

機械技術研究所

東京工芸大学

キャノン

*
タチ
舍官

スズム
暉

アライ
荒井裕彦
ハタケ
トヨヒコ

畠田豊彦
シリマチ
カネヒロ

反町誠宏

1.はじめに 人が直接作業を行うにも似た高度な臨場感を有して遠隔からロボットを制御するテレイグジスタンス技術の研究を行っている。その実現のための重要な要素の一つに視覚情報の臨場的な提示法の確立がある。筆者らは、ロボット側に人間に類似したディメンジョンのカメラを配し、その動きを人間の動きに実時間で追従させ、カメラで得た視覚情報を人間に忠実に提示する方式を提案して、その有効性を確認した[1, 2, 3]。

本報告では、対象物体までの距離に連動して、焦点距離と幅軸角を自動追従する視覚情報入力装置を試作し、それを用いてカメラ側の幅軸角と提示側のディスプレイの幅軸角との関係について精神物理学的な実験を行って幅軸角の効果を評価した。

2.実験装置 本装置は図1に示すように2台のビデオカメラを基線70mm隔てて配置し、基線の中点を通りそれに直角な方向にある対象物に対して幅軸角、焦点合せ、レンズの絞りを自動的に制御する視覚情報入力装置である。右眼カメラ（人間の右眼に相当するカメラ）は筐体に固定され、左眼カメラが、撮像面の位置に設けられた軸を中心に回転し幅軸角が制御される。

図1に示すように右眼カメラの撮影レンズを通して赤外線LEDの光を（操作者の首の動きに追従し制御される）カメラの向いている方向に存在する対象物に投射し、対象物からの反射光を左眼カメラの撮影レンズを通して、シリコンフォトセル（SPC）に導く。このSPCの中央定位位置にLEDの光を受けるようにサーボコントロールが行われる。

図2に於いて SPC上の LEDの光入射位置によってサーボコントロールされるモータが左眼カメラのフォーカスリングを回転し左眼カメラの焦点合せを行うと同時に、フォーカスリング上に設けられたカムによってアーム1を回転する。アーム1の回転中心は軸1で左眼カメラに

固定され、一端はカムに接し、他端は筐体に設けられた固定子に接している。そこで、カムによりアーム1が回

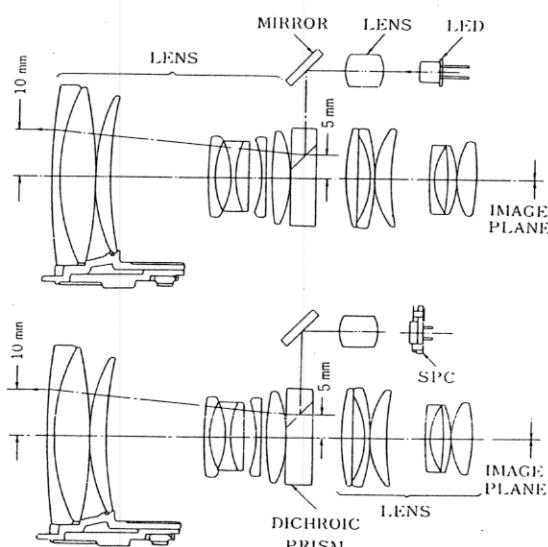


Fig. 1 Principle of the convergence control.

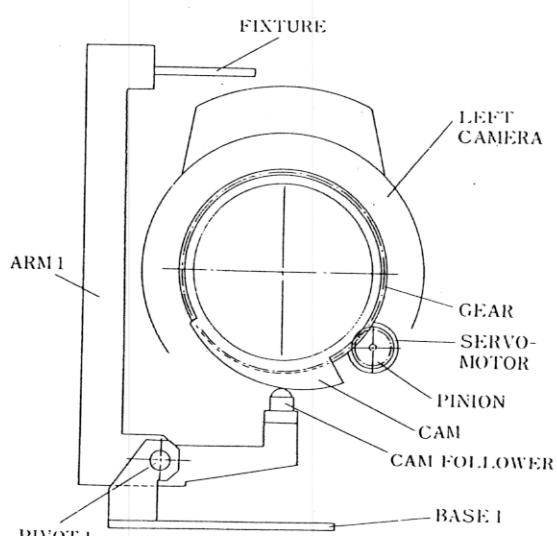


Fig. 2 Mechanism of the convergence.

転するとアームの軸 1 が固定子に対して動き、軸に支えられている左眼カメラが旋回して輻輳角が変化する。

輻輳角の変化は SPC 上の LED 光の位置を変え、SPC 上の中央定位置に受光した状態で停止し、輻輳角により左眼カメラのフォーカシングが行われる。

なお、右眼カメラの自動焦点は、上記の輻輳角の動きを別のカムで伝え、LED、ピンホール、SPC からなるセンサ系と、右眼カメラについても設けた左眼カメラと同

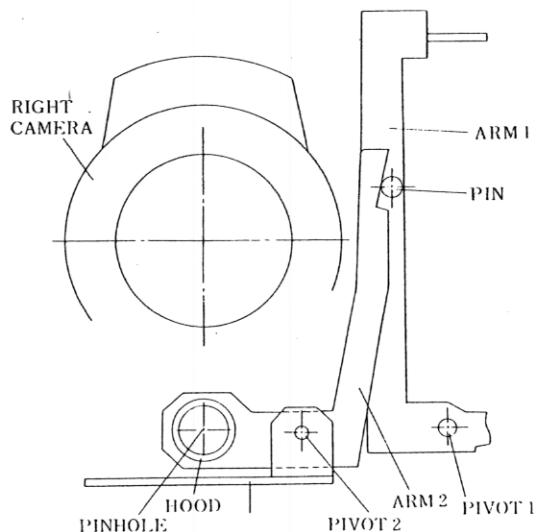


Fig. 3 Mechanism of the auto-focussing.

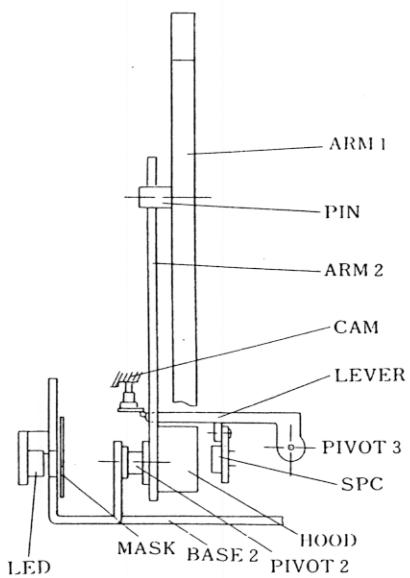


Fig. 4 Side view of the mechanism of Fig. 3.

様の機構を持つ第 4 のカムを用いて行っている。その詳細を図 3 及び図 4 に示す。

3. 提示実験 視覚情報を入力するカメラ側の輻輳角の条件と、それを提示するディスプレイ側の輻輳角の条件との関係を調べるために図 5 に示す実験を行った。すなわち、恒常法を利用して輻輳角の異なる種々の条件下で、二つの提示画像の提示距離が異なる場合に、その見掛けの大きさがどのように変化するかを、精神物理学的に調べた。

具体的には、暗室内で、カメラの基線の中点を通りそれに垂直な方向に約 2m 離して 14 inch の画像提示用 CRT 2 台を 380mm 間隔で配置する。カメラから見て左側の CRT の前面はカメラの撮像面から 2m に位置させ、右側の CRT をそれより $\Delta d = 0, 100, 200, 300 \text{ mm}$ だけ後方に配する。二つの CRT は、それぞれ別の計算機 PC9801 により制御されており、左側には黒地に幅 100mm 高さ 150mm の白色の矩形 (30 Cd/mm^2) を提示し、右側には高さと輝度が等しく幅のみ土 $\Delta w (= 0, 5, 10, 15 \text{ mm})$ 変化する矩形をランダムに提示する。

被験者は別室で二つのカメラで得た画像をテレイグスタンスの提示装置 [4] を用いて立体視の状態で観測

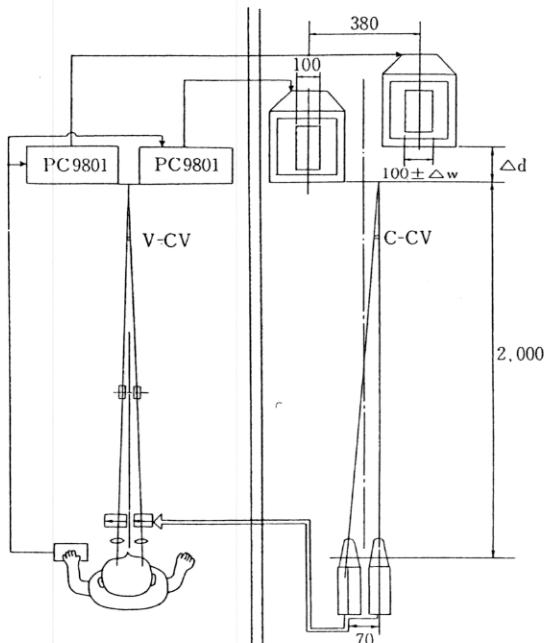


Fig. 5 Experimental arrangement.

する。なお、この三次元提示ディスプレイ像の提示位置は 1m である。

カメラ側の輻輳角条件 C-CV を平行 (∞) , 2,000mm (2 deg) の二種類に分け、それぞれに対して三次元提示ディスプレイ側の輻輳条件 D-CV を、平行 (∞) , 2,000mm (I : 左右等しく 1 deg, II : カメラ側と同じように右側平行左側 2 deg の角度を以て) , 500mm (4 deg ずつ) の四種類について、それぞれの Δd の差に対する見掛けの大きさの変化を恒常法で調べた。変化刺激は 7 種類それぞれ 5 回ずつ提示し Spearman の相加平均法 [5] により見掛けの大きさが等しくなる物理的大きさを求めた。被験者は 2 名であり、実験は刺激の制御や等価的な大きさの算出も含めすべて PC9801 でオンラインで処理されている。

なお、比較のために同一の被験者を用いて暗室内で直接、裸眼で同様の恒常法による等価的な大きさの実験も合わせて行なった。

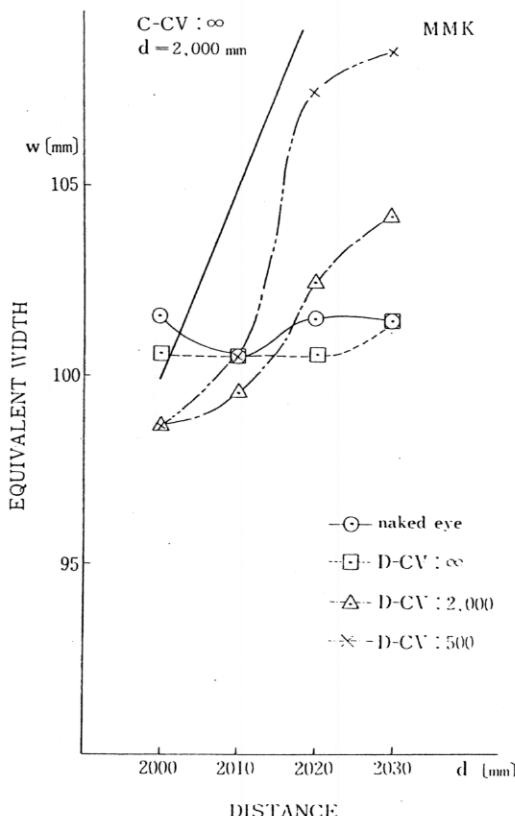


Fig. 6 Experimental result.

4. 実験結果 被験者 MMK の結果を C-CV (∞) について図 6 に C-CV (2,000) については図 7 に示す。

一般に、裸眼の状態で同一の大きさの物体を距離を変えて提示すると、物理的な大きさは距離により変化するにも拘らず、心理的には同一の大きさと判断される。すなわち、一般的に、

〔物体の見えの大きさ〕 =

〔視角 (網膜上の物体の大きさ) 〕 × 〔距離 (輻輳角) 〕の関係が知られている。

図 6 の裸眼のデータは、上記の関係を適切に反映している。すなわち、右側の矩形の幅が左側の基準の矩形の幅に物理的にほぼ等しい幅の表示に対して同一と判断している。つまり、裸眼の直接的な観測では距離の情報を輻輳から適切に得ている。

テレイグジスタンス系を介しても、C-CV (∞) , D-CV (∞) の条件下では、この裸眼の関係に最も近く、その意味では忠実なディスプレイ系を構成している。この事

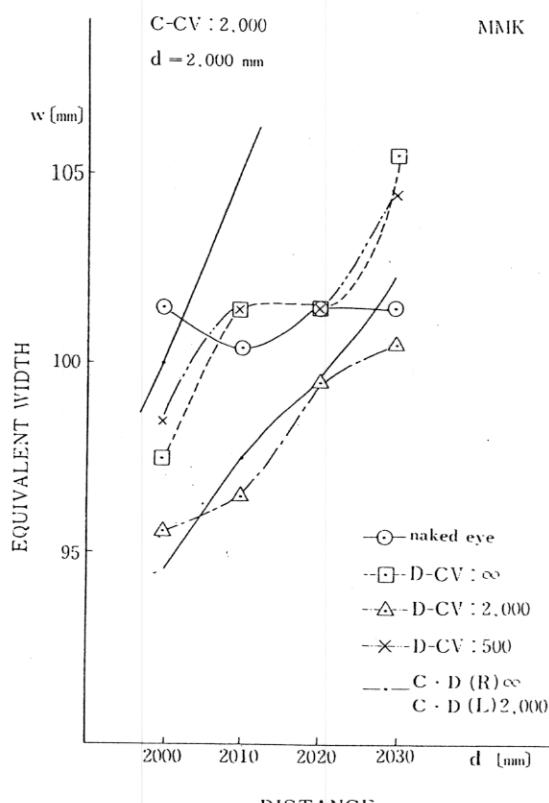


Fig. 7 Experimental result.

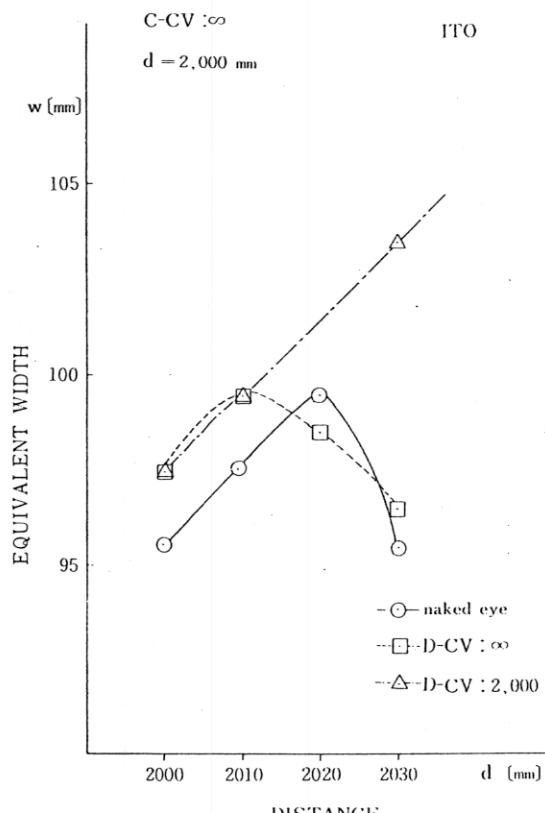


Fig. 8 Experimental result.

は、他の被験者についてもカーブ自体は、個人差によりことなるが傾向としては同様である（図8）。

一方、他の組み合わせの場合には、大きさの恒常性が保たれず、物理的な大きさの差に誘導されて、右側 CRTの像が左側 CRTの像より大きい状態で同一と判断している。図中の実線は、視角（網膜上の物体の大きさ）の等しくなる右側 CRT上の提示像の物理的大きさを示したものである。これから分かるように、距離による多少の補正是これらの提示条件下でも行われている。従って、提示条件が悪くなると、輻輳条件の歪によって、物体までの距離の認識が正しく行われなくなり、大きさの恒常性が保たれなくなるものと考えられる。

5. おわりに テレイグジスタンス系に於ける視覚提示装置の輻輳条件について試作実験装置を用いた精神物理学的実験により検討した。距離感覚に於いて歪のおきにくい条件下（例えば、カメラ系と三次元提示ディスプレイ系の両者を平行にする）で、裸眼による直接視に匹敵する恒常性がたもたれることが判明した。このことに関しては、さらにデータをふやして統計的に有意な形で検証していきたい。一方、本実験結果は、二つのカメラとディスプレイ両者の間隔を対応させながら輻輳を制御する方式の有効性を示唆しており今後そのような方式の試作装置を試作して実験を行う所存である。最後に、本実験に協力された東京工芸大の三牧靖典、伊藤 博の両君に謝意を表する。

参考文献

- [1] 館、阿部、"テレイグジスタンスの研究 第1報
- 視覚ディスプレイの設計 -," 第21回SICE学術講演会予稿集, pp.167-168, 1982.
- [2] S.Tachi et al., "Study on tele-existence (I)
- Design and evaluation of a visual display
with sensation of presence -," Proceedings
of the 5th Symposium on Theory and Practice
of Robots and Manipulators (RoManSy 84)
CISM-IFToMM, Udine, Italy , June 26-29, 1984.
- [3] S.Tachi and H.Arai, "Study on tele-existence
(II) - Three-dimensional color display with
sensation of presence -," Proceedings of the
'85 International Conference on Advanced
Robotics, Tokyo, September 9-10, 1985.
- [4] 館、荒井、小森谷、"テレイグジスタンスの研究
第3報 - 隠場感を有する視覚情報提示実験システムの設計," 第2回ロボット学会学術講演会予稿集, pp.17-18, 1984.
- [5] J.P.Guilford, Psychometric Methods, McGraw-Hill Book Company, New York, 1954.