

原著論文

利き足と非利き足の運動イメージ生成に関する脳活動の相違に関して

—被験者自身と第三者の右足趾及び左足趾の一人称イメージを用いたf-MRI研究—

牧野 均・生駒 一憲*

(2017年1月5日受稿)

抄録： 運動イメージ課題をリハビリテーションに効果的に応用するために、一人称イメージを用いて利き足と非利き足の運動イメージ想起の違いに着目し、機能的磁気共鳴画像法（以下 f-MRI）を用いて脳活動部位の比較を行った。対象は、全例右利き足で、右下肢（利き足）課題群 20 名、左下肢（非利き足）課題群 17 名である。結果、右下肢課題群は、左下肢課題群と比較し、第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても、左右の BA40 (SMG: supramarginal gyrus, 縁上回) と右 BA10 (前頭極) 及び左 BA21 (MTG: Middle temporal gyrus, 中側頭回) の活動が増加することが示唆された。しかし、左下肢課題群は、右下肢課題群と比較して、有意に賦活する部分がなかった。この結果から、一人称イメージを用いた場合、自己の映像と他者の映像に関わらず、利き下肢運動時には脳半球を両側性に左右 SMG・右 BA10・左 BA21 が、運動イメージ作成に関与するが、非利き下肢は運動イメージ作成が困難である可能性が示唆された。非利き足のリハビリテーションには、模倣運動のみならず、他の刺激を併用する必要があると考える。

キーワード：運動イメージ、一人称イメージ、利き足・非利き足、縁上回、前頭極

I. はじめに

脳の右半球と左半球の機能的左右差の報告が多数されている。聴覚野の研究では、聴覚野の優位半球と言語野の優位半球は別にあるという報告がある¹⁾。頭頂葉も報告があり、右半球の頭頂葉の電気刺激では対側の手、腕、足を動かす意思や欲求の誘発、左半球の頭頂葉の電気刺激では唇の動きや話したい意思や欲求が誘発された²⁾。

運動イメージを用いた研究でも脳の左右差が報告されている。三人称イメージを運動に結び付けて想起する場合、Rubyは、右下頭頂小葉が活動したと報告している³⁾。我々の研究でも、一人称イメージを運動イメージに結びつけて想起した場合、運動実行課題では左頭頂間溝前部、運動イメージ課題では左腹側運動前野が賦活傾向にあっ

た⁴⁾。

運動イメージは、一人称イメージと三人称イメージに分けられる。一人称イメージは自分から突き出たあたかも自分が行っているかのような運動イメージであり筋感覚的イメージとも呼ばれる。三人称イメージは他者が行っているのを見ているかのような運動イメージであり視覚的運動イメージとも呼ばれる。

先行研究では、実際に運動を行うことなく運動イメージを想起することで神経機構に対し効果を生ずるとしている^{5) 6)}。運動イメージを想起することは、直接筋肉活動に影響を与えず運動のプランニングやプログラム等のより高次のレベルでの活動に関与する⁷⁾。つまり、何らかの障害にて随意運動を障害された場合、中枢レベルでの機能を

維持する有効な手段であると考えらる。

リハビリテーションにおいては、麻痺した手足の治療に際し、治療者・セラピストが介助または自動介助運動を行いつつ被験者に運動をイメージしていただく治療を行う場合も多い。この場合は、被験者自身の一人称イメージを応用したりリハビリテーションと考えることができる。また、治療者・セラピストが隣に座り、セラピスト自身の手足を動かしつつ被験者の運動をイメージしていただく治療を行う場合も多い。この場合、第三者の一人称イメージを応用したりリハビリテーションと考えることができる。

よって、効果的なりハビリテーション実施には、一人称イメージ時の神経メカニズムの理解に向けた脳活動の解明が必要である。

一方、大脳皮質において、一次運動野は反対側支配が中心となる。しかし、脳梗塞の運動障害に関する高次の運動関連領域の報告では、梗塞部位と同側の運動前野や補足運動野の障害を認めた報告や⁸⁾、梗塞部位と反対側の運動前野や補足運動野の障害を認めた報告があり^{9) 10)}、Calauttiは、運動前野や補足運動野は運動野を介さず両側性に脊髄へ信号を送るとしている¹¹⁾。

f-MRIによる運動イメージの先行研究において、Oostra²⁸⁾は、脳血管障害の運動イメージの低さと左被殻、左腹側運動前野、前頭葉と頭頂葉・後頭葉を結ぶネットワークの損傷との高い関係性について報告を行っている。一方、脳血管障害者と健常者の比較研究において、Li²⁹⁾は、左半球脳血管障害による右片麻痺者と健常者とを比較し、非損傷側である右半球の運動前野と一次運動野の結合が強まることを示した。

しかし、ヒトには機能的な非対称性があり²⁴⁾、右利きは約88-90%、左利きは約10-12%とされている²⁵⁾。

このように脳の右半球と左半球の機能的左右差が指摘されながらも、いまだ厳密な定義づけは困難であり、高次の機能では左右の統合が示唆されている。

これらの先行研究により我々は、リハビリテーションを行う上で、一人称イメージによる運動を利き肢と非利き肢に行い、脳賦活の相違をみることが不可欠と考える。

そのため、今回我々は非侵襲脳機能測定法であるf-MRIを用いて健常者の利き肢と非利き肢の運動に関する課題中の賦活を測定し、比較検討することを試みた。

我々は先行研究において、利き下肢に対し一人称イメージと三人称イメージでの運動イメージ課題を用いた場合の脳活動の比較研究を報告した³¹⁾。

今回、新たに利き下肢である右下肢に対し一人称イメージを用いた場合の脳活動と非利き下肢である左下肢に対し一人称イメージを用いた場合の脳活動の測定を行い、利き下肢と非利き下肢の左右下肢運動の脳活動の比較を行った。

しかし、f-MRIは重篤な副作用を起こす可能性は低いものの、絶対的な安全性が保障されているわけではない。いわゆる脳血管障害による片麻痺症状を呈した症例の症状と、健常者に対して十分なインフォームドコンセントを得たうえで³⁰⁾、f-MRIを測定した結果により得られた脳賦活との相違を比較検討することは、今後の治療を考えるためにも非常に有用と考える。このため本研究では、まず健常者の資料を収集することとする。

また、Poldrack^{22) 23)}のように、このような逆推論に疑問を呈する報告もある。しかし、健常者での脳賦活状況を知ることにより、臨床で脳血管障害者に対し行動レベルでの課題を施行し理解を深めることも可能と考える。

今回我々は、被験者自身の一人称イメージと第三者の一人称イメージにて運動イメージ課題と運動実行課題を、右下肢課題群と左下肢課題群の両群に行い被験者自身と第三者の運動イメージでの脳賦活部位の違いを検討し、さらに利き下肢群としての右下肢課題群と非利き下肢群としての左下肢課題群の両群を比較することで脳活動の相違に関して知見を得たので報告する。

II. 対象と方法

1. 対象

神経学的既往のない健常な成人男女37名（男性19名，女性18名，平均年齢 21.4 ± 0.62 歳）が参加した。視力の悪い被験者に関してはMRI検査用メガネを着用し，視力を0.7以上に矯正した後に撮像を行った。全例，事前にチャップマンの利き手利き足テストを行い²⁶⁾，右手右足共に右利き者のみ測定に参加した。参加者は無作為に2群に分けた。

【一人称イメージ：右下肢課題群】

健常成人男女20名（男性10名，女性10名，平均年齢 21.3 ± 0.64 歳）。

【一人称イメージ：左下肢課題群】

健常成人男女17名（男性9名，女性8名，平均年齢 21.4 ± 0.60 歳）。

すべての被験者は，北海道大学医学研究科・医学部「医の倫理委員会」の審査に基づくアンケート調査と十分な説明の後，同意書に署名の上，ボランティアとして今回の測定に参加した。

2. 方法

課題はブロックデザインとし，MRI装置の中から背臥位にてプリズムメガネにてスクリーン上に投影された足趾動作の映像の指示に基づき，運動

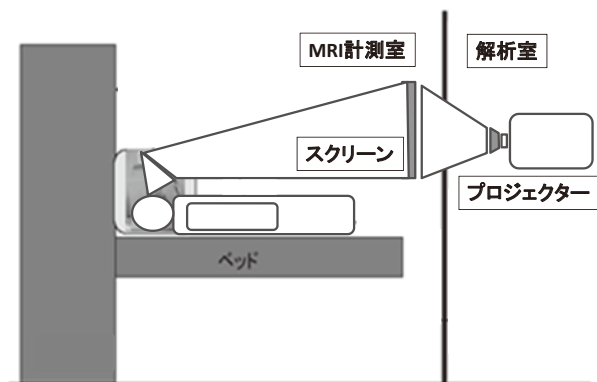


図1 f-MRI測定模式図

MRI装置の中からプリズムメガネにてスクリーン上に投影された映像と指示に従い課題を遂行する。

イメージ課題および運動実行課題を行うこととした（図1）。

測定後各群内にて運動イメージ課題と運動実行課題および「見る」課題の各課題間の脳活動の比較を行った。その後，運動イメージ課題と運動実行課題において一人称イメージ右下肢課題群と一人称イメージ左足課題群の脳活動について群間比較を行った。

スクリーンに投影される映像は，両群ともに被験者自身と第三者の一人称イメージ（下から突き出した足）の映像である（図2-A, B）。映像は，あらかじめ撮影した被験者自身の足趾映像と他者の映像を組み合わせた（図3-A, B）。被験者自身の映像と第三者の映像は予想がつかないようランダ



図2-A 一人称イメージ：右下肢課題

左図：あらかじめ撮影した被験者自身の映像
右図：あらかじめ撮影した第三者の映像



図2-B 一人称イメージ：左下肢課題

左図：あらかじめ撮影した被験者自身の映像
右図：あらかじめ撮影した第三者の映像

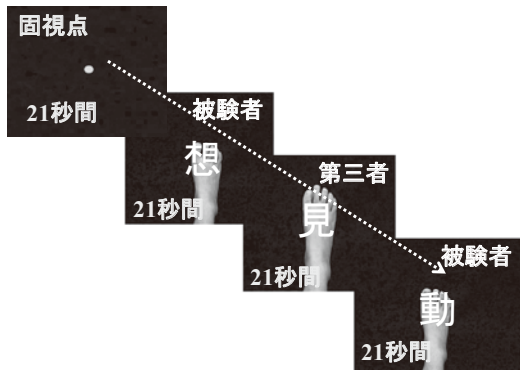


図3-A 一人称イメージ：右下肢課題群の提示

あらかじめ撮影した被験者の一人称イメージ右下肢映像と第三者の一人称イメージ右下肢映像をランダムに同回数組み合わせ、4分12秒間の課題を2セッション行った。映像と映像の間に中心の点を見つめる固視課題を行った。指示は「想」が運動イメージ課題、「見」が映像を見る課題、「動」が運動実行課題とした。「想」「見」「動」の課題指示は、21秒間の課題中の最初の1秒間に映像と重ねて提示した。

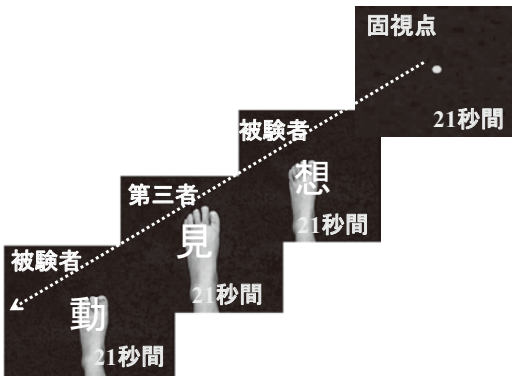


図3-B 一人称イメージ：左下肢課題群の課題提示

あらかじめ撮影した被験者の一人称イメージ左下肢映像と第三者の一人称イメージ左下肢映像をランダムに同回数組み合わせ、4分12秒間の課題を2セッション行った。映像と映像の間に中心の点を見つめる固視課題を行った。指示は「想」が運動イメージ課題、「見」が映像を見る課題、「動」が運動実行課題とした。「想」「見」「動」の課題指示は、21秒間の課題中の最初の1秒間に映像と重ねて提示した。

表1 足趾動作の基本パターン映像の種類

		パターン	
第三者の映像	イメージ	リズムが異なる2種類	パターンa パターンb
	見る	リズムが異なる2種類	パターンa パターンb
	運動実行	リズムが異なる2種類	パターンa パターンb
被験者自身の映像	イメージ	リズムが異なる2種類	パターンa パターンb
	見る	リズムが異なる2種類	パターンa パターンb
	運動実行	リズムが異なる2種類	パターンa パターンb

把持動作は、被験者に予測させないよう一定でないリズムとし、リズムが異なるパターンaとパターンbを準備し組み合わせた。

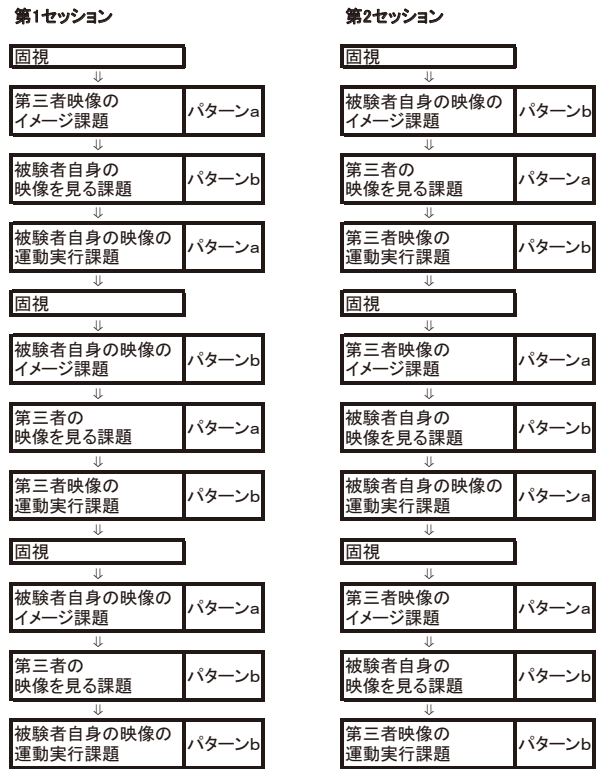
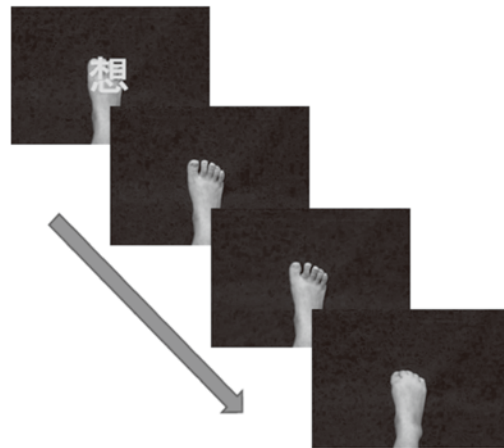


図4 一人称イメージ課題の足趾動作の基本パターン

被験者自身の一人称イメージ、第三者の一人称イメージともに図の順にて課題を行った。各課題は、課題指示の1秒間を含む21秒間とした。表1のように、一定ではないリズムの異なる「a」と「b」の二つのパターンを用意し、運動を予測させないように工夫した。



課題指示 開く 一趾握る 四趾握る

図5 一人称イメージ課題の足趾動作の基本パターン

一人称足趾動作基本パターンは、1秒間の課題指示後、足趾を開いた状態から一趾握りそして残り四趾を握る動作とした。一連の動作は21秒間に9回行い、被験者に予測させないよう一定でないリズムで行った。また映像を2パターン準備し組み合わせた。この課題を、被験者自身と第三者の映像で「想」課題、「見」課題、「動」課題の3種類を行った。

ムに組み合わせた (図 4)。また、課題の練習用の映像を別途作成し、被験者自身の下肢映像と第三者の下肢映像を正確に区別できることを確認の上、測定を行った。

提示する映像の足趾動作の基本動作パターンは、どの課題でも足趾を開いた状態から一趾握り、そして残りの四趾を握る動作とした (図5)。

課題は、映し出された映像の足趾を握る動作に合わせて被験者の足趾を、実際には握らずに握ろうとイメージする運動イメージ課題と動く足趾映像を見る課題と実際に握る運動実行課題を組み合わせることとした。運動イメージ課題は「想像」の「想」の字を用いて指示し提示を行った。この課題指示の文字の「想」は、映像最初期の1秒間提示した。同様に見る課題には「見」の字を用い、運動実行課題には「動」の字を用いて課題の指示を行った (図3-A, B)。

また、固視課題は、中心に黒地で白抜きの小さい「・」(点印)を入れ、課題時間中は中央の点を固視するものとした。

投影される映像の、一足趾握る、残り4足趾握る、の一連の動作は、課題提示1秒間を含む21秒間に9回行った。この把握動作は、被験者に予測させないよう一定でないリズムで動く映像とした。また、この21秒間の映像はリズムが異なる2パターンの映像を準備し組み合わせた (表1, 図4)。

すべての課題を21秒間としたブロックデザインとし、それぞれのパターンを図4のように組み合わせて4分12秒課題映像として2セッション行った。

また、スクリーン上で足趾の動作と動作指示の映像は、視野角2度以内に収まるよう投影画像を調節し眼球運動を抑制するよう工夫して全測定を行った。

この設定の上で、左右下肢課題群内の運動イメージ課題と運動実行課題、および「見る」課題

群の比較、被験者自身の一人称イメージと第三者による一人称イメージの群内にて比較検定、その後、右下肢課題群と左下肢課題群の群間比較の検討を行った。比較は各イメージ間の脳賦活の差分を用いた。

3. f-MRIデータの測定と解析

f-MRIの撮影は、北海道大学医歯学総合棟MRI室GE製MRIスキャナSigna Lightning (1.5T) を用いた。撮像パラメータは、TE 40ms, TR 3000ms, Flip Angle 90°, Slice Thickness 4.0mm, gap 1.0mm, voxel size 2mm, スライス枚数22である。

解析は、MathWorks社製数値計算ソフトMatlabとSPM12を組み合わせて行った。得られたf-MRIデータは、SPM12上にて頭部の動きを補正するための realignment を行った後、Slice timing correction 及び Coregistration を行い、Montreal Neurological Institute (以下MNI) 標準脳に変形するための Normalisation, 空間的平滑化を行う Smoothingを8mmとして前処理を順次行った。前処理したf-MRIデータを個人解析した後、集団解析を行った。

集団解析の統計処理は、一人称イメージ右下肢課題群と一人称イメージ左下肢課題群の各群内においてSPM12上の多重比較補正を用いる family wise error (以下FWE) の $p < 0.05$ で統計的推論を行った。各群内での比較では、2要因とも対応がある2元配置分散分析の交互作用の検討を行った。分散分析を行う際、要因1は「誰の映像を見たか。」とし水準を「被験者自身」と「第三者」の2水準、要因2は「課題の種類」とし水準を「運動実行課題」・「運動イメージ課題」・「見る課題」の3水準とした。

一人称イメージ右下肢課題群と一人称イメージ左下肢課題群の群間比較の統計処理は、各課題間で Two-sample t-test を行った。その後、各群間においてSPM12上のFWEの $p < 0.05$ で統計的推論を行った後、傾向を判断するためにSPM12上の仮説検定である uncorrected を用いて $p < 0.001$ で統計

的推論を行った。

脳賦活部位の同定は、SPM12で出力される標準脳のMNI座標系をMATLAB上でmni2talにて変換し、その後Talairach Daemon ClientにてTalairach座標に変換して脳活動部位の決定を行なった¹²⁾。

Ⅲ. 結果

1. 一人称イメージ：右下肢課題群の群内比較

右下肢課題群内にて群内比較を行った。分散分析による交互作用を認めなかった。

右下肢課題群では、一人称イメージとして第三者の動く足趾映像を見ながら運動イメージ課題を行った場合、有意に活動する部位はなかった。

一人称イメージとして被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動イメージ課題を行った場合、右BA19 (V3:視覚連合野) 近傍部の活動が増加した。(表2)。

被験者自身の足趾映像による運動イメージ課題と第三者の映像による運動イメージ課題間の比較では有意な差を認めなかった。また「見る」課題においても有意な差を認めなかった。

一人称イメージとして第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、左BA37 (FG:

Fusiform gyrus,紡錘状回) 近傍部, 左BA6 (PM: Premotor cortex,前運動野, SMA:補足運動野), 右BA19 (視覚連合野V3) 近傍部の活動が増加した(表3, 図6)。

一人称イメージとして被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、左BA2 (感覚野), 左BA6 (PM:前運動野, SMA:補

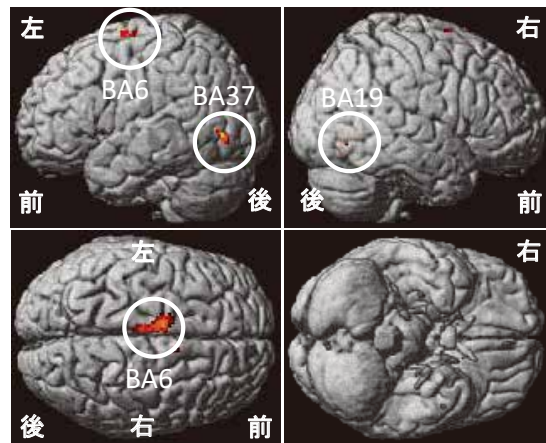


図6 右下肢運動課題群 (表3) 第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (FWEの比較)

左BA37 (FG: 紡錘状回) 近傍部, 左BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 右BA19 (視覚連合野V3) 近傍部の活動が増加した。

表2 一人称イメージ：右下肢課題群の運動イメージ課題 被験者自身の一人称イメージ映像を見ながらイメージ課題を行った場合

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value FWE	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
8	50	-64	-6	50	-62	-2	4.9	P<0.05	R	BA19

一人称イメージとしての被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動イメージ課題を行った場合、右BA19 (視覚連合野V3) 近傍部の活動が増加した。脳活動部位の同定は、SPM12で得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し、その後Talairach Daemon Clientで変換し決定。

表3 一人称イメージ：右下肢課題群の運動実行課題 第三者の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value FWE	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
280	-44	-72	-2	-44	-70	2	5.6	P<0.01	L	BA37近傍
936	-8	-8	70	-8	-5	65	5.6	P<0.01	L	BA6
56	52	-66	-6	51	-64	-2	5.1	P<0.05	R	BA19近傍

一人称イメージとしての第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、左BA37 (FG:紡錘状回) 近傍部, 左BA6 (PM:前運動野, SMA:補足運動野), 右BA19 (視覚連合野V3) 近傍部の活動が増加した。脳活動部位の同定は、SPM12で得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し、その後Talairach Daemon Clientで変換し決定。

足運動野) 近傍部, 右BA19 (視覚連合野V3) 近傍部, 右BA6 (PM:前運動野, SMA:補足運動野), 右BA9近傍部の活動が増加した (表4, 図7).

被験者自身の足趾映像による運動実行課題と第

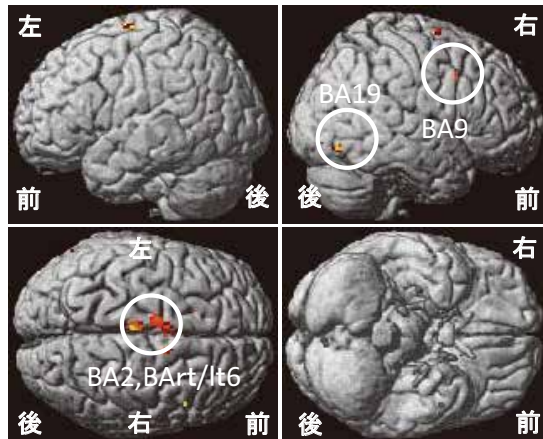


図7 右下肢課題群 (表4) 被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (FWE の比較)

左 BA2 (感覚野), 左 BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野) 近傍部, 右 BA19 (視覚連合野 V3) 近傍部, 右 BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 右 BA9 近傍部の活動が増加した.

三者の映像による運動実行課題間の比較では有意な差を認めなかった.

2. 一人称イメージ: 左下肢課題群の群内比較

左下肢課題群内にて群内比較を行った. 分散分析による交互作用を認めなかった.

左下肢課題群では, 一人称イメージとしての第三者の動く足趾映像を見ながら運動イメージ課題を行った場合, 左BA18 (二次視覚野V2) 近傍の活動が増加した (表5).

一人称イメージとして被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動イメージ課題を行った場合, 有意に活動する部位はなかった.

被験者自身の足趾映像による運動イメージ課題と第三者の映像による運動イメージ課題間の比較では有意な差を認めなかった. また「見る」課題においても有意な差を認めなかった.

一人称イメージとして第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合, 右BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 左BA6近傍部と右

表4 一人称イメージ: 右下肢課題群の運動実行課題 被験者自身の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value FWE	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
504	-8	4	46	-6	6	42	6.1	P<0.01	L	BA2
264	-6	-22	70	-6	-18	65	5.5	P<0.01	L	BA6近傍
112	44	-72	-12	44	-70	-7	6.4	P<0.01	R	BA19近傍
352	-12	-8	70	-12	-5	65	5.3	P<0.01	L	BA6
64	10	0	68	10	3	62	5.3	P<0.05	R	BA6
48	48	12	38	48	13	34	5.1	P<0.05	R	BA9近傍

一人称イメージとしての被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合, 左BA2 (感覚野), 左BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野) 近傍部, 右BA19 (視覚連合野V3) 近傍部, 右BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 右BA9 近傍部の活動が増加した. 脳活動部位の同定は, SPM12で得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し, その後Talairach Daemon Client で変換し決定.

表5 一人称イメージ: 左下肢課題群の運動イメージ課題 第三者の一人称イメージ映像を見ながらイメージ課題を行った場合

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value FWE	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
8	-28	-92	-4	-28	-89	1	5.1	P<0.05	L	BA18近傍

一人称イメージとしての第三者の動く足趾映像を見ながら運動イメージ課題を行った場合, 左BA18 (二次視覚野V2) 近傍の活動が増加した. 脳活動部位の同定は, SPM12で得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し, その後Talairach Daemon Client で変換し決定.

被殻 (PU:putamen) の活動が増加した (表6, 図8).

一人称イメージとしての被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合, 左BA32 (背側前帯状皮質) 近傍部, 右BA6, 右BA3 (感覚野) 近傍部, 右BA40 (SMG:縁上回) の活動が

増加した (表7, 図9)

被験者自身の足趾映像による運動実行課題と第三者の映像による運動実行課題間の比較では有意な差を認めなかった.

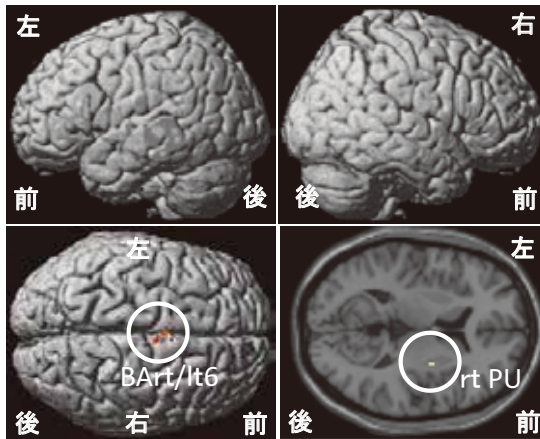


図8 左下肢課題群 (表6)

第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (FWE の比較)

右BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 左BA6 近傍部, 右PU (PU: 被殻) の活動が増加した.

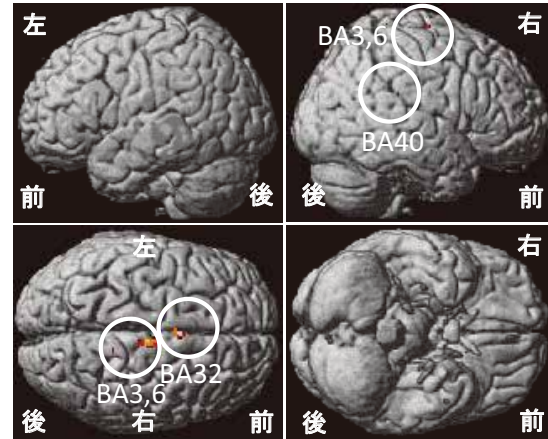


図9 左下肢課題群 (表7)

被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (FWE の比較)

左BA32 (背側前帯状皮質) 近傍部, 右BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 右BA3 (感覚野) 近傍部, 右BA40 (SMG: 縁上回) の活動が増加した.

表6 一人称イメージ: 左下肢課題群の運動実行課題

第三者の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value FWE	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
208	-2	0	58	-2	3	53	5.3	P<0.01	L	BA6近傍
48	6	-8	66	6	-5	61	5.1	P<0.01	R	BA6
16	30	-4	10	30	-3	9	5.1	P<0.01	R	PU

一人称イメージとしての第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合, 右BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 左BA6 近傍部と右被殻 (PU: Putamen) の活動が増加した. 脳活動部位の同定は, SPM12で得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し, その後Talairach Daemon Client で変換し決定.

表7 一人称イメージ: 左下肢課題群の運動実行課題

被験者自身の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value FWE	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
536	0	6	48	0	8	44	5.4	P<0.01	L	BA32近傍
344	8	-14	70	8	-10	65	5.3	P<0.01	R	BA6
24	14	-40	72	14	-35	68	5.1	P<0.05	R	BA3近傍
8	50	-32	24	50	-30	24	5	P<0.05	R	BA40

一人称イメージとしての被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合, 左BA32 (背側前帯状皮質) 近傍部, 右BA6 (PM: 前運動野, SMA: 補足運動野), 右BA3 (感覚野) 近傍部, 右BA40 (SMG: 縁上回) の活動が増加した. 脳活動部位の同定は, SPM12で得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し, その後Talairach Daemon Client で変換し決定.

3. 右下肢課題群と左下肢課題群の群間比較

一人称イメージとしての第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、統計処理としてFWEを用いた場合、右下肢課題群vs.左下肢課題群、左下肢課題群vs.右下肢課題群共に有意に活動する部位はなかった (図10-A).

統計処理としてuncorrectedを用いた場合、右下肢課題群の運動実行課題は、左下肢課題群の運動

実行課題と比較して、左BA40 (SMG:縁上回) 近傍部, 右BA40 (SMG:縁上回) 及び近傍部, 右BA10 (前頭極), 左BA21 (MTG:中側頭回) の活動が有意に高いことが明らかとなった (表8-A, 図10-B). 左下肢課題群の運動実行課題は、右下肢課題群の運動実行課題と比較して、右BA17 (V1:一次視覚野) 近傍部の活動が有意に高いことが明らかとなった (表8-B, 図10-C).

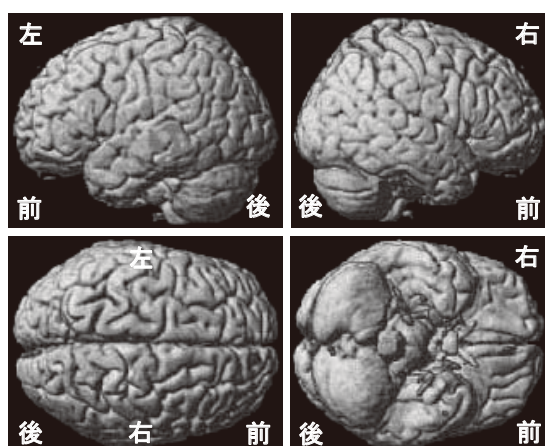


図 10-A 右下肢課題群と左下肢課題群の比較
第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (FWE の比較)

右下肢課題群の運動実行課題の左下肢課題群の運動実行課題との比較、左下肢課題群の運動実行課題の右下肢課題群の運動実行課題との比較ともに、FWE では、第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、右下肢運動実行課題群、左下肢運動実行課題群共に活動に有意な差のある部位はなかった。

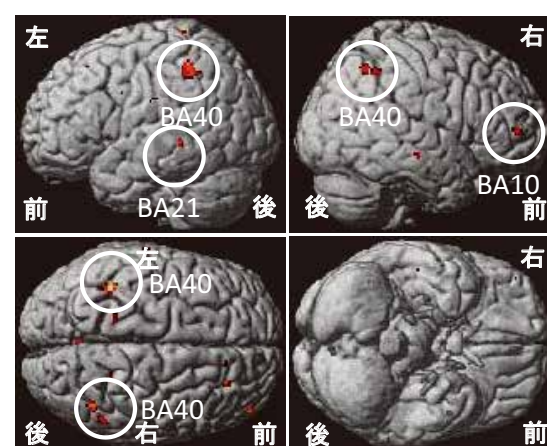


図 10-B 右下肢課題群の
左下肢課題群に対する脳活動の賦活 (表 8-A)
第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (uncorrected の比較)

右下肢運動実行課題群は、左下肢運動実行課題群に比し、左 BA40 (SMG: 縁上回) 近傍部, 右 BA40 (SMG: 縁上回) 及び近傍部, 右 BA10 (前頭極), 左 BA21 (MTG: 中側頭回) の活動が増加した (活動部位は、 $P < 0.001$ の部位のみ記入)。

表 8-A 一人称イメージ: 右下肢課題群の左下肢課題群に対する賦活
第三者の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合
右下肢運動実行課題について

左下肢運動実行課題との比較

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value P uncorr	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
648	-40	-44	48	-40	-40	46	4.1	$P < 0.001$	L	BA40近傍
96	52	-50	48	51	-46	47	4	$P < 0.001$	R	BA40近傍
112	46	50	6	46	49	3	3.8	$P < 0.001$	R	BA10
80	-64	-38	-2	-63	-37	0	3.6	$P < 0.001$	L	BA21
160	42	-58	50	42	-54	49	3.6	$P < 0.001$	R	BA40

一人称イメージとしての第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、右下肢課題群の運動実行課題は、左下肢課題群の運動実行課題と比較して、左BA40 (SMG:縁上回) 近傍部, 右BA40 (SMG:縁上回) 及び近傍部, 右BA10 (前頭極), 左BA21 (MTG:中側頭回) の活動が有意に高かった。脳活動部位の同定は、SPM12のuncorrectedで得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し、その後Talairach Daemon Client で変換し決定。

一人称イメージとしての被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、統計処理としてFWEを用いた場合、右下肢課題群 vs. 左下肢課題群、左下肢課題群 vs. 右下肢課題群共に有意に活動する部位はなかった (図11-A).

統計処理としてuncorrectedを用いた場合、右下肢課題群の運動実行課題は、左下肢課題群の運動実行課題と比較して、右BA9近傍部、左BA40

(SMG:縁上回) 近傍部、右BA40 (SMG:縁上回) 及び近傍部、右BA10 (前頭極) 及び近傍部、左BA21 (MTG:中側頭回) 近傍部の活動が有意に高いことが明らかとなった (表9-A, 図11-B). 左下肢課題群の運動実行課題は、右下肢課題群の運動実行課題と比較して、右BA17 (V1:一次視覚野) 近傍部の活動が有意に高いことが明らかとなった (表9-B, 図11-C).

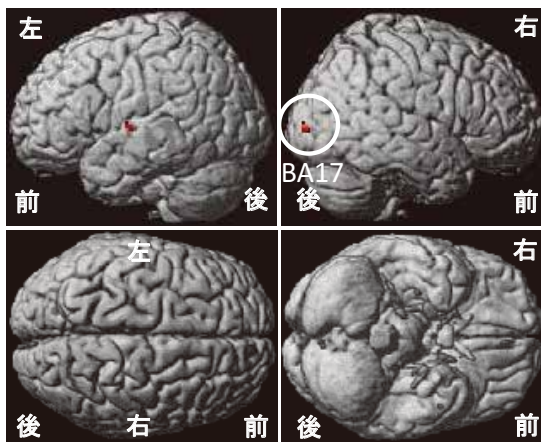


図 10-C 左下肢課題群の

右下肢課題群に対する脳活動の賦活 (表 8-B) 第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (uncorrected の比較)

左下肢運動実行課題群は、右下肢運動実行課題群に比し、右 BA17 (V1: 一次視覚野) 近傍部の活動が有意に高かった (活動部位は、 $P < 0.001$ の部位のみ記入).

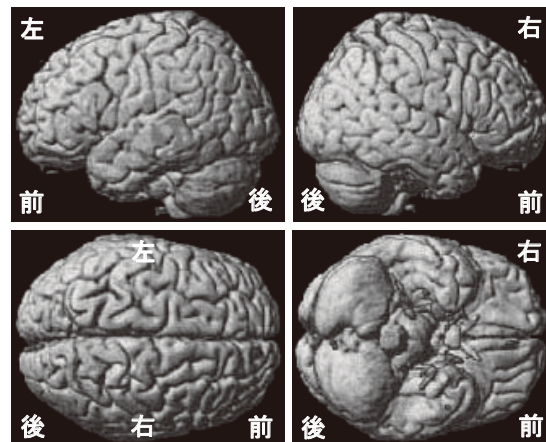


図 11-A 右下肢課題群と左下肢課題群の比較

被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (FWE の比較)

右下肢課題群の運動実行課題の左下肢課題群の運動実行課題との比較、左下肢課題群の運動実行課題の右下肢課題群の運動実行課題との比較ともに、FWE では、被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、右下肢運動実行課題群、左下肢運動実行課題群共に活動に有意な差のある部位はなかった.

表 8-B 一人称イメージ: 右下肢課題群の左下肢課題群に対する脳活動の賦活 第三者の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合 左下肢運動実行課題について

右下肢運動実行課題との比較

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value P uncorr	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
272	20	-94	2	20	-91	6	3.9	$P < 0.001$	R	BA17近傍

一人称イメージとしての第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、左下肢課題群の運動実行課題は、右下肢課題群の運動実行課題と比較して、右BA17 (V1:一次視覚野) 近傍部の活動が有意に高かった。脳活動部位の同定は、SPM12のuncorrectedで得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し、その後Talairach Daemon Client で変換し決定.

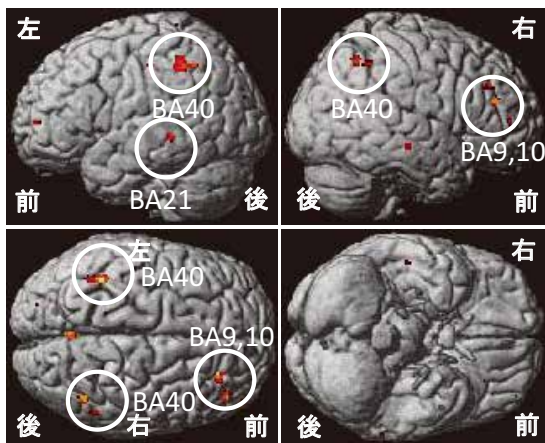


図 11-B 右下肢課題群の

左下肢課題群に対する脳活動の賦活 (表 9-A)

被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (uncorrected の比較)

右下肢運動実行課題群は、左下肢運動実行課題群に比し、右 BA9 近傍部、左 BA40 (SMG: 縁上回) 近傍部、右 BA40 (SMG: 縁上回) 及び近傍部、右 BA10 (前頭極) 及び近傍部、左 BA21 (MTG: 中側頭回) 近傍部の活動が有意に高かった (活動部位は、 $P < 0.001$ の部位のみ記入)。

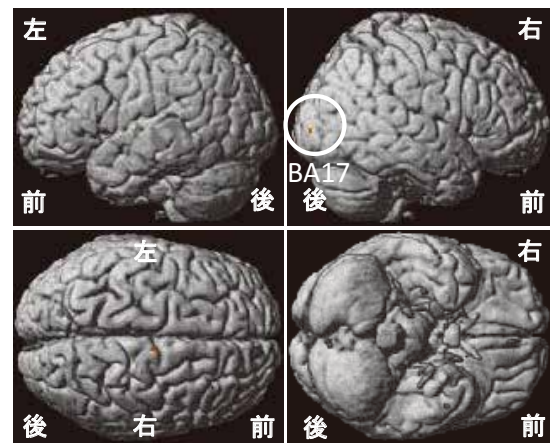


図 11-C 左下肢課題群の

右下肢課題群に対する脳活動の賦活 (表 9-B)

被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合 (uncorrected の比較)

左下肢運動実行課題群は、右下肢運動実行課題群に比し、右側 BA17 (V1: 一次視覚野) 近傍部の活動が有意に高かった (活動部位は、 $P < 0.001$ の部位のみ記入)。

表 9-A 一人称イメージ: 右下肢課題群の左下肢課題群に対する脳活動の賦活

被験者自身の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合

右下肢運動実行課題について

左下肢運動実行課題との比較

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value P uncorr	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
672	26	34	28	26	34	24	4	$P < 0.001$	R	BA9近傍
776	-40	-44	44	-40	-40	43	3.9	$P < 0.001$	L	BA40近傍
160	44	-58	50	44	-54	49	3.7	$P < 0.001$	R	BA40
64	52	-50	48	51	-46	47	3.7	$P < 0.001$	R	BA40近傍
184	42	40	22	42	40	18	3.6	$P < 0.001$	R	BA10近傍
88	-64	-38	-4	-63	-37	-2	3.6	$P < 0.001$	L	BA21近傍
48	46	50	6	46	49	3	3.5	$P < 0.001$	R	BA10

一人称イメージとしての被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、右下肢課題群の運動実行課題は、左下肢課題群の運動実行課題と比較して、右BA9近傍部、左BA40 (MSG:縁上回) 近傍部、右BA40 (MSG:縁上回) 及び近傍部、右BA10 (前頭極) 及び近傍部、左BA21 (MTG:中側頭回) 近傍部の活動が有意に高かった。脳活動部位の同定は、SPM12のuncorrectedで得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し、その後Talairach Daemon Clientで変換し決定。

表 9-B 一人称イメージ: 右下肢課題群の左下肢課題群に対する脳活動の賦活

第三者の一人称イメージ映像を見ながら運動実行課題を行った場合

左下肢運動実行課題について

右下肢運動実行課題との比較

Cluster size (mm ³)	MNI coordinates			Talairach coordinates			Z value	P value P uncorr	Hem	Anatomical Region
	x	y	z	x	y	z				
272	20	-94	2	20	-91	6	3.9	$P < 0.001$	R	BA17近傍

一人称イメージとしての被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合、左下肢課題群の運動実行課題は、右下肢課題群の運動実行課題と比較して、右BA17 (V1:一次視覚野) 近傍部の活動が有意に高かった。脳活動部位の同定は、SPM12のuncorrectedで得られたMNI座標系をMATLAB上でmni2talを用いて変換し、その後Talairach Daemon Clientで変換し決定。

IV. 考察

統計処理として多重比較補正によるFWEを用いた場合、右下肢課題群、左下肢課題群共に運動イメージ課題では、運動関連領域に有意に賦活する部位を認めなかった。右下肢課題群、左下肢課題群共に運動実行課題では、運動関連領域が賦活した。

統計処理としてFWEを用いた場合、右下肢課題群と左下肢課題群の比較において、第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても、右下肢課題群の運動実行課題、左下肢課題群の運動実行課題との比較、左下肢課題群の運動実行課題、右下肢課題群の運動実行課題との比較ともに活動の賦活に有意差のある部位を認めなかった。

統計処理として多重比較補正を用いない仮説検定であるuncorrectedを用いた場合、右下肢課題群と左下肢課題群の比較において、第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても、被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても、右下肢課題群の運動実行課題は、左下肢課題群の運動実行課題と比較して、左右のBA40 (SMG:縁上回) と右BA10 (前頭極) 及び左BA21 (MTG:中側頭回) の活動が有意に高かった。

4.0 多重補正比較によるFWEと仮説検定によるuncorrected について

今回の検定では、SPM12を用いた。SPM12の統計処理には、FWEとuncorrectedがある。FWEは、多重比較補正を行い課題に関係しないvoxelを除去する検定である。一方、uncorrectedは、多重比較補正を行わない検定方法である。以前より多重比較補正を用いない仮説検定であるuncorrectedをf-MRIの統計検定に用いることの問題性が指摘されている¹³⁾。特に、Bennettは、死んだ鮭のf-MRIの視覚の賦活領域を解析することでその危険性を

示した¹⁴⁾。

しかし、多重比較補正を用いるFWEでは検定が厳しく有意な脳の賦活部位の確認ができない可能性もあり、今回は、右下肢課題群と左下肢課題群の比較において傾向を見るためにuncorrectedを用いた。

今回の研究では、uncorrectedを用いた場合、右下肢課題群と左下肢課題群の比較において、第三者の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても、被験者自身の動く足趾映像を見ながら運動実行課題を行った場合においても、賦活する共通部位があった。

4.1 縁上回の活動に関して

縁上回に関して、Rubyは、三人称イメージを運動に結びつけて想起する場合、右下頭頂小葉(以下IPL)が活動したと報告している³⁾。我々の研究では、一人称イメージを運動イメージに結びつけて想起した場合、運動実行課題では左頭頂間溝前方部、イメージ課題では左腹側運動前野が賦活傾向にあった⁴⁾。

Chambonは、左角回(以下AG)は行為主体と随意性に関与する¹⁵⁾と報告している。Desmurgetは、電気刺激を用いた研究で頭頂葉の角回、縁上回は、実際の筋活動はないものの、右半球の頭頂葉刺激では対側の手、腕、足を動かす意思の誘発、左半球の頭頂葉刺激では唇の動きや話したい意思や欲求が誘発されたと報告した¹⁶⁾。IPLの損傷では、右半球に広範囲に生じた場合、半側空間無視、構成障害、半側身体失認等の視空間認知障害を生ずる。IPLとは、SMGとAGを含む両回のことである。左AGに損傷を生じた場合、手指失認、左右定位障害、失書、失算のいわゆるGerstmann症候群が生じる。これらの研究により、Geschwindは、角回は視覚・聴覚の異種感覚間の連合が形成される部位としている¹⁷⁾。

またFarrerは、右IPLは、自己運動と視覚的フィードバックの不一致により賦活するとしている¹⁸⁾。今回の研究においても、被験者自身の動く足趾動

作であってさえ、模倣による視覚的フィードバックと固有受容感覚フィードバックの不一致が影響した可能性がある。

他者の顔を見たときには反応せず、自分の顔写真を見たときにだけ反応する部位が右半球の頭頂間溝・縁上回・下前頭回に存在する²⁷⁾。今回の研究でも、被験者自身の下肢の映像にて反応したと考える。

このように、SMGを含むIPLは運動イメージと運動の主体性や他者性に関与すると考えるが、先行研究では運動イメージと自己と他者の関係について、明快に左右のIPLの脳機能の分業を説明できる文献はない。

今回の研究では、右下肢課題群が、左下肢課題群と比較して、被験者自身と第三者の一人称イメージにおいても左右のSMGが賦活傾向にあった。SMGはAGと隣接する。一人称イメージでの行為主体としての自己を意識し左右AG近傍部の領域が賦活傾向にあったと考える。しかし、被験者自身の映像や第三者の映像に関わらず、左下肢課題群では、右下肢課題群と比較して、SMG及びAGは活動しなかった。

我々の右利きと左利きの後出し負けじゃんけんに関する研究では¹⁹⁾、右利き者では半側有意に著名な脳活動を示し、左利き者では両側性に広く脳活動が賦活することを示した。つまり、利き手や利き足によって左右の脳活動に相違がある可能性を示した。

今回の研究では、全例右利き者を用いた。我々はこれらの先行研究を基に、右利き者が右利き足を用いる場合、主体行為が一致するのであれ不一致になるのであれ左右のIPLが深く関与する可能性があると考えた。つまり、IPLにおける主体性は、利き手足が深く関与する可能性があると考えた。

この結果より、相対的に、非利き足である左下肢課題群は、運動イメージ形成が困難であったと考える。

今後は、非利き手足の課題を用いて検討を続けたい。

4.2 前頭極の活動に関して

前頭極の左右差についても最近の報告がある。前頭極は前頭-頭頂ネットワークから内部に帯状-弁蓋ネットワークを構成し、課題を効果的に達成する注意機能を担う²⁰⁾。運動実行機能の向上に関与する部位は、若年成人では左脳の背外側前頭前野であるが高齢者では右脳の前頭極との報告もある²¹⁾。

今回の若年成人中心の研究でも、右下肢課題群が、左下肢課題群と比較して、被験者自身と第三者の一人称イメージにおいても右の前頭極が賦活傾向にあった。模倣課題を効果的に行うための注意機能として使用したと考える。

しかし、前頭極に関しても縁上回と同じく、利き手利き足の課題や左利き者に関する課題を行い、さらに検討する必要がある。

4.3 今回の研究のリハビリテーションへの応用について

今回の研究では、利き足である右下肢の模倣運動により、左右のSMGが賦活傾向を示した。我々は、多重補正比較であるFWEではないもののuncorrectedの結果によりこの傾向があったと考える。その結果、片側の下肢の動きにより左右の脳活動を賦活することが可能であることが示唆されたと考える。この結果は、何らかの上位中枢の障害が生じた時に、片側の課題で左右の脳の活動が賦活される可能性を示すと考える。

特に左右にわたる縁上回の賦活では、片側の課題により行為や主体性に関する活動が賦活される可能性があることが示唆された。

しかし、非利き足群である左下肢課題群では、運動イメージ形成が困難である可能性があることが示唆された。非利き足に対するイメージ形成のリハビリテーションに関して再考が必要かもしれない。つまり、模倣等の視覚刺激によるリハビリテーションに追加してほかの課題を併用することが必要と考える。

今後は、実験デザインの改良を重ね多重比較補正を用いた非利き手足や左利き手足の課題遂行の研究を続け検討を行いたい。

4.4 今後の課題について

今回、被験者自身と第三者の映像を用いて、一人称イメージによる右下肢課題群と左下肢課題群を比較して、運動実行課題に特有の部位を認めた。考察では、課題による賦活部位の先行研究を基に検討を行った。

しかし、Poldrack^{22) 23)}のように、このような逆推論に疑問を呈する報告もある。逆推論とは、計測された脳活動の結果から被験者の精神的状態を推定することである。

今後、他の運動イメージ課題の研究を交え、また脳イメージング以外の行動レベルでの指標も用いることにより検討し、実際の運動課題を通して、今回の測定結果と照合することにより脳部位を同定しリハビリテーションに幅広く応用する必要があると考える。

V.まとめ

1. 全例右利き者を、右下肢課題群と左下肢課題群に分け、被験者自身の一人称イメージと第三者の一人称イメージで運動実行課題と運動イメージ課題を行った。
2. 両群ともに、多重比較補正であるFWEを用いた場合、運動実行課題では大脳皮質運動関連領域が賦活した。しかし、運動イメージ課題では変化がなかった。
3. 多重補正比較であるFWEを用いた場合、右下肢課題群の運動実行課題では、左下肢課題群と比較して有意な賦活部位はなかった。
4. uncorrectedを用いた場合、右下肢課題群の運動実行課題では、左下肢課題群と比較して、左右のBA40 (AG:縁上回) と右BA10 (前頭極) 及び左BA21 (MTG:中側頭回) の活動が増加する傾向があった。
5. uncorrectedを用いた場合、左下肢課題群の運動

実行課題では、右下肢課題群と比較して、BA17 (V1:一次視覚野) を除いて有意に賦活する部位を認めなかった。

6. 今回の研究により、利き足である右下肢課題の運動実行課題では、被験者自身の一人称イメージでも第三者の一人称イメージでも、運動イメージ形成が可能であったが、非利き足である左下肢課題群では、運動イメージの形成が困難である可能性が示唆された。

7. 運動イメージを利用したリハビリテーションを非利き下肢に行う場合、他の課題を併用することが必要と考える。

文 献

- 1) 山田泰子, 鈴鹿有子, 樋口正法: 脳磁図を用いた左右脳半球の機能分析に関する研究. 金医大誌 (J Kanazawa Med Univ), 30: 235-244. 2005.
- 2) Desmurget, M., et al.: Movement intention after parietal cortex stimulation in humans. *Science*, 324: 811-813. 2009.
- 3) Ruby P, et al.: Effect of subjective perceptive taking during simulation of action- a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience*, 4: 546-550, 2001.
- 4) 牧野 均, 生駒一憲: f-MRIを用いた一人称イメージと三人称イメージによる足趾運動の脳活動の相違に関する研究. 北海道文教大学研究紀要, 36: 147-153, 2012.
- 5) Dickstein R, Dunskey A, Marcovitz E.: Motor imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. *Physical Therapy*, 84:1167-1177, 2004.
- 6) Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, et al.: From mental power to muscle power: gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*, 42:944-956, 2004.
- 7) Mulder T, Zijlstra S, Zijlstra W, Hochstenbach J.: The role of imagery in learning a totally novel

- movement ; *Experimental Brain Research*, 154: 211-217, 2004.
- 8) Small SL, Hlustik P, Noll DC, Genovese C, Solodkin A. Cerebellar hemispheric activation ipsilateral to the paretic hand correlates with functional recovery after stroke. *Brain* 125: 1544-1557. 2002.
 - 9) Chollet F, DiPiero V, Wise RJ, Brooks DJ, Dolan RJ, Frackowiak RS. The functional anatomy of motor recovery after stroke in humans: a study with positron emission tomography. *Ann Neurol* 29: 63-71.1991.
 - 10) Weiller C, Chollet F, Friston KJ, Wise RJ, Frackowiak RS. Functional reorganization of the brain in recovery from striatocapsular infarction in man. *Ann Neurol* 31: 463-472. 1992.
 - 11) Calautti C, Baron JC : Functional neuroimaging studies of motor recovery after stroke in adults : A review. *Stroke* 34: 1553-1566. 2003.
 - 12) Talairach Daemon, Research Imaging Institute of the University of Texas Health Science Center San Antonio, <http://www.talairach.org/index.html>
 - 13) <http://deevybee.blogspot.jp/2012/03/time-for-neuroimaging-to-clean-up-its.html>
 - 14) Bennett CM, Baird AA, Miller MB, Wolford GL : Neural correlates of interspecies perspective taking in the post-mortem Atlantic Salmon: An argument for multiple comparisons correction : *NeuroImage* 47:71202-9.2009.
 - 15) Chambon V, Wenke D, Fleming SM, Prinz W, Haggard P.: An online neural substrate for sense of agency. *Cerebral Cortex*, 23: 1031-1037, 2013.
 - 16) F) Desmurget, M. et al.: Movement intention after parietal cortex stimulation in humans. *Science*, 324: 811-813, 2009.
 - 17) Geschwind N. : Disconnexion syndromes in animals and man. *Brain*, 88 : 237-294, 1965.
 - 18) Farrer, C., Franck, N., Georgieff, N., Frith, C.D., Decety, J. and Jeannerod, M.: Modulating the experience of agency: a positron emission tomography study. *Neuroimage* 18: 324-333. 2003.
 - 19) 牧野 均, 生駒一憲 : 右利きと左利きにおける後出し負けじゃんけんでの脳活動の比較研究. 北海道文教大学研究紀要, 39 : 73-85, 2015.
 - 20) Dosenbach NUFair DA, Cohen AL, Schlaggar BL, Petersen SE.: A dual-networks architecture of top-down control. *Trends Cognitive Science* 12 : 99-105. 2008.
 - 21) Hyodo K, Dan I, Suwabe K, Kyutoku Y, Yamada Y, Akahori M, Byun K, Kato M, Soya H.: Acute moderate exercise enhances compensatory brain activation in older adults. *Neurobiol Aging* 33:2621-2632. 2012.
 - 22) Poldrack RA.: Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data ? : *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10 (2) : 59-63, 2006.
 - 23) Poldrack RA.: The role of fMRI in cognitive neuroscience: where do we stand ? : *Current Opinion in Neurobiology*, 18: 223-227, 2008.
 - 24) 木村邦彦, 浅枝澄子 : ヒトの四肢の一側優位性について. *人類史*, 82 : 189-207. 1974.
 - 25) 高橋正憲 : スコープ利き手に関する研究. *総合リハビリテーション*, 38 (8) : 795-800. 2010.
 - 26) L.J.Chapman and J.P.Chapman: The measurement of handedness, *Brain and Cognition* 6: 175-183. 1987.
 - 27) L.Q.Uddin, J.T.Kaplan, et al: Self-face recognition activates a frontoparietal “mirror” network in the right hemisphere : an event-related f-MRI study . *Neuroimage* 25:926-935, 2005.
 - 28) Oostra, Kristine M., et al.: Damage to Fronto-Parietal Networks Impairs Motor Imagery Ability after Stroke: A Voxel-Based Lesion

Symptom Mapping Study: Frontiers in behavioral neuroscience 10. 2016.

- 29) Li Wang., et al: Conditional Granger Causality Analysis of Effective Connectivity during Motor Imagery and Motor Execution in Stroke Patients: BioMed Research International 10. 2016.
- 30) <http://www.jnss.org/wp-content/uploads/2012/02/rinri.pdf>
日本神経科学学会「ヒト脳機能の非侵襲的研究」に関する倫理小委員会.: ヒト脳機能の非侵襲的研究」の倫理問題等に関する指針.: . 2009.
- 31) 牧野 均, 生駒一憲: 一人称イメージと三人称イメージでの運動イメージ課題を用いた場合の脳活動の比較研究-運動イメージ課題をリハビリテーション課題に用いる場合の効果的方法についての検討-. 北海道文教大学研究紀要, 40 : 55-68, 2016.

Comparison Between Dominant Leg and Non-Dominant Leg Cortical Activation during Motor Imagery Using First-Person Perspective Imagery: An f-MRI Study

MAKINO Hitoshi and IKOMA Katsunori

Abstract: We are performing rehabilitation for patients using motor imagery. There are two main modes of motor imagery: first-person perspective imagery (1PPI: Kinesthetic motor imagery) and third-person perspective imagery (3PPI: Visual motor imagery). The purpose of this study is to determine the cortical representations in dominant legs and non-dominant legs during motor imagery with toe movements in healthy persons using 1PPI. We enrolled 36 healthy subjects with right-dominant legs, and they signed consent forms. f-MRI of 1.5T was used to map cortical representations associated with motor tasks of the right toes and left toes. In these tasks, subjects watched video clips depicting simple 1PPI actions of toes for themselves and others. They were required to just watch the video clips, to watch and imagine performing the same movements, or to watch and imitate the same movements. This process was done twice, once where the patients watched their own leg movements and once where they watched someone else's leg movements. The dominant leg tasks group (19 persons) with motor tasks of the right toes, while imitating toe movements for themselves and others, compared with the non-dominant leg tasks group (17 persons), showed an increased representation of activation in the right and left SMG, right BA10 and left MTG. But the non-dominant leg tasks group, compared with the dominant tasks group, did not show increased representation of activation. Our results suggest that rehabilitation for non-dominant leg patients should include not only motor imagery but other types of stimulation.

Keywords: motor imagery, first-person perspective imagery, dominant leg, non-dominant leg, SMG