

# 多面ディスプレイ内での直感的作業に関する研究

浅野 良直\* 藤井 勝敏\* 窪田 直樹\*\*

## Study on Intuitive Work in a Full Immersive Display System (COSMOS)

Yoshinao Asano\*, Katusutoshi Fujii\* and Naoki Kubota\*\*

あらまし バーチャルリアリティシステムのひとつに、複数の大型スクリーンを利用して3Dモデルを実寸で仮想空間に表示しユーザの没入感を高めた没入型多面ディスプレイがある。このようなシステムを複数利用して仮想空間の共有を図ることで、新製品のデザインを実寸で確認しながら遠隔地の相手とディスカッションを行うシステムが研究されている。その際に必要となる技術のひとつに“位置あわせ”がある。本研究では、データグローブを利用して、没入型6面ディスプレイCOSMOSにおけるモデルの位置あわせの精度について検討を行った。また、位置あわせの利用例としてエンジンのアSEMBルシミュレーションの開発を行った。COSMOSではデータグローブに対応したモデルを表示しなくても、ユーザの手で直接モデルを操作することが可能である。しかし、位置あわせを行う場合にはデータグローブの動作に対応したモデルを表示した方が高い精度で位置あわせを行うことが確認できた。

キーワード VR, COSMOS, アSEMBルシミュレーション

### 1. まえがき

バーチャルリアリティ(VR)の分野で利用される主な表示装置としてはCRTディスプレイやヘッドマウントディスプレイ(HMD)があげられる。しかし、これらの表示装置では“視野が狭い”, “実寸での表示ができない” “ユーザの頭部への負荷が大きい”などの理由から仮想空間への没入感が低いといった問題がある。仮想空間への没入感を高めた表示装置として没入型多面ディスプレイがある。この装置はプロジェクタを照射装置とした大型ディスプレイを複数利用したものであり、視野を広くすることができ、実寸での表示が可能となる。

このような没入型多面ディスプレイには前面、左面、右面、床面の4面で構成されているCAVE(イリノイ大学), CAVEに上面を加えた没入型5面ディスプレイのCABIN[1](東京大学), そしてCABINに背面を加えた没入型6面ディスプレイのCOSMOS[1](岐阜県科学技術振興センター)(図1)がある。このうちCAVEやCABINはCRTディスプレイ等に比べて視野角は広いが、表示されたモデルを全ての方向から確認することはでき

ない。しかし、COSMOSはユーザの全方位をディスプレイで囲むため、全ての方向からモデルを確認することが可能である。

このようなシステムの用途としては家屋の間取りや外観などの建築シミュレーションの他に開発中の製品デザインのシミュレーション、危険を伴う作業に対する訓練シミュレーションなどがあげられる。

また、遠隔地にあるシステムとの間で仮想空間を共有することで、遠隔地の相手と様々なディスカッションも可能になる[2]。仮想空間でユーザがモデルを正確に指示し、操作することはディスカッションを行う上で重要な要素となる。その要素の1つとして、仮想空間でモデルを操作した場合の“位置あわせ”がある。そのため、本



図1 没入型6面ディスプレイ(COSMOS)

Fig.1 Immersive 6-screen Display COSMOS

\*情報システム部  
Information System Division

\*\*メカトロ応用部  
Mechatronics Division

研究では3次元位置測定装置とデータグローブを組み合わせたインタフェースを利用して、仮想空間に表示されたモデルを指定した位置に移動させた場合における誤差を測定し、仮想空間における位置あわせの検討を行い、さらに、位置あわせを必要とする作業例としてCOSMOSにおけるアセンブルシミュレーションの開発を行った。

## 2. インタフェースについて

### 2.1 3次元位置測定装置

COSMOS内でユーザの視点位置等を計測するために3次元位置測定装置(図2)であるUltraTrack(Polhemus製)を使用している。センサには3次元磁気センサが使用されており、空間におけるXYZの各座標値に加えて、各軸まわりの回転角度(X軸:ピッチ, Y軸:ロール, Z軸:ヨー)の6自由度をリアルタイムに計測ができる。



(a) sensor

(b) Transmitter

図2 3次元位置測定装置

Fig.2 Magnetic 3D motion tracking system

### 2.2 液晶シャッター付き眼鏡

COSMOSに映し出される映像に同期して液晶シャッターが開閉するCrystalEyes(StereoGraphics製)(図3)を使用することで立体視を得ることができる。COSMOSではCrystalEyesに3次元磁気センサを取り付けてユーザの目の位置及び傾きを計測し、ユーザの目の位置にあわせた立体視映像をリアルタイムに投影している。



(a) Liquid crystal shutter glasses

(b) mount a magnetic 3D sensor

図3 液晶シャッター眼鏡

Fig.3 Liquid crystal shutters glasses

### 2.3 データグローブ

データグローブを使用することでモデルの把持や移動、回転をユーザの手の動きに合わせて操作することができるため、仮想空間での様々な作業を直感的に行う事が可能になる。COSMOSではデータグローブとしてSuperGlobe(日商エレクトロニクス製)(図4)を使用した。また、COSMOSで手の位置を検出するためSuperGlobeの手首部分に3次元磁気センサを取り付けて、手の位置を測定し、データグローブによるモデルの操作を行った。

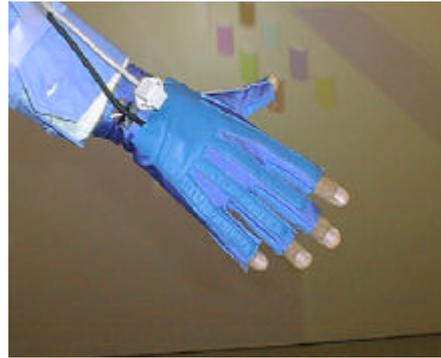


図4 データグローブ

Fig.4 Data Glove

## 3. 位置あわせの精度

### 3.1 実験方法

実験では図5のようにユーザの正面および右側に仮想テーブルを配置した。さらに、右のテーブルに飲料水の缶と同サイズ(直径:6.5cm,高さ:12cm)で異なる色のついた仮想物体(以下仮想缶)6個を、正面のテーブルには仮想缶と同じ色のマークを配置した。被験者はデータグローブおよび液晶シャッター付き眼鏡を装着してCOSMOSに入り、データグローブを装着した手を仮想缶の位置に移動させて、握ることで仮想缶を把持する事ができ、把持した状態で手を動かすことにより移動および回転を行うことができる。そして、「仮想缶をマークの上に正確に合うように垂直に移動させよ」と指示を与えた。

データグローブはCRTディスプレイやHMDなどの表示装置で使用する場合、その動きに対応した手のモデル(以下ハンドモデル)を表示して仮想空間での作業が行われるが、COSMOSではハンドモデルを表示しなくても直接操作する事が可能である。そこで、ハンドモデルを表示した場合と表示しない場合で作業を行い、作業後に仮想缶の中心とマークの中心との距離と傾きを調べ、仮想空間に表示されているモデルを指定した位置に移動させた時の位置のずれと傾きの精度について測定を行った[4]。

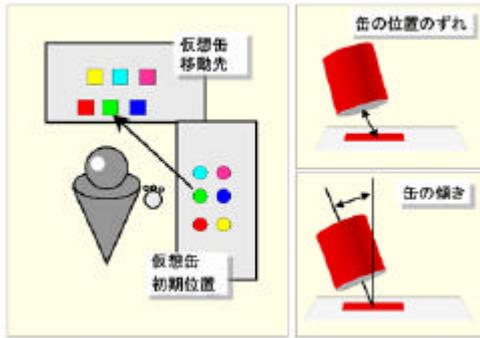


図5 実験の概略図  
Fig.5 Experimental illustration

### 3.2 実験結果

今回は成人男性6人を被験者として実験を行った。

位置のずれの結果を図6に、また、傾きのずれの結果を図7に示す。これらの結果においてCOSMOSにおけるモデルの位置あわせは数cm以下の誤差で合わせることができ、傾きも10度以下の誤差位で合わせることができた。

ハンドモデルを表示した場合と表示しない場合で比べると、位置のずれの差は1cm以下であった。しかし、一部を除いて、ハンドモデルを表示させた方が位置のずれが少ない傾向を示した。このような原因のひとつとして、3次元磁気センサの測定座標をユーザが認識できた点が考えられる。3次元磁気センサは金属の影響を受けやすく、正確に指示した座標を測定することができない。そのためハンドモデルを表示することでユーザは測定座標を認識でき、仮想缶を操作しやすくなるため位置のずれが少なくなったと考えられる。

## 4. アセンブルシミュレーション

### 4.1 アセンブルシミュレーションの開発

位置あわせ技術を使用するアセンブルシミュレーションとして、実際の訓練には危険を伴い、さらに、高精度の組立が必要となるエンジンのアセンブルシミュレーションの開発を図ることにした。

シミュレーションの開発にはリアルタイム処理ができ、多くの汎用的なモデルデータの使いが出来る IRIS Performer ライブラリを利用した[5]。

エンジンは機構ごとに分割して部品点数を8点にして行い(図8)、モデリングは工業デザインの分野で利用されている SOFTIMAGE 3D (Avid Japan 製)で行った。但し、IRIS Performer ライブラリは SOFTIMAGE 3D のモデルデータに対応していないため、IRIS Performer のオブジェクト階層やテクスチャマッピングなどの概念を表現している Open Flight フォーマットにモデルデータを変換して、シミュレーションでの利用を行った。

### 4.2 エンジンアセンブルシミュレーション

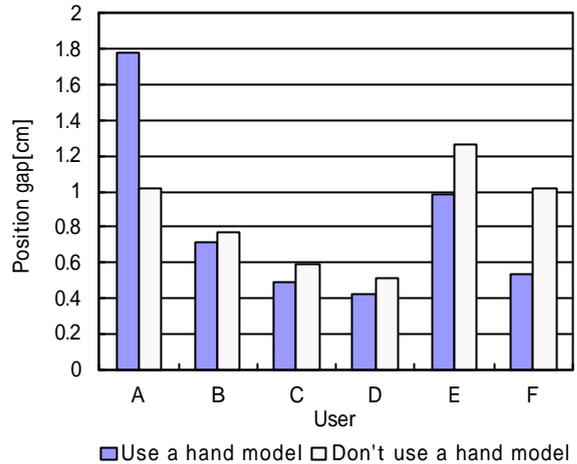


図6 位置のずれ

Fig.6 Position gap

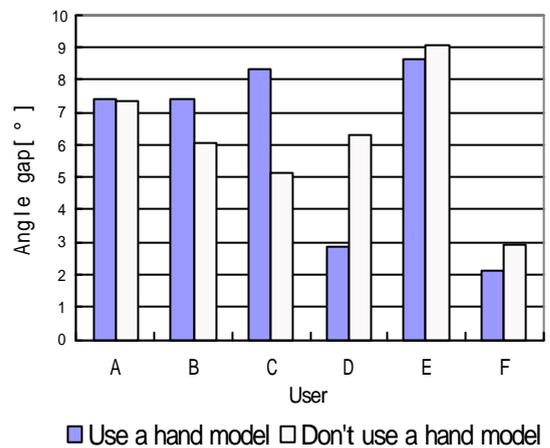


図7 傾きのずれ

Fig.7 Angle gap

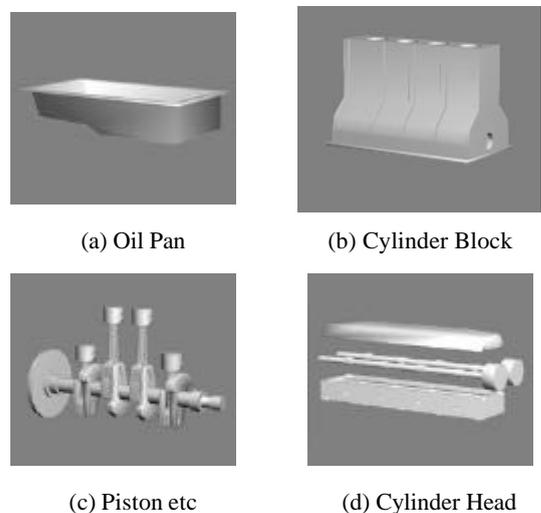


図8 3次元モデル(エンジン部品)

Fig.8 3D Model (Parts of Engine)

COSMOS における作業の様子を図9に示す。

前節の結果から，ハンドモデルを表示した方がモデルの位置あわせの精度を高くすることができるため，エンジンのアセンブルシミュレーションでは両手に磁気式センサを持ち，それに対応したハンドモデルを操作して組立を行った。

部品モデルの操作は，始めに各部品モデルの外接球の半径を計算し，左右のハンドモデルの位置が部品モデルの最大半径内に入った場合に実行することができる。また，各部品モデルは始めに表示されていた位置付近まで移動させることで始めの位置に固定される。また，右手のハンドモデルだけを各部品モデルに近づけると，その部品モデルの名称が仮想空間に表示される。

アセンブルシミュレーションにハンドモデルを表示させたことでモデルの操作性を高めることができたと考えられるが，現在のシステムではモデルの干渉チェックは行っていないため，ユーザは干渉を考慮せずに組立を行ってしまう問題が生じた。そのため，モデルの干渉をユーザに提示する技術が必要となる。

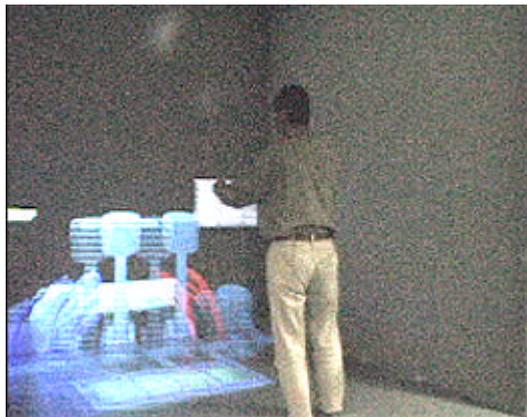


図9 作業風景  
Fig.9 Work scene

## 5. むすび

CRT ディスプレイや HMD などの表示装置でデータグローブを使用する場合，ハンドモデルを表示してモデルの仮想空間での作業を行うが，COSMOS では仮想空間にユーザが入ることができるためハンドモデルの表示しなくても，モデルを直接操作することができる。しかし，空間の座標測定に磁気センサを利用しているため，

金属の影響を受けて，正確にユーザが指示した座標を測定することができない。そのため，ハンドモデルを表示することで，ユーザは測定された座標を認識できるため，モデルの操作が行いやすくなり，位置あわせの誤差を少なくすることができた。しかし，磁気センサのみでは，これ以上の精度の向上を図ることはできないと考えられるため，可視光や赤外線などを利用した画像処理による3次元位置測定技術などの利用も必要になる。

位置あわせの利用例としてアセンブルシミュレーションの開発を行った。ユーザが持つセンサの座標にハンドモデルを表示させることで移動や組立作業の効率的に行うことができたと考えられる。しかし，アセンブルシミュレーションでは組立の正確さが必要とされるため，モデルの形状による干渉チェックも行う必要がある。また，COSMOS ではモデルが干渉してもユーザに反力を返すことができないため干渉した場合の提示技術の開発が課題となる。

## 文 献

- [1] 廣瀬通孝，小木哲朗，石綿昌平，山田俊郎，“没入型多面ディスプレイ（CABIN）の開発，”日本バーチャルリアリティ学会第2回大会論文集，pp.137-140，Sep.,1997
- [2] 廣瀬通孝，小木哲朗，山田俊郎，玉川憲，平塚浩二，土田竜弘，金成潤，“ネットワーク型 CABIN における空間共有，”第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集，pp.459-462，Sep.,1998
- [3] Toshio Yamada, Michitaka Hirose, Yoshihiro Iida, “Development of Complete Immersive Display: COSMOS,” International Society on Virtual Systems and MultiMedia, vol.two, pp.522-527, Nov., 1998
- [4] 窪田直樹，浅野良直，藤井勝敏，山田俊郎，“没入型6面立体視システムにおけるユーザインタフェースの一検討，”1999年映像情報メディア学会冬季大会予稿集，pp.37，Dec.,1999
- [5] Sharon Clay, Michael Garland, Brad Grantham, Don Hatch, Jim Helman, Michael Jones, T. Murail, Jhon Rohlf, Allan Schaffer, Christopher Tanner, Jenny Zhao, Derrald Vogt, “IRIS Performer C++ Reference Pages,” pp.xi-xii, Silicon Graphics.Inc.,1995