

1. はじめに 悪環境内には人が行かず機械だけが行き、安全な場所にいる人がこの機械を巧みに操って作業を行うことは、宇宙、海洋、原子力、種々のプラントや設備の点検・修理・清掃、災害時の救援、遠隔地医療、各種観測、車の試験など多くの応用を持っている。しかし、現在人が行うのと同程度の作業を行えるシステムは開発されていない。そのような遠隔操縦型機械は、多自由度で高性能なハードウェアの開発という機械固有の問題は別として以下の二つの人間機械系としての大きな解決課題をかかえている。

- (1) 人間の意志に応じて自由に作業するための人の意志の検出とハードウェアの制御法、
- (2) 機械が得た遠隔環境における機械自体、作業対象、さらに環境全体の状態を的確に操作者に伝えるための感覚情報伝達。

前者については管理制御など割合多くの研究が tele-operator の範疇で進められている。しかし、後者については力覚や触覚のバイラテラル制御などは行われてはいるものの、最も重要な視覚については従来からテレビカメラを作業環境内において、その画面をテレビを介して見るという形に止まっており、その最適設計に関する研究は少ない。松島¹⁾は、観察者にとって歪のない立体像が得られるためのディスプレイ系配置を幾何学的に求め、2色式ディスプレイを用いて奥行感を評価している。また、カールスルーエ原子核研究所では、偏光板などを利用した立体テレビを研究しているが、いままで人がその場に存在するような極度の臨場感を与える方式の報告はない。本研究では、その第一段階として、操作者の首の動き等を実時間計測し、これにより、人と同一のディメンジョンを有するテレビカメラを実時間制御して、人の網膜上に、実際の環境を直視しているのと全く同一の二つの二次元像を常時提示し、これにより実在感を生じさせる方式を提案し、試作装置にフィードバックの有効性を確認したので報告する。

2. Tele-Existence Fig. 1, I) は¹⁾

従来からの三次元提示の考え方で、ある場所に入りこみ波面を閉曲面上で記録し伝達し、遠隔地の観測者を囲む同一の閉曲面上に配した提示装置を利用して波面の再生を行うとする方式である。

II) は、本方式であり、実際の作業環境内に人と同一のディメンジョンを有する機械において、その機械と機械の持つ感覚器とを、人の動きや感覚器の動きを一対一対応させて制御する。その時機械の得た情報と人の網膜上、

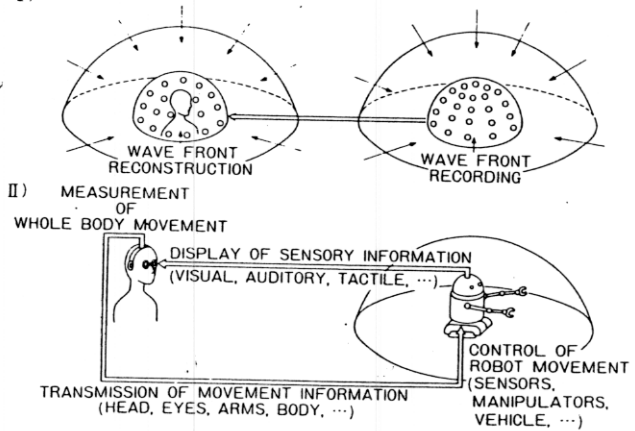


Fig. 1. Concepts of wave front reconstruction and tele-existence.

るいは基底膜上、皮膚上に人が光の場合に行、て見たり聴いたり触れたりするのと同一の像や信号を刻一刻提示することにより、実際に光に似るような錯覚を生ぜしめる方式である。

3. 視覚提示装置の試作

Fig. 2に視覚における存在感を確認するための簡易型の実験装置の構成図を、またPhoto. 1に光の概観を示す。実際に見ているのと同一の像を常時提示するためには、首の動きと目の動き、さらには体幹の動きをリアルタイム計測する必要があるが、ここでは第一次近似として首の左右回転のみを測定し利用している。

提示装置には、1.5インチのモノクロCRTと接眼レンズを用いてMOS型半導体カメラの像を提示し、光の虚像を物体が存在する位置に作っている(Fig. 3)。理想的には接眼レンズの位置もサーボし、カメラから見た物体までの距離にCRTの虚像を作るようにするのが好ましいが本装置では手動とし、眼の約1m前方に持って来ている。虚像の大きさには、カメラから1m先にある物体が同一の大きさとなるようにCRTにて調整してある。眼間距離は被験者にあわせ、テレビカメラとディスプレイの両方を調整する。また、テレビカメラの回転中心は眼と頭の中の中心の平均的な距離105mmとし、自然な回転感覚が得られるように設計してある(Fig. 4)。

4. 実験

実際の実験装置を利用して観察したところ、単色像であるため全く同一とはいえないが、極めて現実感のある環境の像が得られた。この提示方式では、単眼視的な像の大きさや物の重さ、目の調節といった手がかりと、両眼による視差や輻輳の二手がかりとが割合矛盾なく調整可能であるため無理のない自然な奥行知覚が生じる。Fig. 5に調整法を用いた奥行知覚の実験例を示す。

カメラの分解能は1m先の約1mm程度であるが、実際の動きを観測しながら位置合わせが行ったため、直接視による位置合わせに近い結果を得ている。

謝辞 本装置の試作に協力いただいた竹井機器工業に謝意を表す。

1) 板島ほか: マニプレータ用3次元ディスプレイに関する研究, バイオメカニクス, 5, 189/196(東大出版会), 1980.

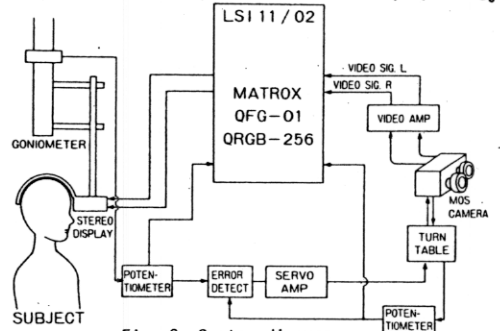


Fig. 2. System diagram.

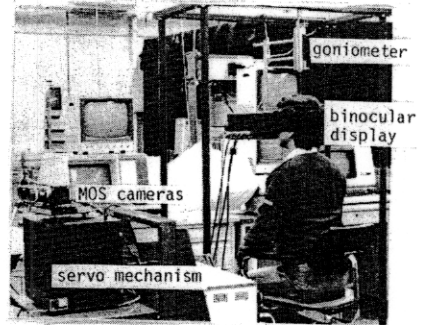


Photo. 1. Experimental set-up.

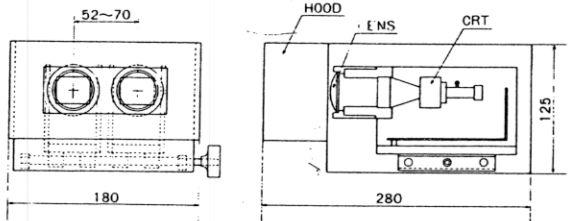


Fig. 3. Visual display of remote environment.

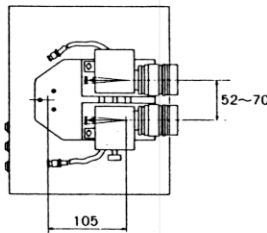


Fig. 4. MOS TV-cameras.

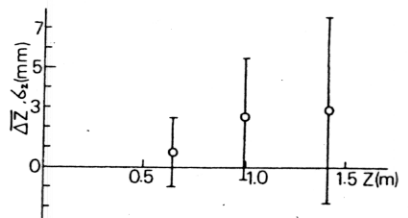


Fig. 5. Binocular depth sensation.