

1. はじめに 人が直接作業を行うのが危険な作業環境下でロボットに作業を行わせる場合でも、オペレータが直接そのロボットのいる場所で作業をしているような臨場感を有して現場の状況を把握し作業を行えることが望ましい。そのようなTele-existenceシステムを構成する重要な要素の一つとして、臨場感の高い実時間提示システムがある。

このシステム実現のための基礎的研究として、オペレータの首の動きを実時間計測し、それにもとづいて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、臨場感を生じさせる方法を提案し試作装置により有効性を確認した。¹⁾ さらに、心理空間を定曲率のリーマン空間で近似し、人の裸眼による空間知覚と提示装置を介した空間知覚とを定量的に比較し装置の臨場感を評価した。^{2,3)}

前報までの報告は、単色像の提示であり、また首の運動も回転のみの1自由であり拘束されていた。本報告では、提示画像をカラー化するとともに、首の運動を空間の自由度と同一の6自由度として拘束をなくして視野の拡大を可能とする臨場視覚情報提示実験システムの概要と、視覚提示部の設計法および試作結果につき報告する。

2. 臨場視覚情報提示実験システム 図1に実験システムの概要を示す。人の首の動きはヘルメットに固定された6自由度のゴニオメータで測定され、micro VAXにより座標変換される。その情報にもとづいて6自由度の能

動型視覚提示部が制御され、人の動きに追従する。それと同時に、やはり人の動きに追従して、2台のカメラを載せた6自由度入力機構を制御する。ただし、現システムでは1自由度省略している。

映像信号は、マトロクス製画像入力装置を介して、micro VAXに取り込み適切な処理を施すか、あるいは直接、提示部に送る。

3. 視覚情報提示部の設計法 図2に理想的な視覚提示システムの構成法を示す。二つのカメラを人の眼間距離 a に等しく配置する。このカメラを載せた入力機構は前述のごとく人の首の動きにあわせ制御されている。

まず、1に示すように人の眼の動きを測定し、それにあわせカメラと提示用CRTの輻射用 θ_h と θ_r を $\theta_h = \theta_r$ となるように制御する。それと同時に X_r が決定されるのでカメラの焦点をあわせる。提示部においては、CRTの前にあるレンズ系を制御して、CRT像の虚像の位置が $X_h = X_r$ となるように制御する。同時に提示部のズーム比を変化させて $l_h = l_r$ となるようにする。

人が単色で空間を知覚する際のパラメータとして、①水晶体調節筋肉緊張弛緩、②網膜像の大きさ、③両眼の輻射角の三つがあり、上記の理想システムでは三つのパラメータが同一となるよう制御されている。

しかし、人の視覚の特性を調べると、①については、水晶体の調節を20cmに固定しても、10~50cmの輻射範囲をカバーし、1mにすれば20cmから無限遠までの輻射範囲に対応できる。従って、図2の提示像の距離 X_h は常に

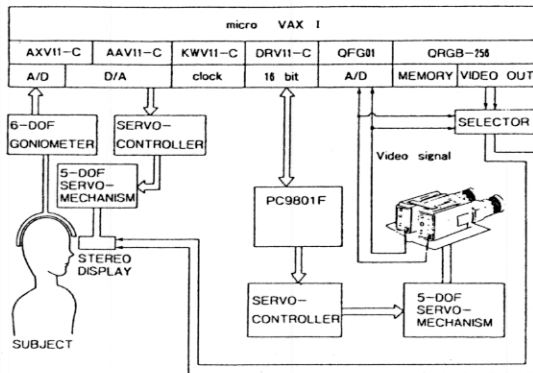


Fig.1 Schematic diagram of the experimental system.

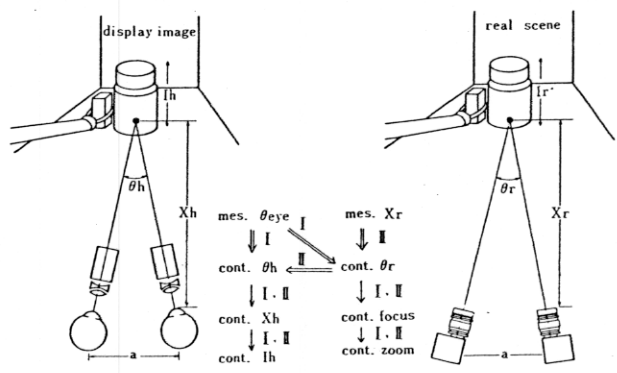


Fig.2 Design concept of display with sensation of presence.

$X_h=1$ [m] と固定しても臨場感は失われない。またこの事実は、第2報の空間知覚実験でも確認された。^{2),3)}

提示距離を1 [m] に固定すれば制御すべき変量は網膜像の大きさと両眼の輻輳角になり装置も簡略化できる。図3にその原理を示す。カメラの焦点距離を人の眼が1 [m] を見た時の値に合わせ、カメラの得た像を $P_L(A)$ $P_R(A)$ とする。BL,Rから $P_L,R(A)$ への変換 q_L,R の逆変換 q'_L,R を用いて図3の右図のように BL, BRの虚像を人の目の前に再構成すればよいわけである。

さらに実際的な設計法を図4に示す。すなわち、

① 距離 $b=1$ [m] に置いた物体の大きさを l とし、それを焦点距離 f_c のレンズで結像する。それを利用する CRT に提示し、その時の映像の大きさ l' を測定し、 β を次式で求める。

$$\beta = \frac{l'}{l} = k \cdot \frac{f_c}{b} \quad \dots (1)$$

ただし、 k は CRT の大きさに比例する定数。

② 凸レンズ系と CRT を組み合わせ CRT 上の物体像 l' の虚像を距離 b のところに大きさ l で再構成すればよいから、その時の凸レンズ系の焦点距離 f_d と、その設置すべき位置 a とは次の式で求められる。

$$a = \beta \cdot b \quad \dots (2); \quad f_d = \frac{-a \cdot b}{a - b} \quad \dots (3)$$

③ 厳密な提示系では b を測定し、それにより a と f_d とを制御する。また簡易型では例えば b を 1 [m] にして a と f_d を固定する。

4. 視覚情報提示部の試作 二種類のカラー提示部の試作を行った。一つは画像を重視した提示部で4インチのカラー CRT を用いており、他は軽量化を画って1.5インチカラー CRT を利用した。入力のカメラとしては両者とも NPN 3層構造 MOS 型半導体カラーカメラを使用している。焦点距離は計算機からの指令により、12.5~75mm まで任意に設定できる。絞りは自動的に調整される。

図4に4インチ型、図5に1.5インチ型の構造を示す $f_c=12.5$ [mm] と時の β は、それぞれ0.16, 0.053で4インチ系で $a=161$ [mm], $f=190$ [mm], 1.5インチ系で、 $a=53$ [mm], $f=60$ [mm] としている。また1.5インチ系では輻輳角を計算機からの信号で制御しうる。

参考文献

1) 館ほか、"レイグジスタンスの研究、第1報、" 第21回SICE学術講演会予稿集, pp.167-168,1982.
 2) 館ほか、"レイグジスタンスの研究、第2報、" 第3回バイオメカニズム学術講演会予稿集,

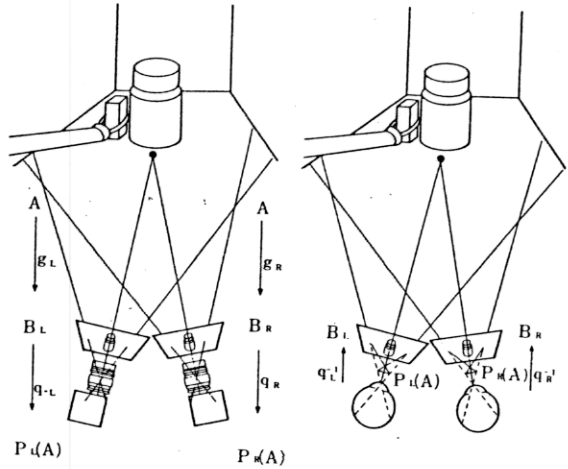


Fig. 3 Simplified system of Fig.2.

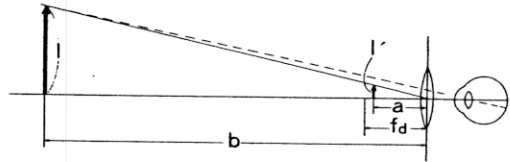


Fig.4 Design parameters.

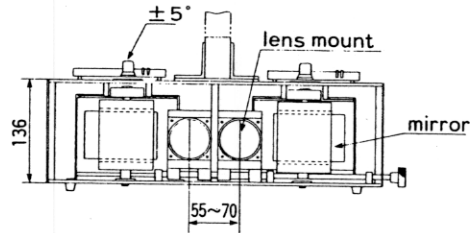


Fig.5 Display employing 4 inch color CRTs.

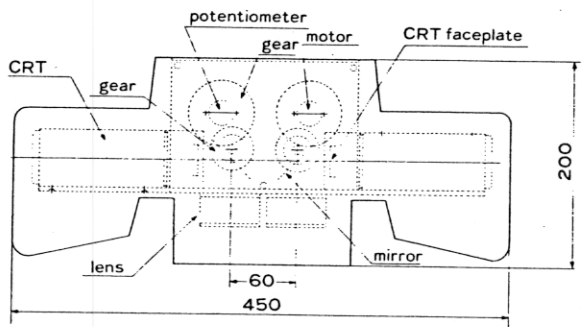


Fig.6 Display employing 1.5 inch color CRTs.

pp.211-212,1982.
 3) S.Tachi et al., "Study on Tele-existence (I)," Proc. 5th CISM-IFTOMM Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators, pp.206-215,1984.