

# ブレイン-マシン・インタフェースがしめす脳の情報表現と可塑性

櫻井 芳雄

京都大学大学院文学研究科心理学研究室

Neuronal codes in working brains remain unclear. Brain-machine interfaces (BMIs) have a possibility to actually detect them in experiments. This paper introduces some backgrounds of BMI researches in neuroscience and our recent study elucidating hippocampal neuronal codes and their dynamics with a high-performance BMI system.

Keywords: brain-machine interface, neuronal code, neuronal dynamics, plasticity

## はじめに

従来、脳が表現（コード）する情報を検出することは、神経活動の意味を行動と対応させ「解釈」することであった。この方法は長年にわたり研究者に安住の地を与え、単一ニューロンの活動を解析するだけで「～をコードするニューロンが見つかった」と報告し、あるいはイメージングの画像からやや強い賦活部位を見つけるだけで「～は頭頂葉で処理されている」などと結論づけてきた。しかし、そこで示された個々のニューロン活動や相対的な賦活部位に特定の情報が内在しているという証拠はない。そもそも脳の情報がどのようなかたちで実在しているのかさえ、誰も示していない。そこで、脳に内在しているはずの情報を神経活動として実際に取り出し、実験的に操作し得るかどうかが検証することで、脳が表現する情報を明示し、その特性を捉えるようとする革新的方法が登場した。それがブレイン-マシン・インタフェース (Brain-Machine Interface, BMI) である。心が脳の情報表現であるとするならば、BMIこそが心を実体として顕示する唯一の方法であると言っても過言ではない（少し過言かもしれない）。

## BMIとは何か

BMIとは、脳と機械を直接つなぎ相互作用させるシステムであり、大きく3種類に分けることが出来る（櫻井他, 2007）。脳の信号でロボットや周辺の機器を操作する運動出力型 BMI、機械の信号を脳に送り込み失われた感覚を再構築する感覚入力型 BMI（人工内耳や人工視覚など）、そして脳を刺激してその働きを補正する直接操作型 BMI（脳深部刺激療法など）である。その中でも特に運動出力型 BMIは、最近登場した新しい研究分野であり、脳の神経活動でロボットなど第二の身体や周辺の機器を直接操作することを目指している。また、脊髄を介さず脳の神経活動で身体の筋肉を直接刺激し制御することも試みられており、それはブレイン-マッスル・インタフェース (Brain-Muscle Interface、略すとやはり BMI となる)

と呼ぶこともできる。現在単に BMI と称する時、運動出力型 BMI を指すことがほとんどであるが、その進展は急速であり、特に 2007 年以降は多くの書籍が国内外で出版されている。

## BMIと神経科学

BMI は神経科学の発展に伴い登場した。しかし、けっして脳の構造や働きが解明されたから登場したわけではない。この事実は、BMI 全般を理解する上で非常に重要である。たしかに長年にわたる脳の基礎的な研究があったからこそ BMI は現実化したのであり、それを可能とした神経科学の研究成果、例えば運動野や感覚野の機能地図の解明などは重要であった。しかしそれでも、運動出力型 BMI でロボットや機械を操作する際の脳内の信号の流れや、人工視覚システムにより視覚像が見えるメカニズム、あるいは脳深部刺激により運動麻痺や振戦が消失するメカニズムなどが完全にわかっているわけではない。すなわち先に述べたように、BMI は脳を解明するための方法でもある。BMI の研究が進展することで脳がわかり、脳がわかることでさらに BMI が進展するという、双方向のプロセスが必然となる。

## BMIがしめす情報表現の問題

運動出力型 BMI の研究論文が学術誌に掲載され始めた 2000 年頃から、センセーショナルな新聞記事やテレビ番組が多数登場してきた。また 2003 年頃、米国の Cyberkinetics 社（当時）がそのウェブサイトで、運動野に電極を埋め込まれケーブルを接続された四肢麻痺の男性が、脳の信号でコンピュータのカーソルを動かしている臨床試験の映像を公開し、それが複数のテレビ番組でも紹介されたことから、今にも BMI が実用化されるかのような誤解が広がった。しかし 2006 年になってようやく出版されたこの臨床試験に関する論文 (Hochberg et al., 2006) を読めば、BMI はまだ基礎研究の段階であることがわかる。脳の信号で制御しているカーソルの動作はきわめて不安定であり、精度もかなり低かったのである。そしてそのような安定性

と精度の問題は、単なる実験技術の問題ではなく、神経回路網の動作や特性を解明することでしか解決出来ないと思われる。例えばその臨床試験では、BMIによりカーソルがうまく制御できる日もあれば出来ない日もあったという。電極は同じ場所に埋め込まれたままであるから、毎日同じニューロン集団から信号を検出しているにもかかわらず、総体として得られる情報の質が毎日変容するということである。この事実、神経回路網の情報表現に関する全体論と局在論という神経科学史上の大問題と関わっており、あるいはポピュレーション・コーディング、アンサンブル・コーディング、セル・アセンブリという重要な仮説の検証とも深く関わっている。それらの解明や検証なしに安定したBMIは不可能であり、またBMIを安定させることが、それらの解明や検証に繋がるのである。

## BMIがしめす可塑性の問題

運動出力型BMIについて考える時、どうしても脳から機械という一方向の作用に注目しがちである。しかし脳は機械と繋がることにより、それをより効率的に操作するため必然的に脳自身を変えていく。そのような機械との相互作用で生じる脳の変化こそBMIの本質であり、それは脳の情報表現の可塑性と、その背景にある神経回路網の可塑性を明示することでもある。また、もしそのような可塑的变化を積極的に誘導することができれば、BMIは脳の働きや構造を変えていくツールにもなり、脳を修復する神経リハビリテーションにも貢献できる。もちろんそのためには、BMIがもたらす神経可塑性に関する基礎研究が不可欠である。しかし現状では全く不十分と言わざるを得ない。特に動物を用いた侵襲式BMIの基礎研究、すなわち脳に電極を刺入し神経回路網の活動を直接検出し、そこで生じる機能的・構造的な可塑性を解析する研究の重要性は、BMIを進展させ真に実用化するためにも、いくら強調してもしすぎることはない。

## BMIによるニューロン活動の変化

最近の研究から、脳の神経回路網は、BMIに繋がり外部機器を直接制御するようになると、その活動を急速に変化させることがわかってきた。筆者らは、学習による可塑的变化が生じやすい海馬を対象とし、身体の代わりに海馬のニューロン活動で外部機器を制御するBMIを構築し、そこで生じるニューロン活動の変化を解析している。

まず神経回路網の可塑的变化を詳細に検出するため、近接した多数のニューロンの活動を行動している動物から長期間安定して同時記録する方法を開発した。それらは、極細のタングステンワイヤー12本から成る特殊電極（ドデカロード）、それを自由行動時に脳

内で上下させる軽量の専用マイクロドライブ、及び、ラットの頭蓋骨に長期間固定できるポリカーボネイト製の極小ボルトなどによる方法である。また、そのようにして記録した神経回路網の活動、すなわちニューロン集団を構成する個々の近接したニューロンの活動を正確かつリアルタイムに分離するスパイク・ソーティング法を、独立成分分析（Independent Component Analysis, ICA）を応用し開発した。これらは共同研究者の高橋晋博士（現在は京都産業大学コンピュータ理工学部教員）による画期的なBMI用システムである（特許出願済み）。

このシステムを用いたBMI実験により、ラットの海馬ニューロンの発火頻度や同期発火が短時間で劇的に変化することがわかった。まずラットに、壁の穴に鼻先を入れると報酬のペレットが出るノーズポーク反応課題を訓練した。次に、海馬から同時記録したマルチニューロン活動をBMIシステムに入れ、2種類の神経コードを検出した。一つは一定時間内の発火頻度であり（発火頻度コード）、もう1つは一定時間幅でのニューロン間の同期発火である（同期発火コード）。そしてノーズポーク反応ではなく、特定の発火頻度コードあるいは同期発火コードで報酬提示装置を動かしてラットにペレットを与えた（ニューラルオペラント課題）。その結果、発火頻度コードでペレットを与えると発火頻度が急速に上昇し、同期発火コードでペレットを与えると同期発火が急速に増大することがわかった。同期発火を含むこれらの変化は、BMIに繋がった海馬の神経回路網が短時間のうちに可塑的に変化し、そこに機能的再編成が生じていることを示唆している。

## おわりに

BMIが明らかにするはずの脳の情報表現と可塑性は、まだその姿をほとんど現していない。今後も基礎研究に立脚し、長期的な展望に立ち着実にその姿を明らかにしていかなければならない。荒唐無稽なサイエンス・フィクションと考えられていたBMIが神経科学の対象となってから、たった10年ほどしか経っていない。私達はまだ脳とBMIという難問の入口に立っているに過ぎない。

## 引用文献

Hochberg, L.R., Serruya, M.D., Friehs, G.M., Mukand, J.A., Abraham, M.S., Caplan, H., Branner, A., Chen, D., Penn, R.D., & Donoghue, J.P. (2006) Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. *Nature*, 442, 163-169.

櫻井芳雄・八木透・小池康晴・鈴木隆文（2007）ブレインマシン・インタフェース最前線。東京，工業調査会。

# 確率情報を定義する属性の違いが注意過程に及ぼす影響

嘉幡 貴至  
松本 絵理子

神戸大学大学院国際文化学研究科  
神戸大学大学院国際文化学研究科

Recent studies in visual attention have reported that attention is guided by the probabilistic information including the experimental tasks. In the present study, we investigated whether the probabilistic information implicitly defined by spatial locations or association with other stimuli was available for participants. Participants were conducted the visual search task manipulating the probabilistic information defined by target location (Experiment 1), colors of the centered fixation points (Experiment 2) and shapes of placeholders (Experiment 3). As the results, the target discrimination in the high probability condition was faster than the low probability condition in the experiment 1. On the other hand, in the experiment 2 and 3, there is no difference in the reaction times between the probability conditions. These results suggest when probabilistic information is defined by spatial locations, it leads attentional guidance despite that participants do not notice the information. In contrast, when probabilistic information is defined by association with other stimuli, it does not lead attentional guidance.

Keywords: probabilistic information process, attention, visual search.

## 問題・目的

生起確率の高い事象には生起確率の低い事象に比べて注意が向けられやすいことがいくつかの研究で報告されている。これまでに、視覚探索課題で特定の空間位置におけるターゲットの出現確率を高くすると、その空間位置に呈示されたターゲットに対する反応時間が速くなること (Geng & Behrmann, 2002) や、変化検出課題で特定の項目の変化確率を高くすると、その項目の変化に対する検出成績が良くなること

(Droll et al., 2007) などが示されてきた。しかし、研究間で実験課題や教示内容、確率情報を定義する属性が異なるため、確率情報処理が注意を向ける対象の選択に与える影響については明らかでない点が多い。

本研究では、確率情報を定義する属性が異なることに起因する確率情報処理の違いが注意課程に与える影響を明らかにするため、確率情報を定義する属性のみを変えた同一パラダイムの3つの実験をおこなった。実験は視覚探索課題で、実験1ではターゲットの呈示位置、実験2、3ではターゲットと他の呈示項目との連合によって確率情報を定義した。

## 方法

**参加者** 実験1, 実験2, 実験3ともに、10名の参加者が実験に参加した。

**刺激** 呈示刺激例を図1に示す。刺激は黒い背景画面の中央に注視点と、その左下と右下にプレースホルダーによって構成された。注視点とプレースホルダーは、試行中は常に呈示されていた。プレースホルダーの大きさは視角にして $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ で、その中心は注視点から下に $1^{\circ}$ 、左か右に $3.5^{\circ}$ 離れた位置であった。ターゲット刺激は時計回り、あるいは反時計回りに $90^{\circ}$ 回転したアルファベットのTであり、ディストラクタ

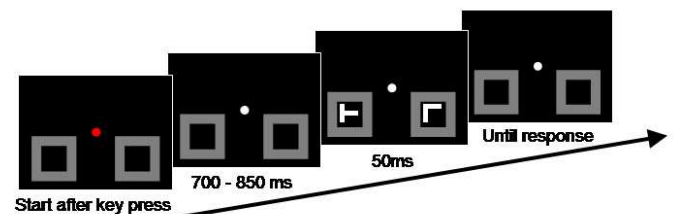


図1. 呈示刺激例

は時計回りに $0^{\circ}$ 、 $90^{\circ}$ 、 $180^{\circ}$ 、あるいは $270^{\circ}$ 回転したアルファベットのLであった。ターゲット、ディストラクタ共に、大きさは $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ で、色は白であった。

**手続き** 参加者がスペースキーを押すと、試行が開始された。試行開始から700-850ms後に、左右のプレースホルダー内にターゲットあるいはディストラクタが呈示された。参加者は注視点を中心にディスプレイを眺め、プレースホルダー内に刺激が呈示されたら、ターゲットの有無と傾きの方向をできるだけ速く正確に反応するよう教示された。

試行数は80試行 $\times$ 5ブロックの計400試行であった。ブロック内の試行の内訳は、ターゲット存在試行が80%、ターゲット不在試行が20%であった。各実験では特定の属性(実験1:ターゲットの出現位置, 実験2:注視点の色, 実験3:プレースホルダーの形態)によってターゲットの出現確率が定義されていた。参加者がこの確率情報を利用できれば、ターゲット存在試行において4分の3の確率でターゲットの出現位置を予測可能になる。つまり、1ブロックあたり64試行(全体の80%)のターゲット存在試行のうち、48試行(全体の60%)ではターゲットは各実験で確率情報が定義された属性の一方が示す位置に現れ(高確率条件)、16試行(全体の20%)ではもう一方が示す位置に現れ

た（低確率条件）。確率情報に関する教示は参加者には一切与えられなかった。

また、確率情報に関しての顕在的知識の有無を調べるため、実験1と実験3では課題終了後、参加者に課題に含まれていた確率情報について直感的な推定をおこなわせた。

**実験デザイン** ターゲット出現確率（2水準：高確率、低確率）とブロック（5水準：1-5ブロック）の参加者内2要因計画であった。

## 結果

**実験1** 各確率条件のブロック間の反応時間の推移を図2Aに示す。2要因分散分析の結果、ターゲット出現確率の主効果とブロックの主効果がそれぞれ有意であった（ $F(1,9)=15.5, p<.005; F(4,36)=8.63, p<.001$ ）。ターゲット出現確率×ブロックの交互作用は有意ではなかった。TukeyのHSD法による下位検定の結果、高確率条件では、低確率条件より反応時間が有意に短かった（ $p<.005$ ）。また、第3、第4、第5ブロックでは第1ブロックよりも反応時間が有意に短かった（それぞれ $p<.005; p<.001; p<.001$ ）。

実験後、参加者に左右のプレースホルダーにターゲットが呈示された確率を推定させた結果、10名中6名がターゲットの出現確率にバイアスがかかっていたと報告し、残りの4人は出現確率に違いはなかったと報告した。しかしバイアスを報告した参加者と報告しなかった参加者の行動成績には有意差は見られなかった。

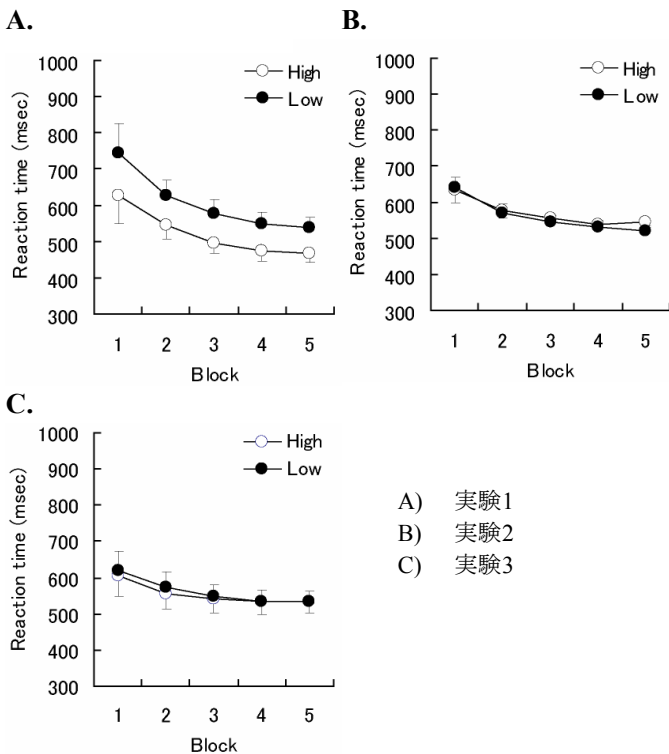


図2. 高確率条件と低確率条件の反応時間の推移

**実験2** 各確率条件のブロック間の反応時間の推移を図2Bに示す。2要因分散分析の結果、ブロックの主効果のみが有意であった（ $F(4,36)=12.1, p<.001$ ）。ターゲット出現確率の主効果やターゲット出現確率×ブロックの交互作用は有意ではなかった。TukeyのHSD法による下位検定の結果、第2、第3、第4、第5ブロックでは第1ブロックよりも反応時間が有意に短かった（それぞれ $p<.01; p<.001; p<.001; p<.001$ ）。

**実験3** 各確率条件のブロック間の反応時間の推移を図2Cに示す。2要因分散分析の結果、ブロックの主効果のみが有意であった（ $F(4,36)=5.29, p<.005$ ）。ターゲット出現確率の主効果やターゲット出現確率×ブロックの交互作用は有意ではなかった。TukeyのHSD法による下位検定の結果、第1ブロックと第4、第5ブロックの反応時間の差に有意傾向が見られた（それぞれ $p<.1; p<.1$ ）。

実験後、参加者に各形態のプレースホルダーにターゲットが呈示された確率を推定させた結果、10名中5名がターゲットの出現確率にバイアスがかかっていたと報告し、残りの5名中4名は出現確率に違いはなかったと報告した（残る1名は実際の確率の高低と逆のバイアスを報告した）。しかしバイアスを報告した参加者と報告しなかった参加者の行動成績には有意差は見られなかった。

## 考察

実験1ではターゲットの呈示位置で定義された確率情報は課題の早い段階からターゲットの探索処理に影響を与えた。実験後の顕在的な確率推定の正しさと反応時間の間に関係性が認められなかったことから、空間的な確率情報の処理は潜在的におこなわれていた可能性が高い。一方、実験2では注視点の色、実験3ではプレースホルダーの形態特徴で確率情報が定義されていたが、これらの情報は注意の手がかりとして機能しなかった。3つの実験の結果から、確率情報が顕在的知識として与えられない状況下では、空間で定義された確率情報は注意の手がかりとして利用できるが、オブジェクトで定義された確率情報は注意の手がかりとして利用できないことが示唆される。また、実験1と実験3の後におこなった参加者による確率推定の結果から、顕在的知識として扱われる確率情報と潜在的に行動制御の手がかりとして機能する確率情報は異なることが示唆される。

## 引用文献

- Droll, J. A., Gigone, K., & Hayhoe, M. M. (2007). Learning where to direct gaze during change detection. *Journal of Vision*, **7(14)**: 6, 1-12.
- Geng, J. J., & Behrmann, M. (2002). Probability cuing of target location facilitates visual search implicitly in normal participants and patients with hemispatial neglect. *Psychological Science*, **13**, 520-525.

# 怒った人か怒った顔か？ — 怒り優位性効果の検討

衣笠 由梨

神戸大学国際文化学部国際文化学科

松本 絵理子

神戸大学大学院国際文化学研究科

顔写真を用いた表情探索課題を行い、探索が表情に関する情報のみによって行なわれているのか、それとも人物の同定に関する情報が影響するのかを検討した。実験参加者には呈示される刺激表情の中に異なる表情が含まれているか否かを探さよう教示した。実験1では一度に呈示する刺激として同一人物の写真を使用し、実験2では複数人物の顔写真を使用した。その結果、怒り表情がその他の表情(幸福、無表情)よりも迅速に探索されるという怒り優位性効果は見られず、むしろ探索は遅くなった。このことから、怒り表情からの注意の解放が遅延していたと考えられる。また、怒り表情からの注意の解放遅延は実験1よりも実験2で増大した。この結果から、表情探索が表情に関する情報のみならず人物の同定に関する情報にも影響を受けているということが示唆された。

Keywords: anger-superiority effect, attention, emotion, expression, visual-search.

## 目的

表情探索課題において怒り表情がその他の表情(幸福、無表情)よりも迅速かつ適切に探索される現象を怒り優位性効果と呼ぶ(Hansen & Hansen, 1988)。必ずしも一致した結果は得られていないものの、この効果に関する数多くの先行研究が存在している (e.g. Öhman, Lundqvist, & Esteves, 2001; Horstmann & Bauland, 2006)。

しかし、表情探索において注意が怒った顔(表情のみ)に向けられているのか、それとも怒った人(表情と顔の特徴)に向けられているのか、という点に関してはこれまで十分に検討されてきていない。本研究では顔写真を用いた表情探索課題を行い、表情探索の際に注意が表情に関する情報だけに向けられているのか、それとも人物の同定に関する情報にも注意が向いているのか、という点を明らかにすることを目的とした。

## 方法

**実験参加者** 学生36名、年齢18～24歳(平均21.8歳)

**刺激** 7種類の顔表情(幸福、怒り、悲しみ、恐怖、嫌悪、驚き、無表情)を撮影した。この顔刺激に基づき二冊の質問紙を作成し(冊子A, B)、冊子Aは大学生68名、Bは64名に評定させた。用意した顔刺激全てに対して、7カテゴリ(幸福、怒り、悲しみ、恐怖、嫌悪、驚き、無表情)から強制選択させ、さらに選択したカテゴリの強度を5段階で評定させた。その結果、本実験で使用する怒り、幸福、無表情の3表情についていずれもカテゴリ一致率が50%以上で、強度の評定平均が2.5以上の5名(女性3名、男性2名)顔写真を刺激として採用した。

顔写真刺激は顔の外的特徴の効果を除去するために顔のみを楕円形にくりぬき、観察距離40cmのとき視角 $1.8 \times 1.4^\circ$ となるようサイズを統一した。また、 $5 \times 5$ cmの仮想正方形内に中心からの距離が一定になるように配置した。刺激には目標刺激(怒り、幸福、無表

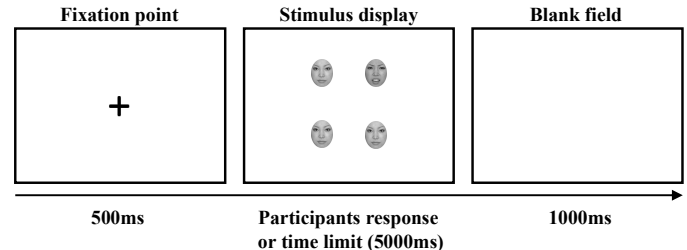


Figure 1. Procedure and an example stimulus display (not to scale) with an angry target and neutral distractors in the Experiment 1.

情)×妨害刺激(怒り、幸福、無表情)の9種類があり、全て20回ずつランダムに呈示した。一度に呈示する刺激として実験1では同一人物、実験2では複数人物の写真を使用した。

**手続き** 表情探索課題を行なった。各試行の流れをFigure 1. に示す。刺激画面は4つの表情写真からなる。実験参加者には呈示される顔写真が全て同じ表情であるか、1つだけ異なる表情を含んでいるか、をキー(「Z」あるいは「/」)を押し分けることで判断させた。反応に使用するキーは参加者間でカウンターバランスをとった。実験1, 2共に前半54試行、中盤63試行、終盤63試行の3ブロック計180試行からなり、そのうち目標ありの試行は120試行、目標なしの試行は60試行であった。全ての参加者が両実験を行なった。なお、本試行前に10試行の練習試行を設けた。

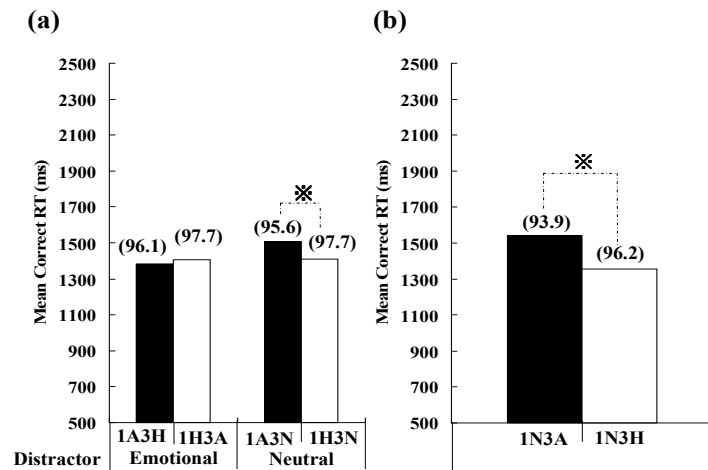
## 結果と考察

**実験1** 目標あり試行と目標なし試行それぞれについて統計解析を行った。さらに目標あり試行については(a)目標刺激が情動表情である場合と(b)目標刺激が無表情である場合に分けて統計解析を行なった。(a)は目標表情(怒り、幸福)×妨害表情(情動、無表情)の2要因分散分析を行ない、(b)は無表情を目標とした場合の妨害表情(怒り、幸福)のt検定を行なった。

(a)では2要因の交互作用が有意であった( $F(1, 32)=9.77, P<0.01$ ). テューキーのHSD検定を行ったところ、情動妨害の場合は怒り目標と幸福目標の探索に有意差が見られなかった. さらに無表情妨害の場合は幸福目標の方が怒り目標より迅速に探索された( $p<0.01$ ).

(b)では幸福妨害よりも怒り妨害の中から無表情目標の探索する場合の反応時間が長くなった( $t(32)=5.32, p<.001$ ).

目標なし試行における刺激の表情(怒り, 幸福, 中立)の1要因分散分析の結果, 主効果が有意であった( $F(2,64)=4.62, P<.05$ ). テューキーのHSD検定の結果, 4Hと4A, 4Hと4Nに有意差がみられた( $p<.01; p<.001$ ). 4Aと4Nには有意差は認められなかった.



Note. A = angry, H = happy, N = neutral, \* = significant difference.

Figure 2. Mean of median correct reaction time (RT) and percentage of correct response (in parentheses) for (a) emotional target trials and (b) neutral target trials in the Experiment1.

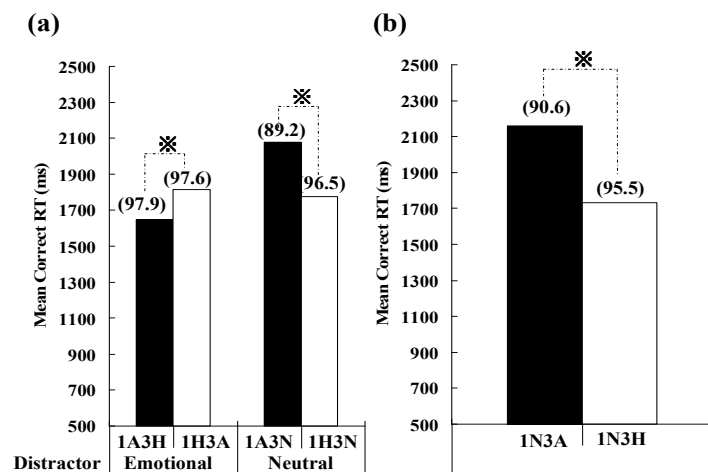


Figure 3. Mean of median correct reaction time (RT) and percentage of correct response (in parentheses) for (a) emotional target trials and (b) neutral target trials in the Experiment2.

**実験2** 実験2でも実験1と同様の統計解析を行った.

(a)に関して2要因間の交互作用が有意であったため( $F(1,32)=37.82, P<0.01$ ), テューキーのHSD検定を行った. その結果, 実験1とは異なり情動妨害において目標が怒りであるほうが幸福であるより反応時間が短かった( $p<.05$ ). これは怒り目標が迅速に探索されたというよりはむしろ怒り妨害の走査に時間がかかった結果であると考えられる. 無表情妨害の結果は実験1と同様で( $p<.001$ ), 幸福目標のほうが怒り目標より素早く探索された. この理由としては, 怒り表情と無表情を見分けるほうが幸福表情と無表情を見分けるよりも困難であったという可能性が挙げられる.

(b)では実験1と同様, 幸福妨害よりも怒り妨害の中から無表情目標の探索する場合の反応時間が長くなった( $t(32)=6.10, p<.001$ ).

目標なし試行の解析の結果, 主効果が有意であった( $F(2,64)=59.52, p<.001$ ). テューキーのHSD検定を行ったところ, 実験1と異なり実験2では4A, 4H, 4Nいずれを比較しても有意差( $p<.001$ )がみられた.

## 結論

本研究では(i)いくつかの先行研究で指摘されたような怒り優位性効果は確認されず, (ii)むしろ怒り表情の探索はその他の表情よりも遅くなり, (iii)その傾向は刺激の写真が同一人物である場合と比較して, 複数人物である場合に増大する, という結果が確認された. 怒り表情の探索がその他の表情よりも遅くなったのは, 怒り表情からの注意の解放の遅延によるものと考えられる. さらに, この傾向は顔写真刺激の人物が同一のときよりも複数のときに増大したことから, 表情探索の際に注意が表情に関する情報のみならず人物の同定に関する情報にも向けられているということが示唆された.

## 引用文献

- Hansen, C.H. & Hansen, R.D. (1988). Finding the face in the crowd: An anger superiority effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, **54**, 917-924.
- Horstmann, G. & Bauland, A. (2006). Search Asymmetries with real faces: Testing the anger-superiority effect. *Emotion*, **6**, 193-207.
- Öhman, A., Lundqvist, D., & Esteves, F. (2001). The face in the crowd revisited: A threat advantage with schematic stimuli. *Journal of Personality and Social Psychology*, **80**, 381-396.

(1A3Nと1H3N)では1H3N

# 視覚的ワーキングメモリにおける特徴ベースの注意の効果

李 琦  
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境研究科

riki@cv.jinkan.kyoto-u.ac.jp

京都大学大学院人間・環境研究科

Feature-based retro-cues were used to investigate whether it is possible to orient selective feature-based attention to internal representations held in visual working memory. Behavioral performance was enhanced when the item that might change was cued in color and shape retrospectively. Comparison between the results of the spatial-cue task and the color-cue task showed that behavioral costs and benefits for orienting selective attention to a location were not equivalent to that for orienting selective attention to a color, indicating different processes underlie these effects in the two cases. However, the pattern of behavioral costs and benefits was similar for the shape-cue task and the spatial-cue task.

Keywords: visual working memory, selective feature-based attention, selective spatial attention

## 問題・目的

注意の向けられた空間位置では視覚情報処理が促進されることが知られているが、近年になって、このような促進効果が視覚的ワーキングメモリにおいても見られることが報告されている (Griffin & Nobre, 2003)。

選択的注意は位置情報を選択する機能 (空間的注意) だけではなく、特徴を選択する機能 (特徴ベースの注意) も持っている。Griffin らの研究により視覚的ワーキングメモリにおける空間的注意の効果は明らかになってきたが、特徴ベースの注意の効果はまだ不明であり、重要な課題として残っている。そこで、本研究では、色・形による特徴ベースの手がかりを用い、視覚的ワーキングメモリにおける特徴ベースの注意の効果を検討した。本研究の第一目的は視覚的ワーキングメモリにおいて、注意の向けられた特徴を有した視覚情報に対する処理は促進されるのかを color-cue 課題 (実験 1) 及び shape-cue 課題 (実験 2) で明らかにすることである。本研究の第二目的は、特徴ベースの注意の効果と空間的注意の効果との間に違いはあるのかを特徴ベースの注意に関わる課題 (spatial-cue 課題) と空間的注意に関わる課題 (color-cue 課題) の比較で明らかにすることである。

## 実験 1

実験 1 では、視覚的ワーキングメモリに保持された情報に色に対する注意を向けることにより、視覚情報の処理は促進されるのかを検討した。

### 方法

**実験協力者** 正常な視力 (矯正を含む) と色覚を有する京都大学生 8 名が実験に協力した。

**刺激** 実験に用いた刺激は色のついた十字 (視角  $0.4^\circ$ ) であった。

**要因計画** 実験の要因は課題 (spatial-cue 課題, color-cue 課題)、手がかりの呈示タイミング (pre-, retro-, no-cue)、手がかりの確からしさ (valid, invalid)、変化の有無 (match, no-match) の 4 要因であった。従属変数としては、反応時間と  $d'$  が用いられた。

**手続き** 図 1 に color-cue 課題の流れを示す。Pre-cue 条件では、記憶画面の前に手がかりが呈示され、retro-cue 条件では、記憶画面の後に手がかりが呈示された。No-cue

条件では、手がかりが呈示されなかった。記憶画面には、4 つの色のついた十字が注視点の上、下、左と右の 4 か所に呈示された。手がかり画面には、spatial-cue 課題の場合は、方向をさす矢印、color-cue 課題の場合は、色のついた円盤が画面の中央に呈示された。テスト画面には、色のついた十字が注視点の上下左右の 4 か所のうちいずれかの位置に呈示された。協力者は、テスト画面に呈示された十字の呈示位置が記憶画面で同じ色の十字の呈示位置と同じか異なるかをボタン押しで応答した。

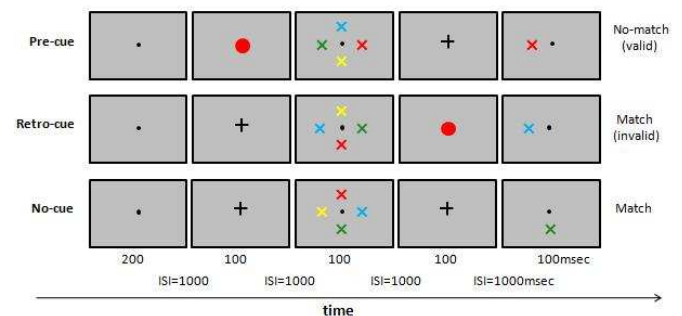


Figure 1. Experiment 1: A schematic illustration for the color-cue task.

## 結果・考察

図 2 に条件ごとの反応時間及び  $d'$  を示す。

手がかりの呈示タイミングに関わらず、valid cue が与えられたときの反応時間は invalid 条件より有意に短く ( $F(1,7)=40.1, p<.001$ )、 $d'$  は有意に高かった ( $F(1,7)=186.61, p<.001$ )。これはワーキングメモリにおける色に対する注意の効果を示していると考えられる。

また、手がかりの呈示タイミングによって生じる課題成績の cost を調べるため、 $d'$  に対し、課題 (spatial-cue 課題, color-cue 課題) × 手がかりの呈示タイミング (invalid pre-cue, invalid retro-cue, no-cue) の 2 要因分散分析を行った。要因間の交互作用が有意であったので ( $F(1,7)=16.6, p<.001$ )、課題毎に手がかりの呈示タイミングの成績の多重比較を行ったところ、spatial-cue 課題の場合は、invalid retro-cue 条件と no-cue 条件の間に有意差があったが、invalid pre-cue 条件と no-cue 条件の間に有意差が見られなかった。これは invalid retro-cue 条件で有意な cost があったことを示唆している。一方、color-cue 課題の場合は、invalid retro-cue 条件と invalid pre-cue 条件両方とも no-cue

条件との間に有意差があった。これは invalid pre-cue 条件でも invalid retro-cue 条件でも有意な cost があったことを示唆している。このことは、色に対する注意は空間位置に対する注意と異なるメカニズムで働いていることを示唆している。

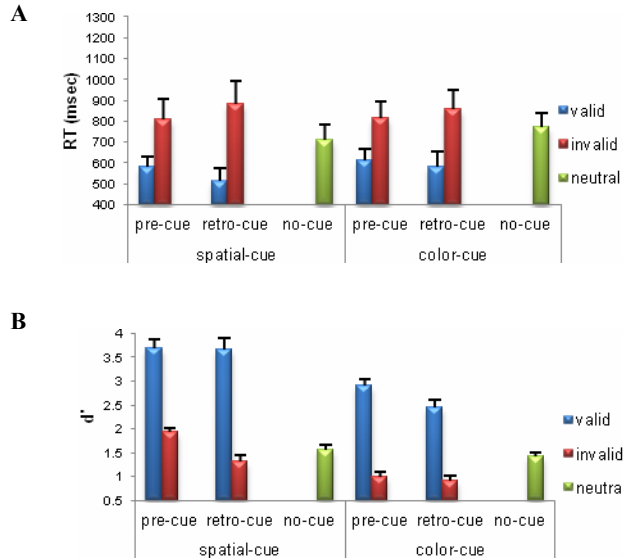


Figure 2. (A) Experiment 1: Mean Reaction time and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity. (B) Experiment 1: Mean  $d'$  and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity.

## 実験2

実験2では、視覚的ワーキングメモリにおける形に対する注意の効果を検討した。

**方法** 以下の点を除いて実験1と同様であった。

**実験協力者** 正常な視力(矯正を含む)と色覚を有する京大生16名が実験に協力した。

**刺激** 実験2には8種類の新奇な図形(Makovski, Sussman & Jiang, 2008)を用いた。

**手続き** Shape-cue課題の手がかりは形の情報を含んでいる図形の輪郭であった。協力者は、テスト画面に呈示された図形の呈示位置が記憶画面で同じ形の図形の呈示位置と同じか異なるかをボタン押しで応答した。

### 結果・考察

図3に条件ごとの反応時間及び $d'$ を示す。

手がかりの呈示タイミングに関わらず、valid cueが与えられたときの反応時間はinvalid条件より有意に短く( $F(1,15)=50.3, p<.001$ )、 $d'$ は有意に高かった( $F(1,15)=124.1, p<.001$ )。これはワーキングメモリにおける形に対する注意の効果を示していると考えられる。

また、手がかりの呈示タイミングによって生じる課題成績のcostを調べるため、 $d'$ に対し、課題(spatial-cue課題, color-cue課題)×手がかりの呈示タイミング(invalid pre-cue, invalid retro-cue, no-cue)の2要因分散分析を行った。その結果、手がかりの呈示タイミングの主効果が見

られたが( $F(1,15)=16.7, p<.001$ )、要因間の交互作用が見られなかった。Ryan's methodを用いて手がかりの呈示タイミングの成績の多重比較( $\alpha=0.05$ )を行ったところ、pre-cue条件とno-cue条件の間、retro-cue条件とno-cue条件の間に有意差が見られた。形に対する注意と空間位置に対する注意との違いは実験2では見られなかった。

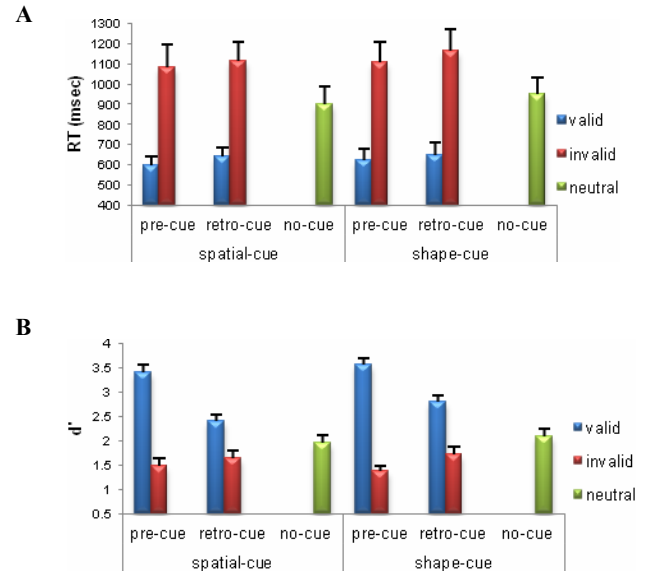


Figure 3. (A) Experiment 2: Mean Reaction time and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity. (B) Experiment 2: Mean  $d'$  and standard error for probe stimuli in spatial-cue task and color-cue task, separated according to the factors of cue type and validity.

## 総合考察

本研究は色・形による特徴ベースの手がかりを用い、視覚的ワーキングメモリにおける特徴ベースの注意の効果を検討した。その結果、有効な色・形の手がかりを与えた場合には、手がかりの呈示タイミングに関わらず、反応時間が短く、 $d'$ が高かった。また、実験1では、color-cue課題の場合は、手がかりの種類に関係なく、invalid cueが与えられたとき、costが見られたが、spatial-cue課題の場合は、invalid retro-cueが与えられたときしかcostが見られなかった。実験2では、spatial-cue課題とshape-cue課題との行動パターンには違いが見られなかった。これらの結果は、色に対する注意と空間位置に対する注意が異なるメカニズムで働いていることを示唆している。

## 引用文献

- Griffin, I. C., & Nobre, A. C. (2003). Orienting Attention to Locations in Internal Representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(8), 1176-1194.
- Makovski, T., Susman, R., & Jiang, Y. V. (2008). Orienting Attention in Visual Working Memory Reduces Interference from Memory Probes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 34(2), 369-380.



# 課題の切り替えが視覚探索課題に及ぼす影響

陳 蕾  
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

京都大学大学院人間・環境学研究科

In visual search tasks, a change in search efficiency when the target and the distractor switch roles is called search asymmetry. The search asymmetry observed in the single task of line-length search used to be reported in previous studies as longer-line searches to be easier than shorter-line searches. However, it is the case that daily searches humans make are sometimes more than single tasks. In order to investigate whether there would be a change in the performance of participants in the line-length search as one of multi-search tasks, in present study, we used the task-switching paradigm to make the participants do successively the line-length search and the search for numeral Chinese characters from non-numeral Chinese characters. The results of the line-length search task showed that the shorter-line searches had been easier than the longer-line searches, a “reverse search asymmetry” had been observed. It suggests that the performance in the line-length search will be affected by other searches during multi-search tasks. The main reasons for the effect as well as the phenomenon of reverse search asymmetry need further exploration.

Keywords: task switching, visual search task, line-length search, reverse search asymmetry.

## 問題・目的

視覚探索課題において、同じ二つの視覚刺激を用いているにもかかわらず、目標刺激と妨害刺激を交替ただけで探索効率が非常に異なる現象は探索非対称性 (Search Asymmetry) と呼ばれている (Treisman & Souther, 1985)。このような現象は、様々刺激ペア (例えば, “O” vs “Q”, “N” vs “H”, そして Longer Line vs Shorter Line) において見られている。

これまで報告された探索非対称性とは基本的に非常にロバストな現象である。線分探索課題 (Treisman & Gormican, 1988) における探索非対称性に関して、アメリカ人には見られたが日本人には見られなかったという文化により異なったような報告があったが (上田・齋木・北山・Duffy, 2005), そのような稀な例外を除いて、基本的に線分探索課題において、Longer Line 探索が Shorter Line 探索より探索効率がよいという探索非対称性が見られていた。また、これまで見られた探索非対称性が逆転したような報告は一例もなかった。

これらの結果は線分探索課題が単一で行われた場合の結果である。実際の日常においてヒトの探索行動は、実験室での単一課題でなく、他の探索と絡む場合が多いと考えられる。異なる探索が同時に行われるような場合でも、上述のような結果は観察されるのだろうか。

本研究では、課題の切り替え (Task Switching) という手法を用いてそれを調べた。Task switching とはもとも、課題の目的の変化により、同じ刺激セットに対するヒトの認知処理のストラテジーがどのように変化するかを調べるために用いられる実験パラダイムの一つである。本研究では異なる刺激の探索課題を切り替えて課題でのパフォーマンスの変化を調べるため、厳密には Task switching の定義とは異なるが、その切り替え方だけを採用した。

もし線分探索課題が他の課題により影響を及ぼされるのであれば、線分探索課題で日本人協力者のパフォーマンスにはこれまでの研究と比べ、何らかの変化が見られることが予想される。そこで本研究では、線分

探索課題を漢数字探索課題と混ぜて二つの課題の試行をランダムな順序で呈示し、実験を行って検討した。

## 方法

**実験協力者** 裸眼ないしは矯正した上での正常視力を有する大学生及び大学院生16名が実験に参加した。うちの2名はある条件下の誤答率が32%を超えたため、分析から除外した。

**刺激** 実験では、課題に応じて2種類の視覚刺激が用いられた。線分課題では、Treisman & Gormican (1988) と上田ら (2005) の実験に倣い、長短の線分 (縦方向に視角1.1°と0.9°) を視覚刺激として用いた。漢数字課題では、数字の意味を持つ8つの漢字 “四” “五” “八” “九” “百” “千” “万” “億” を目標刺激とした。そして、それぞれの目標刺激の漢数字に対して視覚的に類似度が比較的高い漢字を3個選び、また全ての目標刺激に対して視覚的に類似度が低い漢字を16個選び、計40個の異なる漢字を選び妨害刺激集を作った。各試行で呈示される妨害刺激はその中からランダムに抽出された。漢字刺激のサイズは1.0° × 1.0°であった。

**手続き** 各試行の最初に、画面の中心に注視点が600 ms呈示された。次に333 msのブランク画面の後、漢数字課題または線分課題の探索画面が呈示され、協力者はそれに対して反応を要求された。漢数字課題では、いくつかの漢字刺激の中に、数字の意味を表す8つの漢字刺激のいずれかの有無を判断することを求められた。線分課題では、いくつかの線分刺激の中に予め決められた目標線分刺激の有無を判断することを求められた。協力者はどの課題でもできるだけ早く正確に判断してキー押しを行った。探索画面は10秒間または協力者が反応するまで呈示された。誤答した場合は探索画面が消えた後にビーブ音が鳴り “Wrong” のフィードバックが呈示された。半数の試行は漢数字課題で、残りの半数は線分課題であり、毎試行ランダムに線分課題か漢数字課題のどちらかが行われた。

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、線分探索の各目標刺激条件で1セッション8プロ

ック計576試行を行った。Longer Line探索のセッションにおいてもShorter Line探索のセッションにおいても、漢数字課題は共通であり、試行数は線分課題と同じであった。刺激呈示のセットサイズは3, 6, 12の3種類があった。目標刺激の有無とセットサイズ条件とも各ブロック内でカウンターバランスがとられた。

## 結果

両方の課題とも目標刺激有り条件の試行のみがデータ分析に取り込まれた。

線分課題の平均反応時間の結果をFigure1(a)で示す。目標刺激(2水準)×セットサイズ(3水準)の被験者内2要因の分散分析の結果、目標刺激( $F(1, 13) = 10.60, p < .01$ )とセットサイズ( $F(2, 26) = 32.90, p < .001$ )の主効果が見られ、セットサイズが小さいほど平均反応時間は早く、そしてShorter Line探索の平均反応時間はLonger Line探索の平均反応時間より早かった。また、2要因間の交互作用も有意であり( $F(2, 26) = 7.00, p < .005$ )、セットサイズが大きくなるほど、Longer Line探索の平均反応時間はShorter Line探索より遅くなった。よって、線分探索課題において、探索非対称性が見られた。

漢数字課題の平均反応時間の結果をFigure1(b)で示す。線分目標刺激(2水準)×セットサイズ(3水準)の被験者内2要因の分散分析の結果、全て有意ではなかった。つまり、漢数字探索課題がLonger Line探索と混ざってもShorter Line探索と混ざっても、両方の平均反応時間の間に有意差がなく、線分探索課題の目標刺激による漢数字探索課題の成績への影響が見られなかった。

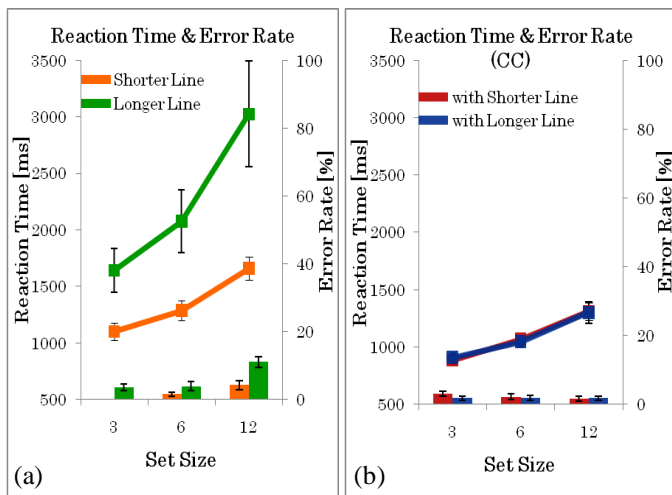


Figure 1. (a) Reaction times and error rates in the line-length search. (b) Reaction times and error rates in the Chinese-character search. Both in (a) and (b), error bars represent  $\pm$  S.E.M. for 14 participants.

## 考察

本研究では、線分の長さの探索課題に漢数字探索課題を加え、課題の切り替えの手法を用いて実験を行い、単一の課題でない場合の線分探索課題における他の課題からの影響を調べた。実験の結果、日本人協力者の

線分探索課題におけるShorter Line探索の探索効率が高くてLonger Line探索の探索効率よりよく、先行研究とは逆方向の探索非対称性が見られた。これは、先行研究の単一課題の場合の結果と大きく異なったことを示した。

これまでの単一課題で報告された探索非対称性は、非常にロバストな現象であった。Saiki, Koike, Takahashi, & Inoue (2005)では目標刺激が予測できない singleton探索課題が用いられた結果、目標刺激が予測できる場合と同様な探索非対称性が見られた。そこで彼らは、探索非対称性の生起が単に刺激駆動的処理メカニズムで説明できると主張した。しかし、それは今回の「逆非対称性」という結果とは矛盾している。たとえ刺激駆動的処理メカニズムだけで単一課題での探索非対称性を説明できたとしても、本研究のように、線分課題が別の探索課題と混ざった場合に見られた「逆非対称性」は、線分刺激以外、別の課題の何かに探索パフォーマンスが影響されることを示唆した。これまで一例も報告されていなかったこの「逆非対称性」は、まだ謎に包まれている新しい現象であるが、未だに定説がない探索非対称性の生起メカニズムの解明に一つ新たな手掛かりを与えていると言えるだろう。

別の課題と混ざったことで、線分探索課題でのパフォーマンスに変化が生じた原因について、様々な可能性が挙げられる。例えば、漢数字課題で用いられた漢字刺激の大きさ或いは複雑さに影響されたのか、または意味のある文字刺激を用いたからなのか、それとも線分の長さのような単純刺激が用いられた視覚探索課題が単一の課題でないときにしばしば起きる一般的な現象なのかなどの可能性である。

今後は、線分探索課題でのパフォーマンスに変化が生じた原因のいくつかの可能性について、実験を考案して更に詳細に検討する必要がある。そして、そのような変化が視覚探索においてどれほどの一般性を持つかをも調べる必要がある。また、「逆非対称性」という新しい現象から、探索非対称性の生起メカニズムに関する新たな知見も期待される。

## 引用文献

- Treisman, A., & Souther, J. (1985). Search asymmetry: a diagnostic for preattentive processing of separable features. *Journal of Experimental Psychology*, **114**(3), 285-310.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature Analysis in Early Vision: Evidence From Search Asymmetries. *Psychological Review*, **95**(1), 15-48.
- 上田祥行・齋木潤・北山忍・Duffy (2005). 探索非対称性と認知様式 ～文化が与える影響と探索非対称性の生起～. *日本心理学会第69回大会論文集*, pp. 509.
- Saiki, J., Koike, T., Takahashi, K., & Inoue, T. (2005). Visual Search Asymmetry With Uncertain Targets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **31**(6), 1274-1287.

# 視聴覚的な発話認知における位置、音韻知覚の共通性

金谷翔子  
横澤一彦

東京大学大学院人文社会系研究科  
東京大学大学院人文社会系研究科

Auditory-visual localization and identification processes, represented in ventriloquism and the McGurk effect, are assumed to involve independent mechanisms. We tested this hypothesis using an audio-visual matching task, in which participants localized one talker (from two faces) and identified his/her speech. Respectively, these judgments reflect ventriloquism and McGurk effect. Variables were spatial discrepancy between sound source and face of congruent stimuli (collocated or separated) and speech syllables (/pa/ versus /ka/). The results showed that spatial discrepancy affected both talker localization and speech identification. Moreover, the outcome of talker localization significantly altered perceived syllables. Certain common properties in perceiving "where" and "what" of a multisensory object were suggested.

Keywords: speech perception, McGurk effect, ventriloquism.

## 問題・目的

音源定位と音韻認知における視聴覚情報の利用を反映する腹話術効果とMcGurk効果は、類似の現象であるにも関わらず、相互独立な機構に基づくものと考えられてきた。Bertelson et al. (1994)は、発話している顔動画と音声刺激の提示位置の空間的距離、また顔動画の正立または倒立が、腹話術効果とMcGurk効果に与える影響を検討した。実験参加者の正面に置かれた一つのモニターと、半円状に配置された複数のスピーカから視聴覚刺激を提示し、知覚された音源位置と音韻の判断を求めたところ、定位の精度は刺激の空間的距離のみに、音韻の判断は顔動画の正倒立のみに規定された。しかしDriver(1996)では視聴覚刺激の空間的關係が音声の選択的聴取の効率に影響を与えていることから、視聴覚的な音源、音韻認知の関係について再検討する必要がある。

腹話術効果は多感覚的なオブジェクトの知覚を反映すると考えられており、よって音源定位と音韻判断を同時に行なうことはすなわち一つのオブジェクトとしての話者の位置、発話内容を認知することに等しい。そこで本研究では一種のマッチング課題を用い、二つの顔動画に加え、複数音源のうち一箇所から発せられる音声刺激を提示した上で、視聴覚情報の起源としての話者とその発話を同時に判断させた。独立変数は同じ音韻を表す視聴覚刺激の空間的位置関係、また音声刺激が表す音韻の種類であった。先行研究からは、それぞれが音源定位と音韻判断を規定することが示されている。一つのオブジェクトとしての話者と発話を認識する状況下で、腹話術効果とMcGurk効果が共通の基盤を持つとすれば、これらの二要因のうち一方または両方が音源と音韻の判断の双方に影響を与えることが予想される。

## 方法

### 実験参加者

20歳から29歳までの日本語母語話者（平均年齢22.9歳）が実験に参加した。

### 刺激と条件

視覚刺激は参加者正面のスクリーンに投影された左右二つの顔動画で、それぞれが/pa/と/ka/を発話しているものだった。聴覚刺激は、左右の視覚刺激のすぐ下に置かれた二つのスピーカのうち片方から発せられた、/pa/または/ka/の音声であった。要因は同じ音韻を表す視聴覚刺激の提示位置（同位置・逆位置）、聴覚刺激が表す音韻の種類（/pa/・/ka/）の二つであった

（Figure 1）。同位置条件では、例えば/pa/を発話している顔動画の下に置かれたスピーカから、/pa/音声提示された。逆位置条件では、例えば/pa/を発話している顔側のスピーカから/ka/音声提示された。聴覚刺激が/pa/の場合は、/pa/と/ka/を発話する二つの顔動画を観察することにより、音韻の錯覚(/ta/)が起こる可能性がある(McGurk効果)。これに対し聴覚刺激が/ka/の場合、日本語母語話者の被験者においては音韻の錯覚が生起しないことが先行研究より示されている(Sekiyama and Tohkura, 1993)。

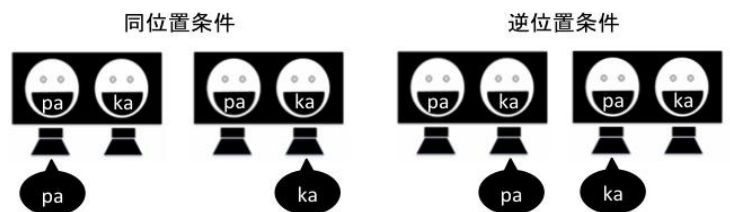


Figure 1. 刺激の提示条件

実験手続き

スクリーンの中央に注視点（100ミリ秒）が現れ、50ミリ秒後に視覚刺激と聴覚刺激が同時に提示された。刺激の提示時間は平均1500ミリ秒であった。参加者は、刺激提示中も注視点の位置（二つの顔動画の間）に視線を固定するよう教示され、これによって二つの顔動画の両方を中心視野で観察した。刺激提示後、どちらの顔刺激が話者と感じられたかについて、左右の二択で回答を求めた。続いて何という音韻を知覚したかについて、/pa/、/ka/、/ta/の三択により回答を求めた。条件は全て一ブロック内でランダム順に繰り返され、実験は全部で288試行であった。

結果

話者の定位において、実際の音源（スピーカ）側を回答した割合を Table 1 に示す。刺激の提示位置（同位置・逆位置）、提示音声（/pa/・/ka/）の二要因分散分析を行ったところ、提示位置の主効果が有意であった [ $F(1, 23) = 35.40, p < .05$ ]。同位置条件に比べ、逆位置条件では非音源側の顔を話者として選択する割合が増加している。また、音韻判断において実際の提示音声と同じ音韻を回答した割合（正答率）を Table 2 に示す。刺激の提示位置（同位置・逆位置）、提示音声（/pa/・/ka/）の二要因分散分析を行ったところ、提示位置の主効果、提示音声の主効果および、それらの交互作用が有意であった [ $F(1, 23) = 29.18, p < .05$ ;  $F(1, 23) = 20.43, p < .05$ ;  $F(1, 23) = 18.57, p < .05$ ]。音韻判断における錯覚は提示音声/pa/においてのみ、また同位置条件よりも逆位置条件において高い頻度で生じた。さらに音声/pa/が提示された試行における音韻判断の正答率について、話者として選択された顔（/pa/・/ka/）を要因としたウィルコクソンの符号順位検定を行った（Table 3）。同位置条件、逆位置条件の両方において、/ka/の顔が選択された場合は/pa/の顔が選択された場合よりも正答率が有意に低下した [ $z = 2.56, p < .05$ ;  $z = 3.28, p < .05$ ]。

Table 1. 音源側の顔を話者と判断した割合(%)

	/pa/	/ka/
同位置条件	0.91	0.92
逆位置条件	0.55	0.57

Table 2. 音韻正答率(%)

	/pa/	/ka/
同位置条件	0.84	0.98
逆位置条件	0.73	0.98

Table 3. 提示音声/pa/に対する音韻正答率

	/pa/(顔)	/ka/(顔)
同位置条件	89.41	55.82
逆位置条件	86.26	56.52

考察

逆位置条件よりも同位置条件において話者の定位がより正確であったこと、また逆位置条件では聴覚刺激と同じ音韻を発話している視覚刺激の側に誤定位する傾向が見られたことは、多感覚オブジェクトの定位における視覚情報の利用すなわち腹話術効果を反映している。しかしこの傾向は提示音声の影響を受けなかった。視覚刺激のみでは/ta/、/ka/の発音を弁別するのが困難であるため、提示音声/pa/に対し/ta/という錯覚が生じた場合は提示される二つの顔がどちらも聴覚刺激と整合するが、提示音声/ka/に対しては必ず/ka/の視覚的発話のみが整合する。このことから、話者定位は最終的に知覚された音韻ではなく物理的に提示された刺激音声と視覚刺激の対応に基づいて行われたと考えられる。音韻判断は聴覚刺激の種類によって規定されるだけでなく、刺激の提示位置条件によっても錯覚の起きやすさが変化した。これは本実験において視聴覚刺激の空間的位置関係が、話者の定位のみならず音韻の判断をも規定していたことを示唆するものである。さらに提示音声/pa/に対し、選択された顔によって知覚音声が有意に異なっていたことから、話者定位の結果が音韻判断に影響を与えたと考えられる。これらの結果は、一つのオブジェクトとしての話者とその発話を認識する状況下で、定位と音韻判断が共通の機構または要因に基づいて行われている可能性を示す。また定位と音韻判断を規定する要因の非対称性は、これらの処理が独立または並列に行われるのではなく、系列的に行われている可能性を示唆するものとも考えられる。

引用文献

Bertelson, P., Vroomen, J., Wiegand, G., & de Gelder, B. (1994). Exploring the relation between McGurk interference and ventriloquism. *Proceedings of the International Conference on Spoken Language Processing* (vol. 2, pp. 559-562). Yokohama.

Driver, J. (1996). Enhancement of selective listening by illusory mislocation of speech sounds due to lip-reading. *Nature*, 381,

Sekiyama, K. & Tohkura, Y. (1993). Inter-language differences in the influences of visual cues in speech perception. *Journal of Phonetics*, 21, 427-444.

# 刺激反応適合性課題中の文脈が 課題無関連情報に基づく反応起動に及ぼす影響

長谷川 国大  
高橋 晋也

名古屋大学大学院環境学研究科  
名古屋大学大学院環境学研究科

hasegawa.kunihiro@f.nagoya-u.jp

Congruency effect in stimulus-response compatibility task is known to be changed by the task context. Recent studies indicated that there are two types of contextual effect: Transient and sustained effect. The present study investigated the effects of transient and sustained contexts on the response activation triggered by the task irrelevant information. Results of experiment 1 showed that the response activation based on the irrelevant information was inhibited by the transient context, while results of experiment 2 showed that the counter-response activation based on the irrelevant information was activated by the sustained context.

Keywords: cognitive control, sequential modulations, stimulus-response compatibility

## 問題・目的

刺激反応適合性課題では、2つの情報を持つ刺激が提示され、一方を無視し他方に対して反応するよう求められる。そして無視する情報（課題無関連情報）が反応すべき情報（課題関連情報）より反応と適合する場合には、これらが一致する事態よりも不一致である事態において反応時間が長くなる（一致度効果）。この一致度効果は実験ブロック内の文脈によって変化し（系列変化）、これは環境文脈に応じた認知処理の適応変化を反映すると考えられている（Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001）。この変化を生じさせる文脈には直前試行の一致度による一過性文脈と、ブロック内の一致試行と不一致試行の出現比率による持続性文脈の2通りがある。これらの文脈効果は不一致試行の経験により課題無関連情報に基づく反応起動の抑制が強化されることで生じるとの考えが有力であるが（Stürmer, Leuthold, Soetens, & Sommer, 2002）、最近の研究では2つの文脈効果が異なる変化を反映する可能性が指摘されている（Funes, Lupiáñez, Humphreys, in press）。そこで本研究では No-Go 試行における false alarm (FA) を指標とし、課題無関連情報に基づく反応起動に一過性文脈と持続性文脈が及ぼす影響を実験 1 及び 2 においてそれぞれ検討した。

## 実験 1

### 方法

10 名が実験に参加した。刺激は直径が視角 1 度の大きさの円で、画面中央から左右どちらかに視角 2 度離れた位置に、赤、緑、灰のいずれかの色で提示された。参加者は円の色をできるだけはやく正確に答えることが求められ、緑色であれば左手、赤色であれば右手でキーを押して反応した。また灰色であった場合にはキーを押さないよう教示された。一致試行（赤色の円が右もしくは緑色の円が左に提示される）が 216、不一致試行（赤色の円が左もしくは緑色の円が右に提示される）が 216、No-Go 試行（灰色の円が右もしくは左に提示される）が 48 の計 480 試行が実施された。

試行順は No-Go 試行が一致試行直後と不一致試行直後に 24 試行ずつ行なわれるよう参加者ごとに組まれた疑似ランダムに基づいて決定された。刺激は注視点が 800 ms 提示された後に提示され、刺激提示後 1000 ms 経過までに反応がなければその時点で、反応があればそれと同時に消失し、次の試行の注視点が提示された。

## 結果と考察

直前試行の試行タイプ別に算出した一致試行と不一致試行の平均反応時間、No-Go 試行における平均 FA 率とその内容を Figure 1 に示す。まず反応時間の分析から、一致試行直後では一致試行よりも不一致試行の方が反応時間が長かった ( $p < .001$ ) が、不一致試行直後では両者に差は見られず、本実験事態における一過性文脈による系列変化が確認された。

続く No-Go 試行における FA 率の分析から、一致試行直後に比べて不一致試行直後の方が FA 率が有意に低いことが示された [ $t(9) = 2.584, p < .05$ ]。No-Go 試行

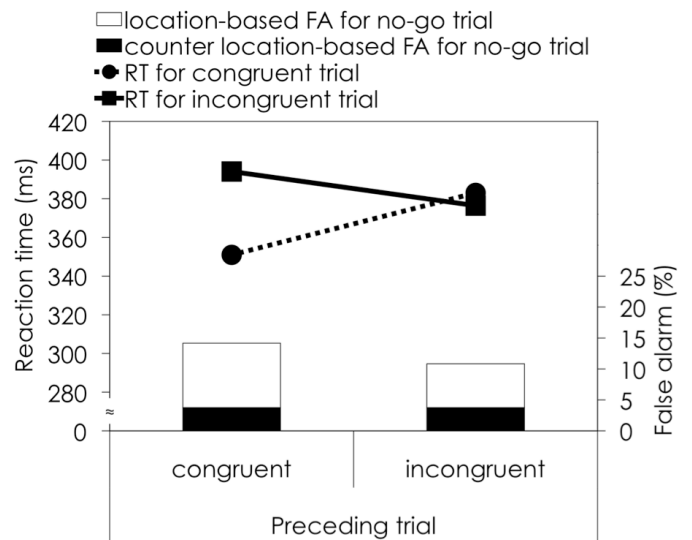


Figure 1. Mean reaction times (RT; in millisecond) and percentages and variations of false alarms (FA) for no-go trial in Experiment 1.

では課題無関連情報を含まない(赤色でも緑色でもない)刺激が提示された。したがってここで生じる FA は課題無関連情報(刺激の提示位置が右か左か)に基づくものと考えられる。そして、もし一過性文脈により課題無関連情報に基づく反応起動の抑制が強化されるのであれば、一致試行直後より不一致試行直後の方が No-Go 試行における FA 率が低くなると考えられたが、本実験結果はこの仮説を支持した。また FA の内容についても分析された。本実験事態における FA には刺激提示位置に基づく反応(順反応:例えば、右側に提示された刺激に対して右手で反応)とその逆の反応(逆反応:例えば、右側に提示された刺激に対して左手で反応)が存在する可能性があった。分析の結果、一致試行直後と不一致試行直後で順反応と逆反応が生じる相対的頻度に差は見られなかった [ $\chi^2(1)=0.930, n.s.$ ].

## 実験 2

### 方法

8 名が実験に参加した。実験 1 とはブロック構成のみが異なっていた。実験 2 では一致ブロックと不一致ブロックの計 2 ブロックが実施された。一致ブロックは一致試行 384, 不一致試行 48, No-Go 試行 48 の計 480 試行, 不一致ブロックは一致試行 48, 不一致試行 384, No-Go 試行 48 の計 480 試行でそれぞれ構成された。ブロック内の試行順は実験 1 と同様に決められ、ブロックの実施順は参加者ごとにランダム化された。

### 結果と考察

一致, 不一致それぞれのブロック別に算出した一致試行と不一致試行の平均反応時間と, No-Go 試行における平均 FA 率とその内容を Figure 2 に示す。まず反応時間の分析から、一致ブロックでは一致試行より

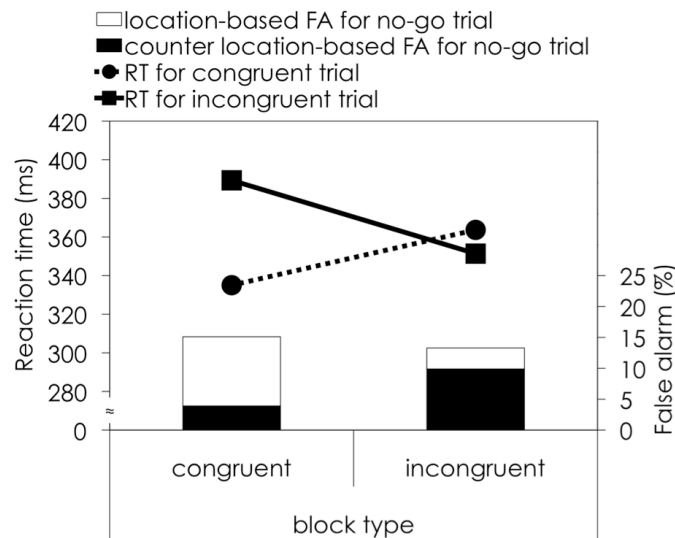


Figure 2. Mean reaction times (RT; in millisecond) and percentages and variations of false alarms (FA) for no-go trial in Experiment 2.

も不一致試行における反応時間が長かった ( $p<.001$ ) のに対し, 不一致ブロックではこの関係が逆転した ( $p<.01$ ). これにより持続性文脈による系列変化が確認された。

一方, 実験 1 の結果と異なり, No-Go 試行における FA 率は一致ブロックと不一致ブロックの間に差は見られず [ $t(7)=1.027, n.s.$ ], この系列変化は無関連反応起動の抑制強化としては説明できなかつた。しかし, 一致ブロックと不一致ブロックでは生起する FA の内容が異なっており [ $\chi^2(1)=6.695, p<.01$ ], 前者では順反応が, 後者では逆反応が多く生起した (どちらも  $p<.05$ )。この結果は課題中の持続的な文脈に基づき, より適応的な新しい適合性が学習され, 利用されたものと解釈できる。つまり, 課題無関連情報に基づいて起動する反応が変化したと考えられる。本研究のような 2 肢選択課題における不一致試行では, 右側の刺激に対して左手といった, 刺激の提示位置と逆側の反応が正反応となる。不一致ブロックでは, 刺激の提示位置とその逆側の反応が頻繁に繰り返されることでその法則性が検出され, 通常とは逆の反応が起動するよう新たな適合性が学習されたことがこの系列変化の生起因と考えられる。

## 結論

実験 1 では一過性文脈が, 実験 2 では持続性文脈がそれぞれ課題無関連情報に基づく反応起動に及ぼす影響が検討された。その結果はこれらの文脈の影響が異なる適応変化を反映するとする Funes et al. (in press) の指摘を支持するものであった。具体的に, 一過性文脈の影響は Stürmer et al. (2002) の指摘どおり, 課題無関連情報に基づく反応起動抑制の強化を反映することが示された。一方, 持続性文脈の影響はこれとは異なり, より適応的な新しい適合性が学習され, これが利用された可能性が示された。

## 引用文献

- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 624-652.
- Funes, M. J., Lupiáñez, J., & Humphreys, G. (in press). Sustained vs. transient cognitive control: Evidence of a behavioral dissociation. *Cognition*.
- Stürmer, B., Leuthold, H., Soetens, E., Schröter, H., & Sommer, W. (2002). Control over location-based response activation in the Simon task: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 28, 1345-1363.

# 因果刺激観察時における行為の活性化に関する検討

光松秀倫

名古屋大学大学院情報科学研究科

ある運動物体が他の物体に接触し、その位置を変化させる動画を観察すると我々は力の作用を知覚する。原来、力とは、人の行為に由来するものであるから、我々は、行為に帰属する概念を比喩的に外的物質世界の事象に用いているという議論が近代以降なされてきた。しかし、現代に至ってもこの議論はほとんど進展していない。本研究では、因果刺激／非因果刺激弁別課題を行い、独立変数として、運動刺激の左右方向と反応手の左右の割り当てを操作した。その結果、因果刺激に対する反応時間は、右手を用いた場合の方が、左手を用いる場合に比べて短かった（実験1、実験3）。一方、非因果刺激の反応時間に手の左右差は見なかった。この結果から、因果印象の生起と行為の活性化との関わりが示唆された。

Keywords: causality, force, generation, S-R compatibility.

## 問題・目的

力の概念が、ニュートン力学の中心的概念として位置づけられた近代以降、イギリスの哲学者（ロック、バークレー、ヒュームなど）たちは、力の概念の起源と比喩の問題に取り組んできた（see Scheerer, 1987, for a historical review）。それらの議論では、力とは本来、人間の意志の作用、或いは触覚に帰属する概念であるため、それを物質世界に用いるのは比喩に過ぎず、比喩では物事の真実を明らかにすることはできないと主張された。19世紀初頭には、ドイツで筋感覚（muscle sense）という概念・用語が発案され、そこに力の起源が求められるようになった。さらに同世紀後半、筋感覚はヘルムホルツによって遠心性（efferent）と求心性（afferent）とに分けて考えられるようになった。

20世紀前半、ベルギーの心理学者ミショットは、右方向に移動する図形（A）が静止している図形（B）に接触して止まり、直後に図形Bが右方向に動き出す視覚刺激を考案し、その観察者には、抗しがたい因果印象が生起することを報告した（Michotte, 1946/63）。

因果関係とは、結果を生成する関係である。視覚刺激を観察して「生成」印象が生起するとしても、「生成」は視覚特徴（色や形など）ではない。「生成」は原来、力を行使する行為に帰属すべき概念である。ミショットの因果刺激から視覚的に知りうるのは、2つのイベント（図形Aの移動停止と図形Bの移動開始）が時空間的に近接していることである。近接関係を知覚処理してから、どのような心理学的プロセスを経ると、生成の印象が生起するのだろうか？それとも、被験者は、刺激に対して「生成」印象を感じておらず、実験で教示された因果関係を比喩として受け入れ、判断結果を報告しているのだろうか？

生成の概念、或いは力の概念が行為に由来するという前提に立つならば、因果刺激の観察によって生成印象が生起するのは、観察時に運動制御系が自動的に活性化されるからと説明することができる。他方、因果印象が視覚内部の処理系の出力ならば、運動制御系は、知覚結果の報告手段という以上の意味を持たない。

本研究では、刺激の因果性（因果刺激、非因果刺激）を弁別する課題を行い、刺激図形の移動方向（左

右）と弁別結果を報告する反応手（左右）を操作した。因果刺激に対して左手で反応する試行と右手で反応する試行で反応時間に差があり、かつ非因果刺激に対してはその差が出現しないならば、因果印象と行為の関わりが存在が示唆される。

## 実験1

### 方法

**刺激** 刺激には、因果刺激と非因果刺激があった。どちらも、グレーの背景（15 x 15 cm）に、白と黒の2つの円図形（1cm）を提示し、一方の図形（B）が画面中心に静止している状態で、端から他方の図形（A）が図形Bに向かって移動した。因果刺激：図形Aが図形Bに接触すると同時に図形Aが停止し、図形Bが同方向に動き出した。非因果刺激：図形Bが終始静止した状態で、図形Aが端から端まで移動した。

**課題** 提示された刺激が因果刺激と非因果刺激のどちらであったかをキー押し（左手で「Z」、右手で「/」キーを押す）によって報告した。

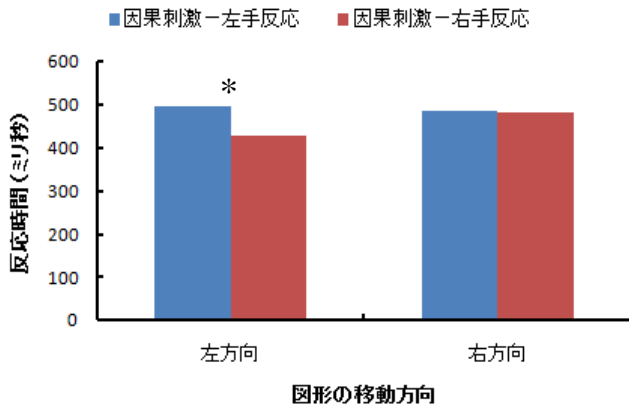
**要因計画** 被験者内要因：刺激の因果性（因果刺激、非因果刺激）×図形の移動方向（左右）×因果刺激・非因果刺激に対する反応手（それぞれ左右か右左）。

**被験者** 大学院生9名

### 結果と考察

反応時間の結果を図に示す。因果刺激提示条件において、図形が左に移動した刺激で、右手を因果刺激の報告に割り当てた試行の反応時間は、左手を割り当てた試行の反応時間よりも短かった、 $t(8)=2.5, p<0.05$ （右手反応促進効果）。しかし、図形が右に移動した刺激では、反応手が左であるかどうかは、反応時間に影響しなかった。非因果刺激提示においては、図形の移動方向にかかわらず促進効果は見られなかった。左方向条件で、右手の反応が活性化したのは、右手が、移動方向に対してではなく、図形接触時の力の反作用方向（右方向）に対して共鳴したからと考えられた。しかし、そうならば、右方向条件では、左手反応が活性化されるはずであった。

## 因果刺激提示条件



## 非因果刺激提示条件

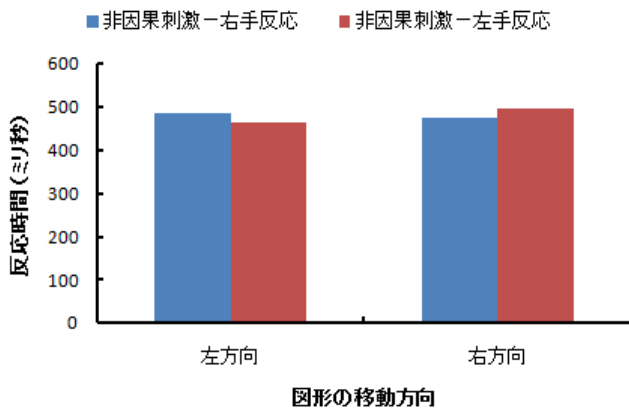


図. 実験 1 の結果

## 実験 2

Nishimura & Yokosawa (2006)は、反応入力装置を身体の外側に移動すると、刺激反応適合性効果が逆転することを報告した。実験 2 では、反応入力装置を身体の外側に移動させることで、実験 1 では生じなかった左手の反応促進を誘導できるかどうかを調べた。

## 方法

反応装置を身体の外側から左、或いは右に30cmずらした以外には実験 1 と同じである。

## 結果と考察

因果刺激提示条件：反応装置を右側に置いた環境では、移動が右方向の刺激に対する左手反応の促進効果が出現した、 $t(11)=2.52, p<0.01$ 。反応装置を左に置いた環境では、反応手の効果は見られなかった。

非因果刺激提示条件：反応入力装置の位置にかかわらず、反応手の効果は見られなかった。

実験 2 で左手の促進効果が出現したことから、促進が右手の反応に限定的でないことが明らかになったが、

逆に、実験 1 で見られた、左方向刺激に対する右手の反応の促進効果がなぜ消失したのかは不明である。

## 実験 3

実験 2 で、画面が身体の外側にあるにもかかわらず反応装置だけ左右に移動したことは、課題中の姿勢を不自然にさせた。実験 3 では画面と入力装置の配置は実験 2 と同一のまま、身体を入力装置と同じ位置にした。この操作により、実験 1 で生じたものの、実験 2 では消失した右手の反応促進効果が再び生起することが期待された。

## 方法

反応装置と身体を画面に対して、左、或いは右に30cm移動したこと以外は実験 1 と同じである。

## 結果と考察

因果刺激提示条件：身体・反応装置が画面の右側に位置した環境では、左方向の刺激に対する右手反応の促進効果と、右方向の刺激に対する左手反応の促進効果の両方が生起した、 $t(7)=2.3, p<0.05, t(7)=2.8, p<0.05$ 。身体が左側にある環境では、左方向の刺激に対する右手反応の促進効果のみ見られた、 $t(7)=2.3, p<0.05$ 。

非因果刺激提示条件：身体の位置にかかわらず、反応手の効果は見られなかった。

実験 1 で生起し、実験 2 で消失した左方向の刺激に対する右手反応の促進効果が、身体の位置に関係なく再び生起した。左手の促進効果は、実験 2 と同様、反応装置が右側にある環境でのみ生起した。

## 総合考察

1) 視覚的衝突の知覚は、視覚系だけでなく運動制御系も含めたドメイン間相互作用によって生起する。

2) 行為は、力の反作用方向という見えない特徴に対して共鳴する（刺激反応適合性効果）。3) 反応時間が促進したことは、運動制御系の遠心性の経路の関与を示している（求心性ではない）。4) 右手の反応の促進効果は比較的頑健であるが、左手の反応の促進効果は、画面と身体・手との位置関係に依存する。

## 引用文献

- Michotte, A. (1946/63). The perception of causality. New York, Basic Books.
- Nishimura, A. and Yokosawa, K. (2006). Orthogonal stimulus-response compatibility effects emerge even when the stimulus position is task irrelevant. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 1021-1032.
- Scheerer, E. (1987). Muscle sense and Innervation feelings: A chapter in the history of perception and action. In H. Heuer and A. Sanders, F. Hillsdale (Eds.), *Perspectives on perception and action*. (171-194). New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.



# 先行提示探索における意味抑制とその自動性

正田 真利恵 お茶の水女子大学大学院人間文化創成化学研究科

marieshoda@gmail.com

石口 彰 お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科人間科学系

We conducted two experiments to examine the occurrence of semantic inhibition and its automaticity in preview search. In preview search condition, half of distracters were presented first. When inhibition arise based on some kind of category, the search should be difficult when target and previewed stimuli belong to the same category (category based negative carryover: Shoda & Nagai, 2008). Semantic inhibition was occurred without the aid of shape similarity (Ex 1: Animals and tools were used as stimuli). There was also shape based inhibition, only when previewed stimuli's similarity was high (Ex 2: Only animals were used). When we compared two experiments, Ex 2 was rather difficult and from this result, the automaticity of semantic inhibition was suggested.

Keywords: semantic inhibition, shape based inhibition, category based negative carry over, preview search.

## 問題・目的

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と、探索が容易になる（先行提示効果, Watson & Humphreys, 1997）。この現象は、日常物体の線画を刺激として用いた場合にも生じる（正田・永井, 2008）。

正田・永井（2008）は、先の実験において、先行刺激と目標刺激が同カテゴリーの場合に、先行提示効果が減衰することを報告した（カテゴリーに基づく負の持ち越し）。本現象により、先行刺激のカテゴリー情報に対して、抑制が生じていたことが明らかになった。加えて、先行刺激に対して生じた抑制が、共通カテゴリーを通して、後続刺激へ一般化した可能性があった。

その一方でカテゴリー抑制が、意味抑制と同義であるかに関しては不明確なままである。そこで本研究では、意味および形態情報に基づき、負の持ち越しが生じるか、加えて、意味抑制の生起の自動性を検証した。

## 共通方法

**刺激** 永井・横澤（2006）に基づき、親近さ・複雑さが同等の刺激をSnodgrass & Vanderwart（1980）から選出した。その上で、相関法を用いて、形態の類似性を算出した。実験1では、形態的類似性が同等の動物刺激と道具刺激を用いた。対して実験2では、類似性が異なる2群の動物刺激を使用した。

**課題** 刺激提示方法は以下の通りである。注視点提示後、半数の妨害刺激が、先行刺激として1秒間提示された。その後、残りの刺激が追加提示された。目標刺激は必ず、後続刺激として提示された。なお参加者には、先行刺激を無視するように教示した。

先行刺激は、全て同一グループに属していた。一方の後続刺激では、半数は先行刺激と同グループに属したが、残り半数は異グループに属した。目標刺激は同グループの場合と異グループの場合とがあった。

**実験計画** 各実験とも、先行刺激のカテゴリー×目標刺激（同・異）×項目数（12・16・20）の3要因参加者内計画であった。先行刺激のカテゴリーはブロック間で設定した。

## 実験 1

日常物体の線画を用いた先行提示条件において、意味抑制が生じるかを検証した。意味抑制が生じるならば、同カテゴリー条件において反応時間が増加すると予測された。

### 方法

9名の学生が実験に参加した。なお刺激は、形態的類似性が同等の動物刺激と、道具刺激を用いた。

### 結果と考察

反応時間の結果をFigure 1に示す。統計的検定時には、ローデータに対して、対数変換を施したものを使用した。先行刺激のカテゴリーごとに、目標刺激のカテゴリー×セットサイズの分散分析（2×3）を行った。分析の結果、先行刺激のカテゴリーによらず、目標刺激の主効果が有意になった（先行刺激（動物）:  $F(1, 8) = 76.87, p < .01$ ; 先行刺激（道具）:  $F(1, 8) = 13.36, p < .01$ ）。したがって同カテゴリー条件において、反応時間が有意に増加した。以上より、先行刺激によらず、意味に基づく負の持ち越しが生起した。

また2要因交互作用が有意ではなかったため（先行刺激（動物）:  $F(2, 16) = 1.92$ ; 先行刺激（道具）:  $F(2, 16) = 1.28$ ），意味抑制が、一貫して先行提示探索に影響を与えていたことが推測された。

## 実験 2

グループ化に際して、形態情報のみが利用できる場合に、形態情報に基づく負の持ち越しが生じるかを検証した。

### 方法

7名の学生が参加した。刺激は動物刺激のみとし、形態的類似性が低い刺激群（A群）と、類似性が高い刺激群（B群）とに分けた。なおA群と、実験1で使用した動物刺激は一致していた。

結果と考察

結果をFigure 2に示す。実験途中で参加を辞退した者や、コンピュータの誤作動が生じた者を分析対象から除外し、実験1と同様の分析 (2×3) を行った。

B群の刺激が先行刺激となった場合に限り、目標刺激の主効果が有意になった ( $F(1, 6) = 11.72, p < .05$ )。一方、先行刺激がA群の場合には、目標刺激の主効果が有意になることはなかった ( $F(1, 5) = 0.92$ )。

先行刺激の形態的類似性が高い場合に限り、形態情報に基づく負の持ち越しが有意に生じた。それゆえ形態抑制が、先行刺激の形態的類似性に影響されることが明らかになった。しかしながら、形態的類似性が低いA群が先行刺激となった場合に、探索が容易な多数群刺激 (先行刺激と同グループに属する刺激) から探索しようとする方略の影響がみられなかった。それゆえ先行刺激に対する抑制が、探索方略に拮抗するために十分な程度まで、生じていたことが明らかになった。

実験 1 と 実験 2 の比較

実験1と2の結果を比較し、課題遂行と無関連であっても、意味抑制が生じるかを検証した。

実験1 (先行刺激：動物) と、実験2 (先行刺激：A群) の反応時間を比較した。両実験の先行刺激は同一であった。それゆえ、意味抑制が実験2において生起しない場合には、両実験間に違いは見られないだろうと予測された。分析は、実験 (1・2) × 目標刺激 × 項目数の3要因分散分析 (2×2×3) であった。

分析の結果、実験の主効果が有意になり ( $F(1, 13) = 12.50, p < .01$ )、実験2において、反応時間が有意に増加した。それゆえ先行刺激の意味情報が、実験2において自動的に抽出され、かつ、その抑制が後続刺激に対して般化した可能性があった。

総合考察

実験1では、意味情報のみが刺激グループ化時に使用できる場合に、意味に基づく負の持ち越しが生じるかを検証した。その結果、先行刺激によらず意味に基づく負の持ち越しが有意に生じた。これにより、先行提示探索において、意味抑制が生起することが明らかになった。

また実験2では、形態情報に基づく負の持ち越しを検証した。先行刺激の形態的類似性が高い場合に限り、負の持ち越しが有意に生じた。その一方で、先行刺激の類似性が低い場合には、目標刺激による違いが見られなかった。それゆえ、形態情報に基づく探索方略を干渉できる程度には、抑制が生じていたと推測された。

最後に目標刺激に関わらず、実験2において反応時間が増加した。したがって意味抑制は自動的に生起していたと考えられた。それに加えて、実験2では負の持ち越しが一貫して生じることがなかった。以上より、形態抑制と意味抑制が、認知資源を共有していた可能性があった。同様の結果は、単語刺激を用いた復帰の抑制課題に関する研究からも得られている (Fuentes, Vivas, & Humphreys, 1999)。今後は、現象を越えて、意味情報といった高次な情報に基づく抑制と、形態な

どの低次な情報に基づく抑制との関係を検証していくことが必要である。

引用文献

Fuentes, J. L., Vivas, A. B., & Humphreys, G. W. (1999). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **24**, 1114-1126.

永井淳一・横澤一彦 (2006). 日本心理学会第 70 回大会発表論文集, 750.

正田真利恵・永井淳一 (2008). 基礎心理学研究, **27**, 170.

Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **6**, 174-215.

Watson, D. G., & Humphreys, G. W. (1997). *Psychological review*, **104**, 90-122.

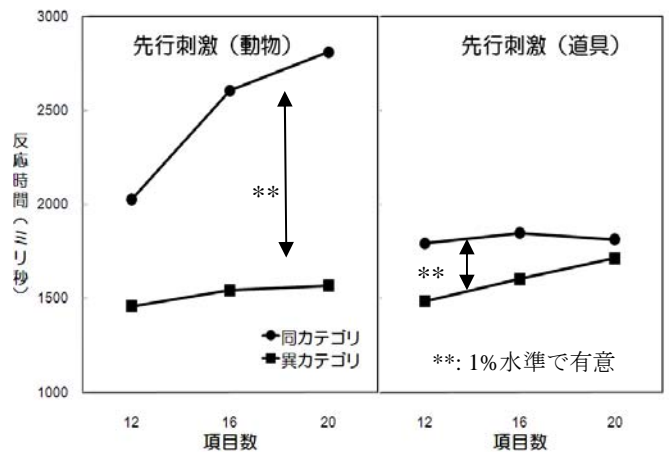


Figure 1. Reaction times (ms) of each condition in Ex 1

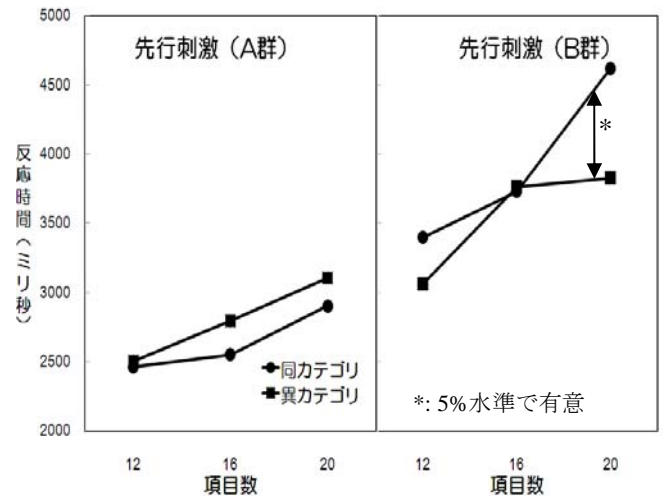


Figure 2. Reaction times (ms) of each condition in Ex 2

# 三次元物体学習過程に依存した眼球運動の変化

上田 祥行

京都大学人間・環境学研究所  
日本学術振興会

ueda@cv.jinkan.kyoto-u.ac.jp

齋木 潤

京都大学人間・環境学研究所

In the 3-D object recognition task, the patterns of eye movements during the learning phase were different depending on the encoding strategy. In order to reveal the temporal process of 3-D object encoding, we measured eye movements during 3-D object learning repeatedly. In experiment, participants were assigned to either the rotation or non-rotation condition. An unfamiliar 3-D object was presented for 10 seconds at the study phase, during which participants' eye movements were recorded. In the beginning of experiment, participants fixated the center of components of objects more frequently in the rotation condition, suggesting that objects were encoded more categorically. The proportions of global saccade were the same at first, but, after a few trials, they changed depending on the test condition. In the beginning of a trial, the arising proportion of global saccade was significantly higher in the rotation condition than in the non-rotation condition. These results suggest that participants may encode 3-D objects more categorically in the rotation condition, and after a few trials they made detailed representations based on stored information.

Keywords: 3-D object recognition, eye movement, volume-based encoding, image-based encoding.

## 問題・目的

我々は新奇な三次元物体であっても、比較的短時間の学習によって、視点に関係なく同一物体であるかどうかを判断することが可能になる。新奇物体を初めて見たときからこのような判断ができるようになるまでに、観察者が持つ内的な物体表象がどのように変化しているのかは明らかになっていない。我々は、どのような学習過程を経ることで物体の視点独立的な認識を可能にしているのだろうか。

三次元物体の認識は知覚した物体と記憶に蓄えられた物体の表象を統合することで行われると考えられている(Bülthoff & Edelman, 1992)。観察者は、内的な物体表象に不完全な部分があればその部分を重点的に学習することで、その物体に関してより精緻な内的表象を得ていることが推測される。

本研究の目的は、三次元物体学習中の眼球運動の測定を通じて観察者が得た物体の情報を推定し、三次元物体の学習がどのように進んでいくのかを検討することであった。これを達成するために、実験では三次元物体が様々な視点から呈示され、物体の三次元的な表象が必要となる回転条件と、常に同じ視点から呈示され、物体の二次元イメージの学習のみが必要となる無回転条件の二つの状況における物体の学習再認課題を行い、学習中の協力者の眼球運動の変化を測定した。

三次元物体学習中の眼球運動のパターンは観察者の学習ストラテジーを反映していることが示唆されている(Ueda & Saiki, under review)。特に物体を構成するコンポーネントに関して、それらのカテゴリカルな情報を取得する場合にはコンポーネントの中心を見る傾向がある。また、跳躍距離の長いサッカーボール運動は物体全体を概観している運動であると考えられている(e.g. Zangemeister, Sherman, & Stark, 1995)。本研究では、このような眼球運動のパターンに焦点をあて、三次元物

体の学習が時系列的にどのように変化していくのかを検討した。

## 方法

**実験協力者** 京都大学の大学生および大学院生8名が実験に参加した。協力者はランダムに回転もしくは無回転条件に割り当てられた。

**刺激** 4種類の新奇な三次元物体をBlender(<http://www.blender3d.org/cms/Home.2.0.html>)を用いて作成した。それぞれの物体は4種類のGeon (Biederman, 1987)で構成されており、各物体におけるコンポーネントの空間関係はすべて同一であった。それぞれの物体に対して妨害刺激として、コンポーネントのカテゴリーや接合の空間関係を保ったまま量的な変化が施された物体が3種類と、これらが変わるように量的な変化が施された物体が3種類作成された。刺激の大きさは視角にして縦11°-15°、横18°-22°であった。

**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、モニタの中央に学習物体が10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。再認時には学習と同様に、モニタの左右端のどちらかに注視点が2秒間呈示され、注視点の消失後にテスト物体が1秒間呈示された。回転条件では、テスト物体が学習と同じ視点あるいは様々な異なった視点からランダムに呈示され、無回転条件では、テスト物体は常に学習と同じ視点から呈示された。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。学習時には物体は常に同じ視点から呈示され、協力者が途中で自由に学習を打ち切ることも可能であった。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

学習物体と質的もしくは量的に異なった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、それぞれの学習物体において直近6試行の正答率が100%になった時点でその物体の学習が完了したものとした。実験は全ての物体の学習が完了するか、各物体で75試行が行われた時点で打ち切りとした。このため、理論上は最大で計300試行が行われる可能性があった。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

分析では、80ms以下の短い停留点は除外された。学習は回転条件では平均36.9試行、無回転条件では18.1試行で終了した。

各物体の1-3回目の学習における、停留点から物体を構成するコンポーネントの中心までの距離の時系列的な推移をFigure 1に示す。各物体の1-3回目の学習では、いずれにおいても25回以上の停留が見られたことから、1-25回目までの停留においてANOVAを用いて検定を行った。その結果、回転条件では、無回転条件よりもより頻繁にコンポーネントの中心が見られていたことが示された( $F(1,6) = 4.97, p < .10$ )。これは、学習の初期の段階において、回転条件でよりカテゴリカルな物体の記録を行っていたことを示唆している。

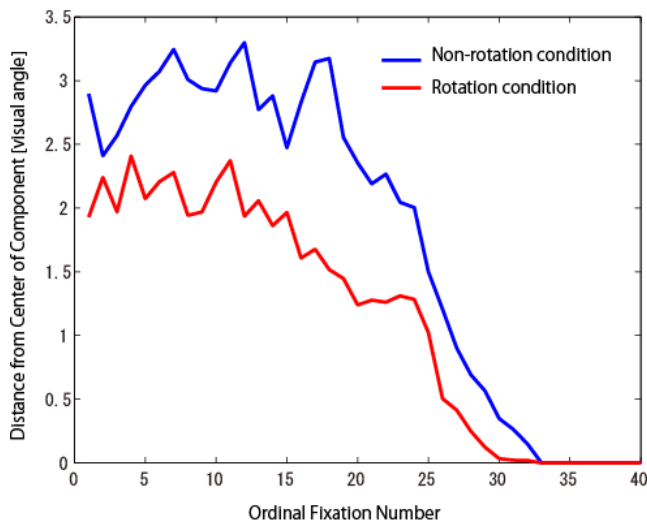


Figure 1. The distance from fixation locations to the center of components in 1<sup>st</sup>- 3<sup>rd</sup> trial. The blue plot indicates the non-rotation condition, and the red plot indicates the rotation condition.

次に、物体全体を概観するような運動がどのように推移したのかを調べた。コンポーネントの中心間距離の最小値の半分よりも大きなサッカードが行われた割合をFigure 2に示す。コンポーネントの中心間距離の半分よりも大きなサッカードはコンポーネント間を移動する動きであり、物体全体を概観していると考えられる。Figure 2Aは学習の初期段階である各物体の1-3回目の学習における長距離サッカードの割合を示して

おり、Figure 2Bでは正答率が上昇し、少し学習が進んだ状態である6-8回目の学習における長距離サッカードの割合を示している。各試行の1-20回目までのサッカードにおいてANOVAを用いた検定を行ったところ、1-3回目の試行における長距離サッカードの割合に有意な回転条件の差は見られなかったが( $F(1,6) < 1, n.s.$ )、6-8回目の試行では回転条件とサッカード数の間に交互作用が見られ( $F(19,114) = 1.50, p < .10$ )、試行開始直後のサッカードにおいて回転条件の方が無回転条件よりも長距離サッカードの割合が有意に大きかった。これは、ある程度の学習が進んだ後、回転条件では、各試行の最初に物体を概観する運動が起こっていることを示唆している。

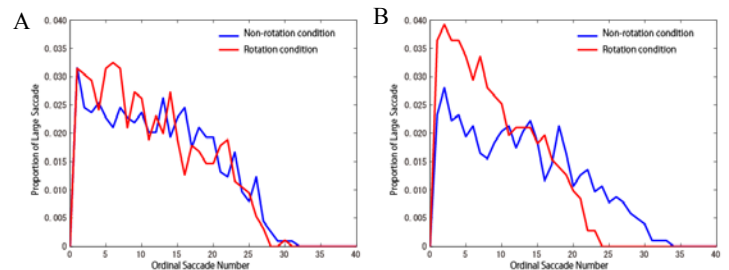


Figure 2. The arising proportion of large saccades in 1<sup>st</sup>-3<sup>rd</sup> trial (A) and 6<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> trial (B). The blue plot indicates the non-rotation condition, and the red plot indicates the rotation condition.

## 考察

本研究では、三次元物体の学習過程を明らかにするために、新奇な三次元物体を繰り返し学習し、学習中の眼球運動を測定した。物体の三次元的な表象が必要になると考えられる回転条件と二次元イメージのみが必要である無回転条件での眼球運動を比較したところ、回転条件では学習過程の初期の段階でコンポーネントの中心付近により頻繁に停留しており、学習が進んだ状態では物体を概観するような眼球運動が試行の最初に見られるようになった。これに対して、無回転条件では、学習過程の初期でも学習が進んだ後も大きなサッカードが起こる割合に変化は見られなかった。これらの結果は、回転条件では無回転条件に比べて、コンポーネントを中心とした表象を作成していることを示唆している。また、このような表象が学習の早い段階で作られていることも示唆している。

## 引用文献

- Bülthoff, H. H., & Edelman, S. (1992). Psychological Support for a 2D view interpolation theory of object recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **89**, 60-64.
- Ueda, Y., & Saiki, J. (under review). Distinct 3-D object encoding strategies for intra- and inter-modal recognition as revealed by the spatial distribution of fixations.

# 物体方向の判断における環境中心参照枠の影響

新美 亮輔

渡邊 克巳

東京大学先端科学技術研究センター  
日本学術振興会  
東京大学先端科学技術研究センター  
産業技術総合研究所  
科学技術振興機構

When an observer determines depth-orientation of an object, does the environmental reference frame (e.g., table, room) affect the perceived object orientation? We asked the participants to evaluate the depth-orientation of common objects surrounded by everyday environment. When the environmental orientation was slightly misaligned with the object orientation such that the discrepancy was difficult to detect, the perceived object orientation was biased toward the environmental orientation. The result suggests that environmental reference frame can affect the observer-centered visual perception of 3D objects.

Keywords: object recognition, object orientation, reference frame, depth rotation, vision.

## 目的

複雑な情景を理解するには、そこにある物体が何であるかを同定するだけではなく、その物体が自分に対してどのような方向を向いているか(前, 横, 斜めなど)を認識しなければならないことも多い。物体方向の認識とは、視線を基準とした観察者中心座標系に物体を位置づけることである。何もない灰色背景上に提示された物体像を観察し、物体方向を評定する実験を行った先行研究では、知覚された物体方向は必ずしも物理的に正確ではなく、正面との差が強調されるバイアスがあることがわかった (Niimi & Yokosawa, 2009)。例えば右斜め27°の物体方向は、40°程度に評定された。しかし日常生活の中では、物体は単独で観察されるよりも、環境の一部として観察されることが多い。したがって、物体方向の知覚には環境中心座標系の影響もあることが予想される。例えば上記先行研

究で見られたバイアスは、豊かな奥行き手がかりを持つ周囲の情景がなかったために物体方向知覚が不正確になっただけかも知れない。本研究では、明瞭な環境中心参照枠の存在下で先行研究と同様の物体方向評定実験を行ない、環境中心参照枠の影響を検討した。

## 方法

**参加者。** 18名が実験に参加した。2名は誤答（実際の物体方向より45度以上異なる方向の回答）が全試行の10%を超えたため分析から除外した。残り16名の年齢は18~23歳（平均20.3）だった。

**刺激。** 物体は自然な前後方向が明白な日常物体18種を用いた。環境は6種（屋内3, 屋外3）を用いた。いずれも、部屋の壁や直線状の道路などによって方向が明瞭に認識できるものだった。物体・環境ともにさまざまな方向での像を市販の3Dソフトウェアによってレンダリングし、刺激画像に用いた。画像はすべてカ

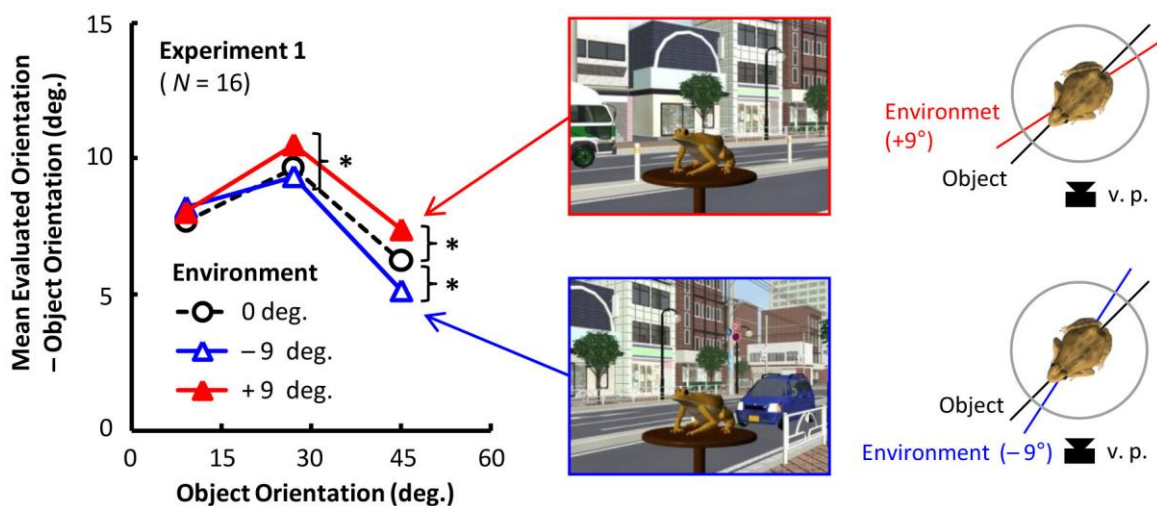


Figure 1. The graph shows the result from trials with environment (-9, 0, or +9 deg. relative to the object) in Experiment 1. When the object orientation was 45 degrees, evaluated orientation of object with slightly misaligned (+/- 9 deg.) environment was significantly deviated from the evaluated orientation of object with aligned (0 deg.) environment.

ラーとした。各試行では、環境画像上に物体画像が合成されて参加者に提示された (Figure 1)。なお、物体は必ずテーブル上に置かれていた。物体方向は、正面を0°とし、左右それぞれ9, 27, 45°を用いた。環境方向は、これら物体方向に対してそれぞれ-18, -9, 0, +9, +18°を加えた方向を用いた。なおここで正の値は環境方向が物体方向よりも正面から離れていることを、負の値は環境方向が物体方向よりも正面に近づいていることを表している (Figure 1を参照)。

**手続き。** 独立変数は上記の3種の環境方向 (物体方向に対して) だった。また、統制条件として環境がなく物体像が単独で灰色背景上に提示される無環境条件も加えた。参加者の課題は、刺激画像中の物体の方向を評定し、手元に水平に置かれた別のディスプレイ上に表示された円盤をマウス操作で回転させてその方向を回答することだった。回答に時間制限はなく、できるだけ正確に回答するよう教示した。この反応方法および装置は先行研究 (Niimi & Yokosawa, 2009) に準じている。従属変数は、評定された物体方向から実際の物体方向を減じた値、すなわち評定方向の誤差とした。物体の種類や物体方向、環境方向はランダムな順で各試行に割り当てられた。

## 結果

評定された方向が実際の物体方向より45°以上離れていた試行は誤答として分析から除外した。物体方向ごとに、平均評定方向誤差を算出した。なお、物体方向および環境方向が左右反転して同じになる条件は同じものとみなし、結果を合算した (例えば、物体方向が右45°で環境方向が+9°の条件は、物体方向が左45°で環境方向が+9°の条件と同一である)。いずれの条件でも平均評定方向誤差は見られ、先行研究と同じく、物体方向はより正面から離れているように評定されていた (Figure 1)。9°や45°よりも27°で誤差が大きくなるという傾向も、先行研究と同様だった。

次に、環境中心参照枠の付加そのものが結果に与える影響を検討するため、無環境条件の結果と環境方向0°の条件の結果を比較した (Figure 2)。環境の有無×物体方向 (3水準) の2要因分散分析 (対応あり) を行なったところ、環境の有無の主効果は有意でなかった ( $F(1, 15) < 1$ )。単に環境中心参照枠が付加されても、物体方向知覚には影響がなかったと言える。

では環境方向が物体方向とずれている場合 (環境方向+/- 9, 18°の条件) はどうだろうか。環境方向が18°で、比較的明白に物体方向と異なっている場合には、結果は環境方向0°と大きく違わなかった。しかし環境方向が9°で、その物体方向とのずれが比較的小さい場合には、環境方向の影響が見られた (Figure 1)。環境方向 (-9, 0, +9°) ×物体方向の2要因分散分析 (対応あり) を行なったところ、環境方向の主効果だけでなく交互作用も有意となった (いずれも  $p < .01$ )。交互作用に表れているように、環境方向の効果は物体方向9°では見られないが45°では顕著だった。物体方向45°のとき、評定された物体方向は、物体方向に対する環境方向のずれと同じ方向にずれていた。すなわ

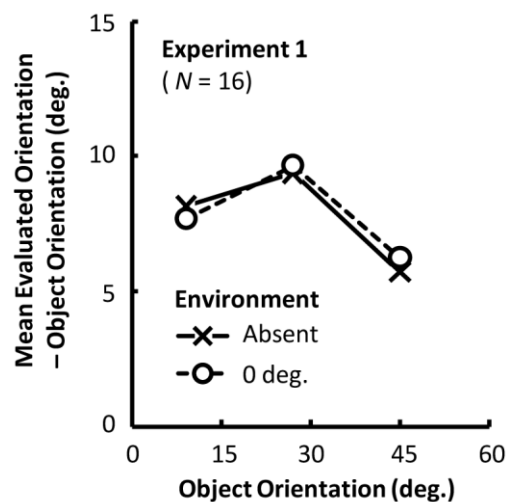


Figure 2. Results of environment-absent condition (i.e., object on gray background) and 0 deg. environment condition. The addition of environmental reference frame showed no effect on the perceived object orientations.

ち、知覚された物体方向が、環境方向に引きずられるような効果が表れていたと言える。

## 考察

物体方向知覚は、単に環境中心参照枠が付与されるだけでは変化しなかった。観察者中心参照枠と一致した (つまり、正面方向の) 環境中心参照枠を付与した条件で同じ課題を行なった予備実験でも、評定された物体方向は無環境条件と変わらなかった。

一方で、物体方向と環境方向が近いときには環境中心参照枠の影響が出ることがわかった。この効果は物体方向45°の条件で顕著だったが、正面に近い物体方向より45°の物体方向の方が方向知覚は不正確で精度が低いことがわかっており (Niimi & Yokosawa, 2008)、またこの効果が環境方向と物体方向のずれが大きい (18°) 条件で見られなかったことも併せて考えると、環境方向と物体方向が区別しにくい状況ほど物体方向知覚は環境中心参照枠の影響を受けやすいということが示唆される。物体方向知覚とは、観察者中心参照枠と物体中心参照枠の間の換算を行なう処理でもある。環境中心参照枠が物体中心参照枠に近いが少しずれている場合、両者は明確には区別されずに混同されてしまい、そのため物体方向の評定が環境方向に引きずられてしまったのではないかと考えられる。

## 引用文献

- Niimi, R., & Yokosawa, K. (2008). Determining the orientation of depth-rotated familiar objects. *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*, 208-214.
- Niimi, R., & Yokosawa, K. (2009). Three-quarter views are subjectively good because object orientation is uncertain. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*, 289-294.

# 聴覚の交差・反発現象

安原 秀和  
本郷 由希  
喜多 伸一

神戸大学文学部人文学科心理学専修  
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 examined whether the streaming/bouncing phenomenon in vision would exist in audition. In vision, two identical stimuli that approach, coincide, and depart from each other are perceived as if either streaming or bouncing. However, when a brief sound was presented at the point where the two visual stimuli coincide, rates of the bouncing perception increase (Sekuler, Sekuler & Lau, 1997). To investigate whether this phenomenon existed in audition, we replaced these visual stimuli with auditory stimuli and created the mixture of frequency in an ascending and descending tone that could be perceived as if either streaming or bouncing. The experimental condition conducted a different brief sound from frequency in both ascending and descending tones when the two tones crossed, whereas the control condition did not conduct sound. As a result, a brief sound increased rates of the bouncing perception, which the direction of pitch switched in the mid-course, and decreased rates of the streaming perception, which the direction of pitch stayed constantly. These findings indicate that the change of the perceptual organization by other events is common in vision and audition.

Keywords: perceptual organization, streaming/bouncing phenomenon, auditory sense.

## 問題・目的

本研究では視覚で確認されている交差・反発現象が聴覚においても存在するかどうかを検証する。それによって、別事象の提示による知覚の体制化の変化が感覚モダリティ間に共通した規則であるかどうかを調べる。

視覚では形が同じ2つの物体が互いに接近し、重なり、再び離れる運動刺激は2物体が交差あるいは反発するという2通りの解釈が可能である。しかし2物体が重なる時点で音を提示すると知覚の体制化が変化し、反発して知覚されやすくなる(Sekuler, Sekuler & Lau, 1997)。

聴覚の場合、時間とともに音の高さが高くなる音(上昇音)と低くなる音(下降音)の組み合わせると視覚と同様の多義的な刺激を作成できる。しかし別事象の効果は、交差から反発への一方向的なものなので、交差して聞こえやすい刺激を作成する必要がある。そこで McPherson, Ciocca, & Bregman (1994)で使われた聴覚刺激のように時間内で周波数がどの程度変化するか割合(音高の変化率)が上昇音と下降音との間で互いに異なる刺激を使用した。

McPherson et al., (1994)では上昇音と下降音の組み合わせは、視覚と同様に「交差」と「反発」の二者択一で実験されてきた。しかし聴覚では交差と反発が混ざった知覚が生じている可能性がある。そして聴覚刺激が実際にどのように聞こえたかは調べられていないので、実験の方法が適切であるかどうかは分からない。そこで本研究では始めに現象観察を行い、どのような課題が心理物理学実験において適切であるかを明らかにするため、上昇音と下降音の組み合わせが実際にどのように聞こえているかを調べた。次に心理物理学実験を行い、別事象の提示が知覚の体制化に与える影響を定量的に検討した。

## 現象観察

### 方法

**刺激とデザイン** 上昇音と下降音の組み合わせがどのように聞こえるかを調べるため、上昇音3種類(500-2000Hz, 659-1515Hz, 870-1148Hz)と下降音3種類(2000-500Hz, 1515-659Hz, 1148-870Hz)の組み合わせを合計9種類設定した。聴覚刺激は指数関数的に周波数が変化した。持続時間は2secで、全ての上昇音と下降音は必ず1secの時点で1000Hzとなった。別事象の提示が聴覚刺激の聞こえ方に与える影響を調べるため、別事象なし条件、別事象あり条件の2つを設定した。別事象あり条件では上昇音と下降音が交差するところに950Hzと1050Hzの音を加えた(持続時間100ms)。

**実験参加者** 健康な聴力を有する大学生および大学院生 14名が実験に参加した。

**課題** 音高の変化率が様々に異なる上昇音と下降音を組み合わせた聴覚刺激を聞いて、その音がどのように聞こえたかを図と文章で解答用紙に報告した。

### 結果

現象観察の結果、上昇音と下降音の組み合わせの中には「交差」や「反発」だけでなく、両方が混ざった知覚が生じていることがわかった。しかし本実験で使用した聴覚刺激の聞こえ方は、音の高さの変化方向が一定のもの(交差成分)と、音の高さの変化方向が途中で切りかわるもの(反発成分)の2つの構成要素の組み合わせで表現できることが分かった。

## 心理物理学実験

現象観察の結果、上昇音と下降音の組み合わせの知覚は交差成分と反発成分の2つの構成要素の組み合わせで示せることがわかった。そこで次の実験では、別

事象が知覚の体制化に与える影響について、「交差」「反発」の二者択一は適当ではないため、交差成分または反発成分を使用して調べた。

方法

**刺激とデザイン** 音高の変化率が知覚の体制化に与える影響を調べるため、500Hzから2000Hzまで変化する上昇音、または2000Hzから500Hzまで変化する下降音を基準として、基準とした上昇音または下降音に対して対数周波数軸上で1倍、2/3倍、1/3倍の変化率を持つ下降音または上昇音の組み合わせを合計5種類設定した。そして、別事象の提示による知覚の体制化の変化(交差成分・反発成分の知覚割合の変化)を調べるため、別事象あり条件、別事象なし条件の2つを設定した。

**実験参加者** 現象観察に参加した13名が実験に参加した。

**課題** 実験では聴覚刺激が再生された後に交差成分、もしくは反発成分を示す文章と図例が提示された。実験参加者は再生された聴覚刺激の中に交差成分、または反発成分が聞こえたかどうかを回答した。

結果

交差成分と反発成分のそれぞれについて分析を2つに分けて、別事象(2)×音高の変化率の組み合わせ(5)の2要因参加者内分散分析を行った。交差成分、反発成分ごとの各「聞こえた」反応の割合の平均値をFigure 1, Figure 2に示す。

交差成分について、別事象の有無と変化率の組み合わせの交互作用はみられなかった(n.s)。音高の変化率の主効果(p<.001)がみられ、上昇音と下降音とのある音高の変化率の差が大きくなるにつれて交差成分の知覚割合が増加した。そして別事象の有無の主効果(p<.005)がみられ、別事象の影響によって交差成分の知覚割合が減少した。

反発成分について、別事象の有無と音高の変化率の組み合わせの交互作用はみられなかった(n.s)。音高の変化率の主効果(p<.001)がみられ、上昇音と下降音とのある音高の変化率の差が小さくなるにつれて反発成分の知覚割合が増加した。そして別事象の有無の主効果(p<.005)がみられ、別事象の影響によって反発成分の知覚割合が減少した。

考察

本研究では視覚の交差・反発現象が聴覚でも存在するかを検証した。それによって別事象の提示による知覚の体制化の変化が感覚モダリティ間に共通の規則であるかどうかを調べた。上昇音と下降音の組み合わせには「交差」と「反発」が混ざったような知覚が生じる可能性があり「交差」と「反発」の二者択一の判断は適切ではない。そこで、より適切な課題が何かを明らかにするため現象観察を行った。その結果、「交差」「反発」だけでなく、両方が混ざった知覚が生じていた。そして本研究で使用した聴覚刺激は交差成分と反発成分の2つの成分で表現できることがわかった。この結果を基に心理物理学実験を行い、別事象と音の高さの変化率が知覚の体制化にどのような影響を与え

るかを検討した。心理物理学実験の結果、上昇音と下降音とのある音高の変化率の差が大きくなることで、交差成分の知覚割合が増加した。そして音高の変化率の差が小さくなる事で反発成分の知覚割合が増加した。この結果はMcPherson et al., (1994)の知見と一致する。

さらに交差成分が聞こえやすい聴覚刺激に対して別事象を提示すると、反発成分の知覚割合が増加し、交差成分の知覚割合が減少した。その結果、視覚においてみられた別事象の提示による知覚の体制化の変化が視覚と聴覚で共通していることがわかった。

結論

別事象の提示による知覚の体制化の変化は視覚と聴覚において共通した規則である。

参考文献

McPherson, L. M., Ciocca, V., & Bregman, A. S. (1994). Organization in audition by similarity in rate of change: evidence from tracking individual frequency glides in mixtures. *Percept Psychophys*, 55, 269-278

Sekuler, R., Sekuler, A.B., & Lau, R. (1997). Sound alters visual motion perception. *Nature*, 385, 308.

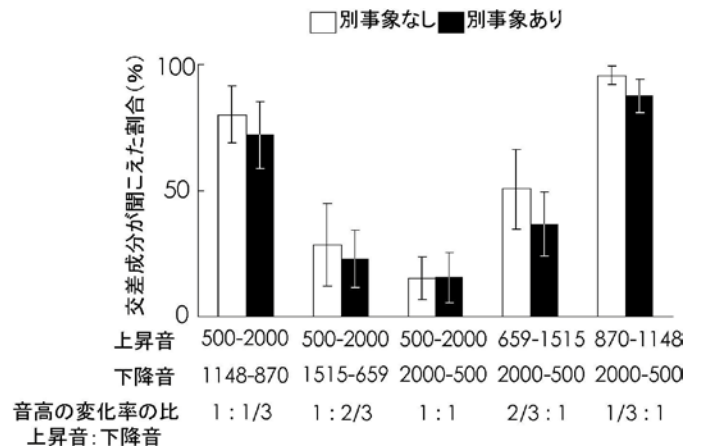


Figure 1. 交差成分における音の高さの変化率と別事象の効果

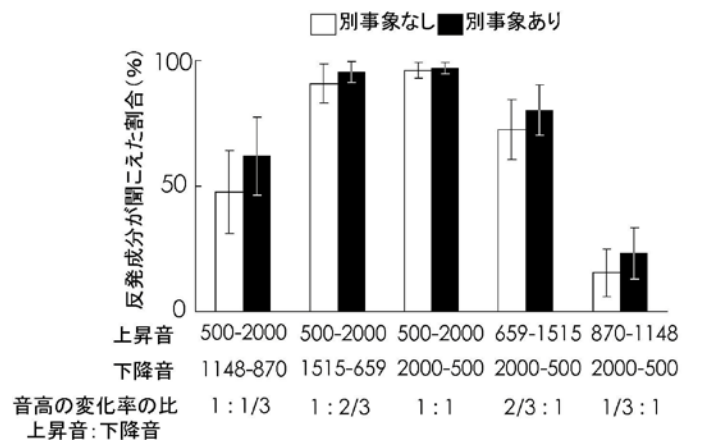


Figure 2. 反発成分における音の高さの変化率と別事象の効果



# 心理実験教育用プログラミング言語としての Processing の利用可能性

伊丸岡 俊秀

金沢工業大学情報学部心理情報学科

代表的な心理実験用ツールとして、実験作成/制御用ソフトとしては E-Prime や Presentation (が、プログラミング言語ないしはプログラミング用ライブラリとしては Matlab 用 toolbox の Psychtoolbox や Cogent が挙げられる。これらのソフトウェア/ライブラリは精度の高い実験を容易に作成可能だが、高価なソフトの購入が必要となり教育場面では使いにくい。本発表では、GPL のもとでフリーソフトウェアとして公開されている開発環境である Processing (<http://processing.org>) での心理実験作成事例と時間精度の計測結果を報告し、心理実験教育用としての利用可能性と限界を論じる。

Keywords: graphic programing, psychological experiment, Java.

## 問題・目的

代表的な心理実験用ツールとして、実験作成/制御用ソフトとしては E-Prime (<http://www.psnet.com/>) や Presentation (<http://www.neurobs.com/>) が、プログラミング言語ないしはプログラミング用ライブラリとしては Matlab 用 toolbox の Psychtoolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997; <http://docs.psychtoolbox.org/Psychtoolbox>) や Cogent (<http://www.vislab.ucl.ac.uk/cogent.php>) が挙げられる。これらのソフトウェア/ライブラリは精度の高い実験を容易に作成可能だが、高価なソフトの購入が必要となるため、学部教育のように多数のライセンスが必要となる場面では使用するのは難しい。安価に、あるいは無償で入手可能な環境である Vision Egg (Straw, 2008; <http://www.visionegg.org/>) や Psychlops (<http://psychlops.l.u-tokyo.ac.jp/>) といったソフト/ライブラリも開発されているが、これらを使用するためには Python や C++用の開発環境を整える必要があり、プログラミングの初学者にとっては難易度が高い。これらの理由により、現在、学部学生を対象に心理実験作成用のプログラミング教育を行うのは困難な状況にあると思われる。しかし、実験心理学を学ぶ学部学生や大学院修士課程の大学院生にとってプログラミングは必要な技術であり、教育場面で使用しやすい環境が望まれる。本稿では、無償で入手可能で、比較的容易にプログラミング可能である Processing を用いた心理実験作成について報告する。

## Processing

Processingは、プログラミングの基礎知識を持たないユーザーがコンピュータ上で“スケッチ”を行うことができることを目的に、MIT Media Labで作成されたJavaベースのプログラミング言語で、GNU GPLと LGPLのデュアルライセンスのもとで配布されているオープンソースソフトウェアである。Windows, Mac OS X, Linuxで動作する開発環境が統合されているため、通常のソフトウェアをインストールする手順を踏

むだけで、開発が可能となるため、導入は容易である。また、グラフィック描画に特化された環境であり、さらに基本的な描画関数も用意されていることから、単純なものであれば、数行のプログラムを書くだけで描画可能である (Figure 1)。

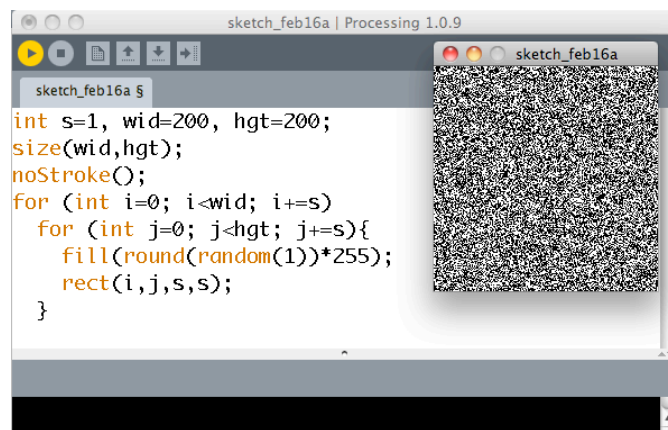


Figure 1. An example of source code for creating a random dot pattern.

## 心理実験の作成

Processingによるプログラムは、初期設定のための `setup()` とグラフィック描画のための `draw()` という2つの基本的な関数によって構成される。作成したアプリケーションを実行すると、最初の `setup()` が一度だけ、その後 `setup()` がアプリケーションの終了まで繰り返される。 `draw()` が実行される頻度はコンピュータ画面のフレームレートを上限に設定可能である。

`setup()` と `draw()` 以外の関数として、マウス、キーボードによる入力や、外部ファイルへの書き出しなど、心理実験作成に必要な機能を使用可能である。入力に関わる関数は `draw()` のループとは独立に入力装置を監視するため、被験者の反応の取得も容易である。そのため、基本的な実験であれば `draw()` 内で適切な条件分

岐をすることだけで作成できる. Figure. 2は基本的な心理実験プログラム構造の例である.

```
// 試行数などをグローバル変数で設定
int trial=0, maxTrial=100;
void setup(){
    // 画面設定や出力ファイル生成などの初期設定
}
void draw(){
    // 固視点, 固視点持続, 刺激呈示, 反応待ちなどの分岐
}
void keyPressed(){
    // キーが押されると実行される関数
    // 反応書き込み
    trial++;
    if (trial==maxTrial){
        // ファイル書き出し
    }
}
```

Figure 2. An example of the program structure for a psychological experiment.

また, Processingは画像の扱いやピクセル単位での描画が容易である上に, Psychtoolboxのtextureにあたるメモリ上でのグラフィック描画も可能なため, 例えばGabor patchのような刺激も作成可能である (Figure. 3) .



Figure 3. A gabor patch created by Processing.

## 時間精度

前述のようにProcessingでは画面描画のためのループであるdraw()の頻度を変更することで, 画面表示時間を制御できる単位を変更することができるが, デフォルトのレンダリングシステムを用いると, その精度はあまり高くない. 例えば, フレームレートを60に設定して, 全画面への描画を300回繰り返したところ, フレーム間隔の平均が16.7ms, 標準偏差が0.67ms, 範囲が15.69msから27.20msとかなり大きなばらつきを示した. このばらつきは, レンダリングにOpenGLを使用することである程度は抑えることが可能であるが, それでもPsychtoolboxのばらつきと比べると一桁程度大きくなることが分かった (Figure. 4; フレームレート60でほぼ同一の描画を, 同一コンピュータで実施した結果). Processingによる描画では, 平均が16.67ms, 標準偏差が0.41msと設定に近い値になっているものの, 範囲は15.71msから17.70msとフレームによっては1ms程度のずれが生じてしまう.

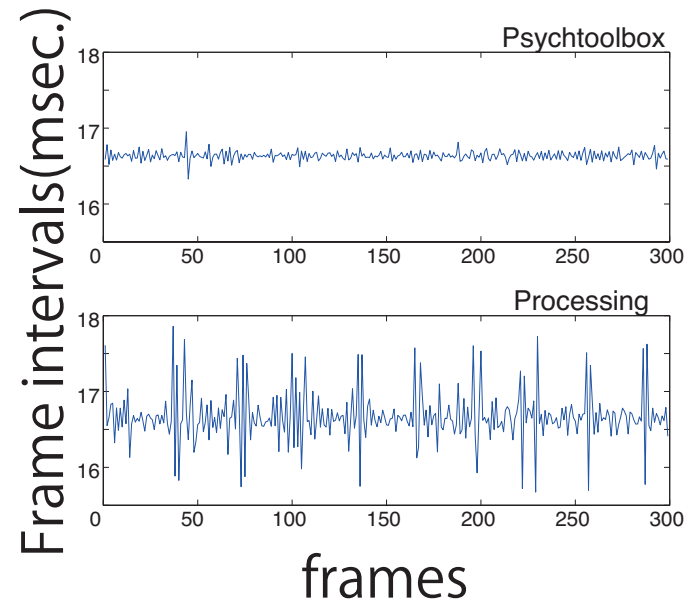


Figure 4. Intervals between display updates controlled by Psychtoolbox and Processing.

## 結論

ここまで心理実験用プログラミング言語としてProcessingを使うことの可能性について検討し, 導入と使用の容易さという観点から, 教育用途での有用性について議論した. ただし, 同時に高い時間精度での制御な実験への適用における限界も示した.

# 視覚探索中に生じるマイクロサッカードと サッカード軌道湾曲の関連

十河宏行

愛媛大学法文学部人文学科

マイクロサッカード(MS)は視覚的注意が向けられている方向に高頻度で生じる事が報告されている。一方、サッカード軌道は注意を向けないよう抑制している方向と反対方向に湾曲することが知られている。本研究では、視覚探索課題中に行われた注視に含まれるMSと、注視の前後に行われたサッカード軌道の湾曲方向を比較した。その結果、注視の前後に行われたサッカード軌道の湾曲方向とMSの方向を比較した結果、両者の間には有意な関連を確認することが出来なかった。この結果は、MSとサッカード軌道の湾曲は注視位置の決定過程を研究するための独立した指標として用いる事が出来る可能性を示している。

Keywords: microsaccades, saccade trajectory, visual search.

## 問題・目的

Engbert & Kliegl (2003)は、Posner課題(Posner, 1980)を遂行中にcueのオンセットから約350ms後をピークにcueが指し示す方向へのマイクロサッカード(MS)の頻度が増加することを示した。この結果から、彼らはMSを用いて注意の状態を可視化出来る可能性を指摘している。彼らの研究では実験参加者が注視を維持するよう求められている時間帯のMSが分析されているが、参加者が自由に眼球運動出来る課題においても同様にMSが生じるのであれば、注視位置の決定過程を研究する指標としてMSを利用できる事が期待される。本研究では、視覚探索課題を遂行中の眼球運動を測定し、MSの発生頻度を分析した。さらに、眼球運動の抑制過程との関連が明らかにされているサッカード軌道の湾曲(Rizolatti, Riggo & Sheliga, 1994)とMSの方向の関係を分析した。

## 方法

14名が実験に参加した。全ての実験参加者は裸眼または矯正によって正常な視覚を有していた。

実験参加者を椅子に座らせ、顎台を用いて頭部運動を制限した。参加者の57cm前方にCRTを画面中央が参加者の眼の高さと等しくなるように設置した。参加者とCRTの間に机を設置し、反応測定用のキーボードを設置した。EyeLink (SR Research, Ltd.)を用いて参加者の左眼の眼球運動を250Hzで測定した。

参加者の課題は、CRTに提示される課題画面にターゲットが含まれているか否か回答することであった。課題画面は8×8の仮想的なグリッドの格子点に16個のアイテムをランダムに配置して作成した。ターゲットは切れ目のない円で、ディストラクタは上下左右いずれかに切れ目を入れた円であった。画面の背景は灰色、アイテムはすべて白色で描画された。グリッド幅は2.7度、ターゲットとディストラクタの直径は1.1度であった。ターゲットの出現確率は50%であった。

各試行の開始時には、EyeLinkのドリフト補正のために画面中央に1辺0.5度の正方形が提示された。参加

者がこの点を注視してキーボードのスペースキーを押すとEyeLinkによりドリフト補正が行われ、補正が成功すれば直ちに課題画面が提示された。参加者は課題画面にターゲットが含まれていればスペースキー、含まれていなければテンキーの0を出来るだけ速く正確に押すよう求められた。課題画面提示からキー押しまでの反応時間と眼球運動軌跡が記録された。課題画面は参加者がいずれかのキーを押すまで表示され続けた。40試行を1ブロックとして、6ブロック240試行を実施した。各ブロックの最初にEyeLinkの調整とキャリブレーションを行った。参加者が誤反応した試行を含めてすべての試行における眼球運動を分析の対象とした。

## 結果

試行毎にEyeLinkによって注視と判定された眼球運動軌道をすべてつなぎ合わせ、Engbert & Kliegl (2003)の方法を用いてMSを検出した。検出されたMSは $1374.4 \pm 613.5$ 個(±は標準偏差)であった。誤反応率は $4.5 \pm 3.8\%$ 、反応時間はターゲット有り試行で $1782.2 \pm 267.3$ ms、無し試行で $3134.7 \pm 812.6$ msであった。

MSの発生頻度の時間特性を調べるため、ターゲット有りの試行と無しの試行別に、MSの発生頻度を課題画面のオンセットからの経過時間を200ms間隔で計算した(Figure 1)。試行によって反応までの時間が異なるため、全参加者でデータが得られる2400msまでの区間を用いてターゲットの有無×区間の2要因分散分析を行った結果、主効果と交互作用が有意であった( $p < .05$ )。下位検定の結果、800ms以降の区間ではターゲット無し試行より有り試行の方がMSの発生頻度が低かった( $p < .05$ )。

さらに、キー押し反応直前の時間帯のMS発生頻度を調べるため、キー押し時刻を0msとしてMSの発生頻度を計算した(Figure 2)。2400ms前までの区間を用いてターゲットの有無×区間の2要因分散分析を行った結果、主効果と交互作用が有意であった( $p < .05$ )。下位検定の結果、400から600ms前以外の区間ではターゲット無し試行より有り試行の方がMSの発生頻度が低かったほか、ターゲット有り試行のみ0から200ms

前の区間において400から800msec前の区間より発生頻度が低かった( $p < .05$ )。

MSの方向とサッカード軌道の湾曲の関係を調べるため、MSが検出された注視の前後に行われたサッカードの軌道の湾曲を測定した。サッカード方位に依存した湾曲成分を取り除いて補正するために、Sogo & Takeda (2006)のモデルのうち定数項とサッカード方向に依存する項のみを取り出した式を用いてフィッティングを行い、フィッティングの残差を補正された湾曲とした。MSを30度間隔で方向別に分類し、サッカードを開始する直前の注視で検出されたサッカードの方向とサッカード軌道の湾曲の平均値を求めた(Figure 3)。MS方向を要因とする1要因分散分析を行った結果、MS方向の効果は有意ではなかった( $p > .05$ )。

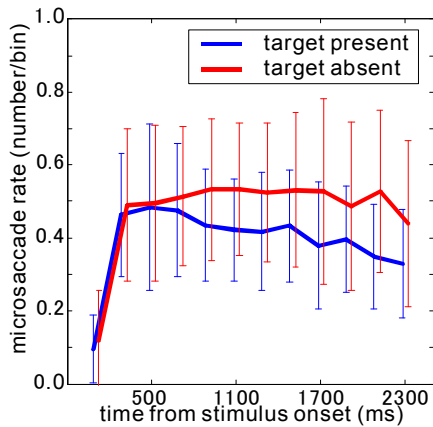


Figure 1. Time evolution of microsaccade rate. Microsaccade onset time is measured from stimulus onset. Vertical bars indicate standard deviation.

### 考察

MSが注意の潜在的な移動を反映しているのであれば(Engbert & Kliegl, 2003)、ターゲット有り試行においてキー押し反応の直前の200ms以内の区間にMS発

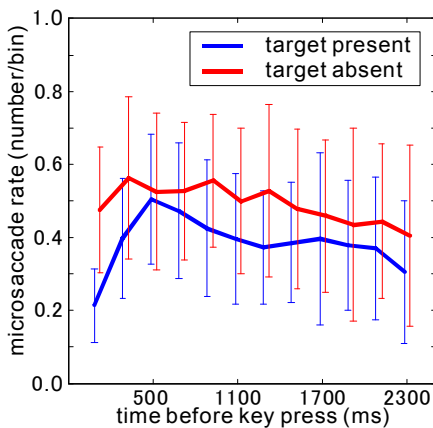


Figure 2. Time evolution of microsaccade rate. Microsaccade onset time is measured from participant's key press. Larger abscissa value indicates that microsaccade occurred earlier. Vertical bars indicate standard deviation.

生頻度が低くなるのは、「ターゲット有り」と判断してこれ以上注意を移動する必要がなくなったためであると考えられる。さらに、課題提示から800ms以後はMSの発生頻度がターゲット有り試行の方が低くなるという結果は、最終的に「ターゲット有り」との判断に至る以前から注視中の注意の移動方略が変化している可能性を示唆している。

一方、サッカード軌道の湾曲とMS方向の間には明瞭な関連が見いだせなかった。この結果は、MSが次のサッカード目標位置を、湾曲が抑制を反映しているという解釈と矛盾しない。MSと軌道湾曲を組み合わせることによって、注視位置を決定する脳内過程の理解が進むことが期待される。

### 謝辞

この研究は稲盛財団研究助成金および科学研究費補助金(21730596)の助成を受けて行われた。

### 参考文献

Engbert, R., & Kliegl, R. 2003 Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43, 1035-1045.

Posner, M. I. 1980 Orientation of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.

Rizzolatti, G., Riggo, L., & Sheliga, B. M. 1994 Space and selective attention. In Umiltà, C. & Moscovitch, M. *Attention and Performance XV* (pp. 231-265).

Sogo, H., & Takeda, Y. 2006 Effect of previously fixated locations on saccade trajectory during free visual search. *Vision Research*, 46, 3831-3844.

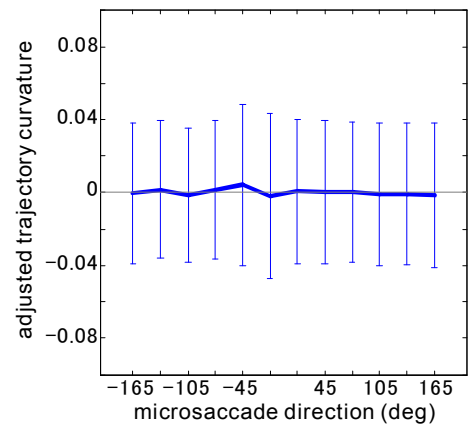


Figure 3. Saccade Trajectory curvature plotted against direction of microsaccades detected in the fixation immediately before the saccade. Vertical bars indicate standard deviation.

# 目が泳ぐってどういうこと？空間的記憶保持時の眼球運動

浅野 倫子  
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科  
東京大学大学院人文社会系研究科

We often experience eye movements even when no visual stimulus is provided. In this study, we investigated a function of eye movements that is directly irrelevant to visual information processing -- the use of eye movement as a form of rehearsal mechanism for visuo-spatial memory. Participants memorized seven words on a display including their spatial locations, and after a memory retention period of 2 s, they recognized a word that had been presented at a cued location. Results showed that good performers of the word memory task made more eye movements during memory retention period when they could make free eye movements during the retention period (i.e., a blank screen was presented), compared to when a fixation point was presented and their eye movements were inhibited. No effect of fixation point was found for poor performers. There was also a tendency in good performers that word memory performance was degraded when eye movements were inhibited during retention period. These results suggest that eye movement can serve as a rehearsal mechanism for visuo-spatial memory.

Keywords: eye movements, rehearsal mechanism, visuo-spatial memory

## 問題・目的

眼球運動は通常、外界の視覚情報を入手するために行われる。しかし視覚情報の取得を目的としない眼球運動の存在も指摘されている。Tremblay, Aubin, & Jalbert (2006) は、短期記憶の保持過程に眼球運動が寄与することを報告している。彼らは7つのドットを二次元的に系列提示し、10秒の保持期間の後にその系列順を答えさせる課題を用いた。保持期間中にすべてのドットを同時提示したところ、その際に実験参加者がドットを提示された系列順に見るような眼球運動をした場合は課題の正答率が上昇した。この結果から、眼球運動が空間的な情報と結びついた系列記憶のリハーサルメカニズムとして機能していることが示唆された。これは興味深い知見であるが、眼球運動の機能の、視覚情報の取得とリハーサルメカニズムとしての側面をさらに切り分けて検討するためには、保持期間中に視覚情報入力が無くても眼球運動が生じるかを調べる必要がある。そこで本研究では、空間的な短期記憶の保持期間中に何も刺激が提示されず、視覚情報入力がない場合でも眼球運動が生じ、リハーサルメカニズムとして機能するかどうかを検討した。具体的には空間的短期記憶の保持期間中に、ブランク画面を提示して自由に眼球運動を行わせた場合に比べ、注視点提示により眼球運動を阻害した場合に記憶成績の低下が見られるかを調べた。

## 方法

**実験参加者** 20～26歳（平均22歳）の日本語母語者32名。

**課題** 各試行ではまず7つの刺激単語（漢字二字熟語）が3000ms間提示され、実験参加者は各単語とその空間的位置を記憶するよう教示された。2000msの保持期間ののちに、7つの刺激単語のうちの1つが存在した位置に\*が提示され、続いてその位置の単語についての再認課題が行われた。再認課題はその単語が何

であったかを4肢強制選択で問うものであった。保持期間中の眼球運動を測定した。全132試行であった。

記憶保持中のどの期間の眼球運動が記憶保持成績に影響するかを検討するため、保持期間1000msずつ前後半に分け、それぞれブランクまたは注視点を提示した。すなわち、保持期間の提示内容には前後半ブランク、前後半注視点、前半ブランク-後半注視点、その逆の計4条件が設定された（ブロック間要因）。実験参加者は注視点が提示された場合は注視するよう求められた。記憶保持の難易度を操作するため、刺激単語の単語親密度（なじみの度合い）を高親密度、中親密度、低親密度の3条件とした。親密度が低いほど記憶保持が困難になり、リハーサルメカニズムの必要性が高まると予測される。

## 結果

### 単語再認正答率

単語再認課題の正答率について、単語親密度と保持期間前半の提示内容、保持期間後半の提示内容を要因とした三要因分散分析を行った結果、単語親密度の効果のみが有意であり ( $F(2,62) = 5.53, p < .01$ )、TukeyのHSD法による下位検定の結果、高親密度条件では他2条件よりも再認成績が高いことが示された（いずれも  $p < .05$ ）。しかし参加者間での成績のばらつきが大きいため、さらに全参加者を高成績群と低成績群に二分して分析を行った。両群（各16名）の単語再認正答率の平均はそれぞれ70.6%、47.9%であった。

高成績群の単語再認正答率を調べたところ、記憶保持の難易度の高い低・中親密度条件では、保持期間中に注視点が提示されず一切眼球運動が阻害されなかった場合（前後半ブランク条件）に比べ、前後半のいずれかまたは両方で注視点が提示された場合は正答率が低下する傾向が見られた（ただし統計的有意差なし）。低成績群ではそのような傾向はみられなかった。

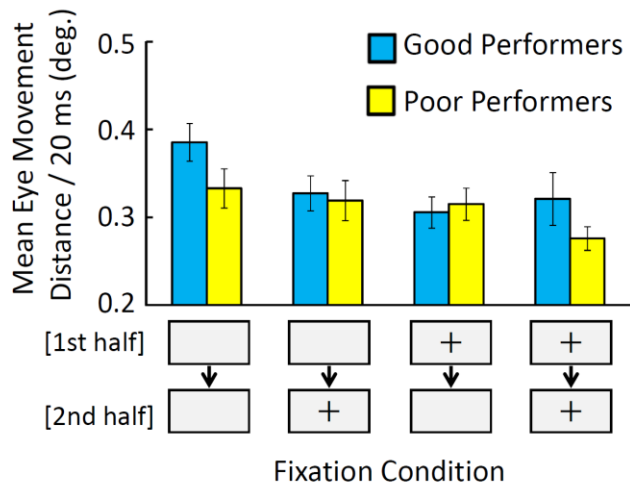


Figure 1. Mean eye movement distances during memory retention period as a function of fixation conditions. Error bars represent standard errors.

### 記憶保持期間中の眼球運動距離

保持期間中に眼球運動が行われたかを調べるため、保持期間中の注視点の20 msごとの移動距離の平均（ほぼ平均サッケード距離に相当）を求め、平均運動距離として分析した（Figure 1）。その結果、保持期間前半の提示内容と保持期間後半の提示内容のそれぞれの主効果が有意であり（ $F(1,30) = 15.29, p < .01$ ;  $F(1,30) = 6.32, p < .05$ ）、保持期間の前半、後半のいずれにおいても、注視点が提示されたときに比べて、ブランク画面が提示されたときのほうが有意に眼球運動距離が長かったことが示された。また、成績群と保持期間前半、保持期間後半の提示内容の3要因の交互作用が有意であった（ $F(1,30) = 7.33, p < .05$ ）。下位検定の結果、高成績群では、眼球運動が一切阻害されない前後半ブランク条件のほうが、前半に注視点提示された2条件よりも平均運動距離が有意に長く（ $p < .05$ ）、また、前後半ブランク条件と前半ブランク-後半注視点条件間にも有意傾向が見られた（ $p < .10$ ）。低成績群ではそのような結果は得られなかった。以上の結果は、眼球運動が一切阻害されないとき、高成績群は眼球運動を行うことで記憶を保持していた可能性を示唆する。

### 記憶保持期間中の眼球運動の空間的範囲

保持期間中の眼球運動距離の分析から、眼球運動が一切阻害されない前後半ブランク条件では、高成績群は眼球運動を特に多く行っていたことが示唆された。それではその眼球運動は、刺激画面において単語が提示されていた位置を見るようなものであったのだろうか。この点について検討するため、前後半ブランク条件における保持期間中の眼球運動の空間的範囲を調べた。前後半ブランク条件の各試行の、保持期間中の20 msごとの注視点位置の幾何学的重心と、各注視点位置と

の平均距離を算出したところ、高成績群では視角  $2.77^\circ$ 、低成績群では  $2.38^\circ$  であった。これらは全刺激単語の提示位置重心から各単語までの平均距離である  $6.14^\circ$  の半分以下であり、保持期間中に、刺激画面において単語が提示されていた位置を見るような眼球運動を行っていたとは考え難い。すなわち、保持期間中に生じた眼球運動は、少なくとも記憶対象の物理的に正確な空間位置のリハーサルではないと考えられる。

### 考察

実験結果より、高成績群は、眼球運動が一切阻害されない条件では、記憶保持期間中に広範にわたる眼球運動を行うことで記憶を保持していたと推測される。高成績群でも、注視点提示により保持期間中の自由な眼球運動が阻害されると、記憶保持難易度の高い条件で単語再認成績が低下する傾向も示された。これらの結果は視覚情報の入力が無くても眼球運動が生じる、すなわち「目が泳ぐ」ことが空間情報と結びついた記憶の保持のためのリハーサルメカニズムとして機能している可能性を示すものである。

ただし、眼球運動が具体的にどのような処理を反映するののかについては今後の検討が必要である。本研究の結果より、記憶保持期間中の眼球運動は、記憶対象の物理的に正確な空間位置のリハーサルであるとは考えにくい。また、先行研究より、認知的課題遂行時に、中枢神経系の強い活動が眼球運動の制御に乱れを生じさせることが知られていることから（竹田, 1993）、本研究で観察された注視点提示による記憶保持成績の低下は、記憶を保持しながら眼球運動の乱れを制御するという二重課題の困難さによってもたらされた可能性も考えられる。しかしこの解釈では、眼球運動を制御する必要が無い条件において、高成績群のみ平均眼球運動距離が増大することの説明がつかない。したがって、眼球運動が記憶のリハーサルメカニズムなど、視覚情報の取得を目的としない機能も担っている（または視覚情報の取得以外の処理も反映している）可能性が検討されるべきであろう。

### 附記

本研究の一部は、著者らの指導のもとに行われた、今村泰昭さん（2009年東京大学文学部卒業）の卒業研究に基づく。

### 引用文献

- 竹田真理子 (1993). 問題解決と眼球運動 荻阪良二・中溝幸夫・古賀一男(編) 眼球運動の実験心理学 名古屋大学出版会 pp.219-237.
- Tremblay, S., Saint-Aubin, J., & Jalbert, A. (2006). Rehearsal in serial memory for visual-spatial information: evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 452-457.

# 情動刺激によるサッカード軌道への影響について

小松丈洋  
武田裕司  
八木昭宏

関西学院大学文学部総合心理科学科  
独立行政法人産業技術総合研究所  
関西学院大学文学部総合心理科学科

本研究は、情動刺激がサッカード軌道に与える影響について検討した。参加者は、注視点の上下どちらかに呈示される標的にサッカードをする課題を行った。また、情動画像の処理時間による影響の違いについても検討するために、画像の呈示と標的呈示間の SOA は 0ms 及び -150ms を設けた。実験 1 では、快もしくは不快な情動画像と中性画像を注視点の左右に対呈示した。その結果、情動画像を避ける形で軌道が湾曲した。SOA による顕著な影響は認められなかった。実験 2 では、快と不快の画像を注視点の左右に対呈示した。この実験では、3 名中 2 名の参加者で有意に軌道が快画像を避ける傾向を示した。以上の結果から、情動刺激の認知がサッカードに先立って行われ、軌道の計算に影響する事を明らかにした。また、軌道計算の際に、情動刺激の処理は非常に短い時間でも行われており、その処理は情動の高低だけでなく快・不快という情動価についても処理され軌道計算に影響している事が示唆された。

Keywords: emotion, attention, saccade trajectory

## 目的

サッカードを行う際に、その軌道は、注意などの影響を受けることで湾曲することが知られている(Sheliga, Riggio, & Rizzolatti, 1994)。このサッカード軌道の計算において、刺激のオンセットといった低次な処理過程だけでなく、情動刺激というより高次な処理過程によっても影響されるという報告がある。例えば、Nummenmaa, Hyönä, & Calvo (2009, 実験3)は、快や不快の情動画像と中性画像を注視点の左右に対呈示すると、情動刺激を避けるサッカード軌道が生じると報告した。しかし、この研究では、情動価(快 vs. 不快)による影響の違いは認められなかった。そのため、単なる刺激の情動性の有無が処理されただけなのか、情動価まで処理された上で影響しているのかは明らかでない。そこで、本研究では、まず実験1において Nummenmaa et al. (2009)の効果について、再度検討した。そして、実験2においては、快情動刺激と不快情動刺激を注視点の左右に対呈示をする事で、情動価による影響が本当に生じないのかを検討した。もし、情動情報の処理が、軌道計算に影響しているのであれば、情動画像を避ける形で軌道が変化すると考えられる。

## 実験1

**参加者** TK(22歳)、SY(22歳)、NM(21歳)、MM(21歳)の4名であった。

**実験刺激及び装置** 本実験で用いた刺激材料は、IAPS(International Affective Picture System, Lang, Bradley, & Cuthbert, 2005)より、快・不快の情動画像を32枚ずつ、中性画像64枚の計128枚を使用した。画像のサイズは、 $10.54 \times 7.98^\circ$  であった。実験中の眼球運動は、Eyelink1000(SR Research; sampling rate, 1000 Hz)を使用し、参加者の左眼の動きを測定した。視距離は50.8 cmであった。

**手続き** 参加者は、注視点を挟んだ上下(注視点から $10.5^\circ$ )どちらかに呈示される標的に向かって、素早く正確に眼を動かす事が求められた。その際に、情動画像と中性画像が、注視点から画像の内側まで $2.5^\circ$  離れて左右に対呈示された。画像と標的が同時に呈示される(SOA 0 ms条件)と画像が標的より先行呈示される(SOA -150 ms条件)を設定した。条件は、サッカード方向(上 vs. 下)×情動画像呈示位置(左 vs. 右)×情動価(快 vs. 不快)×SOA(0 ms vs. -150 ms)であった。試行数は1536試行であった。

**データ処理** 分析は、参加者毎に各試行の最初のサッカードについて、標的呈示からサッカード開始までのサッカード潜時およびサッカードの始点と終点を結ぶ直線から実際の軌道までの線分の最大値をサッカード湾曲値として分析をした。サッカード湾曲値は、個人のバイアス等の影響を取り除くために上下別に総平均値を求め、それを各試行の値から減算することで修正値を算出し分析に用いた(Sogo, & Takeda, 2007)。湾曲値は、時計回りをマイナス、反時計回りをプラスで示した。分析は、サッカード方向の要因を平均して、参加者毎に情動画像呈示位置×情動価×SOAの3要因分散分析を行った。

**結果及び考察** サッカード潜時については、全参加者でSOAが-150 msの時に0 msと比べて短くなった( $p < .001$ )。

参加者毎のサッカード湾曲値をFig.1に示す。分析の結果、MMを除く3名において、情動画像呈示位置の主効果が有意であった( $p < .05$ )。また、TKにおいては、情動価と情動画像呈示位置の交互作用( $F(1,1184)=7.45, p < .05$ )と情動画像呈示位置とSOAの交互作用( $F(1,1184)=6.11, p < .05$ )が有意であった。この実験より情動刺激の処理が、サッカードの軌道計算に影響を与えるというNummenmaa et al. (2009)と同様の結果が確認された。なお、SOA及び情動価の影響は、一貫した傾向が無かった。

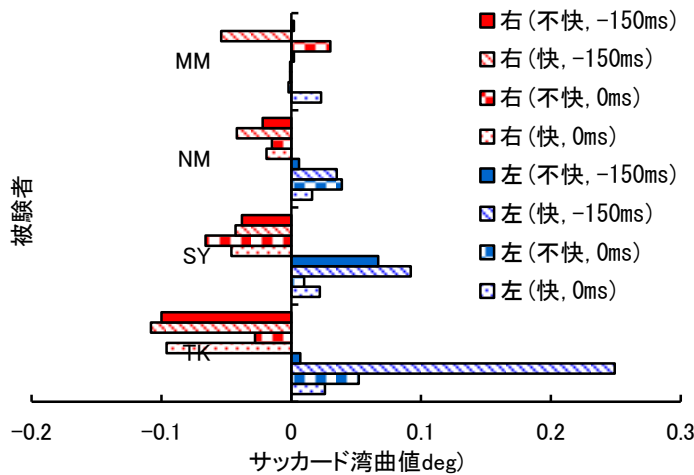


Fig.1 全被験者のサッカード湾曲値(実験 1)

## 実験2

**参加者** TK(22歳)、SY(22歳)、HO(24歳)の3名が参加した。

**実験刺激及び装置** 実験2では刺激画像として、実験1のから中性画像を除いた64枚を使用した。その他は、実験1と同じであった。

**手続き** 課題は実験1と同様であった。ただし、実験2では、快画像と不快画像が、注視点の左右に対呈示された。実験2の条件は、サッカード方向(上 vs. 下) × 快画像呈示位置(左 vs. 右) × SOA(0 ms vs. -150 ms)であった。試行数は1536試行であった。

**データ処理** サッカード軌道の分析方法は、実験1と同様であった。快画像呈示位置 × SOAの2要因分散分析を行った。

**結果及び考察** サッカード潜時については、実験1と同様に全参加者でSOAが-150 msの時に0 msより短くなった( $p < .001$ )。

参加者毎のサッカード湾曲値をFig.2に示す。分析の結果、TKを除く2名の参加者で、快画像呈示位置の主効果が有意であった(Table 1)。よって、快画像を避けるように軌道が湾曲する傾向があるということが明らかになった。この結果は、単に刺激の情動の有無だけでなく情動価までの処理を行った上でサッカード軌道の計算に影響している事を示唆している。なお、全参加者で、SOAの有意な主効果及び交互作用は無かった。

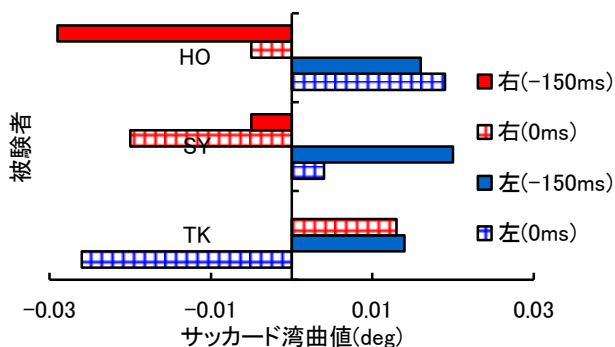


Fig.2 全被験者のサッカード湾曲値(実験 2)

Table.1. サッカード湾曲値に対する呈示位置の主効果(実験2).

subject	F 値(*は<.05)	right(deg)	left(deg)
T.K	$F(1,1301)=.55$	.01	-.01
S.Y	$F(1,1441)=4.14^*$	-.01	.01
H.O	$F(1,1268)=4.95^*$	-.02	.02

## 総合考察

本研究では、情動刺激がサッカード軌道に与える影響について検討した。その結果、実験1より、情動刺激を避ける軌道が観測された。このことから、サッカード軌道を計算する段階において、情動刺激の処理がなされており、影響を与えている事が明らかになった。この実験では、情動刺激の情動価についての影響は見出せなかった。この結果は、Nummenmaa et al. (2009)の結果と合致している。実験2においては、快画像と不快画像を注視点の左右に対呈示した。その結果、快画像を避けるように軌道が湾曲する傾向があった。この事より、情動刺激の有無だけでなく、その情動価についても処理された上で、軌道計算に影響しているという事が明らかになった。

視覚探索課題においては、不快を示す刺激に対してより注意が引きつけられるという結果が示されている(e.g., Eastwood, Smilek, & Merikle, 2001)。本研究の実験2の結果は、快刺激を避ける傾向を示しており、視覚探索の結果とは矛盾するものである。この事は、情動刺激が視覚探索における注意誘導とは異なる処理過程で、サッカード軌道に影響している可能性を示唆している。

## 引用文献

Eastwood, J. D., Smilek, D., & Merikle, P. M. (2001). Differential attentional guidance by unattended faces expressing positive and negative emotion. *Perception & Psychophysics*, *63*, 1004–1013.

Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2005). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-6*. University of Florida, Gainesville, FL

Nummenmaa, L., Hyönä, J., & Calvo, M. G. (2009). Eye movement Assessment of Selective Attentional Capture by Emotional Pictures. *Emotion*, *6*, 257-268.

Sheliga, B. M., Riggio, L., & Rizzolatti, G. (1994). Orienting of attention and eye movements. *Experimental Brain Research*, *98*, 507-522.

Sogo, H., & Takeda, Y. (2007). Saccade trajectory under simultaneous inhibition for two locations. *Vision Research*, *47*, 1537-1549.



# “し忘れ”の自己認識に生じる年齢差： 展望記憶課題を用いた横断的検討<sup>1</sup>

石松一真

(独) 労働安全衛生総合研究所

日常経験する“し忘れ”の自己認識に及ぼす加齢の影響について展望記憶パラダイムを用いて検討した。参加者は標的指示画面に提示された目標標的を探索画面文字列内から探索し、キー押しにより反応した(主課題)。ただし文字列内に事前に指示された平仮名(PM cue)が含まれる場合は、PM cue への反応が求められた(展望記憶課題)。主課題および展望記憶課題の達成度に関する自己評価と実際の正答率を年齢群間(20歳代、40歳代、50歳代)で比較した結果、20歳代では展望記憶課題の正答率に比べ、自己評価が有意に低かった。一方40歳、50歳代では実際の正答率と自己評価との間に有意な差は認められなかった。しかしながら、展望記憶課題の正答率や課題成績の自己評価そのものには年齢群間で差が認められなかったことから、50歳代までは展望記憶課題の成績や課題達成度の自己認識(例えば“し忘れ”の自己認識)には加齢による影響があらわれない可能性が示唆された。

Keywords: metacognition, aging, prospective forgetting, self-awareness, cross-sectional study

## 問題・目的

2015年には4人に1人が高齢者という超高齢化社会の到来を控え、今後ますます労働力としての高齢者の社会参加が予想されるわが国において、注意・遂行機能を含めた高次認知機能の加齢変化に関する研究への関心や必要性がますます高まってきている。高齢者の円滑な社会参加やQOLの向上を考える上では、加齢に伴う注意・遂行機能の変化を自覚し、状況に応じて適応的な行動をとることが重要となる。このように自己の認知特性を認識し、行動を自己調整する際には、メタ認知が重要な役割を果たしている。メタ認知には前頭連合野や前帯状皮質の関与が指摘されていること(例えば、Fernandez-Duque et al., 2000; Shimamura, 2000)、これらの脳領域は加齢の影響を受けやすいこと(例えば、Pardo et al., 2007)などから、メタ認知も加齢に伴って低下することが予測される。しかしながら、注意・遂行機能に生じる加齢変化に対するメタ認知を扱った研究はほとんど報告されていない。そこで本研究では、遂行機能に注目し、特に労働安全衛生を考える上でも重要となる“し忘れ”にかかわる展望記憶をとりあげ、展望記憶の加齢変化とその自己認識の年齢差について検討した。

## 方法

**参加者** 正常な視力(矯正を含む)を有する20歳代9名、40歳代17名、50歳代15名の健康成人(Table 1を参照)。  
**刺激** 白色の平仮名46種類(36 point)。展望記憶手がかり(PM cue)として「め」と「ね」を使用し、残り44種類の平仮名を主課題の目標標的として使用した。標的指示画面：黒色の画面中央に平仮名一文字が提示された。探索画面：垂直方向に配置された平仮名6文字の文字列が画面中央に提示された。  
**装置** 刺激はLCD(1024 x 768 pixels)上に提示された。刺激提示と反応の計測はパーソナルコンピュータによって制御された。

**課題** 展望記憶パラダイム(石松他, 2006)を使用した。主課題(ongoing task)：参加者は標的指示画面に提示された目標標的(T<sub>ongoing</sub>)を探索画面文字列内で探索し、上から数えた位置を同定し、キー押しにより反応した。展望記憶課題(PM task)：探索画面文字列内にPM cueが含まれる場合、参加者はPM cueへの対応を優先し、割り当てられたキーによる弁別反応が求められた。

Table 1. Characteristics of participants.

	20s	40s	50s
N	9	17	15
Gender	4M, 5F	5M, 12F	3M, 12F
Age (years)	21.8 (1.3)	45.4 (2.8)	53.5 (2.8)

**手続き** 3種類の練習試行(主課題のみ：15試行、展望記憶課題のみ：6試行、主課題+展望記憶課題：15試行)の後、本試行を行った。試行開始の操作以外は参加者のペースで課題が進められた。まず標的指示画面が提示され、参加者は目標標的確認後、スペースキーを押して探索画面を提示させた。探索画面は参加者の反応が生じるまで提示され、反応後、次の試行の標的指示画面へと切り替わった。1ブロックは100試行(主課題：88試行、展望記憶課題：12試行)で、合計4ブロックを遂行した。参加者は刺激提示画面を両眼で観察し、課題の遂行にあたっては速さと正確さが求められた。また、課題内容の理解度確認のため、本試行の前後で参加者には実験者への課題内容説明が求められた。実験ブロック終了後、参加者は展望記憶課題と主課題それぞれの課題達成度について、正答率に関する自己評価が求められた。

## 結果

課題遂行中に眠ってしまった20歳代と40歳代各1名および実験終了後の課題内容説明において誤りのあった50歳代1名の計3名を除いた38名のデータを分析対象とした。主課題および展望記憶課題の正答率および課

課題成績に関する自己評価をFigure 1に示す。課題別に年齢群(20s, 40s, 50s) × 達成度(actual, self-reported)の二要因分散分析を行った。結果、展望記憶課題では、課題達成度の主効果[ $F(1, 36) = 17.54, p = .0002$ ]および年齢群 × 達成度の交互作用[ $F(2, 36) = 3.37, p = .0456$ ]が有意であった。Tukey's HSD testの結果、20歳代では実際の正答率に比べ、課題達成度の自己評価が有意に低かった。その他の年齢群では、実際の正答率と自己評価との間に有意な差は認められなかった。実際の正答率および自己報告による正答率には、年齢群間に有意な差は認められなかった。一方、主課題では課題達成度の主効果のみが有意であり[ $F(1, 36) = 89.37, p < .0001$ ]、全般的に実際の正答率に比べて自己評価の正答率が低かった。実際の正答率および自己評価による正答率には年齢群間に有意な差は認められなかった。

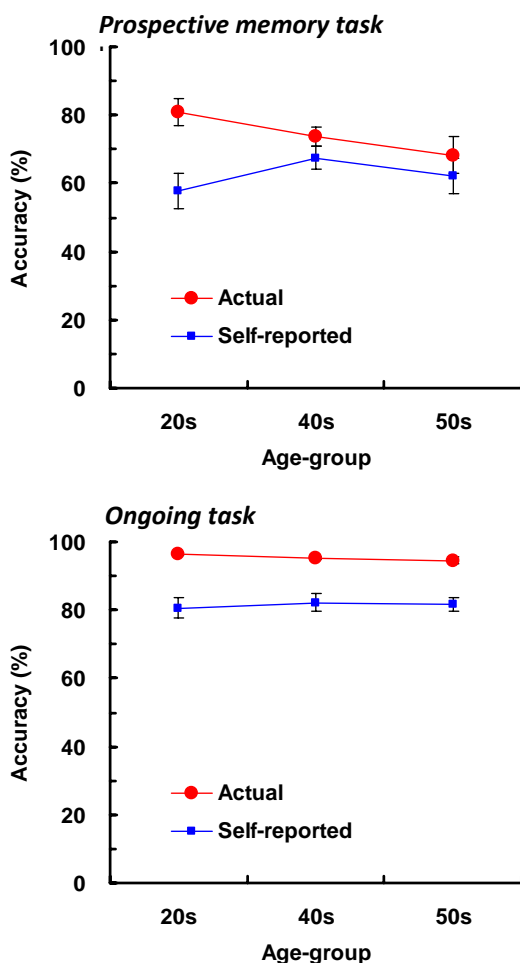


Figure 2. Actual- and self-reported accuracy for prospective memory task and ongoing task.

## 考察

注意・遂行機能に生じる加齢変化に対するメタ認知に生じる加齢の影響について、“し忘れ”にかかわる展望記憶をとりあげ、展望記憶に生じる加齢変化とそ

の自己認識の年齢差を、20歳代、40歳代、50歳代の健康成人を対象に検討した。結果、20歳代では展望記憶課題の実際の正答率に比べ、課題達成度の自己評価が有意に低かった。40歳代、50歳代では、実際の正答率と自己評価との間に有意な差は認められなかった。一方主課題では、全ての年齢群において、実際の課題成績の方が自己評価よりも高かった。展望記憶課題では加齢に伴って実際の正答率が低下する傾向にあるものの、年齢群間に有意な差は認められなかった。2つ以上の年齢群比較を行った先行研究は少ないものの、これらの結果は、展望記憶(event-based PM)の低下は60歳頃までは生じないとするメタ分析結果(Uttl, 2008)と一致する。正答率の自己評価においても年齢群間に有意な差は認められなかった。これらの結果は、20歳代の参加者は自己の成績を過小評価していることを示し、20歳代では“し忘れ”に対する自己評価が厳しい可能性を示唆している。実験ブロック終了後のインタビューにおいて、参加者の多くは展望記憶課題の“し忘れ”に気がついた(例えば、主課題の目標標的に反応すると同時にPM cueの存在に気がついた)と報告していた。このような“し忘れ”への気づきに基づいた更なる“し忘れ”の存在可能性の見積もりが20歳代の参加者では40・50歳代の参加者よりも高かった可能性が考えられる。今後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(1)40歳代、50歳代では実際の課題成績と課題成績に関する自己評価が一致している(し忘れの自己認識が正確である)こと、(2)20歳代では課題成績を過小評価している(し忘れに対する自己評価が厳しい)こと、さらに(3)50歳代までは展望記憶成績やその課題成績に関する自己評価(メタ認知)には年齢差が生じない可能性が示唆された。

<sup>1</sup>本研究は文部科学省科学研究費補助金若手研究(B)(20700238)の助成を受けたものである。

## 引用文献

- 石松一真・橋本圭司・中村俊規・熊田孝恒 2006 脳外傷者における展望記憶. 認知リハビリテーション 2006, 68-74.
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. A., & Posner, M. I. 2000 *Consciousness and Cognition*, 9, 288–307.
- Pardo, J. V., Lee, J. T., Sheikh, S. A., Surerus-Johnson, C., Shah, H., Munch, K.R. et al. 2007 Where the brain grows old: decline in anterior cingulate and medial prefrontal function with normal aging. *NeuroImage*, 35, 1231–1237.
- Shimamura, A. P. 2000 Toward a cognitive neuroscience of metacognition. *Consciousness and Cognition*, 9, 313–323.
- Uttl, B. 2008 Transparent meta-analysis of prospective memory and aging. *PLoS One*, 3, e1568.

# 単純接触効果の生じ方と再認確信度の関係

富田瑛智  
森川和則

大阪大学大学院人間科学研究科  
大阪大学大学院人間科学研究科

対象と何度も接触することでポジティブな評価を持ってしまふことを単純接触効果とよぶ。単純接触効果の説明理論に知覚的流暢性誤帰属説がある。知覚的流暢性誤帰属説によると、単純接触効果は、対象との接触により知覚的に流暢性になった処理が刺激の評価に誤って帰属されるために生じ、流暢性の誤帰属は対象との接触経験を想起できないときに生じ、接触経験を想起できるときに生じないと考えられてきた。しかし、本研究の結果では、単純接触効果が生じた時、刺激の魅力判断値は、接触経験を想起できたとき高くなっていった。そして、接触経験を想起できるが確信があまりない時に刺激の魅力判断値が最も高くなる傾向にあった。

Keywords: mere exposure effect, recognition, confidence.

## 問題・目的

単純接触効果は、繰り返し対象を見るだけで、その対象にポジティブな評価を持ってしまふ現象である(Zajonc, 1968)。この単純接触効果には知覚的流暢性誤帰属説という説明理論がある(Bornstein, & D'Agostino, 1992)。知覚的流暢性誤帰属説では、単純接触効果は、対象との接触より高まった対象の処理の流暢性が対象との接触経験に帰属されず、対象に誤帰属されるときに生じるとする。そのため、単純接触効果は接触したにもかかわらず、対象との接触経験が想起できないときに生じ、接触経験を想起できる時には生じないとされる。しかし、接触刺激の再認成績が高い時に単純接触効果が生じるという報告もある(Newell, & Shanks, 2007)。

知覚的流暢性誤帰属説が正しいならば、単純接触効果は、実験時に提示した刺激を正再認(hit)したときよりも、ミス(miss)したときに生じやすくなり、刺激の評価が高くなるはずである。また、刺激との接触によって高まった流暢性は、見たという確信が高くなるにつれて刺激に誤帰属されにくくなるとされる。そのため、見たという確信が高い時に、単純接触効果はより生じにくくなり、刺激の評価は高まらないはずである。それに対して、刺激を見たことがないという確信が高まるにつれて、流暢性は誤帰属されやすくなり、単純接触効果が生じやすくなり、刺激の評価が高まるはずである。

本研究では、顔を刺激として用いて、知覚的流暢性誤帰属説は単純接触効果の説明理論として妥当なのか検討した。検討のため、実験1では、刺激を1000 ms提示し、実験2では刺激を100 ms提示することで、刺激との接触経験の想起のしやすさを変化させた。

## 実験1

### 方法

37名の大学生(男性17, 女性20, 平均年齢20.8歳)が実験に参加した。実験刺激は日本人顔24刺激とインド人顔24刺激を用いた。

実験の手続きは接触段階と判断段階からなつた。接触段階では実験参加者は顔刺激の半数(日本人顔12刺激, インド人顔12刺激)を見た。接触段階では各刺激を1000 ms (ISI 500 ms)でランダムな順番に6度ずつ提示した。提示した刺激は参加者間でカウンターバランスした。判断段階は接触段階の4分後と2週間後に行った。判断段階では、実験参加者は刺激を1000 ms見た後、魅力判断と再認確信度判断を行った。魅力判断は9段階(1: まったく魅力的でない~9: とても魅力的である), 再認確信度判断は9段階(-4: 見ていない確信が高い~4: 見た確信が高い)であった。魅力判断, 再認確信度判断は、ともに目盛の下に参考にするラベルを付けたものを提示し、参加者が任意の値を選べる連続的な尺度とした。値はピクセル単位で取得した。

### 結果と考察

魅力値は、提示刺激の魅力値と非提示刺激の間で、差の傾向は見られた。しかし、提示刺激と非提示刺激の魅力値に差の傾向が見られたのは、直後条件でのみであった( $t(36) = 1.77, p < .085$ )(図1.a)。そのため、単純接触効果は直後条件で見られた。単純接触効果は、知覚的流暢性誤帰属説によると、見たにもかかわらず見ていないと判断されるときに生じるとされる。しかし、直後条件の魅力値は、提示刺激に対して見た(hit)と判断したときと、見ていない(miss)と判断したときで差がなかった( $t(36) = 1.52, n.s.$ )(図1.b)。Hit時の魅力値がmiss時の魅力値と差がなかったことは、知覚的流暢性誤帰属説を棄却した。また、再認確信度ごとの魅力値をMann-WhitneyのU検定により比較すると(有意水準はHolm法により調節), 見ていない確信が高い時(-3)に比べ、見た確信が高い時(3)に魅力判断値が高かった(図1.c)。しかし、実験1では刺激が比較的良好に記憶されており( $d' = 1.71, SD = 0.59$ ; Hit率= 0.72,  $SD = 0.14$ ), 接触経験を想起できないという状況が少なかったため、hit判断時の魅力判断値と、miss判断時の魅力判断値に差が見られなかった可能性が示唆された。また、確信度ごとの比較でも、魅力判断値に差が見られなかった可能性が示唆された。そのため、実験2では接触段階での刺激提示時間を100 msに変更した。

## 実験2

### 方法

実験参加者は大学生42名(男性14, 女性28, 平均年齢20.3歳)であった。実験刺激は実験1と同じであった。手続きは接触段階の刺激提示時間を100msに変更した以外同じであった。

### 結果と考察

提示刺激の魅力値と非提示刺激の魅力値に差が見られたのは直後条件のみであった( $t(41) = 2.60, p < .013$ ) (図1.a)。単純接触効果は直後条件でのみ見られた。魅力値はhitしたときのほうがmissしたときよりも高かった( $t(41) = 3.167, p < .003$ ) (図1.b)。そのため、知覚的流暢性誤帰属説は棄却された。再認確信度ごとの魅力値をMann-WhitneyのU検定により比較すると(有意水準はHolm法により調節), 見なかったという確信が強くなるにつれて魅力値は低くなっていった(図1.c)。また, 統計的な差はなかったが, 見たという確信が強くなるにつれて魅力値は低くなる可能性が示唆された。つまり, 再認確信度を横軸とすると, 魅力判断値は, 見たという確信が低いときを頂点にした逆U字関数の形になる可能性が示唆された。実験1に比べ刺激の記憶成績は低かった( $d' = 0.78, SD = 0.43, \text{hit率} = 0.53, SD = 0.17$ )。

## 総合考察

知覚的流暢性誤帰属説は, 単純接触効果を説明する理論として妥当であるか検討した。その結果, 知覚的流暢性誤帰属説は支持されなかった。単純接触効果が生じた時には, 刺激の魅力判断値は, 接触経験を意識的に記憶しているときに高くなった。しかし, 魅力判断値が最も高くなったのは, 確信はないが見たと判断されたときであった。

確信はないが見たという判断は, おそらくKnowに近い判断と示唆される。単純接触効果は, このKnow判断によって生じている可能性が示唆された。

本研究の結果は, 単純接触効果は閾下で刺激を提示した場合にも(または刺激の提示時間を短くしたほうが)生じるというBornstein, & D'Agostino(1992)の結果と背反しないと考えられる。閾下や短い刺激提示時間での単純接触効果は, 知覚的流暢性誤帰属説を支持するものであった。しかし, 刺激提示時間の短縮によって, Rememberに近い判断が行えなくなり, Knowのような判断がなされる率が高まったため単純接触効果が生じやすくなった可能性も示唆される。

つまり, 単純接触効果は, 接触経験を想起できないとき, 接触によって生じた流暢性が, 刺激の評価として誤帰属されるために生じるのではなく, 単純接触効果は接触経験を想起できるときに生じる。しかし, その記憶があいまいなほど(Remember判断ができないほど)単純接触効果は強くなる可能性が示唆された。

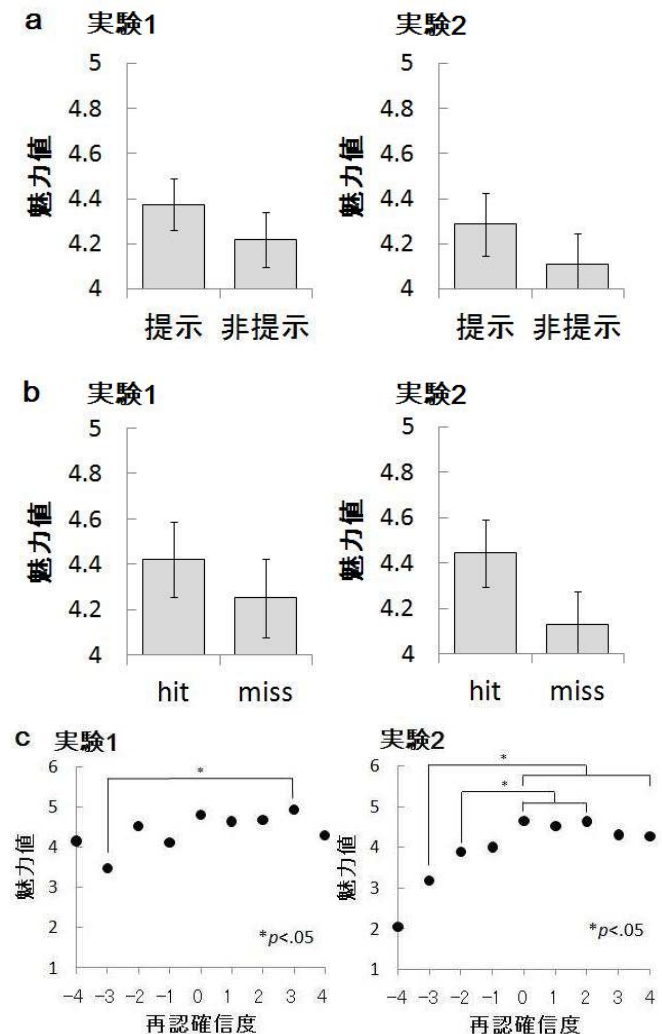


図1 A: 接触段階で提示した刺激の魅力判断値(提示)と提示しなかった刺激(非提示)の平均魅力判断値を示した。B: 接触段階で提示した刺激のうち, 判断段階で見たと判断された(hit)刺激と見なかったと判断された(miss)刺激の平均魅力判断値を示した。C: 判断段階での再認確信度判断の各確信度における魅力値の中央値を示した。エラーバーはすべて標準誤差を示した。

## 引用文献

- Bornstein, R. F., & D'Agostino, P. R. (1992). Stimulus Recognition and the Mere Exposure Effect. *Journal of personality and Social Psychology*, 63, 545-552.
- Newell, B. R., & Shanks, D. R., (2007). Recognizing what you like: Examining the relation between the mere-exposure effect and recognition. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(1), 13-118.
- Zajonc, R. B., (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9, 1-27

# 視覚統計量の要約における偏心率の影響

坂野 逸紀  
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科  
京都大学大学院人間・環境学研究科

Recent studies have shown that we can extract the statistical summary of sets of elements efficiently. It is thought that this serves as a basis for rapid understanding of the meaning of an environmental scene. We see the scene in a whole visual field. Hence, it is expected that we compute statistical properties of elements very accurately even in far peripheral vision. In our study, the performances of judging the mean size of sets of circles at different eccentricities were measured. 4 circles were presented simultaneously in imaginary 3X3 matrix where each cell measured 4°X4°. The center of matrix was located on a fixation point or at 16° eccentricity on horizontal meridian. Participants also performed member identification task in which they are asked to judge the size of a member in a mass of circles. We found that mean discrimination thresholds for size were not affected by eccentricity, while the judgments of the size of a circle were less accurate when circles were located within peripheral area than central area. The result suggests that statistical properties such as size in peripheral vision could be summarized as accurately as in central vision.

Keywords: statistical summary, size estimation, peripheral vision, eccentricity.

## 問題・目的

我々の視覚は常に膨大な量の情報にさらされている。しかしながら、日常的な視環境においてはある類似した特徴・要素がまとまって出現することが多い。ゆえに、視覚系は特定の要素を統計的な表現にまとめることで、視覚情報を圧縮する機会が与えられていることになる。実際にヒトは、複数の視覚刺激からその統計的要約を抽出する能力を有していることが知られている。例えば、Chong & Treisman(2003)は瞬間的に呈示された複数の円刺激の平均サイズを極めて正確に抽出できることを示している。

では、この統計的要約能力は視野とどのような関係にあるだろうか。この能力は、ヒトが複雑な視環境の概略的な意味を短時間のうちに獲得するための基礎となると考えられている(Greene & Oliva, 2009)。そして、視環境の情報は実験室の外では視野の全範囲にわたって存在するものである。従って、視覚刺激の統計的要約の正確性は周辺視野でも維持されている可能性を考えることができる。そこで本研究では、複数呈示された円刺激の平均サイズを判断する課題を用いて、視覚統計量の要約能力における偏心率の影響を検討した。なお、この課題と比較するものとして、円刺激のうちの1つのサイズを判断する2タイプの課題が用いられた。

## 方法

**協力者** 第一著者を含む9人の大学生、大学院生が実験に参加した。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。

**刺激** 4つの相異なるサイズの円（視角 1.40° ~ 2.43°）が用いられた。円の面積は指数 0.76 のべき関数スケール上で等比数列を成していた。これは円の物理的な面積とその知覚の対応が同指数のべき関数に従

うことに基づく(Chong & Treisman, 2003; Teghtsoonian, 1965)。これ以降に記述されるサイズ差は、全てべき関数スケール上での値を表す。各円は視角 4° の正方領域をセルとする 3×3 の仮想的なマトリックスの中に呈示された。円が配置されるセルは試行ごとにランダムに決定された。また、各円の中心はセル中心から最大で 0.3° ずれた位置に配置された。ずれの大きさ・方向は試行ごとにランダムであった。呈示される4円の面積は常に同一ではなく、試行ごとにべき関数スケール上のスケールが行われた。拡大率は、1/1.1/1.2/1.3 倍のいずれかがランダムに選択された。

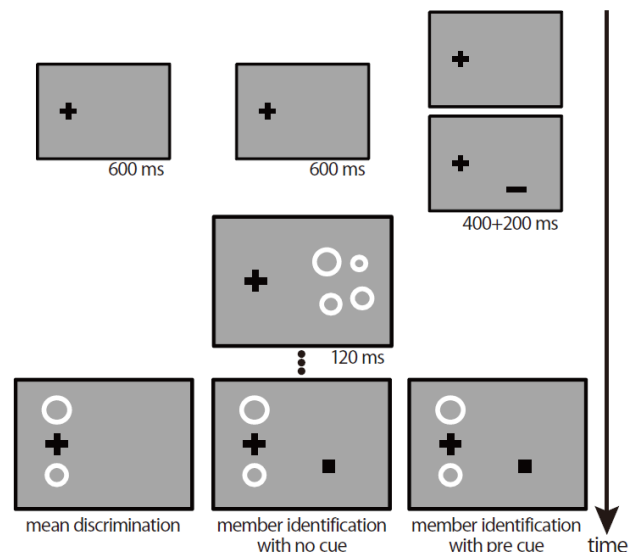


Figure 1. The timeline For Experiment. Left: mean discrimination task. Center: member identification task with no cue. Right: member identification task with pre cue.

## 手続き

**平均弁別課題 (図1左)** : 協力者は瞬間呈示された4つの円の平均サイズ (面積) を判断することを求められた。画面左あるいは右に600ms注視点が呈示された後、4円が120ms間呈示され、さらに600msのISIにおいて注視点の上下にサイズの異なる2円が呈示された。協力者は平均サイズとして正しい方を選択した。標的刺激は、べき関数スケール上で4円の面積を平均することによりそのサイズが決定された。また、妨害刺激は標的刺激と特定のサイズ差を構成するように決定された。両刺激のサイズ差は10/20/30/40/50/60/70%のうちいずれかであった。仮想マトリックスの中心は注視点から水平方向に0° (near条件)、あるいは16° (far条件) 離れた場所のいずれかであった。各視野・サイズ差ごとの試行数は64であった。

**事前手がかり無し要素同定課題 (図1中)** : 本課題では標的・妨害刺激と同時に、4円のいずれかがあった位置に正方形のマーカが呈示された。協力者は、マーカ的位置に呈示された円のサイズを判断した。マーカ的位置は試行ごとにランダムに選択された。

**事前手がかりあり要素同定課題 (図1右)** : 協力者はマーカ的位置に呈示された円のサイズを判断することを求められた。本課題においては、4円が呈示される200ms前から直前まで、後にマーカが配置される円の下にバーが呈示された。

なお、9人の協力者のうち、第一著者を含む2人の協力者はより多くの課題、呈示視野条件に参加していたが、ここではその説明は省略する。

## 結果

各サイズ差で得られた正答率に累積ガウス分布をフィットすることにより、各課題・呈示視野条件において75%の正答率に対応するサイズ差を閾値として求めた。全ての協力者において、75%閾値は10~70%のサイズ差の範囲内に収まっていた。課題としては平均弁別課題・事前手がかりなし要素同定課題・事前手がかりあり要素同定課題を、呈示視野としてはnear条件、far条件を分析対象とした。協力者の閾値の平均を図2に示す。平均弁別課題はnear条件、far条件の間で閾値は変わらなかった一方、2つの要素同定課題においてはnear条件に対するfar条件の閾値上昇が見られた。課題・呈示視野を要因とする2要因の分散分析を行ったところ、両要因において主効果がみられた(課題 :  $F(2,16) = 10.88, p < .005$ ; 呈示視野 :  $F(1,8) = 22.70, p < .005$ )。また、両変数の交互作用が有意であったため( $F(2,16) = 6.91, p < .01$ )、課題別に呈示視野の効果を検討したところ、2つの要素同定課題でのみ有意な閾値差が認められた( $p < .01$ )。

## 考察

本研究の結果から、個々の円刺激の大きさの判断が不正確になるような周辺視野においても、平均サイズの判断は中心視野と同程度に正確であることが明らか

になった。このことから、視覚統計量を要約する能力は少なくとも視角16°の範囲まで維持されていることが示唆される。

平均サイズの判断が周辺部でも低下しない理由については、そもそも個々の要素のサイズ判断がなぜ周辺部だと低下するのかを考えることで、2つの可能性を挙げられる。1つは各要素のサイズを符号化する際に発生するノイズを平均化によって低減している可能性である。これは偏心度の増加に伴う要素同定課題の成績低下が、各要素のサイズ情報に独立に付加されるノイズの増大に由来するものであることを仮定している。このような場合、情報をプールすることによって、サイズ判断に対するノイズの影響をキャンセルすることができる。もう1つは、各要素の位置情報を問わないことによって、要素の位置の符号化エラーを回避している可能性である。これは要素同定課題の成績低下が、要素の位置情報に付加されるノイズの増大に由来するものであることを仮定している。この場合、同課題においては、各要素の定位エラーによりマーカで指定された円とその他の円を取り違えた上で判断を行ってしまう可能性がある。一方で、平均弁別課題においては各要素の定位エラーは問題にならない。2つの可能性のうちどちらが正しいのか、あるいはその両方が正しいのかは明らかではないが、いずれにせよ統計的要約を行うことは偏心度の増大に伴う視覚情報の不精緻化を補償する有効な手段であることが示唆される。

## 引用文献

- Chong, S. C., & Treisman, A. (2003). Representation of statistical properties. *Vision Research*, 43, 393-404.
- Greene, M. R., & Oliva, A. (2009). The briefest of glances: the time course of natural scene understanding. *Psychological Science*, 20 (4), 464-472.
- Teghtsoonian, M. (1965). The judgment of size. *American Journal of Psychology*, 78, 392-402.

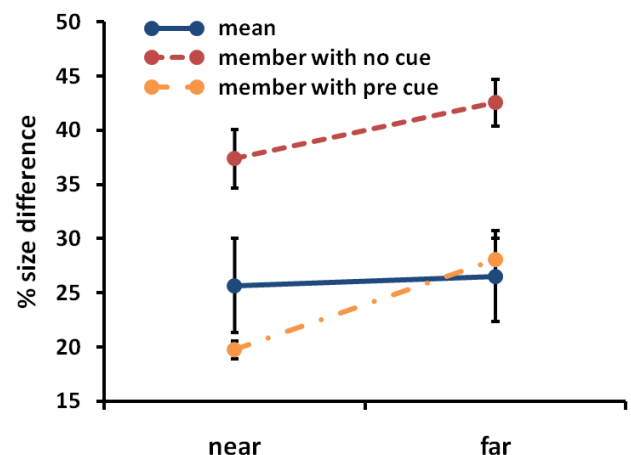


Figure 2. The results of Experiment. The error bars indicate the standard errors.

# 課題間相関と遺伝子多型解析を用いた 視覚的注意機能の個人差に関する認知遺伝学的研究

菊野雄一郎  
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

京都大学大学院人間・環境学研究科

Individual differences of visual attention can be ruled by both the environmental and the genetic factors. This study focused on the genetic factor and examine whether individual differences in the subcomponents of attention (Alerting, Orienting, Executive) were associated with a CHRNA4, a nicotinic receptor subunit gene or not. We then carried out the Attention Network Test (Fan et al., 2007) to measure these 3 effects. Increasing gene dose of the T allele of the CHRNA4 gene (i.e. CC→CT/TT) was associated with greater orienting effects, but was not associated with alerting and executive effects. Although, there was a correlation between alerting effects and orienting effects in the incongruent condition, the alerting effects had no association with the CHRNA4 gene. Consequently, these discoveries suggested an importance of investigating the interactions of several gene polymorphisms in the future.

Keywords: individual differences, visual attention, CHRNA4.

## 問題・目的

我々は膨大な視覚情報の中から重要な情報だけに焦点を絞るという視覚的注意機能をもっている。そして、このような注意には個人差がある。例えば、曲がり角に注意しながら自動車を運転しているとき、ヒトが飛び出してきたら我々はとっさにブレーキを踏む。このような場面で、ブレーキを踏む速さは個人で違うと考えられ、このような注意の個人差は、環境要因や遺伝的要因によって規定される。本研究では、このうち遺伝的要因と注意の関連について着目した。

注意の個人差研究として、Parasuraman, Greenwood, Kumar, & Fossella (2005) は空間手がかり課題のパフォーマンスと遺伝子の関連性について検討した。彼らは、注意を向けたときの反応時間の促進を反映した Benefits(利得)の個人差と CHRNA4 遺伝子との関連を示した。このように、これまでの注意の個人差に関する研究では、注意を単一の機能にとらえた上で、遺伝子多型の関連性だけが報告されてきた。しかしながら、注意には複数の下位機能からなるネットワークが考えられる。注意の個人差をより詳細に研究していく上で、注意の下位機能と遺伝子の関係を調べていくことは意義あることである。そこで、注意の下位機能として Posner & Petersen (1990) が提唱した 3 つの“独立”な下位機能(Alerting, Orienting, Executive)が挙げられる。Alerting 機能 (注意の喚起機能) は、予測される刺激に対して反応準備を高め、それを維持しておく能力を指す。Orienting 機能 (注意の定位機能) は注意によって複数の選択肢からある情報を選択する機能を指す。Executive 機能 (実行機能) は、モニタリングや複数の処理過程に対立を含む場合の機能を指す。

このような注意の下位機能の個人差は遺伝子多型とどのように関連するのだろうか。この問題点を解決するため、3つの独立的な下位機能を1度に測定できる Attention Network Test(Fan et al., 2007)を用いて、CHRNA4 との関係を検討した。Parasuraman らが報告

した Benefits は下位機能の1つである Orienting 機能を反映した指標であると考えられる。従って、Orienting 機能についてはその個人差は CHRNA4 と関係性があると予想される。

## 方法

**実験協力者** 大学生および大学院生80名が実験に参加した(うち1名を分析から除外)。

**刺激** 実験にはFanら(2007)がデザインした刺激を用いた。

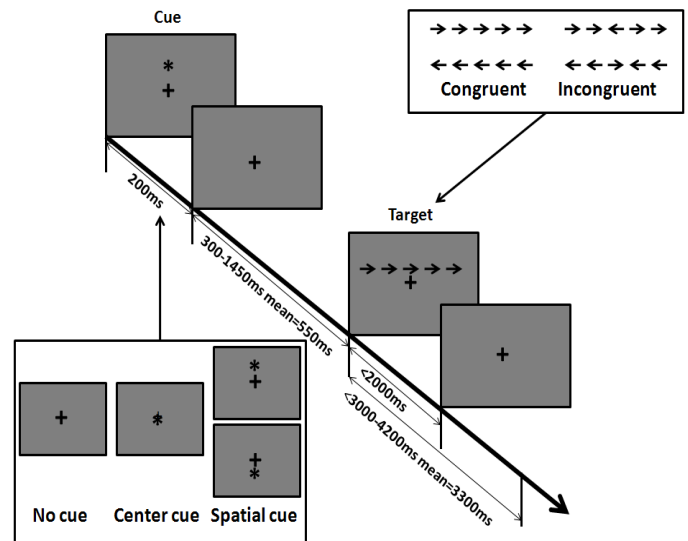


Figure 1. The timeline for Attention Network Test.

**実験デザイン** 実験の要因は手がかり条件(3条件: No cue, Center cue, Spatial cue)、ターゲット条件(2条件: ターゲットの矢印(真ん中の矢印)が左右のディストラクタと同じ向き(Congruent)、異なる向き(Incongruent))の2要因だった。Alerting、Orienting、

Executive効果は各条件の平均反応時間(mRT)から求めた。

Alerting 効果=mRT (No cue)-mRT (Center cue)

Orienting効果=mRT (Center cue)-mRT (Spatial cue)

Executive効果=mRT (Incongruent)-mRT (Congruent)

Alerting効果とOrienting効果はIncongruent, Congruent条件ごとに算出した。また、Executive効果はNo cue条件、Center cue条件、Spatial cue条件のmRTを合算したIncongruent条件とCongruent条件のmRTから求めた。

**手続き** Figure 1に実験の流れを示す。各試行では、最初に手がかり画面が200ms呈示された。その後、300ms~1450ms(平均値550ms)の間隔において、注視点の上下どちらかに水平に並んだ5つの矢印が呈示された。協力者は、5つの矢印の真ん中の矢印が左右どちらを向いていたかをできるだけ速く正確に答えた。2000ms以内に協力者がボタンを押さなかった場合、データ分析から排除した。以降同じ手続きが繰り返された。本課題は、各ブロック108試行ずつとし、6ブロック(計648試行)が行われた。各条件はブロック内に18試行ずつ均等に含まれていた。

**遺伝子多型** 本研究では、口腔細胞から遺伝子を採取し、Polymer Chain Reaction (PCR)によりCHRNA4のrs1044396の塩基配列を増幅した。CHRNA4は、頭頂葉のシナプス活動を調節するニコチン受容体のサブユニットの働きに関与した遺伝子である。CHRNA4は3つの多型(CC/CT/TT)に分類された。CCは38名、CTは38名、TTは3名だった。TT多型の被験者が少なかったため、CTと組み合わせた(CT/TT=41名)。

## 結果

遺伝子多型の分布頻度が世代を重ねても一定の値が保たれていることを証明できるHardy-Weinberg's平衡は成立していた( $P>.5$ )。この検定は、本研究の遺伝子多型の分類が正確に行われたということを示す。

本研究では、Posnerらが唱えた3つの下位機能とCHRNA4の関連性について検討した。結果の一部をFigure2に示す。Orienting効果をCHRNA4の多型間で比較したところ、Incongruent条件において、CT/TT多型はCC多型よりもOrienting効果が有意に高かった( $F(1,77)=6.85, p<.05$ )。しかしながら、Alerting効果はIncongruent条件、Congruent条件下のどちらにおいてもCHRNA4の多型間に有意差は見られなかった。Executive効果も同様に多型間に有意差はなかった。

また、Alerting、Orienting、Executive効果の独立性を確認するために、行動指標の相関関係を求めた。その結果、Incongruent条件においてAlerting効果とOrienting効果に有意に負の相関がみられた( $r=-0.39, p<.01$ )。しかしながら、Fanらの研究ではIncongruent条件とCongruent条件のmRTデータをプールして相関分析が行われていた。本研究でも同じように分析を行ったところ、3つの効果は無相関であった。

## 考察

本研究の目的は、Posnerらが唱えた3つの下位機能とCHRNA4の関連性を検討することだった。その結果、

Figure2に見られるようにTアレルが少ない多型はIncongruent条件におけるOrienting効果が有意に大きかった。この結果は、Parasuramanらが報告した傾向と逆の傾向をみせた。その理由として、本研究で用いたOrienting効果はParasuramanらが行動指標として用いたBenefitsの効果を純粋に反映していない可能性がある。ANTで測定したOrienting効果は、ターゲット刺激の左右にあるディストラクタの影響を受けていた。そのため、Orienting効果にはExecutive効果が含まれていた可能性が考えられる。それに対してParasuramanらの実験は、手がかり(矢印)によって向けられた空間上に呈示されたアルファベット刺激が母音であったか子音であったかを答える課題だった。このように、2つの課題で測定された行動指標は厳密に同じ効果を反映しているとは言い難い。従って、このことを検討するために、ANTとParasuramanらの空間手がかり課題を並行して行う必要がある。

また、Alerting効果はCHRNA4との関連は見られなかった。しかしながら、行動指標では、Incongruent条件のAlerting効果とOrienting効果に有意な相関がみられた。このことからAlerting効果とOrienting効果の双方に影響を与える遺伝子が存在する可能性が考えられる。このような知見から、単一の遺伝子が注意の下位機能の個人差を反映しているとは考え難い。そのため、今後複数の遺伝子との相互作用が注意の下位機能の個人差に与える影響について検討していくことが有効であると考えられる。

## 引用文献

- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Parasuraman, R., Greenwood, P. M., Kumar, R., & Fossella, J. (2005). Beyond heritability: Neurotransmitter genes differentially modulate visuospatial attention and working memory. *Psychological Science*, 16, 200-207.
- Fan, J., Byrne, J., Worden, M. S., Gulse, K. G., McCandliss, B. D., Fossella, J., & Posner, M. I. (2007). The relation of brain oscillations to attentional networks. *JNS*, 27(23), 6197-620.

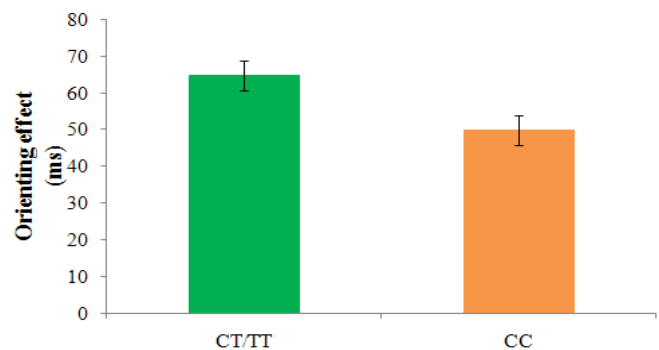


Figure 2. Effects of polymorphisms in the CHRNA4 gene on the orienting effect in the incongruent condition.



# 視線変化における直視の優位性

横山 武昌  
喜多 伸一

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

The present study scrutinizes the specificity of attentional capture for change in direct gaze relative to non-direct gaze. In addition, it also examines which looking-toward or looking-away in change in direct gaze captures greater visuospatial attention. Each experiment employed a change detection task in which closely similar two images were separated by an interposed blank screen, and we compared detection accuracy among looking-away, looking-toward, and non-direct gaze change. In the Experiment 1, we found detection advantage for change in direct gaze relative to non-direct gaze change, and for looking-toward relative to looking-away. In the Experiment 2, we conducted experiments to eliminate possibilities of simple motion detection and geometrical factors of eyes, and to confirm existence of specificity of face and gaze. These results indicate that individuals are sensitive to change in direct relative to non-direct gaze change, and attentional capture of looking-toward is greater than looking-away.

Keywords: gaze perception, direct gaze, attentional capture, change detection task.

## 問題・目的

直視(Direct gaze)は、数多の視線方向の中で最も特別な意味を持つ視覚刺激である。特に注意の捕捉の観点では、直視は他の視線方向よりも大きな注意を捕捉する(e.g., von Grünau & Anston, 1995)。しかし、先行研究では視線を静的なものとして捉え、視線は本来動的であるという概念を無視している。そのため、先行研究では視線本来の注意の捕捉量が検討出来ていないので、本研究では動的である「視線変化」について検討した。実験1では直視を含む視線変化が直視を含まない視線変化よりも大きな注意の捕捉を伴うかについて変化検出課題を用いて検討した。また、直視を含む視線変化は2種類に分類することが可能である。そこで「眼を逸らす」視線変化と「眼を向ける」視線変化において注意の捕捉量が異なるかどうかを検討した。実験1の結果を踏まえ、実験2では視線変化以外の要因を排除するため、単純運動検出と目の幾何学的要因の可能性を排除し、顔と視線の特有の効果であることを検討した。

## 実験1

### 方法

**実験デザイン** 眼を向ける視線変化条件・眼を逸らす視線変化条件・直視を含まない視線変化条件の3条件(以下それぞれ Toward・Away・Non-direct とする)を参加者内要因とする1要因3水準の実験計画とした。

**実験参加者** 健常な視力(矯正も含む)及び色覚を有する12名が実験に参加した。

**刺激** 顔は縦8.4°×横6.4°の楕円、目は縦0.5°×横0.9°の楕円で作成した。6つの線画顔は、画面の中心に配置した注視点より半径5.0°の仮想円上に均等隔に配置した。視線変化の距離は「眼を向ける」視線変化が左から正面まで、右から正面まで0.4°、「眼を逸ら

す」視線変化が正面から左まで、正面から右まで0.4°、直視を含まない視線変化が左から右まで、右から左まで0.8°にした。

**実験手続き** 実験手続きを Figure 1 に示す。

各試行では注視点(2000ms)に続いて第1画(533ms)、空白画面(100ms)、第2画面(533ms)を呈示した。その後、実験参加者はキーボードの特定のキーを押し、視線変化した顔を答えた。左、右、正面の3つの視線方向は第2画面で全て呈示するように操作し、それ以外は全てランダムで呈示した。

## 結果と考察

変化検出の正答率及び標準偏差のグラフを Figure 2 に示す。

視線変化の主効果( $p < .01$ )が見られた。多重比較を用いて検定した結果、Away条件の正答率はNon-direct条件よりも有意に高く( $p < .01$ )、Toward条件の正答率はNon-direct条件よりも有意に高かった( $p < .01$ )。また、Toward条件の正答率はAway条件よりも有意に高いこと( $p < .05$ )が示された。

実験1の結果から、直視を含む視線変化は直視を含まない視線変化よりも変化検出の正答率が高いことがわかった。また「眼を向ける」視線変化は「眼を逸ら

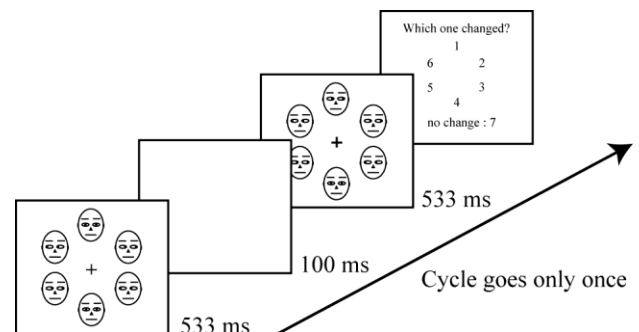


Figure 1. Example of sequence of the event for a typical trial .

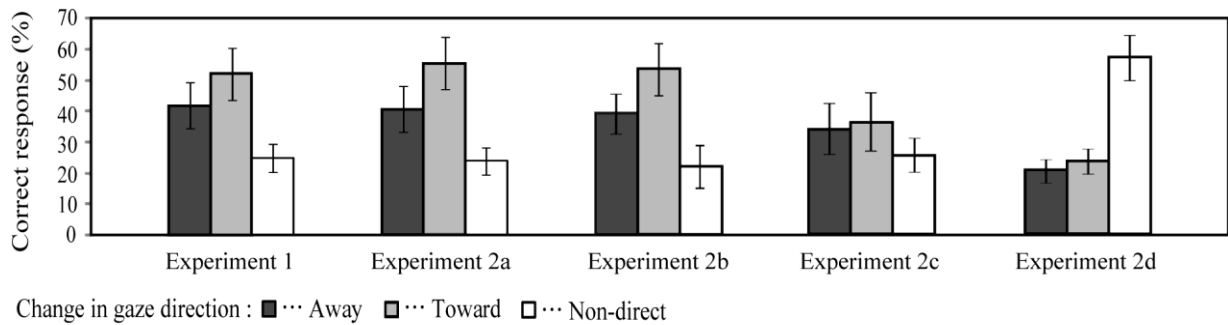


Figure 2. Mean correct response in experiments. The bar represents standard deviation.

す」視線変化よりも変化検出において正答率が高いことがわかった。しかし、実験1の結果は、単純運動検出と目の幾何学的要素の可能性を残し、顔と視線特有の効果の有無が実際に現れているか疑わしい。そこで、実験2では単純運動検出の可能性を排除するため、Non-direct条件の視線変化の距離を他の2条件と同様にし(2a)、目の幾何学的要素の可能性を排除するため長方形の目を作成し(2b)、顔特有の効果を検討するため倒立顔を用い(2c)、視線特有の効果を検討するため眼以外の顔のパーツを取り除いた(2d)実験を行った。

## 実験2

### 方法

下記の点を除いて実験1と同じであった。

**実験参加者** 健康な視力(矯正も含む)及び色覚を有する12名が実験2a, 2c, 2dに参加し、14名が実験2bに参加した。

**刺激** 刺激の例をFigure3に示す。

実験2aでは、単純運動検出の有無を検討するため、3つの条件の視線変化の距離を均等にした。Non-direct条件の視線変化を他の2条件と同様に0.4°にした。Non-direct条件の視線方向の変化は、目の中心から0.2°左から目の中心から0.2°右に目の中心を含まないようにした(右から左も同様)。

実験2bでは、目の幾何学的要因の効果排除するため、眼と白目の境界との縦幅の間隔が目の中のどの位置にあっても一定になる長方形の目を用いた。

実験2cでは、顔特有の効果を検討するため、倒立顔を用いた。

実験2dでは、視線特有の効果を検討するため、眼以外の顔のパーツを全て取り除いた刺激を用いた。

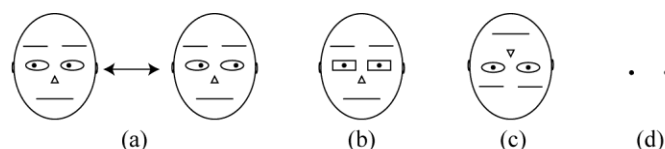


Figure 3. Examples of stimuli in the Experiment 2: (a) Experiment 2a, (b) Experiment 2b, (c) Experiment 2c, and (d) Experiment 2d.

### 結果と考察

変化検出の正答率及び標準偏差のグラフをFigure2に示す。

実験2aでは、視線変化の主効果( $p < .01$ )が見られた。多重比較を用いて検定した結果、Away条件の正答率はNon-direct条件よりも有意に高く( $p < .01$ )、Toward条件の正答率はNon-direct条件よりも有意に高かった( $p < .01$ )。また、Toward条件の正答率はAway条件よりも有意に高いこと( $p < .05$ )が示された。

実験2bでは、視線変化の主効果( $p < .01$ )が見られた。多重比較を用いて検定した結果、Away条件の正答率はNon-direct条件よりも有意に高く( $p < .01$ )、Toward条件の正答率はNon-direct条件よりも有意に高かった( $p < .01$ )。また、Toward条件の正答率はAway条件よりも有意に高いこと( $p < .05$ )が示された。

実験2cでは、視線変化の主効果は見られなかった。

実験2dでは、視線変化の主効果( $p < .01$ )が見られた。多重比較を用いて検定した結果、Non-direct条件の正答率はAway条件よりも有意に高く( $p < .01$ )、Toward条件よりも有意に高かった( $p < .01$ )。また、Toward条件とAway条件の正答率に有意な差が見られなかった。

実験2の結果により、実験1の結果は単純運動検出と目の幾何学的要因によるものではないことがわかり、顔と視線特有の効果であることがわかった。

### 結論

視線変化知覚における注意の捕捉量を、変化検出課題を用いて検討した。ヒトは直視を含む視線変化に敏感であり、「眼を向ける」視線変化は「眼を逸らす」視線変化よりも大きな注意を捕捉する事を示した。そして、直視を含む視線変化の優位性は単純運動検出と目の幾何学的要因の可能性ではなく、顔と視線特有の効果であることを示した。

### 引用文献

von Grünau, M., & Anston, C. 1995. The detection of gaze direction: a stare-in-the-crowd effect. *Perception*, 24, 1297-1313.

# 情景文脈は物体表象の想起を常に促進するのか？

中島 亮一  
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

Visual object representations are stored as a part of larger scene representation or scene context, and the scene context facilitates the retrievals of object representations (Hollingworth, 2006). However, this hypothesis is based on experimental results obtained by the intentional memory task. In the present study, we examined whether visual object representations are also stored as a part of larger scene representation in a flicker change detection task. In two experiments, we examined whether the scene context facilitates the retrievals of the object representation by using a memory and change detection task in a flicker paradigm. The results indicated that scene context facilitation of the retrievals of object representations could occur only when the retention of much information (i.e., global information) at one time is necessary (e.g., one-shot change detection task).

Keywords: flicker paradigm, visual memory, natural scenes.

## 問題・目的

情景観察において、我々は詳細な物体の表象を形成しているのだろうか。この問いに対して、情景内の物体の表象は非常に頑健な形で記憶に保持されていると言われている(Hollingworth & Henderson, 2002)。さらに、この表象は記憶意図の有無によらず同じように保持されているという報告もなされている(Castelhamo & Henderson, 2005)。

そして近年、情景内の物体の表象はその物体の周辺情報(e.g., 情景文脈)と結合して保持されており、周辺情報がその想起手がかりとして有効であるという主張がなされている(e.g., Hollingworth, 2006)。しかし、この主張の基盤となった実験は意図的な記憶課題である。そのため、情景内物体表象と周辺情報との結合が自動的に起こるのか、一度に多くの情報を記憶に保持しなければならない場合にのみ起こるのかは定かではない。

本研究では、フリッカー変化検出課題時における情景内の物体の記憶表象が周辺情報と結合しているかどうかを検討した。フリッカー変化検出課題では、情景内の局所領域に注意を向け、そこに変化があるかどうかを逐次的に判断していけばよく、一度に多くの情報を記憶に保持する必要性が比較的小さな課題であると考えられる(Varakin & Levin, 2008)。もし情景内の物体表象が周辺情報と自動的に結合するならば、本研究においても、周辺情報が想起手がかりとして有効である、すなわち情景文脈による物体表象の想起の促進効果が見られると考えられる。

## 実験1

### 方法

正常な視力、矯正視力を有する大学生28名が実験に参加した。全員が実験の目的を知らされていなかった。

刺激画像は90枚のCGで作成された自然画像(視角 $24^\circ \times 18^\circ$ )であり、それらを元画像とした。そしてその画像内の一つの物体を標的物体として選定し、変

化させたものを変化画像とした。また、記憶テスト画像として、元画像・変化画像内の標的物体を円で囲んだ画像(背景あり画像)、標的物体以外を灰色で塗りつぶした画像(背景なし画像)を作成した。

このように作成した刺激画像を、フリッカー法(画像240 ms、ブランク100 ms)によって10.88秒間呈示した。参加者の課題は、画像呈示中に変化を見つけてボタン押しで反応し、その直後に呈示される記憶テスト画像中の標的物体(背景あり・なし条件が存在)と、フリッカー呈示されていた画像中の物体との異同判断を行うことであった。その際、制限時間内に変化を見つけ反応した場合には、テスト画像中の標的物体は必ずフリッカー呈示中の変化物体であるが、時間切れとなった場合は、標的物体は画像中から無作為に選定されると教示した。

また、参加者には教示しなかったが、全体の1/3の試行では元画像と変化画像を交互に呈示し(One-Change試行)、残りの試行では元画像のみを呈示した(No-Change試行)。これらの試行条件はブロック内で混合されていた。

### 結果と考察

One-Change試行において、参加者が変化を検出するまでの時間は平均5.27秒であり、変化検出成績は平均88.7%であった。これは全体的に高い成績であると考えられるため、この実験において、参加者はフリッカー変化検出課題にきちんと取り組んでいたと言える。

No-Change試行における成績(A')をFigure 1に示す。背景の条件間の成績に有意差は見られなかった[ $t(27) = .97, p > .3$ ]。よって、フリッカー変化検出課題時に保持される物体の記憶表象に関しては、背景情報すなわち情景文脈による想起の促進効果は消失したと言える。これは情景内の物体表象と周辺情報の結合が自動的に起こらないことを示唆している。

ただし、先行研究(Hollingworth, 2006)と本研究の間には、2つの相違点が存在する。1つは主課題の違い(純粋な意図的記憶課題かフリッカー変化検出課題か)である。もう1つは学習段階における画像の呈示方法

の違い(静的な呈示かフリッカー呈示か)である。そのため、この実験結果が画像をフリッカー呈示したことによる影響である可能性が残る。そこで実験2では、実験1と同様の画像呈示を用いて意図的な記憶課題を行った。もし実験1の結果と先行研究の結果の違いが実験課題の違いに基づくものならば、実験2においては、情景文脈による物体表象の想起の促進効果が見られると考えられる。

## 実験2

### 方法

実験参加者は正常な視力、矯正視力を有する大学生29名であった。全員が実験1には参加していなかった。刺激は、実験1で用いた90枚の画像のうち、参加者ごとに60枚を選び用いた。実験では、実験1におけるNo-Change試行のみを行った。参加者には記憶テストに備えて画像を観察するように教示した。また、実験1の内観報告において、誰も言語化について報告しておらず、フリッカー変化検出では言語的な記銘はされていないと考えられる。そこで、実験2では言語的な記銘の影響を抑制するために構音抑制を課した。

### 結果と考察

実験2の成績をFigure 1に示す。背景あり条件の方が背景なし条件よりも高い成績であった [ $t(28) = 2.41, p < .05$ ]。これはHollingworth (2006)の結果と一致している。つまり、学習段階で画像がフリッカー呈示されていても、純粋な意図的な記憶課題を課せば、情景文脈は物体表象の想起を促進するというものである。よって、Hollingworth (2006)と実験1の結果の違いは、フリッカー呈示という特殊な呈示方法の影響ではなく、主課題の違いによる処理の違いに由来するということが示唆される。

## 総合考察

本研究では、情景内の物体表象がその周辺情報と結合しているという説に関して、その結合が自動的に起こるのか、一度に多くの情報を記憶に保持しなければならない場合にのみ生じるのかを検討した。2つの実験の結果、情景文脈による物体表象の促進効果は、純粋な意図的な記憶課題を課した場合にのみ生じた。すなわち、物体表象と周辺情報との結合は、意図的な記憶課題のような一度に多くの情報を記憶に保持しておくなければならない場合にのみ起こることが示唆された。これは、効率的に多くの情報を記憶に保持しておくために、チャンクを形成するなどの戦略的な記憶保持方法と関係していると考えられる。

情景内の物体自体の記憶表象は、記銘方法によらず同様に保持されていると言われている(Castelhana & Henderson, 2005)。しかしながら、本研究の結果は、その物体の記憶表象がその周辺情報と結合されて保持されているか否かに関しては、記銘方法によって異なっている可能性を示唆している。すなわち、物体そのものの表象は同様に形成、保持されるのだが、意図的に多くの情報を記憶に保持しなければならない場合には、それらの物体表象同士が結合してやすくなるということである。

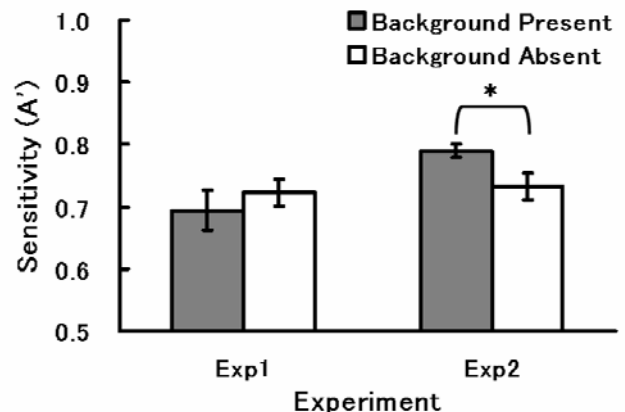


Figure 1. Mean A' data for the background present and absent conditions in No-Change trial in Exp1 and Exp2. Error bars indicate the standard errors. The asterisk indicates that the difference between two conditions is significant ( $p < .05$ ).

## 引用文献

- Castelhana, M. S., & Henderson, J. M. (2005). Incidental visual memory for objects in scenes. *Visual Cognition, 12*, 1017-1040.
- Hollingworth, A. (2006). Scene and position specificity in visual memory for objects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 32*, 58-69.
- 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.
- Varakin, D. A., & Levin, D. T. (2008). Scene structure enhances change detection. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 61*, 543-551.