

令和元年6月18日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00220

研究課題名(和文) 側頭葉顔ニューロンにみられる時間的情報コーディングの神経機構の解明

研究課題名(英文) Neuronal mechanisms underlying temporal processing stages of facial images in the temporal cortex

研究代表者

菅生 康子 (Sugase-Miyamoto, Yasuko)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：40357257

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：側頭皮質における顔画像の時間的情報コーディングの神経機構を明らかにすることを目的とし、階層的に分類できる刺激画像を用いて、注視課題を遂行中の実験動物の側頭皮質で単一ニューロン活動を広範囲に記録した。顔画像の分類についての相互情報量を、ニューロンの受容野タイプ毎に分けて比較した結果、主に中心視野タイプのニューロンが個体や表情を分類する相互情報量をコードしていた。詳細な分類については、中心視野タイプのニューロンによって時間をかけて処理されることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

顔を識別する能力は、我々の社会生活を支える脳の重要な機能である。この能力は、入力された視覚情報から、髪、眉、眼、鼻、口などの要素を取り出し、その組み合わせとして顔を知覚するプロセスに基づいている。本研究では、これまでの研究成果に基づいて、顔画像の時間的情報コーディングとニューロンの性質(受容野)との関係を調べた。時間的情報コーディングは、下側頭皮質に加えて、第一次視覚野、後部側頭皮質、および嗅周囲皮質においても報告があるため、本研究成果は、腹側視覚経路における情報処理を理解するために重要であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Face-responsive neurons in the temporal cortex of monkeys represented information about a global category of stimuli, namely, human vs. monkey vs. shapes earlier than information about more detailed categories associated with facial expression and identity. We investigated the correlation between receptive-field characteristics of face-responsive neurons and the temporal processing stages. The receptive fields of face-responsive neurons can be classified into three groups: central visual field type, wide field type and others. The neurons of the central visual field type represented information about both the global category of the stimuli (monkey faces vs human faces vs shapes) and the more detailed facial category items (individuals and expressions). The neurons of the wide field type represented information about the global category. These results suggest that the information about the facial identity and expression is relatively slowly processed by the central visual field type.

研究分野：神経科学

キーワード：顔画像 知覚 側頭葉 TE野 単一ニューロン活動

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

我々の社会生活を支える脳の重要な機能の1つ、顔の識別は、入力された視覚情報から、髪、眉、眼、鼻、口などの要素を取り出し、その組み合わせとしての顔を知覚するプロセスに基づいている。このプロセスは腹側視覚経路の処理に支えられており、ヒトやサルは顔の要素あるいは要素の配置のほんのわずかの差異から特定の個体や表情を識別することができる。このようなわずかな差異、特に要素間の関係の処理には時間を要することが推測される。この推測は、側頭皮質のニューロンが、顔の大まかな特徴の違い(サルかヒトか)を詳細な違い(個体や表情)より時間的に早く処理するという顔画像情報の時間的コーディング(Sugase et al., 1999)と関連があると考えられる。

これまでの多くの研究によって蓄積されてきた視覚刺激に対するニューロン活動の記録実験から、第一次視覚野では顔要素の輪郭が処理され、その情報が腹側視覚経路の第二次および第四次視覚野で順に処理され、最終段階の下側頭皮質では顔として識別されると考えられている。下側頭皮質には顔要素間の距離を表現するニューロンが存在することが報告されている(Yamane et al., 1985; Freiwald et al., 2009)。腹側視覚経路にそって顔画像に対して活動を上昇させる複数の顔領域が特定され(Tsao et al., 2006, 2008)、さらにそれら顔領域の間に結合があることが報告されている(Moller et al., 2008)。また、下側頭皮質の前部が顔の向きに依らない個体識別についての情報を時間的に遅れて表現することも報告されている(Freiwald and Tsao, 2010)。

### 2. 研究の目的

側頭葉ニューロンによる顔画像情報の時間的コーディングの神経機構を明らかにすることを目的とする。時間的コーディングは、側頭皮質の神経発火に、顔の大まかな分類(サルかヒトか)が詳細な分類(個体や表情)より時間的に早くコーディングされる現象として観察されてきた。これまで、顔を逆さにすると下側頭皮質のニューロンは大まかな分類情報は処理するにもかかわらず個体や表情の情報量を減らすこと(Sugase-Miyamoto et al., 2014)、また、大まかな分類をコードするニューロンと顔の倒立に影響をうけるニューロンが異なることも示唆された。すなわち、大まかな分類と(倒立顔に影響を受ける)詳細な分類は異なるニューロンで処理されることが示唆された。これらの結果から時間的コーディングのメカニズムとして、大まかな情報は下側頭皮質より一つ前の段階ですでに処理され、それが下側頭皮質に伝えられた可能性があることが推測される。そこで、この可能性を検証するため、下側頭皮質の顔領域とそれより後方に位置する(情報の入力源と想定される)領域について、顔画像の提示に対するニューロン活動の時間的パターンを観察し、そこで表象される情報の時間的コーディングの違いを調べる。

### 3. 研究の方法

側頭皮質における顔画像の時間的情報コーディングの神経機構を明らかにするため、階層的に分類できる刺激画像(ヒトとサル、図形、に分類でき、また顔画像は個体と表情で分類できる)を用いて、注視課題を遂行中の実験動物の側頭皮質で単一ニューロン活動を広範囲に記録する。下側頭皮質の顔領域および、それより後方に位置し、顔画像に応答するニューロンが観察される領域を調べる。個々の神経発火がコードする、顔の大まかな分類(サルかヒトか)および詳細な分類(個体や表情)について、相互情報量などの時間経過を解析し、情報の時間的コーディングにどのような違いがあるかを調べる。

#### 4 . 研究成果

側頭皮質における顔画像の時間的情報コーディングの神経機構を明らかにすることを目的とし、階層的に分類できる刺激画像を用いて、注視課題を遂行中の実験動物の側頭皮質で単一ニューロン活動を広範囲に記録した。下側頭皮質の顔領域と後方の顔領域を特定するための一つの指標として、顔画像に応答するニューロンの受容野に着目した。受容野を調べる実験では、視覚刺激セットの中から、ニューロンの応答強度が強い視覚刺激を選んで提示した。受容野は、これまで報告されてきたように、下側頭皮質の多くのニューロンについて、中心視野を含み記録大脳半球と反対側の視野を含んでいた。個々のニューロンによって受容野が異なっていたことから、主成分分析を行い、中心視野タイプ、広視野タイプ、およびそれ以外に分けた。また、顔画像の分類についての相互情報量を、ニューロンの受容野タイプ毎に分けて比較した。その結果、詳細な分類についての相互情報量は、主に中心視野タイプのニューロンがコードしていた。詳細な分類については、中心視野タイプのニューロンによって時間をかけて処理されることが示唆された。これらの結果について国際学会で発表した。

#### 5 . 主な発表論文等

##### 〔雑誌論文〕(計3件)

Matsuda Keiji, Nagami Takeshi, Sugase Yasuko, Takemura Aya, Kawano Kenji, A Widely Applicable Real-Time Mono/Binocular Eye Tracking System Using a High Frame-Rate Digital Camera, Human-Computer Interaction. User Interface Design, Development and Multimodality. HCI 2017. Lecture Notes in Computer Science, 査読有、vol. 10271、2017、593 - 608

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-58071-5\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58071-5_45)

Kuboki Ryosuke, Sugase-Miyamoto Yasuko, Matsumoto Narihisa, Richmond Barry Jay, Shidara Mumetaka, Information accumulation over time in monkey inferior temporal cortex neurons explains pattern recognition reaction time under visual noise, Frontiers in Integrative Neuroscience, 査読有、vol. 10、2017、43

DOI: 10.3389/fnint.2016.00043

菅生-宮本 康子、松本 有央、河野 憲二、逆さま顔の認知からみた脳の働き、Brain and Nerve, 査読無、68巻、2015、1231-1239

DOI: 10.11477/mf.1416200288

##### 〔学会発表〕(計10件)

Hayashi Kazuko, Matsumoto Narihisa, Matsuda Keiji, Kawano Kenji, Sugase-Miyamoto Yasuko, Receptive-field characteristics of neurons which temporally code global/fine information of faces in area TE, Neuroscience 2018, 2018

Sugase-Miyamoto Yasuko, Matsumoto Narihisa, Mototake Yoichi, Kawano Kenji, Okada Masato, Upright and inverted faces are separately represented in feed-forward processing in the visual cortex, Neuroscience 2017, 2017

松本 有央、本武陽一、河野憲二、岡田真人、菅生-宮本 康子、Separate representation of upright and inverted faces by feed-forward processing in the visual cortex revealed

by Deep Neural Network、日本神経回路学会第27回全国大会、2017

Sugase-Miyamoto Yasuko、Neuronal mechanisms underlying the face inversion effect in macaque area TE、NICT-NSF Collaborative Workshop on Computational Neuroscience、2017

Ichikawa Hiroko、Igarashi Yasuhiko、Masutani Yuichi、Kawano Kenji、Okada Masato、Sugase-Miyamoto Yasuko、Multiplex representation of information in face responsive neurons of monkey area TE、Neuroscience 2016、2016

久保木 亮介、菅生-宮本 康子、松本 有央、Barry J Richmond、設楽 宗孝、The effect of visual noise on the behavioral reaction time during pattern recognition is explained by the information encoded in the Macaque inferior temporal neuronal responses、第39回日本神経科学大会、2016

菅生-宮本 康子、松本 有央、赤穂 昭太郎、河野憲二、The effect of face inversion on the neuronal population activity in the monkey area TE、第39回日本神経科学大会、2016

Matsumoto Narihisa、Sugase-Miyamoto Yasuko、Kawano Kenji、Okada Masato、Information representation in monkey area TE for global categorization of faces and for upright versus inverted face categorization、Neuroscience 2015、2015

Sugase-Miyamoto Yasuko、Matsumoto Narihisa、Kawano Kenji、Face inversion decreased information about facial identity and expression in macaque area TE、International symposium on Object Vision in human, monkey, and machine、2015

菅生(宮本)康子、松本有央、河野憲二、逆さま顔の効果から探る側頭葉の顔の情報処理、第19回視覚科学フォーラム企画シンポジウム、2015

## 6 . 研究組織

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。