

# VR 技術を利用した設計支援システムの開発（第 2 報）

藤井 勝敏      浅野 良直      棚橋 英樹

## Development of a Design Supporting System based on Virtual Reality Technology

Katsutoshi Fujii    Yoshinao Asano    Hideki Tanahashi

あらまし 没入型 6 面ディスプレイ COSMOS を用いて、仮想的、直感的に建築設計を行うシステム、手法を提案する。COSMOS は、ユーザの全視野を立体映像で覆うことができる表示装置であり、目前に迫る位置に原寸大の仮想物体を表示できる。その仮想物体に向かって手を動かすことで、あたかも空中に絵を描くかのように形状の変更要求などを記入することができるユーザインターフェイスを開発した。また、COSMOS 内のユーザの様子を LAN 経由で接続した PC 等で客観的に観察する技術を開発した。そしてこれらの技術を用いて、原寸大の建築を試作・検討できる仮想建築設計システムを開発した。

キーワード COSMOS, バーチャルリアリティ (VR), CAD, 建築設計支援

### 1. まえがき

現在の製品設計において、CAD の利用が一般的になっているが、製品のデザインを検討する場合、初期段階では画面に表示されたものが紙面に印刷されたもの、あるいは後期ではモックアップが用いられている。紙面に印刷されたものは平面的であり、固定した角度以外から自由に見ることができないため、立体的な製品のイメージを得るには直感的とは言い難い。モックアップはその問題に対して有効な選択であるが、作成コストや時間を要する、修正やその指示が容易ではないなどの問題があるため、最終確認のためだけに利用、あるいは試作自体を

省略したいと考えられている。

画面に表示する場合、物体を見る方向はユーザが自由に操作できる上、立体視眼鏡などの特別な装置を併用すれば立体的に見ることができる。従来は高精細な映像を描写するのに 1 画面数秒以上の時間がかかっていたが、近年の CG 関連技術の進展により実時間で CG 映像を生成できるようになり、HMD や大型スクリーンなどの表示装置の開発と合わせてバーチャルリアリティ (VR) 技術として発達を続けている。

本研究では、これらの VR 技術によって製品設計を支援するための技術開発を目的とし、VR 表示装置の 1 種である没入型 6 面ディスプレイ “COSMOS” (図 1) [1] をプラットフォームとした設計支援システムの研究開発を進めている。設計する対象製品には、人間の全周囲に映像を提示できるという COSMOS 最大の特徴を生かすために原寸大の建築物を選んでいる。本年度は、前年[2] に比べてより巨大で複雑な建物を効率よく取り扱うことができるよう CAD 機能や建物データの構造を拡張した。また本年度に本研究所は新庁舎に移転したが、その事前に制作した仮想新庁舎の利用事例について報告する。

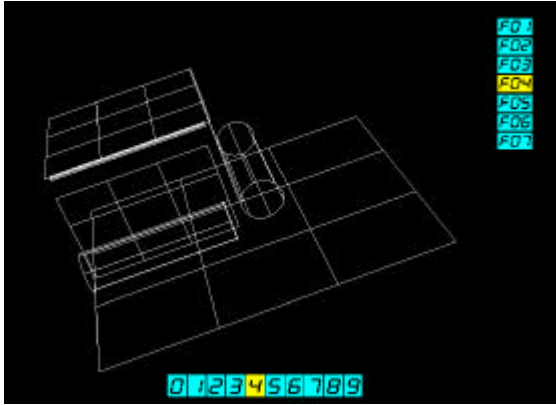
### 2. VR と設計支援

本節では、製品設計に VR を使うことの利点と、COSMOS の中で CAD を実現する上での課題について述べる。



図 1 没入型 6 面ディスプレイ COSMOS

Fig.1 Immersive 6-screens Display COSMOS



(a) Wireframe Display(1996)



(b) Realtime CG Animation

図2 VR映像技術の進歩

Fig.2 The progress of Graphical Technology for Virtual Reality

### 2.1. VR を利用した製品設計

VR とは、設計分野では主に CG による映像表現によって、コンピュータ内に構築された仮想的な現実（現物）を体験し得る技術である。この仮想現実にはコンピュータ内では数値表現されているため、修正・変更が容易であり、しかも実際の試作品と違って加工時にコストが発生しないなどの利点がある。初期の VR を利用した研究[3]では計算能力などの制約から図 2(a)のようなワイヤフレームが用いられてきたが、近年の急速な技術発達のおかげによって、図 2(b)のようにリアリティのある映像をリアルタイムで計算し、高精細に表示できるようになってきており、今後の製品設計において VR は欠かせないものになると期待できる。

### 2.2. VR と COSMOS

没入型 6 面ディスプレイ COSMOS は、この情勢を見据えて平成 10 年度に岐阜県科学技術振興センターによって設置された大規模な VR 表示装置である。この装置は、1 辺 3 メートルの立方体の各面にスクリーンを配置し、その内部にユーザが入ることで全方位を CG 映像で取り囲むことができる装置である。さらに、ユーザに磁気式の位置・角度センサを取りつけた立体視眼鏡(図 3)を装着させることにより、測定したユーザの視点から見

えるべき空間の CG 映像をリアルタイムに生成し、スクリーン上に投影する。これによって目前に迫る物体から遠方に広がる風景までを、まさに仮想現実世界に没入したかのように体験することが可能である。

### 2.3. COSMOS での CAD 機能

これまで COSMOS はこれらの特徴を生かして CAD で作成した製品形状データの原寸大表示や、町並み景観シミュレーションなどに利用してきたが、ユーザである製造業関係者の間からは形状を単に見るだけでなく修正を行うなどの CAD 機能を要求する声が上がってきている。筆者らはこれまで、VR 空間、特に COSMOS における CAD 機能開発に向けて仮想空間内での操作性や視知覚特性、データ交換可能性などを検討してきたが[2-7]、现阶段ではデスクトップ PC などに採用されているマウスやタブレットなどに比べて、COSMOS 内で利用可能な指示装置の操作精度が低く、PC 等の CAD ソフトと同等以上の実用性を達成するのは困難であると言わざるを得ない。

そこで筆者らは今回、図 4 のように従来の CAD で作成した製品形状を COSMOS で表示し、それに手書きで変更指示を加えて CAD にフィードバックする手法を開

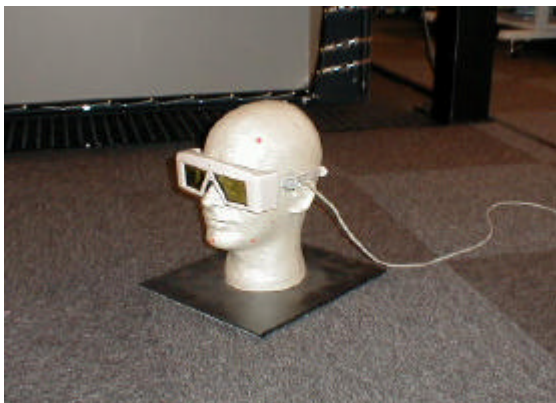


図3 COSMOS用立体視眼鏡

Fig.3 Stereoscopic Glass for COSMOS

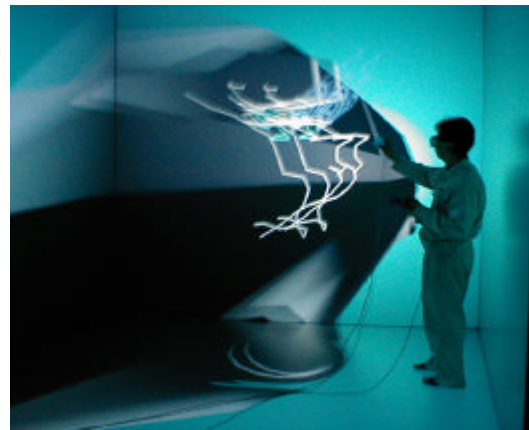


図4 COSMOSの手書き入力機能

Fig.4 Freehand Drawing Interface

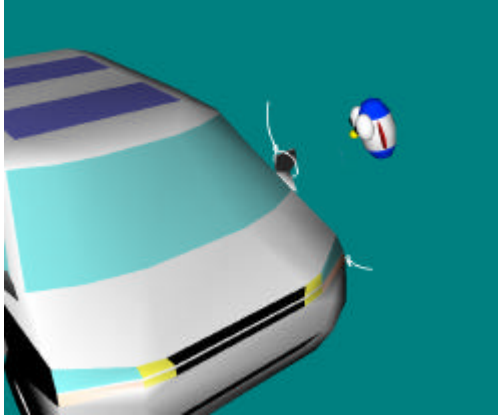


図5 COSMOS アプリケーションの客観視  
Fig.5 Objective View of COSMOS's Applications

発した．手書き位置の検出には磁気式の位置センサを使っている．手の動きのデータは，その時の視線の動き情報とあわせて LAN 経由で PC 等に伝送し，図5のように客観的に表示することができる．また，このデータをファイルに保存しておき，後で再生することもできるので，ユーザが仮想空間のどのあたりを見て作業しているかを観察することができる．

この技術によって，利用者である設計者・デザイナーは，対象製品を VR で体感した時の印象をすぐに3次元空間に表し，記録として残せるので，CAD での修正の際に参考にしたたり，グループでのデザイン検討会などに利用できる．

### 3. 仮想建築設計システム

本研究では前年度に引き続き，建築設計支援を例にしたシステム開発を進めている．今年度は前年度のシステムより多くの部屋を持つ建物全体を設計でき，ドアが設置できるように拡張したほか，ウォークスルーの際に壁との接触判定を行うなどして，よりリアリティを高めている．

#### 3.1. システムの構成

本システムは，デスクトップ PC の上でマウス，キーボードなどの一般的なユーザインターフェースを用いた編集システムと，COSMOS 内でウォークスルー体験をするための VR 表示システムの2つで構成している．

編集システムは PC で動作するプログラムで，対象を建築設計に特化した従来型の CAD ソフトウェアである．このソフトウェアを使用すると，床，壁，天井の3次元形状データに加えて，VR 表示システムに必要な表示負荷軽減のための情報と，ウォークスルーの際に移動を制限するための情報を含ませた建築形状データを作成することができる．

VR 表示システムは COSMOS で動作するプログラムで，建築データを原寸大表示し，専用コントローラを使って仮想的な建築の内部をウォークスルーできる．このとき

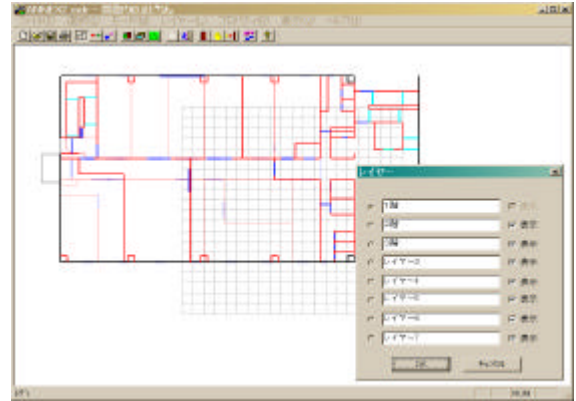


図6 図面入力画面

Fig.6 Screenshot of Building Editor

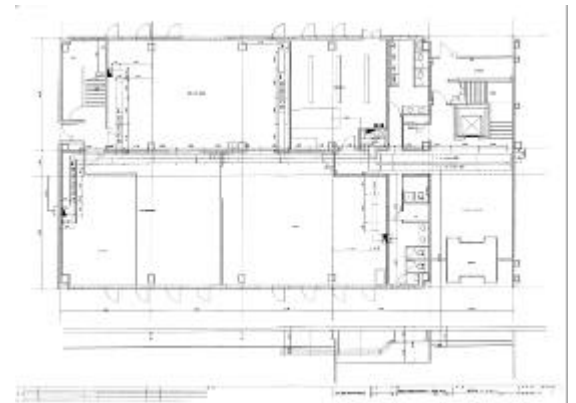


図7 建築平面図

Fig.7 Plan of the building



図8 表示システム

Fig.8 Building Viewer for COSMOS

のユーザの視線情報(位置と方向)は常に LAN を経由して他のコンピュータに伝送することができるため，ユーザが建物のどの部分に注目しているかなどを観察することもできる．

#### 3.2. 編集システムの概要

図6に編集システムの画面を示す．このプログラムは一般的な PC で動作するため，主にマウスを使って作図する要領で建築データを入力できるが，図面などで数値がわかっている場合はキーボードからも入力できる．



図9 新庁舎エントランス付近の写真  
Fig.9 Photo of the Entrance Hall

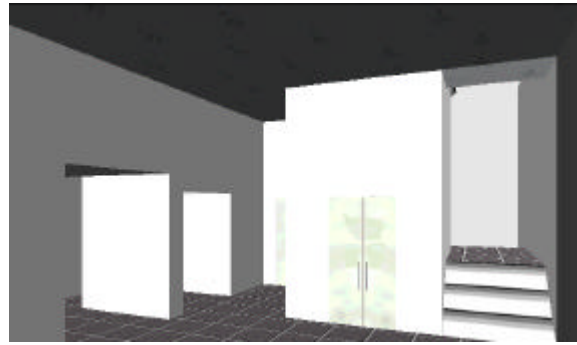


図10 図9と同じ場所のVR映像  
Fig.10 VR image in the same place of Fig.9

一般的な建築図面の多くは、建物の階層ごとに部屋の配置関係を示した平面図(図7)で表現されているため、本システムではレイヤー属性を持った線分の集合を2次的に描くことから始める。次に、間取り線で仕切られた空間ごとに1つの部屋をあらわすノードを配置し、ドアなどの間仕切りを介して隣接する部屋ノード同士を接続する。あとは部屋ごとに、床、壁、天井などの描画要素や光源を配置し、接触判定の対象となる壁面や部屋の接続境界面を指示していくことで建物データを作ることができる。

### 3.3. 表示システムの概要

図8にCOSMOSで建物データを体験している様子を示す。ユーザは左手に持ったコントローラのジョイスティックで建物の中を移動する。ドアの付近でボタンを押せばドアが開き、その先の部屋に入ることができる。このとき描画する必要のある部屋は、現在自分が居る部屋とそれに隣接していてドアで遮蔽されていない部屋に限定することによって表示負荷の増加を抑えている。

壁や閉じているドアに対しては移動時に交差判定を行うことでむやみに通り抜けることを防いでいる。階段は斜面として定義されており、階段に向かって前進すると自動的に上下移動ができる。

また右手には位置センサーを持ち、図4と同様な方法で空間中に手書きで指示を記入することもできる。この機能を用いれば、建物内に何か問題点を発見した場合に直接印を付けることができるため、後でもう一度編集システムでその様子を確認することによって、適切なデータ修正のための参考とすることができる。

## 4. 利用事例

本研究所は今年度半ばに落成した新庁舎に転居したが、それに先行して仮想建築設計システム上でこの庁舎を構築した。図面データの入力に要した期間は約10日間であった。このデータをCOSMOSで表示することによって、入居前に部屋の構成や広さを仮想体験により確認することができ、部屋割りやレイアウトの検討などに利用した。図9は実際の建物のエントランス付近で、図10は同じ場所から見たVR画像である。

## 5. まとめ

没入型6面ディスプレイCOSMOSを用いて、建物を原寸大で仮想体験できる設計支援システムを開発した。位置センサを用いて空間中に手書きで記入できるプログラムを開発し、設計変更の指示などを直接仮想空間に記入できるようになった。また、その様子をLANを経由して他のPC等で客観的に観察する技術を開発した。これらの技術を用いることにより、仮想物体の不具合等を記録しておき、再検討の際やデザイナーミーティングに利用することが可能である。

今後は仮想空間内での対話的な操作を取り入れ、その場で設計変更を行えるようにする予定である。

謝辞 本研究の遂行に関して客員研究員として多くの貴重なご意見、ご提案をして頂いた中央大学加藤俊一教授に深く感謝いたします。また本システムのテストならびにデータ作成に協力して頂いた龍谷大学鈴木一哉君に感謝いたします。

## 文献

- [1]Yamada,Hirose,Iida,“Development of Complete Immersive Display: COSMOS”, Proc. of VSMM98, pp.522-527, 1998.
- [2]藤井, 浅野, 窪田, 棚橋, “VR技術を利用した設計支援システムの開発(第1報)”, 岐阜県生産情報技術研究報告, pp.11-16, 2000.
- [3]白井, 藤井, 丹羽, “3D形状モデラーの開発研究”, 岐阜県工業技術センター研究報告, pp.21-26, 1997.
- [4]浅野, 藤井, “多面ディスプレイの高度利用に関する研究”, 岐阜県生産情報技術研究報告, pp.1-6, 2000.
- [5]藤井, 浅野, 棚橋, “没入型ディスプレイにおける空間知覚特性に関する考察”, ヒューマンインターフェイスシンポジウム'99, pp.207-210, 1999.
- [6]窪田, 浅野, 藤井, 山田, “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, pp.37, 1999.
- [7]Fujii, Asano, Kubota, Tanahashi, “User Interface Device for Immersive 6-screens Display COSMOS”, Proc. of VSMM2000, pp.275-282, 2000