

## 3Dディスプレイの技術動向

磯野 春雄

NHK放送技術研究所

〒157 東京都世田谷区砧 1-10-11

### 1. はじめに

近年、液晶を中心とする表示デバイスやハイビジョン、デジタル画像処理などの基盤技術の進歩により、3Dディスプレイの分野に新たな発展が期待できるようになってきた。3Dディスプレイの実用化は、立体テレビをはじめとする放送・通信分野のみならず娯楽、教育、医療、バーチャルリアリティなど、幅広い分野に大きなインパクトを与えるものと期待される。このため3Dディスプレイに対する関心が高まり、内外の研究機関で研究開発が活発化してきている。ここでは3Dディスプレイの技術動向と応用分野、今後の課題などについて解説する。

### 2. 3Dディスプレイの種類と分類

我々が周囲の空間を奥行きをもって立体的に把握する際には、いろいろな手がかりを用いている。これには輻輳、両眼視差など両眼の手がかりを利用するものと、眼の調節、運動視差など単眼のみによって生じる手がかりを利用するものがある。これらの奥行き知覚要因を巧みに利用して、画像に奥行き感を与える3Dディスプレイ方式が数多く提案されている。代表的な表示方式を図1に示す。図1において立体画像表示とは、両眼視差をもつ2枚の平面画像を左右眼へ別々に提示して立体視する2眼式立体表示で、表示面の前後に奥行きのある空間を再現する方法である。

一方、3次元画像表示とは特殊なメガネを使用することなく、観察位置の移動に応じて多方向の異なる視点から立体画像が眺められ、立体

画像表示よりも自然な再現が可能である。なお、立体画像表示と3次元画像表示を含めて広義の3次元画像と呼ぶこともある。このほか平面画像1枚の情報から、その表示面より奥行き方向の空間に対して奥行き感を生じさせるような画像表示もある。このような画像は「奥行き画像」と呼ばれる。これには線遠近法で描かれた絵画の例や全天周型ドームスクリーン、シネラマ映画などにみられる広視野、大画面表示によって奥行き感をもたす方法などがある。

### 3. 3Dディスプレイの技術動向

#### 3.1 立体画像ディスプレイ

立体画像ディスプレイには、古くから多くの表示方式が提案されている。ここでは、最近の技術進歩により新たな発展がみられた方式を紹介する。

##### 3.1.1 ヘッドマウント・ディスプレイ：HMD

ヘッドマウント・ディスプレイはゴーグル型

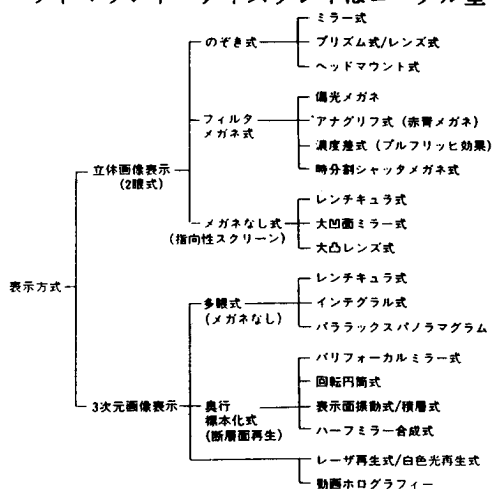


図1 3Dディスプレイ方式の種類と分類

の映像表示装置で、ヘルメットに左右両眼用の CRT または液晶ディスプレイを装着し観察者に立体画像を提供するものである。HMD は両眼の眼前に配置したディスプレイ画面が、光学系によって前方に大きなスクリーンがあるかのような視覚効果を得るように設計されている。ヘルメットの頭部には空間位置検出用のセンサが取り付けられており、このセンサからの位置情報によって表示内容を頭部の動きに応じてダイナミックに変化させることができる。すなわち観察者が頭を左に向ければ左側の映像が、右に向ければ右側の映像が表示される。これによって等価的に全周囲の映像を眺めることができるので、コンピューターが創った仮想空間の中に入り込み、あたかも自分がその空間にいるかのような疑似体験ができる。

HMD の課題は小型軽量化、解像度向上、視野角の拡大などである。重量については、小型液晶ディスプレイを採用して重量 250 g に軽量化した HMD が発表されている。また、解像度に関しては現在 10 万～40 万画素の小型カラー LCD が主流であるため画質的には十分とは言えない。今後ハイビジョン用の小型 LCD を使用した HMD が登場すれば画質は大きく向上するであろう。一例として図 2 にハイビジョン並の解像度をもつ n-Vision 社の Data Visor と呼ばれる HMD を示す。これは CRT を使用した

1280 × 960 画素の HMD で、高解像度のカラー画像表示を実現するためにシャドウマスク型の CRT を使用せず、モノクロ CRT の管面に電子的に RGB に発色可能な液晶シャッターを装着している。CRT のスキャン速度を通常の 3 倍の 180 Hz とし、RGB の液晶シャッターをこれに同期させて切り替えることにより、時分割的に提示された映像が眼の残像現象によってフルカラーに見えるものである。

一方、視野角の拡大については軽量かつ広画角の接眼レンズ系の開発が課題である。観察者が映像空間の中に没入したかのような錯覚と十分な臨場感を得るためには、少なくとも 90° 近い視野角が必要とされている。広視野角の HMD としては、米国の LEEP Systems 社が LCD 表示部を魚眼レンズに似た特殊な光学系で拡大して視野角 90° 以上を実現している。しかし、むやみに視野角を広げようとするとレンズ収差の補正や複雑な光学系が必要となり、せっかく表示デバイスを小型軽量化しても全体としては重量が大きくなる。このほかハードウェア設計上の留意点としては、HMD を使用中でもユーザーが外部の状況を確認できる、いわゆる“シースルー機能”を付加したり、視力の矯正機構を設けたり、ユーザー自身が HMD のレンズ間の距離を両眼の幅に調節できるような機構を付けるなど、眼の疲れや視機能への影響

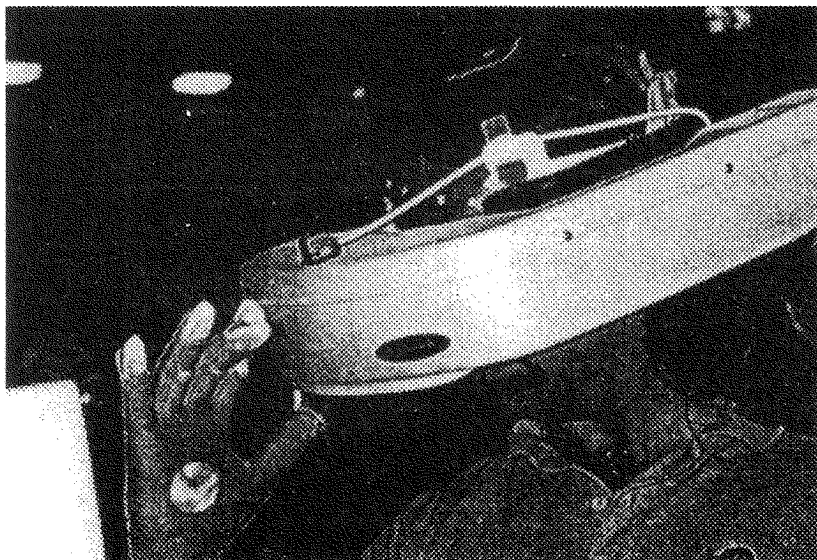


図 2 ハイビジョンなみの高解像度 HMD

などに配慮することが必要である。

### 3.1.2 フィルター・メガネ式

立体画像を見るために、左右画像を光学フィルタにより分離して両眼に提示する方式である。これにはアナグリフ方式、濃度差方式、偏光フィルタ方式などがある。

#### (a) 濃度差方式 (知覚時間差方式)

視覚のプルフリッヒ効果 (Pulfrich effect) と呼ばれる現象を利用したもので、左右眼に透過率の異なるフィルターを装着して動きのある平面画像を観察すると、透過率の差による知覚時間差に応じた奥行き感のある画像が見える。

最近、濃度差フィルタを使用する代わりに、画像メモリによって通常の2次元画像に遅延時間差をつけた画像を作りだし、これを左右画像として両眼に提示して立体視する2D/3D自動ソフト変換技術が開発された<sup>1)</sup>。この方法は、動きのあるテレビ画像から画面内の細分化された領域の動きベクトルを実時間で検出し、動きの大きさや方向などの情報から左右の眼に与える画像の遅延時間と遅延方向を決定するのである。

このような知覚時間差を利用した立体視方式は、水平方向の運動成分から奥行き感を得ているため静止画像では効果がなく、また動きの方向や速度によって前後が反転して見えたり奥行き感が変化するなどの問題がある。一般画像では効果が少ないがコンピュータ・グラフィック(CG)画像では立体効果をだしやすい。

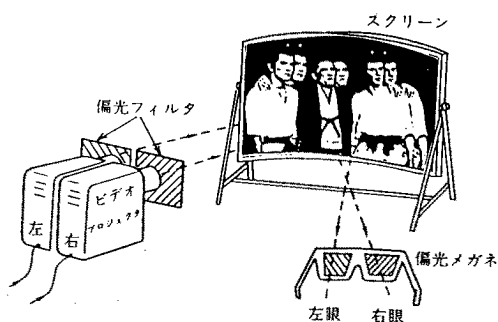


図3 偏光フィルタ式投射型立体ディスプレイ (Motoki et al., 1994)

#### (b) 偏光フィルタ方式

偏光フィルタ方式は、直交した偏光素子の組み合わせによる遮光効果を利用して左右眼の画像を分離するもので、イベント・博覧会やシアターなどで広く使われている方式である。図3に偏光フィルタによる投射型立体ディスプレイの構成を示す。直交する偏光フィルタを取り付けた2台のビデオプロジェクタによって左右画像をスクリーンに投射し、直交する偏光フィルタ付メガネで観察する。

一般に偏光フィルタ方式には直線偏光フィルタが多く用いられるが、円偏光フィルタを使用する場合もある。円偏光フィルタは直線偏光フィルタと1/4波長板を組み合わせることにより、右回り又は左回りの円偏光に変換することができる。円偏光フィルムを使用した立体表示は、直線偏光フィルムを使用した場合に比べて観察者が顔を大きく左右に傾けても立体視できるという利点がある。この反面、立体画像に色のクロストークが発生しやすいという問題がある。

偏光メガネ方式の長所には、①色再現性が良い、②解像度が高い、③フルカラーの動画像表示が可能、④同時に多数の観客に見せることができる、⑤実在感が高い、⑥実現が容易などの点があげられる。一方、短所としては①透過率の低い偏光フィルタを(通常40%前後)使用するため暗い映像になる、②観察者はメガネをかける必要がある、③映像合成用ハーフミラーやスクリーンには、反射による偏光の乱れがない特殊スクリーンが必要などである。

偏光メガネ方式は古くから立体映画や万博などのイベントで広く使われており、代表的な例としてはカナダのIMAX社がEXPO '90(大阪)のサントリー館で展示したIMAX 3D(19.5m × 26.9mスクリーン)がある。また最近では、偏光メガネ式立体ハイビジョン・システムが実用化され、様々な立体ハイビジョン番組ソフトも制作されている。このシステムは立体ハイビジョンのもつ優れた臨場感と高画質の特長が注目され、各方面への応用が進展している。

(c) 時分割シャッタ方式

時分割シャッタ方式は、テレビのフィールド周期毎に左右画像を交互に提示し、これと同期させて液晶シャッタ・メガネを開閉して立体視する方式である。初期の時分割シャッタ方式はディスプレイ画面が明るいと 30 Hz のフリッカ妨害が生じたり、垂直解像度が 1/2 に劣化するなどの問題があった。最近では、図 4 (b) の原理に示すように左右画像を通常の 60 Hz, 2:1 インターレース信号でフィールドメモリに書き込み、これらの信号を 120 Hz, 4:1 の走査速度でメモリから読み出したあと、1/120 秒毎に左右画像を交互に切り換えて画面に表示し、液晶シャッタを同期開閉して立体視する倍速スキャン式のフリッカレス時分割シャッタ方式<sup>3)</sup>が一般的である。

一般的である。

これとは別の形態として、立体画像を表示する CRT の前面側に液晶シャッタ・パネル（直線偏光板、 $\pi$ セル、1/4 波長板で構成）を取り付け、観察者側で軽量の円偏光メガネをかけて見るシステムも商品化されている。時分割シャッタ方式は、①1 台のディスプレイで立体画像表示ができる、②高画質フルカラー表示可能、現行テレビ方式と両立性が高い、④低コストで容易にシステムを実現できる、⑤多人数で同時に観察できる等の特徴がある。

時分割シャッタ方式は実用性の高い立体表示方式であるため、業務用途ばかりでなく家庭用立体テレビや立体ビデオディスクシステムとして市販されている。また、博覧会用の大規模な

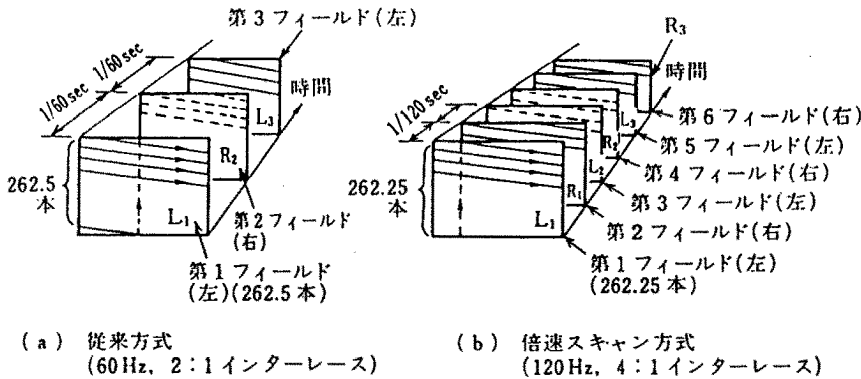


図 4 時分割立体テレビ方式の原理 (60 Hz/120 Hz 方式、磯野ほか、1987)

(a) 従来方式 (60 Hz, 2:1 インターレース) (b) 倍速スキャン方式 (120 Hz, 4:1 インターレース)

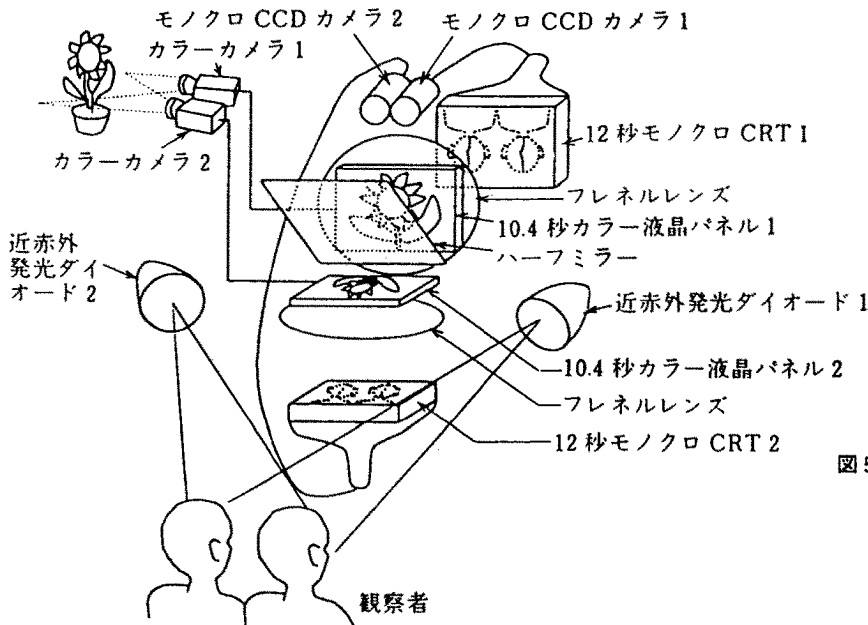


図 5 指向性光源式立体画像ディスプレイ (大森ほか、1994)<sup>4)</sup>

システムへの応用として、カナダのIMAX社がEXPO '90で公開した全天周カラー立体映像投影方式 (IMAX SOLIDO) がある。

### 3.1.3 指向性光源方式 (視野追従型)

指向性光源方式とは、立体画像を表示する液晶ディスプレイのバックライト光源に指向性をもたせて左右画像の選別を行う方式で、バックライト分割方式<sup>4)</sup>とも呼ばれている。この方式は図5に示すように、観察者の顔の位置を赤外線や磁気センサなどで検出し、その位置情報で左右画像を表示する液晶パネルのバックライト光源を変調することにより、観察者が見ている方向の表示画像だけが眼に入るように光源に指向性を持たせるものである。

これにより、観察者の右眼には右画像が、また左眼には左画像だけが選択的に入るため、左右像が分離され裸眼で立体視できる。この方式は観察の左右方向の移動に対応して光源の指向性を変化できるため、視野追従式とも呼ばれ、立体画像の観察範囲を広げられる特徴がある。

### 3.2 3次元画像ディスプレイ

多視点から立体像をメガネなしで観察できるような3次元画像ディスプレイ方式が種々提案されている。これらの表示方式を大別すると、①表示面再生式 (指向性スクリーン)、②奥行き標本化式 (断層面再生)、③波面再生式 (ホログラフィ) に分類できる。このうちカラーの

立体動画像を実時間で表示できるメガネなし3Dディスプレイ方式としては、現在のところ「表示面再生式」に限られる。以下、最近の3次元画像ディスプレイの動向を紹介する。

### 3.2.1 表示面再生式 (メガネなし式)

#### (a) パララックス・バリア式

この方法はパララックス・バリアと呼ばれる細いスリット状の開口部の裏側に、適当な間隔を置いて左右2眼像あるいは多眼像を交互に配置し、特定の視点からこの開口部を通して見たときに立体画像として裸眼で見られるものである。図6は2眼式の原理を示したものである。これまでパララックス・バリア式はバリアが目障りであったり、立体画像の明るさが損なわれるなどの理由でほとんど普及していなかった。

ところが最近になってパララックス・バリア方式が再び見直されようとしている。米国では実写やCG画像で多眼像 (静止画) を作成し、これらをストライプ状に合成したカラーフィルムを作成して明るいバックライト照明で観察する装置が実用化されている。また、パララックス・バリア方式の立体カラー液晶ディスプレイも市販されている<sup>5,6)</sup>。このように液晶ディスプレイのバックライトに明るい光源を使用することにより、従来パララックス・バリア方式の欠点であった立体画像の明るさの問題を解決することができる。

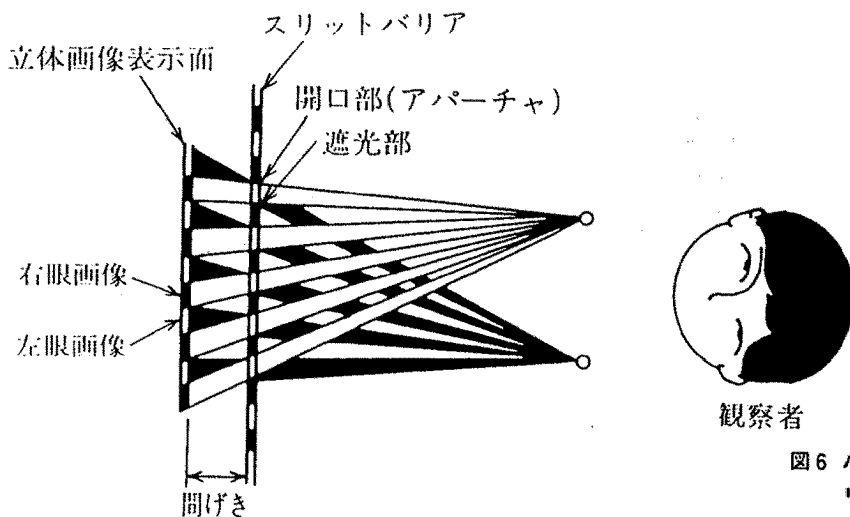


図6 パララックス・バリア式の原理 (2眼式)

このほか、パララックス・バリアの形状や位置を自在に可変できる液晶パララックス・バリア方式も提案されている<sup>7)</sup>。

(b) レンチキュラ式

レンチキュラ式の原理は立体写真の“3Dポストカード”と基本的に同じである。レンチキュラスクリーンと呼ばれる半円筒の形状をしたレンズの焦点面にストライプ状の像を表示する。これらのストライプ像は、レンズの指向性によって所定の観察位置では両眼の間隔(65mm)に拡がるように設計されているため、観察者は左眼で左画像を、右眼で右画像を観察できるので裸眼立体視することができる。2眼式のほか、多方向から被写体を回り込んで立体視できる多眼式も考えられている。多眼式の例として図7に8眼式の例を示す。

現時点で大画面フルカラーの立体動画像をメガネなしで見ることができる表示方式としては、レンチキュラ式が最も実現性が高いと考えられている。このため、レンチキュラ式立体テレビの研究開発が盛んに行われている。例えば、直視型のフラットパネル・ディスプレイの表面にレンチキュラ板を配置した3Dディスプレイがいくつか試作されている<sup>8,9)</sup>。

また、臨場感のある3次元画像を表示する方法として、CRTおよび液晶プロジェクタを使用した投射型のレンチキュラ方式も研究されてい

る<sup>10-12)</sup>。これらの投射型レンチキュラ式には2眼式から多眼式まで各種のシステムがある。ここでは、最近開発されたレンチキュラ式でハイビジョンの高画質立体映像と立体音響を実現した高臨場感「メガネなし立体ハイビジョンシステム(2眼式)」を紹介する。このシステムの構成と外観を図8に示す。このシステムは、立体ハイビジョンカメラで撮影した左右画像を2台のハイビジョン液晶ビデオプロジェクタで70インチ対角長のダブルレンチキュラ・スクリーンに背面投射する方式である。音響の遠近制御技術を取り入れ、レンチキュラ・スクリーンの周囲に配置した170個の小型スピーカにより、立体映像と連動して音もスクリーンから飛び出すため、立体映像と立体音響の相乗効果によって優れた臨場感と実在感が得られている<sup>13)</sup>。昨年、この技術を応用したレンチキュラ式の110型「飛び出すハイビジョンシアタ」がNHKスタジオパーク(渋谷)内に常設された。

3.2.2 奥行き標本化式(断層面再生)

奥行き標本化方式は眼の残像現象を利用して、多くの断層像を高速走査して表示する方法である。これには、パリフォーカル・ミラーのような表示面振動式のほか、移動スクリーン式、回転LEDアレイ式、表示面積層式、ハーフミラー合成式など、多くの方式が提案されている。

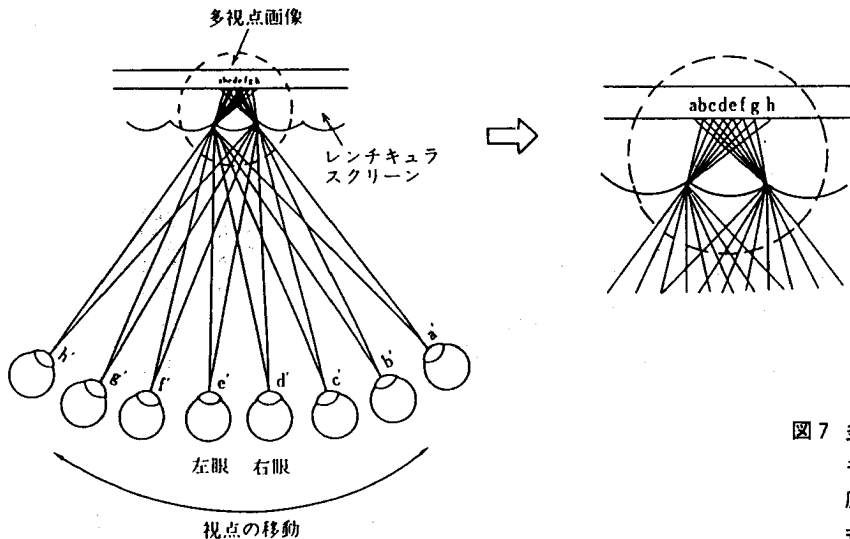


図7 多眼レンチキュラ式の原理(8眼式)

しかし、奥行き標本化式で再生される3次元空間像では、すべての断面像の表示を眼の残像時間内に完了しないとフリッカが知覚されるほか、手前の再生像に隠れていたはずの裏側または内部の像が透けて見える、いわゆるファントムイメージが生じる。このため、ファントムイメージが許容されるような用途、例えば、CT画像、航空管制、コンピュータ処理画像などの3次元表示に適している。

### 3.2.3 波面再生式（ホログラフィ）

光の波面を再生する空間像表示方式としてはホログラフィが代表的である。1962年にレーザーを光源とする実用的なホログラフィが提案

されて以来、今日に至るまでホログラフィを3次元ディスプレイに応用しようとする努力が続けられてきた。この間、レーザー光再生ホログラム、白色光で再生できるホログラム（レインボウ・ホログラム、リップマン・ホログラム、ホログラフィック・ステレオグラム）、計算機合成ホログラム（CGH）など多くの方法が開発された。さらに最近の動向として注目されているのは、実時間で電子的にホログラムを書き換えられる電子動画ホログラフィ技術が登場し、将来のホログラフィテレビに向けた研究が盛んになりつつある<sup>14,15)</sup>。

動画ホログラフィの研究は、立体画像表示を

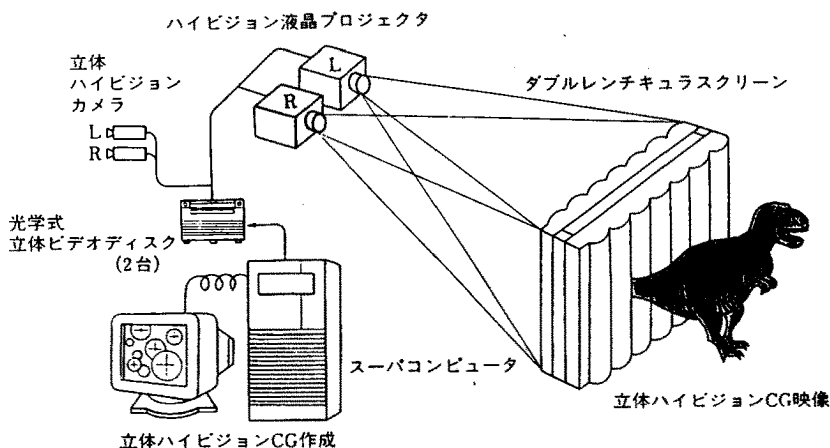
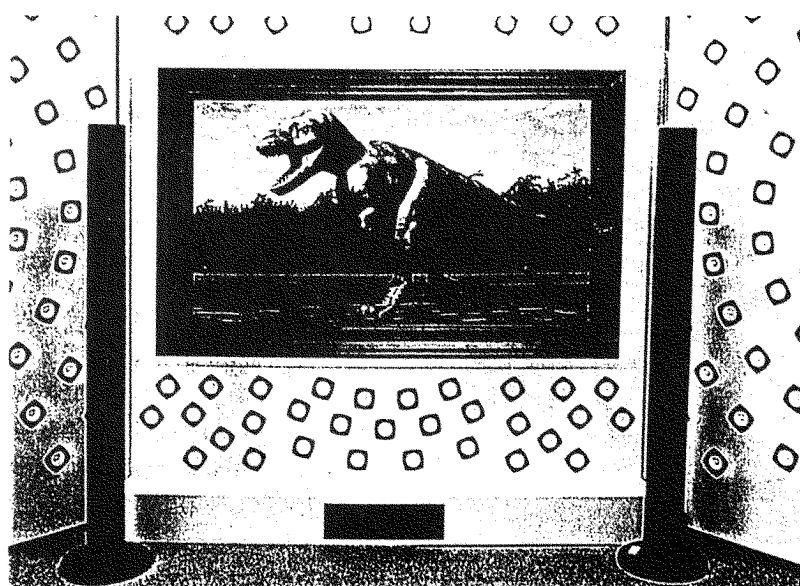


図8 高臨場感メガネなし立体ハイビジョン

目的とした光波面変調デバイスとして、①超音波光変調器を用いる方法と、②液晶パネルを用いる方法とが研究されている。

超音波光変調器（AOM）による方法（図9）は、米国MITのBenton教授のグループで開発されている方法で、現在のところ、ホログラフィによる立体動画像が両目で観察できる唯一の方法である。

原理は一次元の光変調デバイスであるAOMを数10MHzの周波数で駆動して、数100ライン/mmの位相回折格子をつくる。これが結晶内を音速で走る時、この

結晶に横からレーザー光を照射するとレーザー光が+1次の特定方向に強く回折される。この数10 MHzのキャリア周波数を基準干渉縞パターンとして、AMおよびFM変調することにより、+1次の回折光を立体表示のための光波面にできることを利用する。

最近では、18個のAOMを並列駆動し、表示サイズが10 cm立法で、視野角30度の立体像を30フレーム/秒で表示している。

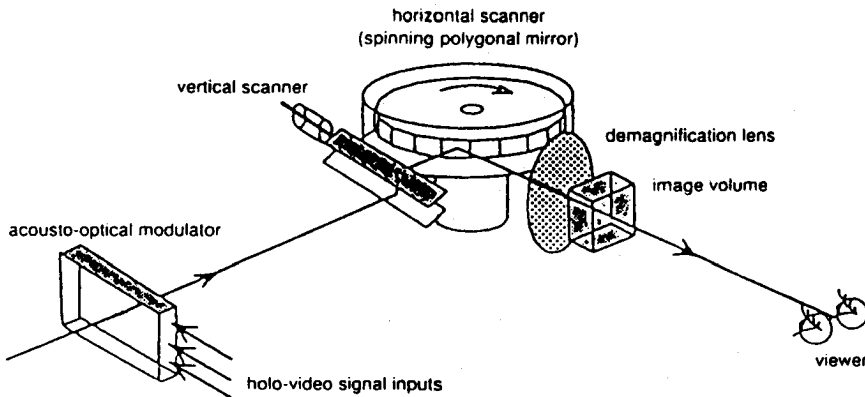
一方、液晶パネルを用いる方法は、液晶パネルをレーザー光のようなコヒーレントな光波面の形を制御することにより、立体像表示を行うものである。これには、光波面を実現する方法として、①従来のホログラフィ法のような直接的な実現法、②キノフォーム法、③微少回折格子と液晶パネルの組み合わせによる方法などが研究されている。ここでは、直接法について概

要を紹介する。

直接法は、図10に示すように実物体にレーザーの参照光を加えて得られる干渉縞強度分布を高解能の2次元光センサ（CCD）で検出し、その分布信号で高密度・高解像度液晶パネルを変調し、このパネルにレーザー光を照射する方法である。この方法で立体像を表示するためには、液晶パネルにハイビジョン用液晶パネルよりもはるかに高解像度で、大きいサイズのパネルが不可欠である。

### 3.3 3Dディスプレイ技術の比較

これまで述べてきたように、3Dディスプレイ技術には数多くの方式が提案されている。これらのうち、特に立体テレビ用の表示方式として可能性のあるものについて、表1に特徴を比較して示す。いづれの方式にも、それぞれ長所と短所があり、一概にどの方式がベストとは言



立体像表示光学系概念図

図9 AOMによるホログラフィック・ビデオ表示<sup>14)</sup>

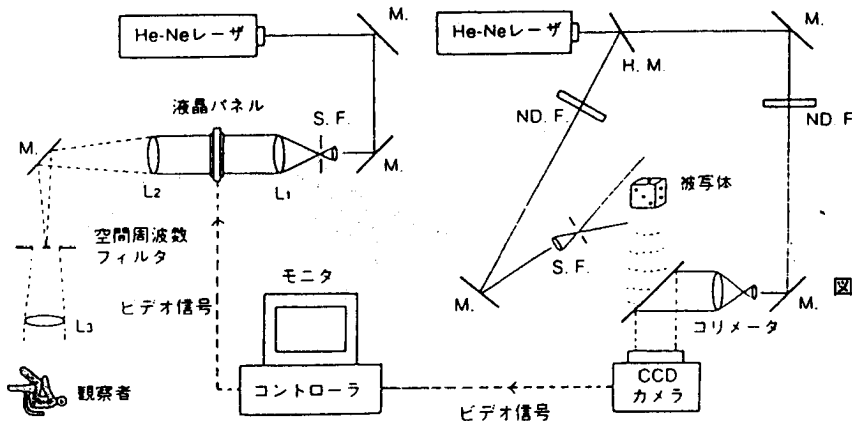


図10 CCDと液晶パネルを用いたホログラフィックビデオ・システム<sup>15)</sup>



表1 立体テレビ表示方式の比較

立体テレビの表示方式

表示方式	眼鏡	カラー化	大画面	視域	まわり込み効果	画質
ヘッドマウント式	不要	可能	○	広	あり	△
アナグリフ式	要	不可能	○	広	なし	×
偏光方式	要	可能	○	広	なし	●
時分割偏光方式	要	可能	○	広	なし	○
時分割方式	要	可能	○	広	なし	○
ブルフリヒ方式	要	可能	○	広	なし	△
バックライト分割式 (視野追従式)	不要	可能	○	広	なし	○
バララックスバリエー方式	不要	可能	○	狭	少し	○
多眼レンチキュラー方式	不要	可能	○	狭	少し	○
I P方式	不要	可能	△	広	あり	△
動画ホログラフィー	不要	可能	×	狭	少し	△
微小回折格子法	不要	可能	△	狭	少し	△

い切れない。用途に適した表示方式を選択することが最良であろう。将来的にはメガネなし3Dディスプレイの実現が期待されるが、現段階は技術的にはまだ未熟で研究開発途上にあり、より自然で見やすく、人に優しい立体画像表示システムにむけての研究開発が進められている現状にある。

4. 応用分野

最近の3次元映像への関心の高まりを反映して、3Dディスプレイ技術が通信・放送、バーチャルリアリティ、教育・医療、娯楽（エンターテイメント）など様々な分野へ応用されている。ここでは最近の応用事例について紹介する。

4.1 通信・放送

4.1.1 臨場感通信システム

遠隔地にいる人々が、それぞれの場に居ながらにして一堂に会した感覚で、面談会議を行うことができるような通信形態について研究が行われている。これは臨場感通信システムと呼ばれている<sup>16)</sup>。例えば「臨場感通信会議」では、CGによる仮想的な3次元空間を生成し、参加者は自分のいる現実世界とスクリーン側の仮想空間が混在した状態で会議をすることにな

る。臨場感通信システムでは相手の顔や表情を見ながら面談をする関係上、メガネが不要で広視野・高解像度表示可能な3次元画像ディスプレイの実現が重要である。現在、観察者の視点移動に追従できるレンチキュラー式投写型立体ディスプレイ装置を使って、複数の人が同時に会議に参加できるようなシステムの研究が行われている。

4.1.2 立体テレビ会議

現行テレビ方式を使用したテレビ会議システムでは、相手側と意志の疎通を十分にとりながら会議を行うことが難しい場合がある。そこで、光ファイバーを用いた広帯域総合デジタル通信網（B-ISDN）による通信サービスの一環として、HDTVや立体テレビ技術を導入したビデオ会議システムの研究が行なわれている。HDTVや立体テレビ技術を導入することによって、高画質で臨場感のあるビデオ会議システムを実現しようとするものである。

4.1.3 立体テレビ放送

(a) 通信衛星による立体ハイビジョン中継  
1994年に通信衛星による立体ハイビジョン中継放送が行われた。この中継は立体ハイビジョンカメラで撮影された左右画像を2chのハイビジョンMUSE信号、またはデジタル圧縮

した信号形式で伝送し、受信側で復元して大画面スクリーンに投写し、偏光メガネをかけて見るものである。これら通信衛星によるイベント中継は、高画質で臨場感のある立体ハイビジョン映像を全国の多会場へ同時伝達する手段として有効であることを実証した。今後、イベント、学会講演など多くの利用が考えられる。

(b) ISDB による高臨場感テレビ放送

21 世紀における放送システムは、その大部分が従来のアナログ伝送に代わって、デジタル伝送による放送になると考えられる。デジタル圧縮技術を利用して、1つの放送電波で多チャンネルのテレビ放送が可能となる。放送されるサービスも映像・音声のデジタル化が進み、現在のハイビジョンよりもさらに高品質の立体テレビや高臨場感テレビなどが登場するものと予想される。これら種々のデジタルサービスを1つの電波に多重統合して伝送する放送システムは、「統合デジタル放送」(ISDB)と呼ばれ、1985 年から研究が行われている。また ISDB によるサービスの候補である高臨場感テレビ放送は、SSAV (Super Surround Audio-Visual System) システムと呼ばれ、家庭でドラマやスポーツなどの迫力のある立体テレビ番組が楽しめるものである。ISDB の放送サービスイメージを図 11 に示す。

4.1.4 家庭用立体テレビ

家庭では放送よりも一足先に、パッケージメディアによって立体映像を楽しむ状況が到来するかもしれない。最近、日本の家電メーカーから立体テレビ機器の試作発表が多い。例えば、ハイビジョン MUSE ディスク・プレイヤーで再生した高画質な立体映像を液晶シャッター・メガネをかけて見るシステムや立体画像も記録できる家庭用ハイビジョン VTR などが発表された。業務用にレンチキュラー式の 40 型メガネなし立体ディスプレイ装置、バララックス・バリア式の 10 型メガネなし 3D カラー液晶ディスプレイの試作などがある。

4.2 バーチャル・リアリティへの応用

コンピューター内に仮想環境を創り出し、3次元空間を現実のように体感できるバーチャル・リアリティ(仮想現実)の応用が各方面で活発に行なわれている。ここでは、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)が重要なキーデバイスとなっている。

4.2.1 建築 CAD、意匠設計

VR 技術を応用したキッチン疑似体験システムが開発され、ショールームで公開実演が実施されている。ユーザーはデータ・スーツを着用し、CG の立体映像で創られた仮想空間の中を実際に歩き回りながら、キッチンの広さや物の

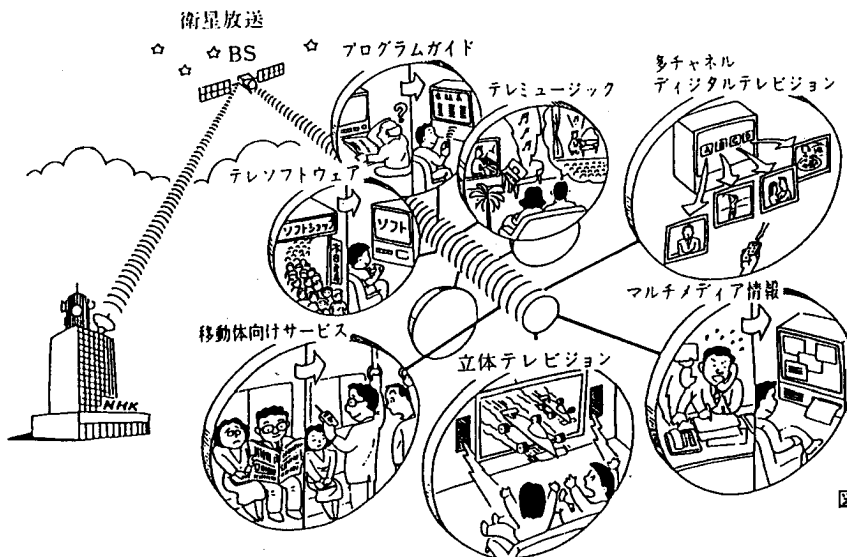


図 11 ISDB の放送サービスイメージ

配置状況、扉の開閉具合、蛇口の操作性などを仮想体験できる。最近では仮想キッチンを原寸大でアーチ式大型スクリーンに投影し、3Dメガネと無線ヘッドホンを装着して、多人数で同時に臨場感をもって仮想体験できる。

また、CAD等による設計にもVR技術や3Dディスプレイが有用である。CGで作成した飛行機、コーヒーカップ、自動車等の3Dモデルを設計者の頭部の動きに合わせてリアルタイムに色々な視点から見た立体画像として表示し、これをワイヤレス液晶シャッターメガネで観察しながら設計を進めることができる。

#### 4.2.2 医療シミュレーション

VR技術の応用で興味を持たれているのは医療シミュレーションである。VR技術を導入した仮想環境空間の中で、患者の外科手術のシミュレーションを繰り返すことによって実際の手術をより確かなものに行うことができる<sup>17)</sup> (図12)。最近では眼科手術のようなマイクロ・サージャリやテレロボティクス技術による遠隔手術システムなどが試みられている。

このほか最近の応用例として興味深いのは、「遊園地へ行こう」という仮想体験システムである。これは、小児病院に長く入院している子供に、病院の外の世界を味わわせたいという思いに基づいて開発されたものである。立体画像をコンピューターによって交互にスクリーンに投影し、液晶シャッターメガネで立体映像を見

ながら、あたかも自分が遊園地で好きな乗り物で遊んでいるかのような気分を味わえる。長期入院中の子供達に好評であるという。

#### 4.2 教育・医療・娯楽への応用

##### 4.2.1 教育展示

3次元映像の教育、医療への応用も各方面で進められている。教育への応用としては、例えば科学館や展示館での立体映像の利用があげられる。すでに、各地に立体ハイビジョン・シアタが常設されるようになり、立体ハイビジョン映像による科学教育も行われている。このほか、1995年3月に新たにオープンした「NHKスタジオ・パーク」では、最新の放送番組制作の過程や未来の放送技術などを見学者が実際に参加しながら体験できるように工夫されている。ここに大画面110インチの「飛び出すハイビジョン」シアターが常設されており、特別なメガネをかけなくても臨場感と迫力に富んだ立体ハイビジョン映像を体験することができる。

##### 4.2.2 医療応用

###### (a) 立体ハイビジョンの利用

3Dディスプレイ技術の実用化が最も期待されているのは医療の分野であるといえよう。もともと医学においては、診断や治療を正確に行う必要から立体視に対する要求が高い。今日ではX線立体テレビジョンによる診断が最も盛んであり、X線像をリアルタイムで動画として観察する、いわゆるX線透視の立体視化が早くか

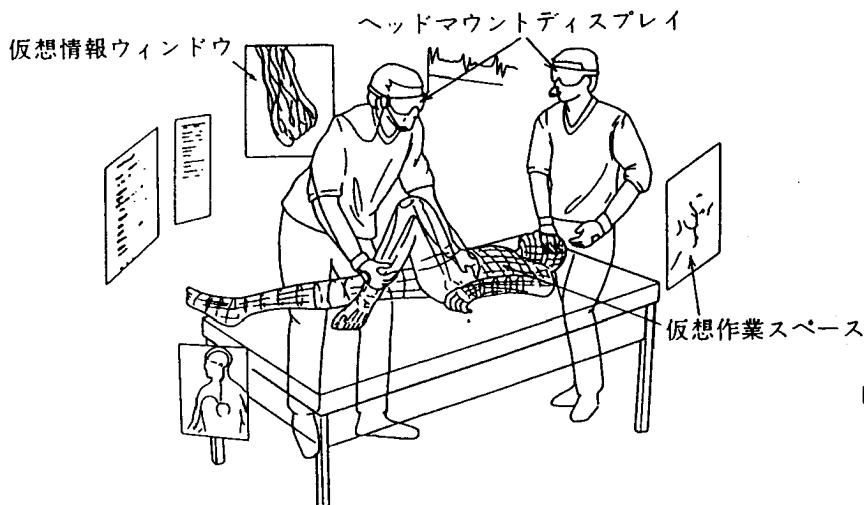


図12 仮想現実空間での外科手術シミュレーション<sup>17)</sup>

ら研究されてきた。最近では、立体ハイビジョンの特徴である高画質で忠実な色再現性と実在感・臨場感のある画像システムを医学へ応用する試みが注目されている。1989年に信州大学のグループは脳外科手術の模様を立体ハイビジョンカメラで撮影し、偏光メガネで立体視することに成功している（図13）。

通常、このような脳外科手術や眼科手術などの顕微鏡下での手術においては、左右二つの顕微鏡を備え、左眼と右眼で立体視しながら手術がおこなわれる。しかし、これでは1~2人しか同時に観察はできない。執刀者だけでなく大

勢の助手も同時に立体像を観察しながら手術を行おうとすると、立体テレビジョンが必要となる。名医と呼ばれる執刀者の手術の模様を、高画質な立体ハイビジョン映像によって距離的に離れた場所でも多くの医学関係者が同時にモニターできることは、医療はもとより医学教育の点からも重要な意義をもっている。

(b) 医用ホログラフィ・システム

近年における医療画像技術の進歩は著しく、X線 CT や MRI 等により内蔵各部の状況を知ることができる。しかし、モニター上に表示される画像は特定の断面のみを表示しているに過

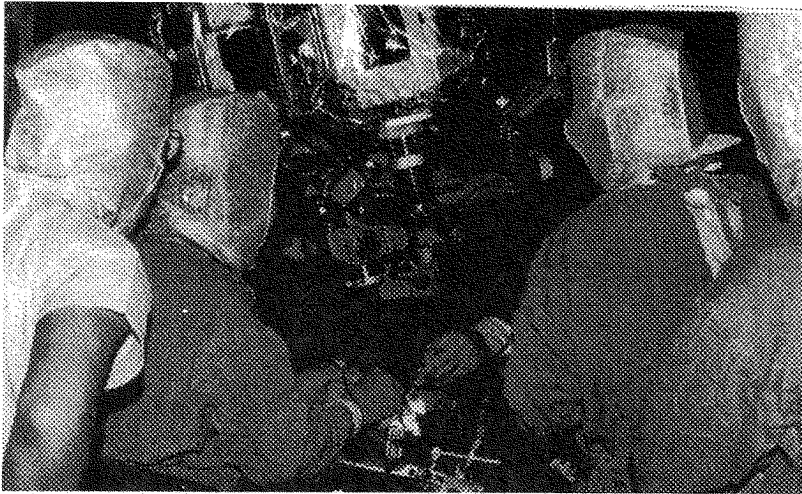


図13 脳外科手術に使用された立体ハイビジョン（信州大学提供）

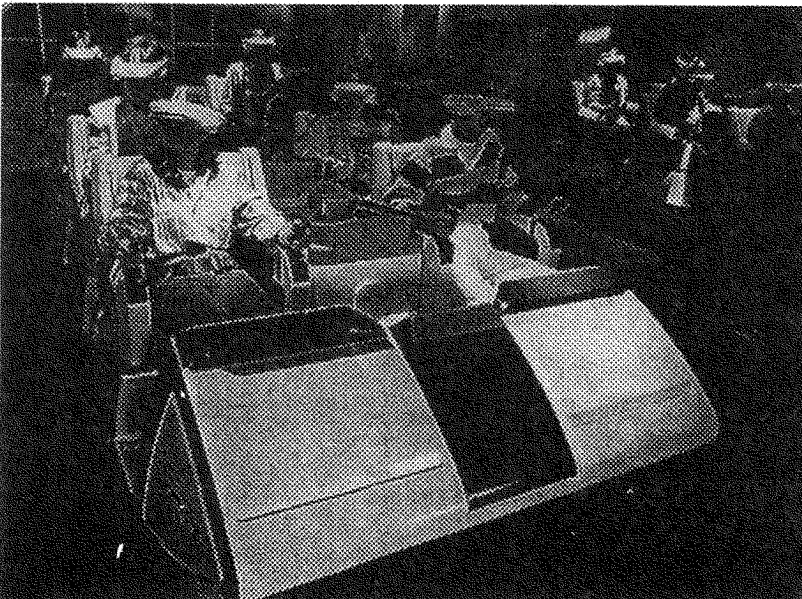


図14 ヘッドマウントディスプレイを使ったアミューズメント施設のゲーム機（日経エレクトロニクス、1994）<sup>18)</sup>

ぎず、医師はこの画像を見て立体像を想像しながら診断しているのが現状である。このため、X線CT等で得られる断面像の表示ではなく、立体表示を可能とするシステムの開発が求められている。この目的のために骨、内臓等の患部を立体視できる医用ホログラフィ・システムの研究開発が行われている。

#### 4.2.3 娯楽への応用

3次元映像はテーマパークやゲームなどアミューズメント施設への応用が多い。筑波博や花博をはじめ各地のテーマパークでは、必ずといって良いほど大画面の立体映像が上映されてきた。大画面の立体映像に対する人気は高く、抜群の集客力がある。代表例としてはカナダIMAX社の全天周カラー立体映像システム、IMAX SOLIDOがあげられる。これは直径24mのドーム・スクリーンの内側へカラー立体映像を時分割投写し、ワイヤレス液晶シャッター・メガネで立体視するシステムで、水平視野角150°、垂直視野角120°もある。

一方、ゲーム機への応用はこれからますます増える傾向にある。とりわけ、ヘッドマウント・ディスプレイを使用したゲーム機が多い(図14)。仮想現実感を利用した大規模な実験施設「アラジン・カーペット・ライド」が米国ディズニーワールドの中にある。1995年には家庭用の立体視ゲーム機「バーチャルボーイ」が発売された。これは、発光ダイオード(LED)とミラーから成る左右のディスプレイに立体画像を表示し、のぞき込むようにして遊ぶ。レンチキュラー式メガネなし立体ディスプレイを基本にした業務用ゲーム機も開発されている。

#### 5. 今後の課題

3Dディスプレイの研究開発は、立体画像の入力・生成、符号化、伝送、信号処理、記録、表示、ヒューマンファクターなど広範囲な技術分野と密接に関係する。現在これらの要素技術に関して内外で活発に研究開発が進められているが、まだ多くの研究課題が山積している。

とりわけ難度の高いのは3次元画像の入力と表示に関する分野である。業務用、産業用途は別として将来の一般家庭用の立体テレビとしての利用を考えると、現在よりも自然で見やすく、視覚疲労の少ないメガネなし立体テレビ方式の実現が望まれる。このためには、入力および表示デバイスなどの基盤技術にブレークスルーが求められている。また、これに加えて3Dディスプレイの利用が人体に及ぼす生理的・心理的影響をはじめ人間側の情報受容特性やヒューマンファクターに関する基礎研究が求められている。

#### 6. おわりに

3Dディスプレイは、現在の平面画像ディスプレイに比べて画像から受ける臨場感、実在感、迫力感などの心理効果と総合画質が格段に優れている。また人間の感性や情動にも強く働きかけることも知られている。このように奥行き情報という新たな次元が加わった3Dディスプレイは、従来の平面ディスプレイでは得られない全く新しい魅力もったディスプレイと言えよう。このため3Dディスプレイの実用化は、娯楽、教育、医療、バーチャルリアリティなど、幅広い分野に大きなインパクトを与えるものと思われる。今後の発展が大いに期待される。

#### 文 献

- 1) 寺田克美, 村田治彦, 沖野俊行, 飯沼俊哉, 金谷 経一: 2D/3D自動ソフト変換技術の開発. 3D映像, 9(3), 9-12, 1995.
- 2) S. Yano and I. Yuyama: Stereoscopic HDTV: Experimental system and psychological effects. *SMPTE Journal*, 108, 14-18, 1991.
- 3) H. Isono and M. Yasuda: Flicker-free field sequential stereoscopic TV system and measurement of human depth perception. *SMPTE Journal*, 99, 136-141, 1990.
- 4) 大森 繁, 鈴木 淳, 片山国正, 佐久間貞行, 服部知彦: バックライト分割式ステレオディスプレイシステム. 3次元画像コンファレンス'94, 219-224, 1994.

- 5) J. B. Eichenlaub: An autostereoscopic display for use with a personal computer. *SPIE Proceedings*, 1256, 156-163, 1990.
- 6) G. Hamagishi, M. Sakata, A. Yamashita, K. Mashitani, E. Nakayama, S. Kishimoto and K. Kanatani: New stereoscopic LC displays without special glasses. *Asia Display '95*, S36-1, 791-794, 1995.
- 7) H. Isono, M. Yasuda and H. Sasazawa: Autostereoscopic 3D LCD display using LCD-generated parallax barrier. *The 12th International Display Research Conference, Japan Display '92*, 303-306, 1992.
- 8) 濱崎襄二, 岡田三男: 指標付高解像度ブラウン管を用いた実時間三次元映像直接表示装置. *テレビジョン学会技術報告*, 1D, 54, ED87-15, 13-18, 1987.
- 9) H. Isono and M. Yasuda: 3D flat-panel displays without glasses. *Japan Display '89*, 3-4, 1989.
- 10) R. Borner: Autostereoskopische Ruckprojektions und Flachbildschirme. *Fernseh- und Kino-Technik*, 48, 594-600, 1994.
- 11) 磯野春雄, 安田 稔, 竹森大祐, 金山秀行, 山田千彦, 千葉和夫: 8眼式メガネなし3次元テレビジョン. *テレビジョン学会誌*, 48, 1267-1275, 1994.
- 12) H. Isono, M. Yasuda, D. Takemori, H. Kanayama, C. Yamada and K. Chiba: 50-inch autostereoscopic full-color 3-D TV display system. *SPIE Journal*, 1669, 176-185, 1992.
- 13) H. Isono, S. Komiyama, S. Tamegaya, D. Takemori, H. Kanayama, C. Yamada and T. Yoshida: A novel autostereoscopic 3D HDTV display system: Creating a superb sensation of reality and presence. *Asia Display '95*, S36-2, 795-798, 1995.
- 14) P. StHilaire, S. A. Benton, M. Lucente, M. L. Jepsen, J. Kollin, H. Yoshikawa and J. Underkoffler: Electronic display system for computational holography. *SPIE Proceedings, Practical Holography IV*, 1212-1220, 1990.
- 15) 本田捷夫: ホログラフィ技術による立体動画像表示. *画像ラボ*, 6 (11), 23-27, 1995.
- 16) 岸野文郎: 臨場感通信. *3D映像*, 4 (2), 3-12, 1990.
- 17) S. S. Fisher: Virtual environments, personal simulation and telepresence, Three-dimensional media technology. *Proceeding of the 1989 International Conference, Canada*, 229-236, 1989.
- 18) 日経エレクトロニクス: ヘッドマウントディスプレイを使ったアミューズメント施設. *日経エレクトロニクス*, No.618 (9月26日号), 68, 1994.
- 19) 泉 武博 (監修): 3次元映像の基礎. オーム社, 1995.