

平成 30 年 4 月 25 日現在

機関番号：32637

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21062

研究課題名(和文) 視覚性作動記憶における注意の役割の解明：心理実験と計算機モデルを用いて

研究課題名(英文) Investigating the role of attention in visual working memory: Combining psychological experiments and computational modelling

研究代表者

上野 泰治 (Ueno, Taiji)

高千穂大学・人間科学部・准教授

研究者番号：20748967

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、「注意と記憶の相互作用」に関する二つの対立理論の優劣を区別することを目的とした。一つは、注意を注がれることで視覚記憶は頑健な表象となると仮定するものであり、もう一つは、外界からの無関係な視覚情報による妨害に弱くなるというものである。4つの心理実験を実施した結果、後者が支持された。次に、この心理データを計算機モデルに再現するために、記憶処理を行う計算機モデルを作成した。また、記憶検索中における視線定位(注意)の有無を検討するために、視線追跡研究も実施した。この視線追跡研究結果を組み込んだコンピューターモデルは、心理学実験結果を再現することに成功した。

研究成果の概要(英文)：This research project investigated whether allocating attention to visual working memory protects the attended items from visual interference or makes it more susceptible. A series of psychological experiments supported the latter view. Also, a series of eye-tracking experiments was conducted to study the role of attention during visual working memory retention and retrieval. Finally, in order to explain both the psychological experiments and eye-tracking studies, a computational model was implemented. The model implemented the role of eye-tracking-based attention during retention and retrieval, and then successfully reproduced the data from psychological experiments.

研究分野：心理学

キーワード：視覚性作動記憶 注意 視線追跡 計算機モデル

1. 研究開始当初の背景

図 1 には、赤いアーチ・灰色の四角・黄色い三角・青い十字の 4 つの物体がある。このように人間は、個々の物体が持つ複数の情報(ここでは色と形)を適切に結び付け、適切に 4 つの物体として「認識・意識」できる。また、我々は 4 つの物体を認識できるのみならず、「その物体が視界から消えた後」も、4 つの物体を短期間保持(記憶)し、意識的に思い出す(鮮明にイメージすること)が可能である。つまり、統合された情報(=物体情報)を保持し、内的注意を向けることで意識的な再経験を可能にする機能が、記憶システムには存在する。

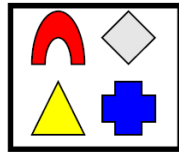


図1. 4つの物体例

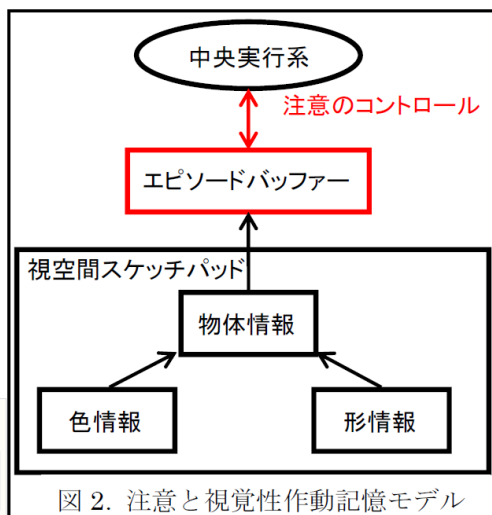


図 2. 注意と視覚性作動記憶モデル

この統合記憶を担う下位記憶システムは、バッデリー (Baddeley, 2000) によってエピソードバッファーと名付けられた(図 2 の赤四角: Hu ら, 2014; Ueno ら, 2011a, 2011b)。図 2 の注意と視覚性作動記憶モデルでは、「特徴が統合された物体情報は、注意を向けることによって意識的に経験され、保持される(つまり記憶成績があがる)」と仮定されている。この、注意と物体記憶成績の上昇については、多くの作動記憶モデルによって仮定されていることであり(例: Cowan, 1995; Makovski & Jiang, 2007)、特に真新しいことではない。しかし、バッデリーらのモデル(図 2)と、他の作動記憶モデルの間には、決定的な違いが一つあり、そこが現在の論争点となっていた。それは、「注意を向けられた情報がなぜ記憶成績を高めるのか」という点である。カウアンやマコフスキーら(Cowan, 1995; Makovski & Jiang, 2007)は、注意を向けられた物体情報は「妨害に対して頑健」になるため、その成績があがると仮定する。一方、バッデリーたちは真逆であり、「注意を向け、エピソードバッファー内に保持された情報は、妨害に対してより敏感になる」と仮定する。妨害に対して敏感になるという「コスト」がありながらも、エピソードバッ

ファー内で保持(表象)することにより、「視空間スケッチパッド内の情報に加えて、物体情報を冗長に表象・保持することが可能になる。この冗長性こそが、注意によって物体の記憶成績が上がる仕組みである」と仮定する。これら二つの対立仮説の優劣が明らかになっていないことが、研究開始当初の背景であった。

2. 研究の目的

この対立仮説の優劣を決めることが、研究開始当初の背景である。本研究は、心理実験・アイトラッキング・計算機モデルを組み合わせ、以上の目的を試みた。まず、心理学実験により、注意を注いだ項目が視覚性作動記憶内でどのような状態にあるかを解明することを目的とした。つまり、「注意を注ぐことによってより頑健な表象になる」か、逆に「外界からの妨害に敏感になる」という二つの理論を対比することを目的とした。次にその後、アイトラッキングを用い、注意を注ぐ、という認知プロセスを視覚的に理解可能な形(アイトラッキングの軌跡として)で解明することを試みた。最後に、アイトラッキングで明らかになった「注意プロセス」を計算機モデルへと実装し、視覚性作動記憶における注意の役割に関する心理データの再現を試みることで、領域横断的な理解を目的とした。

3. 研究の方法

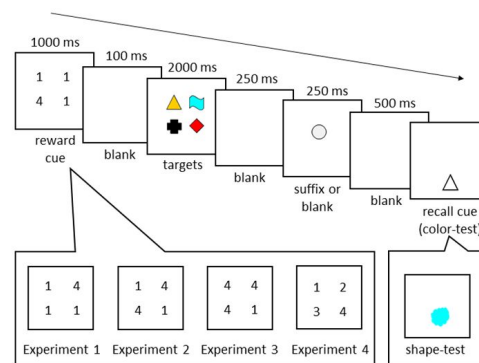


図 3. 心理実験における 1 試行の流れ

(1) 心理学実験

合計 80 名の学生が被験者として参加した(実験 1, 名古屋大学学生 20 名; 実験 2, 高千穂大学学生 20 名; 実験 3, 高千穂大学学生 20 名; 実験 4, 英国 York 大学学生 20 名)。各実験において、一試行では図 3 に示す四つの色と形が学習項目として提示された。その後、半数の試行では、妨害項目(suffix)が提示され、残りの半数の試行では提示されなかった。最後に、手掛かり再生テストが実施され、色のかたまり、あるいは線画の形が手掛かりとして提示された。被験者は、その手掛かり情報(形あるいは色)とペアになってい

たもう一つの情報(色・形)を口頭で報告することが求められた。また、毎試行、学習に先立って4つの数字が提示され、被験者は数の多い空間位置に提示された項目により多くの注意を払うように教示された。これらの2要因の操作(注意量・妨害項目の有無)により、注意を注いだ項目ほど妨害に対して頑健になるか脆弱になるか、という問いが検証された。

(2) 視線追跡(アイトラッキング)

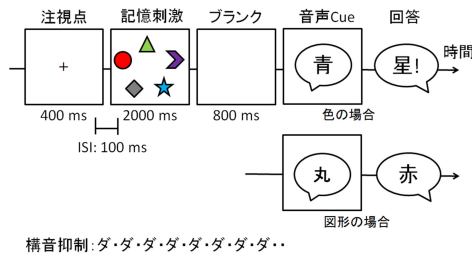


図4. 視線追跡実験における1試行の流れ

合計11名の学生(関西学院大学学生)が被験者として参加した。1試行の流れを図4に示す。上記の(1)にて説明した心理実験との違いは、学習項目を4から5に増やした点である。また、Tobii T60を使用して、検索時の視線を計測した。

(3) 計算機モデル

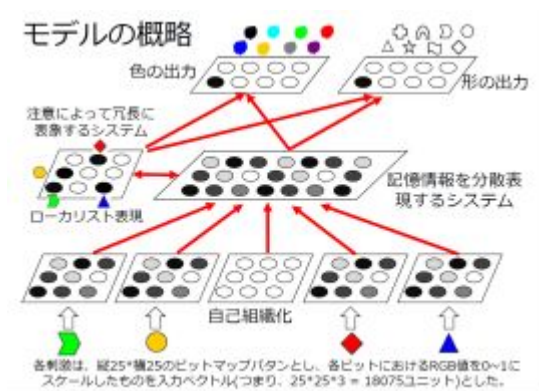


図5. 実装された計算機モデルの概略

計算機モデルの構造を図5に示す。学習アルゴリズムは誤差逆伝播法を用いた。また、位置普遍性(translation invariance)に対応するため、どの空間位置でも、少しずつでも正確に認知できるように学習された。学習パラメータとして、学習率は0.5から0.1まで徐々に減衰された。結合強度減衰率及びモーメントは用いられなかった。正解不正解基準

として、色出力層・形出力層の双方において、ターゲットとなる情報のユニットが最も高い活性値(max基準)をしていた場合に、正解と見なした。色と形の入力層の情報は、自己組織化マップ(20×20ユニット)によって圧縮された。その際の近傍関数は、10から1まで徐々に減衰された。この計算機モデルを用いて、人間の心理実験における正解率と同等(65%)まで学習された。

次に、この計算機モデルにおいて、以下の2要因を操作した。一つ目は、妨害刺激の呈示の有無であった。つまり、試行によっては、保持段階中に無関連刺激が呈示された。もう一つの操作は、特定項目への注意であった。注意された項目は、より長い間視線定位が起きると仮定され(より多くの入力モデルに送られる)、それ以外の項目は、相対的に少ない入力をモデルに送った。

4. 研究成果

(1) 心理実験

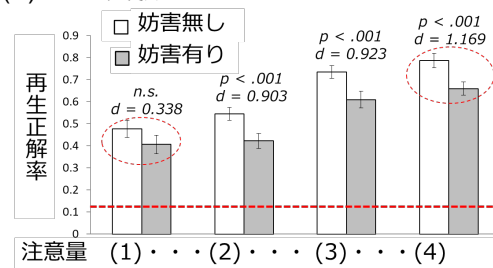
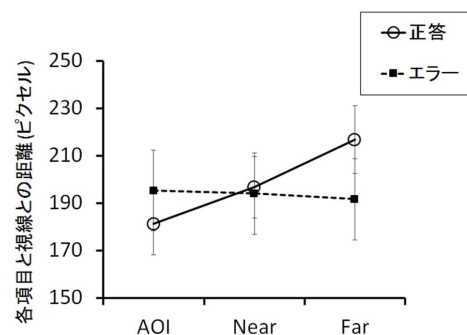


図6. 心理実験4の結果

代表的なものとして実験4の結果を示す。結果、注意を注げば注ぐほど、妨害項目提示の効果が大きくなることが実証された。つまり、注意を注ぐほど、脆弱になるといふ仮説が支持された。



(2) 視線追跡

図7. 視線追跡実験の結果

結果を図7に示す。○は正答時の結果であり、●はエラー時の結果である。縦軸は、各空間位置からの視線の距離である。AOI (area of

interest)は、出力項目が提示されていた空間位置であり、nearはその隣の空間位置であり、farは最も遠い空間位置である。つまり、AOIにおいて縦軸の値が最も小さい場合に、「出力項目が提示されていた空間位置を注視していた」と結論付けることが出来る。結果、正答時には、その項目が提示されていた空間位置を検索時に注視していることが示唆された。一方、エラー出力時は、エラー項目が提示されていた空間位置を注視しているという結果は得られなかった。これらから、WM内に正確な記憶表象が存在するときのみ、注視が役割を持つことが示唆された。

(3) 計算機モデル

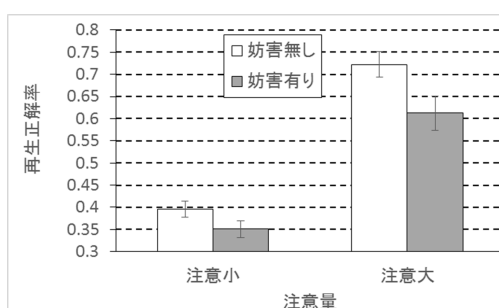


図 8. 計算機モデル研究の結果

計算機モデルの結果を図 8 に示す。結果、注意を注げば注ぐほど、妨害項目の効果が大きくなるという心理実験データ(図 6 参照)を、モデルにおいても再現出来た。得られた心理データが、確かに注意と妨害項目の交互作用によって起きているという説明の妥当性が支持された。

<引用文献>

Baddeley (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423.

Cowan, N. (1995). *Attention and memory: an integrated framework*. Oxford University Press.

Makovski, T., & Jiang, Y. V. (2007). Distributing versus focusing attention in visual short-term memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(6), 1072-1078. <https://doi.org/10.3758/BF03193093>

Hu, Y., Allen, R. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2016). Executive control of stimulus-driven and goal-directed attention in visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 78(7), 2164-2175. <https://doi.org/10.3758/s13414-016-1106-7>

/s13414-016-1106-7

Hu, Y., Hitch, G. J., Baddeley, A. D., Zhang, M., & Allen, R. J. (2014). Executive and perceptual attention play different roles in visual working memory: Evidence from suffix and strategy effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(4), 1665-1678. <https://doi.org/10.1037/a0037163>

Ueno, T., Allen, R. J., Baddeley, A. D., Hitch, G. J., & Saito, S. (2011). Disruption of visual feature binding in working memory. *Memory & Cognition*, 39(1), 12-23. <https://doi.org/10.3758/s13421-010-0013-8>

Ueno, T., Mate, J., Allen, R. J., Hitch, G. J., & Baddeley, A. D. (2011). What goes through the gate? Exploring interference with visual feature binding. *Neuropsychologia*, 49(6), 1597-1604. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.11.030>

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

Tae-Ho Lee, Steven Greening, Taiji Ueno, David Clewett, Allison Ponzio, Michiko Sakaki, & Mara Mather (印刷中). Arousal increases neural gain via the locus coeruleus-norepinephrine system in younger adults but not in older adults, *Nature Human Behavior*.

Ikeda, K., Ueno, T., Ito, Y., Kitagami, S., & Kawaguchi, J. (2017). An Extension of a Parallel-Distributed Processing Framework of Reading Aloud in Japanese: Human Nonword Reading Accuracy Does Not Require a Sequential Mechanism. *Cognitive Science*, 41, 1288-1317. doi: 10.1111/cogs.12382

Taiji Ueno, Greta M Fastrich, & Kou Murayama (2016). Meta-analysis to integrate effect sizes within an article: Possible misuse and Type I error inflation. *Journal of Experimental Psychology: General*. 45, 643-654. Doi: 10.1037/xge0000159

小林正法・服部陽介・上野泰治・川口潤 (2016). 日本語版 Thought Control Ability

Questionnaire の作成及び信頼性・妥当性の検討. **心理学研究**. 87, 405-414. 論文ID: 87.15217

〔学会発表〕(計 10 件)

Atkinson, A. L., Berry, E. D. J., Waterman, A. H., Baddeley, A. D., Hitch, G. J., Ueno, T., & Allen, R. J (2017). Are there multiple ways to direct attention in visual working memory? European Society for Cognitive Psychology (ESCoP) meeting.

Sanada, M., Ueno, T., & Allen, R. J. (2016). Does eye fixation have a functional role in visual memory retrieval? Further insights from error analysis. Psychonomic Society's 57th Annual Meeting.

真田原行・上野泰治 (2016) 視覚性ワーキングメモリ検索過程における注視の役割, 第 35 回日本基礎心理学会

Richard Allen, Amy Atkinson, Taiji Ueno, Alan Baddeley, & Graham Hitch (2016). Staying focused in visual working memory, International Conference on Memory.

Richard Allen, Graham Hitch, Alan Baddeley, Yanmei Hu (2016). Executive and perceptual attention: Separate determinants of visual working memory, International Meeting of the Psychonomic Society.

Masae Takeno, Taiji Ueno, Shinji Kitagami, Atsunobu Suzuki, Richard, J. Allen, Graham, J. Hitch, & Alan, D. Baddeley (2015). Difficulty in Allocating Attention to Two Items in Visual Working Memory: Further Insights From an Error Analysis, 56th Annual Meeting of Psychonomic Society

武野全恵・上野泰治・北神慎司 (2015). 視覚的作動記憶内の情報に配分可能な注意容量の制限. 第 79 回日本心理学会大会

上野泰治 (2015). 注意と視覚的記憶の相互作用 - 計算機モデル手法の共有と心理学データ. 第 13 回日本認知心理学会大会

武野全恵・上野泰治・北神慎司 (2015). アイコニックメモリが一つしか覚えられない? 第 13 回日本認知心理学会大会

Masae Takeno, Taiji Ueno, Shinji Kitagami (2015). If you run after two hares, you will catch neither: Severe capacity

limitation of internal attention in visual working memory. 11th Conference for the Society for Applied Research in Memory and Cognition (SARMAC 11)

〔図書〕(計 1 件)

上野泰治 (2016) 認知心理学と脳科学の方法, 『**教育認知心理学の展望**』 子安増生・楠見孝・齊藤智・野村理朗 (編) (総頁数 302, 掲載頁: pp.35 - 50)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上野 泰治 (Taiji UENO)
高千穂大学・人間科学部・准教授
研究者番号: 20748967

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

Richard J. Allen (Richard J. Allen)
University of Leeds・Faculty of Medicine and Health・Associate Professor

武野 全恵 (Masae TAKENO)
名古屋大学・情報学研究科・博士課程院生