

視覚変化盲と触覚変化盲の記憶要素数は等しいか？

葎田 貴子*†・山口 亜友美**・和氣 典二**

* 千葉大学工学部 メディカルシステム工学科 (日本学術振興会特別研究員)

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

** 中京大学心理学部

〒466-8666 名古屋市昭和区八事本町 101-2

1. はじめに

触覚研究においては、手指の面積は限られているにもかかわらず、それよりも大きな対象が知覚可能である矛盾が問題とされてきた。これは、2次元対象に限って言えば、一般に感覚器の運動情報と記憶情報の統合過程が補償していると考えられている。即ち、手指の運動に伴い、当該対象の情報は刻々と手指の外側の感覚器が存在しない空間に失われる。しかし、最近触った対象の情報を一時的にバッファに保存し、手指を空間内でどのように動かしたかという運動情報と統合することができれば、当該対象の仮想の表象が脳内に生成され、より高次の認識過程に利用できるであろうという発想である(触運動知覚: haptic, 能動触: active touch)。なお、ここで想定されるバッファには、単なる保持機能以上に、手指の運動に伴う短期記憶内容への操作・更新機能が想定されることから、それらを内包した作動記憶 (working memory) モデルが用いられる場合がある。

一方、視覚研究においても、同様に感覚器の面積の小ささを、感覚器の運動情報と記憶情報の統合過程により補償する発想が存在する。一般に我々の網膜は周辺-中心で不均衡な構造を有しており、高い解像能や正確な色に基づく対

象の知覚は中心窩領域に限定されるといわれている。しかし、実際には我々の日常の視野はより周辺視にまで多くの対象が感じられる。この矛盾を解くために、眼球や頭部の運動による補償が仮定される場合がある。即ち、サッカーボールしながら集めてきた視覚情報を一時的に何らかのバッファに保存し、眼球や頭部を空間内でどのように動かしたかという運動情報に基づき統合すれば、高解像度かつ色彩を伴う連続した視野が、仮想の表象として脳内に生成できるという発想である。

しかし、近年の視覚研究では、このような眼球運動や視覚探索を含む能動的走査中、獲得され蓄積される外界の表象は、その見かけほど広範囲かつ統合された表象ではない可能性が指摘されている。その理由の一つとしては、サッカーボール間や視覚的探索中に視覚的短期記憶ないし視空間的作動記憶に保持され、後の統合過程に利用可能であろう表象が、視対象にして 4 ± 1 項目程度と視野全体を再現するにはあまりにも少ないことが示されたためである^{2,4)}。

このような考えの下では、我々の短期記憶に表現されるのは比較的最近中心窩ないし視覚的注意を向けた対象のみとなり、視野のそれ以外の多くの情報は感覚記憶として刻々と崩壊することになる。これはある意味、感覚器が運動した先の情報のみが保持・取得され、それ以外の空間の対象は(統合程度の)高次処理過程に取得されないという点において、触運動知覚的モデルにむしろ近い考え方といえる。しかし、触運動知覚と眼球運動(ないし視覚的探索)時

2004年夏季大会(2004年7月22日)一般講演

†現在の所属は以下のとおり。

Harvard University, Vision Sciences Laboratory, Department of Psychology, 33 Kirkland Street, 7th floor, Cambridge, MA 02138, USA.

の視野統合過程が、実際にどの程度共通しているかは明らかにされていない。

本研究では、この点を検討するために、能動的視覚走査中の視空間的ワーキング・メモリ保持容量を検討する実験パラダイムの一種 (change blindness: 変化盲) を触運動探索中に適応した。そして、視覚と触覚で、能動的探索行動中、記憶-運動統合に利用可能な記憶対象項目数が等しいかどうかを検討した。

2. 装置

視覚: CRT. 刺激制御用として DOS/V PC.

触覚: ピエゾ素子タブレット (KGS, プロトタイプ), 40×56 ピンを 3mm おきに配置, 有効サイズは 120×170 mm (図 1). アイマスク.

3. 刺激及び手続き

刺激要素はランダムな位置に提示された縦ないし横の線分であった (図 2). 刺激要素にはそれぞれ、視覚条件では赤ないし緑色が、触覚条件では 5 Hz ないし 20 Hz の時間周波数が刺激ごとにランダムに割り当てられた。これらの刺激要素列は一定の刺激露出時間提示された後 (200, 400, 640, 800 ms), 200 ms のブランク画面をおいて再び提示された。この手続きが被験者の反応があるまで繰り返された。刺激要素列には、ブランク画面を挟んで一つだけ色や空間周波数、傾き方向が変化する刺激要素が含まれており (例: 縦 → 横 → 縦 → 横), これが目標刺激となった。このような刺激を用いて、提示刺激要素数を、2, 6, 10 個に変化させ、画像提示開始から被験者が反応するまでの反応時間を測定する視覚的探索を実施した。被験者が課せられた課題は、構音抑制¹⁾を実施しつつ、予め教示された刺激特徴次元 (色ないし傾き) において変化する目標刺激を探索し、その特徴を、二つのボタンを押し分けることにより報告することであった。このときのボタンは、色ないし空間周波数の変化を探索した条件ではその傾き方向、傾きの変化を探索した条件ではその色ないし空間周波数に基づき押し分けることとした。



図 1 触覚実験装置例.

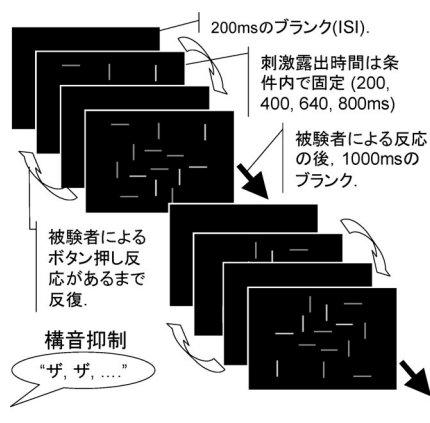


図 2 実験刺激と手続きの概念図.

4. 結果と考察

正答に対する反応時間をプロットした結果、全ての実験条件で反応時間は提示刺激要素数に対し線形に増加した (図 3). これは視覚的探索における典型的な逐次探索関数である。このことから、本研究における全ての実験条件において、被験者の探索が非効率的ないし逐次的に実施されたことが示唆された。この点においては、視覚と触覚の変化盲探索は類似しているという。

一方、この関数から 1 回のフリッカー間で保持・比較された刺激要素数を以下の数式に従い推定した結果³⁾, モダリティ間で明らかな違いが示された (図 4).

$$\text{保持刺激要素数} = (\text{刺激露出時間} + \text{ISI}) / (\text{探索関数の傾き})$$

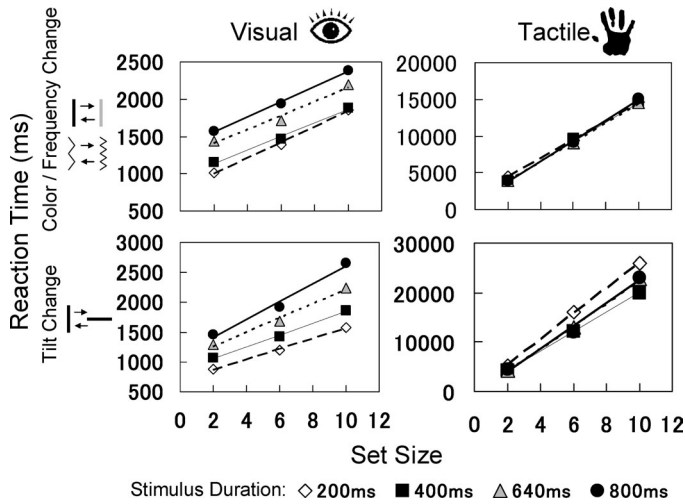


図3 各実験条件毎の探索関数. 縦列は左より視覚, 触覚の各条件結果を示している. また, 行は上より色・空間周波数, 傾き方向の各変化条件結果を示している.

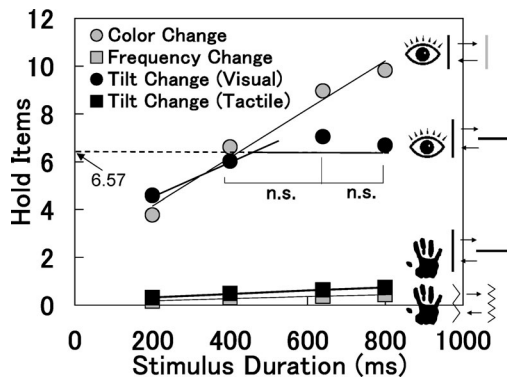


図4 図3の関数より評価された各条件ごとの保持記憶項目数.

視覚条件では, 保持刺激要素数が4個程度から刺激の露出時間に応じて線形に増加した. また, 傾き変化探索条件においては, 刺激露出時間が十分であれば, 保持刺激要素数が6.57個で飽和するのが認められた. 一方, 触覚においても二つの探索条件において, 刺激露出時間に応じて保持刺激要素数は増加したが, 全ての刺激露出時間条件で保持要素数が1個以下であった. 視覚条件における保持要素数の飽和は, 視空間的作動記憶の保持容量上限数を示すと解釈されるため³⁾, 本研究の触覚条件の結果は, 我々が用いた被験者の視空間的作動記憶容量上限が小さ

いことでは説明できない⁶⁾.

なお, 本実験で用いた刺激露出時間が触覚にとって不十分であった可能性があるため, 同様の実験で刺激露出時間を5000msまで延長した追加実験を実施した. その結果, 触覚における作動記憶数は刺激露出時間に対して線形の増加を続けたが, その数は4個に満たなかった. このため, 本研究の結果は刺激露出時間の不十分さでも説明できない.

さらに, 視覚と触覚では空間解像能が異なるため, 比較実験としてNDフィルタを用い被験者の視力を擬似的に低下させた状態で実験を実施した. しかし, 得られた記憶項目数は被験者の視力に依存しなかった⁵⁾. このため, 本研究の結果はモダリティー間の空間解像能の違いでも説明できない.

以上の結果により, 本研究で用いたような実験パラダイムと評価式を用いた場合は, 視覚と触覚で感覚-記憶統合過程に利用可能な記憶項目数は著しく異なっていることから, 両者の情報処理過程はその点で類似していないというのが現時点での結論である. また, 触覚における保持項目数は常に1個以下と非常に少ないことから, 視覚よりもむしろ積極的に記憶-運動統合過程の存在が否定される結果が示されたとい

える。

ただし、本研究で得られた議論は、手指が対象の輪郭をなぞる場合のように、探索時の手指の運動軌跡そのものが対象の形状を示すような場合には適応できない。このことから、本研究の結果はむしろ、触運動知覚が統合過程よりも手指の運動軌跡そのものに強く依存することを示していると解釈することもできる。

また、触覚探索はある意味、制限視野状況と類似していることから、一度に情報が取得可能な範囲の大きさ、ないし古い言葉でいう“前注意的な”情報処理過程の関与の程度の違いがモダリティー間の結果の差を生み出している可能性も考えられる。これらの可能性に関しては、現在検討中であり、他所で発表する予定である。

文 献

- 1) A. D. Baddeley, V. Lewis and G. Vallar: Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **36A**, 233–252, 1984.
- 2) J. K. O'Regan and A. Noe: A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 939–1011, 2001.
- 3) R. A. Rensink: Visual search for change: A probe into the nature of attentional processing. *Visual Cognition*, **7**, 345–376, 2000.
- 4) R. A. Rensink: Seeing, sensing, and scrutinizing. *Vision Research*, **40**, 1469–1487, 2000.
- 5) T. Yoshida, A. Yamaguchi and T. Wake: Visual search for change is memory limited, but tactile search for change is process limited. 45th Annual Meeting of the Psychonomic Society, 2004.
- 6) T. Yoshida, A. Yamaguchi and T. Wake: Tactual search for change has less memory. *Journal of Vision*, in press.