

# 大画面ハーフミラーを用いた没入型拡張現実環境の構築

Immersive Augmented Reality Environment Using Large Half-silvered Mirror

小木哲朗<sup>1)</sup>, 村瀬香緒里<sup>2)</sup>, 斉藤康太<sup>3)</sup>, 小山尚英<sup>4)</sup>

Tetsuro OGI, Kaori MURASE, Kouta SAITO and Takahide KOYAMA

1) 1) 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 学術情報メディアセンター  
(〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1 - 1 - 1, tetsu@cc.tsukuba.ac.jp)

2) 筑波大学 第三学群 情報学類  
(〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1 - 1 - 1, i031230@coins.tsukuba.ac.jp)

3) 株式会社 スピン  
(〒 102 東京都千代田区九段南 3 丁目 5 番 11 号 九段スクエアビル, kota@spin-inc.co.jp)

4) 株式会社 スピン  
(〒 102 東京都千代田区九段南 3 丁目 5 番 11 号 九段スクエアビル, koyama@spin-inc.co.jp)

**Abstract :** In this research, immersive augmented reality environment which combines real world and immersive virtual world by using the high-transparency large half-silvered mirror film is generated. In this system, the virtual stereoscopic image projected onto the floor screen by a projector and the real objects placed before or behind the half-silvered mirror are combined by using the high-transparency large half-silvered mirror film. Then, the communication environment with the feeling of meeting directly in the real environment using video avatar is created by connecting this system through the JGNII and Tsukuba WAN network.

**Key Words:** *Immersive augmented reality, Half-silvered mirror, High-transparency, Stereoscopic*

## 1. はじめに

拡張現実感 (Augmented Reality) は、ARQuake [1] などのエンタテインメントの分野や手術支援などの医療分野などさまざまな分野での研究が行われている。また、ナビゲーションシステムなど拡張現実感の産業的利用も増えている。

この拡張現実感を利用したディスプレイ技術はこれまで HMD を用いた方式が主要であった。しかし、HMD では焦点問題などの光学的な制限や、ディスプレイの重量やサイズなどの人間に対する制限、あるいはセンサによる時間遅れが与える影響などが問題となっている [2]。

これに対して、近年 CAVE や CABIN に代表される没入型プロジェクションディスプレイによって臨場感の高い仮想空間が提示できるようになり、それらを用いたさまざまな研究が行われている [3] [4]。しかし、これらのディスプレイは大画面スクリーンを用いて利用者の周囲を覆うため、利用者の周りの実環境を隠してしまう。

本研究では透過性の高い大画面ハーフミラーフィルムを使うことにより、プロジェクタ映像を用いて現実世界と仮想世界を融合するディスプレイシステムとして、従来の Stage View [5] を立体視映像に拡張した没入型拡張現実環境 AR View の構築を行った。

## 2. 本研究のアプローチ

これまでに提案されているプロジェクタを用いた空間型拡張現実感技術としては、透明スクリーンを用いる方法や現実世界の物体をスクリーンとして利用する方法があげられる。

透明スクリーンを用いる方法としては HoloPro Screen があるが、透明度が小さく、投影された映像は指向性を持つため、利用者の視点移動範囲は制限される [6]。

現実世界の物体をスクリーンとして用いる方法としては Shader Lamps があるが、従来のプロジェクタは一つの焦点面にのみ焦点が合わせられるので非平面に投影するとボケを生じる。また、投影できる壁面には制限がある [2]。

これらから、本研究では透過性の高いフィルム型ハーフミラーを使うことにより、視野が広くてより臨場感の高い拡張現実環境を構築できる方式を用いた。

ハーフミラーを用いた拡張現実のディスプレイとしては、ハーフミラーで四方を囲った四角錐台を作り、その下にスクリーンを設置して四角錐台内に仮想物体を作り出すディスプレイがある [2]。さらにワークベンチ型のシステムの研究も行われている [7]。

これに対して本システムは、観察者の視覚を広い範囲で

カバーすることによって没入型拡張現実環境を構築し、現実世界と仮想世界の融合だけでなく、ネットワークにつながることによって遠隔地に存在する現実世界の物体も融合することを目的としている。

AR View は透明度の高いハーフミラーを使うことにより、プロジェクタによって投影された仮想世界の映像と、ハーフミラーの前方だけでなく後方の現実世界の物体を光学的に融合して見ることができる。また、フィルム型であるという点から、ガラスやアクリルで構成されたハーフミラーと違い、大画面のハーフミラーディスプレイを設置することが可能である。さらに、仮想物体を立体視映像として表示することによって、より3次元的な没入型拡張現実環境を作り出す。

### 3. システム構成

#### 3.1 システムの配置と基本構成

図1に提案するシステムの基本構成を示す。

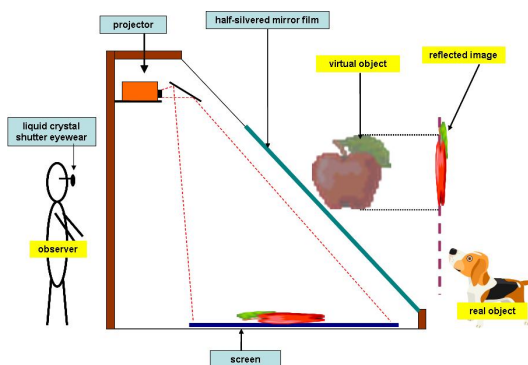


図1: システムの外観と構成

本システムは、床面スクリーンにプロジェクタによる立体映像を投影し、観察者はこれを床面に対して45度に設置されたフィルム型ハーフミラーを介して見る。床面スクリーン上の映像は虚像として観察者の正面に表示される。

フィルム型ハーフミラーのサイズは幅2.6m、高さ1.95mであり、これを床に対して45度に設置しているため、観察者に対して最大、幅2.6m、高さ1.37mの大きさのスクリーンとして視野をカバーすることができる。

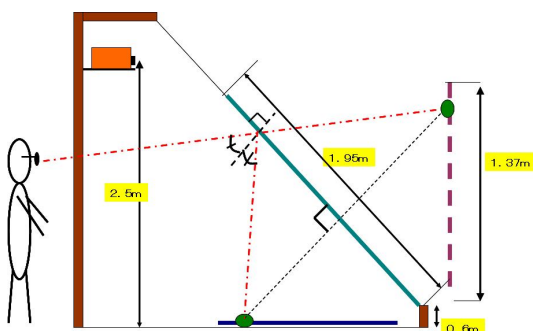


図2: システムの位置関係と仮想物体の表示位置

また、プロジェクタは1チップのDLPプロジェクタ Infocus DepthQ を使用し、観察者が映像の投影を妨げないよう

に装置上部に設置した。プロジェクタはPCのリフレッシュレート(120Hz)と同期させて左右の視点画像を切り換えながら表示し、利用者は液晶シャッター眼鏡 (StereoGraphics CrystalEYES3) を装着することで時分割立体視を行っている。視線方向に対応した立体視映像を提示するために、液晶シャッター眼鏡には視点位置を計測するための磁気センサ Polhemus FASTRAK を取り付けた。

#### 3.2 映像の投影

フィルム型ハーフミラーは床面スクリーンに対して45度の傾きで設置されているため、スクリーン上の映像は図1に示されるように、ハーフミラーを対称面として、スクリーン映像の虚像が床に対して90度の位置に表示される。

フィルム型ハーフミラーは図2に示したようにハーフミラーの底辺は床より0.6m上に設置されているため、虚像による映像はハーフミラーに対して0.6m後方に表示される。そのため、観察者はハーフミラー後方の虚像面に焦点を合わせ、視差情報により任意の奥行き位置に仮想映像を見ることができる。

床面スクリーンに投影された仮想点と虚像面に反射した仮想点の位置関係を図2に示す。また、プロジェクタによって投影される映像は、プロジェクタの前に設置された鏡によって反転し、床面スクリーンに投影され、さらにハーフミラーによって反転するため最終的に観察者が見る映像は観察者に対して正位置で投影される。そのため、映像のレンダリング方法は、ハーフミラーの0.6m後方に直立したスクリーン面があると想定し、通常法スクリーンの場合と同様に、これに平行な投影面に対する透視投影変換を行う。ただし、プロジェクタはハーフミラー面に沿って斜めに投射しているため、この際に生じる台形歪みを補正しなければならない。

観察者の移動可能範囲と投影される映像の大きさは、プロジェクタの画角と位置に依存する。が、ハーフミラーの大きさに対して映像を最大、すなわち  $2.6m \times 1.37m$  で投影し、観察者がハーフミラーに対して床面スクリーンの長辺まで移動可能である場合、観察者の位置を床面の長辺の midpoint とすると、投影された虚像映像面に対する観察者の水平方向の視野角度  $\theta_H$  (度) は図3より

$$\theta_H = 2 \tan^{-1} \left( \frac{1.3}{1.37 + 0.6} \right) \cdot 180\pi \approx 66.84 \quad (1)$$

観察者の視点の高さを虚像面の高さの midpoint とすると、垂直方向の視野角度  $\theta_V$  は図4より

$$\theta_V = 2 \tan^{-1} \left( \frac{0.685}{1.37 + 0.6} \right) \cdot 180\pi \approx 38.35 \quad (2)$$

となり、水平方向約67度、垂直方向約38度の視野角度を得ることができる。

仮想物体の映像生成のプログラムは、OpenGL をベースに構築された汎用のIPT用ライブラリである glCC Lib. を

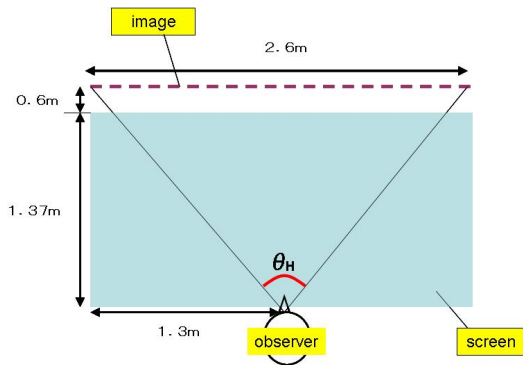


図 3: 水平方向の最大視野角度

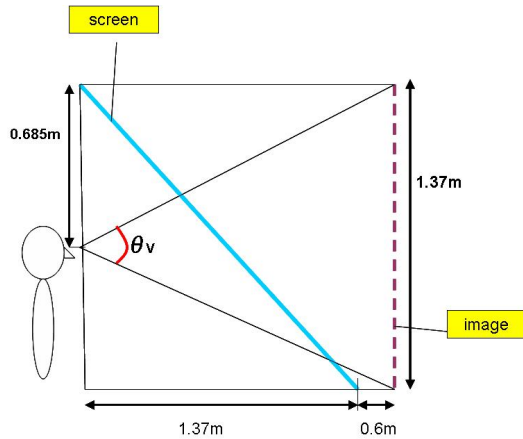


図 4: 垂直方向の最大視野角度

用いて開発した。図 5 に示すように、glCC 上の座標の原点は、この装置において、X 座標はスクリーン映像の横幅の中心、Y 座標はハーフミラーに対してスクリーン映像の虚像面から 1.0 m 前方、Z 座標は床面上とした。

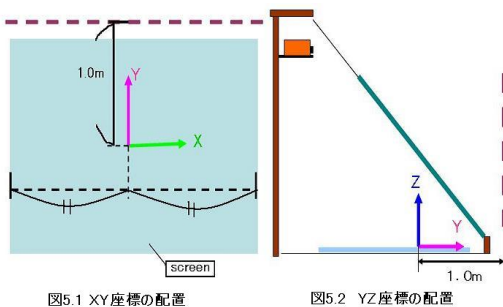


図5.1 XY座標の配置

図5.2 YZ座標の配置

図 5: OpenGL 座標系と装置の位置関係

## 4. 没入型拡張現実空間の構築

### 4.1 仮想物体と現実世界の融合

R View を用いて現実世界と仮想物体の融合を行った幾つかのアプリケーション映像の作成を行った。図 6 はハーフミラーの後方に実物体として植木を置き、CG で描かれた仮想のポットから水をかけている映像を示している。この際、CG のポットは立体視映像として実物体の植木と同じ奥行き位置に提示している。



図 6: 仮想物体と現実世界の融合

本システムでは、大画面ハーフミラーフィルムを用いることで、広視野の拡張現実空間を生成することができた。

観察者は、ハーフミラー前方あるいは後方に存在する現実空間の物体とハーフミラーを介して見る仮想世界の映像を 3 次元的に融合して見ることができる。さらに、時分割立体視を行っているため、仮想物体はハーフミラーの前方または後方の任意の位置に存在しているように知覚させることができた。また、ここで使用したハーフミラーは透過性が高いため、ハーフミラー自体の存在を観察者に認知させないようにすることが可能であった。加えて、観察者は液晶シャッター眼鏡を装着しているため、知覚できる輝度が若干落ちる代わりに、スクリーン映像以外のハーフミラーへの映り込みの知覚を軽減することができる。そのため、装置の周囲に暗幕を用いることで、観察者の周囲を完全に暗くすることなく、コントラストの高い映像を提示することができた。

### 4.2 ビデオアバタの投影

次に AR View を通信環境に用いてビデオアバタの投影を行った。結果を図 7 に示す。AR View はつくば JGNII リ



図 7: ビデオアバタの投影

サーチセンターに設置され、JGNII、つくば WAN の広帯域ネットワークを経由して、筑波大学内のビデオアバタ撮影装置に接続し、遠隔地においてリアルタイムで撮影されたビデオアバタを受信し表示した。これにより、PC によって作り出された CG による仮想物体だけでなく、遠隔地に

存在する実物体や人物などの実環境を融合することができ、遠隔地間での高臨場感会議や協調作業などへの応用が期待できる。特に、CAVE等を用いた遠隔コミュニケーションでは、ディスプレイ空間内でのカメラの設置方法が問題になるが、AR Viewでは高透過性のハーフミラーを用いるため、ハーフミラーの背面にカメラを設置し、ハーフミラー越しに利用者の姿を撮影することが可能である。

## 5. おわりに

本研究では、透過性の高い大画面フィルム型ハーフミラーを使い、さらに時分割立体視を用いることにより、現実世界と仮想世界を3次元的に融合する没入型拡張現実環境の構築を行った。

また、CGによる仮想物体だけでなく、広帯域ネットワークに接続することによって遠隔地に存在する人物の姿をリアルタイムでビデオアパタとして受信、表示を行った。

今後の課題としては、ビデオアパタの受信だけではなく送信も行えるようにし、双方向での空間型高臨場感コミュニケーション環境を生成し、さらに現実世界の物体の位置情報を取得することによって、現実世界と仮想世界でより高臨場感のインタラクションを取れるようにすることを検討している。

## 謝辞

本研究は、総務省の戦略的情報通信研究開発推進制度「実空間における人物像の記録・伝送・再生に関する研究開発」、および報通信研究機構の民間基盤技術研究促進制度に係る研究開発「テレ・イマーシブ・カンファレンス・システムに関する研究開発」の一部として行われた。また情報通信研究機構のJGN2ネットワークおよびつくばJGNIIリサーチセンターの研究施設を利用させていただいたことに感謝する。

## 参考文献

- [1] Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., De Bondi, P., Morris, M., and Piekarski, W: ARQuake: An Outdoor/Indoor Augmented Reality First Person Application., In 4th Int'l Symposium on Wearable Computers, pp 139-146, Atlanta, Ga, USA, 2000.10
- [2] Oliver Bimber, Ramesh Raskar: Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds, A K Peters Ltd, 2005
- [3] 小木哲朗: PC-CABINによる共有型没入仮想環境の構築, 第32回可視化情報シンポジウム講演論文集, 可視化情報, Vol.24, Suppl. No.1, pp.305-308, 東京, 2004.7
- [4] Cruz-Neira, C., Sandin, D.J., DeFanti, T.A.: Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE., ACM SIGGRAPH'93, pp.135-142, 1993
- [5] Spin, Inc. VIS ホームページ: <http://www.spin-inc.co.jp/viss/index.html>
- [6] etsuro Ogi, Toshio Yamada, Koji Yamamoto, Michitaka Hirose: Invisible Interface for the Immersive Virtual World, IPT/EGVE2001, pp.237-246, 2001.
- [7] Johnson, A., Sandin, D., Dawe, G., Qiu, Z., Thongrong, S., Plepys, D.: Developing the PARIS: Using the CAVE to Prototype a New VR Display, IPT 2000: Immersive Projection Technology Workshop, Ames IA, 2000.6