



Title	触情報処理に対する視覚イメージと初期視覚処理領域の役割
Author(s)	西原, 進吉
Citation	若手イメージ研究者のためのブラッシュアップセミナー (Brush up seminar for young researchers on mental imagery) . 2013年3月16日 (土) ~ 17日 (日) . 北海道大学学術交流会館, 札幌市 . , 50-55
Issue Date	2013-03-14
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/52531
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	proceedings
File Information	nishihara.pdf



[Instructions for use](#)

触情報処理に対する視覚イメージと初期視覚処理領域の役割

○西原 進吉

(北海道大学大学院文学研究科)

キーワード：視覚イメージ，触情報処理，初期視覚処理領域

はじめに

近年、触の情報処理には初期視覚処理領域が関与することが明らかにされている。そして、このような関与が生じる理由として、触の情報処理を視覚イメージが媒介するからではないかと考えられている。著者はこれまで、認知心理学的手法を用いて、触の情報処理に対して視覚イメージ処理過程がどのように初期視覚処理領域の関与をもたらすのかという、「触情報処理」、「視覚イメージ」、「初期視覚処理領域」の三者が関わる情報処理メカニズムに関する検討を重ねてきた。

本稿では、著者が実施した一連の実験とその結果を概観することで、情報入力段階では直接触情報とは関係の無い初期視覚処理領域と視覚イメージが、触の情報処理に対してどのように関与するのかという問題について改めて考えてみる。

触情報処理研究における視覚イメージ

近年、脳イメージング技術の発展に伴い、触の情報処理に、高次の連合野のみならず初期段階の視覚領域も関与する証拠が蓄積されつつある(e.g., Zangaladze, Epstein, Grafton, & Sathian, 1999)。このことは、触情報の処理が、連合野のような比較的高次の領域のみならず、従来はユニモダルな領域と考えられてきた初期視覚領域の働きにも依存している事を意味する。

しかし、触の情報自体は、視覚処理経路とは直接関係の無い体性感覚領域から入力される。この事実を考慮に入れると、何故、触の課題に初期視覚処理領域が関与するのかという疑問が生じてくる。この疑問を解消するための1つの考えとして提唱されているのが、「視覚イメージ処理が、触情報処理を媒介するが故に、初期視覚処理系の関与

がみられる」という仮説である。

古くから触情報の処理には視覚イメージが重要な役割を果たしていると主張されており、視覚イメージの処理自体にも、初期視覚処理領域が関与すると考えられている。これらの知見を合わせ考えると、上記のような仮説は、ある程度の妥当性を有しているのではないかと思われる。しかし、触情報処理に対する初期視覚処理領域の関与を明らかにした先行研究においては、視覚イメージ処理が触の情報処理を媒介し、その結果として初期視覚処理領域の関与をもたらすという可能性についての直接的な検討は行われていない。また、視覚イメージがどのような役割を担っているのかというメカニズムに関する踏み込んだ議論も行われていない。

著者はこれまでの研究において、触の情報処理課題に、視覚イメージや初期視覚処理領域の関与がみられるのかという問題、さらには、視覚イメージのどの下位過程が関与するのかという問題を検討してきた。その結果、視覚イメージ処理を担う一部のコンポーネントが触の情報処理を媒介しており、その結果として、初期視覚処理領域の関与が出現するのではないかと考えてきた。しかし、その際、触の情報処理過程において、視覚イメージの下位過程や初期視覚処理領域がどのような役割を担っているのかというメカニズムに関しては必ずしも言及してこなかった。そこで、本稿では、著者が実施した一連の研究を概観することで、触の情報処理過程における視覚イメージ下位過程の役割、および、初期視覚処理領域の役割について改めて考えてみる。

イメージ関連度の異なる触判断課題

触の情報処理において、視覚イメージが重要な役割を果たす可能性があるという知見は多く存在するが、その関与は、すべての触課題において出現する訳では無い。視覚イメージが関与するか否かは、課題や判断の種類に依存するようである (e.g., Merabet, Thut, Murray, Andrews, Hsiao, & Pascual-Leone, 2004)。このような観点に立脚して考えると、初期視覚処理領域が、視覚イメージを媒介して触情報処理に関与するか否かを明らかにするには、以下のような方法を用いることが有効であろうと思われた。それは、触課題における視覚イメージの関連度を操作し、視覚イメージが関連する触課題においてのみ、初期視覚処理領域が関与することを示すというものである。そこで、我々は、まず、視覚イメージが関与する度合いが異なる2種類の触判断課題を考案し、これら2つの課題(視覚イメージ関連触課題, 非関連触課題)に対して、(1) 初期視覚処理系の関与があるか否か、(2) 視覚イメージの下位過程の関与があるか否か、という問題を検討した。

以下に、著者が一貫して使用してきた、イメージ関連度の異なる2種類の触判断課題について紹介する。一つは視覚イメージが関与し易いと想定される刺激の継時提示を用いた触課題(イメージ関連触課題)であり、もう一つは、関与し難いと想定される刺激の同時提示を用いた触課題(イメージ非関連触課題)である。視覚イメージの関与しやすさを操作するにあたっては、以下の知見を参考とした。Marks(1999)では、提示される2つの刺激を比較判断するような実験パラダイムにおいて、2つの刺激が継時提示されるような状況では視覚イメージが関与し易く、同時提示されるような状況では視覚イメージが関与し難いと論じられている。著者は、この考えに基づき、長さ判断を求める触課題において、2つの刺激を比較判断させる際、片方の触課題では比較すべき2つの長さ刺激を「継時提示」し、もう片方の触課題では、刺激を「同時提示」した。Marks(1999)に依拠すれ

ば、前者の課題には視覚イメージが関与し、後者には関与しないと考えられた。

前者の課題の具体的手続きは以下の通りであった。実験参加者は、図1左のような2つの突起からなる触刺激を、手元を隠された状態で右手人差し指で触り、突起間の長さが事前に学習した基準の長さと同じか否かを判断しなければならなかった。その際、実験参加者は、課題に前だつて、基準となる長さの触感覚を記憶しなければならなかった。

一方、後者の課題は以下の通りであった。実験参加者は、図1右のような2本の線分からなる刺激を右手の手のひらで触り、常に上に提示される基準の長さと比較して、下の線分の長さと同じか否かを判断しなければならなかった。この課題では、基準の長さが常にターゲットの上に提示されるため、事前に感覚の記憶学習は行われなかった。

既に述べたとおり、Marks(1999)の知見を参考にすると、前者の課題構造は視覚イメージが関与しやすく、後者の課題構造は視覚イメージが関与し難いと考えられる。以降、本稿では前者をイメージ関連触課題、後者をイメージ非関連触課題と記述することにする。

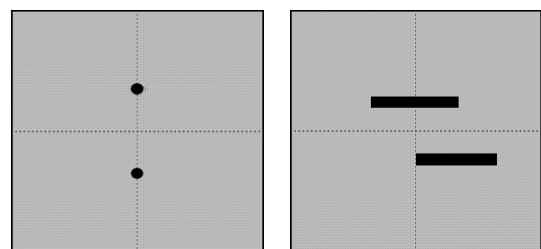


図1 触刺激の種類

触課題における初期視覚処理領域の関与

既に述べたように、上記のような2種類の触判断課題に初期視覚処理領域が関与するか否かを明らかにするには、以下のようなパラダイムの実験を実施することが有効であると考えられた。それは、実験参加者が触判断課題を遂行する際に、初期視覚処理領域の機能を妨害し、その妨害が触判断課題の成績を低下させることを示すというもの

である。著者の一連の研究では、初期視覚処理領域の機能を妨害するための手法として赤色光提示法が採用された。

赤色光提示法は、赤色のような長波長光を視覚提示することにより、少なくとも V1 までの初期視覚処理経路上に含まれる特定の細胞の働きを抑制し (Livingstone & Hubel, 1984), 結果として同経路自体の機能を低下させるというものである。もし、入力段階では初期視覚処理系とは関係が無い触課題において、赤色光提示による妨害効果が観察された場合、それは初期視覚処理系が触課題に関与することを意味する。

Nishihara(2011)では、イメージ関連触課題、および、イメージ非関連触課題に対して、上記の赤色光提示法による妨害効果が観察されるか否かが検討された。実験 1 では、一次課題としてイメージ関連触課題が実施された。そして、同時に、二次課題として、画面に提示される赤色 (初期視覚処理領域妨害) と緑色 (統制) の画面を注視することが求められた。一方、実験 2 では、一次課題としてイメージ非関連触課題を実施しながら、実験 1 と全く同様の二次課題が実施された。

その結果、赤色光による妨害効果は、イメージ関連触課題 (実験 1) においてのみ観察された。この結果は、少なくとも、視覚イメージが関与する触の情報処理課題に対してのみ、初期視覚処理領域が関与することを意味しており、視覚イメージが、触の情報処理を媒介することで、初期視覚処理領域が関与を出現させるという仮説を実証するものであると結論づけられた。

このように、Nishihara(2011)では、初期視覚処理領域が関与するような触の情報処理過程において、視覚イメージが重要な役割を果たしている可能性が示唆された。しかしながら、視覚イメージがどのような役割を果たしているのかという点に踏み込んだ議論を行うには、視覚イメージが関与の有無を明らかにするだけでは不十分であると思われる。より発展的な議論を行うには、少なくと

も、視覚イメージ処理を支えるどの下位過程が、触の情報処理に関与するのかということをも明らかにしていくことが必要であろう。なぜならば、近年の研究において、視覚イメージ処理は複数の下位過程の相互作用によって説明されており、それぞれの下位過程に“役割”が想定されているからである。すなわち、どのような役割をもった下位過程が関わるのかということをも明らかにすることが、視覚イメージが触の情報処理に対してどのような役割を担うのかという問題に踏み込むための手がかりとなるはずだということである。以降は、このような観点に立脚した研究を概観した後、視覚イメージが触の情報処理過程においてどのような役割を果たすのかという問題について考える。

触情報処理における視覚イメージ下位過程の関与

近年、視覚イメージ処理に関する、いくつかの説明モデルが存在する。その中で、理論的枠組みに加え、そのモデルの妥当性を検証するための手段が備わっているものとして、視空間ワーキングメモリモデル (Logie, 1995) が挙げられる。

同モデルでは、ワーキングメモリのオリジナルモデルにおいて、視空間スケッチパッドとして単一のコンポーネントであったものが、視覚キャッシュ、内的書記という 2 つのサブコンポーネントに分けられている。視覚キャッシュは、視覚的コンポーネントであり、視覚情報の保持に関係すると考えられている。一方、内的書記は空間コンポーネントであり、内的に保持された視覚情報に対して、操作を加えるという役割が想定されている。加えて、同コンポーネントは、運動プランニングと深い関係があり、触や運動との関係も深いと考えられている。

また、視覚キャッシュと内的書記は、二重課題法を用いた認知心理学的実験において、同時に実行される二次課題により、独立して妨害される事が知られている。視覚キャッシュと内的書記は、それぞれ、ダイナミックノイズ (DVN) を提示する、タッピングやスター画面 (Star) を追視する

ことで、その機能を妨害される事が明らかになっている (Quinn and McConnell, 1996)。

西原・菱谷(2008)では、Nishihara(2011)と同様の2種類の触課題 (イメージ関連触課題, イメージ非関連触課題) に対して、イメージ内で保持された情報の操作の機能を有する内的書記の関与が見られるか否かが検討された。既に述べたように、内的書記の機能は、空間タッピングやスター画面の提示によって妨害されることが知られている。そこで、西原・菱谷(2008)では、内的書記の機能を妨害するための二次課題として、スター画面の追視課題が実施された。スター画面では、正五角形の頂点の位置に、丸いドットが、五芒星を描く際の順番で提示され(図2左)、実験参加者は、一次課題実行中、こうした予測可能な位置に提示されるドットを追視しなければならなかった。触の一次課題は、Nishihara(2011)と同様、視覚イメージ関連触課題 (実験1) と、イメージ非関連触課題 (実験2) であった。

実験の結果、視覚イメージ関連触課題においてのみ、スター追視による成績低下が観察された。この結果は、視覚イメージが関与する触課題においては内的書記が関与し、視覚イメージが関与しない触課題においては、内的書記が関与しないことを意味するものであった。

次いで、西原・菱谷 (2006) では、内的書記に加え、視覚キャッシュの関与についての検討が行われている。既に述べたとおり、視覚キャッシュの機能は、DVN を視覚提示することにより妨害さ

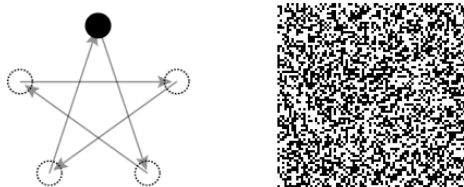


図2 Star と DVN

れることが知られている。DVN は、一定領域の視覚フィールド内に存在するランダムドットステレオ

グラムが、一定の時間間隔でランダムに変化するというものである (図2右)。西原・菱谷(2006)では、イメージ関連触課題, もしくは、イメージ非関連触課題に対して、Star や DVN が成績を低下させるか否かが検討された。その結果、少なくとも、どの実験においても、DVN による妨害効果は観察されなかった。この結果は、視覚イメージが関与する触課題においても、関与しない触課題においても、視覚キャッシュは関与しないということの意味するものであった。

これらの一連の結果は、イメージ関連課題には、内的書記のみが関与し、イメージ非関連課題には、内的書記も視覚キャッシュも関与しないことを示すものであった。では、触の情報処理に関与する視覚イメージの役割は、この内的書記が有している機能とどのように関係しているのだろうか。最後に、本稿で紹介した一連の実験結果の整理をすると共に、この問題について言及する。

触情報処理における視覚イメージの役割

本稿で紹介した、著者の一連の実験結果をまとめると以下ようになる。それは、視覚イメージ関連課題においてのみ、(1) 初期視覚処理領域妨害の効果が観察され、(2) 内的書記妨害の効果が観察された。その一方で、(3) 視覚キャッシュ妨害の効果は観察されなかったというものである。以下に、これらの結果に対して、順に整理を試みる。

まず、(1) に関しては、視覚イメージが関与する場合においてのみ、初期視覚処理領域が触の情報処理に含まれる可能性が示されたといえる。これは、視覚イメージが、触の情報処理を媒介することを実証するものと考えられるだろう。ただし、既に述べたように、(1) の結果のみからは、視覚イメージがどのような役割を果たすのかということにまで踏み込んで言及することは難しい。視覚イメージの役割についての発展的な議論を展開させるには、特定の機能を有する視覚イメージ下位過程の関与を明らかにすることが有効であ

る。

この観点に立脚すれば、(2)の結果は、まさに、情報の「操作」機能を有する視覚イメージの下位過程が、触の情報処理に関与する可能性を示唆するものといえる。

すなわち、(1)と(2)の結果を合わせ考えると、以下の通りになる。それは、イメージ関連課題には、内的書記が関与すると同時に、初期視覚処理領域も関与するというものである。したがって、この結果のみを単純に解釈すると、内的書記の機能が、初期視覚処理領域で担われているために、触の課題に初期視覚処理領域が関与すると考えることができるかもしれない。

ただし、近年の脳科学的な知見を参考にすると、このような解釈は、極めて慎重に行わなければならないことがわかる。なぜならば、内的書記の機能は、初期視覚処理領域というよりも、頭頂の領域によって担われる可能性が示唆されているからである (see, Baddeley, 2003)。では、このような脳科学的知見と、著者の一連の研究によりもたらされた(1)(2)の知見との、整合性を有する解釈は可能なのだろうか。

このような解釈を行う際、イメージ関連課題の処理過程のうち、どの処理プロセスで内的書記や初期視覚処理領域が関与したのかを考えなければならない。例えば、イメージ非関連課題では、内的書記の関与も初期視覚処理領域の関与も観察されなかった。この事実を考慮に入れると、内的書記や初期視覚処理領域が関与するのは、イメージ非関連課題に存在せず、イメージ関連課題のみに存在する課題処理プロセスのはずである。そして、イメージ関連課題では、事前に判断の基準となる長さの感覚を学習して記憶する必要があった。また、触課題遂行中には、各試行で提示されるターゲットの長さ、記憶した長さの情報をマッピングすることで判断する必要があった。一方、イメージ非関連課題では、試行毎に基準とターゲットの長さが同時提示されたため、それらを直

接比較すれば課題を遂行することが可能であった。

以上のような課題処理プロセスの違いを考慮に入れると、イメージ関連課題のみに存在した処理プロセスは以下の2つであることがわかる。それは、

(A)基準を内的に保持するというプロセス、(B)保持したものとターゲットをマッチングさせるプロセスである。

仮に、内的書記の機能が、初期視覚処理領域によって支えられていないと仮定した場合、上記の異なる2つのプロセスに対して、内的書記と初期視覚処理領域が別々に関与したために、結果として両方の関与が観察されたと考えることができる。もし上記のような考えを採用すれば、脳科学的知見と整合性を保つ解釈を行うことができるのではないだろうか。それでは、(A)と(B)の処理プロセスのうち、どちらに内的書記と初期視覚処理領域が関与すると考えるのが妥当だろうか。この問題に対して、現在、著者は、初期視覚処理領域が(A)保持プロセスに、内的書記が(B)のマッチングプロセスに関与するのではないかと考えている。その根拠は以下の通りである。

たとえば、前者に関しては、運動によって取り込まれたメトリックな類の情報が、精緻な判断を求められる際に視覚的表象に変換されて保持される可能性(本予稿集、藤木を参照)が議論されている。もし、このような知見を参考にすれば、触から入力された長さの距離感覚は、課題要求として緻密な種類の判断を求められるため、初期視覚処理領域が関与する視覚表象にマッピングされたと考えることができるかもしれない。一方、後者に関しては、内的書記が有する機能自体が、触情報のマッチングに際して有効に機能し得ると思われる知見が存在する。例えば、既に述べたように、内的書記の機能は、運動プランニングと密接に結びついており、触運動との関係が深いと考えられている。加えて、内的に保持されている情報に「操作」を加える機能も有している。これらの知見を合わせると、内的書記が、視覚表象に保持された、

「基準の距離情報」を操作し、新たに提示されたターゲットの長さとのマッチングさせるような役割を果たしていた可能性が考えられるであろう。

一方、一連の研究では、(3)のように、どの実験においても視覚キャッシュは関与していない。この事実を考慮に入れると、いずれの課題においても視覚キャッシュは利用されておらず、上記のような基準の距離感覚を保持しなければならない場合に関与する視覚表象は、視覚キャッシュではないということの意味する。このように考えた場合、触情報処理に対する初期視覚処理領域の関与は、視覚イメージによって直接的にもたらされるわけではないことを意味するのかもしれない。

総括

本稿では、著者が実施した一連の研究を概観することで、触情報処理に対して初期視覚処理領域と視覚イメージがどのような役割を担うのかについて論じた。結果として、判断の基準となる触の長さを「内的に保持」するために初期視覚処理領域が関与し、内的に保持された長さの情報とターゲットの情報を「マッチング」するために内的書記が関与するというのではないかと仮説を導き出すに至った。本稿では、視覚イメージを、視空間ワーキングメモリをベースとして捉えることで、上記の仮説を導くに至った。しかし、視空間ワーキングメモリモデルは、あくまでも視覚モダリティでの情報処理を土台として構築されてきた仮説構成体である。したがって、触のような視覚以外の情報処理メカニズムを明らかにする上では、同モデルを土台とした検証を行うだけでは不十分かもしれない。今後は、視覚モダリティを基礎とするモデルのみならず、例えば身体化認知のような、視覚以外のモダリティでの情報処理を基礎とした解釈を行い、両者を結びつけるという研究スタンスが重要になってくるかもしれない。

引用文献

Baddeley, A. (2003). Working Memory: Looking Back

and Looking Forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*, 829-839.

Livingstone, M.S., & Hubel, D.H. (1984). Anatomy and Physiology of a color system in the primate visual cortex. *Journal of Neuroscience*, *4*, 309-356.

Lederman, S. J., Klatzky, R. L., Chataway, C., & Summers, C. (1990). Visual mediation and the haptic recognition of two-dimensional pictures of common objects. *Perception & Psychophysics*, *47*, 54-64.

Logie, R.H.(1995). *Visuo-spatial working memory*, Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.

Marks D., F. (1999). Consciousness, mental imagery and action. *British Journal of Psychology*, *90*, 567-585.

Nishihara. (2011). Does mediation of Visual Mental Imagery Cause Recruitment of the Early Visual System in Haptic Distance Judgment? *Journal of Mental Imagery*, *35*, 97-108.

西原進吉・菱谷晋介(2008). 触コーディネイト処理に対する視空間ワーキングメモリの関与, イメージ心理学研究. *6*, 57-66.

西原進吉・菱谷晋介(2006). 触知覚情報を用いた Coordinate 処理における視覚イメージの関与(4), 日本イメージ心理学会第7回大会発表抄録集.

Quinn, J. G., & McConnell, J. (1996) Indications of the functional distinction between the components of visual working memory. *Psychologische Beiträge*, *38*, 355-367.

Zangaladze, A., Epstein, C.M., Grafton, S.T. & Sathian, K. (1999). Involvement of visual cortex in tactile discrimination of orientation, *Nature*, *401*, 587-590.