

テレグジスタンスの研究 第14報

— 軽量頭部装着型ディスプレイの開発 —

Study on Tele-existence (XIV)

— Development of a light-weight head-mounted display —

機械技術研究所

○前田太郎, 舘 晴

Mechanical Engineering Laboratory

○Taro Maeda, Susumu Tachi

Abstract. A light-weight head-mounted stereoscopic full-color display for remote operation is presented. The weight of the display is 0.6 kg, and the binocular field is 60 degree for horizontal, and 45 degree for vertical. The resolution of the display is 0.10 pixel/min which corresponds to the visual acuity of 0.10.

1. はじめに

テレグジスタンスに用いられるヒューマンインタフェースにおいて最も重要となるのはオペレータへの視覚情報の提示系であり、これには十分に広い視野と高い臨場感が要求される。この要求を満たす系として我々が提案してきたのが頭部運動の実時間測定による頭部運動追従型の立体視覚提示装置である。遠隔臨場制御系においては、一般に系の特性を人体の特性に合致させることが望ましいとされている。そのためにはこれらの装置は人体にかけられる負荷が小さいことが設計上望ましい。そこでこれらの測定・提示をオペレータに対して非拘束におこなうための装置を設計・試作した。

2. 立体視覚提示装置への要求

視覚への立体提示装置において十分な臨場感を得るためには視野角を大きくとることが要求される。ことにスレーブ側が移動ロボットの場合には両眼視差のみならず運動視差も効果的に作用するだけの視野角(水平 60° 垂直 45° 以上)が要求されることになる。また、正しい空間認識を得るためには系の光学的な関係を本来の視覚に一致させることが重要であり、これは作業特性を左右する¹⁾。以上の条件を満たし非拘束に、なおかつテレグジスタンス系の特徴である頭部運動の計測による視野領域の変更を可能にする装置として頭部装着型ディスプレイが考えられる。しかし従来は装置の重量が3~7Kgと重く、外部からの支持と制御なしには操作が困難であった²⁾。そこでカラー液晶ディスプレイパネルを用いて軽量ディスプレイの試作を行なった。

3. 頭部装着型ディスプレイの試作

試作一号機をFig. 1に示す。総重量1.7Kg、ディスプレイ部のみの重量620gで、4インチカラー液晶ディスプレイ(H320×V220dot)を2台並べて用いている。頭部の位置・姿勢の計測には磁場検出センサーを用いた。提示系の光学的関係とシステムの構成をFig. 2に示す。接眼レンズは軽量化のため眼鏡フレームに収めて着用する。また軽量化を考慮し光学系を極力省略したためにディスプレイ中央と視線中央がずれている(視野外側 21.5°)が、これは画像の入力系に同様の関係を持たせることで解決可能である。ピント調節による立体視上の制約を避ける為ディスプレイ面の虚像提示距離は1m以上になるように接眼レンズを設定する。この提示系に対し入力としてコンピュータグラフィックスによる入力とCCD TVカメラによる入力を用いて臨場感を調べた。その結果、つぎのような問題点が明らかになった。

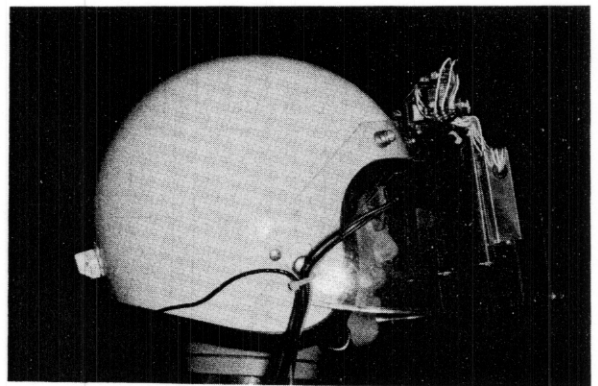


Fig. 1 Head-mounted Display Prototype Mk. I

- 1) 画質が粗い。
- 2) 立体感のある領域が狭く感じられる。
- 3) 光学的な歪みによって左右像の融合が妨げられる場合がある。

1)は画素数と視野角の関係から解像度が視力換算で0.07*しかない為である。実用的には遠隔操作車両による屋外での高速移動などを想定した場合、単眼視力にして0.3程度の解像度が必要と考えられる。

この系は内側(鼻側)視野角が22.5°であるから約45°の両眼像の融合可能領域を持つ。2)はこの立体視可能な領域の不足のためである。また両眼視差による弁別能力は視野が45°より狭くなると低下することが知られており、これも立体視可能な領域をさらに狭く感じさせている要因であろう。対策としては液晶ディスプレイの内側の"余白"に相当する部分を物理的もしくは光学的に除去する必要がある。

3)は視野が単眼で72°両眼で100°と広角になったために画像入力用カメラに広角レンズを用いたことと入力系の光学系が提示系と完全に一致したものでなかったことが、主な原因である。この系では融合視野内の対象はレンズの端に近い所で捉える為、収差による変形で融合が困難になった。入力系の光学的関係を改善するか、視線中央に光学系の中央を一致させるような措置が必要である。

また一方で次の様なこともわかった。すなわち、接眼レンズ系を眼鏡を用いて装着することにより従来の"のぞき窓"型の提示系よりも枠の存在を意識させずに眼球運動を制限し³⁾、頭部運動を誘発させやすく臨場感を阻害しにくいようである。これは頭部運動追従型の視覚提示装置において広い単眼視野角を確保しづらい場合においては重要な要素となる。

* 換算視力 = $1 / (1 \text{ 画素あたりの視野角} [\text{min}])$

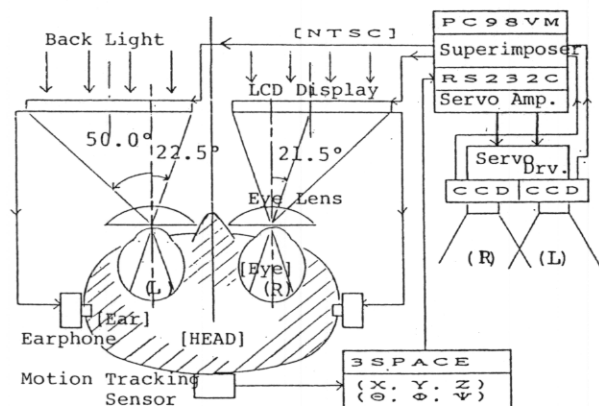


Fig. 2 Blockdiagram of Prototype Mk. I

4. 遠隔作業系としての検討

以上の問題点を考慮して二号機を試作した。Fig. 3にこれを示す。総重量は600gにまで軽量化されている。液晶ディスプレイには3インチ(H372×V240 dot)の素子を用いて配置を工夫することで内側余白部をほぼ無くし視線中央を表示面中央に一致させてある。視野は内側・外側共に30°、解像度は換算視力で0.1である。これは解像度の不足を除けば、ほぼ前述の要求を満たすものである。NTSC信号によってカラー画像を伝送する方式における解像度は最大でも換算視力にして0.13であり、この値が上限となる。

5. まとめ

遠隔臨場制御システムにおける視覚提示システムとして、軽量化した頭部装着型ディスプレイを試作し、その特性を検討した。今後の課題として高解像度化・広視野化があげられるが、水平60°垂直45°の視野、視力換算で0.3の解像度という基本的要求を満たすだけでも水平解像度1080本、垂直解像度810本もの画像信号が要求されることになり、RGB信号伝送等による方法も考えられるものの、遠隔臨場制御においては信号の無線伝達の要求もあり、高品位TV放送技術の適用が必要であろう。

参考文献

- 1) 荒井ほか: テレグジスタンスの研究 第8報, 第26回 S I C E 学術講演会予稿集, pp. 337/338
- 2) 前田ほか: テレグジスタンスの研究 第11報, 第5回 ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 95/96
- 3) 金子弘ほか: すり分けレンズによる眼球運動制限眼鏡の試作, 日本眼光学学会誌 vol. 7, No. 1 (1986)
- 4) S. S. Fisher et al.: VIRTUAL ENVIRONMENT DISPLAY SYSTEM, ACM 1986 WORKSHOP ON INTERACTIVE 3D GRAPHICS.

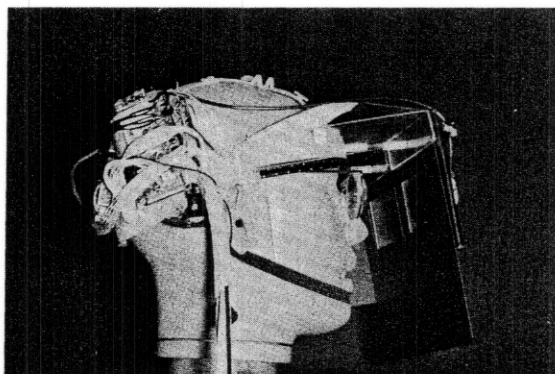


Fig. 3 Head-mounted Display Prototype Mk. II