

はいれるテレビの開発

廣瀬通孝・中垣好之・谷口雅昭・
小森信也・遠藤隆明

東京大学 工学部 機械情報工学科

本論文は、今回開発した「はいれるテレビ」という全天周型多面ディスプレイ装置について、システムの構成と特長、そしてその応用等について説明したものである。従来のテレビは映像が視野の一部を占めるにすぎず、映像を第三者的に見ているという感覚しか与えることができなかったが、はいれるテレビでは、前・右・左・上のスクリーンに映像を投影することにより視野の周囲を映像で取り囲み、映像の中に入り込んでいるという感覚を与えることができる。はいれるテレビに映す映像ソフトとしては、生中継の映像、繁華街の記録映像、そしてインタラクティブなCGを開発した。このシステムを国立小児病院の子どもたちに試験的に使ってもらったところ、入院生活の質を向上するという意味で大きな効果があった。

Development of immersive television

Michitaka Hirose, Yoshiyuki Nakagaki, Masaaki Taniguchi,
Shinya Komori, Takaaki Endo

Department of Mechano-informatics, Faculty of Engineering,
University of Tokyo

This paper describes the "immersive television" which has the surrounding multi-projection displays. Since conventional display can only provide a limited angle of the visual field, people can not obtain enough feeling of presence in the visual image space. However, since "immersive television" has four screens around the user, people can easily get sensations as if they actually are in a virtual space. For this system, we have prepared several softwares which include a live video transmission, a recorded view, and a kind of interactive computer graphics. When this system was tested in the national children hospital, it was quite effective for improving the hospitalized children's amenities.

1 はじめに

人工現実感のシステムを構築するためには、仮想環境を高度な臨場感をもって表示するシステムが必要である。我々は、視覚、聴覚、触覚、臭覚、味覚の五感や体性感覚などの様々な感覚を通じて臨場感を得るが、我々が外界から受ける情報のうちの8割以上が視覚を通じてのものであるということを考慮すると、臨場感を生成するためには視覚の役割が最も大きいものと思われる。従って、人工現実感の分野において、視覚的臨場感を十分に表現できるような映像表示システムの重要性はかなり高いものである[1]。

視覚的臨場感に関連する要素の1つに視野角がある。人間の眼球の有する視野、つまり見える範囲の大きさには、180度近くの広がりが存在し、眼球運動まで含めると、両眼では240度という大きな範囲をカバーするといわれている。視覚的臨場感とは、視野角が20度を越えると次第に上昇していき、約80～100度に達すると満足できる程度になると言われている[2][3]。つまり、視野角が大きくなればなるほど、取り囲み効果によって臨場感を発生させることができるのである。

現在、一般的に最もよく使用されている映像表示システムはCRTである。そしてCRTをはじめとする映像表示システムのほとんど全てのものは1枚の平面内に映像を映し出すタイプのものである。人工現実感においてよく使用される映像表示システムであるHMD(頭部搭載型ディスプレイ)もそのタイプのものである。しかし、1枚の平面内に映し出された映像は視野全体の中の一部を占めるにすぎず、我々はその画面を第三者的に眺めているだけである。1枚の平面だけでは、どんなに画面を大きくしても我々の視野の全範囲を覆うことは不可能である。これに対し、視野全体を物理的に囲んでしまい、取り囲み効果によって臨場感を発生させようという考えに基づいた、半球状のスクリーンを用いたOMNIMAXなどが考えられている。しかし、これらのシステムには、簡易にシステムを構築できない、非常に大きな予算が必要である、などの問題点が存在する。

筆者らは、以上のような背景に基づき、「映像を第三者的に見ている」のではなくて、「映像の中に入り込んでいる」と感じられるような、簡易

でありながら高い臨場感を得られる多面型の映像表示システム「はいれるテレビ」を開発した。

以下、本論文では、システムの構成と、これまでに開発を行った映像ソフト、そして今後の技術課題等について述べる。

2 システムの構成

今回開発したはいれるテレビは、CAVEを参考にして開発したものである。CAVEはイリノイ大学の情報可視化グループにより開発され、SIGGRAPH'92で初めて発表されたもので、10インチ四方の大スクリーンを前方と左右、及び床面に計4枚配置し、前方と左右のスクリーンには背面から、そして床面のスクリーンには上方からステレオ映像を投影するものであり、市販品のみで構成されているので簡易にシステムを構成できるという利点を持っている[4][5]。しかし、システムを構成するのに非常に予算がかかる、場所をとる、簡単に移動できないなどの問題点がある。そこで今回、簡易に臨場感あふれる映像を表示することができるというCAVEの持つ特長を生かしつつ、さらに簡易なシステムを開発することにした。そしてまた同時に、この種の多面型ディスプレイを、従来の映像記録系、伝送系とどう結合するかについても考察している。

2.1 基本構成

今回開発したシステムの外観を図1に示す。また、システムの基本構成は、図2に示すようなものである。



図1 はいれるテレビの外観

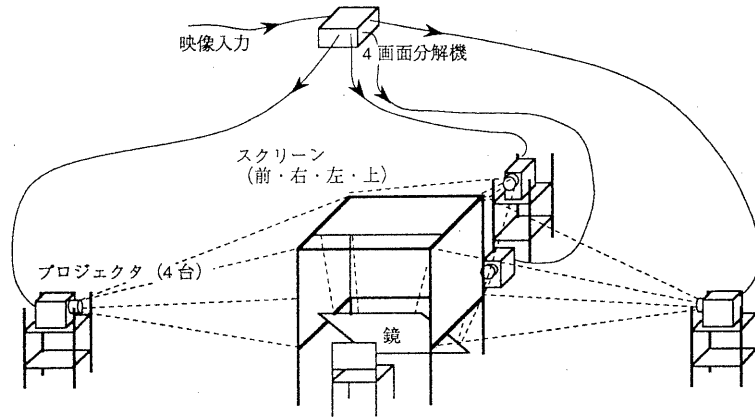


図2 はいれるテレビの基本構成

図に示すように、はいれるテレビは、スクリーンを前・右・左・上に配置し、液晶プロジェクタによって、前・右・左のスクリーンには背面から、上のスクリーンには床に斜めに置いた鏡に反射させて、映像を投影するものである。なお、前・右・左の3面のスクリーンは、1枚のスクリーンをアングル部材で組み立てた枠の内側から張ったものであり、枠の影がスクリーンの継ぎ目の部分に映らないようになっている。また上方のスクリーンも、枠の影が映らないように少し下げた位置に張っている。そのため、プロジェクタで映像を投影した時、4面すべての映像は継ぎ目のところでとぎれることなく自然につながるようになっている。スクリーンの継ぎ目での映像は、プロジェクタの拡大率や位置、傾きなどを手作業で調節して合わせるという方法を採用しており、この方法により、ほぼ完璧に継ぎ目で映像はつながることになる。

ここで、はいれるテレビの主要な寸法を記しておく。まず、スクリーンに投影される画像の1面分の大きさは、縦 120 cm × 横 150 cm である。また、床からスクリーンの上枠までの距離は 180 cm であり、これは、椅子に座った場合の頭部の位置が大体スクリーンの中央部に来るように考えて決定したものである。そして、スクリーンとプロジェクタの間の距離は、約 3 m であり、この距離はプロジェクタの性能により決まっている。これらの寸法から、はいれるテレビ全体を構成するために必要な寸法は、約 8 m × 5 m × 2 m である。

以下、映像ソフトに実画像を用いた場合と CG を用いた場合について、各々のシステム構成を説明する。

2.2 実画像を用いた場合

2.2.1 録画版

はいれるテレビに映す映像ソフトとして、まず実画像を用いたものがある。この場合には、前・右・左の3面のみを用いている。実画像を用いる場合、ロケしてきた映像を映す録画版と生中継版の2種類ある。録画版の場合には、実際に録音してきた音も映像と同時に再生する。特にこの、実画像と実音源を用いるという点は、CAVEでは行われなかった新たな試みである。ここで、はいれるテレビに映した映像を図3に示す。また、この場合のシステム構成を図4に示す。

撮影は以下に述べるような方法で行った。まず音響系であるが、8角形の枠をパイプでつくり、それぞれの角に1つずつマイクを取り付け、その出力は2台の4chデッキに接続されている。この4chデッキは、4つのソースの音を同期させてハードディスク上に録音できるものであり、2台使用することにより、8方向の音を同期させて録音できる。視覚系としては、枠の中央にビデオカメラ3台を互いに画角分だけ角度を離して並べ、それを4画面合成機を介して、3つの画像を4分割された1つの画像にまとめ、1本の8ミリビデオテープに録画できるようになっている。そし

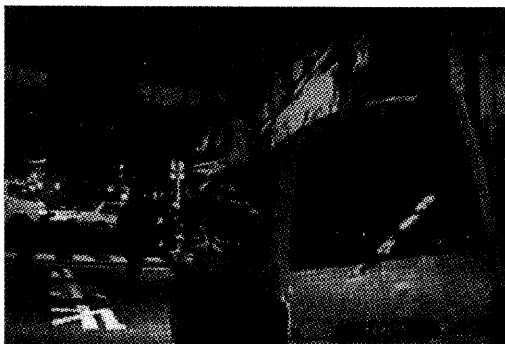


図3 録画版の映像

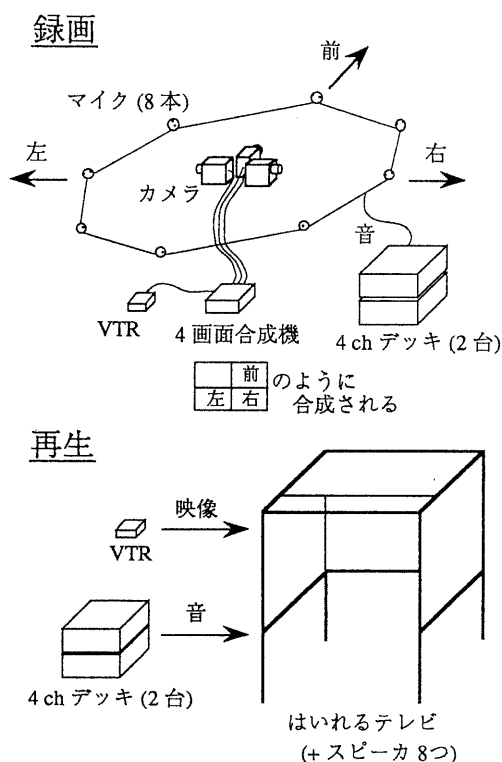


図4 録画版のシステム構成

て、この録音、録画ユニットを自動車の屋上に固定し、ロケーションを行うことができる。

再生は以下に述べるような方法で行なう。映像は、4分割された状態に録画されたものを8ミリデッキで再生し、それを4画面分解機を通してもとの3つの映像に戻し、撮影時の前・右・左の映像がそれぞれ前・右・左のプロジェクタに配分される。音響は、2台の4chデッキに録音した音を

再生し、8つのマイクに対応するようにシステムの8隅に置かれたスピーカによって音場が合成される。

このようなマルチスピーカ方式は、物理的に自分の周囲をスピーカで囲んでしまうことが可能なので、ヘッドホンなどでステレオ音声を聞く場合よりも高い精度で音像を定位する事ができる。

なお、録画版における最大の問題は、映像と音をいかにして同期させるかということである。3つの映像は1本のビデオテープに録画したものを再生するので、同期がとれており問題はない。また、8つのスピーカから出る音も同期させて録音したものを再生するので問題はない。現時点においては、撮影の際に映像と音との間の同期はとっていない。従って、再生する際に手作業で同期をとる必要がある。しかしながら、音響効果は視覚による吸い込み効果が大きいので、極端な精度誤差がないかぎり、見る人が違和感を感じることはないようである。

2.2.2 生中継版

実画像の生中継の場合には、録画版の時と同じ録画ユニットを使用する。3台のカメラからの出力映像は、同じく4画面合成機を介して4分割された1つの画像にまとめられる。この映像は、簡易映像通信システムであるパソリンクを用いて、はいれるテレビまで伝送される。そして、4画面分解機を通してもとの3つの映像に戻され、それぞれ対応するプロジェクタに配分されている (図5, 図6)。この、4画面用の映像のリアルタイムの伝送もまた、CAVEでは行われな

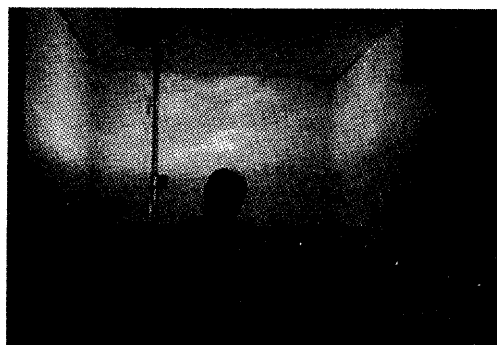


図5 生中継版の映像

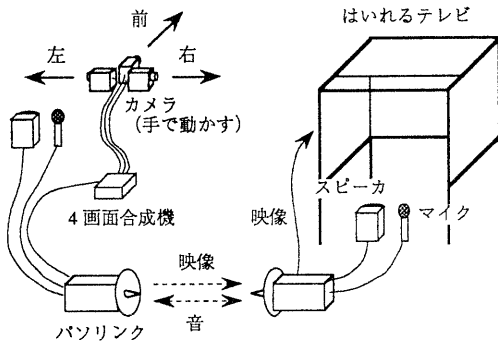


図6 生中継版のシステム構成

かった新たな試みである。

また、音声もまた、パソコンを通してお互いに会話をすることが可能である。従って、映像を見ている人から映像を撮影している人に対して指示を出すことができる。このようにして、簡単な形ではあるが、映像とインタラクションをとることができるようになってきている。

2.3 CGを用いた場合

上で述べたような実画像のほかに、研究室にある Silicon Graphics 社のグラフィックス・ワークステーション上で作成したコンピュータ・グラフィックス (CG) を伝送して投影した。この場合には、前・右・左・上の計4面のスクリーンを使用する。また、映像を伝送するのに、生中継版の時と同様にパソコンを用いている。この場合のシステム構成を図7に示す。

ここで作成したCGは、はいれるテレビの前・右・左・上のスクリーンに映すべき映像をモニタ上に4分割して並べたものである。この映像はいれるテレビに送り、4画面分解機を通すと、4面のスクリーンにそれぞれ対応する映像が映し出されて、実際の視点に適合した映像が作り出されるわけである (図8)。

また、CGを用いた場合では、ジョイスティックを操作することによって、生成された空間内を自由に移動する事が可能になっている。具体的には、ジョイスティックの出力 (アナログ信号) を A/D 変換し、モデムを介して電話回線を通じて送信している。受信先ではモデムで再び復調されて、シリアルインタフェースを介してグラフィッ

クス・ワークステーションに読み込まれ、それに従ってワークステーション上の画像が更新される。ワークステーションによって発生された RGB 信号はダウンコンバータによって NTSC 信号に変換され、その信号がパソコンによって伝送される。そして送られてきた映像は先述のように4画面分解機を介して、はいれるテレビのスクリーンに投影されるのである。

実画像の録画版を用いた場合には、映像を一方的に送り続けるだけで、映像を見ている人から映像自体への働きかけはできなかった。また、実画像の生中継版でも、映像とのインタラクションは音声による指示だけに限られていた。しかしこのCGを用いた場合では、ジョイスティックの操作というかたちで、映像を見ている人から映像自体への働きかけがかなり高い自由度を持つようになっている。

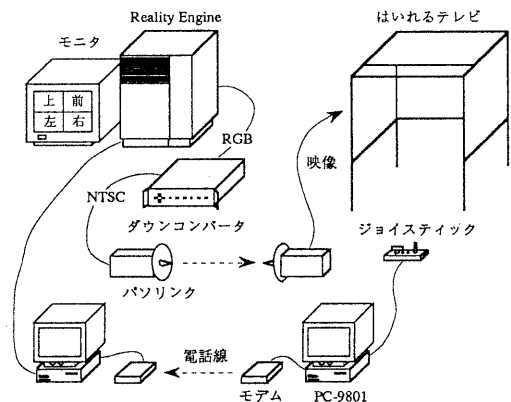


図7 CGを用いた場合のシステム構成

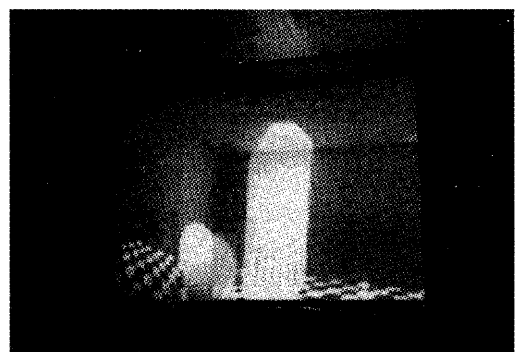


図8 CG版の映像

次に、CG を作成する上で考慮しなければならなかった視点の問題について述べる。図2のシステム構成図にも示したように、4面のスクリーンを用いる場合にはシステムの中央から前の方にかけて鏡を置かなければならず、それが邪魔になるので、鏡を置かない場合に比べて視点は後ろにずれることになる(図9)。そのため、単純に視野角が90度のCGを投影すると、その場合の適切な視点の位置はシステムの中心部にあることになるので、後ろにずれた視点からCGの画像を見ると歪みが生じてしまうことになる。そこでCGを作成する際に、図9の(b)の位置に適切な視点が来るように計算を行い、歪みが生じないようにする必要があった。

ここで、視点の位置を補正しなかった場合、どのくらいの歪みが生じてしまうのかを計算してみた。図9の(a)の視点で見たときに、正面からちょうど90度左を向いた位置に真っ直ぐな縦の棒の絵が見えるでしょう。図9の(b)の視点から見たときに、左方のスクリーンと上方のスクリーンの間の継ぎ目で、この棒の絵は折れ曲がって見えるはずである。この曲がり角 θ を計算してみたところ、 $\theta = 41.9$ 度と求められ、小さな値ではない。従って、視点の位置の補正は必要不可欠なものである。

3 システムの応用

今回開発したこれらのシステムを国立小児病院に設置させていただき、病院の子どもたちに試験的に使ってもらった[6]。使用した映像ソフトは、繁華街の記録映像、ビルの屋上からの生中継映像、そして野山を自由に駆け回ることができるCGである。この結果、子どもたちはまるで自分が病院の外にいるかのように感じることができ、入院生活の質を向上するという意味で大きな効果があった。なお、繁華街の記録映像の立体音響は非常に効果的であったが、リハビリ目的に使うにはインタラクションが必要だということや、画質の悪さなどの問題点を指摘された。これらの技術課題については、次にまとめて説明する。

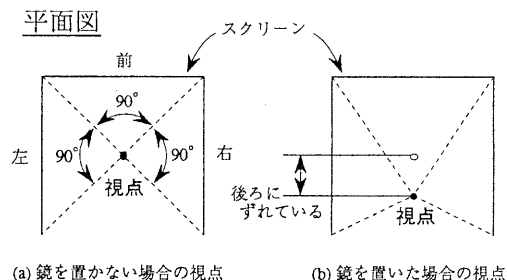


図9 視点の位置

4 今後の技術課題

4.1 画質

まず第一の課題は、画質を現在よりも改善する事である。

今回、実画像の録画版では、映像間の同期をとるために、3つの画像を4分割された1つのNTSC画像にまとめ、1本のビデオテープに録画した。また、実画像の生中継版とCG版で中継の手段として用いたパソリンクは、映像を1回線しか送ることができないため、やはり4画面分の映像を1画面にまとめて伝送し、送られてきた画像をもう1度4画面に分解する、という手法を用いた。ただこれらの方法で問題となるのは、ただでさえ粗いNTSCの画面をさらに分割するわけだから、画質がかなり落ちてしまうということである。

この解決策として、録画や伝送をハイビジョンで行うという方法が考えられる。こうすることにより、各スクリーンの画質をNTSCのレベルに保ったまま4画面分の映像を同時に送ることができるので、現在よりもかなり改善が図れると思われる。

また、実画像の録画版において、3台のカメラで録画し、その3つの映像を手作業で同期させて再生するという方法も行っている。この場合、画質は改善されるが、完全に同期をとることはできないという問題点がある。これは、3台のカメラを同期させて録画・再生できるような編集装置があれば問題は解決するだろう。ただこの方法は、実画像の録画版のみで使える方法であり、実画像の生中継版とCG版では、映像を1回線しか送ることができないパソリンクを用いているので、解

決するためには、バスリンクを3台もしくは4台用いなければならない。

他にも、4画面の映像を画面上で4つに分割するのではなく、時分割するという方法が考えられる。まず4台のビデオカメラに外部同期をかけ、1周期ごとにバスリンクに送る映像を切り替える。そして受け取った側では同期信号を読みとり、その信号に従って映像の分配先を順次切り替えていくようにすれば、映像の解像度を損なうことなく、1回線により映像を送ることができるはずである。この方法は、映像分配回路さえ作成できれば可能な方法であるが、一方で画面更新速度が犠牲になる。

将来B-ISDNが実現し、高帯域のデータ伝送が可能になれば、何本もの映像を同時に送ることが可能になる筈である。すると、今回のように4画面分の映像を1画面にまとめて伝送するという方法を採用する必要はなくなり、実画像も画質を落とすことなく4画面を同時に伝送できるようになるかもしれない。

4.2 実画像の4画面化

次に、第二の課題は、実画像4面をいかにして実現するかということである。そのためには、まず画角が90度以上になるようなワイドレンズをビデオカメラの先端に取り付けなければならない。しかし、ワイドレンズを取り付けると画像の端の方が歪んでしまうので、4面の映像は継ぎ目のところで自然につながなくなってしまいう問題がある。これに対する1つの解決策として、画角が90度よりもだいぶ大きい超ワイドレンズを取り付けてしまい、画像の端の方の歪んだ部分はスクリーンに映さないという方法があるだろう。

ただ、仮にこの方法により4面の映像が継ぎ目のところで自然につながるようになったとしても、まだ解決されない問題がある。それは前にも述べた視点の問題である。実画像を用いた場合の適切な視点は図9の(a)に示すような位置にある。しかし、上方のスクリーンにも映像を投影するためにシステムの中央に鏡を置いた場合には鏡が邪魔となるので、図9の(a)に示すような適切な位置に視点を置くことは不可能となり、視点の

位置は図9の(b)に示す位置に来ることになる。画像にCGを用いた場合には視点の位置に応じた映像を計算により作り出すことができたが、実画像の場合には適切な視点の位置を変えることができないので、歪んだ映像しか見ることができなくなってしまう。厳密な意味でこれを解決するには、上方のスクリーンも他の3面と同様な背面投射のタイプとして、システムの中央に鏡を置かずに済むようにするしかないであろう。

4.3 インタラクティブな実画像版

現在、実画像の録画版では映像とインタラクションをとることはできない。また生中継版でも、映像とのインタラクションは音声による指示だけに限られている。しかし臨場感を増すためには、今よりもインタラクティブに映像を操作できるようにする必要がある。そのための方法として、まず、CGと実画像を合成するというものが考えられる。これは例えば、CGで作られた遊園地の中をジョイスティックなどを用いて進み、ある乗り物に乗ると、その画像が再生されるようにするといったような方法が考えられる。このほかにも、カメラをジョイスティックで直接操作できるようにして、見ている人が自由に空間の中を移動するという方法も考えられる。

5 おわりに

本研究では、従来のテレビでは表現できないような高い臨場感を表現できる「はいれるテレビ」を開発した。そして実画像の録画版と生中継版、そしてCG版等様々なアプリケーションを開発し、はいれるテレビの有効性を探った。今後、画質の改善、映像とのインタラクションの取り方などを研究し、はいれるテレビをさらに臨場感あふれる映像表示システムとして発展させていく考えである。

参考文献

- [1] 廣瀬 通孝, 「バーチャル・リアリティ」『産業図書』(1993)

[2] 畑田 豊彦、坂田 晴夫、日下 秀夫.「画面サイズによる方向感覚誘導効果—大画面による臨場感の基礎実験—」『テレビジョン学会誌』Vol.33, No.5, pp.407-413. (1979)

[3] 畑田 豊彦.「広視野動画画像による臨場感の客観的測定」『テレビジョン学会技術報告』Vol.5, No.29, pp.55-60. (1981)

[4] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. DeFanti."Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE" COMPUTER GRAPHICS Proceedings, Annual Conference Series. (1993)

[5] Thomas A. Defanti, Daniel J. Sandin, Carolina Cruz-Neira. "A 'room' with a 'view'" IEEE SPECTRUM, pp.30-33. (1993)

[6] Michitaka Hirose, Masaaki Taniguchi, Yoshiyuki Nakagaki, Kenji Nihei."Virtual Playground and Communication Environments for Children" NETWORKED REALITY '94. (1994)