

トレイグジスタンスの研究 (第 37 報)

- TELESAR マスタアームの開発 (1) -

東京大学 朝原 佳昭 梶本 裕之 川上 直樹 舘 暉
株式会社 テック・エキスパーツ 川淵 一郎

Study on Telexistence (XXXVII)

- Development of TELESARII Master Arm(I) -

Yoshiaki Asahara, Hiroyuki Kajimoto, Naoki Kawakami, Susumu Tachi The University of Tokyo
Ichiro Kawabuchi TechExperts, Inc.

Abstract: We developed the master arm of the telexistence robot that enables human communication. For the reason that an operator can gesture smoothly, this arm has 6 degree of freedom structures to free an operator's elbow. The diffuseness of the 7 degree of freedom slave arm is solved by putting a small orientation sensor on the operator's arm. Moreover, this master arm is made light and impedance control is applied so that an operator doesn't feel a big burden.

1. はじめに

トレイグジスタンスロボット¹⁾を実現するためには、操作者の自由な運動を拘束することなく運動情報を読み取ると同時に、操作に有用な力情報を操作者に正確に提示することが必要不可欠である。これらの課題を満足するために、6自由度構造、外骨格型の特徴を有するマスタアームを開発し、その有用性を実験で確認したので、ここに報告する。

2. マスタアーム機構設計

2.1 6自由度アーム

一般的なヒューマノイド型スレーブアームは、人間と同じ7自由度構造として構築される。操作系であるマスタアームも7自由度を与えられる場合が多い²⁾が、操作者の肘を拘束するため、自由な動作をスムーズに行うことは難しい。そこで、操作者の手先へ与える力が高々6自由度であるという点、さらに機能の簡略化、高剛性化、制御の単純化などの観点から、マスタアームは6自由度の力提示機能に特化させて、その機構自体を6自由度とする。ここで、操作者の手先に追従しているマスタアームから測定可能な運動は6自由度となるので、操作者の姿勢を同定するために足りない1自由度の運動を別の軽量のセンサを測定することで補うこととした³⁾。すなわち、腕の姿勢計測に関しては7自由度、力提示に関しては6自由度のマスタシステムとなる。センサが軽量なので、肘を拘束する場合に比べオペレータに無駄な負荷がかからず、より自由な腕の動作が可能になる。また、マニピュレータが7自由度より少ないので、剛性が高く安定した力提示を行うことが出来る。

2.2 外骨格型マスタアーム

冒頭で述べたとおり、トレイグジスタンスにおいて、操作者の運動を極力妨げてはならない。そこで、マ

スタアームの形式を外骨格型とした。6軸力提示のみを考えれば決して外骨格型である必要はないが、一般的に外骨格型は人体と似た機構を有し、常に人体を追従するように運動するので、必要最小限の大きさで操作者の運動へ広く適応可能であり、日常生活における人間の多様な行動に対応するために必要不可欠の特性と考えたからである。しかし我々のシステムでは前節で述べたように人間の腕より1自由度少ないため、操作者の腕全体に追従することは不可能であり、腕とマスタアームが互いに干渉する恐れが出てくる。そこで本マスタアームは、6自由度で干渉なく追従可能とするために、操作者の肘の運動に対するクリアランスを十分に持たせた。Fig.1の右下の図に示す。図における円の中心付近に操作者の背骨が位置する。マスタアームの肩関節と肘関節間の190mmのオフセットが、マスタアームと操作者の肘の干渉を回避するためのクリアランスになると共に、Fig.1にあるアーム先端のジンバル機構の回転半径を吸収している。

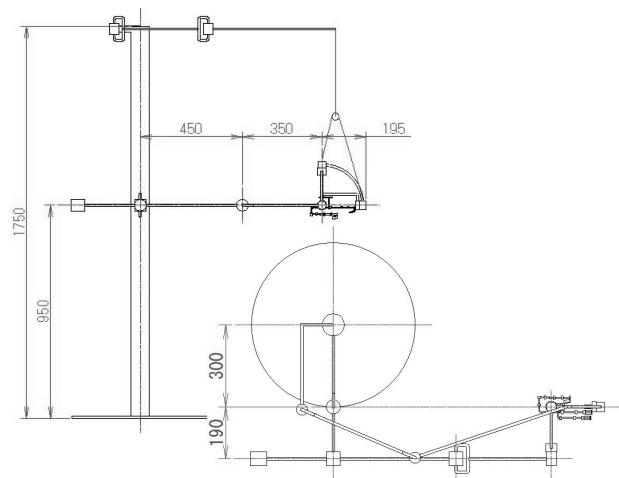


Fig.1 Size of master arm

2.3 マスタアームの構成

今回開発したマスタアームの概観を Fig.2 に示す。各関節にポテンショとエンコーダが設置され、操作者の初期姿勢をポテンショ出力、それ以後のアームの関節角度、角速度をエンコーダの出力により算出している。手首部 3 自由度の回転軸が 1 点直交しており、その交点に 6 軸力センサ（ビー・エル・オートテック株式会社製 MINI センサ）を配置した。操作者とマスタアーム先端間に作用する回転軸方向の力と回転軸周りのモーメントをセンサ出力より求めることができる。現在はアーム先端が簡単なグリップとなっているが、将来的には外骨格型多指マスタハンド⁴⁾を取り付け、指先を含めたバイラテラルシステムを実現する予定である。各リンクの寸法を Fig.1 に示す。アーム先端部をワイヤで吊るすことによって、アームの重力補償をし、マニピュレータの能力を最大限に発揮できるようにした。各は Table1 に示す。ただし、関節動作範囲については、Fig.1 のスケルトン図の状態をオフセットとする。



Fig.2 Master arm

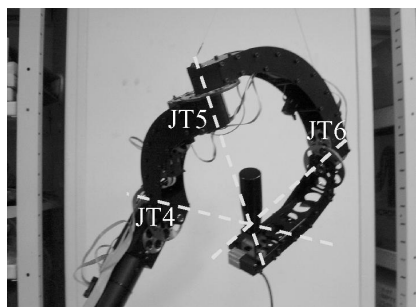


Fig.3 3 axes run at right angles

Table1 Specifications of the master arm

	関節動作範囲	定格出力	減速比
JT1	-75 ~ 60 [deg]	150 [W]	125
JT2	-30 ~ 100 [deg]	150 [W]	625/6
JT3	-140 ~ 0 [deg]	36 [W]	625/6
JT4	-180 ~ 180 [deg]	18 [W]	525/4
JT5	-50 ~ 230 [deg]	18 [W]	525/4
JT6	-180 ~ 180 [deg]	18 [W]	525/4

3. インピーダンス制御型マスタスレーブシステム

従来我々が製作した TELESAR⁵⁾はユニラテラル方式だが、計算機速度など要素技術の向上より、

TELESAR ではバイラテラル方式を行うことにした。この方式は数多く研究されているが、本研究ではインピーダンス制御型⁶⁾をベースに制御を行う。インピーダンス制御型は、マスタとスレーブ両者を見かけ上同等のインピーダンスを持たせることを基本原理としており、操作者に提示される力に混在する機械的な動特性を減少させることができる。さらに、目標インピーダンスを最小にすることによって、わずかな負荷のみとなり、操作者が身振りなどの身体運動表現を鈍らすことなく行うことができる。またスレーブと人間との接触動作においても、反力をリアルに感じ取ることができるので、相手に過剰な力を与える危険性はなくなると考えられる。

4. まとめ

トレイグジスタンスシステムを実現するために今回開発されたマスタアームを紹介した 6 自由度構造、外骨格型といった特徴を挙げ、インピーダンス制御型を利用したバイラテラル制御について簡単に説明した。今後の展開としては、今回製作したアームの性能を実験によって評価するとともに、外骨格型マスタハンドを取り付け、より理想的なトレイグジスタンスロボットの完成を目指す。

謝辞

本研究は、科学技術振興事業団戦略的創造研究推進事業（CREST）の研究課題「トレイグジスタンスを用いる相互コミュニケーションシステム」の一環として実施された。

参考文献

- 1) 舘, 川上, 梶本: “トレイグジスタンスの研究 第 35 報 - 相互トレイグジスタンスロボットシステム TELESAR の構想 - ”, SICE SI2003 講演論文集, 2003.
- 2) 舘, 小森谷, 澤田, 井床, 井上: “HRP 遠隔操作プラットフォーム”, 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No.1, pp.16-27, 2001.
- 3) 中河原, 多田隈, 梶本, 川上, 舘: “トレイグジスタンスの研究 第 38 報 - TELESAR マスタアームの開発(2) - ”, SICE SI2003 講演論文集, 2003.
- 4) 川淵, 梶本, 川上, 舘: “トレイグジスタンスの研究 第 39 報 - TELESAR マスタ・スレーブフィンガーシステムの開発 - ”, SICE 2003 講演論文集, 2003.
- 5) 舘, 荒井, 前田: “トレイグジスタンスの研究 第 13 報”, SICE ' 88, pp.249-250, 1988.
- 6) 舘, 榊: “インピーダンス制御型マスタ・スレーブ・システム”, 日本ロボット学会誌, Vol. 8, No.3, pp.1-12, 1990.