

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19530654

研究課題名（和文）色覚の文脈処理に関する脳機能イメージング研究

研究課題名（英文）Functional brain imaging of the contextual processing of color vision

研究代表者

山本 洋紀 (YAMAMOTO HIROKI)

京都大学・大学院人間環境学研究所・助教

研究者番号：10332727

研究成果の概要：

下記 3 種の研究を行った。

(1) 視覚野地図研究

16 名の視覚領野を fMRI（機能的共鳴画像化法）で同定した後、確率地図として統合した。

(2) 色選択的メタコントラスト研究

色選択的メタコントラスト事態の脳活動を fMRI で測定した結果、初期視覚野のレチノトピック活動が視覚的文脈に強く左右されること、また色の可視性と密接な関連を持つことがわかった。

(3) 色対比研究

色の同時対比事態の脳活動を fMRI で測定した結果、低次から高次の多数の視覚野が関与が示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：色対比 色誘導 メタコントラスト 文脈効果 視覚皮質 視覚野 fMRI

1. 研究開始当初の背景

ヒト大脳の視覚処理は、網膜からの視覚情報を受け取る 1 次視覚野で始まる。従来、1 次視覚野の役割は、網膜像にある局所的な情報（線分の傾きなど）の検出にあるとされていたが、近年、大局的な周囲の状況（視覚的な文脈）も織り込んだ情報処理を行っている

ことが脳機能イメージング実験でわかってきた。しかし、ヒト色覚の文脈処理を対象にしたイメージング研究はほとんど行われていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は fMRI による脳機能イメー

ジング法を用いて、色覚の文脈処理の脳過程を調べることである。そのために、大別して、下記3種の研究を行った。

- (1) ヒト視覚皮質の視覚野地図に関する研究
- (2) 色選択的メタコントラストに関する研究
- (3) 色対比に関する研究

3. 研究の方法

(1) ヒト視覚野地図

fMRI を使用して視覚皮質のレチノトピーを位相符号化法によって測定し、その結果に基づき、12個の視覚野を同定した。さらに、16名の同定結果から、標準脳上での視覚野の存在確率地図を作成した。確率地図は16名の脳表面を FreeSurfer ソフトウェアを用いて標準脳に正規化した後、標準脳上の各点について、各視覚野の存在確率（16名中の何名で確認されたか）を計算することによって作成した。

(2) 色選択的メタコントラスト

ターゲットとなる色刺激を提示しても、その直後に同じ色のマスク刺激をターゲットの周囲に提示すると、ターゲットが出たことに気づかない。異なる場所の色が色の可視性に影響を及ぼすという点で、色覚の文脈処理を反映した現象の一つである。この色選択的なメタコントラスト現象事態での脳活動を fMRI によって測定した。

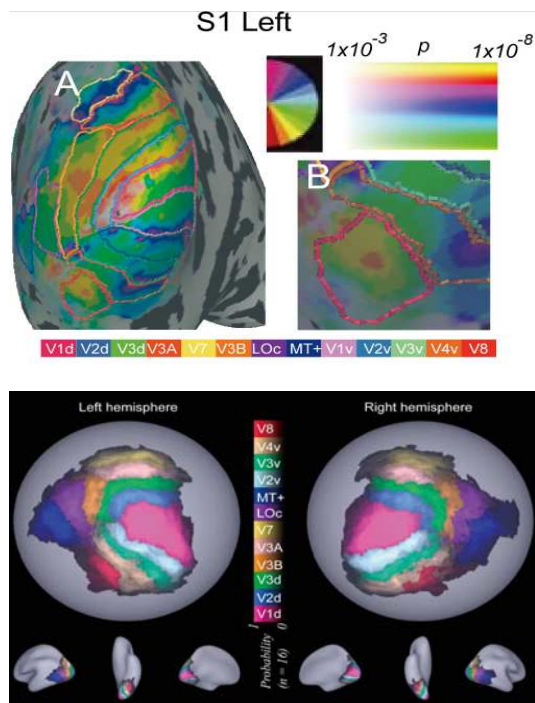


図1 ヒト視覚野 上：代表的被験者の右脳レチノトピー測定結果に視覚野境界を示したもの。色の違いが視野角位置の違いを表す。BはAのV8/V4v近辺の拡大図である。下：16名の被験者に基づく視覚野の確率地図。明るいほど色で指示された視覚野

(3) 色対比

ターゲットとなる色刺激（例：赤色）の周囲にも色刺激（赤色）を同時に提示すると、ターゲットの色が反対色側に変化（赤みが減少）して感じられる。異なる場所の色が色みに影響を及ぼすという点で、色覚の文脈処理を反映した現象の一つである。この色の同時対比現象事態での脳活動を fMRI によって測定した。

4. 研究成果

(1) ヒト視覚野地図

レチノトピー測定の結果の代表例を図1上部に示す。視野角位置の表象が連続的に変化するとともに視野子午線部で反転していることがわかる。この反転部を視覚野の境界として12個の視覚野を同定した。16名の結果を統合した結果が図1下部に示した確率地図である。色覚関連野として注目されているのはV8及びV4vの領域である。以上の結果は Book Chapter (Yamamoto et al., 2008) として公刊された。また、国際誌 (Yamamoto et al., *Human Brain Mapping*, under revision) に掲載される予定である。

(2) 色選択的メタコントラスト

色選択的メタコントラスト実験の結果を図2に示す。色の可視性に相関した活動は色

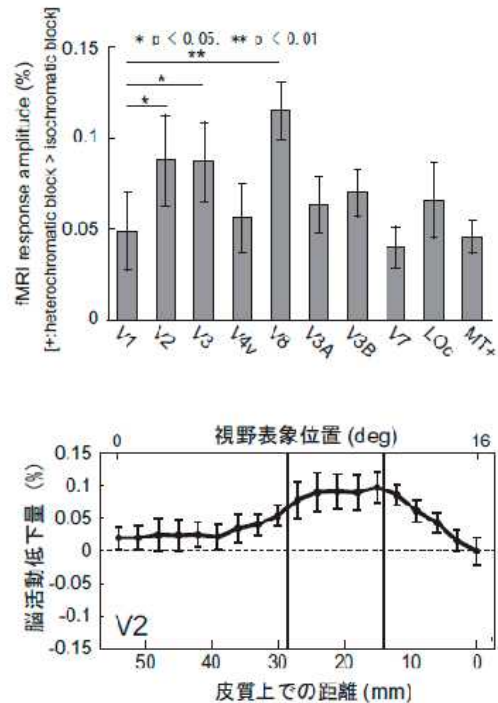


図2 色メタコントラスト事態での脳活動 上：各視覚野における色の可視性に相関した脳活動の大きさ 下：V2における色可視性関連活動の空間分布。実線はターゲット刺激の輪郭を表象する皮質位置を示す。

覚中枢とされる V4v/V8 の高次視覚野領域だけでなく、V1 をはじめとする低次の視覚野でも見つかった (図 2 上)。色の気づきの過程には大脳の初期の視覚過程が関わっていることを示している。さらに、低次視覚野の可視性相関活動はターゲットをレチノトピックに表象する脳領域に限局していることがわかった (図 2 下)。以上の結果は、初期視覚野のレチノトピックな活動が視覚的文脈に強く左右されること、また色の可視性処理に密接に関連していることを示唆している。以上の結果は国際誌 (Maeda et al., *Journal of Neurophysiology*, under revision) に掲載される予定である。

(3) 色対比

色対比実験の結果の代表例を図 3 に示す。色対比に関連した脳活動は V3, V3A, V3B, V7, VP, V4v, V8 で強かった。活動は弱いですが、V1, V2 においても有意な賦活がターゲット刺激と周辺刺激の境界をレチノトピックに表象する領域で観察された。さらに、色対比に関連した活動はターゲットと周辺の 2 色の間隙が大きくなると低次及び中高次の全ての領野で減少した。以上の結果から、色対比の脳過程には低次から高次の多数の視覚野が関与していることが判明した (論文作成中)。

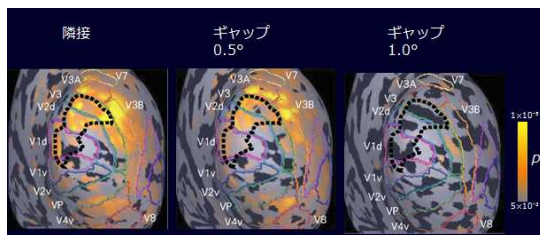


図 3 色対比事態での脳活動 ターゲット色の色対比による変化に関連した脳活動を脳表面にマップしたもの。左：ターゲット刺激と周辺刺激が接している場合。中：0.5 度の間隙がある場合。右：1 度の間隙がある場合。

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 2 件)

- ① 金津将庸・山本洋紀・澤本伸克・福山秀直・齋木潤. (2010). ヒト頭頂間溝のトポグラフィック領域における視覚性短期記憶関連活動. 電子情報通信学会技術研究報告, 106, 329-334. (査読無)
- ② 番浩志・山本洋紀・花川隆・麻生俊彦・浦山慎一・福山秀直・江島義道 (2007). 遮蔽された物体の低次視覚野 V1/V2 におけるトポグラフィックな表象: fMRI 研究 *VISION*, 19(4), 201-204. (査読無)

[学会発表] (計 7 件)

- ① Kanazu, M., Yamamoto, H., Sawamoto, N., Fukuyama, H., & Saiki, J. (2009). Individual-based fMRI analysis of visual short-term memory mechanism in human intraparietal sulcus. Paper presented at the 39th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Chicago, IL, USA, Oct 20 2009.
- ② Yamamoto, T., Yamamoto, H., Saiki, J., Mano, H., Umeda, M., & Tanaka, C. (2008). Stimulus dependency and measurement repeatability of the retinotopic organization in the human middle temporal cortex. The 38th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Washington D. C., USA, 15-19 November, 2008.
- ③ Kondo, A. & Yamamoto, H. (2008). Effects of luminance contrast on chromatic induction. 31st European Conference on Visual Perception, Utrecht, The Netherlands, 24-28 August, 2008.
- ④ 近藤あき・山本洋紀・齋木潤 (2008). 2 色面の色弁別に及ぼすアモダ補完の効果. 日本心理学会第 72 回大会, 札幌, 2008.9.
- ⑤ Ban, H., Yamamoto, H., Hanakawa, T., Urayama, S., Aso, T., Fukuyama, H., & Ejima, Y. (2007). Spatial specificity of V1/V2 responses to an occluded surface. *The Japan Neuroscience Society 30th Annual Meeting*. Pacifico Yokohama, Yokohama, Kanagawa, Japan, 10-12 September, 2007. (*Neuroscience Research*, 58 (Supplement 1), S152).
- ⑥ Yamashiro, H., Yamamoto, H., Saiki, J., Mano, H., Umeda, M., Tanaka, C. (2007). Retinotopic responses to visible and invisible stimulus in human early visual areas during continuous flash suppression. Society for Neuroscience 37th Annual Meeting, San Diego, Program No. 201.20. 2007 Neuroscience Meeting Planner. San Diego, CA: Society for Neuroscience, 2007. Online.
- ⑦ Yamamoto, H., Fukunaga, M., Tanaka, C., Umeda, M., & Ejima, Y. (2007). Inconsistency and Uncertainty in the Locations of Human Visual Areas in Talairach Space. *The Japan Neuroscience Society 30th Annual Meeting*. Pacifico Yokohama, Yokohama, Kanagawa, Japan, 10-12 September, 2007. (*Neuroscience Research*, 58 (Supplement 1), S97).

〔図書〕(計 2 件)

- ① Yamamoto H., Ban H., Fukunaga M., Umeda M., Tanaka C. and Ejima Y. (2008). Large- and Small-Scale Functional Organization of Visual Field Representation in the Human Visual Cortex. In: Portocello T. A. and Velloti R. B. editors. Visual Cortex: New Research. New York: Nova Science Publisher. pp. 195-226.
- ② Ejima Y., Takahashi S., Yamamoto H., and Goda N. (2007) Visual Perception of Contextual Effect and Its Neural Correlates. In: Funahashi S., editor. Representation and Brain. Tokyo: Springer Verlag, pp 3-20.

〔その他〕

朝日小学生新聞 (2010年2月3日版3面)
「黄色と黒は注意のしるし」
(インタビュー記事)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 洋紀 (YAMAMOTO HIROKI)
京都大学・大学院人間環境学研究科・助教
研究者番号: 10332727

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者