

研究論文

一人称イメージと二パターンの三人称イメージによる
足趾運動の脳活動について

牧野 均・生駒 一憲*

(2012年12月26日受稿)

抄録: 運動イメージは大別して、一人称イメージと三人称イメージがある。今回、我々は一人称イメージと「横から突き出た足」と「前から突き出た足」の二パターンの三人称イメージを用いて足趾を動かそうとイメージする課題を行い、fMRIにて脳画像を比較した。

【方法】 対象は、健常者20名(年齢20-28歳)。課題は、スクリーンに映し出された一人称イメージと二パターンの三人称イメージの映像に合わせて右足趾を動かそうとイメージする運動とした。一連の動作をf-MRIにて解析し比較した。

【結果】 映像を見ながら足趾の運動をイメージする場合、三人称イメージを見ながら運動した場合、二パターン共に著名な変化はなかった。一人称イメージを見ながら運動を行うほうが右の側頭極の活動が増加した。

【考察】 三人称イメージは方向に関わらず活動増加しなかった。側頭極は「心の理論」と関係する。他者の一人称イメージ映像での運動課題の方が他者の意図を理解する脳活動を増加させる可能性がある。

運動イメージを利用しパフォーマンスを向上させる報告が多数なされている^{1) 2) 3)}。

運動イメージは大別して、一人称イメージと三人称イメージがある。一人称イメージと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、三人称イメージと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る。

一人称イメージに関しては、内藤⁴⁾は、一人称イメージを運動イメージに結び付けて想起するには、ある程度の経験と対象とする運動の認知的要素が不可欠としている。

三人称イメージに関しては、Rubyら⁵⁾は、三人称イメージで運動を想起した場合に右下頭頂小葉が活動したと報告している。これは、自己と他者の分離において他者認識の右頭頂葉の優位性を示している。

しかし、我々が三人称イメージとして行為を脳内で再現する場合、我々はどのようなイメージを持つのであろうか。

一人称イメージを「自分が行っているかのような運動イメージ」と捉える場合、「自分から突き出た」イメージを想起することは非常に容易い。だが、「他者が行っているのを見ている」三人称イメージを我々が共通するイメージとして捉えることは非常に困難と言える。

今回我々は、三人称イメージによる脳活動の違いについて「横から突き出た足」と「正面から突き出た足」を用意し、イメージ映像を観ながら足趾の模倣運動を行うことを「想像」することを課題として脳活動を測定し、その活動の相違に関して知見を得たので報告する。

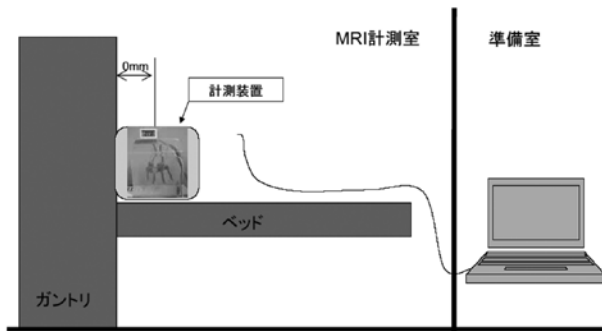


図1 f-MRI測定模式図

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足趾動作を模倣することとした。

1. 対象と方法

【対象】

健常な成人男女20名（男性10名，女性10名，年齢22-28歳）が参加した。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。

【方法】

課題は，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を模倣することとした（図1）。

スクリーンに投影される映像は，一人称イメージ（下から突き出した足）と二パターンの三人称イメージ（横から突き出した足と正面から突き出した足）の映像である（図2-A, B, C）。

提示する映像の足趾動作の基本動作パターンは，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3）。

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右側足趾を，実際には握らずに握ろうとイメージすることとした。この課題を「想像」の「想」の字を用いて「想」課題とし，すべての動作課題の前に課題指示として提示を行った。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。



図2-A 一人称イメージ

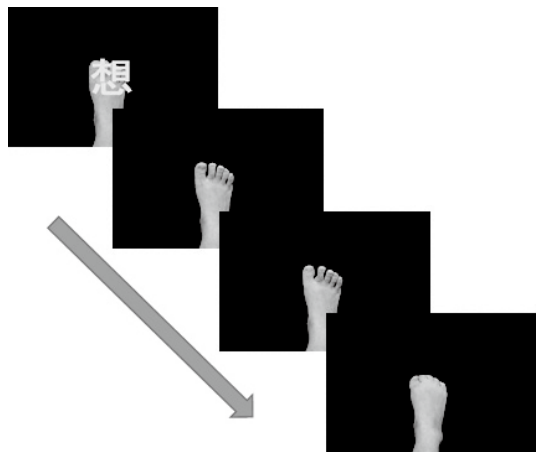


図2-B 三人称イメージ1 横から突き出した足

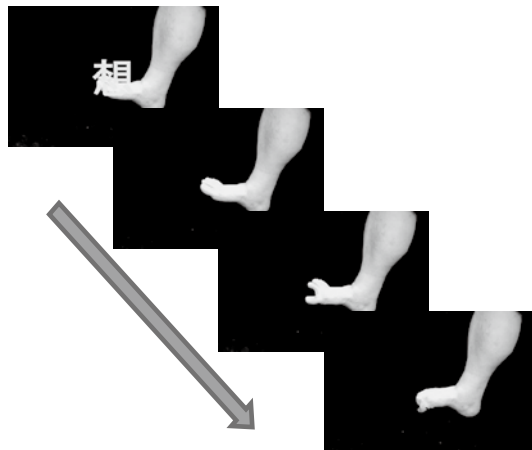


図2-C 三人称イメージ2 前から突き出した足

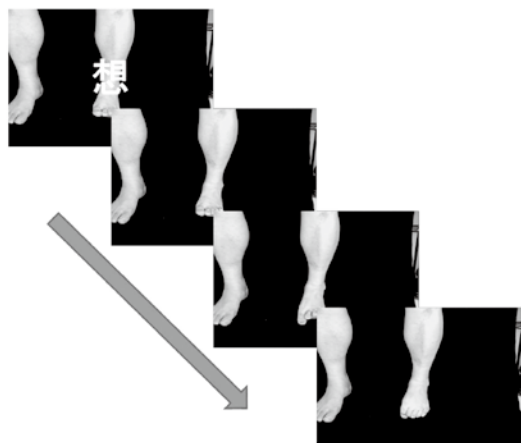
図2 今回用いた一人称イメージと三人称イメージの図。A図が一人称イメージで，あたかも自分の足が下から突き出したかのように見える足。B図・C図が三人称イメージの図。B図は「横から突き出した足」，C図は「前から突き出した足」。



一人称イメージ 下から突き出た足



三人称イメージ1 横から突き出た足



三人称イメージ2 前から突き出た足

課題指示 開く 一趾握る 四趾握る

図3 足趾動作の基本パターン

一人称・三人称イメージともに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。

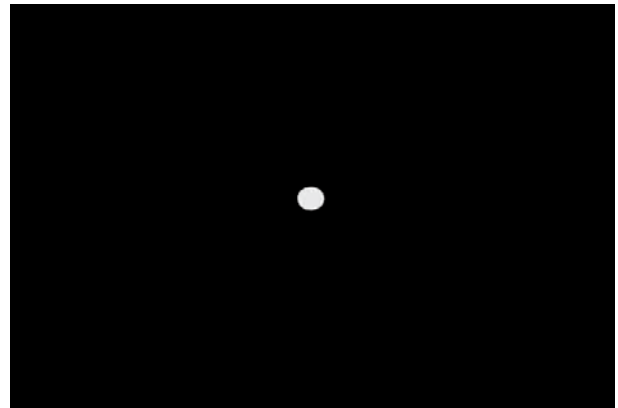


図5 固視課題

スクリーン中央部に白い点を置き、課題時間中はこの点を固視することとした。

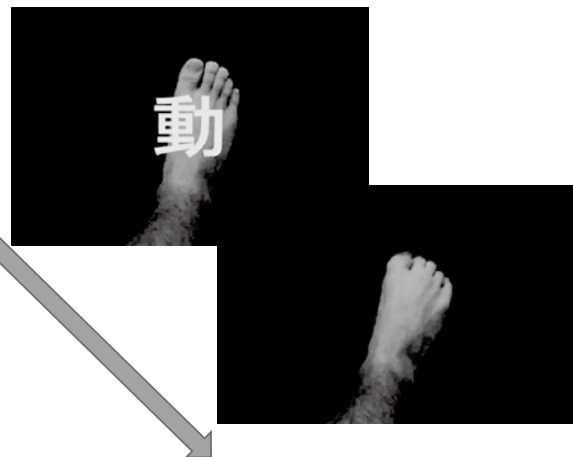


図6 「動」課題

一連の課題の最後に、足趾運動野の同定のため、「動」課題として足趾把握動作を連続して行った。

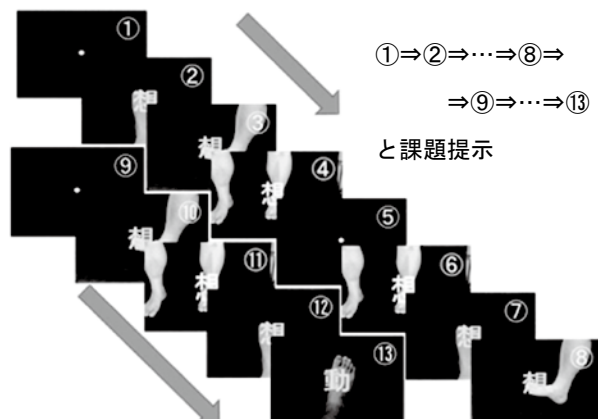


図7 課題提示方法

各々の課題は21秒間に設定し、固視課題と「想」課題組み合わせ最後に「動」課題を行った。課題は連続して行い、計4分33秒の課題とした。

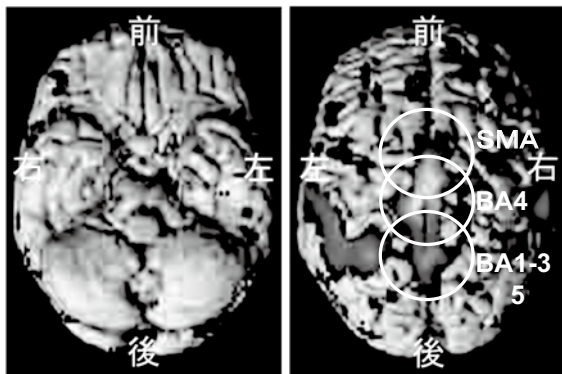


図8「動」課題 マイナス 固視課題

「動」課題による脳賦活部位から固視課題による脳賦活部位を差分した脳賦活部位. SMA, BA4, BA1-3, BA5の賦活が見られる.

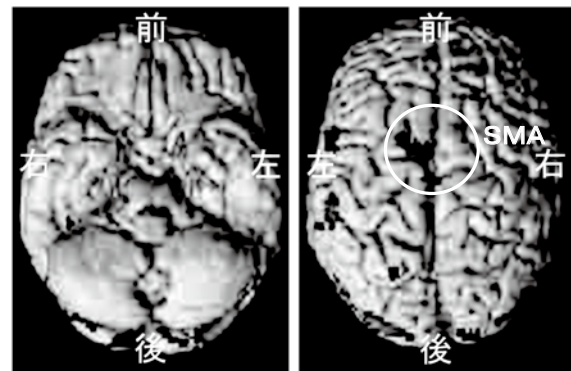


図10「横から突き出た足」三人称イメージ
マイナス 固視課題

「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から固視課題による脳賦活部位を差分した脳賦活部位. SMAの賦活を認める.

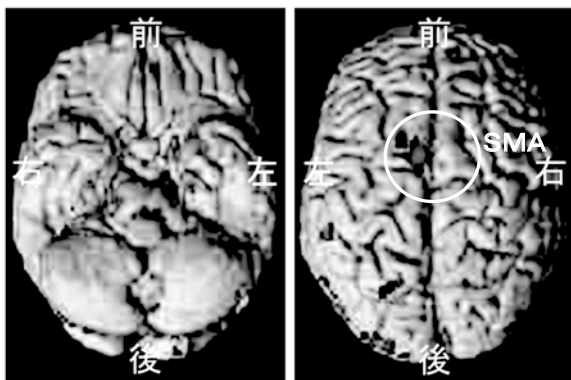


図9一人称イメージ マイナス 固視課題

一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から固視課題による脳賦活部位を差分した脳賦活部位. SMAの賦活を認める.

また、固視課題は、「想」課題の文字の部分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（図5）。

最後に「動」課題として、大脳皮質の足趾運動野を同定するために足趾の把握動作を連続して行う課題を行った（図6）。「動」課題は、「動く。」の「動」を用いて「動」課題とし、課題指示の文字の「動」は、動作課題の前に課題指示として提示を行った。この課題指示の文字の「動」は、映像最初期の1秒間提示した。

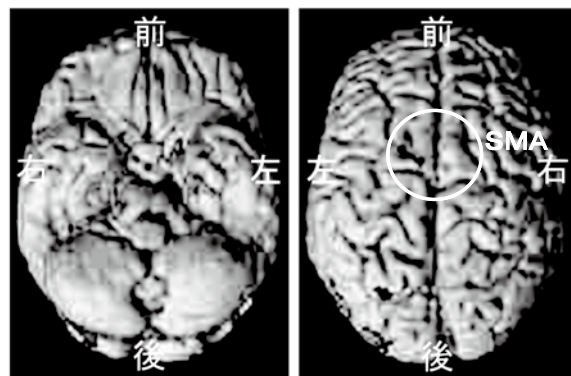


図11「前から突き出た足」三人称イメージ
マイナス 固視課題

「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から固視課題による脳賦活部位を差分した脳賦活部位. SMAの賦活を認める.

「想」課題の、一足趾握る、残り4足趾握るの一連の動作は、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。

「動」課題は、握る開く動作を21秒間継続してできるだけ早く動作をするよう指示して行った。

「想」課題、「動」課題ともに、21秒課題の最

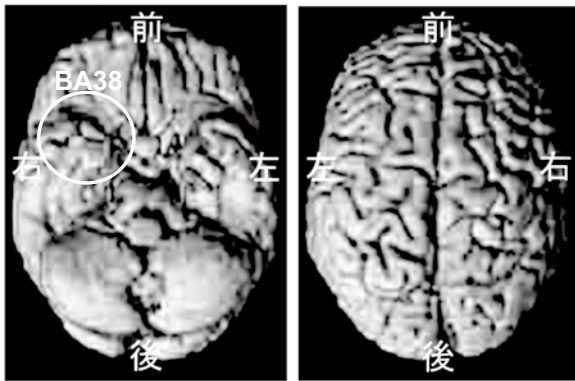


図 12 一人称イメージ

マイナス「横から突き出た足」

三人称イメージ

一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位. BA38の賦活を認める.

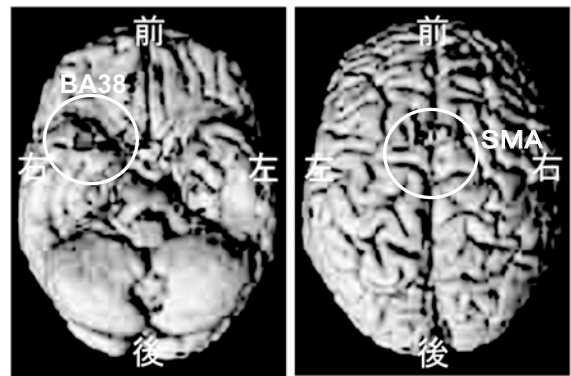


図 14 一人称イメージ

マイナス「前から突き出た足」

三人称イメージ

一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位. BA38とSMAの賦活を認める.

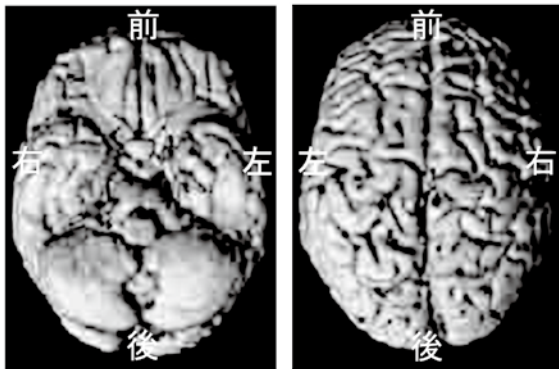


図 13 「横から突き出た足」三人称イメージ

マイナス 一人称イメージ

「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位. 図のBA4・BA1-3周辺に賦活部位を認めるが、座標変換による部位同定では運動野でなく脳深層部である.

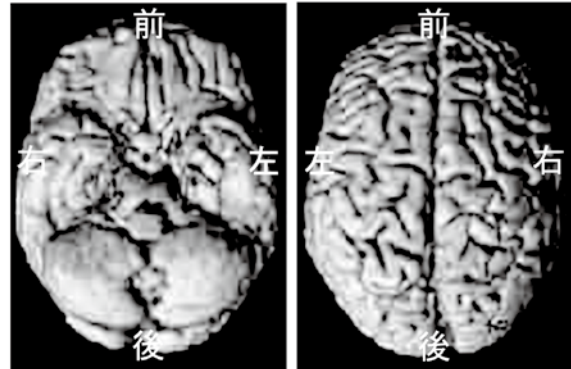


図 15 「前から突き出た足」三人称イメージ

マイナス 一人称イメージ

「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位. 著名な賦活部位を認めなかった.

初の1秒間に「想」・「動」の課題指示の文字を入れ、課題内容を間違えないよう配慮した.

固視課題も同様に21秒間とした.

課題はブロックデザインとし、「想」課題、固視課題とも同じ課題が続かないよう考慮した (図7).

「動」課題は、他の課題に影響を与えないよう最後に行った。

以上、21秒間13ブロックの課題で合計4分33秒の課題とした。

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て全測定を行った。

【fMRIデータの測定と解析】

fMRI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 40, TR 3000, Flip Angle 90, Slice Thickness 4.0, Spacing 1.0, 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SPM8を組み合わせで行った。統計処理は、SPM8上のuncorrectedで統計的推論を行い、 $p < 0.001$ を有意水準として行った。

脳賦活部位の同定は、SPM8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Brodmann areaの決定を行なった。

この設定の上で、「足趾を動かそうと想う（イメージする）」、「足趾を実際に動かす」と「固視課題」の課題間での比較、一人称イメージと三人称イメージ、および二パターンの三人称イメージ間にて比較検定を行った。

比較は各イメージ間の脳賦活の差分を用いた。

2. 結果

「動」課題と固視課題の比較を示す(図8)。「動」課題にて実際に足趾の把握運動を行なった場合に固視課題と比較して、補足運動野（以下SMA）、一次運動野（以下Brodmann area 4, BA4）、一次体性感覚野（以下Brodmann area 1-3, BA1-3）、体性感覚連合野（以下Brodmann area 5, BA5）が著名に賦活した。

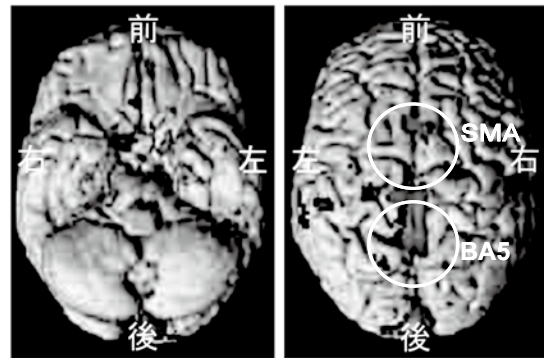


図16「横から突き出た足」三人称イメージ
マイナス「前から突き出た足」
三人称イメージ

「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位。SMAとBA5の賦活が著名であった。

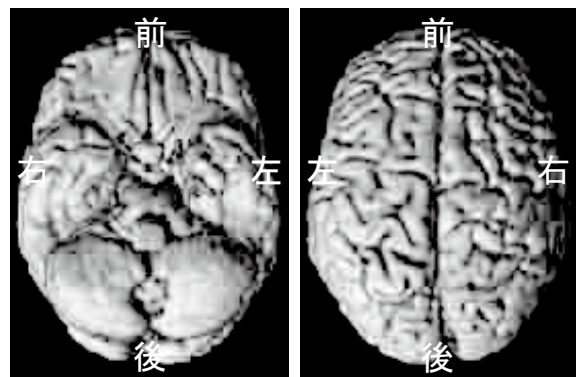


図17「前から突き出た足」三人称イメージ
マイナス「横から突き出た足」
三人称イメージ

「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位。著名な賦活部位はなかった。

一人称イメージの「想」課題と固視課題の比較を示す (図9).

一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から固視課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

実際の動きを伴わなかったため、BA4の賦活はないもの、SMAの活動は増加した。

「横から突き出た足」三人称イメージの「想」課題と固視課題の比較を示す (図10).

「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から固視課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

実際の動きを伴わなかったため、BA4の賦活はないもの、SMAの活動は増加した。

「前から突き出た足」三人称イメージの「想」課題と固視課題の比較を示す (図11).

「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から固視課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

同様に、実際の動きを伴わなかったため、BA4の賦活はないもの、SMAの活動は増加した。

一人称イメージの「想」課題と「横から突き出た足」三人称イメージの「想」課題の比較を示す (図12).

一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

この比較では、右側頭極 (以下Brodmann area 38, BA38) の活動が増加した。

「横から突き出た足」三人称イメージの「想」課題と一人称イメージの「想」課題の「想」課題の比較を示す (図13).

「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位

から一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

著名な賦活部位はなかった。図13で上から見た場合、BA4・BA1-3近傍の賦活を認めるが標準脳からTalairach座標に座標変換し脳部位の同定を行うとBA4・BA1-3近傍ではなく、脳深層部であることがわかった。

一人称イメージの「想」課題と「前から突き出た足」三人称イメージの「想」課題の比較を示す (図14).

一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

この比較では、「横から突き出た足」三人称イメージとの比較と同様、右BA38の活動が増加した。

「前から突き出た足」三人称イメージの「想」課題と一人称イメージの「想」課題の「想」課題の比較を示す (図15).

「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から一人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

「横から突き出た足」三人称イメージとの比較と同様、著名な賦活部位はなかった。

「横から突き出た足」三人称イメージの「想」課題と「前から突き出た足」三人称イメージの「想」課題の比較を示す (図16).

「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

SMAとBA5が著名な賦活を示した。図16で上から見た場合、BA4・BA1-3近傍の賦活を認め

るが標準脳からTalairach座標に座標変換し脳部位の同定を行うとBA4・BA1-3ではないことがわかった。

「前から突き出た足」三人称イメージの「想」課題と「横から突き出た足」三人称イメージの「想」課題の比較を示す(図17)。

「前から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位から「横から突き出た足」三人称イメージの映像を見ながら「想」課題を行なった場合の脳賦活部位を差分した脳賦活部位である。

この比較において、著名な賦活部位を認めなかった。

3. 考察

今回、一人称イメージと「横から突き出た足」三人称イメージ、「前から突き出た足」三人称イメージの3種類の「想」課題を行った場合の脳活動を比較した。

この3種類の「想」課題とも固視課題との比較を行った場合、SMAの活動が増加した。

Rolandは、補足運動野は運動のイメージの生成に働くと報告している⁶⁾。今回行った3種類の「想」課題においても、実際には運動を行わずに映像に合わせて運動を行おうとイメージするだけで、SMAの活動が増加したものと考えられる。

一人称イメージ、「横から突き出た足」三人称イメージ、「前から突き出た足」三人称イメージの3種類の「想」課題間での比較では、一人称イメージと比較して「横から突き出た足」三人称イメージ、「前から突き出た足」三人称イメージともに著名な賦活を認めなかった。しかし、「横から突き出た足」三人称イメージ、「前から突き出た足」三人称イメージと比較して一人称イメージの「想」課題では、右側側頭極BA38の活動が増加した。

Rubyら⁵⁾は、三人称イメージの動作観察で右IPLが活動したと報告している。これは、自己と他者の分離において他者認識の右頭頂葉の優位性を示している。

しかし、今回の研究では、「横から突き出た足」三人称イメージ、「前から突き出た足」三人称イメージ、この二つの三人称イメージ映像を見ながら「想」課題を行う場合と比較して一人称イメージを見ながら右脳の側頭極の活動が増加した。

側頭極に関して、Heekerenは、道徳的判断と意味についての判断に参与し⁷⁾、腹内側前頭皮質、側頭極、及び右側後帯状皮質ネットワークが道徳的判断に参与するとしている⁸⁾。Mollは、道徳的に不快な内容に関して左側側頭極が賦活すると報告している^{9) 10)}。ここでMollは、側頭極の賦活は、他人の意図や感情の心的状態を理解する社会認知メカニズムであるとしている。また、Kampeは、他人の意図を推定するメカニズムに関連して、意図の伝達において他者と視線が合ったときに側頭極が賦活すると報告している¹¹⁾。

側頭極は「心の理論」との関係も指摘されている。「心の理論」とは、David等が1978年に初めて使用した、他者や自己の心的状態を理解推測する能力である¹²⁾。Gallagherは、側頭極を他人に心的状態を帰属させる仕組みとしての「心の理論」に対応する部位としている¹³⁾。

今回の研究で、三人称イメージと比較して一人称イメージの「想」課題で右側側頭極の活動が増加した。今回の側頭極の賦活に関しても、映像に現れたモデルの行為に関して、その意図を推測しその動作を模倣し「想」課題を行ったと考える。

先行研究において、Rubyら⁵⁾は、右側脳の三人称優位性を報告している。我々の研究では、一人称イメージにて左側脳活動が増加することを報告している¹⁴⁾。

しかし今回の研究では、一人称イメージで右側側頭極の活動が増加した。

この原因として、映像としては一人称イメージを用いたものの、映し出された映像のモデルは他者の足趾の映像であったことにあると考える。

今後、被験者自身の足趾映像を用いて比較検討することが必要である。

今回、一人称イメージと「横から突き出た足」、

「前から突き出した足」の二パターンの三人称イメージを用いて運動を行おうとイメージする課題の比較を行った。一人称イメージと比較して三人称イメージで課題を行った場合は、著名な変化はなかった。三人称イメージと比較して一人称イメージで課題を行った場合は、右側側頭極の活動が増加することがわかった。

したがって、他者の足趾をモデルとして課題を行った場合は、一人称イメージで課題を行った方が他者の意図を理解する脳活動を増加させる可能性があると考えられる。

今後、測定方法を検討して測定を続けたい。

文 献

- 1) Yue G et al. : Strength increase from the motor program : comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *J Neurophysiol*, 67 : 1114–1123, 1992.
- 2) Fansler CL et al. : Effects of mental practice on balance in elderly women. *Phys Ther*, 65 : 1332–1338, 1985.
- 3) Crosbie JH et al. : The adjunctive role of mental practice in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke : a pilot study. *Clin Rehabil*, 18 : 60–68, 2004.
- 4) 内藤栄一: 運動習熟のメカニズム. *臨床スポーツ医学*, 21 : 1057–1065, 2004.
- 5) Ruby P, et al. : Effect of subjective perceptual taking during simulation of action— a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience* 4 : 546–550, 2001.
- 6) Roland, P. E. et al. Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. *J. Neurophysiol*, 43 : 118–136. 1980.
- 7) Heekeren, H. R, et al. : An fMRI study of simple ethical decision—making. *Neuroreport*, 14 (9) : 1215–9, 2003.
- 8) Heekeren, H. R, et al. : Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision—making. *Neuroimage*, 24 (3) : 887–97, 2005.
- 9) Moll, j. et al. : Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments. *Neuroimage*, 16 : 696–703. 2002.
- 10) Moll, j. et al. : The neural correlates of moral sensitivity : a functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *J Neurosci*, 22 (7) : 2730–6, 2002.
- 11) Kampe, K. K. et al. : "Hey John" : signals conveying communicative intention toward the self activate brain regions associated with "mentalizing," regardless of modality. *J Neurosci*, 23 (12) : 5258–63. 2003.
- 12) David, P. et al. : Does the chimpanzee have a theory of mind ? ” . *The Behavioral and Brain Sciences*, 1 (4) : 515–526, 1978.
- 13) Gallagher, H. L., et al. : Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends Cogn Sci*, 7 (2) : 77–83, 2003.
- 14) 牧野 均 他 : 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. *北海道文教大学紀要*, 38 : 147–153, 2012.

Comparison between 1PPI and Two Patterns' 3PPI: An f-MRI Study

MAKINO Hitoshi and IKOMA Katsunori

Abstract: There are two main modes of motor imagery: a first-person perspective imagery (1PPI: Kinesthetic motor imagery) and a third-person perspective imagery (3PPI: Visual motor imagery). 1PPI involves imagining the feeling of performing a certain movement. 3PPI involves imagining seeing yourself performing a certain movement. But 3PPI involves two patterns; they are a horizontal pattern and a front pattern. The purpose of this study is to determine the cortical representations in 1PPI and two patterns' 3PPI during toes' movements in healthy persons using f-MRI.

Methods: We enrolled 20 healthy subjects with right-handed leg, and they signed consent forms. f-MRI of 1.5T was used to map cortical representations associated with motor tasks of the right toes. In these tasks, subjects watched video-clip depicting simple 1PPI and two patterns' 3PPI actions of toes. And they were required to image the models.

Results: We compared 1PPI tasks with two patterns' 3PPI tasks at f-MRI maps. During imaging toes' movements, subjects in 1PPI tasks showed an increased representation of activation in the right temporal pole. However in two patterns' 3PPI tasks increased activation was not found there.

Conclusions: In a recent study, the temporal pole was active with regards to Theory of Mind. Our results suggest that the brain activity which understands an intention of the others may increase by 1PPI tasks.