

視覚性ワーキングメモリの保持における空間的・非空間的属性の抑制

李琦

東京大学大学院人文社会系研究科

liqi@l.u-tokyo.ac.jp

視覚性ワーキングメモリ (visual working memory, VWM) の保持における選択的属性抑制を検討するため、変化検出課題の記憶画面とテスト画面との間に、課題非関連な刺激の属性を知らせる手がかり (retro-dimension-cue) を実験参加者に与え、手がかりによる課題成績の変化を調べた。実験の結果、VWM に保持されている表象の位置を無視することが要求された場合、参加者の記憶成績は属性抑制が要求されないベースライン条件より有意に低下した。一方、形を無視する条件の記憶成績はベースライン条件に比べて有意に上昇した。これらの発見から、VWM の選択的属性抑制の機能が非空間的属性のみに適用する可能性が示唆される。また、位置情報が抑制されにくいことは、記憶表象の空間的属性が自動的かつ強制的に保持されている可能性を示す。

Keywords: visual working memory, suppression mechanism, retro-dimension-cue.

問題・目的

視覚情報の一時的な保持と操作は視覚性ワーキングメモリ (visual working memory, VWM) の働きによって実現される。しかし、人間と動的な世界との交互作用において、情報の関連性や重要度が絶えず変化する。VWM に入った情報の中には、状況の変化につれて重要性が増すものもあれば不要になるものもある。限られた VWM の貯蔵容量を有効に利用するためには、必要な情報を抽出し、不要な情報を取り除く柔軟な情報保持が重要であると考えられる。VWM の表象を生成する記銘過程における高度な柔軟性を示す研究が多数あるが (e.g., Vogel, McCollough & Machizawa, 2005)、保持段階の柔軟性に関する研究の蓄積が未だ浅く、多くの重要な研究問題が残されている。

本研究では VWM の保持過程に着目し、記憶表象が生成された後にも不要になった一部の表象の属性を除去できるかを調べることを目的とする。また、視覚認知の代表的な理論である特徴統合理論 (Treisman & Gelade, 1980) によると、物体表象の空間的属性 (位置) と非空間的属性 (形・色など) が人間の知覚や記憶において異なる役割を果たす。この理論に基づくと、記憶表象への選択的属性抑制は、空間的属性と非空間的属性の間で異なる効果が生じる可能性が挙げられる。この可能性を検討することは本研究のもう一つの目的である。

方法

参加者 19~27歳までの24名の大学生・大学院生 (男性15名、女性9名、平均年齢23歳) が実験に参加

した。全員が正常な視力 (矯正を含む) と色覚を有していた。

刺激 記憶画面とテスト画面は色・形・位置の3属性で定義された物体からなり、刺激の数は2個か4個であった。色・形・位置それぞれの刺激属性に8選択肢があり、試行毎に各刺激の属性がランダムに、且つ重複しないように決定された。

課題非関連な属性を知らせる手がかりとして文字の手がかりを用いた。位置条件 (空間的属性を抑制する条件) では “Ignore Location”、形条件 (非空間的属性を抑制する条件) では “Ignore Shape” の文字が提示された。また、属性の抑制が要求されないベースライン条件もあり、手がかり画面に “Ignore None” の文字が提示された。

手続き 図1 (上) に実験の流れを示す。各試行では、500msの注視点、500msのブランク画面 (interstimulus interval, ISI)、300msの記憶画面、2000msのブランク画面、100msの手がかり、2000msのブランク画面、テスト画面の順序で実験画面が提示された。

テスト画面では記憶画面と全く同じ刺激が提示された場合 (入れ替わりなし条件) と、2つの刺激の間である属性が入れ替わった場合 (色の入れ替わり条件、形の入れ替わり条件、位置の入れ替わり条件) があった。各実験条件の組み合わせをランダムに各試行に割り当てた。参加者の課題は手がかり画面で知らせた課題非関連な属性を無視し、課題関連な属性で入れ替わりが生じたかをできるだけ正確にキー押しで判断することであった。図1 (下) に各属性抑制条件におけるテスト画面の種類ごとの正答を示す。

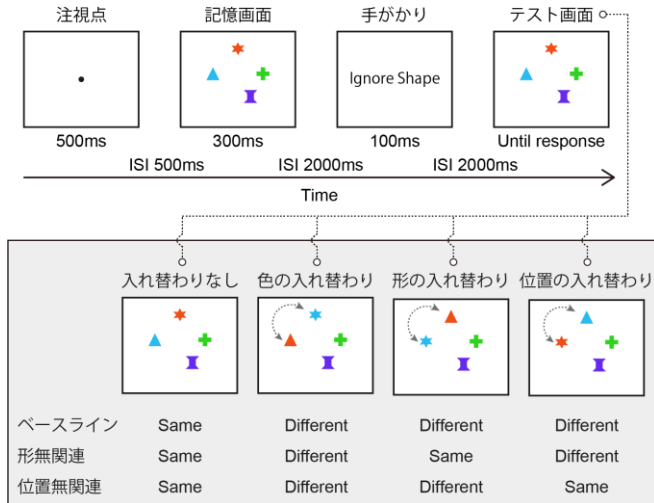


図1 変化検出課題（上）1試行の流れの例（下）テスト画面の全種類と各属性抑制条件における正答のマッピング

結果・考察

変化検出課題の成績を評価する指標として記憶感度 (d') を用いた。図2に各条件における平均記憶感度を示す。

属性抑制（形・位置・ベースライン）×負荷（2個・4個）の2要因参加者内分散分析を行なった。その結果、負荷の主効果が有意であり ($F(1,23) = 139.69, p < .001, \eta_p^2 = .86$)、刺激数の増加につれて課題成績が低下したことが分かった。これは従来のVWMの容量を測定した研究と一致し、VWMの貯蔵容量・処理資源に厳しい制限があることを支持する (e.g., Luck & Vogel, 1997)。

また、属性抑制の主効果も有意であった ($F(2,46) = 30.37, p < .001, \eta_p^2 = .57$)。多重比較の結果、形条件ではベースラインを有意に上回った記憶感度が観察された ($t(23) = 3.61, p = .002$)。しかしながら、位置条件ではこのような手がかりによる促進効果が見られず、ベースラインに比べて記憶感度が有意に下がった ($t(23) = 4.48, p < .001$)。属性抑制と負荷の交互作用が有意ではなかったため、属性抑制の効果は刺激数によらずほぼ同様なパターンを示した。

課題非関連な属性への抑制が成功すれば、ベースライン条件より属性抑制条件の課題成績が良くなると考えられる。なぜなら、ベースライン条件では正しく変化を検出するために、表象の色・形・位置の3属性を保持しなければならないのに対して、属性抑制条件では課題に関連する2属性さえ保持できれば正解できる

のである。本研究では、課題非関連な属性が非空間的属性である場合のみ、課題成績の上昇が確認された。従って、VWMの保持において、記憶表象の属性を選択的に抑制する認知的制御が可能ではあるが、この制御には限界がある。非空間的属性の場合は、状況に応じて記憶の保持段階の最中でも抑制がかけられるが、空間的属性の場合は、抑制することが困難である。これらの結果は特徴統合理論を裏付ける結果である。

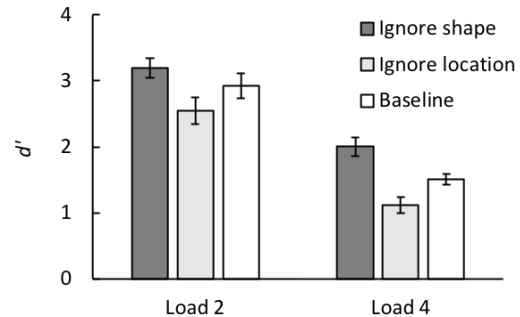


図2 変化検出課題における各条件での平均記憶感度（エラーバーは標準誤差）

結論

情報を保持しながらの情報の操作と更新はVWMの重要な機能である。記憶に保持されている表象を柔軟に操作することによって、新しい表象を作り出し、様々な複雑な認知活動（問題解決・創造的思考・将来の行動計画など）を支える。本研究では、VWMの保持段階の最中では表象の一部の属性を抑制できるかを調べた。視覚刺激が消失後に属性抑制の手がかりを与える実験を行なった結果、非空間的属性への抑制が可能だが、空間的属性への抑制が困難であり、記憶表象の空間的属性が自動的かつ強制的に保持されている可能性を示唆する。

引用文献

- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97–136.
- Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, 438, 500–503.