

機関番号：12601
 研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2009 ～ 2010
 課題番号：21700343
 研究課題名 (和文) ヒトの単一ニューロン受容野の推定とそれに基づく適応的空間統合機構の解明
 研究課題名 (英文) Estimation of human neural receptive field based on population receptive field and its correlates with adaptive spatial pooling mechanisms
 研究代表者
 天野 薫 (AMANO KAORU)
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教
 研究者番号：70509976

研究成果の概要 (和文)：

機能的MRI (fMRI) によって算出されたボクセルの受容野 (ポピュレーション受容野) から単一ニューロンの受容野を推定する手法を提案した。ポピュレーション受容野のサイズは、ニューロンの受容野サイズのみならず、各ボクセル内におけるニューロンの受容野中心のばらつきによる影響を受けるが、後者は皮質拡大率から算出できるため、この効果を差し引くことでニューロンの受容野サイズの推定が可能となる。この手法をmrVista (Stanford)と呼ばれるfMRIの解析ソフトに実装した。

同時にポピュレーション受容野の推定に関連して、第四次視覚野 (hV4) 周辺におけるレチノトピーに関する研究を行った。その結果、hV4は一部で報告されているように四分視野を表象しているのではなく、半視野を表象していることを示した。四分視野しか表象していないようにみえる被験者も確かに存在するが、これはhV4周辺に存在する大きな静脈のためfMRIの測定が困難であることに起因することが示唆された。本研究の成果は、視覚科学の一流紙であるJournal of Vision誌において発表するとともに、以下に記載する学会発表等を行った。

研究成果の概要 (英文)：

We proposed a method for the estimation of neuronal receptive field from population receptive field measured with fMRI. The estimation is based on the fact that population receptive field size is affected by both neuronal receptive field size and the scatter of neuronal receptive field centers within the voxel. We subtracted the effect of latter component, which can be estimated by cortical magnification factor, and calculated the neuronal receptive field size. The method was implemented in the software called mrVista (Stanford).

We also applied the population receptive field method on the visual field representation around human V4 (hV4). There has been a debate on whether hV4 represents full contralateral visual field. We found that hV4 lacks full representation for some subjects, but it results from a large venous around hV4. These results were published in *Journal of Vision*.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：脳機能イメージング

科研費の分科・細目：神経科学一般

キーワード：脳機能計測，fMRI，MEG，受容野

1. 研究開始当初の背景

従来の visual field マッピングでは，rotating wedge 刺激によって polar angle マップを，expanding ring 刺激によって eccentricity マップを計測するのが一般的であった(Engel et al., 1994; Sereno et al., 1995). この方法では，各ボクセルに関して，最も大きな反応を誘発する刺激位置、すなわち受容野中心の位置をマッピングしていた。近年，受容野中心の位置に加えて，受容野サイズ（反応を生じる刺激の空間範囲）を考慮したモデルを仮定し（モデルパラメータは図1の x, y, σ ），ポピュレーション受容野を推定する手法が開発された（Dumoulin & Wandell, 2008）。本手法により，ポピュレーション受容野サイズの推定が出来るだけでなく，従来手法では困難であった受容野サイズが大きな高次視覚野における正確な visual field マッピングも可能になった。

2. 研究の目的

視覚情報がどのように空間統合されて知覚が生じるのかは，視覚研究において最も基本的かつ重要な問題のひとつである。本研究では，まず機能的 MRI (fMRI) によって算出されたボクセルの受容野（ポピュレーション受容野）から単一ニューロンの受容野を推定する手法を提案する。その手法を用いて，刺激条件に応じたニューロンの受容野の変化を計測し，心理物理学的に計測した知覚的受容野（刺激の検出に用いられる空間範囲）との関係を調べることで，適応的な外界知覚の脳内機構を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

fMRI データから推定される受容野は，図2に示すようにボクセル内の単一ニューロンの受容野サイズ（点線）および，受容野中心のばらつき（破線）の二つの要素によって決まっていると考えられる。左右の図は，ポピュレーション受容野サイズは等しいが，ニューロン受容野サイズが異なる例を示している。左の例ではニューロン受容野サイズが小さいが，受容野中心のばらつきが大きく，右の例では逆にニューロン受容野サイズが大きい，受容野中心のばらつきが小さくなっている。単一ニューロンの受容野を推定するためには，この二つの成分を切り分けることが必要になる。

fMRI データから推定される受容野は，図2に示すようにボクセル内の単一ニューロンの受容野サイズ（点線）および，受容野中心のばらつき（破線）の二つの要素によって決まっていると考えられる。左右の図は，ポピュ

レーション受容野サイズは等しいが，ニューロン受容野サイズが異なる例を示している。左の例ではニューロン受容野サイズが小さいが，受容野中心のばらつきが大きく，右の例では逆にニューロン受容野サイズが大きい，受容野中心のばらつきが小さくなっている。単一ニューロンの受容野を推定するためには，この二つの成分を切り分けることが必要になる。

4. 研究成果

機能的MRI (fMRI) によって算出されたボクセルの受容野（ポピュレーション受容野）から単一ニューロンの受容野を推定する手法を提案した。ポピュレーション受容野のサイズは，ニューロンの受容野サイズのみならず，各ボクセル内におけるニューロンの受容野中心のばらつきによる影響を受けるが，後者は皮質拡大率から算出できるため，この効果を差し引くことでニューロンの受容野サイズの推定が可能となる。この手法を

mrVista(Stanford)と呼ばれるfMRIの解析ソフトに実装した。論文は現在準備中である。同時にポピュレーション受容野の推定に関連して，第四次視覚野（hV4）周辺におけるレチノトピーに関する研究を行った。その結果，hV4は一部で報告されているように四分視野を表象しているのではなく，半視野を表象していることを示した。四分視野しか表象していないようにみえる被験者も確かに存在するが，これはhV4周辺に存在する大きな静脈のためfMRIの測定が困難であることに起因することが示唆された。本研究の成果は，視覚科学の一流紙であるJournal of VisionおよびVision Research誌において発表するとともに，以下に記載する学会発表等を行った。本研究課題の共同研究者であるSerge Dumoulin博士をオランダから招聘し，詳細な議

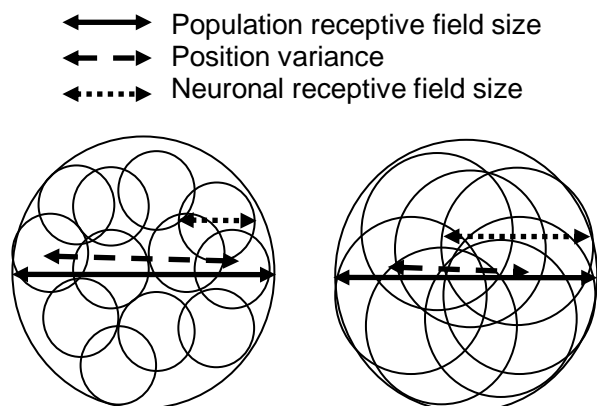


図2：ポピュレーション受容野は単一ニューロン受容野と受容野中心のばらつきの二要素からなる

論を行うとともに、東京大学における講演をお願いした。議論の結果、ポピュレーション受容野の大きさが、運動刺激のパラメータ（速度、コントラストなど）によってどのように変化するかを今後の実験で調べていくことに決まり、共同研究を続けていく予定である。

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 11 件)

1. Kogai, T., Aoyama, A. Amano, K., Takeda, T. (2011) 掲載確定: Visual mismatch response evoked by a perceptually indistinguishable oddball, *Neuroreport*, 査読あり.

2. Qi, L., Amano, K., Shimono, M., Takeda, T. (2011) 掲載確定: MEG feature selection for motion prediction, *The Journal of Japan Biomagnetism and Bioelectromagnetics Society*, 査読あり.

3. Maruya, K., Amano, K., Nishida, S. (2010): Conditional spatial-frequency selective pooling of one-dimensional motion signals into global two-dimensional motion, *Vision Research* 50(11), 1056-1064, 査読あり.

4. Winawer, J., Horiguchi, H., Sayres, R., Amano, K., Wandell, B. (2010): Mapping hV4 and ventral occipital cortex: The venous eclipse, *Journal of Vision* 10(5): article 1, 査読あり.

5. 湯浅 健一, 青山敦, 天野薫, 本多敏, 武田常広 (2010), 概念認知における脳機能の解明, *日本生体磁気学会誌* 23(1), pp. 86-87, 査読なし.

6. 高橋 俊昌, 本多 敏, 武田 常広, 天野薫, 青山 敦, 本吉 勇 (2010), 順応誘発盲の MEG 計測, *日本生体磁気学会誌* 23(1), pp. 90-91, 査読なし.

7. 米家 惇, 天野薫, 武田 常広 (2010), MEG データの多クラス SVM 解析を用いた聴取音および想起音の推定, *日本生体磁気学会誌* 23(1), pp. 100-101, 査読なし.

8. 齊 亮, 天野薫, 下野昌宣, 武田 常広 (2010), MEG スペクトル振幅を用いた運動軌道予測, *日本生体磁気学会誌* 23(1), pp. 126-127, 査読なし.

9. 佐藤晴彦, 青鹿弘行, 奈良高明, 天野薫, 武田常広 (2010), ファントムデータを用いた直接解法の検証, *日本生体磁気学会誌* 23(1), pp. 144-145, 査読なし.

10. 青鹿弘行, 佐藤晴彦, 奈良高明, 天野薫, 武田常広 (2010), 脳磁場逆問題のための直接解法における多重極係数の高精度計算法, *日本生体磁気学会誌* 23(1), pp. 146-147, 査読なし.

11. 宇野 裕, 天野薫, 武田 常広 (2010), 逐次モンテカルロフィルタによる単一試行脳磁場データからの誘発脳磁場の推定, *日本生体磁気学会誌* 23(1), pp. 156-157, 査読なし *U35 奨励賞受賞*

[学会発表] (計 17 件)

1. Kaoru Amano, Human neural responses involved in spatial pooling of locally-ambiguous motion signals, *International Workshop on Visual Motion Perception and its Brain Mechanism*, 2011 年 3 月 8 日, 京都大学

2. 高橋俊昌, 天野薫, 本吉勇, 染谷芳明, 本多敏, 順応誘発盲における fMRI 応答, 日本視覚学会 2011 年冬季大会, 2011 年 1 月 20 日, 工学院大学

3. 天野薫, 高橋俊昌, 武田常広, 本吉勇, 視覚的意識の神経相関 —Adaptation Induced Blindness を用いた検討—, 日本視覚学会 2011 年冬季大会 2011 年 1 月 19 日 工学院大学

4. 米家 惇, 天野薫, 武田常広 閉眼状態における後頭葉 α 波増大のメカニズムについて, 日本視覚学会 2011 年冬季大会, 2011 年 1 月 19 日, 工学院大学

5. 湯浅健一, 青山敦, 天野薫, 本多敏, 武田常広, 親密度の差異による概念認知時の脳機能の解明, 日本視覚学会 2011 年冬季大会, 2011 年 1 月 19 日, 工学院大学

6. Amano, K., Takahashi, T., Takeda T. and Motoyoshi, I. (2010): Neural responses involved in adaptation induced blindness, Human neural responses involved in spatial pooling of locally-ambiguous motion signals, *Annual Meeting of Society for Neuroscience*, 2010 年 11 月 15 日, San Diego, USA

7. 湯浅 健一, 青山敦, 天野薫, 本多敏,

武田常広, 概念認知における脳機能の解明, 第25回日本生体磁気学会, 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

8. 高橋 俊昌, 本多 敏, 武田 常広, 天野 薫, 青山 敦, 本吉 勇, 順応誘発音の MEG 計測, 第25回日本生体磁気学会 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

9. 大出 友晴, 武田 常広, 天野 薫, 視覚二重刺激に対する視覚意識と注意の脳磁場に関する研究, 第25回日本生体磁気学会, 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

10. 米家 惇, 天野 薫, 武田 常広, MEG データの多クラス SVM 解析を用いた聴取音および想起音の推定, 第25回日本生体磁気学会, 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

11. 齊 亮, 天野 薫, 下野昌宣, 武田 常広, MEG スペクトル振幅を用いた運動軌道予測, 第25回日本生体磁気学会, 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

12. 青鹿弘行, 佐藤晴彦, 奈良高明, 天野 薫, 武田常広, 脳磁場逆問題のための直接解法における多重極係数の高精度計算法, 第25回日本生体磁気学会, 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

13. 佐藤晴彦, 青鹿弘行, 奈良高明, 天野 薫, 武田常広, ファントムデータを用いた直接解法の検証, 第25回日本生体磁気学会, 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

14. 宇野 裕, 天野 薫, 武田 常広, 逐次モンテカルロフィルタによる単一試行脳磁場データからの誘発脳磁場の推定, 第25回日本生体磁気学会, 2010年7月29日, さわやか千葉県民プラザ.

15. Amano, K., Narushima, D. and Takeda, T., Task decoding based on the change in functional connectivity. Biomag 2010 - 17th International Conference on Biomagnetism, 2010年4月1日, Dubrovnik, Croatia.

16. Uno, Y. Amano, K. and Takeda T. , Extraction of evoked magnetic field from single epoch MEG data with recursive Bayesian approach, Biomag 2010 - 17th International Conference on Biomagnetism, 2010年4月1日 Dubrovnik, Croatia.

17. Qi, L. Amano, K. and Takeda T. MEG feature selection in movement trajectory

prediction, Biomag 2010 - 17th International Conference on Biomagnetism, 2010年4月1日 Dubrovnik, Croatia

[その他]
ホームページ等
<http://www.brain.k.u-tokyo.ac.jp/people/amano/amano-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天野 薫 (AMANO KAORU)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教

研究者番号 : 70509976