

平成 22 年 6 月 7 日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2007 ～ 2009  
 課題番号：19360120  
 研究課題名（和文） ヒトの触知覚特性に対応したリアルタイム因子抽出に基づく遠隔触覚伝達法  
 研究課題名（英文） Transmission of Remote Tactile Sense due to the Real-Time Factor Detection Correspond to Characteristics of Tactile Cognition of Humans  
 研究代表者  
 前野 隆司（MAENO TAKASHI）  
 慶應義塾大学・大学院システムデザイン・マネジメント研究科・教授  
 研究者番号：20276413

## 研究成果の概要（和文）：

粗さ感・摩擦感・硬軟感を含む複数の触覚因子を統合したマスタ・スレーブ型触感伝達システムを開発した。このシステムでは、スレーブ側の触覚センサで、状態をリアルタイムに推定し、マスタ側に伝達する。その結果、複数の布素材やエンボス紙をほぼ識別できること、因子数を増やすほど識別率が向上することを確認した。また、触覚遠隔伝達のニーズ調査を行った結果、一般には触りにくいものを触るというニーズが大きいことを明らかにした。

## 研究成果の概要（英文）：

Master-slave type remote tactile texture information transfer system is developed. It can detect roughness, friction and hardness. Slave system have a tactile sensor for estimating condition of object in contact. Master system has a tactile display. As a result, it is confirmed that numbers of materials can be distinguished using this system as well as distinguish ratio improves when the factor is increased. Needs of remote tactile texture information transfer is investigated as well. It is found that people have needs to touch things that are difficult to touch.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	6,300,000	1,890,000	8,190,000
2008 年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：ロボティクス、システムデザイン

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：触覚・センサ・触覚ディスプレイ・遠隔操作

## 1. 研究開始当初の背景

触覚の研究は、感覚研究の中でも、視覚や聴覚の研究に比べ遅れており、いまだ黎明期にあるといわざるを得ない。これは、触覚が皮膚の変形を介して外界の状態を認識する感覚であること、4つの機械受容器の役割や触覚認識メカニズムがいまだ不明確であること、優れた触覚センサ（触覚情報を検出する装置）・触覚ディスプレイ（触覚情報を人に呈示する装置）の開発が十分に行われていないこと等に起因する。ところが、近年の国内外の触覚研究の多くは、何らかの単発的な発想に基づく触覚センサや触覚ディスプレイの開発である場合が多く、ヒトの触覚機構研究の体系化と触覚デバイスの開発を同時に行う研究開発はほとんどない。

## 2. 研究の目的

『触覚センサがモノに触った瞬間に触覚ディスプレイからヒトに触感が呈示される』状態を実現できる情報伝達アルゴリズムを構築するとともに、実際に構築した触覚のマスター・スレーブシステムを用いて、提案した手法の妥当性を定量的に検証するところまでを本研究の目的とする。

## 3. 研究の方法

研究の方法は、触覚センサの開発、触覚ディスプレイの開発、両者を接続した触覚遠隔伝達システムの構築と検証、システムのニーズ調査と具体的なアプリケーション例の提示、の4つのフェーズから成る。

## 4. 研究成果

粗さ感・摩擦感・硬軟感を含む複数の触覚因子を統合したマスター・スレーブ型触覚伝達システムを開発した。このシステムでは、ス

レーブ側の触覚センサで、物理因子（振動の波長と振幅、動摩擦係数、ばね定数）をリアルタイムに推定し、マスター側に伝達する。マスター側では、伝達された物理因子と、操作者の触運動から触刺激を生成するローカルモデルを触覚因子ごとに実装し、統合した。その結果、複数の布素材やエンボス紙を60~90%程度で識別できること、因子数を増やすほど識別率が向上することを確認した。

また、触覚伝達の通信遅延が触覚に及ぼす影響を心理物理実験により調査した。触運動時に触覚フィードバックに遅延を設けると、その検知限は60ms程度であるが、それよりも短い40ms程度の遅延で、遅延ではないが触覚の変化として知覚される領域が存在することを明らかにした。

さらに、マスター・スレーブシステムのアプリケーション例を探るために、ブレインストーミングやマインドマップを用いて触覚遠隔伝達のニーズ調査を行った。また、その結果を分類した。その結果、一般には触りにくいものを触るというニーズが大きいことを明らかにした。これを検証するために、生きたカメと剥製のカメをマスター・スレーブシステムを介して触る実験を行った。その結果、生きたカメを触った時の方が、より好奇心を満たされること、力覚のみを提示する場合と比べて、本システムを用いて触覚を提示したときのほうがより満足度が高いことなどを明らかにした。

## 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 5 件)

Shogo Okamoto, Masashi Konyo, Satoshi Saga, and Satoshi Tadokoro, Detectability and Perceptual

Consequences of Delayed Feedback in a Vibrotactile Texture Display, IEEE Transactions on Haptics, 査読有, vol. 2, issue 2, 2009, 73-84

Yoshimune Nonomura, Yuichiro Arashi and Takashi Maeno, How Do We Recognize Water and Oil through Our Tactile Sense?, Colloids and Surface B: Biointerfaces, 査読有, Vol. 73, No. 1, 2009, 80-83

〔学会発表〕(計 33 件)

田代郁, 牧野泰才, 前野隆司, 周波数変調振動の知覚特性, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009年12月24日, 芝浦工業大学

三浦卓, 浅尾結花, 野々村美宗, 前野隆司, ガラス板上における水の手触り, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009年12月24日, 芝浦工業大学

塩川雄太, 日高佑輔, 牧野泰才, 前野隆司, 日常動作における皮膚感覚の役割の明確化, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009年12月24日, 芝浦工業大学

牧野泰才, 田代郁, 前野隆司, 没入型ペンデバイスの開発, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009年12月24日, 芝浦工業大学

山内敬大, 昆陽雅司, 岡本正吾, 日高佑輔, 前野隆司, 田所諭, マスタ・スレーブ型触感伝達システムの開発 (第5報:

低周波振動刺激による硬軟感の伝達), 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009年12月24日, 芝浦工業大学

Yusuke Hidaka, Yuta Shiokawa, Kaoru Tashiro, Takashi Maeno, Masashi Konyo and Takahiro Yamauchi, Development of an Elastic Tactile Sensor Emulating Human Fingers for Tele-Presentation Systems, Proc. IEEE SENSORS 2009 Conference, 2009年10月26日, Christchurch Convention Centre

山内敬大, 昆陽雅司, 岡本正吾, 日高佑輔, 前野隆司, 田所諭, マスタ・スレーブ型触感伝達システムの開発 第4報: 粗さ・摩擦・硬軟を含む多様なテクスチャ感の遠隔伝達, 第14回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2009年9月10日, 早稲田大学

Kaoru Tashiro, Yuta Shiokawa, Tomotake Aono, and Takashi Maeno, A Virtual Button with Tactile Feedback using Ultrasonic Vibration, Proc. 13th International Conference on Human-Computer Interaction, 2009年7月22日, Town and Country Resort and Convention Center

Takashi Maeno and Yusuke Hidaka, Human Finger Size Tactile Sensor for Texture/Softness Detection, Proc. Third International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, 2009年6月26日, ラマダブラザ濟州ホテル

山内敬大, 昆陽雅司, 岡本正吾, 日高佑輔, 前野隆司, 田所諭, マスタ・スレーブ型触感伝達システムの開発 第3報: 多様な触感伝達のためのシステム設計, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'09, 2009年5月25日, 福岡国際会議場

日高佑輔, 田代郁, 前野隆司, 昆陽雅司, 遠隔医療用触覚伝達システムの為の指型弾性触覚センサの構築, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'09, 2009年5月25日, 福岡国際会議場

塩川雄太, 田代郁, 青野智剛, 前野隆司, 超音波振動子を用いたボタン押下感呈示法, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'09, 2009年5月25日, 福岡国際会議場

Shogo Okamoto, Masashi Konyo, Takashi Maeno, and Satoshi Tadokoro, Transmission of Tactile Roughness through Master-slave Systems, Proc. the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'09), 2009年5月14日, 神戸国際会議場

田代郁, 前野隆司, 上田敦弘, 潤滑剤を介する皮膚上触運動中における潤滑特性の測定, 日本機械学会機素潤滑設計部門講演会講演論文集, 2009年4月21日, 倉敷アイビースクエア

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

前野 隆司 (MAENO TAKASHI)  
慶應義塾大学・大学院システムデザイン・マネジメント研究科・教授  
研究者番号: 20276413

### (2) 研究分担者

昆陽 雅司 (KONYO MASASHI)  
東北大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号: 20400301

### (3) 連携研究者