

# 視覚的注意に対する頭部方向バイアス

中島 亮一  
塩入 諭

東北大学電気通信研究所  
東北大学電気通信研究所

我々は、注意を必要とする視覚探索課題(逐次探索)において、正面で対象を観察する場合の成績が横目で対象を観察する場合よりも高いことを示した(中島・塩入, 2012)。これは、視覚処理に対して頭部方向と眼球方向が影響を与えることを示す。その要因として、頭部が対象へ向いていること、あるいは頭部と眼球の方向が一致していることが考えられる。本研究では、周辺視課題を利用し、いずれが主要因であるか検討した。実験では、視野周辺(15°)に刺激を瞬間呈示し、標的刺激の同定課題を行った。頭部方向を注視点の方向・刺激の方向と操作し、頭部方向の課題成績への影響を調べた。その結果、頭部が刺激の方へ向いている条件での成績が高かった。また、眼球と頭部方向の一致・不一致条件間では、成績に違いは見られなかった。この結果は、眼球方向だけではなく、頭部方向も視覚的注意にバイアスを与えることを示唆している。

Keywords: Head direction, Peripheral vision, Visual attention.

## 問題・目的

我々は、サッカード眼球運動によって視線を移動しながら対象を観察する。視線移動の大きさは、最大100度程度にまで達するが、我々が眼球のみを動かして見るのは、主に左右に30度程度の範囲である(Stahl, 1999)。大きく視線を動かす場合には、対象に対して眼球だけでなく頭部も動く傾向が強い(Einhausser et al., 2009)。実際に眼球のみで視線を移動できる範囲でも頭部が動くことから、我々が横目状態で対象を捉えるのを好まないことを意味する。

この問題に対して、頭部と眼球の運動制御の観点からの検討が多く行われている(e.g., Stahl, 1999)一方で視覚的認知の観点からの検討の必要性も指摘されている(e.g., Burns et al., 2011)。我々は、視覚刺激に対して、頭部と眼球を向けた場合と、眼球のみを向けた場合(頭部が対象とは異なる方向を向いた場合)における視覚探索課題の成績を比較した(中島・塩入, 2012)。その際、標的の検出に視覚的注意が必要ないとされる並列探索、注意が必要とされる逐次探索を用いることで(e.g., Treisman & Gelade, 1980)、横目観察がどのような視覚処理に影響を与えるかを検討した。その結果、横目観察において、正面観察と比較すると、逐次探索における成績が低下し、並列探索では成績低下が見られなかった。また、この横目観察による妨害効果は、眼球運動の制御効率が低下したこと、斜面に呈示された刺激を観察する際の両眼へ視覚入力情報の齟齬では十分に説明ができないものであった。よって、横目で対象を捉える場合、視覚的注意に関連する視覚処理への妨害効果があると考えられる。

ただし、この実験結果からは、成績低下の要因が、頭部が対象へ向いていないこと、あるいは頭部と眼球の方向が一致していないことのどちらであるかは明らかではない。本研究ではこの点を明確にするために、周辺視野に呈示した視覚刺激の同定課題を用いて、頭部方向と視覚的注意の関連について調査した。

## 実験

### 方法

正常な視力、矯正視力を有する大学生・大学院生12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。

標的刺激は左右どちらかを向いた白色のTであり、妨害刺激は白色のL、あるいはOであった(視角1.5度×1.5度)。標的刺激といずれかの妨害刺激を左右に並べ、画面中央に配置した。そして、そこから左右に15度離れた位置に注視点を呈示した(Figure 1)。

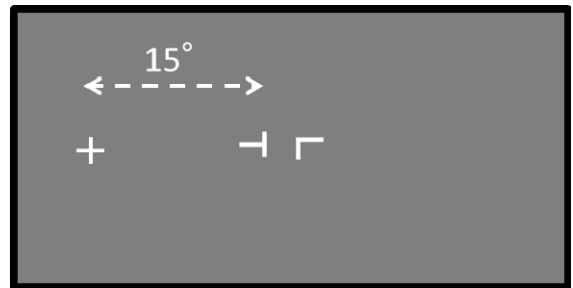


Figure 1. An example of the experimental display, where the fixation is presented at the left of the display and the distractor is "L".

実験では、注視点が画面の左右いずれかに呈示され、実験参加者はそこを注視した状態でボタンを押し試行を開始するように教示された。500ms後、画面中央に刺激が100ms呈示され、50msのブランク画面の後マスク刺激が参加者の反応があるまで呈示された。参加者の課題は、注視点に目を向けたまま、標的刺激Tの向き(左右)を正確に答えることであった。注視点位置(2条件)×妨害刺激(2条件)×80試行で、計320試行を行った。さらに本実験では、頭部方向(頭部と身体方向は同じであった)を、正面、左15度、右15度と操

作した (Figure 2)。頭部方向条件はブロック間、その他の条件はブロック内でランダムな順序で操作した。

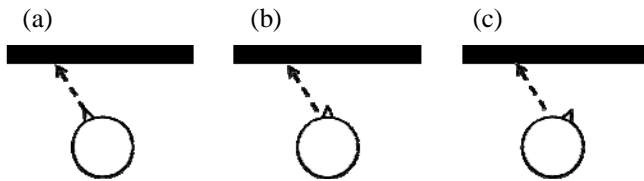


Figure 2. The manipulation of the head direction. Participants' head are fixed to (a) left, (b) center, and (c) right by a chin and forehead rest. Dotted arrow in each figure indicates the eye direction (i.e., fixation is presented at the left).

## 結果と考察

各条件における正答率をTable 1に示す。分散分析の結果、妨害刺激の主効果が有意となり $[F(1, 11) = 80.40, p < .001]$ 、妨害刺激0条件の成績が高かった。また、頭部方向の主効果も有意となり $[F(2, 22) = 9.73, p < .001]$ 、頭部が正面を向いた条件の成績が、頭部が左右を向いた条件よりも高かった $[ps < .05]$ 。頭部が左右を向いた条件間の成績には有意差は見られなかった $[p > .3]$ 。その他の主効果、交互作用は有意ではなかった $[Fs < 1, ps > .3]$ 。

頭部が左右に向いた条件では、頭部正面で注視点を見る場合と横目で注視点を見る場合が含まれるが、その条件間には差は見られなかった。つまり、眼球と頭部方向の一致・不一致条件間(例:頭部左・注視左と頭部左・注視右)の差は検出されなかった。しかし、注視点位置の条件をブロック内で操作したことが、このような結果につながった可能性がある。すなわち、正面観察と横目観察をランダムに行うと、試行ごとに頻繁に目を動かす必要があるため、本来あるはずの各条件間の成績の違いが取り出せなくなった可能性である。この可能性を排除するために、追加実験として、頭部方向に加え、注視点方向もブロック間で操作した実験を行った(11名が実験に参加した)。この実験では妨害刺激Lの条件のみを行った。その結果(Table 1)、頭部方向の主効果は有意だったものの $[F(2, 20) = 4.49, p < .05]$ 、注視点位置の主効果、交互作用は有意ではなかった $[Fs < 1.4, ps > .2]$ 。よって、眼球と頭部方向の一致・不一致による課題成績への低下が見られなかったのは、実験操作によるアーチファクトではないと考えられる。

## 考察

本研究では、周辺視に呈示された視覚刺激の同定課題を用いて、頭部方向と視覚処理の関係を検討した。その結果、頭部(と身体)が対象の方を向いている場合において、課題成績が高かった。これは、頭部が対象の方向を向いていると、視覚処理に対する促進効果があることを示している。また、眼球と頭部方向の一

致・不一致条件間では、正答率に差は見られなかったため、頭部方向と眼球方向の一致による視覚処理の促進効果があるとは言えない。

中島・塩入(2012)は、頭部正面で対象を捉える場合に、横目で捉える場合よりも注意を必要とする視覚処理に対する利得があると報告している。本研究の結果に基づくと、この要因が、頭部と眼球方向が一致していることではなく、頭部が対象の方向へ向いていることだと考えられる。つまり、目の方向とは独立に、頭部方向に基づいた視覚的注意への影響があることが示唆される。

Table 1.

各頭部方向・注視点条件における正答率( $M \pm SE$ ; 単位は%)

(a) 妨害刺激L条件

	左	正面	右
右注視	79.9 $\pm$ 1.9	81.7 $\pm$ 2.1	80.8 $\pm$ 1.8
左注視	78.6 $\pm$ 2.4	83.2 $\pm$ 2.1	80.1 $\pm$ 2.2

(b) 妨害刺激0条件

	左	正面	右
右注視	91.1 $\pm$ 1.8	93.1 $\pm$ 1.8	91.0 $\pm$ 2.2
左注視	92.4 $\pm$ 2.1	94.8 $\pm$ 1.6	92.5 $\pm$ 2.6

(c) 妨害刺激L条件(注視点条件をブロック間で操作)

	左	正面	右
右注視	76.1 $\pm$ 3.0	79.7 $\pm$ 1.9	75.1 $\pm$ 1.4
左注視	76.6 $\pm$ 2.3	82.5 $\pm$ 2.9	77.4 $\pm$ 2.6

## 引用文献

- Burns, J. K., Nashed, J. Y., & Blohm, G. (2011). Head roll influences perceived hand position. *Journal of Vision, 11*(9):3, 1-9
- Einhauser, W., Schumann, F., Vockeroth, J., Bartl, K., Cerf, M., Harel, J., Schneider, E., & Konig, P. (2009). Distinct roles for eye and head movements in selecting salient image parts during natural exploration. *Basic and Clinical Aspect of Vertigo and Dizziness, 1164*, 188-193.
- 中島亮一・塩入論(2012). 視覚探索に対する頭部方向の影響. *Technical Report on Attention and Cognition, 15*.
- Stahl, J. S. (1999). Amplitude of human head movements associated with horizontal saccades. *Experimental Brain Research, 126*, 41-54.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology, 12*, 97-136

# 脆弱性認知が接近車両の到達時間の推定に及ぼす影響

紀ノ定 保礼  
臼井 伸之介

大阪大学大学院人間科学研究科／日本学術振興会

大阪大学大学院人間科学研究科

To estimate time-to-contact with an approaching vehicle, observers need to consider the driver's behavioral intention along with the perceptual information. In the present study, we conducted a field experiment to examine if the perceived vulnerability of road users influences crossing timing because the later crossing timing reflects the stronger prediction that the approaching vehicle would decelerate. We manipulated the roles of participants (a driver or a cyclist). We assumed that the participants in a cyclist condition would perceive their vulnerability as lower. Participants wore a pair of liquid crystal shutter goggles and viewed a vehicle approaching from the right. After the goggles changed from transparent to opaque, participants imagined how the vehicle would continue to approach and pressed a button at the last moment when they judged that they could no longer cross in front of the approaching vehicle. The estimated time that the participants would need to complete crossing was not significantly different between role conditions, but the last moment was later in a cyclist condition than a driver condition. The results indicate that perceived vulnerability increased the prediction that the driver of the approaching vehicle would avoid accidents by decelerating.

Keywords: traffic accident, time-to-contact, road crossing.

## 問題・目的

道路横断行動は現実環境における知覚運動協応の一種である。我々は横断タイミングを決定する際に、接近車両と衝突するまでの時間（TTC: time-to-contact）を推定する必要がある。接近物体に対する TTC 推定には、物体の接近速度や物理的サイズ、接近時の軌道等、環境内の様々な物理的手がかりが利用されている。

しかし、車両はドライバーにより常に操作されているため、接近車両に対する TTC を推定する際には、車両が接近中に速度を変化させる可能性を考慮する必要がある。本研究の目的は、道路利用者が接近車両のドライバーの速度変化に対する意図を予測するメカニズムを解明することであった。

Walker (2007) によれば、ドライバーは物理的に脆弱な道路利用者を回避するように運転する傾向がある。したがって、道路利用者は道路横断時において自身の脆弱性を高く認知するほど、接近車両のリスク回避行動（すなわち減速）を予測する可能性がある。本研究では、自動車教習所内のコースを用いたフィールド実験を実施し、道路利用者が横断可能と判断する限界時点を測定した。限界時点の遅さは、接近車両の減速に対する予測を反映していると考えられる。そこで、道路利用者は自身の脆弱性を高く認知するほど、横断可能と判断する限界時点が遅いと仮説を立てた。

## 方法

**参加者** 日本人 10 名（男性 6 名，女性 4 名）。平均 22.90 歳（ $SD = 1.10$ ）。視覚正常（自己申告）。

**実験デザイン** 参加者内 2 要因デザイン（接近速度（25 km/h, 35 km/h）×状態（自動車乗用時，自転車乗用時））。

乗用時））。予備調査により、参加者の脆弱性認知は自転車乗用時の方が高いことが確認されている。

**手続きと装置** 実験は京都府内の自動車教習所コース（Figure 1）で実施された。まず、参加者は自動車及び自転車でコース内を慣らし運転した。参加者は、発進時の感覚を得られたと判断した時点で、Figure 1 中に示した地点において、目前の道路の片側車線を横断する際に必要な時間をストップウォッチで評定した。二度の評定間の平均値を、予想横断時間と定義した。

次に、横断タイミングの測定に移行した。ゴーグル有セッションでは、参加者は液晶シャッターゴーグル（竹井機器工業）とノイズキャンセリング・ヘッドホン（BOSE）を装着して、Figure 1 中に示した地点で待機した。ゴーグルは各試行の開始時点では透過状態であった。参加者は自動車及び自転車で乗って運転姿勢を取り、右方から接近する車両を注視した（接近速度：25 km/h, 35 km/h）。車両が光電センサ（竹井機器工業）を通過するとゴーグルが遮蔽された。参加者は、現実の交通環境では車両がどのように接近するかを想定し、横断可能な最終時点で握り押しボタンを押した。各試行において、接近車両がセンサを通過した時点から、参加者がボタンを押した時点までの所要時間（以下、接近許容時間）が、ms 単位で記録された。ゴーグル無セッションでは、参加者は液晶シャッターゴーグルを装着せずに、同様の手続きで実験を受けた。

各セッションにおいて、2 試行の練習試行後に 8 試行のテスト試行が実施された（接近速度（25 km/h, 35 km/h）×状態（自動車乗用時，自転車乗用時）×反復 2 回）。セッション間の順番はカウンターバランス化された。各セッション内の試行は状態条件ごとにブロック化され、ブロック間及びブロック内の試行の順番はランダム化された。

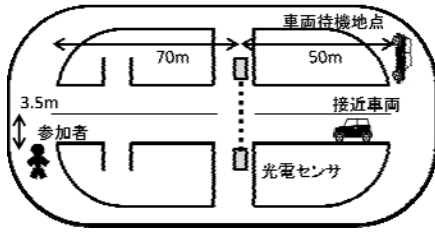


Figure 1. 実験環境の俯瞰図

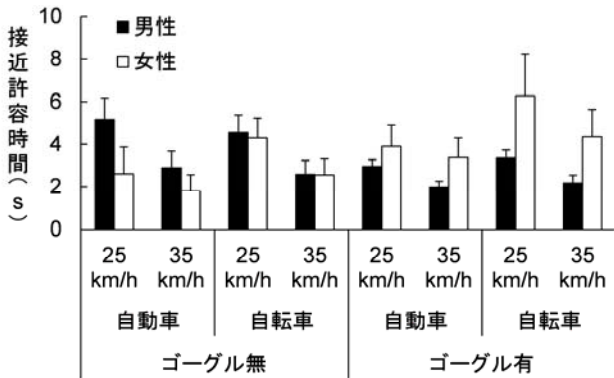


Figure 2. 接近許容時間の平均値. 値の大きさは横断可能な限界時点が遅く車両が接近していることを示す. 誤差棒は標準誤差.

データ分析

状態条件間で予想横断時間が異なるかどうかを検証するため、予想横断時間を従属変数に対応のあるt検定を実施した。さらに、脆弱性認知が横断タイミングに及ぼす影響を検証するために、接近許容時間を従属変数に参加者間・内混合3要因分散分析を実施した（性別（男性，女性）×接近速度（25 km/h, 35 km/h）×状態（自動車乗用時，自転車乗用時））。性別のみ参加者間要因であった。性別を独立変数に投入した理由は、ドライバーは他の道路利用者の性別に応じた行動を変化させる傾向があり（Walker, 2007）、横断者の性別によって接近車両の行動の予測が異なる可能性があったためである。

結果

対応のある t 検定の結果、状態間で予想横断時間の平均値（自動車条件：2.73 s，自転車条件：2.51 s）に有意差は認められなかった（ $t(9) = .69, p = .51$ ）。

接近許容時間に関して、Google有セッションでは性別の主効果に加えて（ $F(1, 8) = 6.82, p = .03, \eta_p^2 = .46$ ）、接近速度×状態の交互作用（ $F(1, 8) = 7.61, p = .03, \eta_p^2 = .49$ ）が認められた。Figure 2に示す通り、車両が 25 km/h で接近する条件では、自転車条件において自動車条件よりも接近許容時間が長かった（ $p = .03$ ）。一方でGoogle無セッションでは、性別×状態の交互作用が有意であったが（ $F(1, 8) = 8.08, p$

$= .02, \eta_p^2 = .50$ ），下位検定の結果、いかなる条件間にも有意差は認められなかった。

考察

本研究の目的は、横断者の脆弱性認知を関数として、接近車両の行動の予測が変わることで、道路の横断タイミングが変化するかどうかを検証することであった。健康心理学的な理論（e.g., health belief model, protection motivation model）によれば、脆弱性認知の高さはリスク回避行動を予測する。しかしGoogle有セッションでは 25 km/h 条件において、脆弱性認知が高い自転車条件の方が自動車条件よりも接近許容時間が長かった。この結果は、ドライバーは脆弱な道路利用者を回避するように運転するため（Walker, 2007）、自転車条件では参加者は自身の脆弱性を手がかりとして、接近車両の減速を予測した可能性を示唆している。接近速度と属性の交互作用が認められた原因として、接近速度が相対的に遅い 25 km/h 条件では、接近車両が参加者の位置に到達するまでの時間（TTC）が長いため、参加者は接近車両が減速し行動を修正する時間的猶予があると予測したと考えられる。

自転車条件の方が速く道路を横断できると判断されたため、接近許容時間が長かった可能性がある。しかし本研究では、自動車条件と自転車条件で予想横断時間に有意差がなかったため、この代替説明可能性は排除できる。また、自動車条件と自転車条件では参加者の視点の高さが統制できておらず、実験環境における距離知覚が異なった可能性があった（Ooi & He, 2007）。しかし、参加者がGoogleを装着せずに接近車両を観察したGoogle無セッションにおいては、状態の効果は認められなかった。Googleの有無によって参加者の視点高さは変動しないため、視点の高さに基づく説明が可能ならば、Google無セッションにおいても自動車条件と自転車条件の間で接近許容時間に有意差が認められなければならない。以上より、視点の高さに基づく代替説明可能性も排除可能である。

結論

道路横断状況は道路利用者間での社会的な相互作用過程であり、道路利用者は横断タイミングの決定にあたり、交通環境の物理的特性だけでなく、ドライバーの行動意図を考慮する必要がある。本研究において、横断者は自身の脆弱性認知を手がかりとして接近車両の減速を予測する可能性が判明した。この知見は、交通安全対策を講じる際にも有用であると考えられる。

引用文献

Walker, I. (2007). Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis & Prevention*, 39, 417-425.

Ooi, T. L., & He, Z. J. (2007). A distance judgment function based on space perception mechanisms: Revisiting Gilinsky's (1951) equation. *Psychological Review*, 114, 441-454.

# 全身振動ばく露環境下での刺激駆動型の注意処理<sup>1</sup>

石松 一真

滋慶医療科学大学院大学医療管理学研究科

Anders Meland

Institute of Aviation Medicine, Oslo, Norway

Tor Are S. Hansen

Institute of Aviation Medicine, Oslo, Norway

Jan Ivar Kåsin

Institute of Aviation Medicine, Oslo, Norway

Anthony S. Wagstaff

Institute of Aviation Medicine, Oslo, Norway

This study examined whether whole-body vibration (WBV) at a frequency relevant to the helicopter working environment influences control of stimulus-driven visual attention (i.e., attentional capture). Norwegian athletes ( $N = 18$ ) performed a visual search task. Participants were required to make a discrimination judgment of the target line's orientation inside the shape singleton. The task consisted of two types of trial: distractor trials and no-distractor ones. In the distractor trials, an irrelevant color singleton appeared at the target location at chance level. In the no-distractor trials, no colored singleton was presented. Participants performed the task in the block with a 17 Hz vertical WBV and without the WBV. The RTs and accuracies showed that the discrimination performance was improved at the location of the color singleton. The  $d'$  also showed a similar pattern. The present study demonstrated that attentional capture was observed in the environment with WBV as well as that without WBV.

Keywords: stimulus-driven attention, attentional capture, whole-body vibration.

## 問題・目的

災害時や緊急時に重要な役割を担っている災害対策用ヘリコプター、輸送ヘリコプター、ドクターヘリなどのパイロットやクルーは、全身振動や低圧低酸素状態にある作業環境において、高度な認知課題に従事している。このような認知課題における失敗は重大な結果につながる可能性が高いため、リスク管理の観点からも、全身振動や低圧低酸素状態が認知課題パフォーマンスに及ぼす影響とその機序を明らかにすることが必要不可欠となる。例えば、全身振動は生体反応や認知課題のパフォーマンスに影響を及ぼすことが知られている(Griffin, 1990)。情報の入力過程や反応の出力過程への直接的な影響、モチベーションや覚醒水準の変化といった間接的な影響がパフォーマンス低下の背景要因として指摘はされているが(Hopcroft & Skinner, 2005)、全身振動がパフォーマンス低下を引き起こす機序については十分な検討がなされていない。

そこで本研究では、全身振動が情報の選択に関わる注意機能、特に刺激駆動型の注意処理に及ぼす影響について検討した。

## 方法

**実験参加者** 正常な視力(矯正を含む)を有するアスリート18名(平均年齢23.0歳)が参加した。

**装置** 実験は低圧室(Aeroform, Pool Dorset, UK)において実施した。刺激は27インチのLCD上に提示された。17Hzの垂直振動( $1.0 \text{ m/s}^2$ )は、背もたれと足置きのある椅子が設置された動電型加振器(LDS Model 725 LIN-E-AIR, Ling Dynamic System Ltd., Royston, Herts., UK)によって生成された。

**課題** Theeuwes and Chen (2005)と類似した視覚探索課題を用いた(Figure 1)。参加者は、探索画面におい

て灰色の菱形を探し、その中にある標的線分の傾きの弁別を行った。distractor試行(72試行)では、探索画面提示前に画面上に等間隔に配置された6つの要素のうち1つが60 ms間赤色に変わった。1/6の試行ではdistractorは標的と同じ位置に、残りの5/6の試行では標的とは異なる位置に等確率で出現した。一方、No distractor試行(12試行)では色の変化は起こらなかった。

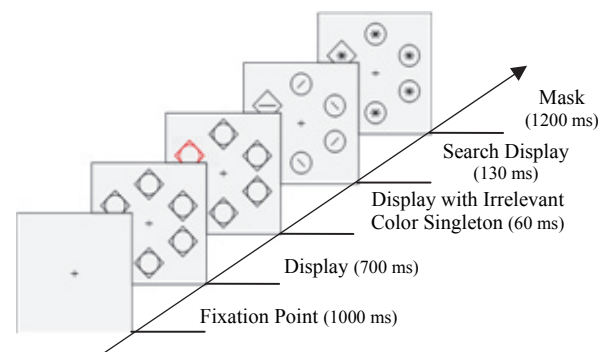


Figure 1. An example of the sequence and timing of stimulus events on each trial.

**手続き** 練習試行(84試行)の後、参加者は低圧室に設置された加振器上の椅子に着座した。ノイズキャンセリングヘッドフォンを装着し、振動にばく露されるWBV blockとばく露されないNoWBV blockで視覚探索課題を遂行した。blockの遂行順序は参加者間でカンタバランスをとった。参加者には反応の速度と正確さが求められ、弁別を誤った場合には、ビープ音が提示された。また課題遂行中は注視点を凝視するように教示を行った。各条件終了後、Mental demandとEffortに関する20段階評定を行った。またWBV条件終了後には、ばく露された振動の不快感に関する5段階評定を行った。

## 結果

平均正答率が50.0%(チャンスレベル)未満であった1名を除外した17名を分析対象とした。

実験block別の平均反応時間をFigure 2に、平均正答率をFigure 3に、平均 $d'$ をTable 1に示す。各指標について、Block×Target-Distractor Distanceの二要因分散分析を行った結果、Target-Distractor Distanceの主効果のみが有意であった[反応時間:  $F(2.7, 43.5) = 14.4, p < .001$ ; 正答率:  $F(2.5, 39.6) = 12.4, p < .001$ ;  $d'$ :  $F(2.5, 40.2) = 6.76, p = .002$ ]。Bonferroni法による多重比較を行った結果、Distance = 0の反応時間は、Distance = 1, 2, 3及びNo distractorに比べて有意に短かった。Distance = 0の正答率は、Distance = 1, 2, 3に比べて有意に高かった( $ps < .05$ )。またDistance = 2ではNo distractorに比べて正答率が有意に低かった( $p < .05$ )。Distance = 0の $d'$ は、Distance = 2, 3に比べて有意に高かった( $ps < .05$ )。

Table 2にMental demand, Effort, Discomfortの評定結果を示す。Mental demandとEffortそれぞれについて検定を行った結果、いずれの指標においてもBlock間に有意な差は認められなかった( $ps > .05$ )。

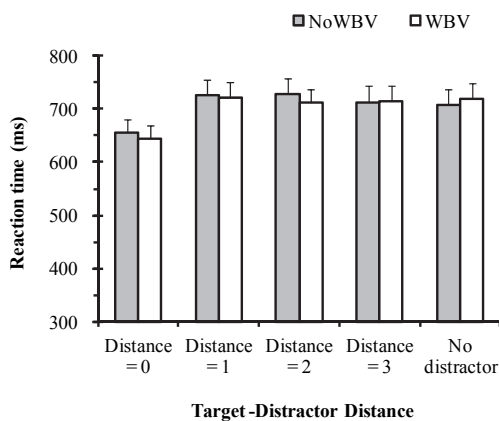


Figure 2. Mean RTs for the Target-Distractor Distance and the No-Distractor Baseline. Error bars indicate +1 SEs of the mean.

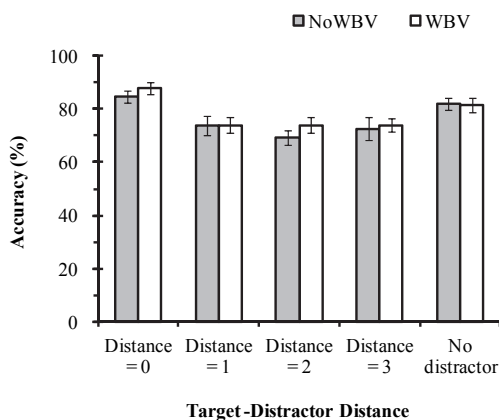


Figure 3. Mean accuracies for the Target-Distractor Distance and the No-Distractor Baseline. Error bars indicate +1 SEs of the mean.

Table 1. Mean  $d'$  for the Target-Distractor Distance and the No-Distractor Baseline (with SDs) by the experimental block.

	NoWBV	WBV
Distance = 0	1.951 (0.573)	2.112 (0.498)
Distance = 1	1.520 (0.941)	1.529 (0.851)
Distance = 2	1.242 (0.733)	1.508 (0.785)
Distance = 3	1.374 (0.998)	1.450 (0.519)
No distractor	1.870 (0.544)	1.804 (0.627)

Table 2. Mean for the mental demand, the effort, and the discomfort (with SDs) by the experimental block.

	NoWBV	WBV
Mental demand	12.3 (3.4)	12.9 (3.1)
Effect	12.8 (4.0)	13.5 (3.4)
Discomfort	-	2.3 (0.8)

## 考察

視覚探索課題のパフォーマンスを全身振動にばく露されるWBV blockとばく露されないNoWBV blockとで比較した結果、反応時間、正答率、 $d'$ のいずれの指標においてもblock間に有意な差は認められなかった。

distractorと同じ位置に標的が出現した試行 (Distance = 0) では、distractorが標的とは異なる位置に出現した試行やNo distractor試行に比べて、反応時間が短くなり、正答率も高かった。これらの結果は、distractorの出現位置へ注意が移動し、その位置の注意処理が促進されたことを示唆している。一方、Distance = 0試行の $d'$ は、Distance = 2, 3試行に比べて高かったが、No distractor試行とは有意な差が認められなかった。これらの結果は、distractor出現位置における感度( $d'$ )増加を示すものの、No distractor試行とDistance = 0試行との間に有意差が認められたTheeuwes and Chen (2005)の結果とは異なった。これらの背景としては本研究で用いた刺激の輝度や試行数、反応の仕方などが彼らの研究とは異なっていたことがあげられる。更なる知見の蓄積は必要となるものの、本研究より全身振動ばく露環境下でも刺激駆動型の注意処理は全身振動へのばく露がない環境と同様に機能する可能性が示唆された。

## 脚注

<sup>1</sup> 本研究は注意機能に及ぼす全身振動及び低圧低酸素状態の影響に関する研究プロジェクトの一部として実施された。

## 引用文献

- Griffin, M.J. 1990 Activity interference caused by vibration. In M.J. Griffin (Ed.), *Handbook of Human Vibration*. London: Elsevier Academic Press, pp.125-169.
- Hopcroft, R., & Skinner, M. 2005 C-130J Human Vibration. *DSTO-TR-1756*.
- Theeuwes, J., & Chen, C.Y. 2005 Attentional capture and inhibition (of return): The effect on perceptual sensitivity. *Perception & Psychophysics*, 67, 1305-1312.

# 左右上肢の運動準備は対応する空間注意のシフトを起こすか？

梶原 隆文<sup>1</sup>

ANWAR MUHAMMAD

NABEEL

川崎 真弘

水野 佑治

中澤 公孝

北城 圭一

理化学研究所脳科学総合研究センター

理化学研究所脳科学総合研究センター

筑波大学大学院システム情報工学研究科

理化学研究所脳科学総合研究センター

東京大学大学院総合文化研究科

理化学研究所脳科学総合研究センター

Whether preparing a motor response induces the shift of spatial attention to the endpoint of the movement is still an issue to be resolved. To explore this, unlike the most of the relevant studies focusing on the oculomotor system, we made participants to prepare a hand response. Aiming to eliminate visuo-spatial influences of a stimulus, we used colours alone to instruct which hand to prepare. The 63ch-EEG recording showed hemisphere-lateralized suppression of occipital alpha rhythm in accordance with a choice of hand to prepare. Since alpha-lateralization in the occipital cortex indexes the location of spatial attention deployed, the results indicate that the attentional shift indeed followed motor preparation.

Keywords: motor preparation, EEG, attention, synchronization.

## 問題・目的

運動準備と空間注意の関係についてこれまで多くの研究がなされてきた。サッカー準備中、サッカー終了時に提示された視覚刺激に対して、注意を向けたときと似た反応時間の短縮が起きることが示されている。こうした運動準備に伴う空間注意のシフトと考えられる現象は、聴覚や触覚刺激に対しても起きる (Smith & Schenk, 2012)。行動科学の実験は積み重ねられている一方で、その神経科学的基盤に関してははっきりと理解されていない。脳波計測を用いた運動準備と空間注意の関係を調べた研究では、左右の人差し指の運動準備が誘発電位のlateralizationを引き起こすことが知られている。それらは、anterior directing attention negativity (ADAN)、と lateral directing attention negativity (LDAN) であり、注意との関連が指摘されている。(Eimer, Forster, Van Velzen, & Prabhu, 2005)。

また、近年、脳波を用いた空間注意の研究では、アルファ帯域 (8-13Hz) の視覚野におけるlateralizationが取りざたされている(Thut, Nietzel, Brandt, & Pascual-Leone, 2006)。我々はこれらの現象に注目して、運動準備と空間注意の関係を新たに探索した。

## 方法

**実験参加者** 正常な視力を持ち、実験参加に同意した右利きの成人20名 (女性 6名; 20-39歳)

**実験手続き** ポズナー課題を参考にした。一試行はキューとターゲットの提示で構成される。キューとターゲットは75%の確率で同一であり、左右の親指での反応をターゲットに応じて行う。また、左右の親指

による反応に加えて、準備なし/反応なしを示すキュー、ターゲットを追加した。160試行を4ブロック行った。条件間の試行の比率をTable .1に示す。

Number of trials		Target		
		Right	Left	No-res
Cue	Right	120	40	N/A
	Left	40	120	N/A
	No-prep	40	40	240

Table1. Distribution of the number of trials in conditions

キュー刺激とターゲット刺激は同一の3つの色刺激 (紫/黄/緑) から1つが選ばれている。Figure 1に提示順序を示す。

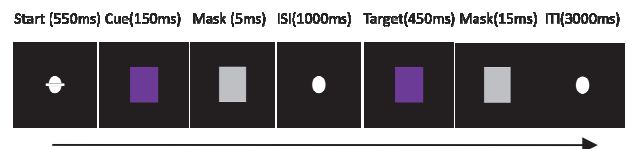


Figure1. Time-course of stimulus presentation

**脳波解析** 63チャンネルの脳波計測を行った。本研究では、キュー提示後 1000ms までの区間のみを解析した。Scalp Current Densityに変換後に Gabor wavelet transformation を施した。これは、瞬時振幅と瞬時位相のデータを抽出するためである。そして、1-

45Hz (step 1Hz)の平均瞬時振幅の時間周波数チャートを全ての電極について作成した。

さらに電極ペアの位相同期解析には Phase Locking Value(PLV)を用いて行った(Lachaux, Rodriguez, Martinerie, & Varela, 1999)。

(2)

$$PLV_{ij}(t) = \left| \sum_{n=1}^N \exp(i(\phi_i(t,n) - \phi_j(t,n))) \right|$$

$t$ は時間、 $\phi$ は位相、 $i$ と $j$ は電極を表す。

**統計解析** Permutaion testにより全電極の平均瞬時振幅と全電極ペアの PLV について、時間周波数チャートを検定した。多重比較の問題については、得られた確率値に対して false-discovery rate(FDR)をコントロールすることによって考慮した。

## 結果

Left/Right比較の平均瞬時振幅において、運動野から視覚野にかけてアルファ帯域で有意な差が見られた( $P < .05$ ) (Fig.2)。

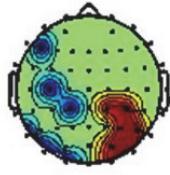


Figure 2. Significant average amplitude difference between left and right conditions 800ms after cue-presentation at 12Hz

また、Right/No、Left/No比較の電極間PLVにおいて、デルタ帯域に広範囲の同期の差が見られた (Fig. 3,4)。

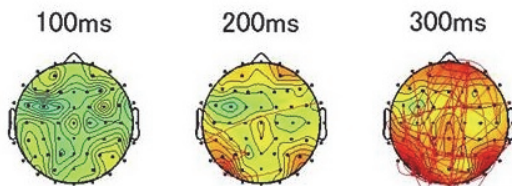


Figure 3. Significant cue-locked phase synchronization at 3Hz for Left/No comparison

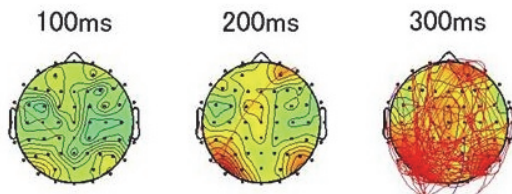


Figure 4. Significant cue-locked phase synchronization at 3Hz for Left/No comparison.

また、右後頭葉と運動準備をした手の同側運動野の 2Hz における有意な同期が、Left/No、Right/No 比較において相互排他的に見られた (Fig.5)。

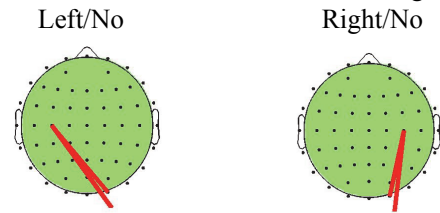


Figure 5. Significant cue-locked phase synchronization at 2Hz for Left/No and Right/No comparisons at 350ms.

## 考察

後頭葉の alpha-lateralization は運動準備に伴う空間注意の移動を示していると考えられる。アルファ帯域の機能的役割は皮質活動の抑制だと考えられていることから(Goldman, Stern, Engel Jr, & Cohen, 2002)、運動準備を行った腕と同側の視覚野は対側視覚野と比べて相対的に抑制がかかっていることを反映している。

また、本研究ではデルタ帯域で広範囲の同期が観察された。デルタ波は徐波睡眠における役割が多く言及されていたが、近年、注意や感覚情報の選択に関わっていることが示されている(Schroeder & Lakatos, 2009)。本研究は、そうした知見を支持するものである。

## 引用文献

- Eimer, M., Forster, B., Van Velzen, J., & Prabhu, G. (2005). Covert manual response preparation triggers attentional shifts: ERP evidence for the premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 43(6), 957-966.
- Goldman, Robin I, Stern, John M, Engel Jr, Jerome, & Cohen, Mark S. (2002). Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm. *Neuroreport*, 13(18), 2487.
- Lachaux, Jean-Philippe, Rodriguez, Eugenio, Martinerie, Jacques, & Varela, Francisco J. (1999). Measuring phase synchrony in brain signals. *Human brain mapping*, 8(4), 194-208.
- Schroeder, C. E., & Lakatos (2009). Low-frequency neuronal oscillations as instruments of sensory selection. *Trends Neurosci*, 32(1), 9-18.
- Smith, D. T., & Schenk, T. (2012). The Premotor theory of attention: time to move on? *Neuropsychologia*, 50(6), 1104-1114.
- Thut, G., Nietzel, A., Brandt, S. A., & Pascual-Leone, A. (2006). Alpha-band electroencephalographic activity over occipital cortex indexes visuospatial attention bias and predicts visual target detection. *J Neurosci*, 26(37), 9494-9502



# 共同サイモン効果における左右の優勢と参加者の配置

西村 聡生  
横澤 一彦

安田女子大学心理学部  
東京大学大学院人文社会系研究科

隣り合う 2 人がそれぞれ、二肢選択課題の片方ずつの刺激—反応マッピングを担当し相補的に Go/NoGo 課題を遂行する場合、標的が反応ボタンと同側に呈示される方が反応がはやい（共同サイモン効果）。本研究では、2 人の参加者の配置が共同サイモン効果に及ぼす影響について検討した。刺激を卓上に投射し、標的を 4 象限のいずれかに呈示し、反応ボタンを斜めに配置した。1 人の参加者は標的が緑だったら片方のボタンを、もう 1 人は赤だったらもう片方のボタンを押した。参加者ペアの配置が、隣接、直交、対面のいずれの場合でも、左右、奥行き方向の両空間次元で共同サイモン効果が生じ、また左右の共同サイモン効果の方が大きかった。参加者が単独で二肢選択課題を行う場合には、左右と奥行き方向でのサイモン効果は同程度であったことから、共同で課題を遂行する際には、単独で課題を遂行する場合とは用いられる空間表象が異なることが示唆された。

Keywords: stimulus-response compatibility, action and cognition, co-representation, joint Simon effect, right-left prevalence.

## 問題・目的

複数人が関与する社会的状況においては、自身の行動に他者の行動が影響しうることが指摘されている (Sebanz et al., 2003)。左右に呈示された刺激の色や形に対して左右のボタン押しで反応する選択課題を行う場合、刺激と反応が同じ側にある方が反応時間がはやい (サイモン効果: Craft & Simon, 1970; 西村・横澤, 2012)。特定の刺激に対して片側のボタンを押し別の刺激にはボタン押しをしない Go/NoGo 課題 (例、赤なら右のボタン押し、緑ならボタン押しをしない) では一般にサイモン効果は生じないが、2人で隣り合って相補的な Go/NoGo 課題 (例、右側の人は赤なら右のボタン押し、緑ならボタン押しをしない; 左側の人は緑なら左のボタン押し、赤ならボタン押しをしない) を行うとサイモン効果が生じる (共同サイモン効果: Sebanz et al., 2003)。全く同一の Go/NoGo 課題でも、他者と相補的に行う場合には単独で行う場合とは異なり、選択課題遂行時と類似の効果が生じることから、他者の行動が空間表象に影響すると考えられる。

本研究では、参加者の配置が共同サイモン効果に及ぼす影響について検討する。実験1では、参加者ペアは、隣接、直交、対面のいずれかの位置関係で実験に参加した。刺激、反応とも、左右と奥行き方向 (手前、奥) の両空間次元で変化した。参加者の位置関係と合致する空間次元における符号化が顕著になることで共同サイモン効果が生じるのであれば (Dittrich et al., 2012)、左右の共同サイモン効果は隣接、直交、対面の順に大きく、奥行き方向の共同サイモン効果は小さいと考えられる。一方、課題空間における自身の反応行為の符号化に基づき共同サイモン効果が生じるのであれば、共同サイモン効果は参加者の配置には影響されないと考えられる。また、共同課題事態における表

象特性を単独での課題遂行時と比較するために、実験2では単独での二肢選択課題を用いて検討した。

## 実験1：共同2次元サイモン課題

### 方法

36組72名が参加した。実験は暗室で行った。画面は水平に配置した鏡に投射し、反応ボタンは鏡の下の机に対角線上に配置した。ペアの2人はそれぞれ、1つの反応ボタン押しを担当した。各試行は、反応ボタン位置に対応する対角線上に2つの円の枠線を白色で 500ms 呈示することで開始し、その後円に加えて、注視点として白色の十字を画面中央に 1,000ms 呈示した。続いて注視点の右上、右下、左下、左上 (ここでの上は奥側を、下は手前側を意味する; Vu et al., 2000) のいずれかに、標的として赤もしくは緑の正方形を、ボタンが押されるまで呈示した。ボタンが押されると、鏡上の対応する位置の円が白色で塗りつぶされることで 1,000ms 点灯した。参加者は、標的が片方の色だったらできるだけ早く自分の担当するボタンを押し鏡上の対応する反応円を点灯させ、もう片方の色だったらボタンを押さず対応する反応円を点灯させない Go/NoGo 課題を行った。ペアの1人は赤色、もう1人は緑色であればボタン押しを行い反応円を点灯させるよう求められた。参加者ペアは、隣り合って (隣接)、角を挟んで (直交)、あるいは向かい合って (対面)、各配置で 12組 24名ずつ参加した。

### 結果

左右であれ奥行き方向であれ、担当する反応ボタンの側に刺激が呈示された場合を適合条件、逆側に呈示

された場合を不適合条件とした。反応時間について、参加者の配置（隣接、直交、対面）を参加者間要因、左右の適合性（適合、不適合）と奥行き方向の適合性（適合、不適合）を参加者内要因とした分散分析を行った。左右の適合性と奥行き方向の適合性の主効果のみ有意であり（ $ps < .001$ ）、左右の共同サイモン効果（10ms）、奥行き方向の共同サイモン効果（5ms）ともみられた。左右の適合性効果と参加者間の位置関係の交互作用は有意ではなかったものの（ $p = .078$ ）、左右の共同サイモン効果は参加者が隣接している際には小さい傾向にあった。それ以外の主効果および交互作用は有意でなかった（ $F_s < 1$ ）。

左右と奥行き方向の共同サイモン効果の大きさを比較するために、共同サイモン効果量について、参加者の配置（隣接、直交、対面）を参加者間要因、空間次元（左右、奥行き方向）を参加者内要因とした分散分析を行った。空間次元の主効果が有意であり（ $p < .005$ ）、左右の共同サイモン効果は奥行き方向の共同サイモン効果よりも大きかった。参加者の配置の主効果および二者間交互作用は有意でなく（ $ps > .28$ ）、共同サイモン効果において、参加者の配置によらず左右の優勢（right-left prevalence：Rubichi et al., 2006）がみられた。

## 実験 2：単独2次元サイモン課題

### 方法

15名が新たに単独で、二肢選択版の2次元サイモン課題に参加した。参加者は、標的刺激の色が赤（緑）なら右手で右側のボタンを、緑（赤）なら左手で左側のボタンを押し、鏡上の対応する位置にある反応円を点灯させた。以上の点を除き、実験1と同様であった。

### 結果と考察

反応時間について、左右の適合性（適合、不適合）と奥行き方向の適合性（適合、不適合）を参加者内要因とした分散分析を行った。左右、奥行き方向どちらの適合性の主効果も有意であり（ $ps < .001$ ）、左右のサイモン効果（22ms）、奥行き方向のサイモン効果（20ms）とも生じていた。交互作用は有意でなかった（ $p = .098$ ）。

左右と奥行き方向のサイモン効果の大きさを比較するために、空間次元（左右、奥行き方向）ごとのサイモン効果量について対応のある  $t$  検定を行ったところ、有意ではなかった（ $p = .498$ ）。単独での二肢選択2次元サイモン課題では、左右、奥行き方向の両空間次元で同時にサイモン効果が生じたが、左右の優勢はみられなかった。

## 総合考察

刺激、反応とも両次元で変化する場合、左右の共同サイモン効果、奥行き方向の共同サイモン効果とも、同時に生じた。これは、共同課題事態においても、自身の行為が左右と奥行き方向の両空間次元に基づいて符号化されていることを示唆する。さらに、左右の共同サイモン効果は奥行き方向の共同サイモン効果よりも大きく、左右の優勢（Rubichi et al., 2006）がみられた。一方で、参加者の配置は共同サイモン効果の生起にはほとんど影響せず、共同して課題に取り組む参加者の位置関係と合致する空間次元が顕著になることで共同サイモン効果が生じるとする説（Dittrich et al., 2012）は支持されなかった。左右の優勢は参加者が隣接している場合には消失する傾向にあったが、これは顕著次元説の予測とは逆の方向であった。隣接条件での左右の優勢の消失は、隣接条件でのみ参加者が操作するボタン位置という空間表象と操作に用いる手という身体表象が左右次元において一致していなかったためと考えられる（Vu & Proctor, 2001）。共同サイモン効果では左右の優勢がみられた（実験1）が、単独での二肢選択サイモン効果では左右の優勢はみられなかった（実験2）ことから、共同で課題を遂行する際には、単独での課題遂行とは異なる空間表象が用いられることが示唆された。本研究の結果は、共同サイモン効果に関して、いかに反応行為を符号化するかが重要であることを示唆する。

## 引用文献

- Craft, J. L., & Simon, J. R. 1970 Processing symbolic information from a visual display: Interference from an irrelevant directional cue. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 415-420.
- Dittrich, K., Rothe, A., & Klauer, K. C. 2012 Increased spatial salience in the social Simon task: A response-coding account of spatial compatibility effects. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74, 911-929.
- 西村聡生・横澤一彦 2012 空間的刺激反応適合性効果 *心理学評論*, 55, 436-458.
- Rubichi, S., Vu, K.-P. L., Nicoletti, R., & Proctor, R. W. 2006 Spatial coding in two dimensions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 201-216.
- Sebanz, N., Knoblich, G., & Prinz, W. 2003 Representing others' actions: just like one's own? *Cognition*, 88, B11-B21.
- Vu, K.-P. L., & Proctor, R. W. 2001 Determinants of right-left and top-bottom prevalence for two-dimensional spatial compatibility. *JEP:HPP*, 27, 813-828.
- Vu, K.-P. L., Proctor, R. W., & Pick, D. F. 2000 Vertical versus horizontal spatial compatibility: Right-left prevalence with bimanual responses. *Psychological Research*, 64, 25-40.

# 時間と空間的垂直次元の適合性効果

光松 秀倫

名古屋大学大学院情報科学研究科

過去と未来の時間を表す言語刺激は、それぞれ左と右の反応を促進する（時空間適合性効果）。英語やドイツ語などのヨーロッパ言語の使用者は、左右方向の促進効果は生じて、上下方向の促進効果は生じない。これは、ヨーロッパ言語の書字方向が左右方向であることが原因と考えられている。すなわち、それらの言語では、左から右へ文章が書かれる。それに対して、日本語の書字方向には、縦書きと横書きの2つの書字方向がある。本研究では、日本語使用者が左右方向だけでなく、上下方向の時空間適合性効果を示すかどうかを調べた。その結果、日本語使用者は、左右方向（実験1）と上下方向（実験2）の両方向の時空間適合性効果を示した。この結果は、時空間適合性効果が書字方向に起因するという説明を支持した。

Keywords: 時空間適合性効果、日本語、書字方向

## 問題・目的

心理学実験において刺激の空間方向の特徴（上下左右）が、対応する方向特徴を持つ反応を促進することが半世紀以上前から知られている。すなわち、左右方向の特徴を持つ刺激は、それぞれ左と右の反応を促進する（空間的刺激反応適合性効果）。同様に、上下の空間特徴を持つ刺激は、それぞれ上と下の反応を促進する。

この適合性効果は、刺激の空間特徴に限定された現象ではなく、他にも様々な刺激特徴に対して、反応が促進されることが知られている。例えば、音刺激の周波数特徴は、周波数が高い場合は、右か或いは上の反応を促進し、低い場合には、左か或いは下の反応を促進する。また、数字刺激に関しては、値が小さい場合は、左か或いは下の反応を促進し、値が大きい場合は、右か或いは上の反応を促進する。

本研究では、時間特徴を表す刺激と反応方向との適合性効果について検討した（時空間適合性効果）。英語では、時間を表す言葉に前と後を表す語が使用されることから（e.g., Back in 60's, In the weeks ahead of us）、英語使用者は時間を空間的に表象していることが指摘されてきた。しかし最近5年ほどの間に時間刺激が言語表現に見られない反応方向を促進することが報告されてきた（例えば、Santiagoら, 2007）。すなわち、過去を表す言語刺激（yesterdayなど）は左反応を促進し、未来を表す言語刺激（tomorrowなど）は右反応を促進する。このことから時空間適合性効果は、言語表現とは関わりなく、書字方向に影響されることが指摘されている。すなわち英語では左から右へ文章が書かれるために、上述の適合性効果が生じたと説明された。さらに、英語使用者が上下方向の時空間適合性効果を示さないことは、書字方向による説明を支持している（Boroditskyら, 2011）。

時空間適合性効果が書字方向に起因するかどうかを検証するためには、英語以外の言語使用者において適合性効果を調べることが有用である。例えば、日本語は、縦書きと横書きの2つの書字方向を有している。もし適合性効果が書字方向に起因するならば、日本語

使用者は左右方向だけでなく、上下方向でも適合性効果が生じると予測できる。本研究では、左右の反応方向と上下の反応方向の適合性効果について、それぞれ実験1と実験2で検討した。

## 実験1の方法

刺激 過去と未来を表す視覚的言語刺激を用いた。過去を表す刺激は、名詞（昨日）、副詞（かつて）、動詞（書いた）など32種類、未来を表す刺激は、名詞（明日）、副詞（いずれ）、動詞（書こう）など32種類を使用した。

手続き 実験は2つのブロックに分けて行われた。1つのブロックでは、実験参加者は、画面中央に提示された言語刺激に対して、刺激が過去を表す場合は、メインキーボード上のピリオドキーを、刺激が未来を表す場合はテンキー上のピリオドキーをそれぞれ左右の手の人差し指で押すように教示された。もう1つのブロックでは、刺激に対するキー割り当てを逆に行われた。各ブロックは、32試行からなり、過去と未来を表す刺激は、それぞれ16試行ずつであった。被験者 日本語使用者8名

## 実験1の結果

刺激提示からキー押しまでの反応時間を図1に示す。

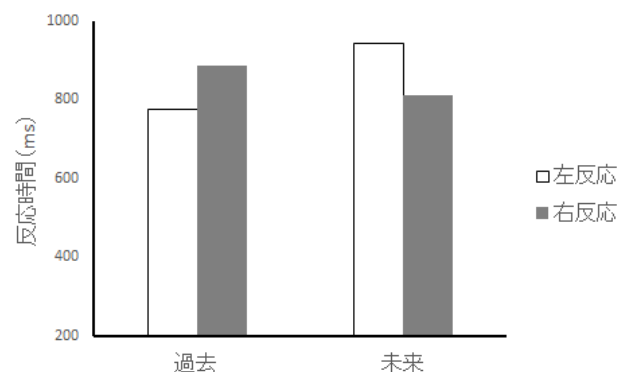


図1. 実験1の反応時間

2要因の分散分析（時間特徴（過去、未来）×反応（左、右））の結果、反応の主効果と交互作用が有意であった、 $F(1,7)=4.67, p<0.05, F(1, 7)=11.12, p<0.05$ 。反応の主効果は、右反応が左反応よりも速かったことを示している。交互作用が有意だったことから、過去と未来の時間特徴のそれぞれについて、反応の単純主効果を調べた。その結果、過去を表す刺激に対しては左反応が右反応よりも速く、未来を表す刺激に対しては右反応が左反応よりも速かった、 $t(7)=3.22, p<0.05, t(7)=3.00, p<0.05$ 。

## 実験1の考察

日本語使用者においても、英語使用者同様に左右方向の時空間適合性効果が見られた。日本語でも英語と同様に、過去と未来を表す言語表現に、左右を表す語が含まれないことから、この効果は言語表現に起因するとは考えにくい。したがって、この効果は、横書きの文章を読んだ、或いは自ら書いた経験に起因すると考えられた。

実験2では、日本語使用者が左右方向だけでなく、上下方向の時空間適合性効果を示すかどうかを検討した。もし、書字方向による時空間適合性効果の説明が正しければ、日本語使用者が上下方向の時空間適合性効果を示すと予測された。

## 実験2の方法

刺激 実験1と同じ刺激を用いた

手続き テンキーとメインキーボードを、それぞれ上下に配置したこと以外は実験1と同じであった。具体的には、実験1でキーボードを置いたテーブルの上に高さ約30センチの台を置いた。メインキーボードはテーブルの上に置き、テンキーは台の上置いた。テンキーのピリオドキーがメインキーボードのピリオドキーの真上になるようにテンキーを配置した。実験参加者は、右手の人差し指でテンキーのピリオドキーを押し、左手の人差し指でメインキーボードのピリオドキーを押しした。実験1と同様に、未来を表す刺激に対してテンキーを割り当てるかメインキーボードを割り当てるかはブロック間で操作した。

被験者 日本語使用者8名

## 実験2の結果

刺激提示からキー押しまでの反応時間を図2に示す。

2要因の分散分析（時間特徴（過去、未来）×反応（左、右））の結果、反応の主効果と交互作用が有意であった、 $F(1,7)=6.63, p<0.05, F(1, 7)=9.35, p<0.05$ 。反応の主効果は、右反応が左反応よりも速かったことを示している。交互作用が有意だったことから、過去と未来の時間特徴のそれぞれについて、反応の単純主効果を調べた。その結果、過去を表す刺激に対しては上反応が下反応よりも速く、未来を表す刺激に対しては

下反応が上反応よりも速かった、 $t(7)=4.43, p<0.01, t(7)=4.25, p<0.01$ 。

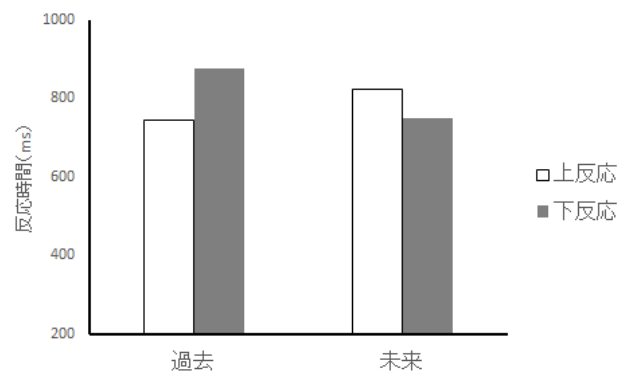


図2. 実験2の反応時間

## 実験2の考察

日本語使用者においては、英語使用者には見られなかった上下方向の時空間適合性効果が見られた。この効果は、縦書きの文章を読んだ、或いは自ら書いた経験に起因すると考えられた。

ただし、日本語と上下方向の関係には書字方向の他に言語表現がある。すなわち、日本語では、時間順序の早い期間を表現するのに上という語を用い、遅い期間を表現するのに下という語を用いる。例えば、上半期と下半期、上旬と下旬である。したがって、本研究のみからは、書字方向と言語表現の影響を分離することができない。

書字方向と言語表現はともに言語に関わる習慣であるから、時空間適合性効果を決めるのは広い意味で言語である。しかし、書字方向は、文章を読む場合には眼球運動を必要とし、文章を書く場合は手の動きを必要とする点で、言語表現の習得とは異なる。つまり、書字方向は行為と密接に関わっている。したがって、過去と未来という時間概念の形成には行為方向が関与している可能性がある。

直接知覚できない概念の獲得を、行為経験に帰するののか、それとも先天的知識に帰するかは心理学の歴史に古くからある論争の図式である（奥行き、物理的知識など）。今後、時間概念の獲得の起源についても、行為との関連性が問われる可能性が示唆された。

## 引用文献

- Boroditsky, L., Fuhrman, O., & McCormick. (2011). Do English and Mandarin speakers think about time differently? *Cognition*, 118, 123-129.
- Santiago, J., Lupianez, J., Perez, E., & Funes, M. J. (2007). Time (also) flies from left to right. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 512-516.

# 適合性頻度の変動が持続性の認知的制御に及ぼす影響

蔵富 恵  
吉崎 一人

愛知淑徳大学大学院心理学研究科  
日本学術振興会  
愛知淑徳大学心理学部

状況に応じて方略を調整する認知的制御は、刺激反応適合性パラダイムによって得られる適合性効果が、課題文脈に応じて変動することから観察される。特に、持続性の認知的制御に関しては、適合性頻度（一致試行出現確率）が高い事態に比べて、それが低い事態に適合性効果が減少する Proportion Congruent Effect (PCE) によって検討される。本研究では、セッション間及びブロックを構成するフェーズ間の適合性頻度の変化が適合性効果に及ぼす影響を検討した。実験1では、前半セッションと後半セッションで異なる適合性頻度を用いた。その結果、後半セッションの適合性効果は、前半セッションの適合性頻度によって変動しなかった。実験2では、ブロック内でフェーズ毎に適合性頻度を75%、50%、25%のいずれかに操作した。その結果、直前フェーズの適合性頻度に関わらず、現フェーズではその適合性頻度に応じた適合性効果が観察された。以上の結果から、持続性の認知的制御は、逐次的変化に対応して行われていることが示唆された。

Keywords: congruency effect, cognitive control, proportion congruent effect, transient/proactive control.

## 問題・目的

我々は、ある状況を経験することによって、これまでの方略を調整することができる。このような認知的制御は、ある経験の直後を調整する一過性制御と、一定の期間調整する持続性制御があると考えられている (Braver, 2012)。これら認知的制御の検討には、刺激反応競合パラダイムから得られる適合性効果が課題文脈に応じて変動することから指標として使われる。特に、一つのブロック内の適合性頻度（一致試行出現確率）が高い事態に比べて、それが低い事態に適合性効果が減少する Proportion Congruent Effect (PCE) は、持続性の認知的制御（以下、持続性制御）を反映していると考えられている。

これまでの持続性制御に関する研究では、適合性効果の変動に対して、どのような制御が行われているのかを明らかにされてこなかった。例えば、Gratton et al. (1992) は、適合性頻度が75%、50%、25%のいずれかのブロックをランダムに行った。その結果、ブロック間で適合性頻度が増えているにもかかわらず、各ブロックの適合性頻度に応じた適合性効果が得られた。一方で、Mayr & Awh (2009) は、適合性頻度が70%、50%、30%のいずれかのブロックを連続して10ブロック行った。その結果、10ブロック通して適合性頻度に応じた適合性効果が見られた。いずれの研究においても、各ブロックにおいてそれまでの適合性頻度が蓄積されている可能性があるにもかかわらず、その蓄積が現ブロックの適合性効果に及ぼす影響は検討されてこなかった。

そこで、本研究ではブロック間及びブロックを構成するフェーズ間の適合性頻度の変動が、適合性効果に及ぼす影響を検討する。実験1では前半セッションの適合性頻度が、後半セッションの適合性効果に及ぼす影響を検討する。具体的には、前半セッションでは、適合性頻度を5種類設け、後半セッションでのそれは50%のみにした。もし、持続性制御が、前半の適合性頻度の蓄積に影響を及ぼすのであれば、後半では適合

性頻度50%にも関わらず、前半の適合性頻度に応じた適合性効果が生起することが予測される。一方、適合性頻度の蓄積ではなく、逐次的な変化に対応して持続性制御が行われているのであれば、後半では適合性頻度50%に対応した適合性効果が認められるだろう。

しかし、この実験手続きでは各セッションのブロック間に休憩を挟むことから、持続性制御の再構築がブロック毎に生じている可能性がある。そこで、実験2では、ブロックの適合性頻度を50%にし、ブロックを構成するフェーズ毎に適合性頻度を操作した。フェーズは連続し休憩は挟まれないため、ブロック内の逐次的な適合性頻度の変化に対して、どのような持続性制御が行われているかを検討できる。具体的には、1ブロックを四つのフェーズに分け、それぞれの適合性効果を50%、75%、50%、25%、もしくは50%、25%、50%、75%の順で操作した。もし持続性制御が、適合性頻度の蓄積によって行われているのであれば、第4フェーズにおいては、両順序条件の適合性効果に差がみられないことが予測される。一方、持続性制御が逐次的な変化に対応して行われているのであれば、第4フェーズにおいても、そのフェーズの適合性頻度に応じた適合性効果が観察されるだろう。

## 実験1

### 方法

**実験参加者** 80名の右手利きの学生。**要因計画** トレーニングセッションの適合性頻度 (17%/25%/50%/75%/83%) × 適合性 (一致/不一致) × セッション (training/post training) の3要因混合計画。**刺激** ターゲットとフランカーは、“N”と“X”を使用。すべて同じ文字列を一致試行、ターゲットとフランカーが異なる文字列を不一致試行。ターゲット文字は左右いずれかに呈示。フランカーはターゲットに対して垂直に2文字ずつ呈示。**手続き** 凝視点 (500ms) 呈示後、刺激は左右いずれかに100 ms間呈示。課題は、ターゲットが“N”か“X”かをできるだけ速く、できる

だけ正確に同定。64試行からなるブロックを計8ブロック実施。最初の4ブロックはtrainingセッションとし、適合性頻度が83%, 75%, 50%, 25%, 17%のいずれかで操作され、後半4ブロックはpost trainingセッションとして、適合性頻度を50%にした。

**結果**

正答に要した反応時間を使用し、要因計画にそって分散分析を行った。その結果、適合性 ( $F(1, 75) = 227.505, p < .001, \eta_p^2 = .75$ ) とセッション ( $F(1, 75) = 9.949, p = .002, \eta_p^2 = .12$ ) にそれぞれ主効果が見られ、適合性効果および練習効果が生じた。また、適合性頻度×適合性 ( $F(4, 75) = 3.941, p = .006, \eta_p^2 = .17$ ) に交互作用が見られ、PCEが生じた。注目すべき3要因に交互作用 ( $F(4, 75) = 10.346, p < .001, \eta_p^2 = .36$ ) があり、trainingセッションにおいて、その適合性頻度に応じた適合性効果が生じた一方で、post trainingセッションでは適合性効果量に差は見られなかった (Figure 1)。

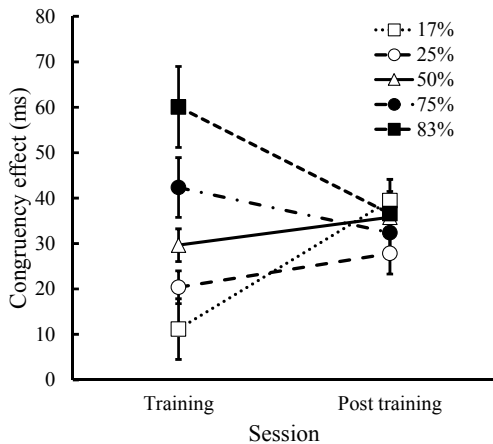


Figure 1. Congruency effect in training and post training sessions. Bars indicate standard errors of the mean. Percentage of legend indicates congruency ratio in each block of training session.

**実験2**

**方法**

実験参加者 36名の右手利きの学生。要因計画 適合性頻度の順序 (LH/MEAN/HL) × 適合性 (一致/不一致) × フェーズ (1st/2nd/3rd/4th) の3要因混合計画。刺激 実験1と同様。手続き 1試行の流れ、課題は実験1と同様。192試行からなるブロックを1ブロック実施。48試行を1フェーズとし、1stと3rdフェーズは適合性頻度50%、2ndと4thフェーズは75%, 50%, 25%のいずれかであった。2ndと4thフェーズがそれぞれ、25%, 75%の事態をLH条件、50%, 50%の事態をMEAN条件、75%, 25%の事態をHL条件とした。

**結果**

正答に要した反応時間を使用し、要因計画にそって分散分析を行った。その結果、適合性にのみ主効果が

見られ、適合性効果が生じた ( $F(1, 35) = 34.242, p < .001, \eta_p^2 = .49$ )。また、適合性×フェーズに交互作用 ( $F(3, 105) = 7.577, p < .001, \eta_p^2 = .18$ ) があり、課題進行に応じて、適合性効果が増加した。さらに、3要因の交互作用 ( $F(6, 210) = 12.814, p < .001, \eta_p^2 = .27$ ) が見られ、Figure 2に示すように各フェーズの適合性頻度に応じて、適合性効果変動することが示された。

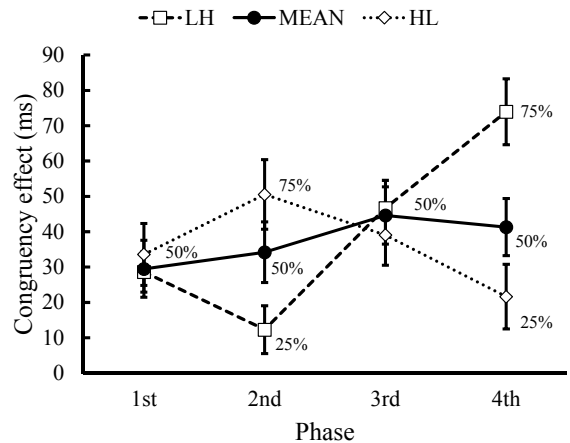


Figure 2. Congruency effect in each phase. Percentages mean congruency ratio in each phase. Bars indicate standard errors of the mean.

**考察**

実験1では、前半セッションの適合性頻度が、後半セッションの適合性効果に及ぼす影響を検討した。その結果、前半のtrainingセッションの適合性頻度に関わらず、後半のpost trainingセッションの適合性効果は一定であった。つまり、post trainingセッションの適合性頻度 (50%) に応じた適合性効果が観察された。実験2では、フェーズ毎に適合性頻度を操作し、各フェーズの適合性効果に注目した。その結果、直前フェーズの適合性頻度に関わらず、現フェーズでは、そのフェーズの適合性頻度に応じた適合性効果が見られた。これは、持続性制御が適合性頻度の蓄積によって行われているのではなく、逐次的な変化に応じて行われていることを示唆している。

**引用文献**

Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, **16**, 106-113.

Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, **121**, 480-506.

Mayr, U., & Awh, E. (2009). The elusive link between conflict and conflict adaptation. *Psychological Research*, **73**, 794-802.

# フランカー課題による価値駆動的な注意メカニズムの検討

峯 知里

同志社大学文化情報学部文化情報学科

杉尾 武志

同志社大学文化情報学部文化情報学科

生体の注意メカニズムは、顕著性や目標に基づいて制御されていることが知られてきた。さらに、報酬 (reward) と連合した刺激は無意識的に注意を捕捉することが示されている。しかし、認知負荷が高い状態で報酬と連合した刺激が、注意を捕捉するかどうかは明らかではない。本研究では、フランカー課題によって反応葛藤が生じる認知負荷の高い状況下で報酬学習を行い、価値駆動的な注意メカニズムと認知的制御の関連性について検討した。その結果、低報酬に比べ高報酬と連合したフランカーが出現した試行で適合性効果の増加がみられた。報酬の影響は、反応葛藤に対する認知的制御にもみられ、直前に報酬が与えられると一致性連続効果 (congruency sequence effect) が消滅した。この現象は高報酬と同様に低報酬においても示された。以上の結果から、認知負荷が高い状態においても報酬学習が成立し、報酬と連合した刺激は無意識的に注意を捕捉すると考えられる。

Keywords: attentional capture, conflict adaptation, flanker task, reward learning.

## 問題・目的

近年、報酬 (reward) が注意制御に影響を与えることが示されている。例えば、報酬と連合した刺激は無意識的かつ持続的に注意を捕捉する (Anderson, 2013; Chelazzi et al., 2013)。しかし、認知負荷が高い状態で報酬と連合した刺激が、注意を捕捉するかどうかは明らかではない。負荷が高い状況では、認知的制御によって行動が調節され、一致性連続効果

(congruency sequence effect, 以下CSE) がみられる。フランカー課題の不一致条件では、CSEによって直前試行が一致である場合に比べて、不一致条件であった場合に反応時間が促進する (Gratton et al., 1992)。金銭報酬は、このような認知葛藤の処理過程にも影響を与えることが明らかにされている (Krebs et al., 2010; van Steenbergen et al., 2009)。

以上をふまえて、本研究ではフランカー課題によって認知負荷の高い状況下で報酬学習を行い、価値駆動的な注意メカニズムと認知的制御の関連性について検討した。報酬がフランカーと連合した場合 (実験1)、課題非関連な刺激に注意が捕捉されることで反応が遅延し、ターゲットと連合した場合は (実験2)、課題目標に注意が優先された結果、反応が促進すると仮定される。

## 方法

**実験参加者** 大学生・大学院生24名 (実験1)、16名 (実験2) が実験に参加した。

**装置・刺激** MATLAB (R2013a) と Psychtoolbox (Ver. 3) を使用し、PC (hp社製Compaq Elite 8300 SFF) に接続したCRTディスプレイ (iiyama社製HF703U) に刺激を提示した。反応はキーボードで収集した。ディスプレイと目までの距離は57cmを保ち暗室で実施した。刺激は、アルファベット20文字 (視角 $1.2^\circ \times 1.3^\circ$ 、文字の中心から中心まで $1.4^\circ$ ) で赤・緑・青・白の4色を用いた。

**要因計画** 反応選択 (一致・不一致)、報酬の大きさ (高; 10円・低; 1円・中; なし) の参加者内2要因デザインで行った。報酬学習の効果は、一致条件 (C) と不一致条件 (I) の反応時間の差分から得られる適合性効果 (I-C) の大きさを指標とした。

**手続き** 実験は、訓練フェイズ (240試行) とテストフェイズ (192試行) の2段階で構成された。1試行の流れは、注視点 (400~600ms)、フランカー課題、ブランク (1000ms)、フィードバック (1000ms) の順で提示した (図1)。フランカー課題では、反応に制限時間を設け、訓練フェイズは800ms、テストフェイズは1200msとした。訓練フェイズにおいて、報酬はフランカーの色 (実験1)、またはターゲットの色 (実験2) と連合し、フィードバックで正答に対して視覚的に報酬を与えた。高報酬条件では、試行の75%で高報酬、25%で低報酬を与え、低報酬条件では、75%で低報酬、25%で高報酬を与えた。中立条件は、金額を加算せず累積報酬のみを提示した。テストフェイズでは、報酬学習の持続的な影響を検討するため、報酬は与えず正解または不正解のみを知らせた。実験終了後、参加者に刺激と報酬の連合に気がついたかどうかについて内観を求めた。

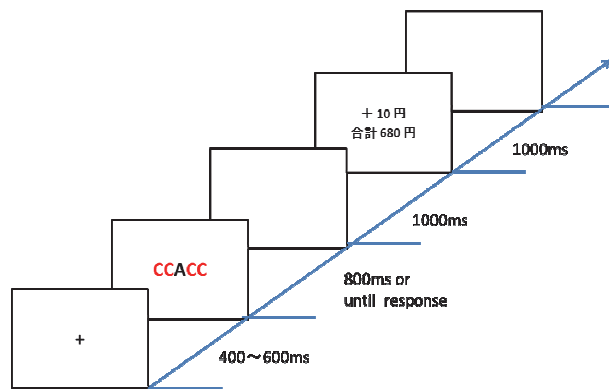


図1 1試行の流れ (訓練フェイズ)

## 結果

訓練フェイズの試行は、前半と後半に分類して分析を行い、正答率90%を下回った参加者のデータは除外した。実験1の適合性効果は、報酬の大きさに対する参加者内1要因分散分析の結果、後半に有意差がみられた(図2:  $F(2,38)=6.12, p=.005$ )。下位検定の結果、低報酬と中立 ( $p=.005$ )、高報酬と低報酬の間に有意な差が示された ( $p=.01$ )。

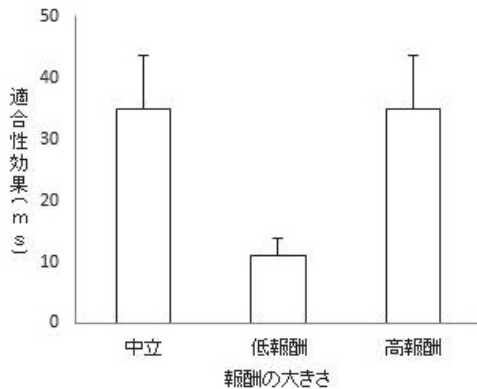


図2 報酬の大きさにおける適合性効果の違い (エラーバーは標準誤差を表す)

下位検定の結果、高報酬だけでなく、中立にも大きな効果がみられたため、直前試行で与えられた報酬の履歴を検討した。直前試行で与えられた報酬ごとに、現在試行の報酬条件と現在試行の反応選択が一致か不一致かについて参加者内2要因分散分析を行った。その結果、直前試行で高報酬が与えられた試行のみ交互作用が有意傾向であった ( $F(2,18)=2.94, p=.078$ )。

直前試行の履歴の影響から、報酬と認知的制御の関連性を検討するため、CSEを指標として分析を行った。直前に与えられた報酬と直前の反応選択に基づく適合性効果について参加者内2要因分散分析を行った結果、交互作用が有意傾向であり ( $F(2,34)=2.52, p=.096$ )、単純主効果の検定では、中立条件のみ反応選択において有意差が認められた (図3:  $p=.019$ )。

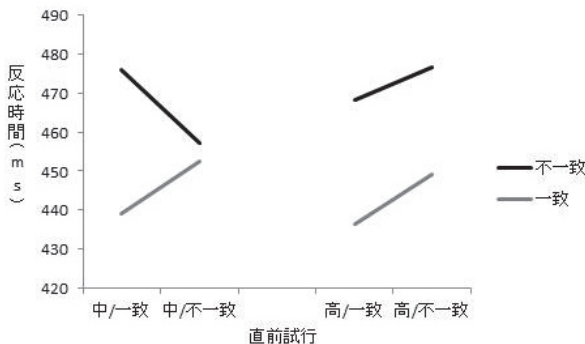


図3 中立条件と高報酬条件の反応時間

実験で用いた色に関して、新たに8名を対象に報酬を与えない状況で96試行の統制実験を行った。色と反応選択における参加者内2要因分散分析の結果、交互作用が認められなかった ( $F(2,14)=1.06, n.s.$ )。

実験2の適合性効果は、報酬の大きさに対する参加者内1要因分散分析の結果、有意な差がみられなかった ( $F(2,28)=0.01, n.s.$ )。テストフェイズでは、実験1、実験2いずれも適合性効果に差がみられなかった ( $F(2,44)=1.38, n.s., F(2,24)=1.17, n.s.$ )。

## 考察

実験1では、訓練フェイズ後半の試行で低報酬に比べ高報酬条件で適合性効果の増加がみられた。したがって、反応葛藤が生じる状況で意識的に無視した刺激に対しても、報酬学習によって注意が捕捉されると考えられる。報酬による注意捕捉は、内観報告の結果から無意識的な現象であったことが示された。報酬学習の結果、低報酬と高報酬の間に差がみられたことは、注意捕捉の大きさが与えられる価値の大きさによって変動することを示唆している。報酬の影響は、反応葛藤に対する認知的制御にもみられ、直前に報酬(高報酬・低報酬)が与えられるとCSEが消滅した。この現象は報酬の大きさに依存しないことが明らかになった。

実験2の訓練フェイズで、報酬と連合したターゲットに対する注意の優先がみられなかった原因として、反応時間促進の限界が示唆される。テストフェイズに関しては、実験1・2ともに報酬学習の効果がみられなかった。試行の反復によって課題に順応し反応時間に差が生じなかったと考えられる。以上の結果から、認知負荷が高い事態においても報酬学習が成立し、報酬と連合した刺激は注意を捕捉することが示唆された。

## 引用文献

- Anderson, B.A. (2013). A value-driven mechanism of attentional selection. *Journal of Vision*, **13**(3), 7, 1-16
- Gratton, G., Coles, M.G.H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, **121**, 480-506
- Chelazzi L, Perlato A, Santandrea E, & Della Libera C. (2013). Rewards teach visual selective attention. *Vision Research*, **85**, 58-72
- Krebs, R.M., Boehler, C.N., & Woldorff, M.G. (2010). The influence of reward associations on conflict processing in the Stroop task. *Cognition*, **117**(3), 341-347.
- van Steenbergen, H., Band, G.P., & Hommel, B. (2009). Reward counteracts conflict adaptation. Evidence for a role of affect in executive control. *Psychological Science*, **20** (12), 1473-1477



# 記憶項目が選択的注意に与える影響

川島 朋也

神戸大学大学院国際文化学研究科

松本 絵理子

神戸大学大学院国際文化学研究科

あらかじめワーキングメモリに保持された項目（記憶項目）が注意過程に及ぼす影響に関する研究では、記憶項目による注意誘導が生じ、記憶項目の特徴次元が探索の標的刺激と一致する場合には探索が早く、妨害刺激と一致する場合には遅延することが報告されている（Soto, Hodsoll, Rotshtein, & Humphreys, 2008）。近年では、記憶項目と探索の標的刺激が一致する確率を操作した場合、一致確率が高く、記憶項目の呈示によって標的刺激の特徴次元が予測可能な場合にはより探索が早くなることも報告されている（Carlisle & Woodman, 2011）。本研究では、予測性に基づいた探索をより詳細に検討するとともに（実験1）、探索項目の標的・妨害刺激の色を同系統色で作成し、予測性による注意誘導が色の名辞的情報（カテゴリ情報）に基づいた記憶表象によって実現されていたかを検討した（実験2）。その結果、予測性に基づく探索促進効果が得られ、また、注意誘導される表象は名辞的情報に基づいたものであることが示唆された。

Keywords: selective attention, working memory, attentional capture, cognitive control.

## 問題・目的

ワーキングメモリに保持した項目（記憶項目）が自動的に注意を捕捉するというmemory driven attentional captureが報告されており（Soto, Hodsoll, Rotshtein, & Humphreys, 2008）、記憶項目が選択的注意に与える影響が検討されてきている。近年、この自動的な記憶項目による注意の誘導は認知コントロールによって促進・抑制されることが報告されている。たとえば、Carlisle & Woodman (2011) は記憶項目と標的刺激が同一の特徴次元をもつ確率を操作し、事前に実験参加者に教示した。この確率が高いほど、標的刺激の特徴次元が予測可能になるといえる。その結果、記憶項目による注意の誘導は予測性（predictability）が高いと促進し、低いと抑制された。彼らはこの結果を、記憶項目と同一の特徴次元による自動的な注意誘導だけでなく、教示による方略的な注意選択の両側面が影響していると説明した。この結果から、記憶表象による注意誘導は教示に応じてトップダウン的に変化しうると考えられる。しかしながら、彼らの実験における探索画面は記憶項目と妨害刺激が異なるカテゴリの色で構成されていたため、予測性に基づいた探索において、記憶項目のカテゴリ情報に基づいて注意誘導がなされていたのか、それとも特徴次元そのものに基づいていたのかは明らかでない。そこで本研究では、実験1ではCarlisle & Woodman (2011) のパラダイムに基づいた追試を行い、教示による予測性の変化が注意誘導に及ぼす影響を再現しうるかを検討する。さらに、Carlisle & Woodman (2011) では被験者間計画で行われていた予測性の操作を被験者内計画で実施することで、同一参加者が予測性に基づいた探索を切り替えることができるのかどうかについても検討する。さらに、実験2では探索項目を記憶項目と同系統色で構成する。このとき、記憶項目をカテゴリ情報に基づいて保持した場合、探索項目が同系統色で構成されていることから記憶項目による注意の誘導効果は弱くなることが予

測される。もし、Carlisle & Woodman (2011) が報告した予測性による注意の誘導の促進・抑制が、記憶項目をカテゴリ情報に基づいた保持による探索によって実現されていたのであれば、同系統色で構成された事態では予測性による注意誘導に差がないことが予測される。

## 方法

### 実験1

**実験参加者** 13名が実験に参加した。

**刺激** 刺激は全て灰色背景の上に呈示された。赤・緑・青・黄・マゼンタの5色が用いられた。注視点は $0.3^\circ \times 0.3^\circ$ の黒色十字であった。記憶項目と記憶テスト項目は $0.9^\circ \times 0.9^\circ$ の四角形で、注視点の $1^\circ$ 上に呈示された。探索項目は4つのギャップ図形（ $0.9^\circ \times 0.9^\circ$ ）であり、線の太さは $0.18^\circ$ で、ギャップは $0.36^\circ$ であった。ギャップ図形は架空の四角形の頂点にあたる中心から $7.16^\circ$ の位置に呈示された。標的刺激は上下いずれかにギャップがあり、妨害刺激は左右いずれかにギャップがあった。

**デザイン** 一貫性として一致・不一致・ニュートラルの3条件が用意された。一致試行は記憶項目と標的刺激の特徴次元が同一で、不一致試行は記憶項目と妨害刺激の特徴次元が同一であった。ニュートラル試行では記憶項目と特徴次元を同一にする刺激は出現しなかった。予測性として、20%一致・50%一致・80%一致の3条件が用意された。3条件すべてにおいて、全試行の50%はニュートラル試行であった。20%一致条件では、全体の10%は一致試行であり、40%は不一致試行であった。50%一致条件では、全体の25%は一致試行で25%は不一致試行であった。80%一致条件では、全体の40%が一致試行で10%は不一致試行であった。

**手続き** 実験参加者がエンターキーを押すと試行が開始された。注視点が800ms呈示されたのち、記憶項目が100ms呈示された。900ms後、探索項目が

3000ms呈示された。実験参加者は上下いずれかにギャップのある標的刺激を探索し、ギャップ位置をキー押しによって報告することが求められた。次いで、500ms後、記憶テスト項目が記憶項目と同じ位置に2000ms呈示された (Figure 1A)。実験参加者は記憶テスト項目と記憶項目が同一か否かをキー押しによって報告することが求められた。予測性の3条件はブロック化され、実験参加者の間でカウンターバランスを取った順序で実施された。ブロック前に実験参加者は口頭で予測性の説明を受けた。各条件は80試行で、それぞれ10回の練習試行後に実施された。

## 実験 2

**実験参加者** 9名が実験に参加した。

**刺激** 刺激は全て黒色背景の上に呈示され、注視点は白色十字であった。マゼンタ・黄を紫・橙に変更し、探索項目を記憶項目と同系統色の色で構成した。

**デザインおよび手続き** 実験1と同一であった (Figure 1B)。

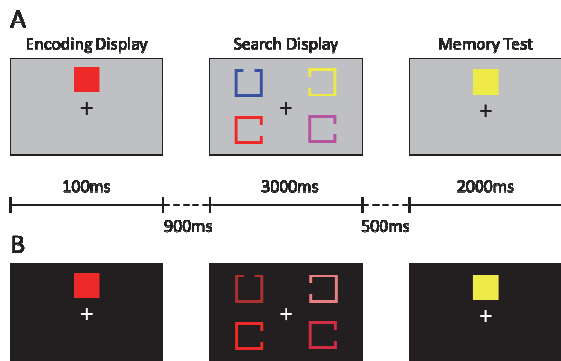


Figure 1. Examples of stimulus displays and procedure in Experiment 1 (A) and Experiment 2 (B).

## 結果

### 実験 1

各条件の反応時間の平均時間をFigure 2Aに示す。一貫性 (一致, 不一致, ニュートラル) × 予測性 (20%, 50%, 80%) の2要因分散分析を行った結果、一貫性の主効果が有意であり ( $F(2,24) = 47.24, p < .001$ )、予測性の主効果は有意ではなかった ( $F(2,24) = 0.84, p = .445$ )。交互作用が有意であったため ( $F(4,48) = 2.87, p < .001$ )、下位分析を行った結果、全条件において反応時間は一致、ニュートラル、不一致の順であった ( $p < .05$ )。さらに、不一致試行からニュートラル試行の反応時間を引いたものをコスト、一致試行からニュートラル試行の反応時間を引いたものをベネフィットとして分析を行ったところ、20%一致条件のコストは80%一致条件のコストよりも小さく ( $t(12) = 2.19, p = .048$ )、50%一致条件のコストは80%一致条件のコストよりも小さかった ( $t(12) = 2.79, p = .048$ )。

### 実験 2

各条件の反応時間の平均時間をFigure 2Bに示す。実験1と同様の分析を行った結果、一貫性の主効果 ( $F(2,16) = 0.56, p = .579$ ) ならびに予測性の主効果 ( $F(2,16) = 1.22, p = .321$ ) は有意ではなかった。交互作用が有意であったため ( $F(4,32) = 5.08, p = .003$ )、下位分析を行った結果、50%一致条件において一致試行の反応時間はニュートラル試行の反応時間よりも短く ( $t(8) = 2.83, p = .046$ )、不一致試行の反応条件よりも短かった ( $t(8) = 3.07, p = .046$ )。

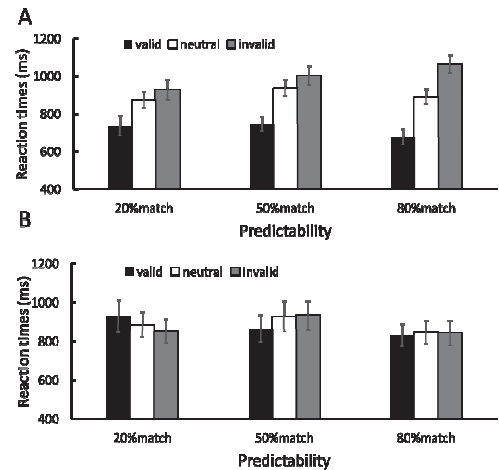


Figure 2. Mean RTs for valid, neutral and invalid displays under the three conditions in Experiment 1 (A) and Experiment 2 (B). Error bars represent standard errors.

## 考察

実験1では先行研究の結果をほぼ再現した。予測性によりコストの大きさが異なったことから、実験デザインによらず予測性に基づいた探索が切り替えられることが示唆された。さらに、実験2において、記憶項目による注意誘導の効果が50%条件でのみ認められ、他の条件では認められなかったことから、予測性による注意誘導の促進・抑制はカテゴリ情報に基づいた探索によって実現されていたことが示唆された。加えて、同系統色で構成された事態においても一部の条件では注意が記憶項目と同一の特徴次元をもつ刺激に誘導されたことから、記憶項目による注意誘導には、物理的な視覚特徴の情報と名辞的なカテゴリ情報の両方が利用されることが示唆された。

## 引用文献

- Carlisle, N.B., & Woodman, G.F. (2011). Automatic and strategic effects in the guidance of attention by working memory representations. *Acta Psychologica*, *137*, 217-225.
- Soto, D., Hodsoll, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G.W. (2008). Automatic guidance of attention from working memory. *Trends in cognitive sciences*, *12*, 342-348.

# 知覚的負荷が意味プライミングを変化させる -注意の瞬きを用い検討-

鈴木 玄

専修大学大学院文学研究科

大久保 街亜

専修大学人間科学部

2つの標的刺激が短時間内に提示されたとき、第1標的は高い確率で同定可能だが、第2標的は第1標的と比較して同定率が低くなる。この現象を注意の瞬きという。注意の瞬き課題において、第2標的と直前に提示された妨害刺激の間に意味的関連性がある場合、ない場合と比べて正答率が高くなる意味プライミング効果が生じる。本研究では知覚的負荷によって意味プライミング効果に変化するかどうかを検討した。知覚的負荷は標的刺激の知覚的弁別性を操作することによって制御した。研究の結果、第2標的の語彙判断課題で生じた反応時間と第2標的の正答率の両方において、知覚的負荷が低い条件の方が、高い条件よりも意味プライミングのサイズが大きかった。この結果は注意の負荷理論(Lavie, 1995)を支持すると考えられる。本研究の結果は、知覚的負荷が視覚的な情報処理だけではなく、意味情報処理をも変化させる可能性を示唆する。

Keywords: perceptual load, attentional blink, semantic association

## 問題・目的

注意による情報の選択がどの段階で行われるのかについて、長年にわたって議論されている。そうした中、Lavie (1995)は課題に関連する刺激の知覚的負荷によって選択的注意の働きが変わるとする、負荷理論を提唱した。この負荷理論では、課題に関連する標的刺激の知覚的負荷が高い場合、情報が初期選択され、妨害刺激は初期の段階で抑制される。一方、知覚的負荷が低い場合には情報が後期選択され、妨害刺激が意味的な段階まで処理される。しかし、この負荷理論は主に空間的に配置された妨害刺激に対する注意について検討されている。そのため、時間的に配置された妨害刺激に対する注意についても適用して説明できるのかは不明である。

時間的な注意を検討する際、注意の瞬きという現象がよく用いられる。この現象は500ms以下の短い時間内に2つの標的刺激が提示されたとき第1標的は高い割合で同定されるが、第2標的の同定率は著しく低くなることを示す。この注意の瞬きにおいて、第2標的とその直前に提示された妨害刺激との間に意味的関連性がある場合、意味的関連性がない場合と比べて第2標的の同定率が上昇する意味プライミング効果が生じる(Maki, Frigen, & Paulson, 1997)。

本研究では注意の瞬きを用いて、負荷理論が時間的に配置された妨害刺激に対する注意においても適用して説明できるのかを検討する。そして知覚的負荷が視覚的情報だけでなく意味情報の処理にも影響を及ぼすのかを検討する。

注意の瞬きにおいて、標的刺激と妨害刺激の弁別性が高い場合には知覚的負荷が減少すると考えられる。そのため選択的注意が後期選択的に作用し、意味プライミング効果が生じ易くなると予測される。一方標的刺激の弁別性が低い場合には知覚的負荷が増加すると

考えられる。そのため選択的注意が初期選択的に作用し、意味プライミング効果が生じないと予測される。

## 方法

**実験参加者** 正常視(矯正を含む)を有する大学生および大学院生27名(男性10, 女性17)が参加した。

**刺激** 背景を灰色としたモニターの中心に、単語刺激を提示した。単語刺激は2-4文字のひらがなかカタカナで表記された。

**手続き** 画面中央に注視点が400ms提示された後、複数のカタカナ単語刺激が83.5msずつ同位置に連続提示された。この刺激系列中には標的刺激としてひらがな単語が2語挿入された。この内、1つ目の標的刺激は全て有意味単語であったが、2つ目の標的刺激は有意味単語と無意味単語が半々であった。実験参加者はまず、第2標的が提示された後、第2標的の有意味単語か無意味単語かをキー押しによって判断した(語彙判断課題)。このとき、可能な限り素早く、かつ正確に判断するよう教示した。語彙判断課題終了後、各標的の刺激を同定した(単語同定課題)。このとき、第2標的の有意味単語であった場合、第2標的とその直前に提示された妨害刺激の間に意味的な関連性があった。

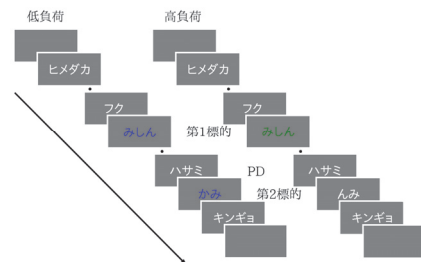


Figure 1. 1 試行の流れ

実験は知覚的負荷(高・低)と提示時間間隔(Lag 2・Lag 3・Lag 4・Lag 7), 単語綴り(有意味・無意味)の被験者内 3 要因で計画された。実験の試行数は 349 試行であった。妨害刺激は全て白字で提示された。そして課題の知覚的負荷を操作するために、第 2 標的は白字で提示された場合と、青字か緑字で提示された場合の 2 条件が設けられた。第 2 標的が白字で提示された場合、課題の知覚的負荷は高くなる。一方、第 2 標的が青字か緑字で提示された場合、課題の知覚的負荷は低くなる。そこで、第 2 標的が白字で提示された場合を高負荷条件、青字か緑字で提示された場合を低負荷条件とした。なお第 1 標的は全試行を通じて青字か緑字で提示された。

## 結果

知覚的負荷×提示時間間隔×単語綴りの条件別に、第 2 標的の正答率を求めた。このとき、語彙判断課題を正答し、なおかつ単語同定課題において第 1 標的と第 2 標的の両方を正答している場合を正答とした。第 2 標的の正答率に対して、提示時間間隔の条件別に知覚的負荷の影響を見るため、妨害刺激からのプライミング効果のサイズを求めた(Figure 2)。プライミング効果のサイズは有意味条件の正答率から無意味条件の正答率を引いて求めた。

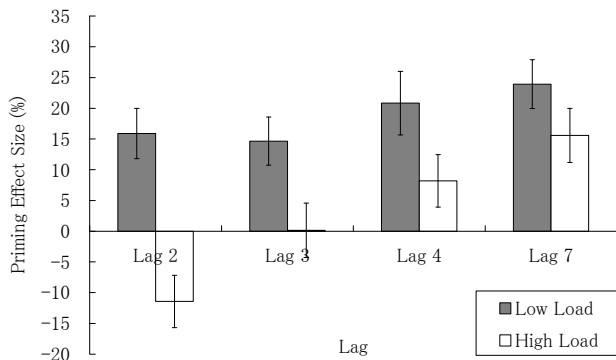


Figure 2. 語彙判断課題と単語同定課題を正答した第 2 標的の正答率におけるプライミング効果のサイズ エラーバーは SE

正答率におけるプライミング効果のサイズを従属変数、知覚的負荷(高・低)と標的提示時間間隔(lag 2・lag 3・lag 4・lag 7)を独立変数とする繰り返しのある 2 要因分散分析を行った。その結果、知覚的負荷の主効果は有意で、低負荷条件の方が高負荷条件よりもプライミング効果のサイズは大きかった( $F(1, 26) = 21.48, p < .001, \eta_p^2 = .102$ )。提示時間間隔における主効果も有意で、提示時間間隔が長くなるにつれてプライミング効果のサイズは大きくなった( $F(3, 78) = 15.55, p < .001, \eta_p^2 = .074$ )。そして交互作用も有意であった( $F(3, 78) = 5.41, p = .002, \eta_p^2 = .021$ )。そこで単純主効果の検定を行ったところ、全ての標的提示時間間隔の条件において、知覚的負荷の単純主効果が 5%水準で有意であった。このことから、提示時間間隔の全て

の条件において、低負荷条件の方が高負荷条件よりもプライミング効果のサイズが大きいことが示された。また、高負荷条件においては、提示時間間隔の単純主効果も有意であった( $F(3, 78) = 19.82, p < .001, \eta_p^2 = .170$ )。多重比較の結果、高負荷条件におけるプライミング効果のサイズはlag 2 条件で最も小さくなり、提示時間間隔が長くなるにつれてサイズが大きくなることが示された。

また、正答率と同様に反応時間についてもプライミング効果のサイズを求めた。そして反応時間におけるプライミング効果のサイズを従属変数、知覚的負荷(高・低)と標的提示時間間隔(lag 2・lag 3・lag 4・lag 7)を独立変数とする繰り返しのある 2 要因分散分析を行った。その結果、知覚的負荷の主効果は有意で、低負荷条件の方が高負荷条件よりもプライミング効果のサイズは大きくなった( $F(1, 21) = 9.74, p = .005, \eta_p^2 = .029$ )。提示時間間隔における主効果も有意で、提示時間間隔が長くなるにつれてプライミング効果のサイズは大きくなった( $F(3, 63) = 4.37, p = .007, \eta_p^2 = .039$ )。一方交互作用は有意ではなかった( $F(3, 63) = 1.07, p = .368, \eta_p^2 = .011$ )。

## 考察

実験の結果、正答率において低負荷条件の方が高負荷条件よりもプライミング効果のサイズが大きいことが示された。この結果は負荷理論に基づく予測と一致する。そして低負荷条件では提示時間間隔に関わらず、プライミング効果のサイズに有意な差は生じなかった。一方、高負荷条件では提示時間間隔が長くなるにつれてプライミング効果のサイズが大きくなった。この結果は、低負荷条件では提示時間間隔が短くても選択的注意が後期選択的に作用したため、プライミング効果に変化が生じにくくなったと考えられる。一方、高負荷条件では提示時間間隔が長くなることによって注意資源が回復し、妨害刺激の処理に費やせるようになったため、プライミング効果のサイズが変化した可能性が考えられる。

本研究の結果は、負荷理論が時間的に配置された妨害刺激に対する注意においても適用して説明できる可能性を示唆する。そして知覚的負荷が視覚的情報だけでなく意味情報の処理にも影響を及ぼすことを示した。

## 引用文献

- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Trends in cognitive science*, 9, 75- 82.
- Maki, W. S., Frigen, K., & Paulson, K. (1997). Associative priming by targets and distractors during rapid serial visual presentation: Does word meaning survive the attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1014-1034.

# 視覚場面を構成する物体群が持つ統計的規則性の潜在学習

樋口 洋子  
上田 祥行  
齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

[higuchi@cv.jinkan.kyoto-u.ac.jp](mailto:higuchi@cv.jinkan.kyoto-u.ac.jp)

京都大学こころの未来研究センター

京都大学大学院人間・環境学研究科

People learn statistical regularities in visual scenes implicitly. Visual search performance is facilitated when fixed spatial configurations are presented repeatedly, an effect known as contextual cueing (Chun & Jiang, 1998). Using contextual cueing paradigm, we investigated whether people implicitly average training exemplars to form a prototype. Participants were asked to search for a rotated T target among L distracters, and judge whether the target was rotated to the left or right. During the learning phase, the exact positions of items within fixed configurations were allowed to jitter from repetition to repetition. In the following test phase, participants observed highly-distorted configurations (Experiment 1) or exemplars which presented during the learning phase (Experiment 2) and prototype configurations which exemplars were averaged. The results showed that the reaction times in the prototype display did not differ from highly-distorted display, whereas the reaction times in the training exemplars were shorter than prototype. These results suggest that people learn each of training exemplars implicitly rather than average them.

Keywords: contextual cueing, implicit learning, prototype, exemplar

## 問題と目的

人間は、何かを覚えようという意識がない場合にも、視覚場面の情報を潜在的に学習している。たとえば、視覚探索課題において同一の配置となった画面を繰り返し呈示すると、参加者は気がつかないうちに配置のパターンを学習する。そのため、繰り返し呈示された配置画面ではターゲットに対する反応時間が短くなる (contextual cueing; Chun & Jiang, 1998)。このような潜在学習では、呈示された配置を個別に記憶しているのか、あるいは類似した配置画面の平均や頻度を学習しているのかは明らかになっていない。顕在学習においては、類似した配置を繰り返し呈示した際には個々の配置の記憶は抽象化され、複数の配置画面の平均が学習されることが示唆されている (Posner & Keele, 1970)。潜在学習においても顕在学習と同様に、類似した配置から平均を学習するのであるか。この問題を明らかにするため、実験1では、視覚探索画面を構成する物体の位置がガウス分布に従って変動するとき、分布の平均が潜在的に学習されるのかを検討する。実験2では、個々の物体の位置が独立に変動する場合と配置関係を保って変動する場合において、分布の平均と実験中に呈示された画面が潜在的に学習されているのかを検討する。

## 実験1

**実験参加者** 大学生及び大学院生18名が実験に参加した。

**刺激** 視覚探索課題のターゲットはT文字、ディストラクタはL文字であった。これらの文字は白色で、灰色の背景上に呈示された。文字の呈示位置は直径6

度、16度、26度の円環上にそれぞれ4箇所、10箇所、16箇所であった。文字の大きさは0.6度であった。1画面はターゲット1個とディストラクタ7個の、計8個の刺激で構成された。

**手続き** 実験は視覚探索課題 (学習フェイズ、テストフェイズ) と再認課題で構成された。

視覚探索課題：参加者の課題は、ターゲットを探索し、ターゲットの傾きをできるだけ早く報告することであった。各参加者に対して、実験中に繰り返し呈示されるプロトタイプ画面を10種類作成した。学習フェイズ (36ブロック、1ブロックは20試行) では、プロトタイプ画面を構成するディストラクタの位置がそれぞれ独立に変動した (図1)。変動の大きさは標準偏差1.6度のガウス分布に従うように毎試行変化し、変動の方向は毎試行ランダムであった。1ブロックは、変動を加えたプロトタイプ画面10試行とランダムな画面10試行によって構成された。テストフェイズ (80試行) では、プロトタイプ画面、プロトタイプに標準偏差の2倍の変動を加えた低頻度画面、ランダムな画面を呈示した。



図1 実験1におけるプロトタイプ画面とプロトタイプに変動を加えた画面の例。ターゲットの位置は固定であった。

再認課題：視覚探索課題終了後に40試行の再認課題を行った。再認課題では、テストフェイズで用いたプロトタイプ画面と低頻度画面、ランダムな画面を呈示した。参加者は、それぞれの画面を実験中に見たと思うかどうかを二肢強制選択で報告した。

## 結果

学習フェイズの6つのブロックを1エポックとしてまとめた。学習フェイズでは、ランダムな画面と比較して、プロトタイプに変動を加えた画面の反応時間が短縮した(図2,  $F(5, 85) = 2.55, p < .05$ )。テストフェイズでは、ランダムな画面と比較して、プロトタイプ画面および低頻度画面の反応時間が短かった( $F(1, 17) = 7.48, p < .05$ )。分布の平均を学習しているのであれば、プロトタイプ画面の反応時間は低頻度画面よりも短くなると予想されたが、それらの反応時間には差が見られなかった。再認課題の結果、いずれの条件においても正答率とチャンスレベルとの間に差は見られなかった。

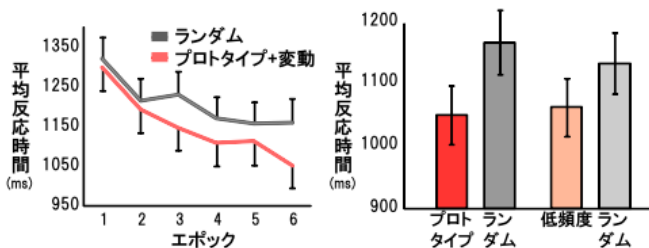


図2 学習フェイズ(左図)とテストフェイズ(右図)の平均反応時間。エラーバーは標準誤差を示す。

## 実験2

**実験参加者** 大学生及び大学院生16名が実験に参加した。

**刺激と手続き** 以下の点を除いて実験1と同様であった。学習フェイズでは、変動を加えたプロトタイプ画面のみが呈示され、ランダムな画面は用いられなかった。学習フェイズの1ブロックは、個々の物体が独立した方向に変動するプロトタイプ画面10試行と配置関係を保って一貫した方向に変動するプロトタイプ画面10試行によって構成された。テストフェイズでは、プロトタイプ画面と学習フェイズで一度呈示された事例画面を呈示した。



図3 実験2におけるプロトタイプ画面とプロトタイプに変動を加えた画面の例。変動方向が一貫の場合、ディストラクタの配置関係は常に保たれていた。

## 結果

学習フェイズでは、個々の物体が独立に変動する画面と配置関係を保って変動する画面の反応時間には差が見られなかった。テストフェイズでは、プロトタイプ画面と比較して、学習フェイズで呈示された事例画面の反応時間が短くなった( $F(1, 15) = 4.73, p < .05$ )。再認課題の結果、いずれの条件においても正答率とチャンスレベルとの間に差は見られなかった。

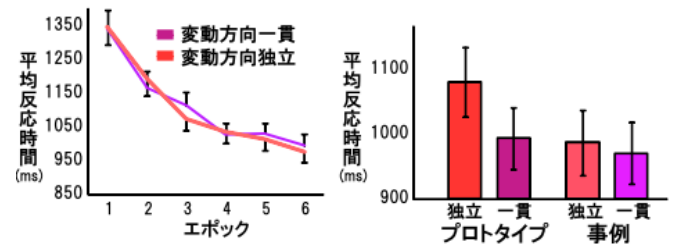


図4 学習フェイズ(左図)とテストフェイズ(右図)の平均反応時間。エラーバーは標準誤差を示す。

## 考察

本研究では、視覚探索画面を構成する物体の位置がガウス分布に従って変動するとき、分布の平均が潜在的に学習されるのかを検討した。実験1の結果、分布の平均であるプロトタイプ画面と低頻度画面の反応時間には差が見られなかった。実験2の結果、プロトタイプ画面と比較して、学習フェイズで呈示された事例画面の反応時間が短くなった。これらの結果から、変動の平均は学習されず、実験中に呈示された画面が個別に記憶されている可能性がある。プライミングの研究では、同一の刺激のみが後続の試行に影響を及ぼすことが示されており(Tulving & Shacter, 1990), 潜在的な過程では知覚された情報がそのまま保持されている可能性があるだろう。

一方で、人間が変動の平均を潜在的に学習する可能性もある。本研究ではプロトタイプに変動を加えた画面は学習フェイズで36回しか反復されていないため、変動の平均が十分に学習されなかったのかもしれない。短期間の学習では実験中に呈示された画面が履歴として記憶され、より多くの学習を積むと、分布の平均が記憶される可能性がある。今後の研究では、学習フェイズでの反復回数を増やして、この問題を検討する必要がある。

## 引用文献

- Chun, M. M., & Jiang, Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, *36*, 28-71.
- Posner, M. I., & Keele, S. W. (1970). Retention of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, *83*, 304-308.
- Tulving, E., and Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, *247*, 301-306

# 異なる種類のミスディレクションにおける変化検出の比較

立花 良  
行場 次朗

東北大学大学院文学研究科  
東北大学大学院文学研究科

Misdirection, as a technique of manipulating attention used by magician, is now noticed to elucidate the characteristics of perception and cognition in our daily life. Although studies in misdirection have increased in recent years, what kind of misdirection most manipulate our attention is unclear. Here, to reveal this by using typical magic illusions, we presented movie clips of ‘cups and balls,’ that is one of classic magic tricks, to participants and measured where they looked at using an eye tracker. Then, we found that fixation times and the percentage of correct judgment was significantly different due to misdirection types. Especially, the “appearance” misdirection most affected the correct judgment of participants. The results indicate that appearance misdirection most manipulates our attention and affects performance of change detection.

Keywords: misdirection, magic tricks, visual attention, eye movements.

## 問題・目的

近年、視覚的注意研究で用いられているチェンジ・ブラインドネス (Rensink, et al., 1997; Simons & Levin, 1998) やインアテンショナル・ブラインドネス (Simons & Chabris, 1999) などのパラダイムは、幾何学図形などではなく日常場面を写した写真を用いた実験によって、普段我々は予想以上に多くの情報を見落としている事実を明らかにした。

このように日常的な場面を想定し、刺激や手続きを工夫して実験に取り入れてきた一方で、それらの多くは写真に人工的な加工を施すなどリアリティを欠くものであったことも否めない。刺激画像の加工によって実験刺激として統制は容易になるが、日常生活における外界の複雑性を十分に反映できないのである。

そこで注目を浴びたのが、ミスディレクションである。ミスディレクションとはマジシャン (奇術師) がマジックを行う際に用いる注意誘導の技法で、観客の注意をマジックの種からそらすと同時に、別の方向へ向けさせる (Lamont & Wiseman, 1999)。最近では、注意だけでなく、記憶や思考へも影響を与えるとされ (Kuhn & Martinez, 2011)、実験へのさらなる応用が期待されている。

マジシャンはこの技法によって観客を騙す。マジックの種を仕込むためのあからさまに不自然な動作も、そこから注意をそらすことで気づかれないのである。これによりミスディレクションが、現実場面を反映したリアリティのある実験方法として利用され始めた。これ以降、どのようなミスディレクションが注意を誘導しやすいかに焦点が置かれ、マジックを利用することで研究がなされた。

しかし、どのような種類のどのようなミスディレクションが注意をより誘導し、変化 (マジックの種) の検出に影響するかは不明確なままである。

本研究では、上記の点について、代表的な3種類の手品 (出現・消失・変化) をミスディレクションとし

て使用し、変化の検出がどのように影響されるかを検討した。

## 方法

**実験参加者** 11名 (男性3、女性8名、19-34歳) が本実験に参加した。全員が正常な視力を持っていた。

**装置** 眼球運動測定装置として、TobiiTX300 (300Hz) を用いた。観察距離は60cmであった。

**刺激** カップ&ボールという古典的マジックの動画を視覚刺激として用いた。本実験のカップ&ボールでは、赤いボール2つと銀色のカップ2つが用いられた。動画は5秒間で解像度は1024×768 pixels であった。動画の8種類であり、マジック×4とボールのはじき出し×2であった。マジックの種類は、(a) 統制: マジックが起きない (元々あったボールが呈示してるのみ)、(b) 出現: それまでなかったボールが左のカップから出現する、(c) 消失: 左のカップからボールが消える、(d) 変化: 左のカップのボールの色が変わる、でありボールのはじき出しは (a') あり: 右のカップからボールがはじき出される、(b') なし: 右のカップからボールがカップからはじき出されない (はじき出す動作のふりがなされる)、であった (Figure 1)。マジックは左のカップで行われ、ボールのはじき出しは右のカップで行われた。

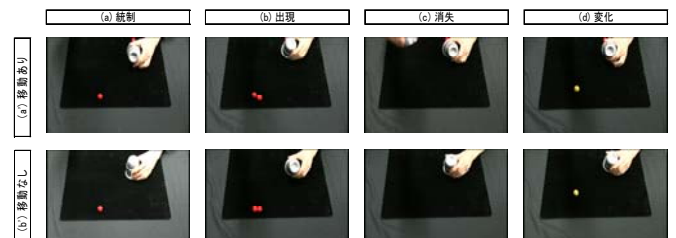


Figure 1. 実験刺激。

**手続き** 実験開始前、眼球運動のキャリブレーションを行った。実験中、参加者は動画を観察し、右の

カップからボールがはじき出されたかをキークリックで判断した。右のカップでボールがはじき出される際、左のカップではマジックによるミスディレクションが行われた。参加者は、ランダム化された全8種類の動画像を1ブロックとして、計10ブロック(80試行)を行った。Figure 2に1試行の流れを示す。

**処理法** 行動データとして、各条件における正答率を算出した。眼球運動データとして、興味領域(AOI)をミスディレクション領域(左のカップ)とトリック領域(右のカップ; ボールがはじき出される)に設定し、各AOIにおける注視時間を算出した。

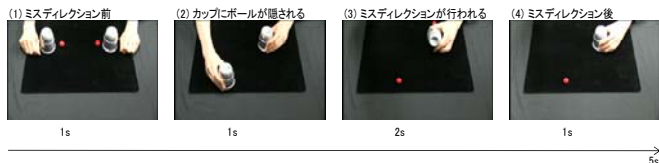


Figure 2. 1試行の流れ。(3)で参加者は判断を行う。

## 結果

**正答率** 各条件における正答率を用いて、2要因分散分析(マジックの種類×ボール)を行った。その結果、マジックの種類の主効果( $F_{(3, 30)} = 20.44, p < .01$ )とボールをはじき出しの主効果( $F_{(1, 10)} = 81.41, p < .01$ )、交互作用がみられた( $F_{(3, 30)} = 14.33, p < .01$ )。単純主効果検定を行ったところ、出現マジック時においてボールをはじき出さない条件での正答率が、他の条件よりも有意に低かった( $p < .0001$ )。さらに、消失および変化マジック時にボールをはじき出さない条件での正答率が、他の、ボールをはじき出す条件よりも有意に低かった( $p < .0001$ ) (Figure 3)。

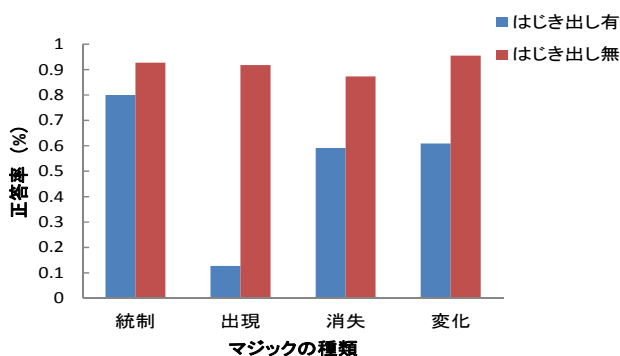


Figure 3. 各条件における平均正答率。

**眼球運動** データ取得不足のため、参加者の内1名のデータを分析から除外した。注視時間を用いて3要因分散分析(マジックの種類×ボール×AOI)を行った。その結果、AOIの主効果( $F_{(1, 9)} = 5.30, p < .05$ )とマジックの種類とAOIの交互作用がみられた( $F_{(3, 27)} = 3.75, p < .05$ )。マジックの種類とAOIについて単純主効果検定を行ったところ、ミスディレクション領域における注視時間がトリック領域よりも有意に長かった( $p < .05$ )。多重比較をしたところ、消失マジックにおい

て、ミスディレクション領域への注視時間が出現及び変化マジックよりも有意に長かった( $p < .05$ ) (Figure 4)。

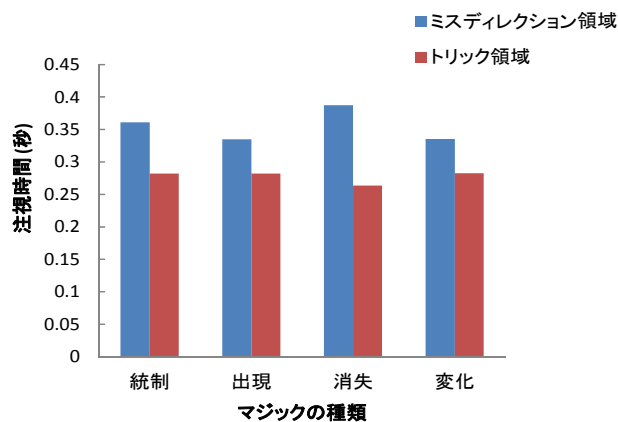


Figure 4. 各条件における平均注視時間。

## 考察

本実験の目的は、どのようなミスディレクションが最も注意を誘導し、変化(マジックの種)の検出に影響を与えるかを検討することであった。

変化(マジックの種)の検出における正答率が出現マジック条件で最も低かった結果から、出現マジックが最も変化の検出に影響を与えたことを示唆する。一方で眼球運動では、消失条件におけるミスディレクションへの注視時間が最も長かった。これはそれまで存在していた物体(ボール)が消失したことで、消失したボールを確認するためにミスディレクション後も消失したボールの位置を注視していたためだと考えられる。正答率では消失および変化マジックで差はみられないため、やはり出現マジックが最も注意を誘導したと考えられる。しかし本研究ではマジックの種類が限定的であったため、今後はより細分化された分類によって比較する必要がある。

## 引用文献

- Lamont, P., & Wiseman, R. (1999). *Magic in theory*. Hartfield: Hermetic Press.
- Kuhn, G., & Martinez, L. M. (2011). Misdirection - past, present, and the future. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 172.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, 8, 368-373.
- Simons, D. J., & Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 644-649.
- Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059-1074.



# 複数の刺激セットにおける探索非対称性の文化差の検討

上田 祥行

京都大学こころの未来研究センター

ueda@educ.kyoto-u.ac.jp

陳 蕾

京都大学人間・環境学研究科

Emily Cramer

University of British Columbia,  
Departments of Psychology and Computer Science

Ron Rensink

University of British Columbia,  
Departments of Psychology and Computer Science

齋木 潤

京都大学人間環境学研究科

A growing number of studies in human cognition point towards the existence of cultural differences in visual processing. However, few have directly examined their underlying mechanisms. We therefore investigate such differences using visual search asymmetry. Replicating previous work, North American participants had a reliable search asymmetry for length: search for long lines among short lines was faster than vice versa. In contrast, Japanese participants showed no such asymmetry—search times were the virtually identical for both. This pattern was not reliably affected by the density of the stimulus items. Importantly, we found different asymmetries for different kinds of stimuli, indicating that attention alone was not entirely responsible for these effects. Instead, our results suggest that—at least for visual search—these cultural differences are largely due to different encodings at a pre-attentive level.

Keywords: cultural differences, perception, pre-attentive processing, attentive processing, search asymmetry.

## 問題・目的

人々が属する文化によって、注意の処理や認知に違いがあることが、これまで様々な課題を用いて示されてきた(Kitayama et al., 2003; Masuda & Nisbett, 2001)。これらの研究では、北米人をはじめとする西洋文化圏では、個々の物体に注意を向ける分析的認知様式が、日本人をはじめとする東洋文化圏では、物体と背景情報の両方に注意を向ける包括的認知様式が優勢であるとされている。しかし、これらの認知の文化差がどういったメカニズムの違いによって生じるのかは明らかではない。

本研究では、認知の文化差がトップダウンの注意の方略だけではなく、より低次な処理の違いによって生じていることを示す。これを達成するために、本研究では課題として、視覚探索を用いた。視覚探索では素早い反応が要求されるため、意識的な思考や推論などの方略が関与しにくいと考えられる。また、モチベーションの交絡を防ぐために、ターゲットとディストラクタを入れ替えたときに生じる探索効率の変化(探索非対称性)を指標とした。もし文化差がトップダウンの注意方略の違いのみによって生起しているのであれば、どのような刺激セットを用いても一貫した文化差が生起すると考えられる。

## 実験 1

### 方法

**実験参加者** 日本人 24 名および北米人 24 名が実験に参加した。

**刺激** 探索刺激として視角 1.1°と 0.9°の垂直線が用いられた。刺激は低密度条件では 13.8°× 8.1°、高密度条件では 9.6°× 6.8°の範囲に呈示された。

**手続き** 各試行では、300ms のブランク画面の後に探索画面が呈示され、実験参加者はできるだけ早く正確にターゲットの有無を判断するように教示された。解答の後には 600ms の間、正誤のフィードバックが呈示され、その後次に次の試行へ移行した。刺激のセットサイズは 3, 6, 12 の 3 条件であった。

実験は 2 つのセッションから成り立っていた。ターゲットは、一方のセッションでは長い線分(1.1°)、もう一方のセッションでは短い線分(0.9°)であった。各セッションは探索刺激の密度によって、さらに 2 つのサブセッションに分けられた。それぞれのサブセッションでは、6 ブロック 180 試行(各ブロック 30 試行)が実施され、各サブセッションの最初のブロックは練習試行であった。

**分析** 本研究では、ターゲット有り試行のみを報告する。正答試行のみが分析に用いられ、反応時間が各条件の平均値から 3SD よりも離れていた試行は分析から除外された。反応時間から求められた探索効率(探索刺激 1 つあたりにかかる時間)が分析された。

### 結果

2 (文化) × 2 (密度) × 2 (ターゲットの種類)の分散分析を行ったところ、密度の主効果が有意であり、参加者の文化に関わらず高密度条件(48.61 ms/item)のほうが低密度条件(54.84 ms/item)よりも探索効率が良かった( $F(1, 46) = 5.26, p < .05, \eta_p^2 = .10$ )。また、文化とターゲットの種類の変数間相互作用も有意であり( $F(1, 46) = 6.62, p < .05, \eta_p^2 = .13$ )、北米人では明確に探索非対称性が観察されたのに対して、日本人では探索非対称性は見られなかった。

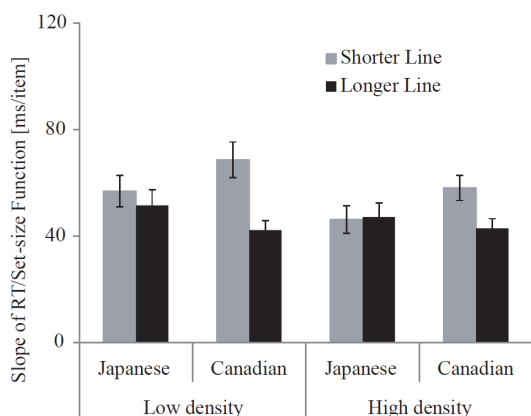


Figure 1. Search slopes of Experiment 1. Error bars indicate s.e.

また、エラー率についてはどの要因の交互作用も有意ではなかった。

## 実験 2

### 方法

**実験参加者** 日本人 16 名および北米人 16 名が実験に参加した。

**刺激** 探索刺激として、円環と円環に直線が交差した刺激セット(便宜的に OQ と呼ぶ、それぞれ視角 1.5°と 1.8°)および垂直線と垂直から 15°傾いた線分の刺激セット(便宜的に VT と呼ぶ、長さは視角 1.2°)が用いられた。刺激は 16.3° × 9.7°の範囲に呈示された。

**手続き** 各試行では、400ms のブランク画面の後に探索画面が呈示され、実験参加者はできるだけ早く正確にターゲットの有無を判断するように教示された。解答の後には 2000ms の間、正誤のフィードバックが呈示され、その後次に次の試行へ移行した。刺激のセットサイズは 3, 6, 12 の 3 条件であった。

実験は 2 つのセッションから成り立っていた。ターゲットは、一方のセッションでは OQ 刺激セット、もう一方のセッションでは VT 刺激セットであった。各セッションはターゲットによって、さらに 2 つのサブセッションに分けられた。それぞれのサブセッションでは、4 ブロック 144 試行(各ブロック 36 試行)が実施され、各サブセッションの最初には 12 試行の練習試行が実施された。

**分析** 実験 1 と同じ基準で外れ値を除外した。

### 結果

OQ 刺激セットについて、2 (文化) × 2 (ターゲットの種類) の分散分析を行ったところ、交互作用が有意であり ( $F(1, 30) = 5.81, p < .05, \eta_p^2 = .16$ )、北米人では日本人よりも強く探索非対称性が観察された。

また、VT 刺激セットについて、2 (文化) × 2 (ターゲットの種類) の分散分析を行ったところ、交互作用が

有意であった ( $F(1, 30) = 4.80, p < .05, \eta_p^2 = .14$ )。この刺激セットにおいては、日本人のほうが北米人よりも強く探索非対称性を生起させていたことが示された。

エラー率について、OQ 刺激セットでは日本人のほうが、有意にエラー率が低かったものの ( $F(1, 30) = 5.24, p < .05, \eta_p^2 = .15$ )、有意な交互作用は見られなかった。VT 刺激セットではどの主効果も交互作用も有意ではなかった。

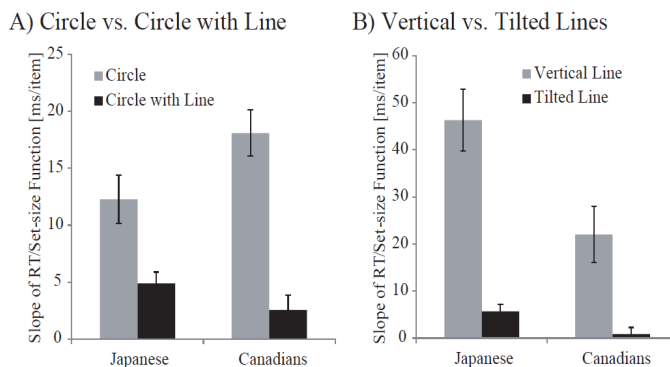


Figure 2. Search slopes of Experiment 2. Error bars indicate s.e.

## 総合考察

長短線分刺激セットでは、北米人で強い探索非対称性が観察されたが、日本人では探索非対称性は見られなかった。また、OQ 刺激セットでは、長短線分刺激セットと同様に北米人で日本人よりも強い探索非対称性が観察された一方で、VT 刺激セットでは、日本人のほうが北米人よりも強い探索非対称性が観察された。このことは、探索非対称性の文化差は、トップダウンの注意の方略の違いのみによって生起しているのではなく、刺激のエンコードなどの前注意的過程における処理の違いが影響を及ぼしていることを示唆している。これまでの研究で注意の処理様式の違いと考えられていた文化差についても、前注意的過程の違いの影響を受けている可能性があるだろう。

文化による認知処理過程の違いは、普段目にしていない風景や文字、文化に特有な人工物の影響を受けて形成されている可能性が指摘されている (Miyamoto et al., 2006; Ueda & Komiya, 2012)。これらの違いが刺激のエンコード過程に及ぼす影響についても、今後より詳細に検討される必要があるだろう。

## 引用文献

- Masuda, T., & Nisbett, R. E. (2006). Culture and change blindness. *Cognitive Science*, 30, 381–399.
- Miyamoto, Y., Nisbett, R. E., & Masuda, T. (2006). Culture and the physical environment: Holistic versus analytic perceptual affordances. *Psychological Science*, 17, 113–119.
- Ueda, Y., & Komiya, A. 2012 Cultural adaptation of visual attention: Calibration of the oculomotor control system in accordance with cultural scenes. *PLoS ONE*, 7, e50282. doi:10.1371/journal.pone.0050282

# 顔の性別判断における全体処理の役割

横山 武昌  
野口 泰基  
向田 茂  
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  
北海道情報大学情報メディア学部  
神戸大学大学院人文学研究科

顔の性別判断は、顔の全体処理により生じるのか、それとも部分処理により生じるのかは未だ議論が続いている。本研究では両眼立体奥行き操作を用いて、Front条件（顔のパーツのみ知覚できる条件: 部分処理）と Behind条件（顔全体を知覚できる条件: 全体処理）を設定し、上記の問いを検討した。Front条件では、顔のパーツが random dot pattern からなる遮蔽物よりも手前に提示されるため、被験者は顔のパーツを統合しづらくなり、ばらばらな顔のパーツの集合として知覚しがちになる。一方 Behind条件では、顔のパーツが random dot pattern の遮蔽物よりも奥に提示されるため、Amodal completionが生じ、被験者は顔のパーツを統合して一つの顔として知覚しがちになる。2つの実験を行いこれらの2条件を比較したところ、Behind条件はFront条件よりも速く顔の性別判断が可能であり、また残効実験ではBehind条件のみで陰性残効が生じた。これらの結果は、顔の性別判断は顔の全体処理が重要な役割を担うという仮説を支持する。

Keywords: Face gender perception, Amodal completion, Stereoscopic depth manipulation, Holistic processing

## 問題・目的

ヒトは他者の顔を認識し、性別を判断することができる。この顔の性別判断において、顔の全体処理が重要なのか、それとも顔の部分処理が重要なのかはまだよくわかっていない (Dupuis-Roy et al., 2009; Zhao & Hayward, 2010)。

この問いを検討した先行研究の問題点は、顔の一部を穴などで隠した顔刺激を用いている点である。これでは知覚的充填が生じ、提示された顔刺激を一つの顔として知覚するため、この方法では全体処理の要因を排除することができない。この問題を解決するため、我々は非感性的完結化と奥行き操作を行った。この操作では、立体境により顔の一部を遮蔽物よりも手前と奥に提示することが可能である。顔の一部を遮蔽物よりも手前に提示すると、観察者は顔の一部を統合しづらくなり、ばらばらな顔の一部の集合として知覚する。一方、顔の一部を遮蔽物よりも奥に提示すると、非感性的完結化が生じ、観察者は顔の一部を統合して完全な一つの顔として知覚する。これらの操作により、上述で記した先行研究の問題点を解決する。

本研究では、Front条件（顔の一部が遮蔽物よりも前に提示される条件）とBehind条件（顔の一部が遮蔽物よりも奥に提示される条件）を設定した。そして、単純男女判断実験と残効実験を実施し、上記の問題点について検討した。

## 実験1: 単純男女判断実験

### 方法

**実験デザイン** 被験者内1要因2水準（Front条件 vs. Behind条件）であった。

**実験参加者** 6名が実験に参加した。

**刺激** 両眼分離視の状態を作り出すため、視覚刺激を画面中心から均等に左右に離れた場所に提示した。

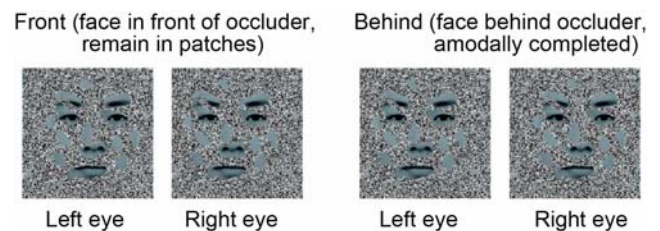


図1 刺激例。左：Front条件、右：Behind条件

これら左右の刺激は、立体鏡を用いることにより、融合するように作成した。融合により奥行きを操作した。

顔画像は、60名の男女それぞれの顔画像をモーフィングした男女の平均顔を用いた。Random dot patternの遮蔽物は正規直交平面で、不規則でランダムな穴が空いていた。これらの穴から顔画像の約43%が見えるように刺激を作成した（図1）。顔の主なパーツである、目、鼻、口、眉毛の一部はかならず穴から見えるように作成した。両眼視差は $\pm 0.267$ 度であった。

**実験手続き** 30試行を1ブロックとして、4ブロック120試行を実施した。男女の平均顔の提示は、ブロック内でランダムに提示された。Front条件とBehind条件は異なるブロックで実施された。ラテン方格法を用いて順序効果を排除した。各試行では、まず注視点が500 ms提示され、その後顔刺激が提示された。実験参加者は、顔画像が男性、または女性であるかを出来るだけ速く正確に判断した。

## 結果と考察

t検定の結果、Behind条件の反応時間( $473 \pm 9.6$  ms)は、Front条件の反応時間( $504 \pm 18.1$  ms)よりも有意に短かった( $t_5 = 3.429, p = 0.018$ )。この結果は、顔の全体処理は部分処理よりも速く顔の性別判断が可能であることを示し、顔の性別判断において、顔の全体処理は部分処理よりも重要な役割を果たすことを示唆する。

実験1では条件間で、顔刺激の奥行き知覚の位置 (Front条件は手前、Behind条件は奥)が異なっていた。そのため、標的刺激の奥行き知覚の位置が実験1の結果に影響を与えた可能性がある。この可能性を排除するため、実験2では残効実験を行った。残効実験では、2枚の刺激(順応刺激と標的)を連続して提示し、実験参加者は標的に対して反応する。残効実験では、順応刺激に対して奥行き操作を行うが、実験参加者が反応する標的に対しては奥行き操作を行わない。従って、標的への反応に対する奥行き操作の有無が与える影響を排除するため、実験2では残効実験を実施した。

## 実験2: 残効実験

### 方法

以下の点を除いて実験1と同様であった。  
**刺激** 標的刺激は、男女の平均顔をモーフィングして作成した。モーフィングの範囲は、100%男、67%男、33%男、中立顔、33%女、67%女、100%女の7段階であった。順応刺激は、遮蔽物と視差が混合した男女の平均顔を用いた (実験1と同じ刺激)。  
**実験手続き** 順応セッションと基準セッションを実施した。順応セッションは、40試行を1ブロックとし、6ブロック240試行を実施した。基準セッションでは、40試行を1ブロックとして、3ブロック120試行を実施した。100%男、100%女刺激は10試行提示され、その他の刺激は20試行ずつ提示された。順応セッションの各試行では、順応刺激(男順応刺激と女順応刺激)が5000 ms提示された後、標的刺激が250 ms提示された。基準セッションの各試行では、灰色の画像が5000 ms提示された後、標的刺激が250 ms提示された。刺激提示後、実験参加者は標的刺激の顔画像が男性、または女性であったかを3000 ms以内に判断した。  
 各被験者、各条件ごとに、モーフィングを施した顔画像を横軸に、標的画像を男性と判断した確率を縦軸にして、心理曲線 (S字曲線) を描いた。S字関数の数式は下記の通り。

$$F(\chi) = \text{Min} + (\text{Max} - \text{Min}) / [1 + e^{-a(\chi - b)}]$$

$\chi$  はモーフィングの範囲、 $a$  はS時間数の曲率、 $b$  は横移動幅を表す。 $a$  と  $b$  の値は、Nelder-Mead法を用いて実データに最も近似推定する値を探索して算出した。MinとMaxは各モーフィング画像が提示された際に実験参加者が男と判断した最小値と最大値であった。

### 結果と考察

結果を図2に示す。Front条件のS字曲線は、男順応刺激、女順応刺激共に基準セッションのそれとほぼ同じであった。しかしBehind条件において、女順応刺激を提示した際に標的刺激を「男」だと判断した確率は基準セッションのそれよりも高く、逆に男順応刺激を提示した際に標的刺激を「男」だと判断した確率は基準セッションのそれよりも低かった。男順応刺激条件と女順応刺激条件の主観的等価点の差異は、Behind条件で29.5±7.9%となっており、0との有意差が認められたが ( $t_5 = 3.74, p = 0.003, \text{one-group } t\text{-test}$ )、Front条件では認められなかった (-4.0±5.9%,  $t_5 =$

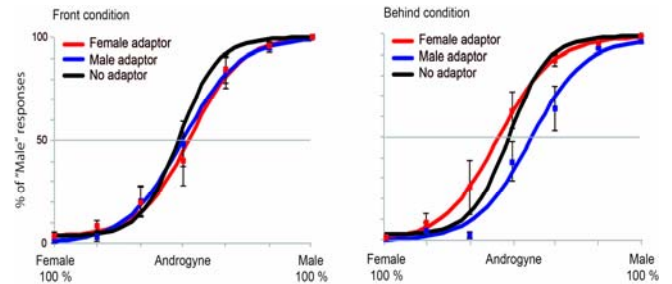


図2 実験2の結果。左: Front条件、右: Behind条件

0.677,  $p = 0.513, \text{one-group } t\text{-test}$ )。更に、男順応刺激と女順応刺激の差分をとり、その差分をFront条件とBehind条件で比較した所、有意な差が認められた ( $t_5 = 2.89, p = 0.03, \text{paired } t\text{-test}$ )。これらの結果は、Behind条件においてのみ順応刺激の知覚バイアスが生じていたことを示す。

実験2の結果、Front条件では陰性残効は生じなかったが、Behind条件では陰性残効は生じた。そのため実験2の結果は、標的への奥行き操作の位置の要因を排除し、且つ顔性別判断の顔全体処理仮説を支持した。

### 考察

実験1と2共に、顔の性別判断は顔の全体処理が重要であるという仮説を支持した。従って、ヒトは他者の性別を顔知覚で判断する際、顔の部分処理ではなく、全体処理が重要な役割を担うことがわかった。

実験1の結果の誤答率は、Front条件とBehind条件で有意な差が認められなかった (Front条件: 5.2±1.09%; Behind条件: 3.3±1.09%; pairwise  $t\text{-test}$ :  $t_5 = 1.66, p = 0.157$ )。この誤答率の結果は、顔の全体処理と部分処理が行われた時は同程度正確に顔の性別判断が行われていたことを示す。では、顔の一部分のみの符号化で顔の性別判断を可能にしている機序はどのようなものなのか?一つの可能性として、記憶からのアクセスによる顔の処理機序による影響が考えられる。顔の部分情報が符号化された時、その情報は記憶内の顔の全体処理表象へアクセスする (Rhodes et al., 1993)。そのため、顔の一部の情報しか符号化していない状態でもそれらの符号化情報が記憶へアクセスし、その後記憶からの反響により、顔の性別表象が生じ、顔の性別判断が可能であると考えられる。

本研究の結果より、ヒトは他者の顔の性別を判断する際、顔の全体処理によりその認知機能を可能にすることがわかった。

### 引用文献

- Dupuis-Roy, N., Fortin, I., Fiset, D., & Gosselin, F. (2009). Uncovering gender discrimination cues in a realistic setting. *Journal of Vision*, 9, 10.1-8.
- Rhodes, G., Brake, S., & Atkinson, A.P. (1993). What's lost in inverted faces? *Cognition*, 47, 25-57.
- Zhao, M. & Hayward, W.G. (2010) Holistic processing underlies gender judgments of faces. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72, 591-596.

# 色字共感覚と文字習得過程

浅野 倫子  
横澤 一彦

日本学術振興会  
慶應義塾大学 環境情報学部  
東京大学 大学院人文社会系研究科

文字に特定の色を感じる現象を色字共感覚という。様々な先行研究で、文字の音韻、形態、親密度、文字系列内での順序など、文字に関連付けられた様々な情報が、文字に感じる色（共感覚色）に影響しうることが明らかにされてきた。しかし、それら多数の要因が互いにどのような関係にあり、どうやって最終的に共感覚色が1色に絞られるのかは謎であった。この謎を解くために、本研究では、幼少期に文字を習得する過程を考慮に入れた新しい仮説を提案した。そして、日本人色字共感覚者を対象に、ひらがなと英大文字の共感覚色における様々な要因の影響度を調べる実験を行い、その仮説が妥当であることを示した。この仮説によれば、「日本語の色字共感覚では音韻の影響が強いのに、英語では弱い」というような言語間での違いも含め、文字と共感覚色の結びつきを包括的に説明することが可能である。

Keywords: 色字共感覚、色字対応付け、文字習得過程、文字種

## 問題・目的

共感覚とは、ある刺激が入力されたときに、一般的に喚起される感覚に加えて他の感覚も同時に喚起されるという現象である。中でも文字に特定の色（共感覚色）を感じる現象を色字共感覚という（例：「か」に黄色を感じる）。色字共感覚は、色字共感覚者と呼ばれる、人口の数%の人が有する感覚であると言われている[1]。文字と共感覚色の対応関係は、色字共感覚者個人の中では常時安定している（例：その色字共感覚者個人にとって「か」は常に黄色）。しかし一方で、個人間では異なり（例：色字共感覚者Aにとっては「か」は黄色だが、Bにとっては青色）、この意味で、色字共感覚は個人特異的だと言われる。

近年様々な研究により、文字と共感覚色の対応付け（色字対応付け）には個人特異性と同時に、個人差を越えた規定因も多数存在することが明らかになってきた。例えば文字の視覚的形態[2]、音韻[3,4]、文字順序（「あいうえお」などの文字系列内での位置による影響）[2]、文字頻度[5]、文字の意味や概念[4,6]、幼少期の記憶[7]などの規定因が挙げられる。しかし、このように色字対応付けに影響を与える要因が多数存在するなかで、要因同士が互いにどのように位置づけられ、どうやって最終的に共感覚色が1色に絞られるのかは未だ明らかではない。さらに、日本語文字の色字共感覚では音韻の影響が強く見られる[3,4]のに対し、英字の色字共感覚ではそうではない[8]というような言語（文字種）間差も存在し、問題を複雑にしている。色字共感覚のメカニズムの解明のためには、これら多数の規定因の存在やそれらの関係を考慮に入れた、色字対応付けについての包括的な説明が必要である。本研究では、幼少期に文字を習得する過程を考慮に入れた新しい仮説を提案する。

## 色字対応付けの文字習得過程仮説

この仮説では、色字共感覚者の脳内において、次のような過程が生じると考える：(1) 幼少期、文字を覚

える以前の段階で、言語音や数などの基本的な概念や単純な図形特徴などの情報と、色の情報が結びつく。(2) その結びつきが初期に学習する文字の共感覚色に反映される。(1)に関しては、現在のところ直接的な証拠は存在しないが、先行研究において、文字習得以前に数の概念や言語音と色の間に結びつきが存在する可能性や[4,6]、生後2~3カ月児が単純な図形特徴と色を組み合わせて処理している可能性が指摘されている[9]。(2)の段階では、文字の学習時に、(1)ですでにその文字に関連した特徴情報に対応付けられていた色（の1つ）が、その文字の共感覚色になると考える。例えば「あ」という文字には、/a/という音韻情報、「1番目の文字である」という順序情報、水平線や上向きの曲線など複数の基本図形特徴の情報が関連付けられている。これらの特徴情報には、文字習得以前にすでにそれぞれ色が結びつけられており、そのいずれかの色が「あ」の共感覚色になるということである（[10]のFigure 1の概念図参照）。このとき、文字との対応関係がシンプルな特徴情報ほど、共感覚色に影響しやすいと考える。ひらがなの場合は、文字（例：「あ」）は、音韻情報（/a/）や順序情報（1番目）とそれぞれ1対1対応の関係にあるが、形態情報（水平線、上向きの曲線、線の交差…）とは1対多対応の関係にある。そのため、ひらがな文字の共感覚の色字対応には、形態情報よりも音韻情報や順序情報がより強く影響すると予測される。

しかし、違う文字種について考えた場合は、異なった予測が得られる。例えば英字アルファベットの場合は、ひらがな同様、文字（例：「C」）は順序情報（3番目）と1対1対応の関係にあり、形態情報（上向きの曲線、下向きの曲線…）とは1対多対応の関係にある。しかし音韻情報に関しては、英字の場合は1対多対応の関係にある（例えば「C」は、/si:/、/s/、/k/など複数の音素と対応付けられる）。そのため、ひらがなとは異なり、英字の共感覚の色字対応には音韻情報は影響しにくいと予測される。

この文字習得過程仮説の妥当性を確かめるため、以下ではこれらの予測について実験的に検討した。具体

的には、日本人色字共感覚者を対象に、重回帰分析を用いて、ひらがなと英大文字の共感覚色に対する様々な要因（ここでは音韻、順序、形態、文字親密度の4要因）の相対的な影響度を調べた。

## 実験

### 方法

日本語を母語とし、ひらがなと英字に色を感じる色字共感覚者17名が研究に協力した。彼らはひらがな清音46文字と英大文字26文字それぞれについて、彼らの共感覚色に最も近い色を、パソコン画面上に表示された138色のパレットの中から選んで回答した。

回答された共感覚色に対する各要因の影響度を、Watsonら(2012)[2]の二次的類似性マッピング(second-order similarity mappings)の考え方を用いて分析した。これは、2文字間での共感覚色の差異(類似度)と、それぞれの文字に関連付けられたある特徴次元の特徴情報の差異(例:文字系列内での順序の近さ)の間に関連があるかを調べるものであり、「特徴の差異が少ないほど共感覚色の差異が少ない」という関係が得られたならば、その特徴次元は共感覚色の決定において強い影響を持っていると判断できる。ひらがな、英字それぞれについて、2文字のペアを全通り組み、それぞれの共感覚色のCIE L\*a\*b\*色空間上でのユークリッド距離を算出した。また、各ペアについて、音韻類似度(文字名に含まれる子音および母音の共有数)、順序差(「あいうえお」および「ABC」系列内での2文字の順序について、差をそれらの和で割ったもの)、形態類似度(ひらがなは[11]、英大文字は[12]を使用)、文字親密度差([13]を使用)を調べた。重回帰分析を用いて、これら4要因(説明変数)の、共感覚色の距離(被説明変数)への影響の大きさを分析した。

### 結果と考察

ひらがなの共感覚色についての重回帰分析の結果、統計的に有意な重回帰式が得られた(決定係数 $R^2 = .79, p < .01$ )。標準偏回帰係数 $\beta$ は順序差( $\beta = .394, p < .01$ )、音韻類似度( $\beta = -.333, p < .01$ )、形態的類似性( $\beta = -.225, p < .01$ )、文字親密度差( $\beta = .213, p < .01$ )のすべてにおいて統計的に有意であった。順序差と音韻類似度の $\beta$ が特に大きかったことから、ひらがなの共感覚色においては、形態情報よりも、音韻情報や順序情報のほうが良く共感覚色を予測可能である(より強く影響する)と言える。

英大文字の共感覚色についての重回帰分析の結果、統計的に有意な重回帰式が得られ(決定係数 $R^2 = .27, p < .01$ )、順序差の $\beta$ のみが統計的に有意であった( $\beta = .393, p < .01$ )。この結果から、英大文字においては、順序差のみが共感覚色の有意な説明変数であり、音韻情報が共感覚色に与える影響は小さいと言える。

以上の結果は、ひらがなの共感覚色においては音韻情報の影響が強く見られるが、英大文字の場合はそうではないという、本研究の仮説からの予測を支持する

ものである。また、文字の音韻情報の影響が日本語色字共感覚では強いことや[3,4]、英語の色字共感覚では弱いことを指摘した[8]先行研究と整合的である。

## 結論

本研究では、色字対応付けにおける文字習得過程仮説を提唱し、文字の習得過程を考慮することで、文字と共感覚色の結びつき方を、文字種間差も含めて包括的に説明できることを明らかにした。この仮説では、文字との対応関係がシンプルな(1対1対応の)特徴情報ほど、共感覚色に強く影響すると主張している。そのような特徴情報は、見方を変えれば、その文字を他から弁別する際の弁別特徴として有効な情報である。共感覚色は、その文字の弁別特徴の“ハイライト”のような存在なのかもしれない。

## 附記

本稿の内容を含む研究は、著者らによる以下の論文(引用文献[10])で発表されている: Asano, M. & Yokosawa, K. (2013). Grapheme learning and grapheme-color synesthesia: Toward a comprehensive model of grapheme-color association. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7:757.

## 引用文献

- [1] Ward, J. (2013). *Annu. Rev. Psychol.*, 64, 49-75.
- [2] Watson, M. R., Akins, K. A., & Enns, J. T. (2012). *Psychon. Bull. Rev.*, 19, 211-217.
- [3] Asano, M., & Yokosawa, K. (2011). *Conscious. Cogn.*, 20, 1816-1823.
- [4] Asano, M., & Yokosawa, K. (2012). *Conscious. Cogn.*, 21, 983-993.
- [5] Beeli, G., Esslen, M., & Jäncke, L. (2007). *Psychol. Sci.*, 18, 788-792.
- [6] Rich, A. N., Bradshaw, J. L., & Mattingley, J. B. (2005). *Cognition*, 98, 53-84.
- [7] Witthoft, N., & Winawer, J. (2013). *Psychol. Sci.*, 24, 258-265.
- [8] Simner, J. (2007). *Trends Cogn. Sci.*, 11, 23-29.
- [9] Wagner, K., & Dobkins, K. R. (2011). *Psychol. Sci.*, 22, 1067-1072.
- [10] Asano, M. & Yokosawa, K. (2013). *Front. Hum. Neurosci.*, 7:757.
- [11] 川上正浩・辻弘美 (2012). *読書科学*, 54, 80-88.
- [12] Boles, D. B., & Clifford, J. E. (1989). *Behav. Res. Methods, Instrum. Comput.*, 21, 579-586.
- [13] 天野成昭・近藤公久 (1999). 日本語の語彙特性, Vol. 1 (CD-ROM版). 三省堂.

# 文字列に対する初期の音韻変換処理は刺激への注意を必要とする

奥村 安寿子

北海道大学大学院教育学院・日本学術振興会特別研究員

河西 哲子

北海道大学大学院教育学研究院

室橋 春光

北海道大学大学院教育学研究院

文字列の入力に応じて生じる自動的な音韻変換処理は、文字列に特異的な事象関連電位 (event-related potential, ERP) 成分 N170 の左半球優位性に反映される。しかし平仮名を用いて、文字列自体を課題非関連とした研究では N170 の左半球優位性が生じなかった (Okumura et al., in press)。このことは、文字と音節の対応が非常に透明であり、音韻変換の自動性が高いと考えられる平仮名文字列の音韻変換処理が、文字列への注意を必要とすることを示唆する。本研究はこれを検証するために、先行研究と同様の刺激系列において文字列および記号列の色変化検出を課題とした。結果として、単語と非語は記号列に比べて、刺激提示後 130-170 ms に左半球の後頭側頭部でより優勢な ERP を惹起した。本結果と先行知見の対比から透明性の高い表記においても、初期の音韻変換処理は必ずしも自動的ではないことが示唆される。本知見は、音韻処理に障害を示す発達性読み書き障害の理解に貢献すると考えられる。

キーワード：文字列処理、音韻変換、視覚的注意、事象関連電位、左半球優位性

## 問題・目的

特定のカテゴリーの刺激に対する視覚的経験の蓄積は、処理効率の大幅な向上と特異的な神経応答の出現をもたらす。その一例が読みの学習と経験に伴う文字列処理の熟達化であり、それは文字列特異的に増強する。左後頭側頭部に優勢な初期ERP成分N170に反映される (e.g., Bentin et al., 1999)。N170の左半球優位性は、非言語課題遂行時にも観察されるため、文字列の自動的な音韻変換処理を反映すると考えられているが、その自動性は文字-言語音対応の透明性 (規則性) に依存することが示唆されている (Maurer & McCandliss, 2007)。

日本語の平仮名は文字と音節の対応が非常に透明であり、音韻変換の自動性が高いと想定される。しかし、不随意的に起こる言語処理の関与が最小限になるよう平仮名文字列を高速提示し、さらに文字列自体を課題非関連に設定した研究ではN170に類似するが、両側性の分布を示す文字列特異的なERPが観察された (Okumura et al., in press)。この両側性の活動は、平仮名文字列に対する自動的な知覚的カテゴリー化処理を反映すると考えられる。一方、左側性化の欠如は、初期の音韻変換処理が文字列自体への注意を必要とすることを示唆すると考えられる。つまり、透明性の高い表記においても音韻処理の生起は必ずしも自動的でないかもしれない。

ただし、Okumura et al. (in press) は両側性の活動のみを観察したため、用いた刺激が左半球優位なN170を生じさせ得るかどうかは確かでなかった。そこで本研究では、同様の刺激系列において文字列が課題対象となるよう設定した。文字列に対する注意が初期の音韻変換処理の生起に必要なならば、課題関連な平仮名文字列は左半球優位なN170を惹起するはずである。

## 方法

日本語母語話者22名 (男性11名,  $M = 22.5$ 歳, 20-26歳) が参加した。刺激は、4文字の平仮名单語 (平均親密度評定値 = 6.15 [最大値7],  $SD = 0.19$ , 天野・近藤, 1999)、非語、および記号列であり、黒字 (非標的, 各100刺激) または青字 (標的, 各7刺激) で灰色の画面中央に提示された。刺激の $1.21^\circ$ 下に十字の注視点 ( $0.41^\circ \times 0.41^\circ$ ) が常に提示されており、1文字の大きさは $0.9^\circ \times 0.9^\circ$ 、視距離は70 cmであった。文字間隔の操作として、文字/記号間にスペースがないdense条件 (横幅 $4.1^\circ$ ) と全角スペースを1個入れたsparse条件 (横幅 $7.9^\circ$ ) を設定した。刺激提示時間は100 ms、刺激間隔は300-600 ms (50 ms間隔の7段階) とした。

参加者は、注視点に視線を固定し、青字の刺激に対してなるべく速く正確にボタンを押すよう求められた。dense条件とsparse条件はブロック別とし (各3ブロック)、順序は参加者間でカウンターバランスした。1ブロックにつき非標的300刺激、標的21刺激がランダム順で提示され、各タイプの刺激は同数ずつであった。

脳波は鼻尖を基準として、拡張国際10-20法に従う頭皮上28箇所からバンドパスフィルタ0.1-30 Hzで導出し、サンプリング周波数500 HzでA/D変換した。加算平均は、非標的の刺激について提示前200 msから提示後800 msを区間として文字間隔および刺激別に行い、基線は刺激提示前200 ms間の平均振幅とした。その際、加算回数が不足した2名を分析から除外した。

## 結果

単語、非語に対して記号列より陰性のERPが、後頭側頭部 (P7, P8) で最も明瞭に観察され (Figure 1A)、この効果は刺激提示後約150 msで最初の頂点に達した

(Figure 1B). そこで, P7およびP8における130-170 ms区間の平均振幅を算出し (Figure 1C), 文字間隔 (dense, sparse) × 半球 (左, 右) × 刺激 (単語, 非語, 記号列) の3要因分散分析を行った. その結果, 刺激の主効果が有意であり ( $F(2, 38) = 31.30, p < .001$ ), 多重比較 (Tukey法) では, 文字列と記号列の間に有意差があった (単語-記号列:  $p < .001$ , 非語-記号列:  $p < .001$ ).

また, 3要因交互作用が有意であった ( $F(2, 38) = 3.53, p < .04$ ). 文字間隔ごとの下位検定では, dense条件でのみ半球 × 刺激の交互作用が有意であり ( $F(2, 38) = 5.79, p < .02$ ), 文字列では左半球でより陰性であることが示されたが (単語:  $F(1, 19) = 8.41, p < .01$ , 非語:  $F(1, 19) = 10.45, p < .005$ ), 記号列では半球差が示されなかった ( $F(1, 19) = 0.91, p > .7$ ).

## 考察

課題対象の平仮名文字列は記号列より陰性のERPを両側の後頭側頭部で惹起し, その差は刺激提示後約150 msで最大となった. この効果はdense条件において左半球で優勢であったことから, 高速提示された平仮名文字列に対して左半球優位なN170が惹起されたと考えられる. 平仮名文字列が課題非関連であるときにはN170の左半球優位性が生じなかったこととの対比から (Okumura et al., in press), 本研究はその生起に刺激の課題関連性が関わることを確認した.

文字列を一つの物体とみなすと, 課題要求に応じてその特徴に注意することは, それに属する他の全ての特徴の処理を促進させ得る (Duncan, 1984). 本研究では文字列の色を判断させたが, それが他の属性としての音韻情報を活性化させ, N170の左側性化に反映されたと考えられる. また, N170の左半球優位性がdense条件においてのみ生じたことには, 文字列の知覚的統合性が関わる可能性がある. dense条件では, 文字間の空間的近接性によって文字列が処理単位となり, 構成文字の表象が並列・同時的に活性化し得る.

そのため, 正書法表象の活性化が高いレベルに達し, それに連鎖して音韻処理が生起したと考えられる.

## 結論

一般にN170は, 文字列の入力により自動的に生じる前語彙的処理を反映すると考えられている. しかし, N170の左側性化に反映される初期の音韻処理は, 透明性の高い平仮名表記においても, 必ずしも自動的ではないことが示唆された. 発達性読み書き障害においては, 視覚的注意の障害により正書法処理が阻害され, その結果として音韻処理が障害されることが示唆されているが, 本知見はそのようなメカニズムの理解に貢献し得る.

## 引用文献

- 天野成昭, 近藤公久 (1999). 日本語の語彙特性. 三省堂, 東京.
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Echallier, J. F., & Pernier, J. (1999). ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: Time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 235-260.
- Duncan, J. (1984) Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501-517.
- Maurer, U., & McCandliss, B. (2007). The development of visual expertise for words: The contribution of electrophysiology. In: E. Grigorenko, & A. Naples (Eds.), *Single-word reading: Biological and behavioral perspectives* (pp. 43-64). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Okumura, Y., Kasai, T., & Murohashi, H. (in press). Early print-tuned ERP response with minimal involvement of linguistic processing in Japanese Hiragana strings. *NeuroReport*.

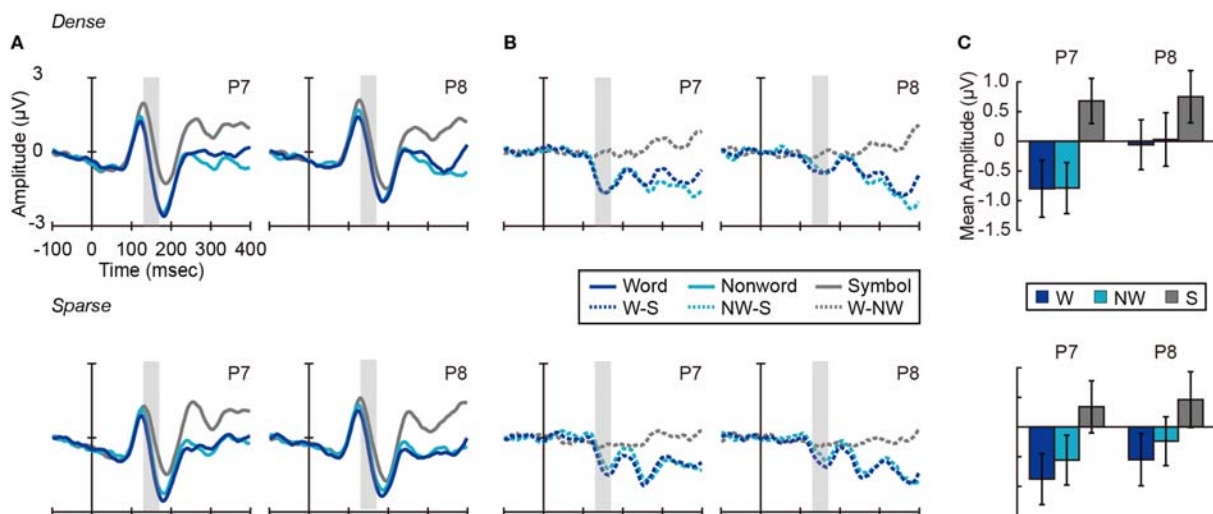


Figure 1. (A) Grand-average ERPs at occipito-temporal sites (P7, P8) for nontarget stimuli. ERPs for each stimulus overlapped. Shaded regions indicate an interval of the mean amplitude. (B) Difference waves for stimulus effects. W-S: word minus symbol. NW-S: nonword minus symbol. W-NW: word minus nonword. (C) The mean amplitudes of original waves during the 130-170 ms interval after stimulus presentation. Error bars indicate standard errors of the mean. W: word. NW: nonword. S: symbol.



# 刺激の時間周波数が時間知覚に及ぼす影響の半球優位性及びモダリティ依存性の検討

井上 和哉  
佐藤 暢哉

関西学院大学文学部・日本学術振興会特別研究員 PD  
関西学院大学文学部

時間知覚のペースメーカーの働きが脳半球間で異なるかどうか、ペースメーカーが視覚と触覚で共有されているかどうかを明らかにするため、フリッカー刺激及び振動刺激の時間周波数が時間知覚に及ぼす影響の半球差を検討した。学習段階では4秒の刺激(視覚実験では4Hzまたは10Hzのフリッカー、触覚実験では8Hzの振動)が提示され、参加者は刺激の提示時間を記憶した。テスト段階では3秒~5秒の刺激(視覚実験では2, 4, 10Hzまたは4, 10, 20Hzのフリッカー、触覚実験では4, 8, 16Hzの振動)が提示され、参加者は学習段階の刺激とテスト段階の刺激のどちらが長いかを判断した。テスト段階の刺激を長いと答えた割合に対して累積正規分布曲線を当てはめ、主観的等価点を算出したところ、時間周波数の増加による主観的時間の拡大が認められた。また、その効果は刺激が右視野または右手に提示された時に大きかった。これらの結果は、時間知覚のペースメーカーには半球機能差が存在し、その働きはモダリティにかかわらず共通であることを示唆する。

Keywords: time perception, hemispheric difference, vision, tactile perception

## 問題・目的

時間知覚に影響を与える要因の一つに刺激の時間周波数情報がある。例えば、点滅する刺激(フリッカー刺激)は静止刺激よりも長く知覚される。類似した現象は聴覚刺激や触覚刺激を用いた研究でも報告されており、音の提示回数が少ない場合よりも多い場合に時間が長く知覚され、振動周波数が高いほど、知覚される時間は長くなる(Khoshnoodi, Motiei-Langroudi, Omrani, Diamond, & Abbassian, 2008)。刺激の時間周波数が高い、つまり刺激のイベント数が多いほど時間が長く知覚されるこのような現象は、刺激の時間周波数情報が内的なペースメーカーのリズムを乱すためであると考えられている。

視覚や聴覚の研究では時間知覚の特性に半球差が存在することが報告されているが(例えば, Funnell, Corballis, & Gazzaniga, 2003), 時間知覚のペースメーカーの機能に半球機能差が存在するかどうかは明らかにされていない。そこで本研究では、視覚刺激のフリッカー周波数及び振動刺激の振動周波数が時間知覚に与える影響の半球差を検討することで、視覚及び触覚のペースメーカーの機能に半球機能差が存在するかどうか、またペースメーカーがモダリティ間で共有されているかどうかを検討することを目的とした。

## 方法

**実験参加者** 実験1には12名、実験2には10名、実験3には18名が参加した。

**刺激と装置** 視覚刺激はCRTディスプレイに提示された。振動刺激は、サウンドカード経由でボイスコイルモーターに出力することで提示された。振動音が聞こえるのを防ぐために、実験3の参加者は実験実施中に耳栓を着用した。

**手続き** 学習段階では始めに注視点が提示され、続いてフリッカー刺激が提示された(図1)。フリッカー刺激は4Hzで白黒に点滅した。学習段階では7試行が行われ、フリッカー刺激の提示時間はすべて同じであった。実験参加者はできるだけ正確に時間を覚えることが求められた。

学習段階の終了後にテスト段階が行われた。テスト段階では学習段階と同様にフリッカー刺激が提示された。学習段階と異なり、フリッカーの提示時間は3.0秒~5.0秒の間で0.5秒刻みで操作された。参加者はテスト段階のフリッカー刺激の提示時間と学習段階で記憶したフリッカーの提示時間のどちらが長いかをキー押しで報告することが求められた。実験1では20ブロックが行われ、半数のブロックではフリッカー刺激が注視点の左に提示され、残りの半数のブロックではフリッカー刺激は右に提示された。実験2では、学習段階の刺激として10Hzのフリッカー刺激が用いられ、テスト段階の刺激として4, 10, 20Hzのフリッカー刺激が用いられた。それ以外の点は実験1と同じであった。

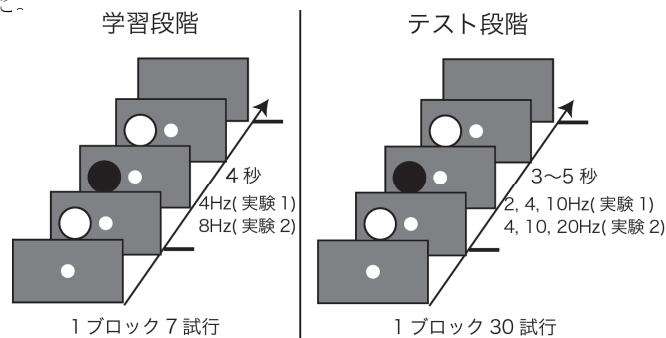


図1 実験1及び2の手続き

実験3の基本的な手続きは実験1及び2と同じであった。ただし、実験3では視覚刺激ではなく、振動刺激が右手または左手の人差し指に提示された。学習段階では、8Hzの振動刺激が提示され、テスト段階では4, 8, 16Hzのいずれかの振動刺激が提示された。学習段階及びテスト段階の刺激の提示時間及び試行数は実験1及び2と同じであった。半分のブロックで刺激は左手に提示され、残りの半分のブロックで刺激は右手に提示された。

## 結果と考察

学習段階の刺激よりもテスト段階の刺激を長いと答えた割合に対して累積正規分布関数を当てはめ、選択率が0.5になる点を主観的等価点として算出した(図2)。実験1及び実験2の主観的等価点に対して、視覚刺激の提示視野及び刺激の時間周波数を要因とした2要因の分散分析を行ったところ、いずれの実験においても時間周波数の主効果が有意であり、時間周波数が高くなるほど、主観的等価点が短くなる結果が見られた(それぞれ  $F(2, 22) = 16.71, p < .01$ ;  $F(2, 16) = 19.44, p < .01$ )。この結果は、先行研究と同様に時間周波数が高い条件で主観的時間が拡大したことを示す。実験2では刺激の提示視野及び交互作用は有意でなかったのに対し、実験1では提示視野の主効果( $F(1, 11) = 10.20, p < .01$ )及び交互作用( $F(2, 22) = 3.58, p < .05$ )が有意であった。単純主効果の検定を行ったところ、フリッカーの周波数が2Hzの条件において右視野に提示された場合に主観的等価点が長かった。この結果は、刺激の時間周波数に対する感度が視野によって異なること、つまり時間周波数に対する感度が脳半球間で異なることを示唆する。

実験3の主観的等価点に対して振動刺激を提示する手及び振動刺激の時間周波数を要因とした2要因の分散分析を行ったところ、振動刺激の時間周波数の主効果が有意であり( $F(1, 17) = 9.88, p < .01$ )、振動周波数が高いほど主観的等価点が短くなる結果が得られた。この結果は、時間周波数が高い条件において主観的時間が拡大したことを示しており、本研究の実験1及び2と一致する。刺激が提示される手と振動刺激の時間周波数との交互作用が有意であったため( $F(2, 34) = 4.68, p < .01$ )、単純主効果の検定を行ったところ、16Hz条件で右手に提示された場合の主観的等価点が左手に提示された場合よりも短かった。この結果も、視覚刺

激を提示した実験1及び2と同様に、刺激の時間周波数に対する感度が右手と左手で異なること、つまり脳半球間で異なることを示唆する。視覚刺激を用いた場合も触覚刺激を用いた場合も、刺激の情報が左半球に伝達される場合のほうが時間周波数の効果は大きいいため、時間知覚の周波数依存性にはモダリティ共通のペースメーカーが関与していることが考えられる。

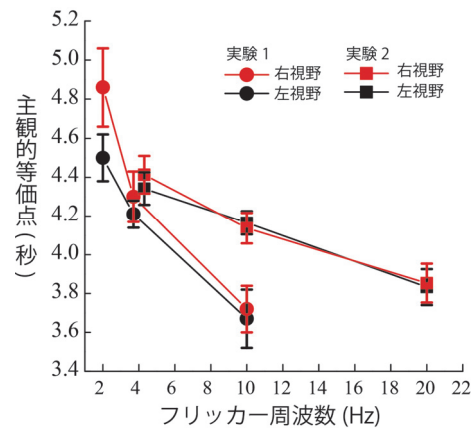


図2 実験1及び実験2の主観的等価点

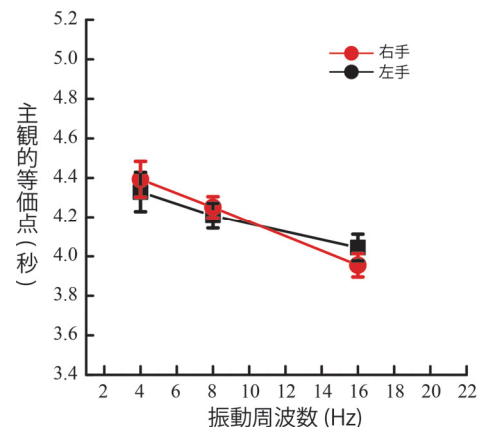


図3 実験3の主観的等価点

## 引用文献

- Funnell, M. G., Corballis, P. M., & Gazzaniga, M. S. (2003). Temporal discrimination in the split brain. *Brain and Cognition*, 53, 218-222.
- Khoshnoodi, M. A., Motiei-Langroudi, R., Omrani, M., Diamond, M. E., & Abbassian, A. H. (2008). Effect of tactile stimulus frequency on time perception: the role of working memory. *Experimental Brain Research*, 185, 623-633.

# 感覚間協応の異方性と因果関係の検討

熊倉 恵梨香

東京大学大学院人文社会系研究科

浅野 倫子

日本学術振興会

横澤 一彦

慶應義塾大学環境情報学部

東京大学大学院人文社会系研究科

異なる感覚・概念に属する特徴同士（たとえば、明るい色と高い音）が非恣意的に結びつくことを感覚間協応という。感覚間協応は様々な特徴同士の組合せで生起することが知られており、Spence (2011) はそれらを定性的にいくつかのタイプに分類している。我々は、このように特徴を定性的に分類するのではなく、知覚に関する協応と概念に関する協応の間で、特徴間の協応の異方性（特徴1からは特徴2が励起されやすいが、その逆は励起されにくいという定量的傾向）の大小に違いがあることを示すことにより、これらの協応が質的に異なる可能性を指摘した（Kumakura, Asano & Yokosawa, 2013）。ここではその異方性の大小をもたらした原因についてさらに検討した。その結果、多くの場合、概念に関する協応では2つの特徴間に因果関係がよく経験されることが分かり、このような特徴間の関係構造が感覚間協応の異方性の大小を規定する要因となっている可能性が明らかになった。

Keywords: Cross-modal correspondences, Anisotropic correspondences, Causality.

## 問題・目的

明るい色が高い音と直感的に結びつくといったように、異なる感覚・概念に属する2特徴が非恣意的に結びつくことを感覚間協応という。Kumakura, Asano and Yokosawa (2013) は、この感覚間協応を知覚特徴に関する協応と概念特徴に関する協応に分類し、特徴の違いが協応に与える影響について検討した。実験としては、例えば「明るい色－高い音」や「鮮やかな色－夏」といったような、色特徴語とさまざまな知覚・概念特徴語の組み合わせを呈示し、2特徴が結びつくと感じるか否かという2択の判断を6000人以上の参加者に行ってもらった。その際、「色特徴から知覚／概念特徴」、「知覚／概念特徴から色特徴」の2通りの方向についてそれぞれ結びつくかどうかを判断してもらった。その結果、2特徴が結びつくと感じると回答する人数が、特徴を結びつける方向によって異なるという傾向（異方性）が見られた。具体的には、「知覚／概念特徴から色特徴」の方向に対して、結びつくと感じると回答する人数が多くなる傾向が見られた。そしてその傾向は、色特徴と概念特徴の組み合わせにおいてより顕著であった。これについてKumakura et al. (2013) では、外界のイベントにおける知覚特徴と概念特徴の一般的な処理プロセスの違いが影響していると考え、ここから示唆されることとして、感覚間協応にイベント内での特徴同士の関係が反映されているという可能性を示した。過去のイベントから学習された多感覚特徴の統合・分離の関係が感覚間協応の基盤になっているという知見もあり(Ernst, 2007; Spence, 2011)、Kumakura et al. (2013)の研究はこの知見と一致する。しかし、知覚特徴と概念特徴を厳密に区分することは難しい。また、イベント内で経験され、感覚間協応の異方性に反映される特徴同士の関係性というものが、

具体的にどのようなものであるかについては明らかにされていない。

そこで本研究ではさらに一歩踏み込み、協応の異方性が、外界のイベントにおける2特徴の因果関係についての経験を反映しているという可能性について検討した。特徴同士の因果関係の推論は、外界における特徴の統合・分離において重要なプロセスである(Shams & Beierholm, 2010)。外界においてある特徴が原因となって一方の特徴を引き起こすような因果の関係がよく経験される時、私たちの認知メカニズムにその因果構造が学習されれば、より効率的に2特徴を処理することができる。2特徴間に因果関係があるとき、原因となる特徴から結果となる特徴が引き起こされるが、その逆は起こらないことから、感覚間協応における異方性の大きさは、外界でその2特徴間に因果関係が生じる程度を表しているのかもしれない。もしそうならば、過去において因果関係が経験される度合いが大きい2特徴ほど、Kumakura et al. (2013)において見られた異方性も大きくなると予測される。本研究では、Kumakura et al. (2013) で用いられた特徴組の因果関係の強さを評定実験によって調べ、異方性との関係を見ることにより、この可能性について検討した

## 方法

### 参加者

20名（男性10名、女性10名）が参加した。年齢は21～34歳、平均年齢は23.65歳（SD=3.42）であった。

### 刺激

Kumakura et al. (2013) で用いた特徴語の組み合わせを用いた。色特徴語に対してその他の知覚特徴・概念特徴語（知覚特徴：色4語、音8語、触覚10語、味覚2

語、嗅覚4語、空間8語、運動6語／概念特徴：時間単位4語、数字2語、パーソナリティ10語)を組み合わせた。色特徴－知覚特徴語の組は計64組、色特徴－概念特徴語の組は計32組であった。特徴語には「明るい色」(色特徴語)、「冷たい」(触覚特徴語)、「べたべた」(触覚特徴語)、「夏」(時間単位特徴語)のように、名詞・形容詞・オノマトペ・形容詞と名詞の組み合わせなどさまざまな形態の単語を用いた。

## 方法

2特徴が同時に生じるような情景・イメージ・表現などを、参加者の過去の経験の中から想起してもらった。そして、想起したものについて、「(概念／知覚特徴語)だから、(色特徴語)」という因果関係を示す表現が当てはまるかどうかを考えてもらった。それを踏まえて参加者に、想起したものの中に因果的な表現が当てはまったものがどれだけあったかを、「全く当てはまらない(1)」から「とてもよく当てはまる(7)」までの7段階で評定してもらった(=因果評定値)。

## 結果

Figure.1は、横軸に本研究で調べた因果評定値を、縦軸にKumakura et al. (2013)で調べた異方性の大きさを取り、全特徴組(96組)をプロットしたものである。異方性の大きさは、Kumakura et al. (2013)において、「知覚／概念特徴から色特徴」に対して結びつくと回答した人数と「色特徴から知覚／概念特徴」に対して結びつくと回答した人数の差を指標としている。例えば「明るい色－夏」という特徴組では、「夏から明るい色」を結びつけた人が6319名中3408名、「明るい色から夏」を結びつけた人が6319名中2799名いたことから、異方性の大きさを609とした。また本研究にて、20名の参加者において過去の経験に対して「夏だから、明るい色」という表現が当てはまった度合い、すなわち因果評定値は平均で6.6であった。Figure.1における「明るい色－夏」の位置を丸で示した。まとめると、各特徴組の異方性の大きさは「知覚／概念特徴から色特徴」の結びつけがその逆の方向よりもどのくらい多く行われていたかを示し、因果評定値は「(概念／知覚特徴語)だから、(色特徴語)」という因果関係がどのくらい見出されやすかったかを示している。

こうして各組の異方性の大きさと因果評定値を求め、相関を取ったところ、高い正の相関( $r = .62$ )が見られた。このことは、2特徴の間に「(知覚／概念特徴語)だから、(色特徴語)」という因果的な経験が想起されやすかったものほど、Kumakura et al. (2013)において「知覚／概念特徴から色特徴」への異方的な結びつけが顕著であったということを示している。

## 考察

以上の結果から、過去の経験において、因果関係を見出すことの多かった特徴組ほど、協応における異方

性も大きいという関係が見られることが分かった。このことは、Kumakura et al. (2013)で示された感覚間協応の異方性が、外界のイベントにおいてよく経験される2特徴間の因果関係を反映しているという可能性を示唆する。

Spence (2011)は、本来なら異なる感覚モダリティに属する2特徴の間にどのように協応が生じるのかについて、生得的・経験的・言語的という3タイプのプロセスがあると主張している。このうち経験的なメカニズムとは、外界においてある2特徴がよく一緒に経験されるとき、その共起関係が私たちの認知メカニズムに学習されて2特徴が統合されやすくなり、協応となって現れるというプロセスを指す。本研究はこの経験的な協応形成のプロセスにおいて、2特徴間の関係構造という質的な性質も組み込んで学習が行われている可能性を示した点が新しい。

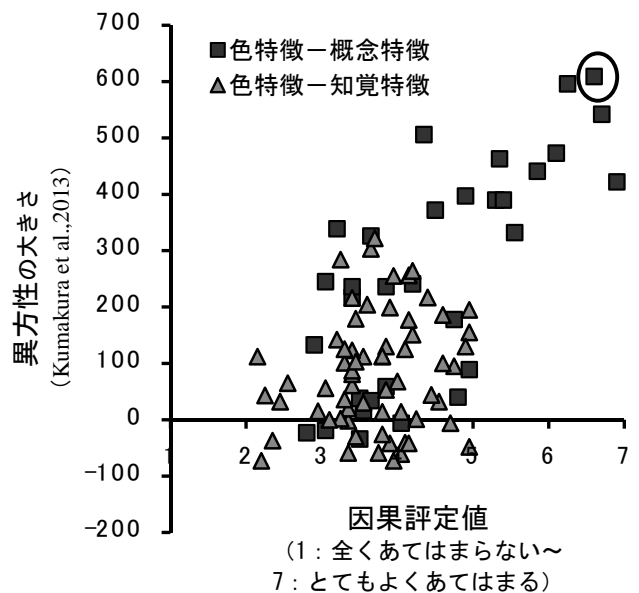


Figure 1. 全特徴組(96組)を、「(概念／知覚特徴)だから、(色特徴)」に対する因果評定値と異方性の大きさ(Kumakura et al., 2013)に基づいてプロットしたものを示す。丸は「明るい色－夏」の特徴組の位置を示す(本文参照)。

## 引用文献

- Kumakura, E., Asano, M., & Yokosawa, K. 2013 Anisotropy in cross-modal correspondences, OPAM 21st Annual Meeting (Toronto, Canada).
- Ernst, M. O. 2007 Learning to integrate arbitrary signals from vision and touch. *Journal of Vision*, 7(5), 7.1–14.
- Shams, L., & Beierholm, U. R. 2010 Causal inference in perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(9), 425–32.
- Spence, C. 2011 Crossmodal correspondences: a tutorial review. *Attention, Perception & Psychophysics*, 73, 971–995.

# ナビゲーションに環境内の起伏が与える影響

津田 裕之

京都大学大学院人間・環境学研究科

齋木 潤

京都大学大学院人間・環境学研究科

環境内の起伏は人間の空間認識と移動行動に影響を与える要因として重要であると考えられるが、この点を詳しく検討した研究は少ない。本研究では坂道や土地の高低差といった空間的特徴がナビゲーションの手がかりとしてどのように有効であるのかを、デスクトップ型仮想環境を用いた実験により検討した。被験者は架空の都市内を移動し、その地形と都市内に複数あるランドマークの位置を学習した。学習後、被験者にはナビゲーション課題と都市内の起伏に関する記憶課題が課された。実験の結果、方向感覚の高い被験者群において、坂道記憶の成績とナビゲーション成績の間に正の相関がみられた。土地高度の記憶成績とナビゲーション成績の間にはどの被験者群においても相関は見られなかった。このことから、起伏由来の特徴のうち、特に坂の情報がナビゲーションに比較的有効であること、ただしその有効性には方向感覚の個人差が関与すること、が示唆された。

Keywords: spatial abilities, navigation, spatial memory, environmental slant, sense of direction, individual differences

## 問題・目的

坂は場所を認識するための良い手がかりであり、実際、坂の多い町である東京には坂の字を冠する地名や駅名が無数に存在し、また500以上の名称を持つ坂が存在する(中村, 1994)。平地に比べて起伏のある環境では、道迷いが減り(Restat et al., 2004)、場所や方向の認識が正確になる(Chai et al., 2009; Nardi, 2012)ことが示されている。しかしながら、従来の研究は比較的小規模な空間を対象にして検討されており、これらが都市サイズの大規模空間においても一般化できる知見であるのか不明であった。また起伏の特にどのような特徴が有用であるのかも検討されて来なかった。

そこで本研究では、都市サイズの大規模空間を新奇に学習する際に、土地の起伏がどのように記憶され、ナビゲーションの手がかりとして利用されるのかを検討した。起伏がもたらす手がかりとして、1. 道路・坂道の勾配という局所的な特徴と2. 場所間の相対的な土地高度の差という大局的な特徴の2つがあると本研究では想定し、そのどちらがナビゲーションの手がかりとして有用であるのかを検討した。

## 方法

**実験参加者** 京都大学の学部生および院生28名(うち女性14名)で、平均年齢は20.0歳(s.d. = 2.7)であった。  
**刺激と装置** 630m×470mサイズの架空の都市を作成した(図1、上)。都市内にはコンビニや本屋など計8つのランドマークが存在し、16ある道路のうち12は坂道であった。道路の両側には壁と街路樹が設置され、遠方の見通しはきかないようにされた。CRTディスプレイに都市内の景観が自己視点で提示され(図1、下)、被験者はゲームコントローラを使い都市内を移動した。

**実験手続き** 実験は大きく学習フェーズと課題フェーズに分けられる。学習フェーズでは被験者は都市内のランドマークの位置や土地の起伏を学習した。課題フェーズではナビゲーション課題と都市内の起伏に関する2種類の記憶課題が課された。その後、方向感覚質問紙への回答が求められた。

**学習フェーズ** コントローラの操作方法を習得した後、被験者は都市内を規定のルートに沿って移動し、その間に都市内のランドマークの位置や土地の起伏を学習するよう教示された。移動ルートは異なる経路で都市内を4周するよう設定されていた。

**ナビゲーション課題** 場所から場所へどの程度迷わずに移動できるかを検討した。指示された目的地へ可能な限り早く到達することが求められ、到着するまでの所要時間が計測された。到着すると次の目的地名が提示され、計8か所のランドマークを順に移動した。



Figure 1. 1 試行の流れ

**土地高度記憶課題** 都市内の場所間の相対的な高さ関係をどの程度良く記憶しているかを検討した。2つのランドマーク名がペアで提示され、どちらがより高所であるかを、8つのランドマークから2つを選ぶ計28のペア全てについて回答が求められた。

**坂道記憶課題** 坂道の記憶量を検討した。都市内の風景が提示され、画像内の前方に見える曲がり道の先にある道が上り坂か下り坂か回答する課題を、都市内の全12ヶ所の坂道について行なった。

**方向感覚質問紙** 上記全ての課題終了後、被験者はサンタバーバラ方向感覚質問紙(Hegarty et al., 2002)への回答を行なった。

## 結果

ナビゲーション課題と2つの記憶課題の間の成績の相関を算出した。もしある特徴、たとえば土地高度がナビゲーションの手がかりとして有用であるならば、土地高度をよく記憶している場合ほどナビゲーション課題の成績は良くなると考えられる。すなわち、土地高度記憶課題とナビゲーション課題の成績には相関が見られるはずである。坂道記憶についても同様である。課題成績間の相関係数を計算した所、高度と坂道のいずれの記憶課題もナビゲーション課題成績と有意な相関は見られなかった( $r = .007$ , n.s.および $r = .27$ , n.s.)。

方向感覚の違いによって空間手がかりの利用能力に差があることが指摘されている(Kelly, et al., 2009)。そこで、方向感覚質問紙のスコアを元に被験者を2群に分割し、各群ごとに上記の相関を再計算した。その結果、方向感覚高群においては坂道記憶とナビゲーション課題に成績の相関が見られた( $r = .56$ ,  $p < .05$ )。方向感覚低群においてはナビゲーション課題と記憶課題との間に有意な成績の相関は見られなかった。また、方向感覚低群においては、高群とは異なり、2つの記憶課題間に成績の相関が見られた( $r = .69$ ,  $p < .01$ )。

方向感覚に加え、性別によっても空間認識のスタイルに差があることが示されている(Chai & Jacobs, 2009)。本実験における性差の影響を検討するため、性別(各群14名)ごとに成績の相関を同様に計算した。その結果、男女どちらの群についてもナビゲーション課題と記憶課題の間に有意な成績の相関は見られなかった。また、女性においては、男性とは異なり、2つの記憶課題間に成績の相関が見られた( $r = .57$ ,  $p < .01$ )。

課題間の相関ではなく課題自体の成績について方向感覚や性差の影響を検討した所、坂道記憶の成績は性別による差が見られ、男性の方が坂道をよく記憶していた。方向感覚の高群と低群とでナビゲーション課題および記憶課題の成績に差は見られなかった。

## 考察

本研究では、新奇な大規模空間を学習する際に坂道や土地の高度といった空間的特徴がナビゲーションの手がかりとして利用され得るのかを明らかにするため、ナビゲーション課題と記憶課題の成績の相関を見ることでこれを検討した。

実験の結果、方向感覚の高い群においてのみ、坂道記憶課題とナビゲーション課題との間に成績の相関が見られた。坂という手がかりが場所や経路の認識を容易にし、ルートの記憶が補強されることで移動時の道迷いが減少したという可能性が考えられる。他方で土地高度は本実験ではナビゲーション手がかりとしての有効性は示されなかった。ただし、坂と高度のどちらが有効であるかは地形に依存する可能性もあり、この点については今後の検討が必要である。

平地に比べて丘陵による斜面がある環境では特に男性の場合に場所の再認が容易になることが報告されている(Chai & Jacobs, 2009)。本研究においても坂の記憶は男性優位であった。しかしながら、坂の記憶とナビゲーション課題との相関は男女どちらの群でも有意な相関は無かった。男性は坂をよく記憶しているが、それを必ずしもナビゲーション時の手がかりとして活用できるわけではない。そのような能力は方向感覚の高さが主要な規定因であり、性差によるのではないことが今回の結果から示唆される。

## 結論

大規模空間における起伏は、方向感覚の高い被験者群においてはナビゲーションの手がかりとして有効であり、またその際に手がかりとして機能しているのは高度ではなく坂という特徴であることが示唆された。

## 引用文献

- 中村雅夫(1994). 東京の坂. 晶文社.
- Chai, X. J., Jacobs, L. F. (2009). Sex difference in directional cue use in a virtual landscape. *Behav. Neurosci.*, 123:276-283.
- Hegarty, M., et al. (2002). Development of a self-report measure of environmental spatial ability. *Intelligence*, 30, 425-447.
- Kelly, J. W., et al. (2009). Individual differences in using geometric and featural cues to maintain spatial orientation: cue quantity and cue ambiguity are more important than cue type. *PBR.*, 16, 176-181.
- Nardi D. (2012). Does terrain slope really dominate goal searching? *Cogn. Process.*, 13 (Suppl 1):S281-S284.
- Restat J. D., et al. (2004). Geographical slant facilitates navigation and orientation in virtual environments. *Perception*, 33, 667-687.

# TCP/IP を用いた PsychToolbox と外部機器の連携： SimpleGazeTracker を例として

十河 宏行

愛媛大学法文学部

TCP/IP を用いたネットワーク通信機能は現在の PC の標準機能と言っても過言ではない。PsychToolbox(以下 PTB)と TCP/IP 通信に対応した外部機器を連携させることによって、特殊なインターフェースを追加することなく刺激呈示や反応計測の手段を増やすことが出来る。本実験は、オープンソースの眼球運動計測ソフトウェア GazeParser の計測モジュールである SimpleGazeTracker を PTB から制御することを試みた。その結果、PTB 付属の pnet を用いて制御コマンドを送信した場合、遅延が数百 ms に達し実用的ではないことが明らかになった。専用の通信モジュールを作成することで遅延は約 3ms まで短縮された。TCP/IP 通信で PTB と外部機器を連携させる場合、許容可能な遅延時間に応じて適切な手段を選ぶ必要がある。

Keywords: PsychToolbox, TCP/IP communication, delay.

## 問題

心理学実験において脳波計や眼球運動測定装置といった装置を使って計測を行う際には、視聴覚刺激を制御するパーソナルコンピュータ(PC)とこれらの装置の間で制御信号や計測データを送受信する必要がある。この通信にはRS-232Cを用いたシリアル通信やUSBポート、LAN、デジタル入出力ボード、アナログ→デジタル変換ボードなど、さまざまなインターフェースが用いられてきた。こういったインターフェースのうち、LANポートは現在入手できるPCの多くに標準装備されており、利便性の面でもコスト面でも有利である。また、Eyelink シリーズ(SR Research Ltd.)やTobii シリーズ(Tobii Technology Ltd.)といった心理実験において実績があるアイトラッカーなどでもLANは広く用いられている。

LAN経由の制御に対応した計測機器に対しては、多くの場合メーカーからプログラム開発用ライブラリが提供されている。しかし、ライブラリがC言語やC++言語用のみしか用意されておらず、刺激呈示プログラム作成に使用している言語から直接利用できないことも少なくない。そのような場合に有効な対策を公開し、研究者間で共有することによって、研究の本質とは無関係な苦勞を低減することができる。

本稿では、筆者がオープンソースの眼球運動計測支援ライブラリGazeParser (Sogo, 2013)の計測用コンポーネントであるSimpleGazeTracker (以下SGT)をPsychToolbox (Brainard, 1997; Kleiner, Brainard & Pelli, 2007; 以下PTB)から利用するプログラムを作成した際に直面した、PTBにおけるTCP/IP通信の問題について報告する。PTBからTCP/IPを用いて計測機器と通信する際に問題になるのは、PTBの動作環境であるMatlabおよびOctaveで共通して利用できるTCP/IP通信機能が標準で用意されていない点である。しかし、PTBのPsych-HardwareディレクトリにはpnetというTCP/IP通信モジュールが含まれており、これを利用することでMatlab/Octaveの両方で動くプログラムを作成できる。今回はpnetを使用したプログラムと、C言語で作成した

MEXモジュールを使用したプログラムで通信速度の比較を行った。

## 実験1: pnetによる制御

### 方法

視覚刺激の呈示には、Ubuntu 12.04 LTS で動作する Octave 3.2.4とPTB 3.0.11を用いた。視覚刺激呈示PCから制御されるSGTのホストPCとして、Windows 7が動作するノートPC (DELL Latitude E6330)を用いた。SGTはversion 0.6.5を使用し、眼球運動を撮影するためのカメラユニットにはOptiTrack V100R2 (Natural-Point 社製)を用いた。ネットワークハブを介して、視覚刺激呈示PCとSGTホストPCのオンボードLANポート同士をLANケーブルで接続した。PTBからSGTを利用するために、pnetモジュールを用いてPTBからSGTへのコマンド送信およびSGTからPTBへの計測データ受信を行うプログラムを作成した。

正常な視力を有する、眼球運動の異常がない2名が実験に参加した。参加者は視覚刺激呈示PCに接続された23インチLCD(リフレッシュレート60Hz)から約57cmの位置に設置されたあご台に頭部を固定された状態で刺激を観察した。SGTのキャリブレーションを行った後、LCDのスクリーン中央に一辺0.26 degの黒い正方形(ターゲット)が呈示された。参加者がターゲットを固視してキーボードのスペースキーを押すと、ターゲットはスクリーン中心から右へ5.3 degの位置に移動し、続けてスクリーン中心を中心とする半径5.3 degの円周上を反時計回りに一回転移動した。ターゲットはフレーム毎に1度回転したため、一回転するまでに360フレームの描画を要した。実験参加者はターゲットの動きを追って視線を動かすように求められた。フレーム毎にPTBからSGTに現在の眼球位置データ取得コマンドが送信され、送信から受信までに要した時間が記録された。以上の手続きを1試行として、参加者毎に10試行が実施された。

## 結果および考察

眼球位置データ取得のための送受信に要した時間の分布をFigure 1に示す。平均値は231.8msであり、ディスプレイのリフレッシュレートから計算されるリフレッシュ周期16.7msを大きく上回った。この結果は、本実験の実験装置およびプログラムがフレーム毎に眼球位置を取得して刺激を操作する実験(gaze-contingentパラダイム)に対応出来ないことを意味している。

刺激呈示にPython上で動作するVisionEggを用いた場合にはSGTは数msで眼球位置データの送受信を処理できることから(Sogo, 2013), PTBもしくはpnetが数百msもの遅延の原因であることが疑われる。pnetのソースを確認した結果、pnetでは送信のための接続を確立する際にTCP\_NODELAYオプションを指定していないことがわかった。このオプションは少量のデータを送信するように指示された時に直ちに送信を行うか、データ量もしくは遅延時間が基準値を超えるまで送信を待つかを決定するもので、プログラム中で指定されなかった場合はOSの標準設定にしたがって送信が行われる。実験2ではこのオプションを指定することで問題が改善されるか否かを確認した。

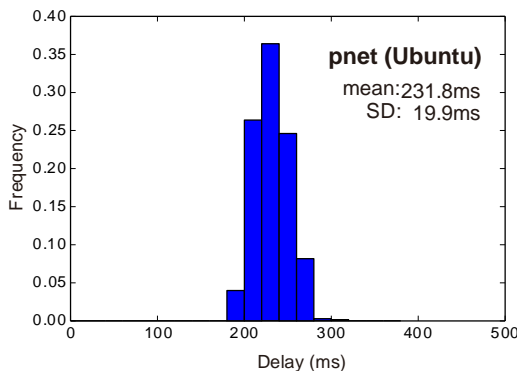


Figure 1. Distribution of delay of data acquisition (Experiment 1).

## 実験2: MEXモジュールによる制御

### 方法

実験1の視覚刺激呈示PCに加えて、Matlab R2009AとPTB 3.0.11が動作するWindows 7 PCを用いた。PTBとSGT間で通信をするために、pnetのソースを元に開発したMEXモジュールを使用した。オリジナルのpnetとの最も重要な相違点は、PTBからSGTへの接続を確立する際にTCP\_NODELAYオプションを指定した点である。このMEXモジュールのソースはSimpleGaze-Tracker Toolbox配布サイト(<http://sgttoolbox.sourceforge.net/>)からダウンロードすることが出来る。その他の装置や実験参加者、手続き等は実験1と同一である。

### 結果

眼球位置データ取得のための送受信に要した時間の分布をFigure 2に示す。実験1で用いたUbuntu 12.04とOctave 3.2.4の実行環境における平均値は3.6msまで短

縮された。Windows 7とMatlabを用いた実行環境では平均2.2msまで短縮化された。これらの結果はPythonを用いた送受信の遅延時間(Sogo, 2013)とほぼ一致している。遅延時間の分布はディスプレイのリフレッシュ周期16.7msを下回り、60Hzのディスプレイでのgaze-contingentパラダイム実験に対応できる速度が達成された。

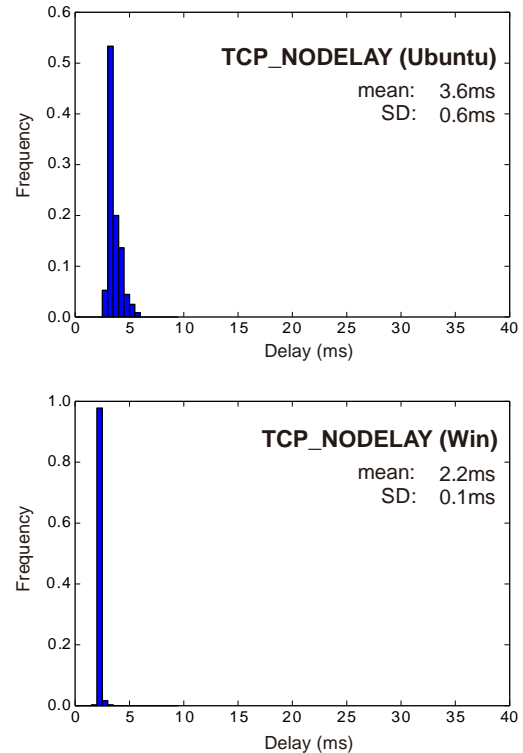


Figure 2. Distribution of delay of data acquisition (Experiment 2).

Top panel: Octave 3.2.4 on Ubuntu 12.04. Bottom panel: Matlab R2009a on Windows 7.

## 結論

PTBからTCP/IPを用いて外部機器と通信する際、送信の遅延に注意する必要がある。数百ms以上の遅延が問題とならない場合はpnetで対応可能である。pnetはOS非依存でMatlabからもOctaveからも利用できる点で優れている。しかし、送信遅延を許容できない実験の場合はTCP\_NODELAYオプションを指定して送信を行うMEXモジュールを用意する必要がある。

## 引用文献

- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spat Vis*, 10, 433-436.
- Kleiner, M., Brainard, D., & Pelli, D. (2007). What's new in Psychtoolbox-3? *Perception*, 36 ECVF Abstract Supplement, 14.
- Sogo, H. (2013). GazeParser: an open-source and multiplatform library for low-cost eye tracking and analysis. *Behav Res Methods*, 45, 684-695.



# 心理学の対象は heart を含むのか

芦高 勇気  
嶋田 博行

神戸大学大学院海事科学研究科  
神戸大学大学院海事科学研究科

この研究は、psychology の訳としての「心理学」から「心」を連想するために、日本の大部分の学生が「心理学」の対象が mind だけでなく、heart も対象として連想するという結果を示した。アカデミックな心理学はコントロールに関わる mind のみを扱う。例えば、初心者は「心理学」から「注意と認知」を連想しにくいかもしれない。我々は、日本の学生の非アカデミックな初心者の心理学の概念が、コントロールできない情緒を重視するという点で、他の国々の概念と違いを表すかどうか調べた。「心」が日本語の辞書的な定義で「heart」として代表的な概念を持っているためである。我々は、心理学の未受講者を対象として心理学の概念について調査を行った。日本での調査で、ほとんどの参加者が mind だけでなく、heart も心理学の対象として連想するという結果を示した。この問題は、日本の大学の初心者にとって心理学の導入教育の方法に問題を投げかける。

Keywords: Non-academic concept of psychology, Introductory education, Japan, Implicit theory.

## 問題・目的

本論文で扱う問題は、日本の大学における入門心理学の教育に関与している。日本の心理学の導入コースの学生が授業を受けるとき、もしも、彼らが心理学の概念として mind ではなく heart の概念を持ちつつ、心理学に出会うなら、初心者が心理学の核心を理解することが困難に感じる可能性がある。しかし、日本では、この問題は一般的に認められていない。というのは、「脳と心」(Brain & Mind) というようなタイトルが日本の書籍に多く見られるからである。初心者の学生は、めったに英語で心理学の知識を得ることはない。そして彼らは、主に日本語で翻訳された形のみ心理学の知識を得る。ゆえに、彼らは、彼ら自身が英語で書かれた心理学の本を読まない限り、めったにこの問題に気づくことはないであろう。

日本では、psychology は3つの漢字からなる「心理学」と翻訳されている。辞書的に「心」が英語の heart を指すことに異論はないであろう。さらに、アカデミックな心理学が mind を扱い、heart を扱わないことに異論はないであろう。さらに、mind が heart と対立概念であることに異論はないであろう。しかし、英和辞典および和英辞典では、辞書的に「心」は mind をも指している (e.g., 國廣・

小西, 1993)。総じて、「心」という用語は、heart, soul, spirit, mind のすべての概念を含み、それらのなかで、heart は「心」を代表している (図1)。日本での心理学の初学者は、「心理学」という名称の「心」という文字から推定し、心理学では扱わないコントロールできない感情を指す「心 (heart)」を心理学で最も多く扱うと考えるかもしれない。

## 調査

### 方法

**参加者** 心理学を専攻しておらず、さらに心理学の講義を受講したことない大学生599名であった。それぞれ質問Aは国立大学の学生195名、質問Bは私立大学の学生270名、質問Cは私立大学の学生134名であった。

### 質問紙

**質問A** (1) あなたは心理学から知性または感情のどちらを連想しますか? (2) あなたはテレビ番組または本から心理学についてなんらかの知識を得たことがありますか?

**質問B** heart は我々が制御できない心の感情的な部分であるのに対して、mind は認知処理や言語習得と関連する心の知的な部分を構成します。心理学というワードと主に連想するのは heart と mind のどちらか評定してください。

**質問C** この質問は、質問の最後を除いて質問Bと同一だった。変化は次のとおりだった。心理学は heart または mind のどちらかを扱うと考えますか? それとも、心理学は heart と mind の両方に関与していると考えますか? もしもあなたが前者に合意するならば、heart と mind のどちらに多く関係しますか?

質問BとCでは、質問に先立って heart と mind の明確な理解を促すために、英単語の背景的な説明を行った。

## 結果

我々は質問Aに対する2つの答えを検討した。これらの参加者のうち、学生の大部分 (82.1%) は、心理学として強く連想する項目は感情であると選択した、 $\chi^2(1) = 80.1, p < .001$ 。86名 (44.1%) は、テレビ番組または本から心理学について知識を得たと報告した。ひとつ目の質問の結

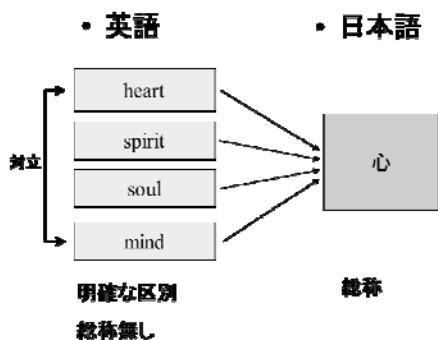


図1. 英語と日本語の「心」の対応関係

果は、心理学の知識を主にテレビ番組や本から得ていたことと無関係であった、 $\chi^2(1) = .29, p > .05$  (図2)。

我々は、質問紙Bの答えを検討した。我々は回答なし及び妥当でない30名の答えを除いた。残りの240名の参加者のデータを調べた。全般的に、144名の参加者はmindを選択し(60%)、96名の学生はheart(40%)を選択した。mindを選択した多くの学生はheartを選んだ学生に比べて多かったとはいえ、 $\chi^2(1) = 9.60, p < .01$ 、我々は60%の学生がmindを選んだという発見に焦点を当てる。そのことが示唆しているのは英語ワードのmindの背景の定義がmindとpsychologyとの強い連想の学生の知覚に影響していたということである。

もっと重要なことに、質問紙Cは、日本人の参加者特有の結果を表した。我々は回答なしと妥当でない14名の答えを除いた。我々は残り120名の学生の114名(95%)が、心理学がmindとheart両方に関係していると答えをしたこと示した、 $\chi^2(1) = 97.2, p < .001$ 。残りの6名のうち3名は心理学がheartに関係していると答え、3名はmindに関係していると答えた。

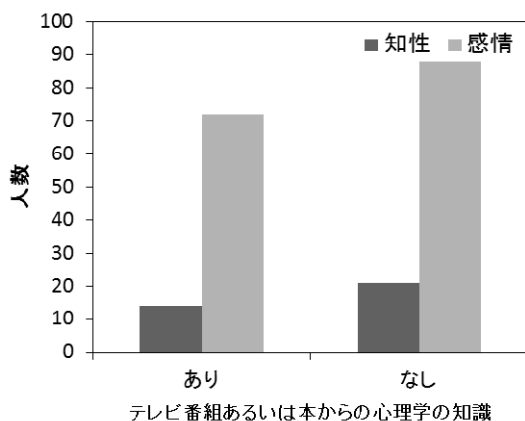


図2. テレビ番組あるいは本からの心理学の知識の有無ごとの非アカデミックな心理学の概念 (質問A)

## 考察

我々の研究は、心理学を学んでいない日本人学生の間に見られる心理学の非アカデミックな心理学の概念が、感情の項目に強く偏っていたことを表した。heartとmindは、対立する極だと概念的に理解することができる。この非アカデミックな概念の理解は認知的な働き、思考、記憶、言語を理解する学生の能力と干渉するかもしれない。

質問Aでは、ほとんどの日本の学生は、心理学と連想しているワードとして、知性ではなく感情を選んだ。質問Bでは、参加者に英語ワードのheartとmindを日本語で背景的な説明を提示し、心理学の定義に関係するものとして認知プロセスや言語習得を含めたにもかかわらず、学生の40%が心理学と連想しているものとして「heart」を選んだ。さらに決定的なことに、質問Cでは、学生の

大部分は、心理学が「heart」と「mind」を両方扱うと考えた。この問題は日本において顕在的にほとんど問題とされたことがない。我々が推測するのは、この問題の自覚の無さは心理学の言葉の定義によるかもしれないというものである。それは、漢字キャラクターの表意的な意味に基づいており、それは、日本の人々の大部分によってそれはおそらく大多数の人間によってほとんど全員一致で受容される。一般的に言って、心理学の理解は、学生にとって困難であると言われている。さらに、多くの学生は心理学の授業に参加したときにアカデミックな心理学に失望する傾向がある(多田, 1980)。というのは、彼らの心理学の概念が、彼らが初めて出会うアカデミックな学問と食い違っていることが多いからである。しかし、この問題は、今までにほとんど深く探求されたことがなかった。

学生にわかりやすく心理学を導入するために、タイトルに「こころ」を含む心理学の本が多くある。我々は、善意から多くの著者たちが、日本語の用語を使って、心理学を学生に勉強を促そうと努力しているにせよ、このアプローチは、実際には、学生の理解を妨害しているのかもしれない。

我々の別の調査では、日本人の導入心理学の学生が、他の国々の学生との比較において、心理学から感情をより強く連想した。日本人の学生の大部分(75%以上)が、5件リッカート尺度で強い同意を選んだ。このことは、感情が心理学と最も密接に連想すると認識されていることを示している。

日本の人々は、「心」が学校でいじめられた子どもたちに適用されるだけでなく、企業の経営を実行する経営者には適応できないことを自覚すべきである。その代わりに「マインド」は経営者に利用できる(例えば、経営マインド)。「心」は弱い状態の人々にとって親和性がある。我々が示唆するのは、「心」や「こころ」を使用するのではなく「マインド」を使用することである。というのは、カタカナスクリプトのマインドは日本人の人々になじみがあるからである。このアプローチは、学生だけでなく、心やこころとmindの違いを研究者が理解するのに役に立つ可能性がある。そしてこの違いの自覚を促すのに役立つかもしれない。

## 引用文献

Ashitaka, Y. & Shimada, H. (in press). The cultural background of the non-academic concept of psychology in Japan: Its implications for introductory education in psychology. *International Journal of Psychology*. doi:10.1002/ijop.12021 (open access)

國廣哲彌・小西友七(1993). ランダムハウス英和大辞典, 小学館.

多田敏行他(1980). 心理学講義, 学術図書出版社

## 注意と認知

# 一応用研究から考える基礎研究の重要性一

京都大学大学院 情報学研究科  
理化学研究所 脳科学総合研究センター  
理研 BSI-トヨタ連携センター

熊田 孝恒

本講演では、注意と認知の研究領域において、基礎研究と応用研究が有意義に関連し、実りある成果を得るために、両者の関係をどのように理解すべきかを、事例を交えて考える。まず、基礎研究と応用研究を巡る Broadbent の Industrial experiment の考え方を解説する。次いで、注意と認知の研究領域の中で、応用的な問題に端を発した研究で、その後、基礎研究に大きなインパクトを与えた研究の事例を紹介する。最後に、我々の研究室で近年、取り組んでいる事例をとりあげ、応用的な研究が基礎研究に有益な示唆をもたらす可能性について議論する。これらから、現場での問題を理解する上でも、基礎研究の成果が必要不可欠であることがわかる。さらに、基礎研究の新しいテーマの発見という意味でも、現場に着目した研究の有用性がわかるであろう。

Keywords: cognition, attention, basic research, applied research, driving behavior.

### 問題・目的

どのようなテーマを対象として研究を行うかは、心理学のみならず、あらゆる学問分野において、研究者にとって極めて重要な問題である。限られた時間と労力を投入するのであるから、それに見合う、より独創的で、かつ有意義なテーマを選ぶ必要があることは言うまでもない。

心理学の分野では、より基礎的なテーマを選ぶこともできるし、あるいは、現実的な問題に即した、いわば応用的なテーマを選ぶこともできる。心理学においては、研究者個人の中での基礎研究と応用研究に対するスタンスは比較的はっきりしている。一般に、基礎研究にしか興味がないという研究者は多いし、基礎研究を「重箱の隅」と擲擲する応用分野の研究者もおり、両者の関係は必ずしも円満ではない。

本稿では、注意と認知研究の分野における、基礎研究と応用研究の関係を、私が関わっている最近の研究も交えながら考えてみたい。ここ数年、私は立場上、基礎研究と応用研究がいかにwin-winの関係を築くことができるのかを、折に触れて考える機会があった。そんなあるとき、50年以上前に同様のことを考え、実践していた、著名な注意研究者がいたことを知った。まずは、その話から始めよう。

### BroadbentのIndustrial experiment

Broadbentは、注意のフィルター理論などで著名な研究者であるが、同時に、1958-1974の間の16年間、英国Medical Research Council (MRC)の傘下にあった応用心理学ユニット(APU: Applied Psychology Unit)の所長としても活躍した。APUは、もともとは1944年にケンブリッジ大学心理学部内に設立されたが、後に独立

の研究組織となった。当初は軍事的な研究が中心で、パイロットの疲労、レーダ監視員のビジランス、環境ストレス（騒音など）のパフォーマンスにあたる影響などの研究が行われていた。Broadbentのフィルター理論も、通信機の利用場面において、ノイズの中からひととはどのように音声聞き取るのかという、実際の問題に関する研究から始まった。

ブロードベントは、APUの所長となってからは、基礎研究と応用研究の間の有機的な統合に向けたマネージメントを行った。私自身が、Broadbentが基礎研究と応用研究の統合を考えていたということを知ったのは、Coren, Ward, and Enns (2004)の書いたSensation and Perception (6th ed.)という教科書の中のBroadbent's research "tricks"というコラムを読んだときである。そこには、Broadbentが研究において“Seek applied problems to generate research ideas (研究のアイデアを生み出すために応用的な問題を探した)” また“Test abstract theories of mental processes in applied settings (心のプロセスの抽象的な理論を応用的なセッティングで検証した)”と書かれていた。

その後、資料などを調べるうちに、当時のAPUでは、産業的実験(Industrial experiment)というコンセプトのもとで、基礎研究と応用研究の融合がはかられていたことがわかった。Figure 1は、産業的実験のコンセプトを図示したものである。

基礎研究は、先行研究などからなる一般的な知見から喚起された知的好奇心によって研究が駆動され、人間のメカニズムに関する一般的な仮説が立てられる。仮説を検証するための実験が計画、実行され、結果を解釈することで、知識の集積が行われる。基礎研究はこのようなサイクルで進む。

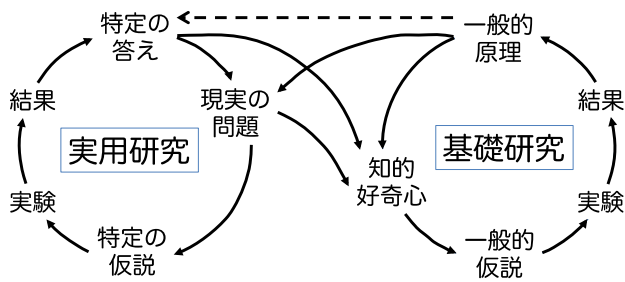


Figure 1. Framework of Industrial Experiment

一方、応用（実用）研究は、解決を必要とするような現実的な問題があり、それについての特定の仮説が立てられて、実験が行われる。そこで得られた結果は、実験が成功すれば、現実的な問題に対する答えを提供することになる。

このように基礎研究と応用研究は、研究の目的が異なるため、両者の間をリンクさせることは難しい。Broadbentのtrickはこの2つのサイクルを結びつけようとしたところにある。すなわち、応用的な現実的な問題の中に基礎研究のヒントを探ろうとし、また、基礎研究の一般性を実際の応用的な場面で検証しようとしたのである。

実際に、Broadbentの選択的注意の研究も、当初は、通信機の音質と人間の音声の聴取の関係という現実的な問題から発したものであったが、後に、注意のフィルター理論としてまとめ上げられ、注意の基礎研究に対して多大な影響を与えることになる。

## Industrial Experimentの事例

Industrial experimentの事例、特に、現場研究でのヒントが、基礎研究として華々しい成果を上げた研究の例はBroadbent以外にもある。注意と認知の研究領域の代表的なものを挙げてみよう。

注意研究で著名なJohn DuncanもまたAPUに所属していて、恐らくBroadbentのtrickの薫陶を継承していると思われる。彼は、Duncan et al. (1993)のような、自動車運転のスキルに関する論文をこれまで数編発表している。自動車運転者に関する研究の過程で得られた個人差に関する着想が、彼の後の一般性知能(g)の研究やゴール無視(goal neglect)の研究につながったことがDuncan (2010)の中で述べられている。

Broadbentの後任のAPUの所長は、working memory (WM)の研究で著名なAlan Baddeleyであった。彼のWMの研究につながる短期記憶の研究もまた、現実的な問題と密接に関連している。彼は、電話回線の品質を評価するために、聴覚的短期記憶における音声の混同の研究に取り組んだ。それが後のWMの独創的な研究へと展開することになる。このあたりの経緯についてはBaddeley (2012)に触れられている。

注意の研究では、Ron Rensinkによる変化検出課題が、応用的研究の必要性から生まれてきたことは有名な話である。Rensinkは、当時、日産自動車が米国ボ

ストンに設けていた基礎研究所の研究者であった。その頃の注意研究は、Treismanの流れをくむ、赤と緑の長方形のような基本的な図形を刺激として用いた研究がほとんどであった。一方、実際の自動車運転場面でドライバーが遭遇するような自然画像を用いて、人間の注意や認知の特性を調べる方法論は確立していなかった。そこで、Rensinkは、自然画像を用いた注意や認知研究の実験パラダイムとして、変化検出を考案した。変化検出課題やRensinkのモデルのその後のインパクトの大きさについては、あらためて述べるまでもないであろう（詳細は、横澤・大谷(2003)を参照のこと）。

また、Jan Theeuwesの注意の捕捉に関する一連の研究も、運転中のドライバーの注意の研究に端を発する(Theeuwes, personal communication)。当時、彼は、オランダのTNOという研究所に所属し、自動車運転時のドライバーの注意の研究などを行っていた(e.g., Theeuwes et al., 2002)。特に、ドライバーが特定のサインなどを探そうとしているときに、信号のような目立つ対象にも注意が向くかどうかという問題に取り組んでいた。しかしながら、彼がこの問題に取り組んでいた1980年代後半の注意の研究の中では、そのような彼の疑問の直接的なヒントとなるような基礎研究が存在しなかった。そこで、彼は自ら応用研究の傍ら、基礎研究にも取り組むことになり、後に、注意の捕捉と呼ばれる研究テーマの嚆矢となった(Theeuwes, 1992)。

これらの研究からわかるのは、いずれも、応用研究の中で研究を進めようとしても、その基盤となる基礎研究の蓄積がほとんどないところに気がついた研究者が、基礎研究を進めて、その結果として基礎研究としても有意義な成果を上げたという構図である。

## 自動車運転と認知機能

### 自動車運転に関連する研究

自動車運転には、さまざまな認知機能が関与することは容易に想像できる。人間の認知機能と自動車運転の関係に関する研究は、これまでも多く行われてきているが(e.g., Kawahara et al., in press)、依然として未解明な問題も多く残されている。注意や認知に関連しては、ほとんど何もわかっていないに等しいと言っても決して過言ではない。

人間の認知機能の観点からみると、人類が進化の過程では経験したことがないような高速度で移動することが自動車運転の最大の特徴である。そのため、高速な視覚認識と判断が必要になる。また、高速なオペレーティングフローや加速度感など、人類がかつて経験したことがない感覚を伴う。また、一般人にとっては、自動車は最大でかつ最も複雑な道具であろう。さらには、安全性という観点では、容易に自己にも他者にも危害を加えうるという点で、不注意などのエラーの問題やリスクインチの問題なども研究テーマとして扱える。ゆえに、自動車の運転には、これまでの注意と認知の研究の延長線上にあって、密接に関連する興味深い問題群が山積している。

ここでは我々のグループで、最近、行っている自動車運転に関連した研究を紹介し、現実的な問題から基礎研究に発展していく可能性を議論したい。

## 視覚運動協調に関する研究

カーブなどを走行する際に、運転は、将来の軌道を認識し、その軌道に自車の位置を正確に合わせていく過程と考えられているが、そのメカニズムは未解明である。将来の適切な軌道を計画し、その上を適切なスピードと位置のコントロールのもとで走行するような局面では、運転者の技能の差が顕著に表れるといわれている。このような自動車の運転は、自らの車両上の参照点から、視覚環境中の目標点に対して、フィードフォワードな車両の運動を生成し、また、実際の運動とのずれをフィードバックで制御するという視覚運動協調過程と見なすことができる。すなわち、運転は、リーチングなどの視覚運動協調のメカニズムに、自らの車両上の参照点と視覚環境中の目標点の計算を行う前処理段階が加わったものと見なすことができる。

我々は、このような前処理が関与する視覚運動協調と、そのような前処理が関与しない視覚運動協調の違いを明らかにするための研究を行った (Ueda, et al., 2013; 上田他, 2013)。ディスプレイ上を水平方向に移動するターゲットを、ジョイスティックに連動してディスプレイ上を動くエフェクターでトラッキングする課題を作成した。ターゲットとエフェクターが、それぞれ点であるような場合には、ターゲットがエフェクターに対して画面の上側にある条件と、下側にある条件では、ターゲットのトラッキング誤差には差が見られなかった。一方、ターゲットとエフェクターを幅を持ったバー状のものにし、それぞれのバーの中央同士が並ぶように、トラッキングを行ったところ、ターゲットが上側にある場合の方が、下側にある場合よりも、トラッキング誤差が小さくなった。このような、*inversion effect*は、自己の参照点と環境中の参照点のマッチングを行わなくてはならない（つまり、バーの中央同士を合わせなくてはならない）視覚運動協調課題の特徴と考えることができる。

現在、このような参照点の前処理に関する脳機能研究や、実際に視覚運動協応の機能が低い運転者と低い運転者の運転行動の違いを実車実験によって確認するための研究(米村他, 2013)を行っている。

## 動作の切り替えに関する研究

自動車運転は両手と右足を用いて、系列的な動作の変更を伴う課題とみなすことができる。このような系列的な動作の切り替えは、課題切り替えの研究として知られており、基礎研究の領域では、これまで多くの研究成果が得られている。しかしながら、自動車の運転のような場面を考えると、課題の切り替えとは、選考する動作の適切なタイミングでの終了と、次の動作の適切なタイミングでの開始の側面とに区別して考えられるが、従来の課題切り替えの研究では、これらは明確に区別されてこなかった。

そこで、我々は、高齢者と若齢者の動作の停止と開始のタイミングを指標として、動作切り替えの特性を明らかにすることを目的とした研究を行った(勝原他, 2013)。片手である動作を繰り返し、画面に表示される変更手がかりに従って、その動作を停止するとともに、もう一方の手で別の動作を開始するという課題が用いられた。コントロール条件として、画面に表示される手がかりに従って、最初の動作を停止することのみを行う課題が設けられた（次の動作は開始しない）。手がかり提示から最初の動作の停止までに要する時間（停止コスト）は、高齢者では、次の動作を開始する必要がないコントロール条件に比べて、次に別の手で動作を開始しなくてはならない実験条件では、有意に遅延した。つまり、次の動作の開始のプランニングを同時に行うと、先行する動作の停止に負荷が大きくなると考えられる。また、先行動作の停止から、次の動作の開始までの時間差（切り替えコスト）は、高齢者の方が、若齢者よりも大きくなった。

手がかりを実際の動作の切り替えタイミングよりも先行させると、若齢者、高齢者ともに切り替えコストは大幅に減少したが、高齢者に見られた停止コストは減少しなかった。これらの結果から、切り替えコストと停止コストが異なる機序からなっていることが示唆された。このような停止コストの発見は、自動車運転を意識した動作の切り替え課題の考案によって、初めて可能となった。現在、これらのメカニズムを、加齢の効果と合わせて検討している。

## サブゴール健忘現象

自動車運転は、車速や車両方向の安定性を維持しつつ、ウインカーの操作をするといった、一種の二重課題状況が発生する。二重課題状況下における人間の認知や行動の特性については、これまでも多くの研究が行われてきている。我々も、自動車運転をヒントにした二重課題の研究を行っている過程で、サブゴール健忘症というべき現象を発見した(井関他, 2013)。

実験参加者の課題は、右手でSART (Sustained Attention to Response Task) を行うことであった。これは、画面に表示される1-9の数字に対して、3以外の数字の場合には、キーボードのスペースキーを押し(GO試行)、3の場合にのみキー押しを控える(No-go試行)というものである。参加者がキー押し反応をするか、あるいは数字提示後1150 ms経過すると、次の数字が提示される。コントロール課題としてTFT

(Traditionally Formatted Task) が用いられた。TFTは、SARTと同じ刺激に対して、数字が3のときのみスペースキーを押し、それ以外ではスペースキーを押さない、というものである。

このようなSARTやTFTと同時に、数字の周囲に赤色の枠が5秒間提示されることがある。実験参加者は、副次課題として、赤枠が点灯したことに気がついたら、左手のマウスのボタンを押し、消えるまで押し続けることが求められた。

赤枠の点灯に対するマウスのボタン押し反応時間はSARTとTRTの間で有意な差は見られなかった。しかしながら、赤枠の消失に対するボタン離し反応時間は

SARTで有意に長かった。この減少は、ボタンを押して離すという一連の行動のうちの、後半のサブゴールであるボタンを離すという部分のみが、SARTでは忘れられていると考えられることから、サブゴール健忘(subgoal amnesia)と名付けた。目下、この背景のメカニズムを、ゴール無視などの関連する現象との比較などを行い、詳細に検討しているところである。

## まとめ

ここでは、自動車運転という具体的な現場を想定した研究から発展した、注意と認知に関連した基礎的研究の事例をいくつか紹介した。自動車運転における人間の認知や行動の基盤となるメカニズムの理解のためには、このようなレベルの研究が必要であることは疑いの余地はないであろう。すなわち、Industrial experimentの図式において、現実的な問題から基礎研究のサイクルを回すことが、現実場面での行動理解には必要である。

一般的な原理から応用研究のサイクルに向かうベクトルに関しては、基礎研究のアイデアに由来する応用的な設定での研究が必要となる。自動車運転に限れば、ドライビングシミュレータや実車を用い、自動車運転の特定場面に限定した課題を設計した研究(e.g., Kawahara, et al., in press)が必要となるであろう。

このような応用研究と基礎研究のサイクルの相互関係に着目することは、基礎研究の発展にとっても重要である。Broadbent以来のさまざまな研究事例が示すとおり、基礎研究の立場から見ても、現場の問題は新しい基礎研究テーマの宝庫であるように思える。応用場面での問題解決に役立つような基礎研究の成果は、まだまだ十分ではない。

## 引用文献

Baddeley, A. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1–29.

Coren, S., Ward, L. M., & Enns, J. T. (2004). *Sensation & Perception* (6th Edition). New York: Wiley.

Duncan, J. (2010). *How intelligence happens*. Yale University Press. (田淵健太訳、知性誕生: 石器から宇宙船までを生み出した驚異のシステムの起源. 東京: 早川書房. 2011)

Duncan, J., Williams, P., Nimmo-Smith, I., & Brown, I. (1993). The control of skilled behavior: Learning, intelligence, and distraction. *Attention and performance XIV*, 323–341.

井関・上田・勝原・熊田 (2013). 優勢反応形勢下での目標制御-反応抑制の有無による違い- 日本心理学会第 77 回大会 (札幌)

勝原・井関・上田・熊田 (2013). 高齢者の運動変更に及ぼす予期の効果-運動変更潜時における年齢差について- 日本心理学会第 77 回大会 (札幌)

Kawahara, J., Sato, T., Nagai, M., Kumada, T., Soma, Y., Nemoto, H., & Nishizaki, Y. (in press). The role of cognitive functions in merging manoeuvres during simulated highway driving. *Japanese Journal of Psychonomic Science*.

上田彩子・井関龍太・勝原摩耶・井上聡・木村好克・熊田孝恒 (in press). 視覚-運動協調機能の評価手法の開発とドライバの分類- ドライバの視覚- 運動協調機能と自動車運転スキルの関係-, 自動車技術会学論文集.

Ueda, S., Iseki, R., Katsuhara, M., & Kumada T. (2013). Influence of finding points of spatially extended objects on a visuomotor tracking task. 54<sup>th</sup> Annual Meeting of Psychonomic Society, Tronto, Canada.

上田彩子・井関龍太・勝原摩耶・熊田孝恒 (2013). 物体の変化を知覚する視点の違いが生成される運動のパフォーマンスに及ぼす影響. 日本心理学会第 77 回大会 (札幌)

米村朋子・佐藤稔久・赤松幹之・木村好克・井上聡・倉橋哲郎・藤枝延維・熊田孝恒 (2013) ドライバの視覚運動協調機能と自動車運転スキルの関係 (第 2 報) . 自動車技術会 2013 秋季大会 (名古屋)

横澤一彦・大谷智子 (2003). 見落とし現象における表象と注意-非注意による見落としと変化の見落とし-, 心理学評論, 46, 482-500

Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51(6), 599–606.

Theeuwes, J., Alferdinck, J. W. A. M., & Perel, M. (2002). Relation between glare and driving performance. *Human Factors*, 44(1), 95-107.