

仮想現実感技術とその応用

Virtual Reality and
It's Applications

(株)東芝 研究開発センタ 情報・通信システム研究所

TOSHIBA Research and Development Center

土井美和子、加藤伸子、村田克之

Miwako DOI, Nobuko KATO, and Katsuyuki MURATA

doi@isl.rdc.toshiba.co.jp

This paper introduces an outline of virtual reality(VR)/virtual environment(VE) technology and a virtual prototyping system as an application of VR. Users can experience the presence using VR/VE technology. VR/VE is an IA(Intelligence Amplifier) tool.

The virtual prototyping helps workplace designers, engineers, and clients to evaluate the usability and the operability of the machine layout, as if they were in the virtual space. The features of the virtual prototyping system are following. 1) High quality image using 3D CAD data. 2) High speed rendering using the simplified data architectures. 3) Interactive change of the layout and the view points. 4) Real-time simulation of light effects. 5) Easy operations using physical constraints. The application to an operation room of a power plant is explained. In the near future, the virtual prototyping system can evaluate the worker behaviors.

1 まえがき

コンピュータの作りだした世界に自らが入り込んだような感覚を実現する仮想現実感(VR - Virtual Reality、人工現実感AR - Artificial Reality、仮想環境VE - Virtual Environmentともいわれる)技術が注目を集めている[1][2][3][4][5]。VRとは「コンピュータが視覚や聴覚や運動感覚に訴える仮想的な空間を構築し、人間があたかもその環境のなかにいる感覚で対話を行う」技術である。

VR技術の起源は大方の予想より古く、1968年にユタ大学のサザランドの発表した3次元ヘッドマウンティッドディスプレイに遡る[6]。それから1969年にはマイロン・クルーガがMETAPLAYという人間と機械とのインタラクションによる芸術を提案したりしたが、VRは、ほとんど注目されなかった。

その後、コンピュータの能力が向上し、従来、対話的に動かすことが出来なかったVRのデモが可能になったこと、大量の情報を処理するために2次元のコンピュータディスプレイにこだわらない新しいインタフェースが必要とされていることが要因となって、NASAなどがVR/VEに関心を示し出した[7]。つまり、コンピュータを人間の能力を増幅させるための道具(IA-Intelligence Amplifier)とするために、欠かせないインタフェース手法としてVR/VEが使える可能性が高まってきたのである。

本論文ではVRと応用に関して述べる。さらに応用の具体例として、筆者が手掛けている仮想試作シス

テムを紹介する[8][9][10][11]。

2 VR/VE技術

2.1 VR/VEの技術要素

(1) Presence

コンピュータを使って何をつくり出せば、人間が臨場感を感じることができるのだろうか？

人間には表1に示すような感覚があり、現実世界ではこれらの感覚を駆使して、臨場感を感じているのである。VR/VE技術は、人間のこのような多岐にわたる感覚を合成して、提示(ディスプレイ)することが、必要となる。この臨場感のディスプレイが第1の要素 Presenceである。

VR/VEでは次のようなディスプレイが研究されている。

・視覚ディスプレイ

臨場感を生成する要因としては広い視野(100度以上の視野角)、立体的な映像表示、高精細が重要といわれている。これらを提供するものとして、次のような

表1 人間の感覚の分類

特種感覚	視覚、聴覚、味覚、臭覚、前庭感覚
皮膚感覚	触圧覚、温覚、冷覚、痛覚
深部感覚	運動覚、位置覚、深部圧覚、深部痛覚
内臓感覚	有機感覚(空腹感、吐き気など)、内臓痛

ものがある。

HMD(Head Mounted Display): 左右の液晶ディスプレイに視差のある絵を提示し、両眼立体視により臨場感を増したヘルメット型の装置[12]。装着者は映像空間を見回すことが可能。

CAVE: ユーザの4方を大スクリーンで囲い、映像空間のなかに文字通りユーザを置き、高い臨場感を得る様にした装置[13]。

全天周スクリーン: プラネタリウムのように球形のスクリーンにより提示する。装置が大がかりなので、展博や博物館などに限られる。

・聴覚ディスプレイ

音源から鼓膜までの音の歪みをシミュレーションして再現する3次元音場定位システムが、聴覚ディスプレイとしては注目されている[16]。これはウォークマンタイプと異なり、頭部の周囲に音場を定位できる点の特徴である。

・触覚ディスプレイ

物体を握ったときに生じる反力などを圧力として指先などに提示するものが触覚ディスプレイ(Haptic Displayという)である。日本の大学でのVR/VE関連の研究では、これに関するものが盛んである[17]。

(2)Interaction

人間は臨場感を与えられるまでいつも待っている訳ではない。積極的に現実世界から情報を収集する。これが第2の要素Interactionである。従来のコンピュータとのInteractionがキーボードやマウスにより行われていたのにたいし、VR/VEではより自然なInteractionをめざして、手振りや顔の表情などによ

る自由度の高い入力を行う[19]点が特徴である。

(3)Autonomy

現実の世界には重力などの物理法則がある。これと同じように、仮想世界にも自律的な機構(モデル)が存在している。これが第3の要素Autonomyである。現実の世界のシミュレーション・ソフトウェアとして実現されていることが多い。

2.2 VR/VE技術の応用

表2はVR/VE技術の応用を、対象世界の存在性の可能性、そのAutonomyなどから分類したものである。

3 仮想試作システム

仮想試作システムは表2では、近未来には存在するが現在は存在しない物を対象としている。具体的には、大規模プラントの制御室のように、大型機器を一度据え付けてしまうと、配置の変更がコストがかかり、非常に困難なものを対象に、事前に問題点を見だし、使いがってのよい配置を求めることを目的としている。仮想試作システムは次のような特徴を持っている。

- 1)3次元CADデータを取り込んだ高画質表示
- 2)簡略階層化による高速表示
- 3)対話的な視点指示と配置
- 4)照明の映り込み・照り返しのリアルタイム・シミュレーション
- 5)3次元空間内での物体配置に関する制約
 - 1)はPresenceに関する特徴、2),3)はInteractionに関する特徴、4),5)はAnatomyに関する特徴である。

表2 VR/VEの対象の分類

対象	現実に存在する				現実に存在しない		
	日常生活で体験できる	障害物があって見たりできない	簡単に体験できない		近い将来に物ができる	将来にも存在しない	
			縮尺が1:1	縮尺が1:n		形あるもの	形ないもの
		壁や地下の配管 人間や機械の内部 複眼	宇宙 水中、深海 家電製品	人体内部 巨人の世界	電子機器 監視室 物理法則	SF ファンタジ ソフトウェア	SF ファンタジ ソフトウェア
物理法則	普通	普通	特殊 (無重力など)	普通 特殊	普通	普通 特殊	無関係
応用	遠隔会議	都市計画シミュレータ	シミュレータ CAI ゲーム	流体の中 違うユーザ ミクロの 決死圏内	プロトタイプ 使用感評価 環境シミュレーション	ゲーム CAI マイクロチップの魔術師	デバッガ

3.1 高画質表示

対話性を維持するために、従来VRで使用される3次元CGモデルは、極度に単純化し、高々数百ポリゴン(3次元CGモデルのデータは、描画時には多角形の集まりとして表現されることが多く、その多角形の枚数がモデルの複雑さを表す)であった。通常のCG(コマンドりされた結果をアニメーションとして見るができる)に用いられ、モデルは、数千ポリゴン以上である。

VRでは描画速度を上げるために、数百ポリゴン程度のモデルを使用している。このため画質が悪く、実在感にかけた。

本仮想システムでは、この実在感の欠如を補うため、3次元CADのデータをそのまま用いるようにした。業界標準となりつつあるdxfフォーマット・データをSGI社のグラフィックスWS上のGL(グラフィック・ライブラリ)で扱える形式に変換している。その結果、図1に示すようにVRとしては高画質な表示を得ることができている。

臨場感を増すためにコンソールのモニタ画面には実際の出力画像を張り込んだり(テクスチャ・マッピング)、室内らしい影づけも行っている。

図1は発電所の制御室を想定している。コンソールは設計図をもとに3次元CADにて作成されたものである。机や椅子は以前の試作ですでに入力されたものを使用している。グラフィックスWS上に取り込まれた3次元CADデータは配置エディタ上で配置を指示するだけで、図1のような3次元空間を得ることができるので、特別なCGの知識がなくとも、図1のような仮想空間を構築できるのも、利点である。

3.2 高速表示

10倍複雑なモデルを描画しようとすれば、描画時間も10倍となる。この点を解決するために、簡略階層化[8]による高速化を行った。簡略階層化は、視点より遠方にある物体はスクリーン上に占める面積が小さくなるので、細かい部分の見分けがつかなくなることを利用したものである。つまり、遠くにある物体は簡略化し、近くにある物体は元々の精度で表示するようにして、画質を保持する。この簡略化は自動的あるいは選択的に行われる。

3.3 対話的な視点指示と配置

3次元CADデータの取り込みと、簡略階層化により、高画質で表示されている検査室などの仮想空間内を種々の視点から見るのが(ウォークスルー)できる。具体的にはVPL社のDataGloveTMなどの入力デバイスを使って、対話的にどの位置から見るかを指示するのである。

また、見るだけでなく、対話的に機器の配置を変更することも可能である。配置変更の操作は、空間全体を見ることができるよう、図2のように鳥瞰図(真上

から見た状態)で行うほうが変更がしやすい。図2の白く規則正しく並ぶ長方形は天井灯である。天井灯がどこで反射され、どのパネルに照り返しているか(後述)が天井灯毎に色別の線により示されている。

以上のような本仮想システムによれば、デザインレビュー時に顧客の要求に応じて、その場で種々の視点から見て、使い勝手を検討できる。さらに、不都合があれば、その場で配置を変更してその結果を即座に確認できるので、設計工程の能率を大きく向上できる。

3.4 照明の映り込みと照り返し

コンピュータを使った作業ではキーボードなどの特性とともに、天井灯のコンピュータ・ディスプレイへの映り込みや、大画面への照り返しが問題となる。従来のラジオシティやレイトレーシングでは高品質のイメージを算出できる反面、計算コストがかかりすぎるという難点があった。天井灯の頂点からの光線の反射計算と映り込みを防止するための付属装置(ルーバ)の特性を加味したモデルにより、映り込みと照り返しをリアルタイムで算出できるようにした[9]。

図1で、大型パネルの下部が白っぽくなっているのが、天井灯がモニタの背面に反射して、大型パネルに照り返している影響である。また、モニタ上の白い矩形が映り込んだ天井灯である。図2で配置が変更されると同時に映り込み、照り返しの計算が行えるので、照明の専門家でなくてもその場ですぐ、映り込みや照り返しがモニタの視認性に与える影響を評価できる。

3.5 3次元空間内での物体配置に関する制約

単純に物体を移動させただけでは、3次元CGデータには実体がなく、何の物理法則も作用していないので、干渉(互いにめりこんだ状態)したり、机や卓が宙に浮いた状態になることがある。3次元空間でこのようにならないように注意して配置するのは、かなりむずかしい。しかし、これらを解決するために、正確に干渉チェックを行ったり、物理法則を計算したりすると、計算負荷が大きく、対話性が維持できなくなる。

本仮想試作システムでは、少ない計算負荷で干渉チェックを行うために、物体の底面に関してのみ干渉チェックを行うようにした。また、宙に浮いたりすることを防ぐために、物体を配置する際に内外判定を行っている。これにより、机や卓は床の上に、ラップトップ・パソコンなどは机の上という具合である。制約を即座に満足できるので、対話性を保ったままで、容易に配置を変更できる。

4 あとがき

本論文ではIAツールとしてのVR/VE技術の要素とその応用に関して概説した。また、その応用の一例として、高画質、高速表示、対話的な視点指示と配置、照明の映り込みや照り返しのシミュレーション、配置の物理制約により、デザイン・レビューに使えるような仮想試作システムを紹介した。この仮想試作システムを用いて、顧客と技術者が同じ情報を直接見な

がらその場で問題点を評価し、修正することのできる。

今後は実空間での作業を取り入れた評価技術[10]として確立および仮想環境の教育/訓練への適用を検討していきたい。

参考文献

- [1] 廣瀬通孝監修、「バーチャル・リアリティ応用戦略」、オーム社(1992).
- [2] M.W.クルーガー、「人工現実 インタラクティブ・メディアの展開」、トッパン(1991).
- [3] Aukstakalnis, S. and Blatner, D., "SILICON MIRAGE -The Art and Science of Virtual Reality," Peachpit Press(1992).
- [4] 服部桂、「人工現実感の世界」、工業調査会(1991).
- [5] 岩田洋夫監修、「人工現実感生成技術とその応用」、サイエンス社(1992).
- [6] Sutherland, I.E., "Computer Displays," Scientific American, Vol.222, No.6, pp.56-81(1970).
- [7] Fisher, S.S., et.al., "Virtual Environment Display System," Proceedings of ACM 1986 Workshop on 3D Interactive Graphics,(1986).
- [8] 加藤伸子、岡崎彰夫、「形状簡略化に基づく3次元オブジェクト空間の最適高速表示」、電子情報通信学会論文誌D-II, Vol.J76-D-II, No.8, pp.1712-1721(1993).
- [9] 村田克之、加藤伸子、福井美佳、土井美和子、岡崎彰夫、「オペレーションルーム仮想試作システム」、電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション研究技報(1993).
- [10] 土井美和子、福井美佳、西田委甲子、「仮想動作生成第9回NICOGRAPH論文コンテスト論文集、日本コンピュータグラフィックス協会(1993).
- [11] 土井美和子、福井美佳、加藤伸子、「医療機器配置の仮想試作システム」、東芝レビュー、Vol.49, No.1, pp.32-34(1993).
- [12] Ellis, S.R., "What Are Virtual Environment?," IEEE Computer Graphics & Applications, January 1994, pp.18-22(1994).
- [13] Cruz-Neira, C., et.al., "The Cave," Comm. of the ACM, Vol.35, No.6, pp.65-72(1992).
- [14] Meyer, K., et.al., "A Survey of Position Trackers," Presence, Vol.1, No.2, pp.173-200(1992).
- [15] Bishop, G., et.al., "Research Directions in Virtual Environments - Report of an NSF Invitational Workshop," ACM Computer Graphics, Vol.26, No.3, pp.153-177(1992).
- [16] Wenzel, E., et.al., "The Convolvotron:

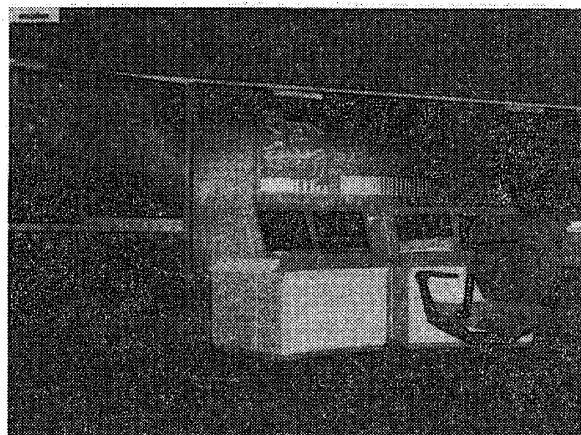


図1 仮想オペレーションルームの外観

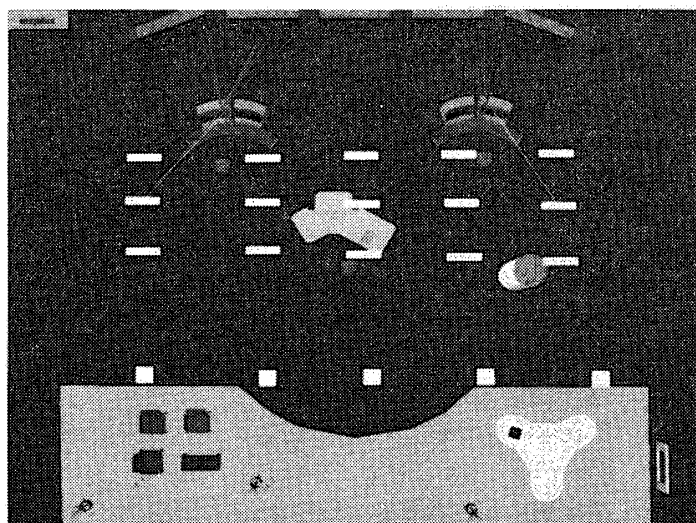


図2 天井灯の照り返し関係を示しながら鳥瞰図で配置変更

Realtime Synthesis of Out of Head Localization", Joint Meeting of the Acoustic Soc. of America and Japan(1988).

[17] Kahaner, D., "Japanese Activities in Virtual Reality," IEEE Computer Graphics Applications, Jan.1994, pp.75-78(1994).

[18] Sturman, D.J. and Zeltzer, D., "A Survey of Glove-based Input," IEEE Computer Graphics & Applications, Jan, 1994, pp.30-39(1994).

DataGloveはVPL Research, Inc.の商標登録である。