

偏光パララックスバリア方式3Dディスプレイ 3D Display Using a Parallax Polarizer Barrier

阪本 邦夫†
Kunio Sakamoto

木村 理恵子†
Rieko Kimura

高木 美和†
Miwa Takaki

1. まえがき

パララックスバリア方式の立体表示方法は、左右の視差画像の分離を行うバリアをガラス基板へストライプ状の吸収膜を形成することにより作製でき、薄型かつ表示面が平らな表示装置を実現できるため、メガネなし立体ディスプレイとして優れた特性を有しており、メガネ無しで立体映像を観察できるうえ、多人数鑑賞も可能であるという特徴がある。しかし、この方式では観察視点位置により、左眼と右眼の映像が入れ替わる「逆視」の問題が発生する。本論文では、逆視の問題を解決するシステムとして、LED表示ディスプレイを用いた2眼式パララックスバリア方式の立体表示方法を採用し、従来のパララックスバリアによる視差画像分離の原理に改良を加え、逆視の生じない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、従来不可能であったバリア開口部を通過する視差映像光束の制御を、偏光を利用することで選択的に開口を通過させることが可能[1]になり、逆視が生じないように左右画像の観察位置を自由に設計できる立体映像システムである。

2. パララックスバリア方式の原理と逆視問題

パララックスバリア方式は図1に示すように、ストライプ状の左右の眼に対応する画像の前に配置したスリット状の遮光マスクを通してこの画像を分離して観察する方法である。この遮光マスクの位置、スリット幅、バリアのピッチはストライプ状の画像の幅によって変わる。水平画素ピッチを P_L 、観察者の眼間距離を E 、観察距離を Z_E とすると、パララックスバリアの幅 P_B と設置位置 Z_B は幾何学的に決定され、それぞれ $P_B = P_L E / (E + P_L)$ 、 $Z_B = P_L Z_E / (E + P_L)$ と求められる。このようなパララックスバリア方式では、図2(a)に示すように、眼間距離 E ごとに左眼用画像、右眼用画像の観察位置が交互に現れる。そのため、観察者の視点位置によっては、左(右)眼用画像を右(左)眼で観察する場合があるため、左眼と右眼の映像が入れ替わる「逆視」の問題が発生する。この逆視の問題を解決する方法として、パララックスバリアにより3眼式の立体表示を行い、このうち1つの観察位置で何も映像が観察されないように、左眼・右眼の画素対の間に黒画素を設けることで、正立体視領域のみ構成する方法や、ヘッドトラッキング機能を利用して、逆視領域では左右の映像を逆に表示することで、逆視を防止する方法が用いられている。

3. 不可視領域を利用した逆視防止

3.1 偏光バリアによる不可視領域の生成

図2(a)に示す2眼式立体表示において、左(右)眼の映像観察位置が1つおきに可視領域と不可視領域が

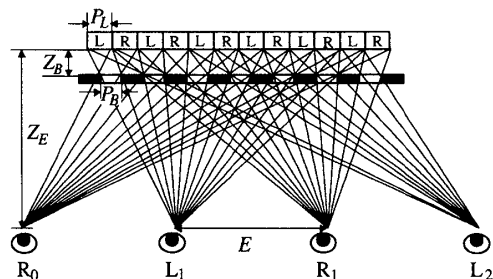
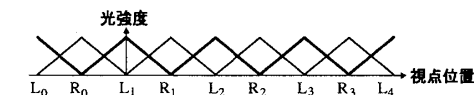
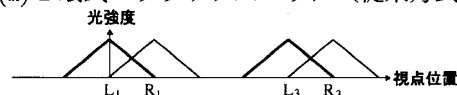


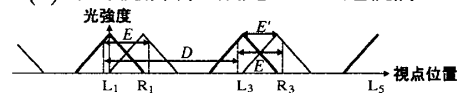
図1: パララックスバリア方式立体ディスプレイ



(a) 2眼式パララックスバリア (従来方式)



(b) 不可視領域の設定による逆視防止



(c) 映像観察位置の調整による逆視防止

図2: 遮光バリアによる光強度変化

入れ替わるように、 $L(R)_0$, $L(R)_2$, $L(R)_4$ を不可視領域に設定すれば、図2(b)に示すように、左(右)眼用画像を右(左)眼で観察する場合が生じないため、逆視を防止することができる。2眼式立体表示において、図2(b)に示す観察領域とするため、図3に示すような偏光を利用したパララックスバリアを構成する。図3において、画素 $L(R)_a$ は開口部 a を通過して観察位置 $L(R)_1$ に到達する光束を生成する。この画素 $L(R)_a$ は、通常の2眼式立体表示においては開口部 b も通過するため、観察位置 $L(R)_0$, $L(R)_2$ などにおいても映像の観察が可能になる。開口部 b を塞ぐことにより、 $L(R)_0$, $L(R)_2$ などを不可視領域とすることができるが、同時に開口部 b を通過する画素 $L(R)_b$ の光束も遮光することになるため、1つの視差画像表示に利用できる画素が $1/2$ になり、解像度が劣化することになる。そこで、偏光の方向により光の透過、不透過の選択性を有する偏光フィルタを利用してパララックスバリアを構成する。したがって、画素 $L_{a(b)}$, $R_{a(b)}$ と開口部 $a(b)$ で、同じ偏光方向となるように図3に示すような遮光バリアを構成すると、画素 $L_{a(b)}$, $R_{a(b)}$ は開口部 $a(b)$ のみを通過して、観察位置

†島根大学 総合理工学部, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

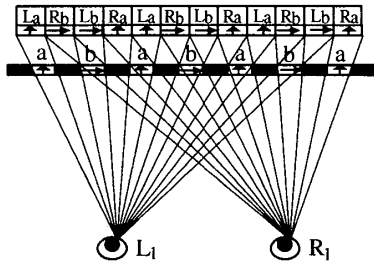


図3: 不可視領域を利用した逆視防止

$L(R)_1$ に到達する光束のみ生成され、 $L(R)_0$, $L(R)_2$ などに到達する光束は生成されないため、 $L(R)_0$, $L(R)_2$ などを不可視領域とすることができ、2眼式立体表示と同等の解像度で多人数鑑賞可能な逆視領域のない立体表示を実現できる。

3.2 映像観察位置間隔の調整

3.1節で述べた不可視領域を設けることによる逆視防止の方法では、図2(b)に示すように左(右)眼の映像観察位置間隔は、眼間距離 E の4倍になっている。3眼式立体表示を利用して逆視防止が実現できるため、この観察位置間隔が図2(c)に示すように眼間距離 E の3倍以上であれば、2眼式立体表示において逆視を防止することができる。

偏光バリアを用いて不可視領域を生成する場合、左(右)眼映像観察位置の間隔 D は $D = 4E$ であるが、 $E' \geq 3/4E$ となる眼間距離 E' を想定して、パララックスバリアを設計すれば、間隔 D を眼間距離 E の3倍以上になるように自由に設計することができる。この場合、水平画素ピッチを P_L 、観察距離を Z_E とすれば、バリア幅 P_B と設置位置 Z_B は、それぞれ $P_B = P_L E' / (E' + P_L)$ 、 $Z_B = P_L Z_E / (E' + P_L)$ となる。一般に、眼間距離 E' で設計したパララックスバリアでは、異なる眼間距離で映像の観察を行うと、左(右)眼用の視差映像とともに右(左)眼用の視差映像が同時観察されるクロストーク領域に観察視点位置が入ってしまうが、偏光バリアを用いて $L(R)_0$, $L(R)_2$ などの不可視領域を生成する本方式では、 $E > E'$ と設計すれば、クロストークが生じることなく立体視が行えるため、光量(画面の明るさ)は暗くなるが、眼間距離 E より小さい値 E' を用いてパララックスバリアを設計することにより、3.1節で述べた場合に比べ、同面積の空間内に逆視の生じない立体視領域を多く配置することが可能になり、立体映像の観察可能な人数を増やすことができる。

4. 逆視領域のない立体映像表示装置の試作

図4は、映像表示装置にローム社製のLEDマトリクス表示器LM-1215を用い、パララックスバリアにより分離された映像を撮影したものである。LED画素の間隔 P_L は2.0mm、解像度は横48×縦32画素である。3章で述べた逆視防止のためのパララックスバリアのいずれを使用しても、観察される映像は同じで、解像度は2眼式立体視の場合と同等である。3.1節で述べた不可視領域を利用した逆視防止を実現するパララックスバリア

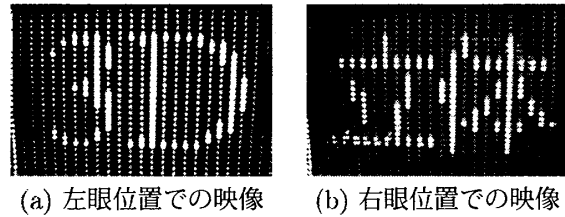


図4: パララックスバリアを通して分離された映像

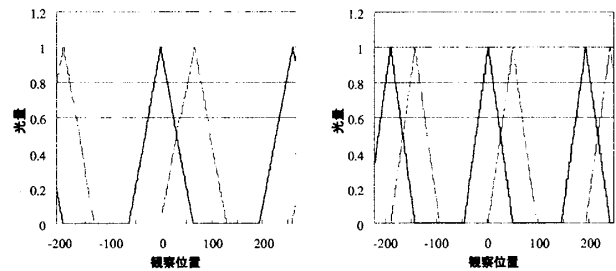


図5: パララックスバリアによる光強度変化

アは、バリア幅を $P_B = 1.94(\text{mm})$ と設定して設計した。図5(a)は、この遮光バリアを利用した場合の、設計観察距離 $Z_E = 335(\text{mm})$ での水平方向への移動に対する左(右)眼用映像の光量変化を示したものである。また図5(b)は、3.2節で述べた観察位置調整により不可視領域を縮小したパララックスバリアを使用した場合の光量変化を示したものであり、遮光バリアはバリア幅 $P_B = 1.92(\text{mm})$ 、設計観察距離 $Z_E = 335(\text{mm})$ 、仮想眼間距離 $E' = 48(\text{mm})$ として設計した。いずれの逆視防止の方法でも、偏光を利用することにより不可視領域が形成されており、左(右)眼用画像を右(左)眼で観察する場合が生じないことを確認できた。

5. まとめ

2眼式パララックスバリア方式立体表示を基盤とし、偏光を利用した遮光バリアを構成することで、2眼式立体映像の画像解像度を維持したまま、多人数鑑賞可能な逆視領域のない立体映像表示装置を構築できることを確認した。試作したディスプレイでは、偏光フィルタを短冊状に貼りあわせて遮光バリアを構成しており、構造が不細工なものとなっている。しかし、ベクトグラフに使用する光学フィルムを用いて、任意のストライプ幅の偏光フィルタを印刷技術により工業的に作製が可能であるため、従来の遮光バリアの代わりに本報告で述べた逆視防止の遮光バリアを使用することで、左(右)眼用画像を右(左)眼で観察することのない立体映像の提示を容易に実現できると考えている。

参考文献

- [1] 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”, 映像学誌, 58, 7, pp.999 - 1001 (2004)