

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500285

研究課題名(和文) マルチニューロン計測を用いた大脳皮質局所細胞集団による情報表現能力の定量的解析

研究課題名(英文) Quantitative analyses of information representation ability of local cortical neuron populations with multi-neuron recording techniques

研究代表者

田村 弘 (TAMURA HIROSHI)

大阪大学・大学院生命機能研究科・准教授

研究者番号：80304038

研究成果の概要(和文)：本申請研究では、マルチニューロン計測手法を用いて、霊長類視覚連合野の一つである下側頭葉皮質において、多細胞活動の自空間パターンを詳細に解析した。その結果、単一細胞時間パターンに比べて、多細胞にまたがる空間活動パターンにより多くの情報が存在することを明らかにした(Kaneko et al., 2010)。さらに、大脳皮質局所細胞集団がこれまで考えられていた以上に多様な視覚情報を表現している可能性を明らかにした(Tamura and Kaneko、投稿中)。

研究成果の概要(英文)：We analyzed spatiotemporal patterns of multiple single-neurons' activities in the inferior temporal cortex and found that spatial activity pattern of multiple neurons encode more information than temporal activity pattern of single neurons (Kaneko et al., 2010). Furthermore, a local neuron population can encode information about a variety of visual object images (Tamura and Kaneko, submitted).

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2008年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2009年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2010年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,900,000 | 870,000 | 3,770,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：神経科学・神経科学一般

キーワード：神経情報処理

1. 研究開始当初の背景

大脳皮質局所の細胞は互いによく似た性質をもつ。このような機能的コラム構造は大脳皮質における情報処理の機能的な単位であり、皮質局所の細胞集団の活動は特定の情報を表現すると考えられている。しかしながら最近、大脳皮質局所の細胞が必

ずしも同一の性質をもたないということが定量的な解析より明らかになってきた。このように皮質局所の細胞集団が互いに独立の情報を持つ場合、これら細胞集団の活動パターンを用いることで多様な情報を表現することが可能となる。

2. 研究の目的

そこで本研究では、局所の細胞集団の活動を参照するだけで、様々な視覚刺激に関する情報を得ることが可能か、マルチニューロン計測手法を用いて実験的に検証する。下側頭葉皮質局所の 50 個以上の細胞から視覚刺激に対する応答を同時計測し、読み出しに用いる細胞数に応じて、相互情報量、呈示刺激推定成功率の増加の様子を検討する。さらに、離れた細胞からも計測を行い、局所細胞集団の場合と増加率について比較する。

3. 研究の方法

霊長類下側頭葉皮質局所細胞集団の情報表現能力を検討するために、直線状に 32 個の計測点を 50 μ m 間隔でもつシリコンマルチプローブ電極を皮質に刺入する。あらかじめ用意した自然画像を含む 128 枚の視覚刺激をランダムな順番でそれぞれ 30~50 回呈示し、細胞集団の視覚応答を計測する。計測信号に対してオフラインでスパイク抽出・分離を行い、単一細胞活動を得る(Kaneko *et al.*, 1999, 2007)。得られた単一細胞活動ベクトルに対して、多細胞活動デコーディング方法を用いて相互情報量および呈示刺激推定成功率を計算する。

4. 研究成果

(1) 下側頭葉皮質細胞集団時空間活動パターンによる情報表現能力の解析
情報符号化様式に関する二つの可能性を定量的に検討した。一つの可能性は、情報が単一神経細胞活動の時間活動パターンに保持される可能性。他の一つは、多細胞活動パターンに保持される可能性である。情報量解析より、単一細胞時間パターンに比べて、多細胞にまたがる空間活動パターンにより多くの情報が存在することが明らかになった(Kaneko *et al.*, 2010)。

(2) 活動パターンを構成する多細胞集団の空間的広がり
の推定
コラムサイズから皮質全体まで、さまざまな空間スケールからサンプルした複数細胞間で、多細胞による空間活動パターンによる情報表現能力の比較を行った。この結果、比較的局所の細胞集団がこれまで考えられていた以上に多様な視覚情報を表現している可能性を明らかにした(Tamura and Kaneko、投稿中)

これまで、下側頭葉皮質全体に広がる細胞集団の活動が多様な情報の表現に必要なと考えられてきたが、本研究では、比較的局所の細胞集団でも、多様な情報を表現することが可能であることを明らかにした。この成

果は、当該領野における機能構築について新しい考え方を提案するものである。また、局所を結ぶ神経回路の機能的意義について再考を迫るものである。このほかにも大脳皮質機能構築に関する研究(Okamoto *et al.*, 2010; Hosoda *et al.*, 2009; Kotake *et al.*, 2009)、皮質領野間での神経活動パターンの比較に関する研究(Shinomoto *et al.*, 2009)、皮質神経回路の生後発達に関する研究(Kimura *et al.*, 2010)を実施した。

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 6 件)

① Kaneko, H., Tamura, H., Tate, S., Kawashima, T., Suzuki, S. S., and Fujita, I. Multineuronal vectorization is more efficient than time-segmental vectorization for information extraction from neuronal activities in the inferior temporal cortex. *Neural Networks*, 査読有、23, (2010), 733-742

② Kimura, F., Itami, C., Ikezoe, K., Tamura, H., Fujita, I., Yanagawa, Y., Obata, K., and Ohshima, M. Fast activation of feedforward inhibitory neurons from thalamic input and its relevance to the regulation of spike sequences in the barrel cortex. *J Physiol*, 査読有、588, (2010), 2769-2787

③ Okamoto, T., Ikezoe, K., Tamura, H., Watanabe, M., and Aihara, K. Detailed analysis of orientation preference map in visual cortex. 2010 IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME)、査読有、(2010) pp. 151-155

④ Hosoda, K., Watanabe, M., Wersing, H., Korner, E., Tsujino, H., Tamura, H., and Fujita, I. A model for learning topographically organized parts-based representations of objects in visual cortex: topographic non-negative matrix factorization. *Neural Comp*, 査読有、21, (2009), 2605-2633

⑤ Kotake, Y., Morimoto, H., Okazaki, Y., Fujita, I., and Tamura, H. Organization of color-selective neurons in macaque visual area V4. *J Neurophysiol*, 査読有、102, (2009), 15-27

⑥ Shinomoto, S., Kim, H., Shimokawa, T., Matsuno, N., Funahashi, S., Shima, K., Fujita, I., Tamura, H., Doi, T., Kawano, K., Inaba, N., Fukushima, K., Kurkin, S., Kurata, K., Taira, M., Tsutsui, K., Komatsu, H., Ogawa, T., Koida, K., Tanji, J., and Toyama, K. Relating Neuronal Firing Patterns to Functional Differentiation of Cerebral Cortex. PLOS Comp Biol、査読有、5, (2009), e1000433

[学会発表] (計 21 件)

① Tamura, H. Multiprobe multiple single-unit recordings and visual information processing in the primate brain、第 3 回日独計算神経科学ワークショップ、2011.03.04、恩納村

② 田村弘、大脳皮質局所細胞集団による多様な情報のコーディング、生理学研究所研究会、2010.12.10、岡崎

③ Shiozaki, H., Motonaga, T., Tamura, H., Fujita, I., Pairwise maximum entropy models explain correlated activity of neural populations in the inferior temporal cortex of macaque monkeys. Neuroscience 2010 (the 40th annual meeting of the Society for Neuroscience), 2010.11.15, San Diego.

④ Tanaka, H., Asada, R., Mizoguchi, R., Ohzawa, I., Fujita, I., Tamura, H., Inputs from single neurons in the visual cortex affect spike-timing of locally connected neurons but do not modulate their firing rate and sensory tuning curves. Neuroscience 2010 (the 40th annual meeting of the Society for Neuroscience), 2010.11.14, San Diego.

⑤ 荒殿航輔、田村弘、色と運動方向の組み合わせに選択的な活動を示すマカク属サル V2 野神経細胞、2010.09.03、第 33 回日本神経科学大会、神戸

⑥ 塩崎博史、本永拓、田村弘、藤田一郎、サル下側頭葉皮質の神経細胞群が示す相関発火は 2 細胞間の相互作用で説明できる、2010.09.03、第 33 回日本神経科学大会、神戸

⑦ 伊藤淳司、田村弘、Einevoll, G.T., Gruen, S., 電流源密度解析法を用いたサル下側頭葉皮質における層特異的な反応特性の解明、第 33 回日本神経科学大会、2010.9.3、

神戸

⑧ 田村弘、荒殿航輔、サル V2 野細胞の色と運動方向の組み合わせに対する選択的応答、視覚科学フォーラム第 14 回研究会、2010.8.27、つくば

⑨ Shiozaki, H., Motonaga, T., Tamura, H., Fujita, I., Pairwise interactions underlie correlated activity of neurons in monkey inferior temporal cortex, 脳と心のメカニズム第 11 回 夏のワークショップ「知覚と運動」、2010.7.27、札幌

⑩ Mori, Y., Ikezoe, K., Furutaka, K., Kitamura, K., Tamura, H., Fujita, I., Mapping receptive fields on mouse primary visual cortex: Reverse correlation using two-photon calcium imaging Neuroscience 2009 (the 39th annual meeting of the Society for Neuroscience), 2009.10.19, Chicago.

⑪ Ikezoe, K., Mori, Y., Kitamura, K., Tamura, H., Fujita, I., Irregularity in arrangement of orientation-selective neurons in monkey V1 revealed by in vivo 2-photon calcium imaging Neuroscience 2009 (the 39th annual meeting of the Society for Neuroscience), 2009.10.18, Chicago.

⑫ 田村弘、金子秀和 多様な視覚情報を表現するニューロン集団の下側頭葉皮質における空間的拡がり、第 32 回日本神経科学大会、2009.9.18、名古屋

⑬ 森理也、池添貢司、古高潤一、喜多村和郎、田村弘、藤田一郎 マウス一次視覚野の受容野構造地図：2 光子カルシウムイメージングを用いた逆相関法、第 32 回日本神経科学大会、2009.9.17、名古屋

⑭ 池添貢司、森理也、喜多村和郎、田村弘、藤田一郎 サル V1 における方位選択性細胞の空間配置：2 光子カルシウムイメージングによる可視化、第 32 回日本神経科学大会、2009.9.17、名古屋

⑮ 田村弘、金子秀和 多様な視覚情報を表現する下側頭葉皮質細胞集団の空間的拡がり、第 13 回視覚科学フォーラム、2009.9.2、鹿児島

⑯ Ikezoe, K., Mori, Y., Kitamura, K., Tamura, H., Fujita, I. Spatial arrangement of orientation selectivity in layer 2/3 of

macaque V1 revealed with in vivo 2-photon calcium imaging. The 36th Congress of the International Union of Physiological Sciences (IUPS2009), 2009.7.28, Kyoto.

⑰ Ikezoe, K., Tamura, H., Kimura, F., Fujita, I. Development of noise correlation in rat barrel columns. Neuroscience 2008 (the 38th annual meeting of the Society for Neuroscience), 2008.11.18, Washington, DC

⑱ Ikezoe, K., Tamura, H., Kimura, F., Fujita, I., Postnatal development of response covariation in neurons within a barrel column of rat S1. 「脳と心のメカニズム」第9回夏のワークショップ、2008.8.9、札幌

⑲ 石川理子、丸山敦子、細山大輔、吉村由美子、田村弘、小松由紀夫、佐藤宏道、藤田一郎、Comparison of temporal frequency tuning of single neurons between visual cortical areas V1 and TE: in vitro whole cell clamp analysis. 「脳と心のメカニズム」第9回夏のワークショップ、2008.8.9、札幌

⑳ Kaneko, H., Tamura, H., Introduction of an automatic spike sorter, Clust016; its features and performance evaluation、マルチニューロン研究会 2008、2008.07.13、東京

㉑ 池添貢司、田村弘、木村文隆、藤田一郎、ラット感覚野ニューロン群におけるノイズ相関の生後発達、第31回日本神経科学大会、2008.7.10、東京

〔その他〕

ホームページ等

<http://www2.bpe.es.osaka-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 弘 (TAMURA HIROSHI)

大阪大学・大学院生命機能研究科・准教授

研究者番号：80304038