードアウトをした。参加者には注視点を凝視した状態で、瞬目無し条件では瞬目をせずに刺激を観察し、瞬目有り条件では瞬目をして刺激を観察するように教示し、標準刺激と比較刺激の位相の同異を判別させた(2AFC)。全参加者に対する実験の実施順序は、瞬目無し条件、瞬目有り条件の順であった。試行数は28条件に対して、各5試行の計140試行であり、提示順は条件内でランダムとした。

3. 結果と考察

各参加者と全参加者の応答に対して、条件別に回転速度毎の位相弁別の正答率を算出した。また、刺激の回転速度と正答率の関係を調べるために、logistic回帰分析を行い、条件と刺激の回転速度毎に位相弁別の75%閾を算出した(図3)。

各参加者と全参加者のデータから算出した75%閾を表1に示す。表1より、いずれの参加者においても、瞬目有り条件の方が瞬目無し条件より速く回転する刺激に対して、その位相の同異を正しく判別できる傾向が認められた。条件間の差を明らかにするために、対応のある t 検定(両側検定)を行った。その結果、条件間に75%閾の有意差は無かったものの、有意傾向にあった[$t(2)=3.08$, $p=0.09$]。また、瞬目による効果の大きさを見るために、標準化平均値差を算出した。その結果、75%閾の平均値は瞬目有り条件の方が瞬目無し条件よりも大きいことが分かった[$d=1.78$]。これら結果は、瞬目によって位相弁別可能な運動速度が向上したことを示唆している。

本研究の結果は、視覚刺激の回転速度を実際の運動速度より遅く知覚した可能性を示唆している。実際、回

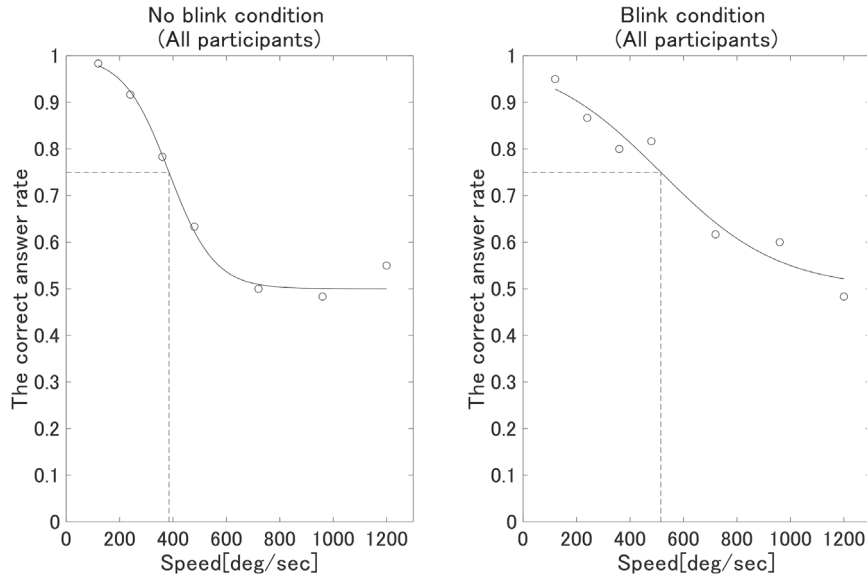


図3 全参加者応答を集約したデータより求めた心理測定関数。縦軸は位相弁別の正答率、横軸は刺激の回転速度である。点線は75%閾を示す。

転運動を遅く知覚させた例が報告されている。順応刺激とターゲット刺激の速度が同じだった場合、ターゲット刺激の速度が遅く知覚された (Rapoport, 1964)。さらに、この知覚は順応刺激と逆方向の運動を知覚する motion aftereffect (以降, MAE) によってもたらされた結果であると報告した。MAE について, Kanai & Verstraten (2005) が rapid motion aftereffect (以降, rMAE) を報告した。彼らは、順応刺激、刺激間時間間隔 (以降, ISI)、運動方向が一意に定まらないターゲット刺激の順で刺激を提示し、ターゲット刺激に対して観測者が知覚する運動方向と、順応刺激への順応時間および ISI の長さとの関係を調査した。その結果、順応時間が 320ms の場合には、ISI = 120, 480ms が最も逆方向の運動を知覚しやすい ISI であったと報告した。これらの先行研究と随意性瞬目は 250ms 程度であることを踏まえて本研究との対応関係を考えれば、瞬目前に観測した刺激が順応刺激、瞬目後の観測がターゲット刺激に相当すると考えられる。そのため、瞬目後に rMAE が生じ、その結果として回転運動を遅く知覚させたと解釈することができる。

しかし、本実験で得られた結果が rMAE によって生じたとは断定できない。なぜならば瞬目のタイミングやその長さが参加者によって異なり、このことは、回転運動に対する順応時間や瞬目の長さが参加者毎に統制されていないことを意味するからである。さらに、実験後に実施した実験参加者への口頭による聞き取り調査から、本実験の位相弁別課題の難易度が高いことが判明した。このことは、全参加者に対して瞬目無し条件の後に瞬目有り条件で実施したため、瞬目無し条件については練習が不十分であった可能性を示唆している。したがって、瞬目有り条件の方が瞬目無し条件よりも位相弁別可能な回転速度が向上したことは、rMAE と課題に対する慣れのいずれによるのかを区別できない。

以上より、実験課題の難易度を適切に設定するために、刺激の速度、提示位置、サイズなどのパラメータの決定を含む実験刺激および実験の実施手順の検討と、瞬目の長さや回転運動刺激に対する順応時間を統制する

表1 瞬目の有無と各参加者の75%閾 (deg/s)。

参加者	瞬目無し条件	瞬目有り条件
1	435	654
2	319	380
3	371	511
全体	385	516

ことで、順応効果が位相弁別課題に与える影響を調査する実験の実施を今後の課題とする。

参考文献

- Binda, P., & Morrone, M. C. (2018). Vision during saccadic eye movements. *Annual Review of Vision Science*, 4, 193–213.
- Kanai, R., & Verstraten, F. A. J. J. (2005). Perceptual manifestations of fast neural plasticity: Motion priming, rapid motion aftereffect and perceptual sensitization. *Vision Research*, 45(25–26), 3109–3116.
- Maus, G. W., Goh, H. L., & Lisi, M. (2020). Perceiving Locations of Moving Objects Across Eyeblinks. *Psychological Science*, 31(9), 1117–1128.
- O'Regan, J. K., Deubel, H., Clark, J. J., & Rensink, R. A. (2000). Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*, 7(1–3), 191–211.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy-Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1–2), 8–13.
- Peirce, J. W. (2009). Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Frontiers in Neuroinformatics*, 2(JAN), 1–8.
- Rapoport, J. (1964). Adaptation in the perception of rotary motion. *Journal of Experimental Psychology*, 67(3), 263–267.
- Ridder, W. H., & Tomlinson, A. (1993). Suppression of contrast sensitivity during eyelid blinks. *Vision Research*, 33(13), 1795–1802.
- Volkman, F. C., Riggs, L. A., & Moore, R. K. (1980). Eyeblinks and visual suppression. *Science*, 207(4433), 900–902.