センサフュージョン機能を有する人工現実感システムの研究（第１報）

―システムの構成―

東京大学先端科学技術研究センター　○柳田　康幸　舘　暲

Sensor Fusion Based Virtual Reality System (I)

—System Configuration—

○ Yasuyuki Yanagida and Susumu Tachi　RCAST, The University of Tokyo

1. はじめに

人工現実感技術は、最適設計支援システム、体験的シミュレーション、機械と人間とのインタフェースなど、様々な分野での応用が期待されている。仮想空間内への高度な臨場感を人間に生じさせるためには、視覚、聴覚、触覚、力感覚などの異種情報を融合する人間の感覚情報の統合メカニズムに適応する人工現実感を創出する必要がある。

本研究では、複数の入出力チャンネルを有する仮想環境提示システムの実現を目指す。その第１段階として、人間の運動検出と視覚の提示によるシステムを構成したので、報告する。

2. システムの特徴と方向性

システムの構築にあたり、留意した点を以下に示す。

- 自然な３次元仮想空間が構成されること。そのためには、画像の生成・提示の幾何学を十分考慮する必要がある。
- 高速であること。オペレータと仮想環境との相互作用が実時間で生じるために必要である。
- 自由度が大きいこと。本システムはオペレータの動作として17自由度を計測しているが、これにより、オペレータの自然な動きを仮想環境の中で実現することができる。
- 環境への自己投射性があること。自分の体や腕などが見えることにより、オペレータが仮想環境の中へ入り込んだような感覚を与える。
- 異種感覚情報に対応可能なこと。本報告では視覚系を中心にシステムを構成したが、他の感覚情報の付加・拡張が無理なく行えることが必要である。

3. システムの構成

システムの構成を Fig.1 に示す。

オペレータの運動は、人間運動計測装置によって実時間で計測され、計測用計算機に読み込まれる。その情報は仮想環境構成・視聴覚情報生成用計算機に送られ、仮想環境モデルと人間運動の情報を用いて左眼および右眼用画像がCRT

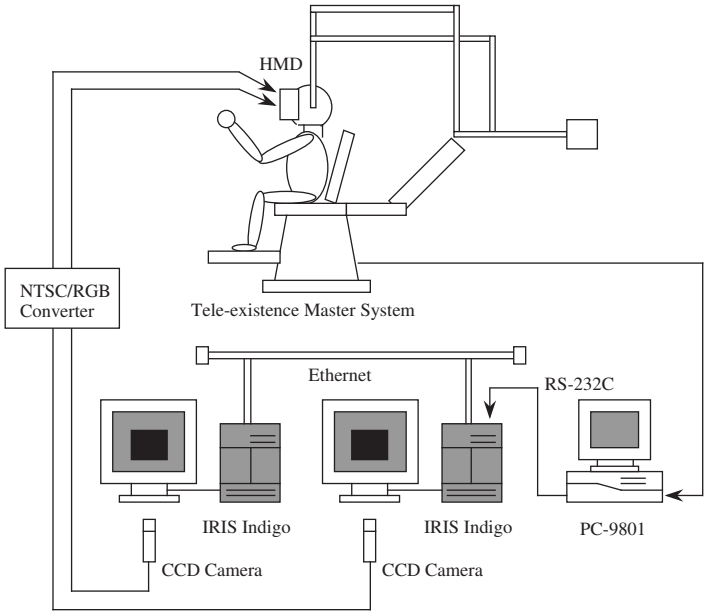

Fig. 1. Configuration of the Virtual Reality System.

上に表示される。この画像をCCDカメラによって撮影し、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)を用いてオペレータに提示を行う。

以下、各々の部分について説明を行う。

人間運動計測部

オペレータの運動の計測は、テレイグジスタンス作業用マスタシステム[1]によって行う。この装置は、頭部運動（並進３自由度、回転３自由度）、上肢運動（７自由度）、ハンド開閉（１自由度）、およびジョイスティック（３自由度）の計17自由度の情報を計測可能である。これらの情報はロータリーエンコーダおよびポテンショメータによって計測され、カウンタボードおよびA/D変換ボードを通して計測用計算機（NEC製PC-9801）に読み込まれる。本計測システムでは、市販されている３次元位置計測デバイス（磁気センサ）などと比べて、非常に高速に計測を行うことができる（サイクルタイム $1\,kHz$）。

仮想環境構成・視聴覚情報生成用計算機

Silicon Graphics社のグラフィックスワークステーションIRIS Indigo/ElanおよびXS24をEthernetで接続して運用

している。これらのマシンは高速なグラフィックスハードウェアを搭載し（Elan: 100k 四角形ポリゴン / 秒、XS24: 25k 四角形ポリゴン / 秒）、仮想環境の画像をリアルタイムで生成することが可能である。また、DSP を含むオーディオサブシステムを搭載しており、視覚・聴覚情報を統合的に扱うことに適している。

データの転送

計測用計算機 (PC) から仮想環境構成・視聴覚情報生成用計算機へは、シリアル回線 (9600 bps) を用いて運動情報の転送を行っている。計測される 17 自由度の情報を全部送る場合、データの更新レートは毎秒 11 回程度である。これはオペレータにあまり違和感を感じさせない程度の速度である（これについては定量的な評価が必要であろう）が、仮想環境の構成が単純な場合には描画の速度の方がデータ更新レートよりも速く（210 四角形ポリゴン + 102 3D ベクトルの描画を左右 2 画面分行って 28 フレーム / 秒）、このデータ転送がシステムのボトルネックとなる。この部分を高速化する方法として、ワークステーション同士を接続している Ethernet に PC を直接つなぐことを予定している。

PC からシリアル回線を経由して送られてきたデータは、一旦ワークステーション上のデータサーバプロセスで受け取られ、UNIX のプロセス間通信の機能を利用して描画プロセスなどのクライアントに送られる。これは、左眼、右眼用画像を別々のマシンで生成する場合や仮想環境の計算の分散処理などに対応するために、（PC からデータを受け取ったマシンを含めて）ネットワーク上の全てのマシンで同じようにデータを利用可能にすることを目的とするものである。ここでは、2 通りの形態を用意した。

a) クライアントがサーバにデータ送信要求を行い、サーバが要求を受け付けた時点で保持しているデータをクライアントに送信する形態。
b) サーバが PC からのデータを 1 組受け取るごとにマルチキャストでデータをネットワーク上に流す形態。この場合、クライアントは I/O 割り込み処理によってデータの読み込みを行う。

クライアントのデータ要求頻度と PC からのデータ更新頻度を比較して、更新頻度が大きい場合（仮想環境が複雑で描画に時間がかかる場合など）は a) の方がネットワークの負荷が小さく、逆に更新頻度が小さい場合は b) の方が負荷が小さくなる。

CRT- カメラ -HMD 系の較正

本システムでは、ワークステーションのディスプレイ (CRT) 上に左眼 / 右眼用の画像を表示し、それぞれを CCD カメラ（SONY 製 38 万画素）によって撮影して頭部搭載型ディスプレイ (HMD) に提示している。この方式の場合、CRT 上の画像と HMD に提示される画像との対応付けを正確に行うことが重要である。すなわち、オペレータが HMD を通して見る物体の像の空間的位置と仮想空間内の物体の位置とが一致するようにしなければならない。

これを行うには、CRT 上に開くウィンドウの枠とカメラの視野の端の矩形（HMD の視野の端）とを一致させ、HMD の視野の端とオペレータの眼で構成される錐体と、グラフィックス生成時に視点と像面の矩形（ビューポート）で構成される錐体とが一致するようにする。

本システムでは、カメラは CRT の前に置いた三脚に据え付けているだけなので、CRT に開くウィンドウの位置と大きさをソフトウェア的に調整して、手軽に較正を行えるようにした。この操作は、オペレータが HMD を装着し、テストパターンを描いた左眼・右眼用のウィンドウの隅をジョイスティックで移動させて、HMD の視野の隅と一致させることにより行われる。

画像の生成

仮想環境は実物大の寸法で記述し、モデリング変換（仮想空間の中での物体の移動・回転）、ビューイング変換（視点の位置・方向の指定）、投影変換（平面への投影）を施してウィンドウ上に表示する。

ビューイング変換には、オペレータの体の仮想空間内での位置・姿勢、体と頭部の位置・姿勢の関係、頭の中心と左眼 / 右眼の位置関係が全て含まれる。頭部の位置・姿勢が計測されるので、この変換に計測データを入れることにより、「まわりこんでのぞきこむ」などの動作が可能である。

仮想空間の中にオペレータ自身を描くことにより、オペレータは HMD を装着しているにもかかわらず自分自身を見ることができ、自分がロボットや仮想人間としてそこに存在するかのような感覚を有して仮想空間内を動き回ることが可能である。

4. おわりに

異種感覚の統合に適応するする人工現実感システムの方向性を示し、主に視覚系についてのシステムを構成した。今後は、本システムに聴覚、力感覚などの提示機能を付加していくとともに、複数の感覚情報生成に適合する仮想環境モデル構成法を研究する。また、本システムを用いて提示法やモデルの各種パラメータ等を操作しながら定量的な評価実験を行い、人間の知覚にとって重要な要素を明らかにしていく所存である。

参考文献

1) 舘、荒井、前田：テレイグジスタンスの研究 第 18 報、第 28 回計測自動制御学会学術講演会、433/434 (1989)
2) 前田、舘：テレイグジスタンスの研究 第 23 報、第 8 回日本ロボット学会学術講演会、253/256 (1990)