

テレグジスタンス用能動ディスプレイの開発

Development of an Active Display for Teleexistence

妻木勇一, 佐藤拓也

Yuichi Tsumaki and Takuya Sato

弘前大学

Hirosaki University

キーワード: 能動ディスプレイ (Active display), テレグジスタンス (Teleexistence), パラレル機構 (Parallel mechanism) テレロボット (Telerobot), 仮想現実 (Virtual reality)

連絡先: 〒 036-8561 弘前市文京町 3 番地 弘前大学理工部知能機械システム工学科
妻木勇一, Tel: (0172)39-3686, E-mail: tsumaki@cc.hirosaki-u.ac.jp

1. はじめに

ロボットを遠隔操作することで, あたかも操作者が遠隔地にいるかのような感覚を与えるテレグジスタンスと呼ばれる技術がある. このようなシステムでは, 人間の五感に対し高い臨場感を呈示できることが重要であり, これを実現する方向で研究が進められている. この場合, ロボットの相手は主に遠隔地の環境や物であり, 情報呈示技術は主に操作者に対し行われる.

一方, このようなバーチャルリアリティ技術を利用した遠隔会議システムの研究も盛んに行われるようになってきた. 遠隔会議システムの場合, 遠隔地に居る者同士があたかもすぐそばで会話しているかのような臨場感を呈示できることが重要である. このような人間同士のコミュニケーションを実現するためには, 双方向に対し臨場感のある情報を呈示する必要がある. すなわち, 参加者の顔や動作を双方向に伝える必要がある.

これに対し, これまで我々は, 小型のロボットを通して人間同士がコミュニケーションを図ることができるテレコミュニケーターと呼ぶシステムを提案してきた^{1), 2)}. 本システムは, 一種のテレグジスタンスシステムであり, 操作者がロボットの周囲に居る人とその場の雰囲気や感覚を共有することを目指している. すなわち, 第三者として, 遠隔地の状況を観察するだけではなく, あたかもその場に居るかのような感覚で遠隔地に居る人とコミュニケーションを図り, ロボットの回りに居る人も違和感なく操作者とのコミュニケーションが図れることが目標である. したがって, ロボットの周りの情報を操作者に提示するだけではなく, 操作者の情報もロボットの周囲に居る人に提示する必要がある. このことは, 操作者の表情や動作もロボット側に送る必要があることを意味している.

一方, テレコミュニケーターのシステムにおいて, これまで, 操作者のインタフェースに関しても検討を行ってきた³⁾. その結果, 頭部に装着す

るヘッドマウントディスプレイと頭部の動作を計測するセンサを用いて、操作者の頭部の動きに合わせた映像を呈示する方法が高い臨場感を得られることがわかった。しかしながら、このような装着型のディスプレイは、操作者の表情が隠れてしまうという大きな欠点を持つ。また、操作者は、手元が見えないため、単純な操作しか行うことができない。さらに、一般に VR 酔いと呼ばれる一種の車酔いを起こす可能性も高い。このため、全体的な評価としては、通常のディスプレイによる表示の方が被験者の評判は高かった。

このようなヘッドマウントディスプレイの高い臨場感と通常のディスプレイの操作性を併せ持つディスプレイ方式として、可動式のディスプレイが考えられる。すなわち、操作者の頭部運動に合わせてディスプレイを動かすことにより、高い臨場感を実現するシステムである。頭部からディスプレイが離れているため、操作者は、手元を自由にすることも出来、良好な操作性も確保できると考えられる。また、操作者の表情や動作はディスプレイにさえぎられる事がなく、これらの情報を遠隔地に送ることも容易となる。なお、このようにディスプレイを動かす例として、操作者がディスプレイを持って動かす BOOM 3C や、能動的に動かす push-640 と呼ばれる製品が存在する^{4), 5)}。しかしながら、これらは、頭部をディスプレイ部に密着して使用するため、操作性の点からも、オペレータの表情が隠れてしまう点においても、本目的には適合しない。また、プロジェクタを用いてソフトウェア処理により映像を動かすマイクロドームシステムと呼ばれる映像呈示システムも提案されているが、解像度を上げる事は難しく、微細作業を対象としたシステムであるため、対象物が小さなものに限られている⁶⁾。また、操作者の周囲にスクリーンを張り、映像を呈示する没入型ディスプレイ CAVE も存在するが、巨大な装置を

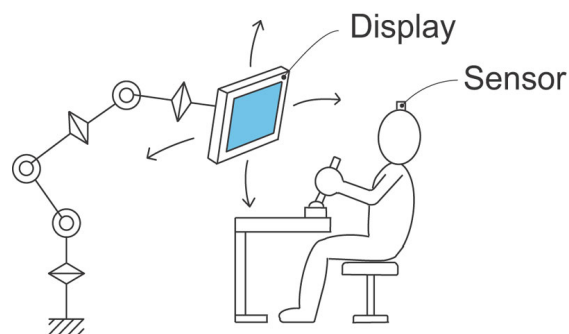


Fig. 1 Concept of an active display system.

必要とすることと、全周に映像を呈示するため、大量の映像データが必要となる欠点がある。

そこで、本論文では、操作者を中心にディスプレイを能動的に動かすことで、高い臨場感と同時に操作しやすい環境を実現する能動ディスプレイシステムを提案する。提案するシステムは、平行機構を用いてディスプレイを動かすため、比較的小型にすることができ、一度に必要とする映像データ量も CAVE に比べると抑えられるという利点がある。提案するシステムの設計概念および実際に設計した機構について述べる。

2. 能動ディスプレイの検討

ヘッドマウントディスプレイの臨場感と通常のディスプレイにおける操作性の良さを両立するディスプレイとして、能動ディスプレイを提案する。なお、ここで言う操作性の良さとは、操作者が容易にかつ自然に手元を見ることができ、ロボットを操作するためのマスタデバイス(キーボードやジョイスティック等)に容易にアクセスすることができるという意味である。

提案する能動ディスプレイシステムの概念図を Fig. 1 に示す。図に示すように、本システムでは、操作者の頭部運動をジャイロセンサあるいは磁気センサ等のセンサにより計測し、ディスプレイを頭部運動に合わせて機械的に動かすシステムである。これにより、操作者の見たい方向の映像を高

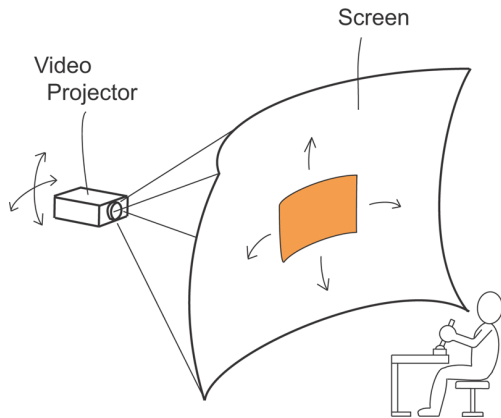


Fig. 2 An active display with a video projector.

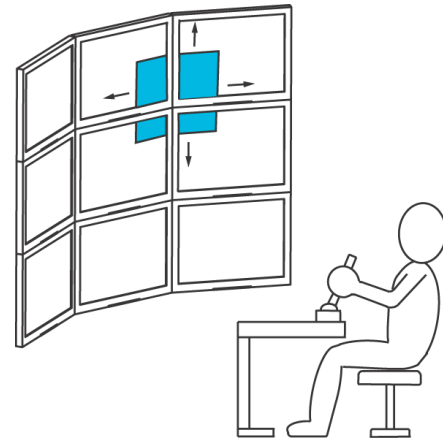


Fig. 3 An active display with multi monitors.

い解像度で呈示することが可能となる。

なお、映像を頭部運動に合わせて動かす方法は、この他にも Fig. 2 に示すように、球面スクリーンにプロジェクタを用いてソフトウェア処理により映像を動かしたり、プロジェクタそのものを物理的に動かして映像を動かす方法が考えられる。また、Fig. 3 に示すように、複数のモニタを用いて、その中でソフトウェア処理により画面を動かす方法が考えられる。しかし、プロジェクタを用いる方法は、装置が大掛かりになる欠点がある。また、遅れなく動画像をソフトウェアで動かすことは難しいと考えられる。複数のモニタを用いる場合は、装置の小型化が可能であるという利点があるが、ソフトウェアで動かす場合の問題とモニタ間のつなぎ目の問題が残る。

以上のことより、ここでは、機械的に一つのディスプレイを可動する方法を採用する。機械的に動かすため、ソフトウェアの制限を受けることなく、動画像を頭部運動に合わせて動かすことが可能である。

3. 機構設計

上述した能動ディスプレイシステムの有効性を検証するために、プロトタイプモデルを設計した。

詳細を以下に示す。

3.1 自由度

操作者の頭部運動に完全に追従させるためには6自由度の自由度が必要である。しかし、頭部運動の中心が変動せず、頭部運動がアジマス角とエレベーション角のみと仮定すると2自由度の自由度がディスプレイの最小自由度となる。すなわち、ディスプレイは、操作者の頭部運動の回転中心を中心とする球面上を運動することとなる。長時間の操作では、オペレータが一定の姿勢を取り続けることは困難であるが、短時間の間であればこの仮定は十分成立すると考えられる。また、ロール角の変動は、通常あまり見られないことから、プロトタイプモデルは、この仮定に基づき設計を行うこととした。

3.2 機構の検討

上述の仮定より、ディスプレイは、操作者の頭部運動の中心を中心としてアジマス角とエレベーション角だけ動かせばよい。このような運動を実現する機構として、以下の機構が考えられる。

- 直動関節型シリアル機構
- 回転関節型シリアル機構

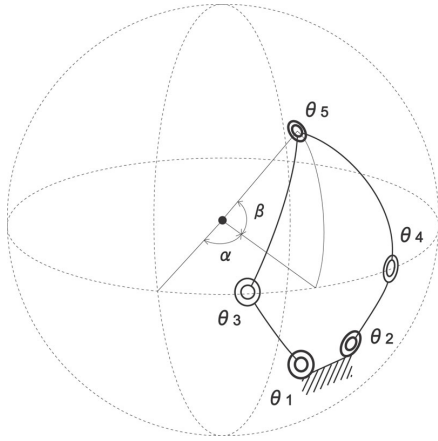


Fig. 4 A spherical 5 link parallel mechanism.

● パラレル機構

直動関節型シリアルマニピュレータ以外は、ディスプレイを水平面に常に平行に保持する工夫が必要である。可動領域が平面の場合は、平行リンク機構等の利用が考えられるが、球面運動のため、平行を保つ機構を実現することは難しい。しかし、直動関節型は、装置が大掛かりになるという欠点を持つ。一方、ディスプレイは約 2.7 [Kg] 程あるため、比較的高出力なものが望ましい。以上のことより、機構の小型化も容易なパラレル機構を採用することとした。球面上を動くパラレル機構として、Fig. 4 に示す球面 5 リンク機構を使用する。この機構は、ジンバル機構等に採用されている機構であり、全ての関節軸が一点で交わる必要がある⁷⁾。 θ_1, θ_2 にモータが配置され、残りは受動関節である。なお、ディスプレイの回転を補正するため、 θ_5 の位置にもう一軸アクチュエータを配置した。したがって、全体で 3 自由度を持つ機構となる。

3.3 機構パラメータの選定

パラレル機構を採用する場合、リンクパラメータの選定が重要である。ここでは、オペレータとの干渉と可動範囲を考慮してリンクパラメータを決定した。目標とする可動範囲を Table 1 に示す。

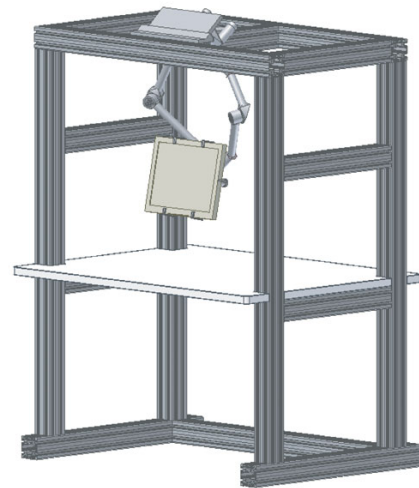


Fig. 5 Overview of the prototype model.

Table 1 Work space.

Azimuth	± 25 [deg]
Elevation	± 25 [deg]
Radius	450 [mm]

この結果、球面 5 リンク機構の土台を上部に持ってくることで、操作者との干渉を抑えつつ、目標としている可動範囲を実現できることがわかった。

最終的に決定したリンクパラメータを Table 2 に示す。なお、これは半径を 450 [mm] とした時の、中心からみた関節間角度である。

3.4 全体設計

上述した、リンクパラメータを用いて設計したプロトタイプモデルの概観図を Fig. 5 に示す。また、ディスプレイ付近の詳細を Fig. 6, 7 に示す。なお、モニタには、15 インチの液晶ディスプレイを使用する。

4. まとめ

ロボットを遠隔操作するテレグジスタンス用の能動ディスプレイを提案し、これを実現する機

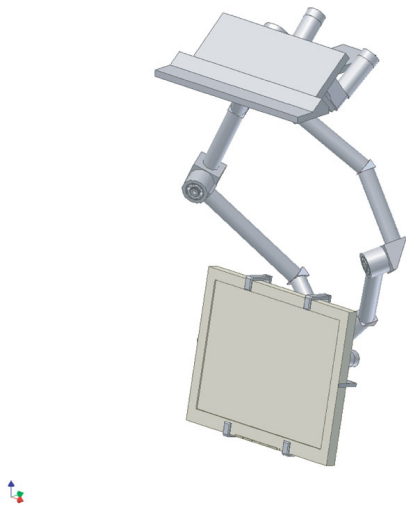


Fig. 6 Front view of the active display.

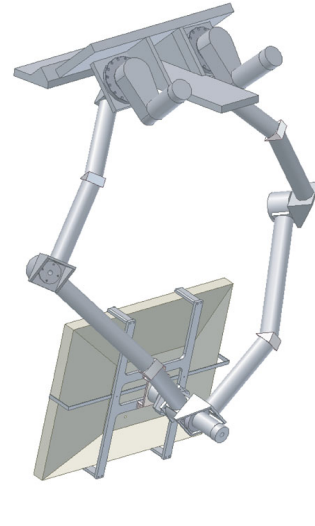


Fig. 7 Back view of the active display.

Table 2 Mechanical parameters.

l_1	12 [deg]
$l_2 = l_3$	30 [deg]
$l_3 = l_4$	36 [deg]

構に関する考察を行った。提案する能動ディスプレイは、操作者の頭部の動きに自動的に追従し、操作者が見たい映像を高い解像度で呈示可能なシステムである。また、操作者は、頭部の動きを計測するための機器を装着するだけで良い為、拘束感がなく、自由にマスタデバイスにアクセスすることができる。なお、本研究は、文部科学省科学研究費補助金若手研究 (A)(#14702031) により行われた。

参考文献

- 1) 妻木勇一, D. N. Nenchev, 内山勝, テレコミュニケーター, 日本機械学会 [No. 98-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'98 講演論文集, No. 2CI3-6, 1998.
- 2) Y. Tsumaki, Y. Fujita, A. Kasai, C. Sato, D. N. Nenchev and M. Uchiyama, Telecommunicator: A Novel Robot System for Human Communications, Proceedings of the 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp. 35-40, 2002.

- 3) 妻木勇一, 菅原康人, 葛西昭治, 藤田雄太郎, ウェアラブルテレコミュニケーターの操作インタフェース, 日本バーチャルリアリティ学会第8回大会論文集, 2B1-4, 2003.
- 4) <http://www.fakespacelabs.com/products/boom3c.html>
- 5) <http://www.fakespacelabs.com/products/push640.html>
- 6) 佐野明人, 藤本英雄, 梶野英紀, マイクロドームシステムによる直観的遠隔操作, Vol. 20, No. 8, pp. 82-89, 2002.
- 7) Y. Tsumaki, H. Naruse, D. N. Nenchev and M. Uchiyama, Design of a Compact 6-DOF Haptic Interface, Proceedings 1998 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Leaven, Belgium, pp. 2580-2585, 1998.