

## 身体映像の心的回転における運動野の活動

# Motor Area Activity during Mental Rotation of Hand and

## Object : A NIRS Study

田中 菜摘、嶋田 総太郎

Natsumi Tanaka, Sotaro Shimada

明治大学大学院電気工学専攻 明治大学理工学部  
School of science and technology, Meiji University, Japan  
[ce11057@meiji.ac.jp](mailto:ce11057@meiji.ac.jp)

### Abstract

Several studies have shown that mental rotation of hand activates the primary motor area. However, it is still controversial whether this activation is specific to mental rotation of a hand, or is also observed to that of an object. In the present experiment, the volunteers judged whether or not the target picture was congruent with the sample picture by rotating it in their mind. The sample picture was a right hand or an object (cup, scissors, stapler or tissues). The targets were produced by rotating the sample by 4 angles ( $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$  or  $180^\circ$ ). We found a significant difference in brain activity between the hand and the object conditions. The motor area was activated during mental rotation of a hand. This presumably implies that mental rotation involves the internal simulation of a hand action.

**Keywords – mental rotation, motor area, NIRS**

### 1. はじめに

人間の脳の運動野は、自分が行動するときだけでなく、他者の行動を観察しているときにも活動することが知られている。このように、自分の動作と他人の動作で鏡（ミラー）のように同じ反応を示す神経細胞をミラーニューロンと呼び、他者運動の視覚入力を自己運動へ変換する役割を持つものと考えられる。ミラーニューロンは最初、サルの前頭葉の F5 と呼ばれている領域（腹側運動前野の一部）で発見された。ヒトでは運動前野や頭頂葉、一次運動野（M1）などが同様の性質を持つことがわかっており、これらの領域を総称して、ミラーシステムと呼んでいる。

一方、いくつかの研究において、手の映像の心的回転を行っているときに運動野の活動が報告されている (Vingerhoets et al, 2002)。しかしながら、この活動は手の心的回転に特異的であるのか物の観察においても見られるのかは議論が続いている (Eisengger et al, 2007)。我々のグループによる以前の研究では、手の心的回転にミラーニューロンシステム（運動野を含む）が関係している可能性が示されている (Shimada & Abe, 2010)。この研究では、1人称視点よりも3人称視点で手の映像が呈示され

たときの方が、ミラーニューロンシステムの活動が大きいう結果が得られた。このことは、運動野は（物よりも）手の心的回転において強く活動するという仮説を示唆する。そこで本研究では、被験者が手と物の心的回転をするときの運動野の活動を、近赤外分光法（NIRS）を用いて計測した。

## 2. 実験

被験者は16名（男性10名、女性6名、年齢は20-23歳）に協力してもらった。サンプル画像の呈示1秒後にターゲット画像を見せ、被験者にサンプル画像とターゲット画像が心的回転により一致するかどうか、判断してもらった。サンプル画像は手（4種類）または物体（セロハンテープ、コップ、ティッシュ、ホチキス）の画像とした（図1）。ターゲット画像はサンプル画像と同じかあるいは反転したもので、それぞれを4つの角度（反時計回りに0°、60°、120°、180°）に回転させたものを用いた。

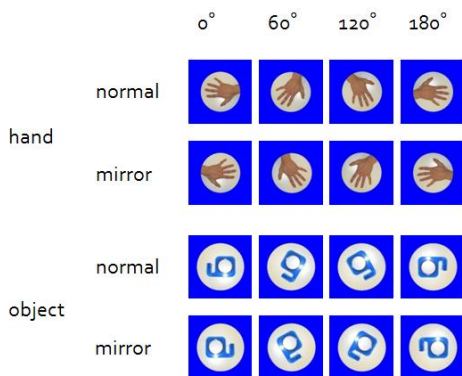


図1 実験刺激

各条件6回ずつ計48回ランダムに行った。タスクは5秒、タスク間のレストは10秒とした。実験中は左半球運動野（10/20システムのC3を中心とする9×9 cm<sup>2</sup>の領域、24チャンネル）の活動をNIRS（OMM-3000、島津製作所）を用いて計測した。NIRSは脳血液中のヘモグロビン変化量を非侵襲に測定し、酸化ヘモグロビン（oxy-Hb）、脱酸化ヘモグロビン（deoxy-Hb）、および総ヘモグロビン（total-Hb）の変化量を計測することができる。この中でoxy-Hbが脳活動を最も反映していると考えられており、本研究でもoxy-Hbを主な観測データとして扱う。

## 3. 実験結果

反応時間に関して、刺激（手 vs. 物体）と角度の2要因による2×4の分散分析を行った。その結果、手と物体との間で主効果は見られず（ $F(1,15)=0.40, P>0.1$ , 図2）、角度による主効果が見られた（ $F(3,45)=11.0, P<0.01$ ）。また、交互作用が確認できた（ $F(3,45)=8.90, P<0.01$ , 図2）。下位検定を行ったところ、手の0°と物体の0°以外の条件間で有意差が見られた。

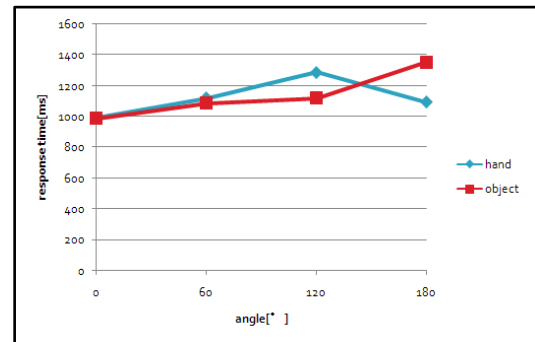


図2 反応時間

NIRSの測定結果について、反応時間と同様にして分散分析を行った。その結果、ch-21において手と物体の間で主効果が見られた（ $F(1,15)=6.82, P<0.02$ , 図3）。角度における主効果および交互作用は確認できなかった。

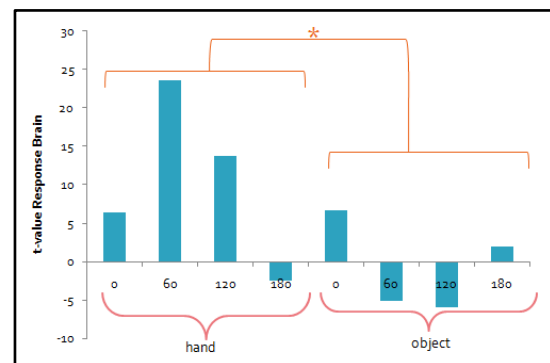


図3 条件ごとの脳活動 (ch-21)

## 4. 考察

本実験では手条件と物体条件の間で脳活動に有意差が見られた。このことは、物体の心的回転よりも手の映像の心的回転に運動野が大きく関わっていることを表している。手の心的回転における運動野の活動を角度ごとに見てみると、有意差はないものの、

普段行わない手の角度 (60° ,120° ) のときに活動が大きくなっていることがわかる。これはおそらく、判断を行う際に手の内的に回転させるプロセスを反映しているためだと考えられる。従って、本研究の結果は、運動野が手の心的回転に選択的に関与しているという仮説を支持するものといえる。運動野が、身体部位の心的回転に関係しているという結果は、ミラーシステムの他者身体から自己身体への変換メカニズムと深く関わっていると考えられ、今後さらに検討していきたい。

### 参考文献

1. Vingerhoets et al (2002), *NeuroImage* 17, 1623-1633.
2. Eisengger et al (2007), *European Journal of Neuroscience* 25, 1240-1244.
3. Shimada& Abe (2010), *Neuropsychologia* 48, 1930-1934.