

同一刺激種の連続呈示系列における競合適合効果

鈴木浩太^{*1, 2}・篠田晴男^{*3}

Conflict Adaptation Effects over the Sequence Repeating the Same Stimulus Type

SUZUKI Kota and SHINODA Haruo

Abstract

A modified version of the flanker task was employed to investigate a conflict adaptation effect which is observed as correspondence relation between stimuli presented in the current and previous trials. In the task, two sequences repeating the same stimulus type (compatible or incompatible stimulus) were alternately presented. The mean correct RT was significantly longer on the first trial in the sequence than the following trials except the fifth trial. The larger incorrect response rate was observed in the first trial when compared with the fifth and sixth trials. These results showed clear conflict adaptation effect was observed in our paradigm. We suggested the repeating presentation of the same stimulus type as one of the useful methods for manipulating the degree of conflict.

[Keywords] a flanker task; sequence position; conflict monitoring hypothesis

問題と目的

人は、文脈や環境に応じて、反応または行動を修正し、適切な反応に近づけていく。このような認知的制御に関する研究において、フランカー課題 (Eriksen and Eriksen, 1979)、ストループ課題 (Stroop, 1935)、サイモン課題 (Simon, 1969) などの認知的競合課題が広く用いられてきた。フランカー課題において、左右の反応を要請する標的刺激は、両側に配置される干渉刺激と共に呈示され、標的刺激と干渉刺激の示す方向が同じ一致刺激と異なる不一致刺激に分類される。一般的に、一致刺激と比較して不一致刺激における反応時間の延長と誤反応率の増大が観察され、標的刺激と干渉刺激の情報が競合したことによる処理の困難さとして解釈される。また、この競合量は、現試行の刺激種 (一致刺激または不一致刺激) と前試行の刺激種の対応関係によって、変動することが報告されている；一致刺激が呈示された後の一致刺激 (CC 試行) よりも、不一致刺激が呈示された後の一致刺激 (IC 試行) に対して反応時間が延長し、一致刺激が呈示された後の不一致刺激 (CI 試行) よりも、不一致刺激が呈示された後の不一致刺激 (II 試行) に対して反応時間が短縮する (experiment1, Gratton et al., 1992)。このような現象は、競合適合効果と呼ばれ、競合モニタリング仮説を用いて解釈することが可能である (Botvinick et al., 2001)。

競合モニタリング仮説において、競合を検出する脳領域として前部帯状皮質 (anterior cingulate cortex; ACC) が仮定される (Carter et al., 1998)。この仮説に一致して、ACC の活動が、CI 試行において他の試行よりも増大することが報告された (Botvinick et al., 1999)。ストループ課題では、反応時間が長い II 試行 (i.e., 反応調整が行われなかった試行) の前試行と比較して、反応時間が短かった II 試行 (i.e., 反応調整が行われた試行) の前試行において、ACC の活動が増大し、前試行における ACC の活動は、反応調整に参与する前頭前皮質の現試行の活動を予測した (Kerns et al., 2004)。またフランカー課題において、視覚的選択注意を反映する事象関連電位成分である P1 を検討した研究

* 1 立正大学大学院心理学研究科心理学専攻博士課程

* 2 独立行政法人国立精神・神経医療研究センター精神保健研究所知的障害研究部

* 3 立正大学心理学部教授

は、II 試行において他の試行よりも P1 成分が増大することを示した (Scerif et al., 2006)。このような研究から、フランカー課題における競合適合効果は、前試行で検出された高い競合量の情報が、認知的制御システムにフィードバックされ、標的刺激のみに注意を向けるように働き、現試行の干渉刺激に関する情報処理を排除する傾向を強めたため、競合量が低下するというループ構造によって説明される。

しかしながら、Mayr et al. (2003) は、CC 試行と II 試行は、50%の確率で同一の刺激が繰り返される一方で、IC 試行と CI 試行において前試行と異なる刺激が常に呈示されることを指摘し、競合適合効果は、競合モニタリング仮説が提案したループ構造の結果によるものではなく、単純な繰り返しによる効果であることを主張した。さらに、Mayr et al. (2003) は、この主張を支持する2種類の実験結果を提示した。第一に、フランカー課題の繰り返し試行を解析から除外した場合、前試行の効果が観察されないことを示した。次に、左右方向の矢印列と上下方向の矢印列を試行毎に配列したフランカー課題を実施した。この課題において、異なる課題が試行毎に実施されるため、同一の刺激が繰り返し呈示されることはなく、干渉刺激に囲まれた中央の標的刺激に対して反応するルールは変わらないため、競合モニタリング仮説が提案する中央の標的刺激に対する注意は制限されないことが考えられたが、正反応時間と誤反応率に対する競合適合効果は観察されなかった。なお、ストループ課題 (Kerns et al., 2004) において、同一刺激の繰り返しの除外後も競合適合効果が観察されている点や、Mayr et al. (2003) が用いた刺激が一般的な刺激と異なる点から、刺激が惹起する競合量が低かったため、競合適合効果が行動指標に現れなかった可能性もある。

本研究において、競合量を操作することによって競合適合効果の検討を行った。本研究では、より高い競合量を得るために、同一の刺激種 (一致刺激または不一致刺激) を繰り返し呈示する系列を交互に配置した課題を用いた。一致刺激が繰り返し呈示される中で、実験参加者は、干渉刺激も反応に活用するようになるため、その後に呈示される不一致刺激に対して競合量が増大し、不一致刺激が連続して呈示される系列の2試行目以降は、高い競合量を感じた認知的制御システムが中央の標的刺激に対して注意を向けるように働き、競合量が減少することが予測された。またこれらの競合量の違いは、反応時間及び誤反応率の違いとして観察することが可能であることも考えられた。

方 法

実験参加者

正常な視力を有する21歳から28歳 (平均年齢24.26歳) の大学生及び大学院生11名 (うち女性3名) が実験に参加した。2名が左利きであった。実験開始前に、インフォームドコンセントを行い、実験参加に関する同意を得た。

課題及び手続き

改訂版フランカー課題を実施した。本課題において、5つの矢印が呈示され、実験参加者に中央の矢印の示す方向に対して左右のボタン押し反応を求めた。中央に呈示される矢印と両側に呈示される矢印の示す方向の関係から、刺激種が一致刺激 (<<<<<<, >>>>>>) 及び不一致刺激 (>><<>>, <<>><<) に分類された。各矢印は視覚視野 $1^\circ \times 0.9^\circ$ で100ms 間呈示され、刺激間隔は1600ms から2500ms 間 (100ms 毎) でランダムに設定された。また同じ刺激種を6試行から10試行繰り返し呈示することによって形成される2種類の刺激系列を交互に配列し、ブロックを形成した。1ブロックは80試行で構成され、1回の練習ブロックの後、5ブロック実施した。また実験参加者に対して、速度と精度は同等に重視することを要請した。

結 果

各系列における7試行目以降は、呈示確率が異なるため、本研究において分析に用いる試行は、1試行目から6試行目とした。また各ブロックの最初の試行、同一刺激の繰り返し試行、誤反応試行後の試行は、反応時間に影響を及ぼすことが考えられたため、解析から除外した。図1に、一致刺激及び不一致刺激に対する試行毎の反応時間及び誤反応率の変化を示す。1試行目と比較して、2試行目以降における反応時間の短縮が観察された。誤反応率に関して、4試行目において誤反応率の増大がみられたものの、1試行目と比較して、2試行目以降の試行において、誤反応率の減少が観察された。

これらの効果を確認するために、正反応時間及び誤反応率に対して系列位置 (1試行目から6試行目) \times 一致性 (一致刺激、不一致刺激) の分散分析を行った。正反応時間に関して、系列位置の主効果 ($F(5,50) = 10.96, p < .001$) 及

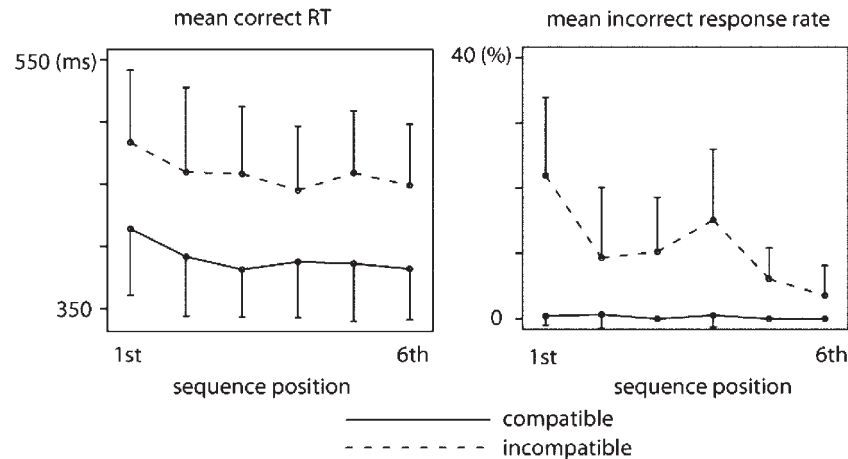


図1 刺激系列における試行回数による正反応時間及び誤反応率の変化

び一致性の主効果 ($F(1,10) = 80.73, p < .001$) が得られた。下位検定として Holm の検定を行ったところ、2、3、4、6 試行目と比較して、1 試行目の反応時間が長いことが確認された ($p = .05$)。系列位置と一致性の交互作用については認められなかった ($F(5,35) = 0.79, p < .56$)。誤反応率に関して、系列位置の主効果 ($F(5,50) = 8.69, p < .001$)、一致性の主効果 ($F(1,10) = 36.48, p < .001$)、系列位置と一致性の交互作用 ($F(5,50) = 8.67, p < .001$) が得られた。単純主効果の検定の結果、不一致刺激における系列位置の効果が認められ ($p < .001$)、下位検定として Holm の検定を行ったところ、1 試行目よりも 5 試行目及び 6 試行目において誤反応率が小さく、4 試行目よりも 6 試行目の誤反応率が小さいことが確認された ($p = .05$)。また全ての系列位置において一致刺激と不一致刺激の差を確認した ($F(1,10) = 37.04, p < .001$; $F(1,10) = 8.22, p < .05$; $F(1,10) = 16.65, p < .01$; $F(1,10) = 19.01, p < .01$; $F(1,10) = 18.16, p < .01$; $F(1,10) = 6.77, p < .05$)

考察

同一の刺激種で構成された刺激系列を交互に配置することによって、各刺激系列の 1 試行目において高い競合量を惹起させ、その高い競合量が、2 試行目以降において競合適合効果として行動指標で観察されるのかを検討した。刺激系列の 1 試行目は、2、3、4、6 試行目よりも平均反応時間が短かった。また誤反応率において、一致刺激に対して床効果により変化が確認できなかったが、不一致刺激に対して、刺激系列の 1 試行目は、5 試行目と 6 試行目と比較して有意に増大した。また正反応時間及び誤反応率の算出に際して、同一刺激の繰り返し試行を分析から除外したため、これらの結果は、競合適合効果が、繰り返しによる効果を反映するものではないことを示し、競合モニタリング仮説 (Botvinick et al., 2001) が提案するループ構造による効果であることを支持した。

1 試行目と 2 試行目間で反応時間の変化が見られたが、正反応時間及び誤反応率の減少が、2 試行目以降は顕著に観察されなかった。これらの結果は、1 試行目における高い競合量は、次試行の反応時間に影響を与えるが、高い競合量によって減少した 2 試行目以降の競合量では、反応時間に影響を与えるまでには至らないことが示唆された。同様に、Mayr et al. (2003) の実験結果も競合量が十分でなかったため、行動指標に影響を与えなかったことが推察された。

反応時間の短縮は、前試行との対応関係だけではなく、次に呈示される刺激を明示するキュー刺激に対しても観察される (experiment 3, Gratton et al., 1992)。本研究で用いた課題において、前試行の刺激種と異なる刺激種が呈示された後は、同一の刺激種が複数回呈示されるため、2 試行目以降は刺激種を予測することが可能であった。したがって、本研究における反応時間の短縮の効果は、競合モニタリング仮説が提案するループ構造の結果として現れるものではなく、次に呈示される刺激種を予測した結果であった可能性もある。本研究では、この 2 種類を明瞭に弁別することが困難であるが、刺激種の予測の信頼性は、各刺激系列の終了に近づくにつれて、低下していくため、後者は、刺激系列の後半において低下することが考えられるが、誤反応率の差は 1 試行目と 5 試行目及び 6 試行目間のみで確認された。すなわち行動指標の変化が、刺激種の予測というよりも競合モニタリング仮説が提案するループ構造の効果であることを示唆した。

刺激系列の1試行目と他の試行の行動指標の違いは、競合モニタリング仮説が提案するループ構造の結果であることが示唆された。本研究で用いた課題のように、同一種刺激を複数回繰り返し連続呈示することによって、明瞭な行動指標の差が得られることが示された。今回は、行動指標に限定した検討であったが、生理指標を組み合わせることによって、更なる知見が得られることが期待される。また本刺激パラダイムは、競合量を明瞭に操作できる手法として、競合量と他の要因を比較する際に有用であることが予測される。

参考文献

- Botvinick, M., Nystrom, L. E., Fissell, K., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (1999). Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex. *Nature*, 402, 179-180.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychologica Review*, 108, 624-652.
- Carter, C., Braver, T., Barch, D., Botvinick, M., Noll, D., & Cohen, J. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280, 747.
- Eriksen, C. W. & Eriksen, B. A. (1979). Target redundancy in visual search- Do repetitions of the target within the display impair processing. *Perception and Psychophysics*, 26, 195-205.
- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology General*, 121, 480-480.
- Kerns, J. G., Cohen, J. D., MacDonald III, A. W., Cho, R. Y., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2004). Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303, 1023.
- Mayr, U., Awh, E., & Laurey, P. (2003). Conflict adaptation effects in the absence of executive control. *Nature Neuroscience*, 6, 450-452.
- Scerif, G., Worden, M. S., Davidson, M., Seiger, L., & Casey, B. J. (2006). Context modulates early stimulus processing when resolving stimulus-response conflict. *Journal of cognitive neuroscience*, 18, 781-792.
- Simon, J. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1) : 174-176.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 18, 643-662.