

視覚情報内におけるワーキングメモリ容量独立性

真田原行
池田功毅
長谷川寿一

東京大学大学院総合文化研究科

中京大学心理学研究科

東京大学総合文化研究科

Baddeley & Hitch (1974) 以降, 言語聴覚・視空間情報間でワーキングメモリ(以下 WM) 容量が独立すると考えられてきた。また視空間情報内でも視覚(色や形など)と空間情報間で WM 容量が独立すると言われている(Logie, 1995)。これら WM 容量の分離は, 感覚野における聴覚野と視覚野の分離, また視覚野内における視覚腹側経路と空間背側経路の分離(Mishkin et al., 1983) と一致する。この事実は, 感覚野における情報処理の独立性が WM 容量の分離を決定している可能性を示唆する。そして Zhang et al. (2012) は, 共に視覚情報に属する色と傾き情報が WM 処理容量を共有すると報告し, この結果は上記の仮説を支持するものである。しかしながら Zhang et al. (2012) の用いた実験手続きには2つの大きな交絡要因が存在し, そのために色と傾き情報間で WM 容量が共有しているように見えただけという可能性が残る。そこで本研究ではこれらの交絡要因を統制し, より厳密にこの問題を再検討した。結果, 色と傾きでは WM 容量が共有されないことが示唆された。

Keywords: visual cognition, working memory, working memory capacity

問題・目的

WM 機能におけるひとつの重要な特徴は, 一度に保持可能な記憶容量が制限されていることである。これは WM 容量と呼ばれ, 概ね4つのアイテムしか保持できないことが知られてきた(Cowan, 2001)。しかしながら WM 容量はユニモーダルに決定されているわけではなく, 聴覚言語情報と視空間情報それぞれに独立した容量が存在することが Baddeley & Hitch (1974) 以降知られている。またその後の研究から, 視空間情報内でも色や図形, 物体などの視覚情報と空間情報とで独立した WM 容量があることが明らかになっている(Logie, 1995)。こうした事実は, 2つの認知課題を同時に遂行させ, それらの課題成績に干渉が生じるかを観察する二重課題を用いて報告がなされてきた。

それでは, WM 容量がある情報モダリティ間(i.e. 聴覚言語・視覚・空間)で独立する原因は何であろうか? ひとつの可能性は, 感覚野における情報処理ネットワークの分離である。聴覚・言語情報の処理は, 側頭葉に概ね局在し, 視空間情報処理は後頭葉に局在する。さらに色や図形などの視覚情報は視覚野内でも腹側経路を通して処理され, 一方の空間情報は背側経路を通して処理される(Mishkin et al., 1983)。そしてこれらの感覚野情報処理の分離は, WM 容量が独立する情報モダリティの境界に一致する。

Zhang et al. (2012) は, この可能性を二重課題によって検証した。もし感覚野情報処理の分離が WM 容

量独立性を決定しているのであれば, 共に視覚情報に属し腹側処理経路を共有する色と傾き情報では WM 容量が共有されると考えられる。彼らは WM 二重課題において, 同じ種類の情報を合わせて6個記憶させる場合(同種類条件: 色3個・色3個もしくは傾き3個・傾き3個)と, 異なる種類の情報を6個記憶させる場合(異種類条件: 色3個・傾き3個)を設け, 課題成績を比較した。もし色と傾き間で WM 容量が独立するのであれば, 異種類条件の課題成績が同種類条件に比べ有意に高くなると予想された。一方もし色・傾きが WM 容量を共有するのであれば, 同・異条件間で成績が等しくなると予想された。結果, 各条件間で有意な成績差はみられず, このことから Zhang らは視覚情報内では WM 容量が共有されると結論した。

しかしながら彼らの実験手続きには, 2つの交絡要因が存在した。まず1つ目は, 二重課題における課題順序がランダム化されていたことである。各試行で何の情報を記憶すべきなのか予め参加者には不明なため, タスクセットの切り替えが一般的認知負荷をもたらした可能性がある(Fougnie et al., 2015)。また2つ目は, 記憶した画面とテスト画面との変化を検出させる Whole Probe 課題を用いていた点である。この手続きでは視覚情報と共に刺激の空間情報も記憶され, それゆえに干渉が生じていた可能性も考えられる(Wheeler & Treisman, 2002)。

本研究では, これらの交絡要因を排除したうえで Zhang et al. (2012) の追試を行い, 色と傾き情報間で WM 容量が共有されるのか再検証した。

方法

実験参加者 実験1では33名、実験2では14名の学生が実験に参加した。

実験手続き 実験1では、Zhang et al. (2012) の厳密な追試を行うため、彼らとほぼ同じ手続きで実験を行った (Figure .1a)。二重課題は、連続して呈示される2つの記憶画面と1つのテスト画面から構成され、各記憶画面では3つの刺激が呈示された。実験デザインは、同種類記憶条件 (色→色または傾き→傾き) と異種類記憶条件 (色→傾きまたは傾き色) であった。各条件の順序はランダムとした。またテスト画面ではWhole Probeを使用した。実験2では実験1の手続きを改変し、Single Probeで回答、各条件の順序を5ブロックの間固定した (Figure. 1b)。両実験ともに構音抑制を行い、全試行は160試行 (8試行×20ブロック) であった。

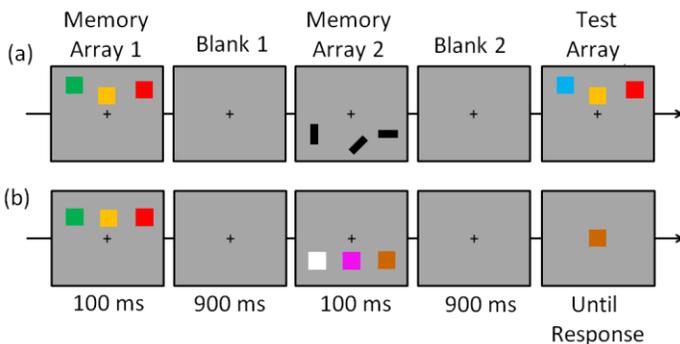


Figure. 1 (a) (b) show the experiment procedures of Experiment 1 and 2, respectively.

結果

実験1・2ともに各条件の正答率を算出しT検定を用いた (Figure 2)。

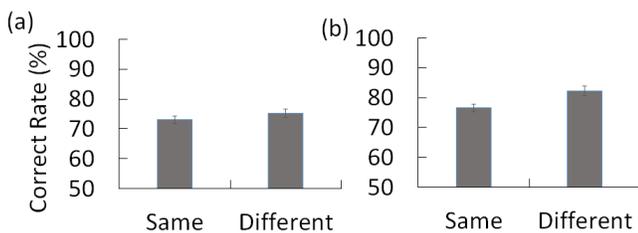


Figure. 2 (a) (b) show the results of Experiment 1 and 2, respectively. The error bars indicate standard errors.

実験1 異種類条件の成績が同種類条件に比べ有意に高かった ($t(32) = 2.14, p < .04, \text{Cohen's } d = .37$). 異種類条件 75.12%; 同種類条件 73.00%.

実験2 異種類条件の成績が同種類条件に比べ有意に高かった ($t(13) = 2.73, p < .02, \text{Cohen's } d = .73$). 異種類条件 82.23%; 同種類条件 76.52%.

考察

実験1, 実験2ともに異種類条件の方が同種類条件よりも正答率が有意に高かった。特に、Zhang et al. (2012) とほぼ同様の手続きを用いた実験1でも条件間の有意差が見られ、彼らの報告を追試できなかった。そして両実験の結果ともに、色と傾き間ではWM容量が完全には共有されておらず、少なくとも一部は独立している可能性を示唆する。さらに、Zhang et al. (2012) の手続きにおいて存在した2つの交絡要因を排除した実験2では、実験1に比べて各条件間の成績差が大きくなった。この結果は、Zhang et al. (2012) の報告は上にあげた交絡要因の影響を反映しており、それらを厳密に統制すれば色と傾き情報間でも明らかなWM容量の独立を示すことが分かった。

結論

WMは、聴覚言語・視覚・空間の情報モダリティ間でのみならず、視覚情報内であっても色・傾き情報間で独立した容量を持つことが示唆された。

参考文献

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *Attention and performance VI*. Hillsdale, US: Erlbaum.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-185.
- Fougnie, D., Zughni, S., Godwin, D., & Marois, R. (2015). Working memory storage is intrinsically domain specific. *Journal of Experimental Psychology: General*, 144, 30-47.
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. East Sussex, UK: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in neurosciences*, 6, 414-417.
- Wheeler, M. E., & Treisman, A. M. (2002). Binding in short-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 48-64.
- Zhang, W., Johnson, J. S., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2012). Features and conjunctions in visual working memory. In J. Wolfe & L. Robertson (Eds.), *From perception to consciousness: Searching with Anne Treisman*. Oxford, UK: Oxford University Press.