

複数人で観察可能な箱形立体ディスプレイの検討

A Study of a Box-shaped 3D Display for Multi-user Environments

吉田俊介¹⁾²⁾, ロベルト ロペス・グリベール¹⁾²⁾, 井ノ上直己¹⁾²⁾

Shunsuke YOSHIDA, Roberto LOPEZ-GULLIVER and Naomi INOUE

1) 情報通信研究機構 ユニバーサルメディア研究センター, 2) ATR 認知情報科学研究所
(〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2-2-2 {shun, gulliver, na-inoue}@nict.go.jp)

Abstract : In ultra-realistic communication environments, natural human-object interactions and information sharing among people should be achieved. In this paper, we propose a small box-shaped 3D display as a communication tool for such environments, especially, face-to-face communications or tabletop tasks within a reachable area. A box-shaped 3D display which employs an ordinary lens array of the integral photography method for each surface is not able to construct a 3D image straddling two or three surfaces. First, we studied the required specifications of lenses for such box-shaped 3D display. Then, we examined its possibility to be observed from arbitrary directions based on simulation results.

Key Words: 3D display, autostereoscopic display, integral photography, collaborative work

1. はじめに

自然でリアルなコミュニケーションのためには、見る、聞く、触れる、香るといった、多感覚情報を伝達する基盤技術の研究開発が必要となる [1] .

対面や机上作業のような、ユーザらの手の届く範囲程度でのコミュニケーションをコンピュータによって支援することを考えた場合、手元で自然に情報をやりとりできるデバイスの利用が考えられる。例えば、組み合わせ自由な手に持てる小型の入力デバイスは、直観的な情報へのアクセスを可能とし、触覚を用いた形状の理解が可能になる [2] . また小型の映像ディスプレイは、実物体との隠蔽関係が表現しやすい、輻輳調節矛盾の緩和が期待できる、直観的に手で映像を操作できるなどの視触覚の融合がしやすいなどが指摘されている [3] .

本研究では、そのような臨場感を含めたコミュニケーションに必要な要素技術として、粗い立体形状を知覚でき、複数人で同時に立体映像を観察可能な箱形の小型ディスプレイの検討に関する報告を行う (図 1) .



図 1: 箱形立体ディスプレイの利用風景例

2. 手元コミュニケーションのための立体映像

2.1 既存の立体ディスプレイ

立体映像を提示する手法は、ボリュームディスプレイと立体視ディスプレイに大別される。

前者は空間中に何らかの方法で映像を投影する方式であり、高速に回転する板に映像を投影する手法などがある。複数人での同時観察が可能であるが、比較的大がかりな投影系や機械的構造を要するものが多い。

後者は視体積 (視点を頂点とし画像提示面を断面に持つ錐体) に含まれる物体を画像提示面に射影し、その面を通じて見えるであろう画像を両眼に適切に提示する手段を備えることで立体視させる方式である。インテグラル・フォトグラフィ (IP) は、裸眼で立体像を観察可能な技術のひとつである [4] . IP では光線制御子として凸レンズを画像提示面の上に配列し、各レンズの下に立体像を再現する適切な要素画像を提示する。凸レンズの焦点距離に置かれた要素画像の各画素から発する光は、上面のレンズの効果により特定の方向にのみ向かうように放射される。画像提示面に配列されたレンズアレイは有機的に作用して離散的な光線の空間を作るため、任意視点からの視体積に応じた光線状態が再現される。これらの立体視ディスプレイは、画像提示面に LCD などを用いることで小型化できるが、提示面の枠で表示が制限されるために周囲から覗き込むような観察はできず、立体物がそこにあるという感覚を得にくい。

2.2 箱形ディスプレイに必要な光線制御

そこで図 2 に示すように、バーチャル物体を表示する領域を中心が O で半径 r の球 S と考え、これを内包する立方

体 B の各面を立体視ディスプレイとして構成する際に必要な、光線制御の条件を検討する。

まず図より、座標 L のレンズが担当すべき光線の再現範囲は、 L を頂点として以下の方向 $\vec{l}$ を中心軸とした頂角 2θ の円錐となることがわかる。

$$\vec{l} = L - O, \quad \theta = \sin^{-1}(r/|\vec{l}|) \quad (1)$$

次にレンズの焦点距離 f を考えると、直径 p の画素はレンズ中心から距離 z 離れた平面 P にて z/f 倍に拡大される。これを i とすると、 i はレンズが並ぶ B の面に平行な P 上の長さであり、画素も B に平行な面上に等間隔で並ぶことに注意すると、 O を中心とした球面 E に i を射影した i' は、 E と P が接する点 Q 付近で i との差が最小になる。視点は E 上にあるとすると、両眼立体視のためには、 E 上の任意の 2 点において眼間距離 e 以下で異なる光線が提示されればよい。すなわち、 i' が最大になる線分 QO 上にあるレンズ L_1 を基準に、以下の式より f を定める。

$$f \geq p|L_1 - Q|/e \quad (2)$$

そして、 L から $\vec{l}$ の方向に 2θ の角度で光を射出するのに必要な画素数は、 f の軸と $\vec{l}$ とが作る角度を α と置いて、以下の式で表される N を越える整数として定まる。これが要素画像の一辺の画素数となる。

$$pN = f(\tan(\alpha + \theta) - \tan(\alpha - \theta)) \quad (3)$$

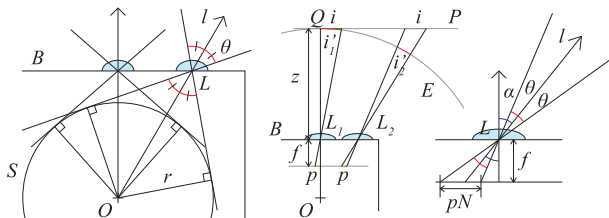


図 2: レンズに必要な機能の幾何学的な関係

2.3 シミュレーションを用いた考察

図 3 は、一般的なハエの目レンズ (光洋 #300 を例に $\vec{l}$ はレンズ面と常に鉛直な方向、 2θ は 40 度と定義) によって箱形ディスプレイを実装した場合と (上段)、検討した機能を持つレンズの場合 (下段) とで、ある視点からの像の見え方を推定したものである。緑色 (参考) に左上の図は全て緑色の状態の箇所は正しい像が見えているレンズを、赤色 (同右上は全て赤色) は光線再現範囲からはずれて像が見えない、あるいは別の視点用の像が見えているレンズの箇所を表す。なお実用的な大きさの例として、 S の半径を 30mm、 B の一边を 70mm、観察距離を 350mm とした。

図上段の一般的なレンズを用いた場合では、正面より観察した場合は立体像を観察することが可能であるのに対し、2 面あるいは 3 面を同時に観察した場合では、像を提示できないレンズばかりになることが確認された。対して図下段の検討した機能を持つレンズの場合では、バーチャル物

体を表示する球状の領域のみが適切に観察可能である。これより、検討した機能を持つレンズを用いることによって、任意の方向からの観察であっても像を提示でき、複数人での裸眼立体視が達成されると期待できる。

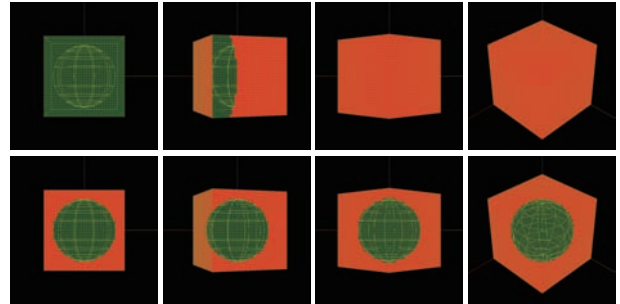


図 3: 様々な方向からの観察結果

3. 手元用箱形立体ディスプレイの応用例

検討したレンズアレイを製作して手元用の映像提示デバイスを構成することにより、ポリウムディスプレイが持つ機能に近い立体視ディスプレイを提供可能であると考えられる。手元用映像提示デバイスの例は文献 [3] でも示されているが、これは基本的にひとりのユーザを想定し、自然な立体視環境を提供することは難しい手法である。

任意方向から同時に裸眼で立体像を観察可能であれば、図 1 に示したような複数人でのコミュニケーションを、映像を交えて自然に行えるであろう。例えば、ディスプレイ面に触覚センサを配備させ、映像とのインタラクション機能を備えることにより、各々が実際に指で指し示しながら相手に意図を伝えることができ、ユーザらはディスプレイの表面で代表される粗い形状を、擬似的な立体映像の触覚として得ることもできる。あるいは、通信や放送と融合することにより、森でコビトのように立体表示された手のひらの上のガイドが指した方向の植物を説明し、それに関する質問をユーザがガイドにするとといったツアーも実現できる。

4. おわりに

複数人で自然かつ同時に観察可能な箱形の立体ディスプレイに関する検討を行い、シミュレーションを用いて算出されたレンズアレイの有用性を確認した。今後は、検討した条件を満たすレンズアレイを製作する手段を確立し、立体ディスプレイの実装を試みる。

参考文献

- [1] 総務省: 「ユニバーサル・コミュニケーション技術に関する調査研究会」の最終報告, 2005.
- [2] 伊藤ら: リアルタイム 3 次元形状モデリングとインタラクションのための双方向ユーザインタフェース Active-Cube, 情処学論, Vol.42, No.6, pp.1338-1347, 2001.
- [3] 川上ら: オブジェクト指向型ディスプレイの研究, 情処学論, Vol.40, No.6, pp.2727-2733, 1999.
- [4] Lippman: Epreuves reversibles donnant la sensation du relief, J. De Physique, Vol. 7, pp.821-825, 1908.