大画面 3 次元ディスプレイを構成する 3 次元ピクセルモジュールの開発

3D Pixel Module for Constructing Large-Screen 3D Display

学生会員 榛 葉 敏 彦[†], 正会員 高 木 康 博[†]

Toshihiko Hashiba[†] and Yasuhiro Takaki[†]

Abstract A large-screen 3D display that is glass-free and has smooth motion parallax can be constructed with a 2D array of 3D pixels that generates high-density directional images. It is showed that ~ 700 and $\sim 3,000$ directional images should be displayed in different horizontal directions for display screen sizes of 10.0×7.5 m and 20.0×7.5 m, respectively. The complexity of wiring an array of 3D pixels that can display such a large number of images can be dramatically reduced by introducing a modular structure. A 3D pixel module, which is a 2D array of 3D pixels, consists of an array of modified 2D aligned light source arrays, an array of cylindrical lenses, and a control circuit. While a custom light source array is actually needed to display the number of images mentioned above, we used conventional LCD panels as light source arrays in this study. Although the number of directional images was thus limited, we were able to verify the operating principle of 3D pixels and demonstrate the feasibility of using conventional LCD panels. The prototype module was constructed using 4×2 LCD panels to obtain 8×4 light source arrays. The module consisted of 8×4 3D pixels and was designed to display 300 different directional images. We found that only ~ 50 images could be distinguished because the LCD panels had considerable pixel crosstalk caused by the RGB delta pixel structure.

キーワード：3次元ディスプレイ、大画面ディスプレイ、ピクセルモジュール、LCD

1. ま え が き

アミューズメントパークなどで利用される大画面 3 次元表示は、大きな感動と驚きを人々に与える。しかし、そのほとんどは、特殊な眼鏡の装着を必要とする。特殊な眼鏡の装着を必要としない場合には、観察時に眼の位置が限定される。本研究の目的は、特殊な眼鏡の装着を必要とせず、観察位置に対する制限が少なく、高い臨場感を有する大画面 3 次元ディスプレイを実現することにある。そのために、今回は、3 次元ピクセルモジュールの開発を行った。

眼鏡なし大画面 3 次元表示としては、NHK スタジオパークのメガネなし 3D ハイビジョンシステム¹⁾や、フルカラー LED アレイを用いた大画面 3 次元ディスプレイ²⁾などが知られている。これらは、レンチキュラー方式やパララックスバリア方式を用いている。眼鏡を用いる場合には、眼の直前に光学フィルタを配置して右眼用と左眼用の画像を

分離できるのに対して、これらの方式では、右眼と左眼を置く視点位置を空間に定めて、それぞれの位置に右眼用画像と左眼用画像を表示する。視点を置く観察面とスクリーンの距離は固定されていて、これが観察距離となる。また、左右眼の視点間隔は、通常は人間の平均両眼距離である 65 mm として設計される。これらの方式では、右眼用と左眼用の視点位置が水平方向に交互に現れるため、多人数で 3 次元像を観察できる。しかし、頭を水平方向に 65 mm だけ動かすと、右眼用画像が左眼で見え左眼用画像が右眼で見える逆立体視状態になる。また、頭を動かしても 3 次元像の見え方は変化しない。このような逆立体視状態の存在や運動視差の欠如が、観察者が感じる臨場感を低下させている。以上のように、従来の眼鏡なし大画面 3 次元表示には、観察位置に制限がある、逆立体視状態が存在する、運動視差がないといった問題点がある。なお、ここで言う運動視差とは、観察者が移動した際に、遠距離の物体より近距離の物体が早く動いて見える現象を指している。観察者が静止している場合でも、運動している物体に対して運動視差が知覚されるので、2 次元映像や従来の 2 眼式立体表示でもコンテンツ次第で運動視差が得られる。

本研究では、従来の眼鏡なし大画面 3 次元表示の問題点を解決するために、3 次元表示方式として指向性画像の高

2004 年 10 月 26 日受付、2006 年 2 月 24 日最終受付、2006 年 4 月 3 日採録

[†] 東京農工大学 大学院 共生科学技術開発研究部
(〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16, TEL 042-388-7923)

[†] Institute of Symbiotic Science and Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology
(2-24-16, Nakatyo, Koganei-shi, Tokyo 184-8588, Japan)

密度表示³⁾を用いる。これは、従来の方式が右眼用と左眼用の2枚の視差画像を表示していたのに対して、多数の指向性画像を異なる方向に同時に表示することで3次元物体からの光線を再現する3次元表示方法である。この方式では、基本的に表示する指向性画像数を多くする必要がある。特に、大画面表示に用いる場合には、非常に多くの指向性画像を表示する必要がある。本研究では、変形2次元配置した光源アレイを用いた3次元ディスプレイの構成方法にモジュール構造を導入することで、非常に多数の指向性画像の表示を可能にする。

現在の大画面2次元ディスプレイでは、表示デバイスとしてLEDアレイが用いられている。膨大な数のLEDピクセルへの配線を容易にするために、モジュール構造が採用されている。すなわち、8×8個や16×16個のLEDピクセルをまとめて一つのモジュールを構成し、モジュール内で必要な配線を行う。このように、縦横に並んだピクセルを一つのモジュールとしてまとめたものをピクセルモジュールと呼ぶ。これらのモジュールを縦横に並べて大画面を構成することで、配線の爆発を回避している。より多くの画像情報を表示する必要がある大画面3次元表示においては、モジュール構造は必須である。本研究では、複数の3次元ピクセルをモジュール化した3次元ピクセルモジュールを開発し、これらを組合せて大画面3次元表示を実現する。

本論文では、2で高密度指向性画像表示による大画面3次元表示について説明する。3で大画面3次元表示に必要な表示条件を明らかにする。求めた条件を満たす3次元ピクセルモジュールを実現するためには専用の光源アレイの開発が必要であるが、本論文では、3次元ピクセルモジュール開発の第一段階として、既存の2次元ディスプレイを用いて光源アレイを擬似的に実現する方法について4で述べる。5で実際の試作について述べ、6で実験結果について述べ、7で考察を行い、8でまとめる。

2. 高密度指向性画像表示

指向性画像とは、3次元物体を特定方向に平行投影した画像である。投影方向を微妙に変えた多数の指向性画像を用意して、これらを対応する方向に準平行光で表示する。³⁾ 3次元物体から発せられる光線をその進行方向に関して詳細にサンプリングし、それらを再現することで3次元表示を実現する。このように3次元物体からの光線を再現するため、特殊な眼鏡の装着を必要とせず、観察位置も限定されず、運動視差を有する3次元表示が実現できる。

われわれは、指向性画像の高密度表示を実現する3次元ディスプレイの構成方法として、多重結像系を用いた構成方法と、光源アレイを用いた構成方法を提案している。³⁾ 既に、前者の構成方法に基づき64個の指向性画像を表示するプロトタイプシステムを試作して、その有用性を示している。また、このプロトタイプシステムを用いて、従来の3次元表示で疲労の原因であると言われている調節と輻輳

図1 3次元ピクセルモジュールを用いた大画面3次元ディスプレイ
Large screen 3D display consisting of 3D pixel modules.

の矛盾が解決できる可能性があることを示している。⁴⁾ 本研究では、後者の構成方法に基づき大画面3次元表示を実現する。

光源アレイを用いた3次元ディスプレイの構成方法について説明する。図1に、全体の構成を示す。スクリーン全体が、縦横に並ぶ3次元ピクセルで構成される。ここで、3次元ピクセルとは、出射する光線の強度や色を光線の出射方向によって制御できるもので、3次元スクリーンを構成する最小表示単位として定義する。同図に、3次元ピクセルの構成を示す。一つの3次元ピクセルは、光源アレイとシリンダリカルレンズで構成される。シリンダリカルレンズは、その焦点面が光源アレイの光線の出射面に一致するように配置する。光源アレイは、個々の光源の水平位置が一致しないように変形2次元配置する。図2(a)に水平断面図を示す。光源の水平位置によって、シリンダリカルレンズ通過後の光線の水平進行方向が決まる。光源の水平位置はすべて異なるため、すべての光源からの光線は異なる水平方向に進む。図2(b)に垂直断面図を示す。シリンダリカルレンズは垂直方向には屈折力をもたないため、光線は光源から拡散される。以上より、3次元ピクセルは、水平方向に光線の強度や色を制御できることがわかる。これらの3次元ピクセルを2次的に並べることで、水平方向に多数の指向性画像が表示できるようになる。

われわれが以前に提案した光源アレイを用いた構成方法³⁾では、3次元ピクセルを、変形2次元配置した光源アレイ、マイクロレンズ、垂直方向拡散板の組合せで実現した。マイクロレンズと垂直方向拡散板を組合せた光学系の働きは、光源の水平位置に応じた水平進行方向を光線に与え、垂直方向には光線を拡散することにある。そこで、今回は、垂直方向については光源から発せられる光線の拡散性を利用して、光学系をシリンダリカルレンズだけで構成して単純化を図った。垂直方向拡散板を用いた場合とは異なり、厳密には光源の垂直位置の違いが知覚されることにな

図 2 3次元ピクセル:(a) 水平断面図, (b) 垂直断面図
3D pixel: (a) horizontal sectional view, and (b) vertical sectional view.

図 3 変形 2次元配置した光源アレイ: R は赤光源, G の緑光源, B は青光源
Modified 2D aligned light source array: R, G, and B represent red, green, and blue light sources, respectively.

るが、遠距離で観察する場合にはほとんど判別できない。

カラー表示を実現するためには、RGB の光源を変形 2次元配置する必要がある。この場合は、同色の光源を水平位置が一致しないように変形 2次元配置することになる。図 3 に一例を示す。

変形 2次元配置した光源アレイを用いる構成方法では、視差は水平方向に限定される。立体知覚においては、垂直方向に比べて水平方向の視差が支配的であること、大画面 3次元表示においては観察距離が長くなるため、観察者が 3次元物体を積極的に上下から覗き込もうとしないことから妥当であると考えられる。

図 4(a) に、パララックスバリア方式やレンチキュラー方式での右眼用と左眼用の視点位置を示す。それぞれの視点位置に対応する眼を置くと立体視ができ、対応が逆の場合には逆立体視となる。それ以外の場合では、2重像が知覚される。これに対して、指向性画像の高密度表示を用いた場合の立体視領域を図 4(b) に示す。逆立体視領域や 2重

図 4 3次元像の観察域 (水平断面図): (a) 従来の 2 眼式立体表示, (b) 指向性画像高密度表示

Observation area of 3D images in horizontal sectional view: (a) conventional binocular display, and (b) high-density directional images.

像が観察される領域は、原理的に存在しない。以上のように、指向性画像の高密度表示では、従来の眼鏡なし 3次元表示方式に比べて、観察位置に対する制限が小さい。ただし、図 4(b) は、スクリーン中心から水平方向に外側にある 3次元ピクセルほど、光源アレイの中心位置をシリンドリカルレンズに対して水平外側にずらして立体視領域の水平幅を広げた場合を示している。

3. 大画面 3次元表示の条件

大画面 3次元表示を実現するための高密度指向性画像の表示条件を、立体知覚の生理的要因をもとに求める。立体知覚の生理的要因には両眼視差、輻輳、調節、運動視差の四つがあるが、輻輳が機能するのは物体から 20 m 以内の距離で、調節が機能するのは物体から約 1~2 m までの距離である。⁵⁾ 大画面 3次元表示における観察距離は 20 m 以上としてよいので、大画面 3次元表示では、両眼視差と運動視差のみを考慮すればよい。

両眼視差が機能するためには、両眼に異なる画像が表示されることが必要である。そのためには、図 5 に示すように、3次元像を表示する空間内の一点と両眼を結んだ 2本の光線の成す角度 $\Delta\phi$ より光線の水平表示角度ピッチ $\Delta\theta$ が小さい必要がある。ここでは、3次元像から眼までの距離を z で表し、両眼間隔を p で表す。大画面 3次元表示に

図 5 両眼視差が生じる条件（水平断面図）
Conditions required for binocular disparity (horizontal sectional view.)

図 6 網膜像の形成（水平断面図）
Formation of retinal image (horizontal sectional view.)

おいては、 z が大きいとしてよいので、ここでは $\Delta\theta$ を次式のように近似した。

$$\Delta\theta = \tan^{-1}(p/z) \quad (1)$$

つぎに、運動視差について考える。指向性画像は水平表示角度幅が $\Delta\theta$ の準平行光により表示されるので、図 6 に示すように、一つの指向性画像全体が網膜に映るのではなく、その一部が網膜に映る。垂直方向には光線が拡散しているので網膜には縦長の部分画像が映り、ディスプレイスクリーン上での部分画像の水平幅 Δw は次式で与えられる。

$$\Delta w = L \tan \Delta\theta \quad (2)$$

ただし、眼からディスプレイスクリーンまでの距離を L で表した。異なる水平方向に多数の指向性画像が表示されるので、網膜上に多数の縦長画像が水平方向に並び網膜像が形成される。頭を動かすと、それぞれの指向性画像から縦長画像が切り取られる水平位置が変化する。指向性画像の解像点一つ分の頭の動きに対しても網膜像が変化するため、非常に滑らかな運動視差が得られる。また、 $z \simeq L$ とすると、縦長画像の水平幅 Δw は両眼間隔 p 程度となり、3次元スクリーン全体のサイズに比べて充分小さい。したがって、網膜像は縦長画像の集まりとしてではなく、ほぼ連続的な画像として知覚される。

具体的に、表 1 に示す二つの大画面 3 次元表示の条件について考える。条件 I は、スクリーンの横幅が約 10 m の場合で、映画館の大型スクリーンや街頭の大画面ディス

表 1 大画面 3 次元表示の目標値
Requirements for large-screen 3D display.

	条件 I	条件 II
スクリーンサイズ	10.0 m×7.5 m	20.0 m×7.5 m
3 次元ピクセル数	640×480	512×256
観察距離 L	25~50 m	100~200 m
水平観察範囲 H	50 m (at $L=50$ m)	150 m (at $L=100$ m)

表 2 指向性画像の表示条件
Display conditions of directional images.

	条件 I	条件 II
水平表示角度刻み $\Delta\theta$	0.0745°	0.0248°
水平表示角度域	53.1°	73.7°
3 次元ピクセル内の光源数	712	2,971
3 次元ピクセルピッチ	15.6 mm	39.0mm

レイで用いられるサイズである。3 次元観察可能範囲を奥行き方向に 25~50 m としてスクリーンと平行方向に 50 m とした。条件 II は、スクリーンの横幅が約 20 m の場合で、これはアイマックスシアターや競技場の大画面ディスプレイで用いられるサイズである。3 次元観察可能範囲を奥行き方向に 100~200 m としてスクリーンと平行方向に 150 m とした。ただし、奥行き方向の観察距離は両眼視差が得られる距離を表して、これより遠い距離でも運動視差が得られる。なお、条件 I は新宿アルタビジョンを参考にし、条件 II は横浜国際競技場を参考にして決めた。

3 次元物体をスクリーンより観察者側に表示するとした場合について、(1) 式から求めた表示角度刻みなどの指向性画像の表示条件を表 2 にまとめた。いずれの場合も、非常に多くの指向性画像を表示する必要があることがわかる。しかし、変形 2 次元配置した光源アレイを用いる構成方法では、光源を 2 次元配置できるため、条件 I では例えば、27×27 個の 2 次元光源アレイを、条件 II では例えば、55×55 個の 2 次元光源アレイを用いることで、3 次元表示を実現できる。3 次元ピクセルのピッチを考えると、2 次元光源アレイ内の光源のピッチは 0.5 mm~0.6 mm 程度であるため、液晶、有機 EL、LED などのディスプレイ技術を用いれば実現可能性である。変形 2 次元配置を用いない場合には、光源を水平方向にのみ並べることになり、この場合の光源ピッチは数十ミクロンとなり、実際に必要な光源サイズもこのピッチと同程度になるので実現が難しい。

なお、回折による光の広がり角は、条件 I では 0.0037° 程度で、条件 II では 0.0015° 程度であり、光線の水平表示角度刻みより充分小さいので、回折の影響は無視できる。ただし、レンズの有効開口幅を 3 次元ピクセルピッチの半分と仮定して、光の波長を 0.5×10^{-6} m として計算した。

表 2 に示した水平表示角度域を達成するためには、図 2 に模式的に示したような平凸レンズでは実現が難しく、光ディスクの対物レンズで用いられるような非球面レンズ形状が必要である。条件 I のレンズの N.A. は 0.45 で、条件 II のレンズの N.A. は 0.60 である。また、色収差を考えると、さらに組合せレンズによる色消しが必要になり、かなり

図 7 3次元ピクセルモジュールを用いた大画面3次元ディスプレイ

Ultra large screen 3D display consisting of 3D pixel modules.

高度なレンズ設計を行う必要があることが予想される。実際には、表1に示した水平観察範囲や表2に示した水平表示角度域が減少する可能性も充分考えられる。しかし、その詳細については綿密なレンズ設計による検討が必要であるため、今回は検討を行わなかった。

4. 3次元ピクセルモジュール

光源アレイの変形2次元配置を用いることで、多数の光源をコンパクトに並べることができるが、3次元スクリーン全体では膨大な配線が必要になることが問題になる。そこで本研究では、図7に示すように、複数の3次元ピクセルをモジュール化して、3次元ピクセルへの配線はモジュール内で行う。このような3次元ピクセルモジュールを組合せて、大画面3次元ディスプレイを実現することで、大画面3次元ディスプレイ構築時の配線の大幅な簡素化を可能にする。

3次元ピクセルモジュールは、複数の光源アレイ、複数のシリンドリカルレンズ、制御部、外部インタフェースで構成される。表2に示した仕様を満たす3次元ピクセルモジュールを実現するためには、専用の変形2次元配置した光源アレイ、制御回路、レンズ等を開発する必要がある。しかし本研究では、専用の光源アレイを開発することは残念ながらできない。そこで本研究では、既存のデバイスで多数の光源数を実現する方法として、2次元ディスプレイを傾けて用いて、変形2次元配置した光源アレイを擬似的に実現する方法を用い、3次元ピクセルモジュールを試作する。この試作の目的は、(1)2で説明した3次元ピクセルの動作原理の確認、(2)既存の2次元ディスプレイを光源アレイに用いた場合の問題点を明らかにすることにある。

図8に示すように、一つのモジュールに複数の2次元ディスプレイを用いて、複数の光源アレイを実現する。すなわち、今回試作した3次元ピクセルモジュールは、光源アレイを2次元ディスプレイアレイで、制御部を小型PCで、外部インタフェースをイーサネットで実現する。

図 8 3次元ピクセルモジュールの構成
Structure of 3D pixel module.

図 9 傾斜させた LCD パネル
Slanted LCD panel.

2次元ディスプレイアレイで複数の光源アレイを表示する。すなわち、2次元ディスプレイのピクセルを光源として用いる。

大画面3次元ディスプレイ全体のデータ伝送に汎用のイーサネットを用いることで、専用のデータ伝送網を構築する場合に比べて、大容量のデータ伝送を低コストで実現できることが期待できる。

光源アレイとしては、図3に示したように変形2次元配置した光源アレイが好ましい。しかし、このようなピクセル配置を有する2次元ディスプレイは存在しない。そこで本研究では、通常のピクセル配置の2次元ディスプレイを傾けて用いる。2次元ディスプレイのピクセル配列には、RGBストライプ配列とRGBデルタ配列があるが、いずれの場合でも傾斜角を適切に選ぶことで、変形2次元配置が実現できる。図9には、デルタ配列の場合の例を示している。同色の色ピクセルからシリンドリカルレンズ中心軸までの距離が等間隔で変化するような傾斜角 α は、RGBストライプ配列の場合は、

$$\alpha = \tan^{-1}(3d_x/nd_y) \quad (3)$$

で与えられ、RGBデルタ配列の場合は、

$$\alpha = \tan^{-1}(3d_x/2nd_y) \quad (4)$$

で与えられる。ただし、2次元ディスプレイの横方向と縦方向の色ピクセルのピッチをそれぞれ d_x と d_y で、光源アレイを構成するピクセル群の縦方向のピクセル数を n で表した。当然、シリンドリカルレンズを傾けて用いても同様の効果を得ることができる。

5. 試 作

3次元ピクセルモジュールの原理確認を行うために、小規模な3次元ピクセルモジュールの試作を行った。試作したモジュールの仕様を表3に示す。入手可能な液晶パネル、シリンドリカルレンズ、PCの性能などを考慮して決めた仕様である。

2次元ディスプレイとしては、バックライト付きの透過型液晶パネルを用いた。液晶パネルを4×2個用いて、1枚の液晶パネルには2×2個の光源アレイを表示した。したがって、3次元ピクセルモジュールは8×4個の3次元ピクセルで構成される。また、縦方向に二つの3次元ピクセルに一つのシリンドリカルレンズを対応させて、シリンドリカルレンズを8×2枚用いた。

用いた液晶パネルは、画面サイズが2.5インチで、NTSCビデオ信号入力を持ち、デルタ配列のピクセル配列を有する。水平ピクセルピッチは0.105 mmで、垂直ピクセルピッチは0.161 mmである。NTSC入力/デルタ配列よりもRGB入力/ストライプ配列の方がピクセル間のクロストークの点で優れているが、今回は入手性の点から前者を用いた。

一つの光源アレイは、RGBの色ピクセルをそれぞれ300個ずつ用いて構成した。縦方向のピクセル数 n を7として、液晶パネルの傾斜角 α は7.96度とした。また、光量増加のために、一つの3次元ピクセル内で同一の光源アレイパターンを縦方向に二つ表示した。

シリンドリカルレンズには、大きさが25 mm×50 mmで焦点距離が25.0 mmのものをを用いた。このとき、3次元ピクセルの水平表示角度ピッチが0.099°に、水平表示角度域が29.7°になる。

3次元ピクセルモジュールの分解図を図10に示す。液晶パネルの取り付け板とシリンドリカルレンズの取り付け板を張り合わせた構造になっている。それぞれの板に開けた取り付け穴へ部品をはめ込むことで位置合わせができる構造になっている。また、2枚の板を張り合わせることで液晶パネルとレンズの間の位置合わせができる構造になっている。なお、光源アレイは、液晶パネルに画像として表示される。図11(a)に液晶パネルアレイ板を、図11(b)にシリンドリカルレンズアレイ板を示す。試作したピクセルモジュール全体の写真を図11(c)に示す。なお、今回の試作では、モジュールの機械的接続については考慮していない。

図10 3次元ピクセルモジュールの分解図
Construction of 3D pixel module.

8枚の液晶パネルの制御方法としては、PCIバス接続の専用インタフェースを開発するなどの方法が考えられるが、本研究では、最終的にビデオ信号で液晶パネルを駆動すること、より高速なデータ転送速度を有することを考えて、AGPバスに接続されたグラフィックカードを利用することにし、グラフィックカードのビデオ出力を4分割する画面分割回路を試作した。ビデオ出力が二つあるグラフィックカードを用い、それぞれの出力に画面分割回路を接続して、1台のPCで8枚の液晶パネルを駆動した。

6. 実 験 結 果

試作した3次元ピクセルモジュールにテストパターンを表示する実験を行った。

3次元ピクセル数が8×4個と少ないため、一つのモジュールでは意味のある3次元画像を表示することは難しいので、適当なテストパターンを用意して指向性画像の代わりに用いた。

試作した3次元ピクセルモジュールの表示できる指向性画像数は設計上は300であるが、液晶パネルのピクセル間のクロストークを考えると、実際に表示できる指向性画像数はこれよりも少なくなることが予想される。最初に、表示する画像数を4として実験を行った結果を図12に示す。異なる水平方向から3次元ピクセルモジュールの表示面を撮影した写真である。つぎに、表示する画像数を増やしていった。図13に表示画像数が36の場合の結果を示す。さらに表示画像数を増やした結果、画像数が50枚までは弁別が可能であった。それ以上では、表示される画像間に重なりが大きくなり弁別が難しかった。

試作した3次元ピクセルモジュールは、明るい室内でも充分観察可能な光強度を有していた。

7. 考 察

上述のように、実際に表示できた画像数は最大50個程度であった。これは、光源アレイとして用いた液晶パネルがNTSCビデオ信号駆動で色ピクセルがデルタ配列のため各ピクセルを独立に駆動することが難しく、ピクセル間のク

表3 試作した3次元ピクセルモジュールの仕様
Specifications of fabricated 3D pixel module.

3次元ピクセル数	8×4
表示面サイズ	270 mm × 150 mm
3次元ピクセルピッチ	32 mm
水平表示角度刻み $\Delta\theta$	0.099°
水平表示角度域	29.7°
水平指向性画像数	300

図 11 3次元ピクセルモジュールの写真：(a) LCD パネル板，
(b) レンズ板，(c) モジュール全体
Photographs of 3D pixel module: (a) LCD panel, (b) lens
panel, and (c) module.

ロストークが大きいことが原因である。

試作した3次元ピクセルモジュールの指向性画像数は300とした。これは、既存の液晶パネルを用いたこと、シリンドリカルレンズ形状が球面で収差が大きいことを考慮して決めた。しかし、変形2次元配置したピクセル配列を有する専用液晶パネルを開発し、さらに、非球面形状の組合せ色消しシリンドリカルレンズを用いれば、指向性画像数をさらに増加させることが可能であると考える。

8. む す び

指向性画像の高密度表示を用いた大画面3次元表示において、3次元スクリーンサイズが10.0 m × 7.5 m と 20.0 m × 7.5 m の二つの場合について考察した結果、必要な指向性画像数はそれぞれ約700枚と約3,000枚と非常に多くなり、3次元ピクセルのモジュール化が重要であることが判明した。3次元ピクセルを構成する変形2次元配置し

図 12 3次元ピクセルモジュールで表示した4パターンの写真
Photographs of four patterns displayed by 3D pixel module.

図 13 3次元ピクセルモジュールで表示した36パターンの写真
Photographs of 36 patterns displayed by 3D pixel module.

た光源アレイは、専用のものを開発することが好ましいが、今回は、次善の策として既存の液晶ディスプレイを傾けて変形2次元配置した光源アレイを擬似的に実現することで、3次元ピクセルモジュールを試作した。試作モジュールは、8×4個の3次元ピクセルで構成され、300枚の指向性画像を表示できるように設計した。しかし、液晶パネルのクロストークが大きかったため、実際に表示できた画像数は50枚程度であった。

今後は、ピクセル間のクロストークが小さいRGBストライプ配列の液晶パネルを光源アレイとして用いて、実効

的に表示できる指向性画像数を増加させ、機械的な接続を可能にするモジュール形状を設計して、モジュール間の接続実験を行う予定でいる。さらに、3次元動画像表示に必要なネットワークのデータ帯域についても検討を進める予定でいる。

本研究は、文部科学省科学研究費基盤研究B (No.15360183)の助成により行われた。

〔文 献〕

- 1) 谷 千束: “高臨場感ディスプレイ”, 共立出版株式会社 (2001).
- 2) H. Yamamoto: “Enlargement of viewing area of stereoscopic full-color LED display by use of a parallax barrier”, Applied Optics, **41**, 1, pp.6907-6919(2002).
- 3) 高木 康博: “変形2次元配置した多重テレセントリック光学系を用いた3次元ディスプレイ”, 映情学誌, **57**, 2, pp.293-300(2003).
- 4) 福富 武史, 名手 久貴, 高木 康博: “高密度指向性画像で表示した3次元画像における調節応答”, 映情学誌, **58**, 1, pp.69-74 (2004).
- 5) 大越 孝敬: “三次元画像工学”, 朝倉書店 (1991).

はしば としひこ
榛葉 敏彦 2004 年, 東京農工大学工学部電気電子工学科卒業。同年, 同大学大学院工学部電気電子工学科に在学。学生会員。

たかき やすひろ
高木 康博 1992 年, 早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。1991 年, 同大学助手。1994 年, 日本大学文理学部専任講師。1998 年, 同助教授。2000 年, 東京農工大学工学部助教授。主として 3 次元映像技術, 回折光学素子, デジタルホログラフィ, 高精細画像処理, 光情報処理に関する研究に従事。博士 (工学)。正会員。