

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21700287

研究課題名（和文）三次元物体認知における身体性および行為知識の役割の解明

研究課題名（英文）Investigation of the role of embodiment and action knowledge in 3-D object recognition

研究代表者

笹岡 貴史 (SASAKA TAKAFUMI)

京都大学・大学院情報学研究科・助教

研究者番号：60367456

研究成果の概要（和文）：(1)三次元物体認知において、手を用いて物体を回転させその景観の変化を観察することにより、手を回転しやすい方向（右ネジの方向）で物体認識成績が促進することが示された。(2)正立方向と異なる景観から日常的な物体を認識するときには、手で動かせる物体の場合は水平軸回転において右ネジの方向に回転された景観で左ネジの方向より早く認識が行われたことから、手を用いて回転させる運動シミュレーションによって認識が行われていることが示唆された。以上の結果は、手の生体力学的制約および物体に対する行為可能性が物体認知に与える影響を実験的に示した初めての知見と言える。

研究成果の概要（英文）：This study was conducted to clarify the role of embodiment and action knowledge in 3-D object recognition. The following results were obtained: (1) Active exploration of novel 3-D object views facilitated subsequent view generalization in the right-screw direction that was easiest for rotation of the hand. (2) When common objects are recognized in non-upright views, in the case of graspable objects, views rotated in the right-screw direction about the horizontal axis was recognized faster than those rotated in the left-screw direction, and in the case of non-graspable large objects (e.g. bed, sofa), vice versa. This suggests that motor simulation, that is, imagined rotation of graspable objects by hand rotation, was utilized to recognize non-upright views. These results are the first experimental evidences that showed the effect of the biomechanical constraints of hands and action knowledge of objects on 3-D object recognition.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合・新領域系

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：三次元物体認知, 心的回転, 身体性

## 1. 研究開始当初の背景

従来、三次元物体の認知において、初期視覚野から側頭葉に至る大脳の腹側経路がその役割を担っていることが、神経心理学的研究やサルでの破壊実験などによって示唆され

てきた。また、これまで数々の三次元物体認知モデルが提案されてきたが、そのほとんどは腹側経路に基づいたものであった（たとえば、Riesenhuber & Poggio(1999)）。一方、大脳には腹側経路に対して、頭頂葉を経由す

る背側経路と呼ばれる情報処理経路が存在し、腹側経路は物体が何であるかという情報処理を行うのに対し、背側経路は物体に対する行為に必要な情報処理を行っていると言われてきた (Goodale & Milner, 1992). しかし、近年、物体の認知において腹側経路と背側経路のインタラクションが存在することが示唆されている。例えば、能動的に物体を回転させて景観 (view) の変化を観察することで、後の物体認識が促進されることが報告されている (Harman et al., 1999, Sasaoka et al., 2005, 笹岡, 2008). Sasaoka et al. (2005) は、同じカテゴリに属する異なる新奇物体を能動的に観察することで、単一の景観からそれと同じ物体と認識できる景観の範囲 (般化可能範囲) が増大することを示した。さらに、笹岡 (2008) は、物体の景観を能動的に観察する際、手の運動と物体の回転軸が一致した条件や、一致しない条件で、その後の促進効果について比較を行った。その結果、手と物体の回転軸が一致した場合に、最も大きな促進効果が得られたことから、物体の能動的観察において、手の回転軸と物体の回転軸が一致することが重要であることが示された。また、この促進効果には回転方向の正負に対して非対称性が見られ、このような非対称性は、手と物体の回転軸が一致しない場合には見られなかった。特に認識の促進が見られたのは、既知の景観から、効果器から見て右回り (右ネジの方向) に回転した景観を認識するときであった。このことから、手の筋肉や骨格に依存した、手の回転しやすい方向において促進が見られた可能性が考えられる。以上の知見は、身体的な制約が、認識の促進に影響を与えている可能性を示唆しており、物体の認識の促進に運動系が関与していることを強く示唆している。

また、我々は日常的にあらゆる物体を正立像以外の方向から見ても一貫した認識を行うことができる (物体恒常性) ことが知られている。このような日常物体の認知においては上述したような身体運動の影響が強く反映されると考えられる。近年の心理学、生理学的知見から、物体が複数の景観に基づいて表現されていることが示唆されているが、その場合、物体恒常性を達成するためには未知の景観を見たときにそれを既知の景観へと変換する過程 (正規化) が必要になる。上に挙げた一連の先行研究では、この正規化の過程において、新奇物体の認識の際に手の動かしやすい方向 (右ネジの方向) において正規化の促進が起こると言える。このような促進効果は、新奇物体だけでなく、日常的に運動を通してその見え方の変化を経験している日常物体においても起こる事が推測される。一方で、道具のような日常物体に対する行為の知識 (action knowledge) が、その認識を

促進することを示唆する研究も行われている (Helbig et al., 2006). このような知見は、道具のような日常物体がその物体に対する行為知識と結びついて脳内で表現されていることを示唆する。以上のような知見に基づくと、日常物体の景観を比較照合する過程に行為知識が影響を与える可能性が考えられるが、この点については未だに明らかになっていない。

## 2. 研究の目的

以上のことから、三次元物体認知において、特に未知の景観や見慣れない景観を認識する際に運動イメージが利用されており「身体化された三次元物体認知」が行われている可能性が考えられる。そこで、本研究では「身体化された三次元物体認知」に関する以下の3つの問題の解明を目指す。

- (1) 三次元物体認知と身体性の関係
- (2) 三次元物体の比較照合過程における行為知識の影響
- (3) 三次元物体認知の身体化に関わる神経基盤の解明



図 1. CRT ディスプレイ側面に取り付けられた回転デバイス。被験者はこれを手で操作することにより、CRT ディスプレイに呈示された物体を回転させた。

## 3. 研究の方法

### (1) 三次元物体認知と身体性の関係

笹岡 (2008) で得られた知見より、能動的操作による物体認識の促進に身体性が関わっている可能性が示唆される。そこで、本研究では、物体をより現実に近い状況で直接操作している感覚を被験者に与えるため、ステレオ視によって刺激を三次元的に提示するとともに、CRT ディスプレイの側面に直接取り付け可能な回転デバイスを用いる (図 1) ことにより、三次元物体認知と身体性の関係について検討した。

実験では、被験者にとって新奇な物体 (ペーパークリップオブジェクト; Bühlhoff and Edelman, 1992) の 2 つの景観が経時的に提

示され、被験者はそれらの比較照合を行った（比較照合課題）。比較照合課題は2セッション行い、第1、第2セッションの間には観察課題を行った。観察課題では被験者を2群（Active群とPassive群）に分け、Active群の被験者はCRTディスプレイ側面に取り付けられた回転デバイスを用いて、被験者がそれを手で操作することにより物体を回転させ、景観の変化の能動的観察を行った。Passive群の被験者はActive群の能動的観察を行ったりプレイを受動的に観察した。このような手続きにより、第1、第2セッションの間で単一の景観からの般化可能範囲に拡大が見られるかどうか調べた。

#### (2) 三次元物体の比較照合過程における行為知識の影響

手で動かすことのできる日常物体や手で動かさない大きな日常物体、また、取っ手のついた物体や、乗り物のように物体に直接行為を行うことで向きを変えることのできる物体を用いた比較照合課題を行い、物体の行為知識が正規化に与える影響を検討した。実験では物体の大きさや物体に対する行為可能性に基づき、以下の4つのカテゴリの物体を刺激として用いた。

- 1) LV（大きさ：大、乗り物；例.トラック）
- 2) LN（大きさ：大、ニュートラル；例.ベッド）
- 3) SH（大きさ：小、持ち手有；例.ポット）
- 4) SN（大きさ：小、ニュートラル；例.カメラ）

課題では、各試行の最初に物体を正面から見た画像（SHカテゴリの場合は右側にハンドルがある景観）を第一刺激として200msec呈示し、マスク刺激を呈示した後、第二刺激を100msec呈示し、被験者は第一刺激と第二刺激が同じ物体かマウスをクリックして判断した。第二刺激が第一刺激と同じ物体の場合は、x、y、z軸回転で $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ 回転した景観または第一刺激と同じ景観が呈示された。

#### 4. 研究成果

(1) Active群とPassive群の比較照合課題の結果をそれぞれ図2、3に示す。横軸は比較照合する2つの景観の水平軸回転での角度差を表し、縦軸は真の正答率（True hit rate）を表す。各被験者のTrue hit rateに対し、 $0^\circ$ を中心に異なる $\sigma$ を持つガウス曲線を近似し、 $\sigma$ の大きさについて条件間で比較を行ったところ、Active群において水平軸回転で右方向（図2上の負方向）の回転に対して有意な $\sigma$ の増大が見られた。また、事後的な内観報告で、21人中19人の被験者が能動的観察の際に手を右方向に回す方が回しやすかったと答えた。この結果は、手を回転しやすい方向

と物体認識パフォーマンスが促進する回転方向が一致したことを示しており、手の回転しやすさという手の生体力学的な制約が物体認識過程に影響を与えることを示唆している。この点で、本研究で得られた知見は、物体認知への身体性の寄与を示す一つの重要な証拠となる知見と言える。

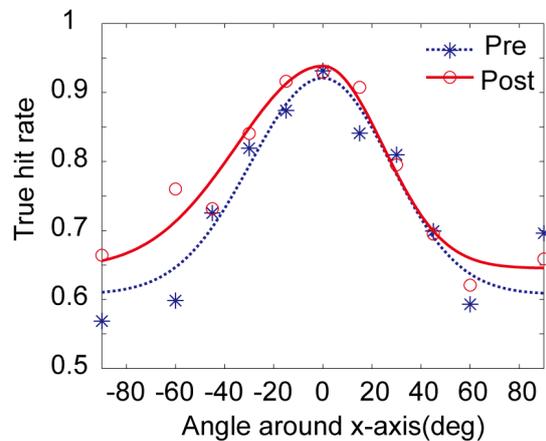


図2. Active群の結果. Preは第1セッション、Postは第2セッションの結果を表す。

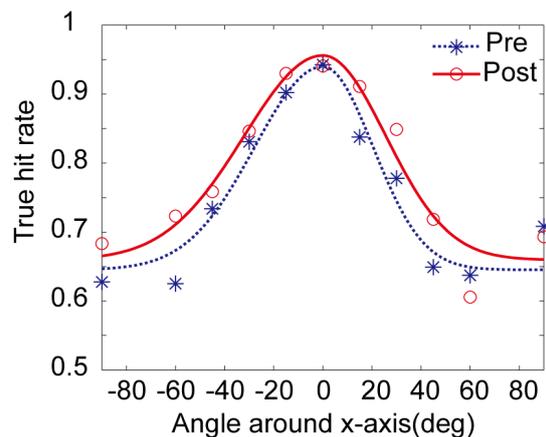


図3. Passive群の結果. Preは第1セッション、Postは第2セッションの結果を表す。

(2) 各カテゴリについて、回転軸・回転方向ごとに正答反応時間に対して直線を当てはめ、その傾きを正規化にかかる単位回転角当たりの時間とした。図4に結果を示す。この中で、LNカテゴリとSNカテゴリにおいてx軸（水平軸）回転の正負方向の間に正規化にかかる単位回転角当たりの時間に差が見られた。LNカテゴリでは負方向の回転、すなわち物体を下から見た景観の正規化が上から見た景観の正規化より時間がかかったことから、物体に対して視点を移動するような身体運動イメージが正規化に用いられていたと考えられる。また、SNカテゴリではLNカテゴリと逆の傾向が見られた。SNカテゴリで正規化にかかる時間が短かった方向は物体を手で持ったときの右ネジの方向に

対応することから、SN カテゴリでは物体に対する視点移動ではなく、物体を手で持って動かすシミュレーションによって正規化が行われていたと考えられる。LV, SH カテゴリでは正負方向に差が見られなかったが、正負方向いずれも SN, LN カテゴリより正規化が促進された。この結果から、ハンドルの存在や物体に対して直接行為を行うことで物体の向きを変えることができるという、物体に対する行為可能性によって運動表象が SN, LN カテゴリの物体より強く活性化され、SN, LN カテゴリでは時間のかかった方向への正規化においても、LV, SH カテゴリにおいて促進が起こったと考えられる。

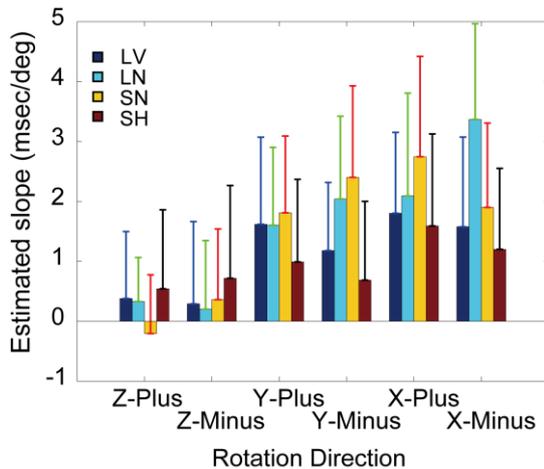


図 4.各カテゴリ, 各回転軸・回転方向における景観の正規化にかかった単位回転角当たりの時間

以上の結果は、日常的な物体における正規化への身体性および行為可能性の影響を実験的に示した初めての知見と言える。特に、物体をいかに扱うかという物体の行為知識については従来の物体認知研究はあまり議論されてきていなかった。本研究で示された結果は既存の物体認知理論をより一般的な物体の拡張していく上で、一般的な物体において運動系からの情報がどのように物体認知に関わってくるかを示す重要な知見と言えよう。本研究ではこのような促進をもたらす脳内メカニズムを検討することができなかったが、今後の研究において、脳機能イメージング実験を行うことによって検討する必要がある。その結果により、本研究の成果は運動系も考慮に入れた包括的な物体認知理論の構築に繋がるだけでなく、認知リハビリテーションといった臨床的な分野に対しても有益な知見を与えると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

① Sasaoka, T., Asakura, N., & Inui, T., Embodied object recognition: Biomechanical constraints of hand rotation affect facilitation of the view matching process, Perception, 査読有, 40, Supplement, 2011, pp.227.

② 笹岡 貴史, 朝倉 暢彦, 乾 敏郎, 手の生体力学的拘束に依存した物体の景観比較照合過程への促進効果, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, 査読無, 110(422), pp.45-50, 2011-02-14. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110008690035>

③ Sasaoka, T., Asakura, N., & Kawahara, T.: Effect of active exploration of 3-D object views on the view matching process in object recognition, Perception, 査読有, 39(3), 2010, pp.289-308. DOI:10.1068/p5721

④ Sasaoka, T., Asakura, N. & Inui, T., A visuomotor contribution to enhanced object recognition: Compatibility between object rotation and hand movement during active exploration, Perception, 査読有, 38, Supplement, 2009, pp.145.

〔学会発表〕(計 2 件)

① Sasaoka, T., Asakura, N., & Inui, T., Embodied object recognition: Biomechanical constraints of hand rotation affect facilitation of the view matching process. 34th Annual Meeting of the European Conference on Visual Perception, 2011 年 9 月 1 日, トゥールーズ.

② Sasaoka, T., Asakura, N. & Inui, T., A visuomotor contribution to enhanced object recognition: Compatibility between object rotation and hand movement during active exploration. 32nd Annual Meeting of the European Conference on Visual Perception, 2009 年月日, レーゲンスブルグ.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

笹岡 貴史 (SASAOKA Takafumi)  
京都大学・情報学研究科・助教  
研究者番号：60367456

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし