

氏名	王 彬
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4850号
学位授与の日付	平成25年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	fMRI Studies on the Human Brain Mechanism of Visual Object Perception (ヒトの視覚物体知覚脳機能メカニズムに関する fMRI 研究)
論文審査委員	教授 呉 景龍 教授 富田栄二 教授 堀部明彦 准教授 高橋 智

学位論文内容の要旨

The visual system is the part of the central nervous system which enables human to process visual object information. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) has been used for over a decade to study the human visual cortex. The visual system is divided into central and peripheral cortical areas. Moreover, the visual system has been shown to be influenced by attention. In this thesis, to well understand the perception of object in human vision system, we investigated the neural processing of the object within wide-view field, and the retinotopy of attention to object.

To investigate neural processing of peripheral object by fMRI, we developed a system for wide-field stimulus presentation within the MRI environment. This system is advantageous in that the presented images have high resolution. We successfully applied this visual presentation system to studies of visual retinotopic mapping and object perception neural function in the peripheral visual field.

Using this wide-view visual presentation system and functional magnetic resonance imaging (fMRI), we studied the neural activity relationships between V1 and FFA or V1 and PPA within wide visual field. We found V1, FFA, and PPA showed significant different neural activities to faces and houses in 3 dimensions of eccentricity, meridian, and region. Most importantly, the RRV1s in FFA and PPA also exhibited significant differences in 3 dimensions. We proposed that these differential RRV1s indicated FFA and PPA might have different processing strategies for encoding the wide field visual information from V1.

In addition, we also studied retinotopic representations and pRF maps for wide-view field in human visual cortex. The visual cortex had larger pRF for the peripheral visual field than central visual field. The V1-V3 had larger visual field, and LO1 and LO2 likely to have response only to central field. More differently, the pRF size is likely consisted with the size of macaque.

Using images of static objects and the retinotopic mapping task, we found the early visual areas showed neural response to whole stimulus with a slight attentional enhancement, while the higher visual areas exhibited mainly attention-driven retinotopy. In the higher visual areas, we found that the left hemisphere showed greater attention-driven retinotopic activity compared to the right hemisphere. The left hemisphere had a small attentional window and drove neurons with small receptive fields in visual areas, resulting in easy retinotopic activation, whereas the reverse was true for the right hemisphere.

In conclusion, the present studies showed that the central and peripheral had different object processing and receptive field. We also identified hemispheric asymmetries in retinotopic activity. According to the complexity of the neural mechanisms of visual system, future studies will focus on the peripheral object processing in human visual cortex, and the attention effect on the human visual cortex.

論文審査結果の要旨

本研究は、人間の視覚システムにおける物体認知をより深く調べるために、広視野における物体の神経系処理および物体に対する注意のレチノトピーについて研究したものである。機能的磁気共鳴映像法(fMRI)で使用可能な広視野刺激呈示装置を新たに開発し、これまで測定ができなかった広視野での視覚レチノトピーマッピング、脳機能の測定、および受容野や高次視覚野の注意の影響について詳細に調べている。

本研究では、初めに高磁場環境のfMRI内で使用可能な広視野刺激呈示装置を開発し、高解像度な画像の呈示による周辺視野のレチノトピーマッピングと物体認知神経機能の調査によって装置の有効性を確かめている。この装置を用いて、広視野におけるV1とFFA、PPAの神経活動の関係を調べ、偏心度、方向に対して顔と建物で異なった神経活動を示すことを発見した。さらにV1に対するFFA、PPAの活動を比較しその違いを明らかにすることによって、FFAとPPAがV1からの広視野視覚情報を異なった処理方法で行っている可能性を指摘している。さらに広視野におけるpRFマップについて調べ、中心視野より周辺視野のほうがpRFが大きいことを確認している。またV1-V3はより大きな視覚野を持つこと、LO1とLO2は中央領域のみ反応を示すことも指摘している。また静的物体の写真とレチノトピーマッピングタスクを用いて、高次視覚領域の主に注意によるレチノトピーについても調べており、特に高次視覚領域では、右半球に比べて左半球においてより強い注意喚起のレチノトピー活性を示すことを明らかにしている。

これらの研究結果は、Brain Research, Journal of Neuroscience Methods, PLOS ONEに掲載されている。また国際学会や日本国内の学会でも積極的に研究の成果を発表している。この研究によって得られた結果は、人間の視覚システムや物体認知の解明に有用な基礎データを提供するものである。

以上のことより本論文は、学術上および工学上貢献するところが多い。よって、本論文は博士(工学)の学位として価値あるものと認める。