

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：82611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25871171

研究課題名(和文) 他者の意図認知において顔・視線認知システムと視線・注意制御システムの果たす役割

研究課題名(英文) Role of facial gaze detecting system in cognition of other's attention

研究代表者

宮川 尚久 (Miyakawa, Naohisa)

国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・神経研究所 微細構造研究部・流動研究員

研究者番号：60415312

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)：新世界ザル・コモンマーモセットに様々な表面素材感(陶器、ガラス、毛など)と3次元形状を持つ刺激画像を麻酔下で視覚提示し、マーモセット側頭視覚皮質の上側頭溝底部腹側領域(FSTv)に光沢素材(ガラスおよび金属)に選択的な応答を示す神経細胞集団が存在することを見出した。光沢選択性細胞は皮質上でクラスター状に固まって存在することを示し、またFSTvへ投射する領域を逆行性蛍光トレーサーを用いて同定した。

研究成果の概要(英文)：The common marmoset (*Callithrix jacchus*) is one of the smallest species of primates, with high visual recognition abilities that allow them to judge the identity and quality of food and objects in their environment. To address the cortical processing of visual information related to material surface features in marmosets, we presented a set of stimuli that have identical three-dimensional shapes (bone, torus or amorphous) but different material appearances (ceramic, glass, fur, leather, metal, stone, wood, or matte) to anesthetized marmoset, and recorded multiunit activities from an area ventral to the superior temporal sulcus (STS) using multi-shanked, and depth-resolved multi-electrode array. Out of 143 visually responsive multiunits recorded from four animals, 29% had significant main effect only of the material, 3% only of the shape and 43% of both the material and the shape.

研究分野：神経科学

キーワード：霊長類 視覚 光遺伝学

1. 研究開始当初の背景

霊長類の大脳皮質側頭葉は、色や形などといった物体認知に関わる高次視覚野を含み、そのうち上側頭溝領域には、他者認知に関わる視覚情報が表現されていることが示唆されている。しかし、色や形などの情報から、どのように他者に結び付く視覚情報が選択的に抽出されているのかは、不明な点が多い。

2. 研究の目的

本研究では他者認知を担う神経基盤を探るため、上側頭溝領域で、視線を動かす顔や毛皮といった生物らしい視覚画像に選択性を持つ神経細胞の有無、このような神経細胞があった場合、その選択性を形成するのに重要な他の脳領域との結合様式、の2点を検討することを目的とした。生物らしい刺激に強い視覚反応を示す神経細胞が数多く見つからなかったため、本計画の途中でターゲットを生存に必須な物体表面特徴、

3. 研究の方法

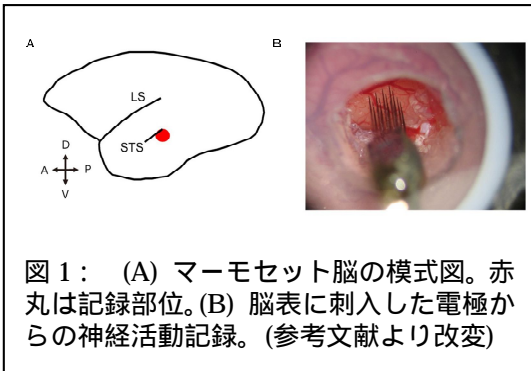


図 1: (A) マーモセット脳の模式図。赤丸は記録部位。(B) 脳表に刺入した電極からの神経活動記録。(参考文献より改変)

マーモセット上側頭溝底部腹側領域(FSTv)より神経活動を計測し(図 1)、同種(マーモセット)の顔の動画や(図 2)、様々な表面素材感(毛、皮革、陶器など)と3次元形状を持つ刺激画像を麻酔科で視覚提示し(図 3A)、目的とした神経細胞を同定した後、神経線維の走行を可視化する蛍光神経トレーサーを注入し、動物の回復を待った後に *in vivo* で観察した。

4. 研究成果

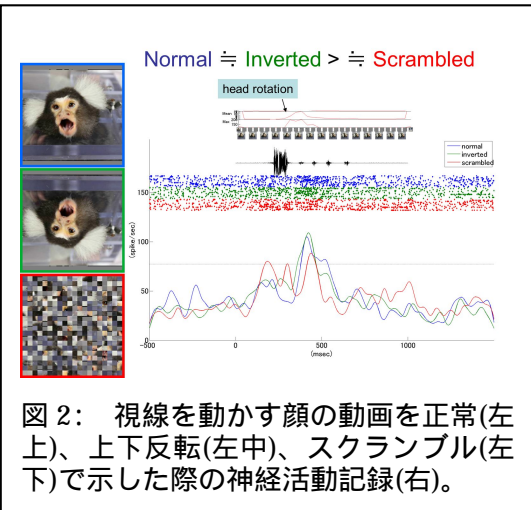


図 2: 視線を動かす顔の動画を正常(左上)、上下反転(左中)、スクランブル(左下)で示した際の神経活動記録(右)。

我々は予備的な実験で、FSTv において視線を動かす顔の動画に強い反応を示す神経細胞を同定していた。しかしより詳細な検討により、これらの神経応答は、刺激画像が顔であるか否かよりも、その運動成分に強い選択性を持つことがのちの解析で判明したため、必ずしも他者認知を担う神経細胞とは言えないと結論づけた(図 2)。

次に我々は、様々な表面素材感(毛、皮革、陶器など)と3次元形状を持つ刺激画像を視覚提示する実験を行い(図 3A)、光沢素材に選択的な応答を示す神経細胞集団が存在することを見出した(図 3B)。光沢感は必ずしも当初の目的である生物らしさに繋がる情報ではないが、生存に必須である水や餌質感といった重要な視覚情報であるため、本研究ではこの光沢選択性の神経基盤を研究目的として再設定した。光沢選択性細胞は皮質上でカラム構造を形成することを示し、この内容を *Frontiers in Neural Circuits* 誌にて発表した(参考文献 2017年3月)。

また FSTv へ投射する神経細胞を逆行性蛍光トレーサーで標識し、脳溝が少ない新世界

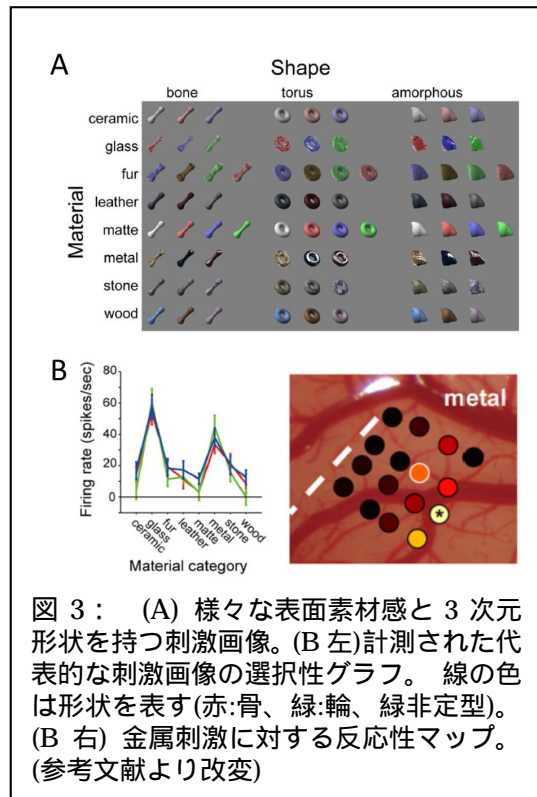


図 3: (A) 様々な表面素材感と3次元形状を持つ刺激画像。(B 左)計測された代表的な刺激画像の選択性グラフ。線の色は形状を表す(赤:骨、緑:輪、青:非定型)。(B 右) 金属刺激に対する反応性マップ。(参考文献より改変)

ザルの特徴を生かして *in vivo* で同定した(図 4)。投射領域のうち MT crescent(MTc)に改めて電極アレイを刺入し、MTc においても光沢応答を示すニューロンがコラム状に存在することを確認した。MTc 光沢選択性神経細胞群の応答は、FSTv の応答とは異なりその大部分が低次元な画像特徴量の線形的な組み合わせで説明できることを見出した。この内容は 2016 年の北米神経科学学会にて発表し、現在論文投稿準備中である。これらの結果と、H27 年度までの本研究で確立した光遺伝学的手法を組み合わせ、MTc から FSTv

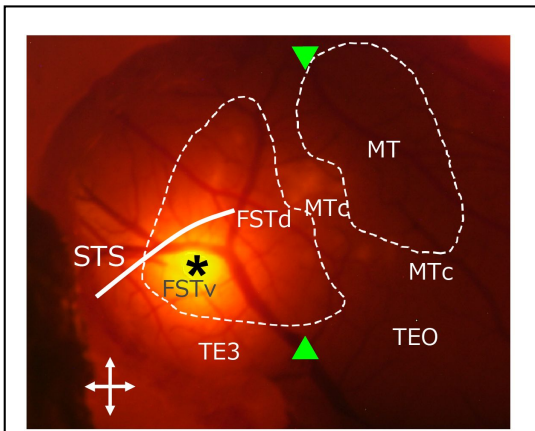


図 4： FSTv 光沢選択性部位へ神経軸索を送る領域の特定。*逆行性蛍光たんぱく CTB-Alexa555 の注入部位。注入部位より尾側(右側)で、投射元の神経細胞が蛍光標識されたスポット上の領域が可視化されている。

への投射繊維の神経活動が FSTv の刺激選択性に及ぼす影響を評価した。ArchT を MTC 光沢応答部位の神経細胞に発現させて投射繊維を FSTv で光抑制したところ、FSTv の光沢選択性はコントロール条件と比べ若干低下したものの、その低下度合いは統計的有意には達しなかった。これらのことから、MTC 以外からの入力や、MTC から他の領域を中継した入力も、FSTv の光沢選択性の形成に重要であることが示唆された。

〔参考文献〕
主な発表論文

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Miyakawa N., Banno, T., Abe H., Tani T., Suzuki, W., Ichinohe, N.

Representation of glossy material surface in ventral superior temporal sulcal area of common marmosets. *Frontiers in neural Circuits*, 査読有, 11 (17):1 -15, (2017)

Suzuki, W., Banno, T., **Miyakawa N.**, Abe H., Goda N., Ichinohe, N.

Mirror neurons in a New World monkey, common marmoset. *Frontiers in Neuroscience*, 査読有, 9 (459), (2015)

Suzuki, W., Tani, T., Banno, T., **Miyakawa N.**, Abe, H., Ichinohe, N.

Functional columns in superior temporal sulcus areas of the common marmoset. *Neuroreport*, 査読有, 26(18):1133-9, (2015)

Matsuo, T., Kawai, K., Uno, T., Kunii, N., **Miyakawa, N.**, Usami, K., Kawasaki, K., Hasegawa, I., Saito, N.

Simultaneous Recording of Single-neuron Activities and Broad-area Intracranial Electroencephalography: Electrode Design and Implantation Procedure. *Neurosurgery*, 査読有, 73 (2 Suppl Operative), 146-54, (2013)

Miyakawa, N. & Hasegawa, I.

マカケザル大脳皮質高次視覚野における物体カテゴリー情報の分散表現と解読 [Representation and readout of object information in macaque higher visual cortex]. *脳と神経 (Brain and Nerve)*, 査読無, 65, 643-650, (2013)

〔学会発表〕(計 20 件)

< 国外学会 >

Banno, T., Suzuki, W., **Miyakawa, N.**, Tani, T., Ichinohe, N.

Slow rhythms in conspecific vocalisations are over-represented in the primary auditory cortex of common marmosets. (2016) Society for Neuroscience, 46th Annual Meeting, San Diego, USA

Suzuki, W., Tani, T., Banno, T., **Miyakawa, N.**, Hayami, T., Abe, H., Ichinohe, N.

In vivo visualization of multiple areas around the superior temporal sulcus of the common marmoset. (2016) Society for Neuroscience, 46th Annual Meeting, San Diego, USA

Miyakawa N., Banno, T., Abe, H., Tani, T., Suzuki, W., Ichinohe, N.

Representation of glossy material surfaces in common marmoset temporal visual cortex. (2016) Society for Neuroscience, 46th Annual Meeting, San Diego, USA

Abe H., Tani, T., Mashiko H., **Miyakawa, N.**, Mimura, K., Sakai, Suzuki, W., Kurotani, T., Ichinohe, N.

Methods for reconstructing 3D brain data from histological sections for making axonal projection maps in the marmoset. (2015) Society for Neuroscience, 45th Annual Meeting, Chicago, USA

Banno T., Suzuki, W., **Miyakawa, N.**, Abe H., Ichinohe, N.

Neuronal mechanisms of vocalization sound processing in the primary auditory area of common marmosets. (2014) Society for Neuroscience, 44th Annual Meeting, Washington DC, USA

Suzuki, W., Banno T., **Miyakawa, N.**, Abe H., Ichinohe, N.
Encoding others' action by temporal-frontal circuit including mirror system in marmoset. (2013) Society for Neuroscience, 43rd Annual Meeting, San Diego, USA

<国内学会>

Suzuki, W., Tani, T., **Miyakawa, N.**, Hayami, T., Watanabe, S., Abe, H., Ichinohe, N.

Nonlinear computation of conspecific vocalization signals in the primary auditory area of common marmosets (2016) 6th Annual Meeting of the Japanese Society of Marmoset Research . Tokyo, Japan

Suzuki, W., Takeichi, H., **Miyakawa, N.**, Hayami, T., Watanabe, S., Ichinohe, N.
自然動画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 (2016) 20th Vision Science Forum, Osaka, Japan

Banno T., Suzuki W., **Miyakawa N.**, Tani T., Ichinohe N.

Slow periodic modulations in conspecific vocalizations are over-represented in the primary auditory cortex of common marmosets. (2016) 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Yokohama, Japan

Ichinohe, N., **Miyakawa, N.**
コモンマーモセット側頭視覚皮質神経回路における光沢情報表現 (2015) 19th Vision Science Forum, Fukushima, Japan

Miyakawa, N., Banno T., Abe H., Tani, T., Suzuki, W., Ichinohe, N.

Gloss representation in multiple areas of common marmoset temporal visual cortex (2015) 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Kobe, Japan

Tani, T., Suzuki, W., Banno T., **Miyakawa, N.**, Abe H., Ichinohe, N.

Tonotopic organizations in the auditory cortex in the common marmoset. (2015) 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Kobe, Japan

Abe H., Tani, T., Mashiko H., **Miyakawa, N.**, Mimura, K., Sakai, Suzuki, W., Kurotani, T., Ichinohe, N.

Methods for reconstructing 3D brain data from histological sections for making axonal projection maps in the

marmoset. (2015) 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Kobe, Japan

Banno T., **Miyakawa, N.**, Suzuki, W., Ichinohe, N.

Nonlinear computation of conspecific vocalization signals in the primary auditory area of common marmosets . (2014) 4th Annual Meeting of the Japanese Society of Marmoset Research . Inuyama, Japan

Miyakawa, N., Banno T., Abe, H., Suzuki, W., Ichinohe, N.

Shitsukan coding in marmoset visual neural network including posterior superior temporal area. (2014) 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Yokohama, Japan

Miyakawa, N., Banno T., Abe, H., Suzuki, W., Ichinohe, N.

Shitsukan representation in marmoset visual neural network including posterior superior temporal area. (2014) International Symposium: "Future of Shitsukan Research", Tokyo, Japan

Suzuki, W., **Miyakawa, N.**, Banno T., Abe H., Ichinohe, N.

Tonotopical map in the auditory cortex of marmoset monkeys revealed by intrinsic optical signal imaging. (2014) 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Yokohama, Japan

Suzuki, W., Banno T., **Miyakawa, N.**, Ichinohe, N.

Mirror system in frontal-temporal cortical circuit for action observation in non-human primate. (2013) 36th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Kyoto, Japan

Banno T., Suzuki, W., **Miyakawa, N.**, Ichinohe, N.

Neuronal responses to periodic complex sounds in the auditory lateral belt regions of marmoset monkeys. (2013) 36th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Kyoto, Japan

Miyakawa, N., Banno T., Suzuki, W., Ichinohe, N.

Spatial tuning of voice location is altered with spatially deviated facial movie stimulus in the lateral belt region of marmoset auditory cortex. (2013) 36th Annual Meeting of the Japan

Neuroscience Society, Kyoto, Japan

6 . 研究組織

(1)研究代表者

宮川 尚久 (MIYAKAWA Naohisa)
国立精神・神経医療研究センター・微細構造研究部・流動研究員
研究者番号：6 0 4 1 5 3 1 2