

グラスレス 3Dレグザ (REGZA) の インテグラルイメージング方式とLCDパネル技術

Integral Imaging System and LCD Panel Technologies for Glasses-Free 3D REGZA

平山 雄三

橋本 健

笹林 貴

■HIRAYAMA Yuzo

■HASHIMOTO Takeshi

■SASABAYASHI Takashi

視聴者が専用眼鏡を必要としない3D (立体視) 方式を実現する技術は従来からあったが、3D精細度が十分でなく、画面上の輝度の明暗であるモアレが発生して精細な表示が阻害されることがあった。また、精細度の対称性が悪い、左右上下方向の対称性が悪いなど画質にも課題があった。更に、量産に対応するためにレンチキュラシート^(注1)を液晶ディスプレイ (LCD) に高精度に貼り合わせる技術が必要であった。

今回東芝が開発したグラスレス3Dレグザでは、自然で見やすい3D方式であるインテグラルイメージング (II: Integral Imaging) 方式を採用した。この方式を実現するために、垂直レンチキュラシートと横ストライプ色配列による3D精細度の対称性向上、斜め画素によるモアレ抑制、フルHD (1,920×1,080画素) の4倍の画素数を持つ超高精細LCDによる高精細3D表示、高精度貼合せ技術、及び高輝度LEDバックライト技術を開発した。

In conventional three-dimensional (3D) imaging systems without dedicated glasses, it is necessary to overcome various technical issues including the upgrading of liquid crystal display (LCD) panels, suppression of moiré fringes, and improvement of symmetrical resolution characteristics.

As a solution to this situation, Toshiba has developed the glasses-free 3D REGZA that eliminates the need for dedicated glasses, utilizing an integral imaging system and incorporating the following 3D LCD panel technologies: a vertical lenticular sheet for symmetrical resolution characteristics, a newly developed slanted pixel structure to suppress moiré fringes, a super-high-resolution LCD panel with approximately four times the pixels of a standard full high-definition (full HD) panel, a panel module structure using high-precision alignment technology, and a high-luminance light-emitting diode (LED) backlight.

1 まえがき

3Dテレビ (TV) をはじめとする3Dディスプレイが世の中に広く受け入れられ、市場に普及していくためには、視聴者が眼鏡を必要としないことはもちろん、本物のように自然で見やすく疲れにくい3D映像を提供することが重要である。

東芝は、それを実現するために従来から専用眼鏡を必要としない3Dディスプレイの開発に取り組んできた。これまでも高精細パネルを用いた専用眼鏡なしの3Dディスプレイを試作した例はあるが、3D精細度が十分ではなく、表示妨害であるモアレが発生することもあった。また、3Dディスプレイでは一般に斜めレンチキュラ方式が多く用いられるが、精細度の対称性が悪い、左右上下方向の3D表示領域の対称性が悪いなど画質にも課題があった。更に、量産に対応するためにはレンチキュラシートをLCDに高精度に貼り合わせる技術が必要になる。

今回、これらの課題を解決するために、3Dディスプレイ用に仕様をアップした3,840×2,160画素の超高精細パネル及び垂直レンチキュラシートから成る3D LCDパネルを開発した。このパネルには1908年に提案されたインテグラルフォトグラフィ (IP) 方式という立体写真の撮影・再生技術を適用している⁽¹⁾。

なお、IP方式は写真の代わりに電子ディスプレイを用いた場合、II方式と呼ばれる。

2 II方式

IP方式では、立体写真の画素に相当するレンズアレイ^(注2)を用意し、この焦点距離にフィルムを置いて撮影を行い、撮影したフィルム上に撮影に用いたレンズアレイを置いて再生する。実際には凹凸反転処理などのプロセスが更に加わる。レンズ越しに記録した光線情報を進行方向だけ逆転して再生するプロセスのために、視聴位置を限定することなく、フィルムの解像度が十分に高ければ、ホログラフィと同様に完全な空中像を再生できる、理想的な方式である⁽²⁾。

グラスレス3Dレグザでは、レンズアレイの代わりにレンチキュラシートを、フィルムの代わりに代表的なフラットパネルディスプレイであるLCDを用いている。レンズの背面にレイアウトされた画素には視差情報として、見る角度によって変わる画素情報を表示し、画素から出た光は、レンズを経由すること

(注1) 水平方向だけレンズ特性を持ち、りょう線が垂直なかまほこ型レンズを多数並べたシート。液晶パネルに貼り付けて使用する。

(注2) 単レンズを平面内で複数並列的に配列したレンズ。

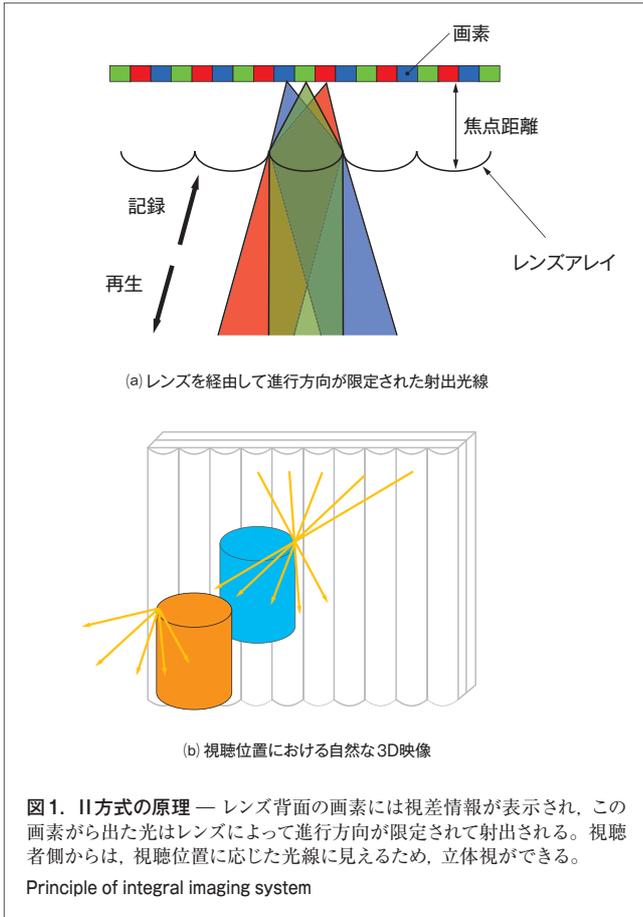


表1. 20GL1のパネル特性
Main specifications of LCD panel for 20GL1 model

項目	パネル特性
LCDパネル解像度	3,840×2,160画素
視差数	9
3D解像度	1,280×720画素
視域角	±15°

で進行方向が限定され、光線として射出される(図1(a))。視聴者側から見ると視聴位置に応じた光線が見えるため自然な立体視ができる(図1(b))。レンズ一つに割り振られた画素数(視差数)が多いほど立体感が向上し視域が広がるが、LCDの解像度が一定の場合には、視差数を増やすと3D映像の解像度が低下する。この解像度低下を最小限に抑えつつ、視聴に十分な視域を確保するために、視差の方向を立体知覚に有効な水平方向だけにした1次元II(1D-II)方式⁽³⁾を採用した。グラスレス 3Dレグザ 20GL1のパネル特性を表1に示す。LCDパネルの解像度は3,840×2,160画素、視差数は9であり、3D解像度は1,280×720画素のHD画質を達成している。視域角は±15°である。

なお、レンチキュラシートを利用する別方式として、光線を視

聴者の両眼の位置に集光させるものもある。集光点を2か所設けたものは二眼式、更に視域を広げつつ側面も見えるように視点数を増やしたものは多眼式と呼ばれる。これらの方式では、設計時に視聴者の位置を仮定して、集光点を設けることによって視域が形成される。その場所で最適に見えるようなハードウェア設計であり、いわば専用設計である。これに対してII方式では、ハードウェアの設計時に視聴者の位置を仮定していない。後述するように、視聴者の見る位置に応じてソフトウェアによって視聴範囲を最適な状態にできることも大きな特長である⁽⁴⁾。

2.1 垂直レンチキュラシートの設計

サブ画素のサイズが縦：横=3：1である一般的な縦ストライプ色配置のLCDパネルをベースに、レンチキュラレンズを用いて3D表示を行う場合、モアレが生じるのを避けるために色の並びに対してレンズを傾ける必要がある。そのため、斜めレンチキュラシートが一般に用いられている。しかしこの場合、精細度の対称性が劣化しやすく、垂直や水平の線を表示したときに階段状の表示になることがある。特に、文字の表示品質が悪化するおそれがある。このように、斜めレンチキュラシート方式では精細度対称の設計に制約が多く、また、視域の上下左右の対称性にも課題があるため、今回は垂直配列のレンズである垂直レンチキュラシートを採用した。それに併せて、LCDパネルの色配列を並び替えることで、3D精細度が対称となる設計を行った⁽⁵⁾。

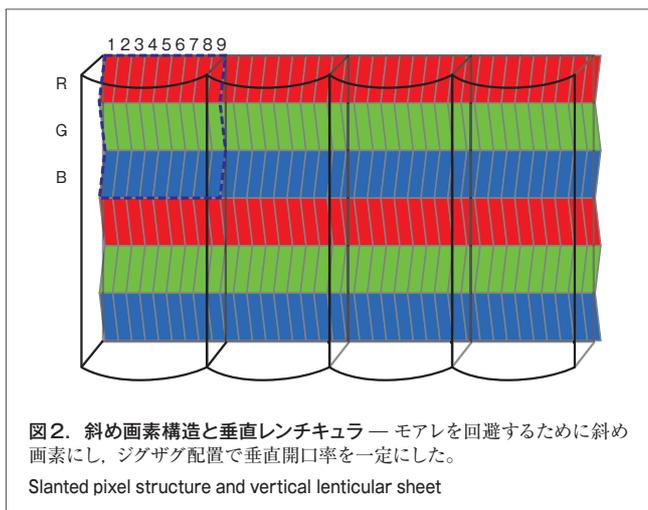
垂直レンチキュラシートを用いた場合、色の配列を、R(赤)、G(緑)、B(青)が横に並ぶ通常の縦ストライプから、R、G、Bが縦に並ぶ横ストライプに変更することで、精細度対称の設計にできる。今回は、色の配置を横ストライプ、レンズのピッチを9サブ画素分とした。従来からの課題であるモアレを抑制するために、画素の開口形状は後述するジグザグ形状を採用している。

2.2 斜め画素によるモアレ抑制

垂直レンチキュラシートによるII方式の3D表示パネルでは、レンズ越しに画素の一部が拡大されて視認される。視認される画素の部位は、パネルに対する視点の角度によって変わる。例えば正面からパネルを見た場合でも、パネル中央から端に行くに従い、拡大される画素の部位が連続的に変化する。

画素の開口部における垂直方向の長さを画素ピッチで割ったものを、垂直開口率と呼ぶ。垂直開口率が水平方向で異なると、レンズ越しに拡大される部位によって実効的な開口率が異なり、それが横方向に連続的に変化するため、モアレとして視認される。一般的な垂直及び水平の配線から構成される画素を用いると、モアレが発生する。

モアレを回避するには、画素の開口部を变形させ、垂直開口率の変動を抑えればよい。具体的には、図2のような斜め



画素とし、ジグザグ配置で垂直開口率を一定にした。

以上のように、垂直配列のレンズと、横ストライプ色配列、斜め画素のジグザグ配置を採用することで、視域や精細度が良好な対称形であり、かつ、モアレのない3D LCDパネルを作成できた。

3 3D LCDパネル技術

超高精細LCD、高精度レンズユニット貼合せ技術、及び高輝度LEDバックライトの3D LCDパネル技術を“グラスレス3DメガLED液晶パネル”として3Dパネルモジュールに採用した結果、専用眼鏡なしでも、より自然で見やすく、高精細で明るい3D映像を実現できた。以下に、これらの技術について述べる。

3.1 超高精細LCDを用いた高精細3D表示

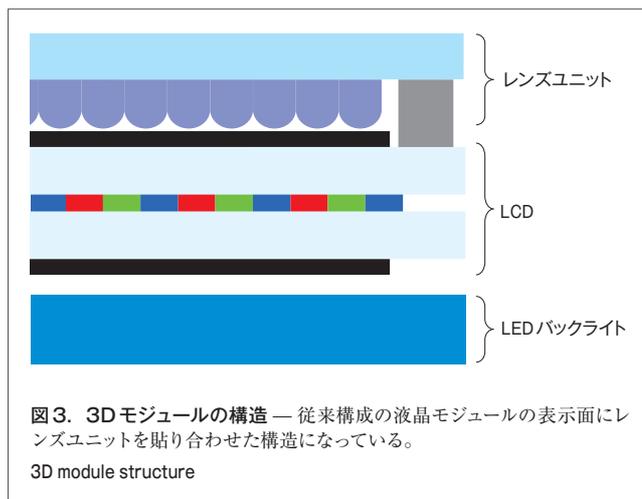
20GL1は、低温ポリシリコン薄膜トランジスタ(TFT)技術を用いたフルHD映像の約4倍になる約829万画素の総画素数を持つLCDパネルを採用している。1フレームの画像からリアルタイムに作られた9枚の画像を同時に表示させる9視差映像描画に対応し、1,280×720画素の3D映像を表示できる。また、高輝度発光ダイオード(LED)バックライトを採用した。

グラスレス3Dレグザ12GL1は、3D専用RGB配列の総画素数が約147万画素であり9視差映像描画に対応している。466×350画素の3D映像を表示できるLED液晶パネルを搭載している。

3.2 高精度貼合せ技術

3D LCDモジュールの構造を図3に示す。この3D LCDモジュールは、従来構成のLCDモジュールの表示面にレンズユニットを貼り合わせた構造になっている⁽⁶⁾。レンズユニットとはレンチキュラシートとガラス板を一体化したものであり、接着剤でセルに固定している。

レンズユニットをセルに固定するには、セルの画素とレン



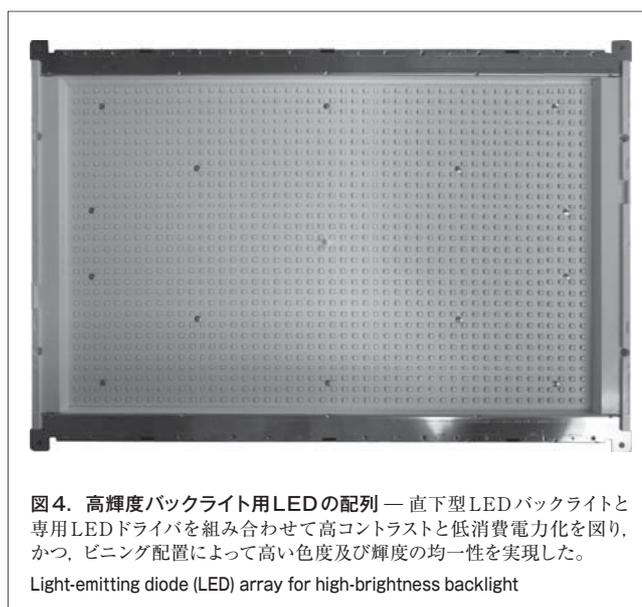
ズを高精度に組立て調整する必要がある。また、レンズとセルの間の距離も重要なパラメータであり、光学設計に合うように設定する必要がある。

このため、20GL1では減圧封止プロセスを用いている。レンズユニットを大気圧によって押さえ、20型クラスのパネルで、レンズとセルの間のギャップを制御するのに非常に有効である。また、レンズユニットの位置決め精度も十分であった。これによって本来ポテンシャルとして持っている画質を最大限に有効利用でき、信頼性も確認できた。

3.3 高輝度LEDバックライト技術

環境保護のため、低消費電力、かつ水銀フリーのLEDバックライトの導入が必要になる。LEDバックライトは、従来の冷陰極蛍光管(CCFL)バックライトに極微量に含まれていた水銀を使用していない⁽⁷⁾。

20GL1で用いた高輝度LEDバックライト(図4)は、次のよう



な特長を持つ。

- (1) 高輝度バックライト 高精細パネルでの3D表示に対応する10,000 cd/m²のバックライト輝度
- (2) 領域制御設計 横16×縦9領域に分割動作できる直下型LEDバックライトと専用LEDドライバとの組合せで、高コントラストと低消費電力化を達成
- (3) 光源配置設計 1,296個のLEDを最適に配置するビンゲ配置^(注3)によって、高い色度及び輝度の均一性を実現

4 あとがき

グラスレス3Dレグザの広い視域と自然な高精細3D映像を支えるII方式と、それを実現するLCDパネル技術について述べた。垂直レンチキュラシートと横ストライプ色配列による3D精細度の対称性向上、斜め画素によるモアレ抑制、フルHDの4倍の画素数を持つ超高精細LCDによる高精細3D表示、高精度貼合せ技術、及び高輝度LEDバックライト技術によって、明るく自然で見やすい高精細3D映像を実現した。

今後更に、大型化と、より自然な立体感を実現するための技術開発を行っていく。

なお、20GL1のLCDパネルは、2009年度補正予算によって総務省から受託した「眼鏡の要らない3次元映像技術の研究開発（次世代・究極3次元映像技術）」において開発した研究成果を採用している。

(注3) LEDを細かいランクに分類し、異なるランクのLEDを組み合わせることによって色度及び輝度の均一性を向上させるLEDの配置方法。

文 献

- (1) Lippmann, M. G. Epreuves reversibles. Photographies integrals. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. **146**, 1908, p.446 - 451.
- (2) Hoshino, H. et al. Analysis of Resolution Limitation of Integral Photography. J. Opt. Soc. Am. A. **15**, 8, 1998, p.2059 - 2065.
- (3) Hirayama, Y. et al. "Flatbed-type Autostereoscopic Display Systems Using Integral Imaging Method". Digest of IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). Las Vegas, NV USA, 2006-01, IEEE. 2006, p.125 - 126.
- (4) Fukushima, R. et al. Novel Viewing Zone Control Method for Computer Generated Integral 3-D Imaging. Proc. of SPIE. **5291**, 2004, p.81 - 92.
- (5) Taira, K. et al. Autostereoscopic Liquid Crystal Display Using Mosaic Color Pixel Arrangement. Proc. of SPIE. **5664**, 2005, p.349 - 359.
- (6) 宮崎健太郎 他. 裸眼方式3D LCDの高精度はり合せ技術. 東芝レビュー. **65**, 10, 2010, p.32 - 35.
- (7) 馬場雅裕 他. 液晶テレビに引き締まった黒と白を再現する“メガLEDパネル”. 東芝レビュー. **65**, 4, 2010, p.11 - 14.



平山 雄三 HIRAYAMA Yuzo, D.Eng.

研究開発センター マルチメディアラボラトリー 研究主幹、工博。高臨場感ディスプレイシステムの研究・開発に従事。応用物理学会、電子情報通信学会、日本光学会会員。Multimedia Lab.



橋本 健 HASHIMOTO Takeshi

デジタルプロダクツ&サービス社 設計開発センター デジタルプロダクツ&サービス設計第9部グループ長。テレビ用ディスプレイパネルの開発に従事。Design & Development Center



笹林 貴 SASABAYASHI Takashi

東芝モバイルディスプレイ(株) 事業統括部 アレイ・セル設計部 参事。専用眼鏡なしの3Dディスプレイ用レンズの開発・設計に従事。Toshiba Mobile Display Co., Ltd.