

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700498

研究課題名（和文）サル下側頭葉における無意識下での視覚情報処理様式の解明

研究課題名（英文）Neural representation of visual object in macaque inferior temporal cortex under aware and unaware conditions

研究代表者

林 隆介（HAYASHI RYUSUKE）

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：80444470

研究成果の概要（和文）：本研究では、サルの下側頭葉に微小電極アレイを多数埋め込み（電極総数 224 本）、ニューロン活動を多チャンネル同時記録することにより、物体画像が意識的に知覚される時と無意識下に処理される時で、神経群の活動パターンがどのように視覚情報を符号化するのかを解明することを目指した。さまざまな物体画像（100–250 種類）を提示したところ、100 チャンネル以上の電極から下側頭葉ニューロンの活動電位を記録することができ、神経活動には、どんな画像を見ているのか高い精度で判別できるだけの視覚情報が符号化されていることを明らかにした。さらに、意識的に顔認知している際の神経群の活動パターンを詳細に解析することができた。その結果、顔の頭部方位と個体識別に関する情報表現が同じ下側頭葉でも領域によって違うことが明らかになった。また、位相シフトという画像処理を使って、左眼画像を左方向、右眼画像を右方向に動かす特殊な両眼視野闘争刺激を生成し、両眼分離提示する実験系を構築した。同刺激を観察すると、左右の画像のうち、どちらか一方だけが意識的に知覚され、他方は抑制される。同刺激をサルが観察している間に生じる眼球運動を測定し、どちらの画像が意識的に見えているかを視運動性眼振とよばれる反射性の眼球運動パターンから判別できるかどうか検討した。最後に位相シフト操作による運動画像に対する、下側頭葉ニューロンの活動を記録したところ、ニューロンは、運動方向によらず、物体像に特異的に応答することが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：The goal of the present project is to investigate neural representation of visual object in macaque inferior temporal (IT) cortex when animal is aware or unaware of visual stimulus. To this end, I implanted three multi-electrode arrays (the total number of implanted electrodes was 224) on the surface of the IT cortex and recorded spike activities while showing 100–250 different object images. When the animal was aware of object images, the recorded neural activities contained enough visual information to discriminate which images was presented at each 100 ms. Moreover, the results indicated that face images activate wide range of IT neurons and the representation of face orientation and face ID differs from area to area over the IT cortex. I also developed a new visual stimulus that consists of two different object images that are phase-shifted to move in opposite directions from each other: one eye receives leftward motion while the other eye receives rightward motion, although both eyes' images are perceived to remain at the same position. When viewing this stimulus, observer experiences the alternation between awareness of the left-eye and right-eye images. Psychophysical experiments showed that the evoked voluntary eye movements can serve as a cue for accurate estimation about which object image was dominant during this rivalry, since the eyes follow the motion associated with the image in awareness at a given time. In response to phase-shifting moving object images, IT neurons showed selectivity to object images, but few modulation depending on motion direction.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3300000	990000	4290000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：脳神経科学・融合脳計測科学

キーワード：感覚情報

1. 研究開始当初の背景

物体認識に関わる視覚情報処理は、腹側経路とよばれる脳の視覚関連領域を経由し、最終的に下側頭葉皮質（Inferior Temporal cortex:以下ITと略す）に至る。ITのニューロンは中程度に複雑な図形特徴に対し選択性を持つことが知られており(Fujita et al, 1992)、物体像はそうしたニューロンの集団活動によって分散的に表現されていることが示唆されている(Hung et al, 2005)。しかし、ITにおいて、多数のニューロン活動を同時記録し、厳密な意味で物体像の集団情報表現を検討した研究はほとんど行われていない。一方、脳・神経科学において常に注目を集めているトピックの一つとして「意識とは何か」という問いがあり、この問いに対し視覚的意識の側面から切り込むアプローチが有効であると考えられている(Crick & Koch, 1998)。そこで、視覚刺激が意識される状況とされない状況を作りだし、ITニューロンの多細胞同時記録を行うことで、視覚情報処理様式の詳細と、意識に関わる脳内機序の一端が明らかになると期待された。

2. 研究の目的

本研究は、物体画像の提示によって引き起こされるIT野のニューロン集団の活動が、物体像を意識的に知覚しているときと、無意識下で処理をしているときで、どのように視覚情報を符号化しているのか解明することを目的とした。この解明にあたり、人間と同等の視覚機能を有するマカクザルのIT皮質表面に微小電極アレイを埋め込み、物体画像提示時に、ITニューロン群の神経活動を多チャンネル同時記録する研究を行った。さらに、物体像が意識下に抑制される状況を作り出し、ITニューロン集団の神経活動の視覚情報表現を検討することで、視覚的意識に関わる脳・神経レベルの情報処理を明らかにすることをめざした。

3. 研究の方法

マカクザルのIT皮質表面の前部、中央部、後部にそれぞれ微小電極アレイを埋め込み（電極総数224本、図1）、さまざまな物体画像（100-250種類）を提示した際に誘発される神経の活動電位を多チャンネ

ル同時記録した。

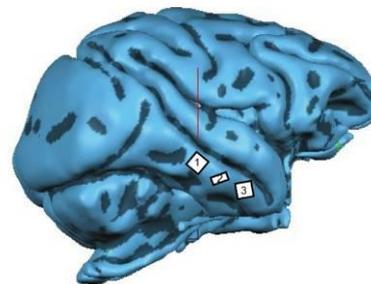


図1：微小電極アレイの埋め込み位置

用いた物体画像は、ヒトの顔、サル顔、身体部位、その他の動物（哺乳類、魚類、鳥類）、植物、人工物など幅広いカテゴリから選択された(図2)。

図2：さまざまな物体画像

この他、意識的な顔情報処理の詳細を調べるために、18人の男女の顔を7方向（右9

0°、右60°、右30°、正面、左30°、左60°、左90°) から撮影した画像も合わせて実験に用いた(図3)。



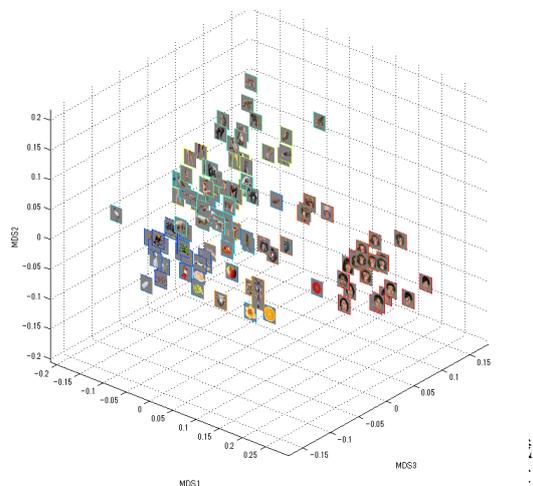
図3：さまざまな顔画像

実験では、神経活動の他、視線位置も同時記録した。

また、動物実験の他、新たな視覚刺激の開発を行い、その観察結果をヒトを被験者とした心理実験によって定量評価を行った。

4. 研究成果

IT野に埋め込んだ微小多電極アレイのうち、100チャンネル以上の電極からITニューロンの活動電位を記録することに成功した。120種類の画像に対する神経表現を多次元空間上にプロットすると、それぞれの画像はカテゴリごとに線形分離な領域に表現された(図4)。そして、記録した神経活動だけから、100ms毎にどんな画像を見ているのか高い精度で判別できることを明らかにした。



を詳細に解析することができた。その結果、顔の方位と個体識別に関する情報表現が同

じ下側頭葉でも領域によって違うことが明らかになった。具体的にはIT野後部では、顔の特定方位に対して選択的な情報表現をしているのに対し、IT野前部では鏡対称な顔方向どうしが等価的に情報表現されていることを確認し、その詳細を解析した。

また、位相シフトという画像操作を用いて、左眼画像を左方向、右眼画像を右方向に動かす特殊な両眼視野闘争刺激を生成し、両眼分離提示する実験系を構築した(図5)。同刺激を観察すると、左右の画像のうち、どちらか一方だけが意識的に知覚され、他方は抑制される。同刺激を観察している間に生じる眼球運動を測定し、どちらの画像が意識的に見えているかを視運動性眼振とよばれる反射性の眼球運動パターンから判別できることを、ヒトの心理実験によって確認した。また、サルでも同様の判別が可能か検討した。最後に位相シフトによる運動物体画像を提示している間、下側頭葉ニューロンの活動を記録したところ、運動方向によらず、物体像に特異的にニューロンが応答することが明らかになった。

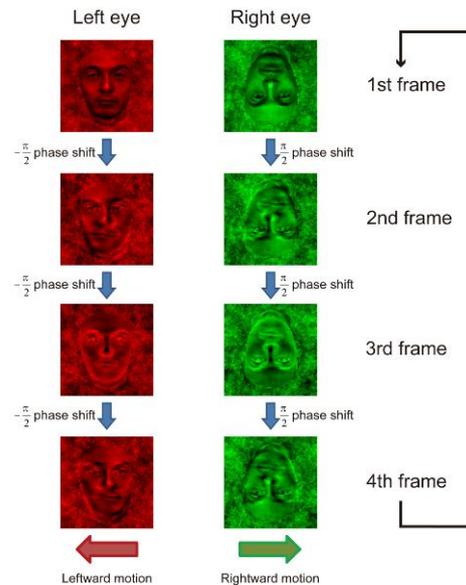


図5：位相シフトを用いた両眼視野闘争刺激

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1件)

- ① R. Hayashi, M. Tanifuji, “Which image is in awareness during binocular rivalry? Reading perceptual status from eye movements”, *Journal of Vision*, 査読あり, vol.12, no.3, article 5, pp.1-11, 2012.
DOI:10.1167/12.3.21.

[学会発表] (計5件)

- ① R. Hayashi, “The effect of phase-shift motion on object-selective responses in the inferior temporal cortex: a case study of multi-electrode recording from an awake monkey”, Neuroscience 2012, USA, Oct 2012.
- ② 林 隆介, 「サル下側頭葉における顔情報表現: 多電極アレイを使った慢性記録の事例」, 第35回日本神経科学大会, 名古屋, 2012年9月.
- ③ 林 隆介, 「TE野の前部、中間部および後部から同時記録した活動電位の顔画像応答特性について」, 日本視覚学会2012年冬季大会, 東京, 2012年1月.
- ④ R. Hayashi, “Hierarchical processing of face across the surface of macaque inferior temporal cortex: multi-electrode array recording study”, Neuroscience 2011, USA, Nov 2011.
- ⑤ 林 隆介, 「位相シフト運動視刺激によって誘発されたサル下側頭葉のオブジェクト選択的応答: 多電極アレイを使った慢性記録の事例」, 第34回日本神経科学大会, 横浜, 2011年9月.

[その他]

ホームページ等

http://unit.aist.go.jp/htri/ht-sys-neuro/index_j.htm

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 隆介 (HAYASHI RYUSUKE)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号: 80444470