

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350997

研究課題名(和文) 広域時空間パターン電気刺激による下側頭葉皮質における物体認識メカニズムの研究

研究課題名(英文) Spatiotemporal patterns in inferior temporal cortex during visual object recognition probing by wide area brain stimulation

研究代表者

川崎 圭祐 (Kawasaki, Keisuke)

新潟大学・医歯学系・准教授

研究者番号：60511178

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：下側頭葉皮質は物体認識に不可欠な脳領域であり、下側頭葉ニューロンの活動は物体を同定するために必要な情報を符号化している。本研究では視覚認知課題を遂行中のサルに、皮質脳波法を適用して、下側頭葉皮質全域にわたる時空間パターンを同定すること、大脳皮質広域電気刺激を行い、皮質内に分散して表現された物体情報がどのようにして読み出されるのが明らかにすることを目的とした。多チャンネル広域電気記録・刺激システムを構築した。サルの大脳側頭葉皮質において、視覚記憶の形成を担う広域脳活動パターンを同定した。さらにこれらの活動パターンを情報流として解析することによって階層的な情報処理の実体が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The inferior temporal cortex (IT) of the monkey plays an essential role in visual object recognition. Neurons in IT encodes visual features for object identification such as shape, color and surface properties. It is still unclear how wide areal activity patterns of the IT contribute the recognition process. In this study we aimed 1) to identify the wide areal activity patterns underlying visual recognition 2) to identify the effect of the perturbation on spatiotemporal activity patterns of IT. We revealed that recognition memory representation emerged as shared spatial patterns of theta activity spanning the IT. We also reveal that the spatiotemporal activity patterns of the IT engaged information flow. The fast oscillation of feedforward and feedback flow was observed. The flow dynamics may reflects hierarchal neuronal information processing. We developed a multichannel simultaneous recording and stimulation system for wide area brain stimulation.

研究分野：neuroscience

キーワード：brain stimulation inferior temporal cortex visual recognition

1. 研究開始当初の背景

下側頭葉皮質は物体認識に不可欠な脳領域であり、下側頭葉ニューロンの活動は物体を同定するために必要な情報を符号化している。しかし、視覚物体は皮質内にどのようにして分散的に表現されているのか不明である。近年、申請者らは下側頭葉皮質全域から記録可能なサル皮質脳波実験系を確立し、活動の時空間パターンを高い時空間分解能で可視化することに成功した。

2. 研究の目的

本研究では、(1) 視覚認識をする際に、物体が下側頭葉皮質全域にわたる広域でどのような神経活動の空間パターンとして表現されているか同定すること(2) 多極電気刺激法を開発し、広域神経活動の時空間パターンを操作しその効果を同定することを目標として研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 下側頭葉皮質全域の神経活動の空間パターンの同定

ニホンザル2頭に、ペアにした図形を記憶させる視覚記憶連合課題を学習させた。訓練終了後、下側頭葉皮質に128チャンネルの皮質脳波電極を留置した。視覚連合課題を遂行中のサルから記録を行った。さらに視覚物体のカテゴリの違いによって活動の時空間パターンが異なるかを検証するために、顔を含む複数の刺激カテゴリからなる視覚刺激セットを呈示して皮質脳波を記録した。得られた多チャンネル信号を信号解析ソフト matlab を用いて解析した。

(2) 多極電気刺激法の開発

これまで皮質脳波記録に用いてきた電極はパリレン基材に金を蒸着したものであったが、脳刺激に必要な刺激電流を通電すると金が融解してしまう欠点があった。そこで本研究では白金製の電極を開発して用いた。

4. 研究成果

(1) サルに学習によって記憶させた視覚図形が広域脳活動の空間パターンに表現されるか検証した。その結果、シータ帯域(4-8 Hz)の周波数をもつ脳活動の空間パターンが図形の記憶をコードすることがわかった。

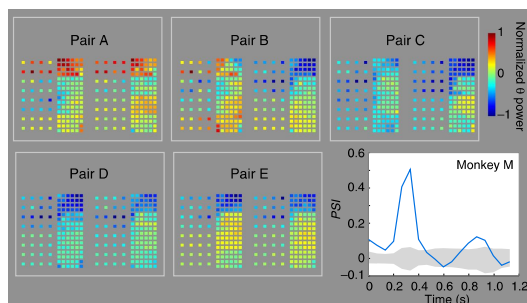


図 1. 記憶したペア図形に対する脳活動の空間パターン。図形ペア A-E に対する応答を左右に並べて示したもの。

さらに視覚カテゴリに特異的な時空間活動パターンを示すか検証するために、顔画像とそれ以外の視覚カテゴリ(建物、果物、顔の画像の位相シャッフル等)に対する応答の比較を行い、顔に特異的な空間活動パターンを同定した。

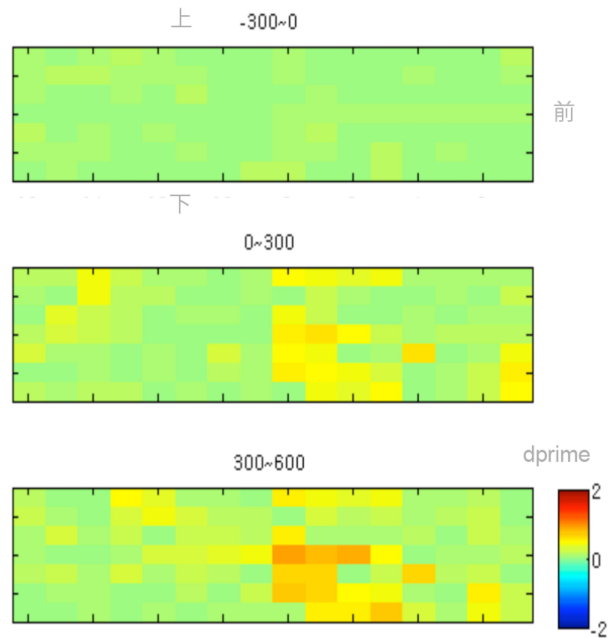


図 2. 下側頭葉皮質における顔カテゴリに特異的な空間活動パターン。視覚刺激呈示前(上) 呈示後(0-300ミリ秒後の平均)(中)、呈示後(300-600ミリ秒後の平均)(下)の応答を示したもの。色は顔と顔の位相シャッフル図形の識別度(dprime)を示す。

これらの結果から下側頭葉皮質の広域空間活動パターンによって物体や物体カテゴリがコードされることがわかった。皮質脳波法を用いることによって、高い時間分解能で空間活動パターンを捉えられる。

(2) 白金製刺激を作成し、多チャンネル電気刺激システムを開発した。

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 2 件)

K. Nakahara, K. Adachi, K. Kawasaki, T. Matsuo, H. Sawahata, K. Majima, M. Takeda, S. Sugiyama, R. Nakata, A. Iijima, H. Tanigawa, T. Suzuki, Y. Kamitani and I. Hasegawa
 Associative-memory representations emerge as shared spatial patterns of theta activity spanning the primate temporal cortex

Nature Communications 2016 in press (査読有).

T. Matsuo, K. Kawasaki, K. Kawai, K. Majima, H. Masuda, H. Murakami, N. Kunii, Y. Kamitani, S. Kameyama, N. Saito and I. Hasegawa
Alternating zones selective to faces and written words in the human ventral occipitotemporal cortex. *Cerebral cortex* 2015(25):1265-1277 (査読有).

〔学会発表〕(計 11 件)

K. Kawasaki Hierarchical information dynamics in spatiotemporal activity pattern of inferior temporal cortex revealed by electrocorticography *JSMB2016*, 2016.4.26-28. 富山国際会議場 (富山県・富山市)

K. Kawasaki, T. Haruna, H. Sawahata, H. Tanigawa, A. Iijima, T. Suzuki, I. Hasegawa Information flow dynamics in inferior temporal cortex involving visual object processing *Society for neuroscience 2015*, 2015.10.17-21, Chicago, USA

Tanigawa H, Takei R, Majima K, Kawasaki K, Suzuki T, Nakahara K, Kamitani Y, Hasegawa I. Decoding from ECoG signals reveals the contents of color imagery in macaque inferior temporal and prefrontal cortices. *The 6th FAONS congress and the 11th Biennial conference of CNS*, 2015.9.20-23, Wuzhen, China

Nakata R, Adachi K. Kawasaki K, Sawahata H, Matsuo T, Suzuki T, Tanigawa H, Iijima A, Hasegawa I, Nakahara K. Associative learning enhances cross-frequency coupling of ECoG activity in the monkey medial temporal lobe. *Neuro 2015*, 2015.7.28-31, 神戸コンベンションセンター (兵庫県・神戸市)

Adachi K, Kawasaki K, Sawahata H, Matsuo T, Suzuki T, Tanigawa H, Iijima A, Hasegawa I, Nakahara K. Phase-amplitude coupling across cortical oscillations during a visual associative memory task in the monkey medial temporal lobe. *Society for Neuroscience 2014*, 2014.11.15-19, Washington, DC, USA

Teramoto T, Kawasaki K, Okatani T, Sawahata H, Suzuki T, Hasegawa I. Decoding of material categories from ECoG signals in the macaque inferior temporal cortex. *Neuro2014*, 2014.9.11-13, パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)

Kawasaki K, Haruna T, Fujiki Y, Sawahata H, Tanigawa H, Iijima A, Suzuki T, Hasegawa I. Hierarchical propagation of visual response through the inferior temporal cortex. *Neuro2014*, 2014.9.11-13, パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)

藤木裕也, 春名太一, 川崎圭祐, 澤畑博人, 鈴木隆文, 長谷川功 マカクザル下側頭葉皮質視覚情報処理における整流作用: 順列局所伝達エントロピー解析 第14回計測自動制御学会, 2013.12.18-20, 神戸国際会議場 (兵庫県・神戸市)

Adachi K., Kawasaki K., Sawahata H., Matsuo T., Suzuki T., Tanigawa H., Iijima I., Hasegawa I., Nakahara K. Cortical theta wave associated with visual long-term memory in the monkey medial temporal lobe *Society for Neuroscience 2013*, 2013.11.9-13, San diego, USA

¹⁰ Tanigawa H., Majima K., Kawasaki K., Sawahata H., Nakahara K., Suzuki T., Kamitani Y., Hasegawa I. Decoding recalled visual memory using electrocorticographic (ECoG) signals in macaque inferior temporal and prefrontal cortices *Neuro 2013* 2013.6.20-23, 京都国際会議場 (京都府・京都市)

¹¹ Adachi K., Kawasaki K., Sawahata H., Matsuo T., Suzuki T., Tanigawa H., Iijima I., Hasegawa I., Nakahara K. Cross-frequency coupling of cortical oscillations during long-term memory retrieval in the monkey medial temporal lobe *Neuro 2013* 2013.6.20-23, 京都国際会議場 (京都府・京都市)

〔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

川崎 圭祐 (KAWASAKI KEISUKE)
新潟大学・医歯学系・准教授
研究者番号：60511178

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：