

原著

## 左右手の動きの認知に関連する神経基盤

### NEURAL BASIS OF PERCEPTION OF RIGHT AND LEFT HAND MOVEMENTS

宮本礼子・菊池吉晃・妹尾淳史

Reiko MIYAMOTO, Yoshiaki KIKUCHI, Atsushi SENOO

#### Abstract

We performed functional magnetic resonance imaging (fMRI) on seven normal, right-handed volunteers while they viewed video clips of a static or moving hand, with fingers pointed toward the subject. Brain areas that showed significantly higher activation while viewing dynamic hands vs. static hands were the occipito-temporal area (BA19) contralateral to the observed hand, and the right ventral premotor area (BA6) and superior temporal sulcus (STS; BA22) regardless of the hand. Observation of the left hand significantly activated the right dorsal premotor area whether it was moving or static, while observation of the right hand significantly activated the somatosensory cortex when it was moving compared with when it was static. Therefore, perception of another person's moving hand was associated with the form processing of hand, biological motion analysis of hand movement, and inhibition of the tendency to imitate another person's moving hand.

**Key Words** : Occipito-temporal area, superior temporal sulcus (STS), right ventral premotor cortex, fMRI  
後頭側頭領域, 上側頭溝 (STS), 右腹側運動前野, fMRI

#### はじめに

我々が他者との円滑な communication をとるにあたり、日常的に他者の様々な運動的要素 (身体の運動、表情筋の運動など) を手がかりとして他者の動作を模倣し、あるいは他者の心理を予測している。中でも相手の動作やその身体的位置関係を認識するという機構は、一連の communication の初期段階として非常に重要である<sup>1)2)</sup>。

我々は、模倣のメカニズムに関する研究を行う過程において、被験者が模倣実行に際し向かい合う他者の右手と左手をそれぞれ模倣している時の脳活動に違いがあることを示した (Miyamoto et al. in preparation)。このことから、模倣以前に、向

かい合わせの位置で提示された左右手を認知する段階で、すでに脳内においてそれぞれ特異的な認知過程が機能している可能性が考えられる。

本研究では、提示される他者の左右手の動きを認知している際の脳機能特性を明らかにし、nonverbal communication において重要な情報を含む「手」という身体の一部をヒトがどのように認知しているのかについて見解を得る目的で、functional MRI (functional magnetic resonance imaging) を用い、向かい合った他者の手指動作を認知する際の脳活動について比較・検討した。

## 1. 実験方法

### 1.1 対象

神経学的な既往症のない健康成人女性7名(19.86±0.64歳)を対象とした。被験者はChapmanの利き手検査<sup>9)</sup>によって全員右利きと判断された。また、視力は全員、裸眼あるいは矯正視力で0.6以上であり、色盲・視野障害等のないことを確認した。すべての被験者において、事前に口頭と書面で十分に研究内容を説明し、研究協力の承諾を得た。本研究は、首都大学東京研究倫理審査規定に基づくものである。

### 1.2 課題

刺激は、テーブル上に置かれた手のレストポジションから、左右手指の持ち上げ運動を表す動画および静止画で構成した(図1)。これらの持ち上げ運動は動画条件・静止画条件に加えさらに左手・右手の条件を加えた4条件がブロックごとにランダムに現れるように作成し、2秒に1回の5指の指運動についてもランダムに出現するように構成した。運動は1ブロックにつき6種類出現し、課題は全40ブロックで構成された。6種類の課題中、5指の運動はすべて入っているわけではなく、また、同じ系列は3回以上続かないよう配慮した(例;中指が3回連続で続く、等の条件はランダム化した条件の中から除外した)。1ブロックは12秒とし、ブロック間に8秒のレストをいれた。動画の場合、被験者には環指および示指が運動していると判断される時に、瞬時に右手示指でマウスをクリックすることを要求した。静止画の場合は、バツ印が指の先端に現れ、その印が環指あるいは示指に現れた時に、瞬時に右手示指でマウスをクリックすることを要求した。この被験者の反応数はブロックごとに異なっているが、平均して9.6回の反応をするように構成し、且つ環指および示指の運動は全体として同数となるように調整した。右利きの被験者が右手に持ったマウスで課題に対して反応しようとする時、課題の右手は解剖学的に同一の位置関係にあり(解剖条件)、一方左手は鏡を見ている状態と同じ位置関係(鏡条件)となっている。なお、マウスクリックは、実験中の被験者の集中力を保たせる目的で行なわれた。

画像は、MRI撮像室内のスクリーン上に縦48cm、横100cm、スクリーンと被験者の眼との距離が145cm(視角/縦18.8度、横38.1度)とし、液晶プロジェクタによって投射した。

被験者には、運動予測を行わない、手指持ち上げ運動の回数をカウントしないことを指示し、一方でコンピュータを用いて被験者のボタンクリック回数をカウントした。

実験終了後、課題遂行結果や課題困難度などに関して、質問紙(自由記述)による簡単な主観評価を実施した。

### 1.3 fMRIの撮像と解析

本研究におけるfMRIの撮像は、1.5TのMR装置(Signa Horizon LX, GE社)を用い、GRE型EPI法によって行った。撮像パラメータは、TR 4000[msec], TE 90.5[msec], flip angle 80[°], matrix



図1. 課題画像の一例

被験者は動画を観察し示指および環指の持ち上げ運動、あるいは静止画を観察し、これらの指の上に目印が乗った際に、右手で把持したマウスのボタンをクリックするよう要求された。運動および目印は、5指すべてについて起こり、出現頻度は同等とした。また、出現する順番もランダムとした。

size 128×128 [pixels], FOV 240×240 [mm<sup>2</sup>], slice thickness 6.0[mm]とした。また、受信用コイルとして、バードケージ型 QD ヘッドコイルを用い、撮像範囲は小脳下部から頭頂までを含むようにした。

解剖画像としては、上記と同じ機器を用い、fast SPGR 法による T1 強調画像を用いた。撮像パラメータは、TR 26 [msec], TE 2.4 [msec], flip angle 30 [°], matrix size 256×256 [pixels], FOV 240×240 [mm<sup>2</sup>], slice thickness 2.0 [mm]とした。また、撮像範囲は小脳下部から頭頂までを含むようにした。

fMRI データの解析は、MatLab(MathWorks 社製)上で開発された SPM2 (Statistical Parametric Mapping)を用いて行った。解析は、realign, reslice, normalize, smoothing の後に集団データについて  $P=0.001$ (uncorrected for multiple spatial comparisons) で右手・左手・動画・静止画の4要因に関して ANOVA を実施した。その結果得られた賦活のうち、 $t \geq 6.10$ ,  $K_E \geq 10$  で有意な賦活部位を示す MNI (Montreal Neurological Institute) 座標を、それぞれのコントラストごとにまとめた。

## 2. 結果

### 2.1 課題遂行

実験中のマウスクリックの回数をカウントした結果、7名中3名でクリックミスが1回ずつ観察された。うち2名は1回多くクリックし、1名は1回少なくクリックしていた。

また、課題遂行に関する自己評価では、課題のやり易さ・やり難さについて、右・動画⇒左・動画⇒右・静止画⇒左・静止画の順に困難さが増したと答えたものが7名中4名、逆に7名

中3名が、右・静止画⇒左・静止画⇒右・動画⇒左・動画の順に困難さが増したと答えた。静止画・動画の間に感じられる困難さは個人差が大きく、その一方で左手は右手に比べて全般的に困難と感じられる傾向があった。

2.2 MRI データ

a) 左手 vs. 右手 (主効果) (表1、図2)

左手実行 vs. 右手実行では、右背側運動前野 (BA6)、右中側頭回 (BA22) に賦活が認められた。右背側運動前野 (BA6) における活動が強く観察された。

b) 動画 vs. 静止画 (主効果) (表2、図3)

動画 vs. 静止画においては、右腹側運動前野 (BA6)、右上・中・下側頭回 (BA20,21,22,37)、右下後頭回 (BA19)、左内側後頭回 (BA19)、右島皮質 (BA13)、右紡錘状回 (BA18) で賦活し、特に左内側後頭回の活動が最も強く認められた。

c) 右手; 動画 vs. 静止画 (表3、図4)

右手における動画 vs. 静止画では、右運動前野内側 (BA6)、右体性感覚野 (BA1,2)、右上・中・下側頭回 (BA20,22,37)、両側内側後頭回 (L>R、BA19)、左紡錘状回 (BA37) に有意な活動が見られた。中でも活動がもっとも高かったのは、左内側後頭回 (BA19) であった。

d) 左手; 動画 vs. 静止画 (表4、図5)

左手における動画 vs. 静止画では右上・中・下側頭回 (BA42,21,22,19)、左下側頭回 (BA37,20)、右上後頭回、左下後頭回 (BA19)、右紡錘状回 (BA19)、左舌状回 (BA18) に活動が認められた。このコントラストでは、右下側頭回における t 値が最も高かった。左舌状回については、活動範囲は限局しているものの、その活動は強く認められた。

表1 左手 vs. 右手 における活動部位

左手と右手の主効果における有意な活動部位を示す。左から活動部位、Brodmann area、座標、t 値 (t ≥ 6.10, K<sub>p</sub> ≥ 10)、voxel 数の順に P = 0.001(uncorrected for multiple spatial comparisons) で記載。

Location	BA	MNI coordinate			t	voxels
		x	y	z		
R precentral gyrus	6	52	-2	58	9.87	22
R middle temporal gyrus	22	60	-36	6	6.72	36

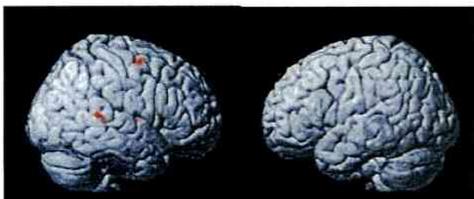


図2 左手 vs. 右手

左手提示と右手提示との主効果をあらわす。

主効果として右背側運動前野 (BA6)、右中側頭回 (BA22) に賦活が認められた。

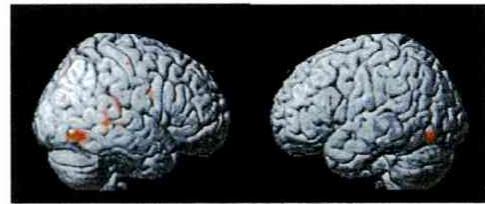


図3. 動画 vs. 静止画

動画と静止画との主効果をあらわす。

右腹側運動前野 (BA6)、右上・下側頭回 (BA20,21,22,37)、右下後頭回 (BA19,18)、左内側後頭回 (BA19)、右島皮質 (BA13) に活動が認められた。

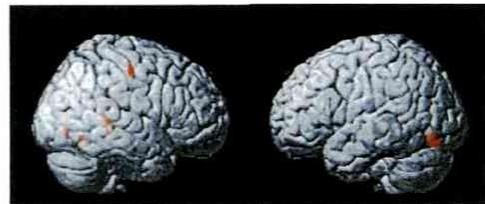


図4. 右手; 動画 vs. 静止画

右手課題における動画と静止画との差をあらわす。右運動前野内側 (BA6)、右体性感覚野 (BA1,2)、右上・中・下側頭回 (BA20,22,37)、両側内側後頭回 (L>R、BA19)、左紡錘状回 (BA37) に有意な活動が見られた。

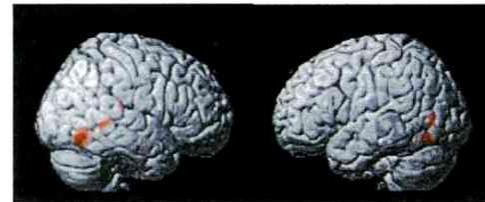


図5. 左手; 動画 vs. 静止画

左手課題における動画と静止画との差をあらわす。右上・中・下側頭回 (BA42,21,22,19)、左下側頭回 (BA37,20)、左下後頭回 (BA19)、右紡錘状回 (BA19)、左舌状回 (BA18) に活動が認められた。

3. 考察

今回の我々の結果では、右手の動画 vs. 静止画と、左手の動画 vs. 静止画の結果のうち、両方で共通して活動がもっとも高かったのは、いずれも後頭側頭領域 (BA19) であった。この領域はいずれの課題においても両側に活動が認められているが、右手課題の時はより左半球の内側後頭回の後方部 (t value = 16.62) が、右半球 (t value = 6.79) に比べて強く活動していたのに対し、左手課題の際には右下側頭回 (t value = 15.83) と左下後頭回 (t value = 10.55) が活動しており、右半球で優位であった。この2領域は共に Brodmann area 19 であり、座標も近傍に位置していた。また、左手課題の際には右紡錘状回、右手課題の際には左紡錘状回に活動が認められた。

これらの後頭側頭領域は、一般に形態視の経路と考えられて

表2 動画 vs. 静止画 における活動部位

動画と静止画の主効果における有意な活動部位を示す。  
もっとも強い活動を示したのは左内側後頭回 ( $t=11.53$ ) であった。また、右島皮質の活動が認められた。

Location	BA	MNI coordinate			t	voxels
		x	y	z		
R precentral gyrus	6	60	2	28	6.1	15
R insula	13	52	-30	20	7.65	65
R superior temporal gyrus	22	50	-26	0	13.6	31
R	22	56	-40	10	11.01	100
R	21	66	-40	0	6.59	100
R	20	58	-38	-8	6.22	100
R inferior temporal gyrus	37	50	-62	-12	9.82	244
L medial occipital gyrus	19	-46	-72	-14	11.53	82
R inferior occipital gyrus	19	50	-76	-14	7.45	244
R	18	36	-68	-6	6.67	244

表3 右手; 動画 vs. 静止画 における活動部位

右手が提示されているとき、静止画に比べて動画で有意に活動のあった領域を示す。ここでは、左内側後頭回の活動がもっとも強く ( $t=16.62$ )、右一次体性感覚野の活動も認められた。

Location	BA	MNI coordinate			t	voxels
		x	y	z		
R medial frontal gyrus	6	34	-6	40	6.93	12
R postcentral gyrus	1	52	-16	50	11.1	66
R superior temporal gyrus	22	60	-42	10	6.27	47
R	22	68	-36	4	7.69	47
R medial temporal gyrus	20	50	-38	-6	9.73	20
R inferior temporal gyrus	37	50	-60	-12	6.68	47
R medial occipital gyrus	19	50	-76	-8	6.79	23
L	19	-46	-74	-16	16.62	126
R central cerebral sulcus	2	62	-18	46	7.12	66
L fusiform gyrus	37	-38	-38	-32	6.42	10

いる<sup>10)</sup>。さらに紡錘状回は、映像における物体の位置の反対側の部位が選択的に活性化すると報告されている<sup>11)</sup>。この論文における提示刺激は、あたかも自分の手であるかのような位置関係にある手が物体をつかむという動きを観察させており、この時の、手ではなく物体の位置に選択的に反対側の紡錘状回が活動するとしている<sup>11)</sup>。しかし、我々の実験では向かい合わせの位置で手のみを提示した時にも、手の位置と反対側の部位の活性が認められた。このことから、少なくともこの後頭側頭領域に関しては静止画像に比べて動画では手の形態的特徴を処理する経路の活動性が高まったと考えられるほか、左右手の認知の違

表4 左手; 動画 vs. 静止画 における活動部位

左手が提示されているとき、静止画に比べて動画で有意に活動性があった領域を示す。ここでは右下側頭回 ( $t=15.83$ ) がもっとも強い活動性を示したほか、左舌状回の活動も比較的強く認められた。

Location	BA	MNI coordinate			t	voxels
		x	y	z		
R superior temporal gyrus	42	54	-28	16	8.09	26
R	22	58	-38	4	10.78	139
R medial temporal gyrus	22	56	-46	-2	7.47	139
R	21	66	-46	-2	5.95	139
L inferior temporal gyrus	37	-50	-72	4	7.58	53
L	37	-52	-62	-12	6.84	85
R	20	46	-24	-14	7.04	18
R	19	52	-66	-14	15.83	324
L inferior occipital gyrus	19	-48	-70	-16	10.55	85
R fusiform gyrus	19	40	-68	-8	6.97	324
L lingual gyrus	18	-6	-92	-10	13.11	44

いによる影響も考えることが出来る。ただし、主効果のコントラストを見る限り、左右手の違いよりも動画・静止画の違いによる影響が大きかったと思われる。

さらに、左手課題の時に、左舌状回において、局所ではあるが強い活動性を示した ( $t$  value=13.11)。Koskiらは、われわれと類似した実験課題を用いている<sup>12)</sup>。被験者が右手で向かい合わせの手(左手)の動作模倣実行中とコントロール課題との比較を行なった結果、我々の結果と同様に左舌状回の活動が認められた。この場合、模倣という特殊な認知運動行為が含まれているものの、我々の実験における単純な動作観察でもやはり左半球に顕著な賦活が認められたことから、これは鏡の位置関係にある手を認知する際に特有の活動と捉えることが出来る。したがって、形態認知処理を行なう際に、対象がリアルに動いているか、人の手の場合は右手なのか左手なのか、後頭葉底部周辺の活動にとって重要な要因であると考えられる。

次に、右手課題・左手課題共に、右上側頭回近傍 (BA22) で同様の活動が認められた (右手: 68, -36, 4 / 左手: 58, -38, 4)。この領域は、先行研究において biological motion、Theory of Mind 等に非常に関連性が深いとされる<sup>11), 13)</sup> STS (superior temporal sulcus) に近接していた。近年の報告では、ヒトの身体の一部を提示された時に反応する領域として、EBA (extrastriate body area) があげられている<sup>8), 14-17)</sup>。今回我々は、動画および静止画を用いた時の右手と左手の観察に対する反応の差を見ているため、今回 EBA の活動性は相殺されたものと考えられる。EBA と STS の共通項は、“ヒト”に対する反応性が高いことであるが、EBA は体のパーツ、それもよりリアルなヒトの体のパーツに対する反応性が重要視されており、さらに運動の観察のみならず、被

験者自らが運動実行をしている時にも活動することが報告されている<sup>17)</sup>。これは動作を視覚的に誘導しながら、自身の体の空間的位置関係を理解する際に重要な働きをすると考えられている<sup>17)</sup>。

一方 STS は、他者との関係性の中で自己を意識し、他者を通じて自己の身体および心理的意図などを学習するために非常に重要な役割を果たす可能性が示されている<sup>18)</sup>。我々は、他者の簡単な運動を模倣している際の被験者の脳内活動について以前検討しているが、模倣時にも STS の活動性は高く、非利き手での解剖条件下での模倣において左半球にその活動を認めた。しかし本研究においては、STS の活動は右半球に特化していた。先行研究では、biological motion 刺激の観察中、右 STS の活動が高まると報告されている<sup>13)</sup>。今回動画 vs. 静止画でこの領域の活動が認められたことから、右 STS は動画条件の持つ生物学的な動きの分析を行っている可能性が示唆される。

以上のことから、我々の実験において、被験者の動画に対する反応は、右手・左手の影響よりも、その動きの分析による影響が脳活動となって現れたといえる。

次に、動画 vs. 静止画の主効果の差異では、右腹側運動前野が活動した ( $t$  value = 6.10)。これに関しても、活動が右半球に限定しているところから、運動による直接的な影響ではないと思われる。そのほかの影響としては、動画条件における「対象が動いている」ことによる影響だが、対象が動いている時、運動を正確に実行するために、起こりうるほかの運動の抑制を行なっている可能性が考えられる。先行論文<sup>19)</sup>では、スイッチング課題のような前頭葉検査実施中、右腹側運動前野の活動が観察されており、この領域は条件以外の反応を抑制する働きがあると報告されている。今回のマウスクリック課題を被験者が達成するためには、決められた条件を保持し、その条件にピンポイントで反応する Go-NoGo 課題の要素が含まれている。したがって、NoGo 条件において運動を抑制することと類似した反応がこの領域で起こっていたと考えられる。さらに動画条件の方が、つられる反応を起こしやすくなり、適切な条件でのマウスクリック課題達成のために、つられそうになる反応を抑制する必要があったと考えられる。

同じ BA6 の活動でも左手課題 vs. 右手課題においては、右背側運動前野 (BA6) における活動がもっとも強く観察された ( $t$  value = 9.87)。この領域近傍は、右手課題の動画 vs. 静止画の時にも右半球で観察されているが、左手課題の動画 vs. 静止画では認められない。このことから、左手課題実行時は動画時でも静止画時でもほぼ同等にこの領域が活動しており、なおかつその活動性は右手課題の動画観察時のものよりも大きいということがいえる。つまりこの領域の活動は、右手に対する左手観察時の特性として捉えることが出来る。右手課題も左手課題も、マウスクリックしているのはいずれも右手であることから、この反応は直接運動実行したことによる影響とは別の要因があると考えられる。サルを使った動物実験では、行なうべき運動に

関連付けられた外部刺激に反応して、運動の準備状態を形成するために、背側運動前野が重要な役割を果たしていることが示されている<sup>20)</sup>。また MRI 実験では、より複雑で緻密な運動になると右半球に活動が認められるとの報告もある<sup>21)</sup>。今回なぜ右半球に特化してこのような反応が認められたのかについては推測の域を出ないが、特定の視覚刺激に反応してマウスで応答するという過程で、運動準備状態の構築に背側運動前野が関与していたと考えることができる。この反応が左手条件で強く現れたのは、課題を達成するにあたり左手条件はより被験者にとって課題がより複雑だったためと考えることが出来る。このことは、主観評価の結果からも示唆される。

動画 vs. 静止画では他にも、右島皮質の活動が観察された (52, -30, 20,  $t$  value = 7.65)。島皮質は近年、人体の生理学的機能に直接関連する役割の他にも、情動に関わる表情認知への関連性や、他者認知・自己意識への関わりが示唆されている<sup>7)</sup>。右手の動画 vs. 静止画においては、右一次体性感覚領域 (BA1) の活動が左手と比べて特徴的に現れた (52, -16, 50,  $t$  value = 11.1)。一次体性感覚野は近年、自他認識の問題と関連して、特に他者から自分を区別する機能を持っている可能性が報告されている<sup>22)</sup>。しかしながら、我々の実験におけるこれらの領域の活動理由については今のところ不明である。その解明には、今後の研究を待たなければならない。

#### 4. 結論

本研究では、functional MRI (functional magnetic resonance imaging) を用い、向かい合った他者の手指動作を認知する際の脳活動について検討した。

その結果、左右手に関わらず、動画 vs. 静止画において後頭側頭領域 (BA19) の活動が、観察している手とは反対側の脳半球に最も強く観察された。また、右腹側運動前野、右上側頭回近傍 (BA22) にも活動が認められた。

動画・静止画に関わらず左手課題特有の活動として、右背側運動前野が活動した。また、右手の動画に特有の活動として右一次体性感覚野の活動も観察された。

以上のことから、観察手に関わらず、動画では手の形態的な特徴を処理する後頭側頭領域の活動性が高まったと考えられた。また、STS では、その生物学的な動きの分析を行っている可能性も示唆された。右腹側運動前野は、動画の示す生物学的な動きに無意識に反応しようとするのを抑制する働きが考えられた。一方、左手 vs. 右手では、右背側運動前野は右腹側運動前野からの情報を統合し、抑制するべき運動を実運動の準備状態に反映させる働きをしていた可能性が考えられた。

#### 《謝辞》

実験および論文作成にあたり、多くのご指導をいただいた諸

先生方に、深謝申し上げます。また、実験を実施するに当たり、ご協力いただいた被験者の皆様に感謝いたします。ありがとうございました。

《参考文献または引用文献》

- 1) K.Vogel, G.R.Fink: Neural correlates of the first-person-perspective. *TRENDS in cognitive sciences*, 7(1), 38-42, 2003
- 2) J. Decety, T. Chaminade: When the self represents the other; A new cognitive neuroscience view on psychological identification. *Consciousness and cognition*, 12, 577-596, 2003.
- 3) P.L. Jackson, E. Brunet, A.N. Meltzoff, J. Decety: Empathy examined through the neural mechanisms involved in imagining how I feel versus how you feel pain. *Neuropsychologia*, 44, 752-761, 2006.
- 4) R. Saxe, N. Jamal, I. Powell: My Body or Yours? The Effect of Visual Perspective on Cortical Body Representations. *Cerebral cortex*, 16, 178-182, 2006.
- 5) L.Q. Uddin, J.T. Kaplan, I. Molnar-Szakacs, E. Zaidel, M. Iacoboni: Self-face recognition activates a frontoparietal "mirror" network in the right hemisphere: an event-related fMRI study. *Neuroimage*, 25, 926-935, 2005
- 6) J. Decety, J. Grezes: The power of simulation: Imaging one's own and other's behavior. *Brain Research*, 1079, 4-14, 2006
- 7) T. Chaminade, A.N. Meltzoff, J. Decety: An fMRI study of imitation: action representation and body schema., *Neuropsychologia*, 43, 115-127, 2005
- 8) K. J. Wheaton, J.C. Thompson, A. Syngeniotis, D.F. Abbott, A. Puce: Viewing the motion of human body parts activates different regions of premotor, temporal, and parietal cortex. *Nuroimage*, 22, 277-288, 2004
- 9) L.J. Chapman, J. P. Chapman: The measurement of handedness. *Brain and Cognition*, 6, 175-183, 1987
- 10) M. Minshkin, L.G. Ungerleider : Contribution of striate inputs to the visuospatial functions of parieto-preoccipital cortex in monkeys. *Behav.Brain Res*, 6, 57-77, 1982
- 11) L. Shmuelof, E. Zohary.: Dissociation between Ventral and Dorsal fMRI Activation during Object and Action Recognition. *Neuron*, 47, 457-470, 2005
- 12) L. Koski, M. Iacoboni, M.C. Dubeau, R. P.Woods, J. C. Mazziotta : Modulation of Cortical Activity During Different Imitative Behaviors. *Journal of Neurophysiology* , 89, 460-471, 2003
- 13) K.A. Pelphrey, Y. V.Mitchell, M.J. McKeown, J. Goldstein, T. Allison, G. McCarthy: Brain Activity Evoked by the Perception of Human Walking: Controlling for Meaningful Coherent Motion. *The Journal of Neuroscience*, 23 (17), 819-6825, 2003,
- 14) C. Urgesi, G. Berlucchi, S.M. Aglioti: Magnetic Stimulation of Extrastriate Body Area Impairs Visual Processing of Nonfacial Body Parts. *Current Biology*, 14, 2130-2134, 2004
- 15) S.V. Astafiev, C.M. Stanley, G. L. Shulman, M. Corbetta: Extrastriate body area in human occipital cortex responds to the performance of motor actions. *Nature neuroscience*, 7(5), 542-548, 2004.
- 16) M.V. Peelen, P. E. Downing: Is the extrastriate body area involved in motor actions? *Nature neuroscience*, 8 (2), 125-126, 2005
- 17) P. E. Downing, Y. Jiang, M. Shuman: A cortical area selective for visual processing of the human body. *Science*, 293(28), 2470-2473, 2001
- 18) R. Saxe, N. Kanwisher: People thinking about thinking people The role of the temporo-parietal junction in "theory of mind". *Neuroimage*, 19, 1835-1842, 2003.
- 19) A.R. Aron, T. W. Robbins, R.A. Poldrack: Inhibition and the right inferior frontal cortex. *TRENDS in cognitive science*, 8(4), 170-177, 2004
- 20) M. Shimodono, A. Mikami, K. Kubota: Visual receptive fields and movement fields of visuomovement neurons in the monkey premotor cortex obtained during a visually guided reaching task. *Neuroscience Research* 29, 55-71, 1997.
- 21) H.H. Ehrsson, A. Fagergren, T. Jonsson, G. Westling, R.S. Johansson, H. Forssberg.: Cortical activity in precision-versus power-grip tasks: an fMRI study. *The American Physiological Society*, 83, 528-536, 2000
- 22) P. Rudy, J. Decety: Effect of subjective perspective taking during simulation of action; a PET investigating of agency. *Nature neuroscience* 4(5), 546-550, 2001

---

《連絡先》

宮本礼子

〒116-8551 東京都荒川区東尾久 7-2-10

首都大学東京 大学院 保健科学研究科

TEL 03-3819-1211

Mail address miyamoto@post.metro-hs.ac.jp

(2006年6月8日受付, 2006年11月10日採用決定, 討論受付期限2007年11月末日)