

機関番号：26402

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009 年度～2010 年度

課題番号：21730591

研究課題名 (和文)

脳情報デコーディング技術を用いた 3 次元知覚情報処理の解明

研究課題名 (英文)

Investigation of binocular three-dimensional perception with neural decoding techniques

研究代表者

繁樹 博昭 (SHIGEMAU HIROAKI)

高知工科大学・工学部・講師

研究者番号：90447855

研究成果の概要 (和文)：

fMRI による脳活動の画像情報から知覚内容の推定を行うデコーディングの手法を用いて、両眼視差による 3 次元知覚の処理過程の検討を行った。デコーディングの正答率の高い部位は刺激の特性に関連したコーディングをおこなっているはずであり、領野ごとの正答率を検討することで脳内で処理している情報を推定することができると考えられる。本研究では、両眼立体視における相対視差、絶対視差の処理、および物体内、物体間の奥行き知覚の処理に関して、これらが脳内のどの領野で処理されているかを検討した。視覚野ごとの脳活動の画像情報を用いて、それぞれの奥行きの情報を判別した正答率を検討した結果、一次視覚野よりも後の過程で相対視差を処理していること、腹側経路において物体間の奥行き差よりも物体内の奥行き構造を処理していることを示唆する結果が得られた。

研究成果の概要 (英文)：

The three-dimensional perception was investigated by neural decoding techniques with human cortical activity measured by functional magnetic resonance imaging (fMRI). The accuracy rates of decoding were compared between visual cortical areas to investigate the functions of the processing of binocular disparity. The results suggest that the relative disparity was represented in higher level of visual areas and the ventral stream areas concern with the binocular perception of three-dimensional shape rather than three-dimensional depth order of multiple objects.

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	1,600,000	480,000	2,080,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・心理学実験心理学

キーワード：両眼立体視, fMRI, 神経デコーディング, 絶対視差, 相対視差

1. 研究開始当初の背景

2005 年、機能的磁気共鳴画像 (fMRI) の情報から知覚内容の推定が可能であることが報告された (Kamitani & Tong, 2005; Haynes & Rees, 2005). fMRI の空間解像度は数ミリ程度であり、多数の神経細胞の集合

の情報となるため、fMRI の情報から知覚内容を推定することは困難であると考えられてきた。しかし、パターン認識の手法を応用した機械学習を用いることで、単純な縞の方位や運動方向の知覚内容が高精度に推定可能になった。Shigemasa, Miyawaki, Kamitani & Kitazaki (2009) は、

より高次な処理を伴う視知覚の内容の推定が可能かについて検討するため、進行方向知覚のデコーディングの研究を行った。ランダムドットによるオプティカルフローを刺激とし、左右どちらに進んでいるかを推定する自己進行方向知覚の推定実験では、8割以上の高い精度で推定できることを示した。さらに、単に知覚を推定するだけでなく、オプティカルフロー観察中に水平方向に眼球運動を行う条件と行わない条件の間で学習・テストを交差を行うと、初期視覚野の脳活動から推定した場合にはほぼチャンスレベルであったのに対し、hMT+ではチャンスレベル以上の正答率であった。このことは、hMT+の脳活動が、網膜上のフローではなく眼球運動による運動成分を補償した後の自己運動知覚を反映していることを示唆している。このように、デコーディングの技術は、単に知覚内容を推定するだけでなく、正答率を指標として脳の各領野の機能を推定するツールとなることを示した。

2. 研究の目的

本研究では、fMRIによる脳活動の画像情報から知覚内容の推定を行うデコーディングの手法を用いて、脳の領野ごとのデコーディングの正答率を比較して各領野の機能の違いについて検討することを目的とした。正答率の高い部位は刺激の特性に関連したコーディングをおこなっているはずであり、正答率を指標として脳内で処理している情報を推定することができると考えられる。従来の脳機能イメージングの研究は、脳のどの部位が賦活したかを調べるのが主流であり、こうした手法では、脳の広範囲に渡って処理が行われるような比較的高次の知覚においては脳の領野ごとの機能の特定は困難である。しかし、本研究のようにデコーディングの精度を指標とし、条件間で比較することで、どの部位が検討したい知覚現象に最も重要であるかを推定することができる。

本研究では、未解明な点の多いヒトの両眼立体視による3次元知覚の脳内処理過程を取り上げ、相対視差、絶対視差の処理、および物体内、物体間の奥行き知覚の処理に関して、これらが脳内のどの領野で処理されているかを検討した。

3. 研究の方法

(1) 絶対視差、相対視差の処理過程の検討

相対視差と絶対視差の処理について検討した実験では、2つの面間の相対的奥行き差(相対視差)は同じだが、絶対視差が異なる刺激を設定し、それらを観察したさいの脳活動を

fMRIにより計測した。得られた脳活動情報を用いて、2つの面のどちらが手前に提示されているかの判別を視覚野ごとにサポートベクターマシンにより機械学習させ、学習後のテストデータには学習時とは絶対視差が異なる刺激の脳活動を用いて、学習の般化が生じるか検討した。般化が認められれば、その領野では相対視差を処理していると推定される(図1)。

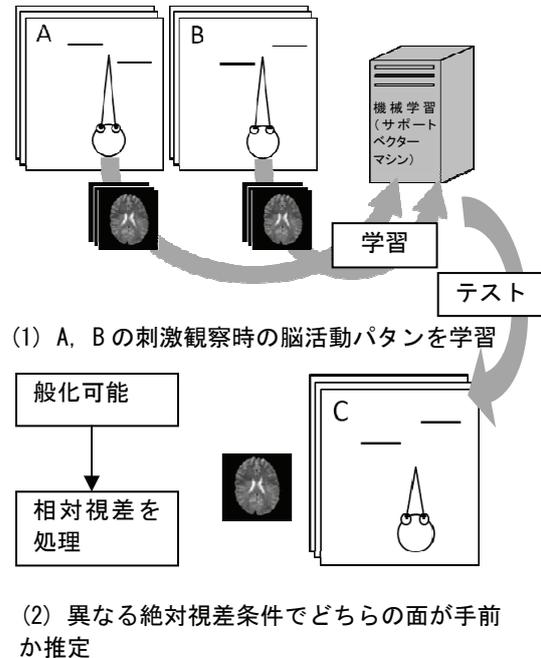
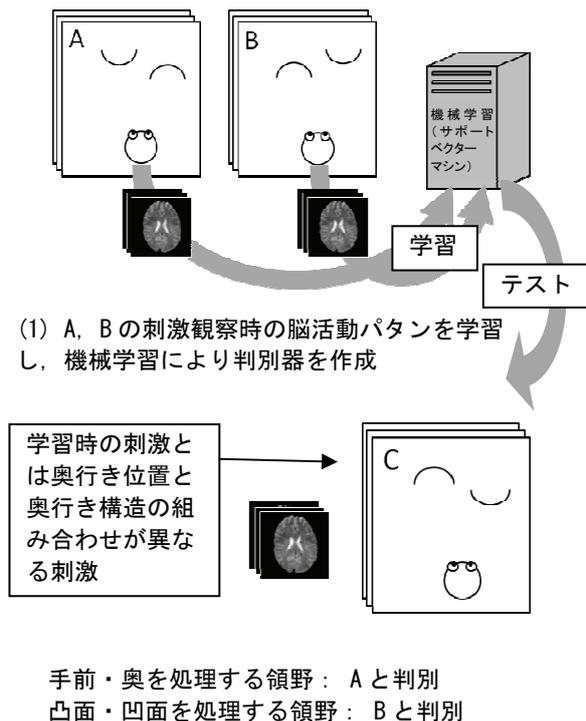


図1. 相対視差、絶対視差の処理過程を検討する刺激の模式図

(2) 物体内、物体間の奥行き知覚の処理過程の相違の検討

物体内、物体間の奥行き処理について検討した実験では、物体内、物体間双方の奥行き情報を持つ刺激を用いて、学習の般化が物体内、物体間のどちらに生じるかを検討した。刺激は、左右の2つの物体が異なる奥行きに位置し、かつ、それぞれの面が凸面か凹面の奥行き形状をしていた。それぞれの条件ごとの脳活動情報から手前、奥あるいは凸面、凹面を判別する学習を行い、テスト用の刺激は、学習に用いた刺激とは奥行き位置と奥行き構造の組み合わせが異なる刺激を用いた。物体間の奥行き差を処理している領野であれば、手前、奥の奥行き位置に対応した判別をし、物体内の奥行き構造を処理している領野であれば、凸面、凹面に対応した判別をすると予測される(図2)。

刺激はランダムドットにより構成された面刺激であり、偏光レンズにより両眼に分離提示した。脳活動の計測には、国際電気通信基



(2) 学習に用いていない刺激Cを判別

図2. 相対視差、絶対視差の処理過程を検討する刺激の模式図

礎技術研究所 (ATR) 脳情報研究所の 3T の MR 装置 (Siemens 社製 MAGNETOM Trio, A Tim System) を用いた。学習に用いる fMRI のデータは刺激提示中の各ボクセルの BOLD 信号であった。被験者は研究代表者を含む 5 名であった。

4. 研究成果

(1) 絶対視差、相対視差の処理過程の検討

相対視差と絶対視差の処理について、視覚野ごとの般化の正答率を比較した結果、一次視覚野では絶対視差が異なると学習の般化が起こらずチャンスレベルとなり、V2以降の領野では一次視覚野の正答率よりも高い正答率が得られた。このことより、絶対視差は一次視覚野よりも後の過程で相対視差を処理していることを示唆する結果が得られた。

(2) 物体内部、物体間の奥行き知覚の処理過程の相違の検討

物体内部、物体間の奥行き処理について、視覚野ごとの般化の正答率を比較した結果、腹側経路の LOC において物体間の奥行き差より

も物体内部の奥行き構造を判別する傾向が認められ、腹側経路では両眼視差の処理において物体内部の奥行き構造を処理していることを示唆する結果が得られた。

また、奥行き位置の異なる面間の相対視差の相互作用を心理物理学的手法で検討し、局所的な物体間の相対視差による対比効果の影響により物体内部の奥行き構造の知覚が変化することを示した。

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 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 吉田 光宏, 繁桝 博昭 両眼立体視における局所的な対比効果の時空間的範囲, 電子情報通信学会技術研究報告, 110(279), HIP2010-60, 1-6, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会 (HIP) / 日本バーチャルリアリティ学会心理学会研究会, 長崎総合科学大学, 2010 年 11 月
- ② Shigemasu, H. and Yoshida, M., The spatial range of local depth contrast effect Perception 39 ECVF Abstract Supplement, page 70. European Conference on Visual Perception (ECVP), Lausanne, Switzerland, August 2010
- ③ 吉田 光宏, 繁桝 博昭, 両眼立体視における局所的な奥行き対比効果, VISION, vol 21 no.3 185-186, 日本視覚学会 2009 年夏季大会, 京都工芸繊維大学, 2009 年 7 月
- ④ Katsumata, Y., Shigemasu, H., Nakauchi, S., and Kitazaki, M. Decoding velocity change of self-motion from EEG. Proceedings of JVRC 2009, 13-14, JVRC 2009 (2009 Joint Virtual Reality Conference of EGVE - ICAT - EuroVR) Lyon, France, December 2009
- ⑤ Shigemasu, H. and Yoshida, M., Local binocular depth contrast effects on surface edges. Journal of Vision, vol. 9 no. 8 article 272. Vision Sciences Society (VSS) Meeting, Naples, Florida, May 2009

〔図書〕（計 1 件）

「イラストレクチャー認知神経科学」, 村上郁也（編）, オーム社（2010）（第 4 章, 分担執筆）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

繁樹 博昭 (SHIGEMAU HIROAKI)

高知工科大学・工学部・講師

研究者番号 : 90447855