

平成 22 年 5 月 24 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008 ～ 2009

課題番号：20700244

研究課題名（和文）

知覚世界を安定化するメカニズムに関する心理物理学的・認知脳科学的検討

研究課題名（英文）

Psychophysical and cognitive brain scientific approach to the stabilization of perceptual world

研究代表者

廣瀬 信之（Nobuyuki Hirose）

九州大学・大学院システム情報科学研究所・助教

研究者番号：40467410

研究成果の概要（和文）：

本研究では、われわれの知覚世界を安定化するメカニズムを行動実験および機能的磁気共鳴画像法（fMRI）と経頭蓋磁気刺激法（TMS）を用いた認知神経科学実験により調べた。知覚世界を安定化するメカニズムとしては、運動にともなう視認性低下や注意選択にともなう周辺抑制が挙げられる。オブジェクト置き換えマスクング（OSM: Di Lollo, Enns, & Rensink, 2000）は、ターゲット-マスク間のオブジェクト連続性知覚にともなう情報更新や残存マスクが駆動する周辺抑制野が関与すると想定されることから、研究対象として選定した。行動実験による検討の結果、OSM は主観的輪郭図形をマスクとした場合にも生じることから高次オブジェクトレベルの干渉のみでも生じうること、ターゲットよりも周辺側のマスクが中心側のマスクよりも大きな OSM を生じるという非対称性はターゲットとマスクの中心-周辺関係ではなく注意シフトの方向に依存することが明らかとなった。また、知覚世界の安定化には、現行課題について関連刺激を選択し、無関連刺激を抑制することも重要な役割を果たしている。この選択的注意メカニズムを解明すべく、fMRI を用いてトップダウンの注意制御の脳内機構について、TMS を用いて注意の瞬き（AB）の脳内機構について検討した。その結果、トップダウンの注意制御は右側頭頂間溝が後頭視覚野を効率的に変調して活動を増大させることで実現していること、AB においては頭頂間溝（IPS）はそれぞれのターゲットに対する注意構えに、下頭頂小葉（IPL）は1つ目のターゲットから2つ目のターゲットへの注意の解放と再定位に関わることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

The present study investigated the mechanism stabilizing our perceptual world by behavioral and cognitive neuroscientific approaches. As an example of the stabilizing mechanism, we can point to the reduction of stimulus visibility caused by its motion and the surround suppression around the focus of attention. First, we focused on object substitution masking (OSM: Di Lollo, Enns, & Rensink, 2000) because information update accompanying perception of target-mask continuity and inhibitory surrounds triggered by remaining masks are thought to be involved in substitution masking. Behavioral experiments showed that an illusory object induced by subjective contours reduced the visibility of the target when persisting beyond its offset in its immediate vicinity and that asymmetric OSM discovered by Jiang and Chun (2001) occurs relative to the direction of attentional shift irrespective of the central-peripheral relation between the target and mask. Attentional selection of relevant events and attentional inhibition of irrelevant events are also crucial to the stabilization of perceptual world. In order to elucidate the selective attention mechanism, we searched for the neural correlates of top-down attentional control by functional magnetic resonance imaging and investigated the brain mechanism of attentional blink (AB: Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992) by transcranial magnetic stimulation.

As a result, it is suggested that top-down attentional control is implemented by the right intraparietal sulcus efficiently modulating occipital visual areas and enhancing their activations and that the intraparietal sulcus is associated with an attentional set for respective targets and the inferior parietal lobule is involved in the disengagement and reorienting of attention from the first target to the second target in AB.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：感覚・知覚・注意

1. 研究開始当初の背景

われわれがたった今も目にしている視覚環境は、時々刻々と絶え間なく動的に変化しつづけている。そのような動的な視覚環境の中にあっても、われわれの知覚は非常に安定している。本研究では、この「知覚世界を安定化するメカニズム」の解明を目指した。

申請者は、これまで視覚的意識に関心をもって研究を進めてきており、その過程で、オブジェクト置き換えマスキング (**OSM: object substitution masking**) (e.g., Di Lollo, Enns, & Rensink, 2000) と呼ばれる一種の逆向マスキングにおいて、頭皮上に置いた磁気刺激コイルを用いて局所脳部位を刺激することで被刺激部位の情報処理を抑制する経頭蓋磁気刺激 (TMS: transcranial magnetic stimulation) を用いて視覚運動処理に重要な脳部位である V5/MT+ あるいは V5/MT+ と相互投射を有する V1 を抑制すると、マスキングからの回復が認められることを明らかにした (Hirose et al., 2007)。

運動処理を阻害するとマスキングからの回復 (刺激視認性の向上) が生じるという知見は、逆に、正常な視覚運動処理の作用として刺激視認性が低下する現象の 1 つとして OSM が位置づけられることを示している。この一見矛盾した結果こそ、本研究課題のテーマに掲げる「知覚世界を安定化するメカニズム」を反映していると考えた。つまり、運動するオブジェクトの先行状態の視認性を

低下させることで、現行状態の知覚を明瞭化し、さらにオブジェクトの単一性・連続性を保つことで、知覚世界を安定化するメカニズムが存在すると考えた。また、安定した知覚を達成するためには、現行の目標に関連する刺激を選択し、無関連な刺激を抑制することが必要である。さらに、注意選択にともなう周辺抑制 (e.g., Cutzu & Tsotsos, 2003) も重要な役割を果たしていると考えられる。

2. 研究の目的

(1) 知覚世界を安定化するメカニズムとしては、運動にともなう視認性低下や注意選択にともなう周辺抑制が挙げられる。これまで申請者が研究対象としてきたオブジェクト置き換えマスキング (OSM) と呼ばれる現象は、ターゲット-マスク間のオブジェクト連続性知覚にともなう情報更新 (Lleras & Moore, 2003) や残存マスクが駆動する周辺抑制野 (Tata & Giaschi, 2004) が関与すると想定され、知覚世界を安定化するメカニズムを反映していると考えられる。そこで本研究では、OSM がどのような表象レベルで生起しているのかを明らかにする目的で行動実験を 2 つ実施した。

(2) 知覚世界の安定化には、今なすべき課題にとって関連のある刺激を選択し、無関連な刺激を抑制することも重要である。この関連

刺激の選択と無関連刺激の抑制に関わる2つの現象を取り上げた。1つ目は、トップダウンの注意制御によるメタコントラストマスク効果の変調 (Ramachandran & Cobb, 1995) である。また、2つ目は、高速逐次視覚呈示された2つのターゲットを報告する際に、両ターゲット間の時間間隔が短いと2つ目のターゲットを頻繁に見落とすという注意の瞬き (AB: attentional blink) (Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992) である。これら2現象の脳内機構を探るべく、それぞれ機能的核磁気共鳴画像法 (fMRI: functional magnetic resonance imaging) と経頭蓋磁気刺激法 (TMS) を用いた認知神経科学実験を実施した。

3. 研究の方法

(1) OSMの大部分が高次のオブジェクトレベルの干渉に起因すると繰り返し主張されてきたが、先行研究ではターゲットの消失後とその近傍に物理的なマスク刺激が存在する場合と存在しない場合の比較しかなされてこなかった。ここで生じる1つの疑問は、オブジェクトレベルの干渉のみでもOSMが生じるのかというものである。この疑問を解決すべく、主観的輪郭線で定義される錯覚的な図形をマスク刺激として用いた。視覚系においては錯覚的オブジェクトも実オブジェクトのように扱われる (e.g., Mendola et al., 1999) ことを考慮すると、錯覚的オブジェクトを形成する誘導刺激と形成しない誘導刺激を対比させることで、イメージレベルの効果を統制しながら真にオブジェクトレベルの効果を評価した。

(2) OSMは固視点を参照点としてターゲットの中心側よりも周辺側において大きいという非対称性を示す (Jiang & Chun, 2001)。すなわち、ターゲットよりも固視点から遠い周辺側のマスクが、ターゲットよりも固視点に近い中心側のマスクよりも強力なOSMを生じる。この非対称性を引き起こす要因について調べることで、OSMの生起段階を推定しようと試みた。非対称的OSMを生じる要因として、Jiangらはターゲットとマスクの相対的な中心-周辺関係を挙げたが、申請者はターゲット定位時の注意シフト方向から見た進行・逆行関係が重要であると考えた。そこで、中心窩を基準としたターゲットとマスクの相対的な中心-周辺関係の有無と注意の軌跡を基準とした非対称的なマスク配置の有無を独立かつ直行させて操作し、申請者の説の妥当性を検証した。

(3) トップダウンの注意は視知覚の初期段階

から影響する。たとえば、メタコントラストマスクはターゲットに注意を向けると減弱し、マスクに注意を向けると増大する。どのような脳活動が注意効果の個人差と関連しているのかをfMRIを用いて調べた。具体的には、注意効果の大きさと関連する活動を示す脳部位を調べた。

(4) ABは注意の時間的制約を反映した現象であると考えられている。先行研究より、頭頂間溝 (IPS: intraparietal sulcus) は課題目標に関連した注意構えに寄与している一方で、下頭頂小葉 (IPL: inferior parietal lobule) は現在の注意の焦点外に呈示された関連刺激への注意の解放・再定位に関わるとされている。これらの頭頂領域がそれぞれABにおいてどのような役割を果たしているのかをTMSを用いて調べた。

4. 研究成果

(1) 主観的輪郭線によって形成される知覚的オブジェクトをマスクとして用いた場合でも、ターゲットのごく近傍にターゲット消失後も主観的図形が残存すればターゲットの視認性が低下し、OSMが生じることを明らかにした。全ての探索アイテム位置の近傍で全ての誘導図形が同時に方位変化を生じたため、このマスク効果はターゲット近傍の誘導図形の局所的な方位変化に帰することはできない。さらに2つの統制実験を通じて、錯覚的輪郭線によって定義された主観的図形の存在がOSMを引き起こしたことを確認した。したがって、OSMにおいて高次オブジェクトレベルの干渉が寄与していることが示唆された。

(2) 一連の4つの実験を通じて、OSMの非対称性 (Jiang & Chun, 2001) を引き起こす要因について検討した。4つの実験のうち特に重要な2実験の結果について説明する。まず、マスク配置が注意の経路を基準として対称的であった場合、たとえ中心-周辺関係があっても非対称的OSMは認められなかった。一方で、マスク配置が注意シフトを基準に非対称的であった場合、たとえ中心-周辺関係がなくても非対称的OSMが生じた。したがって、非対称的OSMを生じさせる要因は、注意シフトを基準とした非対称的なマスク配置であることが示唆された。

(3) ROI (region of interest) 分析を行った結果、後頭視覚野 (両側紡錘状回 (fusiform gyrus), 右側舌状回 (lingual gyrus), 両側鳥距溝 (calcarine sulcus)) の信号強度がトップダウンの注意効果の大きさと有意な正の相

関を示すことが明らかとなった。また、実効的結合度 (effective connectivity) 分析の結果、右側頭頂間溝 (intraparietal sulcus) から両側紡錘状回への実効的結合度がトップダウンの注意効果の大きさと有意な正の相関を示すことを明らかにした。さらに、右側頭頂間溝から左右それぞれの紡錘状回への実効的結合度が左右それぞれの紡錘状回の信号強度と有意な正の相関を示すことも分かった。したがって、トップダウンの注意効果は、右側頭頂間溝が両側の紡錘状回を効率的に変調し、後頭視覚野の活動を増大させることで実現されている可能性が示唆された。

(4) 高速逐次視覚呈示されるディストラクタの中から2つのターゲット (T1, T2) を報告する場合、T1 オンセット後に頭頂間溝 (IPS) に TMS を与えると注意の瞬き (AB) が減弱し、T2 オンセット後に IPS および下頭頂小葉 (IPL) に TMS を与えると AB が増大することを明らかにした。さらに、T1 を無視して T2 のみを報告する場合、T2 オンセット後に IPS に TMS を与えた場合のみ AB 様のパフォーマンス低下が生じた。したがって、IPS は注意構えの実現に関わっており、IPL は AB 期間中の T1 から T2 への注意の解放と再定位に関わっている可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

廣瀬信之・苧阪直行 (2008). オブジェクト置き換えマスキングの脳内機構. *心理学評論*, 51, 301-317. (査読有)

Hirose, N., & Osaka, N. (2009). Object substitution masking induced by illusory masks: Evidence for higher object-level locus of interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35, 931-938. (査読有)

Tsubomi, H., Ikeda, T., Hanakawa, T., Hirose, N., Fukuyama, H., & Osaka, N. (2009). Connectivity and signal intensity in parieto-occipital cortex predicts top-down attentional effect in visual masking: An fMRI study based on individual differences. *Neuroimage*, 45, 587-597. (査読有)

Hirose, N., & Osaka, N. (2010). Asymmetry in object substitution masking occurs relative to the direction of spatial attention shift. *Journal of*

Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 36, 25-37. (査読有)

Kihara, K., Ikeda, T., Matsuyoshi, D., Hirose, N., Mima, T., Fukuyama, H., & Osaka, N. (in press). Differential contributions of the intraparietal sulcus and the inferior parietal lobe to attentional blink: Evidence from transcranial magnetic stimulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*.

[学会発表](計 8 件)

Hirose, N., & Osaka, N. (2008, May). Asymmetry in object substitution masking occurs relative to the direction of spatial attention shift. *The 8th Annual Meeting of the Vision Sciences Society (VSS)*. Naples, FL, USA.

Tsubomi, H., Ikeda, T., Hirose, N., & Osaka, N. (2008, June). A neural correlate of object visibility modulated by top-down attention: An fMRI study. *The 12th Annual Meeting of the Association for the Scientific Study of Consciousness (ASSC)*. Taipei, Taiwan.

Hirose, N., & Osaka, N. (2008, August). Object substitution masking induced by illusory masks: Evidence for higher object-level locus of interference. *The 31th European Conference on Visual Perception (ECVP)*. Utrecht, Netherlands.

廣瀬信之・苧阪直行 (2008年9月). オブジェクト置き換えマスキングにおける高次オブジェクトレベルの干渉. *日本心理学会第72回大会*. 北海道大学 (北海道).

木原健・池田尊司・松吉大輔・廣瀬信之・苧阪直行 (2008年9月). 注意の瞬きに関わる後部頭頂葉後部の機能差. *日本心理学会第72回大会*. 北海道大学 (北海道).

廣瀬信之・苧阪直行 (2008年12月). 単語手がかりは不随意的な注意シフトを生じるか? 時間順序判断課題による検討. *日本基礎心理学会第27回大会*. 仙台国際センター (仙台).

廣瀬信之・苧阪直行 (2009年8月). 非対称的オブジェクト置き換えマスキング再考 眼球運動統制下での注意シフトの効果の検討. *日本心理学会第73回大会*. 立命館大学 (京都).

Kihara, K., Ikeda, T., Matsuyoshi, D., Hirose, N., Mima, T., Fukuyama, H., & Osaka, N. (2009, September). Top-down and stimulus-driven influences in the

attentional blink: Evidence from transcranial magnetic stimulation. *NIPS (National Institute for Physiological Sciences) International Workshop for Scientific Study of Consciousness*. Okazaki, Japan.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣瀬 信之 (Nobuyuki Hirose)
九州大学・大学院システム情報科学研究
院・助教
研究者番号：40467410

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：