

## 解説

## コンピュータ・グラフィックスの基本的テクノロジーと最近の話題

## 2. 3次元映像のテクノロジー

3D Imaging Technologies by Atsushi MIYAZAWA (IBM Research, Tokyo Research Laboratory, IBM Japan, Ltd.), Tohru TAMURA (Display Business Unit, IBM Japan, Ltd.) and Ryutarou OHBUCHI (IBM Research, Tokyo Research Laboratory, IBM Japan, Ltd.).

宮 沢 篤<sup>1</sup> 田 村 徹<sup>2</sup> 大 淵 竜太郎<sup>1</sup>

1 日本アイ・ビー・エム(株)東京基礎研究所

2 日本アイ・ビー・エム(株)ディスプレイ事業部

## 1. ま え が き

1970年代前半から、ウィンドウシステムに代表される、いわゆるグラフィカルなユーザインタフェースが提唱され、人々が現実の世界で行っている方法を模倣することが、対話型システムを習得しやすくするための近道であることが示された。ここ数年間の、パーソナルコンピュータにおけるさまざまな技術革新は、このグラフィカルユーザインタフェース (GUI) を、ごく日常的なものにしている。ところが、従来のほとんどのコンピュータグラフィックス環境では、あたかも観察者が片目だけしかもたないかのように、実世界における距離感や奥行き方向の情報を、自然な形で表現することが置き去りにされてきた。今後は、より現実感のある3次元映像を、実時間で対話的に操作できるような、新たなGUIの開発が期待されている。

本稿では、代表的な3次元映像の表示技術について紹介するとともに、レンティキュラ板による標本化効果を考慮した、新たなパーソナルコンピュータ用の3次元画像表示システムの具体例について述べる。

## 2. 立体視を形成するための視覚手掛かりと立体視メカニズム

我々が外界を奥行き感をもって立体的に知覚することを一般的には奥行き知覚 (depth perception) と呼ぶが、ここではさまざまな視覚手掛かりが用いられる。これらの視覚手掛かりには、大別すると両眼からの情報を利用するものと、単眼からの情報のみを利用しているものとがある<sup>1),2)</sup>。

両眼からの情報を利用するものには、輻輳 (vergence) と両眼視差 (binocular disparity) とがある。図-1に示すように対象  $\Lambda$  を注視した際、注視点を頂点として、約6.5 cm離れた両眼が回転するが、ここで両眼の視線がなす角度  $\alpha$  を輻輳角と呼ぶ。また、眼球が左右にずれているためにある物体を眺めたときに両眼の網膜像は同一にはならず、注視点より離れた位置ではずれが生じる。両眼におけるこのようなずれ量の差  $\beta - \alpha$  を両眼視差と呼ぶ。輻輳と両眼視差は関係しているが別々の奥行き手掛かりである。輻輳では眼球の回転自体が奥行き情報を与える。ヒトは輻輳によって注視点までの距離を定め、両眼視差によって注視点前後の物体の奥行きの識別を行うと考えられている。いずれの場合も、眼から対象までの距離を  $D$  とすると輻輳角の変化は、 $D$  の2乗に反比例するため、 $D$  が大きくなるに従って輻輳と両眼視差の効果は減少する。

さて、両眼からの像は両眼視差のため一般には2重像としてみえることになるが、両眼視差がある融合条件を満たしている場合には、左右の像が融合して知覚され、ずれ量の大きさと方向によって注視点の前後に奥行きを感じるようになる。両眼像が融合する条件は、画像の時空間周波数、画角、観察距離などの影響を受けることが知られている。興味深いことに融合には物体認識は不要であるが、この事実は少し前に流行したランダムドットステレオグラムを用いた実験で1971年に明らかにされた。ちなみに、人口の約1割は融合ができないようで、これらの人々は両眼視差以外の奥行き手掛かりを使ってその不足をカバーしている。両眼視差は、とくに2対象の奥行きの差の検

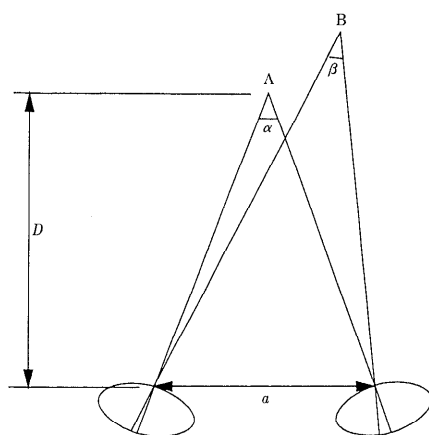
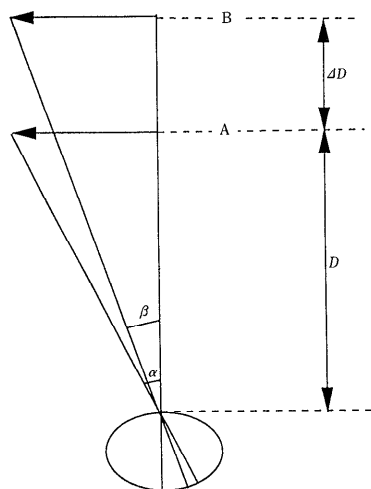


図-1 輻輳と両眼視差

図-2 観察距離の差  $\Delta D$  と運動視差

出にとって有効な手掛かりであり、精度も高い。両眼視差による奥行き感覚が有効なのは距離100 m程度までで、逆に最も奥行き識別精度の高い距離は手の長さのあたりである。

単眼からのみの情報を手掛かりとするもので両眼視差と同様に3次元ディスプレイによく利用されているものは**運動視差 (motion parallax)**である。観察者が対象が運動すると、視点が移動し、時間とともに視差が生じる。図-2に示すように観察者から  $D$  の距離にある対象 A と  $\Delta D$  だけ遠方を同じ速度で移動する対象 B との間には、 $\beta - \alpha$  の運動視差が生じる。この運動視差も観察者と対象の距離の2乗に反比例するが、移動速度が速い場合には、かなり遠距離まで有効である。運動視差の効果は、条件により両眼視差と同程度

に有効であり、現在のテレビジョンや映画など2次元の画面の中で、有効な手掛かりとして利用されている。この移動は、相対的なものであり、対象が静止し、観察者が移動した場合も同様である。

そのほかに、単眼からの情報に起因する要因として、**網膜像の大きさ (retinal image size)**、**テクスチャの勾配 (texture gradient)**、**重ね合せ (interposition)**、**陰影 (light and shade)** がある。網膜像の大きさは、観察距離に反比例するため、対象物の大きさがあらかじめ分かっていたら、奥行きの手掛かりとなる。同一の網膜像の大きさの場合、大きな対象物は遠方に知覚される。テクスチャの勾配とは、遠くなるほど網膜に投影される像のテクスチャが細かく、たくさんの像が密に投影されることを手掛かりとするものである。重ね合せとは、同一の方向にある2つの対象のうち、後方のものが前方のものによって一部を覆い隠される効果である。陰影とは、照明により物体に生じる影の効果である。日常生活では、上方からの照明が多いため、下側に影があると凸として、上側に影があると凹として知覚する傾向がある。上記以外にも**空気透視 (aerial perspective)**、**線遠近法 (linear perspective)**、**進出色 (advancing color)** と **後退色 (receding color)** のような現象も奥行きのみえ方に影響する。

また、網膜像とは直接関係のない手掛かりとして、眼のレンズである水晶体の厚みを毛様筋の収縮によって変え、ピントの調節を行うことによる効果がある。これは**調節 (accommodation)** と呼ばれ、観察距離が近い場合には効果がある。

以上のように、奥行き感を得るためにさまざまな手掛かりが存在しており、それらの手掛かりを利用して、我々は奥行き感を獲得している。したがって、自然な奥行き感を再現する3次元画像表示システムでは、個々の手掛かり特性をうまく利用するとともに、手掛かり相互の関連を十分に考慮する必要がある。

### 3. 3次元ディスプレイ方式の分類

3次元画像表示に関する研究開発には、コンピュータの利用を前提にしたものだけでも、すでに20年近い歴史があり、これまでに数多くの表示

表-1 3次元ディスプレイ方式の分類

輻輳と両眼視差を満たす方式 (複数の平面画像による3次元画像)	メガネを使用する方式	立体視鏡 頭部搭載式ディスプレイ(HMD)* 偏光メガネ方式 アナグリフ 時分割方式 ブルフリッシュ効果
	メガネを使用しない方式	パララックス・バリア レンチキュラ板3次元画像 投射型3次元画像 インテグラル・フォトグラフィー(IP)
空間に3次元画像を再現する方式 (空間像形成)		ホログラフィー 奥行き標本化式 固体3次元表示

\*回り込みの効果をもたせることが可能

方式が提案されてきた(左右2枚の絵を並べた立体視が最初に試みられたのは16~17世紀のことであり, Euclidによる両眼視差の考察ということであれば, 紀元前300年頃にまで遡ることができる)。しかし現在のところ, 前章で述べたようなすべての視覚手掛かりを同時に, しかも実時間で提示できる3次元ディスプレイは存在しないため, 目的と用途によって最も適したディスプレイ方式を選択することが望ましい。本章では各種の3次元ディスプレイを, 主にそれぞれの方式が提供できる視覚手掛かりによって分類し, 再現される3次元画像の特徴について簡単に紹介する。

ほとんどの3次元ディスプレイは,

(1) 奥行き情報をもつ完全な3次元画像を空間に再現することができるか, すなわち立体感を生じる重要な要因である輻輳と両眼視差, それに調節などの視覚手掛かりをすべて満足させることができるか,

(2) 3次元画像をみるために専用のメガネなどの観察装置や特殊な光学系を必要とするか,

(3) 観察者が視点を移動すればそれに対応して別の方向から眺めた3次元画像をみることができる, いわゆる回り込みの特性(look-around property)をもっているか\*,

によって, 大きく3つの部類に分けることができ

る(表-1)。たとえば絵画などにみられる透視図法のような, 単眼による手掛かりのみで奥行き感を生じさせるような平面画像を「奥行き感画像」または「奥行き画像」と呼んで広義の3次元画像に含めることもあるが, ここでは少なくとも輻輳と両眼視差の両方を同時に満足させるテクノロジーに限って話しを進めることにする。なぜなら単眼による手掛かりの多くは, ディスプレイに映し出される映像自体が製作される際にいろいろと考慮されるべきもので, 3次元ディスプレイの方式や技術的な困難さとは独立に扱うことが可能なのに対し, 輻輳と両眼視差, それに調節や運動視差を含めた手掛かりについて, これらのうちのいくつかを満たされるかどうかは, ディスプレイの方式を選択することによってほとんど自動的に決まってしまうからである。

2枚の視差の異なる画像, すなわちステレオペア(stereo pair)を左右各々の目で分離して観察するため, 専用のメガネなどの観察装置や特殊な光学系を利用する技術には, 立体視鏡(ステレオスコープ), 互いに直交する偏光方向をもつ2枚の偏光フィルタをプロジェクタと眼鏡に装着する偏光メガネ式, 偏光フィルタの代わりに赤と緑の色フィルタを使う2色メガネ式(アナグリフ), TVまたは映画の1フレームごとに左眼画像, 右眼画像が交互に表示され, それに同期して右眼, 左眼を遮蔽する機械的または電氣的シャッタを観察者の眼前に設置して立体視を行う時分割方式などがある。これらのディスプレイでは, 奥

\* 左右2眼分の情報を有するものを2眼式, それ以上あるいは連続的に異なった方向からの画像情報をもつものを多眼式と呼ぶことがある。回り込みの特性をもっているものは, すなわち多眼式である。

行きの感覚を作り出す手掛かりとして両眼視差に頼っており、したがって回り込みの特性をもたない。ステレオペアが作り出すのは虚像であり、観察者はディスプレイの表示面に焦点を合わせるため目の調節は固定される。その結果、調節と輻輳の関係は断ち切れ、この不一致が両眼像の融合を難しくすることにもつながる。

ステレオペアをもとにしたメガネ式は、最も容易に、そして良好な立体像が得られる方法であり、眼の疲労の比較的少ないものもある。しかし、3次元画像をみるために専用のメガネをかけるという制約は、時として非常に煩わしいばかりでなく、各種の展示会やアミューズメント施設などで同じメガネを大勢の観察者が使い回すようなケースは、衛生上の理由から敬遠されるかもしれない。

メガネを使用しない3次元表示で最も簡単な方法は、光を通さない細い縦縞のスリットを垂直に並べ、映像面の前に適当な間隔で配置する、パララックス・バリア (parallax barrier) と呼ばれる方式であり、1903年にアメリカの F. E. Ives によって提案された。製造上の容易さはあるもののディスプレイの明るさの点で難があり、現在ではやはり F. E. Ives とその子息の H. E. Ives が1932年に発明したとされるレンティキュラ板3次元画像にとって代わられることが多い。すでに立体絵ハガキなどで馴染みのものであるこの方式の原理は、(スリットを円筒形レンズで置き換えれば) 光学的にはパララックス・バリアとほとんど等価だと考えて差し支えない。なお、特殊な観察装置を必要としないこれらの3次元ディスプレイは(後述するホログラフィーなども含めて)、ディスプレイそれ自身で立体視が可能なることから、英語では **autostereoscopic displays** と呼ばれることがある<sup>☆☆</sup>。

レンティキュラ方式による3次元ディスプレイは、物体を多方向から観察したときの一連の視差の異なる画像を縦に細長く切って、レンティキュラ板<sup>☆☆</sup> (微細な半円筒形あるいはこれと光学的

に等価なレンズアレイ)の焦平面に順番に配置したもので、特定の視点からこのレンティキュラ板をおしてみたとき、各々の画像は左右の眼に別々に入り、視差に応じた3次元像を観察することができる。ステレオペアをもとにしたメガネ式とは違って、回り込みの特性をもたせるのが可能なことや補助器具をいっさい必要としないのがこの方式の特長である。レンティキュラ方式の3次元ディスプレイは、画像作成が比較的容易なこと、レンティキュラ板と画像表示用のソフトウェアさえあれば手軽にシステムが組めることなどから、高精細のカラー液晶パネルを備えたパーソナルコンピュータ用の3次元画像表示システムとして、現時点では最も実現性の高いものと考えられている。

1908年フランスの M. G. Lippmann によって提案されたインテグラル・フォトグラフィー (**integral photography, IP**) は、小さな球面レンズを2次的に多数並べた蠅の目レンズ板を用い、レンズの位置からみた少しずつ視差の異なる被写体の微小像を記録した映像を、これらレンズの像平面に置くことによって、微小像から出た光は結像のときとは逆に進み、結果的にほぼ完全な立体像を再生するものである<sup>☆☆</sup>。調節を含めたほとんどの視覚手掛かりを満足させると考えられるが、基本的には像平面の再生であるから、回り込みの特性はもつものの、後述するホログラフィーのような完全な3次元像を空間に再現することはできない。

単眼による手掛かりの1つである運動視差を、観察者が運動することによっても生じさせるような3次元ディスプレイを実現するのは、一般に技術的な困難さをとまなう。しかし、もともと単体では運動視差を提供しない両眼画像方式も、視点追従と組み合わせることで運動視差を追加することが可能である。このような表示装置を**視点追従型ディスプレイ (head tracked display, HTD)**と呼ぶ。HTDは、磁気、光、超音波、機械リンクなどを使って随時頭の位置と向きを計測し、計

<sup>☆☆</sup> この用語には、しばしば多眼式の意味合いまで含まれることがある。

<sup>☆☆</sup> “レンティキュラ”とは本来“レンズの”という意味の形容詞であるが、このような形状のレンズ板のことを慣用的に指してこう呼ぶ。“レンティキュラ・レンズ”は誤用。英語では **lenticular array** または **lenticular sheet** などと呼ばれる。

<sup>☆☆</sup> レンティキュラ方式は、その構造が **IP** に似通っていることから、しばしば簡略化された **IP** として説明されるが、レンティキュラ方式における映像面がレンズ板の焦平面にあるのに対して、**IP** ではレンズ板の像平面に置かれる。この意味においては、両者は原理的にまったく異なるものである。

測結果に基づいて運動視差（と両眼視差）を考慮した画像を動的に生成し、表示する。HTDで代表的なのは**頭部搭載型ディスプレイ (head-mounted display, HMD)**である。HMDの最大の特長の1つは、ほかの各種の3次元ディスプレイに比べ3次元表示できる空間がはるかに広いことだ。重いHMDをつけケーブルを引きずるなど不便はあるが、たとえば原寸大の車の周囲を歩き回ることが可能なのは現在HMDだけである。

**ホログラフィー (holography)** は、3次元ディスプレイのなかでも恐らく最もよく知られた方式であり、1948年にイギリスのD. Gaborによって発明された。ホログラムを作るためには、同一の光源から発せられた2つのレーザービームによって作られる干渉縞を（参照光と呼ばれる一方のビームが感光材料に直接あたり、物体光と呼ばれる他方のビームは対象物で跳ね返ってから参照光とで干渉を起こす）、非常に高い解像度の感光材料に記録する。記録した感光材料を現像したもの（ホログラム）に、参照光と同じ干渉性のよい照明光を照射するだけで、正しい3次元像を再構成することができる。光波が伝播していくある面を記録し、その後その光波面を再現するのであるから、当然ながら立体視を形成するためのすべての視覚手掛かりを満す理想的な方式といえる。

最近ではコンピュータで光の干渉と回折を模擬することでホログラムを生成する**計算ホログラフィー**も研究されている。さらに、実時間で動的に変化するシーンを計算ホログラフィーで3次元表示する研究も始まった。計算ホログラフィーの計算量は多く、水平垂直すべての視差を提供するホログラムを、シーンの実時間変化に応じて実時間に計算・表示することは現在のところ難しい。しかし、提供する運動視差を水平方向にかぎれば、表示解像度はかぎられるものの、現在でも動的計算ホログラフィーが実現できる。たとえばLucenteらのholovideoディスプレイでは、ホログラムの計算手法を工夫し、**音響光学変調素子 (acousto-optic modulator, AOM)**と走査光学系をうまく使って、ハイエンドのグラフィックスワークステーションで動的計算ホログラフィーを実現した<sup>3)</sup>。このシステムでは、高さ64本、幅128本の分解能をもつ画像が幅40mm、高さ35

mm、深さ50mmの空間にフルカラーで表示される。この実装には、SGI Reality Engineを用い、物体の変更から画像の表示まで2秒かかった。将来、より高速のワークステーションを用いれば、より高い解像度でより複雑な動的モデルをインタラクティブに3次元表示できると期待される。

最後に、より多くの種類の3次元ディスプレイの方式について知りたい場合、文献4)がよくまとまっている。

#### 4. パーソナルコンピュータ用の3次元画像表示システムの試作と評価

筆者（宮沢）は、いわゆるレンチキュラ方式による、平板マイクロレンズと高精細度のカラー液晶ディスプレイを組み合わせた、ノート型パーソナルコンピュータ用の3次元画像表示システムを試作したので<sup>5)</sup>、その概要について述べる。

レンチキュラ方式の3次元ディスプレイに立体画像を表示するには、まず使用するカラー液晶パネルの画素配列や階調、表示色数を考慮に入れながら、複数枚の視差の異なる画像から3次元像を作成しなければならない。通常、パーソナルコンピュータ表示用のTFT (thin-film transistor) カラー液晶パネルの画素配列は、表示される文字の縦線などを忠実に再現するため、表示画素をマトリックス状に並べたRGB縦ストライプになっている。このような画素配列の液晶パネルに立体画像をカラー表示する際には、液晶パネルの画素1つ1つにレンチキュラ板のレンズピッチをどう対応させるか、それらの画素にいくつかの視差の異なる画像の色情報をどのように割り振るかがまず問題となる（ストライプ配列またはデルタ配列以外の画素配列を仮定して、具体的な3次元ディスプレイの実現可能性を議論するのは、現在のところあまり意味がないと考えられる）。ここで述べる3次元ディスプレイは、**図-3**に示すようにレンチキュラ板のレンズ1ピッチが、TFTカラー液晶パネルの1つの画素を構成するR、G、Bの3個の（カラーフィルタの）表示セルのうち、2眼式なら連続する2個と、4眼式なら連続する4個と対応するように組み立てられている（**図**は2眼式の場合）。レンチキュラ板をこのような配置にする理由は、3次元像の色の表示

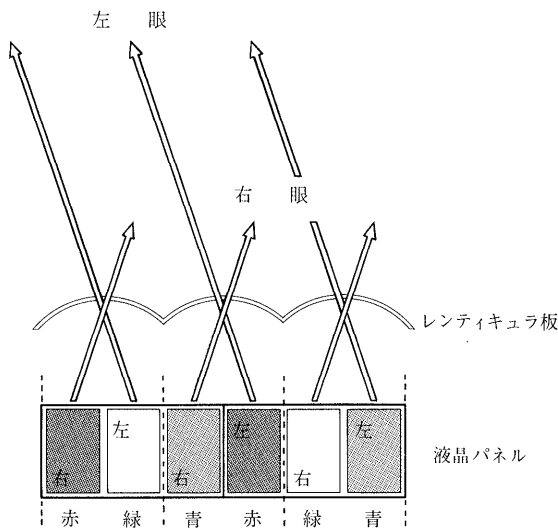


図-3 レンティキュラ板とカラー液晶パネルの位置合せ

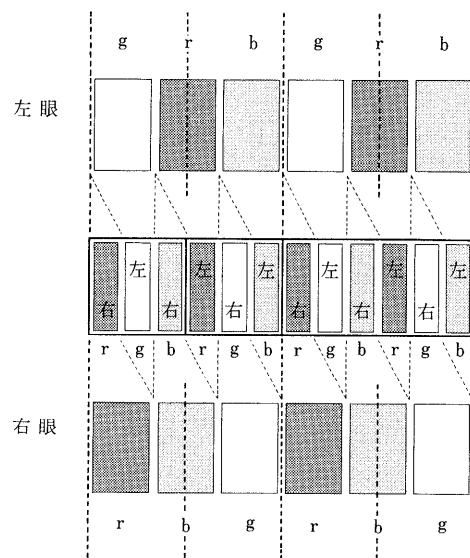


図-4 レンティキュラ板による標準化効果

に制約を設けて解像度を優先させるためである。たとえば、画素間隔の2倍または4倍のピッチをもつレンティキュラ板を使って、水平方向の解像度を半分または4分の1にすることも考えられるが、高精細の液晶パネルの表示性能を生かすためには上記の配置が最適といえる。

レンティキュラ板の光学的特性は、平行入射光線が液晶パネルのカラーフィルタ上に焦点を結ぶように選ばれるので、カラーフィルタ上の1点から出た光は、レンズピッチと同じ幅の平行な光束となって射出される。したがって、観察者が1つのレンズの中にもみることができるのは、2眼式なら横に並んだ2つの表示セルのうちどちらか一方だけ、4眼式なら横に並んだ4つの表示セルのうちどれか1つだけである。この際、各表示セルはレンズ幅一杯（表示セル2個分または4個分）に拡大される（図-4）。レンティキュラ板の光学特性に波長依存性がない、もしくは無視できる程度に小さい場合、みかけの表示セルの色度は変わらず輝度のみが変化したように観察者からはみえるが、これはレンティキュラ板による一種の標準化効果と考えることができる<sup>9)</sup>。

次に、上で述べた標準化効果を考慮しながら、一連の視差の異なる画像から3次元像を作成するための座標系をディスプレイ装置上に定義する。上記の方法でレンティキュラ板の位置合せを行った場合、左右両眼がみるべき画像を、画素単位で

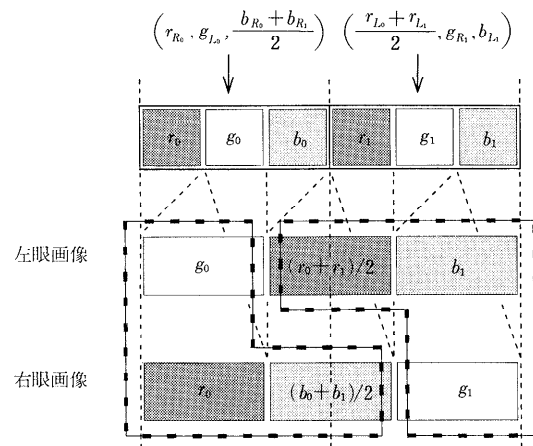


図-5 レンティキュラ板の標準化効果を考慮した2眼式3次元ディスプレイにおける座標系の定義

はなく、画素を構成する表示セル単位に順番に割り振らなければならないため、3次元ディスプレイとしての表示画素の解釈が多少複雑になってくる。つまり、図-5に示すように、たとえば2眼式のディスプレイ装置で左眼についていえば、偶数番目の（標準化される前の、以下同じ）画素からは緑の値のみがみえ、奇数番目の画素からは赤または青の値のみで、右眼についてはこれらと逆の関係になる。したがって、左眼、右眼画像を合成して立体画像を作るには、画素のx座標が偶数のときは、青の値は右眼画像の対応する画素とその次の画素から読み出した値の平均とし、緑の

値を左眼画像の対応する画素から、赤の値を右眼画像の対応する画素から読み出す。x座標が奇数のときは、逆に青の値を左眼画像の対応する画素から、緑の値を右眼画像の対応する画素から読み出し、赤の値は左眼画像の対応する画素とその前の画素から読み出した値の平均とし、それぞれ1つの画素値として立体画像に書き込み、これを左眼、右眼画像の終わりに達するまで繰り返せばよい。結果として得られる(標本化された後の)奇数番目の画素値が平均されなければならないのは、それらの標本点が液晶パネルの画素境界上にくるからである。

さて、以上のような原理で構成されたレンティキュラ方式の3次元ディスプレイにおいて、たとえばトゥルーカラー(24ビット以上/画素)の立体画像を疑似中間調表示する際に、しばしば特有の画質劣化が発生していたが、これは量子化誤差の扱いを工夫した新しいアルゴリズムによって改善できる。詳細については文献5)を参照されたい。

## 5. ま と め

ユーザがより自然な奥行き手掛かりを得られる3次元ディスプレイとは、まず第一に、できるだけ多くの視覚奥行き手掛かりを、互いに競合しないように提示する表示装置である。

しかし、ここで「自然な」という言葉の裏には視覚手掛かり以上の含みがある。たとえば、ある応用では、ノート型PCに組み込まれたレンティキュラディスプレイのように、わざわざ重いHMDヘルメットを装着せずにすむのが「自然」であろう。ほかの応用では、表示可能な空間が広いことが重要となる。たとえば、未建築の台所の使い勝手を使用者がチェックする場合、すべての視覚奥行き手掛かりを備えるが表示空間が10cm四方の動的ホログラフィーより、奥行き手掛かりはいくつか欠けるが本物の台所の広さの中を歩き回り、体勢感覚も動員できるHMDのほうが「自然」かもしれない。3次元表示に対し使用者がもつ要求はその使い道ごとに異なる。使い道に応じて使用者の要求を満たすような3次元ディスプレイが重要なのである。

いずれにしても、より優れた3次元ディスプレイの実現には、工学的な見地のみならず、認知科

学、実験心理学、神経生理学などの知見も含めた総合的なアプローチが必要である。

## 参 考 文 献

- 1) 田崎京二, ほか編集: 視覚情報処理, 朝倉書店(1979).
- 2) Churchland, P. S. and Sejnowski, T. J.: The Computational Brain, MIT Press (1992).
- 3) Lucente, M. and Galyean, T. A.: Rendering Interactive Holographic Images, Proc. ACM SIGGRAPH '95, pp. 387-394 (1995).
- 4) McKeena, M. and Zeltzer, D.: Three Dimensional Visual Display Systems for Virtual Environments, Presence, Vol. 1, No. 4, pp. 421-458 (1992).
- 5) 宮沢 篤: レンティキュラ板の標本化効果を考慮した3次元画像処理アルゴリズム, 3D映像, 10-4, pp. 19-24 (1996).
- 6) 大越孝敬: 三次元画像工学(改訂版), 朝倉書店, pp. 58-59 (1991).

(平成8年11月8日受付)



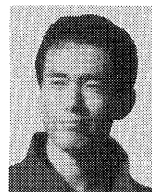
宮沢 篤 (正会員)

1959年生, 1983年慶應義塾大学工学部数理工学科卒業, 日本アイ・ピー・エム(株), 東京基礎研究所にて3次元ディスプレイなど先進グラフィックスの研究, 開発に従事。現在, (株)ナムコ, 研究部に勤務。画像電子学会会員。



田村 徹

1961年生, 1990年東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻博士課程修了。現在, 日本アイ・ピー・エム(株), ディスプレイ事業部にて液晶ディスプレイの研究, 開発に従事。映像情報メディア学会, 日本人間工学会, 日本視覚学会各会員, 工学博士。



大淵竜太郎 (正会員)

(本特集の「5. 写実的レンダリングの基礎技術と最近の話題」の著者紹介を参照)