

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13177

研究課題名(和文)Hyperscanning EEG-fMRIによる二者間運動同調の神経基盤の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the neural basis of interpersonal synchronisation by hyperscanning EEG-fMRI

研究代表者

宮田 紘平(Miyata, Kohei)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：30792171

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：個人間の運動同調には「どのように行うか(How)」という運動の意図の共有が重要である。本研究では表情の模倣課題を用いて、運動の意図また運動に乗った感情(表情)の共有に関わる神経基盤を調べた。行動解析技術とfMRI 2 個体同時計測・解析の技術を組み合わせ、ペア特異的な行動の類似性に関連して、右下頭頂小葉の活動が同期することを明らかにした。下頭頂小葉はミラーニューロンシステムの一部と考えられており、Howという運動の意図共有において重要な役割を果たすことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ミラーニューロンシステムは自分の行為の時、また他者の行為の観察の時に活動することが知られてきたが、自他間で同じような活動パターンを示すかについては不明であった。本研究は、模倣中に右下頭頂小葉でペア特異的な活動の類似性があることを明らかにした。この類似性は「なにをするか(What)」ではなく、Howという運動の意図が共有されたことによって生じた。Howという運動の意図共有は相手の意図理解や共感において重要であり、本研究の成果は社会性障害の神経機序の理解へ貢献することが期待される。

研究成果の概要(英文)：The shared intention of actions, "How", is important for interpersonal coordination. In the present study, we used a facial expression imitation task to investigate the neural basis involved in sharing action intentions and emotions (facial expressions). Combining behavioral analysis techniques with Hyperscanning-fMRI techniques, we found that the activity of the right inferior parietal lobule is synchronised in relation to pair-specific behavioural similarities. This result suggests that the inferior parietal lobule, part of the mirror neuron system, plays an important role in the shared intention of actions.

研究分野：スポーツ心理

キーワード：imitation hyperscanning fMRI action representation mirror system

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ホタルの集団発光、ろうそくの揺らぎなど自然界には同調現象が広く存在し、ヒトの運動にも観察される。特に個人間の運動同調は社会的相互作用との関連性から着目されてきた。同調の頻度は社会性スコアと相関し、相手への印象によっても同調の頻度は異なる。また、自閉症の子どもでは個人間の運動同調が生じないことが報告されている。一方で、意図的に運動の同調を行わせた場合には相手への好感度が高まり、向社会性行動が誘発される。表情のように感情が付加された運動では、運動の同調を介して感情の同調が生じる。そのため運動の同調は、他者との原始的な社会的相互作用であり、その神経基盤は社会性に重要な神経基盤と密接に関連していると考えられる。本研究全体の目的は、Motion の同調から Emotion の同調に至るまで、個人間に見られる同調現象の機序を神経科学的に明らかにすることである。

2. 研究の目的

本研究では運動の同調現象の一つである模倣を用いて以下3つを明らかにすることを目的とした。

(1) 運動意図の共有に関わる神経基盤

運動制御システムは Prior intention (事前意図)、Intention in action (運動意図)、Motor command (運動指令) の3つの階層に分けることができ (de Vignemont and Haggard, 2008)、運動の同調には「どうやるか (How)」という運動意図の共有が重要である。本研究では、模倣課題中の動きと脳活動を2人同時に記録することで運動意図の共有に関わる脳領域を調べた。

(2) 模倣と被模倣の神経基盤の同異

これまで模倣、被模倣の神経基盤について、互いの脳活動の差を見ることで調べられてきた。しかし、模倣と被模倣では異なる認知処理が行われており、互いを比較対象として脳活動を調べることは適切ではない。模倣、被模倣に共通する処理は顔を作る、相手の表情を観察するである。そこで本研究では統制条件として同時に顔を作る条件を加え、模倣と被模倣の脳活動を統制条件との差分で抽出し、その同異を調べた。

(3) 被模倣に伴う快感情に関わる領域

被模倣の随伴性の検出によって快感情が生じることが知られているが、どの脳領域が関わるかについては不明であった。本研究では、模倣の各試行後に自己の感情について内省報告を行ってもらい、被模倣の快感情に関連する脳領域を調べた。

3. 研究の方法

健康成人 32 名 16 ペアに表情の模倣課題を行ってもらった。表情の種類は、嬉しい顔、悲しい顔、口を開ける顔の3種類とした。役割は被模倣 (Initiator)、模倣 (Responder)、同時に顔を作る (Control) の3条件とした。課題中の2人の脳活動を2台の機能的磁気共鳴画像 (fMRI) 装置を用いて記録した。お互いの顔はオンラインビデオシステムを介して見ることができるようにした。ビデオデータは記録し、ペア内での顔の動き (速さ、大きさ) の類似性について解析を行った。類似性がペア特異的なものを調べるために、リアルタイムには一緒に課題を行っていない擬似ペア (Pseudo pair) のデータを実際のペア (Real pair) のデータを組み替えることで生成し、擬似ペアのデータと比較した。また、被模倣の快感情に関連する領域を調べるため、被験者の感情の内省報告を7件法 (-3 = ネガティブ、3 = ポジティブ) で記録し、模倣された際の快感情と相関する脳領域を調べた。

4. 研究成果

(1) 運動意図の共有に関わる神経基盤

模倣課題において、右下頭頂小葉の活動の相関がペア特異的に高いことを明らかにした (図 1-A)。一方で、ペア特異的な相関は統制条件では観察されなかった (図 1-B、C)。さらに右下頭頂小葉の活動の相関が高いペアほど、2人の顔の動きの速さの相関が高いことを明らかにした (図 1-D)。顔の動きの速さは、「どのようにやるか (How)」という運動意図であり、その共有に右下頭頂小葉が関わることが示唆された。

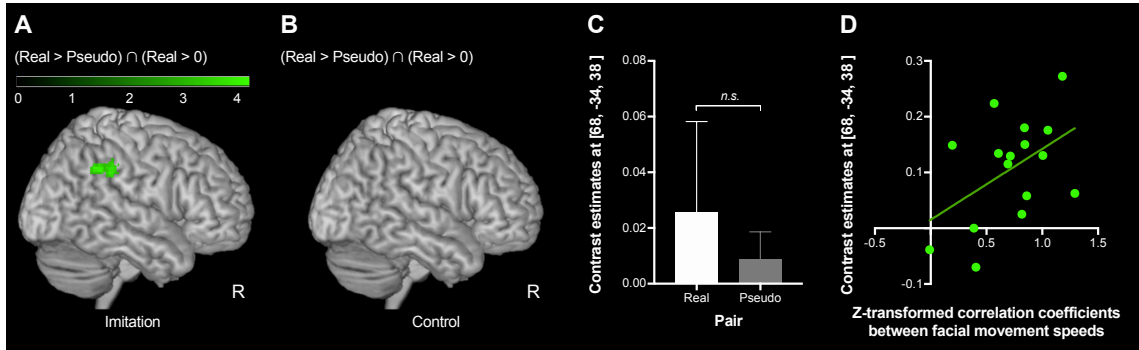


図 1. 運動意図の共有に関わる神経基盤

(2) 模倣と被模倣の神経基盤の同異

統制条件と比較したところ、模倣と被模倣では全く異なる神経活動を示した。模倣の場合は視覚関連領域や運動関連領域に活動が見られたのに対し、被模倣の場合には小脳や右下前頭回に加え、Mentalisingに関わるとされる内側前頭前野と側頭頭頂接合部に活動が見られた。模倣の脳活動は Inverse Model のように視覚的な手がかりをもとにした運動指令の生成の処理を反映し、被模倣の活動は Forward model のように自己の行為の結果の予測を行い、随伴性の検出を行う処理を反映していると考えられる。一方で、模倣と被模倣で共通して活動する領域は観察されなかった。

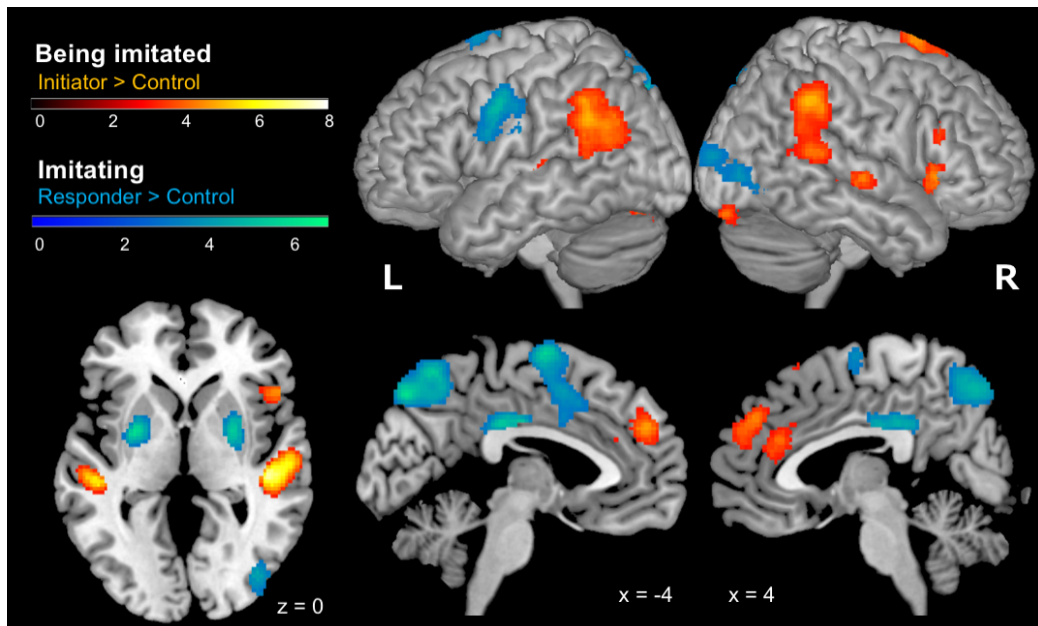


図 2. 模倣と被模倣の神経基盤の同異

(3) 被模倣に伴う快感情に関わる領域

被模倣に伴って快感情が惹起されることが本研究のデータでも確認された。この快感情は表情の種類に関わらず惹起されていた (図 3-A)。被模倣の快感情の程度と相関する領域を調べたところ、模倣されたときに快感情を持つ被験者ほど、吻側前帯状回の活動が高いことを明らかにした (図 3-B、C)。このことから被模倣に伴う快感情には吻側前帯状回が関連することが明らかとなった。

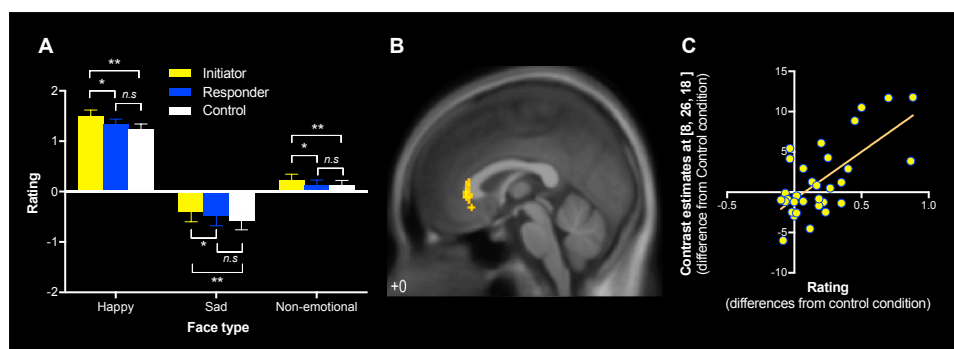


図 3. 被模倣に伴う快感情に関わる領域

模倣と被模倣の個別の解析では共通に活動する領域は見られなかったが、2つの役割の時間的な関係性に注目すると右下頭頂小葉の活動に類似性が見られた。これは従来の1個体の脳活動の解析では明らかにできなかった結果であり、社会的な相互作用を調べる上で2個体の記録を行う重要性を示唆している。また、運動の意図共有や被模倣による快感情は社会的発達において重要であり、その脳領域を同定したことは社会性障害の神経機序の理解にも大きく貢献すると考えられる。

<引用文献>

- ① de Vignemont, F., Haggard, P., 2008. Action observation and execution: What is shared? *Soc. Neurosci.* 3, 421–433. <https://doi.org/10.1080/17470910802045109>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Miyata Kohei, Varlet Manuel, Miura Akito, Kudo Kazutoshi, Keller Peter E. | 4. 巻 682 |
| 2. 論文標題 Interpersonal visual interaction induces local and global stabilisation of rhythmic coordination | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Neuroscience Letters | 6. 最初と最後の頁 132 ~ 136 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.07.024 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 5件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sato, H., Numata, T., Asa, Y., Koike, T., Miyata, K., Nakagawa, E., Sumiya, M., and Sadato, N. |
| 2. 発表標題 An fMRI investigation on the positive consequences of being imitated by a virtual nonhuman agent |
| 3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Miyata, K., Oboshi, Y., Koike, T. & Sadato, N. |
| 2. 発表標題 The imagination of self-relevant emotional events activates rostral anterior cingulate cortex |
| 3. 学会等名 The Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Miyata, K., Koike, T., Nakagawa, E., Harada, T., Sumiya, M. & Sadato, N. |
| 2. 発表標題 Neural correlates of being imitated and imitating: a hyperscanning fMRI study. |
| 3. 学会等名 Society for Neuroscience (SfN) 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kohei Miyata, Takahiko Koike, Eri Nakagawa, Tokiko Harada, Motofumi Sumiya, Tetsuya Yamamoto, and Norihiro Sadato. |
| 2. 発表標題 Shared and distinct neural correlates of being imitated and imitating: A hyper-scanning fMRI study. |
| 3. 学会等名 The Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kohei Miyata, Takahiko Koike, Eri Nakagawa, Tokiko Harada, Motofumi Sumiya, Tetsuya Yamamoto, and Norihiro Sadato. |
| 2. 発表標題 Two brains resonate with each other for sharing action in imitative interaction: A hyper-scanning fMRI study. |
| 3. 学会等名 Joint Action Meeting VIII (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|