

# 1204 テレイグジスタンスの研究 第19報

— マスタスレーブ作業実験 —

機械技術研究所      〇館    暉、荒井 裕彦、前田太郎、常本直貴

Study on Tele-Existence (X I X)

- Master-Slave Manipulation Experiments -

〇 S.Tachi, H.Arai, T.Maeda and N.Tsunemoto Mechanical Engineering Laboratory

## 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有して制御する、いわゆるテレイグジスタンス<sup>1)</sup>のマスタスレーブシステムを試作し、その作業特性を簡単なマニピュレーション作業について調べ、テレイグジスタンスの効果の定量化を試みたので報告する。

## 2. テレイグジスタンス作業システム

テレイグジスタンス作業システムは、人間型スレーブロボットと作業用マスタシステムとからなる。前者は、基本的には第13報で報告したスレーブロボットであるが<sup>2)</sup>、視聴覚入力部を作業用に適合させた分解能のよいカメラシステムに置き換えた。後者についても、第18報のマスタシステム<sup>3)</sup>の視聴覚情報提示部を改良した。

### 2. 1. 人間型スレーブロボット

(a) スレーブアーム 人間型スレーブロボットは、7自由度の右腕、1自由度のハンド、3自由度の頭部、1自由度の腰部と合計12自由度を有し、形状や動作範囲を人間に可能なかぎり近づけている。

肩部は、胴体側から前後 ( $B_4$ )、左右 ( $B_3$ )、回内外 ( $T_3$ ) で、それらの回転軸は一点で交わる。肘は、屈曲 ( $B_2$ ) と回転 ( $T_2$ )、手首部も屈曲 ( $B_1$ ) と回転 ( $T_1$ ) からなっている。首は、3軸のジンバルで、首のかしげ ( $B_6$ ) とチルト ( $B_5$ ) のあとにパン ( $T_4$ ) が配置され、それぞれの回転軸は1点で交わる。先端の位置決め精度は $\pm 1$  mm、可搬重量は1 kg、先端最大速度 3 m/secで動作可能である。

(b) 視聴覚入力部 42万素子のカラーCCDを用いたビデオカメラのヘッド部を2台用いて入力部を試作した (Fig. 1)。レンズ系は $f=12\sim 72$  mm F1.6のズームを提示系にあわせ $f=15$  mmで利用している。焦点はTTL方式のオートフォーカスで調節してい

る。2台の眼間距離は65 mmとし、光軸は互いに平行に配している。マイクロフォンは、左右のマイクロフォン端面の幅を243 mmとし、提示装置のスピーカーと位置関係をあわせてある。また、眼と肩の位置関係も平均的な人間の位置関係にあわせて配置してある。

### 2. 2. テレイグジスタンスマスタ用提示装置

作業用の視聴覚提示部であることを考慮して画像の分解能を重視して設計した。表示部としては4インチのインデックスカラーテレビ用CRTを2台利用し、周辺回路をカウンタバランスとして用いるように配置に工夫をこらした。視野角は33度で、視野角の足りない部分は首の自由な動きで補う。カメラ部とあわせたトータルの分解能は実測で1,000 mm地点で1 mmを得ており、スレーブロボットの先手の位置決め精度を上まわっている。

作業用テレイグジスタンスマスタ用提示装置で留意しなければならない項目に、マスタアームを自由に動かしてオペレータの目の前にもってくることを可能にするための提示系の形状の工夫がある。小型軽量は言うまでもないが特に前方につきださないことが重要である。そのためには、Fig. 2に示すようにCRTを配置し、鏡によって二つのCRTの中心

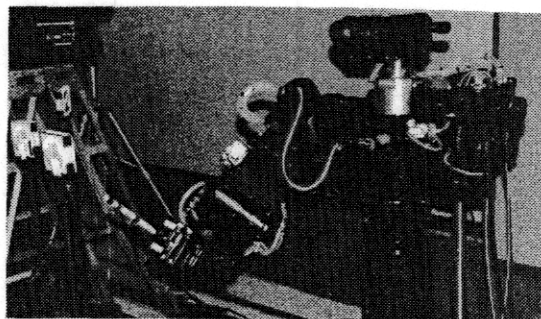


Fig. 1 General view of the anthropomorphic slave robot.

距離が、カメラの眼間距離 (65 mm) に等しくなるようにする。ところが、この配置のままでは、オペレータは、CRTの鏡による2回反射像に加えて、1回反射像も観察してしまうことになり不都合である。直接像を遮蔽したのと同じように遮蔽板を設けるのも一方法ではあるが、オペレータの眼間距離は一樣でないため、オペレータごとに遮蔽板を調整しなければならず手間がかかる。

著者らは、これを偏光板を用いることで解決した。すなわち、偏光面の方向が第1の平面鏡の入射光と反射光を含む平面に対して45度をなすような直線偏光板をCRTの管面に配置する。1回反射すると偏光面が135度の直線偏光となり、もう1度反射すると45度に戻る。この性質を利用して、オペレータの目の前に45度の第2の偏光板を配置すれば2回反射像のみが観察できる。このための光量のロス は 75 % であるが、外光のある室内で利用可能なCRTを、この装置では外光を全く遮断した状態で利用しているため、オペレータにとって十分に明るい画面が得られる。

### 3. 作業実験

トレイグジスタンス作業システムの効果を定量的に評価することを目的として簡単な作業実験を行った。作業は、Fig. 1 に示したように高さ 1,050 mm で、100 度の範囲内の距離 500~900 mm のランダムな場所にランダムな方向に配された  $\phi 45$  mm のトラス状の4つのターゲットの中に、マニピュレータの手先に固定した  $\phi 10$  mm 長さ200 mm の棒を順次さしこむ作業である。

トレイグジスタンスマスタスレーブ作業システムの主な特徴は、以下の2項目にまとめられる。

①首の動きに連動した広視野で自然な3次元視聴覚が得られる。

②視覚と体性感覚の対応が自然である。すなわち、常にオペレータの腕のあるところに対応してロボットの腕が視野内に見える状態で作業ができる。

上記の二つの特徴の効果を定量化するために、

- トレイグジスタンスマスタスレーブ作業システムによる実験、
- 上記の視覚情報提示を両眼立体視とせず、人間の両眼にカメラからの単眼情報を与えた場合の実験、
- 従来の遠隔操作のように、首の位置とは別の場所に固定した広角カメラで映像をとりそれをモニタ

テレビで見ながらの作業実験、の3種類を比較した。

評価はそれぞれ、4つの穴にさしこみ、ひきぬき終るまでに要する時間で行った。結果をFig. 3に示す。4名の被験者により絶対時間には差があるものの傾向としては①、②の特徴による効果ははっきりあらわれており、トレイグジスタンス方式の有効性が実証されている。

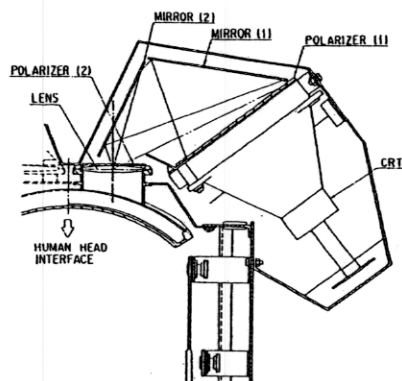


Fig. 2 Visual display design ( right eye ).

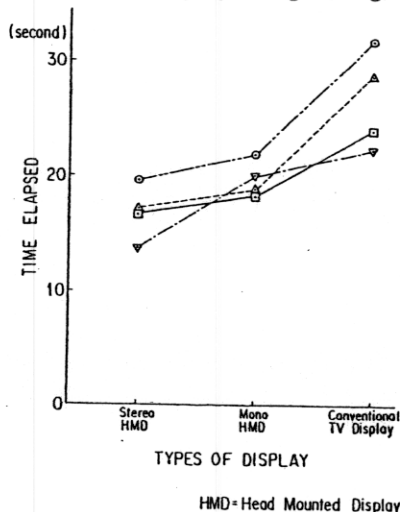


Fig. 3 Results of the comparison experiments.

### 参考文献

- 1) 館 阿部：トレイグジスタンスの研究 第1報、第21回SICE学術講演会、167/168 (1982)
- 2) 館 荒井、前田：トレイグジスタンスの研究 第13報、第27回SICE学術講演会、249/250 (1988)
- 3) 館 荒井、前田：トレイグジスタンスの研究 第18報、第28回SICE学術講演会、433/434 (1989)