

## トレイグジスタンスの研究 (第55報)

## - Haptic Telexistence :

## 分布型触力覚情報を伝達するロボットハンドシステム -

Study on Telexistence (LV)

- Haptic Telexistence: robotic hand system for transmission of distributed haptic information -

佐藤克成, 古明地秀治, 南澤孝太, 新居英明, 川上直樹, 舘暲

Katsunari SATO, Shuji KOMIJI, Kouta MINAMIZAWA, Hideaki NII, Naoki KAWAKAMI and Susumu Tachi

東京大学大学院 情報理工学系研究科

(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, {Katsunari\_Sato, Shuji\_Komeiji, Hideaki\_Nii}@ipc.i.u-tokyo.ac.jp, {Kota, Kawakami, Tachi}@star.t.u-tokyo.ac.jp)

**Abstract:** "Haptic Telexistence" is a robotic hand master-slave system that enables us to conduct intuitive tele-manipulation. The slave hand with vision-based tactile sensors acquires distributed haptic information in remote places. In addition, this information is conveyed to the operator by using electro-tactile display mounted on the slave hand.

**Key Words:** Haptics, Telexistence, Robotic hand.

## 1. はじめに

近年、遠隔地やバーチャル環境に存在する人や物との、視覚や聴覚を介したインタラクションが可能になってきている。遠隔地の物体の存在感を感じ、円滑なインタラクションを可能にするためには、触力覚が重要な要素と考えられる。しかし、これまで構築されてきた遠隔インタラクションシステムでは、触力覚情報のうち力覚情報だけを伝達するものであった。

“Haptic Telexistence”では、より直感的でリッチな触力覚情報を伝達し、円滑な遠隔インタラクションを実現することを目標とする。これを達成するために、我々は人型スレーブハンドと指型触覚センサ、遭遇型マスタハンド、電機触覚ディスプレイの4つのデバイスを開発してきた。さらに、それらを用いてロボットハンドのマスタスレーブシステムを構築し(図1)、分布型触力覚情報の伝達を実現した。本展示においては、遠隔地の物体との接触位置や表面の詳細形状を知覚しながら、円滑な遠隔インタラクションを体験できる。

## 2. システム構成デバイス

### 2.1 人型ロボットハンド

スレーブハンドとして用いた人型ハンド(図2, a) [1]は、各指先の独立自由度を含む合計15の自由度を持っており、さらに人差し指と親指の対向が可能である。そのた

め、紙をつまむ動作など、従来のロボットハンドよりも使用者の動作を精密に反映できる。

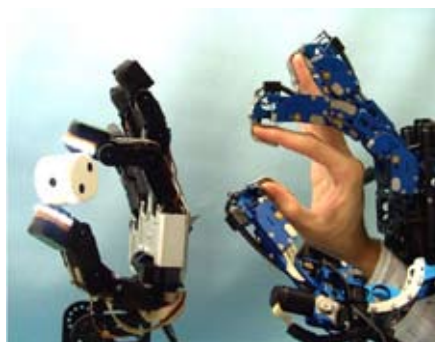


図1 ロボットハンドマスタスレーブシステム

### 2.2 指型触覚センサ

遠隔地の触覚情報を取得するために、神山らの開発した指型の光学式触覚センサを用いた(図2, b, c) [3]。このセンサは、スレーブハンドの指先表面にかかる3次元力ベクトル場を計測できる。また、センサ本体が弾性体で構成されており、人の指が物体と接触時した際の相互作用を再現できるため、より正確な触覚情報の取得が可能である。

### 2.3 遭遇型マスタハンド

スレーブハンドを自在に操るために、中河原らの多指マスタハンドを用いた(図3, a) [4]。これは、「迂回ジョ

イント」と「遭遇型」と呼ばれる2つの特徴を持つ。迂回ジョイントは、使用者の指の広い動作範囲を包括する。遭遇型では、使用者の指の動きを追従する非接触状態と、反力を提示する接触状態とを切り替えることで、自然な操作感と接触感を実現する。接触状態の判定は、指先に搭載されたフォトセンサと力センサにより行う。

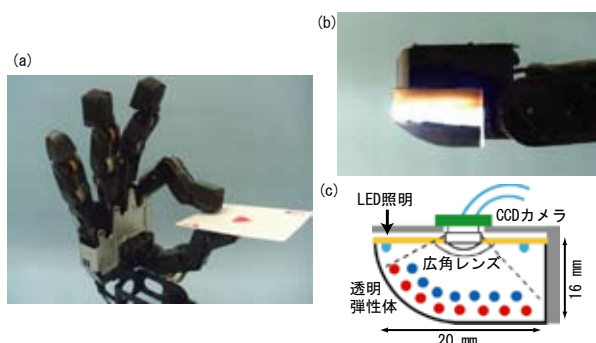


図 2 (a)人型ロボットハンド (b, c) 指型触覚センサ

## 2.4 電気触覚ディスプレイ

使用者に触覚情報を提示するために、マスタハンドの指先接触部に電気触覚ディスプレイを搭載した(図 3, a) [2]。電気触覚ディスプレイは、電極から皮膚内部に電流を流し、触覚受容器につながる神経を直接刺激する。これは、明確なエッジ感の提示に優れている。また、触覚提示部が小型で軽量であるため、マスタハンドへの搭載が容易に行える。

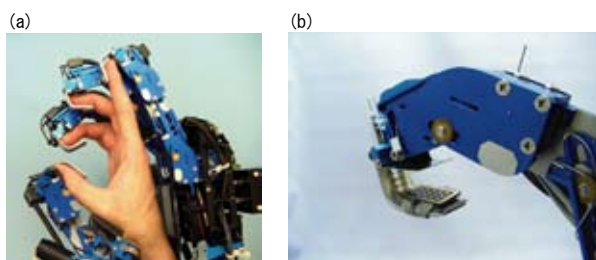


図 3 (a)遭遇型マスタハンド (b)電気触覚ディスプレイ

## 3. 分布型触力覚情報の伝達

本システムでは、ロボットハンドのマスタスレーブにより力覚情報の伝達を行い、それと同時に触覚センサとディスプレイにより触覚情報の伝達を行う。これにより、分布型触力覚情報の伝達を実現する。

マスタスレーブ制御は、スレーブハンドと物体が非接触の状態では、スレーブハンドとマスタハンドの関節角度情報を基にして対称型の制御を行う。また、接触状態では、関節角度および指型触覚センサとマスタハンドに搭載された力センサの情報を用いて、相互インピーダンス制御を行う。これらにより、マスタハンドを用いた自在なスレーブハンドの操作と、遠隔地の力覚情報の伝達が可能になる。

スレーブハンドが物体に触れたとき、指型触覚センサは3次元力ベクトル場を計測する。この情報を電気触覚ディスプレイにより提示する。力ベクトルの大きさは刺激の強

度(電流量)、力ベクトルの分布は刺激を行う電極マトリクスに対応させる(図 4)。

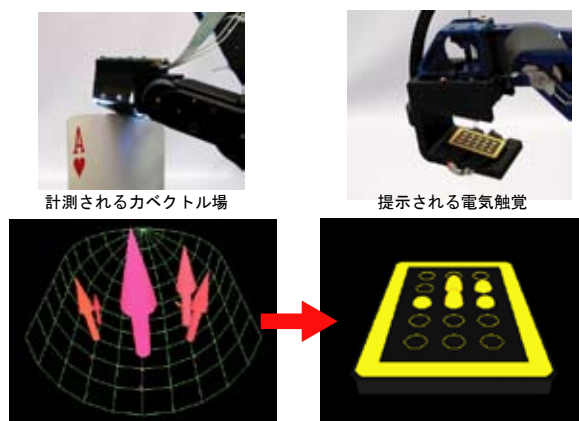


図 4 分布型触力覚情報の伝達

## 4. おわりに

分布型の触力覚情報を伝達する、ロボットハンドのマスタスレーブシステムを構築した。これは、力覚だけを伝達する従来のシステムでは実現されなかった、遠隔地の物体との接触位置や表面の詳細形状を感じ取ることが可能になると考えられる。これにより、従来のシステムよりも直感的で円滑な遠隔インタラクションを実現できると考えている。今後はテクスチャや温度を含めた、よりリッチな触力覚情報の伝達を検討してゆく。

**謝辞** 本研究にご協力いただいた、電気触覚ディスプレイを開発した梶本裕之准教授(電気通信大学)、指型触覚センサを開発した神山和人助教とニッタ株式会社、スレーブハンドとマスタハンドを開発した川淵一郎博士(川淵機械技術研究所)らには、深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] K. Hoshino and I. Kawabuchi, "Pinching at finger tips for humanoid robot hand," *Journal of Robotics and Mechatronics*, No. 17, Vol. 6, pp. 655-663.
- [2] H. Kajimoto, N. Kawakami, T. Maeda and S. Tachi, "Electro-Tactile Display with Tactile Primary Color Approach," In *Proceedings of International Conference on Intelligent Robots and System*, 2004.
- [3] K. Kamiyama, H. Kajimoto, N. Kawakami and S. Tachi, "Evaluation of a Vision-based Tactile Sensor," in *Proceedings of International Conference on Robotics and Automation*, 2004.
- [4] S. Nakagawara, H. Kajimoto, N. Kawakami and S. Tachi, "An Encounter-Type Multi-Fingered Master Hand Using Circuitous Joints," In *Proceedings of IEEE International conference on Robotics and Automation*, 2005