

# 眼鏡なし三次元画像表示システム

岩原 誠、波多伸彦、土肥健純

情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻

## 概要

実世界の理解のために視覚は非常に重要な要素である。中でも実世界の三次元構造を把握する立体視は特に重要である。また、その認識結果を人間に分かり易く表示するヒューマンインターフェースとして三次元画像表示技術も重要である。

特殊な眼鏡を掛けることなく、多人数の観察者に対し、三次元画像を正確に表示できる Integral Photography の原理に基づき、それを発展させ、リアルタイム性を持たせることによりコンピュータとの相性を改善した Integral Videography 三次元画像表示技術の確立を目指す。

## 1 はじめに

現在の最も進んだ三次元画像表示技術の代表といえば、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いたバーチャルリアリティ (VR) であろう。確かに、この技術により視覚による三次元的な状況把握には非常に優れたものがあるが、画像の正確さという点では、画像にノギスを当てて寸法や位置が正確に計測できるほどのものではない。また、HMD という特殊な眼鏡を掛ける煩わしさや、複数の人間に提示する場合のシステムは人数に比例して複雑になる。

本研究では、形状・寸法・位置等を正確に表示可能な三次元表示技術を目指す。また、特殊な眼鏡を掛けることなく裸眼での観察を可能なものとし、同時に多人数での観察や移動しながらの観察をも可能にする究極の三次元画像表示技術の確立を目指す。

この様な三次元画像表示技術を用いたヒューマンインターフェースは、実世界の認識結果の表示装置の発展に大きく寄与するであろう。

さらに、本研究のこれら多くの特徴から、実世界の表示のみに留まることなく、今後は多くの分野で一般的なヒューマンインターフェースとして発展していく重要な基本技術であろうと考えている。

## 2. Integral Videography の概要

### 2-1. 各種立体画像表示技術

分類	使用する光	具体的な方法 (製品)		
広義の三次元画像	二眼式立体画像	非コヒーレント光	・二眼式のぞきめがね (Head Mount Display) ・パナソニック・ステレオグラム ・レンチキュラ板二眼画像 ・偏光式 ・左右両眼切り替え式 ・アナグリフ(二色式)	
		コヒーレント光	・接眼ホログラフィ	
	狭義の三次元画像	多眼情報	非コヒーレント光	・レンチキュラ板三次元画像 ・投射型三次元画像
			コヒーレント光	・投射形ホログラフィ ・サンプリング形ホログラフィ
			混合形	・ホログラフィック・ステレオグラム ・Integral Photography
		連続情報	非コヒーレント光	・固体中の発光現象
			コヒーレント光	・ホログラフィ
			混合形	・ホログラム ・リップマン形体積ホログラム
	再生切断面	非コヒーレント光	・パリアール・ミラー	
		コヒーレント光	・空間フィルタの応用	

Table 1 各種三次元画像表示技術

Table 1 は主な三次元画像表示技術を一覧表にしたものである。

三次元画像表示としての表現力が最も優れているのは、表中の「連続情報」と分類される方式で、中でも Integral Photography と Holography は代表的な優れた表示方式として有名である。

ただし、いずれも写真技術であり、リアルタイムな三次元画像を扱うのは困難で、特に後者のリアルタイム化には膨大な計算量となることや優れた表示技術が見つかっていない。

前者では計算量が多いといっても Holography に比べれば桁違いに少ないし、高性能なレンズアレイ製作技術や高解像度の二次元ディスプレイの発達から、現在最も実用化の可能性が高いと判断し、研究を進めている。

## 2-2. Integral Videography の原理

Fig.1 は本研究の Integral Videography の原理を示す図である。

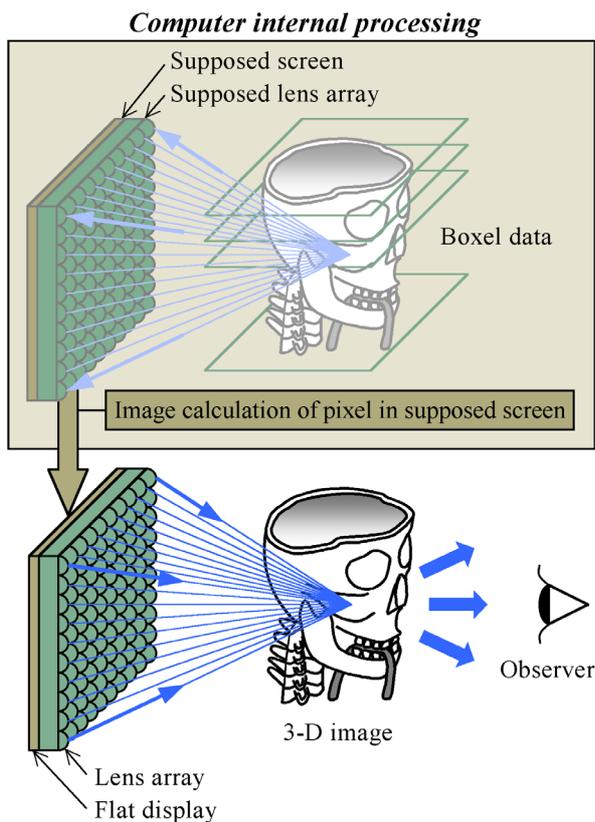


Fig.1 Principle of Integral Videography

表示はマイクロ凸レンズ二次元アレイの焦点面に高解像度の二次元ディスプレイを組み合わ

せて行う。

観察者からはレンズアレイの各凸レンズが1画素として観察される。「各凸レンズの背面には10×10画素～100×100画素程度の画像が表示されており、ある方向からはそのうちの1画素が凸レンズサイズに拡大されて見え、見る方向が異なれば、異なる画素が拡大されて見える。」という原理で、特殊な眼鏡なしで右目と左目には異なる画像が観察され、視点移動にも対応した三次元画像が表示される。

異なる方法で説明すれば、焦点面の微小画素からの光線は、凸レンズを介してほぼ平行光として射出し、各凸レンズからの光線の収束したところに三次元の実像を結ぶ。それらが発散していく光線束の中から観察する限り、平行光の集光点に実際に物体がある時と同じ光線を観察することになり、観察者の瞳孔間距離等に影響を受けることなく正確な三次元像を観察できる訳である。

また、二次元ディスプレイに表示すべき画像は、このような光線群により三次元像が空間に表示されるようコンピュータ内部で逆算される。

## 3. 方法

原理は簡単であるが、マイクロ凸レンズ二次元アレイの各レンズが1画素として観察されることから、実用的なディスプレイにするためには十分なレンズの数と、十分小さいレンズピッチが必要になるし、レンズ背面の二次元ディスプレイには凸レンズの個数より2桁～4桁ほど多いの画素数と、レンズ寸法より1桁～2桁ほど小さい画素ピッチが要求され、その実現は決して容易ではない。

研究の柱は次の2点である。①高性能なマイクロ凸レンズ二次元アレイを実現する製法の研究、②超高画素密度・超多画素二次元ディスプレイ実現方法の研究。

### 3-1. レンズアレイの研究開発

約1ミリピッチのレンズアレイについて3種類の製法を試みた。

- ① 直交シリンドリカル凸レンズアレイ
- ② エッチング型・光硬化樹脂成型法
- ③ 光硬化樹脂スクリーン印刷法

①は、レンチキュラー立体写真用レンズ板として製法が確立しているものの応用なので、実現は最も容易であったが、プラスチック板の熱成型からくるレンズピッチむらや厚み管理が難しい。また、2枚のレンズアレイを重ねて使用するため、反射面数も多くフレア（迷光）が多く、高性能なレンズアレイには不向きであった。

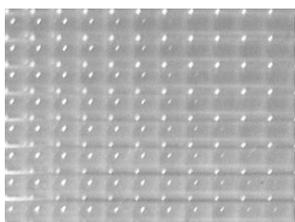


Fig.2 直交シリンドリカルレンズアレイ

②は、ピンホールアレイから球面状（凹面）にエッチングを進行させ目的の曲率半径に到達したところでエッチングを終了、マスター型とし、光硬化樹脂を流し込みガラス基板を上から重ね、ガラス基板上にレプリカを採る。ピンホールアレイを電子ビーム露光で作成することにより、レンズピッチの正確さ、レンズ面精度等最も高性能なレンズアレイが得られたが、大型化が難しく、現在は研究開発を中断している。

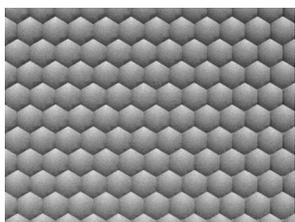


Fig.3 エッチング型レンズアレイ

③は、ガラス基板にスクリーン印刷で円盤状に光硬化樹脂が並べる。光硬化樹脂樹脂の円盤はその表面張力で凸レンズ状に変形するので、その時光を当てレンズ形状に硬化させる。表面張力でレンズ状になる為には印刷する円盤は間隔を置いて独立している必要がある。従ってこの製法によるレンズアレイには、レンズとレンズの間隙にレンズ作用の無い部分が出来るため、そのままではフレア（迷光）の多いレンズアレイに仕上がるため、あらかじめ黒インクでマスキングをしてから光硬化樹脂を印刷し改善した。また、スクリーン印刷のスクリーンはメッシュがベースなので、光硬化樹脂のレンズの中にメッシュの交点に対応

する位置に気泡が残ることが分かり、印刷後、真空チャンバに入れ気泡を消す方式を考案し、高性能なレンズアレイが実現できた。

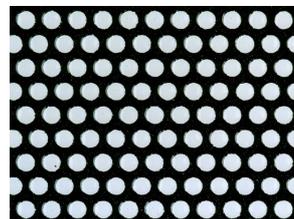


Fig.4 スクリーン印刷法レンズアレイ

### 3-2. 超高解像度・超多画素 二次元ディスプレイの研究開発

以下の3段階で問題点を解決しながら徐々に画素密度と画素数を増やした。

- ① 1台の高解像度LCDによる基礎実験
- ② 2台のプロジェクタによる試作
- ③ 9台のプロジェクタによる試作

①は、200dpi XGA 直視型LCDディスプレイを用いて基礎実験を行った。直視型LCDはRGBの各色画素が異なる位置にあり、レンズアレイを組み合わせると観察すると、1個の色画素が拡大されて見えるので、全体として虹色の三次元画像が表示される。拡散板を組み合わせて虹色になることは改善されたが、同時に三次元画像の解像度が犠牲になった。

② 3板液晶プロジェクタはRGBの画素が基本的に同一の場所にあり、上記問題を回避できると考えSXGAプロジェクタを2台組み合わせ、300dpi 260万画素を実現した。複数のプロジェクタの画像を小さく投影する方法で高画素密度と多画素を実現できる可能性は確認できたが、2台のプロジェクタの輝度や色の個体差から画像の継ぎ目が明瞭な点と、直視では気にならない色画素の位置ズレがレンズアレイを介して拡大され、若干虹色の三次元画像になった。

③ 1枚の表示素子を時分割でカラー化する単板DLPプロジェクタに変更すると共に、マルチプロジェクタ超大型ディスプレイの為に開発されたシームレス投影技術を導入し、300dpi 600万画素を実現した。三次元画像が虹色に見える現象は

完全に除去され、また、シームレス投影技術によりほぼ継ぎ目の気にならない超多画素二次元ディスプレイが実現した。その結果、実用的な画像サイズと空間解像度の三次元ディスプレイが実現できた。

#### 4. 結語

高性能で大型化も容易なレンズアレイの製法を確立することが出来た。また、マルチプロジェ

クションによる超高画素密度・超多画素二次元ディスプレイの実現方法は非常に有効な手段であることが分かった。今後は、さらに小型化と高性能化を目指す。

#### 謝辞

本研究は文部科学省産学官連携イノベーション創出事業費の補助をうけて行われた。研究者中岩原誠は文部科学省 21 世紀 COE プログラム情報科学技術戦略コアのサポートを受けた。

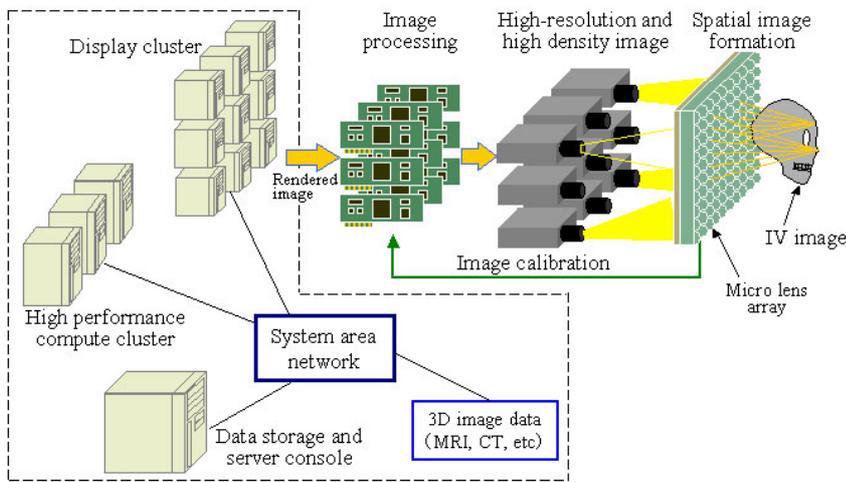


Fig.5 システム構成



Fig.6 9 プロジェクタ試作装置外観

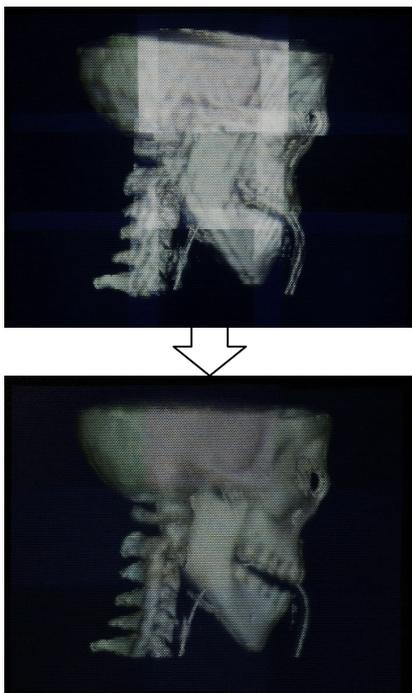


Fig.7 シームレス投影技術

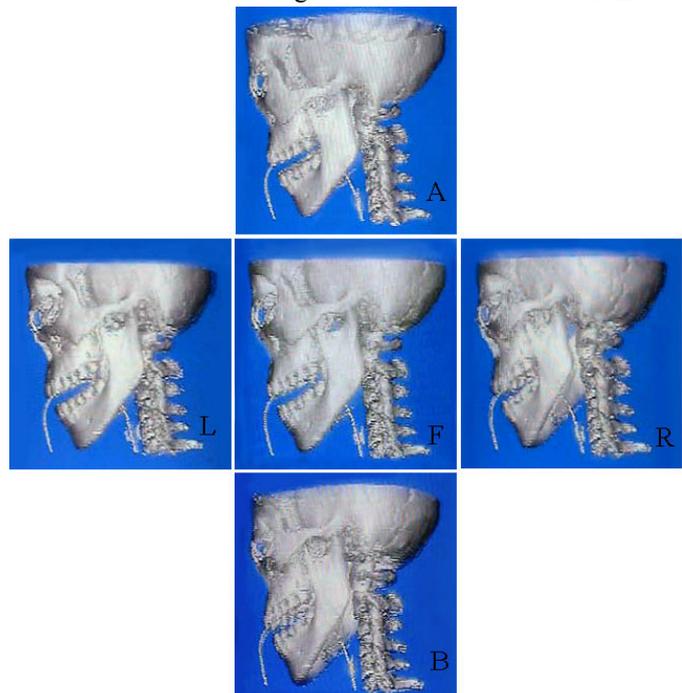


Fig.8 異なる方向から見た表示三次元像