

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 12 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24686034

研究課題名(和文) 視覚と触覚のクロスモーダルな質感認知の脳内メカニズムの解明と表面加工への適用

研究課題名(英文) Integrative studies of neural mechanisms of haptic-visual cross-modal perception of material and surface qualities

研究代表者

楊 家家 (Yang, Jiajia)

岡山大学・自然科学研究科・助教

研究者番号：30601588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,100,000円

研究成果の概要(和文)： 質感認知特性に基づいた視・触覚オブジェクト加工システムを開発するために、1) 心理物理学的研究を行い、表面粗さ認知における視覚情報の優位性を明らかにした。2) 高磁場(MRI)環境対応の視覚と触覚刺激の同期制御ができるfMRI実験装置を開発した。3) 視覚と触覚の協調的と非協調的情報による質感形成の脳内システムを同定した。4) 視触覚クロスモーダルな質感認知の脳内情報処理の非対称性を明らかにした。5) 質感情報データベースのデータモデルを決定し、格納される素材の物理パラメータ・質感評価データ・脳活動データの3種類のデータを検討した。

研究成果の概要(英文)：The information about an object is built by different sensory modalities that converge somewhere in the human brain to form representations that are invariant to the input modality. To develop a high quality surface machining system, the following researches were implemented: 1) Investigation of interactions between haptic and visual perceptions of fine surface texture. 2) Development of MRI-compatible tactile and visual stimuli presentation system. 3) Investigation of brain activations related to cross-modal interactions of haptic-visual texture matching. 4) Discussion of functional asymmetry processing of haptic-visual roughness information transformation. 5) Development of a database including material and surface qualities physical parameter and brain activation patterns.

研究分野：知能機械学・機械システム

キーワード：質感認知 視触覚クロスモーダル fMRI 脳機能 表面加工

## 1. 研究開始当初の背景

人間はある物体を見ただけで、その素材について、金属、毛皮やプラスチックなどでできていることを大まかに認知できる。さらに、その物体を触ることにより、物体の素材、温度や表面の滑らかさなどの複雑な状態を正確に判断できる。人間は事物が生み出したさまざまな質感から、世界の豊かさを実感すると共に、物を選んだり身体運動を制御するための生存に不可欠な情報を得ている。1990年代からコンピュータグラフィックス(CG)技術などが高度に発達し、リアルな映像で世界を表現できるようになった。また、材料工学分野の発展と高度な加工技術の進歩によりさまざまな物体の形状や表面などの再現が実現した。しかし、これらはすべて画像生成や加工技術の発達であり、生成された物体にどのような情報が質感認知に寄与しているのかが未だ明らかになっていない。

人間の視覚と触覚はそれぞれが独立に機能し、それぞれが特有の感覚情報を与えてくれるが、感覚種をまたがるクロスモーダルな性質も持っている。質感を生み出す情報は、物体表面の滑らかさ、物体の反射特性や照明環境などが相互作用して作る複雑なものであり、人間はその視覚と触覚情報を読み解くことができるものの、それがどのような脳内情報処理によって実現されているかはまだ解明されていない。

21世紀の産業界では、高品質のものの作りが求められ量から質への転換が要請されている。しかし、前述のように高品質の判定は人間の主観に頼っているのが現状で、その脳内処理メカニズムの解明と質感認知特性に基づいた加工システムの開発が喫緊の課題である。

## 2. 研究の目的

本研究では、視覚と触覚のクロスモーダルな質感認知の脳内処理メカニズムを究明し、質感認知特性に基づいた視・触覚オブジェク

ト加工システムの研究開発及び試作を行うことを目的としている。

## 3. 研究の方法

代表者は、まず、開発した高磁場環境で使用できる触覚刺激提示装置を用いて、触覚または視覚のみによる質感認知に関わる脳内システム(材質の解析機構、運動の分析機構、行動の戦略機構、行動の制御機構、記憶像との照合)の脳内部位を fMRI 実験によって同定する。次に、これまでの研究成果を発展させて、視覚と触覚刺激の同期制御できる fMRI 実験装置を研究開発する。それから、視覚と触覚が質感認知に協調的及び非協調的に関与する場合の脳内部位を fMRI 実験によって同定する。そして、fMRI 実験で得られた脳活動のダイナミズムを分析し、視覚と触覚のクロスモーダルな質感認知の脳内メカニズムを究明する。最後に、質感認知に寄与する物体表面構成情報データベースを開発し、質感認知特性に基づいた視・触覚オブジェクト加工システムを開発する。

## 4. 研究成果

1) 心理物理学的研究を行い、表面粗さ認知における視覚情報の優位性を明らかにし、触覚対象と異なる質感の視覚対象の同時呈示により触覚対象の質感認知が容易に変えられることを示した。

2) 高磁場(MRI)環境対応の視覚と触覚刺激の同期制御ができる fMRI 実験装置の開発に成功した。

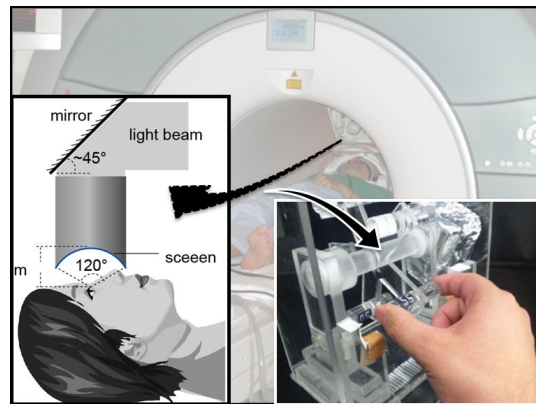


図1 MRI対応の視覚と触覚刺激提示装置

3) 独自に開発した MRI 装置を用いて脳イメージング研究を行い, 視覚と触覚の協調的と非協調的情報による質感形成の脳内システムの同定に成功した。図 2 は, 対象表面を触ってから見る場合の脳内賦活領域であり, 図 3 は, 対象表面を見てから触る場合の脳内賦活領域である。

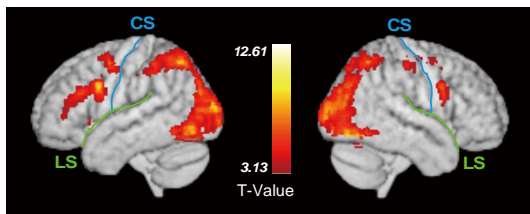


図 2 触ってから見る場合の脳内賦活

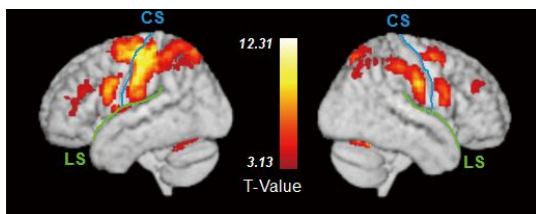


図 3 見てから触る場合の脳内賦活

4) 図 4 に示すように, 視触覚クロスモーダルな質感認知の脳内情報処理の非対称性を明らかにした。

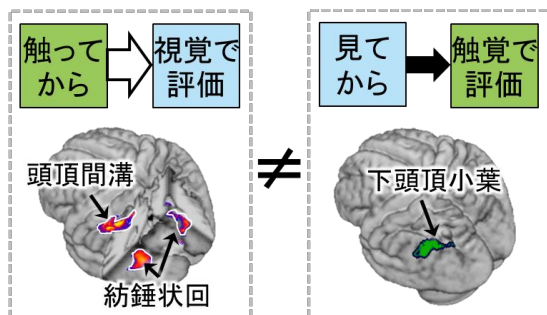


図 4 視触覚質感評価の非対称性

5) 脳情報デコーディング解析を用いた表面加工に必要な質感情報データベースの開発に向けて, データモデルを決定し, 格納される素材の物理パラメータ・質感評価データ・脳活動データの 3 種類のデータを検討した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 18 件)

1). Yinghua Yu, Jiajia Yang, Hiroki Matsumoto, Jinglong Wu: Interactions between haptic and

visual perception of fine surface texture. *Neuroscience and Biomedical Engineering*, in press, (2016)

2). Zhenglong Lin, Jiajia Yang, Xiujun Li, Geqi Qi, Hongzan Sun, Qiyong Guo, Jinglong Wu: Similar neural substrate for font size processing in bilinguals: An fMRI study. *Neuroscience and Biomedical Engineering*, in press, (2016)

3). Jiajia Yang, Mohd Usairy Syafiq, Yinghua Yu, Satoshi Takahashi, Zhenxin Zhang, Jinglong Wu: Development and Evaluation of a Tactile Cognitive Function Test Device for Alzheimer's Disease Early Detection. *Neuroscience and Biomedical Engineering*, 3(2): 58-65, (2015)

4). Liancun Zhang, Jiajia Yang, Yoshinobu Inai, Qiang Huang, Jinglong Wu: Effects of aging on pointing movements under restricted visual feedback conditions. *Human Movement Science*, 40: 1-13, (2015)

5). Liancun Zhang, Jiajia Yang, Yinghua Yu, Satoshi Takahashi, Yuta Araki, Qiang Huang, Jinglong Wu: Speed Matching Interaction between Visual and Tactile Motion. *Neuroscience and Biomedical Engineering*, 3(1): 20-26, (2015)

6). Jiajia Yang, Yinghua Yu, Akinori Kunita, Qiang Huang, Jinglong Wu, Nobukatsu Sawamoto, Hidenao Fukuyama: Tactile priming modulates the activation of the fronto-parietal circuit during tactile angle match and non-match processing: an fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:926, (2014)

7). Weiping Yang, Bingqian Chu, Jiajia Yang, Yinghua Yu, Jinglong Wu, Shengyuan Yu: Elevated audiovisual temporal interaction in patients with migraine without aura. *The Journal of Headache and Pain*, 15:44, (2014)

8). Yinghua Yu, Jiajia Yang, HongZan Sun, Qiyong Guo and Jinglong Wu: MRI-Compatible Tactile Orientation Stimulator to Investigate Neural Mechanisms of Tactile Orientation Discrimination. *International Journal of Information*, 17(6A): 2463-2472, (2014)

9). Geqi Qi, Xiujun Li, Tianyi Yan, Bin Wang, Jiajia Yang, Jinglong Wu, Qiyong Guo: Similar ventral occipito-temporal cortex activations in literate and illiterate adults during the Chinese character matching task: An fMRI study. *Neuroscience Letters*, 566: 200-205, (2014)

10). Jinglong Wu, Jiajia Yang, Masayuki Yoshitake: Pedal Errors among Young and Older Individuals during Different Pedal Operating Conditions. *Human Factors*, 56(4): 621 - 630, (2014)

11). Yinghua Yu, Jiajia Yang, Jinglong

Wu: Limited persistence of tactile working memory resources during delay-dependent grating orientation discrimination. *Neuroscience and Biomedical Engineering*, 1: 65-72, (2013)

- 12). Jinglong Wu, Bin Wang, Jiajia Yang, Yuu Hikino, Satoshi Takahashi, Tianyi Yan, Seiichiro Ohno, Susumu Kanazawa: Development of a method to present wide-view visual stimuli in MRI for peripheral visual studies. *Journal of Neuroscience Methods*, 214: 126-136, (2013)
- 13). Jinglong Wu, Yinghua Yu and Jiajia Yang: Dependence of Luminance on the Perception of Linear Vection under Different Spatial Frequency Conditions, *The Japanese Journal of Ergonomics*, 49(13): 18-24, (2013)
- 14). Jinglong Wu, Jiajia Yang, Yinghua Yu, Yong Shen, Yasuyuki Ohta, Shengyuan Yu and Koji Abe: Delayed Audiovisual Integration of Patients with Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease Compared with Normal Aged Controls, *Journal of Alzheimer Disease*, 32: 317-328, (2012)
- 15). Jinglong Wu, Xiujun Li, Jiajia Yang, Chang Cai, Hongzan Sun and Qiyong Guo: Prominent activation of the bilateral inferior parietal lobule of literate compared with illiterate subjects during Chinese logographic processing. *Experimental Brain Research*, 219: 327-337, (2012)
- 16). Jiajia Yang, Disuke Oka and Jinglong Wu: The Ebbinghaus Illusion Affects Visual Size Perception But Not Pointing Movement. *International Journal of Information*, 15(4): 1799-1808, (2012)
- 17). Jinglong Wu, Yinghua Yu and Jiajia Yang, Neuropsychological Parameters as Potential Biomarkers for Alzheimer's Disease, *Current Translational Geriatrics & Experimental Gerontology Reports*, 1: 68-75, (2012)
- 18). Jiajia Yang, Hongbin Han, Dehua Chui, Yong Shen and Jinglong Wu: Prominent Activation of the Intraparietal and Somatosensory Areas during Angle Discrimination by Intra-Active Touch, *Human Brain Mapping*, 33: 2957-2970, (2012)

[学会発表](計 18 件)

- 1). Daiki Kuzume, Qi GeQi, Lin Zhenglong, Jiajia Yang, and Hiroaki Shigemasa, Hiroshi Kadota, Kiyoshi Nakahara, Jinglong Wu: Recognition of Visual and Tactile Repetition in Japanese Word : An fMRI Study. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering OS5-5, p.39, (2015)
- 2). Mohd Usairy Syafiq, Jiajia Yang, Jinglong

Wu: Applicability in screening tests for cognitive impairment and consideration towards decreases in tactile discrimination. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering OS12-3, p.62 (2015)

- 3). Ryuta Kitani, Jiajia Yang, Yinghua Yu, Akinori Kunita, Satoshi Takahashi, Jinlong Wu, Qiushi Fu, Marco Santello: Behavioral evidence for motor learning and transfer without visual feedback. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering PS3-6, P.128, (2015)
- 4). Geqi Qi, Takafumi Suzuki, Jiajia Yang, Hiroaki Shigemasa, Kiyoshi Nakahara, Hiroshi Kadota, Jinglong Wu : Visual and auditory cross modality priming during Japanese word processing. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2015), PS1-5, pp.118-119, (2015)
- 5). Jiajia Yang: Neuroimaging evidence for tactile object recognition. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), July, Okayama, Japan, (2015)
- 6). Weiping Yang, Jiajia Yang, Xiaoyu Tang, Jinglong Wu: Effects of audiovisual interaction by temporal gaps between visual and auditory stimuli in the human brain. 2014 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), June, Taipei, Taiwan, (2014)
- 7). Jiajia Yang, Jinglong Wu, Koji Abe: Tactile Cognitive Tester using for Alzheimer's Disease Early Detection. 2014 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), June, Taipei, Taiwan, (2014)
- 8). Jiajia Yang, Yinghua Yu, Satoshi Takahashi, Seiichiro Ohno, Susumu Kanazawa, Jinglong Wu: Development of Tactile Stimuli Devices to Investigate Neural Mechanisms of Tactile Perception. 2014 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), June, Taipei, Taiwan, (2014)
- 9). Jinglong Wu, Jiajia Yang, Koji Abe : A Novel Audio-visual Based Approach for Alzheimer's Disease Early Detection. 2014 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), June, Taipei, Taiwan, (2014)
- 10). Yinghua Yu, Jiajia Yang, Akinori Kunita, Jinglong Wu: Comparison of Tactile and Visual Working Memory Capacity using N-Back Paradigm. 2014 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), June, Taipei, Taiwan, (2014)
- 11). Di Chen, Jiajia Yang, Yinghua Yu , Ryousuke Goto , Satoshi Takahashi:

- Development of a magnetic resonance-compatible tactile orientation delivery system. 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation-(ICMA). August, Dalian, China, (2014)
- 12). Yang Liu, Yinghua Yu, Jiajia Yang, Yoshinobu Inai, Jinglong Wu: Ability to recognize and identify the location of vibration stimulation on the fingers. 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation-(ICMA). August, Dalian, China, (2014)
- 13). Mohd Usairy Syafiq, Yinghua Yu, Jiajia Yang, Jinglong Wu: Development of a Tactile Angle Stimuli Presentation Device for Tactile Cognitive Function Discrimination. 2013 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation-(ICMA). August, Takamatsu, Japan, pp. 116-121, (2013)
- 14). Yang Liu, Jiajia Yang, Yinghua Yu, Yoshinobu Inai, Jinglong Wu: Development and Evaluation of Vibrotactile Stimuli Presentation Device to Investigate Tactile Working Memory. 2013 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation-(ICMA). August, Takamatsu, Japan, pp. 135-140, (2013)
- 15). Liancun Zhang, Jiajia Yang, Inai Y., Qiang Huang, Jinglong Wu: Age-related differences in pointing movements in restricted visual tasks and their design implication. 2013 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), May, Beijing, China, pp. 439-443, (2013)
- 16). Bin Wang, Tianyi Yan, Jiajia Yang, Jinglong Wu, Ohno S., Kanazawa S.: Different neural response in human ventral visual cortex for the face and house in a wide visual field. 2013 ICME International Conference on Complex Medical Engineering - (CME), May, Beijing, China, pp. 174-179, (2013)
- 17). Yinghua Yu, Jiajia Yang, Jinglong Wu, Qiyong Guo: Neural correlates of tactile orientation discrimination: an fMRI study. 2012 ICME International Conference on Complex Medical Engineering – (CME), July, Kobe, Japan, pp. 713-716, (2012)
- 18). Min Guo, Yinghua Yu, Araki Yuta, Jiajia Yang, Jinglong Wu: Development and Evaluation of a tactile speed stimulator for MRI environment. 2012 ICME International Conference on Complex Medical Engineering – (CME), July, Kobe, Japan, pp. 673-676, (2012)

〔図書〕(計 0 件)  
〔産業財産権〕(計 0 件)  
〔その他〕  
日本国学会発表 合計 20 件

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

楊 家家 (YANG, Jiajia)  
岡山大学・大学院自然科学研究科・助教  
研究者番号：30601588