

平成 2 6 年 4 月 2 5 日現在

機関番号：3 4 4 1 9

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：2 3 5 0 0 4 8 6

研究課題名（和文）多種感覚フィードバックの処理と自他の身体意識の関係についての研究

研究課題名（英文）Relationship between sensory feedback in the brain and corporeal awareness

研究代表者

村田 哲（MURATA, Akira）

近畿大学・医学部・准教授

研究者番号：6 0 2 4 6 8 9 0

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,000,000 円、（間接経費） 1,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、運動中の感覚フィードバックが脳内でどのように処理されているかを調べる研究で、最終的には自己の運動の結果が自己に帰属する運動主体感の神経基盤を明らかにすることを目的とした。研究では、モニター画面を見ながら手操作運動を遂行する課題とその動画を見るだけの課題をサルに訓練して、下頭頂小葉のニューロン活動を記録した。その結果、下頭頂小葉のニューロンは、自ら実行中の運動において視覚フィードバックに应答すること、これらのニューロンにはミラーニューロンも含まれていることが明らかになった。また、これらは運動のキネマティクスを表現していた。フィードバックに外乱を与える研究も現在継続中である。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research was to reveal how the brain process sensory feedback during self-generated hand action, which is functionally correlated with sense of agency. We examined activity of single neurons from the inferior parietal lobule; AIP/PFG of macaque monkeys during execution of grasping action viewing video monitor that presented their online movements, and during fixating video clips of their own grasping action. We found that some of hand manipulation-related neurons in AIP/PFG responded to video clips of one's own and experimenter's hand movement. Some of these neurons (including mirror neurons) also responded to the video clips of one's own hand movement without the image of the target object. These results suggest that these neurons visually responded to one's own hand kinematics, representing the body scheme rather than the goal of action. We still have been involved in the experiment in which sensory feedback are applied perturbation during hand movement.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：脳神経科学・融合社会脳科学

キーワード：自己他者 身体図式 ミラーニューロン 感覚フィードバック 感覚運動制御 頭頂連合野

1. 研究開始当初の背景

近年、社会的適応行動において、身体性がきわめて重要な役割を果たすと考えられている。たとえば、コミュニケーションなど社会性に関わる認知機能も、身体を基盤にした自己と他者の表現が脳内にあってこそ実現される。こうした脳内の身体は、手や足をしきりに動かすことで、体性感覚、視覚などの多種感覚フィードバックや、遠心性コピーをもとに、ダイナミックに獲得されと考えられる。過去の我々の研究においては、下頭頂小葉の手の運動に関連するニューロンが、自己の運動の遠心性コピーに関連すると考えている。一方、イタリアの Rizzolatti らのグループが、マカクザルの脳で、ミラーニューロンを見つけている。申請者はミラーニューロンもまた視覚フィードバックとしてはたらき、自己身体の知覚に関与していると考えられる。

さらに、他者の動作に関して視覚的に反応するミラーニューロンは、脳内に自己の身体表現だけでなく、他者の身体表現が存在することを示唆する。申請者は、これらの領域で表現される自己の身体のマップは、自己のみならず他者の身体もマップするのではないかと考えている。自己の身体マップを使い、他者の身体を知覚していると推測する。実際、頭頂葉のVIP野の視覚と体性感覚の多種感覚ニューロンの一部が自己の身体上に受容野を持つことが知られている²⁾。これまでの研究において、これらのニューロンが対面した実験者の身体像にも関連して活動することを報告した。

以上のように、脳内には自他の身体の表象が何らかの形で表現されており、そのメカニズムが身体の意識に関わると考えた。

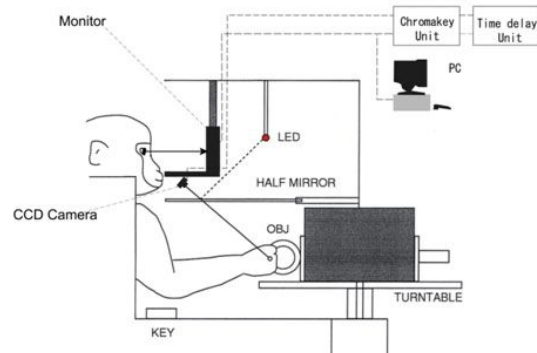
2. 研究の目的

本研究では、感覚フィードバックが、運動遂行中にどのように処理され身体意識と関わるのか、また、そして自己の身体の認識とミラーニューロンとの関係、ミラーニューロンの形成のメカニズムについて明らかにすることを目的とした。そのため、運動遂行中の感覚フィードバックに関わるニューロン活動を見つけ、また感覚フィードバックに外乱を与え身体意識に変容を加えたときに、ニューロン活動がいかに変化するかを調べることとした。また、この過程で自己のみならず他者の身体がいかにして脳内にマップされるのか、多種感覚ニューロンの関与について明らかにすることが当初の目標であった。

3. 研究の方法

(1) 実験装置：図のように手の運動制御装置により物をつかむ運動をサルに行わせた(手操作運動課題)。この装置は、ターンテーブルに操作対象が取り付けられており、それを引っ張るとマイクロスイッチがONになるようになっている。ターンテーブルは回転して操作する対象が変わるようになっている。また、物体や手の映像は、小型のCCDカメラを

通してモニターで呈示され、デジタルクロマキーユニットや映像エフェクターを通して画像処理が可能である。モニターにPC制御により手の運動の動画を呈示も可能である。また、タイムラグアジャスターにて、オンラインの映像と実際の運動よりも遅らせることができる。(下図)



(2) 課題：

- ・上記の装置を使って、モニターを見ながら手操作運動課題をサルに遂行させた。モニターに手や物体が見える条件と課題の手がかりとなるスポットライトだけがみえる条件を設定した。

- ・運動中の手の視覚像に対するニューロン応答を調べるため、運動中の映像を動画として呈示し、運動せずにそれを観察する課題を設定した。また、この画像を処理し、物体の映像を消して手の映像だけをみえる動画も呈示した。

- ・サルの自らの手の運動に視覚的に反応すると考えられるニューロン活動が、ミラーニューロンであるかどうかを調べるために、視線を変えて撮影した実験者の手の運動の動画呈示も行った。

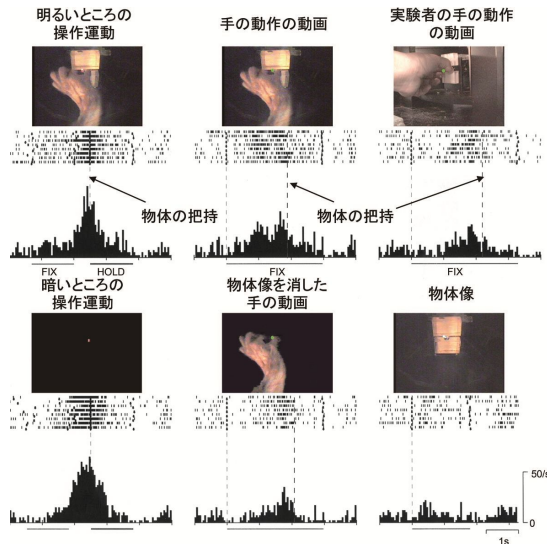
(3) 記録実験：

- ・手操作運動課題を遂行中に、頭頂間溝外側壁前方部分(AIP野)およびミラーニューロンが記録される頭頂葉PFG野、腹側運動前野のF5からも同様に記録した。

4. 研究成果

(1) サル二頭の2半球の頭頂葉より、235個の手操作運動に関連したニューロンを記録し、そのうち54個のニューロンが自己の運動か他者の手運動の動画を観察している時に応答した。これらのニューロンのうち25個は、自らの手の運動の動画からつかむ物体の映像を消した場合でも反応した。さらにこれらのニューロンのうち13個は他者の手の動作の動画にも反応するミラーニューロンであった。以上のように、サルの下頭頂小葉には、運動中の視覚フィードバックに反応すると考えられるニューロンがあり、これらのニューロンは、運動の信号から予測されるフィードバックと実際のフィードバックを比較する役割があると考えられる。こうしたニューロン活動は、脳内における身体図式の神経基盤であると示唆される。また、ミラーニューロンの一部は、他者の動作のみな

らず、自己の運動中の動作にも視覚的に応答する。このことは、ミラーニューロンも感覚



運動制御の中で、連合学習の結果として形成されと考えられる。

図は、自らの手の動画に応答するニューロンの1例。他者の手の運動の動画にも応答し、ミラーニューロンである。

(2) 記録実験終了後に、灌流固定を行い脳の標本を作製した。頭頂葉では、ミラーニューロンがPFGだけではなくAIPでも記録されることが明らかになった。

(3) 腹側運動前野においては、1半球の記録を行ったが、チャンバーの位置の問題でF5から十分な記録ができなかった。

(4) 視覚フィードバックに遅延を与え外乱を加える実験では、多くのニューロンが遅延に伴い潜時が遅れる結果となった。遅延がない状態では、抑制がかかっているのに遅延を加えると反応が現れるニューロンが見つかり、運動の信号の随伴発射による感覚抑制に関わる反応と推測され、さらにデータを積み重ねる必要がある。

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 9 件)

村田哲 触覚認知の生理学 - 触覚による外界・運動・身体認知 Clinical neuroscience 32 187-191 2014 査読無

http://jglobal.jst.go.jp/detail.php?from=API&JGLOBAL_ID=201402250946191696

村田哲 前田和孝 運動と認知を結ぶ手シンポジウムI 「手と脳」 The hands as a link between motor control and cognitive function 神経心理学 29(1): 61-70 2013 査読無

http://journal.kyorin.co.jp/journal/neuropsychology/detail_j.php?DB=neuropsychology&-recid=1214&-action=browse
Carpaneto J, Raos V, Umiltà MA, Fogassi L, Murata A, Gallese V, Micera S Continuous decoding of grasping tasks for a prospective implantable cortical neuroprosthesis. J

Neuroeng Rehabil 9:84.2012 査読有

doi:10.1186/1743-0003-9-84

村田哲 [招待講演] 運動制御と認知を結ぶミラーニューロン Mirror neuron as a link between motor control and cognitive function 聴覚研究会資料 42(4), 391-394, 2012-06-14 電子情報通信学会技術研究報告: 信学技報 112(81), 61-64, 2012-06-14 査読無

http://jglobal.jst.go.jp/detail.php?from=API&JGLOBAL_ID=201202271620628701

Murata A, Maeda K and Naito E. Body schema as a link between motor control and cognitive function. Proceeding ICME International Conference on Complex Medical Engineering 2012 467-470 査読有 doi:10.1109/ICCME.2012.6275708

Ota J, Asama H, Takakusaki K, Murara A and Kond T. The concept of mobiligence and its future. ICME International Conference on Complex Medical Engineering 2012 562-564 査読有 doi:10.1109/ICCME.2012.6275711

内藤栄一 上原信太郎 村田哲 出江紳一 感覚刺激と運動学習 特集 運動学習と理学療法 理学療法ジャーナル 46(1) 25-35 2012 査読無

http://jglobal.jst.go.jp/detail.php?from=API&JGLOBAL_ID=201202273710904034

Carpaneto J, Umiltà MA, Fogassi L, Murata A, Gallese V, Micera S, Raos V. Decoding the activity of grasping neurons recorded from the ventral premotor area F5 of the macaque monkey. Neuroscience. 2011 Aug 11;188:80-94. 査読有 doi: 10.1016/j.neuroscience.2011.04.062

村田哲 身体意識とミラーニューロン Clinical Neuroscience 29 909-918 2011 査読無

http://jglobal.jst.go.jp/detail.php?from=API&JGLOBAL_ID=201102290147150545

[学会発表](計 15 件)

前田和孝 石田裕昭 中隲克己 稲瀬正彦 村田哲 手操作運動ニューロン及びミラーニューロンにおける手操作運動中の事故の手に対する視覚応答 Visual response for one's own hand during hand manipulation movement of hand manipulation related and mirror neurons 第91回日本生理学会大会 2014年3月18日 鹿児島

前田和孝, 中隲克己, 稲瀬正彦, 村田哲 手操作運動ニューロンとミラーニューロンが関与する身体図式の神経基盤 SSI2013 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2013 2013年11月19日 大津

Maeda K, Nakajima K, Inase M, Ishida H. and Murata A. Hand manipulation and mirror neurons in the inferior parietal lobule

respond to the visual image of one's own hand movement Annual Meeting Society for Neuroscience, November 10 2013 San Diego

Murata A Shared body for self and others in the brain IROS 2013 Workshop on Neuroscience and Robotics Towards a robot-enabled, neuroscience-guided healthy society, November 3rd, 2013 Tokyo
前田和孝 石田裕昭 中舘克己 稲瀬正彦 村田哲 頭頂連合野の視覚-運動ニューロンは手操作運動中の自己身体像に
応答する 第 106 回近畿生理学談話会
2013 年 11 月 2 日 奈良

前田和孝 中舘克己 稲瀬正彦 村田哲 AIP/PFG 野における手操作運動ニューロンの自己-他者身体像に対する視覚
応答 Visual response to self-other body movement of handmanipulation neurons in area AIP/PFG 第 36 回神経科学会大会
京都 2013 年 6 月 20 日 京都

村田哲 ミラーニューロンシステムだけではない頭頂-運動前野ネットワーク 第 1 回身体性基盤勉強会 2013 年 1 月 24 日
仙台

村田哲 ミラーニューロンシステムだけではない頭頂-運動前野ネットワーク
特別推進研究「神経ダイナミクスから社会的相互作用へ至る過程の理解と構築による構成的発達科学」研究会 2012 年 12 月 21 日 大阪

村田哲 運動と認知を結ぶ手 シンポジウム「手と脳」第 36 回日本神経心理学会 2012 年 9 月 14 日 東京

Maeda K and Murata A Neural activity in area AIP/PFG related to visual feedback during hand manipulation. Mirror neurons New frontiers 20 years after their discovery 2012 Aug31- Sep 6 2012 Erice Italy

Murata A, Maeda K and Naito E. Body schema as a link between motor control and cognitive function. ICME International Conference on Complex Medical Engineering 2012 July 4 2012 Kobe

Ota J, Asama H, Takakusaki K, Murata A and Kond T. The concept of mobiligence and its future. ICME International Conference on Complex Medical Engineering 2012 July 4 2012 Kobe

村田哲 [招待講演] 運動制御と認知を結ぶミラーニューロン 2012 年 6 月度音声研究会聴覚研究会共催研究会 2012 年 6 月 15 日 厚木

村田哲 身体性とミラーニューロン 第 23 回四国作業療学会 基調講演 2012 年 5 月 20 日 高知

村田哲 Mirror neuron and corporeal awareness 第 34 回日本神経科学会大会シンポジウム ミラーニューロンシステ

ムの今後 横浜 2011 年 9 月 17 日

〔その他〕

(1) 報道 at home TIME 教授対談シリーズ こだわりアカデミーVol1347 他人の行動を頭の中に“写す”神経細胞 2013 年 9 号 8 月 20 日発行

(2) ホームページ等

http://researchmap.jp/viola_body

<http://www.med.kindai.ac.jp/physio/list.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村田 哲 (MURATA, Akira)

近畿大学・医学部・准教授

研究者番号：60246890