

# 逆遠近錯視を用いたインタラクティブプロジェクションマッピングシステムの構築

小笠 航<sup>1,a)</sup> 片寄 晴弘<sup>1</sup>

概要：近年，インタラクティブプロジェクションマッピングの社会的認知が高まっている．しかし，一般的なインタラクティブプロジェクションマッピングは，立体感に欠ける演出が多く，プロジェクションマッピングの利点を生かすことができていないといえる．本稿では，逆遠近錯視を用いた立体感をインタラクティブプロジェクションマッピングに取り入れたコンテンツを提案する．

WATARU OGASA<sup>1,a)</sup> HARUHIRO KATAYOSE<sup>1</sup>

**Abstract:** Recently, we can see the growing interest by mainstream recognition in Interactive Projection Mapping. However, common Interactive Projection Mapping system doesn't have production of a three-dimensional appearance. These system can't have advantage in Projection Mapping. In this article, we propose the system that have production of a three-dimensional appearance with reverse perspective illusion.

## 1. はじめに

近年，プロジェクションマッピングの社会的認知が高まりつつある．プロジェクションマッピングとは，建物や物体．あるいは空間などの実物に対して，コンピュータで作成した CG 映像をプロジェクターなどで映写する映像手法を指す．投映対象に映像による光や陰影を与えることで，対象に新たな情報を付加することを可能とし，鑑賞者に創造的かつ，新鮮な表現や感動を与えることを可能としている．そのため，エンタテインメントの分野と親和性が非常に高いといえる．

このプロジェクションマッピングに対し，様々なセンシング技術を融合させることで，よりエンタテインメント性を高めることができる．故に，プロジェクションマッピングを使って観客が参加したり体験したりできる，インタラクティブな演出を行なったパフォーマンスやメディアアートに注目が集まっている．この技術は「インタラクティブプロジェクションマッピング」と呼ばれ，プロジェクションマッピングと同様，注目を集め，近年盛んに作られるようになっている．インタラクティブプロジェクションマッピングでは，普段目にしているものに自分の動きを反映さ

せた映像を投影することが可能である．この点に，ユーザは驚きと感動を感じることができ，コンテンツが楽しまっている要因の一つとなっている．ただ，プロジェクションマッピングが立体感を感じさせることに特化した演出が多いのに対し，インタラクティブプロジェクションマッピングでは，その立体感について考察されているものは多くない．そこで，本研究ではインタラクティブプロジェクションマッピングに対し，立体感を取り入れたコンテンツの開発を進めている．

立体感を取り入れた演出を行うため，本稿では，錯視の一種である逆遠近錯視に着目したコンテンツを提案する．逆遠近錯視とは，凹凸のある面に本来とは逆の遠近感をもつ絵を描くことによって，凹凸が逆になって見える錯視である．加えて，観察者がこの立体の前を左右に移動すると，描かれている絵が観察者に連動して移動しているように見える錯覚が発生する．この逆遠近錯視を取り入れた芸術作品には多くの作品があり，トリックアートの一つとして広く親しまれている．この錯視をインタラクティブプロジェクションマッピングに取り入れることで，照射される物体の立体感を生かしたトリックアートを作成することができる．

逆立体錯視とインタラクティブプロジェクションマッピングを融合させるシステムを作り，ユーザの感じる驚きと感動の向上を実現することを，本研究の目的とする．

<sup>1</sup> 関西学院大学 Kwansai Gakuin University  
Sanda, Hyogo, Japan

<sup>a)</sup> mezapa.ice@gmail.com

## 2. 関連研究・事例

### 2.1 インタラクティブプロジェクションマッピングについて

以前筆者が開発した TPPM[1] は、タブレット端末を用い、多人数の鑑賞者がプロジェクションマッピングされた映像の内容やエフェクトに、リアルタイムに関与することを可能とするアプリケーションである。また、筆者が関わった「関西学院創立 125 周年記念 クリスマスプログラム 時計台×プロジェクションマッピング」におけるインタラクティブパート [2] は、スマートフォンを操作し、プロジェクションマッピングされた映像に関与することができるイベントである。TeamLab 社が行った、Interactive Projection Mapping at Saga Castle! Hop, Step Jump! teamLab Trampoline Cannon! / チームラボ トランポリン大砲で、ぴょんぴょん飛んで、いろいろぶっ放せ! の巻 [3] では、トランポリン型デバイスの上で参加者が跳ねることにより、大砲が発射され、投影物の姿をインタラクティブに変化させることができる。このように、インタラクティブプロジェクションマッピングを取り入れたコンテンツは様々なものが開発されており、それぞれの場所で脚光を浴びている。しかし、これらの取り組みは、照射された物体の形状を生かした演出はなされているが、その立体感を利用した映像表現はあまり見られない。本コンテンツでは、逆遠近錯視を取り入れることで、この懸念点を解消することを目指している。

### 2.2 逆遠近錯視について

逆遠近錯視とは、実際の形状とは逆の絵画表現を立体物に施すことで、凹凸を逆に感じたり、観察者の移動に伴って、凸に知覚された部分が観察者を追いかけて向きを変えるように感じる錯視である。この錯視を使用した芸術作品は世界中で展示されており、特に画家である Patrick Hughes[4] は逆遠近錯視の専門家として数多くの作品を制作している。また、心理学的側面から研究した事例として、Cook ら [5][6] の研究がある。逆遠近錯視は絵画における濃淡や影、質感や色によって起因し、人間の脳の体性感覚連合野や視覚連合野に強い影響を与える錯視である。インタラクティブプロジェクションマッピングでは、投影物に対し様々な映像表現が可能であるため、立体物の表面における絵画表現によって錯覚を引き起こす逆遠近錯視と相性が良い。また、通常逆遠近錯視絵画にはない動画を取り入れることができ、錯視に対する驚きと感動の向上につながる。加えて、ユーザの動きを取り入れた映像にすることで、投影物への没入性を高め、ユーザにより錯視による驚きを感じさせることも可能である。本システムでは、この二つのコンテンツの融合を実現することを目指す。そのために、奥行きを感じさせるような動画を用いた映像表現や

エフェクトに加え、本来の絵画には生まれぬ、ユーザの動きによる影を避けるために背面からのプロジェクションマッピングを実装している。

### 2.3 CG・CV 分野における錯視の研究について

CG・CV 分野における錯視の研究は、錯視立体図形のモデリング手法として、Wu らの手法 [7] や、Owada と Fujiki の手法 [8] などがある。ただし、彼らの手法は不可能図形と呼ばれる種類の錯視立体図形を作るためのものであり、逆遠近錯視の立体は対象としていない。また、逆遠近錯視のモデリングをするための手法として、伊藤ら [9] の手法が挙げられる。しかし、この手法は、逆遠近錯視をもつ立体を作成できるのみであり、人間の動きに合わせたインタラクティブな動作は可能でない。

## 3. システム概要

本システムの概要図を図 1 に、実際の動作の様子を図 2 に示す。

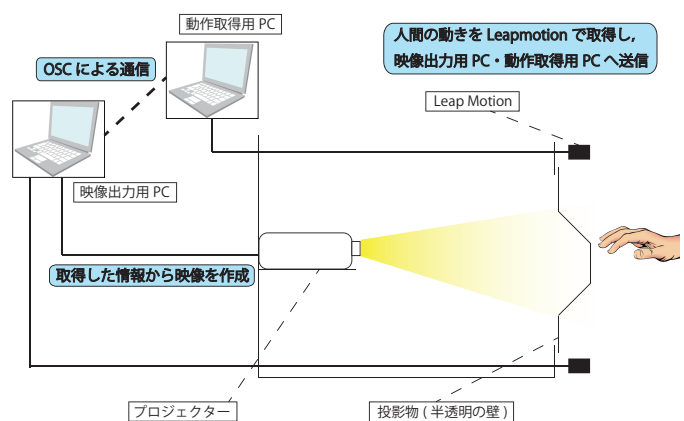


図 1 アプリケーション概要図

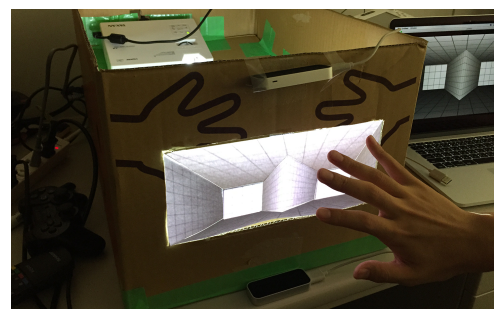


図 2 実際の動作の様子

本システムでは、人の動きの入力を実世界インターフェースとすることで、投影される映像効果によるユーザの驚きや感動をより高めている。実世界インターフェースを実装するため、今回は入力モジュールとして Leapmotion を利用する。これにより、投影物にユーザが手をかざす動きを

認識し、映像へと反映させることを可能としている。また、本システムでは Leapmotion を 2 台使用する。これは、上下どちらから認識した場合、立体物の陰になっている部分の認識ができないことを避けるためである。このとき、一台の PC で複数の Leapmotion を動作させることは不可能であったため、PC をもう一台用意し、動作の取得結果を OSC を用いて映像出力用 PC に送信している。

立体物への投影は背面からプロジェクターを用いて投影する手法を用いている。これは、ユーザが投影物に対して手を近づけた時に発生する影をなくし、可視性を高めるためである。

立体物の形状は、錯視の効果を強めるために、Cook らの提唱する典型的なキャンバスを参考にしている。このとき、奥行き以外の他に、凸凹の数および「空」と「地面」の連続性に重点を置いたものとしている。

立体物に投影される映像効果として、ユーザの驚きと感動をより高めるため、実際の物体との逆の遠近感を感じるためのものを用意した。その例を図 3、図 4 に示す。また、絵画表現ではできなかった、動画を取り入れることでユーザの投影物に対する形状認識の錯覚を促している。これにより、ユーザに対し映像による実際とは逆の凹凸を意識させ、錯視へ引き込むことを可能とした。

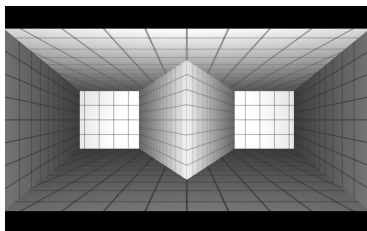


図 3 映像表現の例 1. 図では分かりにくいですが、壁のテクスチャにアニメーションを使用している。

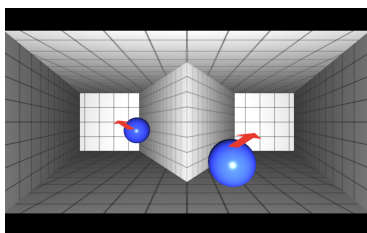


図 4 映像表現の例 2. 手の動作に合わせて球が現れ、画面奥へ向かうようなアニメーションが発生する。

Leapmotion の制御と投影される映像の表現には、錯視映像の作成作業の効率化、モジュール管理の優位性を考慮して、Unity を使用している。

#### 4. まとめ・今後の展望

今回作成したシステムは、プロトタイプとしての役割が大きい。

その理由として、まず、投影する対象物の変形には対応しておらず、決まった投影物に対してのみの対応となっているという点が挙げられる。参加者の私物に対応した錯視映像を作成した方が、普段の認識と錯視による錯覚の差が大きく、参加者の驚きと感動をより引き出すことができるだろう。

また、立体物のサイズが小さいため、映像演出を鑑賞できるのは、実際に手をかざしている人やその周りの数人とどまってしまう。逆遠近錯視のおもしろさの一つとして、作品を様々な角度から見たときの視差の違いによる見え方の違いが挙げられるため、大人数で鑑賞した方がよりたくさんの驚きと感動が生まれると考えられる。この点を利用したデジタルサイネージへの応用も可能であると考えている。

加えて、2 章で述べたように、逆立体錯視を利用した絵画における心理計測の研究が行われている。この研究では本システムで実現したような、逆の遠近感を意識させる動画による錯視や、人の動きとインタラクティブな動作による錯視は考慮されていない。本システムを利用することによる心理効果や、観測者に与える影響における前例研究との違いの調査を今後行っていきたい。

#### 参考文献

- [1] 小笠航, 片寄晴弘:TPPM(Take Part in Projection Mapping):タブレット端末を用いた大人数参加型プロジェクションマッピングアプリケーション, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2014 論文集, p.77-79, 2014
- [2] 小笠航, 片寄晴弘:インタラクティブプロジェクションマッピングの実践事例報告, 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), 2015-EC-35(5), 1-5 (2015-02-23)
- [3] Interactive Projection Mapping at Saga Castle! Hop, Step Jump! teamLabTrampolineCannon! / チームラボ トランポリン大砲で、びよんびよん飛んで、いろいろぶっ放せ! の巻 :入手先 <[http://www.teamlab.net/all/other/trampoline\\_saga.html](http://www.teamlab.net/all/other/trampoline_saga.html)>(2015.07 確認)
- [4] Patrick Hughes Reverspective:入手先 <<http://www.patrickhughes.co.uk/>>(2015.07 確認)
- [5] Norman D Cook, Asami Yutsudo, Naoki Fujimoto, Mayu Murata:Factors contributing to depth perception: behavioral studies on the reverse perspective illusion, Spatial Vision, Vol.21, No.3-5, pp.397-405, 2008.
- [6] Takefumi Hayashi, Chie Umeda, Norman D Cook:An fMRI study of the reverse perspective illusion, Brain research 1163, pp.72-78, 2007.
- [7] Wu, T.-P., Fu, C.-W., Yeung, S.-K., Jia, J., and Tang, C.-K.: Modeling and Rendering of Impossible Figures. ACM Transactions on Graphics (ACM TOG), vol. 29, No. 2, Article 13 (March 2010).
- [8] Owada, S., and Fujiki, J.: DynaFusion: A Modeling System for Interactive Impossible Objects. Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR) 2008, pp. 65-68.
- [9] 伊藤 紘治, 金森 由博, 三谷 純, 福井 幸男:逆遠近感を利用した錯視立体図形のモデリング, 芸術科学会論文誌, Vol.12, No.3, pp.143-151, 2013.