

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

機関番号：13102

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2010～2012

課題番号：22680010

研究課題名（和文） 表示性能の飛躍的向上を図る光線集中型 3D ディスプレイの研究

研究課題名（英文） Study of light ray concentrated 3D display to dramatically improve image qualities

研究代表者

圓道 知博 (YENDO TOMOHIRO)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：70397470

研究成果の概要（和文）：電子ホログラフィやインテグラル式に代表される空間像方式の立体映像は、将来の立体映像技術の本命と目されているが、現在の技術水準を大きく上回る膨大な画素数の表示デバイスを必要とするため、実用レベルに達するには新たなブレークスルーが必要である。本研究では、必要な光線のみを選択的に出力するという新たな着想による 3D 表示技術を提唱し、その実現法の一つとしてレンチキュラーレンズと指向性バックライトによる基本原理を実証した。

研究成果の概要（英文）：The spatial imaging schemes of three dimensional display such as electro-holography and integral imaging are thought as the most promising. However these schemes require display device which has huge number of pixels far above current level of technologies, a breakthrough is necessary to be in practical use. In this study, we proposed new technique that limited number of rays are shot out from 3D display, and confirmed principles of the technique by using lenticular sheets and directional backlights as one of the practical implementations.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2011 年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2012 年度	9,300,000	2,790,000	12,090,000
年度			
年度			
総計	19,000,000	5,700,000	24,700,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：バーチャルリアリティ、3次元ディスプレイ

## 1. 研究開始当初の背景

2010 年は我が国のマスコミによれば 3D 元年とも報じられ、家電メーカ各社が立体テレビを発売するなど商業化へ向けて活発な動きが見られた。これらの立体表示技術の主流は 2 眼式と呼ばれる方式であり、これは左右両眼に「視差のある 2 枚の画像を見せる」という考え方に基づいている。情報としては

わずか 2 系統の 2 次元動画像だけで手軽に立体感が得られる反面、立体視用メガネの装着が必要である、頭を動かしても見え方が変化しない不自然な見え方を生じるなど、視聴者の負荷や不自然さの面で問題を抱えている。

一方「3 次元的な光学像そのものを再現する」という考え方に基づく空間像方式は、上

記の問題を解決しており、将来の立体映像技術の本命とされる。「空間像方式」とは像形成の考え方に基づく立体表示技術の総称であり、具体的な方式には光の干渉・回折を利用した電子ホログラフィや、インテグラル式をはじめとする光線再現方式などがある。しかし、現状の空間像方式は解像度や視域の広さなどに大きな問題がある。その理由は、同方式が現在の技術水準を大幅に上回る膨大な画素数の表示デバイスや信号帯域を必要とするためである。電子ホログラフィでは光の干渉縞を表示するために可視光の波長オーダーの解像度が必要となる。インテグラル式では4次元の光線情報を2次元の表示デバイスに展開して表示するために膨大な画素数が必要とされるが、その数は現在の技術水準より3-4桁多いとされている。つまり、デバイス技術自体の進歩だけでは実現は困難であり、立体表示方式自体に新たなブレークスルーが必要とされる。

## 2. 研究の目的

まず「ディスプレイ画面から射出される光線のほとんどは無駄になる」という事実を指摘する。ディスプレイから射出された光線は、視聴者の目に入って初めて映像として知覚される。瞳に入射しなかった光線は最終的には熱となるだけで全くの無駄である。人間の瞳孔は最大でも直径約8mmであり、頭部の投影面積と比べても両眼分の瞳孔が占める割合は1/500程度しかない。仮に狭い部屋に多数の視聴者がいる場合であっても、ディスプレイが放射する光線全体に対して瞳孔に入射する光線の割合は極めて少ないことがわかる。そしてこれは単なるエネルギーの無駄に留まらない。空間像ディスプレイの場合、様々な方向に射出する光線1本1本すべての輝度/色を変調するため膨大な数の画素を用いているが、そのほとんどは無駄な光線のために使われている。もし初めから瞳孔に入射する光線のみを射出することができれば表示デバイスの利用効率は大幅に向上する。そしてその分を瞳孔に入射する「見える」光線に投入することによって立体映像の品質を大幅に向上させることが可能となる。

## 3. 研究の方法

本研究では、フラットパネルディスプレイとレンチキュラーレンズの組み合わせによる多視点ディスプレイに指向性バックライトを適用することで、高密度の光線を限られた範囲に照射するディスプレイ構成を考案し、シミュレーションと実験によってこの原理を確認した。

## 4. 研究成果

### (1) 提案手法の原理

本節では提案手法の全体図および、各部の原理を説明する。ディスプレイの全体構成を図1に示す。全体構成は大きく画像表示部とバックライト部に分けられる。

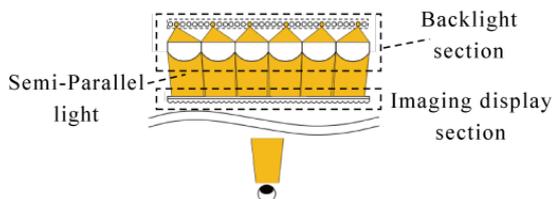


図1 提案するディスプレイの構成

### ① 画像表示部

画像表示部は液晶およびレンチキュラーレンズで構成される。視域を瞳孔付近のごく狭い範囲に限定することで、細かな光線の再現をしつつ、必要な画素数を抑えることが出来る。本研究では視域角の狭い、すなわち、焦点距離の長いレンチキュラーレンズを使うことでこれを実現する。図2にレンズの視域角と画素ピッチの関係を表した図を示す。

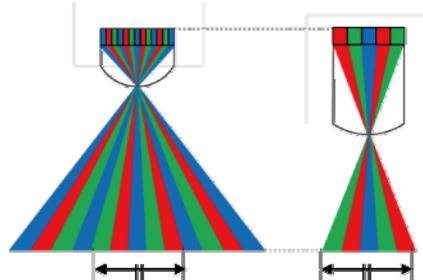


図2 視域角による画素ピッチの違い

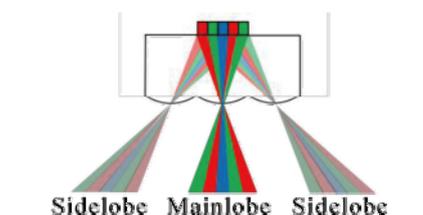


図3 メインローブとサイドローブ

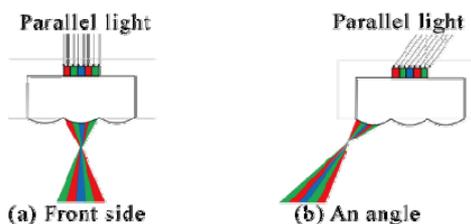


図4 入射光が平行光の場合

しかし、視域角が狭いと観測者の瞳孔を辿る必要がある。また、レンチキュラーレンズを使用することにより、図3のように意図していない領域にサイドローブ(画像の繰り返し)が発生して、一方の目の光線がもう一方にも入射してしまう。これらの問題は、

液晶のバックライトを平行光にすることで解決することが出来る。図4の場合、レンズに平行光を照射すると、光線は一つのレンズにのみ入り、狙った部分のみを照らすことが出来る。また、平行光はレンズの焦点面に点光源を置くことで作ることが出来る。平行光は点光源の位置を焦点面に対して動かすことで向きを変えられるので、視点を追従することが出来る。さらに、この特性を利用し、液晶およびバックライトを時分割制御して観察者の瞳孔に交互に光線を照射する。

## ② バックライト構成

提案法では小型化のためと、光線を瞳孔に集中させるために、バックライトを複数のシリンドリカルレンズ及びLEDアレイを用いて構成する。しかし、レンズ一つにつきLEDを一つ点灯させると、LEDの光線が対応するレンズ以外のレンズにも入射し、サイドローブの原因となる。一方、レンズ一個ごとに仕切りを入れればサイドローブは抑えられるが、LEDの切り替えに制約が出来てしまい、視点の追従範囲が狭くなってしまう。F値が小さいレンズを用いれば、この条件でも広い範囲で観察者の瞳孔を追従できるが、像面湾曲の影響が大きくなるので、これを用いるのは現実的でない。これらの問題を改善するために、シャッターを用いた時分割方式を提案する。

図5のようにLEDのON、OFFとシャッターの位置を高速に切り替えることで隣のレンズにLEDの光が入らなくなり、サイドローブが低減できる。また、偏光板と1/2波長板を用いて同様の作用をするものも構成できる。

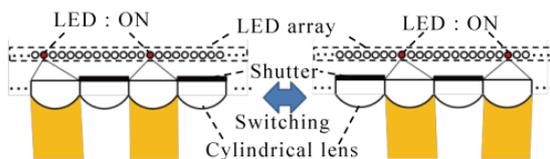


図5 バックライト時分割方式

## (2) シミュレーション

提案したディスプレイの有効性を確かめるためにシミュレーションを行った。

### ①シミュレーション条件

シミュレーションの着眼点は以下の通りである。

- ・設定した視域内で観察した際、各視点に応じた画像が観察できるか
  - ・視域外ではサイドローブが消えているか
  - ・観察角を変えても(平行光の出射方向を変えても)上記の二つが実現できているか
- 入力画像には視点により異なる画像が観察出来ているかを確認できるものを作成した。

図6にシミュレーション時のディスプレ

イ、カメラの位置関係や、ディスプレイの内部構成を表した図を示す。図6(a)のようにカメラをディスプレイに対して平行に動かす。今回は有限視距離での観察として、視距離を0.5[m]及び、1.0[m]とした。

表1にディスプレイの仕様を示す。シミュレーション時は表1中の視点数:9及び、視域間隔:0.33[deg]より、視域(3[deg])内で9つの異なる画像が観察できればよい。図7に視域と観察位置の関係図を示す。

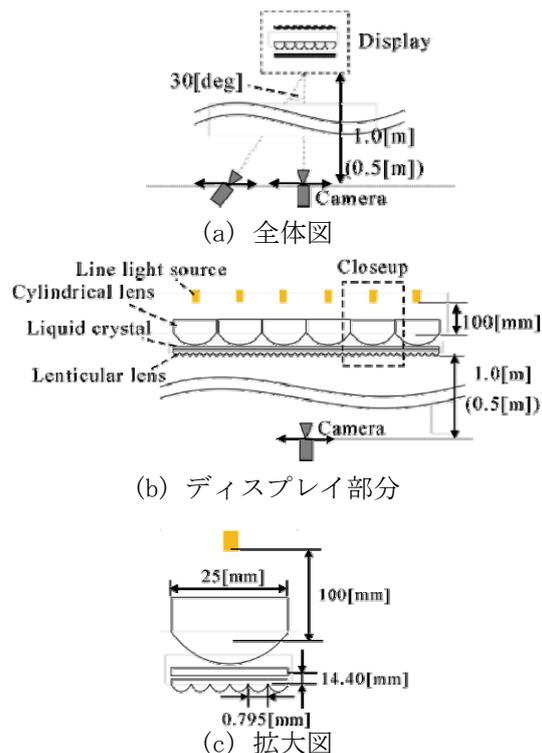


図6 シミュレーション条件

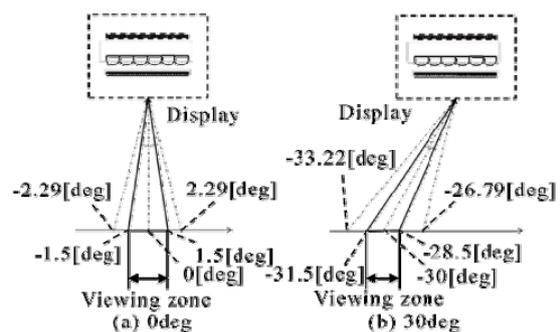


図7 視域と観察位置の関係図

表1 ディスプレイ仕様

3D Resolution	640×360
Screen Size[mm×mm]	508.8×286.2
Number of Views	9
Interval of Viewpoints[deg]	0.33

## ②シミュレーション結果

正面付近(0[deg])から観察した場合のシミュレーション結果では、カメラの位置に応じて異なる画像が観察できており、各視点に対応する画像が確認できた。提案法では視域外での画像は十分に抑制されたのに対し、比較のため従来のレンチキュラー方式と同様に拡散光で照明した場合はサイドローブに対応する画像の繰り返しを観察された。これによって指向性照明の有効性が確認された。

30[deg]付近から観察した場合では、拡散光照明の場合は複数視点の画像が重なって観察された。これはレンチキュラーレンズの像面湾曲の効果によるものと考えられる。提案法である指向性照明を用いた場合は、この重なりが軽減された。

## (3)実験

シミュレーションによって提案法の有効性が認められたので、実際に光学系を試作し、実験による評価を行った。

### ①実験装置の構成

ディスプレイパネルとして Samsung 社製のディスプレイ : S23A700(画素ピッチ : 0.2655[mm])を分解して使用した。レンチキュラーレンズはディスプレイパネルと組み合わせて表1の仕様となるパラメータのものを製作して用いた。バックライトの機構は、シリンダカルレンズとLEDによって構成した。今回は製作の都合上、シリンダカルレンズとLEDそれぞれ2個ずつで実験を行った。シリンダカルレンズの大きさは1つあたり25[mm]×50[mm]で、ディスプレイの表示領域は50[mm]×50[mm]となる。また、垂直方向の拡散板をシリンダカルレンズホルダーの前面に配置し、垂直方向の視域を確保した。観察画像の撮影は、USB接続のビデオカメラ(PointGrey Research製 Flea3)を自動X軸ステージによって移動させながら撮影を行った。

### ②実験条件

シミュレーションと同様に、光線の射出方向を正面及び斜め30[deg]とし、その付近でカメラを動かして表示画像の見え方を撮影した。今回、照明光の射出方向の切り替えはレンズとLEDの組を液晶を中心に回転させることによって行った。

### ③実験結果

正面付近で観察した場合はカメラの位置に応じた視点画像が確認された。また視域外での画像も低減されており、提案法の有効性を示すことが出来たと言える。また、視差ピッチを実測したところ、約2.91[mm]となり、設計値とほぼ同じ値を得ることが出来た。

30[deg]付近で観察した場合はシミュレーション結果と同様に、各視点の画像が複数同時に観察された。これは、レンチキュラーレンズの像面湾曲の影響によりレンズの見かけの焦点距離が変わり、それによって各光線の方向が設計からずれたためと推測された。そこで、焦点がどれほどずれているのかをシミュレーションによって解析し、そのずれを考慮して入力画像を補正することで画像の重なりが低減できることが確認された。

## (4)まとめ

以上、本研究では瞳孔付近に限られた範囲に高密度の光線を提示することによって表示性能の飛躍的向上を目指すという新たな着想に基づき、これを実現するディスプレイの構造を提案した。さらにシミュレーション及び実験によってその原理確認と評価を行った。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① Yuki Adachi, Tomohiro Yendo, "A method of reducing number of pixels on display device for multi view display," Proceedings of SPIE Vol. 8648, 86481Q, DOI: 10.1117/12.2003660, 2013 (Feb 2013)

[学会発表] (計4件)

① 安達祐樹, 圓道知博: "瞳孔追跡式超多眼立体ディスプレイの検討", 電子情報通信学会信越支部大会平成24年講演論文集, p. 77, 2012(2012年10月13日).

② 安達祐樹, 圓道知博: "指向性バックライトを用いた視点追従型超多眼ディスプレイの検討", 3次元画像コンファレンス2012講演論文集, pp. 196-199, 2012(2012年7月13日).

③ 安達祐樹, 圓道知博: "視点追従型光線再現ディスプレイの検討", 映像情報メディア学会技術報告 Vol. 36, No. 9, pp. 119-124, 2012(2012年2月20日).

④ Yuki Adachi, Tomohiro Yendo, "An Integral Imaging Display with Viewpoint Tracking," Proceedings of The 2012 International Workshop on Advanced Image Technology, pp. 774-779, 2012 (Jan 2012)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

圓道 知博 (YENDO TOMOHIRO)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号 : 70397470