

多人数共有型立体ディスプレイ IllusionHole

IllusionHole: An Interactive Stereoscopic Display System for Multiple Users

正会員 北村 喜文[†], 小西 孝重^{††}, 山本 澄彦^{†††}, 正会員 岸野 文郎[†]

Yoshifumi Kitamura[†], Takashige Konishi^{††}, Sumihiko Yamamoto^{†††} and Fumio Kishino[†]

Abstract We propose a stereoscopic display system for multiple users. It allows three or more people to simultaneously observe individual stereoscopic image pairs from their own viewpoints. The system tracks the position of the user's heads and it generates distortion-free images for each user. The system consists of a normal display and a display mask with a hole in the center. The display mask is placed at a suitable distance over the display surface. By controlling the position of the image drawing area for each user according to the corresponding user's viewpoint, each user can observe the stereoscopic image pairs shown in an individual area of the display system with shutter glasses. On the other hand, no user is able to see the image drawing areas of the other users because these areas are adequately occluded by the display mask. Accordingly, the display system can simultaneously provide intelligible 3D stereoscopic images for three or more moving observers without flickering or distortion.

キーワード: 3次元, 立体画像, 立体表示装置, インタラクティブ, 運動視差, 複数ユーザ, 協調作業, ビジュアリゼーション

1. ま え が き

我々はオフィスや家庭での普段の生活の中で、一つのコンピュータ画面を複数の人と一緒に覗き込み、皆で意見を交換したり、打合せをしたりすることは多い。いくつかの応用分野では、このような状況で3次元立体ディスプレイが利用されることも多くなってきており、また今後はさらに増えてくることも予想される。

3次元情報をわかりやすく表示するための立体ディスプレイ装置は、さまざまな方式が従来より提案されてきた¹⁾。しかし、単一の固定されたディスプレイで、視点移動する3人以上の利用者に対して、フリッカと歪みがない適切な立体視を表示でき、光学的装置等に邪魔されることなく自然に立体像の位置まで手や指を伸ばすことなどができるといふ、すべての条件を満足したものは、

これまでにはなかった。

本論文では、非常に簡単な構成によってこの条件をすべて満足するディスプレイ装置 IllusionHole を提案する。

2. 複数人のためのインタラクティブな立体ディスプレイ

ディスプレイの前を移動しながら立体映像を観察するインタラクティブな立体ディスプレイでは、利用者の視点移動に応じて観察される画像を切り替えてゆく必要がある。この視点移動による見え方の変化は、運動視差と呼ばれ、人の立体認識にとって大切な手がかりとなる。複数の人が動き回りながら3次元立体映像を観察する場合、各利用者に対して運動視差を与え、同時に歪みのない適切な立体像を提示することが必要である。このためには、ホログラムディスプレイが理想的であるが、まだまだ実用化の目処はたっていない²⁾。

両眼視差を利用した一般的な立体ディスプレイでこのような機能を実現するためには、各利用者の視点位置に対応したステレオ画像を各利用者ごとに提示する必要がある。このための主な研究例としては、人数分の画像を時分割で表示する方法と、人数分の表示装置を視点位置に対応させて移動させる方法などが実現されている。

時分割表示の方法では、A, Bの2名の利用者がいる場合、A左眼画像, A右眼画像, B左眼画像, B右眼画像, ...を順次時系列的に切り替えて画面に表示し、これと同期させてA左眼, A右眼, B左眼, B右眼, ...を

2001年8月16日 SIGGRAPH 2001, および、2002年9月18日日本バーチャルリアリティ学会第7回大会で発表

2003年3月5日受付, 2003年5月26日再受付, 2003年6月23日採録

[†]大阪大学 大学院情報科学研究科

(〒565-0871 吹田市山田丘 2-1, 06-6877-5111)

^{††}大阪大学 大学院工学研究科

(現在, 凸版印刷株式会社)

^{†††}大阪大学 大学院工学研究科

(現在, 株式会社東芝)

[†]Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

(2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan)

^{††}Graduate School of Engineering, Osaka University

(currently with Toppan Printing Co., Ltd.)

^{†††}Graduate School of Engineering, Osaka University

(currently with Toshiba Co., Ltd.)

順に閉する眼鏡をかけて観察しようとするものである³⁾⁴⁾。しかし、利用者の数が増えると利用者あたりの表示周波数が減少し、立体視成立のための周波数限界を満たさなくなり、フリッカが生じてしまうという欠点がある。実際、120 Hzの周波数で表示されるディスプレイ装置の場合、2名分の左右画像を表示すると片目当り30 Hzとなるが、3名以上の場合には20 Hz以下となってフリッカが生じてしまう⁵⁾。

表示装置を移動させる研究例では、画像を投影するプロジェクタの台数を人数分用意し、利用者の視点位置の動きに応じてプロジェクタそのものを適切な位置へ動かして、各利用者にそれぞれ適切な画像を提示しようとするものである⁶⁾。しかし、プロジェクタと大掛かりな駆動装置が人数分必要である。

これらの他にも、パララックスバリア⁷⁾や鏡⁸⁾などの光学的装置を用いて、全周囲から複数人の運動視差をもった立体像を観察できるようにした例もある。しかし、装置が複雑になり、また、結像位置が光学的装置の中に置かれるため、立体像に対して直接指示することなどができない。また、全利用者に視点位置・方向を計測するトラッカを付加したHMD (Head Mounted Display) を装着させるという方法も考えられるが、利用者は複雑な光学系を持った重量物を頭に搭載しなくてはならず、自然な形で空間を共有することもできない。

3. 多人数共有型立体ディスプレイの設計

3.1 IllusionHole の原理

多人数共有型立体ディスプレイ IllusionHole は、図1(a)のように、一般のディスプレイ装置と、中央部のマスクホール以外はディスプレイを覆い隠すディスプレイマスクから構成される。ディスプレイマスクを、ディスプレイ面から適当な距離だけ離れた位置に設置することで、各利用者の視点位置に応じて、それぞれが異なるディスプレイ上の領域を観察することを可能にする。利用者の視点位置を検出し、これに応じて各利用者ごとの画像表示領域の位置と大きさを動的に計算し、この領域に両眼視差画像を用いた立体像を提示する。各利用者は、この領域をマスクホールを通して観察する。そのため、自分のための画像表示領域は観察することができるが、他人の画像表示領域はマスクに隠されるために見ることができない。これにより、単一のディスプレイで、複数の利用者の視点移動に適切に対応した歪みのない立体視を表示することができる(図1(b))。

いま、図2(a)のように設定した座標系を用いて、利用者の視点位置を $(x_{eye}, y_{eye}, z_{eye})$ 、ディスプレイ面とマスクの間の距離を D 、マスクホールを円形で半径 R とすると、画像表示領域も円形となり、その中心位置 $(x_{center}, y_{center}, z_{center})$ と半径 r は、次式で与えられる(図2(b)(c))。

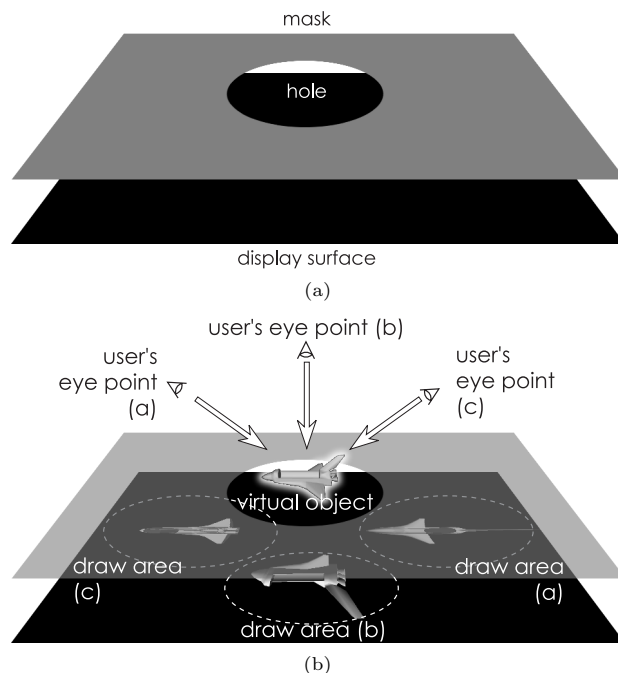


図1 多人数共有型立体ディスプレイの原理
Principle of IllusionHole

$$\begin{aligned} x_{center} &= -x_{eye} \cdot \frac{D}{z_{eye} - D} \\ y_{center} &= -y_{eye} \cdot \frac{D}{z_{eye} - D} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} z_{center} &= 0 \\ r &= R \cdot \frac{z_{eye}}{z_{eye} - D} \end{aligned} \quad (2)$$

3.2 設計パラメータ間のトレードオフ

IllusionHoleの基本設計パラメータは、ディスプレイ面のサイズ $(h \times w)$ 、ディスプレイ面とマスクの間の距離 D 、マスクホールの半径 R である。一方、IllusionHoleが満たすべき条件としては、各利用者の画像表示領域がディスプレイ表面の枠外にはみ出さないこと、これらが互いに重ならないこと、利用者の視点の高さ z_{eye} は、利用者の立位姿勢の最大値 z_{max} を越えない、といった点である。

これらの基本設計パラメータの間にはトレードオフの関係がある。例えば、ディスプレイ面とマスクの間の距離を長くすると、利用者の画像表示領域は、容易にディスプレイ表面の枠外に出やすくなってしまふ。反対に、ディスプレイ面とマスクの間の距離を短くすると、利用者の画像表示領域は、容易に重なりやすくなってしまふ。マスクホールを大きくすると大きな立体像を観察できるようになるが、利用者の画像表示領域は容易にディスプレイ表面の枠外に出やすくなり、また同時に、容易に重なりやすくなってしまふ。反対に、マスクホールを小さくすると、観察できる立体像は小さくなるが、利用者の画像表示領域は容易にはディスプレイ表面の枠外に出にくくなり、また同時に、互いに重なり合うということとは

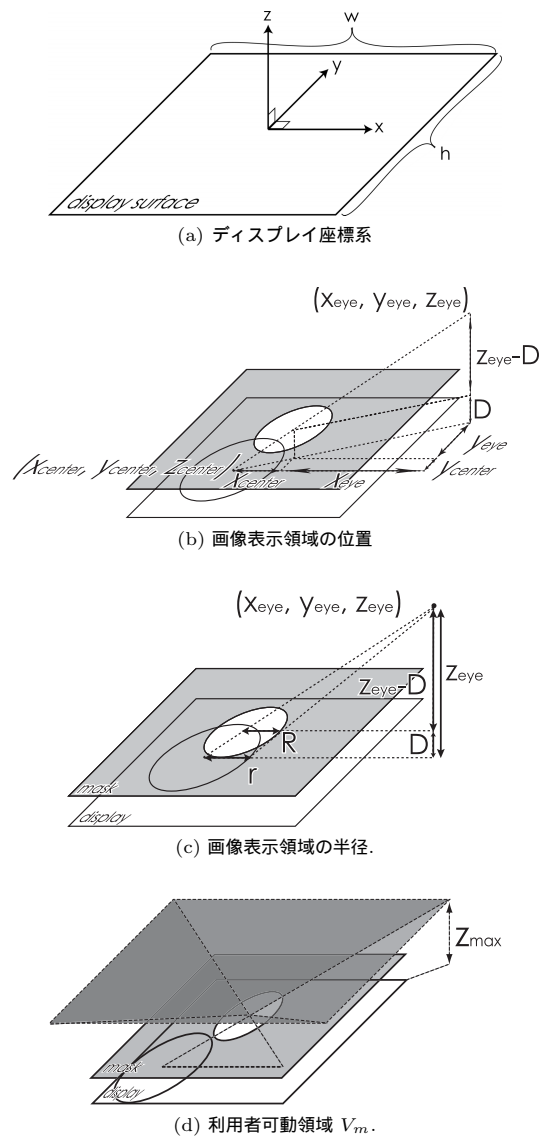


図 2 IllusionHole の幾何 Geometris of IllusionHole.

少なくなる。つまり、これらの基本設計パラメータを調整することで、次に示すように、主に四つの条件を変化させることができる。逆にいえば、これらの条件の考え方次第で、さまざまな特徴をもった IllusionHole を作るすることができる。

まず、各利用者が立体像を見ながら動き回ることができる範囲は、(3) 式の利用者可動領域 V_m で与えられる。この領域は、図 2(d) のように、利用者の画像表示領域がディスプレイ表面の枠外に出ないという条件から求めることができる。

$$V_m = \frac{(w - 2R)(h - 2R)}{3D^2} \cdot \left(z_{max} + \frac{D(3R \cdot w - R \cdot h - w \cdot h)}{(w - 2R)(h - 2R)} \right) \cdot \left(z_{max} - \frac{D \cdot h}{h - 2R} \right)^2 \quad (3)$$

図 3(a) は、ディスプレイ面とマスクの間の距離 D とマスクホール半径 R を、一方を固定して他方を変化させた時の利用者可動領域 V_m の変化を示すグラフである。固定値とする場合の各パラメータ値は、それぞれ、 $D=150$ mm, $R=200$ mm である。また、同図 (b) に、ディスプレイ面のサイズを $h:w=4:3$ とした場合の w に対する利用者可動領域 V_m の変化を示す。

隣の利用者と画像表示領域が重なることなくどれほど近づけるかという指標は、(4) 式の最近接利用者間角度 θ_{min} で与えられる。図 3(c) は、図 (a) と同様に、ディスプレイ面とマスクの間の距離 D とマスクホール半径 R を変化させた時の最近接利用者間角度 θ_{min} の変化を示すグラフである。

$$\theta_{min} = 2 \arctan \left(\frac{R \cdot z_{eye}}{-(D - \frac{z_{eye}}{2})^2 + \frac{z_{eye}^2}{4}} \right) \quad (4)$$

利用者が観察できる画像の大きさは、(5) 式の視体積 V_v で与えられる。図 3(a) と同様に、ディスプレイ面とマスクの間の距離 D とマスクホール半径 R を変化させた時の視体積 V_v の変化を同図 (d) に示す。

$$V_v = \frac{\pi R^2 (z_{eye})^3}{3(z_{eye} - D)^2} \quad (5)$$

利用者の最大人数は、全利用者の画像表示領域がディスプレイ面上で重ならないという条件により、(6) 式の最大利用者数 N で与えられる。図 3(a) と同様に、ディスプレイ面とマスクの間の距離 D とマスクホール半径 R を変化させた時の最大利用者数 θ_{min} の変化を図 3(e) に、また、ディスプレイ面のサイズを $h:w=4:3$ とした場合の w に対する最大利用者数の変化を同図 (f) に示す。

$$N = \frac{w \cdot h}{\pi \cdot R^2} \left(1 - \frac{D}{z_{eye}} \right) \quad (6)$$

4. 実現例

前章で述べた通り、設計パラメータを調整することで、さまざまな特徴をもった IllusionHole を実現することができる。その一つの実現例として、68 インチのディスプレイを水平上向きに設置して利用するシステムについて述べる。なお、立体視の方法として、ここでは、カラーにも対応し、クロストークも少ないことから、液晶シャッターメガネを用いた時分割方式の立体視を利用する。

図 4 に IllusionHole のシステム構成を示す。各利用者の視点位置は 3 次元位置トラッカで検出し、これに応じて計算された画像表示領域に、両眼視差画像を用いた立体像を提示する。ここで 3 次元位置トラッカは、その原理を問わず、少なくとも 3 次元位置座標値を 30 Hz 程度で計測できるものであれば充分である。本論文の例では、磁気式の Fastrack (Polhemus 社) または IS600 mark2 (Intersense 社) の超音波式のビーコンを用いる。

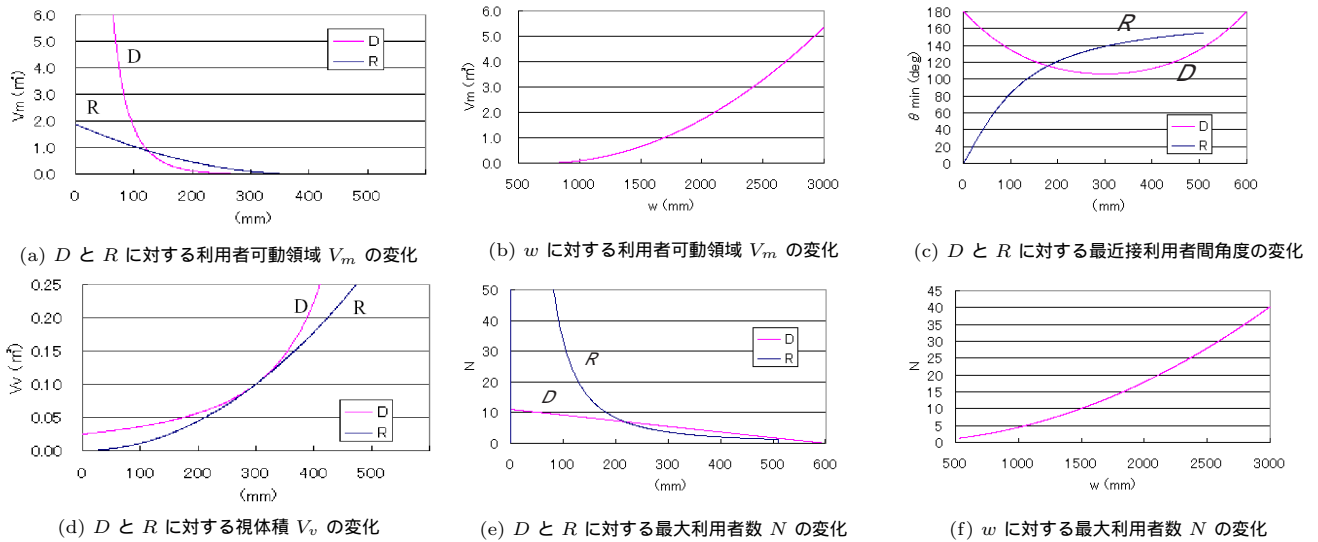


図 3 設計パラメータ間のトレードオフ
Trade-off relationship among design parameters.

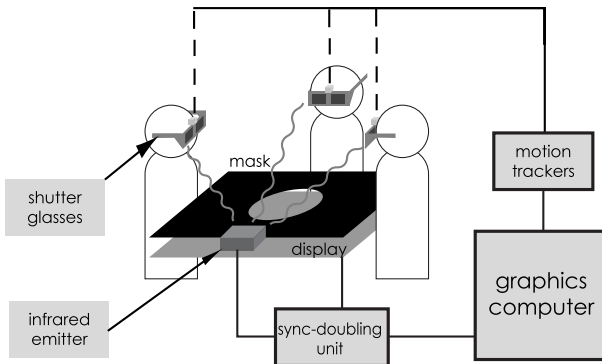


図 4 時分割立体視を用いた三人用 IllusionHole システムの構成
IllusionHole system configuration using field-sequential shutter glasses for three users.

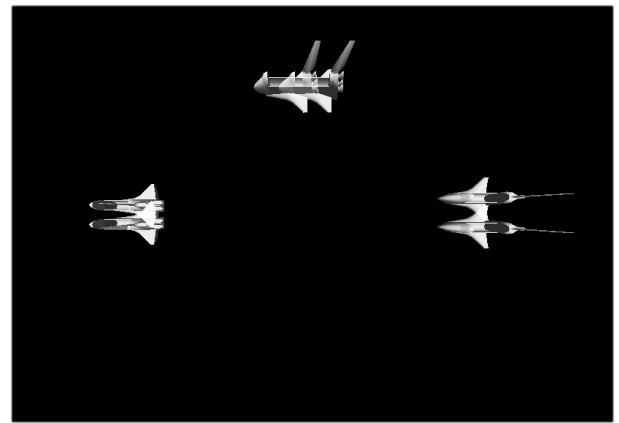


図 5 三人用の両眼視差画像
Stereoscopic image for three users.

各利用者は液晶シャッター眼鏡をかけ、マスクホールを通してこの領域を観察する。すべてのシャッター眼鏡は、赤外線エミッタから発信される同期信号によって、同一のタイミングで開閉する。68 インチの BARON (Barco 社) を水平型プロジェクションテーブルとして利用する。ディスプレイ面の大きさは、 $w=1,360$ mm, $h=1,020$ mm, また、利用者の視点の高さを最大値 $z_{max}=1,600$ mm, 最大利用者数を四人程度とし、 $D=150$ mm, $R=200$ mm とする。図 5 は三人の利用者それぞれのために両眼視差を持ったステレオ画像を表示した例である。この例では、スペースシャトルの 3 次元形状モデルを元に、3 次元位置トラッカで計測された各利用者の視点位置に対して、(1)(2) 式で計算される位置と大きさで描画する。図 6 は、A, B, C の 3 名の利用者がそれぞれの視点位置から観察したスペースシャトルの像である。各利用者はそれぞれ異なった方向からスペースシャトルを観察していることがわかる。

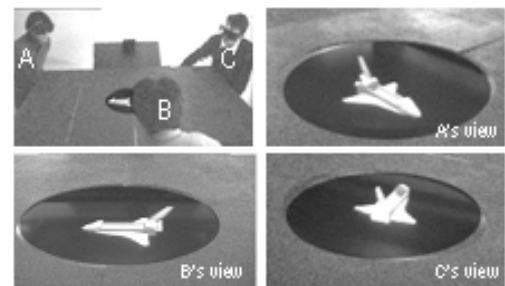


図 6 スペースシャトルの画像を三人で観察している様子
Example of IllusionHole shared by three users.

図 7 は、四人の利用者によってヒトの脳を観察してい

る様子を示す。同図 (a) は四人目の視点から他の三名の利用者の様子を眺めたものであり、同図 (b)(c)(d) はそれぞれ、各利用者から見た脳の映像を示す。各利用者は、それぞれの視点位置に応じて、異なった方向から脳の立体像を観察している。つまり、実際の患者を囲んで、皆で診察しているような状況が作り出されており、これは

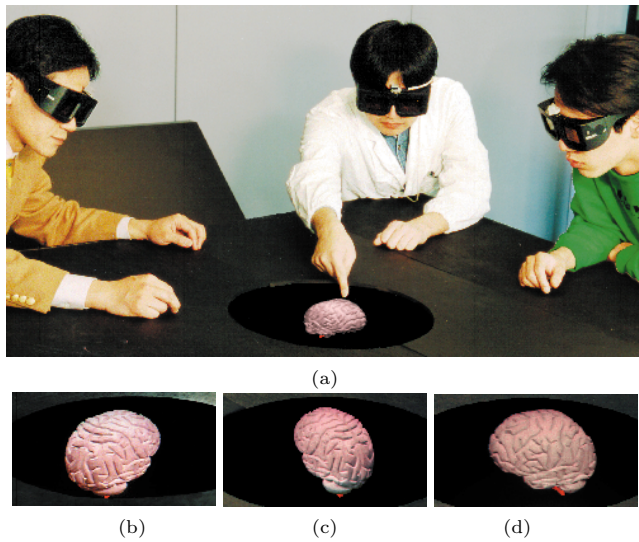


図 7 脳の画像を四人で観察している様子
Example of IllusionHole shared by four users.

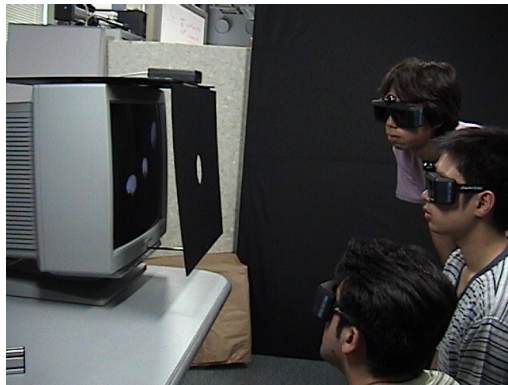


図 8 デスクトップ型の IllusionHole
Desktop IllusionHole.

これまで一般的に利用されてきたディスプレイ装置では困難な表示形態である。このような応用例では、複数の医師らが同時に自分の視点から患者の症状などを観察し、直接顔を会わせて意見を交換したりすることができるので、迅速かつ正確な診断や手術計画、また、患者などへの説明などをすることができると思われる。

この他にも、ディスプレイを垂直に立てたり傾斜を持たせて利用したりして実現する場合や、21 インチ程度のデスクトップのディスプレイを使用する場合、また逆に、劇場などの超大型ディスプレイなどを利用した IllusionHole など、設計パラメータを調整することで、さまざまな IllusionHole を実現することができる。図 8 は、 $w=400$ mm, $h=300$ mm, $R=35$ mm, $D=150$ mm で構成したデスクトップ型の例である。ディスプレイ面が小さいために、利用者可動領域 V_m や視体積 V_v なども小さくなってしまいが、限定された用途には利用できると考えられる。

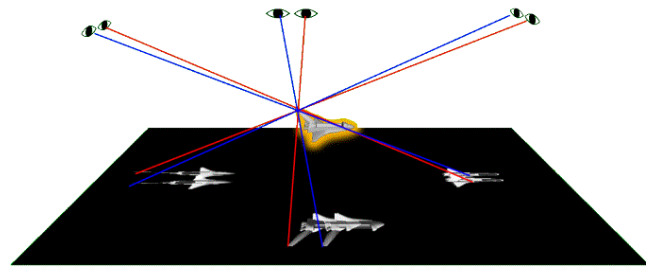


図 9 立体像の結像
Presentation of stereoscopic images.

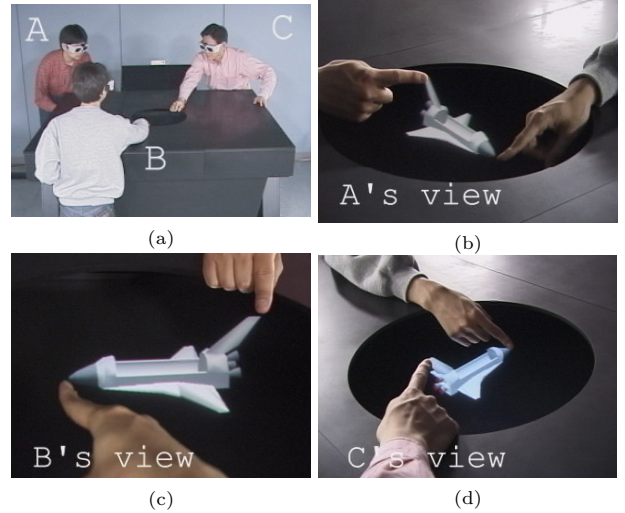


図 10 三人による協調作業例
An example of cooperative work by three users.

5. 検討

IllusionHole では図 9 のように、結像位置をマスクホール付近に設定することで、すべての利用者から見て同一の場所に立体像を結像させることができる。たとえば図 10(c) のように、利用者 B がスペースシャトルの先端を指差し、図 10(d) のように利用者 C が尾翼を指差している時、この様子を他の利用者 A から眺めると、図 10(b) のように、利用者 B がスペースシャトルの先端を指差し、利用者 C が尾翼を指差していることを確認できる。このように IllusionHole では、立体像に対して直接指示することができる。そのため、すべての利用者が絶対的に同一の 3 次元空間を共有できるという特徴を用いた協調作業を効率的に行うことができる。しかし、実際の立体像の結像位置には、種々の要因により誤差が生じる場合がある。本章では、結像位置に関する誤差を生み出す要因とその大きさについて検討する。

5.1 瞳孔間距離の個人差による誤差

各利用者の両眼の中点を図 11(a) のように視点 $E(x_E, y_E, z_E)$ とし、3 次元位置トラッカにより計測する。そして、この点からマスクホールの中心へ伸ばした

直線を視線とする．両眼を結ぶ直線は視線に垂直で水平面に対して平行であるとし，この視線方向と瞳孔間距離から左右両眼の位置を導出する．各利用者の瞳孔間距離には個人差があるため，これを一定であるとしてシステムを実現すると，実際の結像位置に誤差が生じる．いま，瞳孔間距離を $2d_{eye}$ と固定した場合に，瞳孔間距離に加わった誤差を $2d'_{eye}$ とし，瞳孔間距離が大きくなる向きを正とする．このとき，計算上での像の結像位置を $P(x_p, y_p, z_p)$ とすると，結像位置に加わる誤差 \vec{p}_1 は， E を起点とし P を終点とするベクトル \vec{v}_{EP} を用い，次式で表される．

$$\vec{p}_1 = \frac{z_p d'_{eye}}{z_E d_{eye} + (z_E - z_p) d'_{eye}} \cdot \vec{v}_{EP} \quad (7)$$

5.2 視点位置の計測精度による誤差

3次元位置トラッカにより計測される視点位置には多少の誤差が含まれるため，この誤差により結像位置に誤差が生じる場合がある．いま，図 11(b) のように，トラッカの計測値に加わった誤差を \vec{e} とした場合に，この誤差により視線方向が変化しないと仮定すると，結像位置の誤差 \vec{p}_2 は次式で表される．

$$\vec{p}_2 = -\frac{z_p}{z_E} \vec{e} \quad (8)$$

5.3 視線の変化による誤差

本研究では，各利用者は各視点位置からマスクホールの中心方向を注視するものとして IllusionHole システムを設計しているが，ある程度の大きさを持った立体像を観察する場合には，中心以外の部分をも注視する場合があるため，結像位置に誤差が生じる場合がある．いま，図 11(c) のように，両眼と結像位置を含む平面上において，注視する方向が視線方向と θ の角をなすとする．このとき，マスクホールの中心で結像する点の誤差 \vec{p}_3 は次式で表される．

$$p_3 = \sqrt{p_{3a}^2 + p_{3b}^2} \quad (9)$$

ただし， \vec{p}_{3a} は \vec{p}_3 のディスプレイ面と平行方向の誤差成分， \vec{p}_{3b} は視線方向の誤差成分であり，次式で表される．

$$\begin{aligned} p_{3a} &= \frac{z_p d_{eye}^2 \sin \theta}{z_E v_{EP}} \\ p_{3b} &= \frac{z_p (z_p (z_E - z_p) d_{eye}^2 \sin^2 \theta + z_E v_{EP}^2 (1 - \cos \theta))}{z_E v_{EP} (z_E \cos \theta + z_p (1 - \cos \theta))} \end{aligned} \quad (10)$$

5.4 ディスプレイ解像度を考慮した立体像の点位置指示誤差

いま，図 11(d) のように，1画素の幅を $2i$ とすると，結像位置におけるディスプレイと平行な平面上での分解能を考慮した立体像の点位置指示誤差 p_4 は次式で表される．

$$p_4 = \frac{i(z_E - z_p)}{z_E} \quad (11)$$

また，右眼画像と左眼画像による立体視をする場合の奥

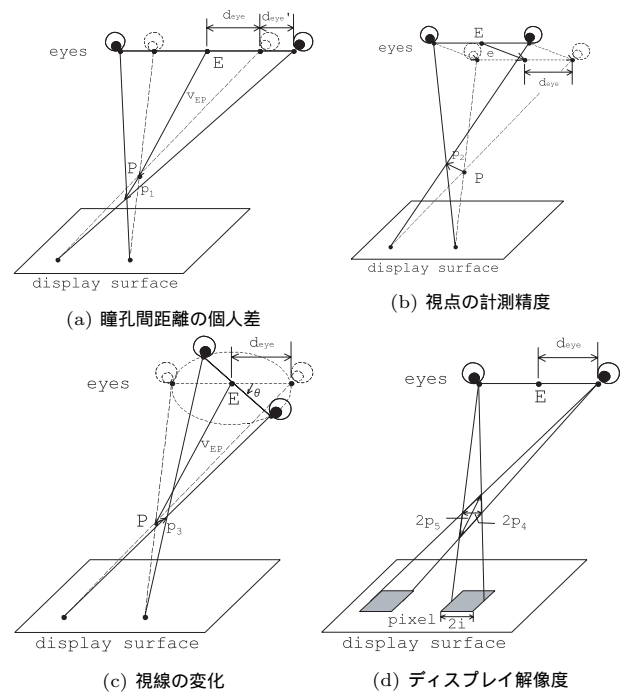


図 11 結像位置に関する誤差
Errors related to position of the image.

行き方向（視点 - 結像位置方向）の分解能を考慮した立体像の点位置指示誤差 p_5 は次式で表される．

$$p_5 = \frac{z_E d_{eye} i (z_E - z_p)}{z_E^2 d_{eye}^2 - i (z_E - z_p)^2 v_{EP}} \quad (12)$$

5.5 実際の構成における誤差の影響

ここまで述べてきた各種の誤差要因について，前章で実装した 68 インチのディスプレイを用いた IllusionHole の構成を用いてその値を導出し，実際の影響について検討する．設計パラメータを表 1 に示す．利用者として想定している日本人の 20 歳代男性の平均眼高を 1,580 mm としたとき⁹⁾，利用者は靴を履いているとし，ディスプレイ面からの視点の高さ z_E は 600 mm とする．視点と結像位置の距離 v_{EP} は，利用者がディスプレイ短辺側の中央に立ったときの値を用いる．また，瞳孔間距離 $2d_{eye}$ の平均は，日本人の 20 歳代男性の平均値として 65.7 mm とする⁹⁾．

表 2 に，本システム構成における各種パラメータでとり得る平均的な変動の大きさを示す．瞳孔間距離の誤差 $2d'_{eye}$ は，日本人の 20 歳代男性のデータにおける標準偏差から，3.4 mm とする⁹⁾．視点位置の計測精度 e は，3次元位置トラッカとして Intersense 社製の IS600 mark2 を用いる場合の誤差とし¹⁰⁾，視線が変化する場合の最大角度 θ は，立体像をマスクホールの半分の大きさで表示させるものとして，立体像の両端を注視した場合に，注視する方向と視線方向とのなす角度であるとする．また，画素の大きさ $2i$ は，ディスプレイ解像度を 1600×588 としたとき，1画素の縦横がとる幅の平均値とする．

表 3 に，単一利用者による各要因による結像位置に関

表 1 設計パラメータ (単位: mm)
Design parameters.

	設計値
ディスプレイの大きさ $w \times h$	1360 × 1020
マスクホールの高さ D	150
マスクホールの半径 R	200
視点の高さ z_E	600
結像位置の高さ z_p	150
視点と結像位置の距離 v_{EP}	815
瞳孔間距離 $2d_{eye}$	65.7

表 2 平均的な変動の大きさ
Variance of design parameters.

	変動
瞳孔間距離の変動 d'_{eye} (mm)	1.7
視点位置の計測値 e (mm)	7.0
視線の変化する最大角度 θ (deg)	7.0
画素幅 $2i$ (mm)	1.3

表 3 結像位置に関する誤差 (単位: mm)
Errors related to position of the image.

要因	誤差
瞳孔間距離の個人差による誤差	10.2
視点位置の計測精度による誤差	1.75
視線の変化による誤差	2.08
ディスプレイ解像度による指示誤差 (ディスプレイ平行方向)	0.49
ディスプレイ解像度による指示誤差 (奥行き方向)	12.1

する誤差を計算した結果を示す。表より、10 mm 程度の誤差ではあるが、他の誤差要因と比較した場合に、瞳孔間距離の個人差による結像位置の誤差と、ディスプレイ解像度による奥行き方向の指示誤差が大きいことがわかる。これらは立体視をする場合の奥行き方向に関連する誤差であり、本構成においては、誤差が立体像の奥行き方向の位置精度に大きく影響を及ぼしているといえる。これらは、本構成で用いたような大型ディスプレイを用いた一般的な VR システムについても同様な傾向にあると言える。また、視線の変化による誤差については比較的小さな値である。これは、本システムにおいて、立体像をマスクホール付近に結像させていることにより、利用者の視線方向を自然に限定できるためであると考えられる。

これらの誤差が持つ意味はアプリケーションによって異なる。例えば、医療シミュレーションなどでは、高い精度が求められるタスクも考えられる。このような場合には、各利用者の瞳孔間距離をあらかじめ測定し、利用者ごとに適切な瞳孔間距離を設定することにより、上記の誤差を軽減することができる。また、高解像度でのディスプレイ表示を行うことにより、ディスプレイ解像度による奥行き方向の指示誤差を軽減することが可能である。

6. あとがき

単一の固定されたディスプレイを用いた非常に簡単な構成によって、視点移動する三人以上の利用者に対して、

フリッカーと歪みがない適切な立体視を表示できるという、全ての条件を満足するディスプレイ装置 IllusionHole を提案した。本論文では、その原理と実現例について述べ、誤差の要因についても検討した。

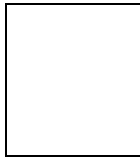
本手法の特徴の一つは、すべての利用者が絶対的に同一の 3 次元空間を共有でき、立体像に対して直接指示することができる点である。一方で、本手法の問題点の一つはステレオ画像の解像度である。高解像度のディスプレイ装置を用いたとしても、本方式によって各利用者が利用するディスプレイ領域は、そのごく一部である。この問題は、高精細な画像が必要な一部のアプリケーションへの利用を妨げる可能性があるが、この点を差し引いたとしても、IllusionHole の本来の特徴である多人数で共有できるという点を活用した幅広い分野への利用が考えられる。

本論文では、液晶シャッターメガネを用いた時分割方式の立体視を用いたが、その他にも、円偏光を用いたものや、眼鏡なしの立体ディスプレイなどでも実現可能であると思われる。また、本提案手法を拡張したさまざまな応用も可能であると考えられる。今後は、誤差の要因などを考慮して、本手法による協調作業環境を構築し、また、基本設計パラメータを変更することで、さまざまに条件を変えたシステムを設計・実現してゆく予定である。

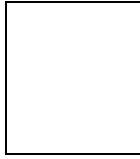
最後に、本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(B)(2) 13480104 および財団法人コニカ画像科学振興財団画像科学奨励賞による。

〔文 献〕

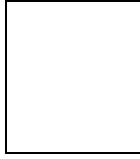
- 1) 大越孝敬, “三次元画像工学”, 朝倉書店, (1991).
- 2) Stephen A. Benton, Pierre St.-Hilaire, Mark Lucente, John D. Sutter, and Wendy J. Plesniak: “Real-time computer-generated 3D holograms,” In Proceedings of SPIE, Vol. 1983, pp. 536–543 (1993).
- 3) 宮里勉, 中津良平: “複数人用独立立体映像表示の検討”, 信学会総合大会, A-16-21, (1997).
- 4) Maneesh Agrawala, Andrew C. Beers, Bernd Frohlich, and Pat Hanrahan: “The two-user responsive workbench: support for collaboration through individual views of a shared space,” In SIGGRAPH 97 Conference Proceedings, Annual Conference Series, pp. 327–332 (1997).
- 5) 磯野春雄, 安田稔: “時分割立体視の成立条件”, テレビ誌, 41, 6, pp.549–555 (1987).
- 6) 大村克之, 鉄谷信二, 志和新一, 岸野文郎: “複数人観察可能な視点追従型レンティキュラー立体表示装置”, 3次元画像コンファレンス, 5-7 (1994).
- 7) 圓道知博, 梶木善裕, 本田捷夫, 佐藤誠: “全周型 3 次元ディスプレイ”, 信学論, J84-D-, 6, pp. 1003–1011 (2001).
- 8) Oliver Bimber, Bernd Frohlich, Dieter Schmalstieg, L. Miguel Encarnacao: “The Virtual Showcase,” IEEE Computer Graphics and Applications, 21, 6, pp. 48–55 (2001).
- 9) 人間生活工学研究センター: 日本人の人体計測データ — Japanese Body Size Data 1992–1994, 社団法人人間生活工学研究センター (1997).
- 10) INTERSENSE 社 <http://www.isense.com>



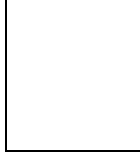
きたむら よしふみ
北村 喜文 1987年, 大阪大学大学院基礎工学研究
科博士前期課程修了. 同年, キヤノン株式会社情報シス
テム研究所, 1992年, ATR 通信システム研究所, 1997年,
大阪大学大学院工学研究科助教授, 2002年より, 同大学大
学院情報科学研究科助教授. 博士(工学). 3次元ヒューマ
ンインタフェースの研究に従事. 正会員.



こにし たかしげ
小西 孝重 1998年, 大阪大学工学部情報システム
工学科卒業. 2000年, 同大学工学研究科電子情報エネル
ギー工学専攻博士前期過程修了. 同年, 凸版印刷株式会
社に入社. 在学中, 立体ディスプレイの研究に従事.



やまもと すみひこ
山本 澄彦 2001年, 大阪大学工学部情報システム
工学科卒業. 2003年, 同大学工学研究科電子情報エネル
ギー工学専攻博士前期過程修了. 同年, 株式会社東芝に入
社. 在学中, 立体ディスプレイの研究に従事.



きしの ふみお
岸野 文郎 1971年, 名古屋工業大学大学院電子工
学専攻修士課程修了. 同年, 日本電信電話公社(現 NTT)
電気通信研究所入所. 1989年, ATR 通信システム研究所
知能処理研究室室長. 1996年, 大阪大学大学院工学研究
科教授. 2002年より, 同大学大学院情報科学研究科教授.
博士(工学). ヒューマンインタフェースの研究に従事. 正
会員.