

色のミスマッチは視覚刺激の再認の時間を短縮する

川島 浄子
高雄 元晴

東海大学情報理工学部情報科学科
東海大学情報理工学部情報科学科

視覚性短期記憶において、色のミスマッチが色の視覚刺激(以後、色刺激と称する)の再認に及ぼす影響について研究した。先に呈示した色刺激の配置と後に呈示される色の配置が一致した場合(マッチ条件)と不一致の場合(ミスマッチ条件)で、再認までにかかる時間を比較した。その結果、ミスマッチ条件で有意に反応時間の短縮が見られた。第一の要因としては、色刺激の呈示時間1500msと300msの実験で1500msのみでこの現象が確認されたことから、1500msの間の視覚的注意で幾度も記憶の上書きが繰り返され、VSTMに消失しにくい頑健な表象が形成したことが関連したと推測する。また第二の要因としては、今回の色刺激がポップアウトのような顕著性の高い刺激であった可能性が考えられる。顔や図形を用いたこれまでの研究で一致した見解が見られていないミスマッチの再認に及ぼす影響について、本研究で初めて色のミスマッチにより、再認にかかる時間が短縮することを見出した。

Keywords: visual short-term memory, color, recognition, mismatch, popout.

問題. 目的

眼球内に入射した光は、網膜の最外層にある錐体でとらえられ、その分光分布から青、緑、赤の色として抽出される。その後、網膜内のニューロンにより情報処理される。その際、色に関する記憶は網膜においてごく短時間だけ視覚性感覚記憶(visual sensory memory: VSM)として保持される。網膜から伸びる視神経を通して脳に送られた色の情報は、第一次視覚野を経て脳の表層にある下側頭葉にある第四次視覚野に伝えられ、視覚性短期記憶(visual short-term memory: VSTM)として一時的に登録される。なお、VSTMは100-300msの間保持され、その後数十秒の間はVSTMとして保持されることが知られている。

VSTMに関する最初の色刺激と後で呈示する色刺激が一致の場合(以後、マッチ条件と称する)と不一致の場合(以後、ミスマッチ条件と称する)の再認にかかる時間を与える影響は、これまでのところ一致した結果は得られていない。形(顔、物体)、サイズを変えた刺激を用いた研究では、マッチ条件で再認するときと比べて、ミスマッチ条件で再認するときと比べて反応時間が長くなると報告されている(Downing, 2000)。また5つの図形に5色を組み合わせた刺激を用いた研究でも、同様の結果が報告されている(Liang & Hu, 2017)。一方で、課題とは無関係な無意味図形を呈示しながら、複数の文字の中から特定の文字を探し出す視覚探索課題では、探索課題の前に呈示された無意味図形を記憶していた場合に、探索課題時に呈示された無意味図形と課題前に呈示された無意味図形がミスマッチ条件であることで、マッチ条件のときと比べて視覚探索に掛かる時間が短くなることが報告されている(Tan & Zhao, 2014)。しかしながら、色刺激の再認に関しては、ミスマッチ条件における色刺激の再認にかかる時間の短縮に関する研究がこれまで行われてこなかった。そこで、本研究では、VSTMに及ぼす色図形の配置のミスマッチ条件の効果について検証することを目的とした。

方法

実験参加者 本実験には、心身ともに健康で正常な視覚を有する15名の男女大学生が被験者として参加した。15名の内、反応時間および平均正答率が標本平均±標本標準偏差の3倍値を超えていた各1名のデータを省いた13名(男性12名、女性1名、年齢幅[年齢±標準偏差: 22.6±2.0才])の結果を解析対象とした。また、別日に行った実験条件には2名が参加できなかったため、11名(男性10名、女性1名、年齢幅[年齢±標準偏差: 22.7±2.1

才])の結果を解析対象とした。

装置 視覚刺激は、縦横比5:4、解像度1280×1024ピクセルの17インチCRTモニターで呈示した。課題は心理学用実験制御プログラムソフトウェアSuperLab5を用いて作成した。実験はシールドルーム内で行い、被験者は、モニターとの距離56cmの位置に座り、あご台であごを固定した。

刺激と実験手続き 色刺激と課題と実験手続きを図1に示す。

色刺激は、色刺激を用いて再認成績を確かめた研究の実験方法(Kardos & Toth, 2014)を参考に、彩度の高い5色、赤、黄、緑、シアン、紫のそれぞれが着色された5つの正方形であり、大きさは視角6.5°×6.5°であった。色刺激は黒の画面上に5つ呈示され、画面中央部から各色刺激の中心部までの距離は視角7.4~16.0°であった。色刺激の配置に関して、事前実験の内観より、画面の真上の位置は記憶しやすいという意見が多数を占めたため、時計回りに14°の位置、または、反時計回りに14°の位置を始点として、5つの色刺激を72°毎の位置に等間隔で配置した。両者は1実験あたり同数発生された。色刺激の配色は時計回りに赤、黄、緑、シアン、紫とし、色の配置のミスマッチ条件は5色のうちの2色のみ入れ替えて変化させ、マッチ条件、ミスマッチ条件は同数発生させた。

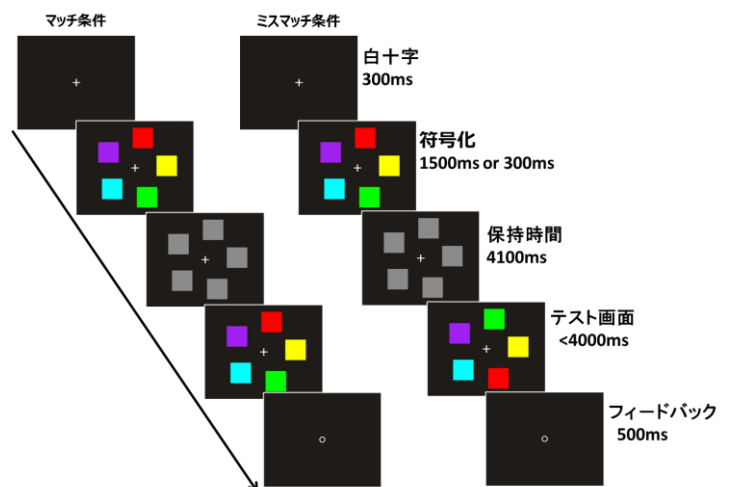


図1 実験フロー(vDMTSレイアウト(1500ms))

色刺激は視覚遅延見本合わせ(visual delayed match to sample: vDMTS)で呈示した。被験者には300ms間、画面中央の白十字を

注視させた。次に符号化画面として最初の色刺激を 1500ms 間呈示した。次に 4100ms 間、グレーの色刺激を同じ 5 箇所呈示し、記憶を保持させた。その後再びテスト画面として 5 色の色刺激が呈示され、ここで被験者には最初の色刺激と後で呈示する色刺激が一致か不一致かを判定させた。一致ないし不一致の判断ができ次第、出来るだけ早く手元の応答パットのボタン(左:一致、右:不一致)を押させた。最後に、被験者の回答が正解か不正解かを画面中央に○、×の記号で表示しフィードバックを行った。これら一連の課題が 1 試行であり、実験は 1 ブロック 24 試行を 6 ブロック、合計 144 試行で構成した。被験者には、1 ブロック(24 試行)が終了すると、実験を続けて行うか否かを自身で選択させた。休息を設けることで疲労対策とした。

データ解析 統計解析は SPSS 19 (IBM, 東京)を用い、呈示時間が 1500 ms と 300 ms で分け、それぞれで対応のある t 検定を行った。有意差水準は 5%未満とし、データはすべて平均±SE で示した。

結果

呈示時間が 1500ms の時のミスマッチ条件で有意に反応時間が短縮した($t=4.420$, $df=12$, $P<0.001$)。一方、呈示時間が 300ms の時には有意差は見られなかった($t=1.453$, $df=10$, ns)。またマッチ条件およびミスマッチ条件の正答率はともに個人差が大きく、有意な差は 1500ms、300ms ともに見られなかった(それぞれ $t=2.027$, $df=12$, ns; $t=1.692$, $df=10$, ns)。

考察

先に呈示した色刺激の配置と後に呈示される色刺激の配置がマッチ条件とミスマッチ条件で、再認までにかかった時間を比較した結果、色刺激の配置のミスマッチにより再認にかかる時間が速まった。色の配置のミスマッチ条件で再認にかかる反応時間の短縮が呈示時間1500msの時のみにみられた要因として、色刺激の呈示時間の間の視覚的注意とポップアウト刺激が関連した可能性があると推測する。

第一の要因である視覚的注意は、実験後の被験者の内観で、全員が呈示時間の間は記憶の定着化を図るために、色の配置を覚える順や色の言語化など戦略をたてて実験に臨み、呈示時間300msでは時間が短く記憶の定着化は完全ではなかったと述べていることから、呈示時間1500msと300ms中の記憶の符号化の差異が要因として関与した可能性があると推測する。Rensink (2000)、Becker & Pashler (2000)は、視覚情報はVSMが減衰する前に注意を向けることによってVSTMの処理過程で表象となると報告しているおり、本研究において、色刺激の呈示時間1500msが視覚的注意により幾度も記憶の上書きが繰り返しVSTMに消失しにくい頑健な表象が形成するのに十分な時間となり、300msとは異なる結果をもたらしたと推測する。

第二の要因は、本研究の色刺激が、ポップアウト(Maljkovic & Nakayama, 2002)のような顕著性の高い刺激であった可能性が考えられる。ポップアウトとは対象が他の対象から非常に目立ちポップアウトして(「飛び出して」)知覚される現象であり、Lee & Yang (2002)のポップアウト現象を報告した実験では、刺激は陰影により立体に見えるシンプルな課題内容であり、かつ妨害刺激の数も少ないことがポップアウトを誘発することが明らかにされている。本研究の色刺激は5色のうちの2色のみを変化させたシンプルな課題内容である点が、のポップアウトを誘発する刺激の特徴と類似している。さらに、Lee & Yang (2002)は、ポップアウトは第二次視覚野で発生すると報告している。通常の色知覚が生じる視覚的情報処理過程は第四次視覚野であるため、本研究で色の記憶の再認を速めた要因として、色の情報の伝達経路において、第四次視覚野よりも前の第二次視覚野で再認されるこのポップアウト現象が関与したと考えられる。

結論

本研究では視覚刺激の配置が色の記憶に及ぼす影響について研究した。先に呈示した色刺激の配置と後に呈示される色刺激の配置がマッチ条件とミスマッチ条件で、再認までにかかった時間を比較した。その結果、色刺激の配置のミスマッチにより再認にかかる時間が短縮することを初めて見出した。

引用文献

- Downing PE. (2000). Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychol Sci*, 11: 467-473
- Liang T., Hu Z. (2017). Liu Q. Frontal theta activity supports detecting mismatched information in visual working memory. *Front Psychol*, 8: 1821
- Tan J., Zhao Y., Wu S., Wang L., Hitchman G., Tian X., Li M., Hu Li, Chen A. (2014). The temporal dynamics of visual working memory guidance of selective attention, *Front Behav Neurosci*, 8: 345
- Kardos Z., Toth B., Boha R., File B., Molnar M. (2014). Age-related changes of frontal-midline theta is predictive of efficient memory maintenance, *Neuroscience*, 273: 152-162
- Rensink R.A. (2000). The dynamic representation of scenes, *Vis Cog*, 7: 17-42
- Becker M.W., Pashler H., Anstis S.M. (2000). The role of iconic memory in change-detection tasks. *Perception*, 29: 273-286
- Maljkovic V., Nakayama K. (1994). Priming of pop-out: I. role of features. *Mem Cog*, 22: 657-672
- Lee T.S., Yang C.F., Romero R.D., Mumford D. (2002). Neural activity in early visual cortex reflects behavioral experience and higher-order perceptual saliency, *Nat Neurosci*, 5: 589-597