

## 2x3D : 2D+3D 同時上映可能なハイブリッドシアター

2x3D : Real time shader for simultaneous 2D/3D hybrid theater

藤村航, 小出雄空明, 早川貴奉, 谷中一寿, 白井暁彦

Wataru FUJIMURA, Koide YUKUA, Takahiro HAYAKAWA, Kazuhisa YANAKA, Akihiko SHIRAI

神奈川工科大学 情報工学専攻

(〒 243-0292 神奈川県厚木市下荻野 1030, 2x3d@shirai.la)

**Abstract :** This project has developed a simultaneous 2D/3D hybrid theater using a real-time shader to hide images which is called “2x3D Real-Time Shader”. In this project, concealment processing is performed using a pixel shader to support the hiding of dynamic images in real time. In this way, multiplex-hidden images are possible with multiple videos in real-time and stereoscopic 3D can be achieved. It is no longer necessary to screen 2D and 3D movies separately, reducing the number of required screens in the same cinema.

**Key Words:** 3D, multiplex, hidden imagery

### 1. はじめに

近年ステレオ 3D 映画は一般化し、日本国内でも各種 3D 映画方式に対応したスクリーンが多く存在するようになった。現行の普及しつつある 3D デジタルシネマ方式である RealD, EXPAND, ドルビー 3D, IMAX 3D といった方式は、いずれも 3D 視聴専用のメガネ (以下, 3D メガネ) を必要とし、途中でメガネをはずしてしまうと左右眼 2 つの映像が重なり、正しく視聴することができない。Nintendo3DS に搭載されているパララックス・バリア方式などの裸眼立体視ディスプレイを個人使用している場合は問題がないが、デジタルシネマの場合は共同視聴であり、途中で 3D 映画の視聴をやめることができず、目の疲れ、3D 酔いなどが発生し、ストレスとなることが多い。

また、映画の場合、家族連れなど複数人での視聴が期待されるが、前述のような 3D 視聴にストレスを感じる利用者、加えて幼児など長時間の 3D メガネ着用が難しい視聴者との全員での 3D 視聴は難しく、多くの市場性を損なっていることが想像できる。

一方、映画館側も、限りあるスクリーンを { 2D 上映, 3D 上映 } { 字幕あり, 吹き替え版 } というように、同一のコンテンツで最大 4 スクリーンを消費している。2D と 3D が同時上映できるハイブリッドシアターの実現による付加価値は大きい。

### 2. 2D + 3D ハイブリッドシアター

#### 2.1 関連研究

現在、ステレオ 3D 立体視を行う手法は多くあり、メガネを使った普及型の方式では偏光フィルター方式や液晶シャッ



図 1: 2x3D を視聴した様子

ター方式などがある。

裸眼による立体視は、パララックス・バリア方式やレンチキュラー方式に加え、研究としては、NICT 安藤らのプロジェクタアレイと集光レンズを用いた方式、アクティブリターダを用いた方式などが存在する。しかし、これらの方式による大画面での上映では、機材が大掛かりなものになりコストがかかってしまうだけでなく、3D 方式を希望しない視聴者にも立体映像を表示することになる。

すべての視聴者に時分割シャッター方式を使い、画質低下を許容するのであれば、実現は可能であるが、高画質な 3D 上映と、2D 上映を同時上映し、個々の視聴者によって分けるハイブリッドシアターを既存の技術で実現することは難しい。

## 2.2 2x3D のコンセプト

2x3D ( ツーバイスリーディー ) は 2D 映像と 3D 立体映像を同時に視聴できるハイブリッドシアターである。ハイブリッドシアターの実現にあたり、特に解決した課題として、以下の 4 点を設定した。

1. 2D と 3D 映画を同時に視聴できる
2. 解像度を下げない
3. 電氣的なデバイスを使わない
4. プロジェクタを改造しない
5. 3D 視聴に片眼のメガネを使用する

「2x3D」ではステレオの片方の映像を裸眼の状態では見えないようにすることで、2D 映画として視聴する。

パララックス・バリア方式による解像度低下や、高価で重い液晶シャッターメガネではなく、偏光板を用いた光学合成で後述の裸眼隠蔽映像を生成し、従来のステレオ立体視 (S3D) と互換性を持つプロジェクタ方式で実現する。偏光板を用いた S3D は RealD でも利用されているが、2x3D では両眼ではなく片眼に偏光フィルタを設定することで、従来の 3D メガネなどより、さらに軽量で安価に作ることができる。光学構成も、プロジェクタの前に偏光板を設置し、ソフトウェアで裸眼隠蔽映像を生成するため、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。

## 2.3 裸眼隠蔽映像生成技術「ScritterH」

“ScritterH”とは宇津木らによって考案された S3D と互換性を持つ裸眼隠蔽映像生成技術の通称であり、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他チャンネル化を実現する技術である [1][2][3]。

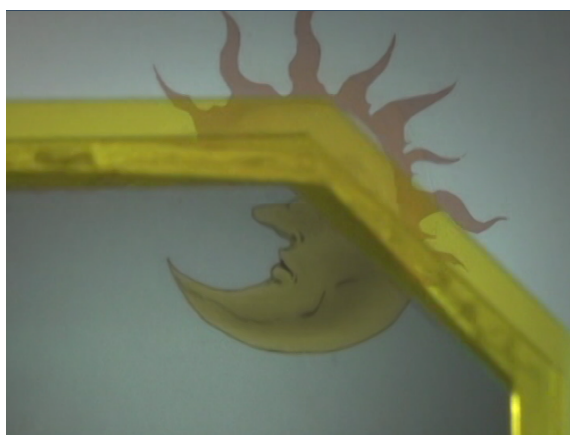


図 2: ScritterH による裸眼隠蔽映像の例

### 2.3.1 ScritterH アルゴリズムと画質調整

以下に ScritterH アルゴリズムについて説明する。任意の 2 枚の画像 A, B に対し、裸眼視聴用画像を画像 A、隠蔽される画像を画像 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なる。

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輝度を調整する。

輝度値が  $a > b$  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、ガンマを考慮しない場合 256 階調の中間値である 128 を指定する。一般の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となる。

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 3 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。

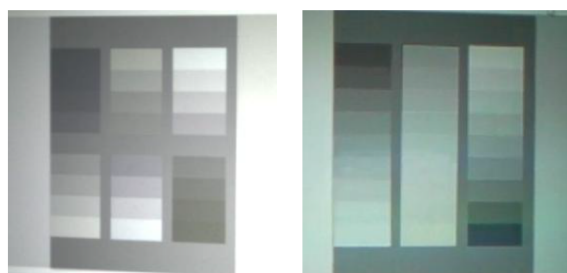


図 3: グレーチャートを用いた隠蔽画像 (右: ガンマ補正済)

以下に生成した画像 (図 4, 図 5) を示す。図 2 はプロジェクタで  $B'$  と C を投影した様子である。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、偏光フィルター越しに見ることで画像  $A'$  が確認できる。



図 4: コントラスト圧縮：画像 A'（左）と画像 B'（右）

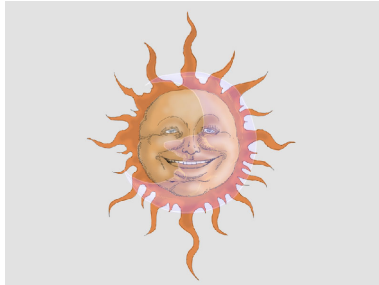


図 5: 差分画像 C

### 3. GPU によるリアルタイム処理

#### 3.1 動画隠蔽画像生成の必要性

前述の“ScritterH”アルゴリズムの実装として、OpenCV等の画像処理ソフトウェアを用い静止画像に対して画素ごとの演算を行い、画像隠蔽処理を施したファイルをスライドショー形式で隠蔽画像現象を確認することができる。しかしながら、ハイブリッドシアターを実現するにあたり、左右眼を構成する任意の動画で隠蔽画像を事前処理で生成することは可能ではあるが、現実的ではないだろう。パッチャリリティ・ARとしての利用を考えた場合、動的な隠蔽画像生成を行える利点も大きい。

そこで高速なハードウェア画像処理機能を持ったGPU(Graphics Processing Unit)を使用して、動画隠蔽画像生成を行うため、Microsoft社が提供しているXNA Game Studio 4.0を用いて、シェーダーによる画像隠蔽処理を実現した(図6)。リアルタイムで処理が行えることで、画像だけでなく動画やゲームコンテンツなど幅広く行うことができるようになる。

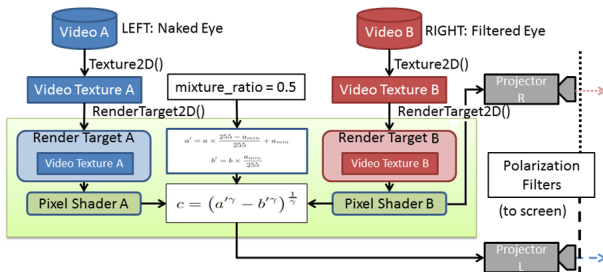


図 6: GPU を用いた画像隠蔽処理のフロー

#### 3.2 ピクセルシェーダを用いた実装とブレンド比

近年のGPUのハードウェア機能には大きく分けて、3次元頂点処理を行う頂点シェーダと、テクスチャマッピングやブレンディングを行うピクセルシェーダが存在する。2x3Dの実現においては、以下の流れでピクセルシェーダを用い

ることで、ピクセル毎の処理を実現し高速な動画隠蔽画像生成処理が実現できる。

まず左目用映像を映像A、右目映像を映像Bとし、MPEG等のビデオファイルとして用意する。2つの動画から1フレームごとにテクスチャを取得し、GPU上で映像AをレンダーターゲットA、映像BをレンダーターゲットBに設定する。レンダーターゲットBにピクセルシェーダーBで式(2)の処理を施す。レンダーターゲットAはピクセルシェーダーAで式(1)と式(3)を施すことで、リアルタイム隠蔽画像生成が実現できた。

GPU側のプログラムはHLSLで記述し、ピクセルシェーダーにパラメータとして $a_{min}$ を与えることで、式(1)と式(2)によって得られるブレンド比を変えることができる。ブレンド比はコントラストの圧縮度とも表現でき、隠蔽度を操作することができる。通常の隠蔽画像動画の場合、Aを0.7、Bを0.3に設定すると、裸眼映像に十分なコントラストを与え、鑑賞上好適である。また字幕などの文字情報を含む動画の場合、Aを0.5、Bを0.5に設定すると字幕が見やすくなる。2x3Dの場合、片眼にのみ減光効果のある直線偏光フィルタを施すため、このような調整を進めることでより視覚的に高品質な映像を得られる可能性がある。

### 4. 2x3D

#### 4.1 画像隠蔽を応用した3D立体視

2x3Dでは裸眼とフィルタを通して見た画像が違うという特性を生かし、ステレオ立体視に応用した。ステレオ立体視で用いる右目用映像に隠蔽処理を施すことで、同時にスクリーンに投影しても裸眼では左目用映像のみ認識でき、2D映画として見る事ができる。そして右目側にだけフィルタを付けたメガネ(図7)を通して見ると、右目は右目用映像を見ることができる。よって、裸眼である左目では左目用映像を、フィルタをかけた右目では右目用映像を見ることができる。左右の目で別の映像を視認できるので、視差が発生し3D立体視が可能になる(図8)。



図 7: 右目側にのみフィルターを付けたメガネ

#### 4.2 2つの映像による視差

図9は視差を付けた左目用映像と右目用映像をスクリーンに投影した様子である。フィルタの境目で図形がずれ



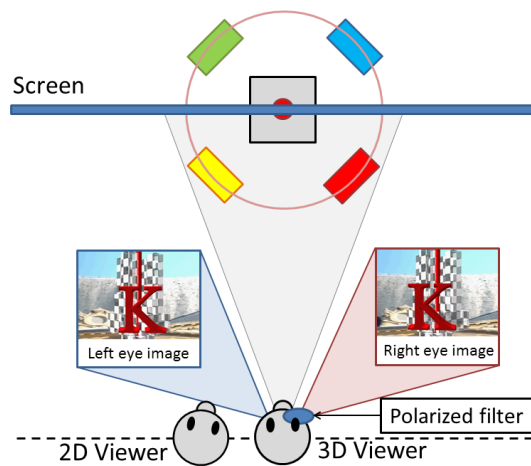


図 8: 視聴イメージの上面図

ていることから、裸眼とフィルター越しに見た場合では視差の付いた映像を視認できることを確認した。

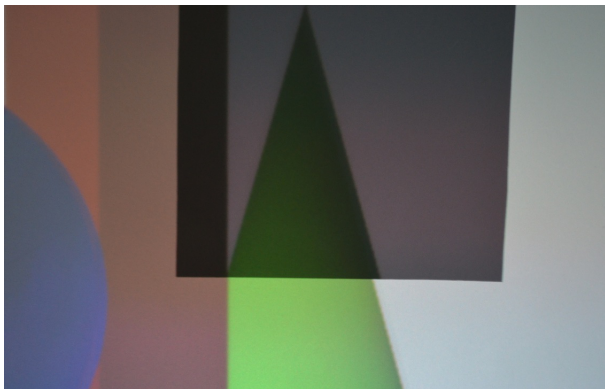


図 9: 視差を付けた動画をフィルター越しに見た様子

## 5. 展示・アンケート

2012 年 6 月 14 日に行われた一般向けの科学イベント「科学のひろば」で展示を行い、2x3D 視聴後にアンケートを実施した。対象は来場した 2 歳～40 代で、有効な回答は 49 件、表 1 は年齢の内訳である。

表 1: 回答者の年齢

	男	女	無回答	人数
10 歳未満	10	3	3	16
10 代	18	7	1	26
20 代	1	1	0	2
30 代	0	1	0	1
40 代	1	2	0	3
無回答	0	0	1	1
合計				49

アンケートの結果では「立体的的に見えたか？」という問いに対して、90%を超える回答者が「見えた」回答した。

「わからない」と答えた 30 代女性にヒアリングしたところ『3D 映画を見たことがなく立体視というものがわからない』という回答を得た。

「メガネをかけたときに暗くなったか？」という問いに対しては、29%が暗くなったと答え、33%が暗くならなかったと回答した(図 10)。

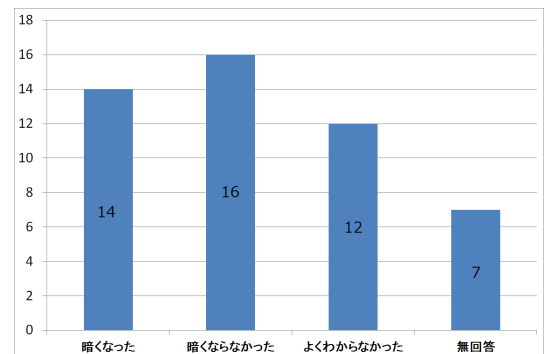


図 10: 質問「メガネをかけたときに暗くなったか？」

アンケート結果から、提案方式では子供から大人まで立体視できることが確認できた。「裸眼で見た場合、映像が重なって見える」といった意見はヒアリングからは得られなかったことから、リアルタイムによる隠蔽処理は十分な隠蔽効果を得られていることがうかがえる。また片眼メガネに対して、児童の体験者からは『壊れているのでは?』といった意見が得られた。

## 6. 結論・展望

我々は 2D 映像と 3D 立体映像を同時に視聴できるシステムを開発した。実験、展示を通し子供から大人まで立体視ができることが確認できた。

今後の課題として、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、健康への影響について調査する必要がある。またメガネのデザインを工夫し、シール方式など違和感のない方式を提案したい。

## 参考文献

- [1] KOKI. N., TAKERU. U., M. H. T. H. A. S., AND N., M. A new multiplex content displaying system compatible with current 3d projection technology. ACM SIGGRAPH 2010 Posters (2010).
- [2] 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), 第 15 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2010.9.15)
- [3] Koki Nagano, Takeru Utsugi, Kazuhisa Yanaka, Akihiko Shirai, Masayuki Nakajima, Scritter-HDR: Multiplex-Hidden Imaging on High Dynamic Range Projection, SIGGRAPH ASIA 2011 Technical Sketches & Posters