

課題非関連のオプティックフローが視覚的注意を誘導する

樋口 洋子
井上 聡
遠藤 照昌
熊田 孝恒

名古屋大学情報学研究科
トヨタ自動車
トヨタ自動車
京都大学情報学研究科

yokohiguchi0114@gmail.com

Motion is an important factor affecting our visual information processing. Studies have shown that global optic flow guides attention, but it has not been clear whether the attentional guidance occurs even after the offset of motion regardless of participants' attentional control setting. To address this issue, we developed a visual search paradigm that the task-irrelevant optic flow starts and stops prior to the visual search. Participants observed the optic flow first, and then when the motion stopped, they searched for a target amongst multiple distractors. The response to the target was faster when the target appeared at the focus of expansion (FOE) of the original optic flow than the other locations. Eye movement analysis revealed that fewer saccades were needed to find a target when the target was contingent with the FOE. We observed the advantage of FOE for finding target even when a color singleton captured attention in bottom-up or top-down processes. These results suggest that attentional control setting for the feature singleton does not override attentional guidance of optic flow even when the motion has already stopped.

Keywords: optic flow, motion, attention, attentional control setting

問題と目的

運動は視覚情報処理に影響を及ぼす重要な要因の一つである。オプティックフローは視覚的注意を誘導することが知られている (von Mühlenen & Lleras, 2007)。しかし、オプティックフローによる注意の誘導が観察者の構えに関わらず生じるのか、あるいは構えが注意の誘導を無効にするのかは明らかではない。本研究では、観察者がオプティックフロー以外の手がかりに対して構えをもつ状況でも、課題非関連のオプティックフローが注意を誘導するのかを検討する。

実験1

目的 実験1では、オプティックフローによる注意の誘導を検討するためのパラダイムを構築した。

方法 18名の学生が実験に参加した。視覚刺激はリフレッシュレート60Hzの19インチCRTモニターに呈示した。また、アイトラッカー (Eyelink1000, SR Research) を用いて単眼の眼球運動を記録した。

実験では、まず注視点がディスプレイの中央に現れた。注視点の1秒後に、拡張するオプティックフローが1, 3または5秒間呈示された。オプティックフローが止まると視覚探索画面が現れた。参加者の課題は、複数の縦向きガボール (ディストラクタ) のなかから、斜めに傾いたガボール (ターゲット) を見つけて、回転の方向 (右上がりか左上がりか) をできるだけ早くかつ正確に、キー押しによって報告することであった。視覚探索画面の出現からキーを押すまでの時間を反応

時間として測定した。ターゲット位置の条件にはmatch条件とnon-match条件があり、match条件ではターゲットはオプティックフローのFOE (focus of expansion, 拡張源) の位置に現れた。non-match条件では、ターゲットはオプティックフローのFOEとは異なる位置に現れた。オプティックフローの持続時間は1, 3および5秒間の3条件であった。オプティックフローの各持続時間の試行数は、match条件が16試行、non-match条件が112試行であった。合計384試行をランダムな順序で行った。

結果

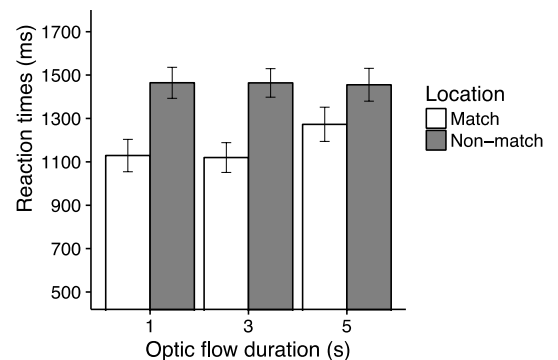


図1 各条件の平均反応時間。エラーバーは標準誤差を示す。

すべてのオプティックフローの持続時間において、match条件の反応時間はnon-match条件よりも短かった (図1)。また、match条件ではnon-match条件よりも、少ない注視回数でターゲットを検出した (表1)。この結果は、いずれの持続時間においても、課題非関連のオプティックフローがそのFOEへと注意を誘導したことを示唆する。

表1 全実験におけるターゲットの検出にかかった注視回数の中央値と標準偏差

Experiment	Condition			
	Both-match	FOE-match	Color-match	Non-match
1 (1s)	—	2.72 (0.89)	—	4.00 (0.79)
1 (3s)	—	2.58 (0.67)	—	3.83 (0.73)
1 (5s)	—	2.89 (0.72)	—	3.69 (0.79)
2	2.28 (0.93)	2.72 (0.60)	2.67 (0.51)	3.89 (0.47)
3	1.06 (0.24)	2.67 (0.82)	1.11 (0.32)	4.19 (0.62)

実験2・実験3

目的 顕著な色手がかりに注意が捕捉される状況 (実験2) や、参加者の構えが課題関連の色手がかりに向けられている状況 (実験3) でも、課題非関連なオプティックフローが注意を誘導するのかを検討した。

方法

各実験に18名の学生が参加した。実験1と同様の視覚探索課題を用いたが、オプティックフローの持続時間を1秒に固定した。また、視覚探索画面に緑色の色手がかりを追加した (図2)。実験2では色手がかりとターゲットの位置は無関係であり、実験3では色手がかりの位置にターゲットが出現する確率が高かった (77.8%)。この操作によって、実験2では色手がかりの顕著性が注意を引き、実験3では顕著性が注意を引くだけでなく、参加者の構えも色手がかりに向けられると考えられた。ターゲット位置の条件には、ターゲットと色手がかりおよび FOE が同じ位置の both-match 条件、ターゲットと FOE が同じ位置の FOE-match 条件、ターゲットと色手がかりが同じ位置の color-match 条件、ターゲットと色手がかりおよび FOE が異なる位置の non-match 条件があった。試行数は、実験2ではそれぞれ8試行、56試行、56試行、392試行、実験3ではそれぞれ56試行、16試行、392試行、112試行であった。

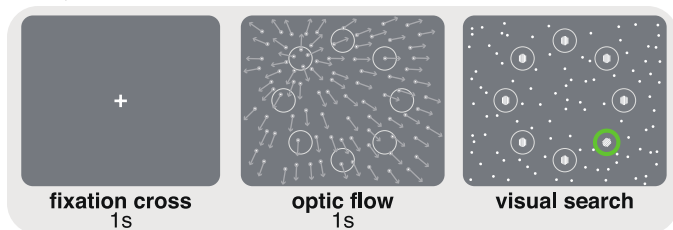


図2 実験2・実験3の1試行の流れ

結果

実験2・実験3ともに、FOE-match 条件の反応時間は non-match 条件と比較して短かった (図2)。また、color-match 条件の反応時間は non-match 条件と比較して短かった。実験2・実験3ともに、FOE-match 条件では non-match 条件よりも、少ない注視回数でター

ゲットを検出した (表1)。実験3では、視覚探索課題開始後の最初の注視は色手がかりの位置に向かうことが多かったが (85.0%)、色手がかりの位置にターゲットがなかった場合に、2番目の注視は FOE の位置に向かうことが多かった (17.8%)。

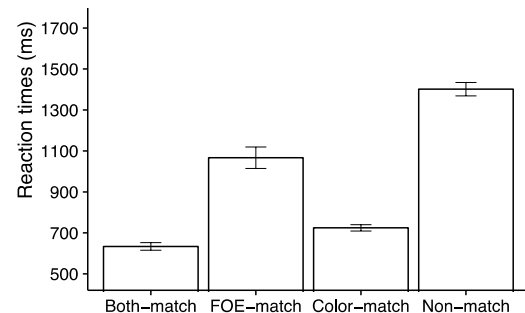
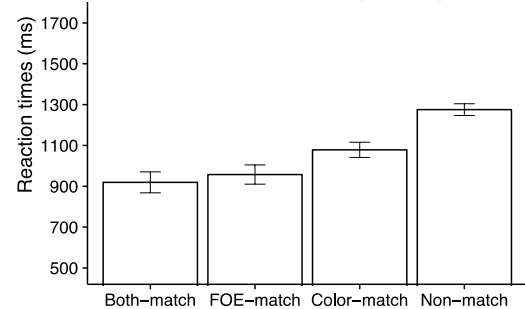


図2 実験2 (上図) および実験3 (下図) の各条件の平均反応時間。エラーバーは標準誤差を示す。

考察

本研究では、課題非関連の拡張するオプティックフローがその FOE へと注意を誘導することを示した。また、参加者の構えが色手がかりへと向けられている場合でも、オプティックフローは注意を誘導することが明らかになった。最初の注視が色手がかりに向かった後に、次の注視がオプティックフローの FOE に向かうという結果は、参加者が色手がかりを最優先にしながらも、FOE に対する注意のプライオリティを保っていたことを示唆している。視覚場面において、オプティックフローの FOE は進行方向と関係している。運動を止めた後や、他のものに注意を向けた後に、進行方向と関係している FOE に注意を戻せるということは、適応的な性質といえるだろう。

引用文献

von Mühlennen, A., & Lleras, A. (2007). No-onset looming motion guides spatial attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(6), 1297–1310. doi:10.1037/0096-1523.33.6.1297

ネガティブテンプレート形成に及ぼす空間的グルーピングの効果

反田 智之

北海道大学文学部

河原 純一郎

北海道大学大学院文学研究科

我々の視覚システムは手がかりと一致する特徴を優先的に探索できる。また、手がかりで示された色特徴を抑制し、妨害刺激の探索優先順位を下げることもできる(ネガティブテンプレート, Arita, Carlisle, & Woodman, 2012)。しかし、この抑制は刺激の空間配置に依存するという知見もある。そこで本研究は形状特徴によるネガティブテンプレートの形成が可能かを検討した(実験 1)。さらに、それに空間配置が及ぼす影響を調べた(実験 2)。被験者は、手がかりと標的の形状が一致する場合、手がかりと標的の形状が不一致の場合、または統制条件として手がかり形状が探索画面に呈示されない場合の下で、標的の形状内部の線分の向きを回答した。実験 1 で形状ごとに左右に配置した探索画面を用いたところ、ネガティブテンプレートが生じた。探索画面を形状ごとに空間的に分けられない場合にも(実験 2)、ネガティブテンプレートが生じた。これらの結果は、形状によるネガティブテンプレートは空間的グルーピングを必要とせずに形成できることを示唆する。

Keywords: 注意, 視覚探索, 抑制, ネガティブテンプレート

問題・目的

日常は様々な視覚情報で溢れている。その中から意図するものを探すにも、認知資源には容量制限があるため、注意を向けて対象を選択する必要がある。このとき、標的の位置や特徴が手がかりとして先に与えられると、それらを重みづけることで探索は容易になる(Müller, Heller, & Ziegler, 1995)。同様に、非標的特徴も探索に貢献しうる。手がかりで与えられた非標的特徴をネガティブテンプレートによって抑制できると報告されている(Arita, Carlisle, & Woodman, 2012; Reeder, Olivers, & Pollmann, 2017)。そこで本研究ではこのネガティブテンプレートの成立要件に注目した。

具体的には、こうした研究では視覚探索試行に先立ち、色の手がかりを呈示する。Arita et al. (2012)の手続きでは、2色で塗り分けた複数の非標的(□または□)および標的(□または□)を円環状に配置した。参加者は標的の向きを答えた。手がかりは3条件あり、標的色を知らせる条件、非標的色を知らせる条件、無関連な色を知らせる統制条件であった。平均反応時間は標的色、または非標的色を知らせたときは統制条件よりも短かった。このことから、Arita et al. (2012)はネガティブテンプレートを作ることが可能であることを示した。

しかし、この手続きには色手がかりのみが使われており、他の特徴でもこうしたネガティブテンプレートが形成可能かは不明である。そこで本研究は形状による特徴を手がかりとした非標的の抑制が可能かを検証することを第1の目的とした。

第2の目的は、空間的グルーピングの交絡を排除することである。Arita et al. (2012)の手続きは、画面の左右にそれぞれ色の異なる刺激が配置されていたため、位置と色が交絡していた。そのため、参加者が色の手がかりを位置の手がかりに置き換えた可能性がある。そこでBeck & Hollingworth (2015)は画面全体に2色を散らして呈示したところ、非標的色の手がかり効果は

なく、ネガティブテンプレートは生じなかったと述べた。同様の結果はBecker, Hemsteger, & Peltier (2015)も報告している。しかし、一方でReeder et al. (2017)は、2色を散らして呈示してもネガティブテンプレートが生じることを示した。

このようにネガティブテンプレートが生じるか否かについては見解が分かれており、明確な条件は示されていない。その要因として、探索の困難度が関与している可能性がある。ネガティブテンプレートが生じなかった研究では、全体的な反応時間が短い(Beck & Hollingworth, 2015は約1,300ms; Becker et al., 2015は約1,300ms)が、生じた研究では比較的長かった(Reeder et al., 2017は1,900ms)。そこで本研究では全体的な反応時間が比較的長い事態でネガティブテンプレートが形成可能かを検証した。

方法

被験者: 北海道大学の学生(実験1; 34名, 実験2; 41名)

デザイン: 被験者内1要因(3水準; 一致, 不一致, 統制条件)の実験計画を用いた。

刺激: 円, 正方形, 菱形の3種類の形状の内部に線分を呈示した。

手続き: 手続きはArita et al. (2012)に準じた。初めに注視点を500ms呈示し、次に手がかりとして円, 正方形, 菱形のうち1つを呈示した。その後再び注視点を1,000ms呈示した後、2種類の形状が配置された探索画面を呈示した(Figure 1)。実験1では画面の左右に形状ごとに分けて、実験2では全体に散らして呈示した。参加者は複数の非標的(様々な方向の線分)の中から、1つだけ呈示される標的の向き(垂直もしくは水平)を回答した。

結果

実験1の平均反応時間について1要因分散分析を行ったところ、手がかりの主効果が有意であった($F(2,66) = 46.34, p < .001, \eta^2 = .58$)。一致条件, 不一致条件の反

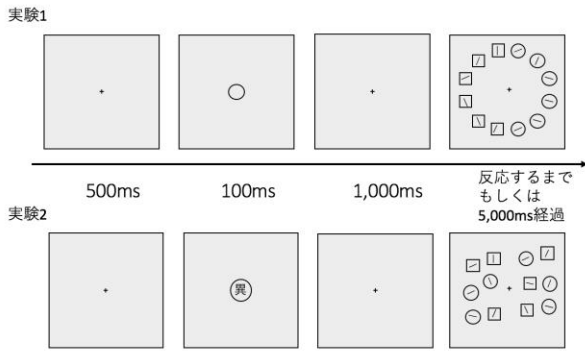


Figure 1. 実験 1, 2 で用いた刺激の例と呈示時間。ここでは不一致条件で手がかりとして円が表示された例を表している。

反応時間は、それぞれ統制条件よりも短かった ($t(33) > 4.30, p < .001$)。また、一致条件の反応時間は不一致条件の反応時間より短かった ($t(33) = 5.39, p < .001$)。実験2でも同様に、手がかりの主効果は有意であった ($F(2,78) = 75.43, p < .001, \eta^2 = .66$)。一致条件、不一致条件の反応時間は、それぞれ統制条件よりも短かった ($t(33) > 3.42, p < .003$)。また、一致条件の反応時間は不一致条件の反応時間より短かった ($t(40) = 8.88, p < .001$)。

考察

実験1では、標的を含む形状を知らせた場合は統制条件に比べて探索時間が短かった。これは従来から知られている先行手がかり効果である。重要な点は、非標的を含む形状を知らせた場合でも統制条件に比べて探索時間が短かった。この結果は、形状の手がかりをもとにしてもネガティブテンプレートが生じることを初めて示したといえる。さらに、実験2では、画面全体に形状を散らして呈示し、空間的グルーピングがない事態であっても、同様の結果であった。これはネガティブテンプレートが空間的グルーピングに依存しないことを明らかに示している。

一部の研究でネガティブテンプレートが生じなかった原因としては、課題の困難度が考えられる。各研究の課題の困難度の指標として平均反応時間を比較したところ、ネガティブテンプレートが生じなかった研究は、実験2の平均反応時間よりも短かった。このこと

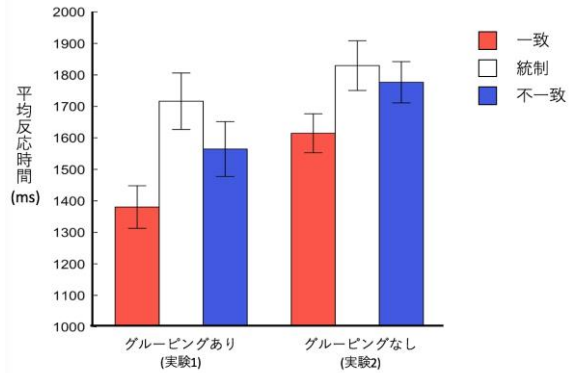


Figure 2. 実験 1 と 2 の各条件の平均反応時間を表す (エラーバーは 95%信頼区間)。

から、課題の困難度が高い場合にネガティブテンプレートの効果が生じやすいと考えられる。一般に、課題の困難度は標的の定義特徴と報告特徴が分離している場合には高くなりやすい。この原則に一致し、ネガティブテンプレートの形成を示した Reeder et al. (2017) の研究も本研究も定義特徴と報告特徴は分離していた。一方 Beck & Hollingworth (2015) や Becker et al. (2015) の研究で用いられた課題ではそれらの特徴は一体となっていた。そのため、探索が早期に終了し、ネガティブテンプレートの効果が生じなかったのかもしれない。今後の研究では、探索の困難度を操作することにより、この問題を積極的に検証できるだろう。

結論

本研究は、ネガティブテンプレートは形状を手がかりとしても形成されることを見いだした。また、課題の困難度が高いときに形成されやすいことがわかった。

引用文献

Arita, J. T., Carlisle, N. B., & Woodman, G. F. (2012). Templates for rejection: configuring attention to ignore task-irrelevant features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38, 580-584.

Beck, V. M., & Hollingworth, A. (2015). Evidence for negative feature guidance in visual search is explained by spatial recoding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41, 1190-1196.

Becker, M. W., Hemsteger, S., & Peltier, C. (2015). No templates for rejection: A failure to configure attention to ignore task-irrelevant features. *Visual Cognition*, 23, 1150-1167.

Müller, H. J., Heller, D., & Ziegler, J. (1995). Visual search for singleton feature targets within and across feature dimensions. *Perception & psychophysics*, 57, 1-17.

Reeder, R., Olivers, C. N. L., & Pollman, S. (2017). Cortical evidence for negative search templates. *Visual Cognition*, 25, 278-290.

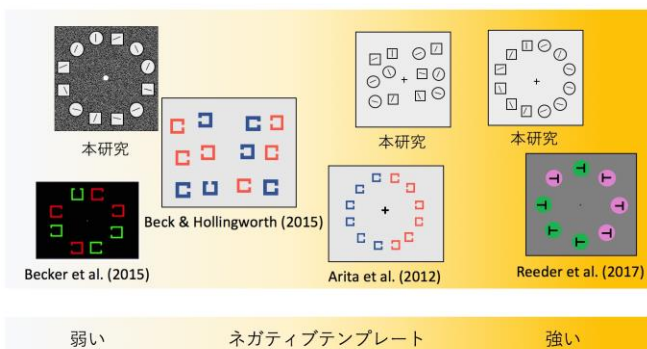


Figure 3. ネガティブテンプレートを検討した刺激の例。右側ほどネガティブテンプレートの効果が強いことを示す。

刺激配列の時空間的特性が探索・隠蔽戦略に及ぼす影響

伊藤 資浩

北海道大学大学院文学研究科 / 日本学術振興会

河原 純一郎

北海道大学大学院文学研究科

従来の視覚探索研究では探す過程のみに注目してきたが、探索の戦略は隠蔽にも応用されることが指摘されている。本研究は、探索・隠蔽行動における刺激配列の時空間的特性を調べるため、重ねられるように逐次呈示される複数の候補の中で被験者がどの順番の物体を探す/隠すかの頻度を測定した。また、目立つ物体の有無および文脈(e.g., 味方のために隠す, 敵から隠す)を操作した。その結果、探索・隠蔽の両条件で味方文脈では目立つ物体を選びやすかった。一方、探索項目が均質な物体で構成されている場合、味方相手には候補スタックの上層、敵相手には下層候補を探し・隠しやすかった。この結果は、視覚マスキングや候補数に依存しなかったが、刺激配列が空間的要素を含まない(候補を重ねないように呈示した)ときには従来の順序効果(初頭・親近効果)が反映された。これらの結果は、探索・隠蔽戦略に刺激配列の時空間的特性が独立して作用することを示唆している。

Keywords: Visual search, Hiding strategies, Temporal and spatial domains, Metacognition.

問題・目的

これまでの視覚探索研究は、文字通り探す過程に注目してきた。しかし、現実では隠蔽も重要であり、隠蔽位置は探索のメタ認知に基づく(Smilek et al., 2009)。Anderson et al. (2014)は、想定する文脈(相手が味方/敵; 例えば、見つけてもらえるように隠す, 見つからないように隠す)と空間場面(目立つ物体の有無)を操作し、探索・隠蔽戦略を検討した。その結果、(1)味方文脈のときには目立つ物体を探す/隠す頻度が高く、(2)目立つ物体が無い場合、味方文脈のときに端、敵文脈のときに中央部の物体を探す/隠す頻度が高かった。これらの結果の解釈として、“味方文脈のときには目立つ物体、敵文脈のときには目立たない物体”を探す/隠す戦略があり、前者の結果は目立つ物体に注意が自動的に向くことを反映している。また後者の結果は、均質な空間場面の中でも、周辺物体との比較対象が少なく、ポップアウトしやすい端の物体が目立ち、中央部は視覚的混み合い感が生じ、探索・隠蔽対象がカモフラージュされることによって目立たないと推測されることを示唆した。しかし、これまでの研究は空間特性のみを有する刺激を用いた探索・隠蔽行動に限局されており、順序等の時間特性の影響は知られていない。

本研究の目的は、これまでの空間次元の探索・隠蔽行動を時間次元にも拡張することである。具体的には、Anderson et al. (2014)と同様に、文脈(味方/敵)と目立つ物体(有/無)を操作し、連続呈示される複数の物体を呈示した事象における探索・隠蔽行動について、以下の二点を検証した。一つが、刺激配列が時間特性のみを有するとき(実験 1)、もう一つが時空間的特性の両方を有するとき(実験 2)の探索・隠蔽行動であった。

予測として、先行研究(e.g., Anderson et al., 2014)と同様に、“味方文脈のときには目立つ物体、敵文脈のときには目立たない物体”を探す/隠す戦略が反映され、目立つ物体が有る場合、その物体を味方文脈で探す・隠す頻度が高くなると考えられる。また刺激配列の物体が均質な場合、時間特性の付与は順序効果(初頭・親近効果)を生じさせ、最初と最後の物体が目立つ、中間の物体が目立たないと推測されることが考えられる。一方、時間特性に加えて空間特性が加わることによって、物体の取りやすさの知覚(e.g., Street et al., 2018)に影響することが考えられる。すなわち、味方文脈では相手を取りやすいと推測される物体(e.g., 候補スタックの上層)、敵文脈では取りにくいと推測される物体(e.g., 候補スタックの下層)の探す・隠す頻度が高くなると考えられる。

方法

被験者 80名(各実験40名)の学生が参加した。

要因計画 課題(探索/隠蔽: 被験者間)×文脈(味方/敵: 被験者内)×目立つ物体(有/無: 被験者内)

手続き 被験者は連続呈示される4つの物体の中で、何番目の物体を探すか、何番目の物体に隠すかを回答した(Figure 1)。またブロック別に想定する文脈が設定され、“見つけてもらいたいものを探す(探索×味方)”, “見つけられたくないものを探す(探索×敵)”, “見つけてもらえるように隠す(隠蔽×味方)”, “見つからないように隠す(隠蔽×敵)”ように教示された。目立つ物体有り条件では、一つだけ物体が別の方向から呈示され、目立つ物体無し条件では、全て同じ方向から物体が呈示された。全ての物体を呈示した後に視覚マスクが呈示された。実験1では、物体が画面中央に移動したのちに消去され、候補を積み重ねないように呈示し、実験2では物体が画面中央に移動したのちに残り続け、候補を積み重ねるように呈示した。

結果・考察

目立つ物体有り 目立つ物体有り条件における課題(探索/隠蔽)と文脈(味方/敵)ごとの平均選択率を Figure 2 左に示す。各実験で探索・隠蔽戦略は、空間次元の原則に一致した。具体的には、探索・隠蔽の両課題で敵文脈に比べて味方文脈のときに目立つ物体を探し・隠しやすかった($F_s > 155.17, p_s < .001, \eta_p^2 > .80$)。

目立つ物体無し 目立つ物体無し条件における課題(探索/隠蔽)×文脈(味方/敵)と候補の呈示順序ごとの平均選択率を Figure 2 右に示す。

[実験 1: 時間次元] 味方文脈の探索・隠蔽戦略は順序効果(初頭・親近効果)を反映した。具体的には、探索×味方条件($\chi^2(3) = 231.67, p < .01$)及び隠蔽×味方条件($\chi^2(3) = 113.75, p < .01$)で選択頻度に同様の違いがあり、中間の物体に比べて最初と最後の物体の選択率は高かった(調整後 $p_s < .001$; 正確二項検定による多重比較; 以下同様)。また敵文脈の探索・隠蔽戦略は予測に反した。具体的には、探索×敵条件($\chi^2(3) = 69.55, p < .01$)及び隠蔽×味方条件($\chi^2(3) = 48.18, p < .01$)で選択頻度に同様の違いがあり、最初の物体の選択率が他の物体に比べて高かった($p_s < .03$)。

[実験 2: 時間次元+空間次元] 味方文脈の探索・隠蔽戦略は物体の取りやすさの知覚に影響した。具体的には、探索×味方条件($\chi^2(3) = 378.00, p < .01$)及び隠蔽×味方条件($\chi^2(3) = 640.20, p < .01$)で選択頻度に同様の違いがあり、最後の物体(候補スタックの最上層)の選択率は高かった($p_s < .001$)。また敵文脈の探索・隠蔽戦略に関しては実験 1 と同様であった。具体的には、探索×敵条件($\chi^2(3) = 115.08, p < .01$)及び隠蔽×味方条件($\chi^2(3) = 125.70, p < .01$)で選択頻度に同様の違いがあり、最初又は 2 番目の物体(候補スタックの下層)の選択率が他の順序の物体に比べて高かった($p_s < .001$)。

総合考察

本研究は、空間次元の探索・隠蔽行動を時間次元に拡張した。その結果、目立つ物体が有る場合、空間次元の原則に一致し、探索及び隠蔽でも味方文脈のときに目立つ物体を探し・隠しやすかった。すなわち、先行研究と同様に、“味方文脈のときには目立つ物体、敵文脈のときには目立たない物体”を探し・隠す戦略は時間次元にも適用されることがわかった。

目立つ物体が無い場合、実験1の味方文脈では最初と最後の物体が目立つと推測され、初頭・親近効果に似たバイアスが生じた。一方、敵文脈では最初の物体が目立たないとも推測された。これらの結果から、探索・隠蔽時において、文脈によって異なる推測の過程が生じることを示唆した。

また実験2の味方文脈において、候補スタックの最上層の物体を探し・隠しやすかったが、敵文脈においては、候補スタック下層の物体を探し・隠しやすかった。これらの結果から、均質な刺激配列が時空間特性両方をもつ場合、物体の取りやすさの知覚が影響し、味方文脈で取りやすい物体、敵文脈で取りにくい物体を探し・隠しやすかったことがわかった。以上より、探索・隠蔽戦略は、時間次元のみに着目すると順序効果等の時間的特性、時空間の両次元に着目すると刺激配列の空間的特性に影響することがわかった。

引用文献

Anderson, G. M., Foulsham, T., Nasiopoulos, E., Chapman, C. S., & Kingstone, A. (2014). Hide and seek: The theory of mind of visual concealment and search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76, 907-913.

Smilek, D., Weinheimer, L., Kwan, D., Reynolds, M., & Kingstone, A. (2009). Hiding and finding: The relationship between visual concealment and visual search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71, 1793-1806.

Street, C. N., Bischof, W. F., & Kingstone, A. (2018). Perspective taking and theory of mind in hide and seek. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80, 21-26.

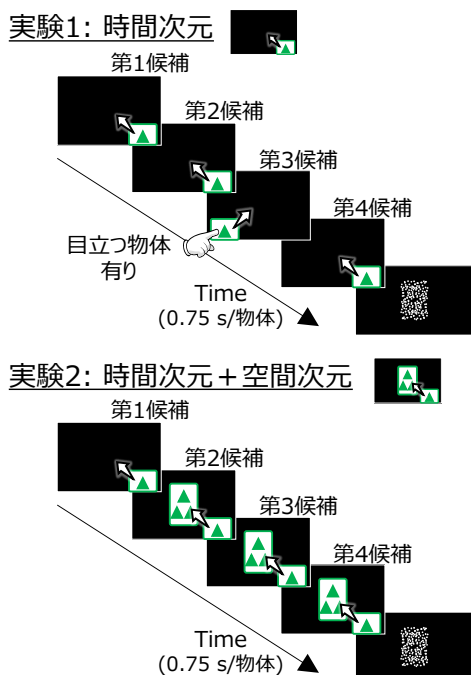


Figure 1. 各実験の方法の概要

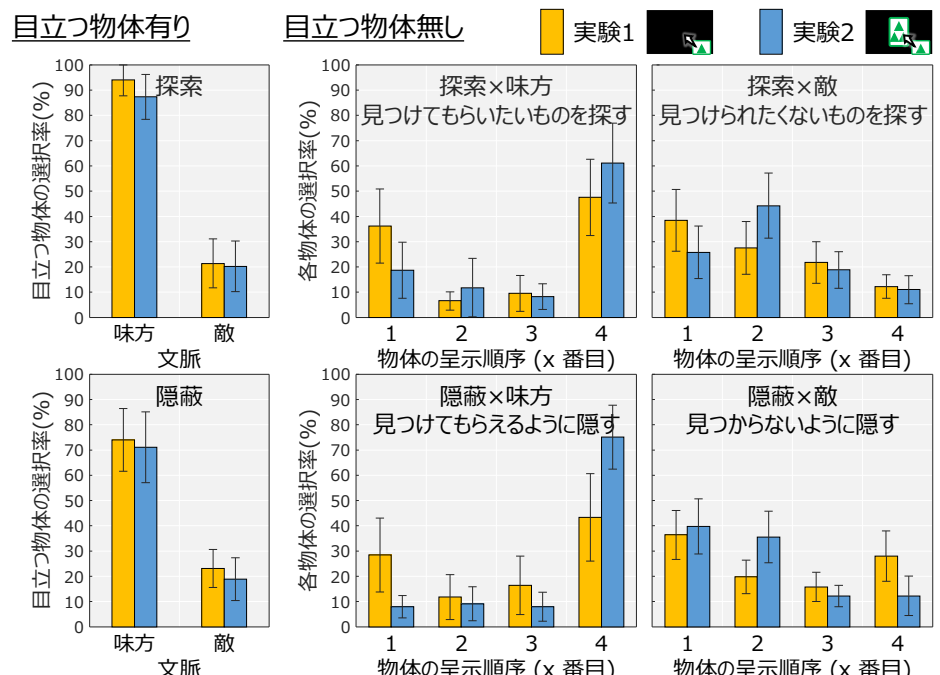


Figure 2. 各実験における条件間の平均選択率と 95%信頼区間

視覚探索における無視手がかりの効果

川島 朋也

神戸大学大学院国際文化学研究科 / 日本学術振興会

松本 絵理子

神戸大学大学院国際文化学研究科

視覚探索課題において、事前に標的刺激の特徴が与えられると、その特徴に課題に関連した項目へ注意を焦点化することができることが知られている。一方、無視すべき特徴の手がかりが視覚探索へ与える効果は十分に明らかになってはいない。本研究では、視覚探索における注目手がかりと無視手がかりの効果と比較した。実験の結果、注目手がかりは視覚探索の初期段階から標的刺激の検出を促進した。また、視覚探索の後期段階において、無視手がかりを用いた探索は注目手がかりを用いた探索よりも非効率だった。これらの結果は、注目手がかりと無視手がかりは視覚探索において異なった効果を示すことを示唆する。

Keywords: attention, distractor inhibition, cueing distractor

背景

視覚探索課題の前に課題に関連する情報を手がかり呈示すると（注目手がかり）、より早く標的刺激を検出できる（Vickery, King, & Jiang, 2005）。標的刺激の特徴に注意を焦点化することに加えて、無視すべき情報を手がかり呈示することで（無視手がかり）、妨害刺激に注意を向けないようにすることによっても標的刺激は早く検出されうる。Moher & Egeth (2012) は無視する色の手がかりを呈示すると、観察者はその色の特徴をもつ刺激をはじめ選択するが、次いでその刺激を抑制すると説明している。彼らはこの処理を“search and destroy”と呼んだ。

無視手がかりと注目手がかりが視覚探索に与える影響を比較した研究は、注目手がかりの方が注意を誘導する効果が大きいことを示している（e.g., Becker, Hemsteger, & Peltier, 2016）。しかし、無視手がかりの効果は視覚探索の後期段階で有効になるという考えにしたがえば、注目と無視の手がかりが視覚探索処理に与える効果は、視覚探索処理過程の初期段階では後期段階とは異なり、注目手がかりのみが有効である可能性がある。

そこで本研究では視覚探索過程における注目・無視手がかり効果を視覚探索処理の初期と後期段階で比較検討する。注目すべき色と無視すべき色のプレースホルダの数を変えることで手がかりセットサイズ（cued set size: CSS）を操作した。この操作により、注目手がかりと無視手がかり条件のそれぞれで探索勾配と切片を算出することで探索処理過程を検討できる。さらに、プレースホルダの呈示から探索課題の呈示までのSOAを100 msと1000 msに設定することで、注目・無視手がかり効果における探索処理の時間的な違いを検討した。もし手がかり間の注意配分の違いがそれぞれの手がかりが機能する時間窓の違いによってのみ生じるのであれば、SOAが1000 msの条件において両手がかり条件において効率的な探索が認められると予測される。

方法

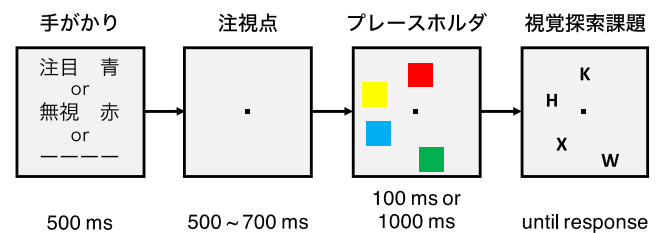


図1. 試行の流れ。

実験参加者 24名が実験に参加した（女性23名、男性1名、平均年齢20.6歳、2名が左利き）。

刺激 視覚探索画面上に毎試行4文字が呈示された。標的刺激はXまたはNで、その他の3つの妨害刺激はH, K, M, V, W, Zの6文字からランダムに選択された。文字は注視点を中心とした10×10のマトリクス上にランダムに呈示された。文字の出現前に色のついた4個の四角形が呈示された。これらのプレースホルダの位置は後続の文字の出現位置を示していた。プレースホルダの色には赤、青、緑、黄の4色が用いられた。

条件 注目手がかり・無視手がかり・中立手がかり条件が設けられた。注目手がかり条件では標的刺激が出現するプレースホルダの色が手がかり呈示された（注目青）。無視手がかり条件では妨害刺激が出現するプレースホルダの色が手がかり呈示された（無視赤）。中立手がかり条件では探索項目に関する情報は与えられなかった。

プレースホルダの色数によってCSSが操作された。注目手がかり条件では、手がかりされた色が1つ、2つ、3つの場合が設けられた（CSS = 1, 2, 3）。無視手がかり条件では同様に、手がかりされた色が1つ、2つ、3つの場合が設けられた（CSS = 3, 2, 1）。中立手がかり条件では探索項目に関して無情報であるため、CSSは4だった。

プレースホルダの呈示から視覚探索課題の呈示までのSOAについて、100 ms条件と1000 ms条件の2条件が設けられた。それぞれの呈示時間はブロック化された。

手続き 図1に試行の流れを示す。各試行は500 msの手がかり呈示で開始された。ついで注視点が呈示され(500 ms, 600 ms, or 700 ms), その後プレースホルダが呈示された(100 or 1000 ms)。実験参加者はXまたはNを検出し, なるべく早くキーを押すことが求められた(XのときFキー, NのときJキー)。

手がかり条件とSOA条件はブロック化された。注目手がかりと無視手がかり条件では, 各SOA条件につき72試行が含まれていた。中立手がかり条件では各SOA条件につき24試行が含まれていた。

結果

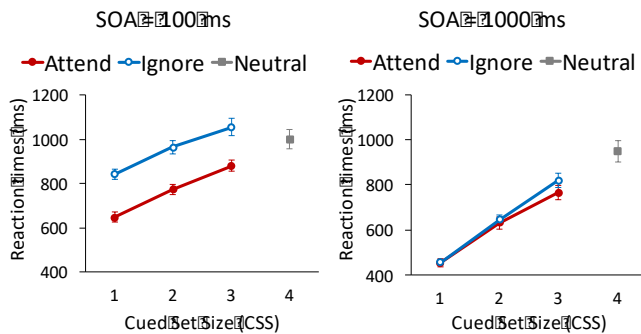


図2. 各条件における平均反応時間。エラーバーは標準誤差。

図2に条件ごとの平均反応時間を示す。参加者ごとに, 平均反応時間の3.5 SDの範囲を超過する試行を分析から除外した(全試行の0.6%)。

無視手がかりによる利得と損失 無視すべき色が1つ呈示されるCSS3条件において, 無視手がかりによる反応時間の利得と損失を検討するために, SOA条件ごとに中立手がかり条件との比較を行なった。SOAが100 msの条件において, 無視手がかり条件のCSS3条件と中立条件の反応時間において対応のある t 検定を行なったところ, 無視手がかり条件の方が中立手がかり条件よりも反応時間が有意に長かった(反応時間差51.9 ms; $t(23) = 2.45, p = .022, \text{Cohen's } d = 0.25$)。一方で, SOAが1000 msの条件において, 同様に対応のある t 検定を行なったところ, 無視手がかり条件の方が中立手がかり条件よりも反応時間が有意に短かった(反応時間差-127.5 ms; $t(23) = -3.48, p = .002, \text{Cohen's } d = -0.63$)。

探索勾配と切片 探索勾配は参加者ごとにCSSに対してそれぞれの平均反応時間を回帰することで算出した。切片は個々の線形回帰から参加者ごとに算出した。探索勾配について, SOA (100 ms, 1000 ms) ×手がかり(注目手がかり, 無視手がかり)の2要因被験者内分散分析を行なったところ, SOAの主効果が有意で($F(1, 23) = 39.04, p < .001, \eta_p^2 = .63$), 手がかりの主効果は有意ではなかった($F(1, 23) = 0.94, p = .343, \eta_p^2 = .04$)。SOAと手がかりの交互作用が有意だった($F(1, 23) = 5.50, p = .028, \eta_p^2 = .19$)ため, 単純主効果

検定を行なったところ, SOAが100 msの条件では手がかり条件間に探索勾配の差は認められなかった($F(1, 23) = 0.57, p = .456, \eta_p^2 = .02$)。一方, SOAが1000 msの条件では無視手がかり条件の方が注目手がかり条件に比べて探索勾配が急峻だった($F(1, 23) = 8.33, p = .008, \eta_p^2 = .27$)。

切片について, SOA (100 ms, 1000 ms) ×手がかり(注目手がかり, 無視手がかり)の2要因被験者内分散分析を行なったところ, SOAと手がかりの主効果がそれぞれ有意だった($F(1, 23) = 272.34, p < .001, \eta_p^2 = .92; F(1, 23) = 29.19, p < .001, \eta_p^2 = .56$)。SOAと手がかりの交互作用が有意だったため, 単純主効果検定を行なったところ, SOAが100 msの条件では無視手がかり条件の方が切片は大きかった($F(1, 23) = 56.06, p < .001, \eta_p^2 = .71$)。一方で, SOAが1000 msの条件では手がかり条件間に切片の差は認められなかった($F(1, 23) = 2.58, p = .122, \eta_p^2 = .10$)。

考察

CSS3条件において, SOAが100 msの条件では無視手がかりによる反応時間の損失が認められ, SOAが1000 msの条件では反応時間の利得が認められた。この結果は, 観察者は無視すべき項目をはじめに選択し, ついで抑制するという考え(Moher & Egeth, 2012)を支持する。一方で, SOAが1000 msの条件で無視手がかり条件の探索勾配の方が注目手がかり条件の探索勾配よりも急峻だった。したがって, 注目・無視手がかりの効果の違いはそれぞれが機能する時間窓の違いによってのみ説明できるのではなく, 無視手がかりを用いた探索では, 妨害刺激は完全には抑制されていなかったことが示唆される。まとめると, 注目手がかりは視覚探索の初期段階で課題に関連する情報の処理を優先化するために用いられる一方で, 無視手がかりが有効となるには一定以上の時間を必要とする。無視手がかりが有効となっても, その探索効率注目手がかりよりも悪い。これは, 無視すべき項目を抑制しながら標的刺激が探索されていることを示唆する。このような処理により, 注意が無視すべき項目の位置に戻るものが抑制され, 探索上の利得となっている可能性がある。

引用文献

- Becker, M. W., Hemsteger, S., & Peltier, C. (2016). No templates for rejection: a failure to configure attention to ignore task-irrelevant features. *Visual Cognition, 76*, 1150–1167.
- Moher, J., & Egeth, H. E. (2012). The ignoring paradox: Cueing distractor features leads first to selection, then to inhibition of to-be-ignored items. *Attention, Perception & Psychophysics, 74*, 1590–1605.
- Vickery, T. J., King, L. W., & Jiang, Y. (2005). Setting up the target template in visual search. *Journal of Vision, 5*, 81–92.

報酬連合刺激の見えが価値駆動的な注意捕捉の生起に及ぼす影響

峯 知里
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科／日本学術振興会
京都大学大学院人間・環境学研究科

本研究では、連続フラッシュ抑制（continuous flash suppression）の手法を用いた2つの実験を通して、報酬連合刺激への意識的な見えが価値駆動的な注意捕捉の生起に及ぼす影響を検討した。実験1では、色と報酬の連合学習（学習課題）時に、報酬の大きさを予測する色刺激を抑制下で呈示した。実験2では、実験1と同じ刺激を用いて、報酬と連合された色刺激が抑制されない状態で学習を行った。価値駆動的な注意捕捉の生起は、学習後の視覚探索課題（テスト課題）で評価された。その結果、学習課題において、報酬と連合された色の弁別成績が高い参加者群には価値駆動的な注意捕捉が示された。一方、報酬と連合された色の弁別成績が低かった参加者群には注意捕捉がみられなかった。以上の結果から、本研究の結果は、報酬連合刺激の弁別感度が価値駆動的な注意捕捉の生起に影響することを示唆する。

Keywords: attentional capture, reward, continuous flash suppression

問題・目的

過去の経験は、その後の視覚的注意の選択に影響する。例えば、報酬と対呈示された刺激は、注意を捕捉することが報告されており（価値駆動的な注意捕捉, e.g., Anderson, 2016）、こうした価値駆動的な注意捕捉は古典的条件づけによって生じることが示されている（e.g., Bucker & Theeuwes, 2017）。Failing and Theeuwes (2017) は、どのような要因によって注意捕捉が生じるのかという問いについて、報酬連合刺激に対するinitial prioritizationが注意捕捉の生起に必要であることを示唆している。このinitial prioritizationは、報酬連合刺激の課題関連性、物理的顕著性、あるいは特徴と報酬の連合に関する知識によって生じると考えられているが、詳細なメカニズムは明らかにされていない。

本研究では、報酬連合刺激に対する参加者の意識的（主観的）な見えに着目し、こうした見えが価値駆動的な注意捕捉の生起に影響するか否かを検討した。そのため、実験1では学習課題で連続フラッシュ抑制（continuous flash suppression, Tsuchiya & Koch, 2005）により、報酬と連合された刺激特徴（色）の抑制を行った。また、実験2では、実験1と同様の刺激を使用した。特徴が抑制されない状況で課題を実施した。学習課題終了後、テスト（視覚探索）課題を行い、高報酬条件の反応時間が低報酬条件の反応時間よりも遅延するか否かを検討し、価値駆動的な注意捕捉の生起を評価した。仮説として、注意捕捉の生起に報酬連合刺激の意識的な見えが必要なら、この刺激が抑制された場合には注意捕捉がみられない。一方、見えが必要でないならば、報酬連合刺激が抑制された状況で学習を行った場合にも注意捕捉がみられると予想される。

方法

実験参加者 大学生・大学院生74名（実験1：34名、実験2：40名）が実験に参加した。

刺激・手続き 学習課題（32試行×5ブロック：計160試行）とテスト課題（48試行×4ブロック：計192試行）を実施した。

学習課題（文字弁別課題） 各試行では、画面中央にアルファベット1文字が呈示され、参加者はこの文字の弁別を行った（例：“A”または“B”の場合はLeftボタン、“C”または“D”の場合はRightボタン、図1）。反応はゲームコントローラーで収集した。文字の周囲には円が呈示され、この円の色（マゼンタ・イエロー）がフィードバック画面で示される高報酬（+100円）あるいは低報酬（+10円）とそれぞれ連合された。実験1では、連続フラッシュ抑制

（Tsuchiya & Koch, 2005）の手法を用いて、利き眼にモンドリアン刺激、非利き眼に報酬と連合された色円を呈示し、報酬連合刺激（色円）の抑制を行った。実験2では、実験1と同様の刺激を用い、モンドリアン刺激と報酬連合刺激の両方を同じ眼に左右ランダムに呈示した。そのため、実験2では報酬連合刺激が抑制されない状態であった。各試行の終わりに、2色の円が水平に呈示され、参加者はその試行で呈示された色を強制二肢選択法で回答し、確信度評定を行った。色と報酬の連合は参加者に教示しなかった。

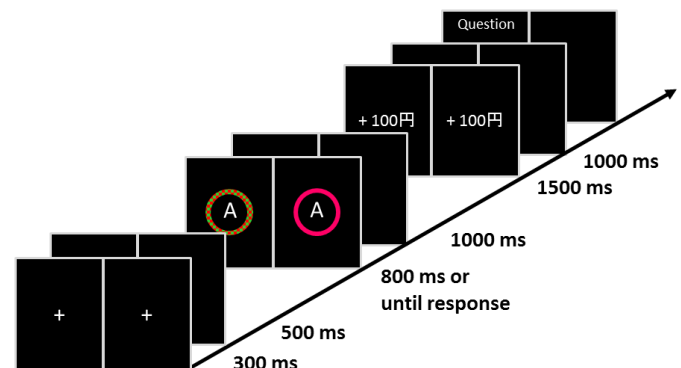


図1. 文字弁別（学習）課題1試行の流れ（実験1）

テスト課題（視覚探索課題） 円環状に呈示された6つの図形（円・ひし形）の中から、参加者は形のシングルトン（ターゲット）を探索し、ターゲット内に呈示された線分の方角（水平/垂直）を回答した（図2）。高報酬条件と低報酬条件では、5つのディストラクタのうち1つに、学習課題で報酬と連合された色が付加された（3分の2の試行）。その他の試行（統制条件）では、色シングルトンの図形が呈示されず、すべての刺激はグレーであった。また、不正解の試行のみ、フィードバック画面で「Incorrect」を呈示した。

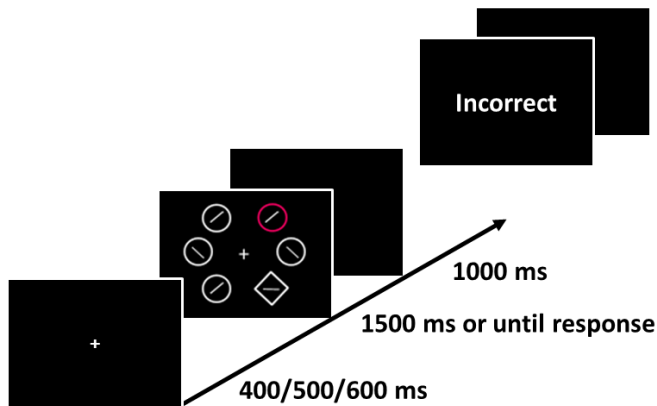


図 2. 視覚探索（テスト）課題 1 試行の流れ

結果

データ分析 少数派色覚と判断された実験1の参加者2名、実験2の参加者1名、さらに学習課題の正答率がチャンス（50%）を下回った参加者1名（実験1）のデータは分析から除外した（分析対象：実験1の31名、実験2の39名）。また、各条件の平均反応時間±3標準偏差を外れた試行も分析から除外した。

色の弁別成績 学習課題の色の見えに関する強制二肢選択の結果について、学習必要試行数（Sali et al., 2014）、学習実施試行数（160試行）を用いて累積二項確率を算出し弁別の基準値を求めた（実験1: 0.600, 実験2: 0.775）。その結果、実験1（抑制あり）で色が見えた（弁別成績が基準を上回った）参加者は6名、見えなかった（弁別成績が基準を下回った）参加者は25名であった。実験2（抑制なし）では24名が見えた、15名が見えなかったと判断された。以下では上記の分類に基づいてそれぞれ分析を行った。

学習課題（文字弁別課題） 報酬条件（高報酬・低報酬）による正答率及び反応時間の差はみられなかった。

テスト課題（視覚探索課題） はじめに、報酬連合刺激を抑制した実験1で、色が見えなかった参加者25名を対象に分析を行った。反応時間について妨害刺激の条件（高報酬・低報酬・統制）を要因とする参加者内1要因分散分析を行った結果、主効果に有意差が認められた ($F[2, 48] = 30.64, p < .001, \eta_p^2 = .561$)。しか

し、多重比較を行ったところ、高報酬と低報酬の反応時間に差がみられなかった ($t[24] = 0.24, p = .811$)。同様に、抑制を行わなかった実験2で、色が見えた参加者24名を対象に参加者内1要因分散分析を行った。その結果、実験1と同様に、主効果がみられた ($F[2, 46] = 32.10, p < .001, \eta_p^2 = .582$)。多重比較の結果、高報酬条件と低報酬条件の間に有意な差が確認された ($t[23] = 2.14, p = .043$)。さらに、実験1で報酬連合刺激が抑制されたにも関わらず、刺激が見えた参加者6名、実験2で色刺激を抑制しない事態においても、この刺激が見えなかった参加者15名に対して、同様の分析を行った。その結果、見えたと判断された参加者群（実験1）では高報酬と低報酬の間に有意な差がみられたが ($t[5] = 3.05, p = .028$)、見えなかったと判断された参加者群（実験2）では差が認められなかった ($t[14] = 0.65, p = .524$)。

考察

本研究では、連続フラッシュ抑制の手法を用いて、報酬と連合される特徴に関する意識的な気づきが価値駆動的な注意捕捉の生起に及ぼす影響を検討した。その結果、学習課題で、報酬連合刺激が抑制されるか（実験1）否か（実験2）に関わらず、色の弁別成績が高い参加者群で、高報酬条件の反応時間が低報酬条件の反応時間よりも遅延し、価値駆動的な注意捕捉がみられた。一方、弁別成績が低い参加者群では、色が抑制されない状況で学習課題を行った場合にも、テスト課題で報酬条件間の反応時間に差がみられず、注意捕捉が確認されなかった。以上の結果から、本研究では、価値駆動的な注意捕捉が生じるためには、報酬連合刺激が弁別可能な程度に処理される必要があることを示唆する。

参考文献

- Anderson, B. A. (2016). The attention habit: how reward learning shapes attentional selection. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1369(1), 24-39.
- Bucker, B. & Theeuwes, J. (2017). Pavlovian reward learning underlies value driven attentional capture. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79, 415-428.
- Failing, M., & Theeuwes, J. (2017). Don't Let It Distract You: How Information about the Availability of Reward Affects Attentional Selection. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79, 2275-2298.
- Sali, A. W., Anderson, B. A., & Yantis, S. (2014). The role of reward prediction in the control of attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40, 1654-1664.
- Tsuchiya, N., & Koch, C. (2005). Continuous flash suppression reduces negative afterimages. *Nature Neuroscience*, 8, 1096 - 1101. doi:10.1038/nn1500

視覚的な注意の捕捉に及ぼす意味的類似性の効果

鈴木 玄

専修学大学大学院文学研究科

大久保 街亜

専修大学人間科学部心理学科

非注意による見落としにおいて、予期しない刺激と注意を向ける刺激が同じ意味カテゴリーに属しているとき、属していないときと比べて予期しない刺激は検出されやすい(Koivisto & Revonsuo, 2007)。本研究は、非注意による見落としの静的パラダイム(e.g., Mack & Rock, 1998)を用いて、刺激間の意味的類似性が視覚的な注意の捕捉に及ぼす影響を検討する。予期しない刺激と注意を向ける刺激間の意味的類似性を操作するために、6つの意味カテゴリーを用いた。この内の1つは注意を向ける刺激が属する意味カテゴリー、残りは予期しない刺激が属する意味カテゴリーであった。実験の結果、意味的類似性が予期しない刺激の検出率を予測した。この結果は、非注意の見落としにおいて、意味的類似性の上昇によって、視覚的な注意の捕捉が強くなることを示唆している。

Keywords: inattention blindness, semantic relation

問題・目的

ある出来事に注意を向けていると、予期しない刺激が提示されても気づけないことがある。この現象は非注意による見落としと呼ばれている。(Mack & Rock, 1998)。Koivisto and Revonsuo (2007)は非注意による見落としの静的パラダイムを用いて、刺激の意味が注意を捕捉し、非注意による見落としを減少させるのかを検討した。その結果、予期しない刺激と注意を向ける刺激が属する意味カテゴリーが同じ場合、異なるときと比べて予期できない刺激の検出率が増加し、非注意による見落としが生じにくくなることを示した。この結果より、刺激の意味が視覚的な注意の捕捉に影響を及ぼすことが示唆された。

Koivisto and Revonsuo (2007)は2つの意味カテゴリー(i.e., 動物と家具)を用いて視覚的な注意の捕捉に対する意味的関連性の効果を検討した。しかし2つのカテゴリー間の意味的関連性は異同だけではなく、意味ネットワークモデル(e.g., Collins & Loftus, 1975)のように類似性の高低をもとに考えることもできる。そこで本研究では、注意を向ける刺激と予期しない刺激が属するカテゴリーの意味的類似性を連続的に操作し、意味的類似性が視覚的な注意の捕捉に及ぼす影響を検討する。

意味的関連性の効果について、Collins and Loftus (1975)はある概念が処理されたときに意味的関連性が高い概念も活性化され、処理されやすくなるという活性化拡散モデルを提唱している。視覚的な注意においても意味的関連性の効果が生じるならば、この活性化拡散モデルが当てはまると考えられる。意味的な異同で注意の捕捉が変わるのではなく、意味的類似性が高くなるにつれて、注意の捕捉が徐々に強くなるという仮説がたてられる。もしこの仮説が成り立つのであれば、意味的類似性が高いほど注意を捕捉するため、予期しない刺激の検出率が増加すると予測される。

方法

実験参加者 正常視(矯正を含む)を有する大学生および大学院生271名(男性150名、女性121名)が参加した。

刺激 予期しない刺激と注意を向ける刺激の意味的類似性を操作するために、果物、野菜、昆虫、鳥、乗物、そして家具の6つのカテゴリーを使用した。これらのカテゴリーは予備調査を行い、選択した。6つのカテゴリーの内、果物は参加者が注意を向ける刺激の意味カテゴリーに使用した。その他のカテゴリーは予期しない刺激が属するカテゴリーに使用した。なお意味的類似性は果物に対して、野菜、昆虫、鳥、乗物、家具の順に高かった。

本実験では19枚の線画と5個の単語を用いた。果物に属していた線画は4つであった。他のカテゴリーについては、3つの線画と1つ単語がそれぞれ属していた。

手続き 実験は4試行であった。1試行の流れをFigure 1に示した。各試行では、まず始めに注視点が1000ms提示された。注視点は背景が黒色のモニターに提示された白色の円の中心に提示された。次に注視点と4つの線画を含む探索画面が1000ms提示された。このとき4つの線画は白円の中に不規則な位置で提示された。その後マスクとして、白円の領域にランダムドットが1000ms提示された。

参加者の課題は果物の線画を探索し、その個数と名前を回答することであった(線画同定課題)。そのため、果物の線画は注意を向ける刺激となる。3試行目以降では、注視点の位置に単語が提示された。このときの提示例をFigure 1(c)に示した。この単語は参加者に教示されていないため、予期しない刺激となる。3試行目の線画同定課題への回答後、単語の出現に気づいたかを回答させた。そして単語の出現した位置とその内容を回答させた(文字検出課題)。4試行目では線画同定課題を行わず、文字検出課題のみを行った。

本実験では線画同定課題と文字検出課題を用いた、二重課題を行った。線画同定課題は実験参加者に予め教示されている主課題、文字検出課題は実験参加者にその存在を教示されていない副課題に該当する。

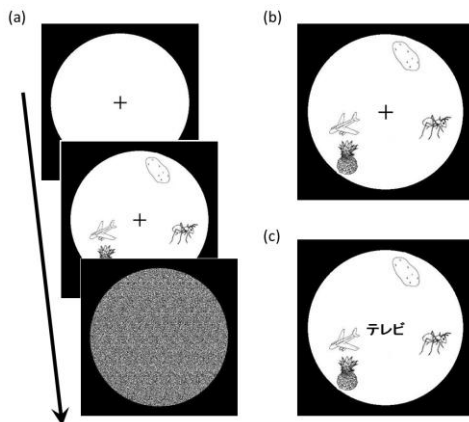


Figure 1. (a) 1試行における刺激の提示例 (b)1・2試行目における探索画面の提示例 (c)3・4試行目における探索画面の提示例

結果

文字検出課題の正答率は予期しない刺激の検出率にあたる。そこで3試行目における文字検出課題の正答率を予期しない刺激のカテゴリー条件別に求め、Figure 2に示した。文字検出課題は、予期しない刺激の提示された場所と内容の両方を正答している場合のみを正答として扱った。

予期しない刺激と注意を向けた刺激間の意味的類似性の高低によって文字検出課題の正答率を予測できるのかを検討するため、2つの刺激間における意味的な類似性の評定値を独立変数、文字検出課題の正答率を従属変数としてロジスティック回帰分析を行った。その結果、意味的な類似性が高くなるにつれ、文字検出課題の正答率が増加した(logit = -0.43+0.20×意味的類似性, $z = 2.30, p = .022, odds\ ratio = 1.22$)。

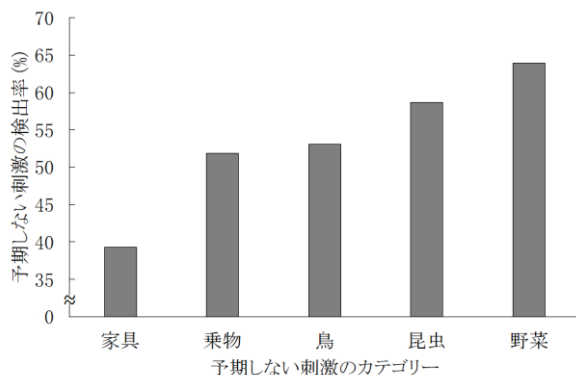


Figure 2. 予期しない刺激のカテゴリー条件別にみた予期しない刺激の検出率

主課題である線画同定課題の正答率については、1試行目と3試行目に対して、予期しない刺激が属するカテゴリー条件別に求め、Figure 3に示した。この1試行目と3試行目は探索画面において提示された果物の線画の個数が同じであった。その結果、1試行目では正答率に有意な差はなかった($\chi^2(4) = 2.99, p = .560, Cramer's\ V = .105$)。一方、3試行目では条件間で正答率に有意な差があった($\chi^2(4) = 13.67, p = .008, Cramer's\ V = .225$)。残差分析を行った結果、有意水準を1%としたときに野菜の正答率が有意に低いことが示された。

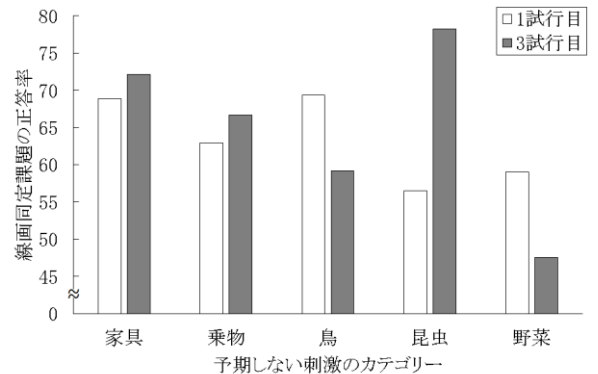


Figure 3. 予期しない刺激のカテゴリー条件別にみた線画同定課題の正答率

考察

文字検出課題の結果、予期しない刺激と注意を向ける刺激が属するカテゴリーの意味的類似性の高さが予期しない刺激の検出率を予測することが示された。この結果は意味類似性が高いほど注意の捕捉が強くなるという我々の仮説と一致する。本実験の結果より、予期しない刺激と注意を向ける刺激が属するカテゴリーの意味的類似性が高いほど視覚的な注意を捕捉しやすい可能性が示された。

引用文献

- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A Spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Koivisto, M. & Revonsuo, A. (2007). How Meaning Shapes Seeing. *Psychological Science*, 18, 845-849.
- Mack, A. & Rock, I. (1998). *Inattention Blindness*. Cambridge, MA: MIT Press

視覚性短期記憶における Hebb 反復効果

上田 祥行

京都大学こころの未来研究センター

Tsung-Ren Huang

Department of Psychology, National Taiwan University

Su-Ling Yeh

Department of Psychology, National Taiwan University

齊藤 智

京都大学教育学研究科

何度も同じ情報が呈示されると、再生成績や親近性が上昇したり、その情報を使って効率的に探索したりできるようになる。聴覚・言語ドメインでは、アイテムがどの系列位置に呈示されやすいかという効果と、どういった組み合わせで呈示されるかという効果が、反復によってそれぞれ別に記憶成績の上昇に貢献していることが知られている。本研究では、視覚ドメインにおいてこれらが記憶成績に与える影響を検討し、反復学習メカニズムのドメイン共通性について明らかにする。実験 1 では、4 つの色が同時に 200ms 呈示され、参加者は遅延期間後に画面を再生した。その結果、同じ画面を反復しても記憶成績の上昇は見られなかった。実験 2 では、4 つの色が順に 200ms ずつ呈示された。その結果、反復によって記憶成績が上昇したが、どういったアイテムがともに呈示されやすいかという効果は、成績上昇にほとんど影響していなかった。これらの結果は、1) 反復呈示によって記憶が頑健になるには注意の移動が関与していること、2) 反復による記憶の向上はドメイン共通のメカニズムではなく、ドメイン特有のメカニズムで成立している可能性、を示唆している。

Keywords: visual working memory, Hebb repetition learning, temporal learning, spatial learning, attention.

問題・目的

Hebb 反復効果とは、直後系列再生課題において同じリストが反復して呈示されると成績が向上する現象である (Hebb, 1961)。この効果は聴覚・言語ドメインにおいて、長期の音韻学習の基盤となると考えられている。Nakayama & Saito (2017) は、言語性短期記憶課題を用いて反復呈示の効果がどのように学習に影響するのかを検討したところ、呈示されるアイテムがどの順序位置に呈示されやすいか (positional effect) と、リスト全体が繰り返される効果は別々に記憶成績の上昇に貢献することを明らかにした。視覚ドメインにおいても何度も同じ情報が呈示されると、再認成績や親近性が上昇したり、その情報を効率よく使用して探索したりできることが知られている (e.g., Chun & Jiang, 1998; Fizer & Aslin, 2001)。また、視覚ドメインでも位置に応じた呈示確率の情報や順序情報は潜在的に記憶されている (Geng & Behemann, 2005; Higuchi, Ueda, Ogawa, & Saiki, 2016)。これら視覚ドメインにおける研究の多くは 1~2 秒程度と比較的長い時間呈示されており、アイテムの呈示位置の効果や刺激全体の反復が短期の視覚記憶にどのように寄与しているのかはまだ明確ではない。また、聴覚言語ドメインにおけるこれらの効果と視覚ドメインにおける効果と同じパラダイムを用いて検討した研究はない。

そこで本研究では、視覚性短期記憶課題において、Nakayama & Saito (2017) の方法を適用し、アイテムの呈示確率や刺激の組み合わせの繰り返しが視覚性短期記憶に与える影響を検討した。なお、聴覚・言語ドメインで検討した Nakayama & Saito (2016) は、リスト全体を繰り返す Hebb 反復条件で最も記憶成績が高くなり、続いて頻繁に同じ順序位置に呈示されるアイテム

の記憶成績がその他の記憶成績よりも高くなることを示している。

方法

実験参加者 実験 1 に 20 名、実験 2 に 19 名の大学生・大学院生が実験に参加した。

刺激および装置 視覚刺激として、10 色の色パッチが用いられた。色パッチは互いに 90 度ずつ離れた 4 ヶ所に呈示された。呈示場所は、参加者によってランダムに決定され、同一参加者では決められた同じ場所に実験を通じて繰り返し呈示された。

デザイン Nakayama & Saito (2017) で用いられた mixed frequency design を改変して用いた。4 ヶ所の呈示場所はそれぞれ提示される出現頻度が高い 2 色が決まっており、それらの色は他の場所ではほとんど呈示されなかった。これらを組み合わせ、4 ヶ所すべてで同じ組み合わせが反復される場合 (Hebb 反復呈示)、2 ヶ所で出現確率の高い色が、2 ヶ所で出現確率の低い色が呈示される場合 (混合呈示)、4 ヶ所すべてで出現確率の低い色が呈示される場合 (フィルター呈示) を設定した (Table 1 参照)。16 試行を 1 ブロックとして、16 ブロック計 256 試行が行われた。Hebb 反復に用いられる色の組み合わせはブロック毎に変化したが、各場所の出現確率は実験を通じて変化しなかった。

手続き 実験 1 では、4 色の色パッチが同時に 200ms 間呈示された。その後、2000ms 間のブランクの後に、参加者は位置ごとにどの色が呈示されたかを全 10 色の中からマウスクリックで選択した。実験 2 では、色パッチは 1 色ずつ、それぞれ 200ms 間呈示された (刺激間のブランクは 300ms)。その後、2000ms 間のブランクを挟んで、実験 1 と同じの方法で参加者は呈示画面を再生した。実験 1, 2 ともに、参加者は任

意の場所から色を再生することができたが、一度色を選択した後は変更することはできなかった。色は比較的言語化しにくいものを選び、言語による記憶をしないように参加者に教示した。

Table 1. An example of presentation color.

Trial	Type	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4
1	Mixed	1	3	0	2
2	Hebb	0	2	4	6
3	Mixed	2	6	5	7
4	Filler	6	4	9	5
5	Mixed	1	3	8	0
6	Hebb	0	2	4	6
7	Mixed	3	9	5	7
8	Filler	7	5	3	1
9	Mixed	1	3	7	8
10	Hebb	0	2	4	6
11	Mixed	4	0	5	7
12	Filler	5	7	1	3
13	Mixed	1	3	2	9
14	Hebb	0	2	4	6
15	Mixed	8	1	5	7
16	Filler	9	8	6	4

Note: Each number (0-9) represents each corresponding color. Gray cells indicate higher frequency.

結果

条件ごとの実験1の記憶成績をFigure 1に、実験2の記憶成績をFigure 2に示す。チャンスレベルは0.10であり、いずれの実験もチャンスより有意に高い正答率を示していた。

実験1では、呈示条件による再生成績の違いは見られなかった ($F(3,57) = 1.30, p = .28, \eta_p^2 = .06$)。これは、同じ位置に同じ色が繰り返し呈示されることが短期記憶課題の成績を上昇させなかったことを示している。

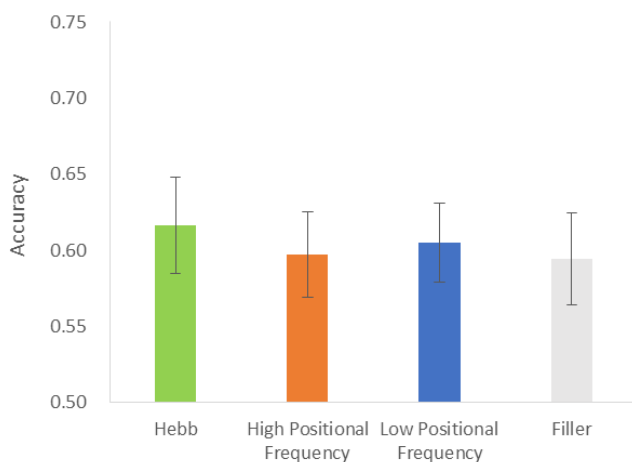


Figure 1. Accuracy in Experiment 1. Bars show standard errors.

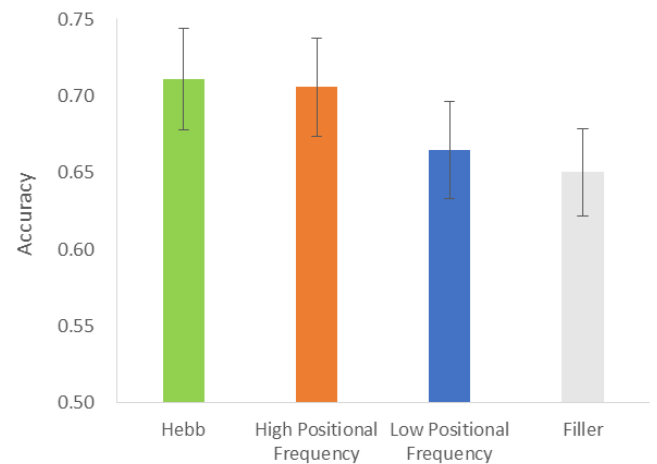


Figure 2. Accuracy in Experiment 2. Bars show standard errors.

実験2では、呈示条件による再生成績の違いが有意であり ($F(3,54) = 8.59, p = .0001, \eta_p^2 = .32$)、Hebb反復画面やある場所において出現確率の高い色が呈示された場合はそうでない場合に比べて有意に再生成績が上昇した。しかしながら、Hebb反復画面と出現確率の高い色の再生成績の間に有意な差はなかった ($\text{adjust } p = .57$)。これは、視覚ドメインを扱った本研究においては、個々の呈示位置ごとに出現頻度が学習されており、呈示される色の組み合わせは記憶成績の向上に寄与していないことを示している。

考察

本研究の結果は2つの示唆をもたらす。第一は、アイテムを同時呈示した実験1では、反復の効果が見られず、継時呈示を行った実験2で反復の効果が見られたことから、反復による記憶成績の促進には、注意が関与している可能性である。聴覚・言語ドメインではアイテムの同時呈示が困難であり、これまでこの可能性については検討されていない。また、視覚ドメインにおいてこれまで反復呈示によって記憶に影響を与えた現象はいずれも呈示時間が長く、注意の移動を含むものであった (e.g., Chun & Jiang, 1998; Fizer & Aslin, 2001)。これらより、反復による学習・記憶成績の向上は注意の移動が必要な要素であると考えられる。

第二は、実験2でHebb反復と出現確率の高い色の再生成績の間に差がなかったことから、視覚ドメインにおいては聴覚・言語ドメインほどにアイテムの共起性を重要視していない可能性である。聴覚・言語ドメインと同じ課題を用いていることから、反復の効果はドメイン共通のメカニズムではなく、各ドメインに特化したメカニズムで得られている可能性があるだろう。

引用文献

Nakayama, M., & Saito, S. 2017 Position-element frequency learning is dissociate from Hebb repetition learning. *Journal of Memory and Language*, 94, 235-253.

アイコニックメモリの成立に注意は必要か？

大嶽 侑玄
井関 龍太

大正大学人間学部人間科学科
大正大学心理社会学部人間科学科

Mack, Erol, & Clarke (2015) は、アイコニックメモリの形成に注意が必要であることを示唆した。しかし、彼らは二重課題を用いており、実験参加者の注意資源が不足していた可能性や提示時間がアイコニックメモリの研究として典型的でなかったことに疑問が残る。本研究では、注意が分割されないように単独課題の状況で、先行手がかりによって注意を操作した。実験の結果、先行手がかりによって画面の中央と右側の列に注意が向けられた場合には、部分報告の成績が全体報告の成績よりも優れていた。また、先行手がかりによって注意が向けられなかったときの部分報告の成績は全体報告の成績と異ならなかった。したがって、アイコニックメモリの形成には事前にその位置に注意が向けられていることが必要であることが示唆された。

Keywords: attention, iconic memory, partial report, whole report.

問題・目的

人間は、目で見えたものを一瞬で短時間記憶できるアイコニックメモリを持つとされる。Sperling (1960) の実験では、短時間提示された文字列に対して、そのすべてを報告する全体報告法、後から指定された文字を報告する部分報告法の正答率を比較した。この手続きのもとで、全体報告法よりも部分報告法の正答率が高くなることから、注意を要することなく多量の情報を保持できる貯蔵庫があると考えられた。

これに対して、近年、アイコニックメモリの成立には注意が必要であることを示唆する研究がなされている。Mack, Erol, & Clarke (2015) は、実験参加者に文字列を答えさせる課題と視覚探索課題の刺激を同時に提示し、そのいずれかを行わせることによって注意を分割した。注意負荷の高い同時課題を課すことによって部分報告法の正答率が低下したことから、アイコニックメモリには注意が必要であることが主張された。

しかし、Mack et al. (2015) の手続きは、二段階の部分報告を行うような形になっており、注意資源が不足した状況であった可能性がある。また、刺激の提示時間も長かった。さらに、Mack et al. (2015) では、注意が働いていないときにアイコニックメモリが成立しているか否かの検証がなされていない。そこで、本研究では、Mack et al. (2015) よりも簡潔な、先行手がかりによる手続きで注意を操作し、アイコニックメモリと注意の関係について検討した。具体的には、注意が部分報告法の正答率に及ぼす影響を検討することに加え、注意を操作した際の部分報告法と全体報告法の正答率を比較した。

方法

実験参加者

大学生の男性5名、女性5名の計10名が実験に参加した。平均年齢は、21.4歳 (SD = 0.49) で視覚に問題はなかった。

刺激

A, I, U, E, Oを除いた21文字のアルファベットを用いた。各試行でランダムに9文字を選択し縦横3×3の行列の形に配置した。先行手がかりとして、刺激の各列の3文字を囲う長方形を用いた。部分報告法で報告する文字列の指定には音を用い（報告手がかり）、列の左は200Hz、中央は600Hz、右は1000Hzで指定した。

手続き

図1に実験画面の概要を示す。実験参加者の課題は、提示される文字列を全体報告、または部分報告することであった。始め注視点を1000 ms提示した。次に、1000 msのブランクの後、先行手がかり（左、中央、右のいずれか）を50 ms提示した（全体報告法のみ、先行手がかりが提示されない試行があった）。さらに50 msのブランクの後、ターゲットを50 ms提示した。その後、全体報告ブロックでは、実験参加者は提示されたターゲットをすべて報告した。部分報告ブロックでは、ターゲット消失から150 msのブランクの後、報告手がかり（1000Hz、600Hz、200Hzのいずれか）が100 ms提示された。実験参加者は報告手がかりに対応する列の文字を報告した。いずれの課題も報告時間は最大10 sで、報告は口頭であった。

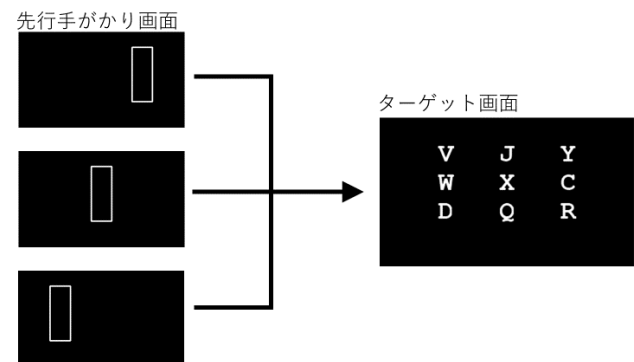


図1 実験の概要

結果

部分報告法への先行手がかりの影響を調べるため、部分報告ブロックにおいて先行手がかりと報告手がかりの位置が一致する試行と不一致の試行の正答率を比べた（図2；エラーバーは95%信頼区間を表す）。その結果、一致する試行の方が不一致の試行よりも有意に正答率が高かった ($t(9) = 3.18, p = .01$)。

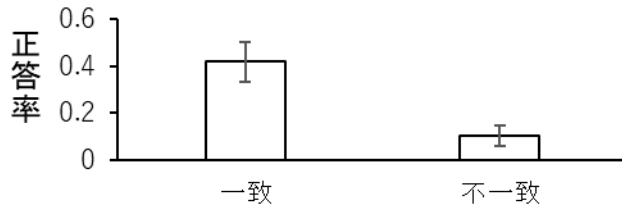


図2 両手がかり位置の一致・不一致の場合の比較

アイコニックメモリの成立について検討するため、部分報告法と全体報告法の正答率を比較した。先行手がかりが同じ位置に提示された試行どうしの正答率を比較した。というのは、全体報告ブロックには先行手がかりの要因があったが、報告手がかりの要因はなかったためである。したがって、この分析では、同じ位置に先行手がかりが現れた試行について、先行手がかりと同じか異なる位置に部分報告が求められた場合と全体報告が求められた場合の正答率を比較することになる。分析の結果、先行手がかりが左に提示された場合には（図3；先行手がかりと報告手がかりが一致する条件の棒を点で強調した）、試行の種類の主効果は見られなかった ($F(3, 27) = 1.13, p = .35$)。

先行手がかりが中央に提示された場合には（図4）、試行の種類の主効果が見られた ($F(3, 27) = 16.49, p < .001$)。Shafferの方法による多重比較を行った。有意水準は全体で5%になるように調整した。その結果、全体報告法と報告手がかり200Hz ($t(9) = 2.62$)、全体報告法と報告手がかり1000Hz ($t(9) = 2.91$)の正答率の間に有意な差は見られなかった。しかし、先行手がかり600Hzのときの正答率は全体報告のときよりも有意に高かった ($t(9) = 4.36$)。

先行手がかりが右に提示された場合には（図5）、試行の種類の主効果が見られた ($F(3, 27) = 5.53, p < .001$)。多重比較の結果、全体報告法と報告手がかり200Hz ($t(9) = 2.44$)、全体報告法と報告手がかり600Hz ($t(9) = 0.66$)の正答率の間に有意な差は見られなかった。しかし、先行手がかり1000Hzのときの正答率は全体報告のときよりも有意に高かった ($t(9) = 3.15$)。

考察

本研究では、アイコニックメモリの形成に注意が必要であるかを調べた。実験の結果、まず、部分報告法において、先行手がかりと報告手がかりが一致する場合の方が一致しない場合よりも正答率が高くなることがわかった。そのため、部分報告法の成績は、先行手

がかりによる注意の操作の影響を受けることが明らかになった。

次に、アイコニックメモリの検証のため、全体報告法の正答率と部分報告法の正答率の比較を行った。その結果、先行手がかりが中央もしくは右に提示された場合には、予め注意が向けられた位置に部分報告することが求められた場合のほうが全体報告を求められた場合よりも正答率が高かった。しかし、先行手がかりが左に提示された場合には、これらの条件の正答率に差はなかった。したがって、少なくとも、先行手がかりが中央か右に提示された場合には、報告すべき位置に注意が向けられていたときにはアイコニックメモリが成立していたといえる。

一方、先行手がかりの位置がいずれであるにせよ、注意が向けられていなかった位置に部分報告することが求められた場合と全体報告が求められた場合の正答率に差は見られなかった。したがって、報告すべき位置に注意が向けられなかった場合にはアイコニックメモリが成立していたとはいえない。

これらのことから、アイコニックメモリの形成には事前にターゲットの位置に注意が向けられていることが必要であることが示唆された。

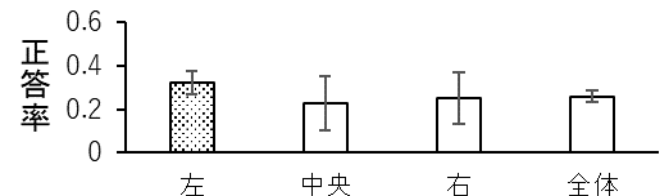


図3 先行手がかり左における両報告法の正答率

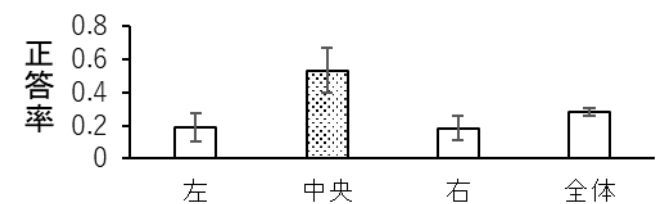


図4 先行手がかり中央における両報告法の正答率

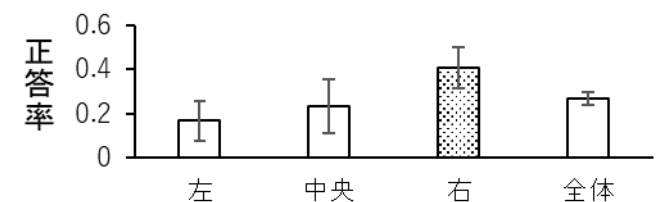


図5 先行手がかり右における両報告法の正答率

引用文献

- Mack, A., Erol, M., & Clarke, J. (2015). Iconic memory is not a case of attention-free awareness. *Consciousness and Cognition*, 33, 291-299.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentation. *Psychological Monographs: General and Applied*, 74, 1-29.

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。

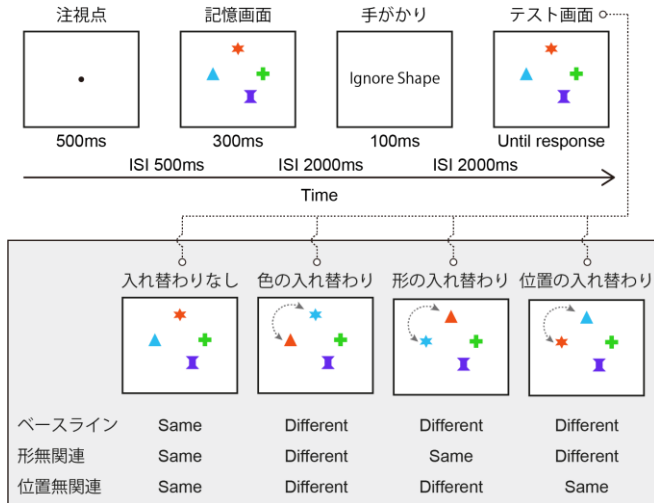


図1 変化検出課題（上）1試行の流れの例（下）テスト画面の全種類と各属性抑制条件における正答のマッピング

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。

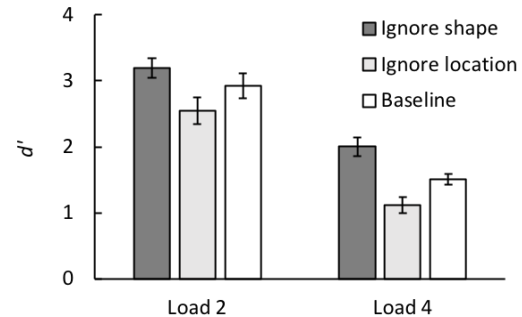


図2 変化検出課題における各条件での平均記憶感度（エラーバーは標準誤差）

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.

聴覚刺激による視覚情報処理の促進と妨害 - 顔刺激の弁別反応時間と再認率を指標として -

小西 慶治
中島 亮一
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学大学院人文社会系研究科

聴覚刺激の存在が視覚刺激の弁別反応時間を早めることは古くから知られているが、視覚刺激の符号化段階から促進されているのかどうかについては議論が続いている。本研究では、顔の弁別課題と再認課題を課し、同時に提示した純音が顔の符号化処理に影響を及ぼしているのかどうかを調べた。この純音の操作については、半数の試行で強い音を提示し、残り半数では弱い音を提示するか（実験1）、音を提示しない（実験2）ことにした。その結果、強い音は、実験1、2のいずれでも弁別反応時間を短縮し、従来研究を再現した。しかしながら、続けて行った顔の再認課題では、強い音は残り半数で弱い音と提示された実験1のみで記憶成績を向上し、残り半数で音が提示されなかった実験2ではむしろ記憶成績を下げた。これらのことから、聴覚入力によって視覚刺激の反応時間が短縮されたとしても、聴覚入力に対する予測性に依りて、符号化処理が促進されることもあれば、妨害されることもあることが分かった。

Keywords: cross-modal memory, auditory accessory stimulation, audiovisual interaction

問題・目的

我々は多感覚情報を利用することで豊かな知覚経験をしている。ある感覚器官への入力が別の感覚情報の処理に影響することが実験的にも示されてきた。例えば、課題非関連な聴覚刺激が同時に提示されると、視覚刺激の弁別反応時間が短縮することが知られており、聴覚アクセサリ効果と呼ばれている(Jepma et al., 2009)。

聴覚入力が同時に存在することで視覚刺激がより強く知覚される(Stein et al., 1996)ことから、視覚刺激そのものの符号化処理が促進されていると考えられる。しかしながら、視覚刺激の提示から反応の完了までには反応選択過程(Posner et al., 1973)や運動準備過程(Miller et al., 1999)といった、視聴覚情報の統合とは別のプロセスに参与する可能性も指摘されてきた。聴覚アクセサリ効果が視聴覚相互作用の何の側面を反映しているかについては、いまだ議論が続いている。

そこで本研究では、視覚刺激の弁別課題後に記憶課題（再認記憶課題）を行うことで、聴覚入力が視覚情報の符号化処理を促進するかを検討した。再認課題ではそれ以前に形成された記憶表象に基づいて判断がされるため、弁別課題の遂行にのみ関係する反応選択、運動準備の両過程での影響を排除できると考えられる。

具体的には、参加者に対して純音と視覚刺激と同時に提示した上で弁別課題を行い、そののちに視覚刺激について再認課題を課した。純音の提示方法については、2種類の典型的な聴覚アクセサリ効果の実験パラダイムを採用した。実験1では純音の強度を操作し(Miller et al., 1999)、実験2では純音の有無を操作した(Jepma et al., 2009)。聴覚アクセサリ効果によって視覚刺激の符号化処理が促進されるならば、弁別課題時に強い音と同時に提示されていた視覚刺激に対する再認成績が弱い音(実験1)や音なし(実験2)と比べ高くなると予想される。

方法

実験参加者 実験1に24名、実験2に21名が参加した。
刺激 視覚刺激は日本人の有名人の顔156枚で、男女半数ずつであった。聴覚刺激は強い音と弱い音の2種類であった。



図1. 顔弁別課題の模式図。

実験手続き 参加者は図1に示す通り、順次提示される顔を見て、特定の性別の顔が提示された場合にのみキー押しで反応した（顔弁別課題）。この際、顔の提示時に、実験1では強い音と弱い音がランダムに提示され、実験2では強い音が提示される場合と何も提示されない場合が混在した。音に関しては無視するように教示された。1セットは156試行で各顔が一度ずつ提示され、提示順を変えて2セット行われた。各有名人は2回提示されたことになるが、いずれも特定の音（ないしは無音）と組み合わせられていた。

事前の教示はなかったが、弁別課題が終了してから約1分後に再認課題が行われた。弁別課題時に出現した顔と出現しなかった新しい顔が同時に提示され、参加者はいずれが弁別課題に出現したものを強制二肢選択で回答した。

実験1 結果と考察

顔弁別課題 顔弁別のHit率, FA(False Alarm)率, 正答試行の平均反応時間を算出した. Hit率は強い音で $98.6 \pm 0.6\%$ ($mean \pm SE$), 弱い音で $97.8 \pm 0.7\%$ であった. FA率は強い音で $3.2 \pm 0.6\%$, 弱い音で $2.5 \pm 0.3\%$ であった. これら顔判断の正確性は音の強弱に左右されなかった (Hit率, $t(23) = 1.55, p = .13$; FA率, $t(23) = 1.22, p = .23$). 一方, 強い音と同時に提示されていた顔に対する反応時間 ($379 \pm 7\text{ ms}$) は弱い音 ($386 \pm 7\text{ ms}$) と比べて短かった ($t(23) = 2.33, p < .05$).

再認課題 顔判断課題時に強い音が同時に提示されていた顔の再認成績は $80.3 \pm 1.9\%$, 弱い音と同時に提示されていた顔の再認成績は $77.4 \pm 2.1\%$ であり, 強い音の方が高かった ($t(23) = 2.01, p = .056$).

考察 同時に提示する音の強度を大きくすると, 視覚刺激に対する反応時間が短くなり, よく再認されるようになった. これは聴覚入力が存在が運動準備過程を短縮するとの説 (Miller et al., 1999) では説明がつかないが, 視覚刺激自体の符号化を促進しているとの主張 (Jepma et al., 2009) を支持する. 実験1は従来の先行研究の知見を拡張し, 高強度な聴覚刺激は頑健な視覚記憶表象の形成にもつながることを示唆している.

実験2 結果と考察

顔弁別課題 顔弁別のHit率は音ありで $98.9 \pm 0.3\%$, 音なしで $99.1 \pm 0.4\%$ となり, 音の有無の効果は認められなかった ($t(20) = 0.57, p = .58$). 一方, FA率は音ありで $4.2 \pm 0.8\%$, 音なしで $2.7 \pm 0.7\%$ となり, 音ありの場合に誤ってキーを押す試行が多くなっていた ($t(20) = 2.38, p < .05$). また, 強い音と同時に提示されていた顔に対する反応時間 ($379 \pm 8\text{ ms}$) は, 弱い音の場合 ($384 \pm 7\text{ ms}$) と比べて短くなっていたものの, 統計的には有意ではなかった ($t(20) = 1.58, p = .13$).

再認課題 顔判断課題時に強い音が同時に提示されていた顔の再認成績は $78.3 \pm 1.9\%$, 音なしで提示された顔の再認成績は $81.4 \pm 1.7\%$ であり, 後者の方が高かった ($t(20) = 2.73, p < .05$).

考察 反応時間のデータは聴覚アクセサリ効果の先行研究とは矛盾しないが, FA率を見ると, 音の存在は弁別課題の正確性を損なっている. これは Posner et al. (1973) が指摘するように, 反応選択過程においてキー押しを行うための閾値が低下したことによるものと考えられる. つまり, 本実験結果は, 聴覚入力による視覚刺激の符号化促進を示してはいない. 一方で, 再認成績からはむしろ音の存在が視覚刺激の符号化を妨げることが示された. これは, 予期しない音の出現に注意が捕捉され視覚課題の遂行が妨げられたためだと考えられる (Wetzel et al., 2012). 以上より, 課題非関連に提示された聴覚刺激が反応選択過程を短縮し, 視覚刺激の符号化は妨害する場合もあることが示された.

実験1, 2の比較 強い音と同時に提示されていた顔の再認成績を比較したところ有意な差は認められなかった ($t(43) = 0.75, p = .46$). つまり, 強い音と同時に提示されていた顔の再認成績を基準に, 弱い音はそれより低く, 音なしではそれより高いことがわかった.

総合考察

本研究で用いた強い音は実験間で共通であり, 残り半数で提示される音のみが異なっていた. 実験1では弱い音, 実験2では音なしであった. 実験結果より, 音の存在は視覚刺激の符号化を妨害するが, その妨害の度合いは音の強度が低い方が大きいと言える. 課題非関連な音には, 注意の捕捉 (Wetzel et al., 2012) と視覚符号化処理の促進 (Stein et al., 1996) の二つの側面があり, 聴覚アクセサリ効果は聴覚入力に符号化, 反応選択の各段階へ作用する複合的な現象である可能性が示唆された. そして, 聴覚アクセサリ効果が視聴覚相互作用におけるどの段階で生じるかは課題に依存するものだと考えるべきである (Jepma et al., 2009; Miller et al., 1999). それでは, 本研究の二つの実験で異なる影響 (聴覚刺激による促進/妨害) が観察された原因は何だろうか.

一つの可能性として, 音の存在についての予測性の違いが挙げられる. Emberson et al. (2010) は, 視覚課題遂行中に二人の人物の会話音声を聞かせる群と, そのうちの片方の音声のみを聞かせる群をもうけた. すると, 後者の方が聴覚入力の総量は小さいにも関わらず視覚課題成績を著しく下げた. 彼らはこの結果を聴覚入力の存在自体ではなく, 予測の不確かさに起因するとした. また Wetzel et al. (2012) は, oddball課題を用いて, 課題非関連な聴覚刺激の変化が予測できる場合には視覚刺激の処理を促進し, 予測できない場合には視覚刺激の処理を妨害させることを示した. 本研究では, 実験1では聴覚入力に必ず存在していたが, 実験2では聴覚入力に存在するかどうかは半々の確率であり, 後者では音の存在という観点では不確かさが高かった. よって不確かさが低い場合には聴覚刺激による妨害が小さくなり, 視覚刺激の符号化促進が強く表れ (実験1), 不確かさが高い場合には聴覚刺激による妨害が大きくなった (実験2) と説明できる.

本研究は聴覚入力に対する予測性に依りて, 視覚刺激の符号化処理が促進されたり, 妨害されたりする可能性があることを示した. 今回は音がない場合に一番記憶成績がよくなるという結果であったが, 聴覚入力に対する予測性を調整することで, 視覚記憶の向上につながる可能性がある.

引用文献

- Emberson, Lupyan, Goldstein, & Spivey. (2010). *Psychological Science*, 21, 1383–1388.
- Jepma, Wagenmakers, Band, & Nieuwenhuis. (2009). *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 847–864.
- Miller, Franz, & Ulrich. (1999). *Perception & Psychophysics*, 61, 107–119.
- Posner, Klein, Summers, & Buggie. (1973). *Memory & Cognition*, 1, 2–12.
- Stein, London, Wilkinson, & Price. (1996). *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 497–506.
- Wetzel, Widmann, & Schröger. (2012). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 38, 664–674.

書体と音声の協応を規定する要因の検討

齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

吉田 弘生

京都大学大学院人間・環境学研究科

金谷 翔子

京都大学大学院人間・環境学研究科 日本学術振興会

異種感覚モダリティから得られる信号が、外界において具体的な関連を持たないにもかかわらず、非恣意的な対応を持つように感じられる現象を感覚間協応と呼ぶ。感覚間協応は、音の高さや図形の大きさといった単純な知覚的特徴のみならず、複雑な刺激の間にも生じることが知られているが、複雑な刺激における協応がどのように規定されるのかは分かっていない。単純な知覚的特徴においては、例えば音の高さや図形の大きさのような軸の両極が結びつくことが多い。そこで、本研究では、複雑な刺激の一例である書体と音声の協応にも同様の法則が当てはまるかどうかを検討した。様々な書体と音声に関する印象評定データから、書体および音声それぞれの印象のばらつきを説明する主要な軸の両極と考えられる書体と音声を選出し、これらの刺激の間に客観的な協応が認められるか否かを、単純化潜在連合テストを用いて確かめた。その結果、これらの刺激の間に客観的な協応は認められなかった。一方で、評定結果の順位相関が特になくなる書体と音声の間には協応が存在することが確認された。単純な知覚的特徴における協応と、複雑な刺激における協応は、異なるメカニズムによって生じる可能性がある。

Keywords: Cross-modal correspondence, Character, Vocal sound.

問題・目的

異種感覚モダリティから得られる複数の信号が、外界において具体的な関連を持たないにもかかわらず、非恣意的な対応を持つように感じられることがある。例えば、高い音と小さい図形、および低い音と大きい図形の組み合わせは、逆の組み合わせよりも適切に感じられる(Spence, 2011)。このような現象は感覚間協応と呼ばれ、感覚モダリティを問わず様々な刺激の間に観察されることが知られている。近年では音の高低やサイズの大小といった単純な知覚的特徴のみならず、音楽や絵画のような複雑な刺激の間にも協応が存在することが分かっているが、複雑な刺激における協応のパターンが何によって規定されているのかはまだよく分かっていない。本研究では、複雑な刺激の一例として、文字の書体と音声を取り上げ、これらの間の協応を規定する要因について検討を行った。

単純な知覚的特徴間の協応においては、ある次元に沿った軸の両極に位置する特徴 (e.g., 高-大、低-小) 同士が結びつく場合が多い(Walker, 2012)。もし複雑な刺激における協応にも同様の法則が当てはまるならば、書体や音声の特徴を表す主要な軸を抽出した場合、その両極に位置する刺激同士が結びつく可能性がある。そこで、本研究では、まず予備調査において様々な書体と音声についての印象評定を行い、この結果を用いて、書体および音声に関する印象のばらつきを説明する主要な軸を抽出した。そして、この軸の両極に位置する書体および音声を用いて単純化潜在連合テスト (simplified IAT: Implicit Association Test)を行い、これ

らの刺激の間に感覚間協応が認められるか否かを検討した。

予備調査

視覚刺激は、「yngtj」の5文字のアルファベットを24の英字書体で書き表した24種類の文字列であった。聴覚刺激は、18名の日本語話者が「yngtj」をアルファベット読みで音読した18種類の音声であった。印象評定には、比較的低下の知覚的特徴 (e.g., 「柔らかい-硬い」) から比較的高次の主観的印象 (e.g., 「嫌いな-好きな」) までを含む14の形容詞対を用いた。41名の参加者が、これらの形容詞対を用いて、8件法で全ての刺激を評定した。

視覚刺激と聴覚刺激それぞれの平均評定値について主成分分析を行い、第一主成分の主成分得点が正に最も大きい書体と音声を二つずつ (視覚刺激群A、聴覚刺激群A)、負に最も大きい書体と音声を二つずつ (視覚刺激群B、聴覚刺激群B) 選出した。第一主成分は、書体および音声に関する印象のばらつきを説明する主要な軸と考えられる。そこで、軸の両極に位置する刺激同士が協応を持つならば、視覚刺激群Aと聴覚刺激群A、視覚刺激群Bと聴覚刺激群Bが、適合して感じられると考えられる。

実験1

20名の参加者が、実験1に参加した。参加者らは、呈示された文字列または音声について、左右の矢印キーのうち当該刺激にあらかじめ割り当てられた片方を

速く正確に押しして回答する課題（単純化潜在連合テスト）を行った。実験を通して4種類の刺激が用いられ、このうち、視覚刺激群一つと聴覚刺激群一つが左キーに、別の視覚刺激群一つと聴覚刺激群一つが右キーに割り当てられた。実験は二つのセッションで構成された。一つのセッション（整合セッション）では、視覚刺激群Aと聴覚刺激群Aが一方のキーに、視覚刺激群Bと聴覚刺激群Bがもう一方のキーに割り当てられたが、もう一つのセッション（不整合セッション）では、視覚刺激群Aと聴覚刺激群Bが一方のキー、視覚刺激群Bと聴覚刺激群Aがもう一方のキーというように、刺激と反応キーの割り当てが逆になっていた。軸の一方の極に位置する視覚刺激と聴覚刺激同士が協応を持つならば、これらが同じキーに割り当てられた場合（整合セッション）には反応が促進され、別々のキーに割り当てられた場合（不整合セッション）には反応が阻害されると考えられる。セッションは複数のブロックに分かれており、最初の数ブロックでは練習のため視覚刺激と聴覚刺激が異なるブロックで呈示されたが、本試行ブロックでは視覚刺激と聴覚刺激が同一ブロック内で、ランダム順で呈示された。

データの記録に不備があった者など一部の参加者のデータを除いて以下の分析を行った。正答試行かつ各参加者の平均反応時間±3SD以内に反応が行われた試行の平均反応時間（単位ミリ秒）を表1に示す。

表1. 単純化潜在連合テストにおける反応時間

セッション	実験1		実験2	
	視覚	聴覚	視覚	聴覚
整合	513.5	650.0	495.0	657.6
不整合	509.8	634.5	558.5	736.1

刺激のモダリティ（視覚、聴覚）とセッション（整合、不整合）を要因とした二要因分散分析を行ったところ、モダリティの主効果のみが有意であった。音声よりも書体に対して速い反応が行われたことが示された。しかし、本実験で用いた刺激については、特定の視覚刺激群と聴覚刺激群の間に感覚間協応が認められることはなかった。

実験2

特定の音楽と色から連想される共通の情動がこれらの刺激間に協応を生じさせるという報告によれば（Palmer et al., 2013）、類似した印象を与える書体と音声結びつき可能性もある。そこで、予備調査で用いた全ての書体と音声の組み合わせについて、全形容詞の評定値を用いて順位相関係数を算出した。視覚刺激は実験1と同様の視覚刺激群Aと視覚刺激群Bに固定した。また、聴覚刺激として、視覚刺激群Aとは強い

正の相関を示すが視覚刺激群Bとは強い負の相関を示す聴覚刺激群C、および視覚刺激群Bとは強い正の相関を示すが視覚刺激群Aとは強い負の相関を示す聴覚刺激群Dを選出した。そして、視覚刺激群Aと聴覚刺激群C、視覚刺激群Bと聴覚刺激群Dが同じ反応キーに割り当てられたセッションを整合セッション、逆の反応キーに割り当てられたセッションを不整合セッションとした。類似した印象を与える書体と音声協応を持つならば、これらが同じキーに割り当てられた場合（整合セッション）には反応が促進され、別々のキーに割り当てられた場合（不整合セッション）には反応が阻害されると考えられる。実験1とは異なる20名の実験参加者が実験2に参加した。その他の点については実験1と同様の手続きを用いて実験を行った。

平均反応時間を表1に示す。二要因分散分析を行った結果、モダリティに加えてキーの割り当ての主効果が有意であった。実験1と同様に、音声よりも書体に対して速い反応が行われたことが示された。また、この結果は、実験2においては、印象評定値における相関の強い視聴覚刺激を同じ反応キーに割り当てた場合に、反応の割り当てを逆にした場合よりも速い反応が行われたことを示している。類似の印象を与える書体と音声の間には、客観的な感覚間協応が観察されたと考えられる。

考察

書体と音声の印象のばらつきを説明する主要な軸を抽出し、その両極に位置する書体と音声を用いて単純化潜在連合テストを行ったところ、これらの刺激の間に客観的な感覚間協応は認められなかった。一方で、類似の印象を与える書体と音声を用いて同様の課題を行ったところ、これらの刺激の間には客観的な協応が認められた。書体と音声のような複雑な刺激における感覚間協応は、単純な知覚的特徴における感覚間協応とは異なる要因によって規定されている可能性がある。

引用文献

- Palmer, S. E., Schloss, K. B., Xu, Z., & Prado-Leon, L. (2013). Music-color associations are mediated by emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (22), 8836-8841.
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: a tutorial review, *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 971-995.
- Walker, P. and Walker, L. (2012). Size-brightness correspondence: crosstalk and congruity among dimensions of connotative meaning. *Attention, Perception, & Psychophysics*. 74(6), 1226-1240.

視聴覚特徴連合の知覚学習

林 明日美
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学大学院人文社会系研究科

統計的知覚学習の研究ではモダリティの異なる刺激の連合を学習できることが示唆されているが、1対1の連合のみならず、その背後にある刺激間の関連を決定づける規則までも学習できるかどうかは明らかになっていない。そこで本研究では、視聴覚の関連性を決める規則を知覚学習できるかどうかを調べた。実験では、画面上の2次元表示位置が変わる円とピッチの高さが変わる純音を用い、そのペアを連続的に同時提示した。円の位置と音の高さは等確率で4つのうちいずれかの規則(高い音ほど上の方の位置とその逆、高い音ほど右の方の位置とその逆)に基づいて決まっているか、無関連だった。その後、純音のみ提示し、参加者は円の位置を予想した。その結果、参加者が予想した円の左右位置または上下位置は規則に沿う形で音の高さによって線形的にマッピングされていたことから、視聴覚刺激 10 ペア程度の知覚経験から規則的な特徴連合を知覚学習できることが示唆された。

Keywords: Multi-sensory processing, Cross-modal correspondence, Audio-visual association, Perceptual learning.

問題・目的

我々は日常生活の中で複数の感覚から膨大な情報を受け取っているが、それらの情報をまとめ、1つの意味のある世界を構成することができる。では、その情報のまとめ方はどのように学習されるのだろうか。

Parise et al. (2014) は、音の高さから予想される音源の位置が自然界及び生活環境の聴覚的情景を反映していることを実証し、日常生活の中で音の高さと空間的位置の対応関係を無意識に学習している可能性を示した。また、いくつかの研究で、統計的に規則性のある刺激に接触するだけで刺激間の関係性を学習できることが示されている (Fiser & Aslin, 2001, 2002; Seitz et al., 2007)。このように、刺激に関する情報や学習を促す課題が提供されなくても受動的に刺激に接触しているだけで成り立つ学習は「知覚学習」と呼ばれている。統計的知覚学習の研究で典型的に用いられる手法は、一定間隔で連続的に提示される刺激のシーケンスの中で時間的または空間的に接触して現れる2つまたは3つの刺激の結合確率を操作し、刺激のシーケンスに接触した後で結合確率の高い刺激のペアとそうでないものを区別できるかを調べるといったものである。

これらの研究では2つまたは3つの刺激の連合を知覚学習できることが示唆されているが、刺激の特徴間に規則的な連合がある場合にその規則を学習できるかどうかは明らかになっていない。

そこで本研究では、視覚刺激の空間位置と聴覚刺激の周波数が連続的に対応している場合に、その対応規則を知覚学習できるかどうかを調べることを目的とした。

方法

参加者 30名(平均21.63歳、 $SD = 1.40$)が参加した。

刺激 視覚刺激は半径30pxの黒塗りの円で、画面上中央の760×760pxの枠内に提示した。提示される場所は水平・垂直の両方向とも1px単位で変化した。聴覚

刺激は周波数が200~900Hzの範囲を1Hz単位で変化する純音を用い、ヘッドホンを通して提示した。視覚刺激と聴覚刺激は同時に300ms提示され、100msのインターバルを空けて次の視聴覚ペアが提示された。

手続き 視覚刺激と聴覚刺激のペアがいくつか連続的に同時提示された後、聴覚刺激のみが提示された。参加者は、その時の視覚刺激の位置を予想し、マウスで円を動かして予測した位置でクリックすることによって回答した。

円の表示位置はランダムであったが、同時提示される音の周波数は、4つのうちいずれかの規則に基づき円の位置によって決まっていた。その規則とは、(1)円が上の方にあるほど音は高い、(2)円が下の方にあるほど音は高い、(3)円が左の方にあるほど音は高い、(4)円が右の方にあるほど音は高い、の4つであった。従って、(1)と(2)の規則に基づいている場合は円のy座標のみが音の高さと関連しており、(3)と(4)の規則の場合はx座標のみが関連していたことになる。さらに、課題を難しくするため円の位置と音の高さが無関連の条件も含めた。この場合は、円の位置と音の高さがそれぞれランダムに決まっていた。連続提示される視聴覚刺激の数は5/10/15ペアの3条件があり、聴覚刺激のみが提示される時の周波数は200/375/550/725/900 Hzの5条件であった。視聴覚刺激の連合関係を決める規則は、無関連の場合も含め全て等確率であった。

また、参加者の意欲を持続させるため、毎試行フィードバックを行った。フィードバックとして提示された赤い円の位置は、x座標/y座標のどちらか一軸は規則に従って決められた座標であり、もう一方の軸は参加者がクリックした座標を採用した。円の位置と音の高さが無関連の場合はランダムな位置にフィードバックを提示した。

視聴覚の対応規則5条件×連続提示される視聴覚刺激の数3条件×聴覚刺激の周波数5条件=75条件を3回ずつランダムな順序で繰り返し、全部で225試行を行った。

結果

画面中央の座標を(0, 0)、右上を(350, 350)、左下を(-350, -350)とし、4つの対応規則ごとに5種類の周波数の音に対して予想された円の中心座標の平均値を求めた。そして、横軸に聴覚刺激の周波数を取り、(1)上高音条件と(2)下高音条件では予想された位置のy座標を、(3)左高音条件と(4)右高音条件では予想された位置のx座標をプロットし、回帰直線を求めた。4つの対応規則においては1pxの変化と1Hzの変化が対応していたため、もし規則に沿った位置の予測が完璧に出来ていれば、直線の傾きは1または-1になるはずである。一方、円の位置を無作為に回答してれば、全ての音に対して平均座標は0付近になるため直線の傾きは0に近づくと予想される。従って、回帰直線の傾きが1または-1に近いほど規則に沿った予想をより正確にできたことが考えられる。

分析の結果、全ての条件で回帰直線が対応規則に沿ったものとなり($t(148) \geq 9.70, p < .0001$)、参加者は音の高さと円の上下位置または左右位置の対応関係を学習できたことが示唆された。表1に回帰直線の傾きを示す。

視聴覚刺激の提示数による違いを見ると、提示数が5ペアの時より10ペアの時のほうが傾きの絶対値が大きいが(上高音条件: $t(296) = 2.72, p < .0069$; 下高音条件: $t(296) = 3.87, p < .0001$; 左高音条件: $t(296) = 4.35, p < .0001$)、10ペアの時と15ペアの時では差がなかった($t(296) \leq 0.58, n.s.$)。このことから、提示刺激数が5ペアから10ペアに増えると視覚刺激の位置の予測精度は上がるが、10ペアから15ペアに増えても予測精度はあまり変わらないことが示された。

また、5ペアの視聴覚刺激が提示された条件について、下高音条件より上高音条件の方が傾きの絶対値が大きい傾向にあり($t(296) = 1.87, p < .0632$)、左高音条件より右高音条件の方が傾きの絶対値が大きかった($t(296) = 3.74, p < .0003$)。このことから、特徴連合の規則によって学習のしやすさに違いがあり、高い音は空間的に上の位置や右の位置と関連づけられやすいことが考えられる。

表1. 条件ごとの回帰直線の傾き

	上の方が高音	下の方が高音	左の方が高音	右の方が高音
刺激の提示数				
5	0.54	-0.43	-0.42	0.61
10	0.68	-0.66	-0.65	0.69
15	0.67	-0.62	-0.67	0.72

考察

実験の結果、参加者は音の高さと視覚刺激の上下位置または左右位置との対応関係を学習し、それに沿った予測ができたことが示された。学習段階で接触した音と全く同じ音がテスト刺激として提示された可能性は低いにも関わらず、音の高さに対応する視覚刺激を予想できたことは、参加者が視聴覚刺激の1対1の連合を学習するのみならず、特徴が連続的に対応しているという構造を読み取れたことを示唆している。

また、提示される視聴覚刺激の数による予測精度の違いから、視聴覚刺激が10ペア程度あれば十分学習ができることが窺える。これは、10分弱~25分程度の学習を必要としていた従来の知覚学習の研究と比較するとかなり少ない。参加者の内観報告によると、頭在的に対応規則に気付けた試行数は2~3割程度であったが、分析の結果から、少しの知覚経験から視聴覚刺激の連合を無意識に学習できていたことが予想できる。

また、上高音条件と右高音条件でより精度の高い予測ができていたことから、特徴連合の規則によって学習のしやすさに違いがあることが示唆された。前者については、日常生活の中で「高い音は上の方から発せられ、低い音は下の方から発せられる」という経験を数多くしてきたため、「上の方ほど高音」という対応関係の枠組みを参加者が初めから持っていたためではないかと考えられる。この結果は、「高い音ほど空間的に上の方に音源定位しやすく、それは生活環境における実際の音源位置と周波数のマッピングを反映している」という Parise et al. (2014)の知見と一致する。

以上のように、少しの刺激経験から視覚刺激の2次元的空间位置と聴覚刺激の周波数というモダリティを超えた特徴連合を知覚学習できること、さらに、特徴連合を決める対応規則によって学習のしやすさが異なることが明らかになった。この結果は、人間は異なるモダリティから刺激を受け取ったときに何らかの枠組みや構造の中に位置付けようとする傾向があることや、そうした知覚経験を通して刺激の関連性を示す枠組みを学習していることを示唆している。

引用文献

- Fiser J., Aslin, R., (2001). *Psychological Science*, 12 (6), 499-504.
- Fiser J., Aslin, R., (2002). *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 28 (3), 458-467.
- Parise, C., Knorre, K., Ernst, M., (2014). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(16), 6104-6108.
- Seitz, A., Kim, R., Van, Wassenhove, V., Shams, L., (2007). *Perception*, 36 (10), 1445-1453.

色聴共感覚における音色に基づく音のカテゴリ化

鳥羽山 莉沙
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学大学院人文社会系研究科

共感覚ではカテゴリ化された誘引刺激が励起刺激と結びつくことが示唆されている。絶対音感を持つ色聴共感覚者は、ピッチクラス（ド、レ、ミ…）によって音をカテゴリ化し、ピッチクラスと色相や彩度を対応付けていることが近年の研究により明らかになった。本研究では、絶対音感を持たず、ピッチクラスによって音をカテゴリ化することのできない色聴共感覚者が、音色という音次元によって音をカテゴリ化し、色が喚起されている可能性を検証した。また、文字をカテゴリ化して色と結びつける色字共感覚者が、より音のカテゴリ化をする傾向にあるかも検討した。その結果、色聴共感覚傾向が高い個人において、音色が共通である楽器群に対しては、同じ色相や近い彩度を結びつけていることが明らかになった。色字共感覚の保持は音と色の対応付けに影響しないことが示唆された。

Keywords: Sound-color synesthesia, Grapheme-color synesthesia, Pitch class, Pitch height, Timbre

問題・目的

共感覚とは、ある感覚入力を受けた時、通常は生じない別の感覚が生じる現象を指す。共感覚を引き起こす側の刺激を誘引刺激、引き起こされる感覚側の刺激を励起刺激と呼ぶ。

共感覚には様々な種類が存在するが、多く研究されてきたものとして、文字に色を感じる色字共感覚がある。この色字共感覚においては、文字はカテゴリとして扱われ、そのカテゴリに色がついていることが示唆されている。例えば、同じ文字であればカテゴリは変わらないとされ、フォントが違っていても色は変わらないことや、同様にアルファベットの大文字小文字の違いによって色は変わらないことが分かっている

(Grossenbacher & Lovelace, 2001)。

同じく色を励起刺激として持つ共感覚の種類として、音に色を感じない色聴共感覚が存在する。この色聴共感覚においても、音のある側面からカテゴリ化して色が喚起されることが、Itoh, Sakata, Kwee & Nakada (2017)の研究で示唆されている。Itoh et al. (2017)の研究の参加者は絶対音感を持つ色聴共感覚者であり、彼らに同じ音色の様々なピッチクラス（ド、レ、ミ…など）の音を聴かせると、ピッチクラスごとに異なる色相の色を感じていた（ピッチクラス順と色相の波長順が対応）。ピッチクラスが上がるごとに彩度はだんだん下がったが、明度は一定であった。つまり、彼らは、音をピッチクラスでカテゴリ化し、そのカテゴリ化に基づいて、明度を除いた色属性である色相と彩度が対応付けられていると考えられる。

しかし、絶対音感を持たなければ、ピッチクラスによるカテゴリ化は困難である。絶対音感を持たない色聴共感覚者がいるならば、ピッチクラス以外の音の属性である音色によって、音をカテゴリ化し、ピッチクラスは関係なく、音色ごとに異なる色を感じている可能性がある。そこで本研究では、さまざまな音色とピッチクラスを持つ音刺激を用いて、絶対音感を持たないが色聴傾向の高い個人を対象に、音と色の対応付け（以後色聴対応付け）を調べた。Itoh et al. (2017)に基

づけば、色の属性の中でも、色相と彩度が音色と対応しているのではないかと考えられる。一方明度に関しては、ピッチクラスをはっきりとカテゴリ化できず相対的にしか音程の高低を把握できない場合、Ward, Huckstep & Tsakanikos (2006)で確認されているような、高い音程には高い明度を感じないという音程と明度の対応付けが現れると考えられる。また、カテゴリに色を感じている色字共感覚者の方が、誘引刺激が音であってもカテゴリ化する傾向がある可能性が存在する。そこで本研究では、色字共感覚者を使い、色聴対応付けが非色字共感覚者の色聴対応付けと異なるか比較した。

方法

参加者 18名の色字共感覚者と25名の非色字共感覚者が実験に参加した。

刺激 40種類の音刺激を用いた。音程は8種類（D2, A2, E3, B3, Gb4, Db5, Ab5, Eb6）で、楽器群は、ピアノ、弦楽器、金管楽器、木管楽器の4種類に加え、フィルター刺激として純音を用いた。楽器群が同じであれば、楽器本体の材質や構造、調音方法などが共通であるため、音色も同じだと考えられる。

手続き 本課題 参加者は画面上部にある音再生ボタンをクリックし、ランダム順に提示される音を聴いた。その後、同じ画面上に提示されている138色で構成された色パレット（Asano & Yokosawa (2011)に従う）の中から、音に対して感じる色を選択させ、各参加者の色聴対応付けと、色聴共感覚傾向の高さを調べた。

補足課題 参加者の絶対音感の有無を調べるため、Web上の絶対音感テスト（<http://valse.lolipop.jp/mr-bear-crash/pitch/test/perfect-pitch-test.html>）を受けてもらい、その正答率を絶対音感のレベルとして測定した。音を聴いて正しいと思われる音階名を3択から選ぶ問題が10題という構成で、絶対音感を持つならば正答率が100%になると予測される難易度であった。

結果

分析 色はCIE L*a*b*色空間（空間内の2点間距離が人間の知覚する距離と対応する表色系）の座標に変換した。そのうち明度はL*値、彩度はa*b*空間での原点からの距離、色相はa*b*空間での角度で定義される。

参加者の色聴共感覚傾向 各人の色聴共感覚傾向の高さを、同一の音刺激に対して期間をあけて2回提示したときの色差の大きさ（色聴対応付けの時間的安定性）で定義した。色字共感覚者の中で、どの非共感覚者よりも色聴傾向が高い5名と、非色字共感覚者の中で、どの共感覚者よりも色聴傾向が低い8名がいた。そこで、色字（色聴高）群5名、色字（色聴中）群13名、非色字（色聴中）群17名、非色字（色聴低）群8名に分類した。その中でも、色字（色聴中）と非色字（色聴中）は色聴傾向が同程度であると見なし、色聴対応付けに違いがないかに注目した。

絶対音感テストの成績 群ごとの平均正答率は、色字（色聴高）群は56.0% ($SD = 33.61$)、色字（色聴中）群は74.16% ($SD = 21.08$)、非色字（色聴中）群は72.94% ($SD = 24.43$)、非色字（色聴低）群は63.75% ($SD = 23.26$)であった。一要因分散分析の結果、群の要因効果は有意ではなかった ($F(3, 39) = 0.77, n.s.$)。このことから、色聴傾向の高い群が他の群に比べてピッチクラスがわかるわけではないことが保証された。

色相と楽器 楽器群が共通である音の全ペアの色相差を平均し、群ごとにその平均値を求めたところ、色字（色聴高）群は26.49 ($SD = 7.17$)、色字（色聴中）群は42.90 ($SD = 13.84$)、非色字（色聴中）群は46.83 ($SD = 9.55$)、非色字（色聴低）群は51.74 ($SD = 11.47$)であった。この楽器群に対する色相差の平均値を、群を参加者間要因とする一要因分散分析にかけたところ、群の要因効果は有意であり ($F(3, 39) = 5.79, p < .01$)、色字（色聴高）群と非色字（色聴中）群、色字（色聴高）群と非色字（色聴低）群の間で有意差が見られた。このことから、色聴共感覚傾向が高いと、同じ楽器に対して、異なる音程でも色相は同じであることが分かった。

彩度と楽器 楽器群が共通である音の全ペアの彩度差を平均し、群ごとにその平均値を求めたところ、色字（色聴高）群は17.44 ($SD = 5.65$)、色字（色聴中）群は24.59 ($SD = 7.53$)、非色字（色聴中）群は24.96 ($SD = 3.61$)、非色字（色聴低）群は27.17 ($SD = 4.88$)であった。この楽器群に対する彩度差の平均値を、群を参加者間要因とする一要因分散分析にかけたところ、群の要因効果は有意であり ($F(3, 39) = 3.41, p < .05$)、色字（色聴高）群と非色字（色聴中）群、色字（色聴高）群と非色字（色聴低）群の間で有意差が見られた。このことから、色聴共感覚傾向が高いと、同じ楽

器に対して、異なる音程でも彩度は同じであることが分かった。

音程と明度 どの群でも音程が上がるにつれ明度は概ね単調増加し、Ward et al. (2006) と整合していた。各音程の明度平均をプロットし、群ごとに直線回帰した係数や切片、決定係数をまとめたのが表1である。

表 1. 各群の音程ごとの明度平均の回帰直線

	色字 (色聴高)	色字 (色聴中)	非色字 (色聴中)	非色字 (色聴低)
係数	5.8814	5.6976	4.8743	5.2148
切片	30.827	28.543	31.493	25.856
決定係数 R^2	0.9851	0.9677	0.9567	0.8569

考察

絶対音感を持たない色聴傾向の高い色字共感覚者は、音色に基づいて音をカテゴリ化し、そこに色相と彩度が結びつくと示唆された。ただし、音色という属性は、音の立ち上がりや減衰の仕方、倍音構造など、様々な次元により成立している。音色の中のどの次元が色相ないし彩度に結びついているのかは、今後の詳細な検討が必要である。

色聴傾向が同程度の色字共感覚者と非共感覚者とでは、色聴対応付けに差は見られなかったことから、色字共感覚と色聴共感覚は、誘引刺激をカテゴリ化して色が喚起されるメカニズムは同様であるが、それぞれ独立の現象であり、色字共感覚の保持の有無が色聴対応付けに影響しなかったと考えられる。これを踏まえると、本研究に参加していない、色字共感覚を持たない色聴共感覚者が存在した場合も、本研究に参加した色聴傾向の高い色字共感覚者と同様の色聴対応付けを示すと考えられる。

引用文献

- Itoh, K., Sakata, H., Kwee, I. L. & Nakada, T. (2017). *Scientific reports*. Advance online publication. doi:10.1038/s41598-017-18150-y.
- Grossenbacher, P.G., Lovelace, C.T. (2001). *Trends in Cognitive Sciences*, 5 (1), 36–41
- Ward, J., Huckstep, B., & Tsakanikos, E. (2006). *Cortex*, 42, 264-280
- 音楽云々ミスターベアクラッシュ. 絶対音感テスト <http://valse.lolipop.jp/mr-bear-crash/pitch/test/perfect-pitch-test.html> (閲覧日: 2018年2月16日)

漢字の形態情報が共感覚色の数に与える影響

宇野 究人
浅野 倫子
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科

立教大学現代心理学部

東京大学大学院人文社会系研究科

文字を見ると色が感じられる現象は、色字共感覚と呼ばれる。これまでに、文字のさまざまな特性が文字と色の対応付けに影響することが示されてきたが、文字の形態情報の影響の強さについては十分な検討がなされていなかったため、本研究で検討した。日本語の漢字に対する共感覚色を最大2色まで回答させる実験を行った結果、偏と旁に分かれる漢字は分かれぬ漢字に比べて回答される色の数が多かった。また、色字共感覚者は共感覚色の主観的経験から、外界に色が投影される「投射型」と、頭の中に色のイメージが浮かぶ「連想型」に分類されるが、上記の回答の傾向は投射型の共感覚者ほど強いことが示された。以上の結果より、漢字の形態情報は対応付けられる共感覚色の数に影響しており、投射型傾向の強い共感覚者では漢字の構成要素ごとの情報が色字対応付けに影響している可能性が示唆された。

Keywords: Grapheme-color synesthesia, Synesthetic color, Japanese Kanji character, Orthographic information.

問題・目的

文字を見ると色が感じられる現象は色字共感覚と呼ばれる。色字共感覚における文字と共感覚色との結びつき（色字対応付けと呼ぶ）には一定の法則性があることが明らかになってきている。特に、文字に含まれるさまざまな特性が色字対応付けに影響していることが示されてきた。日本語の漢字については、文字の音韻や意味が共感覚色の主要な決定因となっており、形態が色字対応付けに与える影響は少ないという知見が示されていた（Asano & Yokosawa, 2012）。これは、アルファベットにおいて形態が色字対応付けに影響するという知見（Simner, 2007; Brang, Rouw, Ramachandran, & Coulson, 2011）とは異なっている。文字種間で異なる結論が示されている理由についてはこれまで十分に検討されていなかったため、本研究では漢字の形態が色字対応付けに与える影響について再検討し、形態情報の影響に関する統合的な解釈の可能性について考察した。

漢字の形態に関する大局的な特徴は、部首と呼ばれる要素に分割されることであるが、その中でも多くの漢字は音韻や意味などの情報をもつ左右の部首（偏と旁）に分割することができる。左右に分割できる漢字は、英語における2つの独立した語が結びついて作られた語である複合語（例：necklace）と同様の構造をしているが、近年の研究では複合語に対して複数の共感覚色が対応付けられている可能性が示されている

（Mankin, Thompson, Branigan, & Simner, 2016）。この知見を踏まえると、左右に分割できる漢字は複数の共感覚色が対応付けられる場合があり、左右に分割できない漢字に比べて対応付けられる共感覚色の数が多くなると予測される。

また、色字共感覚者は共感覚色の主観的経験から、外界に色が投影される「投射型」と、頭の中に色のイメージが浮かぶ「連想型」に分類される。投射型傾向の強い共感覚者は文字の形態情報が色字対応付けに与

える影響が大きい（Brang et al., 2011）ことから、左右に分割できる漢字と左右に分割できない漢字の間での共感覚色の数の差は、投射型傾向が強い共感覚者ほど大きくなると予測される。

加えて、複数の共感覚色が回答されたときに、それが偏・旁ごとに応じて励起しているか否かも検討した。日本語の漢字は偏を共有している場合が多いが、偏を共有する漢字どうしの共感覚色は、1文字に対して最も印象の強い共感覚色1色のみを回答させる研究では類似性が低いことが示唆されていた（Asano & Yokosawa, 2012）。しかし、偏は旁に比べて一般的に空間的なサイズが小さく、また、色の知覚において対象の物体のサイズが大きいほど輝度レベルの検出が容易である（Osaka, 1977）。このことから、左右に分割できる漢字に複数の色が感じられている場合、より空間的なサイズが大きい旁に対する共感覚色が最も印象の強い色として感じられ、偏に対する共感覚色は2番目に印象の強い色として感じられている可能性が高いと考えられるため、同じ偏をもつ漢字において2番目に印象の強い色どうしの類似性が高くなると予測される。

方法

参加者 日本語を母語とする12名の色字共感覚者が実験に参加した。Skelton, Ludwig, & Mohr (2009)が考案したアンケート調査（ISEQ; the Illustrated Synesthetic Experience Questionnaire）を用いて各参加者の投射型/連想型得点（得点が正の方向に大きいほど投射型傾向が強く、負の方向に大きいほど連想型傾向が強いと判断される）を算出した。そして、Skeltonらの基準に従い3名を投射型、4名を不確定型、5名を連想型と判定した。

刺激 親密度の高い日本語の単漢字60文字を文字刺激として用いた。そのうち、左右分割漢字（偏と旁に分かれる漢字、例；「池」「仮」）は36文字、左

右非分割漢字（偏と旁に分かれない漢字，例；「片」「自」）は24文字であった。

手続き 参加者は画面上部に示される文字刺激について，最も印象の強い共感覚色を「1つめの色」，それに次いで印象の強い共感覚色がもし存在する場合はその色を「2つめの色」として回答した。回答の際は赤・緑・青（RGB）それぞれの出力を256段階で調整できるカラーパレットを使用した。

色差の定義 本研究ではRGB値で定義された回答色色をCIE L*a*b*空間上での値に変換し（基準はRothen, Seth, Witzel, & Ward (2013)に従う），2色間の色差をCIE L*a*b*空間上でのユークリッド距離として定義した。2色間の知覚上の類似性が高いほど，色差の値は小さくなる。

結果

共感覚色の数 左右分割漢字の平均回答色数は1.56色（ $SE = 0.08$ ），左右非分割漢字の平均回答色数は1.25色（ $SE = 0.05$ ）であり，左右分割漢字は左右非分割漢字に比べて回答色数が有意に多いことが示された（ $t(11) = 3.77, p < .01, d = 1.33$ ）。さらに，各参加者における左右分割漢字に対する回答色数の平均と左右非分割漢字に対する回答色数の平均の差を求め，各参加者の投射型/連想型得点との間に相関関係があるかを調べたところ，有意な正の相関が見られた（ $r = .73, t(10) = 3.35, p < .01$ ）。すなわち，投射型傾向の強い共感覚者ほど，感じられる共感覚色の数が左右非分割漢字と比べて左右分割漢字に対して多くなった。

2つめの色の色差 「2つめの色」が回答された漢字のうち同じ偏をもつ漢字のペアについて，参加者ごとに全てのペアの「2つめの色」の色差の平均を算出した。なお，共感覚者HK（不確定型）は，全種類の偏において2色回答している文字数が1つ以下であったため分析から除外した。参加者ごとの色差と投射型/連想型得点との間に相関関係があるかを調べたところ，有意ではないものの負の相関が見られた（ $r = -.57, t(9) = 2.07, p < .10$ ）。

また，RGB空間上から1000色をランダムに選択し，全ての組み合わせの色差の平均を算出したところ，平均値は82.69であった。この値を色差のチャンスレベルとして定義し，各参加者の同じ偏をもつ漢字に対する「2つめの色」の色差の平均値がチャンスレベルと比べて小さくなるか検討した。その結果，投射型の参加者全員（NY: $t(84) = 15.42, p < .001, d = 1.67, SK: t(79) = 43.14, p < .001, d = 4.82, MHT: t(46) = 6.69, p < .001, d = 0.98$ ），不確定型の参加者3名のうち2名（YOK: $t(87) = 24.58, p < .001, d = 2.62, AT: t(29) = 3.99, p < .001, d = 0.73$ ），連想型の参加者5名のうち3名（AM: $t(31) = 10.02, p < .001, d = 1.77, YY: t(22) = 12.03, p < .001, d = 2.51, MK: t(57) = 5.06, p < .001, d = 0.66$ ）は，同じ偏をもつ漢字に対する「2つめの色」の色差の平均値がチャンスレベルと比べて有意に小さくなった。この結果は，左右分割漢字に対して回答された「2つめの色」は偏に基づく共感覚色であり，そ

の傾向は投射型の共感覚者ほど強くなる可能性を示唆している。

考察

本実験の結果からは，1つの漢字に対応付けられている共感覚色の数が左右非分割漢字に対して左右分割漢字において多くなり，この傾向は投射型傾向が強い共感覚者ほど大きくなるということが示された。また，同じ偏をもつ漢字に対して回答された「2つめの色」の類似性は多くの共感覚者において高く，特に投射型の参加者では高い類似性が見られた。このことから，投射型傾向の強い共感覚者は左右分割漢字に対して，偏と旁というそれぞれの構成要素から励起する共感覚色を知覚している場合が多いと考えられる。このとき共感覚色の主観的な印象の強さは，構成要素が漢字全体の中で占める空間的なサイズの大きさによって決まると考えられる。一方で，連想型傾向の強い共感覚者は左右分割漢字に対して，漢字全体の文字情報に応じた単一の共感覚色を知覚している場合が多いと考えられる。

従来の研究では1つの文字に対して1つの共感覚色が結びついていることが想定されていたが，本研究では新たに，1つの文字内に機能的役割をもつ構成要素が複数あるとき共感覚色が複数励起する可能性があることが示された。そして，これまで漢字の形態は色字対応付けに与える影響が少ないと考えられていたが，本研究では共感覚色の数および共感覚色の主観的経験の個人差を考慮した検討を行うことで，漢字の大局的な形態情報が投射型傾向の強い共感覚者では色字対応付けに影響している可能性を示した。一方で，点や線，機能的役割を持たない構成要素など，より細かい形態に対してそれぞれ色が結びつく可能性もあるが，本実験では共感覚色を最大2色までしか回答できなかったため未検討である。共感覚色が結びつきうる形態的な最小単位については，今後の検討課題である。

参考文献

- Asano, M., & Yokosawa, K. (2012). *Consciousness and Cognition*, 21, 983–993.
- Brang, D., Rouw, R., Ramachandran, V. S., & Coulson, S. (2011). *Neuropsychologia*, 49, 1355–1358.
- Mankin, J., Thompson, C., Branigan, H., & Simner, J. (2016). *Cognition*, 150, 1–9.
- Osaka, N. (1977). *Perception and Psychophysics*, 22(1), 63–69.
- Simner, J. (2007). *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 23–29.
- Skelton R., Ludwig C., Mohr C. (2009). *Cortex*, 45, 721–729.
- Rothen, N., Seth, A. K., Witzel, C., & Ward, J. (2013). *Journal of Neuroscience Methods*, 215(1), 156–160.

鑑賞者の文化的背景が芸術感性に与える影響

若林 正浩
佐藤 宏道
内藤 智之

大阪大学大学院生命機能研究科
大阪大学大学院医学系研究科
大阪大学大学院医学系研究科

芸術経験の生起に関わる人の処理経路は、少なくとも知覚的処理、認知的処理、感情的処理の3つの経路が存在すると考えられている。芸術作品を含めた画像刺激に対する印象は、鑑賞者の文化的背景に依存して大きく異なることが知られているが、各処理経路における文化的影響については不明な点が多い。本研究では、日本人および欧州人を被験者とし、芸術感性において鑑賞者の文化的背景が大きく影響を与える処理経路を同定することを目的とした。被験者は40枚の風景画（浮世絵、西洋画、各20枚）に対し、既知感および9個の形容詞対を用いた印象評定を行なった。評定に用いた形容詞対は、各処理経路とよく対応すると考えられるものであった。実験の結果、全ての処理において鑑賞者の文化的背景と絵画カテゴリには交互作用があり、絵画カテゴリごとに文化差の影響が異なることが示された。また、鑑賞者の文化的背景は知覚的処理にも影響することが示唆された。

Keywords: aesthetic experience, cross-cultural, perception, cognition, emotion.

問題・目的

視覚芸術作品における印象形成には、知覚的処理、認知的処理、感情的処理の3つの処理経路が存在するとする美的経験モデルが提案されている(Leder, Belke, Oeberst, & Augustin, 2004)。美的経験モデルでは、文化差は主に認知的処理と感情的処理に影響を与えると考えられているが、実証的な証拠はほとんど報告されていない。

本研究では、日本人と欧州人を被験者とし、被験者の文化的背景が知覚、認知、感情的印象に与える影響を評価することで、芸術印象形成における文化差の影響を検討した。

方法

実験参加者 ドイツ語を母語とする欧州人被験者33名（女性17名、平均年齢26.2±4.1歳）、日本人被験者39名（女性26名、平均年齢20.3±1.2歳）が本実験に参加した。

刺激 風景画40枚（西洋画20枚、浮世絵20枚）を視覚刺激として用いた。絵画の内容は西洋画と浮世絵で対応するように選定した。

手続き 視覚刺激に対する既知感の評価および9種類の形容詞対による印象評定課題を行った。実験に用いられた形容詞対は先行研究において知覚的、認知的、感情的処理経路によく対応すると考えられるものであった（表1）。評定は、欧州人

被験者に対してはドイツ語で、日本人被験者に対しては日本語で実施した。評価形容詞の翻訳は、複数の研究員によるバックトランスレーション法を用いた。

実験参加者はCRT上に提示された絵画の印象を各形容詞について7段階で評定した。被験者はまず、視覚刺激に対する既知感の評価を行った。その後、9形容詞対による印象評定課題が行われた。刺激、形容詞の順は実験参加者ごとにランダムであった。実験参加者は本試行の前に練習試行を行った。練習試行で用いた刺激と形容詞は、本試行と異なるものを使用した。

表1 実験に用いた形容詞対

	ドイツ語	日本語
既知感	Bekannt - Unbekannt	知っている - 知らない
	Hell - Dunkel	明るい - 暗い
知覚的処理	Visuell Klar - Visuell Verschwommen	はっきりしている - ぼやけている
	Hohe räumliche Tiefe - Keine räumliche Tiefe	奥行きのある - 奥行きのない
認知的処理	Schön - Hässlich	美しい - 醜い
	Künstlerisch - Unkünstlerisch	芸術的な - 芸術的でない
	Verständlich - Unverständlich	理解できる - 理解できない
感情的処理	Fröhlich - Traurig	嬉しい - 悲しい
	Aufgeregt - Ruhig	興奮している - 落ち着いている
	Gefällt mir - Gefällt mir nicht	好き - 嫌い

結果

欧州人被験者と日本人被験者で実験に用いた絵画の既知感を比較したところ、西洋画においては欧州人の既知感が ($t(70) = 4.66, p < .001$)、浮世絵

においては日本人の既知感が有意に高かった ($t(70) = -2.42, p = .02$)。絵画刺激全体の既知感を比較したところ、欧州人と日本人間に有意な差は見られなかった ($t(70) = 1.20, p = .23$)。

知覚的、認知的、感情的処理における被験者の文化差の影響を検討するため、背景文化を被験者間要因、絵画カテゴリを被験者内要因とする、Wilksの Λ を用いた2要因多変量分散分析を知覚的、認知的、感情的処理に対応した形容詞対グループごとに行なった。

知覚的処理では、鑑賞者の背景文化の主効果は有意でなかった ($F(3, 68) = 1.97, p = .13, \Lambda = .92$)。絵画カテゴリの主効果 ($F(3, 68) = 98.34, p < .01, \Lambda = .19$)および、交互作用 ($F(3, 68) = 4.62, p < .01, \Lambda = .83$)は有意であった。

認知的処理では、鑑賞者の背景文化 ($F(3, 68) = 7.69, p < .01, \Lambda = .75$)、絵画カテゴリ ($F(3, 68) = 13.19, p < .01, \Lambda = .63$)の主効果が有意であり、交互作用も有意であった ($F(3, 68) = 6.74, p < .01, \Lambda = .77$)。

感情的処理では、鑑賞者の背景文化の主効果は有意傾向を示した ($F(3, 68) = 2.58, p = .06, \Lambda = .90$)。絵画カテゴリの主効果 ($F(3, 68) = 10.89, p < .01, \Lambda = .68$)および、交互作用 ($F(3, 68) = 5.17, p < .01, \Lambda = .81$)は有意であった。

さらに、形容詞ごとに、被験者間要因を鑑賞者の背景文化、被験者内要因を絵画カテゴリとした2要因分散分析行なった。

知覚的処理では、“はっきりしている”において鑑賞者の背景文化の影響が有意であり ($F(1, 70) = 6.02, p = .02, \eta^2 = .04$)、欧州人が日本人と比べ高い得点をつけていた。また“明るい”において交互作用が有意であり ($F(1, 70) = 9.24, p < .01, \eta^2 = .05$)、単純主効果検定の結果、浮世絵において、欧州人の得点が日本人よりも有意に高かった ($F(1, 70) = 6.53, p = .01, \eta^2 = .09$)。

認知的処理では、“理解できる”において鑑賞者の背景文化の主効果が有意であり ($F(1, 70) = 18.17, p < .01, \eta^2 = .12$)、交互作用も有意であった ($F(1, 70) = 12.41, p < .01, \eta^2 = .08$)。単純主効果検定の結果、西洋画において日本人よりも欧州人の得点が有意に高かった ($F(1, 70) = 37.02, p < .01, \eta^2 = .35$)。

感情的処理では、“嬉しい”において鑑賞者の背景文化の主効果が有意であり ($F(1, 70) = 4.94, p = .03, \eta^2 = .04$)、日本人よりも西洋人の得点が高

かった。また“興奮している”、“好き”に関しては交互作用が有意であったため、単純主効果の検定を行なった。“興奮している”では、西洋画、浮世絵双方の水準において鑑賞者の背景文化の影響は有意ではなかった。“好き”では、西洋画において、欧州人の得点が日本人よりも有意に高かった ($F(1, 70) = 6.61, p = .01, \eta^2 = .09$)。

既知感と評定得点の関係を調べるため、目的変数を各形容詞の得点、説明変数を既知感の得点とする回帰分析を行なった。結果、全ての形容詞対において有意な回帰係数は確認されなかった。

考察

多変量分散分析の結果、全ての処理において鑑賞者の背景文化と絵画カテゴリの交互作用が有意であった。鑑賞者の背景文化の影響は画一的なものではなく、絵画カテゴリによって異なる影響があることが示唆された。また、既知感を説明変数とした回帰分析の結果は、本実験の結果は既知感に依存するものではないことを示している。

Leder et al. (2004) のモデルでは知覚的処理はボトムアップ的処理で、文化差の影響は小さいとされている。しかし、本実験の結果では“明るい”、“はっきりしている”といった知覚的処理に対応する形容詞にも文化の影響が現れている。線分の長さ知覚において文化の影響が見られることを Kitayama et al. (2003) が報告しており、芸術体験における知覚的処理にも認知的処理・感情的処理と同様に文化の影響が見られることが示された。

謝辞

本研究は、総務省「次世代人工知能技術の研究開発」の助成を受けた。

引用文献

- Kitayama, S., Duffy, S., Kawamura, T., & Larsen, J. T. (2003). Perceiving and object and its context in different cultures: A Culture Look at New Look. *Psychological Science, 14*(3), 201–206. <http://doi.org/10.1111/1467-9280.02432>
- Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British Journal of Psychology, 95*, 489–508. <http://doi.org/10.1348/0007126042369811>

パズル課題に対する子どもの行動 —日本と中国の比較—

Jiahui Fu¹

聖心女子大学大学院発達臨床研究

The behavioral responses made by three-year-olds from two East Asian cultural groups, Japan and China, were observed when they solved three puzzles. Participants were Japanese (n = 20) and Chinese (n = 25) nursery school children. Behavioral indices observed were five actions, three verbal expressions, and five facial expressions. The results showed that Chinese children displayed more behavioral responses than Japanese children. In cross-cultural psychology, East Asian cultures have often been compared with European cultures. However, these results show that children from different East Asian countries are different from each other, suggesting that East Asian cultures are more complex than had been assumed in previous studies.

Keywords: Japanese children, Chinese children, East Asian culture, puzzles.

問題・目的

日本の子どもと中国の子どもが課題に面する際、動作・表情・言葉の違いがみられるか、また性差はあるのかを確認することが本実験の目的である。

本研究では、日本と中国の子どもに同じ課題に取り組む時、行動に違いがあるか、国という文化が子どもの発達に及ぼす影響を検討する。

方法

実験参加者

日本の神奈川県内にある保育園の3歳の定型発達児21人と中国の上海市内にある保育園の3歳の定型発達児27人が実験参加者であった。有効データは日本の子ども20名(M=3.64歳, SD=0.263), と中国の子ども25名(M=3.57歳, SD=0.29)となった。日本の男児10名, 女児10名, 中国の男児13名, 女児12名であった。

装置

紙製の15ピースのパズルと48ピースのパズルと14ピースのパズルを使用した。15ピースのパズルを完成できたという予備実験の結果により、15ピースのパズルと14ピースパズルを簡単なパズルと定義し、48ピースパズルを難しいパズルと定義した。

手続き

実験観察者は子どもの隣に座り、子どもにこれからやってもらおうパズルと時間制限を説明し、実験観察者が発した合図で実験を始めた。

実験の予定制限時間は20分だが、子どもに負担をかけすぎないように、子どもから“もうやらない”, “もう終わり”, “我不想拼了”のようなパズルに対してネガティブな言葉が出たら、実験を終了することにした。

すべてのパズルひとつずつが終わった後、子どもにやったパズルは難しかったか簡単だったかと聞いた。

分析方法

以前の研究(Fu, 2015)で使用された項目に基き、予備実験の経験も含め、新しい項目も取り入れ、観察する行動のリストを作った。Table 1は、本研究で分析する行動とそれぞれの略語を示している。子どもの行動は、大きく動作、言葉、表情3つカテゴリーに分けた。

Table 1 観察する項目内容とその略語

略語	説明	カテゴリー
SH	頭を搔く	動作
PC	姿勢崩れ, 変わる	動作
LC	時計を見る	動作
LR	周りを見る	動作
LE	実験者を見る	動作
Tse	独り言	言葉
AP	実験者にパズルのやり方を言葉で聞く	言葉
Tso	実験者に話掛ける	言葉
Fr	眉間に皺を寄せる	表情
RE	眉毛を上げる	表情
MM	口を動かす	表情
Sm	微笑む	表情
Si	ため息をつく	表情

コーディングの仕方

10秒間ごとでコーディングした。10秒間以内で項目の有無を記録し、10秒間以内で1回以上出現しても1回とした。

結果

一つ目のパズルは45名の子ども全員ができた。二つ目のパズルは子どもそれぞれの完成度であり、完成したのはいなかった。また、50%以上完成させた5名の子どもは日本の子どもであった。三つ目のパズルも45名の子ども全員ができた。ゆえに日本と中国の子どもたちのパズルを解く能力には差がなく、一つ目と三つ目のパズルは簡単で、二つ目は難しいと判断した。

二つ目のパズルの比較

完成できない課題に取り組む際の両国の子どもの行動の相違を検討するため、二つ目のパズルでみられた行動の相違を詳しく分析した。13行動項目を「動作」, 「言葉」と「表情」の3つにカテゴリー化し、合計した結果をFigure 1に示した。横軸は国籍、縦軸は1分間あたりでみられた行動の平均回数である。国籍を独立変数にして、行動の回数を従属変数として、1要因分散分析を行った。その結果、3つカテゴリーいずれも国籍の主効果が見られた(「動作」: $F(1, 41)=7.39, p<.01$,

$\eta^2 = .147$; 「言葉」: $F(1, 41) = 6.72$, $p < .05$,
 $\eta^2 = .135$; 「表情」: $F(1, 41) = 30.05$, $p = .000$,
 $\eta^2 = .411$ 。

以上のように、カテゴリーでもめて、「動作」, 「言葉」と「表情」3つカテゴリーいずれも日本の子どもと比べて、中国の子どもの行動回数が有意に多いことが分かった。

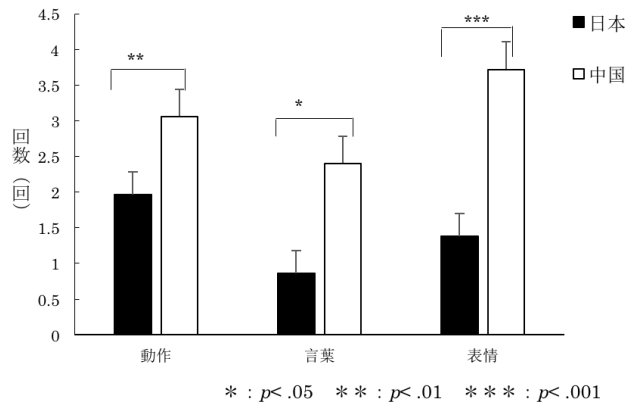


Figure 1 二つ目のパズルにおいて、3つカテゴリーの平均回数の比較 (エラーバーは標準誤差)

発話の内容

二つ目のパズルにおいて、「実験者に話掛ける」

(Tso) という言葉の項目で見られた発話の内容を分類し、具体的な例と各分類の言葉を発話した子どもの人数を Table 2 でまとめている (Table 2)。

日本の子どもにみられた発話の内容は4種類 (「パズルの内容を言う」・「難だと認め、言う」・「できないことを言う」・「時計の話をする」) に分けた。中国の子どもにみられた発話の内容を分類すると、「難だと認め、言う」・「自分の意思を表す」・「できないことを言う」・「パズルの内容を言う」・「雑談をする」・「自分の成果をみせる」・「やり方の解説」・「他人のことを聞く」・「簡単だと表現する」・「パズル内容からの連想」7種類であった。

日本の子どもに最もみられたのは「パズルの内容を言う」、中国の子どもに最もみられたのは「難だと認め、言う」であった (Table 2)。

以上のように、二つ目のパズルに取り組む時に、日本と中国の子どもに共通にみられた発話は「パズルの内容を言う」・「難だと認め、言う」・「できないことを言う」という3種類内容であった。日本の子どもと比べて、中国の子どものほうが発話の内容の種類も数も多くみられた。

Table 2 子どもの Tso の発話 (一部)

分類	日本 (人数)	分類	中国 (人数)
パズルの内容を言う	5	難だと認め、言う	9
難だと認め、言う	4	自分の意思を表す	7
できないことを言う	1	できないことを言う	6
時計の話をする	1	パズルの内容を言う	4
		雑談をする	4

考察

本研究の結果から、難しいことに取り組む際、中国の子どものほうが心の状態を動作、言葉、表情などを通して、行動に移す傾向があると推測できる。

動作、言葉、表情などの形で情動を表現することは文化に影響されている。日本の子どもは、保育者、教育者に“我慢してね”“もう少しだからね”など頑張ることを励ましてもらい、マイナスの気持ちを表現しない教育を受けている。また、周りの人との接触の中で生み出した経験等から自己主張が抑えめという社会的な美德の意識に影響を受けているのではないかと考えられる。それに比べ、中国の子どもは幼い頃から自分の欲しいもの、自己意思をアピールするように育てられている。子ども同士のコミュニケーションを見ていると中国では静かにやるよりも言葉によるコミュニケーションのほうがよく見られる。

このような言語と思考の関係、文化の影響力について、数多くの研究が行われてきた (Gagne & Smith, 1962 など)。また、Table 2 によれば、日本の子どもと比べて、中国の子どものほうが発話の種類が豊かで、自己主張の発話が多いことが分かった。中国の子どもにみられた自己主張の発話は鈴木 (2010) の分類と一致している。また、荒木 (2011) は、日本の教育では「空気をよむ」という文化を大事にし、言葉がなくても、自分の感受性によって動くことは日本人の特徴だと言われている。本研究の結果でも、日本の子どもと比べて、中国の子どものほうが多く発言がみられた。

難しい課題に取り組む時、両国の子どもの行動の差がみられたことから、両国の子どもの場合によって、行動に相違があることが明らかになった。

脚注

¹scarlettfu229@gmail.com

参考文献

- 荒木 晶子 (2011) 日本人はなぜ話すのが苦手なのか 荒木晶子・藤木美奈子 (共著) 自分を活かすコミュニケーション力 実教出版社, 2-40.
- Fu, J. (2015) How Japanese and Chinese Children approach and solve a difficult puzzle task---from a cross-cultural perspective *Clinical & Developmental Psychology*, 6, 3-16.
- Gagne, R.M., & Smith, E.C., (1962). A Study of the Effects of Verbalization on Problem Solving. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 12-18.
- 鈴木 亜由美 (2010). 幼児における自己主張行動の発達の研究—3~4歳児の縦断的観察からの検討 発達研究, 24, 85-93.

フォニックスの指導は英単語に対する初期視覚 ERP を増強させる: 日本語を母語とする中学生の事例研究

奥村 安寿子
北 洋輔
稲垣 真澄

国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 知的障害研究部
国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 知的障害研究部
国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 知的障害研究部

文字や単語の学習・指導は、読みの神経基盤を変容させる。英語の読み書きに困難のある子どもにおいては、フォニックス（書記素-音素の対応により単語を読む方法）を含む指導の前後で、読みと関連する神経活動の増強が確認されているが、フォニックス単独および短期的な指導の有効性はこれまで明らかになっていない。本研究では、英単語の読み書きが著しく困難であった中学生女児1名に短期間のフォニックス指導を行い、音読および事象関連電位成分 N170 の変化を検討した。その結果、指導前にはほとんど音読出来なかったが、指導後には80%以上の正答率を示した。指導した語に対する N170 については、振幅の増強および非文字列との振幅差の増大が観察された。これらより、単独かつ短期間のフォニックス指導が外国語としての英語の読みと、それに関わる神経基盤の改善に有効であることが示唆された。

Keywords: 読み書き困難, 英語, フォニックス, 単語認知, 事象関連電位, N170

問題・目的

多くの人々は、標準的な指導により文字をたやすく読めるようになるが、読みが顕著に困難で特別な介入を要する人々も一定数いる。フォニックスは、英語の読み書き困難への代表的な介入法であり、日本の一般的な英語教育では、読みを単語単位で指導するが、フォニックスでは書記素と音素の対応規則を提示し、それを単語に適用して読むよう指導する(図1)。

フォニックスを含む介入は読み自体に加え、読みに関わる神経活動を向上させることが示されている。機能的脳画像研究では左半球の下前頭、上側頭/下頭頂後部、下後頭側頭等の読み関連領域において、介入後に賦活の増強が認められた (Barquero et al., 2014)。事象関連電位 (Event-related potential, ERP) においても、単語処理と関わる複数の成分で介入後の振幅増強が示されている (e.g., Spironelli et al., 2010)。しかし、先行研究の介入は語彙や読解の指導も含んでおり、フォニックスの単独の効果は明らかでない。また、多くは長期指導後の変化であり (1日1-2時間, 数ヶ月), 教育場面に適した短期的な指導の効果は検討されていない。

そこで本研究では、英語学習に顕著な困難を示した中学生女児1名に単独かつ短期間のフォニックス指導を行い、英単語音読とERP成分N170の変化を検討した。N170は、視覚刺激に対して後頭側頭部優勢に惹起される陰性電位で (頂点潜時約170 ms)。主に左後頭等側頭部で、学習された文字列に対し非文字列よりも増強する特徴を持つ (e.g., Bentin et al., 1999)。そのため、フォニックスの効果は、指導した英単語に対する N170 の振幅と特殊化 (非文字列との振幅差) の増大に反映されると予想された。

方法

対象児 中学2年生の女児1名 (13歳, 右利き) が参加した。知能は正常域で (WISC-IV : FSIQ89), 日本語で

軽度の学習困難があった (K-ABC2 : 習得度総合73)。英語学習で顕著な躓きを示し、事前検査では、アルファベットの呼称が不完全 (正答: 小文字16, 大文字22), 音声単語と綴りが対応しない (例: hand に対し tennis を選択, 正答1/16語), 読める単語がない等が確認された。これらより、知能と日本語での習得度からは想定されない英語学習困難があると判断された。

介入手続き 3期 (A, B, B') からなる英単語の読み指導を実施した。1期は5週間であり、週1回1時間の個別指導と1日10分, 週7日間の家庭学習により毎週10語, 各期40語, 計120語を指導した。A期は単語単位で読む通常の方法, B・B'期にはフォニックス法で指導を行い、後者の手順は 1) 書記素と音素の対応, 2) 単語を1文字ずつ音素に変換, 3) 音素をまとめて単語の発音を得るであった (図1)。単語提示にはiPadを用い、家庭で読めないときは録音で確認してもらった。

評価 (音読・ERP) 各期の前後に指導語の音読正答数を調べた。ERP計測の刺激は介入で用いた英単語 (単語A, B, B', 計120語), 子音列および記号列 (各40刺激) であり、灰色画面の中央に黒字で提示された (提示時間: 750 ms, 刺激間間隔: 1050-1450 ms)。刺激はブロック別に提示され (各2ブロック), 対象児は同一刺激が2回連続したら反応するよう求められた。脳波は頭皮上26箇所から鼻尖基準で導出し (バンドパス 0.1-30 Hz, サンプリング512 Hz), 非標的刺激的提示前200 msから提示後700 msまでを加算平均した (基線: -200-0 ms)。アーチファクト ($\pm 125 \mu V$ 以上) および行動反応が含まれた試行は除外した。

介入 A 期: 通常の方法

cat = /kæt/ (キャット)

介入 B・B'期: フォニックス法

d = /d/ (ドウッ) o = /ɔ/ (オ) g = /g/ (グッ)
dog = /d/ + /ɔ/ + /g/ = /dɔg/ (ドッグ)

図1. 音読指導方法の概要

結果

音読 介入前後の音読正答数を表1に示した。各期とも指導前にはほとんど読めず、A期終了時にも50%未満にとどまった。これに対し、B・B'期の終了時には80%以上の単語を正しく音読出来た。B・B'期の新規習得率を、二項検定によりA期と比較したところ、いずれも有意に異なることが示された ($p < .05$)。

表 1. 介入による音読成績の変化

介入期 (単語)	指導前 正答-誤答 (正答%)	指導後 正答-誤答 (正答%)	新規習得率 (%)
A	0-40 (0)	19-21 (47.5)	47.5
B	0-40 (0)	32-8 (80.0)	80.0
B'	9-31 (22.5)	35-5 (87.5)	83.9

新規習得率 = (指導後正答数 - 指導前正答数) / 指導前誤答数

ERP 介入A・B期の結果より、フォニックス法の有効性が示されたため、B'期の前後にERPの計測を行った。図2Aは、両側後頭側頭部 (P7, P8) で得られた加算平均ERPを示す。全刺激に対して主に右半球優位なN170が惹起され、全体として記号列より文字列で陰性であった。刺激提示後150-180 msの平均電位を指導前後で比較したところ、単語B'についてP7を中心に明瞭な陰性増強が生じ、他の文字列ではあまり変化がなかった (図2B, D)。文字列-記号列の振幅差についても同様の変化が観察され (図2C)、B'期に指導した英単語についてN170の増強と特殊化の向上が示された。

考察・結論

単独かつ短期的なフォニックスの指導は、英語学習に顕著な困難を示した中学生女兒の英単語音読を大幅に改善し、通常の指導法よりも有効であることが示された。さらに、指導した語に対するN170において、学習された文字列に特異的な応答が増大し、本介入法は行動および神経基盤の両レベルで、対象児の英単語読みを改善したことが示唆された。

ただし、文字列に特異的なN170は左半球優位性を特徴とするのに対し (e.g., Bentin et al., 1999), 対象児のN170は右半球優位から両側性になった (図2D)。これは、読みを学び始めた子どもが示すN170の変化と類似しており (Maurer et al., 2006), 本介入は英語読みの神経基盤の初期発達を促進したと考えられる。また、両側性のN170は文字列全体ではなく個々の文字の処理を反映することが指摘されており (Okumura et al., 2015), 対象児の英単語処理は単語レベルではなく、文字レベルで向上した可能性がある。従って、対象児における英語の読み学習にはまだ多くの介入余地があると言え、同じ指導の継続で更なる向上が得られるか、あるいは語彙や流暢性といった他の側面を指導する必要があるかについては今後の検討が待たれる。

結論として、単独かつ短期的なフォニックス指導は英語の読みとその神経基盤の基礎形成に寄与した。同様の介入が日本語母語児一般に有効であるか否かについては事例数の追加、指導・介入デザインの比較検討、外国語としての英語学習過程の解明等を通じて明らかにしていく必要がある。

引用文献

Barquero, L. A., Davis, N., & Cutting, L. E. (2014). Neuroimaging of Reading Intervention: A Systematic Review and Activation Likelihood Estimate Meta-Analysis. *PLoS One*, 9.

Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Echallier, J. F., & Pernier, J. (1999). ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: Time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 235-260.

Maurer, U., Brem, S., Kranz, F., Bucher, K., Benz, R., Halder, P., ... Brandeis, D. (2006). Coarse neural tuning for print peaks when children learn to read. *NeuroImage*, 33, 749-758.

Okumura, Y., Kasai, T., & Murohashi, H. (2015). Representational Levels of Bilateral N170 for Japanese Hiragana Strings during Focal Spatial Attention to Letters. *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 33, 5-17.

Spironelli, C., Penolazzi, B., Vio, C., & Angrilli, A. (2010). Cortical reorganization in dyslexic children after phonological training: Evidence from early evoked potentials. *Brain*, 133, 3385-3395.

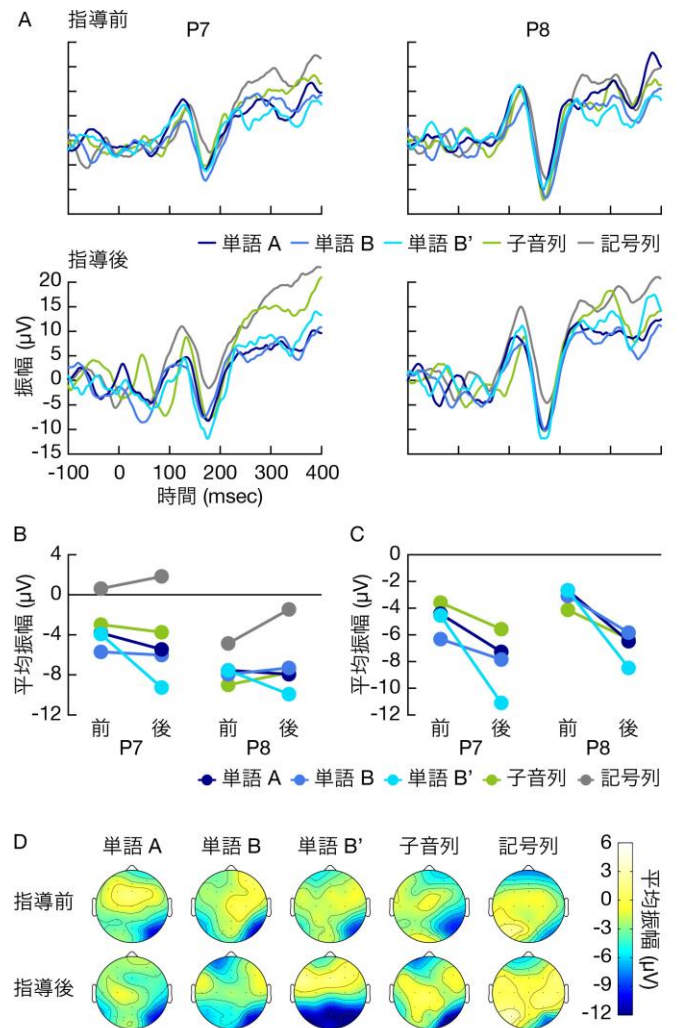


図 2. 後頭側頭部 (P7, P8) で得られた加算平均 ERP (A) および刺激提示後 150-180 ms の平均振幅 (B: N170 振幅, C: 記号列-文字列の振幅差, D: 頭皮上分布)。

物理的な一貫性と歴史的な一貫性の境界面としての意識 —チューリングの光と影を越えて—

川津 茂生

国際武道大学

一貫性の領野を論理的な世界から倫理的なものを含む世界へと拡大することで、計算の一貫性に過度に依存している現代の科学的な視野を、より一般的なものへと深化できる。一般的な一貫性の観点から考察することで、論理的な一貫性の行き詰まりが対面的な一貫性へ次元変換されて生命的な一貫性が誕生し、その延長線上で、物理的な一貫性から歴史的な一貫性への次元変換により物理的世界を越える意識が生まれた、と想定できる。

Keywords: 一貫性、論理、倫理、対面的関係、意識

論理的な一貫性の探求

一貫性というものは、基本的に論理の一貫性でなければならないということから、論理的な一貫性の探求というものが始まったのだと、考えられる。したがって、論理学というものは、一貫性の不備を見つけて、それを修正し、より完全な一貫性を追求するという営みであったと言える。しかし、そういった研究の背景には、一種の先入観があったのではないだろうか。というのも、一貫性を探求する場合、その領野を、論理的な世界に限定するのは、もっとも一般的な立場とは言えないからである。

もちろん、ある知的世界を構築して行く場合、それを表現する言語的で理論的な構築物が、一貫性を持たなければ意味を持たない。そこに当然のこととして、一貫性の要求というものが現れてくる。そして、言語的な一貫性は、ロゴスの一貫性ということから、ロジックの一貫性ということへと、洗練され、また深化されて、真の一貫性になって行くのだと理解されて来た。

そういった流れの中で、論理は、次第に洗練されて、形式的な論理へと成長し、さらには、数理的な論理、そして、計算論的な論理へと、変貌を遂げた。チューリングの業績は、そういった形で形成されて来た論理的な一貫性を、実際的に、機械的に実現して行く道を開いたことだと言えるであろう(デイヴィス, 2016)。そこから、コンピューテーションによって、実際に表現し、また計算できるということが、理論的な構築物が一貫性を持ったものであることを、十分に保証しているのだと、考えられるようになってきたことは、当然のことだと言える。

一般的な一貫性の領野へ

一貫性というものは、しかしながら、論理的な次元にのみ言える事柄ではない。それを示す、もっとも分かりやすい事例は、倫理的な次元における人格的な応答関係での一貫性である。倫理的な一貫性は、一般的には「誠実さ」として理解される。この倫理的な誠実

さは、論理的な一貫性を越える場合があり、それを論理的に解析することは、倫理的な一貫性の持つ意味を損ねてしまう。

今、人称の観点を導入すれば、論理的な一貫性とは、一人称に限定した一貫性か、あるいは、三人称に限定した一貫性であって、二人称的な観点から見た、対面的な状況での応答的な一貫性というものを、包摂して行くことができない。とすれば、一貫性というものを、論理的な次元に限定することは、人称理論的な観点からすれば、特殊な一貫性にすぎないものに限定した部分的な領野に、研究の視野を狭めてしまうことになる。

もしも、学問的な世界をもっとも一般的な基礎的領野から見直して行くということ、情報科学が成し遂げようとするなら、そのことの持つ根本的な問題性は、コンピューテーションによる論理的なものの厳密な基礎付けというものが、実は、特殊な一貫性に過ぎないものを研究しているのにも関わらず、一般性を僭称してしまうことになるということであろう。

一般的な一貫性というものは、論理ばかりでなく、倫理的な次元をも含む、全体的な一貫性でなければならない。そういった一般的な一貫性の領野から考察をすることで、意識というもののマイクロ理論の可能性も開けてくるのではないだろうか。

一貫性の次元変換としての意識

論理的な世界やコンピューテーションの世界に限界があるということは、一定の形で知られている(高橋, 2014)。しかし、むしろ、そのコンピューテーションが止まってしまうところでこそ、対面的な一貫性というものを形成している歴史的な世界が、一貫性というものを、物理的な次元から歴史的な次元へと変換し、生かし直しているのではないだろうか。計算が停止したり、無限に反復したりして、計算としては行き詰まるところで、むしろ、その反復するプロセスによって、再帰性あるいは自己回帰性が出現する可能性が生じる。再帰性あるいは自己回帰性が、物理的な次元から、歴史的な次元へと、変換されて行くのである。そこに、自己内反省をも含む内部世界が現れるのではないだろうか。そこにおいて、歴史的な世界の持つ二人称的な関係性の一貫性が、三人称的な物理的な世界の一貫性

と交わることで、二つの異なる一貫性の境界面が出現する。その境界面における反復性や再帰性が、自己内反省をも可能にする意識を生み出す。

つまり、メカニカルな一貫性が止まってしまうところで、そのいわば故障している部分を、環境世界との関係性における対面的な一貫性の次元が、こちら側の関係性の次元へと強引に引き込み、こちら側の一貫性から見て十分に機能し得る、高次の一貫性へと変換して行くのである。したがって、そこで回復した一貫性は、物理的な背景を持ってはいるが、一貫性としては、歴史的世界の対面的な一貫性なのである。物理的なレベルで一応実現していた論理的な一貫性が、不十分さを露呈して行く場所で、対面的な関係性における、いわば倫理的な一貫性が、それを包み込み、一般的な一貫性の領野において再生して行くのである。一貫性を、論理的な一貫性に限らず、倫理的な一貫性を含む、本来の普遍的な一貫性へと解釈し直すなら、計算論的な論理の一貫性が保てない場合に、より普遍的な次元で補完されて、生かされるということは、十分理解できる。

物理的で即自的な一貫性が、歴史的に形成された環境世界との交流の中で、意識の創出によってのみ機能する、倫理的な一貫性によって包み込まれ、即自的には機能できない部分さえもが、高次の水準で機能する、生命的な一貫性へと生まれ変わって行くのである。それが、対面的な世界に生きる、意識を持った生命体を維持して行く、本来的な一貫性なのである。言い換えるなら、二人称的な受容性に包まれ、その呼びかけに応答するものとして、一人称的な意識が出現することによってのみ、三人称的な物理的な次元で機能する計算システムの行き詰まりを、実効的に機能するものとして回復させ、生かし直すことが可能になって行くのである。生体が、メカニカルにはいわば故障している部分を、機能的に回復させることを目指すことが、環境世界の二人称的な受容性に応答する一人称性の創出を実現させたのである。

進化と一貫性の次元変換

生命が誕生した時から、生体のメカニカルな面だけでは必ずしも完全には機能できない面があって、その不十分さを、何らかの形で補い、十分に機能させるためには、物理的なメカニズムを乗り越えるような、言ってみれば、何らかの原始的な人称性の飛躍のようなものが生じる必要性があったのではないだろうか。進化の初期には、もちろん、一人称と呼べるようなものの、創成的出現はなかったとしても、そういったものを予兆するような、何らかの、質的なレベルでの一貫性の次元変換といったようなものがあつたのであろう。それが、生命というものにわれわれを感じる、生命的なものの本質なのではないだろうか。

数十億年の進化のプロセスの中で、生体の持つメカニカルな不十分さを補うために、環境に対する対面的な、原始的な人称性の創出ということがあつた。つまり、そういった方向性で、対環境的な、対面的な面というものが現れて来て、初めて、メカニカルなレベルだけでは行き詰まってしまう部分が、いわば、強引に、

実効的に機能するようになった。それは、いわば、一貫性の新たな次元創出とも言えるようなことであつて、そのはるかな延長線上に、倫理的な対面関係すなわち対人格関係というものも出現した。そのプロセスで、物理的な一貫性と歴史的倫理的な一貫性が、複雑に相互作用をして、物理的な一貫性の歴史的な一貫性への次元変換が可能になり、そこに意識が出現したのであろう。

そのような複雑な一貫性の次元変換を、計算という特殊な一貫性によって再現することは、不可能だと思われる。それが実現するとすれば、おそらく、数十億年の進化のプロセスを再現しなくてはならない。

脳における一貫性の次元変換

脳ということに戻れば、脳内の計算システムと安定化作用のシステムは、分離したシステムではなく、相互に融合したシステムである。そのことが、計算の行き詰まりを、計算を越えて実効性を持つものへと変貌させることを可能にしているのかもしれない。脳のコンピューテーションは、常に故障しているのだが、その故障している部分こそが、安定化作用によって、実効的になって行く。対面的な一貫性が物理的な一貫性を補完できるのは、安定化作用による計算システムへの侵入可能性が確保されているからではないだろうか。

結語

論理というものに関心を集中してきたことで、コンピュータという計算をする機械を、人類は手に入れた。しかし、そのことは、一貫性の領野というものを、論理的なものに限定してしまうという、弊害を産んだ。もし、知的な世界というものを、本当に一貫性を持った世界として構築しようとするならば、一貫性の領野をより一般的で普遍的なものへと拡大しなくてはならない。その際、対面的な関係性の世界というものを、考慮に入れる必要がある。そうするならば、そこにおける一貫性は、論理的な世界を越えて行くのである。その高次の一貫性は、論理的な計算が行き詰る場所で、むしろ本領を發揮する。そこにおいてこそ、物理的な世界を越えた意識が生まれるのである。しかし、この理論は、あくまで理性的であつて、論理は越えるけれども、一貫性は越えない。理性を論理的なものに限定する必要はないのであつて、むしろ、一貫性の領野をより一般的なものへと拡大することは、理性の理性たる所以をより確かなものにするのである。チューリングの光と影は、一貫性の一般的な理論によって、越えて行くことができるのである。

引用文献

高橋昌一郎 2014『ノイマン・ゲーデル・チューリング』筑摩書房。

デイヴィス, M 2016『万能コンピュータ ライブニッツからチューリングへの道すじ』近代科学社。

視線の有効性と標的刺激の情動価が人物の信頼性判断に及ぼす影響

白井 理沙子

関西学院大学大学院文学研究科

小川 洋和

関西学院大学文学部

視線手がかり課題において、人物の視線の有効性は視線の送り手の印象形成に影響を与え、標的位置を予測する視線手がかりを与える人物は信頼性が高いと評価される。また人物の持つ情報が視線を介して標的の印象形成に影響を与えることも報告されてきたが、逆方向の影響である、標的の情報が視線を介して人物の印象形成に影響を与えるかは明らかになっていない。本研究の目的は、視線手がかりによって標的の情動価による人物の信頼性評価への影響がどのように変化するかを明らかにすることであった。実験では視線が移動した後、顔の左または右に標的となる不快画像または快画像が呈示された。参加者は画像の左右位置を判断し、最後のブロックでは加えて顔の信頼性を判断した。その結果、画像位置と一致した方向に視線を移動させる顔は信頼性が高いと判断され、この効果は不快画像より快画像で大きくなった。この結果は、視線手がかりの有効性と標的の情動情報が人物の信頼性判断に影響することを示唆している。

Keywords: gaze cueing, personality judgment, visual attention

問題・目的

人物の視線によって視覚的注意が誘導される視線手がかり効果は、視線の送り手の印象形成にも影響する。例えば、Bayliss & Tipper (2006) は標的位置を予測する視線手がかりを与える人物は、標的位置と不一致な方向に視線を移動させる人物よりも信頼性が高くなることを示した。また、視線の先にある標的の印象も視線手がかりによって影響を受ける。King, Rowe, & Leonards (2011) は信頼性の高い人物の視線によって位置を予測された刺激が信頼性の低い人物によって予測された時よりも好ましいと評価されることを報告している。これは人物の持つ情報が視線を介して標的の印象形成に影響を与えることを示しているが、逆方向の影響である、標的の情報が視線を介して人物の印象形成に影響を与えるかは明らかでない。そこで本研究は視線手がかり課題を用いて、視線手がかりによって標的の情動価による人物の信頼性評価への影響がどのように変化するかを検討した。

実験 1 方法

参加者 参加者は20名（男性3名 女性17名）、平均年齢は20.65歳、年齢範囲は18～28歳であった。

刺激 Chicago Face Database (Ma, Correll, & Wittenbrink, 2015) から顔画像36枚（男性18枚 女性18枚）を使用した。また標的画像は、快画像および不快画像を各18枚IAPS (The International Affective Picture System; Lang, Bradley, & Cuthbert, 2005)、Google画像検索から選出した。

手続き 実験では、顔画像を画面の中央に呈示し、1,500 ms後に顔画像の視線が右と左どちらかに移動した。視線の移動から500 ms後に顔の左または右に標的となる不快画像または快画像が呈示された。参加者の課題は標的画像が左と右のどちらに呈示されているかをキー押しで判断することであった。視線と一致した位置に画像が呈示される条件を視線一致条件、不一致な位置に呈示される条件を視線不一致条件とした。また、視線が移動しない条件として直視条件を設けた。視線の種類（視線一致・視線不一致・直視）×標的の情動価（快・不快）ごとに6枚の顔画像が割り当てられ、それぞれの顔画像と標的画像は実験を通して常にペアとなって呈示された。どの顔がどの条件に割り当てられるかは参加者間でランダムであった。実験は6ブロックからなり、それぞれ36試行ずつ、合計216試行あった。最後の6ブロック目では、画像の位置判断に加え、人物の信頼性判断（1. 最も信頼できない～9. 最も信頼できる）も行った。

実験 1 結果

画像の位置判断までの反応時間の結果、視線一致条件は視線不一致条件よりも反応時間が短く、視線手がかり効果が観察された。また、人物の信頼性評価の結果では、視線一致顔が視線不一致顔・直視顔より信頼性が高いと評価された。さらに、視線一致顔は標的が不快である時より快である時に信頼性が高くなった。一方、視線不一致顔は標的が不快である時より快である時に信頼性が

低くなった (図 1)。直視顔では標的の情動価による信頼性の評定値に違いはなかった。

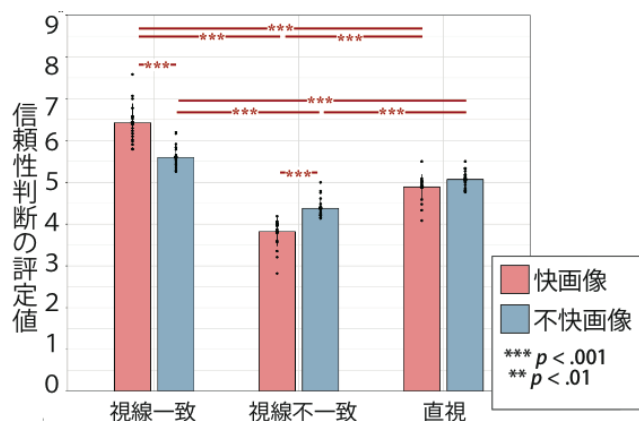


図 1. 人物の信頼性判断の結果を示す。エラーバーは SD を示す。また、個人データをプロットして示す。

実験 2 方法

実験 1 では、視線手がかりの有効性によって標的の情動価が人物の信頼性判断に与える影響が変化することを示した。しかし人物の視線手がかりは、どの位置に標的が呈示されるのかという標的の位置の予測性と、どちらの情動価の出現を予測するのかという標的の情動価の予測性の両方を含んでいた。そのため、標的の位置と標的の情動価の両方の予測性が信頼性評価に影響を与えていたのか、それともどちらか一方の予測性のみが信頼性評価に影響を与えていたのか明らかでない。そこで実験 2 では、標的の情動価を予測しない顔を加え、視線手がかりによる標的の位置の予測性と標的の情動価の予測性を切り分けて人物の信頼性判断に与える影響を検討した。

参加者 参加者は 24 名 (男性 2 名 女性 22 名) であった。平均年齢は 20.75 歳、年齢範囲は 18 ~ 25 歳であった。

刺激 顔画像 48 枚 (男性 24 枚 女性 24 枚)、標的画像 54 枚を用意した (快画像 18 枚、不快画像 18 枚、中性画像 18 枚)。

手続き 実験 2 では標的の情動価を予測しない顔を準備するため、快画像・不快画像が同等の確率で標的として呈示される快/不快混合条件を加えた。視線の種類 (視線一致・視線不一致) × 標的の内容 (快・不快・中性・快/不快混合) ごとに 6 枚の顔画像を割り当てた。実験は 8 ブロックからなり、それぞれ 48 試行ずつ、合計 384 試行であった。参加者の課題は実験 1 と同様であった。

実験 2 結果

画像位置を判断するまでの反応時間の結果、実験 1 と同様に視線手がかり効果が観察された。また人物の信頼性判断の結果、視線一致顔の方が視線不一致顔より信頼性が高いと評価された (図 2)。特に視線一致顔は、標的の位置のみを予測する快/不快混合条件より、標的の情動価も予測する快条件の方が、信頼性が高いと判断された。また視線不一致顔は、快/不快混合条件より不快条件の方が、信頼性が低いと評価された。これは視線による快画像の予測性が高いと信頼性が高く評価され、不快画像の予測性が高いと信頼性が低く評価されることを示している。

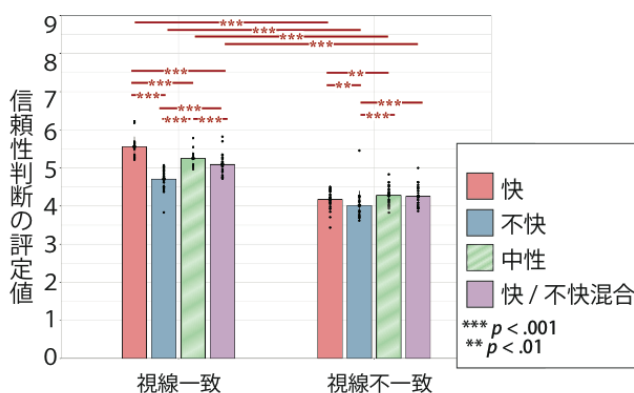


図 2. 人物の信頼性判断の結果を示す。エラーバーは SD を示す。また、個人データをプロットして示す。

総合考察

本実験の目的は、視線手がかりの有効性と標的の情動価が人物の信頼性評価に与える影響を明らかにすることであった。実験の結果、標的の情動価は視線知覚を介して人物の信頼性判断に影響を与えることがわかった。さらに、人物の信頼性評価には視線による標的の位置の予測性だけでなく、標的の情動価の予測性も影響することがわかった。また、これらの結果は視線移動がない場合には観察されなかったため、標的の情動価による人物の信頼性判断への影響には視線を介した人物の意図理解が重要な役割を担っている可能性がある。

引用文献

- Bayliss & Tipper (2006). *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(6), 1061-1066.
 Friesen & Kingstone (1998). *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(3), 490-495.
 King, Rowe, & Leonards (2011). *Social Cognition*, 29(4), 476-485.
 Lang et al. (2005). Technical Report A-6. University of Florida, Gainesville, FL.
 Ma et al. (2015). *Behavior Research Methods*, 47, 1122-1135.

不快情動喚起時の有効視野の縮小-時間経過が与える影響-

増田奈央子
園田直子

久留米大学比較文化研究所
久留米大学文学部心理学科

本研究の目的は、(1)不快な情動を喚起させる場面を見たとき有効視野がどの程度縮小するのか、および(2)時間が経っても有効視野は縮小したままなのか、それとも回復するのか、の2点を明らかにすることである。情動喚起刺激は IAPS から不快刺激、中性刺激それぞれ 30 枚用いた。有効視野測定課題は中心課題と周辺課題を同時に呈示する二重課題を用いた。有効視野の縮小の程度を測るために周辺課題の偏心度について 9° か 12° の 2 条件を設けた。また時間経過と縮小の関係を測定するために刺激と課題の呈示間隔(ISI)について 0ms, 500ms, 1000ms の 3 条件を設けた。その結果、ISI0ms のときに不快刺激は中性刺激より周辺課題の正答率が低いことが、不快-0ms 条件と不快-1000ms 条件は偏心度 9° より 12° のときの周辺課題の正答率が低いことが示された。以上の結果から、不快刺激は中性刺激に比べると有効視野は縮小するが、1000ms 以上経過すると回復することが考えられる。

Keywords: emotion, negative, useful field of view, ISI

問題・目的

不快な情動を喚起させる場面を見たときそうでない場面を見たときよりも有効視野が狭くなる(Harada, Hakoda, Kuroki, & Mitsudo, 2015)ことや不快刺激が呈示されている間はそうでない刺激が呈示されている間に比べて有効視野が縮小したままである(野畑・箱田・二瀬, 2007)ことが示されている。有効視野とは、あるものを見ながら同時に他のものを見ることができる範囲をさすといわれている(藤原, 2011)。

本研究では、不快刺激を見たときその刺激が消えた後も有効視野は縮小したままなのか、それとも呈示されているときのみ生じるものなのかを明らかにするために、不快情動喚起時の有効視野の縮小に時間経過が与える影響について検討する。

方法

実験参加者：大学生 18 名（男性 7 名，女性 11 名）が実験に参加した。平均年齢は 19.7 歳(SD=2.38 歳)であった。

装置：刺激はコンピュータ上(VPCL12AFJ, Sony)で 21.5 インチのモニタ(PCG-11212N, Sony)に呈示した。

刺激：画像刺激として IAPS (International Affective Picture System; Lang, Bradley, & Cuthbert, 2008)より不快刺激、中性刺激それぞれ 30 枚を使用した。

課題：実験課題は、中心課題と周辺課題からなっていた。

中心課題は、実験参加者の自由な眼球運動を統制し、実験者が意図的に実験参加者の視線を画面の中央に固定させるために行った。画面中央に呈示される“C”または逆向きの“C”に対し、“C”の開口部が右なら

ばテンキーの 6 のキーを、左ならば 4 のキーを押すことであった。その際、実験参加者はなるべく早く正確に押すことが求められた。周辺課題は、有効視野の範囲を測定するための課題である。周辺課題の内容は、画面周辺に呈示される数字を答えることであった。数字が呈示されたか否かと、呈示されたならば何の数字であったかを答えてもらった。

手続き：実験参加者は顎台を用いて顎と頭を固定し、パソコン画面から 57 cm 離れたところから刺激を観察してもらった。すべての実験操作はテンキーを用いて行ってもらった。実験参加者が数字のキーを押すと、注視点(+)が 500ms 間呈示され、その後、画像刺激が画面中央に 500ms 間提示された。刺激が消える 50ms 前に画面中央に再び注視点が現れ、刺激が消えた後に中心課題と周辺課題を同時に 150ms 間呈示された。刺激と課題の ISI は 0ms, 500ms, 1000ms のいずれかであった。この条件は、時間経過と縮小の関係を測定するために設けた。その後、中心課題の“C”は注視点に変化し、周辺課題の数字は消失した。“C”が呈示されてから実験参加者が反応するまでを中心課題の反応時間として測定した。ただし、3000ms 以上反応がない場合は誤反応として、注視点を画面から消した。

次に周辺課題についての質問を画面に呈示し、質問への回答に該当するキーを入力してもらった。入力が終わると再び注視点を呈示し、次の試行を行ってもらった。

練習試行は 10 試行行った。本試行は 120 試行行い、そのうち、周辺課題の数字が呈示されない試行が 24 試行あった。また、刺激の呈示順序、中心課題の“C”の開口部の向き、周辺課題の数字および位置はすべてランダムな順序で実験を行った。

結果

有効視野の広さの指標として周辺課題の正答率を用いた。また周辺課題は、中心課題に対する反応が正しかった試行のみを用いて分析を行った。

不快条件の周辺課題の正答率の平均値と標準誤差を Figure1 に、中性条件の周辺課題の正答率の平均値と標準誤差を Figure2 に示す。

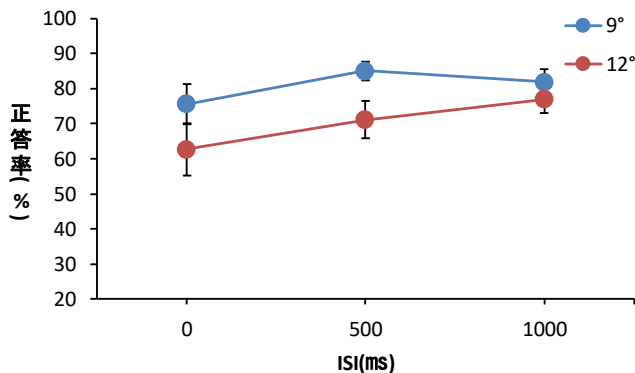


Figure1. 不快条件の周辺課題の正答率の平均
(エラーバーは標準誤差)

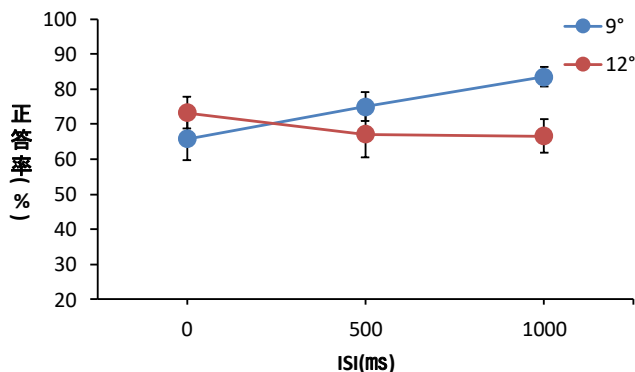


Figure2. 中性条件の周辺課題の正答率の平均
(エラーバーは標準誤差)

周辺課題の正答率について情動(2:不快・中性)と ISI(3:0ms・500ms・1000ms)と偏心度(2:9°・12°)の3要因分散分析をそれぞれ行った。その結果、情動の主効果と偏心度の主効果がそれぞれ有意および有意傾向であった($F(1,17)=3.34, p=.09, \eta^2=.01$; $F(1,17)=9.75, p=.01, \eta^2=.04$)。中性条件は不快条件より、偏心度12°条件は9°条件より正答率が高いことが示された。また、情動とISIと偏心度の2次の交互作用が有意であった($F(2,34)=6.16, p=.01, \eta^2=.02$)。そこで、2次の交互作用に関して単純交互作用検定を行い、有意であった場合は単純・単純主効果検定を行った。その結果、偏心度12°条件における情動とISIが有意であった($F(2,68)=6.00, p=.00$)。そこで偏心度12°条件において単純・単純主効果検定を行ったところ0ms・1000ms

条件における情動の主効果がそれぞれ有意および有意傾向であった。中性-0ms条件は不快-0ms条件より、不快-1000ms条件は中性-1000ms条件より正答率が高かった。

0ms・1000ms条件における情動と偏心度がそれぞれ有意および有意傾向であった($F(1,51)=8.08, p=.01$; $F(1,51)=2.86, p=.10$)。0ms条件において単純・単純主効果検定を行ったところ9°条件における情動の主効果、不快条件における偏心度の主効果がそれぞれ有意であった。不快-9°条件は中性-9°条件と不快-12°条件より正答率が高かった。1000ms条件において単純・単純主効果検定を行ったところ中性条件における偏心度の主効果がそれぞれ有意であった。中性-9°条件は中性-12°条件より正答率が高かった。

中性条件におけるISIと偏心度が有意傾向であった($F(2,68)=2.83, p=.07$)。単純・単純主効果検定を行ったところ9°条件におけるISIの主効果が有意であった。9°-1000ms条件は9°-0ms条件より正答率が高かった。

考察

本実験は、不快情動喚起時の有効視野の範囲の程度および有効視野縮小に時間経過が与える影響について明らかにすることを目的に行った。

その結果、縮小範囲についてはISI0msのときに不快条件は中性条件より偏心度12°の課題正答率が低いことが示された。また、ISI0msのときの不快条件において偏心度12°条件は9°条件より課題正答率が低いことが示された。これらのことから、不快条件は中性条件より有効視野が狭くなることと、その縮小範囲は9°から12°の範囲であることが示された。これらの結果は、野畑ら(2007)やHarada et al(2015)と一致した結果が得られたと考えられる。

次に時間経過の影響については、不快・0ms条件と不快・500ms条件では偏心度9°は12°より正答率が高くなることが示された。しかし、1000ms条件のとき9°と12°の正答率に差は認められなかった。このことから、不快刺激が呈示されてから1000ms以上経つと有効視野の縮小が回復することが考えられる。

以上のことから、不快情動喚起時の有効視野の縮小は不快刺激が呈示されているときのみ生じるものではないが、不快刺激が消えてから1000ms以上経過すると有効視野が回復することが示された。

引用文献

- Harada, Y., Hakoda, Y., Kuroki, D., & Mitsudo, H. (2015). The presence of a weapon shrinks the functional field of view. *Applied Cognitive Psychology*, 29(4), 592-599.

手に重りを持つことによる心的回転過程の変調

武藤 拓之
松下 戦具
森川 和則

大阪大学大学院人間科学研究科／日本学術振興会

大阪大学大学院人間科学研究科／大阪樟蔭女子大学学芸学部

大阪大学大学院人間科学研究科

心的イメージ操作の一種である心的回転は、手の運動と密接に関連している。近年、手に重りを持つことによって意思決定や知覚の処理が変容するという知見がいくつか報告されているが、重りを持つことが心的回転に及ぼす影響は未解明である。そこで本研究は、両手に軽い鞆または重い鞆を持ちながら心的回転課題を行った際に、鞆の重さによって成績に変化が生じるか否かを検証した。反応時間とエラー率の傾きを分析した結果、女性では重い鞆を持った群において軽い鞆を持った群よりも心的回転が速く正確であったが、男性ではこのような鞆の重さによる違いは見られなかった。一方、切片に関しては男女ともに重さの効果は見られなかった。これらの結果から、関節の動きを伴わない手の静的な筋収縮も心的回転の処理に影響する可能性が示された。また、女性でのみ重りの効果が生じたことから、心的回転で用いられる身体化方略が性別によって異なる可能性が示唆された。

Keywords: mental rotation, embodied cognition, gender differences, spatial cognition

問題・目的

頭の中で視覚的なイメージを回転させる過程は心的回転と呼ばれる。心的回転に要する時間は回転角度が増大するにつれて線形に増加することが知られている(e.g., Shepard & Metzler, 1971)。この一次関数の傾きは心的回転そのものの過程を、切片(回転角度が0°の時の反応時間)は心的回転以外の過程(e.g., 刺激の符号化や反応動作)を反映していると考えられている(e.g., Just & Carpenter, 1985)。

心的回転は手の運動と密接に関連していると考えられている。これを支持する証拠として、例えば Wohlschläger & Wohlschläger (1998) は、イメージの回転方向と同じ方向に手を回転させることによって心的回転の処理が促進することを報告している。

近年、身体化認知研究の枠組みにおいて、手に重りを持つことが意思決定や知覚の処理を変容させるという知見がいくつか報告されている(e.g., Jostmann et al., 2009; Yonemitsu et al., 2017)。しかし、手に重りを持つことによって生じる静的な筋収縮が心的回転過程に対しても影響を及ぼすか否かは未解明である。そこで本研究は、両手に鞆を持ちながら心的回転課題を行った際に、鞆の重さによって心的回転の成績に変化が生じるか否かを検証した。

心的回転能力には性差があることがよく知られているが(e.g., Voyer et al., 1995)、近年、心的回転に関する身体性にも性差が存在する可能性が提起されている(Jansen et al., 2017; 蒔苗・河西, 2017; Voyer & Jansen, 2016)。そこで本研究は、重りの効果が男女で異なるか否かについても検討した。

方法

実験参加者

女性22名・男性22名(全員右利き)が参加した。

刺激

Shepard & Metzler (1971) を参考に、10個の立方体から構成された5種類の3次元物体とそれらの鏡像を作成した。これらの物体を水平面で0°・60°・120°・180°回転させた画像を視覚刺激として用いた。また、重り刺激として軽い鞆(0.22 kg)と重い鞆(3.22 kg)を2つずつ用意した。

手続き

観察距離約80 cmのディスプレイ上に2枚の刺激画像が提示された(図1)。2枚の刺激画像は同じ物体のペアか互いに鏡像のペアのどちらかであり、2つの物体の角度差は0°・60°・120°・180°のいずれかであった。実験参加者は、2つの物体が同じ物体のペアであるか鏡像のペアであるかをなるべく速く正確に回答した。回答は右足でフットペダルを踏むことによって行われた。同じペアであれば右側のペダル、鏡像ペアであれば左側のペダルを踏むことが求められた。総試行数は160試行であった。男女それぞれについて、半数の参加者は軽い鞆を、もう半数の参加者は重い鞆を両手に持ちながら心的回転課題を行った(図1)。

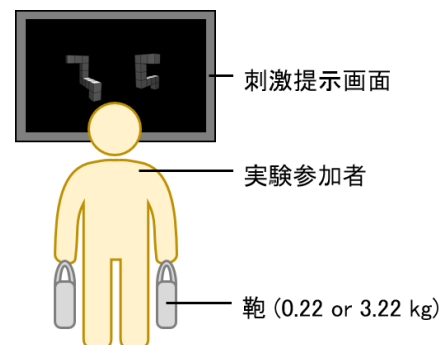


図1. 実験状況を図示したもの。実験参加者は、両手に鞆を持った状態で心的回転課題を遂行した。

データ分析

性別(女性/男性)・靴の重さ(軽い/重い)・回転角度(0-180°;連続量として)の3変数およびこれらの変数の組み合わせから成る交互作用を固定効果、刺激の種類・参加者の2変数を変量効果とする線形混合モデルを用いて反応時間およびエラー率の切片と傾きを分析した。先行研究に倣い、鏡像ペアの試行は分析に含めなかった。また、反応時間データの分析の際には不正解試行および外れ値(各条件で反応時間が $M + 3SD$ を越えた試行)を除外した。有意性検定の際にはHolm法で修正した p 値を用いた。

結果

反応時間における切片と傾きの平均値を図2に示す。反応時間データの分析の結果、切片に関しては性別の効果も靴の重さの効果も認められなかった($ps > .185$)。一方、傾きに関しては、女性では重い靴を持った群の方が軽い靴を持った群よりも反応時間の傾きが小さかったが($p = .001$)、男性では靴の重さによる傾きの違いは認められなかった($p = .108$)。

エラー率に関しても反応時間と同様の傾向が観察された(図3)。分析の結果、切片に関しては性別の効果も靴の重さの効果も認められなかった($ps > .316$)。一方、傾きに関しては、女性では重い靴を持った群の方が軽い靴を持った群よりもエラー率の傾きが小さい傾向が見られたが($p = .093$)、男性では靴の重さによる違いは認められなかった($p = .664$)。

考察

本研究の結果から、重い靴を持つことによって女性でのみ心的回転の処理が促進することが明らかになった。この結果は、運動を伴わない手の静的な筋収縮も心的回転過程に影響する可能性と、心的回転の身体化過程に性差が存在する可能性を示唆している。

重りによる心的回転の促進効果に対する最も単純かつ率直な説明として、実験参加者が身体的な負荷から逃れるために急いで課題を終わらせようと動機づけられたという可能性が挙げられる。しかし、反応の速さ

と正確さの間にトレードオフの関係は見られず、むしろ反応時間でもエラー率でも一貫した結果が得られたことや、切片において促進効果が検出されなかったことから、この可能性は低いと考えられる。

重りによる促進効果が女性でのみ生じたという本研究の結果は、接近行動(i.e.,腕を曲げる)によって女性でのみ心的回転の成績が向上するという報告(Jansen et al., 2017)と整合している。この接近行動の効果が重りの効果とメカニズムを共有しているか否かに関しては今後更なる検証が必要である。

また、本研究が明らかにした重りの効果が心的回転以外の空間認知過程においても生じるか否かについても今後検討していく必要がある。例えば、全身の表象が関与することが知られている空間的視点取得(e.g., Muto et al., in press)についても同様の手続きで検証を行うことで、空間認知の身体化過程についてより詳細な検討を行うことが可能であると考えられる。

引用文献

- Jansen, P., Kaltner, S., & Memmert, D. (2017). Approaching behavior reduces gender differences in the mental rotation performance. *Psychological Research, 81*, 1192-1200.
- Jostmann, N. B., Lakens, D., & Schubert, T. W. (2009). Weight as an embodiment of importance. *Psychological Science, 20*, 1169-1174.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1985). Cognitive coordinate systems: Accounts of mental rotation and individual differences in spatial ability. *Psychological Review, 92*, 137-172.
- 蒔苗 詩歌・河西 哲子 (2017). 心的回転における身体への類推と性差. *心理学研究, 88*, 452-459.
- Muto, H., Matsushita, S., & Morikawa, K. (in press). Spatial perspective taking mediated by whole-body motor simulation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science, 171*, 701-703.
- Voyer, D., & Jansen, P. (2016). Sex differences in chronometric mental rotation with human bodies. *Psychological Research, 80*, 974-984.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin, 117*, 250-270.
- Wohlschläger, A., & Wohlschläger, A. (1998). Mental and manual rotation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*, 397-412.
- Yonemitsu, F., Sung, Y., Naka, K., Yamada, Y., & Marmolejo-Ramos, F. (2017). Does weight lifting improve visual acuity? A replication of Gonzalo-Fonrodona and Porras (2013). *BMC Research Notes, 10*, 362.

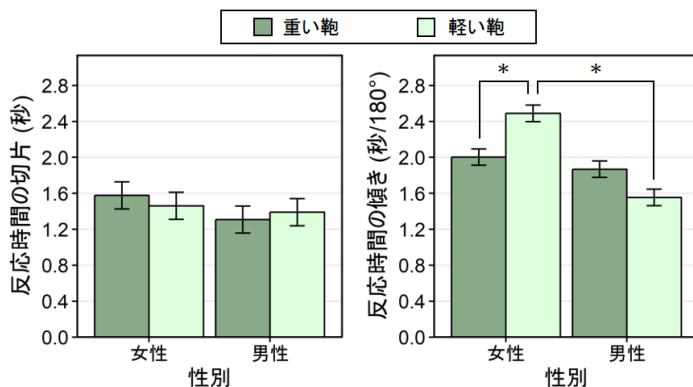


図2. 反応時間の切片(0°条件の反応時間)および傾き(180°の心的回転に要する時間)の平均値。エラーバーは標準誤差を表す。
* $p < .05$ (Holm法で修正した p 値に基づく)

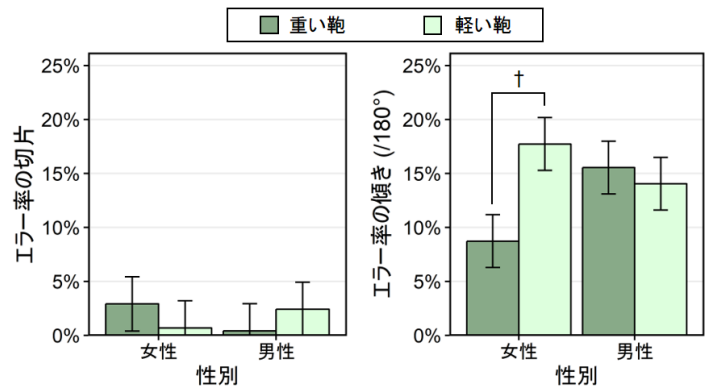


図3. エラー率の切片(0°条件のエラー率)および傾き(180°の心的回転に対するエラー率の増分)の平均値。エラーバーは標準誤差を表す。
† $p < .10$ (Holm法で修正した p 値に基づく)

身体部位間の視覚プライミングにおける視点依存性の生起条件

光松秀倫

名古屋大学大学院情報学研究科

大脳の運動前野のミラーニューロンには視点依存性があり、摂食行動の観察と実行に対する応答が報告されている。摂食行動には口と手が関与する。本研究では、身体部位間の視覚的プライミング効果について視点依存性の生起条件を調べた。先行研究で、口を先行提示してから手或いは足（甲側、裏側）を後続提示し、手足の視点弁別課題をさせた結果、手足共に甲側に対する反応時間が裏側よりも速かった。本研究では、手足弁別課題をさせた結果、手にも視点の効果が見られた。この視点依存性は、口が開く動作を先行提示した時は見られたが、口が開いた静止画では見られなかった。以上より、本研究の視点依存性は、視覚経験ではなく行為経験を反映していること、また、手の同定処理は不必要で、甲のどの特徴処理が促進されるかは課題に依存することが示唆された。

Keywords: somatotopy, mouth, hand, mirror neuron, visual priming, view dependence

問題・目的

サルの大脳の運動前野腹側部（F5）には、自分が行為を実行する時と他人の行為を観察する時の両方に応答するミラーニューロンが発見されている。その応答対象には2種類の行為がある。1つは把持行為で、もう一つは摂食行為である(Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996)。応答特性として、観察時の視点に依存することが報告されている一方で、刺激の意味には厳密でなく、部分的な視覚特徴に対して応答することが示唆されている(Caggiano et al., 2011)。MRIを用いた人間の脳研究においても、他人の行為観察時に運動前野腹側部（44野）が賦活することが報告されている。人間のミラーニューロンシステムを想定した心理学実験として、把持行動と物体認知のプライミング効果が報告されている。これは、物体を握る手の動作をプライム刺激として提示すると、後続刺激として提示される物体の認知が促進されることを示した。摂食行為のプライミング効果として、口と手の甲側の双方向性のプライミング効果も報告されている(光松,2017)。しかしこの研究では、足の甲の知覚も促進されたことも含めて、摂食行動以外にいくつかの別解釈、例えば、口と手の甲の視覚的親近性、姿勢としての自然さ、知られていない理由で手足の甲側と口が強く結合している等の解釈が挙げられる。

本研究の目的は、口と手の甲のプライミング効果について、別解釈の可能性を排除し、摂食行動のミラーニューロンシステムが関与した可能性を結論づけることにある。

実験

先行研究では手足の甲側、裏側の視点弁別課題を用いたため、手足の区別は必要なかった。手足とも共通の視覚特徴が手がかりになったため、足の甲が手の甲と

の類似性を持つために副次的に促進された可能性がある。実験1では、同じ刺激で手足弁別課題を行った。

方法

刺激 刺激には先行刺激と後続刺激の2つがあった。先行刺激を1秒提示し、直後に後続刺激を提示した。後続刺激は参加者が反応するまで提示された。先行刺激には3種類あり、1つ目は、プラス記号(+)、2つ目は、開いた口の画像、3つ目は閉じた口と開いた口の連続提示(各刺激0.5秒間提示)であった(図1a)。後続刺激として、手、或いは足が提示された(図1b)。手と足の刺激は、それぞれ4種類、合計8種類であった。手については、右手か左手か、甲か手のひらかの組み合わせで4種類あった。足についても、右か左か、甲か裏かの組み合わせで4種類であった。各身体部位画像の大きさは、12cm x 12cmの正方形に収まる大きさであった。



図1a. 第1刺激の例（閉じてから開く口）



図1b. 第2刺激の例（手のひら、手の甲、足の裏、足の甲）

課題 被験者は、後続刺激の身体部位が手と足のどちらであったかに応じてキーボード上の2つのキーを選択して押した。2つのキーは、参加者の右手と左手の人差し指で押した。

28名の実験参加者を2群に分け、それぞれ先行刺激が開く動作の実験と開口静止画の実験に参加した。

結果

先行刺激が開口動作であった実験の反応時間について、手と足に対する反応ごとに分けて図2a,と図2bに示す。それぞれ2要因（第1刺激2水準×第2刺激2水準）の分散分析を行った。分析の結果、手のデータについて、2要因の交互作用が有意であり、動作観察時の手の甲の知覚が促進された、 $F(1,13)=7.1$, $p<0.01$, $t(13)=3.05$, $p<0.01$ 。足のデータは交互作用が有意でなく、甲側の知覚が遅くなるという視点の主効果が有意であった、 $F(1,13)=2.63$, $p>0.1$, $F(1, 13)=8.55$, $p<0.05$ 。

先行刺激が開口静止画であった実験の反応時間について、手と足の刺激に対する反応をそれぞれ図3a,と図3bに示す。それぞれ2要因の分散分析を行った。分析の結果、手と足の両方のデータについて、2交互作用が有意でなく、 $F(1,13)=1.3$, $p>0.27$, $F(1, 13)=2.1$, $p>0.16$ 、甲側の知覚が遅くなるという視点の主効果が有意であった、 $F(1,13)=10.9$, $p<0.01$, $F(1, 13)=7.8$, $p<0.05$ 。

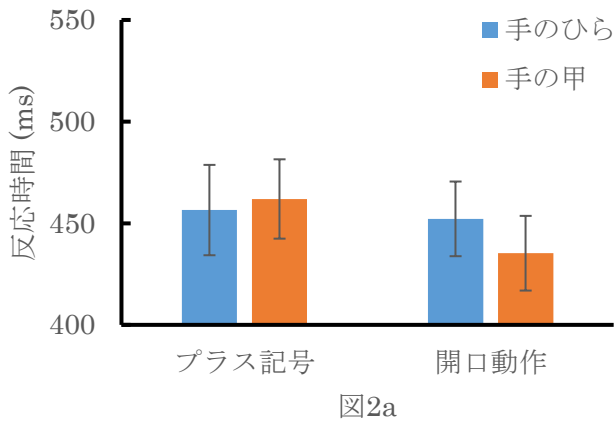


図2a

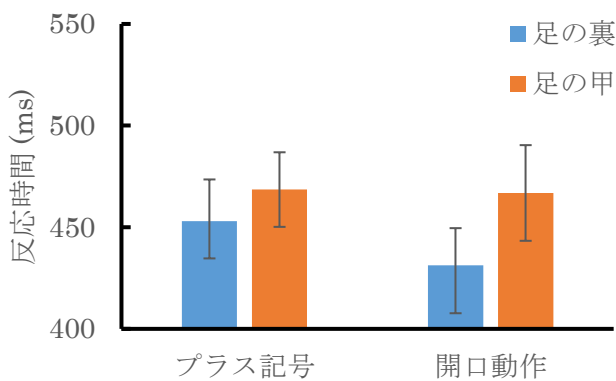


図2b

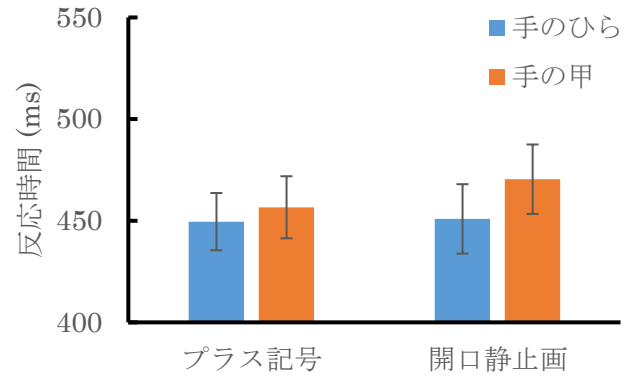


図3a

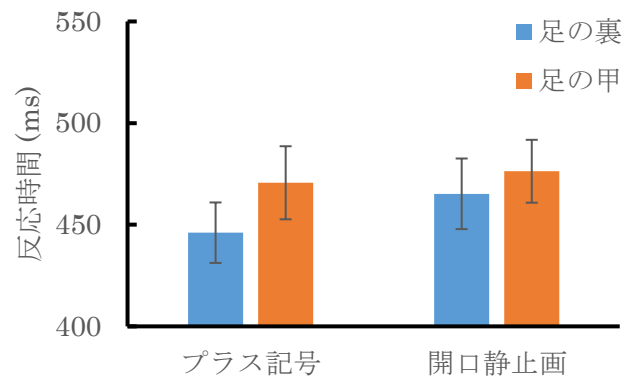


図3b

考察

口の先行提示後の手足の甲側の知覚処理を調べたところ、口が開口動作かつ手に限定して甲側の処理促進が見られた。このことから、前述した別解釈の可能性は排除された。したがって、本研究の視点依存性は、摂食行動のミラーニューロンシステムが関与していたと考えられた。

引用文献

- Caggiano, V., Fogassi, L., Rizzolatti, G., Pomper, J. K., Thier, P., Giese, M. A., & Casile, A. (2011). View-Based Encoding of Actions in Mirror Neurons of Area F5 in Macaque Premotor Cortex. *Current Biology*, 21(2), 144-148.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain: a journal of neurology*, 119, 593-609.
- 光松 (2017) .異なる身体部位の表象基盤の共有性に関する検討. Technical Report on Attention and Cognition, No.23.

操作主体感の生起に基づく視覚処理の空間的偏り

中島 亮一

東京大学

近年、自分の身体とは離れたオブジェクトを操作する場面が増えている（例えば、車の運転）。身体以外のオブジェクトを操作する場合にも、操作主体感（自分がオブジェクトを操作している主体だという感覚）が生じるが、それが視覚処理に与える影響を検討した。実験参加者は、画面中央に呈示される円刺激を予め指示された方向（左右）に動かす試行を繰り返した。実験1では、ブロックごとに、円刺激が90%の確率で（主体感高ブロック）、または50%の確率で（主体感低ブロック）操作方向へ動いた。課題の途中、たまに円が動かず、画面の左右にTとLの文字が瞬間呈示され、Tの向き判断を行う試行が混ざっていた。実験の結果、主体感高ブロックでのみ、円刺激を動かそうとした位置にTが呈示された場合の向き判断成績が高かった。実験2では、ブロック内で、主体感高オブジェクト（90%）、主体感低オブジェクト（50%）が無作為に呈示された。その結果、主体感高オブジェクト呈示時のみ、円刺激を動かそうとした位置での判断成績が高かった。つまり、オブジェクトに対する操作主体感自体が視覚処理を変容させることが明らかになった。

Keywords: Sense of agency, Visual perception, Spatial attention

問題・目的

人間は、常に外界との相互作用しながら生きている。外界の情報を知覚し、それに応じて行動を起こし、行動の結果として、新しい情報を知覚する。そのため、身体行動は、知覚に影響を与える。例えば、空間内で手（あるいは手に持った道具）を動かすと、その先端付近の領域に視覚的注意が向くことが知られている（Reed et al., 2010）。さらに手に持った道具についても同様の効果があることが知られている。このように、人間の身体による空間的注意への影響については、多くの研究によって検討されてきた。

近年、手に持った道具の操作だけではなく、道具・オブジェクトを遠隔操作する場面も増えている。遠隔操作場面では、人間の動きと道具の動きが必ずしも同じであるとは限らない。その場合、空間的注意は、そのオブジェクトによって影響を受けるのだろうか。

オブジェクト操作の際、自分が操作の主体であるという操作主体感が生じる（Haggard & Chambon, 2012）。主体感の研究では、自分の行為とそれに対する反応の間の、時空間的な乖離が大きくなると（行為と反応の間に遅延時間がある、操作とは逆方向に動く）、主体感が低下することが明らかになっている。さらに、主体感と視覚的注意の関係として、自分の動きと同じ動きをしている刺激が注意をひきつけるという報告もある（Salomon et al., 2013）。しかし、遠隔操作場面のよう、自分が操作しているという主体感があっても、自分の動きとは異なる動きをするオブジェクトが、空間的注意に影響を与えるかは明らかではない。

そこで本研究では、自分自身の動きとは無関係のオブジェクトの操作主体感に基づく空間的注意の変容について検討した。そのために、キー押しによって円を動かす課題中に、視覚課題を混ぜるという実験課題を作成した。もし、主体感を生じているオブジェクトが自分の操作の動きとは関係なく注意をひきつけるので

あれば、視覚認知課題の成績は主体感が高い場合に、円が動く位置で高くなると予想される。

主体感の高低を、実験1ではブロック間で、実験2ではブロック内で操作した。

実験

方法

実験1,2に各24名（20–32歳）が参加した。円を動かす方向（左・右）については、参加者を半数ずつ割り当てた。

実験では、画面中央に呈示される白円を、キー押しにより動かすという課題を行った。まず、スペースキーに左右いずれかを向いた矢印が描かれたキーボードを見せ、スペースキーを押すことで、円を矢印の方向へ動かすように教示した。ただし、たまに円が動かず、画面左右にTやLの文字が呈示されることがあり、その場合は呈示されたTの向きを答えるように教示した。

まず画面中央に白円（直径1.5°）が呈示され、参加者は試行中、その位置を注視し続けるよう教示された（オブジェクト操作試行）。参加者がスペースキーを押すと、400ms後に円が左右いずれかに10°離れた位置に移動した。参加者はこの試行を繰り返した。視覚認知試行として、参加者のキー押しから400ms後、画面中央から左右に10°離れた位置に、TとLの文字（0.8°×0.8°）が50ms呈示され、すぐにマスクされる試行を混ぜた。この試行では、参加者は、標的刺激であるTが左右のどちらを向いていたかを回答した。画面中央を注視していることの確認のために、画面中央にTが呈示される試行も混ぜた。1ブロックは160試行であり、最初の10試行は白円を動かす課題のみ、その後100試行の白円操作試行、50試行の視覚認知試行をランダム順に行った（40試行が画面左右に文字呈示、10試行は画面中央に文字呈示試行であった）。ブロック終了後、白円をどの程度思い通りに操作できたかを

0~10の11段階（数字大=主体感高）で評定させた。

実験1では、主体感を変えるために、円が意図した方向に動く確率をブロック間で操作した。主体感高ブロックでは90%で意図した方向へ、主体感低ブロックでは50%で意図した方向へ白円が移動した。また、キー押しをせずに白円の移動を観察するだけの観察ブロック（90%で一方向へ移動）さらに、視覚認知試行のみのブロック（50試行）も行った。

実験2では、白円操作試行のかわりに、赤・緑円の操作試行を行った。一方の円は主体感高オブジェクト（90%）、もう一方は主体感低オブジェクト（50%）であった（色の割り当てはカウンターバランス）。それらを1つのブロック内で混合した（320試行）。また、視覚認知ブロック（100試行）も同様に行った。

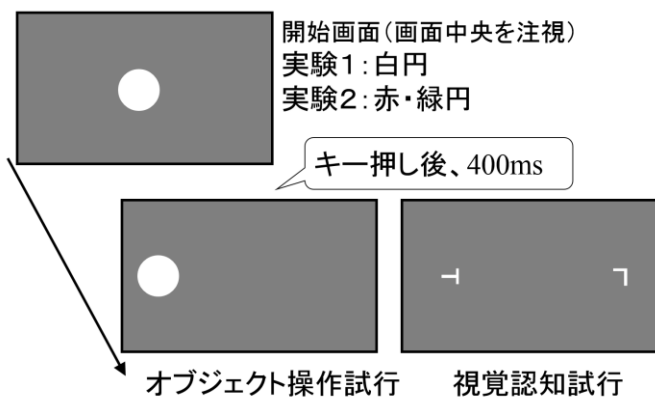


Figure 1. Examples of the trials in this study.

結果と考察

Table 1に、各実験における視覚認知試行の結果をまとめたものを示す。

実験1 主体感評定値は、主体感高ブロックで7.17、主体感低ブロックで3.88であり、実験操作の妥当性が確認できた $[t(23)=8.19, p<.001]$ 。また、画面中央にTが呈示された場合は、全ブロックで正答率が高かったため、参加者が画面中央を注視していたとみなした。視覚認知試行において、ブロックと標的位置の交互作用が有意となり $[F(3,69)=5.52, p=.002]$ 、主体感高ブロックでは参加者が円を動かそうとしていた位置（意図位置）での成績が高かったが $[p<.001]$ 、他のブロックでは意図・非意図位置での成績の差はなかった $[ps>.18]$ 。

実験2 主体感評定値は、主体感高オブジェクトで7.46、主体感低オブジェクトで4.38であった $[t(23)=10.06, p<.001]$ 。画面中央にTが呈示された場合の正答率は非常に高かったため、参加者が画面中央を注視していたとみなした。視覚認知試行において、ブロックと主体感オブジェクトと標的位置の交互作用が有意となった $[F(1,23)=10.91, p=.003]$ 。オブジェクト操作を行ったブロックにおいて、主体感高オブジェクト

が呈示された試行の意図位置での成績が高くなったが $[p<.001]$ 、その他の条件では意図位置と非意図位置での成績の差は見られなかった $[ps>.3]$ 。

考察

視覚認知ブロックでは、標的刺激の位置による成績の差は見られなかったので、通常、どちらかの位置に注意がバイアスされていないことが確認された。

実験1では、主体感高ブロックにおいて、意図位置における視覚認知成績が高くなった。よって、オブジェクトに対する操作主体感に基づき、注意がバイアスされることが示唆された。また、主体感低ブロックおよび観察のみブロックでは、意図位置と非意図位置における検出成績に有意差が見られなかった。そのため、この空間的注意のバイアスは、「動かそうという意図と行為」と「実際に意図位置にオブジェクトが動くという結果」の両者がないと生起しないと考えられる。

実験2では、主体感の高低をブロック内で操作したが、それでも主体感高オブジェクトが呈示された試行でのみ、注意のバイアスが生じた。つまり、「このオブジェクトは思い通りに動く」という認識が、注意のバイアスには重要であることが示唆された。

本研究によって、オブジェクトを遠隔操作する（オブジェクトが自分の身体とは異なる運動をする）際に、そのオブジェクトに対する操作主体感が、空間的注意をオブジェクトが動く方向へバイアスさせることが明らかになった。

Table 1. 各条件における視覚認知試行の正答率（%）

(a) 実験1

	意図位置	非意図位置	画面中央
主体感高	77.8 ± 2.9	59.2 ± 2.6	93.3 ± 1.7
主体感低	69.6 ± 4.0	65.3 ± 3.6	95.3 ± 1.5
観察のみ	72.3 ± 3.3	67.8 ± 2.8	96.2 ± 1.3
視覚課題のみ	67.9 ± 3.6	67.0 ± 3.2	95.0 ± 1.3

(b) 実験2

	意図位置	非意図位置	画面中央
主体感高	78.7 ± 2.7	63.9 ± 3.6	93.2 ± 1.3
主体感低	71.0 ± 3.4	69.2 ± 3.5	93.2 ± 1.2
視覚課題(高)	71.2 ± 4.5	74.5 ± 3.3	95.0 ± 1.3
視覚課題(低)	69.5 ± 4.1	72.8 ± 3.5	94.1 ± 1.5

Note: 平均値 ± 標準誤差

引用文献

- Haggard, P. & Chambon, V. (2012). *Current Biology*, 22, R390-R392.
- Reed, C. L., Betz, R., Garza, J., & Roberts, R. (2010). *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72, 236-245.
- Salomon, R., Lim, M., Kannape, O., Llobera, J., & Blanke, O. (2013). *Experimental Brain Research*, 228, 173-181.

周産期からの身体感覚と社会的認知の発達の関連

明和 政子

京都大学大学院教育学研究科

Recent cohort studies from the prenatal period have shown that different extrauterine experiences in the perinatal period would be related to later difficulties in cognitive, language, and emotional development. For example, preterm children are at risk of problems related to developmental disorders. These suggest that sensorimotor experience in perinatal period might directly affect the later stage of emotional and cognitive development. However, few studies have investigated the effects of preterm birth on neural activities at very early developmental stages. Little is known about when or how these possible problems arise in the course of development. Our recent findings show that preterm infants at term-equivalent age and full-term newborns actually follow different trajectories in neural information processing. I discuss the possibility that such early neural alternations in the development might be related to later difficulties with social-cognitive development in preterm children.

Keywords: critical/sensitive period, pruning, preterm infant, autonomic nervous system (ANS), social cognition

周産期からの脳発達—可塑性と敏感期

胎児期最後の2ヶ月間、ヒト (*Homo sapiens*) の大脳構造は顕著な変化を遂げる。容積が増大し、溝も急激に増加することで成人の大脳の構造に急激に近づく。出生直前から生後一年にかけては、脳の構造だけでなく、脳神経系ネットワークも飛躍的な変化をとげる。周産期^{注1}には、神経細胞どうしの結合部、シナプスが爆発的に形成される。その後、シナプスの数は徐々に減っていくが、この過程で環境に適応的なシナプスは残され、過剰なシナプスは除去される(シナプス刈り込み, synaptic pruning)。刈り込みが起こる年齢は、脳部位により異なる。視覚野や聴覚野のシナプス密度は、生後2~3か月頃に急激に高まりはじめ、生後12か月頃までにピークを迎える。刈り込みは生後8か月頃から始まり、生後2~4歳に成人レベルに達する(Huttenlocher & Daddholkar, 1997)。他方、前頭前皮質のシナプス密度のピークは性成熟が開始する頃、10~12歳であり(性差がある)、その後10年以上かけてゆっくりと刈り込みが進む。前頭前皮質の成熟が成人レベルに達するのは20代後半である(Gogtay, Giedd, Lusk, et al., 2004)。

妊娠後期から生後1年にかけて、白質では神経細胞の軸索のミエリン(髄鞘)化が進み、灰白質では神経細胞間の結合部、シナプスが爆発的に形成されることで脳の容積や厚みが増す。その後、環境と身体が相互作用しながら必要なシナプス結合は強められ、不要な結合は除去されることで、より機能的な神経回路が形成される。重要な点は、こうした脳構造が可塑的に変化する現象は、ある一定の時期に顕著にみられることである。これを「**臨界期(critical period)**」という。

発達初期の臨界期について有名な研究として、神経生理学者のウィーセルとヒューベルによるネコの視覚遮断実験(Hubel & Wiesel, 1970)がある。生後初期の子ネコの片目を一時的に遮蔽すると、一次視覚野の神経細胞は開いていたほうの目のみから入力を受けるように配線された。さらに、それが観察されるのは生後

のある一定の時期だけであった。その後の研究で、臨界期はヒトや他の哺乳類の脳の発達過程においてもみられることが報告されている。また、最近の研究は、脳発達における臨界期は固定的ではなく、成熟した脳、つまり臨界期を過ぎていてもある程度の可塑性が残っていることを示している(Kameyama, Sohya, Ebina, et al., 2010)。さらに、分子生物学の進展により、臨界期を開始させる分子と終了させる分子についての理解が進み、臨界期のタイミングを可塑的に変化させたり、修復したりできる可能性が動物実験により実証されている(Hensch & Bilimoria, 2012)。よって、臨界期よりも、敏感期・感受性期(sensitive period)と称するほうが妥当であると考える者も多い。

周産期の脳発達に話を戻そう。妊娠中~後期前後という脳発達の臨界期に、本来育つべき子宮内とは異なる環境で育つ早期産児(以下、早産児)の脳の発達には何かしらの影響がみられるのだろうか。早産児への影響について、重要な知見が報告され始めている。スウェーデンの100万事例を長期フォローした研究によると、早期産が注意欠如多動症(ADHD)のリスク要因であるという。早産児が予後にADHDと診断されるリスクは、在胎週数35~36週の出生ですら1.3倍に上昇する(Lindstrom, Lindblad, & Hjerm, 2011)。認知機能や言語発達の遅れ、学習症、最近では自閉スペクトラム症(ASD)と診断されるリスクの高さも指摘されている。しかし、胎児期から新生児期の異質な環境経験や胎内経験の短縮が、発達障害の発症と関連する理由については未解明のままである。

私たちは、京都大学医学部附属病院に入院中の、出生予定日に達した早産児および満期産新生児を対象とした発達研究を8年にわたり行ってきた(河井昌彦 京都大学医学部附属病院新生児集中治療部病院教授らとの共同研究)。以下では、これまで得られた研究成果のいくつかを紹介するとともに、今後取り組むべき課題について議論する。

音声情報処理の発達

胎外環境を予定より2ヶ月程度早く経験し、出生予定日に達したNICU入院中の早産児および生後数日の満期産新生児を対象として、音声情報処理の過程を脳イメージング(NIRS)で計測(Naoi, Fuchino, Shibata, et al., 2013)。大人が乳幼児に語りかける際の音声は、全般的に声の高さが高く変化幅が大きい、ゆっくりである、快の情動を含むなどの特徴がある。こうした音声は、対乳児音声(Infant-directed speech, IDS)とよばれ、大人に話しかける場合の音声(対成人音声, Adult-directed speech, ADS)と比較して、乳幼児の注意をより強く引きつけることがわかっている。これらの音声に対する両群の児の脳活動を比較した。その結果、予定日で修正した週数が満期にあたる早産児は、満期産新生児と比較するとIDSを聞いたときの右頭側頭の活動上昇が小さかった(図1左)。脳部間の活動同期性(functional connectivity)については、IDSを聞いたときの側頭から頭頂領域の左右領域間の活動同期性の相関が早産児で高かった(図1右)。この結果の解釈にはさらなる検証が必要だが、言語抑揚にかんする情報処理について、新生児の脳は右半球の優位性を示すこと、生後の環境経験がこの点に関連する可能性が示されている。

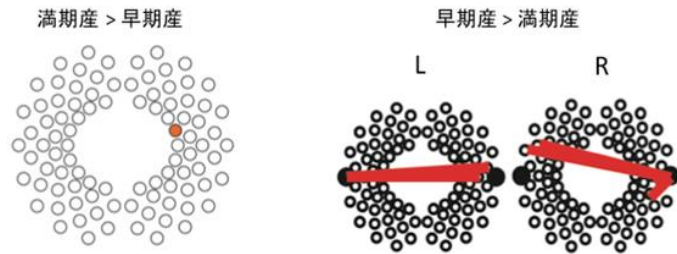


図1. 早産児(修正満期)と満期産児のIDSに対する脳反応。脳活動の上昇(左)および脳部位間の活動の相関(右)について、両群で差異がみられた(Naoi, et al., 2013)。

自律神経系機能の発達

続いて、NICU入院中に出生予定日を迎えた早産児と、生後数日の満期産新生児の自律神経活動を比較した。乳児の心身にできるだけ負担をかけず、簡便に神経系の評価ができる指標として乳児の自発的な「泣き」に着目した。泣きは、発達初期の神経生理状態を反映する間接的指標とみなされ、きわめて高い泣き声は、生後早期の代謝不全や神経成熟の異質性と関連するとされる。早産児と満期産新生児の空腹時の自発的な泣き声(注射など外的刺激に誘発された泣きではない内因性の泣き)をICレコーダーで収集し、音響解析を行った。泣き声の音響的特徴と、在胎週数や身体サイズ(泣き声計測時の体重、身長、頭囲など)、および子宮内発育遅延などのプロフィールとの関連についても検討した。

その結果、次の3点が明らかとなった。(1)出生予定日より早くに出生した児ほど、泣き声の高さ(基

本周波数)が高い、(2)泣き声の高さは、身体の高さと関連しない、(3)子宮内発育遅延の有無と泣き声の高さとの間に関連はみられない(図2, Shinya, Kawai, Niwa, et al., 2014)。出生予定日前後に達した早産児は、身体の高さや子宮内発育状態によらず、高い声で泣いていること、さらに、予定日より早期に出生した児ほど高い声で泣くことがわかった。

さらに、その後の研究で、早期産児の高い声での泣きは、迷走神経の活動低下による声帯の過緊張が関与すること、副交感神経系の成熟レベルと泣き声の音響的特徴には明確な関連がみられることも明らかとなった(図3, Shinya, Kawai, Niwa, et al., 2016)。

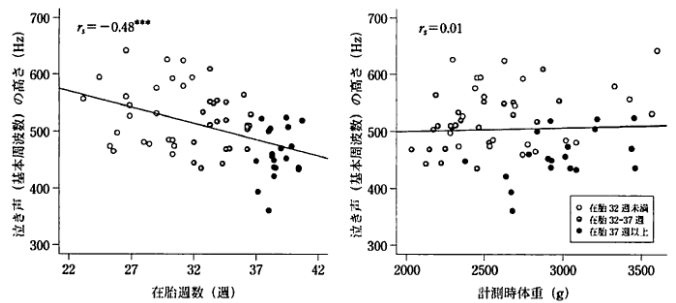
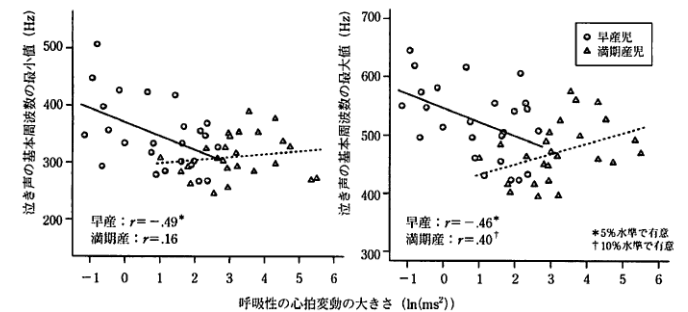


図2. 出産予定日前後の乳児の泣き声の高さと「在胎週数(左)」、および「計測時の体重(右)」の関連(Shinya et al., 2014)



注1. (左) 泣き声の基本周波数の最小値。
注2. (右) 泣き声の基本周波数の最大値。

図3. 呼吸性心拍変動(横軸)と泣き声の基本周波数(縦軸)との関連(Shinya et al., 2016)

周産期以降の発達との関連

周産期にみられるこれらの差異は、その後の認知発達(発達予後)にどのような影響をもたらすのだろうか。この問題の解明こそ、早期からの発達診断、支援法の提案を目指す上で必須である。

私たちは、早産児の外来での定期健診を利用した新たな発達評価システムの開発に取り組んできた。アイトラッカーを用いて知覚認知機能を評価する、「京大式デジタル発達評価システム」と名づけた試みである。従来の対面式の発達検査では、検査者への人見知りの影響、検査者の評価の主観性や力量差などがネックであった。こうした問題を最小限に抑えつつ、簡便かつ

客観的に早期からの発達評価を可能にする評価システムの構築を目指している。

現在も調査は継続中ではあるが、周産期の脳神経系の発達は、とくに**社会的認知機能の発達に関連する可能性**が示されている。たとえば、修正齢6, 12, 18ヶ月の早産児と満期産児を対象に、「人と幾何学図形を左右に並べた映像」と「人が物体に視線を向ける映像」などを提示し、それらに対する視覚的注意を計測したところ、早産児の一部と満期産児では「人に対する興味」や「他者の視線を追う能力」の獲得において異なる発達過程をたどることが示された (Imafuku, Kawai, Niwa, et al., 2017)。さらに、最近わかったこととして、早産児では周産期における泣き声のピッチ変動が大きかった児ほど、修正齢1歳半の時点で言語・認知発達が早いようである (Shinya, Kawai, Niwa, et al., 2017)。

今後の課題—「真に妥当な」周産期からの発達支援を目指して

周産期からの脳神経系機能とその動的な発達のプロセスを、身体（脳）—環境の相互作用という観点から科学的に明らかにすることは、この時期の適切な養育環境についての理解を深め、具体的支援法についてのエビデンスに基づく議論を可能にする。とくに、周産期からの発達のプロセスにおいて、神経回路の可塑性が認められる時期が特定できれば、社会的認知機能の不全を回復しうる効果的な介入、発達支援、さらには個別化医療の道もみえてくる。

科学的根拠にもとづく早期からの発達評価、診断、支援法の開発が、今ほど臨床現場で求められている時代はない。周産期からの知覚、認知機能の発達に関する基礎研究が今後果たすべき役割は大きくなっている。ヒトの脳や行動が発達する動的プロセスを解明することこそ、この時期の適切な養育環境についての理解を深め、具体的支援法についてエビデンスに基づく議論を可能にする第一歩である。そのためには、それぞれの専門分野の垣根を超え、さらに学術と現場のプロが志をひとつにすることで生み出される融合アプローチが不可欠である。

脚注

世界保健機関（WHO）による「疾病及び関連保健問題の国際統計分類（International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems; ICD-10）」では、周産期を妊娠post-menstrual age（最終月経開始日を0週0日と換算）22週から出生後7日未満とされる。定義している。日本でも、1995年以降、厚生労働省の統計でICD-10の定義が採用されている。この時期は、妊娠、分娩時に母体、胎児、新生児ともに異常が起こりやすく、産科、小児科の連携のもと総合的に母子の健康を守るための周産期医療が行われている。日本では、周産期以前の妊娠22週未満で妊娠が止まることを流産とよび、この時期までの人工妊娠中絶が母体保護法により認められている。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（24300103, 24119005, 17H01016）、京都大学COI拠点研究推進機構、公益法人前川財団家庭教育研究助成（平成27-28年度）の助成を受けました。

引用文献

- Gogtay, N., Giedd, J.N., Lusk, L., et al. et al. (2004) Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 8174–8179.
- Hensch T.K. & Bilimoria, P.M. (2012) Re-Opening Windows: Manipulating Critical Periods for Brain Development. *Cerebrum*, Jul, 2012:11.
- Hubel, D.H. & Wiesel. T.N. (1970) The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *Journal of Physiology*, 206:419–436.
- Huttenlocher P.R., Dabholkar,A.S. (1997) Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387:167–178.
- Imafuku, M., Kawai, M., Niwa, F., Shinya, Y., Inagawa, M., & Myowa-Yamakoshi, M. (2017) Preference for dynamic human images and gaze-following abilities in preterm infants at 6 and 12 Months: an eye-tracking study. *Infancy*, 22:223-239.
- Kameyama, K., Sohya, K., Ebina, T., Fukuda, A., Yanagawa, Y. & Tsumoto, T. (2010) Difference in binocularity and ocular dominance plasticity between GABAergic and excitatory cortical neurons. *Journal of Neuroscience*, 30:1551-1559
- Lindstrom K., Lindblad F., & Hjern A. (2011) Preterm birth and attention-deficit/hyperactivity disorder in schoolchildren. *Pediatrics*, 127: 858–865.
- Naoi, N., Fuchino, Y., Shibata, M., et al. (2013) Decreased right temporal activation and increased interhemispheric connectivity in response to speech in preterm infants at term-equivalent age. *Frontiers in Psychology*, 4: 94.
- Shinya, Y., Kawai, M., Niwa, F., & Myowa-Yamakoshi, M. (2014) Preterm birth is associated with an increased fundamental frequency of spontaneous crying in human infants at term-equivalent age. *Biology Letters*, 10: 20140350.
- Shinya, Y., Kawai, M., Niwa, F., & Myowa-Yamakoshi, M. (2016) Associations between respiratory arrhythmia and fundamental frequency of spontaneous crying in preterm and term infants at term-equivalent age. *Developmental Psychobiology*, 58: 724–733.
- Shinya, Y., Kawai, M., Niwa, F., Imafuku, M., & Myowa, M. (2017) Melodic variation of neonatal spontaneous crying predicts language acquisition in preterm infants, *Frontiers in Psychology*, 8: 2195.