

ミュージアムのための多重化サイネージシステムの提案

森 拓也^{1,a)} 岡本 遼¹ 鈴木 久貴² 白井 暁彦¹

概要：多重化不可視映像技術「ExPixel」は博物館や科学館などのミュージアムにおける注目を集める展示物として需要があるが、インタラクティブ性の高い多重化エンタテインメントシステムは、システムが複雑になり、現場レベルの運用難度やコストが高くなることが懸念される。本研究は「全身太陽圏」をはじめとする多重化不可視技術の運用経験から、現場ニーズになじむ複数の多重化サイネージシステムの構築方法、PowerPoint における「ExPixel Generator」をはじめとするコンテンツ開発ツール、商業施設におけるガラスショーケースを意識した「ExPixel Glass」を提案し、特に厳しい条件として、真夏の昼光下における評価実験結果など、知見を共有する。

Proposal of multiplex signage system for museum exhibition

MORI TAKUYA^{1,a)} OKAMOTO RYO¹ SUZUKI HISATAKA² SHIRAI AKIHIKO¹

Abstract: This article contributes to share knowledge of multiplex-hidden signage system. It has demands from local and/or science museum which needs an attractive exhibitions. This article contains implementation methods, content development tools to adapt to actual museum needs, and evaluation results in daylight environment. The experiments and cases are from operational experience of multiplexing invisible technology, including an exhibition system “HelioPose (Zenshin-Taiyouken)” and ExPixel Generator on PowerPoint. “ExPixel Glass” is also proposed as a new install method for commercial facility.

1. はじめに

多重化不可視映像技術「ExPixel」[1], [2] は博物館や科学館などのミュージアムにおける注目を集める展示物として需要があるが、インタラクティブ性の高い多重化エンタテインメントシステムは、システムが複雑になり、現場レベルの運用難度やコストが高くなることが懸念される。多重化不可視技術のさらなる展開をふまえ、運用経験をもとに、現場ニーズになじむ多重化サイネージシステムを構築する複数ソリューション、コンテンツ開発ツール、より実用的な環境における評価実験の必要性がある。

2. 先行研究「全身太陽圏 (HelioPose)」

「全身太陽圏 (HelioPose)」[3] は、Kinect を用いた全身インタラクショナル可能なミュージアム向けエンターテイン



図 1 相模原市立博物館において常設化された「全身太陽圏」。裸眼ではゲームプレイのための全身コマンド、偏光フィルタを通してみると科学解説が表示され、複合ペルソナを想定した設計となっている。

¹ 神奈川工科大学 情報学部 情報メディア学科

² 神奈川工科大学 情報工学専攻
神奈川県厚木市下荻野 1030, Japan

a) ec2015@shirai.la

メントシステムであり、天文に関する科学情報を ExPixel を用いて多重化した世界初の展示物である (図 1)。2014 年 7 月 12 日より相模原市立博物館 2014 年度企画展「JAXA × 博物館 太陽にいどむ～日時計から太陽観測衛星まで～」で公開展示され、2015 年 1 月より相模原市立博物館に常設展示されている。

身長 130cm の子供プレイヤ向けには、ゲームプレイのためのインストラクションや、インタラクションのためのモーションコマンドを写真で表示し、身長が高い大人のプレイヤや周囲の観覧者には、このゲームが伝える科学についての解説が表示される。これは、ゲーム内のテキストやナレーションではなく、プレイヤの周囲にいる家族などが、科学解説を読み、家族内の会話として科学コミュニケーションを行えるよう、複合ペルソナ [4] を考慮した設計である。

一般的には市立博物館を代表とする公共のミュージアムでは、この規模のインタラクティブシステムの開発案件を独自に成立させられるほどの予算や技術力がない場合が多い。本開発プロジェクトは、相模原市市民協働事業として支援を受け、企画展の展示物として開発されたため、ゲーム用レンダリングエンジン Unity を使用し、8 人・数週間程度の規模で開発を実施することができた [5]。

3. ExPixel コンテンツの開発ツール

多重化不可視映像技術 (以下、単に ExPixel) を活用したいコンテンツ開発者や、驚きや注目を必要とするミュージアム展示企画者は多く存在しており、このような潜在的なユーザが利用することができるハードウェア、システム、コンテンツ開発ツールも多種多様に揃いつつある。そこで、本報告ではそれらをまとめ、多重化不可視映像コンテンツのための開発ツールの特性と運用も含めた多重化不可視映像技術の利用事例を課題とともに紹介する。本稿執筆時点の ExPixel コンテンツの開発ツールは主に 4 種類存在する。

3.1 Unity Shader(GPU) 版

ExPixel の前身となる、プロジェクトによる多重化隠蔽映像技術 ScritterH[6] では、XNA をベースとした GPU 上で実行されるピクセルシェーダとしての実装が中心であるが、コンテンツ開発の難度が高く、また XNA の提供者である Microsoft によって、XNA のサポート終了宣言がなされていることから、ExPixel においては、ゲームエンジンである Unity 上のビデオシェーダとしての実装および部品化が進められている。HDTV クラス (1920x1080) の解像度を持つ複数のビデオソース {3DCG 内カメラ、レンダリングテクスチャ、MPEG ファイル、WebCam デバイス} から、リアルタイム処理で多重化不可視映像を生成することができる。「全身太陽圏」にてはじめて実用テストされ、

数か月にわたる運用テストを通して安全性が確認されており、またハッカソンイベント「多重化クリエイソン」[7] を通じて、クリエイティブ面でのパブリックテストが行われており、試用可能な状態である。

3.2 FPGA 版

複数の HDMI ソースを FPGA ボードにおいて同期合成処理し、ExPixel 化した状態の HDMI 信号として出力する「ExPixel FPGA」が開発されている [8]。家庭用ゲーム機などの 1920x1080@60fps の HDMI 映像信号をそのまま多重化 [9] することができ、また PC やその他広範な HDMI 機器が使用できるため、今後の可能性は高い。ATLYS Spartan6 XC6SLX45 CSG324C プラットフォームにおいて、2 系統の入力 HDMI から ExPixel 化された 1 系統の ExPixel 映像を同期的に出力することができるハードウェアである。プロトタイピングが終了し、量産試作が可能な状態である。

3.3 CPU 版

インタラクティブなコンテンツは GPU 版もしくは FPGA 版でリアルタイム生成されるべきであるが、デジタルサイネージや動画再生など、コンテンツによってはリアルタイム生成が必要でない場合もある。ExPixel 化の処理は HDTV クラスの高速画像処理が必要になるため、CPU での実時間処理は現実的ではないが、事前変換処理で対応できるコンテンツであれば、事前に PNG 画像や MPEG 動画として生成し、壁紙やスライドショー、動画プレイヤーといった低コストのプレイヤーで実現可能である。このような目的で CPU 版変換ツールが開発されているが、内製ツールのため、公開の予定がない。

3.4 PowerPoint 版

CPU 版をより、使用しやすくしたツールとして、PowerPoint アドイン「ExPixel Generator」が株式会社富士通ソーシャルサイエンスラボラトリ (以下、富士通 SSL 社) の協力により開発されている。(図 2) Microsoft Office がインストールされた環境であれば、偶数/奇数スライド、もしくは同数スライドの複数ファイルからボタンひとつで多重化不可視映像が生成できるため、プログラム知識が全く不要なツールとなっている。多言語プレゼンテーションなどの利用用途が期待されており、現在、富士通 SSL 社より評価版が入手可能である。

3.5 まとめ: ExPixel コンテンツ開発ツールの現状

ミュージアム展示企画者に、ゲームやインタラクティブシステム開発予算や Unity を中心とした独自開発力がある場合、GPU 版を利用することで、表現力や応用可能性を最大限活用できる。FPGA 版は量産試作には至っていないが、プログラミング要素なしで既存の HDMI ソースを出力



図 2 ExPixel Generator による PowerPoint ファイルの変換

できる機器や PC のデュアルディスプレイを使い、多重化不可視映像の効果を確認することができるため、今後の活用の幅は多いだろう。CPU 版はもともと内製ツールとして開発されており公開の予定がないが、Web サイトによる変換サービスなどには需要があると考えている。「ExPixel Generator」は、PowerPoint がもつユーザ数、表現力、安定性や軽快さなどの面でミュージアムの現場に広く利用される可能性があるツールであるといえる。

4. 提案システム

4.1 システム面

PowerPoint を使った多重不可視映像のミュージアムサイネージでの使用シナリオとしては、多重化したいコンテンツを偶数／奇数ページに配置し、ExPixel Generator で多重化不可視スライドを生成後、PowerPoint 上のリハーサル機能で保存タイミングを記録するか、「画面切り替え」より画面の切り替えタイミングを「自動的に切り替え」を使い指定時間（秒単位）でページ送りを設定することができる。スライドショーオプション「ESC キーが押されるまで繰り返す」をチェックし、ppsx(PowerPoint スライドショー)形式で保存することで、自動再生プレゼンテーションファイルを作成することができる。このファイルのショートカットを自動ログインを設定した Windows アカウントのスタートアップに設定することで、電源投入時に自動で多重化スライドを表示する環境を構築できる。

コンテンツファイルは Dropbox でクラウドを使い同期することが容易である。保守のために TeamViewer や Splashtop Streamer 等の遠隔操作サービスを利用することで、再生状態をリモート確認することも容易である。実際にこのようなシステムでの運用が相模原市内数か所に散在する相模原市立博物館の分館・関連施設で運用されている。地域拡大により、各分館は自動車にて数時間の移動コストがあり、博物館担当者による頻繁な移動が現実的ではない。このような環境での情報発信に対して、3G 回線を



図 3 ExPixel Glass のインストール例：屋外に面したガラスショーケースの内側に、直角二等辺三角形に切られた円偏光フィルタが貼られている。従来の方式と異なり、幅広い身長ユーザに対して不可視画像を提示できる。

使った安価なネットワーク配信および保守環境が実現している。またサイネージ自身が充電および無線 Wifi スポットである「IT オアシス」として機能するという副次的な利点もある。

4.2 ハード面

全身太陽圏、相模原市立博物館での ExPixel 利用例は、フィルタをライトスタンドに組み合わせ、ディスプレイ前側に設置している。この方式はプロトタイピングの過程で、設置の容易さ、保守のしやすさ、体験者の身長による情報フィルタリングを制御しやすいといった状況から生まれた展示形態であった。

一方で、ライトスタンドを設置する方法は、プラネタリウム待ち列のような人員導線が動的に変化するようなインスタレーションでは利点があるが、体験者の接触により、破損の可能性や、最適視野範囲から外れた設置になる可能性がある。

そのため、新たな展示手法として、設備のガラス面を積極的に利用した展示手法を提案・評価している。ショールーム等のガラスの内側に ExPixel サイネージを設置し、室内側にカットした円偏光フィルタを張り付ける。以後この展示形態を「ExPixel Glass」と呼ぶ。

フィルタのカットは縦長、横長、3 角形など試行しているが、幅広い体験者の視点から、サイネージ全体が見やすい形状としては、直角二等辺三角形が見やすいことが報告されている(図 3)。円偏光フィルタのプロダクトパッケージの偏光方向の特性上、直方体よりも直角二等辺三角形のほうが切り出しやすいというコスト上の利点もあり今後より物理的な評価を実施していく計画である。

5. 多重化を活用したコンテンツ例

多重化を活用したコンテンツとしては、PowerPoint で作成したオープンキャンパスの学内案内の 2 つのファイル

を用意した後に、図2のExPixel Generatorを使用し、複数ファイル対象を選択し、裸眼画像に大学の地図のファイルと、眼鏡画像に施設の案内のファイルを読み込み、変換ボタンをこてで、図4のような2つのファイルが合成した状態になり、サイネージに繋ぎ実行することで、図3のように多重化不可視映像が完成する。

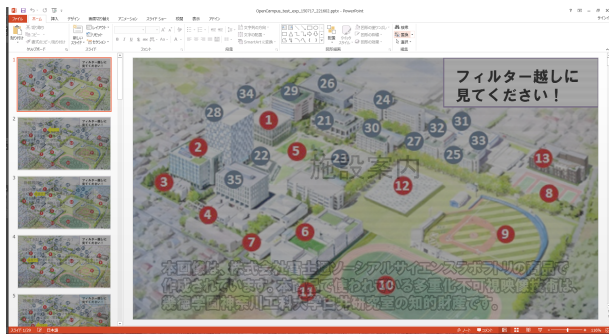


図4 ExPixel 化処理が施された PowerPoint ファイル

6. 実験

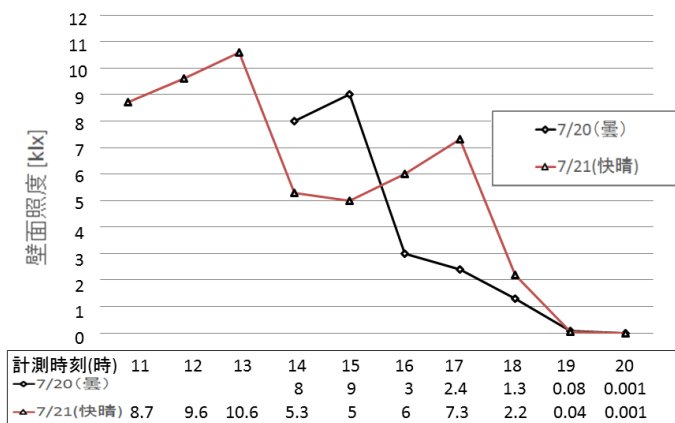


図5 真夏昼光下におけるガラス面照度

もっとも厳しい条件として、真夏の昼光下データを取得するべく平成27年7月20日と21日に環境光が多重化に与える影響を照度計と目視による多重化サイネージの視認性で調査した(図5)。時間ごとにサイネージ設置ガラス面および周囲の照度を測り、ガラスに張ったフィルタから多重化不可視映像の映り方を調べ、真夏の昼光条件下で、サイネージとして有効に機能できない時間帯とそのガラス面(壁面)環境照度の条件を明らかにすることが目的である。調査の結果、日差しが強い昼間は照度が高く、不可視側の映像の映りが悪くなり、逆に日が沈む時間帯は太陽が隠れるので照度が低く、不可視側の映像の映りが良くなることになった。今回の調査で、サイネージとして裸眼映像が視認できるガラス面照度が2000 lx以下、裸眼映像と多重化不可視を両映像ともはっきり視認できる条件はガ

ラス面照度が1000 lx以下の時であることが実験より明らかになった。この結果から、実験に使用した機材では、室内商業施設や一般的な晴天窓際であれば使用は可能であるが、真夏の屋外に近いロケーションではより明るい機材を使用しなければ、十分な時間多重化サイネージを利用できないことが明らかになった。今後継続的に調査したい。

7. まとめ

本論文は、ミュージアム向けの多重化サイネージシステムの実用的な技術として、複数のコンテンツ開発ツール、特にPowerPointによる方法「ExPixel Generator」と、フィルタをガラスに貼ることで多重化先の映像を提示できる「ExPixel Glass」による多重化サイネージシステムの提案を行った。ExPixel Glassは商業施設の地上階でのガラスショーケースを意識した展示手法であるが、円偏光フィルタの切り方や貼り方によって、多重化先の映像の見え方、ユーザへのアプローチが変化するため、今後、ユーザの身長や注視物との関係や、インタラクティビティについてもフィールドテストを実施したい。

評価実験として、特に厳しい条件である真夏の昼光下での環境照度と多重化表示の成立する条件を明らかにし、ガラス面照度1000~2000 lxにその成立境界があることを確認した。今後の発展として、さらなる実用的な評価データとして、円偏光フィルタの経年劣化、特に熱や紫外線に対する影響や多重化不可視効果が持続する期間の調査、より明るいサイネージ専用ディスプレイを使用した多重化などについて、調査を進めたい。

謝辞：本研究に協力いただいた、相模原市立博物館、相模原市市民協働事業、TEPIA 先端技術館、富士通 SSL、東芝リビングスタイル、大塚研究室、開発に協力していただいた白井研究室の各位にこの場をお借りして感謝の意を表します。本研究はJSPS 科研費研究課題番号：25330440「多重化隠蔽映像技術による新たな情報共有空間の創出のための映像制作手法の確立」の助成を直接受けたものではありませんが、研究成果を用いたものです。この場を借りて謝意を記します。

参考文献

- [1] 鈴木久貴, 白井暁彦: 多重化不可視映像技術(第1報) — 民生品ステレオ 3D フラットパネルでの実現 —, 第19回日本VR学会大会予稿集(2014)
- [2] Hisataka SUZUKI, Rex HSIEH, Akihiko SHIRAI, “Ex-Pixel: PixelShader for multiplex-image hiding in consumer 3D flat panels”, ACM SIGGRAPH 2014 Posters (2014/8/12)
- [3] 上石悠樹, 岡本遼, 小瀬由樹, 三上雄太, 白井暁彦「球体ディスプレイとモーション入力を用いた科学コンテンツのエンタテインメントシステム化と展示評価手法」(エンタテインメントコンピューティングシンポジウム(EC2014))
- [4] 白井暁彦, 「白井博士の未来のゲームデザイン-エンタテインメントシステムの科学-」, ワークスコーポレーショ

- ン (2013/11/26)
- [5] 上石 悠樹, 小瀬 由樹, 三上 雄太, 美濃部 久美子, 白井 暁彦, 木村 知之, 山田 陽志郎: 「博物館ネットワーク事業: 特殊映像を使った展示物の開発」, 相模原市立博物館研究報告, ISSN 1346-3683, pp.62-66, 第 23 集 (2015/3/31)
 - [6] 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」, 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)
 - [7] 多重化クリエイション,
<http://blog.shirai.la/blog/2014/10/multiplex-creathon/>
 - [8] 田口 裕起, 鈴木 久貴, 白井 暁彦「多重化不可視映像技術 (第 2 報)FPGA を用いたハードウェア化」, 電子情報通信学会技術研究報告 (信学技報), 電子情報通信学会, Vol. 114, No. 370, pp. 69-74 (2014/12/18)
 - [9] ニコニコ超会議 2015,
<http://blog.shirai.la/blog/2015/04/nicocho2015/>
 - [10] 株式会社富士通ソーシャルサイエンスラボラトリ, プレスリリース「新たなエクスペリエンスを提供する新商品の創出を目的としてエンターテインメントシステムのエヴァンジェリスト白井暁彦准教授と産学共同研究を開始～多重化・不可視映像技術の実用化に着手～」, (2014/7/31)
 - [11] Yannick Littfass, Hisataka Suzuki, Yukua Koide, Akihiko Shirai, " "Scritter" to "1p2x3D": application development using multiplex hiding imaging technology", Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2014 Proceedings
 - [12] Koki Nagano, Takeru Utsugi, Kazuhisa Yanaka, Akihiko Shirai, Masayuki Nakajima, "ScritterHDR: Multiplex-Hidden Imaging on High Dynamic Range Projection", SIGGRAPH ASIA 2011 Technical Sketches & Posters (Nov 2011)