

3次元ディスプレイとその応用

亀山 研一・大富 浩一（東芝総合研究所）

This paper describes the newly developed 3D visual display, which incorporates a moving panel mounted with light-emitting diodes (LEDs). The display can create autostereoscopic images without HMD or other devices, and therefore, it can be used for creating the "unconstrained" virtual reality (VR) system, which is different from current VR system.

The display is applied for the shape design, the visualization of the flow of air current, and the visualization of medical data. The input device or tool for each application is also mentioned.

Keywords. 3D display; LED; Autostereoscopic image; Shape design; Visualization; Virtual reality;

1. はじめに

従来、機械系CADでは形状の表現に3面図をはじめとする2次元投影像を用いてきた。しかし、複雑な形状を2次元投影像だけから正確に認識するのはかなり難しい。また、形状の作成や修正を2次元の図面あるいは投影面上で行うと、入力工数が多く煩雑な作業になりがちである。設計環境として、形状を3次元の像として呈示でき、その3次元像に対して直接形状操作を行えるインタフェースが強く望まれる。

一方、流体などのシミュレーション結果を可視化したり、超音波診断像やCT (Computed Tomography) 像 (断層像) から骨や血管などの形状を

表示する場合も、2次元像より奥行き感のある3次元立体像を呈示できた方がよい。

いずれにせよ、3次元像を呈示できるディスプレイと呈示された像あるいはデータを直接的に操作できるインタフェースの必要性は益々高まりつつある。

3次元ディスプレイの方式としては、主に

- a. 両眼視差を用いる方法 (立体視)
- b. 3次元空間中に像を再生させる方法

の2種類がある。これまで、装置の簡便さから偏光眼鏡方式や二眼式に代表されるaの方式が多く用いられてきた。しかしこの方式の場合、立体効果

が強調された（ごく近い距離の）像を長時間観察すると眼に極度の疲労が生ずることが知られており[1]、手作業範囲内（1 m以内）の形状の表示にはあまり適していない。また、視点の変更に伴って映像を変化させられない（autostereoscopicでない）、目の焦点調節とふくそう角の調節がアンバランスなどの問題もある。

一方、bとしてはホログラフィや目の残像効果を利用する移動スクリーン方式[2]、バリフォーカル・ミラー方式[3]などがある。現在、デバイス上の制約からホログラフィをリアルタイムの動画表示に用いるのは難しいが、移動スクリーン方式では、比較的簡単にautostereoscopicな動画を呈示できる。像の大きさがあまり大きくとれない（スクリーンの大きさと移動距離で決まる）、基本的にソリッドではなく半透明像（ファントムイメージ）しか表示できないなどの問題はあがるが、ごく自然な3次元像を呈示できるため多方面への応用が考えられる。特に、空間操作型のデバイスと組み合わせれば、手作業範囲内で非拘束型のVR環境を構築することが可能となる。

筆者らは、発光ダイオード（LED）を用いて移動スクリーン方式の3次元ディスプレイを開発し、機械設計をターゲットとした形状の表示と操作、流体シミュレーション結果や医療データの可視化への適用を試みた。また適用にあたって、簡単な空間操作型の入力デバイスや入力手段を作成した。本稿では、開発したディスプレイの概要、アプリケーションへの適用と表示方法に関する考察、および今後の展望について述べる。

2. ディスプレイの構成

本ディスプレイの原理と構成を図1に示す。装置としては表示物の断面像（2次元）をスクリーン位置に応じて表示するだけだが、スクリーンを速く移動させると各断面像が繋がって見え（目の残像効果）、これが3次元像として知覚される。スクリーンの発光面が見える方向（図1の斜線で示した角度の範囲）なら、autostereoscopicな像を見ることが出来る。

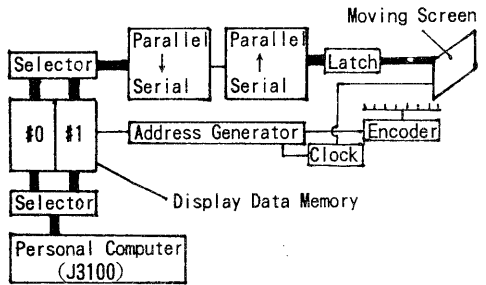
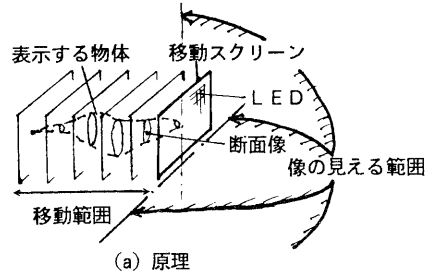


図1 ディスプレイの原理と構成

断面像は、蛍光体を塗ったスクリーン上をレーザで素早く走査するか、スクリーン上にマトリクス状に配置した発光体をデータ読み出しに応じて1ラインずつ順次点灯していくことにより表示する。したがって、ディスプレイの分解能が高い程、また、スクリーンの移動速度が高い程、各点の点灯時間が短くなり、像が暗くなる。本ディスプレイでは像の明るさを確保するため、発光強度の高いLED（橙色）を用いた。また、点灯時間を延ばすため、表示データが並列的に読み出されるようにした。

スクリーンの移動方法には、回転式と直動式とがあるが本ディスプレイでは直動式を用いている。回転式は駆動機構が簡単だが、回転中心側と外側でLEDの点灯密度が異なるため、像の明るさが表示場所によって変わるという理由で採用しなかった。

なお、滑らかな動画が扱えるように、表示メモリを2バンク構成とし、パソコンからのデータの書き込みと表示部へのデータの読み出しが独立して行えるようにした。

図2に本ディスプレイの全体像を、表1に仕様を示す。

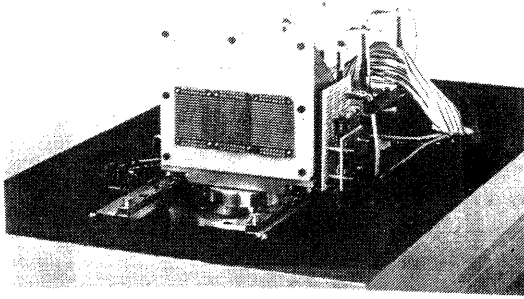


図2 ディスプレイの全体像

表1 ディスプレイの仕様

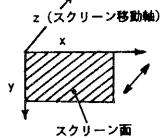
表示範囲：94(x)×30(y)×50(z)[mm]

画素数：48(x)×16(y)×50(z)[dots]

像の表示：最大30回/s (30Hz)

色：単色(橙色=610nm)

明るさ：50~100cd/m



3. ディスプレイの応用

3.1 基本形状の表示と操作

図3は円柱、球、キューブの表示例、図4は基本形状を組み合わせて作った吊り橋の表示例である。図からはわからないが、共にautostereoscopicな像であり、形状同士の位置関係あるいは形状を容易に認識・把握することができる。

図3、4では表示にワイヤーを用いているが、様々の形状を扱うには面を陽に呈示する機能が必要である。ただし前述の通り、移動スクリーン式のディスプレイではソリッドが表示できないので、従来のように光と陰によって面を表現する手法が使えない。例えば、視点に近い側の面の輝度が低くそれよりも後ろの面の方が明るい場合は、手前側の面は殆ど見えない。本システムではワイヤーの他、図5から図7に示す表示パターンを用意した。像が重なる場合などは、これらの表示法を組み合わせる(図8)。

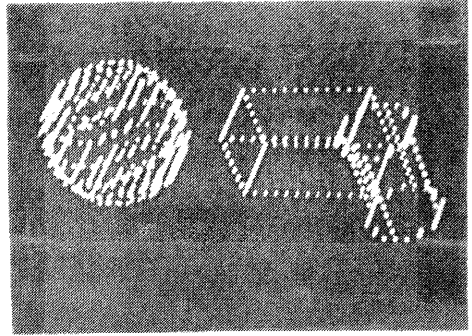


図3 基本形状

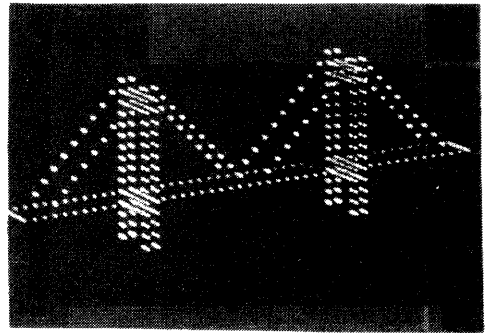


図4 吊り橋

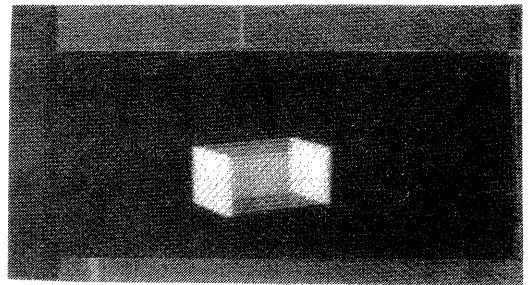


図5 側面塗り

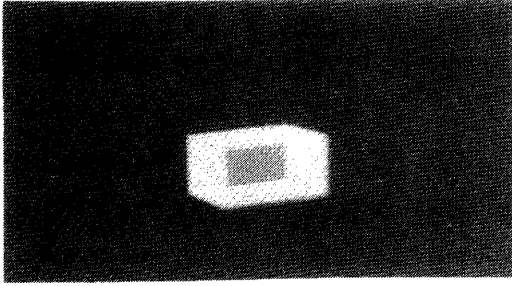


図6 全面塗り

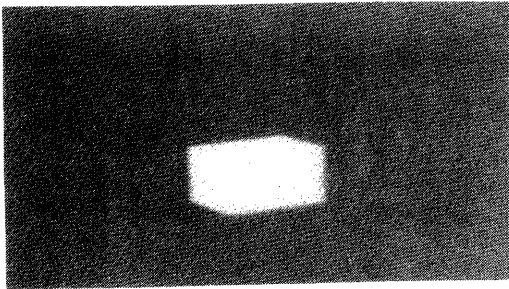


図7 立体塗り

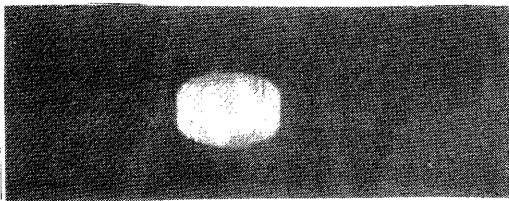
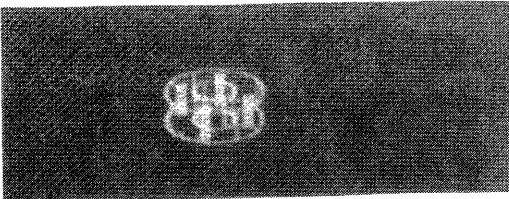


図8 表示法の違いによる見え方の差

一方、形状操作については、空間操作デバイスとして3次元のマウス（Polhemus社の空間センサーにスイッチボタンを付けたもの—図9）を用いた。マウス位置に対応するカーソルは、像が重なった場合でも位置がわかるように、ラバーバンドを付けた点で表現した（図10）。また、カーソルの動きが直感的に理解しやすいように、ディスプレイ領域を示す枠をreferenceとして表示した。図11はカーソルの軌跡をMac Drawライクに表示した例である。



図9 3次元マウス

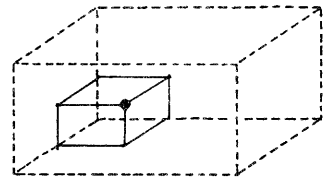


図10 カーソルの表示

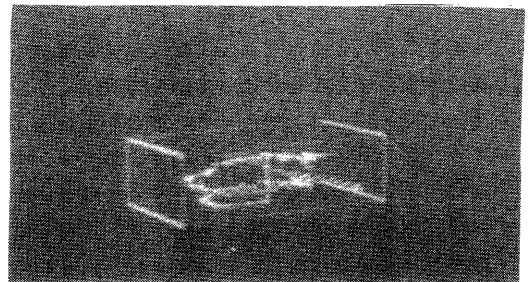


図11 3次元空間内でのカーソルの軌跡

3.2 シミュレーション結果の表示

図12はある部屋内でのエアコン（暖房）の気流のシミュレーション結果の一コマである。流れを表現するためのトレーサとして点（通常は小粒）を用いた。計算速度の関係上、各トレーサの動きは予めベクトル場から計算しておき、ここでは既に像の形になっているデータを読み出して表示するだけである。ただし、結果のわかりやすい呈示という観点から、CRT上のバリュエータによって任意の場面から任意のスピードで像を再生、停止するインタフェースを構築した。例えば、詳しく結果を見たい箇所では動きを遅くし、様々な角度から観察することができる。トレーサが点ということもあるが、その数が適当であれば、かなりリアリスティックに気流の動きを呈示できる。

なお、波の動きのシミュレーションのように面を扱う問題の場合は、3.1に述べたような様々な面の表示法を用いれば、わかりやすい像を呈示できる筈である。

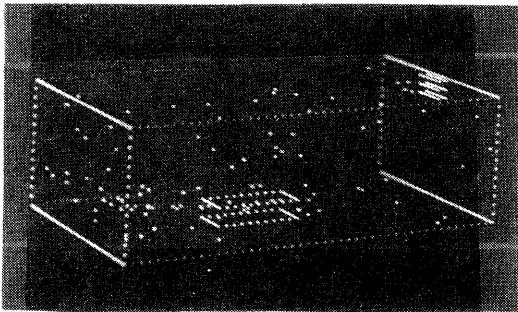


図12 気流シミュレーション

3.3 医療データの可視化

図13は超音波診断で撮った断層像（肝臓）からある血管のみを抽出したデータを、3次元表示した例である。図の白い塊が血管である。オリジナルのデータは全体で128×128×128点(voxel)の容

量があるため、各voxelを1dotとしても像を縮小しない限り本ディスプレイの表示領域内(48×16×50 dots)に収まらない。そこで、像全体を縮小する機能のほか、図14に示す3次元ジョイスティックを用い、広いデータ領域内を探索するようなインタフェースを構築した。ジョイスティックで表示領域を動かしていくという感じを出すため、表示領域の枠を同時に表示している。

voxelが光の塊になってしまうので、図のように像同士が重ならない場合はわかりやすいが、極端に重なりがある場合は例えば、voxelに対応する点を動かす（血管なら赤血球が流れている感じ）などの工夫が必要となる。

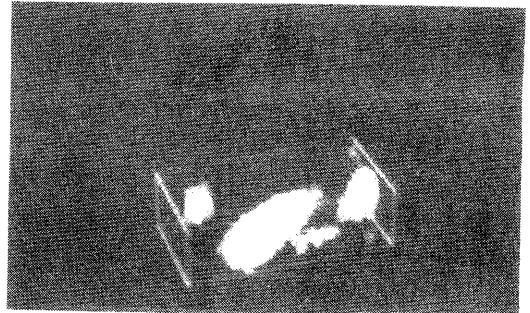


図13 肝臓の血管（部分）-超音波診断像から

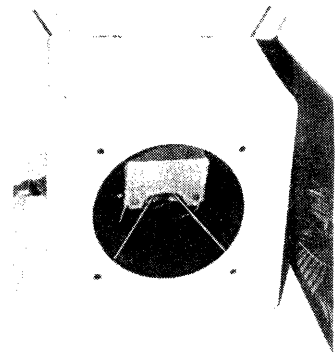


図14 3次元ジョイスティック

4. おわりに

開発したディスプレイをいくつかのアプリケーションに対して適用し、その有効性を確かめた。この表示方式は、autostereoscopicな像を呈示できるため、従来の2次元CRTベースの像に比べ形や空間を認識しやすい。ただし、3章でも述べた通り像が単色でファントムイメージであるため、場合によっては様々の表現技法を適宜組み合わせる必要がある。また今後、表示を大型化、高精細化あるいはカラー化するためには、表示データの圧縮、駆動機構、光学系などを検討する必要もある。

本稿ではディスプレイの表示方法を中心に述べ、空間操作については殆ど触れなかった。現在、種々入力デバイスと組み合わせ評価中である。

参考文献

- [1] 畑田, "疲れのない立体ディスプレイを探る," 日経エレクトロニクス, No. 444, pp205-223, 1988
- [2] Yamada.H., et.al., "3D Display using Laser and Moving Screen," Proc. of Japan Display '89, pp3-5, 1989
- [3] Traub.A.C., "Stereoscopic Display using Varifocal Mirror Oscillations," Applied Optics, vol. 6, no. 6, pp1085-1087, 1967