

注意の瞬き現象に関わる両側頭頂間溝の関与の検討

木原 健
廣瀬 信之
苅阪 直行

京都大学大学院文学研究科
京都大学大学院文学研究科
京都大学大学院文学研究科

kkihara@bun.kyoto-u.ac.jp

Processing of one visual target (T1) makes it difficult to become aware of a second target (T2) when two targets, embedded in a stream of distractor stimuli, occur within about 500 ms. This phenomenon is known as attentional blink (AB) and reflects the temporal limitation in allocating visual attention. Although several studies suggested that parietal regions are concerned with the AB phenomenon, their functional relevance remains unclear. We investigated whether left and/or right intraparietal sulcus (IPS) contributed to the AB bottleneck using transcranial magnetic stimulation (TMS). The course of recovery from the AB deficit was facilitated when single pulse TMS induced a transient interruption of left or right IPS activity at a T1-TMS stimulus onset asynchrony of 350 ms, while there was no effect of TMS or sham stimulation delivered over Cz with the same timing. These results provide direct evidence that activation of left as well as right IPS is involved in the genesis of AB. This finding supports the idea that IPS plays a critical role in the cortical network controlling the temporal dynamics of visual awareness.

Keywords: Visual attention; Attentional blink; TMS; IPS

目的

高速呈示中の視覚刺激の意識化には時間的制約があり、これを実験的に示したのが注意の瞬き現象(AB)である。これは、高速逐次視覚呈示(RSVP)を行うと、先行標的(T1)から約 0.5 秒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)。

頭頂後頭領域は注意配分に重要で、複数のイメージング・脳損傷研究によって、特に頭頂間溝(IPS)近傍の神経活動が AB に関与することを示唆されている(cf. Marois & Ivanoff, 2005)。

しかしながら、上記の研究は方法的限界から、空間解像度と時間解像度のどちらか一方が信頼性に劣り、さらにイメージング研究においては、活動領域は相関による推測の域を出ない。これに対し、頭皮上に配置した磁気誘導コイルから、大脳皮質内に発生させる誘導電場で生じる過電流によって、一定領域内の神経細胞活動を瞬間的に攪乱させる経頭蓋磁気刺激(TMS)を用いると、行動機能と神経活動の時空間的因果関係を詳細に検証可能になる。

Cooper ら(2004)による TMS を利用した先行 AB 研究では、3 連発の TMS を右頭頂に施行することで、T2 成績が向上して AB が減少することを示し、この領域が時間的注意に重要であることを明らかにした。

ただし、複数の研究が右だけでなく左頭頂活動も AB に関係することを示唆しているが、Cooper ら(2004)の研究では、左頭頂領域は検討されなかった。さらに、TMS の対象となった脳領域にも不明瞭さが残った。そこで本研究では、個人の脳解剖画像に基づいて刺激位置を正確に同定することで、AB に対する IPS の役割をあらためて検証した。

実験

被験者 インフォームドコンセントを受け同意書に署名した 12 名が参加した。

TMS プロトコル 70mm の 8 の字型コイルを用いて、約 1.5T の磁場を発生させて、大脳皮質を単発刺激した。刺激部位である左右の IPS は、被験者の解剖画像に基づき同定した。また、コントロール部位として頭蓋頂(Cz)を採用した。Cz には、TMS を施行する条件と、実際には磁場を発生させない Sham 条件を設定した。

AB 実験 RSVP は、縦横視角 0.5° の 32 個の大文字アルファベット(妨害刺激)と 2 個の数字(T1・T2)で構成された。SOA は 40ms(ISI:0ms)だった。T1 は RSVP 刺激の 3 個目に呈示された。課題は RSVP 中に必ず含まれる 2 つの数字を呈示順序通り事後報告することだった。

手続き 最初に 224 試行×3 ブロックの練習が行われた。次に、TMS なし実験が行われた。これは、100 試行の練習と、T1-T2 SOA 要因 4 条件(40, 240, 720, 1200ms・ランダム)×56 試行で構成された。最後に TMS 実験が行われた。これは、100 試行の練習と、T1-T2 SOA 要因 3 条件(40, 240, 720ms・ランダム)×TMS 要因 4 条件(右 IPS、左 IPS、Cz、Sham・ブロック・カウンターバランス)×56 試行で構成された。

複数の MEG ならびに ERP 研究によると、T1 呈示後 300-400ms 後の頭頂活動が、AB の生起に重要である(cf. Sergent *et al.*, 2005)。そこで、T1 呈示後 350ms に単発の TMS が施行された。

結果

全ての実験に参加できなかった1名の被験者を分析から除外した。T1とT2の報告順序が間違っただけの試行も正解とした。T2成績はT1正答時のみの試行を分析対象とした。

TMSなし実験結果を図1に示す。一要因分散分析の結果、T1成績に対するSOA要因の効果が有意傾向が認められた($F(3, 30) = 2.58, p < .08$)。また、T2成績に対するSOA要因の効果が有意に認められた($F(3, 30) = 5.35, p < .01$)。以上の結果はABの生起を示唆する。

TMS実験結果とTMSなし実験結果の比較を図2に示す。TMS実験結果に対して二要因分散分析を行った結果、T1成績にSOA要因の主効果が有意に認められた($F(2, 20) = 24.5, p < .001$)。多重比較(Tukey's HSD)の結果、SOA 40 ms条件で、他の条件より有意に成績の低下が認められた。また、T2成績にTMS要因とSOA要因の交互作用が認められた($F(6, 60) = 3.03, p < .02$)。下位検定の結果、SOA 720ms条件でTMS要因の主効果が認められた($F(3, 30) = 6.06, p < .003$)。多重比較(Tukey's HSD)の結果、左IPSならびに右IPS条件で、Cz条件とSham条件よりT2成績の向上が有意に認められた。以上の結果は、T1呈示後350msに右もしくは左IPSに単発のTMSを施行すると、ABが縮小したことを示唆する。

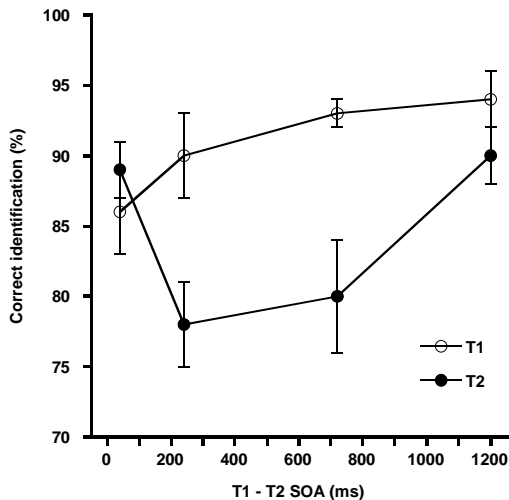


図1. TMSなし実験結果

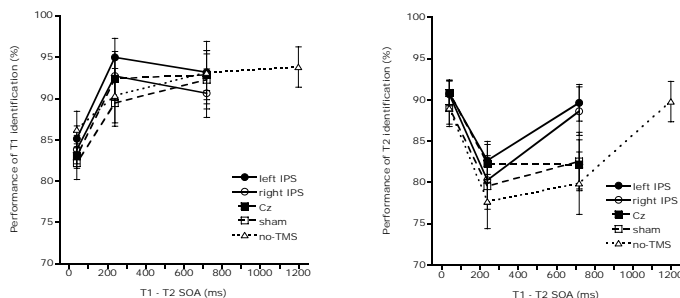


図2. TMS実験結果とTMSなし実験結果の比較

考察

TMSによりABが縮小したことから、右だけでなく左IPSも時間的注意に関与していることが示唆された。

ABは注意を向けられたT1がT2処理に干渉することが原因と考えられているが、そのT1処理には300-400ms後の頭頂活動の関与が示唆されている。また、単発のTMSは、該当部位の神経活動にノイズを加えて攪乱すると考えられている。したがって、本研究では、T1処理のために注意を配分するIPS活動がTMSで妨害されたため、T1処理からT2処理への干渉が低下し、ABが縮小したと考えられる。

ただし、この仮説によるとTMSによってT1成績の低下が予測されるが、本研究ではそのような結果は認められなかった。近年、T1へ注意を過剰に配分することがABの原因と主張する研究が相次いで発表されている(e.g., Olivers & Nieuwenhuis, 2005)。したがって、TMSによるT1処理への妨害効果は過剰な注意資源の配分に対してのものだったかもしれない。または、単純にT1課題が容易だったため、TMSの妨害効果がT1成績に反映されなかったためかもしれない。なお、先行研究でもT1成績にTMSの影響は示されていない(Cooper *et al.*, 2004)。

通常のABはT1-T2 SOAが約500msで消失するが、本研究ではT1-T2 SOAが720msでもABが生じた。これは、本研究で採用したRSVPのSOAが、通常の半分以下の40msであったため、T1処理難度が増加してしまったことが原因かもしれない。別の研究でも、同様の条件でABが大きくなることが報告されている(e.g., Martens *et al.*, 2006)。

引用文献

- Cooper, A.C., Humphreys, G.W., Hulleman, J., Praamstra, P. & Georgeson, M. (2004) Transcranial magnetic stimulation to right parietal cortex modifies the attentional blink. *Exp. Brain Res.*, **155**, 24-29.
- Marois, R. & Ivanoff, J. (2005) Capacity limits of information processing in the brain. *Trends Cogn. Sci.*, **9**, 296-305.
- Martens, S., Munneke, J., Smid, H. & Johnson, A. (2006) Quick minds don't blink: Electrophysiological correlates of individual differences in attentional selection. *J. Cogn. Neurosci.*, **18**, 1423-1438.
- Olivers, C.N. & Nieuwenhuis, S. (2005) The beneficial effect of concurrent task-irrelevant mental activity on temporal attention. *Psychol Sci*, **16**, 265-269.
- Sergent, C., Baillet, S. & Dehaene, S. (2005) Timing of the brain events underlying access to consciousness during the attentional blink. *Nat. Neurosci.*, **8**, 1391-1400.
- Shapiro, K.L., Arnell, K.M. & Raymond, J.E. (1997) The attentional blink. *Trends Cogn. Sci.*, **1**, 291-296.