

テレグジスタンスの研究(第41報)

遭遇型多指マスタハンドを用いた指のマスタスレーブ制御

Study on Telexistence (XLI)

Master-Slave Control of Fingers by Encountered-Type Multi-Fingered Master Hand

中河原修平¹⁾, 梶本裕之¹⁾, 川淵一郎²⁾, 川上直樹¹⁾, 館暲¹⁾

Shuhei Nakagawara, Hiroyuki Kajimoto, Ichiro Kawabuchi, Naoki Kawakami, and Susumu Tachi

1) 東京大学大学院 情報理工学系研究科

(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, nkgwr, kaji, kawakami, tachi@star.t.u-tokyo.ac.jp)

2) 株式会社 テック・エキスパーツ

(〒143-0015 東京都大田区大森西 4-15-5, ichiro_kawabuchi@post.pioneer.co.jp)

Abstract: We have developed a new type of master hand to control a dexterous slave hand for telexistence. Since our master hand is not only compact compared to the conventional one but also exoskeleton and encountered-type, operators don't touch anything when slave fingers are in contact with no object. In this paper, we report master-slave control using our master hand.

Key Words: Telexistence, Master Hand, Encountered-Type Haptic Device, Force Feedback

1. はじめに

テレグジスタンスとは、操作者が遠隔に存在するロボットをあたかもその環境にいるかのような感覚で操作し、精密な作業を行なうことを可能にするものである。

近年、高性能の人型ロボットハンドが登場し、テレグジスタンスにおいてはそれらのロボットハンドをスレーブとして操作し、力覚をフィードバックするマスタハンドの必要性が高まっている。従来の力覚をフィードバックするマスタハンドは、CyberGraspを始めとしていくつか登場しているが、従来のマスタハンドには、操作者の指の姿勢計測のためにグローブを装着しなければならない、アクチュエータの配置や操作者の作業領域をカバーするために機構が大きくなってしまふ、といった傾向が見られる。

我々は従来研究に見られるこれらの問題を改善する新たなマスタハンドを開発している[1]。このマスタハンドは指先の力覚提示を後述する遭遇型で行うため、通常時は外骨格機構が操作者の指先に非接触で追従し、不要な触覚を生じさせない。また操作者の指の作業領域をカバーしながらも機構が大きくならぬよう機構的に工夫を施した。このマスタハンドを用いて実際にマスタスレーブ制御を行ったので報告する。

2. マスタハンドの構造

マスタハンドは親指以外は人間の指に合わせて、屈曲

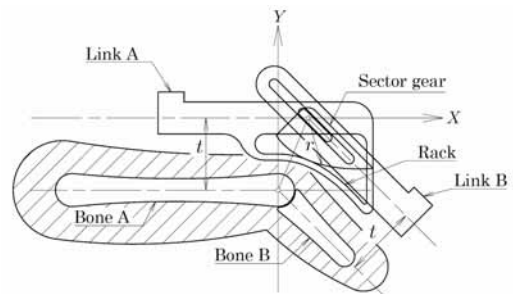


図 1 マスタハンドの関節の構造

1 自由度(3 関節), 全体でアブダクションの 1 自由度を持つ。操作者の指の作業領域をカバーしながらも機構の大型化を防ぐために、関節の回転角に応じて関節の伸びを発生させ、操作者の関節の回転中心と同じ位置に関節機構のバーチャルな回転軸を創生させる機構(図 1)となっている。駆動方法はワイヤ駆動であるため、重いワイヤ巻取り装置(モータ)を根元に集中配置し、大型化を防ぐことができる。指の伸展方向へはモータでワイヤを引くことにより駆動し、屈曲方向へは内蔵のバネの力で戻る機構となっている。なお指の屈曲 3 関節を連動させ 1 個のモータで駆動している。

マスタハンド機構が操作者の指先に非接触で追従するために、指先には光学式距離センサ(三洋電機製 SPI-315-34)と反射板を取り付け、機構と操作者の指の間

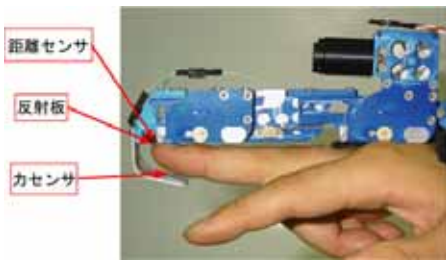


図 2 マスタハンド指先のセンサ配置

の距離を計測できるようになっている。またフィルム状のカセンサ(ニッタ製 FlexiForce)を接触面に配置し(図 2)、指先の接触力を計測している。

3. 遭遇型力覚提示と制御

遭遇型とは、操作者が触れようとしているバーチャル物体の相当位置に予めデバイスを待機させておき、操作者に遭遇させるという制御方式である[2]。非接触時には触覚がなく、接触時にはリアルな衝突感覚が得られるという利点があり、操作者が接触判断をより自然に行うことができるという点で有効である。

マスタ・スレーブハンドの制御は遭遇型に基づいて以下のように行われる。スレーブハンドが物体に非接触の状態ではマスタハンド機構は操作者の指に非接触で追従する位置制御を行う。一方、スレーブハンドが物体に接触した状態では操作者の指先に接触して同じ接触力を提示する力制御が行われ、スレーブハンドは常にマスタハンドの位置に追従する位置制御が行われる(力帰還型)(図 3)。

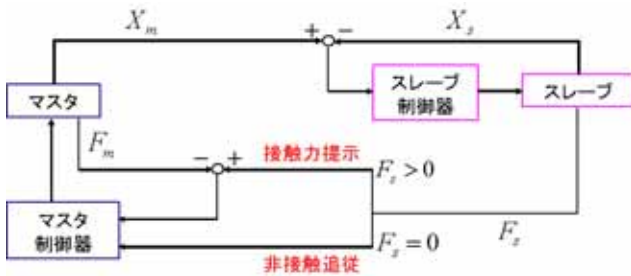


図 3 マスタ・スレーブハンドの制御

4. 実験

実際にマスタスレーブ制御を行い、遭遇型の制御が行われていることを確認した。結果を図 4～図 6に示す。開始から約 5 秒間はスレーブは物体に非接触、その後終了まで接触状態である。図 4からスレーブハンドがマスタハンドに十分に追従できていることがわかる。また図 5、図 6からスレーブハンドが物体に接触していない時はマスタハンドが操作者の指先に非接触で追従し、スレーブハンドが物体に接触している時はマスタハンド機構が操作者の指先と接触してスレーブハンドと同じ接触力を操作者に提示できていることがわかる。

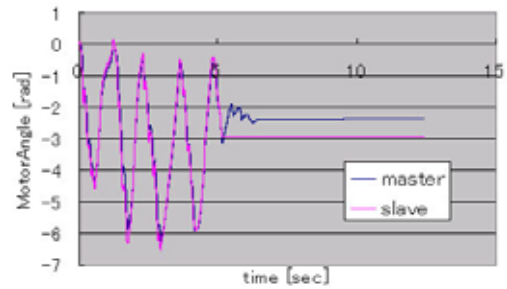


図 4 マスタ・スレーブハンドのモータ回転角度

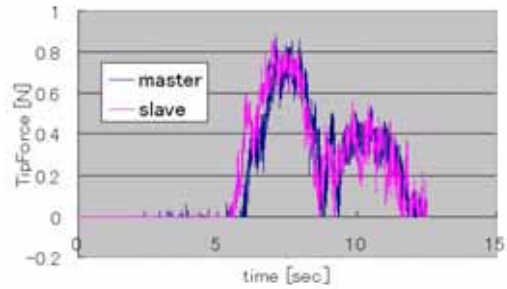


図 5 マスタ・スレーブハンドの指先の接触力

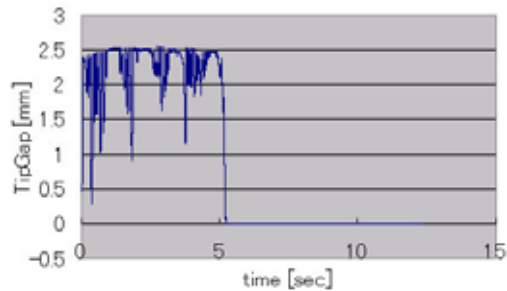


図 6 マスタハンド機構と操作者の指先の距離

5. まとめ

従来のマスタハンドに見られる、グローブを装着しなければならない、装置が大型であるといった欠点を改善するマスタハンドを開発し、実際にマスタスレーブ制御を行い、遭遇型の力覚提示が行われていることを確認した。今後は物体の把持などに重要な役割を果たす親指の非接触追従を実現し、完全な多指マスタハンドを完成させ、マスタスレーブ制御を実現する予定である。

参考文献

- [1]川淵一郎, 梶本裕之, 川上直樹, 館暲: "テレインテグレーションの研究(第 39 報)TELESAR II マスタ・スレーブフィンガーシステムの開発," 第 4 回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論文集, pp.598-599, 2003.
- [2]星野洋, 平田亮吉, 前田太郎, 館暲: "仮想空間における物体形状の実時間提示法," 日本ロボット学会誌, Vol.15, No.6, pp.868-977, 1997.