

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20300114

研究課題名（和文） 高磁場 fMRI によるヒト下側頭葉のコラム構造に関する研究

研究課題名（英文） Study of Columnar Structures in Human Inferotemporal Cortex Using High-Field fMRI

研究代表者

程・康 (CHENG KANG)

独立行政法人理化学研究所・認知機能表現研究チーム・副チームリーダー

研究者番号：70425635

研究成果の概要（和文）：

ヒト下側頭葉で高解像度のエコープラナーイメージング (EPI) 撮像法を行うため必要の信号雑音比 (SNR) を高める実験を行った。そのために、新しく開発したパラレルイメージング技術と専用のRFコイルを用いて、ファントムで撮像パラメーターを調整して、そしてヒトでの実験を進んだ。更に、低解像度のEPI撮像法と色々カテゴリーの物体刺激を用いて、個々の被験者の紡錘状回とそのまわりの大脳皮質について各カテゴリーに対する選択性を持つ物体関連領域を同定した。これらの実験で同定した領域は高解像度実験の基礎になり、ヒト下側頭葉の物体視コラム構造を見いだす実験を進んだ。

研究成果の概要（英文）：

We have performed experiments in order to improve the signal to noise ratio (SNR) of high-resolution echo-planar imaging (EPI) images around human inferotemporal cortex. To achieve this goal, we have adjusted experimental parameters using phantoms as well as human subjects by implementing novel parallel imaging techniques and using RF coils specifically designed for these experiments. In addition, using EPI at conventional spatial resolutions, we have localized object-category related brain regions around human fusiform gyrus as well as surrounding cortical regions. Substantial advancement has been made in revealing object-related columnar structures in these object-related inferotemporal cortical regions in experiments using high-resolution approaches.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2009年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2011年度	3,200,000	960,000	4,160,000
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

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：ヒト、IT野、物体視、高解像度 fMRI、事象関連 fMRI 実験課題、顔写真、モーピング、連続刺激

1. 研究開始当初の背景

物体視に関わる高次視覚野はヒトでは下側頭葉後部に広がる。この下側頭葉後部の領域の中に、顔や街並などに選択的に反応するボクセルが固まって数センチあるいはそれ以上の領域があることは、数多くの fMRI 研究により示されている。しかし、下側頭葉後部のコラムレベル (0.5-1 ミリ程度) の局所領域の平均的神経活動がどのような刺激選択性を持つかは不明である。本研究では、高解像度 fMRI 技術を用いて、ヒト下側頭葉皮質後部領域における 0.5-1 ミリ程度の局所領域の平均的神経活動の物体カテゴリーレベルおよびサブカテゴリーレベルでの選択性を調べる。

2. 研究の目的

研究目的として、まず初めは、紡錘状回のいわゆる顔領域およびまわりの領域で、顔と他の物体カテゴリーに対する選択性を低解像度の実験を行う。次に、各カテゴリー内の局所領域の神経活動の選択性をパラメータで表示される刺激に対する高解像度の実験を行い、ヒト下側頭葉の物体視コラム構造を調べる。

3. 研究の方法

有線外皮質において 1mm 以下の解像度で fMRI 研究を行うことが困難であるのは、コラム構造を検出するために必要となるような高空間解像度で通常の fMRI 計測を行う場合十分な信号雑音比が得られないことが主な原因である。下側頭皮質において問題は更に深刻で、標的領域が比較的深部にあるため RF コイルから遠ざかり MR 信号減衰がすすむと同時に磁化率アーチファクトの影響 (鼓室周辺の中空構造による) で更に減衰が早まる。下側頭皮質の信号雑音比を向上させるためにはまず、撮像パラメータの最適化、局所静磁場の均一性向上あるいは近年急速な発展を遂げたパラレルイメージング法を用いるなどの策を講じなければならない。十分な信号雑音比が得られるよう調整を行なった後、次の問題に着目したい。1) コラムレベルの解像度で下側頭皮質においてカテゴリー特異的な物体表現を解き明かす。とりわけ、顔選択コラムを描出することを試みる。顔選択領域は既にサルの下側頭皮質とヒトの下側頭皮質の一部である紡錘状回にあると報告されているので、我々の解き明かすべき機能構造の取りかかりとして理想的である。顔選択コラムは、単一電極記録と光計測法を組み合わせるにより示されたが、ヒ

トの下側頭皮質において顔選択コラムがいかなるスケールで空間分布しているのかという疑問に対しては未解決で論争途上にある。2) 物体選択コラム内での表現規則について解き明かす。数多くの物体について調べる必要があるが、我々はここでも顔選択コラムに注目したい。特に、これらのコラムが個々の顔を有する人物に対して選択的であり、見え方 (陰影や顔を見るアングル) によらないのかどうかを確かめたい。

4. 研究成果

ヒト下側頭葉 (紡錘状回とそのまわりの大脳皮質) で高解像度のエコープラナーイメージング (EPI) 撮像法を行うため必要の信号雑音比 (SNR) を高める実験を行った。そのために、新しく開発したパラレルイメージング技術と専用の RF コイルを用いて、ファントムで撮像パラメータを調整して、そしてヒトでの実験を進んだ。更に、低解像度の EPI 撮像法と色々カテゴリーの物体 (顔、街並、その他) 刺激を用いて、個々の被験者の紡錘状回とそのまわりの大脳皮質について各カテゴリーに対する選択性を持つ物体関連領域 (例えば、物体のカテゴリーによらず、物体を見るときに共通に賦活される LOC 野、顔にたいする選択的反応する FFA 野、および街並にたいする選択的反応する PPA 野) を同定した。これらの実験で同定した領域は高解像度実験の基礎になり、ヒト下側頭葉の物体視コラム構造を見いだす実験を進んでいる。

計画した実験の大半をすでに達成し、ヒト下側頭葉の物体視コラム構造を研究するための技術を樹立した。これらの技術を用いて、ヒトの下側頭皮質において顔選択コラムがいかなるスケール (サイズおよび数) で空間分布に関する初期結果を獲得した。

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 15 件)

1. Matsuda, Y., Ueno, K., Waggoner, R.A., Erickson, D., Shimura, Y., Tanaka, K., Cheng, K., and Mazuka, R. Processing of infant-directed speech by adults. *NeuroImage* 54, 611-621, 2011.

2. Wan, X.-H., Nakatani, H., Ueno, K., Asamizuya, T., Cheng, K., and Tanaka, K. Neural bases of intuitive best next-move generation in board game experts.

Science 331, 341-346, 2011.

3. Kuriki, I., Nakamura, S., Sun, P., Ueno, K., Matsumiya, K., Tanaka, K., Shioiri, S., and Cheng, K. Decoding color responses in human visual cortex. IEICE Trans. Fundamentals Commun. Electron. Inf. & Syst. E94A, 473-479, 2011.

4. Cheng, K. Recent progress in high-resolution functional magnetic resonance imaging. Current Opinion in Neurology 24, 401-408, 2011.

5. Cheng, K. Revealing human ocular dominance columns using high-resolution functional magnetic resonance imaging. NeuroImage, in press.

6. Watanabe, M., Cheng, K., Marayama, Y., Ueno, K., Asamizuya, T., Tanaka, K., and Logothetis, N. Attention but not awareness modulates the BOLD signal in human V1 during binocular suppression. Science 334, 829-832, 2011.

7. Ogawa, A., Yamazaki, Y., Ueno, K., Cheng, K., and Iriki, A. Neural correlates of species-typical illogical cognitive bias in human inference. Journal of Cognitive Neuroscience 22, 2120-2130, 2010.

8. Tajima, S., Watanabe, M., Imai, C., Ueno, K., Asamizuya, T., Sun, P., Tanaka, K., and Cheng, K. Opposing effects of contextual surround in human early visual cortex revealed by fMRI with continuously modulated visual stimuli. Journal of Neuroscience 30, 3264-3270, 2010.

9. Quallo, M., Price, C.J., Ueno, K., Asamizuya, T., Cheng, K., Lemon, R.N., and Iriki, A. Creating a population-averaged standard brain template for Japanese macaques (*M. fuscata*). NeuroImage 52, 1328-1333, 2010.

10. Ogawa, A., Yamazaki, Y., Ueno, K., Cheng, K., and Iriki, A. Inferential reasoning by exclusion recruits parietal and prefrontal cortices. NeuroImage 52, 1603-1610, 2010.

11. Costagli, M., Waggoner, R.A., Ueno, K., Tanaka, K., and Cheng, K. Correction of 3D rigid body motion in fMRI time series by

independent estimation of rotational and translational effects in k-space. Neuroimage 45, 749-757, 2009.

12. Quallo, M., Price, C.J., Ueno, K., Asamizuya, T., Cheng, K., Lemon, R.N., and Iriki, A. Grey and white matter changes associated with tool-use learning in macaque monkey. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106, 18379-18384, 2009.

13. Corrado Corradi-Dell'Acqua, Kenichi Ueno, Akitoshi Ogawa, Kang Cheng, Raffaella I. Rumiati, Atsushi Iriki. Effects of shifting perspective of the self: an fMRI study. Neuroimage 40, 1902-1911, 2008.

14. 程 康、上野賢一. ヒト視覚野の視野表現地図と機能構造のfMRI研究. 実験医学 26, 165-172, 2008.

15. John Darrell Van Horn, Peter Bandettini, Kang Cheng, Gary, F. Egan, V. Andrew Stenger, Stephen Strother, Arthur W. Toga. New horizons for the next era of human brain imaging, cognitive, and behavioral research: Pacific Rim interactivity. Brain Imaging and Behavior 2, 227-231, 2008.

[学会発表] (計 45 件)

Tanskanen, T., Waggoner, R.A., Ueno, K., Tanaka, K., and Cheng, K. Comparison of human face and object response visual areas mapped by spin-echo and gradient-echo fMRI. The 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience. 2011 年 11 月 14 日. Washington, D.C., USA.

(他 44 件)

[図書] (計 1 件)

Tanskanen Topi, 上野賢一、程康. メジカルビュー社. ビジュアル脳神経外科 2 - 側頭葉、後頭葉. 2010 (総ページ数 8).

[その他]

ホームページ:

<http://www.brain.riken.jp/labs/cbms/>
http://www.brain.riken.jp/en/rcc_fmri.html

<http://www.riken.jp/engn/r-world/research/lab/nokagaku/rrc/func/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

程・康 (CHENG KANG)

独立行政法人理化学研究所・認知機能表現研究チーム・副チームリーダー

研究者番号：70425635

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし