

視覚的競合における知覚の不安定化の感覚モダリティ独立性¹

高橋 康介
渡邊 克巳

JST ERATO 下條潜在脳機能プロジェクト
東京大学先端科学技術研究センター
JST ERATO 下條潜在脳機能プロジェクト

視覚的競合において課題とは無関係の一過性視覚刺激が呈示されると知覚交替が生じやすくなる(知覚の不安定化)。本研究では視覚及び聴覚の一過性刺激が視覚的競合における知覚交替の時間特性に与える影響を検討した。水平または垂直運動が知覚可能な視覚的多義図形を呈示し、被験者は主観的に知覚される運動方向を報告した。多義図形の呈示中に、視覚(画面のフラッシュ)と聴覚(ビーブ音)に対して一過性刺激を呈示した。その結果、(1)一過性刺激の感覚モダリティを問わず、その出現が予測できない時には知覚の不安定化が生じた。(2)視覚と聴覚の一過性刺激の間で効果量は変わらなかった。(3)視覚と聴覚の効果量の間には相関が見られた。以上の結果から、知覚の不安定化は予測できない事象の出現に対する反応を捉えた現象であり、感覚固有の情報処理とは独立の処理過程が関与することが示唆された。

Keywords: Visual Competition; Perceptual Stability; Cross-modal Interaction; Predictability.

問題・目的

ヒトの主観的な視覚世界は決定論的なものではなく、曖昧で多義的な外界情報の入力に対して自発的かつ確率的に変化する(視覚的競合)。視覚的競合の諸相を明らかにすることは主観的知覚の形成過程を解明するために重要な手掛かりになると考えられている(Blake et al., 2002)。近年、触覚や聴覚の情報も視覚的競合における主観的な「見え」に影響することが示されており、主観的な視覚世界が異種感覚相互作用の上に成立していることが示唆されているが(Blake et al., 2004)、時間特性に注目した知見は少ない。例えば一過性の視覚刺激により時間選択的に知覚の不安定化が生じる(Kanai et al., 2005)が、これが視覚情報処理に特有のものなのか、それとも感覚モダリティとは独立の情報処理を反映しているのかという問題は明らかではない。そこで本研究では視覚と聴覚に入力される一過性刺激が知覚の安定性に与える影響を時間特性の観点から検討した。

実験 1

方法

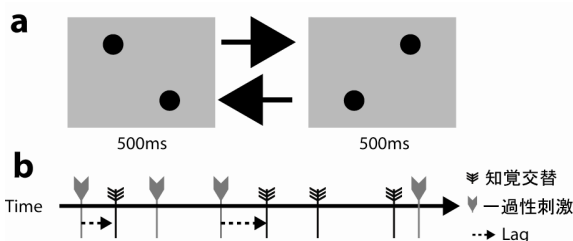


図 1. a: 視覚刺激。b: 試行の流れと分析方法。

28名の大学生、大学院生が実験に参加した。視覚刺激は垂直または水平方向の仮現運動が知覚可能な多義図形とし、灰色の背景の画面中央の一辺視角2.7度の

仮想的な正方形の対角となる二つの頂点に青色のドットが500 ms毎に交互に呈示された(図1a)。また課題に無関連な一過性刺激(100 ms)である視覚(背景のフラッシュ)と聴覚(ビーブ音)刺激を4–12秒のランダムな時間間隔で呈示した。被験者の課題は4分間の試行の間、多義図形の運動方向が垂直、水平のどちらに見えるかを報告することであった。一過性刺激に関して視覚条件(フラッシュのみ)、聴覚条件(ビーブ音のみ)、同期条件(両方を同期呈示)、非同期条件(両方をランダムに呈示)の4種類の実験条件をランダムな順番で2試行ずつ、計8試行を行った。被験者自身により視覚刺激の見えを意図的に制御しないこと、背景刺激は無視すること、の2点を教示した。知覚の不安定化の検討のために、一過性刺激からその直後の知覚交替までの時間(Lag)を分析対象とした。但し一過性刺激の効果とは無関係に知覚交替の頻度が高ければLagは小さくなるため、被験者毎に知覚交替の頻度を用いてモンテカルロ法によりLagの期待値を推定し、一過性刺激の効果として不安定化指標を定義した。不安定化指標の最大値は1で、このときには一過性刺激後の最初の知覚交替はすべて一過性刺激と同じタイミングで生じることになる。不安定化指標が0であれば、一過性刺激が知覚交替に時間選択的な影響を与えないことを意味する。

結果

知覚交替の頻度は個人差が大きく、極端に少ない被験者もいたため、知覚交替が2回以下しか起こらなかった条件があった、または1条件(8分間)あたりの知覚交替の頻度が平均6回以下だった9名の被験者は分析から除外した。図2aに実験1の視覚、聴覚条件におけるLagの分布を示した。両条件で一過性刺激から約1秒程度に顕著なピークが認められた。定量的な効果量である不安定化指標は全条件で有意に0よりも大きかった(図2b; 全て $t(18) > 3.8, p < .01$)。また視覚条件と聴覚条件における一過性刺激の効果量には有意な正の相関が認められた(図2c; $t(17) = 2.28, p < .05$)。このことは、一過性刺激の効果量には個人差があるが、視覚刺激の

影響を受けやすい被験者は、同様に聴覚刺激の影響を受けやすいことを意味する。さらに視覚と聴覚の同期呈示が不安定化を促進しなかったことから、一過性刺激が感覚モダリティとは独立に、共通の処理過程を経て知覚の不安定化を引き起こしているかと解釈するのが妥当であろう。

以上の結果から課題とは無関係の一過性刺激は、その呈示直後の知覚交替の頻度を高め、時間選択的に知覚の不安定化を起こすこと、また感覚モダリティとは独立の処理過程により不安定化が生じることが示唆された。

実験 2

実験1では感覚モダリティを問わず一過性刺激が知覚の不安定化を引き起こしたが、この効果が生じるために刺激入力そのものが重要なのか、ランダムな時間間隔ゆえの予測不可能性が重要なのか明らかではない。実験2では一過性刺激の時間間隔を一定とすることで、予測可能性という要因の効果を検討した。

方法

23名の被験者が実験に参加した。実験2では、背景刺激が呈示される時間間隔を常に4秒とした。非同期条件では、視覚、聴覚の背景刺激の時間差は2秒とした。知覚対象の多義図形を構成する仮想的な四角形は正方形ではなく縦2.9度、横2.7度とした。これ以外は刺激、手続きともに実験1と同様であった。一定の時間間隔の背景刺激呈示に慣れるように、実験前に練習として同期条件を4分間行った。

結果

実験1と同様に、知覚交替が極端に少ない4名の被験者は分析から除外した。Lagの確率密度関数について、実験1とは異なり顕著なピークは見られず、一様分布に近い分布形状となった(図2a)。不安定化指標は全条件で0からの有意な乖離は認められなかった(図2b; すべて $t(18) < 1.6, p > 0.13$)。また、視覚条件と聴覚条件の間には実験1で示された相関は見られなかった(図2c; $t(17) = 0.64, p = 0.53$)。以上の結果から、ランダムな時間間隔の一過性刺激とは異なり、一定の時間間隔で呈示される予測可能性の高い一過性刺激は知覚交替に対して時間選択的な影響を与えないことが示された。

考察・結論

本研究の結果から、視覚的競合において一過性刺激を原因として生じる時間選択的な知覚の不安定化は、入力される感覚モダリティを問わず起こり、感覚固有の情報処理過程とは独立のメカニズムが介在している可能性があること、そして一過性刺激が予測不可能である時のみ不安定化が生じること、という2種類の新たな知見が得られた。外界中に予測しない事象が生じたとき、それがどのモダリティで生じたとしても、危険なものであるかなどの判断が即座に求められる。生態学的な意義を考えれば、知覚の不安定化は、外界の

変化を示す信号を捉えて新たな知覚処理プロセスを起動するようなアラートシステムを反映しているのかもしれない。

引用文献

- Blake, R., Logothetis, NK. (2002). Visual competition. *Nature reviews. Neuroscience*, **3**, 13-21.
- Blake, R., Sobel, KV., James, TW. (2004). Neural synergy between kinetic vision and touch. *Psychological science*, **15**, 397-402.
- Kanai, R., Moradi, F., Shimojo, S., Verstraten, FA. (2005). Perceptual alternation induced by visual transients. *Perception*, **34**, 803-22.

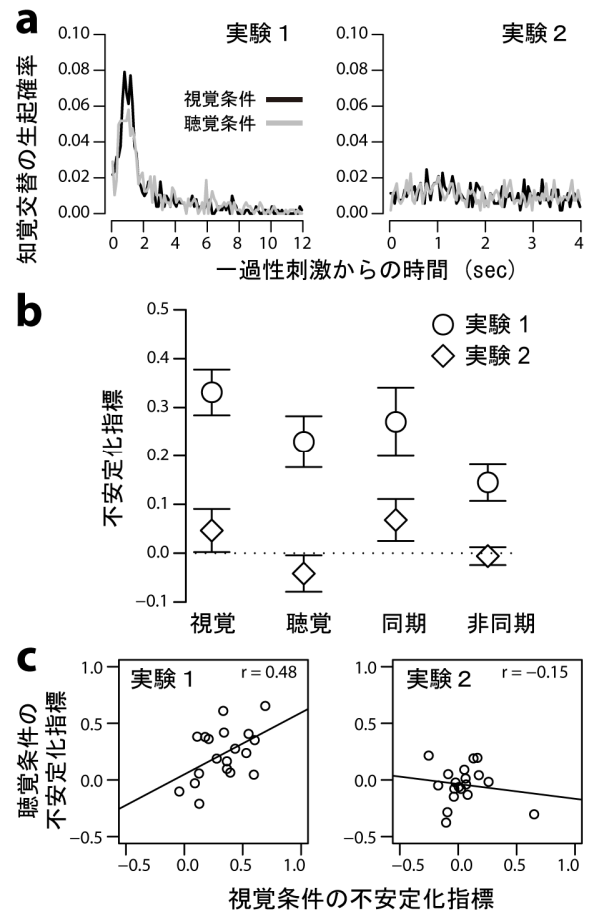


図2. a: Lagのヒストグラム。視覚条件、聴覚条件における知覚交替の生起確率を一過性刺激からの時間の関数として表した。b: 不安定化指標の平均。エラーバーは平均の標準誤差を表す。c: 視覚条件と聴覚条件の間の不安定化指標の相関。各データ点は一人の被験者を表す。右上の数字は相関係数を表す。

¹ 本研究は JST ERATO 下條潜在脳機能プロジェクトの補助を受けて行われた。

視覚と触覚を用いた三次元物体認識における2つの学習ストラテジー

上田 祥行
齋木 潤

京都大学人間・環境学研究所
日本学術振興会
京都大学人間・環境学研究所

The patterns of recognition performance were different between intra- and inter-modal three-dimensional (3-D) object recognition tasks; the recognition performance was not affected by observer's viewpoint in inter-modal condition, whereas the learned viewpoint showed an advantage in intra-modal recognition (Ueda & Saiki, 2007). The first purpose of this study was to show the different encoding strategies between intra- and inter-modal recognition, which may lead to the different recognition performance. The second was to reveal what feature observer used in each recognition. In order to achieve these purposes, we measured observer's eye movement during encoding 3-D objects. The patterns of eye movement during encoding were significantly different depending on prespecified test modality. Moreover, clustering of fixation data showed different patterns, possibly reflecting different learning strategies; participants focused on segment points in intra-modal recognition, whereas they focused on the center of each component in inter-modal condition. These different patterns of eye movements may reflect different strategies in learning 3-D objects, leading to different recognition performance.

Keywords: intra-modal object recognition, inter-modal object recognition, eye movement, vision, haptics.

問題・目的

我々は眼で覚えた三次元物体の形状を比較的容易に触って再認することができる。視覚と触覚を用いた物体認識の実験では、モダリティ内で物体の学習 - 再認を行ったときには視点依存的な再認成績のパターンが見られるのに対し、モダリティ間で物体の学習 - 再認を行ったときには視点独立的な再認成績のパターンが見られることが報告されている(Lacey, Peters, Sathian, 2007; 上田・齋木, 2007)。これらの結果は、モダリティ内の物体の学習 - 再認とモダリティ間の物体の学習 - 再認は異なった情報に基づいて行われることを示唆している。

このような再認成績の違いは、学習時に用いる情報に基づくものか、再認時に用いる情報に基づくものか明らかではない。上田・齋木(2007)は、学習時における再認感覚の教示の違いによって再認成績が変化したことを報告しているが、再認成績を用いたアプローチでは、実際に学習時に用いていた物体部位の特徴の違いを明らかにすることが困難である。そこで本研究ではこれらの違いを明らかにするために、三次元物体学習中の眼球運動を測定した。本研究の第1の目的は、モダリティ内とモダリティ間の物体認識で学習時に注視される領域が異なることを示すことであった。

第2の目的は、新奇な三次元物体の学習時の眼球運動を測定することで、学習のストラテジーを推測し、間接的に学習時に生成される表象を推定することであった。先行研究で見られた再認パターンから、モダリティ内の物体認識では視点に依存的な特徴に基づいて、モダリティ間の物体認識では視点に独立的な特徴に基づいて、物体が学習されている可能性が考えられる。これらの仮説を検討するため、実験では新奇な三次元物体を視覚で学習し、その後、視覚再認(Intra-modal condition)もしくは触覚再認(Inter-modal condition)を行った。三次元物体学習中の協力者の眼球運動は記録されており、協力者には学習前に再認するモダリティが

教示された。この2つの条件下で、再認モダリティの変化が三次元物体学習時の眼球運動に与える影響を検討した。

方法

実験協力者 大学生および大学院生4名が実験に参加した。

刺激 実験には10種類の新奇な三次元物体を用いた。それぞれの物体は複数のGeon (Biederman, 1987)型のコンポーネントで構成されており、コンポーネント同士は1つの面で接していた。作成された刺激は、視覚ではBlender (<http://www.blender3d.org/cms/Home.2.0.html>)を用いた三次元グラフィックスとして呈示され、触覚では木で作られた実物が呈示された。

手続き 各試行の最初にモニタの左右端のどちらかに注視点が2秒間呈示された。注視点が消失した後、注視点が呈示された側と反対側に学習物体が2秒間呈示され、協力者は自由に目を動かして物体を学習した。学習後には、すぐに再認課題が行われた。Intra-modal conditionでは学習と同様に、モニタの左右端のどちらかに注視点が2秒間呈示され、協力者は注視点の消失後にモニタに呈示されたテスト物体の再認を行った。Inter-modal conditionでは協力者は目を閉じ、体の前に呈示されたテスト物体を触って再認した。どちらの条件でも、テスト物体は学習と同じ視点あるいは様々な異なった視点から呈示され、協力者は視点に関わらずテスト物体が学習した物体と同じかどうかを、できるだけ早く正確に判断してキー押しを行った。テスト物体は協力者が反応するまで呈示された。半数の試行では学習物体と同じ物体がテスト物体として呈示され、残りの半数では学習物体と異なる物体がテスト物体として呈示された。

これらの手続きを1試行とし、36試行を1ブロックとして、各々の条件で10ブロック計720試行を行った。学習中の眼球運動はEyelink I(SR Research社製)によって記録された。

結果

すべての協力者の再認率は90%以上であった。分析では、刺激・条件ごとにすべての協力者の停留点が集められ、80ms以下の短い停留点は分析から除外された(Intra-modal conditionの8.3%、Inter-modal conditionの7.8%)。カーネル密度推定によって推定した停留点分布の一例をFigure 1に示す。HotellingのT²検定を用いて停留点の分布の違いを検査したところ、10種類の物体すべてで2つの条件間の分布が有意に異なった(e.g. object 2; $F(2, 1320) = 6.30, p < .01$)。

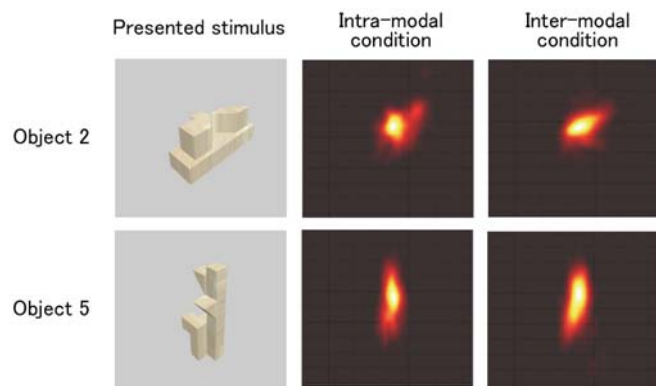


Figure 1. Kernel density estimation of fixation distributions.

次に、どのような情報を含んだ領域により頻繁に停留されていたのかを調べるために、Mean Shift (平均移動法)と呼ばれる方法を用いて空間位置の近い停留点をクラスタリングした(Santella & De Carlo, 2004)。結果をFigure 2に示す。クラスタリングの結果、Intra-modal conditionではコンポーネント同士の接続部を中心にして停留点が分布していたのに対し、Inter-modal conditionでは各コンポーネントの中心部を中心にして停留点が分布していた。コンポーネントの接続部と最も近いクラスタの中心との距離、およびコンポーネントの中心部と最も近いクラスタの中心との距離の平均をFigure 3に示す。クラスタの中心と接続部との距離はIntra-modal conditionで有意に小さく、クラスタの中心とコンポーネントの中心部との距離はInter-modal conditionで有意に小さかった。

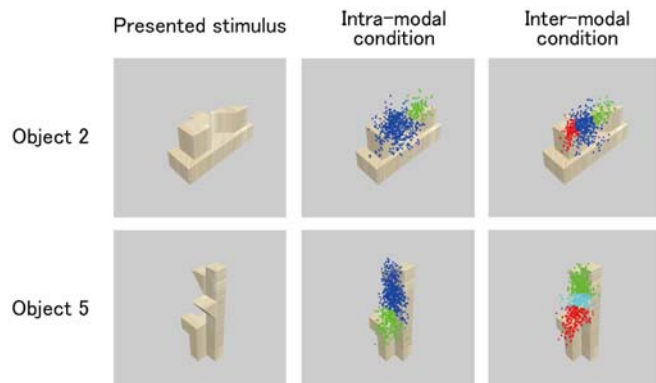


Figure 2. Estimated fixation clusters. Each cluster was presented by different color; there was no color correlation across pictures. Very small clusters were excluded (less than 3% of fixations).

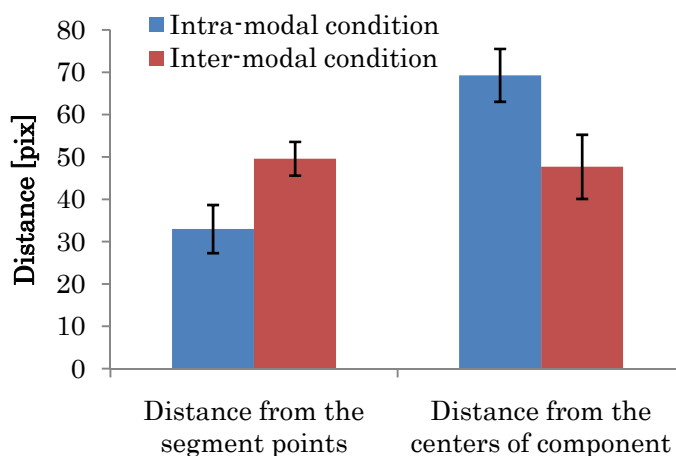


Figure 3. The mean distance between the center of cluster and the segment points or the centers of component.

考察

本研究では、モダリティ内とモダリティ間の物体認識において学習時に注視される物体部位が異なることを明らかにするために、新奇な三次元物体を学習中の眼球運動を計測した。その結果、Figure 1に見られるように眼球運動が2つの条件で有意に異なった。

さらに、それぞれの条件でどのような学習戦略が取られているのかを明らかにするために、どのような情報を含んだ領域がより頻繁に注視されたのかを調べた。その結果、Intra-modal conditionでは物体のコンポーネントの接続部がより頻繁に注視された。コンポーネントの接続部は多くのエッジや頂点などが集中しており、視覚的な情報量が多いと推定される。しかし、エッジや頂点の集まりは回転によって遮蔽されやすく、形や向きなども変化しやすい。このため、これらの情報を基に作成された表象は視点の変化の影響を受けやすくなると考えられる。

一方で、Inter-modal conditionではコンポーネントの中心部がより頻繁に注視されていることが明らかになった。各コンポーネントは複数のエッジや頂点の組み合わせによって決定されるGeonである。Geonは回転によって成績が低下しにくく、偶然の見え(accidental view)以外では再認が容易であることが知られている。Inter-modal conditionでは、特定の領域に集中した特徴ではなく、各コンポーネントを形成する特徴に注目していた可能性が示唆される。

本研究で見られた再認モダリティによって変化した眼球運動は、モダリティ内とモダリティ間の物体認識が異なる学習戦略によって行われていることを示唆している。

引用文献

Lacey, S., Peters, A., & Sathian, K. 2007 Cross-modal object recognition is viewpoint-independent. *PLoS ONE*, 2(9), e890.

上田祥行・齋木潤 2007 視覚と触覚を用いた物体認識における視点独立性 基礎心理学研究, 26(1), 11-19.

全身振動が標的色弁別パフォーマンスに及ぼす影響

石松一真
柴田延幸
前田節雄

(独) 労働安全衛生総合研究所

(独) 労働安全衛生総合研究所

(独) 労働安全衛生総合研究所

全身振動への曝露が視覚情報処理に及ぼす影響について、曝露する正弦鉛直振動(加速度: $1.0 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$)の周波数の違いに注目して検討した。実験参加者は、5Hz振動、16Hz振動、振動なしブロックにおいて、注視画面消失後250、500、750、1000 msいずれかのISIで出現する標的に対する弁別反応(課題)および単純検出反応(課題)を求められた。ISIに基づいて反応時間を比較した結果、弁別課題においてのみ周波数の違いによる影響が認められた。5Hz振動ブロックでの弁別反応時間は、ISI = 250 msで振動なしブロックや16Hz振動ブロックよりも有意に短く、ISI = 500 msでは振動なしブロックに比べて有意に短かった。また正答率などには周波数の違いによる影響は認められなかった。以上の結果より、5Hz正弦鉛直振動への曝露によって弁別処理が促進される可能性が示唆された。

Keywords: whole-body vibration, frequency, discomfort, visual information processing, discrimination

問題・目的

電車やバス、自動車、飛行機などの交通機関利用時をはじめ、日常生活において我々が(全身)振動に曝露される機会は少なくない。全身振動が人体に及ぼす影響については、健康影響や快適性といった観点から研究がなされている(Griffin, 1990; Hopcroft & Skinner, 2005)。しかしながら、刺激閾や弁別閾といった振動の閾値に関する研究に比べ、振動が認知処理に及ぼす影響に関する研究はほとんど報告されていない(e.g., Ishimatsu, Shibata, & Maeda, 2008; Ljungberg & Neely, 2007; Sherwood & Griffin, 1990)。

Sherwood and Griffin(1990)は、16Hz正弦鉛直振動が認知処理(短期記憶課題)に及ぼす影響を、振動の強度(magnitude)の違い($1.0/1.6/2.5 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$)に注目して検討した。彼らは、振動強度 $1.0 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$ の条件においてパフォーマンス(反応時間やエラー数)が最も低下することを示し、振動強度が増すほど認知処理への影響が大きくなるには限らないという興味深い結果を示している。

本研究では、全身振動への曝露が視覚情報処理パフォーマンスに及ぼす影響について、特に周波数の違いに注目し、標的色弁別課題および標的の単純検出課題を用いて検討した。単純検出反応時間に与える周波数の影響に注目した。

方法

実験参加者 正常な視力(矯正を含む)および色覚を有する健康成人8名(21-23歳、平均年齢21.9歳)。

装置 実験装置をFigure 1に示す。視覚刺激の提示および反応時間の測定にはカラーAVタキストスコープ(岩通アイセル IS-703)と制御用パーソナルコンピュータを使用した。視覚刺激はCRTディスプレイ上に提示され、反応には2つの個別反応キーユニット(岩通アイ

セル IS-7212)を使用した。振動の生成には鉛直振動用加振装置を用いた。

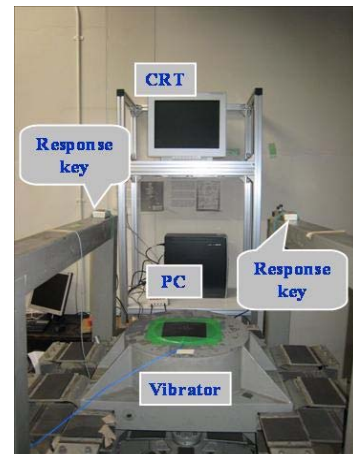


Figure 1. Experimental setup

刺激 注視画面: 黒色背景の中央に白色のドットを配置。標的刺激: 赤色ないしは緑色の光点(直径 1°)。振動: 5 Hzおよび16 Hzの正弦鉛直振動(加速度: $1.0 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$)。

手続き 参加者は標的色弁別課題と標的の単純検出課題の両課題を行った。

弁別課題: まず注視画面が1000 ms提示され、一定のISI(250/500/750/1000)の後、標的が100 ms提示された。参加者には、キー押しによる標的色(赤/緑)の弁別反応が求められた(1ブロック112試行)。参加者は、振動なし(0Hz)ブロック、5Hz振動ブロック、16Hz振動ブロックの3条件全てにおいて各課題を遂行した。各ブロックの遂行順序は参加者間でカウンタバランスされた。

単純検出課題: 1試行の流れは、標的が提示されないキャッチ試行(1ブロックにつき28試行)が加わった以外は弁別課題と同じであった。参加者には、キー押

しによる標的の単純検出反応が求められた(1ブロック140試行)。

観察距離は120 cm, 参加者はノイズキャンセリングヘッドフォン(Bose QuietComfort 3)を装着し, 課題を遂行した。また, 各ブロック終了後に, 課題達成の自信度および課題遂行中に曝露された振動の不快感に関する評価を求められた。課題の遂行順序は参加者間でカウンタバランスされた。

結果

平均反応時間をFigure 2に示す。課題(弁別/検出)×ブロック(0/5/16 Hz)×ISI(250/500/750/1000 ms)の3要因分散分析を行った結果, 課題×ブロック×ISIの交互作用が有意であった[F(6, 42) = 2.39, p = .0445]。そこで, 課題別にブロック×ISIの2要因分散分析を行った。弁別課題では, ISIの主効果[F(3, 21) = 6.66, p = .0025]およびブロック×ISIの交互作用[F(6, 42) = 2.40, p = .0439]が有意であった。Tukey's HSD testの結果, 5Hz振動ブロックでの弁別反応時間は, ISI = 250 msで0Hzブロックや16Hz振動ブロックよりも有意に短く, ISI = 500 msでは0Hzブロックに比べて有意に短かった。また, 16Hz振動と0Hzブロックとの間には有意な差は認められなかった。一方, 単純検出課題では, ISIの主効果[F(3, 21) = 11.69, p = .0001]のみが有意であり, ブロックの違いによる効果は認められなかった。

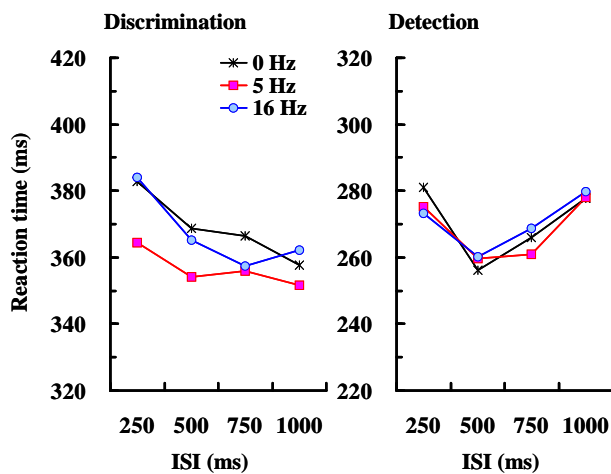


Figure 2. Reaction time as a function of Block and ISI.

課題達成に関する自信度および課題遂行中に曝露された振動の不快感をTable 1に示す。

Table 1. Confidence and Discomfort scores of Target color discrimination task and Target detection task.

Task	Confidence			Discomfort		
	0 Hz	5 Hz	16 Hz	0 Hz	5 Hz	16 Hz
Discrimination	81.9 (16.0)	79.5 (15.2)	82.4 (19.0)	1.0 (0.4)	3.3 (1.0)	2.3 (0.7)
Detection	86.6 (20.0)	83.8 (17.5)	83.1 (22.2)	1.0 (0.0)	3.1 (0.8)	2.1 (0.6)

自信度には課題の違いによる有意な差は認められなかった。一方, 不快感に関しては課題による差は認められなかったものの, 周波数の違いによる差が認められた。5Hz振動ブロックが最も不快で, 16Hz, 0Hz(振動なし)ブロックの順に不快感は低下していた。

考察

全身振動への曝露が視覚情報処理パフォーマンスに及ぼす影響を, 曝露する振動の周波数の違いに注目して検討した。結果, 標的の検出パフォーマンスでは振動曝露による影響が認められないものの, 弁別パフォーマンスには曝露される振動の周波数の違いによる影響が認められた。5Hz振動ブロックでは, 16Hz振動や0Hz(振動なし)ブロックに比べて弁別反応時間が有意に短かった。本研究で示された5Hz振動ブロックでの認知パフォーマンスの向上は, 振動曝露によるパフォーマンスの低下を報告している先行研究(Ljungberg & Neely, 2007; Sherwood & Griffin, 1990)とは相反する結果となった。しかしながら, 振動の不快感が5Hz振動ブロックで最も高かった結果を考慮すると, 5Hz振動ブロックでは振動の不快感が高かったため, パフォーマンス(反応の速さと正確さ)を維持するため, 注視画面提示後, 標的出現に対する観察者の構え(準備性)が高まり, その結果として, 5Hz振動ブロックにおける標的検出感度が向上し, ISI = 500 msまでは弁別パフォーマンスの向上が認められた可能性が考えられる。

今後更にサンプルサイズを増やし, 結果の信頼性を検討していく必要はあるものの, 本研究より, 全身振動への曝露による視覚情報処理への影響は, (1)標的の検出段階には認められず, (2)標的を弁別する段階において認められること, 更に(3)弁別段階に生じる影響は周波数に依存しており, 特に5Hz正弦鉛直振動への曝露によって弁別処理が促進される可能性が示唆された。

追記: 本研究は日本基礎心理学会第27回大会において報告された。

引用文献

- Griffin, M. J. 1990 Handbook of human vibration. London: Academic Press.
- Hopcroft, R., & Skinner, M. 2005 C-130J Human Vibration. STO-TR-1756.
- Ishimatsu, K., Shibata, N., & Maeda, S. 2008 Does cognitive performance deteriorate after exposure to whole-body vibration? *Proceedings of 43rd United Kingdom Conference on Human Responses to Vibration*, 109-116.
- Ljungberg, J. K., & Neely, G. 2007 Cognitive after-effects of vibration and noise exposure and the role of subjective noise sensitivity. *Journal of Occupational Health*, 49, 111-116.
- Sherwood, N., & Griffin, M. J. 1990 Effects of whole-body vibration on short-term memory. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 61, 1092-1097.

行為と運動物体の力の伝達に関する検討

光松秀倫

名古屋大学大学院情報科学研究科

2つの事象が続けて生じた場合、先行する事象は後続の事象の原因として知覚されやすい。先行する事象が2つ存在する場合は、どちらが原因かの判断に認知的な競合が生じる。本研究では、自己の行為と運動物体がターゲット物体を動かす原因として競合する事態を設定して、行為に対する帰属バイアスが生じるかどうかを検討した。実験1では、競合球が静止したターゲットに被験者側から衝突し、ターゲットが奥行き方向に動き始す刺激を提示した。被験者は、衝突と同時に、ターゲットに触れるよう教示され、自己と競合球のそれぞれについて、ターゲットの動きに対する因果評定をした。その結果、指の評定値は競合の球より高かった。一方、行為と競合球が単独で存在した統制条件では、評定値は等しかった。実験2では、他人の指がターゲットに触れる映像を提示した。その結果、競合条件では、指の評定値は競合球より低くなり、視覚的な手の動きは、行為の帰属バイアスの生起に関与していないことを示唆した。本実験の結果は、因果的な競合事態において、自己に対する帰属バイアスが存在することを示した。因果関係における特別な地位を自己に付与したメカニズムとして sensorimotor 理論が提唱するフォワードモデルが考えられた。

Keywords: self, agency, causality, causal competition, sensorimotor, forward model.

問題・目的

世界はどのように成り立っており、将来どのように変化していくのであろうか？こうした問いにどのように答えるかは、回答者が、物事の因果関係をどのように認識しているかに依存する。その意味で、因果推論のプロセスは、人々の世界観と密接に結びついていると言える。

科学的な価値観の中には、あらゆる物質の位置と運動の情報を数学の公式に当てはめることで、将来の世界の状態が、過去の状態と同様に明らかになることを理想とするものがある (Laplace, 1814)。その一方で、我々人間は、個人的な意志の力によって、行動を起こし、世界を変化させていると感じている (Wegner, 2002)。さらには、超自然的なエージェンシーが世界に影響を与えていると感じることさえある (Dijksterhuis et al., 2007)。

本研究では、静止している物体が運動を開始する動画を提示し、その運動を開始させた原因として、他の物体の衝突と自己の行為の両方が考えられる原因競合事態を設定した。人間は、このような力学的変化に対して、物体間の力の伝達を原因として知覚しやすいのだろうか、それとも、行為による力の伝達を原因として知覚しやすいのだろうか？本研究では、どちらかの帰属バイアスが存在するかを検討した。

実験1

方法

被験者 大学院生 7名
装置 刺激はタッチスクリーン上に提示された。
刺激 仮想空間上で静止しているターゲット球（陰影によってシェーディングされ、直径は15センチであった）が画面の中央に提示された。その状態の後、競合球（ターゲットと物理的特徴が全く同じ）が被験

者側から現れて、ターゲットに衝突し、ターゲットが奥行き方向に動き始した。衝突と同時に競合球は停止した。動画の提示時間は、全部で1秒であり、衝突は、動画開始後0.5秒後に生じた。動画開始前に被験者は、キーボードのスペースキーを右手の指で押さえるように教示され、指をキーから離すと動画が開始された。被験者は、衝突と同じタイミングで、スクリーン上のターゲットに右手の人差し指で触れるよう教示された。

課題 被験者は、動画終了後、指の接触と競合球のそれぞれについて、ターゲットの動きに対する因果評定をした。評定値の範囲は0-100であり、評定対象がターゲットを動かしたと完全に同意するときは、100の値をキー入力し、全く同意しない場合は、0の値を入力した。

デザイン 実験条件として、競合球と指の接触の両方が存在する競合条件（二原因条件）と、どちらか一方のみが存在する統制条件（一原因条件）の2条件があった。競合条件では、競合球を評定する試行と指を評定する試行とに分けられ、それぞれ別々のブロックで行われた。統制条件でも、評定する対象がどちらであるかによって試行がブロックに分けられた。ブロック数は、競合条件に2ブロック、統制条件に2ブロックあり、合計4ブロックあった。各ブロックの順番はランダムであり、それぞれ20試行が含まれた。

結果

各条件の評定値を図1に示す。2要因の分散分析（原因の数×評定対象）の結果、原因の数の主効果と交互作用が有意であった、 $F(1,6) = 11.6, p < 0.05$, $F(1,6) = 7.8, p < 0.05$ 。多重比較の結果、統制条件では、評定値に有意差が見られなかったが、競合条件では、指の評定値が有意に高かった ($p < 0.05$)。

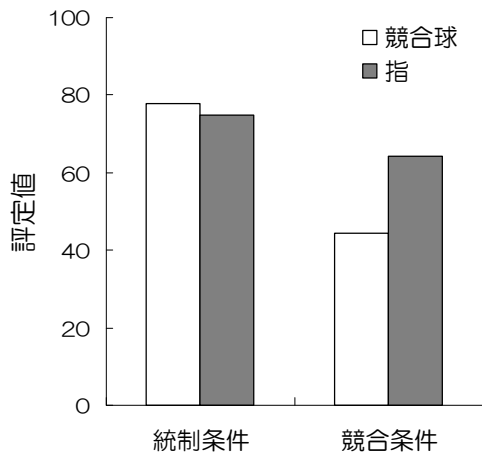


図 1. 実験 1 の評価値の結果。

考察

統制条件で、競合球と指の評価値に差がなかったことから、各評価対象がそれ自体として持っている、原因として知覚されるための手がかり情報は等しいと考えられた。競合条件で、指の評価値が高かったことから、自己の行為に対する帰属バイアスの存在が示唆された。

実験 2 では、自己の行為の代わりに、他人の指の動きを観察し、他人の指に対しても帰属バイアスが生じるかどうかを検討した。

実験 2

方法

被験者 大学院生 7名

装置 実験 1 と同じ。

刺激 他者の右手の指がターゲットに触れる映像を事前に撮影し、実験 1 の動画に対して重畳した。映像における指の動きは、被験者の視点から、自身が動かした場合と同じに見えるように撮影された。競合球と指がターゲットに触れるタイミングが等しくなるように刺激を作成した。

デザイン 実験 1 と同じ。

課題 実験 1 と同じ評価課題。動画の提示中、被験者は、手を動かさないように教示された。

結果

各条件の評価値を図 2 に示す。2 要因の分散分析（原因の数×評価対象）の結果、原因の数の主効果と交互作用が有意であった、 $F(1,6) = 26.9, p < 0.01$, $F(1,6) = 7.4, p < 0.05$ 。多重比較の結果、統制条件では、評

値に有意差が見られなかったが、競合条件では、競合球の評価値が有意に高かった($p < 0.05$)。

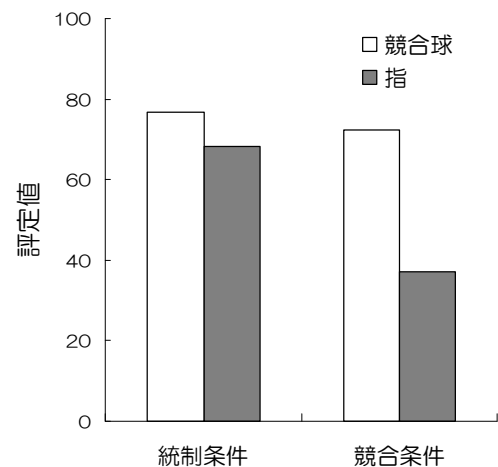


図 2. 実験 2 の評価値の結果。

考察

視覚的な指の運動だけでは、行為の帰属バイアスが見られなかったことから、帰属バイアスは、運動処理系によって生起していることが示唆された。また、他人の行為を観察しても、帰属バイアスが生起しないことが示唆された。

総合考察

本研究から、自己の行為には、因果知覚処理において、特別な地位が付与されていることが示唆された。運動処理系が関与していることから、これは、sensorimotor理論のフォワードモデルの機能であることが示唆された(Wolpert *et al.*, 1995)。

引用文献

- Dijksterhuis, A., Preston, J., Wegner, D. M., & Aarts, H. (2007). Effects of subliminal priming of self and god on self-attribution of authorship for events. *Journal of Experimental Social Psychology*.
- Laplace, P. S. (1814). *A philosophical essay on probabilities*, trans F. W. Truscott and F. L. Emory. New York: Dover, 1951.
- Wegner, D. M. (2002). *The illusion of conscious will*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Jordan, M. I. (1995). An internal model for sensorimotor integration. *Science*, 269(5232), 1880-1882.

視覚運動性手続き記憶の再生における視覚情報の役割

坂田正伸
森田ひろみ

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
筑波大学大学院図書館情報メディア研究科

視覚運動性の手続き系列は、視空間座標系の系列として記憶されると同時に、運動座標系の系列としても記憶され、再生時には運動座標系の系列の情報が主に利用されるという報告がある(Hikosaka et al., 1999) . 本研究では、運動座標系の系列の情報にもとづく再生に視覚情報がどのように係わるかを検討した. 実験協力者は、試行錯誤しながら 20 回のボタン押しの正しい順序を探し、学習するというボタン押し課題を行った. このとき、通常のボタン押し課題を行った直後に、全く同じボタン押し系列をボタンを点灯させずに再学習させた. 再学習の学習曲線から、視覚入力がなくとも最初に数回のエラーを犯すだけで、学習したボタン押し順序を思い出せることがわかった. このことから、運動座標系の系列の情報にもとづく再生の際に、視覚入力は必ずしも必要でないと考えられる. また、個々のボタン押しに要する時間の分析から、再学習のボタン押しは、原学習と同じタイミングで行われていることがわかった. このことから、ボタン押しのタイミングは、視空間座標系あるいは運動座標系の系列の記憶にもとづく可能性が考えられる.

Keywords: procedural memory, sequential learning, button press task.

問題・目的

携帯電話を使う、ピアノを演奏するといったように、日常生活において、我々は学習により習得した多種多様な行動を行っている. このような行動が1つの単発的な動作から達成されることはまれで、ある目的のために複数の動作を決められた順序で組み立てて行うことが求められる. 特に、我々の日常生活においては、視覚情報を参照し、動作を順序立てながら行い、行動の目的を達成することが多い. このような行動に関する視覚運動性手続き記憶に関して、Hikosakaらが考案した連続ボタン押し課題を用いた研究が行われている(Hikosaka et al., 1999; Watanabe et al., 2006 など).

Hikosaka et al.(1999)は、ボタン押し系列が、視空間座標系の系列として記憶されると同時に、運動座標系の系列としても記憶されるという並列神経ネットワークモデルを提案した. このモデルでは、十分に学習したボタン押し課題の遂行時に視空間座標系より運動座標系の系列の情報が主に利用されると仮定されているが、運動座標系の系列の情報にもとづく再生に視覚情報はどのように係わるのだろうか.

本研究では、ボタン押し課題を用いて、通常のボタン押し課題を行った直後に、全く同じボタン押し系列をボタンを点灯させずに再学習させ、視覚運動性の手続き系列の再生における視覚情報の役割を検討した.

方法

実験協力者は19名(男性9名, 女性10名, 平均年齢21.3歳)で、すべて右利きであった.

手続き

実験には、4ボタン押しからなるセットが5個提示されるボタン押し課題([4 x 5]課題)を用いた. まず、通常のボタン押し課題である原学習(Fig.1参照)を行い、

その直後に、原学習と同じボタン押し系列を用いるが押すべきボタンが点灯しない再学習を行った. このようなボタン押し系列を5種類学習した. 実験協力者には、原学習を行った直後に再学習を行うこと、課題を行う際に利き手の人差し指を使ってボタンを押すこと、

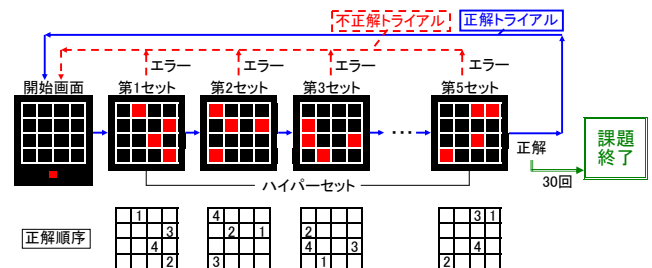


Figure 1. [4x5]課題の手続き. 【原学習】まず、タッチパネル (FlexScan L560T-C)に 4x4 行列のボタン枠が提示される. 開始ボタンを押すと、第1セットの4つのボタンが赤く点灯することにより、最初の試行(トライアル)が始まる. 4つのボタンにはあらかじめ順序が割り当てられている(図下段の数字が押す順序を示す). 実験協力者はこの順序を知らず、試行錯誤により正しい順序を探す. 4つのボタンを正しい順序で押し終わると、瞬時に次のセットが提示される. 一方、どのセットにおいてもボタンを押す順序を間違えると、当該トライアルはその時点で終了となり、実験協力者は再度開始ボタンを押すことで第1セットから始める. 実験協力者はこのようなボタン押しを繰り返し、第5セットまで正解することを目標とする. この第1~第5セットをハイパーセットと呼ぶ. なお、トライアルはハイパーセットを正解する(正解トライアル)か、途中のセットで間違えた時点(不正解トライアル)で1回と数える. 正解トライアルを合計 30回達成することで課題終了とした. 【再学習】セットのボタンが点灯しないこと、正解トライアルを合計 40回達成することで課題終了としたこと以外は原学習と同じ手続きである. ただし、不正解トライアルが 30回連続した場合、課題達成は困難と判断し、そのハイパーセットを中止した.

出来るだけ素早くかつ正確に課題を遂行することを教示した。

結果と考察

データ分析では、最初に学習した系列を練習課題として除いた。

再学習の学習成績について

視覚入力、ボタン押し系列の再生に影響するかを確認するため、再学習の学習成績を分析する。

まず、再学習の達成率について検討する。実験協力者19名が4種類の系列の再学習を達成できた割合は88.9%であった。その内訳は、12名が4系列全て達成、4名が3系列、2名が2系列、1名が未達成であった。このように、視覚入力がなくとも課題を遂行できる場合が多いことがわかった。なお、再学習を1系列も達成できなかった1名は、以降の分析対象から除外した。

次に、課題遂行に要するトライアル数について検討する。一度正解トライアルを達成すると以降のエラーが少なくなる傾向がみられた。ここまで要するトライアル数は、ボタン押し系列の正しいボタン押し順序を見つけるまでに要するトライアル数だと考えられる。この初めて正解トライアルを達成するまでに要するトライアル数は、再学習において平均3.6トライアルであった(原学習: 平均24.5トライアル)。このことから、視覚入力がなくとも数回のエラーを犯すだけで、学習したボタン押し順序を思い出せることがわかった。

以上のことから、十分に学習を重ねることにより、視覚入力がなくとも、運動座標系の系列の情報にもとづいて4ボタン押しからなるセットが5個で構成されるボタン押し系列を再生することができると考えられる。

ボタン押しタイミングの分析

ボタン押しのタイミングに対する視覚入力の影響を検討するため、各ボタン押しに要する時間(ボタン押しタイミングと呼ぶ)を分析する。

Sakai et al.(2003)は、[2×10]課題を用いた実験の分析に際して、ボタン押しタイミングを選択時間と動作時間に分類した。選択時間とは、セット提示から第1ボタン押しまでの時間のことで、記憶に基づき正しいボタンを選択する時間を含む。動作時間とは、第1ボタン押しから第2ボタン押しまでの時間のことで、自動的に決まる2番目のボタンを押すのに要する時間を反映している。ここでもこの2通りに分類してボタン押しタイミングを分析するが、本実験では、1セット当たり4ボタン押しの課題となっている。そこで、原学習について、単純にセットの各ボタン押しに分類した(Fig.2)。その結果、第2,3ボタン押し時間は、ボタンの選択の余地があるにもかかわらず、すでに決定されているかのように短く、かつ、第4ボタン押しと同程度であった。これは、第1ボタンを押した時点でその後のボタン押し順序が決定されている、つまり、第1ボタン押しが選択時間で、それ以降のボタン押しは動作時間とみなせることを意味する。

一方、再学習については、視覚情報がないまま20回のボタン押しを続けるため、原学習のような選択時間と動作時間という分類が成立しないことが予測された。しかし、原学習と同じボタン押しタイミングがみられる。つまり、視覚情報にもとづいた原学習によってボタン押しのタイミングがいったん形成されると、その後、視覚入力が与えられなくてもこのタイミングにもとづいたボタン押しがなされる。したがって、このタイミングは、再生時の視覚入力にもとづくだけでなく、視空間座標系あるいは運動座標系の系列の情報とともに記憶されていると考えられる。

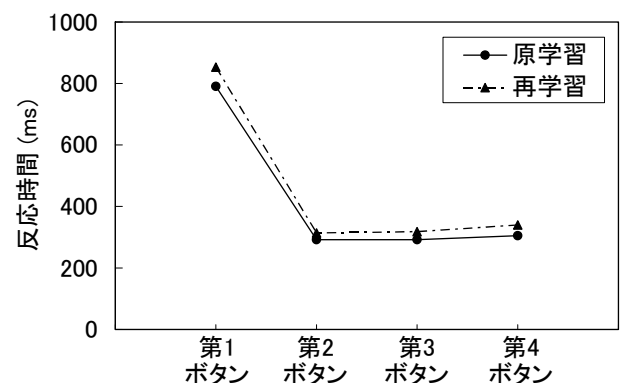


Figure 2. セット内のボタン押しタイミング。

結論

ボタン押し課題を用いて視覚運動性の手続き系列の再生における視覚情報の役割を検討したところ、視覚入力がなくとも運動座標系の系列の情報にもとづいてボタン押し系列を再生できること、また、ボタン押しのタイミングは、視空間座標系あるいは運動座標系の系列の情報とともに記憶されていることが示唆された。このことから、運動座標系の系列の情報にもとづいた再生時に、視覚情報は必ずしも必要ではないが、学習時の視覚情報が再生時のタイミングの基礎となっていることが考えられる。

引用文献

- Hikosaka, O., Nakahara, H., Rand, M. K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K., Miyachi, S., & Doya, K. (1999) Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends In Neurosciences*, **22**, 464-471.
- Sakai, K., Kitaguchi K., & Hikosaka, O. (2003) Chunking during human visuomotor sequence learning. *Experimental Brain Research*, **152**, 229-242.
- Watanabe, K., Ikeda, H., & Hikosaka, O. (2006). Effects of explicit knowledge of workspace rotation in visuomotor sequence learning. *Experimental Brain Research*, **174**, 673-678.

実空間における行為実行時の注意配分

内藤宏

日本学術振興会

大阪大学大学院人間科学研究科

木村貴彦

大阪大学大学院人間科学研究科

三浦利章

大阪大学大学院人間科学研究科

It has been proposed that visual attention is biased toward particular spatial areas. We examined how the action requirements in a conjunction search task may bias the direction of attention toward areas within a real three-dimensional space. Cubes were placed in three depth planes (Near, Coplanar, Far) and in four quadrants around a fixation to vary target position (Upper, Lower) within the visual field. In two tasks, observers were required to either detect (Detect) or to identify target location (Search); two other tasks added the requirement that observers grasp a detected target object (Detect-Grasping, Search-Grasping). Marked findings emerged largely in Search tasks. Performance did not differ as a function of target depth in the Search-Grasping task but it was significantly poorer for Near targets in the Search task. In addition, in both search tasks, performance was better when targets appeared the lower (visual upper) visual field, especially in the Search-Grasping task. Results were interpreted in terms of an action-centered attention hypothesis.

Keywords: visual attention, grasping movements, real three-dimensional space.

問題・目的

三次元空間における視覚的注意配分の非対称性が示されてきた。Previc & Blume (1993)は、両眼立体視による刺激の呈示により、垂直、水平方向に加えて奥行方向において結合探索パフォーマンスを検討した。結果、垂直方向では上半視野、水平方向では右半視野での優位性が見られたが、奥行方向に関しては固視点より近い領域と遠い領域で差が見られなかった。また、行為が視覚的注意配分に影響することも示されてきた (action-centered attention: e.g., Tipper, et al., 1992)。本研究では、実空間に実物立体刺激を配置し、把持動作を行うときの注意配分を検討した。

方法

実験参加者 正常な視力を有する右利きの成人10名 (22.5 ± 2.5歳)が参加した。

刺激・装置 探索刺激にはアクリル製の立方体(18×18×18mm)を用いた。各立方体は内部に埋め込まれたLEDにより、赤色、緑色、橙色に点灯可能であった。立方体の表面にはシール(直径3mm)が対角線上に2つ貼られた。シールの並び方は二通りあった。固視点は4つの光点で構成された。合計20個の立方体が固視点を中心に4象限に5つずつ、3つの奥行条件で配置された。奥行条件は固視点と同じ距離(観察距離46.4cm)、固視点より近い(43.9cm)、固視点より遠い(48.9cm)であった。実験参加者の右手の人差し指にはスイッチが取り付けられ、反応を取得した。

手続き 検出課題と探索課題があった。それぞれ反応方法について2条件あった。両課題とも自由な眼球運動が許可された。

検出課題 橙色の固視点を凝視し、右手の人差し指をスタート台に押しつけることで試行は開始された。直後に固視点4つは赤色又は緑色に変化した。最大1秒のランダムな時間経過後、固視点は消灯し、立方体の

一つが固視点と同じ色に変化した。実験参加者は立方体の点灯を検出後、なるべく早く右手人差し指をスタート台から持ち上げて反応した。全ての立方体が橙色に点灯した。単純検出条件ではその時点で試行が終了した。把持条件では右手人差し指をスタート台から持ち上げた後、一連の動作としてターゲットの立方体を把持することが求められた。

探索課題 ターゲットは点灯色とシールの貼られ方で定義された。ターゲットはすべての試行で存在した。橙色の固視点を凝視し、右手の人差し指をスタート台に押しつけることで試行は開始された。800ms間、固視点の4点のうち対角線上の2点が赤色又は緑色に変化、残り2点は消灯し、その試行におけるターゲットが告知された。ターゲット告知後、赤色、緑色の立方体が16個ずつ点灯した。実験参加者はターゲットを検出後、なるべく早く右手人差し指をスタート台から持ち上げて反応した。反応後、20個すべての立方体が橙色に点灯した。

探索条件では左手でマウスを操作してターゲット位置を報告した。マウスの動きに応じて、一つの立方体が当該試行におけるターゲット色と同色に点灯した。ターゲットであると判断した立方体を点灯させ、クリックボタンを押した。把持条件では右手人差し指をスタート台から持ち上げた後、一連の動作としてターゲットの立方体を把持することが求められた。

実験計画 各課題、反応方法2水準、奥行3水準(近、固視点と同じ、遠)、垂直条件2(上半視野、下半視野)の3要因であった。

従属変数 両課題ともターゲット呈示から指がスタート台から離れるまでの時間を従属変数とした。

結果

検出課題、探索課題それぞれで、2(反応方法)×3(奥行)×2(垂直)の3要因分散分析を行った。探索課題の奥

行条件, 垂直条件別の探索時間をそれぞれFigure1, Figure2に示す。

検出課題では奥行の主効果 $[F(2,18)=7.52, p < .05]$ が見られ, 近い領域で遠い領域よりも有意に短い検出時間となった。ただし, その差は10msであった。このため探索課題については, 刺激の強度差はないものとして分析を行う。

探索課題では反応方法の主効果 $[F(1,9)=11.92, p < .01]$, 奥行 $[F(2,18)=6.50, p < .01]$ の主効果, 反応方法×奥行の交互作用 $[F(2,18)=6.32, p < .01]$, 奥行×垂直 $[F(2,18)=3.88, p < .05]$ の交互作用が見られた。反応方法×奥行の交互作用について下位検定を行った。探索条件では奥行条件間で差が見られ, 遠い領域が近い領域に比べて有意に短い探索時間となった。把持条件では奥行条件間に有意な差は見られなかった。垂直要因の有意傾向 $[F(1,9)=3.50, p < .10]$ も見られ, 下半視野が上半視野よりも短い探索時間となった。その傾向は把持条件で強かった。

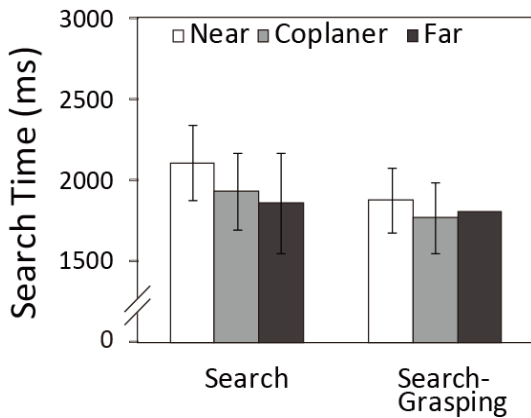


Figure 1. Mean search time on each condition as a function of depth conditions. Error bars indicate standard deviations.

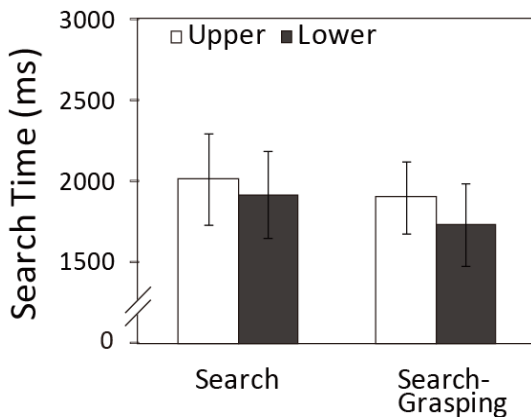


Figure 2. Mean search time on each condition as a function of vertical conditions. Error bars indicate standard deviations.

考察

検出課題では近い領域での検出時間が短く, viewer-centered representation説を支持した。一方, 探索課題

における探索条件では遠い領域でのパフォーマンスが良いことが示された。両課題にはターゲットの検出に能動的な眼球運動が行われたかどうかの違いがある。眼球運動が主な働きをする視覚探索について, Previc (1998)は「焦点的身体外空間」で成績が良いという仮説を提案した。本研究ではそれよりも近い領域である「周身体空間」で探索がなされたことを考えると妥当な結果といえよう。

把持条件では同じ周身体空間で探索がなされたが, 奥行条件間の差は見られなかった。このことは, 把持動作が注意配分の中心をより近い領域へとシフトさせたことを示唆する。action-centered attention説は, 動作を行いやすい対象は運動をより強く誘発することを仮定している(e.g., Meegan & Tipper, 1998)。本研究の結果も, 身体に近い領域の刺激がより強く運動を誘発し, 結果として刺激間の顕著性に差が表れたのではないかと考えた。ただし, 本研究の結果に, 手に近いということと身体に近いということのどちらが影響したのかは明確ではない。手のスタート位置を変えての検討が必要である。

先行知見と異なり, 探索課題において下半視野で探索時間が短い傾向見られた。探索空間が三次元であったことと, 刺激の存在する位置及び見えの典型性が, 刺激の顕著性に差をもたらしたと考えた。後者については, 日常我々は立体対象物を下半視野でとらえることが多いこと, それゆえ立体対象物の上面が見える状態がより典型的な見えとなっており, 本研究においても下半視野の刺激の顕著性が高かったと考えた。

結論

結合探索課題を用い, 三次元空間における視覚的注意配分を検討した。把持動作を行う事態では, 身体に近い領域への注意配分が相対的に増加する。また, 立体刺激の探索は下半視野で効率が良い傾向にある。

謝辞

本研究は科学研究費補助金基盤研究(B)(18330155, 代表者三浦利章), 特別研究員奨励費の助成を受けた。

引用文献

- Previc, F. 1998 The neuropsychology of 3-d space. *Psychological Bulletin*, 124, 123164.
- Previc, F., & Blume, J. 1993 Visual search asymmetries in three-dimensional space. *Vision Research*, 18, 2697-2704.
- Tipper, S., Lortie, C., & Baylis, G. 1992 Selective reaching: evidence for action-centered representation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 891-905.
- Meegan, D., & Tipper, S. 1998 Visual search and target-directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1347-1362.

前景への認知的負荷が変化検出に及ぼす影響

嘉幡 貴至

神戸大学大学院国際文化科学研究科

kabata@stu.kobe-u.ac.jp

松本 絵理子

神戸大学大学院国際文化科学研究科

Recent studies on change detection with foreground-background segmentation reported that changes in the background were often missed, while those in the foreground were detected easily. However, in those previous studies, the experimental tasks had the only one pattern of the stimulus array. Therefore, detail of the factors influencing attentional allocation with foreground-background segmentation has not been investigated. In the present study, we investigated how manipulation of the area of spatial attention and memory attribute required the foreground change detection influences attentional allocation with foreground-background segmentation. As the results, the foreground change detection performance was influenced by the range of the foreground stimulus array. On the other hand, attribute required the foreground change detection did not influence attentional allocation. In addition, in spite of the foreground condition, the background change detection performance was not influenced.

Keywords: change detection, attentional allocation, foreground-background segmentation.

問題・目的

前景と背景によって構成された刺激を用いた変化検出課題では、前景の変化は容易に検出できる一方で、背景の変化はしばしば見落とされることが報告されている(Mazza, Turatto, & Umiltà, 2005; Turatto, Angrilli, Mazza, Umiltà, & Driver, 2002)。視覚的变化を検出するためには変化位置に注意が向けられることが必要であるため(Rensink, 2002), これらの報告から、注意は選択的に前景に向けられることが示唆されている。

しかし、先行研究では前景と背景の配列や変化のパターンを操作していなかったため、前景と背景への注意分配の特性の違いが何によって生じているのかについて、詳細な検討はされていなかった。

本研究では、前景と背景で構成された視覚刺激を用いた変化検出課題において、前景の変化検出に必要な認知的な負荷量の違いが、前景と背景への注意分配に影響を及ぼすかどうか検討するため、2つの実験をおこなった。実験1では、前景刺激の配列範囲を操作し、前景に向けられる空間的注意の範囲の違いが変化検出成績に及ぼす影響を検討した。実験2では、前景と背景の変化属性が同じ場合と異なる場合における前景と背景への注意分配の傾向を比較した。

方法

実験参加者 実験1, 実験2ともに、10名の実験参加者が参加した。

刺激 実験1の刺激は、 $1.8^{\circ} \times 1.2^{\circ}$ の長方形を縦向きに 10×20 個敷き詰めた背景と、刺激中央を中心とする仮想円上に背景と同じ長方形4個を円環状に配列した前景で構成した。前景と背景を構成する長方形の配色はそれぞれ2色の組合せ（赤と緑、あるいは青と紫）から成る。

手続き 変化検出課題をおこなった。各試行では信

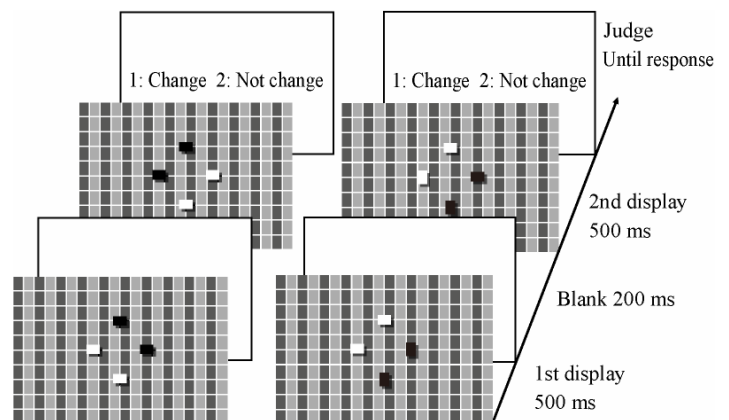


Figure 1. A) Examples of display of Experiment 1 (Diameter 6.5° condition). B) Examples of display of Experiment 2 (Orientation change condition).

号音(500ms)に続いて第1画面(500ms), 空白(200ms), 第2画面(500ms)を呈示し, その後変化の有無の判断を求めた (Figure 1)。変化試行では第1画面と第2画面で前景か背景どちらかに変化が生じる。1ブロックあたり前景変化30試行, 背景変化30試行, 変化なし30試行, 計90試行)で構成されており, 実験参加者は予め, 前景と背景のどちらにも変化が生じる可能性があることを知った状態で実験に参加した。本試行前に, 12試行の練習試行をおこなった。

実験1

実験1では、前景に向けられる空間的注意の範囲が、前景と背景への注意分配に及ぼす影響を検討した。空間的注意の範囲を操作するために、前景刺激を配列する仮想円の直径を、 3.25° , 6.5° , 13.0° の3条件に設定

した。1ブロック内の試行はすべて同じ直径の仮想円上に前景刺激を配列したものをを用いた。実験1では、前景変化試行、背景変化試行ともに配色が変化した。実験の総試行数は、3 (直径条件) × 90 (1ブロック内の試行数) の270試行であった。ブロックの呈示順序は実験参加者間でカウンターバランスがとられた。

各直径条件の前景変化と背景変化の検出成績 (d') をFigure 2Aに示す。 d' について、直径 (3 : 3.25°, 6.5°, 13.0°) と変化部分 (2 : 前景, 背景) を被験者内要因とする2要因分散分析をおこなったところ、変化部分の主効果と直径×変化部分の2要因交互作用が有意であった ($F(1,9)=8.89, p<.05; F(2,18)=3.83, p<.05$)。テューキーのHSD検定による多重比較の結果、各直径条件で前景変化の検出成績が背景変化の検出成績より有意に高かった (それぞれ $p<.0005$)。また、前景刺激を配列した仮想円の直径が3.25°のときの前景変化検出成績は、仮想円の直径が13.0°のときよりも有意に高かった ($p<.05$)。この結果は、前景の変化検出に要する空間的注意の範囲が広くなると、前景の変化検出成績は低下するが、背景の変化検出成績には影響を及ぼさないことを示唆する。

実験2

実験2では、変化検出課題遂行のために記憶すべき属性の違いが前景と背景の注意分配に及ぼす影響を検討するために、前景変化のパターンを操作した。実験1では、前景変化も背景変化も配色の変化であったが、実験2では前景変化試行に前景刺激の一部の向きが90°回転する試行を加えた (Figure 1B)。実験1と同じ10名が実験2に参加した。実験は2ブロックで構成されており、一方のブロックは、前景変化試行はすべて向きの変化であり、背景変化試行はすべて配色の変化であった (向き変化条件)。もう一方のブロックは、前景変

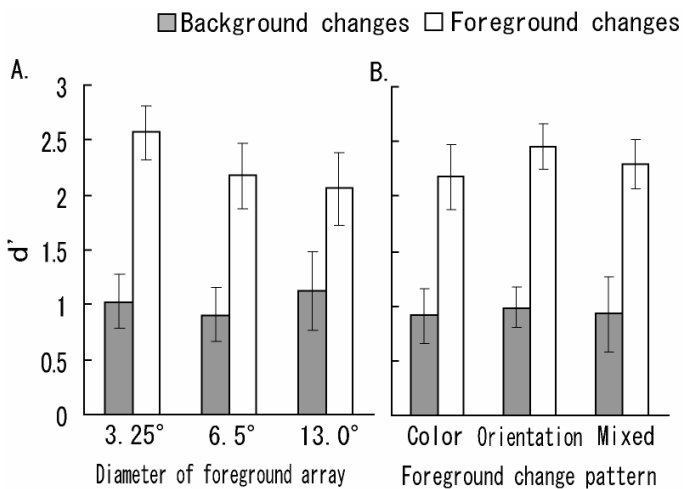


Figure 2. A) d' mean values in background-change and foreground-change trials as a function of Diameter conditions in Experiment 1. B) d' mean values as a function of Foreground change conditions in Experiment 2 and Diameter 6.5° condition in Experiment 1 (Color condition).

化試行の半数が配色変化、残りの半数が向き変化で構成され、背景変化はすべて配色の変化であった (混合条件)。このブロックでは、前景変化を検出するためには配色と向きの2種類の属性を記憶する必要があった。前景刺激を配列する仮想円の直径はすべて6.5°であった。実験の総試行数は、2 (前景変化条件) × 90 (1ブロック内の試行数) の180試行であった。ブロックの呈示順序は実験参加者間でカウンターバランスがとられた。

実験2の各前景変化条件と、実験1の直径6.5°条件 (配色変化条件とする) における検出成績 (d') をFigure 2Bに示す。 d' について、前景変化 (3 : 配色変化, 向き変化, 混合) と変化部分 (2 : 前景, 背景) を被験者内要因とする2要因分散分析をおこなったところ、変化部分の主効果のみが有意であった ($F(1,9)=14.9, p<.005$)。この結果から、前景と背景への注意分配は、前景において注意を向けるべき属性の影響を受けないことが示唆される。

総合考察

本研究では、前景の変化検出にかかる認知的な負荷が、前景と背景の変化検出に及ぼす影響を検討するために、前景刺激の配列範囲と、変化する属性を操作した実験をおこなった。その結果、前景刺激の配列範囲が広がるにつれて、前景変化の検出成績は低下した。しかし、前景変化が配色の変化であっても、向きの変化であっても、前景変化の検出成績は変わらなかった。さらに、背景変化の検出成績は、前景刺激の配列範囲や変化パターンに関係する影響を受けなかった。これらの結果は、前景の変化検出は注意を向ける範囲が狭まることによって容易になるが、前景と背景の変化パターンの異同には影響されないことを示唆する。また、背景変化の検出成績が全実験条件で一定であったことから、前景の認知的負荷に関わらず、背景への注意分配量は一定であり、前景に比べて注意が向けられにくい領域であることが示唆される。

引用文献

- Mazza, V., Turatto, M., & Umiltà, C. (2005). Foreground-background segmentation and attention: A change blindness study. *Psychological Research*, *69*, 201-210.
- Rensink, R. A. (2002). Change detection. *Annual Review of Psychology*, *53*, 245-277.
- Turatto, M., Angrilli, A., Mazza, V., Umiltà, C., & Driver, J. (2002). Looking without seeing the background change: Electrophysiological correlates of change detection versus change blindness. *Cognition*, *84*, B1-B10.

刺激項目数が探索終了時間の最適化に与える影響

石橋 和也
喜多 伸一
大坪 庸介

神戸大学大学院人文学研究科
神戸大学大学院人文学研究科
神戸大学大学院人文学研究科

We propose a model to elucidate the underlying mechanism of the phenomena that the target probability modulates the termination time in visual search tasks. Based on the optimal foraging theory, the model assumes the optimization of the item per search time, which evaluation function is determined with the target probability and the hit rate. The model thus predicts search termination times. To confirm the model, we conduct experiments of visual search tasks at three set sizes and compare obtained search termination times and predicted ones. Set size at relatively large yield search termination times matched with the prediction by the model. These results indicate that humans conduct visual search tasks by maximizing the evaluation function of search times. This performance optimization may reflect an evolutionary competence, which human being has acquired through hunting and gathering

Keywords: Visual search, Set Size, Target probability, Search termination time, Optimal foraging theory.

問題・目的

視覚探索における探索終了時間(「ない」反応時間)は、目標の出現確率に応じて変化することが知られているが(Wolfe et al., 2007), この変化がどのようなメカニズムで起きるかは明らかにされていない。そこでわれわれは、行動生態学における最適採餌理論の観点から、目標の出現確率に応じた探索終了時間の変化を説明するモデルを構築した(石橋・喜多, 2008)。

提案したモデルでは、目標の出現確率と探索終了時間、hit率から評価関数である「発見効率」(単位探索時間当たりの目標発見個数)を算出し、その効率が最も良くなる探索終了時間を推定する。

ここで発見効率を R とすると、 R は以下のように定義できる。

$$R = \frac{\text{目標発見個数}}{\text{平均反応時間}} \quad (1)$$

ここで「ある」反応時間(YRT)の分布が以下の対数正規分布に従うとすると、

$$f(YRT) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma} \times YRT} \exp\left(-\frac{(\log(YRT) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

「ない」反応時間(NRT)によって決定されるhit率は以下のようなになる(yesは「ある」反応, presentは目標存在試行)。

$$P(\text{hit}) = P(\text{yes} | \text{present}) = \int_0^{\frac{NRT}{YRT}} f(YRT) \quad (3)$$

目標の出現確率を、

$$P(\text{prior}) = P(\text{present} | \text{all}) \quad (4)$$

とすると、目標発見個数は以下のようなになる。

$$\text{目標発見個数} = P(\text{prior})P(\text{hit}) \quad (5)$$

また、1試行当たりにかかる平均反応時間は、「ある」反応時間と「ない」反応時間の両方から算出され、以下のようなになる($P(\text{prior})P(\text{hit})$ は「ある」反応の割合, $1 - P(\text{prior})P(\text{hit})$ は「ない」反応の割合)。

$$\text{平均反応時間} = \frac{YRT \times P(\text{prior})P(\text{hit}) + NRT \times (1 - P(\text{prior})P(\text{hit}))}{P(\text{prior})P(\text{hit}) + (1 - P(\text{prior})P(\text{hit}))} \quad (6)$$

以上から R は以下の式となる。

$$R = \frac{P(\text{prior})P(\text{hit})}{YRT \times P(\text{prior})P(\text{hit}) + NRT \times (1 - P(\text{prior})P(\text{hit}))} \quad (7)$$

R は逆U字型の関数となり、この値が最大となる「ない」反応時間が最適「ない」反応時間となる。

石橋・喜多(2008)では、探索効率が異なる視覚探索課題を用いた実験を行い、モデルから推定される「ない」反応時間の予測値と実測値を比較した。その結果、非効率的な課題(結合探索課題)では実測値が予測値と一致したが、効率的な課題(特徴探索課題)では予測値と実測値が一致しなかった。これらの結果から、探索が非効率的な課題でのみ確率による「ない」反応時間の最適化が起きることを示唆した。

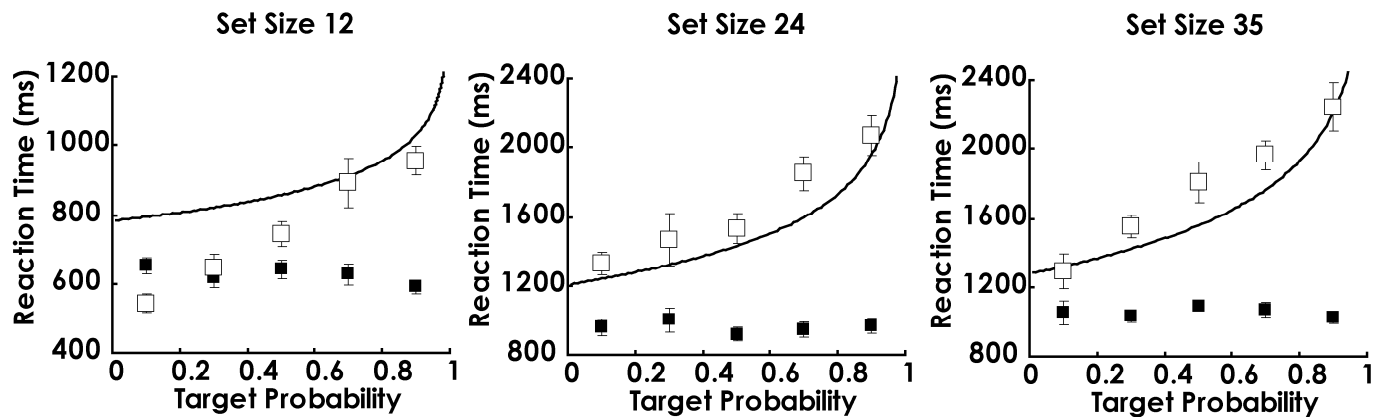
本研究では先行研究を踏まえ、提案したモデルの妥当性をより詳細に検討する。そこで、探索効率が同じであるがセットサイズが異なる視覚探索実験を行い、実測値とモデルから推定される予測値を比較する。

方法

実験デザイン 目標の出現確率(0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9)の1要因の実験参加者内の実験計画。

実験参加者 正常な視力、および色覚を有する大学生・大学院生24名が、各実験課題に8名ずつ参加した。

課題 刺激項目には黒字のLとTを用い、それらを白の背景に提示した。実験課題は目標の有無により二つの試行に分類した(目標存在試行, 目標不在試行)。また、



■…Observed "Yes" Reaction Time, □…Observed "No" Reaction Time, —…Expected "No" Reaction Time

Figure 1 Reaction times in this experiment. Error bars represents \pm S.E.M. for 8 participants.

実験にはセットサイズが12, 24, 35個の3つの課題を用いた。

予備実験の結果, この課題を用いた場合の探索効率
は目標存在試行では26.3ms/item, 目標不在試行では
59.1ms/itemであった。

実験手続き 実験参加者には, 提示された実験課題の
中から「なかまはずれ(目標)」をなるべく速く正確に探
しだすことを求めた。課題後はフィードバック画面が
提示された。実験参加者は目標の出現確率を知らされ
ず, 各条件をランダムな順番で行った。各条件で200
回の試行を行い, 最初の50回の試行は練習試行として
分析から除外した。

結果

モデルの適合性を検定するに当たっては, 各実験参
加者の予測値と実測値の差を t 検定によって検討した。

Set Size 12 セットサイズが12個の場合の反応時間の
結果をFigure 1 左に示す。

「ある」反応時間の平均反応時間は613ms, 標準偏差
は143であり, 各条件でほぼ一定であった。「ない」反
応時間の実測値と予測値を比較したところ, 0.1, 0.3,
0.5の条件で実測値と予測値の間に有意な差が見られ
た($p < .01$)。

Set Size 24 セットサイズが24個の場合の反応時間の
結果をFigure 1 中に示す。

「ある」反応時間の平均反応時間は964ms, 標準偏差
は362であり, 各条件でほぼ一定であった。「ない」反
応時間の実測値と予測値を比較したところ, 0.7の条
件で実測値と予測値の間に有意な差が見られた($p < .05$)。

Set Size 35 セットサイズが35個の場合の反応時間の
結果をFigure 1 右に示す。

「ある」反応時間の平均反応時間は1045ms, 標準偏
差は434であり, 各条件でほぼ一定であった。「ない」
反応時間の実測値と予測値を比較したところ, 0.7の
条件で実測値と予測値の間に有意な差が見られた
($p < .05$)。

考察

本研究では, 探索効率が同じであるがセットサイズ
が異なる視覚探索課題を行い, 「ない」反応時間の実測
値と提案したモデルから推定される予測値を比較した。
その結果, セットサイズが大きい課題(24個, 35個)で
は実測値と予測値の当てはまりが良かった。その一方
で, セットサイズが小さい課題(12個)では実測値と予
測値の当てはまりが悪かった。これらの結果は, 注意
の移動が必要(非効率的な探索課題)で, かつその移動
が長時間必要(セットサイズが大きい課題)な場合に,
提案したモデルによる説明が可能であることを示唆す
る。

提案したモデルの当てはまりの良さが探索効率やセ
ットサイズの違いによって異なる理由は, 各課題の探
索時間の違いから説明できる。効率的な課題やセット
サイズが小さい課題は探索時間が比較的短いため,
「ない」反応時間が変化しても発見効率はあまり変わら
ない。その一方で, 非効率的な課題やセットサイズが大
きい課題は探索時間が比較的長いため, 「ない」反応時
間を変化させることで発見効率が大きく変わる。この
ように探索時間が比較的長い課題では「ない」反応時間
の変化によって発見効率が大きく変わるため, 目標の
出現確率による「ない」反応時間の最適化が起きると考
えられる。

引用文献

- 石橋和也・喜多伸一, 2008, なるべく速く正確に～目標
の出現確率による探索終了時間の最適化～, 電子
情報通信学会技術研究報告, HIP2008-124, 7-12.
- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., Van Wert, M. J., Kenner, N.
M., Place, S. S., Kibbi, N., 2007, Low target
prevalence is a stubborn source of errors in visual
search tasks., *Journal of Experimental Psychology:
General*, 136, 623-638.

注意の瞬きにおける妨害刺激の抑制の検討

木原健

産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門

ken-kihara@aist.go.jp

八木善彦

日本学術振興会

School of Psychology, University of Wales

武田裕司

産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門

河原純一郎

産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門

視覚的意識の形成過程には時間的制約がある。例えば、高速逐次視覚提示された刺激の中から先行標的(T1)を処理すると、500ミリ秒以内に出現する後続標的(T2)が見落とされる(注意の瞬き: attentional blink: AB)。最近のAB研究より、T1直後に提示される妨害刺激の処理が抑制され、この抑制がT2にまで波及することがABの原因であることが示唆されている。しかし、T1直後の妨害刺激が抑制されるという直接の証拠はない。そこで、視覚探索中に抑制された妨害刺激の好意度評定が低下するという現象を高速逐次視覚呈示事態に適用して、本研究ではT1以降の妨害刺激の好意度を評定した。実験の結果、ABが生じた試行では、T1提示100~200ms以内に提示された刺激への好意度評定が低下した。この結果は、AB発生時にはT1直後の妨害刺激の処理が抑制されていることを示唆している。

Keywords : attentional blink, distractor devaluation, rapid serial visual presentation.

問題と目的

私たちは必ずしも目に入る情報の全てに気づくとは限らない。例えば、同じ場所に0.1秒おきに刺激が連続して提示される高速逐次視覚提示(rapid serial visual presentation: RSVP)で、2つの標的の見えを尋ねられると、一つ目の標的(T1)はよく同定できるが、刺激提示時間間隔(stimulus onset asynchrony: SOA)が500ms以内の後続標的(T2)は頻繁に見落とししてしまう。この現象は、T1を処理することで、T2に対する注意処理が数100ms間機能不全になることが原因と考えられ、注意の瞬き(attentional blink: AB)と呼ばれている(Shapiro et al., 1997)。

これまで、T1情報のワーキングメモリへの符号化処理がボトルネックとなって、T2処理が一時的に中断されることがABの原因であると考えられてきた。ところが最近、T1処理そのものではなく、T1直後の妨害刺激への処理抑制がT2にも及ぶことがABの生起に重要な役割を果たしている可能性が示唆されている(Olivers, 2007)。しかし現在まで、T1直後の妨害刺激が抑制を受けていることを実験的に示した研究は報告されていない。

本研究の目的は、RSVP事態において、T1後に提示される妨害刺激への抑制の有無を検討することである。そのために、妨害刺激に対する好意度評定を抑制の指標とした。Raymondら(2003)は、探索課題において、妨害刺激の好意度を事後的に評定すると、標的に近接して提示された妨害刺激ほど好意度が低下することを

報告した。妨害刺激は標的までの距離に応じて抑制を受けることから、Raymondらは妨害刺激への好意度の低下は抑制の程度を反映すると主張した。そこで、本研究の目的を達成するため、通常のAB課題後に妨害刺激の好意度評定を追加した3つの実験を行った。

方法

被験者 実験1には25人(男性16人、女性9人)、実験2には33人(男性16人、女性17人)、実験3には30人(男性17人、女性13人)が参加した。

刺激と手続き RSVPは18個の妨害刺激と2つの標的(T1・T2)で構成された。妨害刺激は八角形のランダムポリゴン図形、標的は8方向の矢印で、それぞれ100ms提示された。RSVP後、2つの標的の方向判断を求める画面が提示された。その後、ある1つの八角形図形に対して、これが良い印象かどうかを5段階で評定するように求める画面が提示された。

計画 標的間隔要因と好意度評定要因の2要因計画だった。標的間隔要因は短SOA条件と長SOA条件が含まれ、それぞれは実験1と3では300msと700ms、実験2では400msと700msだった。また、好意度評定要因には、RSVP中に提示された刺激を評定する接触条件と、RSVP刺激として一度も提示されない刺激を評定する非接触条件が設定された。接触条件の刺激は、実験1ではT1より1つ後、実験2では2つ後、実験3では2つ前に提示された妨害刺激だった。表1に各実験における要因毎の条件を示す。240試行(2 標的間隔条

件 x 2 好意度評定条件 x 60試行)がランダムに実施された。

表1 各実験要因における条件毎の提示刺激 (数値はT1とのSOA)

実験	標的間隔要因		好意度評定要因	
	短SOA条件	長SOA条件	接触条件	非接触条件
1	300ms	700ms	100ms	新奇
2	400ms	700ms	200ms	新奇
3	300ms	700ms	-200ms	新奇

結果と考察

T1正答時の試行を用いてT2成績を計算した。各評定条件において、短SOA条件のT2正答数もしくは誤答数が10未満の被験者を、実験1から5名、実験2から13名、実験3から7名除外して分析した。

実験1 T1成績とT2成績を図1Aに示す。2要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められた($F(1, 19) = 89.8, p < .01$)。この結果より、ABの生起が示唆された。短SOA条件におけるT2正答・誤答毎の好意度評定の平均値を図1Bに示す。2要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められた($F(1, 19) = 15.1, p < .01$)。単純主効果検定の結果、T2正答試行($t(19) = 2.5, p < .05$)と誤答試行($t(19) = 2.6, p < .05$)において評定値に有意差が認められた。したがって、ABが生じた試行では、T1直後の妨害刺激への抑制が示唆された。一方で、ABが生じなかった試行ではT1直後に提示された妨害刺激の好意度上昇が示唆された。これは、妨害刺激が抑制されなかったため単純接触効果が生じたと考えられる。

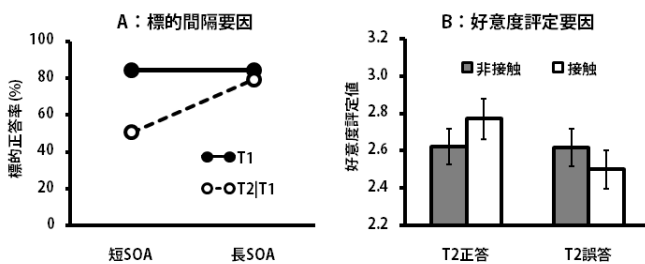


図1 実験1の結果

実験2 T1成績とT2成績を図2Aに示す。2要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められた($F(1, 19) = 25.2, p < .01$)。この結果よりABの生起が示唆された。短SOA条件におけるT2正答・誤答毎の好意度評定の平均値を図2Bに示す。2要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められた($F(1, 19) = 5.3, p < .05$)。単純主効果検定の結果、誤答試行において評定値に有意差が認められた($t(19) = 2.5, p < .05$)。したがって、ABが生じた試行では、T1から200ms後に提示された妨害刺激への抑制が示唆された。

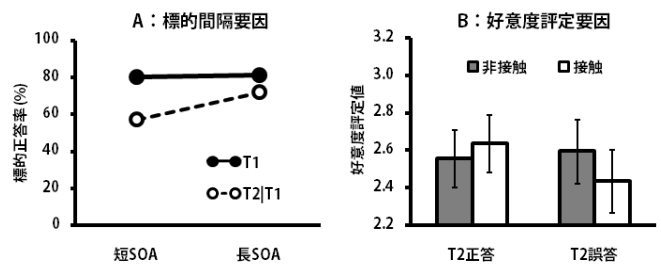


図2 実験2の結果

実験3 T1成績とT2成績を図3Aに示す。2要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められた($F(1, 22) = 82.8, p < .01$)。この結果よりABの生起が示唆された。短SOA条件におけるT2正答・誤答毎の好意度評定の平均値を図3Bに示す。2要因分散分析の結果、有意な主効果および交互作用は認められなかった。したがって、ABと、T1より200ms前に提示された妨害刺激への抑制の関係性は示唆されなかった。

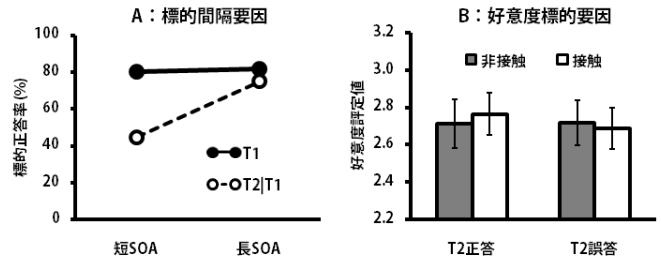


図3 実験3の結果

結論

実験1と2より、ABが生じた試行では、AB期間中に提示される妨害刺激の好意度評定が低下した一方、ABが生じなかった試行では、そのような効果は認められなかった。また実験3より、RSVP刺激であっても、AB期間外に提示されれば好意度の低下は認められなかった。したがって、ABの生起時にはAB期間中の妨害刺激が抑制されることが示唆された。これは、T1後の妨害刺激の抑制がT2に及ぶことがABの原因とするABの抑制モデル(Olivers, 2007)と一致する。

引用文献

- Olivers, C. N. L. (2007). The time course of attention: It is better than we thought. *Current Directions in Psychological Science, 16*, 11-15.
- Raymond, J. E., Fenske, M. J., & Tavassoli, N. T. (2003). Selective attention determines emotional responses to novel visual stimuli. *Psychological Science, 14*, 537-542.
- Shapiro, K. L., Arnell, K. M., & Raymond, J. E. (1997). The attentional blink. *Trends in Cognitive Sciences, 1*, 291-296.

注意の瞬きにおける練習効果

中谷 智恵

Shruti Baijal

Cees van Leeuwen

理化学研究所脳科学総合研究センター

認知動力学研究チーム

Centre for Behavioural and Cognitive Sciences

University of Allahabad, India

理化学研究所脳科学総合研究センター

認知動力学研究チーム

注意の瞬き現象とは、経時的に呈示される2つの標的を検出する課題において、標的間隔が200-500ミリ秒である場合、第1標的(T1)は正しく報告される一方で第2標的(T2)が正しく報告されない現象である。T2成績の改善方法として、T1への注意配分をへらす、瞑想訓練を行う等の意識的なコントロールが有効なこと、その時T1に同期した事象関連脳電位(ERP)のP3b振幅が減少すること、が報告されている。一方、本研究では意識的コントロールを教示せず2標的検出課題を繰り返すだけでもT2成績が向上するかを検討した。被験者は日を変えて2回課題を繰り返した。正答率と脳波を分析した結果、T2成績は向上し、ERPではT2に同期したN2の振幅が後頭部で増加した。本研究では意識的コントロールを指定せず、ERP結果も先行研究と異なることから、非特異的方略によっても神経活動の変調とT2成績の向上があることが示された。

Keywords: Attentional blink, practice effect, ERP

問題・目的

注意の瞬き現象(Attentional blink, AB)とは、経時的に呈示される2つの標的を検出する課題において、標的間隔が200-500ミリ秒である場合、第1標的(T1)は正しく報告される一方で第2標的(T2)が正しく報告されない現象である(Broadbent & Broadbent, 1987; Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992)。

この現象を注意資源の情報処理への配分という概念に当てはめると、T1、T2処理への資源配分がうまく行われていないと考えることができる。この立場からはT2成績を改善する方法として、T1への資源配分をへらしT2への配分を増やす、T1、T2に配分される注意資源の総量を増やすなどの方法が理論的には考えられよう。

OliversとNieuwenhuisenらは一連の行動実験で、T1、T2検出処理への注意資源配分が変更可能なことを示した(Arend, Johnston, & Shapiro, 2006; Olivers & Nieuwenhuis, 2005; 2006)。例えば、T1、T2報告に加えて第3の課題を課す、刺激に払う注意を意識的に低減するといった方法で、T2成績が改善されることが報告された。また、Slagterら(2007)は瞑想訓練を行うことでT2報告が改善された例を報告した。この研究では頭皮上電極から導出した脳波も合わせて分析し、T1によって誘発された脳電位(誘発脳波、ERP)のうちP3bの振幅が低減したことが報告された。これらの研究は、意識的な方略でABを低減できること、これら方略が注意資源の配分、特にT1資源の低減に関与している可能性を示した。

これら実験は、検出課題の結果のフィードバックを用いず意識的なコントロールだけでABが低減できることを示した。そこで、本研究では意識的コントロールも教示せず、標的検出課題を繰り返すだけでT2成績

が向上するか、また成績が向上した場合、意識的なコントロールを用いた場合と同様の脳活動の変化が見られるかをERPをもちいて検討した。

方法

被験者は、東京圏在住の大学生及び大学院生計13名(男性2名女性11名、平均年齢21才)であった。

課題では高速逐次提示される文字列から標的を報告することをもとめた。刺激は大文字アルファベットと数字のうちG, I, K, X, 0 (zero), と1を除く30文字から繰り返しなく無作為に選ばれた17から20文字で、CRT画面中央に刺激間隔100msで呈示された。文字のうち1つは青、その他は白であった(背景色は灰色)。青文字はT1で、そのカテゴリー(アルファベットまたは数字)の報告を刺激系列の提示後に求めた。T2は白文字の'O'で、その有無の報告も刺激系列提示後に求めた。T1とT2の間隔は100、300、700ms、非標的の刺激も含めたT1からの系列位置(Lag)で表現すると、Lag1, 3, 7であった(課題はNakatani et al., 2005に順ずる)。試行数は計288で、被験者は日を変えてこれを2回を繰り返した。参加日の間隔は平均約6日であった。

また両日とも課題遂行中の脳波測定した。脳波は頭皮上の19電極(Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6)と両耳の基準電極から導出した。

結果

T2検出課題成績:T1正答時のT2正答率(T2/T1)はFigure 1に示すとおり。Lag1条件とLag3条件で2日目の成績が改善した。T2成績から、信号検出理論の手法を用いT2への感度の指標(A')とT2存在の判断基

準の指標 (B'') を算定した。1日目と2日目でこれらと比較したところ、Lag1、3で感度が上昇したが、判断基準には変化がなかった。

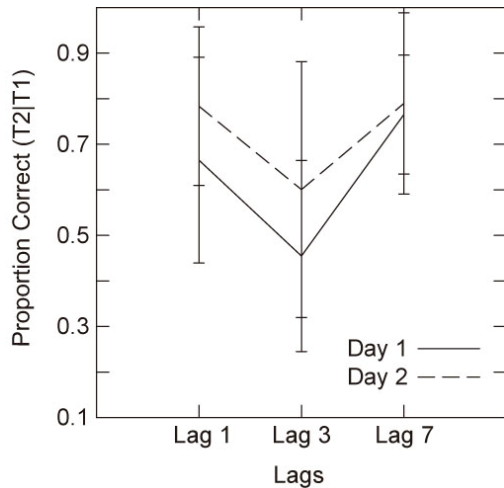


Figure 1. T2/T1 accuracy in Days 1 and 2.

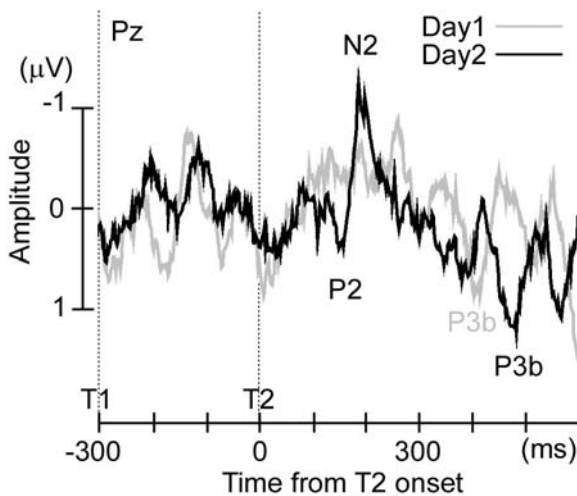


Figure 2 T2 evoked ERPs (Pz, Lag 3 Condition) in Days 1 and 2

ERP結果：感度指標 (A') に対応するようERPを計算した。まずT2有り試行とT2無し試行で脳波をT1オンセットを基点にEEGを平均し、さらにその差をとった。この差波形はT2が存在したことに起因する成分と考えられる。このT2関連成分のうち、同定可能なP2、N2、P3a及びP3bの振幅と潜時を、第1日と2日で比較した。この結果、後頭部のN2振幅に、Lag1、3条件で増大がみられた。

一方、T1誘発成分の変化を見るために、T2無し試行のERPを第1日と第2日で比較した。ここは後頭部でP2振幅が増大しN2振幅が減少したが、P3bには有意な差は見られなかった。

考察

本実験の結果、特に意識的な方略を指定しなくても、課題を繰り返すだけでT2成績が上昇することが示された。この変化は被験者の判断基準の変動によるものではなく、T2に対する感度の上昇によると考えられる。

感度の上昇に伴う脳活動の変化は後頭のN2振幅の増大として表れた。意識的方略を用いた先行研究ではT1誘発のP3bの振幅が減少しているが、T2誘発のN2に関しては報告がない。このことから、本研究で見られたT2成績の向上は意識的方略によるものとは異なる神経的機構によるものであることが示唆された。

引用文献

- Arend, I., Johnston, S., & Shapiro, K. (2006). Task-irrelevant visual motion and flicker attenuate the attentional blink. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 600-607.
- Broadbent, D. E., & Broadbent, M. P. (1987). From detection to identification: Response to multiple targets in rapid serial visual presentation. *Perception & Psychophysics*, 42, 105-113.
- Nakatani, C., Ito, J., Nikolaev, A. R., Gong, P., & van Leeuwen, C. (2005). Phase synchronization analysis of EEG during attentional blink. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1969-1979.
- Olivers, C. N., & Nieuwenhuis, S. (2005). The beneficial effect of concurrent task-irrelevant mental activity on temporal attention. *Psychological Science*, 16, 265-269.
- Olivers, C. N., & Nieuwenhuis, S. (2006). The beneficial effects of additional task load, positive affect, and instruction on the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 32, 364-379.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 18, 849-860.
- Slagter, H. A., Lutz, A., Greischar, L. L., Francis, A. D., Nieuwenhuis, S., Davis, J. M., et al. (2007). Mental Training Affects Distribution of Limited Brain Resources. *PLoS Biology*, 5, e138.

変化検出における情景の非意図的記憶表象の役割

中島 亮一

東京大学大学院人文社会系研究科

横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科

Why change blindness occurs? Coherence theory assumes that the stable representation of an object, which enables change detection, is retained in the memory only while attention is focused on it, and can explain change detection processing in flicker paradigm well. However, the subsequent studies did not support this assumption. In order to solve this contradiction, this study examined the properties of representation in incidental memory by using a memory and change detection task in a flicker paradigm. We measured participants' performances of memory task when they were instructed to concentrate on change detection task. The result suggests that incidental visual representations were retained in the flicker paradigm, and the representations were hardly overwritten by new input of stimuli. Further analysis reveals that the representations are not complete enough to judge a changed object as a change, which contributes to change blindness.

Keywords: change detection, coherence theory, flicker paradigm, incidental visual memory.

問題・目的

変化の見落とし(Change Blindness)とは、十分に認知可能であると思われる情景中の変化を見落とす現象である(横澤・大谷, 2003)。この現象の生起に関する理論として、コヒーレンス理論(Rensink, 2002)がある。この理論では、変化検出は集中的注意によって形成された表象と、その場所に新たに入力される情報の比較によってのみ成功するとされている。しかしながら、その後の研究(e.g., Hollingworth & Henderson, 2002)によって、一度注意が向けられた物体に対しては記憶表象が保持されており、それと変化物体との比較によっても変化検出が成功するということが示されている。しかし一方で、コヒーレンス理論はフリッカー法における変化検出過程を非常にうまく説明できている(Rensink, 2000)。

それでは、フリッカー法における変化検出課題では、記憶表象が保持されていないのか。フリッカー法では画像が短いブランクを挟んで繰り返し呈示されるため、一般的な情景観察とは異なる状況であると考えられる。そのため、フリッカー法という特殊な状況下では記憶表象が残らない可能性も否定できない。そこで本研究では、まず画像がフリッカー呈示された状況における記憶表象の有無を検討した。その結果、記憶表象は保持されていたため、その特徴を調べ、コヒーレンス理論との整合性について検討した。

実験1

方法

実験参加者は正常な視力を有する大学生・大学院生24名であった。全員が実験の目的を知らされていなかった。

刺激画像は48枚の自然画像(視角約 $16^\circ \times 18^\circ$)であり、それらを元画像とした。そしてその一部を加工したものを変化画像とした。加工箇所は、予備実験によ

る情景内の興味の程度について、周辺の興味と定義された物体(Yokosawa & Mitsumatsu, 2003)に限定した。

このように作成した刺激画像を、フリッカー法(画像250 ms、ブランク250 ms)によって30秒間呈示した。この時、全体の半分の試行では元画像と変化画像を交互に呈示した。残り半分の試行では、元画像のみを呈示した。これにより、実験中半分の試行では変化検出が不可能となる。

参加者は画像呈示中に変化を見つけたらボタン押しで反応し、画像を十字に4等分した回答画面から、変化箇所を選択するように求められた(変化検出試行)。また、変化を見つることができずに時間切れとなった場合には、前述の4択の回答か、1枚の画像の一部分に円印がつけられた回答画面を呈示され、それがそれまで見ていたものと同一か否かの反応を求められた(記憶試行)。記憶試行で呈示された画像は、元画像か変化画像に円印がついたものであった。刺激セットはランダムに2組に分けられ、変化検出試行、記憶試行のいずれかに割り当てられ、各参加者には両条件とも実施した。

結果と考察

変化検出試行では正答率が74%であり、チャンスレベル(25%)よりも有意に高かった $[t(23) = 20.24, p < .01]$ 。また、正答試行の反応時間は14.2秒であった。この反応時間はYokosawa & Mitsumatsu (2003)における実験結果と同程度であり、参加者は変化検出課題に取り組んでいたと言える。そのため記憶試行の分析では、参加者が意図的に情景を記憶しようとしていない状況であったという前提をおいた。

記憶試行では正答率が62%であり、チャンスレベル(50%)よりも有意に高かった $[t(23) = 4.91, p < .01]$ 。よって、フリッカー法による変化検出課題に取り組んでも、情景中の物体の記憶表象は保持されていると考えられる。ただし、記憶成績はあまり高いとは言えない。

そこで、記憶試行における各項目の反応傾向を調べた(Figure 1)。旧項目についてはきちんと見たと判断できていた(Yes: 74% vs No: 26%)が、新項目において反応傾向が拮抗していた(Yes: 52% vs No: 48%)。このことから、非意図的な記憶表象の特徴として、その表象を元にした判断を行う際に、変化した物体を「見ていない」と棄却することが非常に困難であるということが示唆される。この理由として以下の2つが考えられる。1つめは、記憶表象が曖昧なものであるため変化したという判断が困難であったというものである。もう1つは、回答画面に出てくる刺激画像によって記憶表象が上書きされたという可能性である。そこで、上書きの可能性を検討するために、記憶試行において前後半(各15秒間)で別の画像を呈示する実験を行った。もし記憶表象が上書きされやすいものであるならば、前半画像の記憶表象は後半画像の入力によって上書きされ、消失してしまうと予測される。

実験2

方法

実験参加者は実験1に参加していない大学生・大学院生24名であった。

刺激、手続きは、記憶試行において前半15秒間に元画像、後半15秒間に変化画像を呈示したこと以外、実験1と同じであった。そのため、参加者には教示しなかったが、記憶試行では全て肯定回答が正答であった。

結果と考察

変化検出試行では正答率が73%であり、正答試行の反応時間は14.9秒と、実験1とほぼ同じであった。よって、参加者は変化検出課題に取り組んでいたと考えられる。

記憶試行では正答率が65%となり、チャンスレベルを上回っていた[$t(23) = 4.28, p < .01$]。また、これは実験1とほぼ同じであった。

実験1と同様に記憶試行における各項目の反応傾向を調べた(Figure 1)。肯定反応の割合は前半(63%)、後半(67%)であり、両者の肯定反応傾向に差は見られなかった[$t(23) = .87, p > .3$]。よって、非意図的な記憶表象が新しく入力された情報によって上書きされるという可能性は低いと考えられる。

総合考察

実験の結果、フリッカー法による変化検出課題に取り組んでいる場合にも、非意図的な記憶表象は保持されているということが明らかになった。これは、コヒーレンス理論(Rensink, 2002)を支持しなかった。しかしながらその記憶表象の特徴として、新しく入力された情報によって上書きされる可能性は低い、それまで見ていなかった物体を棄却できるほど完全な表象ではないということが明らかになった。

これらの結果をもとに、変化検出処理を考えてみると、変化前の物体の表象は注意を向けた時点で記憶に保持されるが、それが完全なものではないため、後に変化後の物体を注視した際に、それを利用して変化したと判断することが困難であるということが示唆される。フリッカー法の場合、変化した瞬間の観察によって変化検出が可能であるため、困難な処理である記憶表象を用いた変化検出が利用されにくく、その結果記憶表象が保持されていないように見えたと考えられる。そのため、フリッカー法における変化検出過程はコヒーレンス理論によってうまく説明できていたと考えられる。

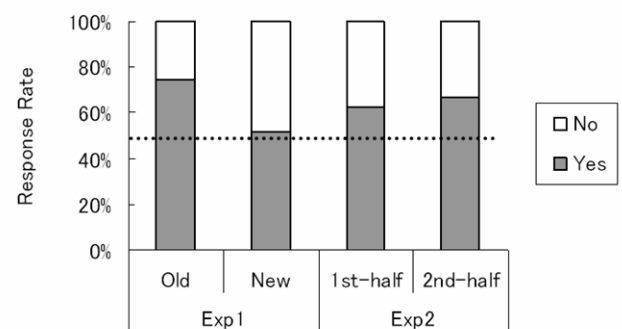


Figure 1. Response rates in the memory trials (Exp1 and Exp2). The dashed line indicates that response rate is 50%. The response rate of “Yes” in new item condition in Exp1 is not significantly above chance level (50%). Those in the other conditions are significantly above chance level ($p < .01$).

引用文献

- Hollingworth, A., & Henderson, J. M. (2002). Accurate visual memory for previously attended objects in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 113-136.
- Rensink, R. A. (2000). Visual search for change: A probe into the nature of attentional processing. *Visual Cognition*, 7, 345-376.
- Rensink, R. A. (2002). Change detection. *Annual Review of Psychology*, 53, 245-277.
- Yokosawa, K., & Mitsumatsu, H. (2003). Does disruption of scene impair change detection? *Journal of Vision*, 3, 41-48.
- 横澤一彦・大谷智子 (2003) 見落とし現象における表象と注意 —非注意による見落としと変化の見落とし— 心理学評論, 46, 482-500.

風景情報が画像中のターゲット記憶を妨害する

田邊 亜澄
芋阪 直行

京都大学大学院文学研究科
京都大学大学院文学研究科

azumi@i05.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

The memory of objects in scene images has shown lower performances than that of object images or scene images. In the present study, we compared the performances of remembering faces in scene images to faces in white background or scenes. Though the condition that test images were presented in the same scene as encoding did not decrease the performance, the condition that test image were presented in white background did. These results indicate that the information which is unavailable for recognition might interfere with the retrieval.

Keywords: visual working memory, natural scenes, context.

問題・目的

Hayes, Nadel & Ryan (2007) は、エピソード記憶の再認課題において、自然風景画像を記憶する条件やオブジェクト画像を記憶する条件よりも、風景画像中のオブジェクトを記憶する条件で成績が低下することを示した。これは符号化時にオブジェクトを抽出する作業が負荷となるためか、再認時に風景画像の文脈情報を検索に利用できないために起こるのかを検討した。

本研究では、ターゲットにオブジェクトとしての顕著性が高い人物画像を使用し、先行研究と同様の条件に加え、風景画像でオブジェクト再認を行う条件を実施し成績が低下するかどうか調べた。

方法

実験参加者 京都大学の大学生・大学院生16名（男性12名，女性4名）が参加した。平均年齢は25.6歳（ $SD = 2.58$ ）であった。

刺激材料 風景画像はPrinceton University の vision lab 画像データベース (http://vision.cs.princeton.edu/resources_links.html) のinside-city, living-room, forest, coast の4カテゴリから、人物画像はUniversity of Stirling のThe Psychological Image Collection at Stirling (<http://pics.psych.stir.ac.uk/>)，University of Essex のcomputer vision research project の画像データベース (<http://cswwww.essex.ac.uk/mv/allfaces/index.html>) から使用した。画像は人物と一様な白い背景のもの、人物画像と風景画像を合成したもの2種類を作成した。

手続き 3枚の画像を1秒ずつ提示し、8秒の遅延において再認する遅延見本合わせ課題を行った。これを1試行として、以下の4条件で16試行を行った。

- 人物のみの画像（白い背景）を記憶し、人物画像を再認する条件（Face-present, Face-encode, Face-test 以下 FFF 条件と呼ぶ）
- 風景と人物の画像を記憶し、風景と人物を再認する条件（Scene-present, Scene-encode, Scene-test 以下 SSS 条件と呼ぶ）

- 風景と人物の画像において人物を記憶し、人物のみの画像で再認する条件（Scene-present, Face-encode, Face-test 以下 SFF 条件と呼ぶ）
- 風景と人物の画像において人物を記憶し、風景と人物の画像で再認する条件（Scene-present, Face-encode, Scene-test 以下 SFS 条件と呼ぶ）

画像の提示前に Scene あるいは Face という単語を提示し、Scene と指示された場合には風景と人物の両方を、Face と指示された場合には画像の種類に関わらず人物だけを記憶するようにと教示した。

画像提示には 17 インチ CRT モニタを用い、視距離は 60cm で視角は 3.13° であった。

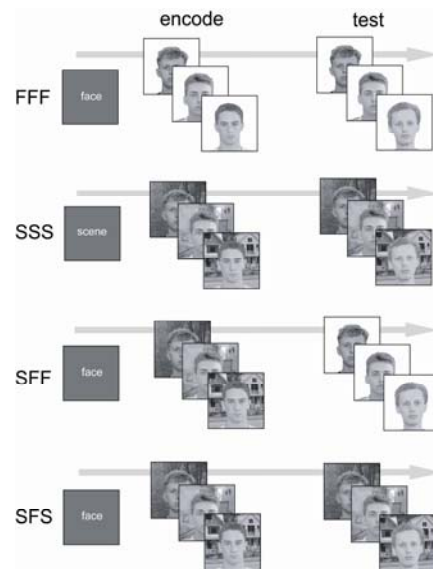


Figure 1. Examples of the conditions that stimuli in different scene categories were used.

結果

各条件のhit率とfalse alarm率からA'を算出し平均を比較した（Figure 2参照）。1要因分散分析の結果、主

効果は有意であった ($F(3, 45) = 6.69, p < .001$) . Ryan法による多重比較においてSFF条件はFFF条件 ($t(15) = 2.76, p < .01$) , SSS条件 ($t(15) = 3.03, p < .01$) , SFS条件 ($t(15) = 4.35, p < .001$) より有意にA'が低かった. 他条件間に有意差は見られなかった.

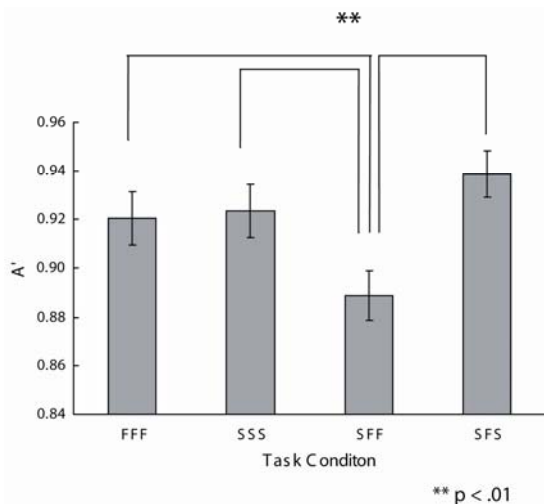


Figure 2. Mean A' for each condition. Error bars indicates ± 1 SEM.

また, hit率とfalse alarm率そのものに同様の分析をしてみると, hit率では主効果が有意であった ($F(3, 45) = 6.30, p < .01$) のに対し, false alarm率では主効果が有意ではなかった ($F(3, 45) = 0.97, p > .1$) . そしてRyan法による多重比較でも, A'と同様にSFF条件はFFF条件 ($t(15) = 3.17, p < .01$) , SSS条件 ($t(15) = 3.30, p < .01$) , SFS条件 ($t(15) = 3.97, p < .001$) よりも有意にhit率が低かった.

さらに, 風景画像を用いる3条件 (SSS条件・SFF条件・SFS条件) において, 風景のカテゴリが試行内で同じものか異なるものかの違いがA'に差をもたらすか2要因分散分析で検討した. 課題条件の主効果は有意であった ($F(2, 30) = 6.56, p < .005$) が, カテゴリの主効果 ($F(1, 15) = 1.05, p > .1$) と交互作用 ($F(2, 30) = 1.04, p > .1$) はともに有意ではなかった.

また, hit率とfalse alarm率でもカテゴリ要因を加えた2要因分散分析を行ったところ, hit率では同様の結果 (課題条件の主効果が $F(2, 30) = 7.32$ で有意, カテゴリの主効果は $F(1, 15) = 0.87$, 交互作用は $F(2, 30) = 1.33$ で非有意) が得られたが, false alarm率 (Figure 3参照) では主効果はともに有意ではなく (課題条件で $F(2, 30) = 0.23$, カテゴリで $F(1, 15) = 0.02$) , 交互作用が有意傾向にあった ($F(2, 30) = 3.25, p < .1$) . そこで単純主効果の分散分析を行ったが, SFF条件においてカテゴリの効果が有意で ($F(1, 15) = 5.25, p < .05$) , カテゴリが異なる条件において課題条件の効果が有意傾向であった ($F(2, 30) = 2.60, p < .1$) . カテゴリが異なる条件における多重比較では, SFF条件とSFS条件の差が有意傾向にあった ($t(15) = 3.08, p < .1$)

考察

先行研究と同様に, ワーキングメモリ課題でもオブジェクト画像の記憶 (FFF条件) や風景画像の記憶

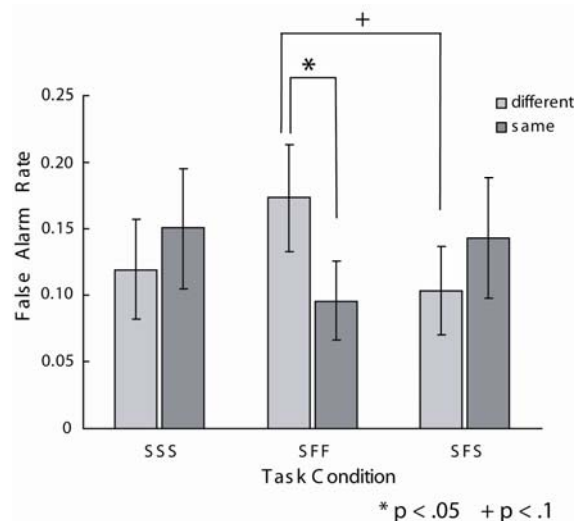


Figure 3. Mean of false alarm rate in each condition (task and category consistency). Error bars indicates ± 1 SEM.

(SSS条件) よりも風景画像中のオブジェクト記憶 (SFF条件) は再認成績が低下した. しかし, 再認時に符号化時と同じ画像が提示される (SFS条件) と成績は低下しなかった. これはエピソード記憶における符号化特定性原理 (Tulving & Thomson, 1975) と同様の現象であろう. また, SFF条件において試行内の風景画像のカテゴリが異なるとfalse alarm率が上昇することから, SFF条件はSFS条件よりもfalse alarm率が高いことから, 符号化時の風景の意味的情報 (=カテゴリ) が検索時に利用できない場合, 再認を妨害するのではないかと考えられる.

風景画像の認知には風景の概略的情報である文脈フレームが関与するため, 詳細な知覚情報が記憶されないのではないかとされている (Friedman, 1979) が, 符号化の段階で記憶されていないのではなく, 検索の段階で文脈フレーム情報が知覚的情報の想起を妨害する可能性もあるのではないだろうか.

今後, この効果が文脈フレームによるものなのか, 意味的情報を持たない画像においても同様の文脈効果が起こるのかどうかを検討していく予定である.

引用文献

- Friedman, A. 1979. Framing pictures: The role of knowledge in automatized encoding and memory for gist. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 316-355.
- Hayes, S. M., Nadel, L., & Ryan, L. 2007. The effect of scene context on episodic object recognition: Parahippocampal cortex mediates memory encoding and retrieval success. *Hippocampus*, 17, 873-889.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. 1975. Encoding specificity and retrieval process in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373.

シーンの瞬時的カテゴリ認識における 上位レベルの優位性の検討

坂野 逸紀

京都大学大学院人間・環境学研究科

齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

We investigated how fast superordinate and basic categorization was achieved in a go/no-go visual categorization task. Stimuli were extracted from a database of Oliva & Torralba's (2001) 2 superordinate and 8 basic categories. In Experiment 1, Natural category was defined as a set of Coast and Mountain, while Man-made as Highway and City Center. In Experiment 2, Highway images were replaced with Street images. Subjects were asked to press a key if briefly presented stimuli (40ms) were targets as quickly and as accurately as possible. In Experiment 1, reaction times of superordinate category classification were not faster than basic-level category. Meanwhile, In Experiment 2, speed advantage for superordinate categories over basic categories appeared. These results suggest that superordinate categorization is not faster than basic level categorization when membership within a superordinate category are widely distant, and that it is unlikely that scene classification is sequential processing on which either of category levels is processed "first".

Keywords: scene perception, rapid categorization, natural image, similarity.

問題・目的

ある山の写真を見せられたとき、多くの人はその写真を「山」という言葉で表現する。「自然」や「吉田山」と呼んでも誤りではないが、そのような抽象的、あるいは具体的な表現を用いることはあまりない。このように、あるシーンが属する複数のカテゴリレベルのうち、中間的な抽象度を持った表現が選好的に使われることが知られている。これは基本レベルと呼ばれ、より抽象的な上位レベル、具体的な下位レベルとは区別される。近年、カテゴリ判断に要する時間からカテゴリ認識の視覚的処理を調べた研究では、上位レベルの方が基本レベルより早く判断できることが示された(Joubert et al., 2007)。この知見のシンプルな解釈の1つは、上位レベルのカテゴリ認識が基本レベルに先だって「最初に」達成されるというものである。しかしながら、この解釈は非直感的な予想をもたらす。基本レベル間の類似性は一定ではない。例えば、先行研究ではCity CenterとHighwayの類似性はCity CenterとStreetの類似性よりも低いことが示されている(e.g., Loschky & Larson, 2008)。類似性の低いもの同士の間では、類似性の高いもの同士よりも早く、正確に行えるはずだが、もし先の解釈が正しいならば、基本レベルの判断がどれだけ区別の容易なカテゴリ間で行われていようと、上位レベルの反応時間における優位性は保たれることになる。本研究ではgo/no-go課題を用いて、シーンのカテゴリ認識が基本レベルのカテゴリ間の類似性構造に依存せず、常に上位レベルから基本レベルへと順に達成されているのかを検討した。

方法

協力者 実験1では18名、実験2では20名の大学生および大学院生が参加した。全員が裸眼ないしは矯正

した上での正常な視力を有していた。実験2では、教示を正確に理解していなかった2名が分析から除外された。

刺激 Oliva & Torralba(2001)のデータベースより自然画像を各基本レベルから114枚ずつ選択した(Figure 1)。そのうち各カテゴリから6枚ずつが練習でのみ用いられた。上位レベルであるMan-madeを構成するカテゴリとして、実験1ではHighwayとCity Center、実験2ではStreetとCity Centerを用いた。一方で、Naturalを構成するカテゴリは両実験ともにCoastとMountainで固定した。画像は256階調のグレイスケールに変換後、平均輝度とRMSコントラストの平均化が行われた。

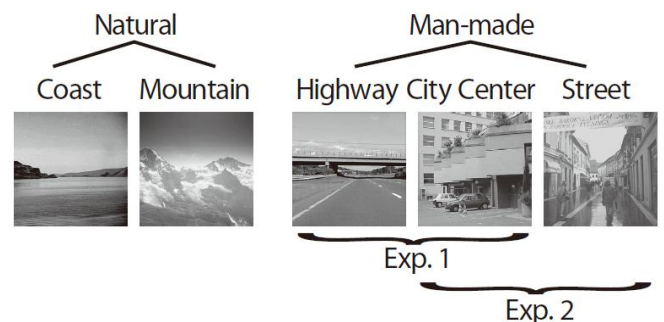


Figure 1. Examples of the stimuli. Highway images were used only in Experiment 1, while Street images in Experiment 2.

手続き 協力者は、注視点を800ms注視した後に、瞬間呈示(40ms)された画像が事前にキューとして指定されたカテゴリに属していた場合、できるだけ早く、正確にキー押しで回答することを求められた。回答に

は2000msの時間的制約があり、この間に協力者がキーを押さなかった場合は指定されたカテゴリに属しないと判断したものとみなされた。キューは上位レベルの2つと基本レベルの4つ、計6つが用意された。上位レベルがキューとなった際は、キューに該当しない基本レベルカテゴリから均等にディストラクタ刺激が選択された。一方、基本レベルがキューとなった際は、キューと上位レベルを共有する/しない他の基本レベルカテゴリが1つずつ選ばれ、そこから均等にディストラクタ刺激が選択された。回答後、注視点が再び呈示され、以降同じ手続きが繰り返された。1ブロックは36試行であり、キューごとに2ブロック連続、計12ブロックが行われた。キューは各ブロックの始めにのみ呈示された。

結果

実験1においては、先行研究で指摘されていた上位レベルの優位性、すなわち"Natural"や"Man-made"の判断が基本レベルでの判断よりも早く、あるいは正確に為されるような結果は認められなかった(Figure 2)。ある上位レベルとそれに従属する基本レベル、つまり"Natural"と"Coast", "Natural"と"Mountain", "Man-made"と"Highway", "Man-made"と"City Center"の計4組に対してWilcoxonの符号付き順位検定を行ったところ、どの組においても感度(A'), 平均反応時間ともに有意差はみられなかった(Holm法により有意水準を調整、全体の水準は.05)。また、全協力者をプールした反応時間の分布を10msごとのビンで区切り、ヒット数がフォールスアラーム数を初めて有意に上回るビンを最小反応時間と定義した上で、その値を検討したところ、上位レベルの反応は基本レベルの反応より0~30ms遅いという結果が得られた。

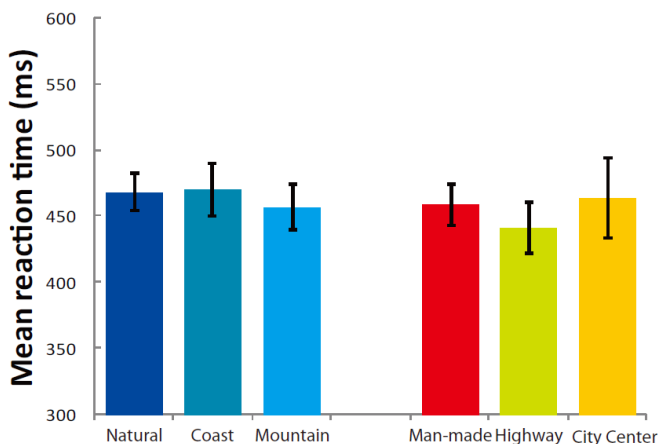


Figure 2. Mean reaction times in Experiment 1.

実験2においては、上位レベルの判断は基本レベルに対し有意に早く、正確に為された(Figure 3)。実験1と同様に4組の比較対に対して検定を行ったところ、"Natural"と"Mountain"の間を除き、どの組においても感度、平均反応時間ともに有意差がみられた。"Natural"と"Mountain"の組では、感度では有意差は見

られなかったものの、平均反応時間は"Natural"条件の方が早かった。また、最小反応時間を求めたところ、上位レベルの反応は基本レベルの反応より0~60ms早いという結果が得られた。

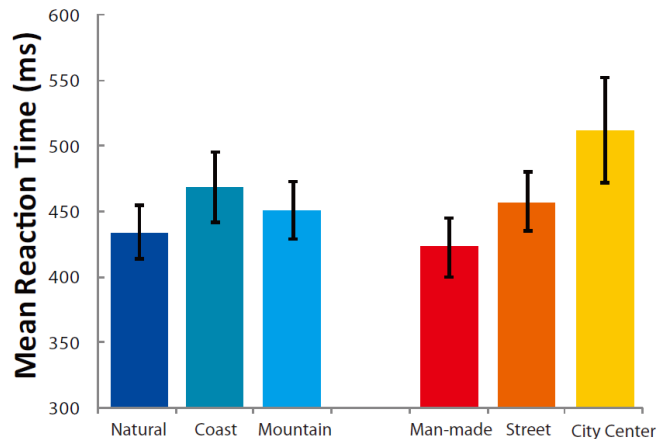


Figure 3. Mean reaction times in Experiment 2.

考察

2つの実験から、NaturalやMan-madeという上位レベルは、より下位の基本レベルよりも常に早く、正確に判断されるものではないことが分かった。このことは、シーンのカテゴリ認識が必ずしも上位レベルから、続けて基本レベルへと段階的に達成されていくものではないことを示唆している。むしろ、本研究の結果はカテゴリ間の類似性構造をもとに解釈するのが妥当と思われる。Murphy & Brownell(1985)は、最も早く判断されるカテゴリレベルはカテゴリ間の非類似性とカテゴリ内の類似性のトレードオフによって決まることを示している。実験1と実験2の結果の違いは、この類似性構造を操作することで、トレードオフが最適化されるレベルが変動したことによるものと解釈できる。

引用文献

- Joubert, O. R., Rousselet, G. A., Fize, D., & Fabre-Thorpe, M. 2007 Processing scene context: Fast categorization and object interference. *Vision Research*, 47, 3286-3297.
- Loschky, L. C., & Larson, A. M. 2008 Localized information is necessary for scene categorization, including the Natural/Man-made distinction. *Journal of Vision*, 8(1):4, 1-9
- Murphy, G. L., & Brownell, H. H. 1985 Category differentiation in object recognition: Typicality constraints on the basic category advantage. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11, 70-84.
- Oliva, A., & Torralba, A. 2001 Modeling the shape of the scene: A holistic representation of the spatial envelope. *International Journal of Computer Vision*, 42, 145-175.

日常物体の偶然的見えとは何か

新美 亮輔
横澤一彦

独立行政法人理化学研究所 脳科学総合研究センター
東京大学大学院人文社会系研究科

When familiar objects are presented in cardinal orientations such as front and top, the efficiency of visual object recognition is often reduced. Those particular views are called accidental views. It has been shown that the foreshortening of elongation axis of objects is the primary origin of accidental view, but involvements of other possible factors are not tested empirically. Through object recognition experiments, we found that symmetry and familiarity also contributed to the worse recognition in accidental views, whereas front-back axes of objects showed virtually no effect.

Keywords: accidental view, object recognition, vision.

問題・目的

同じ物体でもそれを観察する方向によってヒトの視覚物体認知の特性が変化する（視点依存性）ことはよく知られている（Humphrey & Jolicoeur, 1993; Niimi & Yokosawa, 2008）。日常的によく見かけ、容易に認知されるような日常物体でも、ある限られた方向ではその認知が非常に難しくなる。そのような方向での物体像は偶然的見え (accidental view) と呼ばれ、正面や真上といった「軸に沿った」方向であることが多い。例えばBiederman (1987) は、ミキサーを真上から捉えた写真を偶然的見えとして示している。

では、偶然的見えはどのようにして決まるのだろうか。経験的によく知られている要因は、物体の長軸の圧縮 (foreshortening of elongation axis) である。例えば馬は前後に細長い形状をしているので前後軸が長軸であり、正面からの見えではこの長軸が圧縮されている。長軸は物体中心参照枠に基づいた物体表象の形成に用いられるため、長軸が圧縮されていて把握しづらい見えは物体認知が困難になると考えられている。

しかし、長軸以外にも偶然的見えの要因となるものがあるのではないだろうか。動物や乗物など多くの日常物体において、長軸は物体の前後軸や対称軸とも一致している。日常物体は前後に細長く、左右対称であることが多いからだ。従って、長軸が圧縮された偶然的見えは、同時に前後軸や対称軸が圧縮された見えでもある。日常物体に関しては前後方向の知識が生態学的に重要だから、その物体表象は前後軸に基づいた参照枠によって形成されているという可能性はありそうである。また、多くの研究が対称軸は物体中心参照枠を形成する要因であると示唆している (e.g., Biederman, 1987; Pashler, 1990)。従って、これらの軸が圧縮され

ることで物体認知の困難な偶然的見えとなる可能性が指摘できる。そこで本研究では、日常物体の物体認知課題の成績が物体の前後軸や対称軸の圧縮によって変化するかを長軸圧縮の効果とは独立に検討した。

方法

正常または正常に矯正された視力を有し、日本語を母語とする21名の参加者が物体認知課題を行った。各試行ではまず、コンピュータ画面に物体名が文字で3秒間提示され、0.5秒間の空白と1秒間の注視点が続いた後、物体の画像が提示された。参加者は、この画像の物体が最初の物体名の物体であるかどうかを判断し、できるだけ早く正確にキー押して回答するよう教示された。全体の半数の試行では物体名と物体画像は同じ物体であり（一致試行）、残り半数の試行では異なる物体だった（不一致試行）。

独立変数は物体画像刺激における物体方向で、前・上・横・斜めの4条件があった (Figure 1)。多くの物体で、前や上方向は偶然的見えとなりやすく、横や斜め方向に比べて物体認知が難しくなることが知られている。従属変数は正答率と反応時間であった。

刺激には36種の日常物体を用いた。すべて左右対称な形状で、自然な前後・上下軸が明確だった。長軸圧縮の効果をできるだけ減らすため、細長い形状の物体（前後長・左右幅・上下高さのいずれかの比が1.7以上となる物体）は除外した。物体画像は市販の3Dグラフィックソフトウェアによって作成した。すべてモノクロで、およそ視角7°×7°の大きさで提示された。

結果

まず、4つの物体方向によって一致試行での物体認知課題成績が異なるかを検討した。平均反応時間・誤答率の結果 (Table 1) それぞれについて、対応のある1要因分散分析を行った結果、いずれも物体方向の主効果が有意だった (反応時間, $F(3,60) = 37.7, p < .01$; 誤答率, $F(3,60) = 9.6, p < .01$)。テューキーのHSD法による多重比較の結果、横と斜め条件の反応時間は前・上条件より有意に短かった ($p < .01$)。誤答率でも同様だった ($p < .05$)。また反応時間では、上条件と前条件の間でも有意差が見られた ($p < .01$)。



Figure 1. Examples of the object image stimuli. Shown in the four orientations tested, front, top, side and diagonal, respectively.

Table 1. Results of the object recognition experiment (object name-image matching task). The recognition efficiency was reduced with the front and top views, namely, accidental views.

	Object Orientation			
	Front	Top	Side	Diagonal
Mean RT (msec)				
Match Trial	688	765	626	627
Mismatch Trial	634	697	626	615
Mean Percent Error				
Match Trial	7.8	6.7	3.6	3.2
Mismatch Trial	2.5	4.9	2.0	2.1

次に、対称軸と長軸の効果を検討した。物体は立体であり、その形状の対称性は3次元対称性であるので、ここで対称軸として軸ではなく対称面（物体の前後軸と上下軸で張られる面）を用いた。前と上では対称面は圧縮されており（画像は対称である）、横と斜めでは対称面は非圧縮である（画像は非対称）。前・上・横方向のすべての刺激画像を、対称面（圧縮/非圧縮）×長軸（圧縮/非圧縮）の合計4条件に分類した。例えばカエル（前後軸が長軸）の上方向は、対称面圧縮・長軸非圧縮である。これら4条件について改めて平均反応時間と平均誤答率を算出し、対応のある2要因の分散分析を行った。反応時間について、対称面の効果 ($F(1,20) = 57.5, p < .01$)、長軸の効果 ($F(1,20) = 38.9, p < .01$) とともに有意だった。しかし、有意な交互作用は見られなかった ($F(1,20) = 1.36, p = .26$)。誤答率でも同様の結果だった。対称面が圧縮される方向では物体認知が難しくなり、長軸が圧縮される方向でも物体認知は難しくなることがわかった。さらに物体の前後軸と長軸の効果について同様に刺激を分類し、同様の分散分析を行った。反応時間・誤答率いづれでもやはり長軸の効果は有意だったが、前後軸の効果は有意でなかった。このことは、前方向は前後軸が圧縮されているから物体認知が難しいのではなく、長軸や対称面が圧縮されていることが多いから物体認知が難しいのだということを意味している。

考察

日常物体の偶然的見えで物体認知が困難になる要因は、物体長軸の圧縮だけではないことが明らかになった。多くの物体で前や上方向が偶然的見えとなるのは、それらの方向で物体の長軸が圧縮されるからだけではなく、対称面も圧縮されているからである。これは、多くの日常物体は左右対称である（上下対称ではない）ということと関係している。一方で、物体前後軸の効果は確認できなかった。正面が偶然的見えとなりやすいのは、単にそれが前だからではなく、多くの物体で長軸や対称面が圧縮される方向だからだと言える。本実験では刺激にあまり細長くない形状の物体だけを用いたにも関わらず有意な長軸の効果が見られたことは、長軸圧縮が物体認知に及ぼす影響が非常に強いことを示していると言えるだろう。

さて、それではなぜ対称面が圧縮されると物体認知が難しくなるのだろうか。対称面に含まれるある軸を

主軸とするような物体中心参照枠に基づいて物体表彰が形成されるのだとすると、対称面の圧縮が物体認知を困難にすると言えるかも知れない。しかし一方で、対称面の圧縮された見えは2次元画像としては対称であり、この画像の対称性の軸を手がかりに対称面を推定することも不可能ではない。対称面が圧縮された見えが偶然的見えになるのは、対称面が把握しづらいことが原因と言うよりも、むしろ物体像が2次元対称になっていることそのものが原因である可能性が指摘できよう。例えば、対称な画像は情報としては冗長であり、物体認知に役立つような情報が含まれる量が平均的に少ないのかも知れない。

最後に、長軸や対称面だけでは説明できない結果が一つだけ見られた。上方向は他のすべての方向より物体認知が難しかったのである。一致試行での上方向の反応時間は、同じく偶然的見えだと考えられる前方向よりさらに長かったし、不一致試行では上方向のみで有意に物体認知課題の成績が低下していた (Table 1)。この点については、親近性の効果だと考えることができる。すなわち、日常生活の中で一般に物体は前や横、斜め方向から観察することは比較的多いが、上方向から観察することは稀であり、そのため上方向での認知が難しいと考えられる。実際、本実験で用いた物体画像刺激に対して見えの親近性を評定する調査を行ったところ、上方向の親近性は有意に最も低く評定された。

結論

以上の結果から、日常物体の偶然的見えを規定する要因には長軸、対称面（もしくは像の対称性）、そして親近性の少なくとも3つがあることが明らかになった。長軸の効果と対称面の効果の間には交互作用が見られなかったことから、これらの要因はそれぞれ物体認知処理の異なる側面に影響していることが示唆される。偶然的見えや物体認知の視点依存性は単一の理論で説明できるものではなく、複数の現象が組み合わせられた複合体だと言えるのではないだろうか。

引用文献

- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: a theory of human image understanding. *Psychological Review*, **94**, 115-147.
- Humphrey, G. K., & Jolicoeur, P. (1993). An examination of the effects of axis foreshortening, monocular depth cues, and visual field of object identification. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **46A**, 137-159.
- Niimi, R., & Yokosawa, K. (2008). Determining the orientation of depth-rotated familiar objects. *Psychonomic Bulletin & Review*, **15**, 208-214.
- Pashler, H. (1990). Coordinate frame for symmetry detection and object recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **16**, 150-163.

線画を用いた視覚探索課題におけるカテゴリに基づく抑制 — 先行提示効果・負の持ち越しの検証 —

正田 真利恵
永井 淳一

お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科
人間発達科学専攻心理学コース
聖心女子大学文学部教育学科心理学専攻

marieshoda@gmail.com

視覚探索において半数の妨害刺激を先行提示し、目標刺激を含む残りの刺激を追加提示することにより探索が容易になることが知られている（先行提示効果: Watson & Humphreys, 1997）。Braithwaite, Humphreys, & Hodson (2003) は先行刺激の多数群と目標刺激の特徴が一致している場合に、一致していない場合に比べ探索が非効率的になることを発見した（負の持ち越し）。そして先行刺激の特徴に対し抑制が生じているのではないかと述べた。本研究では日常物体の線画を刺激とした場合に先行刺激のカテゴリに対し抑制が生じ、先行提示効果が生じるという仮説を負の持ち越しパラダイムを用いて検証した。実験の結果、仮説が支持され先行刺激のカテゴリに対し抑制が生じることが示された。

Keywords: negative carry over, preview effect, semantic category, visual search

問題・目的

視覚探索課題において、通常は探索が困難となる刺激を用いても、半数の妨害刺激を先行提示し、目標刺激を含む残り半数の刺激を追加提示することにより、探索が容易になる現象（先行提示効果）が知られている。Watson & Humphreys (1997) は、このように刺激を継時提示する先行提示条件に加え、先行提示条件における最終的な探索画面が注視点の直後に提示される全要素条件、後続刺激のみが提示される半要素条件をベース条件として設け、比較した。その結果、全要素条件に比べ、先行提示条件において有意に課題が容易になった。また、先行提示条件と半要素条件における目標刺激の探索が同程度に効率的であったことから、先行刺激が完全に抑制されていたことが示された。彼らは、先行提示効果の生起要因として、先行刺激の提示位置に対する抑制（視覚的印づけ）を主張した。

これに対して、Braithwaite et al. (2003) は、先行刺激の位置に対する抑制だけではなく、先行刺激の刺激特徴に対する抑制が、先行提示効果の生起には重要であると主張した。彼らは、先行刺激の大半の色が目標刺激の色と同じである場合に、先行刺激の刺激特徴に対する抑制が後続の目標刺激に転移し、先行提示効果が弱まるという現象（負の持ち越し）を報告した。

本研究では、先行刺激の個々の刺激特徴に基づく抑制ではなく、先行刺激のカテゴリに基づき抑制が生じるか検証することを目的とした。第一に、日常物体の線画を用いても先行提示効果が生じる、第二に、先行刺激と目標刺激のカテゴリが一致している場合には、前者に対する抑制が後者に転移し、カテゴリに基づく負の持ち越しが生じるという仮説を立て、検証した。

実験

後続刺激に複数のカテゴリに属する日常物体の線画を提示し、先行提示効果およびカテゴリに基づく負の持ち越しが生じるかを検証した。刺激は Snodgrass & Vanderwert (1980) から選出した。

方法

先行提示条件の設定は次の通りであった。先行刺激のカテゴリ（家具・動物）は実験間で設定した。後続刺激には家具と動物を半数ずつ提示し、目標刺激のカテゴリは肯定試行の半数は家具、残りは動物とした。実験の設定上、先行刺激と同カテゴリの刺激が全体の75%を占めた。

課題 目標刺激の有無をキー押しで判断させた。

手続き Figure 1 に先行提示条件の例を示す。先行提示条件では注視点（1500ms）に続き、半数の妨害刺激が1000ms提示された後、目標刺激を含む残りの刺激が追加提示された。全要素条件では先行提示条件の最終的な探索画面が注視点の直後に提示された。

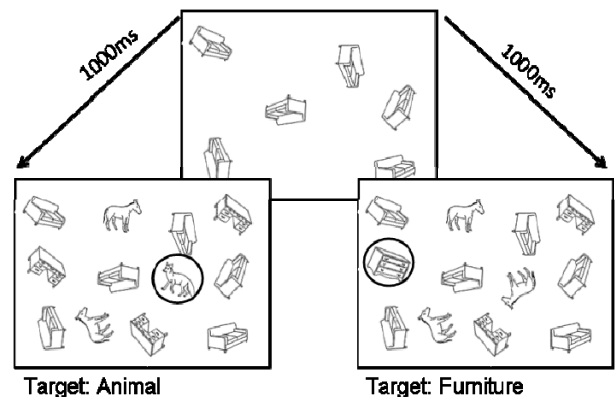


Figure 1. Examples of stimuli in preview condition

実験計画 先行刺激のカテゴリ（家具・動物）× 目標刺激のカテゴリ（少数群・多数群）× 提示条件（全要素・先行提示）× 目標刺激の有無 × 刺激数（12・16・20）の5要因混合計画であった。先行刺激のカテゴリと提示条件をブロック間要因とした。

結果

先行提示効果の検証では目標刺激のカテゴリと目標刺激の有無を目標刺激の種類という1要因に集約した。

反応時間に関して先行刺激のカテゴリ×提示条件×目標刺激の種類（肯定（少数群・多数群）・否定）×刺激数の4要因分散分析を行った。Figure 2 に目標刺激の種類を込みにして結果を示した。

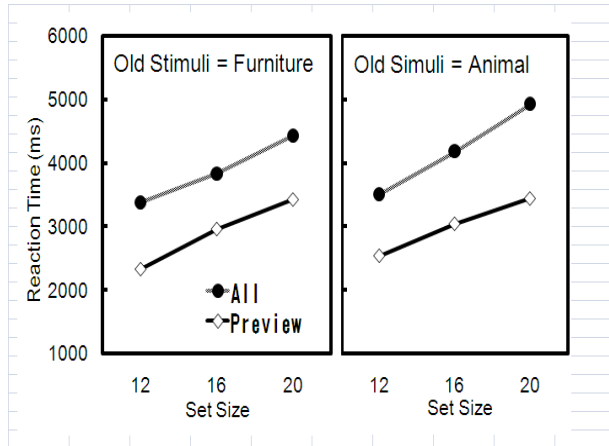


Figure 2. Reaction times (ms) of all and preview conditions

先行刺激のカテゴリを除くすべての主効果が有意になった ($F(2, 48) = 91.40, p < .01$; $F(1, 24) = 22.83, p < .01$; $F(2, 48) = 164.38, p < .01$)。提示条件の主効果が有意になったことから、全要素条件に比べ先行提示条件において反応時間が短縮したことが示された。

また、提示条件、先行刺激のカテゴリ、目標刺激の種類の3要因交互作用 ($F(2, 48) = 28.24, p < .01$) が有意になった。これは、全要素条件の否定試行で家具が多数の場合に反応が遅延したことを示唆し、カテゴリに基づく分割探索が行われていたと推察される。

次にカテゴリに基づく負の持ち越しが生じたのかを検証するために、目標刺激のカテゴリに関して先行提示条件の肯定試行の反応時間を比較した (Figure 3)。

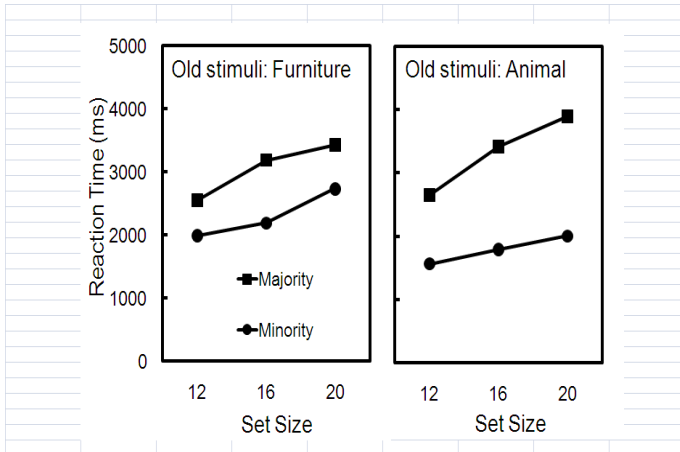


Figure 3. Reaction times (ms) of preview condition

先行刺激が家具であるか動物であるかに関わらず、目標刺激が少数群に属する場合に比べ、目標刺激が多数群に属する場合に探索時間が有意に遅延した ($F(1, 6) = 8.72, p < .05$; $F(1, 6) = 24.84, p < .01$)。

考察

本研究の仮説は、第一に、日常物体の線画を用いても先行提示効果が生じる、第二に、先行刺激のカテゴリに対する抑制が後続刺激に転移し、カテゴリに基づく負の持ち越しが生じる、というものであった。

全要素条件と先行提示条件の比較において、先行提示条件の反応時間が有意に減少した。したがって第一の仮説は支持された。

先行提示条件の肯定試行の反応時間を目標刺激のカテゴリに関して比較したところ、目標刺激のカテゴリが先行刺激のカテゴリと一致している場合に、有意に反応が遅延した。それゆえ、先行刺激のカテゴリに対する抑制が示唆され、第二の仮説も支持された。

また、全要素条件の否定試行で多数群が家具の場合に有意に反応時間が増加したことから、カテゴリに基づく分割探索が生じていたと推察された。

楽器や人体の一部といった特殊な刺激を除けば、人工物よりも生物刺激は形状の類似性が高いことが報告されている (Laws, Gale, Frank, & Davey, 2002)。本研究においても形状の類似性に基づき刺激のカテゴリ化が生じ、分割探索が行われていたと推察される。

先行刺激の特徴に基づく刺激の群化は負の持ち越しの生起の必要条件である (Braithwaite, Humphreys, Hulleman, & Watson, 2007)。今後の課題はカテゴリに基づく負の持ち越しが、刺激形状の類似性に基づく群化による自動的な処理に起因して生じるのか、先行刺激に対する抑制の目標刺激への転移によって生じるのかを検証することである。

引用文献

- Braithwaite, J. J., Humphreys, G. W., & Hodsoll, J. (2003). Color grouping in space and time: Evidence from negative color-based carryover effects in preview search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*, 758-778.
- Braithwaite, J. J., Humphreys, G. W., Hulleman, J. J., & Watson, D. G. (2007). Fast color grouping and slow color inhibition: Evidence for distinct temporal windows for separate processes in preview search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *33*, 503-517.
- Laws, K.R., Gale, T. M., Frank, R., & Davey, N. (2002). Visual similarity is greater for line drawings of nonliving than living things: The importance of musical instruments and body parts. *Brain and Cognition*, *48*, 421-424.
- Snodgrass, J. G., & Vanderwert, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *6*, 174-215.
- Watson, D. G., & Humphreys, G. W. (1997). Visual marking: Prioritizing of new objects by top-down attentional inhibition of old objects. *Psychological Review*, *104*, 90-122.

サル下側頭葉視覚連合野の機能構造と物体像の表現

谷藤 学

理化学研究所・脳科学総合研究センター
脳統合機能研究チーム

Keywords: object representation, inferior temporal cortex, TE, brain functional imaging .

はじめに

サル下側頭葉視覚連合野（ここでは中でも特にTE野に着目しているので、以下TE野と表記）は視覚的に物体像を認識するために本質的な役割を担っていると考えられている。物体像の認識にこの領域がどのように関わっているのかを明らかにするために、私達はTE野の機能構造と物体像の表現を研究してきた。

TE野のカラム構造

機能構造についてはカラム構造があるかどうかが一つの話題である。カラムは同じ反応特性を持った細胞の集団（細胞数にしておよそ1万-10万個）で、大脳皮質の表面から白質に伸びる柱状の構造をしているのでカラム（円柱）と呼ばれる。HubelとWieselが第一次視覚野においてこのようなカラム構造を見出して以来、カラム構造は大脳皮質の基本的な構造基盤と考えられてきた。カラムが話題になっている一つの理由は、fMRIなどの機能イメージング技術によって可視化できる最小単位がカラム程度であることにある。

さて、TE野の細胞は一般に物体像によく反応するが、それは物体像そのものに反応しているというより、その物体像に含まれる比較的単純な図形特徴に対する応答を反映している。藤田、田中らはこのような図形特徴がカラム状の領域に含まれる細胞について共通していることから、カラム構造があると提案した。しかし、一方でそのようなカラム状の領域の中のあると考えられる隣接する細胞でも、よく応答する物体像がまったく異なるケースがしばしばある。つまり、視覚刺激が単純な図形特徴か物体像かに依存するのである。そういう意味で、TE野におけるカラム構造は確立されていなかった。私達は、物体像に対する応答を隣接する細胞について詳細に検討し、カラム状の領域に含まれる細胞が、その領域の細胞に共通な反応特性と個々の細胞に固有の反応特性の両方を持っていることを明らかにした。このカラム状の領域に共通する性質は、おそらく以前の研究で示された単純な図形特徴に相当し、カラムがTE野にあるという推測は誤りではなかった。物体像認識の問題を考える上で重要な点（で、かつ、新たな研究が必要となる点）は、カラムとしてある図形特徴を表現できると同時に、カラムの中の個々の細胞は物体像に対して違った風に応答できるという異なるレベルの物体像表現がありうるということにある。

複数のカラムを含む機能ドメイン

さて、脳機能のイメージング技術の一つに電位感受性色素によるイメージング法がある。この方法は神経細胞を特殊な色素（電位感受性色素）で染色することにより、視覚刺激が誘発するシナプス電位の空間的な分布を可視化する技術である。この技術を使って、TE野に視覚刺激（物体像）によって誘発されるシナプス電位の空間分布をみると、複数のカラムを含む広い領域に及ぶことを私達は見出した（Honma, Soc. Neurosci. Abstr. 2003）。シナプス電位は、細胞に対する入力である（いわゆる神経細胞の応答—例えば前節の物体像に対する応答—という場合には細胞の活動電位の頻度を指し、それは細胞の出力に相当する）から、異なるカラムの細胞が同じシナプス入力を受けるということは、異なるカラムの反応性の間に何らかの共通性があることになるのではないだろうか？しかも、シナプス電位の分布は刺激によって異なるのである。これらのことから、カラムを超える大きなサイズの「刺激に依存した領域（機能ドメイン）」が実はあって、それをこれまで見落としていたのではないかと私達は考えた。こうした考えの下に、私達は広い範囲の神経細胞の物体像に対する応答を記録し、（1）物体像に対する反応性の類似度に沿って細胞がTE野の広い範囲に配列されていること、また、（2）その類似度からカラムより大きなサイズの機能ドメインを作っていることを明らかにした。面白いことに、それぞれの機能ドメインの物体像に対する最適応答をみると、「顔」のドメインや「身体の姿・形」のドメインのような機能ドメインがあることが分かった。これらの機能ドメインが意味的なカテゴリーを反映しているのか、あるいは、意味的なカテゴリーがたまたま視覚的な類似性を持つために機能的なドメインを構成しているのかはまだ分からないが、物体像の認識の機構を考える上で重要であるに違いない。

これら2つの研究から、TE野の機能構造は、細胞、カラム、機能ドメインという階層性を持つと考えられる。

視覚的に提示された物体像はTE野にどのように表現されているか？

視覚的に提示された物体像のTE野上での表現を調べる方法に内因性信号による神経活動のイメージング法がある。

内因性信号は、神経活動の起こった部位で、血液中の酸化・脱酸化ヘモグロビンの濃度の割合が変化する、あるいは、局所的な充血が起こるなどによって起こる光の吸収変化をさし、露出した脳表面の明るさの変化（吸収の増減）を測ることで神経活動の部位を可視化することができる。この方法ではもちろん単一細胞レベルの活動を捉えることはできない。しかし、カラムレベルの集団の活動を捉えるのに優れた方法である。

私達はこの内因性信号のイメージング法と可視化されたスポット（活動スポット；その大きさからカラムに対応すると考えられる）に金属微小電極を刺入して細胞の活動を直接記録する方法を組み合わせることによって、（1）物体像はスポット状の活動の組み合わせとして表現されていて、（2）それぞれのスポットは物体像の持つ図形特徴を表わしていること、（3）それらの図形特徴には、物体像の局所的な特徴ばかりでなく、局所的な特徴の空間的な位置関係を表現するものがあること、を明らかにした。このような研究から、物体像のイメージはTE野においてカラムの組み合わせとして分散的に表現されていることが示唆された。

機能構造と物体像の表現

fMRIを使ったヒトの研究をみると、下側頭葉視覚連合野には顔に選択的に応答する領域(FFA)など、特定のカテゴリーに選択的な活動を示す領域がある。fMRIによるカテゴリーの局所表現と物体像のカラムの組み合わせによる物体像の分散的な表現は矛盾しないのだろうか？

まず、通常MRIにはカラムレベルの空間分解能はないことを考えると、カテゴリーに選択的な領域があるということは、必ずしもその領域に含まれるすべての細胞がそのカテゴリーの表現について同じ性質を持つことを意味しない。その領域の中でのカラムの組み合わせの活動パターンを空間フィルターを通してみているのかもしれない。次に、（2）に述べたような機

能ドメインがあることを考慮すると、一つの物体像の様々な図形特徴を表現するカラムはTE野の中にランダムに分布しているのではなくて、カテゴリーに依存したカラムの分布の偏りがあることを示唆する。そう考えると、fMRIによる局所表現と光学計測による分散表現は矛盾しない。例えば、「顔」を提示すると、TE野のいろいろな場所のカラムを活動させるが、その割合は顔に関連した機能ドメインに多く、「身体の姿」を提示すると、同じようにTE野の様々な部位の活動が引き起こされるが、その割合は、身体の姿・形のドメインに多いだろう。fMRIは低分解能なので、この均一でない活動カラムの分布の偏りが、カテゴリー選択的な局所的な活動としてみえていて考えることができる。

残された諸問題

以上、下側頭葉視覚連合野の機能構造と物体像の表現の問題について述べてきたが、残された問題はいろいろある：

a. 物体像の表現は階層的であると述べた。異なる階層による表現は同関係しているのだろうか？例えば、細胞の活動の組み合わせによる物体像の表現とカラムの組み合わせによる表現はどのように使い分けられているのだろうか？

b. TE野で表現されているのは意味的カテゴリーなのか、視覚特徴によるカテゴリーなのか？これに関連して、意味的なカテゴリーは視覚特徴によるカテゴリーと一致するのか？

c. 物体像がカラムの組み合わせとして分散的に表現されているとすると、特定の物体像に関係するカラム群をひとくくりにするメカニズムは何か（バインディング問題）？一つの考え方は分散的に表現されたものをわざわざバインドする必要はないという考え方である。そうであるとしても複数の物体像が同時に提示されているとき、それぞれのカラムがどの物体像に属するのかを判断するメカニズムは必要だ。

d. bと関連して、意識や注意の機構は、この物体像の表現にどのように関わっているのだろうか？

高い負荷がかけられた半球はディストラクターを排除できる

西村 律子

愛知淑徳大学コミュニケーション研究科 / 日本学術振興会

蔵富 恵

愛知淑徳大学コミュニケーション学部

吉崎 一人

愛知淑徳大学コミュニケーション学部

Nishimura & Yoshizaki (2008; A&C) showed that compatibility effects appeared only when a distractor was projected on the hemisphere which is burdened with the lower perceptual load. This study aimed to rule out the alternative explanation that the compatibility effects were modulated by the effect of crowding on the saliency of the distractor. Right-handed 20 participants were asked to identify a target letter among 8 task-relevant stimuli (a target letter, 4 nontarget letters, and 3 noises), while ignoring a distractor letter presented in the periphery. These 8 stimuli were divided into two 4 stimuli arrays, which were presented in each visual-field (left-VF and right-VF). The VF where a task-relevant letter and 3 noises were presented indicated the low-loaded VF. The VF where remaining 4 task-relevant stimuli were presented indicated the high-loaded VF. We manipulated the compatibility between a target letter and a distractor letter (compatible / incompatible). In the low-loaded VF condition, a distractor was presented in the low-loaded VF. By contrast, in the high-loaded VF condition, the distractor was presented in the high-loaded VF. We focused on the magnitude of the compatibility effects between the two distractor VF conditions. Results were line with Nishimura & Yoshizaki (2008; A&C), that is, no compatibility effects was obtained in the high-loaded VF condition. These findings suggested that the distractor was effectively ignored when it was projected on the high-loaded hemisphere.

Keywords: laterality, selective attention, attentional resources, compatibility effects.

問題・目的

Lavie (2005)は、ディストラクターに対する選択的注意は、課題関連刺激の知覚的負荷に依存して初期選択的にも後期選択的にも変動することを主張した（知覚的負荷理論）。課題が低負荷の場合、課題関連刺激は僅かな処理資源で処理が可能のため、残された処理資源がディストラクターに配分され、十分意味処理される。一方、課題が高負荷である場合、課題関連刺激は多くの処理資源を消費するので、ディストラクターには多くの処理資源が配分されず十分意味処理されない。これまでのLavieらの研究では処理資源の多次元性は仮定されていない。しかし、ラテラリティ研究のみならず他の認知神経心理学的検討においても、左右それぞれの半球で独立した処理資源の存在が指摘されている（Alvarez & Cavanagh, 2005; Delvenne, 2005; Friedman & Polson, 1981; Pollman, Zaidel, & von Cramon, 2003; Torralbo & Beck, 2008）。

そこで、西村・吉崎（2008）は左右各半球が分割された処理資源を保持することを前提とし、知覚的負荷理論を再考することによってディストラクターに対する選択的注意の変動が、刺激画面全体の知覚的負荷だけでは説明できない事態を提案した。彼らはフランカー課題を使用し、各半球に異なる個数の課題関連刺激を投入することによって、各半球に課せられる知覚的負荷の高低を操作した。その上で、ディストラクターを低負荷半球に投入する事態と、高負荷半球に投入する事態を設定し、両条件で適合性効果量に差が生じるかを検討した。各半球の独立した処理資源を前提とすれば、低負荷半球では処理資源が多く余り、高負荷半球では処理資源が僅かしか残されない。したがって、ディストラクターが低負荷半球に投入される（低負荷

視野）条件では処理資源が多く配分されるため、意味処理が進み適合性効果量が多くなり、一方、ディストラクターが高負荷半球に投入される（高負荷視野）条件では処理資源が多く配分されないため、低負荷半球に投入される事態に比べ課題関連刺激の意味処理は進まず適合性効果量も減少すると考えられた。

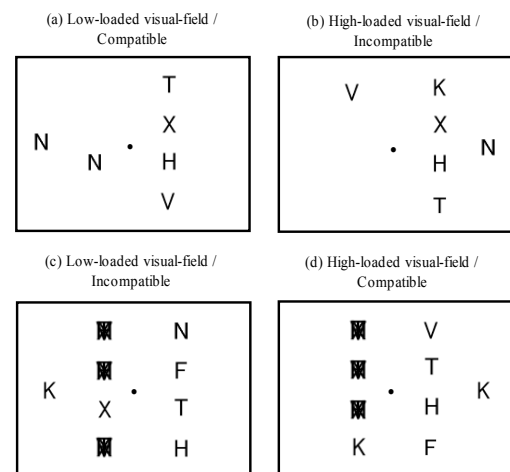


Figure 1. Examples of stimulus displays. Top panels (a & b) indicated the displays used in Nishimura & Yoshizaki (2008), and bottom panels (c & d) showed the displays used in the present study. 課題はターゲット（N/K）を5文字の課題関連刺激の中から探索し同定することであった。課題関連刺激は1文字と4文字に分けて両視野に呈示された（Fig. 1 ab）。課題関連刺激が1文字だけ呈示される視野（半球）は低負荷視野であり、その対側視野は課題関連刺激が4文字呈示され、高負荷視野（半球）とされた。操作されたのは、ターゲットとディストラクターの適合性（一致/不一致）とディストラクターが呈示され

る視野（低負荷視野/高負荷視野）であった。結果は仮説を支持し、適合性効果は低負荷視野条件でのみ認められ（35 ms）、高負荷視野条件では認められなかった（0 ms）。この実験では、刺激画面全体の知覚的負荷（課題関連刺激文字数）が条件間で一定であったため、得られた適合性効果量の変動は、ディストラクターに対する選択的注意が、投入された半球の知覚的負荷に応じて変動したと解釈された。

しかし、西村・吉崎（2008）の結果はディストラクターの顕著性に関する別の解釈も残している。ディストラクターに対する課題関連刺激のクラウディング効果を考慮すると、低負荷視野呈示条件に比べ高負荷視野呈示条件において、ディストラクターの顕著性が低下していた可能性が指摘できる。またLavie and de Fockert（2003）は、顕著性の高いディストラクターは注意を捕捉するので適合性効果量を増大させると指摘している。以上を考慮すれば、西村・吉崎（2008）でディストラクターが高負荷視野に呈示された条件で適合性効果が消失したことは、高負荷半球におけるディストラクターに残された処理資源の多寡だけではなく、ディストラクターの顕著性の低下によっても説明可能である。そこで本研究は西村・吉崎（2008）で得られた結果に対するディストラクターの顕著性の効果を検討することを目的とする。低負荷視野と高負荷視野で刺激数を同じにするために、課題関連刺激のうちターゲットでないアルファベットを全て重ねて作成した刺激をノイズ刺激として、低負荷視野に呈示した（Fig. 1cd）。つまり、本実験では低負荷視野も高負荷視野も共に4個ずつ課題関連刺激が呈示され、ディストラクターの顕著性の程度が変化しないような刺激画面を設定した。今回の結果が西村・吉崎（2008）と同様であれば、これまでの結果が顕著性によるものではなく、ディストラクターが投入された半球の知覚的負荷の多寡によるものと示唆される。

方法

実験参加者 20名（男性10名）の右手利きの学生。
要因計画 ディストラクターの呈示視野（低負荷視野/高負荷視野）×ターゲットとディストラクターの適合性（一致/不一致）の2要因実験参加者内計画。
刺激 ターゲットとディストラクターは“N”、“K”。“X”、“T”、“H”、“V”をターゲット以外の課題関連刺激として使用。ターゲット以外の課題関連刺激を重ねて作成した刺激をノイズ刺激として使用。刺激は黒色で画面背景は白色。課題関連刺激5個、ノイズ刺激3個、ディストラクター1個が同時に呈示。「低負荷視野」は、課題関連刺激1個とノイズ刺激3個が呈示され、「高負荷視野」とした。文字列内の課題関連刺激およびノイズの位置はランダム。課題関連刺激は画面中心の凝視点を通る垂直子午線から左右水平方向に2.1°離して垂直に配列。文字列内の文字間隔は1.0°。ディストラクターは画面中央から水平方向4.1°左あるいは右に配置。低負荷視野にディストラクターが呈示される低負荷視野条件と、高負荷視野に呈示される高負荷視野条件が設定された（Fig. 1cd）。
手続き 1試行はチ

ヤム音とともに画面中央に凝視点が800 ms間呈示、次に課題関連刺激5個とノイズ3個、ディストラクター1個が100 ms間同時に呈示。刺激が呈示されている間、凝視点は常に呈示された。課題は、左あるいは右視野に呈示される文字列の中に1つだけ含まれるターゲット文字が“N”か“K”かできるだけ速く、できるだけ正確に判断することであった。課題関連刺激の周辺に呈示される文字は無視するように強く求められた。48試行からなるブロックを11回実施し、最初のブロックは練習試行であり本試行は合計480試行であった。

結果と考察

正答に要した反応時間を使用し、ディストラクターの呈示視野×適合性の分散分析を行ったところ、交互作用が認められ（ $F(1, 19) = 10.62, p < .01, \eta_p^2 = .36$ ）、ディストラクターが低負荷視野に呈示される条件で適合性効果が認められ（29 ms）、高負荷視野に呈示される条件では認められなかった（2 ms）（Fig. 2）。

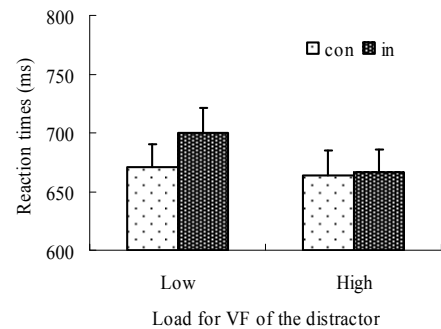


Figure 2. The mean reaction times (ms) in each experimental conditions. Bars indicate standard errors of the mean.

結果は西村・吉崎（2008）と同様であり、ディストラクターは高負荷半球に投入される事態では初期選択的に排除されることが示唆された。さらに、本実験では条件間でディストラクターの顕著性は同程度であったと考えられるため、適合性効果量の条件間での変動は、ディストラクターが投入される半球の知覚的負荷に依存した処理資源量の多寡の反映だと示唆された。

引用文献

- Alvarez, G. A., & Cavanagh, P. (2005). *Psychological Science*, 16, 637-643.
- Delvenne, J. F. (2005). *Cognition*, 96, B79-B88.
- Friedman, A., & Polson, M. C. (1981). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 7, 1031-1058.
- Lavie, N. (2005). *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 75-82.
- Lavie, N., & deFockert, J. W. (2003). *Perception & Psychophysics*, 65, 202-212.
- 西村律子・吉崎一人 (2008). 注意と認知研究会
- Pollman, S., Zaidel, E., & von Cramon, D. Y. (2003). *Experimental Brain Research*, 221, 322-333.
- Torralbo, A., & Beck, D. M. (2008). *Psychological Science*, 19, 1045-1050.

視覚探索における偏心度効果とその特性

白間 綾

お茶の水女子大学大学院人間文化研究科, 日本学術振興会 shirama@jcom.home.ne.jp

石口 彰

お茶の水女子大学文教育学部人間社会科学科

In visual search, It is termed an eccentricity effect that detection of both feature and conjunction targets becomes less efficient with increasing eccentricity. Because the eccentricity effect were neutralized by compensating for the loss of visual acuity in peripheral vision (M-scaling), Carrasco & Frieder (1997) assumed that visual factors like spatial resolution are the major determinant of the eccentricity effect. In contrast, Wolfe, O'Neill, & Bennet (1998) pointed out that the eccentricity effect represents a foveal bias in the allocation of attention. Lately, new aspects of the effect emerged by the method which presents the maximum size stimulus in M-scaling across all eccentric positions (D-scaling). In easy search, observers could discriminate a target efficiently under the M and D-scaled conditions. In hard search, M-scaling yielded an inaccurate performance regardless of eccentricity. However, the eccentricity effect appeared again in D-scaling. How should we explain these phenomena by using conventional models of visual attention?

Keywords: eccentricity effect, visual search, spatial resolution gradient, visual sampling

問題・目的

ターゲットが提示される偏心度の増加に伴い、視覚探索効率が低下する現象は、偏心度効果とよばれる。偏心度効果は直線から斜線を探す特徴探索や、これに色の弁別を追加した結合探索でみられる。偏心度効果研究では、眼球運動の影響を抑制するため、刺激を短時間提示(200ms未満)する手法をとる。このような瞬間視はサッカード間の注視に近似している。そのため偏心度効果研究は、一回の注視中にどのような情報がサンプリングされるかを明らかにする試みといえる。

これまで偏心度効果は視野の空間解像度勾配(空間解像度が高偏心度ほど低下する視野構造)を考慮した刺激サイズの調整(M-scaling, Rovamo&Virsu, 1979)によって緩和できるため(Carrasco&Frieder, 1979)、高偏心度の空間解像度の低下が決定因と捉えられてきた(空間解像度劣化説)。これに対しWolfe, O'Neill, & Bennett (1998)は、偏心度効果の注意バイアス説を主張した。注意バイアス説はセットサイズが1の場合や、刺激が同偏心度に提示されると偏心度効果が現れないことを論拠とする。

白間・石口(心理学研究, 印刷中)は、これらの仮説の妥当性を①空間解像度の適切性, ②ターゲットの弁別性, の観点から再検討した。以降ではこの研究で新たに明らかになった偏心度効果の特性を紹介し、従来の注意モデルとの対応を検討する。

基本的な方法

課題は瞬間提示(180ms)された四角形の刺激群から欠損部分のある四角形をターゲットとして探索するものだった(実験2の課題ではターゲットとデストラクターを逆転した)。観察者はターゲットの有無をイエス・ノーで判断し、判断までの反応時間と反応カテゴリーを記録した。セットサイズは2, 8, 14の3通りで、観察者が図形の一部に注目するのを防ぐため、ランダムに選択した刺激を180°回転し提示した。刺激は6×6の仮想格子の交点に配置し、格子の中央部を固視点

とした。刺激提示位置は、固視点からの偏心度で3.4°, 7.6°, 10.2°, 12.2°, 14.0°, 17.0°の6水準だった。ターゲットは各偏心度に等確率で出現し、デストラクターはそれ以外の場所にランダムに配置した。そして視野の空間解像度勾配が視覚探索に及ぼす影響を調べるため、以下の3つの刺激サイズ調整条件を用いた。

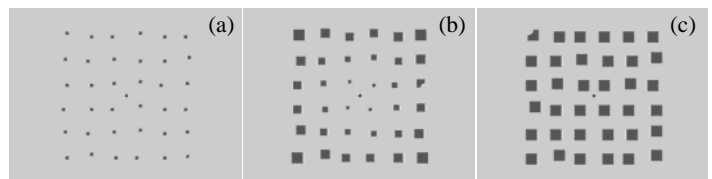


Figure 1. Examples of target-present displays under the unscaled (a), M-scaled (b), D-scaled (c), and B-scaled conditions.

非調整では、偏心度横断的に一辺が0.56°の刺激を提示した。次にM調整では、Rovamo&Virsu(1979)の計算式に基づき、刺激図形の一辺を0.56°~1.91°に調整した。そしてD調整では、M調整における最大の刺激サイズ(1.91°)を偏心度横断的に提示することで、視野の空間的不均一性を維持したまま、各刺激に対する空間解像度を向上させた。これら3種の刺激サイズ調整条件の比較を通じ、空間解像度の適切性の問題を分離し偏心度効果を検討することを試みた。刺激はPowerMacG4(使用ソフト/Matlab, Psychtoolbox)により制御し、21インチの高解像度CRTモニタに提示した。

実験1 効率的探索にみられる偏心度効果

実験1ではまず比較的ターゲット弁別性の高い課題について、3種の刺激サイズ調整条件の効果を比較する。各刺激サイズ調整条件における、ターゲット偏心度とセットサイズの効果をFigure2に示す(上段: 誤反応率(%), 下段: RT(ms))。図から明らかのように、非調整では偏心度の増加に伴いセットサイズ効果が大きくなり、探索効率が低下する現象がみられた。しかしこのような偏心度効果は、M, D調整ではみられなかった。つまり空間解像度の適切性が考慮されれば、視野が空間的に不均一であっても偏心度効果は生じない。

このことは非調整時の偏心度効果が、空間解像度の不適切性により引き起こされたことを示唆している。

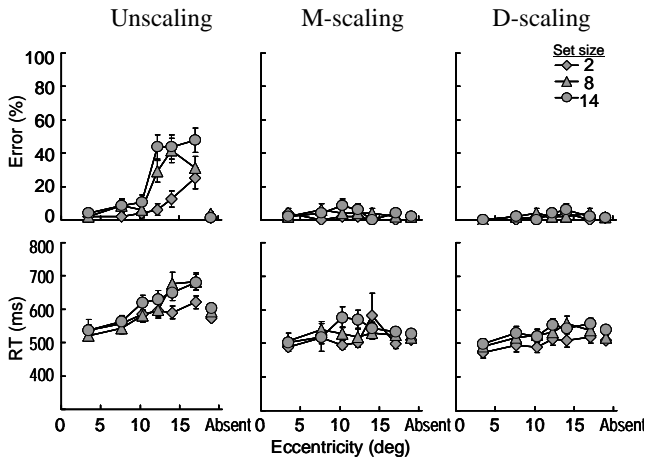


Figure 2. Observers mean percentage of errors and reaction times (ms) as a function of both target eccentricity and set size under the unscaled, M-scaled, and D-scaled conditions (Experiment 1). Error bars represent ± 1 SE.

実験2 非効率的探索にみられる偏心度効果

続いてターゲット弁別性が比較的低い課題について、3種の刺激サイズ調整の効果を比較する。実験2では、探索の非対称性を利用してターゲット弁別性の低い課題を設定した。実験2の結果をFigure3に示す。

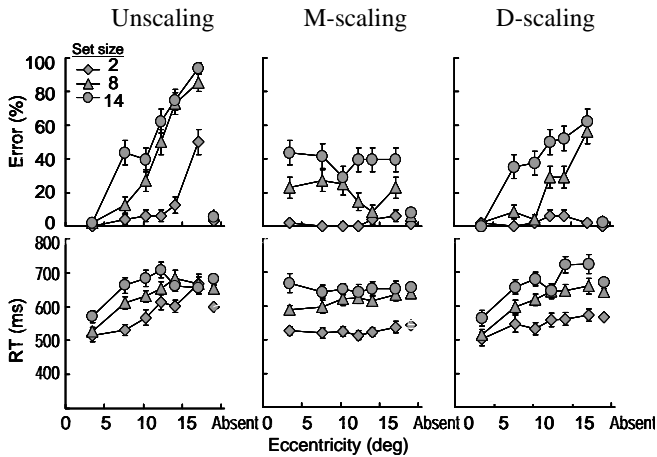


Figure 3. Observers mean percentage of errors and reaction times (ms) as a function of both target eccentricity and set size under the unscaled, M-scaled, and D-scaled conditions (Experiment 2). Error bars represent ± 1 SE.

実験1とは異なり、実験2ではM、D調整でも顕著なセットサイズ効果が生じた。しかしM調整では、偏心度横断的に一定のセットサイズ効果がみられたのに対し、D調整では高偏心度ほどセットサイズ効果が強まった。この結果から、ターゲット弁別性が低い課題では、空間解像度の適切性を考慮しても、視野中心部への注意バイアスが生じることが明らかになった。

2つの視覚サンプリング方略

実験1, 2の結果から、視覚科学の分野で提唱されてきた2つの視覚サンプリング方略の存在が伺える。第一に広域・同時サンプリングがあげられる。視覚系は、広域視野上にちらばった複数の刺激を同時に処理することが可能であり (e.g., Treisman&Gelade, 1980)、視野の空間解像度勾配は必ずしもこれを阻害しない。さらにターゲット弁別性が低い状況では、中心視への注意バイアスが形成される。しかし高空間解像度領域が視野上で固定されているため、このような注意バイアスはサッカード等の眼球運動と協調している可能性がある (overt attention, e.g., Findlay&Gilchrist, 2003)。空間的に不均一な視野は、これら2つの視覚サンプリング方略を両立しうる構造と推測される。

従来の注意モデルとの対応

これまでの実験から、ターゲット弁別性が低い視覚探索課題では、偏心度が大きくなるほどセットサイズ効果が強まり、低偏心度の刺激が優先して処理されることが示唆された。このような注意配分の優先性は、ターゲット出現位置への先行手がかりが、特徴、結合探索の両方で偏心度効果を低減する潜在的注意の効果 (Carrasco&Yeshurun, 1998) とも共通点がある。どちらも特定の視野位置に注意配分を優先し、限定的にターゲットの弁別性を向上させている。

その一方で、刺激サイズは課題とは関連のない情報であった。そのため偏心度依存性の注意バイアスは、刺激駆動型注意の一種という可能性もある。いくつかの刺激駆動型注意の研究では、明るさやサイズ等の特徴は、ターゲットの探索に関連のない情報であっても、注意配分の優先順位の決定に影響し、探索成績を変化させることが知られる (Proulx&Egeth, 2008; Theeuwes, 1991)。あるいは網膜部位再現的な2次元空間に刺激の目立ちやすさを符号化する、顕著性マップのアイデアに組み込むことを想定した場合、低偏心度ほど重み付けを大きくした特徴マップの情報、顕著性マップに伝達されるという可能性も考えられる。

しかし実験1, 2の結果では、偏心度依存性の注意バイアスは、ターゲット弁別性の高低によってその影響が変化した。つまり非効率的探索が起きる状況でのみ、視野中心部に弁別性の高い場所が作りだされたといえる。だが従来モデルでは、このような適応的性質を自明なものとして説明するのは難しいと思われる。さらに実験2のM調整で偏心度効果が生じなかったことから、視野の空間解像度勾配が、偏心度依存性の注意バイアスとなんらかの関連がある可能性が考えられる。ところで横澤 (1994) の多解像度モデルやDeco&Shurman (2000) の注意モデルでは、視覚的注意を移動するズームレンズとして捉えている。この中で注意は、色や明るさ等の特徴情報をもとに視野上を移動し、選択領域の空間解像度を高めオブジェクト認知過程に送る。このように空間解像度を高次視覚過程の駆動性に関わる要因と捉えるモデルもあることから、視野の空間解像度勾配と偏心度依存性の注意バイアスとの関連は、慎重に検討していく必要がある。

文構造を成さない単語列による 文脈表象の活性化と単語認知への影響

浅野 倫子
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
日本学術振興会特別研究員
東京大学大学院人文社会系研究科

This study investigated the relationship between word and sentence context processing in sentence reading. We examined the influence of sentence context on the perception of contextually anomalous words in a Japanese text. A target word (contextually anomalous two-kanji compound word or its contextually consistent counterpart) in a short text was briefly presented, followed by a four-alternative forced-choice (4AFC) recognition task. The results showed that the participants recognized anomalous words less frequently than their correct counterparts, and they were more likely to falsely recognize contextually consistent words. The context effect was obtained even when the participants processed transposed sentences, which were formed by transposing the phrases in legal sentences so that it contained the same semantic information as the legal sentences but disrupted syntactic structure. These results demonstrate that a preliminary representation of sentence context (here we term this a *proto-context*), that consists of a group of word semantic representations that are activated by sentence constituent words, and that is not yet syntactically processed, might be the essence of the “sentence context” that influences word recognition.

Keywords: reading, sentence processing, word perception

問題・目的

文脈は複数の単語によって成り立つ。しかし一方で、文中の単語の認知は文脈の影響を受けることが知られている。たとえば文中の単語認知についての先行研究では、文脈に適合する単語は認知されやすいことが示されている(Jordan & Thomas, 2002; Potter, Stiefbold, & Moryadas, 1998)。単語と文脈はどのような関係にあるのだろうか。そもそも単語認知に影響する「文脈」とは何であろうか。これらの問いに対する答えが未だ明らかでない理由の1つとして、先行研究では単語を1語ずつ処理しては統語構造を解析し文脈を処理するという、単語と文脈の継時処理が仮定されてきたことが考えられる。しかし単語は文脈の構成要素であり、両者は視覚的に同時に提示される。文の読み処理について調べるためには、文脈を構成する複数の単語、そして、単語と文脈という複数の階層の情報に並列に処理されている可能性を検討すべきである。

本研究では、統語解析を経た精緻な文脈表象の形成以前に、文を構成する複数の単語の並列処理によって活性化された意味表象の集合からなる、原型的な文脈表象(以下、プロト文脈と呼称する)が生成され、単語認知に影響するという仮説を立て検討した。短時間提示された日本語短文中の文脈適合語または不適合語についての単語再認課題を行った。短時間とは、眼球運動が生じず、また、読みにおける眼球運動の平均停留時間である200msであり、眼球運動の知見をもとに定義した場合の最小単位の読み処理が観察できると考えられる。通常の文(統制条件文)と、その文節順を不整序にして、統制条件文と同じ意味情報で構成されているが、統語構造の崩れた単語列である不整序文を用いて検討した。上記の仮説が支持されるならば、不整序文でも統制条件文と同様のプロト文脈が活性化さ

れ、文脈に適合しない単語である不適合語の再認成績が低下すると予測される。

方法

被験者 20歳から27歳までの日本語母語話者24名(平均22.4歳)が実験に参加した。

刺激 刺激文は日本語の短文(12~14文字)120文であり、ターゲット語(単語再認課題の対象となる漢字二字熟語)と文脈の適合性[不適合語文・適合語文]、文の種類[統制・不整序文]、ターゲット語の位置[文頭・中間・後部]の3要因を設定した。各刺激文はターゲット語を1語含んでいた。不適合語文はターゲット語が文脈に不適合な単語の誤文であり(例「利用者の卒業を聞いて改善する。」下線部がターゲット語)、適合語文は同じ文のターゲット語を文脈に適合する単語に置き換えた正文であった(「利用者の希望を聞いて改善する。」)。対となる適合語文と不適合語文のターゲット語は文字音声親密度がほぼ同じになるよう統制され、また音韻、形態的に互いに非類似であった。このほか、不適合語文や適合語文とは全く異なる正文であるフィラー文を60文加えた。不適合語文、適合語文、およびフィラー文の半数は統制条件文、もう半数は、統制条件文をターゲット語を含む文節の位置は保ったまま文節単位で並べ替え、自然な日本語として意味が通じないようにした不整序文であった(「改善する希望を利用者の聞いて。」)。文中でのターゲット語の位置は文頭、中間、後部の3条件であった。

再認課題は4択で行われ、選択肢は(1)不適合ターゲット：不適合語文条件でのターゲット語(刺激文が「利用者の卒業/希望を聞いて改善する。」のとき、“卒業”)、(2)不適合ダミー：刺激文中に存在せず、文脈に適合しない単語(“耐熱”)、(3)適合

ターゲット：適合語文条件でのターゲット語（“希望”）、（4）適合ダミー：刺激文中には存在しないが文脈に適合する単語（“不満”）の4種類であった。すなわち4択のうち半分は刺激文の文脈に不適合（1と2）、もう半分は適合的であった（3と4）。4つの選択肢は互いに音韻、形態的に非類似であった。

実験手続き 実験は全180試行であり、各条件がランダムな順で出現した。被験者には不適合語文および不整序文の存在を事前に知らせた。一試行は注視点提示（500ms）、刺激文提示（200ms）、マスク提示（1000ms）、再認課題、内容理解テストという流れで行われた。刺激文は画面中央に横書きで、眼球運動なしで読める範囲内に提示された。再認課題は、刺激文中に存在した単語を回答するものであった（4肢強制選択式）。内容理解テスト（Yes/Noの2肢強制選択式）は刺激文が不適合語文の場合でも回答可能なように作られており、また、不整序文条件の場合も回答するように求められた。

結果

再認課題（4肢強制選択）の回答における、各選択肢の選択率をTable 1に示す。Table 1の灰色に塗られた部分の数値が、各条件における正答率に相当する。再認課題の正答率について、ターゲット語と文脈の適合性、文の種類とターゲット語の位置の3要因分散分析を行った結果、ターゲット語と文脈の適合性および位置の主効果、また、それらの交互作用がみられた [$F(1, 23) = 320.69, p < .01$; $F(2, 46) = 45.55, p < .01$; $F(2, 46) = 17.78, p < .01$]。文の種類の効果は一切見られなかった。位置の主効果と交互作用についてはさらにTukey HSD法による下位検定を実施した。これらの分析の結果、統制条件文と不整序文の違いによらず、不適合語文条件のほうが適合語文条件よりも、また、後部条件は文頭や中間条件よりも正答率が低く、不適合語文の後部条件では特に正答率が低いことが示された。

Table 1の灰色で塗られた以外の部分は、再認課題誤答時に誤選択された各選択肢の選択割合を示している。その内訳を調べたところ、文の種類にかかわらず、不適合語文条件では適合ターゲットおよび適合ダミーの誤選択率が不適合ダミーの誤選択率よりも高く、文脈に適合する語を虚再認する傾向がみられた。

内容理解テストの正答率をTable 2に示す。3要因分散分析を行った結果、文の種類と位置のそれぞれの主効果が有意であった [$F(1, 23) = 17.50, p < .01$; $F(2, 46) = 17.33, p < .01$]。位置の主効果についてはさらに下位検定を行った。これらの分析から、統制条件よりも不整序文条件で、また、文頭および後部条件よりも中間条件で、正答率が低下したことが示された。しかし単語再認課題の結果とは異なり、ターゲット語と文脈の適合性の影響は見られず、また、内容理解正答率は条件によらず約70~80%とおおむね高かったといえる。

考察

統制条件文と不整序文の違いによらず、文脈に適合しない文脈不適合語は、文脈適合語よりも再認が困難

であることが示された。これは特にターゲット語が、視野周辺部で十分な処理が難しい文の後部にある場合に顕著であった。また、実際には不適合語が提示された場合でも、文脈に適合する語を虚再認する傾向があることが明らかになった。内容理解テストの結果パターンは再認課題とは異なり、概ね高正答率だった。以上の結果は、文中の単語が並列処理されて、統語解析以前に単語の意味集合からなるプロト文脈が生成され、文中の単語認知に影響することを示唆する。同一文内に存在する単語は通常、互いに意味的に関連する、または共起頻度が高いと考えられ、語彙プライミング的メカニズムによりプロト文脈が即時に活性化されると考えられる。プロト文脈が適合する単語をフィードバック処理によって活性化させることにより、文処理が効率化されると推測される。

Table 1. 単語再認課題の回答内訳 (%)。

	不適合語文			適合語文		
	文頭	中間	後部	文頭	中間	後部
統制条件						
(1) 不適合ターゲット	45	55	18	3	0	3
(2) 不適合ダミー	3	3	3	1	3	3
(3) 適合ターゲット	31	27	45	78	85	64
(4) 適合ダミー	21	15	35	18	11	30
不整序文条件						
(1) 不適合ターゲット	49	56	13	5	2	2
(2) 不適合ダミー	5	7	5	7	2	3
(3) 適合ターゲット	27	20	43	77	88	70
(4) 適合ダミー	19	17	38	11	8	25

Table 2. 内容理解テスト正答率 (%)。

	不適合語文			適合語文		
	文頭	中間	後部	文頭	中間	後部
統制条件	79	75	82	85	74	83
不整序文条件	76	68	81	78	69	78

引用文献

- Jordan, T. R., & Thomas, S. M. (2002). In search of perceptual influences of sentence context on word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 34-45.
- Potter, M. C., Stiefbold, D., & Moryadas, A. (1998). Word selection in reading sentences: preceding versus following contexts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 68-100.