

力覚コミュニケーションシステムの開発 — 基本機能の構築と力覚転送 —

SU ZEHUI^{†1} 曾根 順治^{†1†2} 本多健二^{†3} 佐藤誠^{†3}

概要: 遠隔操作や遠隔コミュニケーションにおいては、精度の高い力覚と触覚の転送が重要である。本システムでは、ロボットハンドと力覚ディスプレイを用いて、力覚転送を行うシステムを開発した。その力覚転送をデモンストレーションする。

1. はじめに

メタバースの進展や遠隔医療、ロボティクスを用いた遠隔操作においては、力覚と触覚の転送が重要である。遠隔操作のテレグジスタンスの研究は、館らが始めている[1]。また、複数の接触点を同時に制御できる多点触覚デバイスは、精密な触覚フィードバックを求める応用で期待されている[2]。触覚技術は遠隔操作や医療分野でも応用が進み、新たなインターフェースとしての可能性が広がっている[3,4]。最近では、建設ロボットの遠隔操作を力覚提示デバイスで操作することも行われている[5]。力覚提示においては、ワイヤを使用した高精度に力覚フィードバックシステム Spidar が東京科学大学のチームで開発 [6]されており、多くの分野で活用されている。

提案者らは、薄膜型の触覚提示システムを提案し、センサーとアクチュエータを連携させることで、接触情報をリアルタイムで伝達し、高精度な触覚体験を提供するシステムの開発も行っている[7,8]。本開発では、力覚と触覚の高精度遠隔伝送を目的としており、本発表では、Spidar 技術を利用した力覚転送システムを報告する。

2. システムコンセプト



図1. 目標開発システム

本システムの最終目標を図1に示す。ロボットハンドに力センサーと触覚センサーをつけて、作業時に力や触覚情報を制御コンピュータで収集する。その情報を遠隔 PC に転送し、力覚ディスプレイ(Spidar)と触覚アクチュエータで、

操作者に、力覚・触覚を提示する。

3. 開発システム

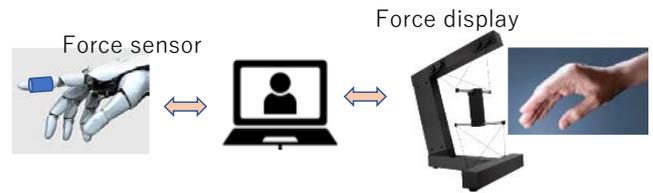


図2. 開発システム

図2に今回デモを実施する開発システムを示す。作業ハンドは、Amazon hand [9]を活用する。その指の中に力覚センサーを装着する。力センサーは、3軸 Hall Effect IC と、磁石を用いる [10]。指の一部が、加わった力により微小変形することで、磁界が変化して3軸の力を検出することができる。Hall Effect IC は Melexis MLX90363 を使用した。磁石は、φ 3x2mm のネオジウム磁石を使用した。センシングする力覚信号は、Arduino マイコンによる SPI 通信によりデータを取得する。力覚提示ディスプレイの Spidar は、Unity と Spidar SDK を用いて、アプリケーションを開発している。作業ハンドで得られた力覚を Spidar 力覚ディスプレイで、操作者に提示する構成とする。また、作業ハンドの指の動きは、Spidar 力覚ディスプレイの動作により、位置制御も行う。

4. 開発結果

上記のシステムを開発した。システムの動作アルゴリズムを図3に示す。システムは、Spidar SDK と Unity の C#を連携させて動作させている。

†1 東京工芸大学 大学院工学研究科

†2 東京工芸大学

†3 (株) アラクノフォース

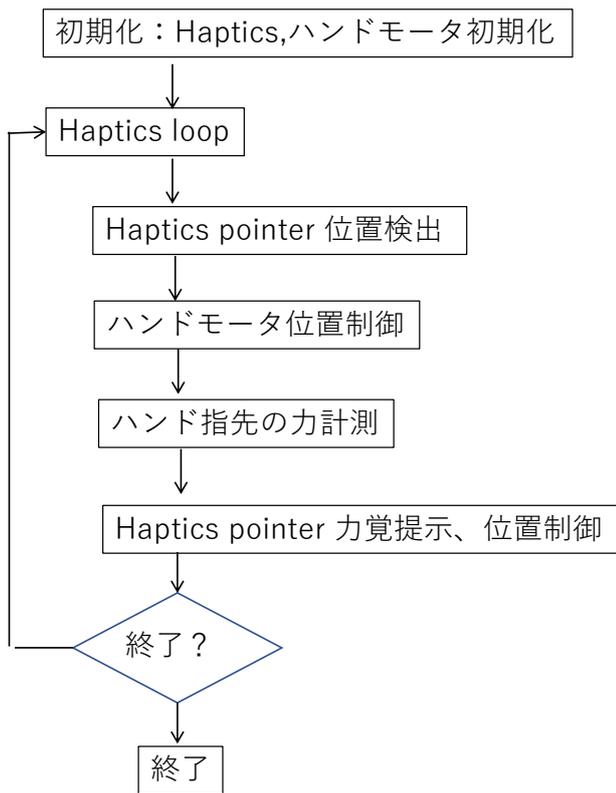


図3. システムの動作アルゴリズム

5. デモンストレーション

開発システムを用いて、ロボットハンドが掴んだ操作を、遠隔の力覚ディスプレイで作業者に提示するデモを実施する。

6. おわりに

本研究では、ロボットハンドに、力覚センサーを埋め込み、そこで得られた力覚を、遠隔の力覚ディスプレイに提示するシステムを開発した。また、ロボットハンドの動作も制御することができた。

次の段階は、ロボットハンドに高密度の触覚センサーを装着して、触覚情報を取得する。また、力覚ディスプレイには、高密度の触覚アクチュエータを装着して、力覚と触覚を同時に提示できるように、開発を進める予定である。

参考文献

- [1] Tachi S., Yasuda K., Evaluation Experiments of a Telexistence Manipulation System, Presence, Vol.3, No.1, 1994, 35-44.
- [2] Y. Ikei, K. Wakamatsu, and S. Fukuda, "Vibratory tactile display of image-based textures," IEEE Comput. Graph. Appl., vol. 17, no. 6, pp. 53-61, Nov./Dec. 1997.
- [3] Oyama E., Tsunemoto N., Tachi S. and Inoue Y., Experimental Study on Remote Manipulation Using Virtual Reality, Presence, Vol.2, No.2, 1993, 112-124.
- [4] Kajimoto, H. Electro-tactile display with real-time impedance

- feedback using pulse width modulation. IEEE Trans. Haptics 2012, 5(2), 184-188
- [5] 吉 灘 裕, 建設ロボット, 日本ロボット学会誌 Vol. 37 No. 9, pp.824~828, 2019
- [6] 赤羽 克仁, 長谷川 晶一, 小池 康晴, 佐藤 誠. 10kHz の更新周波数による高解像度ハプティックレンダリング, 日本バーチャリアリティ学会論文誌, Vol. 9, No. 3, pp. 217-226, Sept. 2004.
- [7] 太田原 佑哉, ZHENG JUNYUN, SU ZEHUI, 曾根 順治, センサーとアクチュエータの連携による薄膜触覚転送システムの開発, インタラクシオン 2025
- [8] Junyun Zheng, Yuya Otahara, Junji Sone, A study on a tactile display drive system using SPI communication and a piezoelectric driver IC, Electronics and Signal Processing, Volume 1 Issue 1, 2025, pp.1-16.
- [9] <https://huggingface.co/blog/pollen-robotics/amazing-hand>
- [10] A. Dwivedi, A. Ramakrishnan, A. Reddy, K. Patel, S. Ozel and C. D. Onal, "Design, Modeling, and Validation of a Soft Magnetic 3-D Force Sensor," in IEEE Sensors Journal, vol. 18, no. 9, pp. 3852-3863.