

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13962

研究課題名(和文) Dynamic attentional control of internal representations in visual working memory

研究課題名(英文) Dynamic attentional control of internal representations in visual working memory

研究代表者

李 キ (Li, Qi)

東京大学・大学院人文社会系研究科(文学部)・助教

研究者番号：30757711

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、属性変化検出課題とretro-cueパラダイムを融合した実験パラダイムを用いて、視覚性ワーキングメモリの保持段階における課題非関連の記憶表象の属性への抑制を調べた。一連の実験の結果、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ることが明らかになった。本研究成果は、空間位置が視覚性ワーキングメモリの保持において特別な役割を担い、位置情報に基づく記憶表象の構造を示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚性ワーキングメモリは、記憶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。本研究はこれまで解明されていなかったワーキングメモリの機能側面に焦点を当て、不必要となった記憶内容への選択的抑制の可能性を検討した。研究結果はワーキングメモリ機能の柔軟性や限界などの重要な理論問題への新たな示唆を与えるとともに、記憶障害への治療的かわり、教育プログラムの開発、学習効果の向上への寄与が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Theoretical work has assumed that visual working memory (VWM) is able to flexibly manipulate stored information, and thus supports a wide range of complex cognitive activities such as problem solving and creative thinking. In the present study, attentional manipulation of task-irrelevant object dimensions within VWM was investigated by using the retro-cue paradigm in a dimension change detection task. The results revealed that performance was significantly better when the participants were retrospectively cued to ignore a non-spatial dimension of the visual objects (e.g., color) compared to the baseline condition in which all dimensions (color, shape, and location) were relevant. However, cueing participants to ignore the spatial dimension (i.e., location) of the objects profoundly impaired performance. These findings suggest a location-based structure of VWM representations.

研究分野：実験心理学

キーワード：視覚性ワーキングメモリ 注意制御 保持柔軟性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

視覚性ワーキングメモリは、外界から入ってきた視覚情報を一時的に保持しながら、その情報を操作したり、更新したりする認知システムである。情報保持だけではなく、記憶した情報への能動的な操作も兼ね備えているため、視覚性ワーキングメモリが「心の作業場」として様々な認知活動を支える役割を果たしている。近年の研究では、視覚性ワーキングメモリの能動的な情報操作が視覚的注意と密接に関連することが示されている (for a review, see Souza & Oberauer, 2016)。視覚性ワーキングメモリと注意の関係については明らかになりつつあるが、多くの重要な問題が残されている。例えば、視覚性ワーキングメモリでは、重要度の高い情報に注意を向けることによって、注意を向けた記憶表象が促進されることが報告されてきた。しかし、記憶した情報の中で不必要となった情報を取り除く抑制的な操作についての研究報告はほとんどない。また、これまでの研究の多くは、物体ごとの選択 (複数の物体の記憶表象の中で、一つの物体の記憶表象を選択する) に注目されてきたが (e.g., Griffin & Nobre, 2003; Li & Saiki, 2014; 2015)、記憶表象の一部の属性への操作 (物体の色・形・場所といった一部の属性に対する選択) の可能性についての知見は乏しい。上述した問題を検討することは視覚性ワーキングメモリの表象の構造・操作機能の多様性・保持柔軟性の限界を理解する上で重要な示唆を与える。

2. 研究の目的

本研究は視覚性ワーキングメモリの情報操作機能をターゲットにし、記憶表象への操作の柔軟性、または柔軟性の限界を検討することを目的とした。具体的には、以下の理論的にも実践的にも重要な問題について認知心理実験を用いて解明することを目指した。

- (1) 視覚性ワーキングメモリの保持過程において、注意の制御によって不必要な情報を抑制できるのか。
- (2) 記憶表象のある属性 (e.g., 色) のみを選択し、操作できるのか。
- (3) 空間的属性 (空間位置) と非空間的属性 (色・形) への選択的操作に違いがあるのか。

3. 研究の方法

(1) 実験パラダイム：変化検出課題は視覚性ワーキングメモリの特性を探るための有効なパラダイムであり、多くの研究で用いられている。しかし、従来の変化検出課題は記憶画面とテスト画面の間の変化の有無の判断のみ求められるため、特定の特徴次元を選択的に操作するといったワーキングメモリの機能を検討するには限界があった。従って、本研究では従来の変化検出課題を転換させ、記憶表象の属性抑制機能の検討に適した属性変化検出課題を採用した。また、属性変化検出課題に retro-cue パラダイム (記憶画面提示終了後に注意の手がかりを参加者に与える実験手法) を融合させることによって、記憶の保持過程における一部の属性への注意制御を検討することが可能になった。

(2) 視覚刺激：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つの選択肢があり、試行毎に各刺激の属性がランダム、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”、色条件 (非空間的属性を抑制する条件) では “Ignore Color” 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。

(3) 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。参加者は、記憶画面で提示された色・形・位置の結合を記憶し、手がかり画面で知らせた課題非関連な属性を抑制し、テスト画面が提示された後に、課題

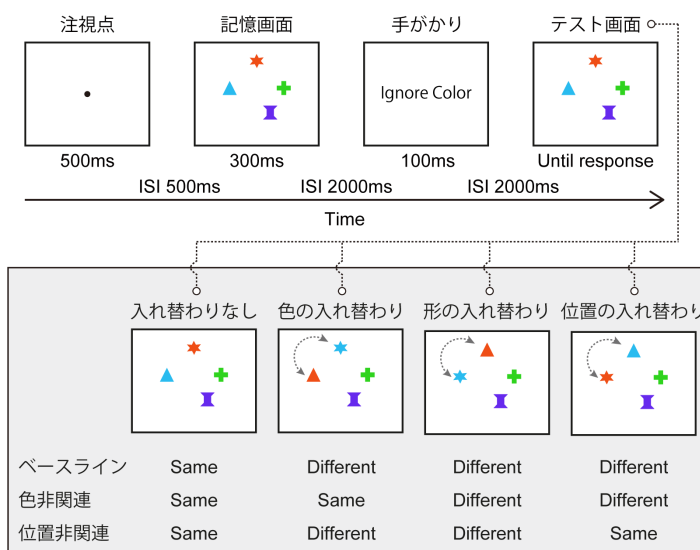


図1 属性変化検出課題。(上) 1試行の流れの例。(下) テスト画面の全種類と各属性抑制条件における正答のマッピング。

関連な属性の結合において記憶画面とテスト画面の間で変化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。

(4) 実験結果の安定性及び一般性を確認するため、上記の色非関連と位置非関連の手がかり効果を比較する実験のほか、形非関連と位置非関連の手がかり効果を比較する実験も別の参加者群で行なった。

#### 4. 研究成果

属性変化検出課題の成績を評価する指標として変化検出感度 ( $d'$ ) を用いた。図2(A)に色非関連と位置非関連の手がかり効果を比較する実験の結果を示す。属性抑制(色・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 ( $F(1, 23) = 169.32, p < .001, \eta_p^2 = .88$ )、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。これは従来の視覚性ワーキングメモリ容量を測定した研究と一致し、視覚性ワーキングメモリの貯蔵容量・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 ( $F(2, 46) = 37.29, p < .001, \eta_p^2 = .62$ )。多重比較の結果、色非関連条件ではベースラインを有意に上回った検出感度が見られた ( $t(23) = 4.04, p < .001$ )。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、ベースラインと比べて検出感度が有意に低かった ( $t(23) = 5.56, p < .001$ )。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概ね同様のパターンを示した。また、ここで見られた非空間的属性(色)と空間的属性(位置)の異なる抑制効果が、形非関連(非空間的属性)と位置非関連(空間的属性)の手がかり効果を比較する実験においても再現できた(図2(B))。

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と関連する2属性さえ保持できれば正解できるからである。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、視覚性ワーキングメモリの保持において、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。これらの実験結果は、空間位置が視覚性ワーキングメモリの保持において特別な役割を担い、位置情報に基づく記憶表象の構造を示唆する。

#### <引用文献>

- ① Griffin, I. C., & Nobre, A. C. (2003). Orienting attention to locations in internal representations. *Journal of Cognitive Neuroscience, 15*, 1176-1194.
- ② Li, Q., & Saiki, J. (2014). The effects of sequential attention shifts within visual working memory. *Frontiers in Psychology, 5*, 1-10.
- ③ Li, Q., & Saiki, J. (2015). Different effects of color-based and location-based selection on visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics, 77*, 450-463.
- ④ Souza, A. S., & Oberauer, K. (2016). In search of the focus of attention in working memory: 13 years of the retro-cue effect. *Attention, Perception, & Psychophysics, 78*, 1839-1860.

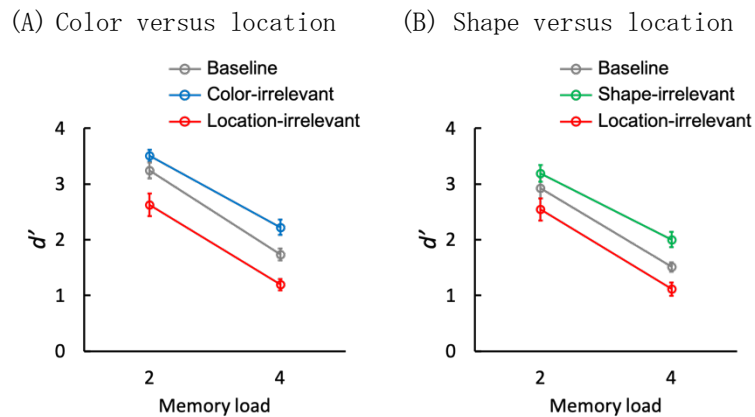


図2 各条件における変化検出感度(エラーバーは標準誤差)。(A)色非関連と位置非関連の手がかり効果を比較する実験の結果。(B)形非関連と位置非関連の手がかり効果を比較する実験の結果。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Qi Li, Ryoichi Nakashima, & Kazuhiko Yokosawa	4. 巻 8:15620
2. 論文標題 Task-irrelevant spatial dividers facilitate counting and numerosity estimation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-018-33877-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Qi Li
2. 発表標題 The structure of visual working memory representations
3. 学会等名 Zhejiang University（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qi Li, Kazuhiko Yokosawa
2. 発表標題 Highly memorable images compete for attention with serial search
3. 学会等名 European Conference on Visual Perception 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichiro Kikuno, Qi Li
2. 発表標題 The critical development period of the anterior prefrontal cortex by pleasant tactile stimulation: a NIRS study
3. 学会等名 Cognitive Psychology Section & Developmental Psychology Section Joint Conference 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qi Li
2. 発表標題 Suppression of spatial and non-spatial features during working memory maintenance
3. 学会等名 International Meeting of the Psychonomic Society 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qi Li
2. 発表標題 Selective filtering of task-irrelevant information in visual working memory
3. 学会等名 7th International Conference on Spatial Cognition (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李琦
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本心理学会「注意と認知」研究会第16回会宿研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuhiko Yokosawa, Qi Li
2. 発表標題 The capacity of visual working memory for scenes
3. 学会等名 VSS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李琦, 鈴木淳之介, 横澤一彦
2. 発表標題 情景画像を用いた視覚性ワーキングメモリの容量限界の検討
3. 学会等名 日本心理学会第81回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考