

# 広視野角なレンズアレイの提案による箱形立体ディスプレイの検討

ロペス・グリベール ロベルト<sup>†,††</sup> 吉田 俊介<sup>†,††</sup>  
矢野 澄男<sup>†,††</sup> 井ノ上 直己<sup>†,††</sup>

## Towards Wide Field of View Lens Array for a Box-shaped 3D Display

ROBERTO LOPEZ-GULLIVER,<sup>†,††</sup> SHUNSUKE YOSHIDA,<sup>†,††</sup>  
SUMIO YANO<sup>†,††</sup> and NAOMI INOUE<sup>†,††</sup>

### 1. はじめに

より自然な人と人とのコミュニケーションのためには、五感に根ざしたマルチモーダルな情報提示デバイスの研究が必要である。例えば対面での協調作業を考えた場合、身体動作によってデジタルな情報を手を持ちたり、直接手渡すかのような手段を取り入れることによって、参加者同士の議論を促すことも可能であろう<sup>1)</sup>。

我々はそのようなデジタルな情報と人とのコミュニケーションツールとして、立体映像を手を持ち粗い触覚を得つつ、複数の人と同時に映像を共有できる、箱形の立体ディスプレイを提案している(図1)<sup>2)</sup>。本ディスプレイでは、複数人での裸眼立体視の手段として、インテグラルフォトグラフィ(IP)<sup>3)</sup>の原理を応用する。IPに関する研究は、これまでも撮影手法、画像生成、画質の検討など様々なものが報告されている<sup>4)</sup>。しかしながら、既存のIPはテレビの視聴のような正面からの観察を想定しており、本ディスプレイのような画像提示面を直角に組み合わせ、複数の面を同時に観察する状態では視野角が不足し、像を観察できない<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、本ディスプレイにて必要なレンズアレイの条件を検討し、120度の広視野角を達成するレンズアレイを試作したので報告する。



図1 箱形立体ディスプレイの利用風景  
Fig.1 Overview of box-shaped 3D display

### 2. 複数面同時観察のためのレンズ設計

#### 2.1 レンズ視野角の必要条件

箱形ディスプレイをあらゆる方向から観察することを想定すると、各レンズは図2に示す角度 $2\theta$ の範囲に最低限光線を配分できなければならない。ここで、最も条件の厳しくなるのは3面を同時に観察するような場合である。すなわち、観察距離を $D$ とし、視点 $\vec{e} = D/\sqrt{3}(1, 1, 1)$ からの観察を考える。1面の大きさを $B$ 、上面 $F$ の中心を $\vec{c} = (0, 0, B/2)$ 、法線ベクトルを $\vec{n} = (0, 0, 1)$ として、 $\vec{v} = \vec{e} - \vec{c}$ とすると、 $\theta$ は $\vec{v}$ と $\vec{n}$ が作る角度となる。ここで、 $D=400\text{mm}$ 、 $B=72\text{mm}$ と置くと、 $\theta$ は59.2度となる。

一般的なIPで用いられるレンズアレイ(以下、IPレンズ)は、複数の平凸レンズを平面方向に間隔 $p$ で並べたものと見なすことができる。このとき、 $p$ とレンズの視野角 $2\theta$ および焦点距離 $f$ には、図2のように $p/2 = f \tan \theta$ の関係が成り立つ。また、レンズの屈折率 $n$ は、レンズの曲率半径 $r$ と $f$ とを用いて、 $n = r/f + 1$ と表される。ここで、 $r$ は $p/2$ 以上でなければならないことに注意すると、 $n = p/(2f) + 1 = \tan \theta + 1$ となり、 $\theta=60$ 度の時、 $n$ は2.7となる。一

† 情報通信研究機構 ユニバーサルメディア研究センター  
NICT, Universal Media Research Center

†† ATR 認知情報科学研究所  
ATR, Cognitive Information Science Laboratories

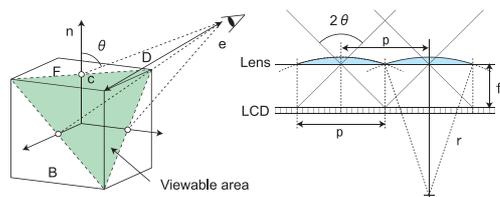


図 2 各レンズに要求される視野角

Fig. 2 Field of view requirements for lens

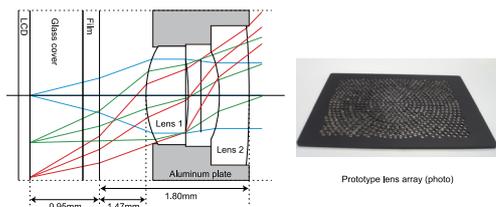


図 3 試作したレンズアレイ

Fig. 3 Prototype of our lens array

一般的な光学ガラスの屈折率は 1.5 ~ 1.7 程度であるため、既存の IP レンズでは箱形ディスプレイが実現できないことが、上記の式よりもわかる。

### 2.2 提案するレンズアレイ

そこで本研究では、2 枚のレンズを上下に組み合わせ、120 度程度の広視野角な IP レンズの実現を試みる。

2 枚のレンズの組は、図 3 の断面図のように向かって左側から LCD、両凸レンズ、凸凹レンズの順に配置される。レンズの組は、黒色に塗装された 1.8mm 厚のアルミプレートの基盤に開けられた穴に設置される。穴の径は、下段のレンズが配置される狭小部が 2.0mm であり、上段のレンズが配置される部分はそれより広く設けられる。穴は極力レンズ間の隙間がなくなるように、同心円状に並べられる。また、各々のレンズの間隔は、実験で用いる LCD の 20 画素分の幅である 2.25mm を基準とした。レンズの焦点距離等のパラメータは、LCD のガラス厚などを考慮して、像が見えやすくなるよう最適化して算出した。

### 3. 試作レンズによる立体映像

実際に試作したレンズを用いて立体映像を提示した例を図 4 に示す。ここで用いた IP 画像は、Halle が提案したアルゴリズム<sup>5)</sup>を基に拡張し、OpenGL にて描画されたものである。各々のレンズの要素画像は、レンズの主点に配置された仮想的な視野角 120 度のカメラでシーンをレンダリングしたものであり、全レンズの要素画像を適切な位置に配置して最終的な 1 枚の IP 画像を合成する。用意したシーンは左側は円錐と円環を重ね、右側に球を配置したものである。表示には



図 4 表示結果

Fig. 4 Displaying results

3.5 インチの LCD(640×RGB×480 画素)を用いた。

図 4 は IP レンズを 3 方向から観察した結果である。中央の画像は IP レンズ面に対して鉛直上の正面から、左右の画像は正面からそれぞれ水平方向に ± 60 度に傾けて、IP レンズ中央付近にデジタルカメラを向けて撮影した。なお、カメラと IP レンズの距離は 400mm とした。これより、円錐や球の表示位置が変化していることが確認できるため、視差が表現されていることがわかる。実際には上下方向にも視差は表現されている。また、± 60 度の範囲で観察可能であることから、本研究の目的である複数の表示面で構成される箱形ディスプレイに適用可能である。

なお、本作製手法で生じるレンズのない領域は、観察時に黒い影として見え、画質の低下につながっている。色モアレなどを含めた画質の対策は今後の課題である。また、今回実現した 120 度の広視野角 IP レンズでは、3 面同時観察時に一部内部の像が欠けて見えてしまう。この解決には文献 2) で示したような最適な条件を満たすレンズ設計などが必要である。

### 4. おわりに

手に持てる大きさの箱形立体ディスプレイの実現に必要な、複数面の同時観察を可能とする IP レンズの検討と試作をし、実験により 120 度の視野角を確認した。今後の課題としては、画質の向上などに加え、実際に箱形立体ディスプレイを作製し、具体的なインタラクシオン手法を提案していくことが挙げられる。

### 参考文献

- 1) ロペスら: グループウェア...SenSeWeb の評価事例, HI 学会, 8(1), 49-58 (2006).
- 2) 吉田ら: 複数人で観察可能な箱形立体ディスプレイの検討, VR 学会 12 回大会, 2C2-4 (2007).
- 3) Lippman: Epreuves reversibles donnant la sensation du relief, *J. De Physique*, 7, 821-825 (1908).
- 4) Arai et. al.: Microlens arrays for integral imaging system, *Appl. Opt.*, 45, 9066-9078 (2006).
- 5) Halle: Multiple viewpoint rendering, *SIG-GRAPH '98*, 243-254 (1998).