

テレグジスタンスの研究 第18報

— テレグジスタンス作業用マスタシステム —

機械技術研究所

○館

暁、荒井 裕彦、前田太郎

Study on Tele-existence (XVIII)

-Tele-existence Master System for Remote Manipulation-

○S. Tachi, H. Arai and T. Maeda Mechanical Engineering Laboratory

Abstract - A master system for manipulation experiments using tele-existence technique is designed and developed. The display subsystem has a link mechanism which compensates gravitational force and follows the head movement in three dimensional work space. The master manipulator subsystem is made similar to human dimensions and has seven degrees of freedom. This system is used as a master for the anthropomorphic slave robot which has previously been developed.

1. はじめに 遠隔に存在するロボットを自分の分身のように高度の臨場感をもって制御する、いわゆるテレグジスタンスの研究を進めている¹⁾。現在までに、基本的な視覚の臨場的な提示法を示すと共に²⁾、移動ロボット制御への適用の効果を実証した³⁾。現在、マニピュレーション作業への適用のための研究を行っており、第13報において、テレグジスタンスを用いたマニピュレーションのための人間型スレーブロボット⁴⁾の試作結果を報告した。本報告では、人間型スレーブロボットを自分の分身とみなせるような高度の臨場感をオペレータに与えつつ制御するためのマスタ装置について報告する。

2. テレグジスタンス作業システムの構成 テレグジスタンスでは、遠隔にオペレータの分身のロボットを配し、ロボットとオペレータとの間にコミュニケーションチャンネルを確立する。オペレータの頭部、体幹、上肢、下肢の運動を司令信号として、ロボットの運動を生じさせ、ロボットの得た感覚情報は逆にオペレータに臨場的に提示する。

テレグジスタンスによるマニピュレーション作業の効果を実証することを目的として、前回試作した人間型スレーブロボットをFig. 1に示す⁵⁾。図中右側がスレーブロボットで左側は前回試作した頭部搭載型のディスプレイである⁶⁾。今回開発したテレグジスタンス作業用マスタの概観をFig. 2に示す。

2. 1 視覚情報提示装置 テレグジスタンスの視覚機構は、ロボットの存在する現場の視覚情報をオペレータに実時間的に提示する。そのため、オペレータの動作に実時間で追従し、かつ常にオペレータの正面から正しい位置と姿勢を保って視覚情報の提示が行えなくてはならない。

そのための提示装置の構成法として大別すると、1) 頭部搭載型、2) マスタスレーブ型、3) 頭部結合型の3種類がある。1)の例をFig. 1に示す。これは、運動の自由度は高いが、装置の重量と慣性をすべてオペレータが担うため、装置を相当軽量にする必要がある。2) は、頭部運動を計測する軽量の装置をオペレータの頭部にとりつけ、その運動に基づいて提示装置をアクティブに制御する方式である⁷⁾。わずかな制御誤差や遅れが人間にとってわずらわしい感覚を与え利用しにくいという欠点がある。3)

は、人間と提示装置を結合する点で1) に似てはいるが、提示装置の重量を人間が負担するのではなく機械自身に負担させる方式である。重力だけを機械で負担するパッシブ型と、慣性や粘性も補償するアクティブ型⁸⁾とがある。人間の負担は少なく理想的ではあるが、機構が複雑になったり、作業範囲が限定されやすいなどの欠点を有する。

今回は、作業用マスタであることを考慮し、解像度の観点から提示用ディスプレイとして4インチのCRTを利用する。従って、重量的制約から1) の方式とはせず、3) の方式とした。3) のうちでもアクティブ方式では、メカニズム自体の重量がふえるためパッシブの方式とした。作業に適するよう、例えば、かがみこみの姿勢も可能となるように、広い作業範囲をカバーし得るメカニズムとしている(上下方向:-500~400mm, 左右方向:-300~300mm, 前後方向:-300~800mm)。

2. 2 マスタアーム スレーブアームと同様に人間と形状と自由度配置を類似させたマスタアームを構成している。自由度は7自由度で冗長自由度を有するため、手先の位置と姿勢を知るだけでは腕の姿勢が定まらない。そのため、スレーブアームと同構造かつ同形とし、人間の上腕とマスタアームの上腕とが常に一定方向を向くような機構を付加して人にとりつけることにより、冗長度の決定を行っている。また、さらに3自由度をふやし、人間の体幹の移動に対して追従し得るようにしている。なお、マスタの手先には、スレーブ開閉提示用のポテンシオメータと補助スイッチが取り付けられている。

2. 3 その他の機能 右手でスレーブアームを操作するほかに、移動用テレグジスタンス操縦⁹⁾や機能拡張のための3軸のジョイスティックが左手で使用できるようになっている。

左右の両足には、それぞれフットポテンシオメータが配されており、移動用テレグジスタンス操縦に用いられる。

腰部の回転に対応したアクチュエータが椅子の下に組込まれており、左右の膝ポテンシオメータで指示され、マスタ機構全体が回転する。

3. 平行リンク機構 オペレータの頭部の空間内における並進3自由度、回転3自由度の運動を非拘束かつ実時間で計測しつつ、

提示装置の重量を支持して、オペレータの運動に従い、常にオペレータの前方に三次元の視野を確保するための機構が必要である。

本方式は、平行リンクを用いたパッシブ型であり、計測後のデータの実時間処理を容易にするため、機構そのものを並進3軸と回転3軸とが干渉しないようなメカニズムとして設計した。また、慣性についてはパッシブ方式のため除去できないが、可能な限り小さくし、かつ、並進3方向の慣性力の大きさのアンバランスができるだけ少なくなるように工夫している。

Fig. 3に示す平行リンクで、 m_1 の負荷に対して m_2 , m_3 を用い、また、適切な d_1 , d_2 , d_3 , d_4 を選んで、Aの運動に対して、常に支点Pに重心が留るようにしている。従って、全体の重心は、P点に固定され、どのような姿勢をとっても変化しない。

次に、AA'の方向が、A点の運動に対して変化せず一定となるように別の平行リンクAA' - BB'と、BP - QPを図形BXQ ≡ 図形PYR、QR = BPとなるように付加する。

上記の考案は、紙面に含まれる正中面内での垂直の運動に対してであるが、紙面に対して垂直な方向の額面内に平行な水平運動については、Fig. 2に示した3本の平行リンクとユニバーサルジョイントにより実現する。すなわち、水平の運動と垂直の運動とをユニバーサルジョイントで分離し、垂直の運動は前記のリンク構造で、水平の運動に対しては上部の2本の平行リンクで実現している。回転運動については、Fig. 2に示すような、ジンバル構造を用いている。どのような姿勢でも最も重要なバンの方向の回転が、その姿勢の座標系に対して行えるように自由度配置を工夫している。また、首のかしげの方向の運動のため別の平行リンクを用いている。なお、提示部ジンバル構造の後部に設けたリンク構造は、ジンバルを支えるためのリンクであり、重力を支えるが運動は全く拘束しない。

4. 頭部反力の測定 各リンク部と頭部上のシャフト部に歪ゲージを取り付け応力の測定を行った。各応力は静止時、動作時ともに設計許容値内に収っていた。また、頭部にかかる反力を実際にオペレータに可能な最大加速度で動作させ測定した。その結果をTable 1に示す。目標の5 kg重以内に収っていることが分る。

5. おわりに テレグジスタンス作業システム用マスタ装置を研究試作した。今後、このシステムを用いて作業実験を行い、テレグジスタンスの効果の定量的評価を行う所存である。末筆ながら、今回の試作に御協力いただいた前波武、坪井定一、仁尾理、山田弘道氏をはじめとする(株)安川電機製作所の諸氏に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 館, 阿部: 第21回SICE学術講演会, 167/168 (1982)
- 2) 館, 荒井ほか: 第2回ロボット学会, 211/212 (1984)
- 3) 館, 荒井ほか: 第25回SICE学術講演会, 315/316 (1986)
- 4) 館, 荒井, 前田: 第27回SICE学術講演会, 249/250 (1988)
- 5) 前田, 館: 第27回SICE学術講演会, 251/252 (1988)
- 6) 荒井, 館ほか: 第2回ロボット学会, 19/20 (1984)
- 7) 荒井, 館: 第26回SICE学術講演会, 337/338 (1987)

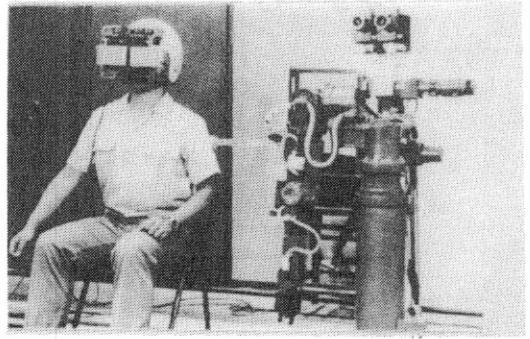


Fig. 1 Anthropomorphic Slave Robot and Head Mounted Display.



Fig. 2 Tele-existence Master System.

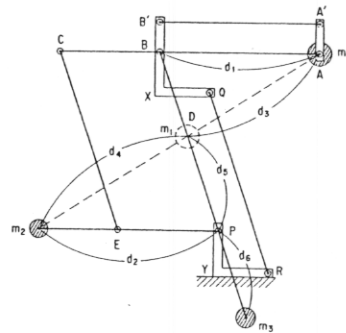


Fig. 3 Link Mechanism.

MOTION FORCE (kgW)	H E A D				B O D Y
	TILT	PAN	SLANT	COMPLEX	
lateral	$\pm 0.7 \sim \pm 1.0$	$\pm 1.4 \sim \pm 2.1$	$\pm 4.0 \sim \pm 4.7$	$\pm 2.1 \sim \pm 3.3$	$\pm 1.6 \sim \pm 2.6$
longitudinal	$\pm 3.2 \sim \pm 3.7$	$\pm 0.9 \sim \pm 1.6$	$\pm 1.3 \sim \pm 2.1$	$\pm 3.2 \sim \pm 3.4$	$\pm 1.7 \sim \pm 3.8$

Table 1 Inertial Force Caused by Motion.