

氏 名	于 英花
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4764号
学位授与の日付	平成25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 Visual and Tactile Spatial Cognition using Behavioral Experiment and Functional Magnetic Resonance Imaging (行動実験と fMRI を用いた視覚・触覚の空間認知に関する研究)
論文審査委員	教授 吳景龍 教授 柳瀬眞一郎 教授 堀部明彦 准教授 高橋 智

### 学位論文内容の要旨

To perceive the world, we make full use of multiple sources of sensory information derived from different modalities such as vision, auditory and touch. Previous studies indicated that the visual/tactile perception has been shown to strongly influence tactile/visual judgments. In line with this, previous studies indicate that the extrastriate cortex is involved in tactile orientation judgments, suggesting that this area is related to visual imagery. However, the neural substrates for these two modalities remain largely unknown. In the present study, we combined psychophysical and neurophysiological experiments to highlight some of the most important characteristics and the neural substrates of visual and tactile spatial discrimination.

First, we investigated the influences of visual luminance on perception of different spatial frequency visual stimulus elicited the illusion of linear self motion (linear vection). The visual stimuli changed into five spatial frequencies (0.023, 0.037, 0.057, 0.090, 0.141 cycle/deg) and six luminance conditions. Subjects were asked to report the perceived motion velocity using the magnitude estimation method. Our results suggested that the linear vection to be more compelling when the spatial frequency from 0.037 cycle/deg to 0.057 cycle/deg with high luminance of visual stimuli.

Second, we developed a tactile orientation system using under high magnetic environment. The device is MRI-compatible and can serve to investigate the behavioral evidence and underlying neural mechanisms of tactile orientation discrimination. We evaluated the function and precision of system in a magnetic field. The results showed that the device performance is unaffected by the magnetic field, nor does the device interfere with the magnetic field, making it usable with fMRI. Furthermore, we also performed a delayed tactile orientation discrimination experiment. During each trial, two of seven tactile grating domes of either similar or different orientation were presented to the subject's right index fingertip. The interstimulus delays used in the experiment were 1, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 sec. The subjects were asked to discriminate whether the two orientations were the same. The results demonstrated that both differences in orientation between the standard and the comparison stimuli and the delay period influenced tactile orientation discriminability.

Third, we measured the tactile memory related brain activations with tactile orientation discrimination task using event-related fMRI. Nine health young subjects were asked to discriminate whether the orientations of two tactile stimuli with a different interstimulus delays was the same or not and we recorded the task related brain activations. We observed that these tactile orientation stimuli firstly activated the contralateral SI in the postcentral gyrus and the activations were extended to bilateral superior, middle and inferior parietal lobule, bilateral SII in the parietal operculum. However, the longer delay tasks (6 and 10 sec) are considered to energize the bilateral prefrontal cortex stronger than that of short delay task (2 sec), but the difference did not found in the somatosensory areas.

## 論文審査結果の要旨

人間は、物体を見ただけでその素材や形状をおおよそ認知でき、物体を触ることによって形状や表面の滑らかさなど複雑な特徴を正確に判断できる。さらに見ながら触ることによる視覚と触覚の同時作用によって、物体の特性をかなり正確に認識することができる。近年の脳科学研究により、視覚と触覚の脳内処理ネットワークは、それぞれ独自に働く領域と、ともに活動する領域があることがわかってきた。これらの領域は、主に視覚と触覚に関する空間情報処理とワーキングメモリー処理過程に関与していると考えられる。しかしこの領域をさらに詳しく調べるために必要な、高磁場環境（MRI）内で使用可能な実験装置は、これまでほとんど存在せず、人間の視覚と触覚の空間情報処理とワーキングメモリーに関する脳内メカニズムの多くは未だ解明されていない。

本研究では、行動実験と fMRI を用いて、人間の視覚と触覚の空間認知特性及び触覚ワーキングメモリーの脳内処理過程を調べることを目的としている。本研究では、視覚誘導自己直線運動の空間集荷数特性の輝度依存性を調べ、視野の中心に提示する視覚運動刺激の輝度が視覚誘導自己直線運動感覚を左右されることを明らかにしている。また高磁場環境に使用できる触覚刺激定時装置を新たに開発し、この装置を用いて、触覚空間情報の脳内保持時間を調べ、触覚ワーキングメモリーに関係する脳内処理領域を同定した。その結果、触覚空間情報の保持時間は 15 秒が限界であり、触覚空間情報の保持時間の違いによって、左右の前頭前野に顕著な脳活動変化の際が見られることを明らかにしている。

本研究の成果は、人間工学会の学会誌と国際雑誌に掲載され、国際学会講演論文集にも掲載されている。また国際会議と日本国内学会での発表では、研究成果が高く評価されている。さらに本研究によって得られた成果は、バーチャルリアリティ技術等の応用に有益な基礎データを提供できる。

よって、審査委員会委員は全員一致で、本論文は博士（工学）の学位授与に値すると判定した。