

平成 21年 6月 1日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700255
 研究課題名（和文） 物体認識における視覚・運動系の相互作用に関する認知科学的研究
 研究課題名（英文） A cognitive study on interactions between the visual and motor systems in object recognition
 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

研究成果の概要：三次元物体認知における能動的探索の効果について心理実験・MEGによるイメージング実験によって検討を行った。心理実験では、能動的探索において物体が手と同じ方向に動く条件において強い促進効果が見られたことから、実際に手を用いて運動することが重要な要因であることが示唆された。一方、MEGによる実験では、能動的運動により左頭頂葉の脳磁信号が減少することが示された。以上の結果から、能動的運動を通して、左頭頂葉で物体の動的な脳内表現が形成され、回転された物体のイメージ生成が容易になったことが示唆される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1100000	0	1100000
2007年度	1000000	0	1000000
2008年度	700000	210000	910000
年度			
年度			
総計	2800000	210000	3010000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：認知科学・認知科学

キーワード：認知科学，三次元物体認知，心的回転，MEG，頭頂間溝

1. 研究開始当初の背景

従来、三次元物体認知は視覚情報に基づいた腹側経路に基づく認知過程として説明されてきた。しかし、近年、物体認知において運動系の関与を示唆する報告がなされている。また、従来の研究で、新奇物体を被験者が能動的に回転させて景観の変化を観察することによって、新奇物体の景観の般化における促進が起こることが示されている (Sasaoka et al., 2005, Perception, 34, Supplement, 114)。このような物体認知における運動系の関与メカニズムについては明

らかにはなっていないため、これを明らかにすることによって、今までの物体認知モデルと一線を画した新しいモデルの提案が可能になると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では Sasaoka et al. (2005) の知見に注目し、能動的運動が物体認識成績を促進する条件をより詳細に心理実験を行って調べることにより、物体認知における運動系の関与についてモデル化を行う。

また、MEGによる脳機能イメージング実験

を行い、モデルの検証を行うとともに、その脳内メカニズムを明らかにすることを目的とする。

以上のアプローチをとることにより、物体認知における運動系の役割および、視覚・運動系の相互作用について明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 心理実験 1

Sasaoka et al (2005)では、被験者が新奇物体を -45° ~ 45° の範囲で垂直回転させ、景観の変化を能動的に観察した場合に、受動的に観察した場合より、垂直回転した景観の般化成績が有意に向上することが示されている。そこで、回転可能な範囲や方向を操作して、般化成績の向上が起こる条件について分析を行った。

(2) 心理実験 2

Sasaoka et al (2005)によって示された能動的観察による物体認識の促進効果が、単に能動性によるものか、実際手を用いて運動することによるものかを検証するため、物体を能動的に回転させる際に、物体と手の回転方向が一致している条件と不一致な条件で後の物体認識課題の成績を比較した。

(3) 心理実験 3

能動的観察による促進効果は、能動的観察を行った物体と同じカテゴリに属する、異なる物体の認識において観察されたことから、能動的観察によって物体カテゴリ特有の視点変換規則が獲得されたと考えられる。この視点変換規則の物体カテゴリに対する特異性について検証するため、あるカテゴリに属する物体の能動的観察が別のカテゴリに属する物体の認知を促進するか心理実験を行った。

(4) MEG による脳イメージング実験

MEGによって、景観の般化課題を行っている被験者の脳活動を測定した。MEG計測は2セッション行われ、能動的観察群 (Active 群) は2セッション目のMEG計測直前に、垂直回転 $\pm 45^{\circ}$ の範囲で物体の能動的観察を行った。受動観察群 (Passive 群) は、Active 群の被験者が行った能動的観察のリプレイを観察した。

また、角度差を持って経時呈示される2つの物体を比較照合しキー押しで判断を行う条件と、物体画像をスクランブルした画像を呈示して単にキー押しを行わせる条件間での脳活動の比較を行った。

4. 研究成果

(1) 心理実験 1

回転可能範囲を垂直回転 $\pm 60^{\circ}$ に拡大した場合は、垂直回転 -60° の景観のみ般化成績が向上する傾向が見られた (図 1 上)。観察時に用いた物体は、その後の般化課題で用いた物体と同じカテゴリの新奇物体ではあるが、異なる物体であったことから、被験者は観察時に景観を明示的に記憶していたのではなく、物体カテゴリ固有の視点変換規則を学習していたと考えられる。一方、 $+60^{\circ}$ の景観では成績向上が見られなかったことから、垂直回転の上下方向で視点変換規則の学習しやすさが異なることが示唆された。

トラックボールを水平方向に回転させることで水平回転 $\pm 45^{\circ}$ の景観を能動的に観察した場合では、般化範囲の拡大は見られるものの、有意に正答率が向上した景観は見られなかった (図 1 下)。

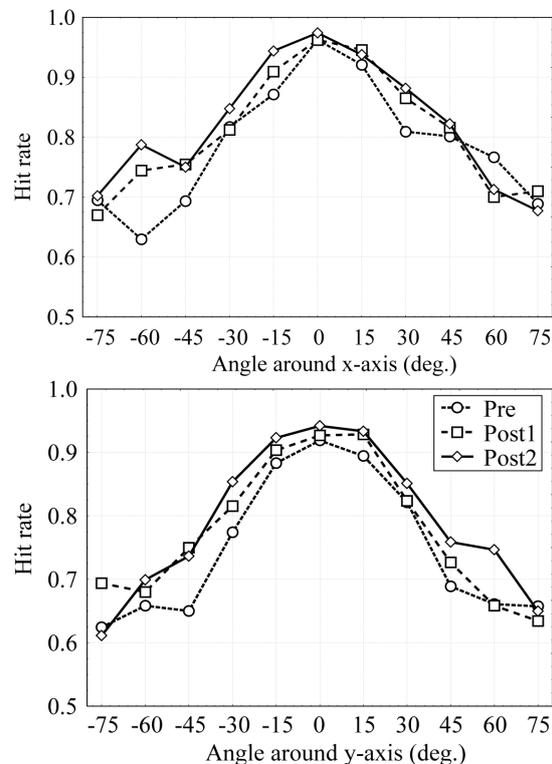


図 1. (上) 垂直回転 $\pm 60^{\circ}$ の範囲を能動的観察した条件での垂直回転の景観に対する般化成績 (下) トラックボールを横方向に回転させることで水平回転 $\pm 45^{\circ}$ の景観を能動的に観察した条件での水平回転の景観に対する般化成績 (○: 能動的観察前のセッション (Pre), □: 能動的観察後の第 1 セッション (Post1), ◇: 能動的観察後の第 2 セッション (Post2), *: $p < 0.05$)

(2) 心理実験 2

心理実験 1 において、水平回転の景観の能動的観察を行う際、被験者はトラックボールをロール方向に回転しており、画面上の物体の回転 (ピッチ) とは異なっている。心理実験 2 では、水平回転の能動的観察を行う際に、

ターンテーブルを手で回転して物体を回転させる、すなわち、手の回転方向と物体の回転方向が一致している条件で実験を行った。その結果、後の水平回転の景観に対する般化成績に有意な促進が見られた(図2)。さらに、その促進効果は時計回りの回転より、反時計回りの回転において見られた。このような促進効果の非対称性は、手の回転と物体の回転が一致していない場合には見られなかったことから、手の身体的制約に起因する可能性が考えられ、物体認知に身体性が関与することを示唆する結果と言える。

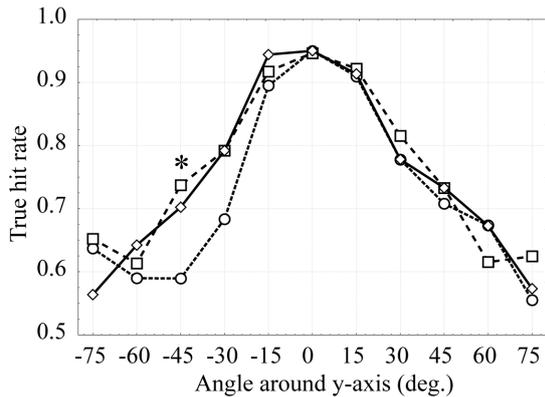


図2. ターンテーブルを水平方向に回転させることで水平回転±45°の景観を能動的に観察した条件での水平回転の景観に対する般化成績(○:Pre, □:Post1, ◇:Post2, *: p<0.05)

(3) 心理実験3

能動的観察が別のカテゴリに属する物体の般化成績に与える促進効果は限定的で、同じカテゴリに属する物体の般化成績に与える促進効果に比べて小さかった。この結果は、能動的観察によって物体カテゴリ固有の視点変換規則が獲得されていることを支持している。

(4) MEGによる脳イメージング実験

能動的観察群では、能動的観察後のセッションでテスト刺激提示後200-400msにおいて左半球の脳磁信号強度に有意な減少が見られた(図3)。一方、この傾向は、受動的に観察を行った被験者群では見られなかった。この時間帯は多くの被験者で左頭頂間溝周辺に磁場源が推定されており(図4)、左頭頂間溝は心的回転課題で活動が報告されている領域であることから、能動的運動によって心的回転にかかる負荷が減少した可能性が考えられる。

また、右運動前野に磁場源が推定される被験者がみられた。この結果は被験者が物体の景観の比較照合の際、運動イメージを利用して心的回転を行っていた可能性を示唆していると考えられる。

角度差を持って経時呈示される2つの物体

を比較照合し、キー押しで判断を行う条件と、物体画像をスクランブルした画像を呈示して単にキー押しを行わせる条件間の比較を行ったところ、左IPSやSPLといった後部頭頂葉の部位が前者の条件で特異的に活動することが示唆された。

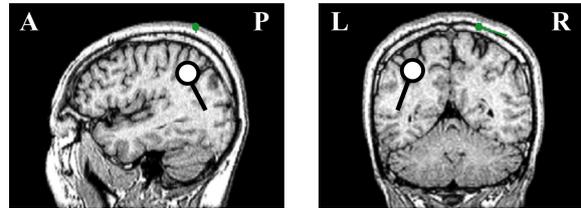


図3. 左頭頂間溝に推定された電流双極子

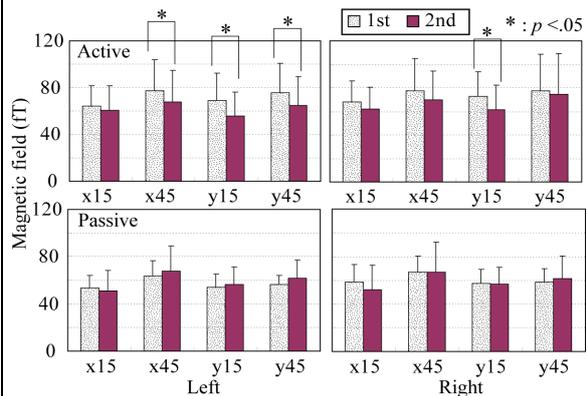


図4. 条件間でのRMS値の比較(上:Active群, 下:Passive群)

本研究では、一連の心理実験より、物体認知における能動的観察の促進効果は物体の回転方向と手の回転方向が一致しているときに顕著に起こることがわかった。また、物体の回転方向と手の運動方向が一致しているときに手の身体的制約が結果に影響を及ぼす可能性が示唆された。これらの結果は、物体の認知という従来視覚情報のみに基づいて行われていると考えられてきた認知過程において、身体性が強く関わっていることを示している。この成果は、従来の物体認知に関する研究とは一線を画すものであり、新しい物体認知モデルの可能性を示している。

一方、一連のMEGによる脳イメージング実験により、物体認知において背側経路の脳領域(後部頭頂葉・運動前野)が関わることが示され、能動的観察の促進効果が左頭頂葉に現れることが示唆された。左頭頂葉は従来の研究から、心的イメージの生成に関わっている(Sack et al., 2005, Science)ことが知られており、能動的観察によって、回転を加えた物体のイメージ生成にかかる負荷が減少したと考えられる。左頭頂葉と運動前野とは直接の神経結合が存在することから、運動系からの情報が左頭頂葉で利用されていたことが示唆される。このような、頭頂葉・運動関連領域のネットワークについては、今後

脳機能イメージング実験を行うことで、より詳細に調べていく必要がある。

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1件)

- ① 笹岡貴史、物体の能動的観察による認識促進効果における手の運動の役割、電子情報通信学会技術報告、HIP2008-101、69-74、2008、査読無

[学会発表] (計5件)

- ① 笹岡貴史、三次元物体の景観般化過程に関わる背側経路の脳磁図反応、日本心理学会第72回大会、2008年9月21日、北海道大学
- ② 笹岡貴史、能動的観察による視点変換規則獲得における手の運動方向の効果、日本認知心理学会第6回大会、2008年5月31日、千葉大学
- ③ 笹岡貴史、河原哲夫、物体認識における能動的運動の寄与とその学習効果(2)～回転軸および回転角度の効果についての検討～、日本心理学会第71回大会、2007年9月19日、東洋大学
- ④ 笹岡貴史、河原哲夫、能動的観察による視点変換規則獲得に関わる脳活動、日本認知心理学会第5回大会、2007年5月26日、京都大学
- ⑤ 笹岡貴史、河原哲夫、三次元物体認知における景観の比較照合過程に関わる脳内機構、日本認知心理学会第4回大会、2006年8月1日、中京大学

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