

# 直線偏光による多重化隠蔽型 ハイブリッド3Dディスプレイにおける画質評価

藤村 航<sup>†</sup> 小出 雄空明<sup>†</sup> 國富 彦岐<sup>†</sup> 田口 裕起<sup>†</sup> 鈴木 久貴<sup>†</sup>  
白井 暁彦<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 神奈川工科大学 〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野 1030

E-mail: <sup>†</sup>2x3D@shirai.la

あらまし 多重化隠蔽映像技術によって、メガネの切り替えのみで単一のディスプレイを2Dと3Dディスプレイのハイブリッドディスプレイとして使用することができる「2x3D」技術において、複数の被験者における画質向上のための評価実験を行った。

キーワード 立体視，多重化，隠蔽

## Image evaluation of multiplex-hidden hybrid 3D display using linear polarization

Wataru FUJIMURA<sup>†</sup>, Yukua KOIDE<sup>†</sup>, Genki KUNITOMI<sup>†</sup>, Hiroki TAGUCHI<sup>†</sup>, Hisataka  
SUZUKI<sup>†</sup>, and Akihiko SHIRAI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Kanagawa Institute of Technology, Shimogino1030, Atsugi-shi, Kanagawa, 243-0292 Japan

E-mail: <sup>†</sup>2x3D@shirai.la

**Abstract** This article reports about an application technique which can realize 2D/3D hybrid display using multiplex-hidden imagery. In the experiment, it evaluated better image quality for various user and environments.

**Key words** 3D, multiplex, hidden imagery

### 1. ま え が き

近年、3D立体映画が一般に普及し、視聴できるシアター施設は多く存在するようになった。デジタル3Dシネマは、RealD、XpanD、Dolby3D、IMAX3Dといった方式を用いているが、いずれも3D視聴用メガネを必要とし、メガネを外してしまうと左右眼の2つの映像が重なり、視聴することができないといった弱点がある。

そこで「2x3D」(ツーバイスリーディー)では、多重化隠蔽映像技術「ScritterH」の隠蔽アルゴリズムを用いることで、2重像に見えるという問題を解決した[1][2]。本論文では、「2x3D」の立体視方式における画質評価について報告する。

### 2. 先 行 研 究

#### 2.1 多重化隠蔽映像生成技術「ScritterH」

「ScritterH」とは、宇津木らによって考案された隠蔽画像生成アルゴリズムとそのシステム、及び映像投映方式である[3][4][5]。

偏光を施した複数のプロジェクタ映像を1つの画面に投影することで、裸眼で視聴できる映像と、フィルタ越しに視聴できる映像の多チャンネル化を実現する技術である(図1)。

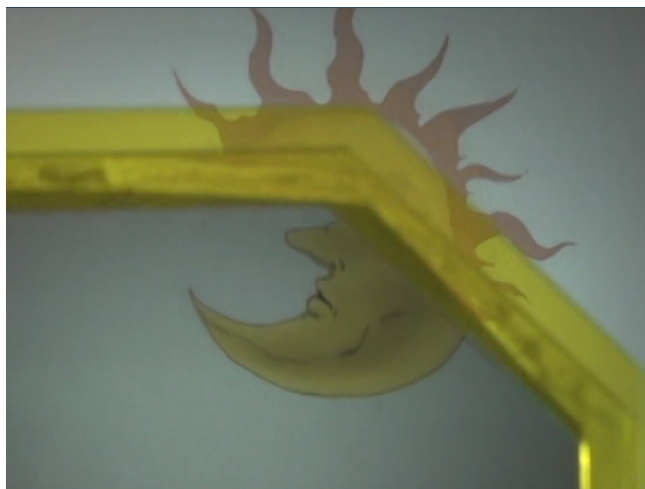


図1 「ScritterH」による裸眼隠蔽映像の例

### 2.1.1 隠蔽アルゴリズム

基本理論として、任意の2枚の画像A,Bに対し、裸眼視聴用画像を画像A、フィルタ越しに視聴する画像を画像Bとし、各ピクセルの輝度値を $a, b$ とする。 $C=A-B$ となるような隠蔽画像Cを生成し、画像Bと同一のスクリーンに投影することで、Cを除去する偏光フィルタを使用時に画像Bのみが視聴できるようにする。

実装上のピクセル輝度値は、負の値をとることができないため、すべてのピクセル値で $a$ が $b$ よりも高くなくてはならない。一般のディスプレイにおいて $a, b$ の輝度値は0~255の256階調という制限があるため、コントラストを圧縮することでベース輝度 $a_{min}$ を調整する。

輝度値を $a>b$ とするため、Aには式(1)を、Bには式(2)を用いて輝度値の調整を行う。輝度値の処理を行った画像を $A'$ 、 $B'$ (ピクセルの輝度値は $a'$ 、 $b'$ )とする。

$$a' = a \times \frac{255 - a_{min}}{255} + a_{min} \quad (1)$$

$$b' = b \times \frac{a_{min}}{255} \quad (2)$$

$a_{min}$ は $a'$ の最小値で、256階調の中間値である128に設定することで $a'$ 、 $b'$ の輝度を同一にできる。しかし、一般のプロジェクタやディスプレイにおけるラチチュードはリニアではなく、ガンマを考慮する必要がある。一般的なディスプレイで用いられているガンマ2.2の場合、 $a_{min}$ を186にすると出力輝度の中間値を得られる。

画像の輝度値を調整したら、 $A'$ と $B'$ から差分画像Cを生成する。Cの生成には式(3)を用いる。ここでの $\gamma$ はプロジェクタのガンマである。

$$c = (a'^{\gamma} - b'^{\gamma})^{\frac{1}{\gamma}} \quad (3)$$

図2は、ガンマを考慮していない場合のグレーチャート(左)と考慮した場合のグレーチャート(右)を2つのプロジェクタを用いて投影した様子である。双対する2つのグレーチャートを中央に投影すると全体が白色になるはずであるが、ガンマを考慮していない場合のグレーチャートでは、グレーチャートの中央の輝度値が低下してしまう。ガンマ(プロジェクタで用いられるガンマ2.2)を考慮した場合のグレーチャートでは、均一にニュートラルグレーとなり、隠蔽画像に好適であることが確認された。

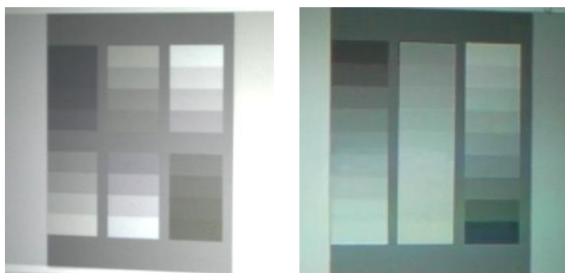


図2 グレーチャートを用いた隠蔽画像(左:ガンマ補正無,右:ガンマ補正済)

図3と図4に、隠蔽アルゴリズムを用いて生成した画像を示す。図3と図4を、プロジェクタによってスクリーンに投影した様子が図1である。人間の裸眼では偏光を見分けられないため、隠蔽された画像 $B'$ を視認することは難しいが、偏光フィルタ越しに見ることで画像 $B'$ が確認できる。



図3 コントラスト圧縮:画像 $A'$ (左)と画像 $B'$ (右)

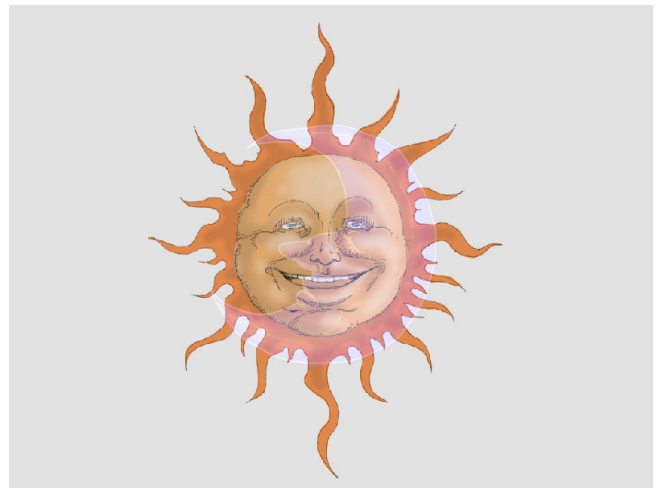


図4 差分画像C

### 2.2 2D+3D 同時視聴可能なハイブリッドシアター「2x3D」(ツーバイスリーディー)

「2x3D」とは、「ScritterH」の隠蔽アルゴリズムを用いた、立体視方法である。

「2x3D」では、ステレオ立体視で用いる片方の映像を、裸眼の状態において隠蔽することで、2D映像として視聴を可能にした(図5,6)。従来のプロジェクタを用いた立体視方法と互換性を持ち、直線偏光フィルタとソフトウェアによる隠蔽処理を行うため、投影装置に特別な改造をする必要がないという利点がある。



図5 「2x3D」の視聴に用いる片目メガネ

#### 2.2.1 多重化隠蔽映像処理のリアルタイム化

宇津木らの多重化隠蔽映像処理は、OpenCVなどのソフト

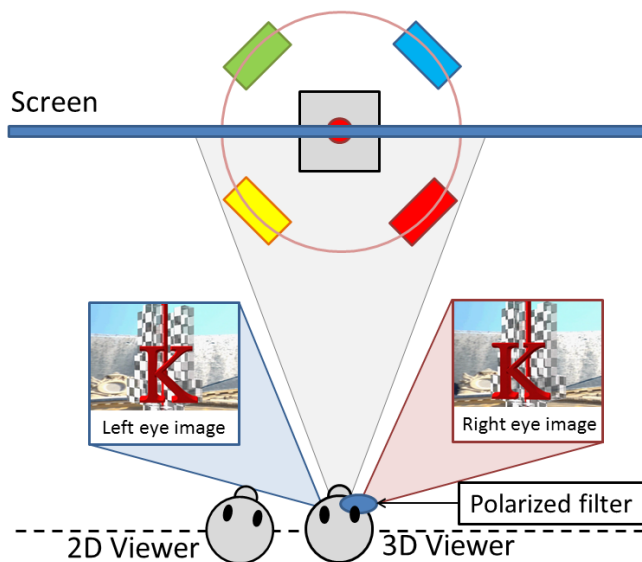


図 6 視聴イメージの上面図

ウェアを用いて事前生成していた。しかし、リアルタイム生成する動画像に対しては処理を行うことはできなかった。そこで、「2x3D」における多重化隠蔽映像処理は、GPU のピクセルシェーダを用い、リアルタイムに処理することで動画像への対応を実現した。

図 7 は、GPU を用いた多重化隠蔽映像処理のフローである。ピクセルシェーダを用いたリアルタイム化によって、画像の隠蔽画像処理に用いられる隠蔽率を動的に指定することができ、展示環境や動画像の内容に合わせ、視聴しやすいよう調整が可能になった。

隠蔽率とは、隠蔽処理を行う上で、2 つの画像の輝度値の比率を指定するもので式 1, 2 の  $a_{min}/255$  で表現したものある。隠蔽率は、0.0 ~ 1.0 の間の値をとり、隠蔽率を 0.5 とすると、隠蔽される画像の輝度値は 0 ~ 126 となり、裸眼で見える画像の輝度値は 127 ~ 255 に分けることができる。隠蔽率を下げると、フィルタ越しに見える被隠蔽画像のコントラストおよび明度は低くなるが、裸眼状態では画像の隠蔽が良好になる。隠蔽率を上げると、フィルタ越しに見える被隠蔽画像が明るくなり視聴しやすくなるが、裸眼状態では被隠蔽画像が見えてしまう場合がある。

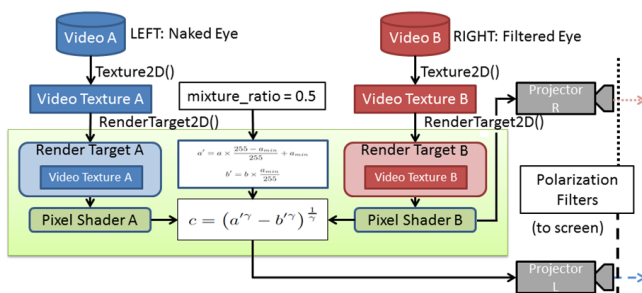


図 7 GPU を用いた隠蔽画像処理のフロー

### 3. 「2x3D」における立体感認識実験

まず「2x3D」において、正しい立体感の認識が行われているかどうか、奥行き順序実験を行った。

#### 3.1 実験方法

実験では、画面上でのサイズが同じになるように 4 つのオブジェクトを { 最も奥, 奥, ゼロ視差, 手前, 最も手前 } のいずれかで配置した静止画像を表示する (図 8)。被験者は、静止画像に表示されたオブジェクトの奥行き順序を、メガネを掛けた状態と裸眼の状態とで奥行き順序を回答してもらう。回答した順序の正解数をカウントし、立体感を正しく認識していたかの評価とする。

#### 3.2 実験結果

実験の結果を図 9 に示す。個人差はあるが、75%の被験者が立体感を認識することができた。有為な結果が得られなかった被験者にヒアリングしたところ、不同視やステレオ立体視に対する立体感の自覚があるといった回答を得られた。

実験結果から「2x3D」における立体視方式は、立体感を得られることが確認できた。

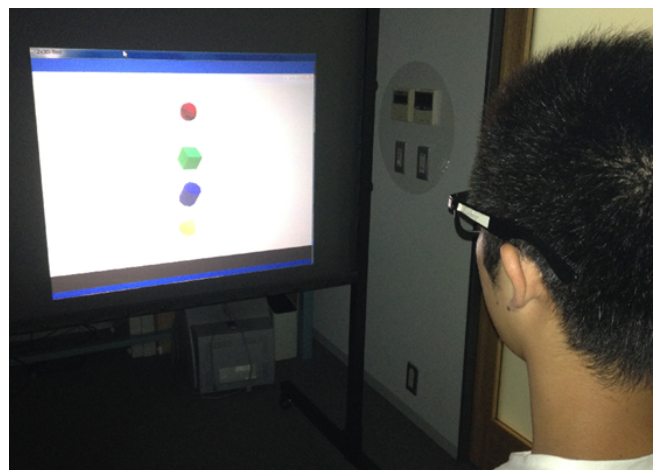


図 8 奥行き順序実験の様子

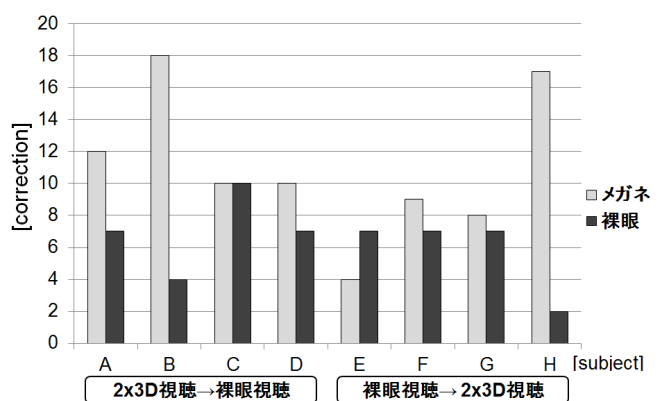


図 9 奥行き順序実験の結果

### 4. 隠蔽品質の向上

「2x3D」を展示する際、展示環境によって隠蔽率を調整する

必要があった。そこで、多重化隠蔽映像の特性調査をすることで、展示環境に適した隠蔽処理が可能になり、画質が向上すると考えられた。

#### 4.1 実験環境

被験者には図 10 のようにスクリーン手前の椅子に着席してもらい、スクリーンには 2 つの画像が投影されていること、一方の画像は隠蔽されていることを伝える。被験者は、隠蔽率をテンキーによって操作し、隠蔽されている文字が見えた時点の隠蔽率を調整法で入力し記録する。

以上の手順で、被験者には隠蔽率の調整を照明点灯時、消灯時に 5 回行い、実験結果から平均値、標準偏差を求める。実験時の部屋の照度を表 1 に示す。

表 1 実験時の部屋の照度

	プロジェクタ側	被験者側
点灯時	391[lx]	343[lx]
消灯時	74[lx]	69[lx]

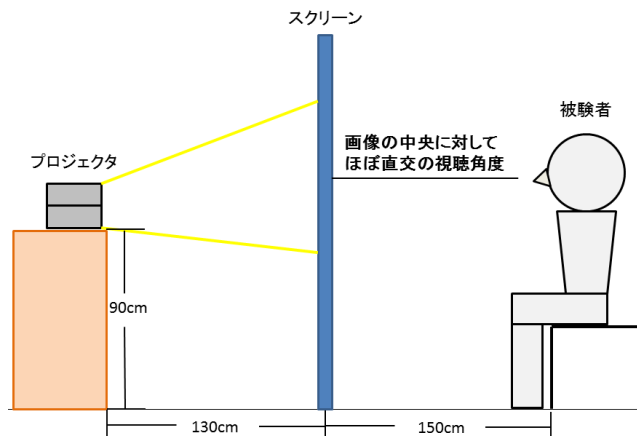


図 10 実験環境の側面図

#### 4.2 実験結果

実験の結果として、点灯時の全体入力値が高いことから、照明によって隠蔽画像のコントラスト崩され見えづらくなったと考えられる。そして、消灯時の全体標準偏差が低いことから、隠蔽が正しく行われていることが確認できる。

実験の結果から（図 11, 12）、使用したスクリーン（キクチ科学研究所「Stewart 社製軟質リアスクリーン」）では部屋の照度が低い場合は隠蔽率を 0.25、照度が高い場合は 0.28 に設定することで、画像の品質を保つことができるといえる。

### 5. ま と め

「2x3D」における立体視方法では、立体感を認識できることを確認できた。

また、照度変化が多重化隠蔽映像処理に与える影響を調査したことから、環境に適した隠蔽率を設定することができ、画質を向上を図ることができるようになった。

今後の課題として、より高い画質向上のために片眼のみ減光フィルタ着用することによる知覚への影響、色空間の再現精度、

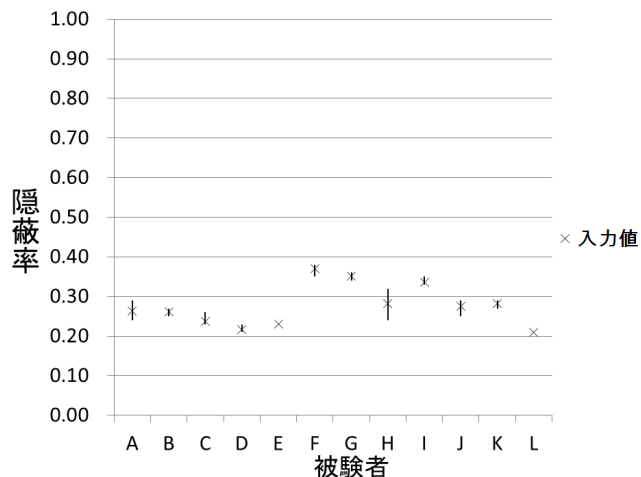


図 11 照明点灯時の各被験者の入力平均値と標準偏差

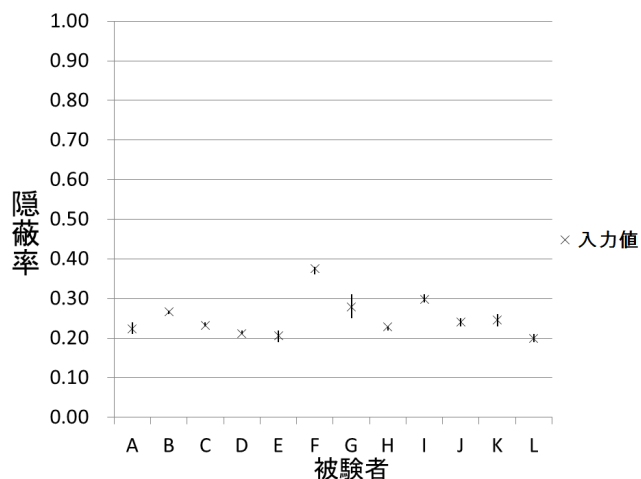


図 12 照明消灯時の各被験者の入力平均値と標準偏差

健康への影響について調査する必要があるだろう。

#### 文 献

- [1] 藤村航, 小出雄空明, 早川貴奉, 谷中一寿, 白井暁彦. 2x3d : 2d+3d 同時上映可能なハイブリッドシアター. 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 17, pp. 570–573, sep 2012.
- [2] Wataru Fujimura, Yukua Koide, Robert Songer, Takahiro Hayakawa, Akihiko Shirai, and Kazuhisa Yanaka. 2x3d: Real time shader for simultaneous 2d/3d hybrid theater. In *SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies*, SA '12, pp. 1:1–1:2, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [3] 長野光希, 宇津木健, 山本倫行, 白井暁彦, 中嶋正之. ステレオ立体視技術と高い互換性を持つ多重化映像提示システムおよびコンテンツ制作手法の提案. 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, sep 2010.
- [4] 宇津木健, 長野光希, 谷中一寿, 白井暁彦, 山口雅浩. 多重化映像表示における隠蔽映像生成アルゴリズム (image hiding algorithm for multiplex projection). 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, sep 2010.
- [5] Koki Nagano, Takeru Utsugi, Mika Hirano, Takeo Hamada, Akihiko Shirai, and Masayuki Nakajima. A new "multiplex content" displaying system compatible with current 3d projection technology. In *ACM SIGGRAPH 2010 Posters*, SIGGRAPH '10, pp. 79:1–79:1, New York, NY, USA, 2010. ACM.