

テレグジスタンスの研究 第 99 報

-TELESAR VI のための力提示マスターグローブの提案-

Study on Telexistence XCIX Haptic Master Glove for TELESAR VI

加藤史洋¹⁾, 井上康之¹⁾, 舘璋¹⁾

Fumihiko KATO, Yasuyuki INOUE, and Susumu TACHI

1) 東京大学 高齢社会総合研究機構

(〒113 東京都文京区本郷 7-3-1, {fumihiko.kato, y-inoue, tachi}@tachilab.org)

Abstract: We propose a haptic master glove for TELESAR VI operation. The force was presented without the conventional sticky gel pad, and the fingertip was pinched by a thread drive to enable the presentation of a deep sense to the finger. A master glove that can present continuous force from the force of the tactile area to the deep sensation was constructed. The haptic master glove was synthesized with the finger position / posture sensing system. In addition, it was shown that tactile presentation corresponding to the tactile primary colors is possible by combining with the tactile (vibration / temperature) presentation module.

Key Words: haptic display, haptic primary colors, humanoid robot, telexistence

1. はじめに

マスタスレーブシステムでの触感の提示はテレグジスタンスロボットの操作に役立つ。柔らかい物体を破壊せずに操作するためには力加減をしてロボットの指を動かす必要がある。つかんでいる素材の柔らかさの提示ができればロボット操縦者は力を加減して操作することができる。本報告では、糸駆動を用いた力提示マスターグローブを提案する。

マスタハンド向けの力提示機構は、外骨格型かつ遭遇型の提案[1]やデータグローブ[2]を用いて指先に装着するベルト駆動の圧力・せん断力の提示を可能とする手法[3]が提案されている。またマスタハンド向けではないが SPIDAR-G6[4]のように糸をモーターで巻き取ることで指先に力を提示する指先装着型の力提示手法が提案[5]されている。本提案は前者のようなマスターグローブでありながら後者のような糸駆動による力提示をめざした手法の提案である。

2. 装着型深部感覚提示グローブ

筆者らの従来の提案では、粘着ゲルパッドを指の背面と側面に配し、糸を用いてゲルパッドをつまみ引き上げることで指腹と深部感覚へ力を提示する手法[6][7]を採用した力提示機構を用いていた。本提案では従来の 1 本指での提示を 5 本指グローブ化し、慣性センサと光学式マーカを併用した指位置・姿勢システム[8]と組み合わせて指の姿勢取得と両立可能にした。また、TELESAR VI のロボットハン

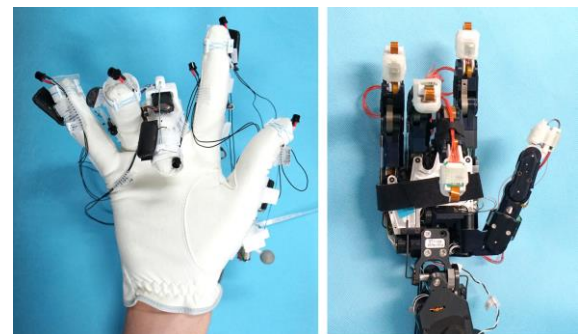


図 1 力提示マスターグローブ (左: マスタ側, 右: ロボットハンド)

ドが取得した触情報を提示可能にする力提示マスターグローブを構築した (図 1)。

2.1 力提示機構

2.1.1 従来のゲルパッドを用いた力提示機構

図 2 に示す従来の力提示機構では、指先の背面と側面に粘着性のゲルパッドを取り付ける (図 2 (a))。側面～背面部に通した釣り糸を引くことで、指の側面の皮膚が引き上げられると指腹がつっぱることで擬似的な圧力を提示できる (図 2 (b))。さらに糸を引くことで皮膚の変形範囲を超えると関節を動かして深部感覚を刺激する (図 2 (c))。以上より、触覚から深部感覚まで連続的な力の提示を糸駆動により実現できた。

粘着ゲルパッドを用いる手法では特に夏場など気温が高い場合は手指が汗をかくことで粘着面が湿ってしまい、粘着力が低下することで、糸を引き上げても指先には力を提示することができなくなる課題があった。そこで、粘着ゲルパッドの代わりに指先の側面をつまみ上げて引き上げることによる力の提示手法を構築した。

2.1.2 指先をつまみ上げる力提示機構

ゲルパッドを使わずに、同様のメカニズムで力を提示する提示機構を提案する。ゲルパッドは肌との密着性を保ちながら指の側面を上方に引き上げる役割があったため、糸を引くことで弾性のある開いたリング形状のつまみが指を挟み込み、糸を引き上げることで指腹を引き上げる。図3 上部に試作した指先つまみを指先にはめた様子を、下部に模式図と組み込んだグローブを示す。本手法に置き換えることで指先の湿度合いによらず深部感覚へ力を提示することが可能である。また、粘着ゲルと同様にはじめは指腹への弱い力の提示から、糸を引く力を増やすことで深部感覚へと連続的な力の提示が可能である。しかし、本手法では粘着ゲルが指側面を引き上げて指の皮膚に緊張を与えていたのとは違い、指腹面の底の両端を引き上げることで緊張を与えている。同様に指腹部へ突っ張りを与えるには指の側面部への密着性を高める工夫が必要と考えられる。

2.2 力提示システムの構成

各指先に配置した指先つまみを引くメカニズムの模式図を図3に示す。本提案ではNUIBOT[9]システムで用いられているモータドライバ（MCUはPIC32 MM0064 GPL036）を利用している。PCとドライバ間はUSBから変換基板を経てUART（Universal asynchronous receiver-transmitter）にて接続される。PCからの司令に基づきモーターの回転数や電流量が制御される。使用したモータドライバは1つのドライバ基板あたり最大4個のモーターを接続できるため、2個のドライバ基板に5指分のモーターを振り分けて接続した（図4）。ドライバ間の接続にもUARTが用いられる。ギアボックスが付属するDCモーター（マイクロ金属ギアモーターHP 6V, ギア比 5:1, Pololu Robotics & Electronics）を利用した。ドライバボードには2つのPWMコントローラ（DRV8833, Texas Instruments）が搭載され、モーターの回転を制御する。ギア出力シャフトにはゴム磁石が接着されたプーリーが接続され磁気センサによりプーリーの回転数がカウントされる。回転量により糸の長さが計測できるため位置制御が可能で、またドライバボードに搭載されているセンサにより電流つまりは出力する力も制御可能である。使用した釣り糸は人の指を傷つけないようにするため適度な張力でちぎれることで安全を保てると思われる太さの0.8号（耐荷重4.8 kg, YGK よつあみウルトラ2 ダイニーマ）を用いた。

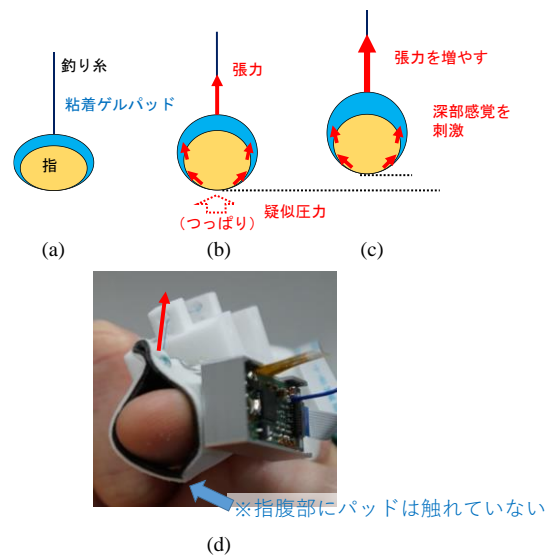


図2 粘着ゲルパッドと糸による力提示（従来手法）

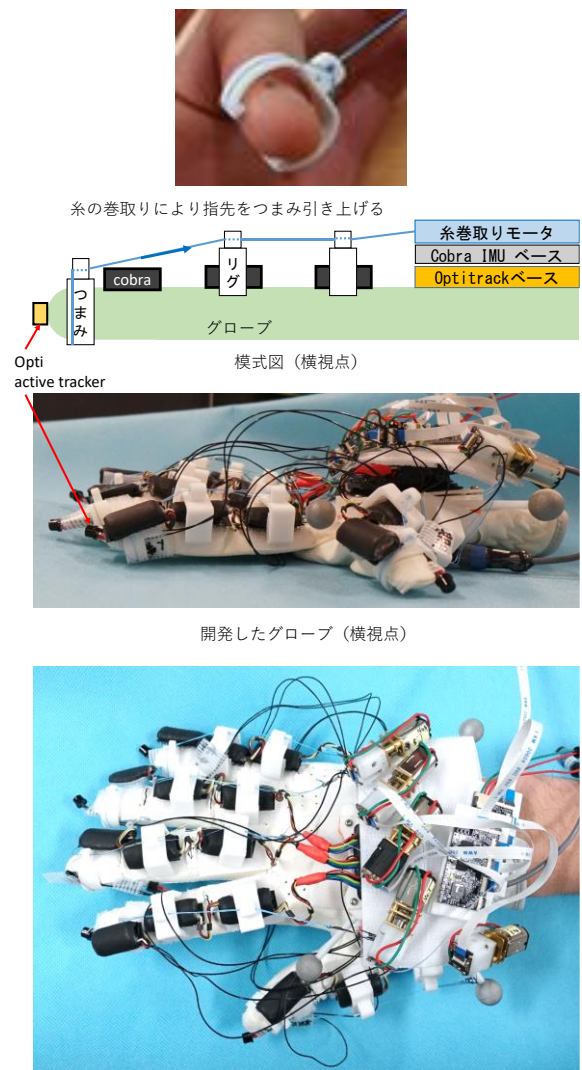


図3 グローブの模式図と開発物（提案手法）

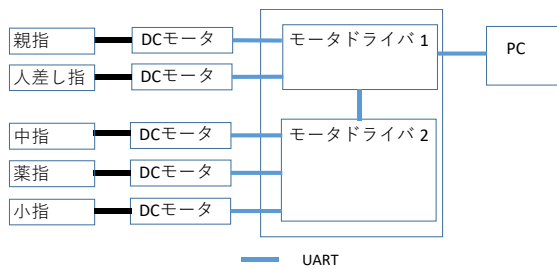


図 4 力提示システムの構成

2.3 指の姿勢計測システム

図 3 に示すようにグローブの各指先には赤外線 LED マーカ (アクティブトラッキング方式) が装着され, 光学式モーションキャプチャシステムにより 30Hz で指先位置を取得可能である. また, 慣性式センサ (AiQ Synertial Ltd, IGS-CobraGlove16) がグローブの各指骨上に配され, 指先位置と姿勢が計測可能である[8]. 本マスターグローブにおいてもこれらを統合して利用する.

2.4 取得した触覚の伝送

TELESAR VI の指先に搭載された触覚センサが取得した触原色 (力, 振動, 温度) 情報をマスターグローブに PC 経由で伝送[10] (図 5) し, 触覚情報の提示を可能とした. JST ACCEL 「触原色に立脚した身体性メディア技術の基盤構築と応用展開」プロジェクトで開発した振動・温度の 2 触提示モジュール (図 6) [11]と本提案手法の力提示を組み合わせることで, これらの触原色に対応する触覚情報

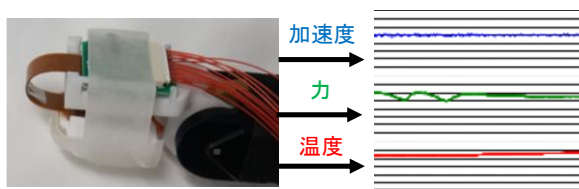


図 5 触情報の伝送

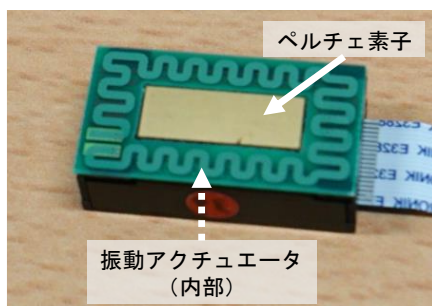


図 6 2 触 (振動・温度) 提示モジュール

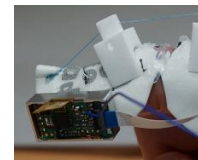


図 7 力提示グローブに 2 触モジュールを組み合わせた例[7]

の提示が可能である[12]. 2 触モジュールには内部に振動アクチュエータ (フォースリアクタ TMAF シリーズ アルプス電気) が, 上面には冷却用のペルチェ素子 ((KSMH029F KELK Ltd.) とヒーターが搭載されている. 2 触モジュールはグローブの指先等に容易に装着可能である (図 7).

3. おわりに

本稿では TELESAR VI のための力提示マスターグローブを提案した. 力の提示には, 従来手法である粘着ゲルパッドを用いず, 指先を糸駆動でつまむ手法にて指への深部感覚の提示を可能とした. 手指の位置・姿勢センシングシステムと統合して 5 本指の指先への触覚領域の力から深部感覚まで連続的な力を提示可能なマスターグローブを構築した. また, 2 触 (振動・温度) 提示モジュールと組み合わせて触原色に対応した触覚提示が可能であることを示した.

謝辞 本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の戦略的創造研究推進事業 (ACCEL) 「触原色に立脚した身体性メディア技術の基盤構築と応用展開」の支援によって行われた.

参考文献

- [1] K. Sato, K. Minamizawa, N. Kakawami, and T. Susumu, “Haptic Telexistence,” *Proc. of SIGGRAPH, Emerging Technologies*, 2007.
- [2] C. L. Fernando, “Experiencing ones own Hand in Telexistence Manipulation with a 15 DOF Anthropomorphic Robot Hand and a Flexible Master Glove.”
- [3] C. L. Fernando *et al.*, “Design of TELESAR v for transferring bodily consciousness in telexistence,” *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, pp. 5112–5118, 2012.
- [4] K. Akahane, Y. Koike, S. Hasegawa, and M. Sato, “A proposal of a high definition haptic rendering for stability and fidelity,” *Proc. - 16th Int. Conf. Artif. Real. Telexistence -*

- Work. ICAT 2006*, pp. 162-167, 2006.
- [5] 青木孝文, 三武裕玄, 長谷川晶一, 佐藤誠, “ワイヤによる皮膚感覚刺激を用いた 指先装着型接触感提示デバイス,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 14, no. 3, pp. 421-428, 2009.
- [6] F. Kato, Y. Inoue, and S. Tachi, “A haptic glove to display softness by stimulating deep sensation,” *IEEE World Haptics Conf. hands-on-demo*, 2019.
- [7] F. Kato, Y. Inoue, and S. Tachi, “Haptic Display Glove Capable of Force / Vibration / Temperature,” *Proc. ISMCR*, D2-2-1 - D2-2- 5, 2019.
- [8] 井上康之, 加藤史洋, 館暲, “トレイグジスタンスの研究 (第 97 報) —5指ロボットハンドとレッグ機構を含む67自由度トレイグジスタンスロボットの全身マスタースレーブ制御—,” テレイグジスタンス研究会, pp. 7-10 2020.
- [9] S. Zile, Guo and Dakal, Binod and Li, Haoyan and Nishino, Tomoka and Mitake, Hironori and Hasegawa, “Nuibot: Motion Control System and Visual Programming Environment for String Driven Soft,” pp. 7-9.
- [10] 加藤史洋, 井上康之, 館暲, “トレイグジスタンスの研究 (第 98 報) —TELESAR VI ハンド指先のための力・加速度・温度センシングシステムの開発—,” テレイグジスタンス研究会, pp.11-14, 2020.
- [11] M. Nakatani *et al.*, “A novel multimodal tactile module that can provide vibro-thermal feedback,” *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 432, pp. 437- 443, 2018.
- [12] K. Fumihiro, T. Susumu, and I. Yasuyuki, “A haptic glove to display softness by stimulating deep sensation,” in *World Haptics Conference Hands-on Demos*, 2019, DM1.23.