

色知覚の脳内機構－脳イメージング法による分析－

Color coding in the cortex－fMRI studies－

江島 義道 Yoshimichi Ejima 京都工芸繊維大学 Kyoto Institute of Technology

キーワード: 色知覚、視覚野、脳イメージング

Keywords: color perception, visual cortex, brain imaging

1. 視覚野

視覚情報処理に関わる大脳皮質領域は、後頭葉のほか側頭葉、頭頂葉、前頭葉の一部に及び、解剖学的、機能学的な特徴から 30 以上の領域に細分化されている (Van Essen et. al., 2001)。特に後頭葉は、初期視覚情報を処理する部位であり、後頭極の鳥距溝 (calcarine sulcus) を取り巻くように位置する第一次視覚野 (V1) およびその周囲に隣接して、V2、V3、VP、V4、V8、MT などと命名された領野が配置されている。これらは、階層的かつ並列的な情報処理をしていると考えられている。

2. 領野の同定と解析法

低次視覚野は、レチノトピー (網膜部位再現性) といわれる独特の表象 (図1) を有しており、網膜に投影された視覚像と大脳皮質視覚野上の各点とは明確な対応関係を持ち、位置情報を連続的に再現している。網膜情報は視野の水平垂直子午線に沿って4つに分割され、低次視覚野内で個別に再現されている。右視野と左視野の像はそれぞれ左半球と右半球に分かれて表象される。また、上視野と下視野の像については、下側部 (腹側部) と上側部 (背側部) に分かれている。さらに、隣接する視覚野同士は、視野情報を鏡像あるいは非鏡像 (視野の表現が垂直子午線から水平子午線に向かっているのか、それともその逆か) に反転して表象している (図2)。

視覚領野を同定する方法は、サルを用いた研究では、解剖学的結合、単一細胞応答の刺激特異性、組織化学的構造、レチノトピー構造などが用いられている (Wandell, 1999)。ヒトを対象とする場合は、レチノトピー構造を用い、位相符号化法という実験パラダイムで同定される (Serenio, et. al., 1994)。この手法は、注視点を原点とする極座標で視野を表現し、2つの次元、すなわち

中心からの距離 (網膜偏心度) の次元と視野角度の次元が皮質上でどのように表象されているかを調べるものである。実験には、図3に示すような環形のチェッカーパターン及び扇形のチェッカーパターンが用いられる。視野の偏心度の測定には、拡大する環形のチェッカーパターンが用いられる。視野の角位置の測定には、注視点を中心にゆっくり回転する扇形のチェッカーパターンが用いられる。

このような2種の刺激を用い、これに対する脳活動を測定し、脳活動の場所が時間的にどのように移動するかを調べることによって、V1、V2、V3、VP、V4、V8 などの脳地図を同定することができる。

3. 解析の具体例

脳地図が同定され、各領野内での脳表面上の位置と視覚刺激の視野上の位置との関係が解ると、脳領野で視覚情報がどのように処理されるかについての様態を分析することができる。このためには、視覚刺激の提示とそれに対する各領野及び領野内でのそれぞれの場所での脳活動の計測が基礎データとなる。ここでは、我々がfMRIを用いて分析した結果の中から数例 (同時対比現象、不自然な色など) に関する脳内機構に関する結果を紹介する。

引用文献

- Van Essen, D.C., Lewis, J.W. Drury, H.A. Hadjikhani, N., Tootell, R.B.H., Bakircioglu, M., and Miller, M.I. Mapping visual cortex in monkeys and human using surface based atlas. *Vision Research*, 41(10/11), pp.1359-1378, 2001
- Wandell, B.A. Computational neuroimaging of human visual cortex. *Annu. Rev. Neurosci.*, 22, 145-173, 1999
- Serenio, M.I., Pitzalis, S., and Allman, J.M., Analysis of retinotopic maps in extrastriate cortex. *Cerebral Cortex*, 4(6), pp.601-620, 1994



図1-1 レチノトピー(Seeing, Frisby, J.P. (1979) より抜粋)
網膜に投射された視覚像は第一次視覚野(V1)に位置情報を保持して表現される。ただし、視野の左右像は分断され、それぞれ右脳・左脳へと入力される。

視覚像

脳表象

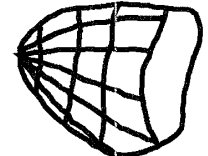


図1-2 右視野の視覚像は左脳に投射され、各位置情報は連続的に表象される。偏心度と角位置(左図)が脳表に連続的に投射される。

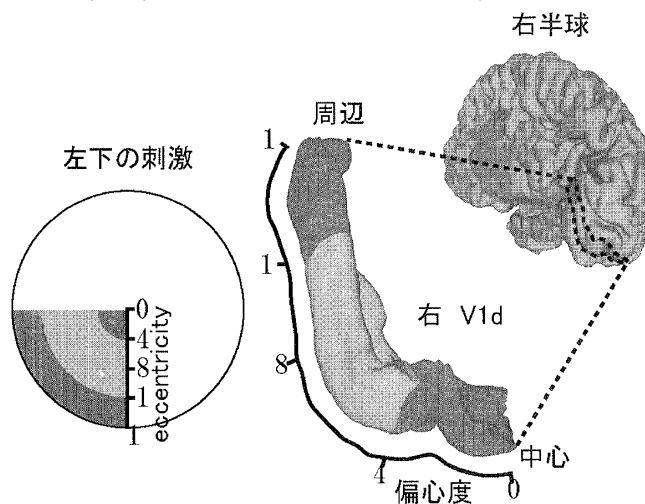


図1-3 左下刺激と右半球第一次視覚野での表象

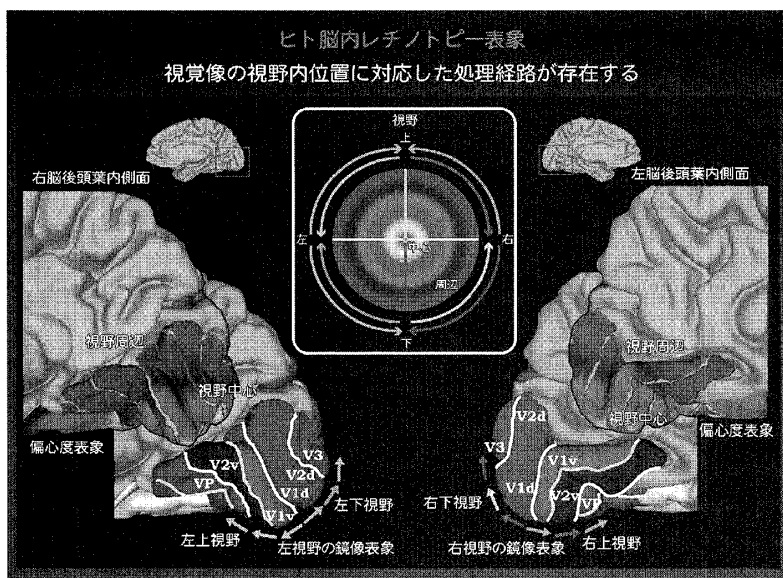


図2 低次視覚野の視覚偏心度表象と視野角度表象

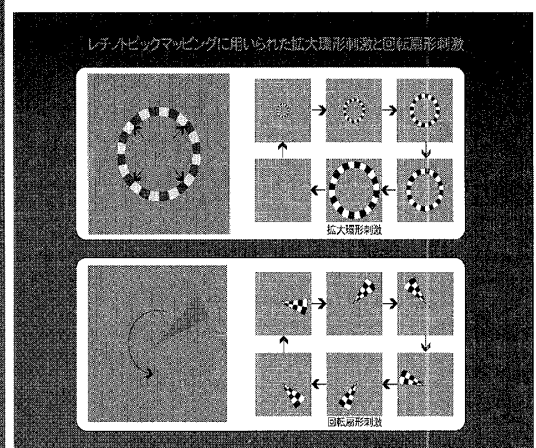


図3 レチノトピーマッピングで用いられる拡大環状刺激と回転扇形刺激