

注意の瞬きに関わるトップダウン処理とボトムアップ処理

木原 健

日本学術振興会・京都大学大学院文学研究科

kkihara@bun.kyoto-u.ac.jp

池田 尊司

日本学術振興会・京都大学大学院文学研究科

松吉 大輔

京都大学大学院文学研究科

廣瀬 信之

日本学術振興会・京都大学大学院文学研究科

苧阪 直行

京都大学大学院文学研究科

When two targets (T1 and T2) are to be identified in rapid serial visual presentation, the response to T1 induces a transient interruption of T2 processing (attentional blink: AB). The AB is believed to reflect a formation process of visual consciousness. Several cognitive neuroscientific studies suggest that the intraparietal sulcus (IPS) is involved in top-down attentional control, whereas the inferior parietal lobule (IPL) is associated with bottom-up processing. We investigated how IPS and IPL contribute to the AB using transcranial magnetic stimulation (TMS). The course of recovery from the AB was attenuated when triple pulses TMS induced a transient interruption of right IPS activity within 225 ms after T1 onset, while there was a deteriorating effect of the TMS pulses delivered over right IPL after T2 onset. These results suggested that IPS, which dominates the top-down processing of T1, and IPL, which is the locus of bottom-up mechanisms contributing to T2 detection, play a critical role in causing the AB.

Keywords: attentional blink; top-down and bottom-up attention; IPS; IPL; TMS

問題と目的

視覚的意識をもたらす注意機能には時間的な処理制約があるため、中心窩に投影された視覚刺激であっても見落とされることがある。これを実験的に示したのが注意の瞬き(AB)である。ABは、高速逐次視覚呈示(RSVP)を行うと、先行標的(T1)から約 500 ms 以内に呈示される後続標的(T2)の見えが阻害されるという現象で、T1 処理が T2 処理に干渉することで生じるとされている(cf. Shapiro *et al.*, 1997)。

AB に関わる脳内機序を明らかにすることは、意識の形成過程の理解に重要なヒントを提供すると考えられることから、多くの認知神経科学的研究が報告されてきた。例えば、T1 処理には頭頂間溝(IPS)近傍の神経活動の関与が示唆されている(cf. Kihara *et al.*, 2007)。また、T2 処理には下頭頂小葉(IPL)が関与することが報告されている(Kranczioch *et al.*, 2005)。さらに、IPL の損傷によって AB 期間が延長することも知られている(Shapiro *et al.*, 2002)。

しかしながら、IPS や IPL によるどのような認知処理が、AB の生起に関与しているのかは明らかではない。ただし、Posner (1980)の先行手がかり法を用いたイメージング研究より、IPS は内発的なトップダウンの注意処理、IPL は外発的なボトムアップの注意処理に関与していることが示唆されている(Corbetta & Shulman, 2002)。したがって、IPS は多くの妨害刺激の中から標的を検出するという T1 検出のためのトップダウン処理に関わる一方、ボトムアップ処理に関与する IPL が T1 処理に伴って一時的に機能不

全となるために、その間に呈示された T2 が注意を捕捉することに失敗して AB が生じる、という仮説が考えられる。

もしこの仮説が正しければ、T1 処理中に IPS 活動を妨害すると、T1 処理が中断されるため T2 処理への干渉が低下して T2 成績が向上すると予測できる。また、AB 期間中に呈示された T2 の処理中に IPL 活動を妨害すると、T2 による注意の捕捉が干渉を受けるため、T2 成績が一段と低下することが予測できる。

この仮説は、限られた領域の神経活動を瞬間的に攪乱させる経頭蓋磁気刺激(TMS)を用いることで検証可能である。そこで、右半球の IPS や IPL に、T1 あるいは T2 呈示後に TMS を施行し、AB への影響を観察した。

方法

被験者 インフォームドコンセントを受け実験に同意した 4 名が参加した。

TMS プロトコル 約 1.3T の磁場を発生させる 70 mm の 8 の字型コイルを用いて大脳皮質を刺激した。刺激部位である右 IPS および右 IPL は、被験者の MRI 画像に基づき同定した。また、コントロール条件として、頭蓋直下に大脳皮質が存在しない頭蓋頂(Cz)へ TMS を施行する条件と、Cz に設置したコイルから実際には磁場を発生させない Sham 条件の 2 つを設定した。

複数のERP研究によって、T1 および T2 オンセット 200-400 ms 後に P3 成分を惹起させる、後部頭頂葉を含む脳活動が AB の生起に重要であることが示唆されている(cf. Sergent *et al.*, 2005)。そこで、これらの脳活動を TMS で攪乱するため、T1 オンセット後 75、150、225ms に 3 回連続して TMS が施行される条件と、T2 オンセット後の同じタイミングで TMS が施行される条件が設定された。

AB 実験 RSVP は、縦横視角 1° の白色の大文字アルファベット(妨害刺激)と 2 個の異なる数字(T1・T2)で構成された。SOA は 50 ms (ISI: 0 ms)だった。T1 は RSVP 開始 400~800 ms 後に呈示された。T2 後 400~800 ms 間妨害刺激が呈示された。課題は RSVP 中に必ず含まれる 2 つの数字を事後報告することだった。T1-T2 SOA は 300 ms 条件と 800 ms 条件があった。背景は黒色だった。

手続き 初めに、被験者毎に最も AB が生じやすい条件が探られた。背景と RSVP 刺激の輝度差によって AB の大きさが変化する(Christmann & Leuthold, 2004)ことから、40 試行で構成されたブロックを、RSVP の輝度を調整しながら 4~8 ブロック繰り返すことで、最大の AB が生じる RSVP 輝度が決定された。次に TMS 実験が行われた。これは、1 ブロックの練習とカウンターバランスが取られた右 IPS、右 IPL、Cz、sham 条件をそれぞれ 1 ブロックずつ含むセッションが 4 回繰り返されることで構成された。

結果

TMS 実験における T1 正答時の平均 T2 成績を図 1 に示す。また、AB の大きさである、SOA 800 ms 条件と 300 ms 条件の T2 成績の差を図 2 に示す。これらの結果から、T1 オンセット後 75~225 ms の間に右 IPS に 3 連発の TMS を施行すると AB が小さくなる傾向が見とれる。また、T2 オンセット後に右 IPL に同様の TMS を施行すると、AB が大きくなる傾向が見受けられる。

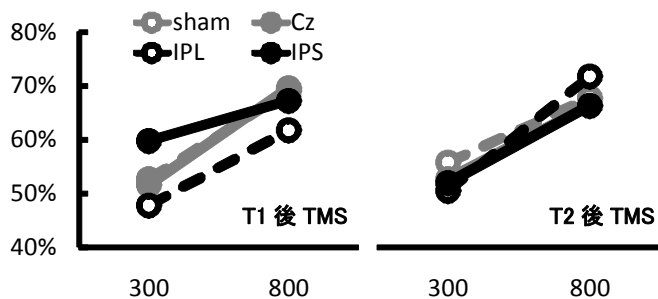


図 1. TMS 実験結果。縦軸は T1 正答時の T2 成績、横軸は T1-T2 SOA 条件を示す。左のパネルは T1 オンセット後 TMS 施行条件、右のパネルは T2 オンセット後 TMS 施行条件の結果を示す。線の種類は TMS が施行された領域の違いを示す。

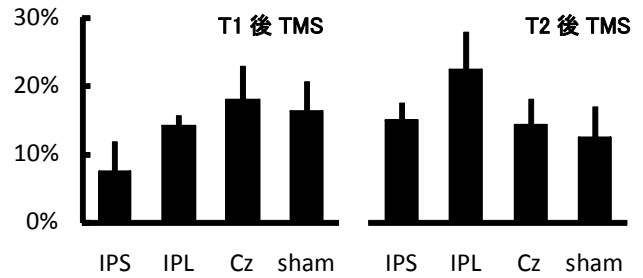


図 2. 800 ms 条件と 300 ms 条件の T2 成績の差。左のパネルは T1 オンセット後 TMS 施行条件、右のパネルは T2 オンセット後 TMS 施行条件、エラーバーは標準誤差を示す。

考察

結果の傾向は、IPSによるトップダウンT1処理とIPLによるボトムアップT2処理がABに関与するという仮説と一致した。これは、T1処理そのものではなく、T1処理によって誘発される注意の一時的な機能不全(Di Lollo *et al.*, 2005)や妨害刺激の抑制(Olivers, 2007)、あるいは注意の再定位の遅延(Nieuwenstein *et al.*, 2005)がABの原因であるとする、最近提唱されたABモデルの枠組みに収まる。

引用文献

- Christmann, C. & Leuthold, H. (2004) The attentional blink is susceptible to concurrent perceptual processing demands. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A, 357-381.
- Corbetta, M. & Shulman, G.L. (2002) Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 201-215.
- Di Lollo, V., Kawahara, J., Ghorashi, S.M.S. & Enns, J.T. (2005) The attentional blink: Resource depletion or temporary loss of control? *Psychological Research*, 69, 191-200.
- Kihara, K., Hirose, N., Mima, T., Abe, M., Fukuyama, H. & Osaka, N. (2007) The role of left and right intraparietal sulcus in the attentional blink: A transcranial magnetic stimulation study. *Experimental Brain Research*, 178, 135-140.
- Krancioc, C., Debener, S., Schwarzbach, J., Goebel, R. & Engel, A.K. (2005) Neural correlates of conscious perception in the attentional blink. *Neuroimage*, 24, 704-714.
- Nieuwenstein, M.R., Chun, M.M., van der Lubbe, R.H. & Hooge, I.T. (2005) Delayed attentional engagement in the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 1463-1475.
- Olivers, C.N.L. (2007) The time course of attention: It is better than we thought. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 11-15.
- Posner, M.I. (1980) Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Sergent, C., Baillet, S. & Dehaene, S. (2005) Timing of the brain events underlying access to consciousness during the attentional blink. *Nature Neuroscience*, 8, 1391-1400.
- Shapiro, K.L., Arnell, K.M. & Raymond, J.E. (1997) The attentional blink. *Trends in Cognitive Science*, 1, 291-296.
- Shapiro, K.L., Hillstrom, A.P. & Husain, M. (2002) Control of visuotemporal attention by inferior parietal and superior temporal cortex. *Current Biology*, 12, 1320-1325.