

視覚的ワーキングメモリにおける特徴ベースの注意の効果

李 琦

京都大学大学院人間・環境研究科

riki@cv.jinkan.kyoto-u.ac.jp

齋木 潤

京都大学大学院人間・環境研究科

Feature-based retro-cues were used to investigate whether it is possible to orient selective feature-based attention to internal representations held in visual working memory. Behavioral performance was enhanced when the item that might change was cued in color and shape retrospectively. Comparison between the results of the spatial-cue task and the color-cue task showed that behavioral costs and benefits for orienting selective attention to a location were not equivalent to that for orienting selective attention to a color, indicating different processes underlie these effects in the two cases. However, the pattern of behavioral costs and benefits was similar for the shape-cue task and the spatial-cue task.

Keywords: visual working memory, feature-based attention, spatial attention

問題・目的

注意の向けられた空間位置では視覚情報処理が促進されることが知られているが、近年になって、このような促進効果が視覚的ワーキングメモリにおいても見られることが報告されている (Griffin & Nobre, 2003)。

選択的注意は位置情報を選択する機能 (空間的注意) だけではなく、特徴を選択する機能 (特徴ベースの注意) も持っている。Griffin らの研究により視覚的ワーキングメモリにおける空間的注意の効果は明らかになってきたが、特徴ベースの注意の効果はまだ不明であり、重要な課題として残っている。そこで、本研究では、色・形による特徴ベースの手がかりを用い、視覚的ワーキングメモリにおける特徴ベースの注意の効果を検討した。本研究の第一目的は視覚的ワーキングメモリにおいて、注意の向けられた特徴を有した視覚情報に対する処理は促進されるのかを color-cue 課題 (実験 1) 及び shape-cue 課題 (実験 2) で明らかにすることである。本研究の第二目的は、特徴ベースの注意の効果と空間的注意の効果との間に違いはあるのかを特徴ベースの注意に関わる課題 (color-cue/shape-cue 課題) と空間的注意に関わる課題 (spatial-cue 課題) の比較で明らかにすることである。

実験 1

実験 1 では、視覚的ワーキングメモリにおける色に対する注意の効果を検討した。

方法

実験協力者 正常な視力 (矯正を含む) と色覚を有する京都大学生 8 名が実験に協力した。

刺激 実験に用いた刺激は色のついた十字であった。

要因計画 実験の要因は課題 (spatial-cue 課題, color-cue 課題)、手がかりの呈示タイミング (pre-, retro-, no-cue)、手がかりの確からしさ (valid, invalid)、変化の有無 (match, no-match) の 4 要因であった。従属変数としては、反応時間と d' が用いられた。

手続き 図 1 に color-cue 課題の流れを示す。Pre-cue 条件では、記憶画面の前に手がかりが呈示され、retro-cue 条件では、記憶画面の後に手がかりが呈示された。No-cue 条件では、手がかりが呈示されなかった。記憶画面には、4 つの色のついた十字が注視点の上、下、左と右の 4 か

所に呈示された。手がかり画面には、spatial-cue 課題の場合は、方向をさす矢印、color-cue 課題の場合は、色のついた円盤が画面の中央に呈示された。プローブ画面には、色のついた十字が注視点の上下左右の 4 か所のうちいずれかの位置に呈示された。協力者は、プローブ画面に呈示された十字の呈示位置が記憶画面で同じ色の十字の呈示位置と同じか異なるかをボタン押しで応答した。

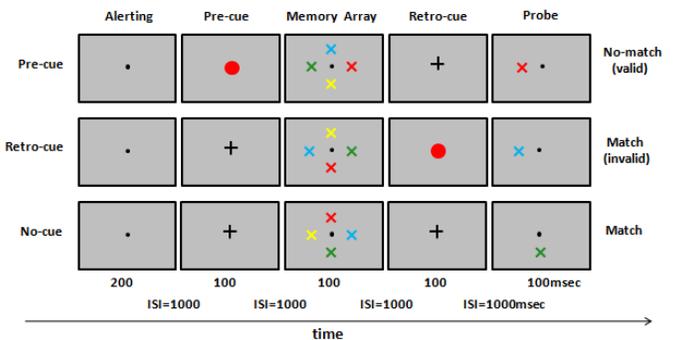


Figure 1. Experiment 1: A schematic illustration for the color-cue task.

結果・考察

図 2 に条件ごとの反応時間及び d' を示す。

手がかりの呈示タイミングに関わらず、valid cue が与えられたときの反応時間は invalid 条件より有意に短く ($F(1,7)=40.1, p<.001$)、 d' は有意に高かった ($F(1,7)=186.61, p<.001$)。これはワーキングメモリにおける色に対する注意の効果を示していると考えられる。

また、手がかりの呈示タイミングによって生じる課題成績の cost を調べるため、 d' に対し、課題 (spatial-cue 課題, color-cue 課題) × 手がかりの呈示タイミング (invalid pre-cue, invalid retro-cue, no-cue) の 2 要因分散分析を行った。要因間の交互作用が有意であったので ($F(1,7)=16.6, p<.001$)、課題毎に手がかりの呈示タイミングの成績の多重比較を行ったところ、spatial-cue 課題の場合は、invalid retro-cue 条件と no-cue 条件の間に有意差があったが、invalid pre-cue 条件と no-cue 条件の間に有意差が見られなかった。これは invalid retro-cue 条件で有意な cost があったことを示唆している。一方、color-cue 課題の場合は、invalid retro-cue 条件と invalid pre-cue 条件両方とも no-cue 条件との間に有意差があった。これは invalid pre-cue 条件

でも *invalid retro-cue* 条件でも有意な *cost* があつたことを示唆している。このことは、色に対する注意は空間位置に対する注意と異なるメカニズムで働いていることを示唆している。

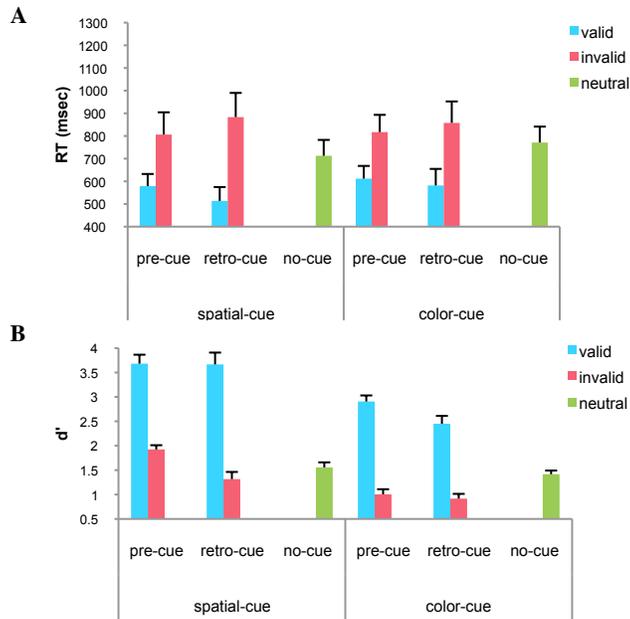


Figure 2. (A) Experiment 1: Mean Reaction time and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity. (B) Experiment 1: Mean d' and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity.

実験2

実験2では、視覚的ワーキングメモリにおける形に対する注意の効果を検討した。

方法 以下の点を除いて実験1と同様であった。

実験協力者 正常な視力(矯正を含む)と色覚を有する京都大学生16名が実験に協力した。

刺激 実験2には8種類の新奇な図形(Makovski, Sussman & Jiang, 2008)を用いた。

手続き Shape-cue課題の手がかりは形の情報を示す図形の輪郭であった。協力者は、プローブ画面に呈示された図形の呈示位置が記憶画面で同じ形の図形の呈示位置と同じか異なるかをボタン押しで応答した。

結果・考察

図3に条件ごとの反応時間及び d' を示す。

手がかりの呈示タイミングに関わらず、*valid cue* が与えられたときの反応時間は *invalid* 条件より有意に短く ($F(1,15)=50.3, p<.001$)、 d' は有意に高かった ($F(1,15)=124.1, p<.001$)。これはワーキングメモリにおける形に対する注意の効果を示していると考えられる。

また、手がかりの呈示タイミングによって生じる課題成績の *cost* を調べるため、 d' に対し、課題 (spatial-cue 課題, color-cue 課題) × 手がかりの呈示タイミング (*invalid pre-cue*, *invalid retro-cue*, *no-cue*) の2要因分散分析を行った。その結果、手がかりの呈示タイミングの主効果が見

られたが ($F(1,15)=16.7, p<.001$)、要因間の交互作用が見られなかった。Ryan's method を用いて手がかりの呈示タイミングの成績の多重比較 ($\alpha=0.05$) を行ったところ、*pre-cue* 条件と *no-cue* 条件の間、*retro-cue* 条件と *no-cue* 条件の間に有意差が見られた。形に対する注意と空間位置に対する注意との違いは実験2では見られなかった。

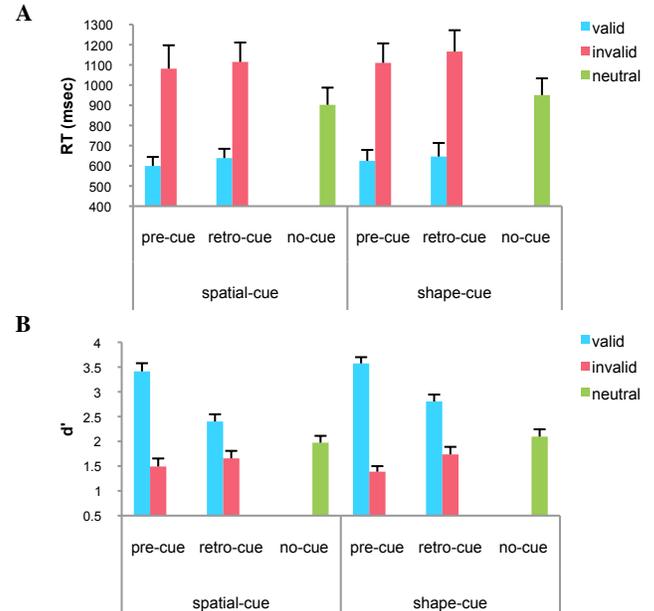


Figure 3. (A) Experiment 2: Mean Reaction time and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity. (B) Experiment 2: Mean d' and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity.

総合考察

本研究は色・形による特徴ベースの手がかりを用い、視覚的ワーキングメモリにおける特徴ベースの注意の効果を検討した。その結果、有効な色・形の手がかりを与えた場合には、手がかりの呈示タイミングに関わらず、反応時間が短く、 d' が高かった。また、実験1では、*color-cue* 課題の場合は、手がかりの種類に関係なく、*invalid cue* が与えられたとき、*cost* が見られたが、*spatial-cue* 課題の場合は、*invalid retro-cue* が与えられたときしか *cost* が見られなかった。実験2では、*spatial-cue* 課題と *shape-cue* 課題との行動パターンには違いが見られなかった。これらの結果は、色に対する注意と空間位置に対する注意が異なるメカニズムで働いていることを示唆している。

引用文献

- Griffin, I. C., & Nobre, A. C. (2003). Orienting Attention to Locations in Internal Representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(8), 1176-1194.
- Makovski, T., Susman, R., & Jiang, Y. V. (2008). Orienting Attention in Visual Working Memory Reduces Interference from Memory Probes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 34(2), 369-380.