解像度劣化のないパララックスバリア方式立体表示の一手法

Parallax Barrier 3D Display for Viewing Full Images

正会員 阪本 邦夫[†],木村 理恵子[†]Kunio Sakamoto[†] and Rieko Kimura[†]

Abstract A display system that does not require viewers to wear special glasses to see 3D images is useful technology. Conventional lenticular and parallax-barrier display systems have disadvantages in that images have divided horizontal resolution. We describe a thin stereoscopic 3D display with a parallax polarizer barrier. The advantage of the parallax polarizer barrier is that the resolution of presented parallax images is much greater than that possible with conventional displays. This compact display has two LCD panels to present stereo views and control polarization. It has twice the 3D image resolution, because the LCD image plane can multiplex images with horizontal and vertical polarization to display stereo views.

キーワード：立体映像，パララックスバリア，立体ディスプレイ，偏光，解像度改善

1. ま え が き

立体ディスプレイは、2次元ディスプレイに擬似的に表示されていた3次元映像情報を、奥行き方向も含めて表現できるディスプレイであり、ヒトが見ている3次元の実空間と同じような高臨場感の映像空間を再現することができる^{1)~3)}。立体映像の表示方法の一つであるパララックスバリア方式は、メガネなしで立体映像を観察でき、多人数鑑賞も可能であるという特徴がある。しかし、空間(画素)分割により左右の視差映像の表示を行うため、水平画素方向の解像度が劣化するという問題がある。この解像度の問題を解決する一つの方法として、先に筆者らは、偏光方向の異なる視差映像を2台のプロジェクタにより投影し、偏光を利用した遮光バリアで左右眼に対応する映像の分離を行う、リアプロジェクション型の立体ディスプレイを提案した⁴⁾。この偏光バリア方式の立体表示では、2画面分の映像を投影するため解像度劣化が生じないという、従来の2眼式立体表示のパララックスバリア方式を改善した特性を備えているが、視差映像を投影するため装置が大型になる。本報告では、2枚の映像表示パネルを採用することで、同じ性能を備えた薄型の立体映像表示システムの試作を行ったので報告する。本システムは、プロジェクタによる投影ではなく、偏光方向が直交する左眼、右眼用映像を2枚の映像表示パネルを利用して生成し、偏光バリアを利用して

図1 偏光板を用いた遮光バリア
The polarizer barrier.

映像分離を行うことで、両眼立体視による立体表示を実現する薄型の立体映像システムである。

2. 偏光パララックスバリアを用いた高画質立体表示

一般にパララックスバリア方式の立体表示では、ステレオ画像の画素配置がストライプ状になるため、横方向の解像度の劣化を生じる。そこで、左眼、右眼に対応する2画面分の映像を使用し、偏光特性を有する左眼、右眼用映像を、偏光パララックスバリアにより両眼分離を行う方法を採用して、解像度劣化の生じない立体表示を行う。図1に示すように、偏光フィルタは偏光方向により光の透過、不透過の選択性があるため、偏光特性を有する視差映像に対してパララックスバリアとして利用できる。したがって、偏光方向の異なる偏光フィルタをストライプ状に配することにより、偏光を利用したパララックスバリアを構成できる。図2は、偏光パララックスバリア方式の表示原理を示したものである。偏光方向が直交する左眼、右眼用映像を1/2波長板に投影すると、ストライプ状の1/2波長板により偏光方向が90°回転する。その結果、図2(a)および(b)に示すように、1/2波長板と同じストライプ幅で、左右ステレオ混成画像が生成され、図2(a)に示す水平方向に偏光し

2004年8月9日受付, 2004年11月2日採録

[†] 島根大学 総合理工学部

(〒690-8504 松江市西川津町 1060, TEL 0852-32-6100(代))

[†] Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

(1060 Nishikawatsu-cho, Matsue-shi, Shimane 690-8504, Japan)

図 2 偏光パララックスバリア方式立体ディスプレイ
Parallax polarizer barrier 3D display.

たストライプ混成画像と、図 2(b) に示す垂直方向に偏光した混成画像が 2 重に投影されることになる。図 2(a) においては、映像の偏光方向が水平であるため、垂直方向に偏光特性を有する偏光フィルタが遮光バリアとなり、左右眼に対応する映像を分離し、図 2(b) においては、映像の偏光方向が垂直であるため、水平方向に偏光特性を有する偏光フィルタが遮光バリアとなり、両眼分離を行う。これら互いに直交する偏光フィルタによる両眼分離は、偏光方向の異なる 2 つの投影映像に対して同時に起こるため、偏光パララックスバリアを通して観察することにより、投影されたステレオ映像が両眼分離され、解像度劣化のない立体表示を実現できる。液晶シャッタを利用した可変パララックスバリア⁵⁾の場合には、時分割によりステレオ画像を 2 重に表示する必要があるが、2 台のプロジェクタを使用して立体表示を行う偏光パララックスバリア方式では、パララックスバリアは偏光特性を利用して構成しており、デバイスなどに高速な制御速度が必要ないため、容易に解像度の改善を実現できる。このような偏光方向が直交する左眼、右眼用映像を、プロジェクタではなく、2 枚の映像表示パネルを利用して生成できれば、表示装置の薄型化を実現できるが、これについては 3 章で述べる。

3. 偏光パララックスバリア立体表示装置の薄型化

3.1 液晶パネルを 2 面用いた立体表示装置

液晶ディスプレイパネルは、図 3 に示す液晶セルを 2 枚の偏光板で挟んだ構造をしており、観察者側から、検光子、液晶セル、偏光子、バックライトが順に配置されている。そのため、検光子と偏光子の間に液晶セルを 2 枚配置すれば、左眼、右眼用映像を 2 画面同時に表示することができる。しかし、従来の液晶セルを積層する方法では、観察者に届く映像の偏光方向は、検光子により決定されるため、偏光を利用して両眼映像を分離できるように、左眼用と右眼用映像では偏光方向を直交させる必要がある本方式では、利用することができない。そこで、図 4 に示すように、観察者と検光子の間にも液晶セルを配置し、偏光方向を制御できるような構造とした。なお、左眼用と右眼用の映像輝度

図 3 TN モード
TN mode.

の分配比は、偏光方向制御用の液晶セルで調節できるため、検光子-偏光子間の液晶セルは 1 枚で充分である。したがって、観察者側から見た映像提示部の構造は、偏光制御液晶セル、検光子、輝度制御液晶セル、偏光子、バックライトの配置となる。図 3 に示す TN (Twisted Nematic) 型の液晶セルでは、ガラス基板間で液晶分子が 90° ねじれた状態で配向しており、印加電圧の状態により、ねじれの状態が $0 \sim 90^\circ$ の間で変化する。光の振動方向 (偏光) は液晶分子の配向方向に追従して回転する性質があるため、液晶セルにより偏光の方向を $0 \sim 90^\circ$ の間で変化させることができる。このため、検光子-偏光子間の偏光の回転角度を α としたとき、輝度は $\sin^2 \alpha$ で表すことができる。

図 4 において、検光子、偏光子の偏光方向は、それぞれ紙面に垂直、水平であるとし、輝度および偏光方向制御用の液晶セルによる偏光角の変化を、それぞれ α_k , β_k , 左眼、右眼用映像の輝度値を、それぞれ I_L , I_R (ただし、 $0 \leq I_L, I_R \leq 1/2$)、左眼、右眼用映像の偏光方向を、それぞれ紙面に垂直、水平であると仮定すると、

- (1) 輝度 I_L の左眼用映像のみ表示する場合は、 $\sin^2 \alpha_1 = I_L$, $\beta_1 = 0$ なる角度 α_1 , β_1 の変化を液晶セルで生成すれば、左眼用映像のみ観察される。
- (2) 輝度 I_R の右眼用映像のみ表示する場合は、 $\sin^2 \alpha_2 = I_R$, $\beta_2 = 90^\circ$ なる角度 α_2 , β_2 の変化を液晶セルで生成すれば、右眼用映像のみ観察される。
- (3) 輝度が等しい左眼用、右眼用映像を表示する場合は、 $\sin^2 \alpha_3 = 2I_L = 2I_R = I_L + I_R$, $\beta_3 = 45^\circ$ なる角度 α_3 , β_3 の変化を液晶セルで生成すれば、左眼および右眼映像が等しい輝度で観察される。
- (4) したがって、輝度が I_L , I_R である左眼用、右眼用映像を表示する場合は、 $\sin^2 \alpha_4 = I_L + I_R$, $\cos^2 \beta_4 : \sin^2 \beta_4 = I_L : I_R$ なる角度 α_4 , β_4 の変化を液晶セルで生成すれば、左眼および右眼映像のそれぞれを任意の輝度で観察することができる。

図 4 に示す構造の映像表示装置を利用することで、偏光方向が直交する左眼、右眼用映像を提示することができ、偏光パララックスバリア方式を採用した高解像度立体表示装置の薄型化を実現できる。

図4 液晶セルによる偏光方向の回転
Rotation of polarization axis.

3.2 立体表示装置の試作

まず、液晶ディスプレイパネルを使用して、偏光方向が直交する左眼、右眼用映像を提示する表示装置を作製した。輝度制御を行う液晶セル部として、検光子、液晶セル、偏光子、バックライトの順に配置された液晶ディスプレイパネルを、そのまま使用する。また、PC モニタ映像のビデオ出力により映像表示を行うと、PC 上でビットマップ画像を表示することで、輝度制御を行うことができる。一方、偏光制御を行う液晶セルには、検光子および偏光子を取り外したディスプレイパネルを使用する。偏光方向の変化は印加電圧により制御されているが、ビデオ出力する輝度値と偏光の変化角との関係が既知であれば、偏光方向を制御することができるため、図5に示すように、事前に輝度値と偏光角度の関係を測定した。この液晶セルと液晶ディスプレイパネルを組合せて、図4の構造にすることで、映像表示部を構成することができる。

さらに、この映像表示部に偏光パララックスバリアを組合せることで、メガネなしの高解像度立体表示装置を構築できる。試作した装置では、1/2 波長板のピッチ幅を 2.6mm、直交する偏光フィルタをストライプ状に配列した遮光バリアのストライプ幅を 2.5mm で設計した。映像表示部のガラス基板にストライプ状の 1/2 波長板を形成し、その前にバリア部を配置する。この 1/2 波長板と遮光バリアの間隔は 10mm であるため、設計観察距離は 260mm となっている。投影式の場合と同様に、両眼視差分離を行う遮光バリアのピッチは、映像表示部の画素ピッチではなく、1/2 波長板のピッチ幅で決定されるため、任意の液晶ディスプレイパネルを利用できるが、観察される視差映像の解像度は液晶ディスプレイパネルの解像度で決定される。図6に観察される視差映像を示す。1/2 波長板のピッチ幅は 2.6mm であるが、2 画面表示により左眼、右眼用映像の全域表示が実現されているため、ピッチ間隔の影響を受けることなく、高解像度表示できていることが確認できる。

4. む す び

2 枚の映像表示装置を用いることにより、偏光方向が直交する左眼、右眼用映像を提示する表示装置、およびこの映像表示装置を使用した薄型の偏光パララックスバリア方

図5 液晶セルによる偏光制御特性
Characteristics of the polarization.

(a) 左眼位置での観察映像

(b) 右眼位置での観察映像

図6 偏光パララックスバリアを通して分離された映像

Observed image through the parallax polarizer barrier.

式立体ディスプレイについて述べた。本報告の映像提示法を採用することで、映像の投影が不要になったことにより、偏光パララックスバリアによる、高解像度立体表示装置の薄型化を実現できた。

今後は、LED を用いた大画面映像表示装置による立体映像空間の構築、仮想空間内のオブジェクトへの操作の実現等、3D ワークスペースシステムの機能拡張などについて検討を行う予定である。

〔文 献〕

- 1) 大越孝敬：“3次元画像工学”，朝倉書店（1991）
- 2) 泉武博監修：“3次元映像の基礎”，オーム社（1995）
- 3) 谷千束編著：“高臨場感ディスプレイ”，共立出版（2001）
- 4) 阪本邦夫，木村理恵子：“3D ワークスペース構築のためのシースルー立体表示ビューア”，映情学誌，58，7，pp.999 - 1001（2004）
- 5) H.Isono, M.Yasuda and H.Sasazawa: “Autostereoscopic 3D LCD Display using LCD generated Parallax Barrier”, 12th Int. Display Research Conf., Japan, Display'92, pp.303-306（1992）.

さかもと くにお
阪本 邦夫 1994 年，姫路工業大学工学部電子工学科卒業。1999 年，大阪市立大学大学院工学研究科電気工学専攻後期博士課程修了。同年，秋田県立大学システム科学技術学部助手。2002 年，鳥根大学総合理工学部助教授。仮想環境システム，画像計測，画像処理，ネットワーク映像メディア，3 次元画像表示の研究に従事。博士（工学）。正会員。

きむら りまこ
木村理恵子 2003 年，鳥根大学総合理工学部数理・情報システム学科卒業。現在，同大学院総合理工学研究科数理・情報システム専攻博士前期課程において，仮想空間におけるインタラクションに関する研究に従事。