

# ストロープ課題における刺激-刺激競合と刺激-反応競合の認知制御 に関係する脳活動の比較

## Comparing brain activations related to stimulus-stimulus conflict and stimulus-response conflict in Stroop task

小川昭利<sup>†</sup>, 入来篤史<sup>†</sup>  
Akitoshi Ogawa, Atsushi Iriki

<sup>†</sup> 理化学研究所脳科学総合研究センター象徴概念発達研究チーム  
RIKEN BSI, Laboratory for Symbolic Cognitive Development  
akitoshi@brain.riken.jp

### Abstract

We conducted an fMRI study to compare brain activation of stimulus-stimulus discrepancy with that of stimulus-response conflict. The result suggests that different parts of striatum are associated with context comprehension related to the discrepancy and conflict, and prefrontal cortex is involved in cognitive control triggered by the striatum activity.

**Keywords** — fMRI, prefrontal cortex, Striatum

### 1. はじめに

認知制御に関わる脳領域がストロープ課題などの刺激-反応競合課題を用いて詳細に調べられてきている[1~4]. 多くの研究は、競合状況の検出に前部帯状回が、注意などの認知過程の制御に前頭前野が関係することを示している。ストロープ課題においては、呈示される文字の意味と色が指示する反応の競合が反応時間の遅延として観測される。しかし、例えば赤色で"青"という文字が呈示されたとき、赤と青がともに同じボタンを押すことを要求したとすると、この場合は刺激-反応競合とはならない。すなわち、文字の意味と色が異なる刺激-刺激競合と、それらが指示する反応が競合する刺激-反応競合は異なる。これまでのfMRI研究ではこれらが分離されずに行われることがほとんどであった。そこで本研究では、刺激-刺激競合と刺激-反応競合を分離したストロープ課題を用いてfMRI実験を行い、連続する2試行で条件が異なる時と同じときの脳活動を比較して、2つの競合の認知制御に関わる脳活動を比較した。

### 2. 方法

日本語を母国語とする右利きの健常者 14 名 (平均 31.9 歳, 女性 5 名, 男性 9 名) が実験に参加した。課題では、開始後 1 秒間固視点を呈示し、そののち標的刺激を表示した。標的刺激の色と文字は 4 種類 (赤, 青, 黄, 緑) で、文字は漢字で表示した。反応は標的刺激の色に対応して左右いずれかのボタンを押すことで行った。2 色ずつそれぞれのボタンに割り当て、例えば、「色が赤または青ならば右ボタン, 黄または緑ならば左ボタンを押して下さい」のように教示した。色とボタンの対応関係はカウンターバランスを行った。標的刺激は 1.5 秒表示し、この間にボタンを押すように被験者に教示した。内部を塗りつぶした星を中立刺激として使用し、この場合も刺激の色に対応した反応をするよう被験者に教示した。標的刺激の呈示後、正反応には"O", 誤反応には"X"のフィードバックを 0.5 秒呈示した。そして、2~6 秒のブランク画面の後、次試行を開始した。各試行は次の 4 つの条件のいずれかであった。文字と色が一致 (Congruent, C), 文字と色が不一致かつ色が指示する反応と文字が指示する反応が不一致 (Stimulus-Response incongruent, SR), 文字と色が不一致だが色が指示する反応と文字が指示する反応は一致 (Color-Word incongruent, CW), 中立刺激 (Neutral, N)。各条件 60 試行ずつランダムな順序で行った。スキヤナの外で練習を行い、課題に十分に慣れたあと fMRI 実験を行った。撮像の設定は、スライス内解像度 64 x 64, FOV = 240 mm x 240mm, スライス厚 5mm, ギャップ 0mm, スライス数 25, TR 2600 ms, とした。

### 3. 結果

一元配置分散分析（被験者内計画）による行動データ解析では、主効果が有意であった ( $F(3,39) = 12.3, p < 0.001$ )。下位検定(Tukey's HSD)の結果、SRが他の3条件に対して有意に反応時間が長く（ストループ効果）、他の条件間では有意差はなかった。fMRIデータの解析では、前処理として、slice scan time correction, 3D motion correction, spatial smoothing (Gaussian filter, FWHM = 8 mm), temporal filtering (High-pass filter (FFT), 0.01Hz)を行った。被験者ごとの解析を行ったのち、グループレベルのGLMの解析を行った。連続2試行が正反応の試行の刺激呈示を解析の始点とし、活動領域は  $p < 0.005$  (uncorrected)となる領域とした。連続2試行で条件が変化する場合（CからSRまたはSRからC (SR-C), SRからCWまたはCWからSR (CW-SR), CWからCまたはCからCW (C-CW), 文字が呈示される条件（C, CW, SRをまとめた条件, L）からNまたはNからL）を解析した。線条体の腹側において、CW-SR > L-Nのコントラストでは左外側、C-CW > L-Nのコントラストでは左内側に活動が見られた。SR-C > L-Nのコントラストでは右に活動が見られた。また、左前頭前野では、SR-CとCW-SRで活動が見られ、C-CWでは活動が見られなかった。

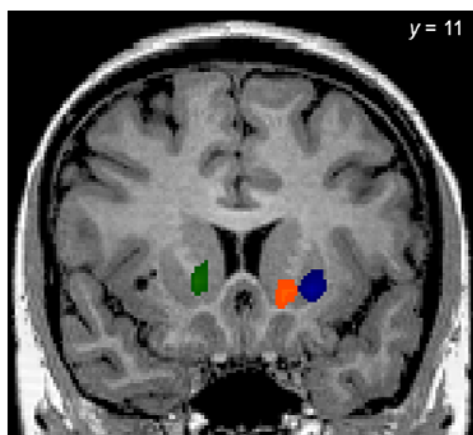


図1. 条件が変化するときの線条体の活動。青はC-CW > L-N, 橙はCW-SR > L-N, 緑はSR-C > L-Nのコントラストである。

### 4. 議論

線条体の活動は、線条体の部位によって異なる条件変化の検出に関わる認知処理が行われることを示唆する。競合検出は前部帯状回が関わっているとする研究が多い[3]にも関わらず本研究では活動が見られていない。条件間での差が小さかったためであろうと推測される。SR条件を含む刺激-反応競合に関わる認知制御へのシフトが要求される場合には左前頭前野が活動するのに対して、一致条件と刺激-刺激競合条件の間で条件の切り替わりがあるときには活動が見られないことから、刺激-刺激競合は一致条件と同様の認知制御を要求するために左前頭前野による認知制御のシフトに関わる脳活動が見られなかったのではないかと考えられる。この結果は、条件変化が線条体で判断されたのち刺激-反応競合に関わる認知制御のシフトが左前頭前野で行われることを示唆する。

### 参考文献

- [1] Egner, T., Jamieson, G., Gruzelier, J. (2005) "Hypnosis decouples cognitive control from conflict monitoring processes of the frontal lobe", *NeuroImage*, Vol. 27, no. 4, pp. 969-978.
- [2] van Veen, V., Carter, C. S. (2005) "Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: a functional MRI study", *Neuroimage*, Vol. 27, no. 3, pp. 497-504.
- [3] Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., Nieuwenhuis, S. (2004) "The role of the medial frontal cortex in cognitive control", *Science*, Vol. 306, no. 5695, pp. 443-447.
- [4] Melcher, T., Gruber, O. (2009) "Decomposing interference during Stroop performance into different conflict factors: An event-related fMRI study", *Cortex*, Vol. 45, no. 2, pp. 189-200.