

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25380975

研究課題名(和文) in vivo 蛍光イメージングによるバイオリジカル・モーション関連領域の同時計測

研究課題名(英文) in vivo fluorescence imaging for biological motion perception

研究代表者

谷 利樹 (TANI, TOSHIKI)

国立研究開発法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・研究員

研究者番号：60392031

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：動物やヒトの動きを主要体部位のドットの動きで表したバイオリジカル・モーションの知覚は他者の行動の認知にかかわっていると考えられる。我々はバイオリジカル・モーション刺激反応領域を小型の霊長類マーモセットの上側頭溝尾側腹側部位に見出し、その部位と神経線維連絡を持つ大脳皮質領域から神経活動の同時計測を行った。その結果、バイオリジカル・モーション刺激に対して選択的な反応を示す前頭葉背側部の領域を見出した。以上のことからバイオリジカル・モーション知覚に関わる情報処理に前頭葉背側部位が関与していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Biological motion is consist of dots which represent articulation of human and animals. Biological motion is involved in cognition of others' behavior. We found the region in response to biological motion stimuli in caudal part of superior temporal sulcus and their cortical connection in common marmoset. We measured cortical responses to biological motion in the cortical areas that have neural connections to caudal part of superior temporal sulcus. The result suggests that a part of dorsal frontal cortex would related information processing of biological motion perception.

研究分野：神経科学

キーワード：バイオリジカル・モーション 上側頭溝周辺領域 光学計測 皮質電図 神経線維投射

### 1. 研究開始当初の背景

他者の身体の動きからその人が何をしているのかを推測することはコミュニケーションの重要な因子のひとつと考えられる。この身体の動きを単純化したものに、光点で表した動物またはヒトの関節及び主要体部位の動きから、運動を想起させるバイオロジカル・モーションと呼ばれる知覚現象がある(図1)。このバイオロジカル・モーション知覚は必要最小限の点の動きから、生理的な運動を連想させるものであり、身体の動きの意味づけに深くかかわっていると思われる。

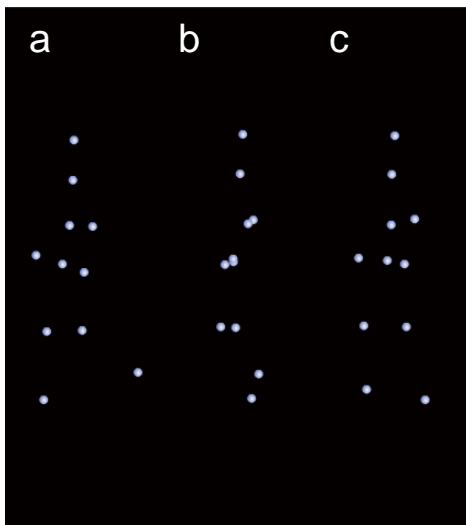


図1 バイオロジカル・モーション刺激。  
a~c ヘフレームが切り替わることにより  
ヒトの歩行動作が知覚される。

ヒトやマカクザルの研究からバイオロジカル・モーション刺激に反応する大脳皮質の領域は上側頭溝(STS)周辺領域であることが報告されてきた。我々はこれまでに上側頭溝(STS)周辺領域が脳表面に露出した小型の霊長類マーモセットにおいてバイオロジカル・モーション刺激反応領域を上側頭溝尾側部位に見出し、その領域が形態視に関わる下側頭部視覚野と運動視に関わる側頭部運動知覚系領域から入力を受けていることを明らかにした。しかし、バイオロジカル・モーション知覚に関与すると考えられるこれらの領域の詳細な神経活動については不明

であった。そこでバイオロジカル・モーション知覚に関わる神経機構をネットワークレベルで明らかにするために関連する大脳皮質領域全体から同時に神経活動を調べる必要があると考えた。

### 2. 研究の目的

他者の意図を理解するためには言語だけでなく、表情や動作の情報が重要である。動物またはヒトの関節及び主要体部位の動きを光点で表し、それらの光点の協調的な動きから、動物またはヒトの運動を想起させるバイオロジカル・モーションは動作を表現する基本的な情報を有していると考えられる。

本研究ではバイオロジカル・モーション知覚に関わる大脳皮質領域が脳表面に露出した小型の霊長類マーモセットを用いてバイオロジカル・モーション知覚に関わる大脳皮質領域全体の神経活動を覚醒下の動物から一度に取得することにより大脳皮質領域間のネットワークレベルでバイオロジカル・モーション知覚の神経メカニズムの解明を目指す。

### 3. 研究の方法

最初にマーモセットでバイオロジカル・モーション刺激に反応する上側頭溝尾側部の領域を同定するためにマーモセットが餌を取る動作の黒塗りの動画、その動画のピクセルの提示をランダムにした刺激、餌を取る動作の主要部位を光点で表したバイオロジカル・モーション刺激、そのバイオロジカル・モーション刺激の光点の位置をスクランブルした刺激(図2)に対する神経活動を光学計測法によって取得する。

次にマーモセットが餌を取る動作の黒塗りの動画とそのバイオロジカル・モーション刺激の両方に反応した領域に順行性の蛍光ウイルスレーザー(アデノ随伴ウイルス)を注入し、上側頭溝尾側部のバイオロジカ

ル・モーション反応領域と神経線維連絡を持つ大脳皮質領域を蛍光イメージングにより同定する。

さらにバイオロジカル・モーション反応領域及び、その領域と神経線維連絡を持つ領域を含む片半球の大脳皮質表面全体に皮質電図電極（64ch）を麻酔下の動物に埋め込む。バイオロジカル・モーションは高次な知覚現象と考えられるため、動物が埋め込み手術から回復後、専用のチェアに座らせ覚醒下において光学計測で用いた視覚刺激と同様の刺激に対する神経活動を計測する。

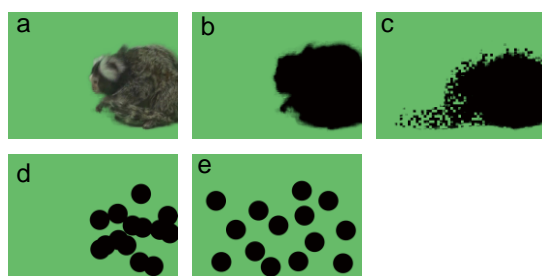


図 2 視覚刺激。

- a: 実際の動物がエサをとる動画
- b: a の黒塗りの動画 (RB)
- d: b の各ピクセル提示をランダムイズ (FS)
- d: a のバイオロジカルモーション刺激 (BM)
- e: d の各ドット位置をスクランブル (PS)

#### 4. 研究成果

##### (1) 上側頭溝尾側部におけるバイオロジカル・モーション刺激反応領域

麻酔下の動物にバイオロジカル・モーション関連刺激（図 2）を提示し、光学計測法を用いての上側頭溝尾側部の反応を計測した。動物が餌を取る動作の黒塗りの動画及び、そのバイオロジカル・モーション刺激に対して上側頭溝尾側腹側領域に反応が得られた。また、それらの動画をスクランブルした刺激に対しても同様の反応が得られた（図 3）。これらの結果からこの領域に複雑な動きの情報が集まっていることが示唆された。

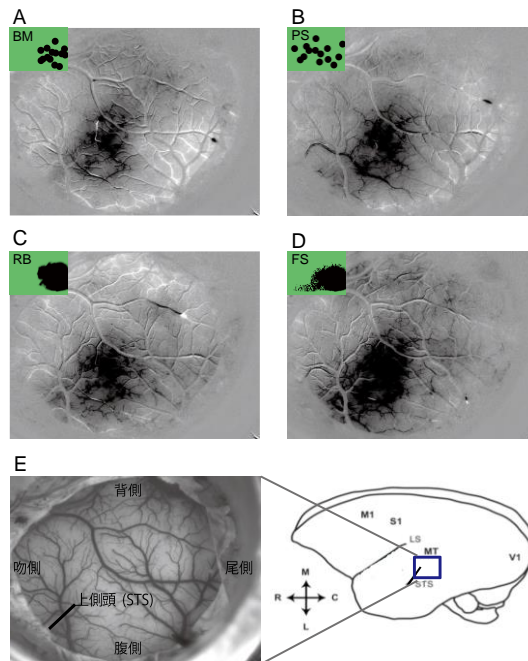


図 3 上側頭溝尾側部の光学計測

A～D: 各反応マップの左上に示された視覚刺激に対する光学的反応部位（黒い領域）。  
E: 光学計測部位の血管像とその大脳皮質における位置。

##### (2) バイオロジカル・モーション刺激反応領域と神経線維連絡を持つ大脳皮質領域

上側頭溝尾側腹側領域に見つかったバイオロジカル・モーション刺激反応領域に順行性のアデノ随伴ウイルスを注入し、バイオロジカル・モーション反応領域と神経線維連絡を持つ領域を調べた。前頭葉への投射は 10 野、46 野、8 野、6Va 野、6Vb 野、12O 野、ProM 野に見られた。側頭葉への投射は V4 野、MTC 野、MT 野、TEO 野、TPO 野、TF 野、TE1 野、TE2 野、TE3 野に見られた。TE1 野と TE3 野への投射は 4 層に集まっており（フィードフォワード結合）、MT 野への投射は 1 層と 6 層に集まっていた（フィードバック結合）。頭頂葉、後頭葉への投射は PF 野、PFG 野、LIP 野、V3A 野、島皮質（GI 野、DI 野、IPro 野）に見られた（図 4）。これらの結果からバイオロジカル・モーション刺激に反応する上側頭溝尾側腹側領域は認知機能に関わる前頭部位、運動性視覚情報処

理に関わる側頭、後頭部位に神経線維連絡を持つことが明らかになった。また、6Va 野、6Vb 野、PF 野、PFG 野との神経線維結合から、ミラーニューロンシステムとの関わりが示唆された。

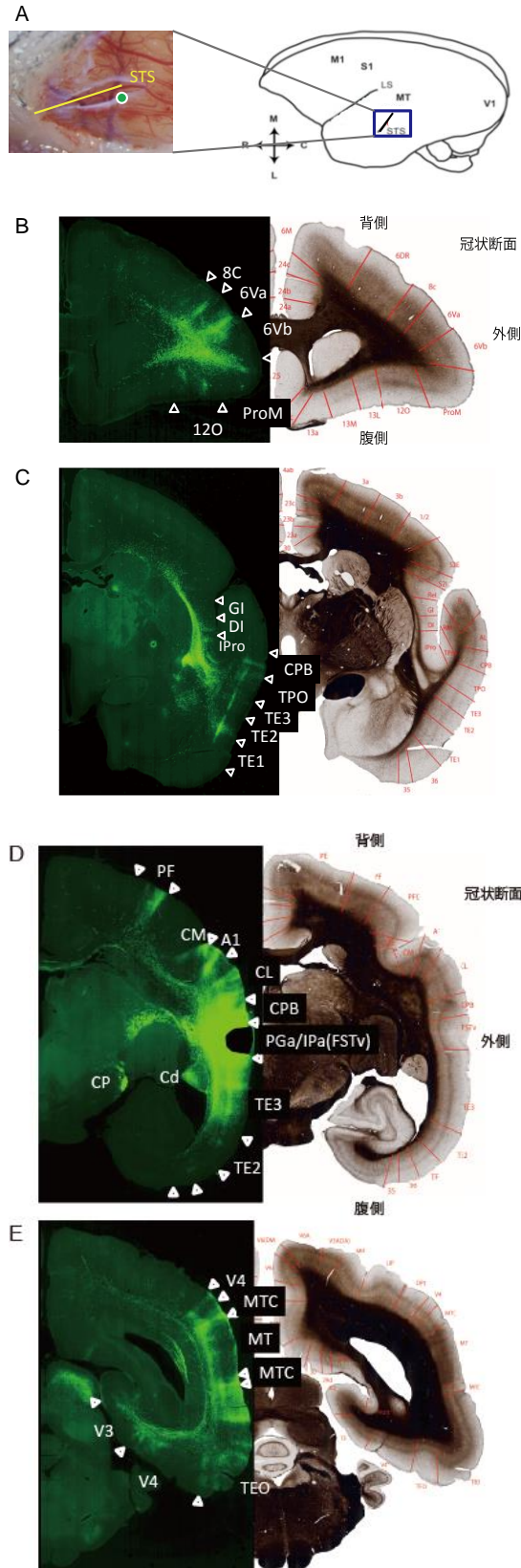


図 4 上側頭溝尾側腹側領域のバイオロジカル・モーショントラッキング反応領域の神経線維連絡。

A: ウイルス注入部位 緑丸はトレーサー注入点を表す。

B~E: ウイルス投射部位とミエリン染色による領域の同定 (冠状断面)。

前頭葉(B), 注入部位より吻側(C), 注入部位近傍(D), 注入部位より尾側(E)

### (3) バイオロジカル・モーショントラッキングに対する関連領域の反応特性

片半球の大脳皮質表面全体をカバーする皮質電図電極を麻酔下の動物に埋め込み、動物が手術から回復後、専用のチェアに座らせ覚醒下においてマーモセットが餌を取る動作の動画、その餌を取る動作を光点で表したバイオロジカル・モーショントラッキング刺激、そのバイオロジカル・モーショントラッキング刺激の光点の位置をスクランブルした刺激、動物が餌を取る動作の静止画に対する神経活動を計測した。後頭葉から側頭葉腹側領域にかけてすべての視覚刺激に対する神経応答がみられた。これは視覚刺激に対する共通の反応と考えられた。前頭葉吻側部においてもすべての視覚刺激に対する神経応答がみられ、視覚認知に関わる共通の反応と考えられた。一方、前頭葉背側部においては実際の動物が餌を取る動画とそのバイオロジカル・モーショントラッキング刺激に対して神経応答が見られ、バイオロジカル・モーショントラッキング刺激には明瞭な神経応答が見られなかった。これらの結果から実際の動物が餌を取る動作とそのバイオロジカル・モーショントラッキング刺激に共通する生物学的動きの情報処理に前頭葉背側部位が関与していることが示唆された。

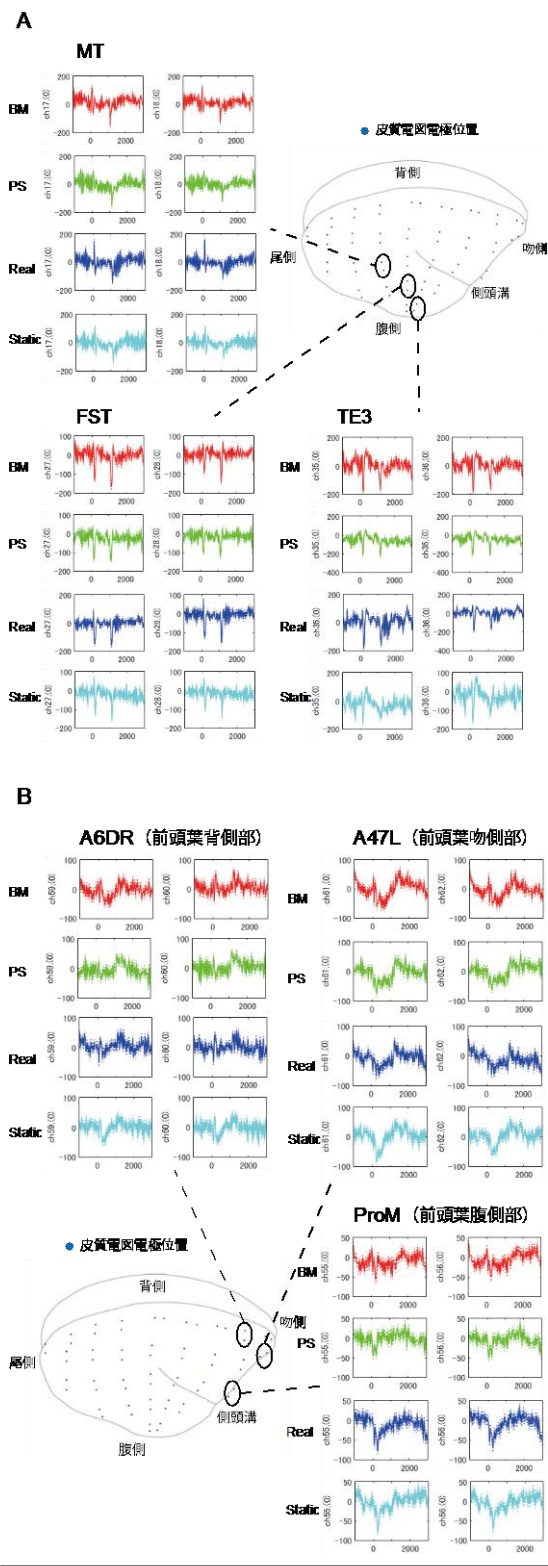


図 5 右大脳半球表面の皮質電図計測  
 A: 側頭領域の皮質電図.  
 B: 前頭領域の皮質電図.  
 red バイオロジカル・モーショントラッキング(BM)  
 green BM の各ドット位置のスクランブ(PS)  
 blue 実際の動物の動画(Real)  
 cyan 実際の動物の静止画(Static)

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 0 件)  
 [学会発表] (計 4 件)

1. 鈴木 航、谷 利樹、坂野 拓、宮川 尚久、阿部 央、速水琢、一戸 紀孝

In vivo visualization of multiple-areas in superior temporal sulcus of common marmoset

Society for Neuroscience Annual Meeting 2016年11月16日 San Diego (USA)

2. 鈴木 航、竹市博臣、谷 利樹、宮川 尚久、速水琢、渡辺恵、一戸 紀孝

自然画像から物体の運動情報を抽出するアルゴリズムの開発とその心理物理学的・神経生理学的検討

視覚科学フォーラム第20回研究会 2016年8月25日大阪大学脳情報通信融合研究センター (大阪府)

3. 鈴木 航、谷 利樹、宮川 尚久、坂野 拓、阿部 央、一戸 紀孝

内因性光計測法を用いたコモンマーモセット上側頭溝 (STS) にある視覚領野の同定

視覚科学フォーラム第19回研究会 2015年8月19日ホテル福島グリーンパレス (福島県)

4. 鈴木 航、谷 利樹、宮川 尚久、坂野 拓、阿部 央、一戸 紀孝

コモンマーモセット上側頭溝尾側部における機能イメージングによる領野の同定

第38回日本神経科学大会 2015年7月28日神戸国際会議場 (兵庫県)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

谷 利樹 (TOSHIKI TANI)  
国立研究開発法人理化学研究所  
脳科学総合研究センター・研究員  
研究者番号：60392031

### (2)研究分担者

下田 浩 (HIROSHI SHIMODA)  
弘前大学・医学研究科・教授  
研究者番号：20274748  
(平成 25-26 年度)

### (3)連携研究者

一戸 紀孝 (NORITAKA ICHINOHE)  
国立精神・神経医療研究センター  
神経研究所・微細構造研究部・部長  
研究者番号：00250598

### (4)研究協力者

なし ( )