

氏 名 閔 天翼

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4268号

学位授与の日付 平成23年 3月25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 Studies on the Human Visual Mechanism of Wide-field by Functional Magnetic Resonance Imaging

(機能的核磁気共鳴画像法を用いたヒトの広視野の視覚メカニズムに関する研究)

論文審査委員 教授 呉 景龍 教授 富田 栄二 教授 柳瀬 眞一郎

### 学位論文内容の要旨

The visual system is the part of the central nervous system which enables organisms to process visual detail, as well as enabling several non-image forming photoreponse functions. It interprets information from visible light to build a representation of the surrounding world. The visual system is divided into central and peripheral cortical areas. A number of early studies provided anatomical support for the functional specificity of these two areas of research. In present study, Functional magnetic resonance imaging (fMRI) with a high spatial resolution was used to examine the brain activity of visual information processing by five experiments. Mainly, we investigated the human visual cortex perceptual mechanism by wide-field stimuli.

The aim of the present study is to develop a wide-view visual presentation system with a horizontal and vertical visual angle of  $120^\circ$  in MRI environment for vision research and visual retinotopic mapping. We will present the system design and the preliminary experimental testing of the system in this report. The experimental results suggest that the new system is safe and functional in the MRI environment and that it can be used for neuroimaging studies of the visual system.

This study located separate peripheral visual field representation areas (V1, V2, V3) and verified recent findings that human motion areas (V3A, MT+, V6) are apparent only when wide-view visual stimuli are used. The results prove that the wide-view visual presentation system can be used to map other visual areas with well-developed peripheral representations. We also estimated the cortical distances and magnification factors for reconstruction of the retinotopic map using the dipolar model. By comparing the retinotopic map with the flattened surface, we analyzed the datasets used to reconstruct the map. We found that: (1) the percentage of the striate cortex devoted to peripheral vision in humans is significantly larger than that in the macaque, (2) the estimate of the scaling factor in linear magnification is larger than that found in previous studies focusing on central vision, and (3) the estimate of the peripheral factor in the dipolar model is too large to make the curve direction of the dipolar map in the periphery equivalent to that in the center.

In addition, using this wide-view visual presentation system and functional magnetic resonance imaging (fMRI), we studied temporal frequency sensitivities and contrast response functions (CRFs) in regions of the brain that are central and peripheral to the entire set of visual areas (V1, V2, V3, V3A, MT, MST), which has not been reported in previous visual research. Generally, the results indicated that higher stimuli contrast led to higher BOLD responses. Moreover, more central stimulation led to higher BOLD responses. Based on these data, the central and peri-central visual areas had low temporal frequency and contrast sensitivity, while the peripheral visual areas had high temporal frequency contrast sensitivity.

According to the complexity of the neural mechanisms of visual system, future studies will focus on high level visual functions characteristics. For example, we localize FFA, PPA, VWFA and we will separately study the relation these areas and attention, and so on. Through studying the subsystems of visual cortex integration, we hope to clarify its mechanism.

## 論文審査結果の要旨

ヒトの視覚野は中心と周辺との2つの部分に分けられる。人間の日常生活では、広い視野で外部情報を取得して周りの環境・物体を認識している。近年、機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）を用いて、生きているヒトを対象とした視覚情報処理の脳内メカニズムに関する研究は注目されている。しかし、高磁場環境で視覚情報を提示する実験装置の製作がいろいろな制限があるため、ヒトの広視野の視覚メカニズムはまだ解明されていないのが現状である。

本論文では、fMRI環境で応用可能な広視野（水平視野：120deg，垂直視野：120deg）視覚実験装置を製作して、機能的核磁気共鳴画像法を用いたヒトの広視野の視覚メカニズムを研究する内容であり、得られた主な研究結果は下記のとおりである。

1. ヒトの周辺視野特性の解明に向けた第一歩として、開発した視覚刺激呈示装置を用い、脳内における中心-周辺視野の脳内再現部位の特定に関するfMRI実験を行った。その結果、初めて偏心角が0～60度範囲で生きているヒトの脳視覚皮質の拡大率の定量計測に成功した。
2. 広視野視覚実験装置を用いて、ヒトの中心と周辺視野の時間周波数応答特性やコントラスト感度特性を検討した。その結果、時間周波数特性に関しては、偏心角が20、40deg条件では、初期視覚領野（V1、V2）において、4から8Hzの時間周波数に対して応答特性の感度が高いことを明らかにした。偏心角60degの条件では各時間周波数の応答特性の感度が同程度であることが分かった。
3. 広視野運動刺激を利用して、特に生きているヒトの広視野視覚運動関連領域（MST）を定位して、運動視覚関連領域（MT+）から（MT/MST）野に分けることに成功した。

本研究の成果として、査読ありの学術論文誌に3件（1件Impact Factor 2.77、1件Impact Factor 6.258）、査読ありの国際会議講演論文集に10件の論文が掲載された。また、国内外の学会で12回発表した。研究成果は高く評価されて国際会議優秀論文発表賞も受賞した。

以上のように本研究は、新しく構築した広視野視覚実験装置を用いることで、ヒトの中心・周辺視野を含む広視野における視覚認知特性や視覚メカニズムを解明した。よって、審査委員会委員は全員一致して、本論文は博士（工学）の学位授与に値すると判定した。