

# 立体 TV 動画像表示技術

磯野 春雄

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、立体 TV 動画像表示技術の分野に新たな発展が期待できるようになってきた。最近ではメガネなし 3D ディスプレイの研究開発が活性化し、パソコン対応の 3D ディスプレイや家庭用立体テレビが登場するなど、応用も急速に進展している。このような 3D ディスプレイの開発・実用化は、情報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ーなど、幅広い分野に大きなインパクトを与えるものと予想される。ここでは立体 TV 動画像表示技術の現状について紹介する。

## 1. 立体画像表示方式

われわれ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利用している。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 眼式の立体表示で、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。

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法もある。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天周型ドームスクリーン、シネ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らす方法などがある。

## 2. 立体 TV 動画像表示の技術動向

3D ディスプレイには以前から多くの表示方式が提案されているが、ここでは最近新たな進展がみられた 3D ディスプレイ方式を中心に述べる。

### 2.1 立体画像ディスプレイ

#### 2.1.1 ヘッドマウント・ディスプレイ

ヘッドマウント・ディスプレイ (HMD) はゴーグル型の映像表示装置で、ヘルメットに小型の CRT または液晶ディスプレイを装着し、両眼の眼前に配置したディスプレイ画面を光学系によって前方に大画面の虚像を作り出すものである。HMD には 2 次元映像のみ表示するタイプと立体映像も表示可能なタイプとがあり、バーチャル・リアリティーの用途に加えて、最近ではゲームや家庭向けの低価格機種も登場してきた。

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 万～51 万画素の小型カラー LCD が主流であるため画質的には必ずしも十分とはいえないが、いずれハイビジョン並の解像度をもつ小型 LCD を使用した高解像度 HMD も登場するであ

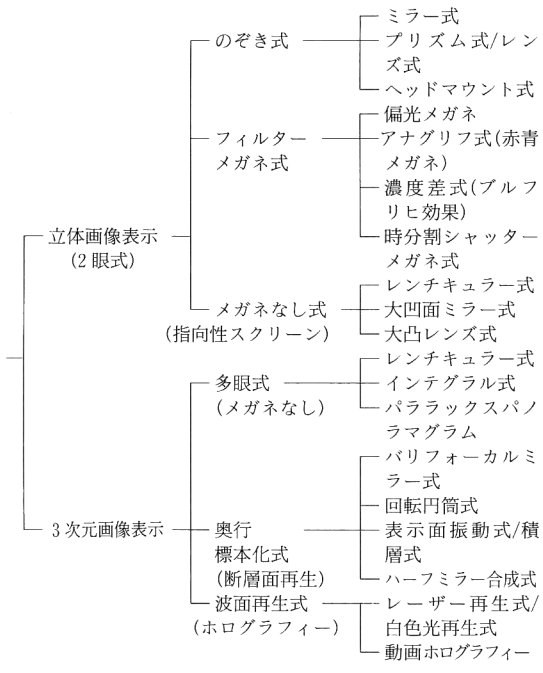


図1 3Dディスプレイ方式.

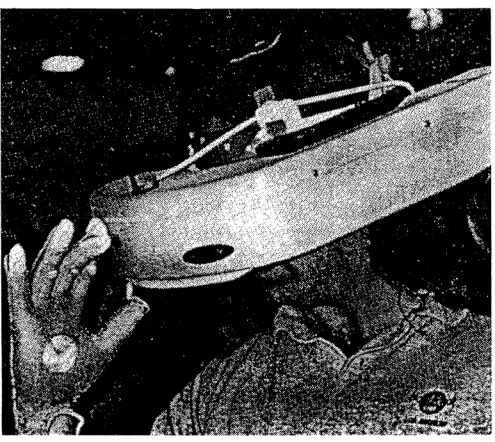


図2 高解像度 HMD (data visor).

ろう。

高解像度 HMD の一例として n-Vision 社の Data Visor と呼ばれる HMD を図2に示す。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モノクロ CRT のスキャン速度を通常の3倍の 180 Hz とし、管面に装着した RGB の液晶シャッターを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の立体映像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面の接眼

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いわれている。米国の LEEP Systems 社製の HMD は、LCD 表示部を魚眼レンズに似た特殊な光学系で拡大して広視野角 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うれず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。

また懸念されていた HMD が人体に及ぼす影響についての医学的検証も行われており、使用時間を制限するなどの機能をつけた製品も家庭向けに市販された。

2.1.2 濃度差方式 (知覚時間差方式)

濃度差方式とは、視覚のプルフリヒ効果 (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を見ることが出来る。

最近、濃度差フィルターを使用する代わりに、画像メモリーによって通常の2次元画像に遅延時間差をつけた画像を作り出し、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<sup>1)</sup>が開発された。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ものである。

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ー・グラフィック (CG) 画像では立体効果を出しやすい。

2.1.3 偏光メガネ方式

偏光メガネ方式は、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、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いる。代表的な例としては、カナダの IMAX 社が大阪万国博 (サントリー館) で展示した IMAX 3D (19.5 m×26.9 m スクリーン) がある。このほか近年、偏光メガネ式の立体ハイビジョン・システムが実用化され、立体ハイビジョンのもつ優れた臨場感と高画質の特徴を生かして各方面への応用が進展している。

偏光メガネ方式の長所としては、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ー（通常40%前後）を使用するため映像が暗くなる、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。

通常、偏光フィルター方式には直線偏光フィルターが多く用いられるが、円偏光フィルターを使用する場合もある。円偏光フィルターは直線偏光フィルターと1/4波長板を組み合わせることにより、右回りまた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画像表示は、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。

#### 2.1.4 時分割シャッター方式

時分割シャッター方式は、テレビジョンのフィールド周期ごと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ー・メガネを開閉して立体視する方式である。現在実用化されている方式は、図3の原理に示すように左右画像を120 Hzで交互に切り換えて立体視するフリッカーレス時分割シャッター方式<sup>2)</sup>が一般的である。

時分割シャッター方式の特徴は、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、③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である。時分割シャッター方式の例としては、EXPO '90でカナダのIMAX社が全天周カラー立体画像投写方式（IMAX SOLIDO）を展示公開されたほか、最近市販された家庭用立体テレビなどがよく知られている。

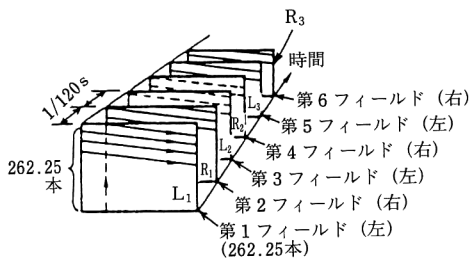


図3 フリッカーレス時分割シャッター方式の原理<sup>2)</sup>。倍速スキャン方式（120 Hz，4：1 インターレース）。

## 2.2 メガネなし3Dディスプレイ

多方向から立体画像をメガネなしで観察できるような3D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指向性スクリーン式、②奥行き標本化式（断層面再生）、③波面再生式（ホログラフィー）に分類できる。これらの中でフルカラーの三次元TV動画像を表示できるメガネなし3Dディスプレイ方式としては大部分①の方式である。

### 2.2.1 指向性スクリーン式

#### (1) パララックス・バリア方式

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、適当な間隙を置いて左右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を裸眼で観察できる方式である。従来、パララックス・バリア方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普及していなかった。

しかし最近になってパララックス・バリア方式が再び見直されつつある。例えば、実写やCG画像で多視点静止画像を作成し、これらをストライプ状の像としてカラーフィルムに合成し、明るいバックライト照明で観察する電飾型3Dディスプレイ装置が広告用途に使用されている。このほかパララックス・バリア方式を改良した“イメージスプリッター式”と呼ばれる立体カラー液晶TVも実用化<sup>3)</sup>された。さらにパララックス・バリア方式で2D画像と3D画像の表示に両立性をもたせた多眼式液晶バリア方式の3Dディスプレイも提案<sup>4)</sup>されている。最近、図4の原理に示すようなパソコン対応の2

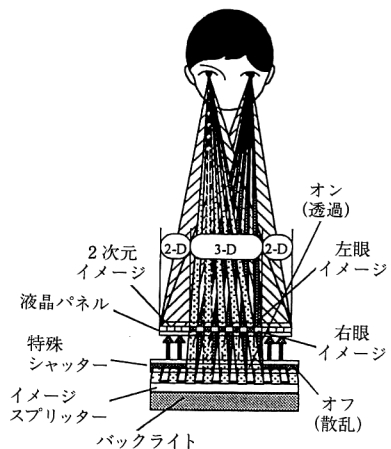


図4 メガネなし2D/3D液晶ディスプレイ<sup>5)</sup>。

D/3D 画像コンパチブル表示可能なメガネなし 3D ディスプレイ<sup>5)</sup>が開発され、インターネット等における利用が期待されている。

(2) レンチキュラー方式

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にレンチキュラー方式がある。比較的实现が容易であるため、近年レンチキュラー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ー板を配置した 3D ディスプレイが試作されている<sup>6,7)</sup>。また、臨場感のある 3次元 TV 画像を表示する方法として、CRT および液晶プロジェクターを使用した背面投射型の 3DTV ディスプレイが研究されている<sup>8-10)</sup>。これらの投射型レンチキュラー方式には 2 眼式から多眼式まで各種のシステムが発表されており、すでに立体映像シアターやゲーム等の分野で実用化されている。

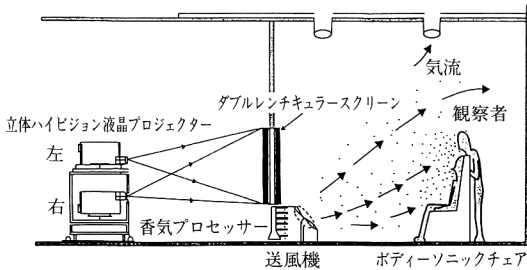


図5 マルチセンサー型メガネなし立体ハイビジョンシステムの構成<sup>12)</sup>。

最近試作されたレンチキュラー方式の例としては、ハイビジョンの高画質立体映像と立体音響技術を組み合わせた“メガネなし立体ハイビジョンシステム” (2眼式)<sup>11)</sup>がある。このシステムは、立体ハイビジョン映像を 2 台のハイビジョン液晶ビデオプロジェクターにより 70 インチ対角長のダブルレンチキュラー・スクリーンに背面投射し、スクリーンの周囲に配置した 170 個の小型スピーカーにより音像の再生位置を遠近方向に自在に制御する方式である。

このシステムをさらに発展させたタイプとして、立体ハイビジョン映像と立体音響に加えて嗅覚や風覚、振動など、人間の諸感覚を相乗的に刺激することによって優れた臨場感と実在感を得ようとする“高臨場感メガネなし立体ハイビジョンシステム”<sup>12)</sup>が発表された。図5に構成を示す。

(3) バックライト分割方式ディスプレイ

バックライト分割方式とは、立体画像表示ディスプレイのバックライト光源から出る光に指向性をもたせて左右画像の選別を行う方式である。この方式は図6の例<sup>13)</sup>に示すように、観察者の顔の位置を赤外線や磁気センサーなどで検出し、その位置情報を利用して左右画像を表示する液晶パネルのバックライト光源からの光方向を制御し、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指向性をもたせるものである。これにより、観察者の右眼には右画像が、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て裸眼立体視できる。この方式は観察者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、立体画像の観察範囲を広くとれる特徴

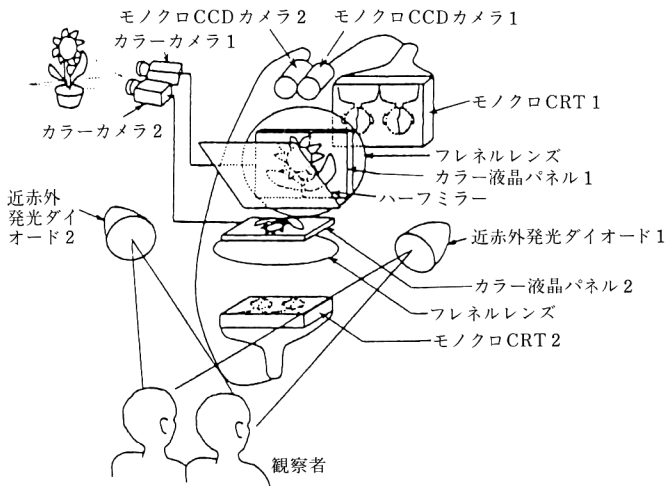


図6 バックライト光源式立体ディスプレイ<sup>13)</sup>。

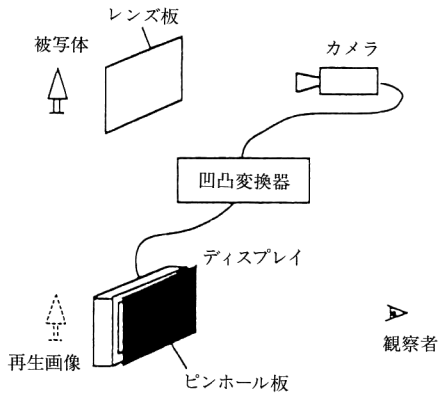


図7 IP直接撮像式動画像表示原理<sup>18)</sup>。

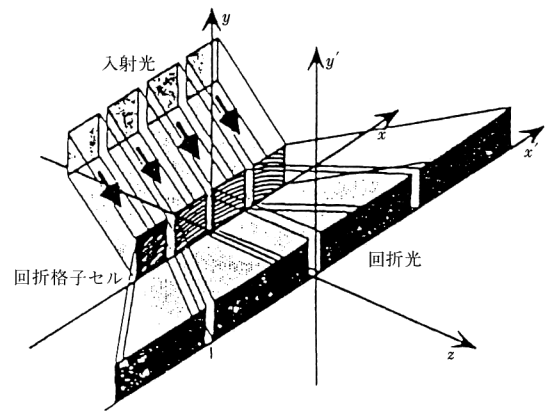


図8 回折格子セルによる光の偏向原理<sup>20)</sup>。

がある。

#### (4) IP方式ディスプレイ

多数のピンホールまたはマイクロレンズ板で構成されるインテグラルフォトグラフィー (integral photography: IP) 方式<sup>14,15)</sup> はメガネを必要とせず、また多眼式パララックス・バリア方式やレンチキュラー方式のように視点移動に対し flipping と呼ばれる視点間の像の飛びが発生せず連続した立体視が得られる特徴がある。写真技術による IP 方式の原理は、撮像する際に写真フィルムの前に多数のピンホールまたは凸レンズからなるマイクロレンズ板を置くことにより、フィルム上に凸レンズの数に応じた多数の小さな要素画像を結像させる方法で、再生時には現像したこのフィルムを撮影時のフィルムの位置に置き、背面から拡散光で照明する方法である。このとき、フィルムから発せられた光は撮影時と同じ経路を通り、もとの物体の位置に立体像が再現される。ただし写真技術による IP 方式では奥行きが深い像がボケる<sup>16)</sup> ほか、テレビのような動画像表示はできない。

最近、写真フィルムの代わりに拡散板による半透明スクリーンを置き、ここに結像させ、それを後方に設置したテレビカメラで撮像する方式 (間接撮像方式) が発表された<sup>17)</sup>。また、図7のように拡散板を用いないでマイクロレンズ板による実像群を直接テレビカメラで撮像する方式 (直接撮像方式) も検討されている<sup>18)</sup>。IP方式によるTV動画像表示は表示情報量が膨大となるため、情報量削減 (圧縮) や超高解像度表示デバイスが必要となるなどの課題があり、実用に至っていない。

#### (5) 回折格子を用いた3Dディスプレイ

視差画像を液晶面に表示し、これらを所定の立体視領

域に偏向させ、その位置において両眼視差を利用して立体視する方法が検討されている<sup>19,20)</sup>。視差画像を所定の位置に偏向させる方法として、回折格子面を用いる。すなわち液晶面に微少な回折格子 (grating) を貼り付けて、液晶の各セルの光の透過率を制御することにより、対応する回折格子セルからの回折光強度を変調できる。これによってディスプレイ全体では、特定方向からのみ観察可能な画像を同時に複数表示できるため、画像に多方向から撮像した視差画像を表示すれば裸眼立体視できる。表示原理はパララックス・パノラマグラムと同じである。図8に4視差の場合の回折格子セルによる光の偏向の様子を示す。このユニットを上下左右に並べて回折格子アレイを構成して液晶面に設置する。この方式の課題は液晶ディスプレイの高解像度化と大面積の格子面の製作などである。

#### (6) 時分割多重式3Dディスプレイ

一般に多眼式のパララックス・バリア方式やレンチキュラー方式では、ディスプレイ面上に視差画像を空間的に多重表示している。このため視点数が増えるほど、高精細なディスプレイデバイスが必要となる。仮に高精細なディスプレイが実現されたとしても、ディスプレイの前面に配置されるパララックス・バリアやレンチキュラーレンズ等の空間周波数特性を考慮すると、多重できる視点数にはおのずから限界がある。これを回避するため、視差画像を空間的に多重するのではなく、時分割多重する方式が考えられている。この方式は多視点の視差画像を表示する液晶ディスプレイとそのバックライトとの間にフレネルレンズを置き、バックライトをスリット状の光源にして横方向に移動させ、これと連動させて液晶パネル上に視差画像を表示する方法である。図9に

Travis<sup>21)</sup>の考案した平行光式の原理を示す。平行光方式はクロストークの発生や大型ディスプレイ表示が困難という問題があり、最近これらの問題点を改善する方法が提案された<sup>22)</sup>。

(7) 集束化光源列による多眼立体表示方式  
 両眼視差を原理とした立体表示方式では、両眼視差か

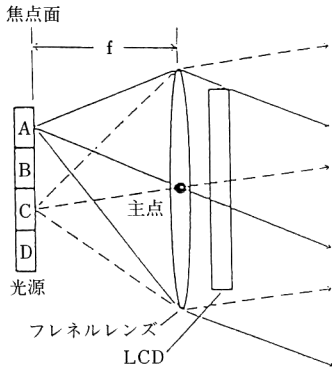


図9 時分割多重3Dディスプレイの原理<sup>21)</sup>。

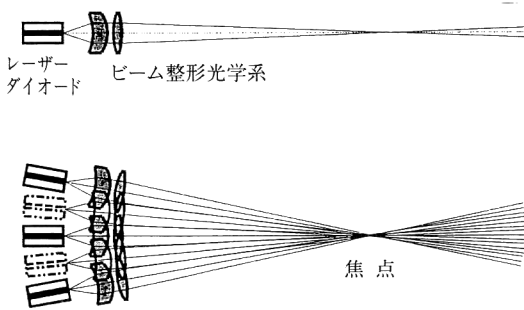


図10 集光化光源列による多眼立体表示の原理<sup>23)</sup>。

ら定まる輻輳角と表示像の焦点位置が異なるため観察者にとって生理的に不自然であるという課題がある。この課題へのアプローチとして、単眼の瞳内に複数の視差像が入射する程度に視差の刻み角が狭い多眼表示を行うと、単眼内に生じる視差により輻輳角に対応する位置に焦点調節が行える可能性が示され、このような表示を実現するためのディスプレイとして、多数の光源を用いた走査型の多眼立体表示方式が提案されている<sup>23)</sup>。この方式では、視差の刻み角が非常に小さく(0.57度)、かつ両眼で観察可能な程度の視域(視差数32以上)の多眼視差像を表示する必要がある。このため、半導体レーザーなどの小さな光源からの出射光を細い光束に整形し、図10のように多数の光源の光束をビームウェスト位置を合わせて放射状に配置した空間光変調器(集束化光源列)を用いる。これを用いて多眼の画素をCRTのように高速にラスタ・スキャンしながら個々の光源の強度を変調することにより、多眼式立体ディスプレイを構成する。現在、試作機による評価が行われている。

### 2.2.2 波面再生式(ホログラフィー)

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ーが代表的である。1962年にレーザーを光源とする実用的なホログラフィーが提案されて以来、今日に至るまでホログラフィーを3D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、白色光再生ホログラム、計算機合成ホログラムなど多くの方法が開発された。さらに、最近の動向として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ー技術が注目されており、将来のホログラフィーテレビに向けた研究が盛んになりつつ

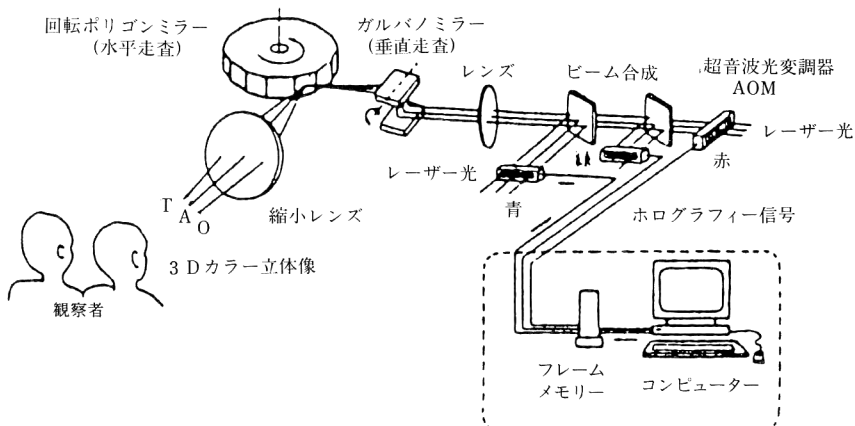


図11 AOMによる動画ホログラフィー表示(TAO)<sup>24)</sup>。

ある。

電子動画ホログラフィー方式には、立体画像表示用の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ある。MITのBenton教授らのグループ<sup>24)</sup>は、一次元の光変調デバイスである超音波光変調器(AOM)を利用してホログラフィーによる立体動画像表示に成功している。この研究が契機となって日本でも電子動画像ホログラフィー技術の研究が開始された。図11に通信・放送機構での例<sup>25)</sup>を示す。

AOMを用いたMIT方式の原理は、高速のコンピューターを使って、簡単な物体を動かしたときの干渉縞を計算し、これをビデオ信号としてAOMを駆動する。このAOMにレーザー光を照射して光を回折させて水平方向の画像信号を作り、垂直方向に対してはガルバノミラーを駆動させながら走査して画像を表示する。超音波がAOM内を進む際に光波面が横方向に移動するのを防ぐため、ポリゴンミラーを一定速度で逆方向に回転させている。このあと縮小レンズで画像の視域を拡大することにより3次元画像を見ることが出来る。MIT方式は垂直方向に視差情報をもたないほか、実時間の表示性能がスーパーコンピューターの計算速度に依存する。

一方、液晶パネルを空間光変調器として利用する電子動画ホログラフィー方式<sup>26)</sup>は、写真技術によるホログラムの記録方法と基本的に同じである。すなわちレーザー光をコリメーターレンズで平行光にした後、ハーフミラーで二光束に分け、一方は物体光として被写体を照明する。他方は参照光として直接CCDカメラに照射し、CCD素子上で干渉縞を形成する。CCDカメラでビデオ信号にしたあと液晶パネルに供給し、これに平行レーザー光を照射して1次の回折光を発生させて実時間の動画ホログラフィーを実現する。

この方法で光学的なホログラムの干渉縞を記録するには、超高解像度液晶デバイスが必要となる。このほかホログラムの一種であるキノフォームによるカラー立体動画像表示の研究も進展しつつある。

3D動画像ディスプレイは、従来の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が優れている。また平面画像に奥行きが加わったことにより、これまで実現できなかった新しい映像表現を可能とする魅力あるディスプレイである。しかし、現状の3D動画像ディスプレイにはまだ多くの解決すべき課題が残されており、より自然で見やすく、視覚

への負担の少ないディスプレイの実現に向けて研究開発が続けられている。3D動画像ディスプレイは、医学、教育、通信・放送、娯楽、科学技術計算、バーチャルリアリティなど、幅広い応用分野をもつだけに、今後の技術進歩、発展が大いに期待されることである。

## 文 献

- 1) 寺田克美, 村田治彦, 沖野俊行, 飯沼俊成, 金谷経一: "2D/3D自動ソフト変換技術の開発", 3D映像, 9, 3 (1995) 9-12.
- 2) H. Isono and M. Yasuda: "Flicker-free field sequential stereoscopic TV system and measurement of human depth perception," SMPTE J., 99 (1990) 136-141.
- 3) 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 (1995) pp. 791-794.
- 4) H. Isono, M. Yasuda and H. Sasazawa: "Autostereoscopic 3D LCD display using LCD-generated parallax barrier," *Proc. Japan Display '92*, S9-3 (1992) pp. 303-306.
- 5) E. Nakayama, G. Hamagishi, S. Kohtani, A. Yamashita, K. Mashitani, M. Inoue, K. Taima, J. Kaku and S. Kishimoto: "2-D/3-D compatible LC display without special glasses," *Proc. 3rd Intl. Display Workshop (IDW) '96* (1996) pp. 453-456.
- 6) 濱崎稔二, 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", テレビ学技報, 1D, 54, ED 85(1987) 12-18.
- 7) H. Isono and M. Yasuda: "3D flat-panel displays without glasses," *Proc. Japan Display '89*, (1989) pp. 3-4.
- 8) R. Boerner: "Autostereoskopische Ruckprojektions und Flachbildschirm," *Fernseh- und Kino-Technik*, 48 (1994) 594-600.
- 9) 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", テレビ誌, 48 (1994) 1267-1275.
- 10) H. Isono, M. Yasuda, D. Takemori, H. Kanayama, C. Yamada and K. Chiba: "50-inch autostereoscopic full-color 3D-TV display system," *Proc. SPIE*, 1669 (1992) 176-185.
- 11) H. Isono, S. Komiyama, H. Tamegaya, D. Takemori, H. Kanayama, C. Yamada and B. Yoshida: "A novel autostereoscopic 3D HDTV display system: Creating a superb sensation of reality and presence," *Proc. Asia Display '95*, S36-2 (1995) pp. 795-798.
- 12) H. Isono: "An autostereoscopic 3D HDTV display system with reality and presence," *SID International Symposium* (1996) pp. 135-138.
- 13) 大森 繁, 鈴木 淳, 片山國正, 佐久間貞行, 服部知彦: "バックライト分割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 (1994) pp. 219-224.
- 14) 大越孝敬: 3次元画像工学 (朝倉書店, 1991).
- 15) 濱崎稔二, ほか: "正逆視変換光学系を用いたレンズ板三次元写真機の基礎事項", 生産研研究, 40 (3), 127-136.
- 16) 星野春男, 岡野文男, 磯野春雄: "開口板IP立体表示の解像度限界", 信学技報 (1996).
- 17) M. McCormic: "Integral 3D image for broadcast," *Proc. 2nd Intl. Display Workshop (IDW) '95* (1995) pp. 77-80.
- 18) 岡野文男, 星野春男, 洗井 淳: "インテグラルフォトグラフィの撮像系に関する検討と実験", 信学技報 (1996).
- 19) F. Iwata: "Grating images," *Optical Security Systems* (1988).

- 20) 戸田敏貴, 高橋 進, 岩田藤郎: “グレーティングイメージを応用したフルカラー 3D ビデオシステム”, 3次元画像コンファレンス '96 (1996) pp. 131-136.
- 21) D. S. Travis: “Autostereoscopic 3D display,” Appl. Opt., **29** (1990) 4341-4343.
- 22) 星野春男, 磯野春雄: “多眼時分割バックライト式立体ディスプレイ”, 信学技報 (1996).
- 23) 梶木善裕, 吉川 浩, 本田捷夫: “集束化光源列 (FLA) による超多眼式立体ディスプレイ”, 3次元画像コンファレンス '96 講演論文集 (1996) pp. 108-113.
- 24) P. St. Hilaire, S. A. Benton, M. Lucnte *et al.*: “Electronic display system for computational holography,” Proc. SPIE, **1212** (1990).
- 25) R & D Business at TAO (Oct. 1993).
- 26) N. Hashimoto, S. Morokawa and K. Kitanuma: “Real-time holography using the high-resolution LCTV-SLM,” Proc. SPIE, **1461** (1991) 291-302.

(1997年2月3日受理)