

## 実時間プロジェクションマッピングに関する研究

東和信<sup>†1</sup> 野地朱真<sup>†2</sup>

プロジェクションマッピングは大規模なイベントだけでなく、屋内の小規模なエンターテインメントやアート表現で注目されている。本論文では、鑑賞者が実空間との融合により臨場感を増大する手法として実時間表示による演出に注目し、v4 を用いた PC 内の空間マッピング開発を試みた。その結果を報告する。

## A Study of Real time Projection Mapping

KAZUNOBU AZUMA<sup>†1</sup> SUMA NOJI<sup>†2</sup>

In recent years, projection mapping contents have been developed not only for large scale buildings but also small space. This paper proposed an improved method of presentation for Real-time Projection Mapping in small space. The projection target objects can be reconstructed and animations, simulation programs can be controlled in real time as a video jockey.

### 1. はじめに

近年、屋外の大規模なプロジェクションマッピングがエンターテインメントや広告の手法として注目されている。現実の物理空間にある形状を利用した映像の提示は、AR の一種として捉えることができる。アズラボ (株) では 2004 年頃より、都市環境と融合する空間演出を手掛けてきた。[1] また [2] で示すように実空間でのエフェクトとして画像認識を用いてリアルタイムかつインタラクティブな映像表現の開発を行った経緯がある。これはボウリング場のレーン上部に 4 台の画像認識用カメラとプロジェクターによりボウルの動きに追従するリアルタイム動画を生成している。体験者にとって極めて空想的な現実空間を提供することとなった。本論文では屋内でのリアルタイムプロジェクション・マッピングを目的として、PC 内の CG 空間に物理空間を添わせる方法で実現した小規模なリアルタイム動画表示手法を提案する。従来手法に加えて改良したのは次の 3 点である。

- ① 投影対象形状の追加と設計
- ② 画像素材の動画表示制御および①に対応するシミュレーション
- ③ 各シーケンスの表示順および合成のリアルタイム創出従ってあらかじめ用意された動画ではなく、ここでは静止画像、シーケンスファイル、を演出意図によってリアルタイムに表示したり、物理シミュレーションを任意に提示できる VJ 方式のコンテンツ開発を試みている。

### 2. 物理形状の特性を利用した映像表示

文献[1][2]で示したように、都市の建造物やインテリアなどの物理的な環境の形状を利用し、日常の空間に親和性のある視覚表現はダビンチの教会壁画「最後の晩餐」や路面のトリックアートなどでも見受けられる。現代においては東京駅やスカイツリー、あるいは水族館などでのプロジェクションマッピングによるコンテンツが盛んに開発されている。また、この新しい映像提示における効果や演出の方法についても[3][4]のように研究されてきた。従来のスクリーンやシアター空間に限定されない、身近に楽しめるアート、エンターテインメントとしての映像提示方法は、現実の環境に新しい付加価値を与えると考えることが出来る。受け手が気軽に楽しみ、また生活空間に在りながら仮想の世界を味わうことが出来るようになった。この普及の要因にはプロジェクターや LED などの映像機器の性能の向上があるとはいうものの、大型のビルなどを対象とした屋外用のプロジェクターでは 1 万ルーメン以上程度の輝度が要求され、これらは大型で重量も重い。コストもさることながら移動や設置には負担のかかる状況にある。ウィンドウディスプレイなど小規模な空間でのプロジェクションマッピングの有用性と歩行者の視線に追従する 3DCG 映像の補正については[5]において研究されており、実時間プロジェクションの実現にむけて様々な技術課題が解決されて来た。さらに動的対象物に投影する際のキャリブレーションやフォーカスで生じる課題について橋本らはキネクトを深度センサで用いる手法などを提案している。[6][7][8]。

本論文では小規模な空間で手軽に楽しめるコンテンツを提供することを目標に、3 章で述べる複数の実験を行った。

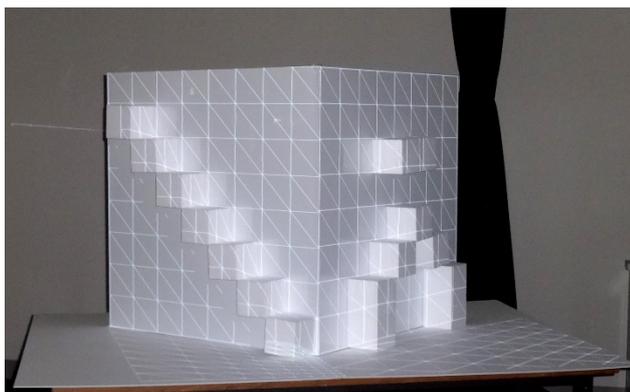
<sup>†1</sup> アズラボ(株)  
AZ Lab.Inc

<sup>†2</sup> 尚美学園大学大学院  
Shobi University

投影対象に用いたのは基本形状である 80cm×80cm の立方体の 2 面および、演出家が自由に構成可能な小型の立方体を複数組み合わせさせた形状である。そしてこれらを利用してプロジェクションマッピングを行うシステムを開発した。図 1 はそのテストに用いた基本立方体と小立方体とテストの様子を示す。鑑賞者は立ち姿勢で鑑賞することを前提としたため、高さ 70cm の台に乗せている。図 2 は基準グリッドを投影した様子である。プロジェクターは歪み補正のしやすい小型の CANON WUX350 を使用し、鑑賞者の影で映像が遮られないよう 180cm の高さからプロジェクションを行った。



図 1 80cm の基本立方体と小立方体  
Figure 1 Base Cube and small cubes



た。

図 2 オブジェクトに 3 面のグリッドを投影  
Figure 2 Cube objects projected 3grid patterns

### 3. v4 を用いた実時システムの構築

最近では浅井信道が TV 番組 SMAP&AMAP[9] で発表したフェイスキャプチャにより顔面に投影する作品のように実時間のプロジェクションマッピングが大きな話題になっている。鑑賞者の参加性と臨場感を高め、投影対象オブジェクト自体を動かすことで、意外性を与えまた固定された映像の再現ではなく、演劇や楽器演奏のようにパフォーマンス

ンスとしての表現に拡張され、よりインパクトを与えるコ



図 3 小立方体のみへの動画表示の演出  
Figure 3 Expression of a projection on a just small cube.

ンテンツとしてのスタイルが期待されている。作品「box」(bot&Dolly,2013) や Nobumichi Asai が 2014 に発表した「OMOTE」において、今後の展開の方向性のひとつとして示されている。本システム開発の目的は、プレゼンテーションの狙いや対象によって演出家がコンテンツの構成や時間の長さをリアルタイムに表示可能とすることである。更に投影対象オブジェクトを複数用意し、目的によって異なる設計が出来るようにした。図 3 はひとつの小立方体のみにも 8 枚の歩行画像シーケンスを表示している様子を示す。表示のフレームレートは v4 で制御している。このプロジェクションシステム開発では vvvv (以下 v4) を用いた。コンテンツ制作の手順は、まずテーマを決め、シーンに必要な静止画像およびそのシーケンスを用意し、v4 により表示のタイミングを調整することで動画を実時間で作成する。図 4 に v4 の制御画面を示す。

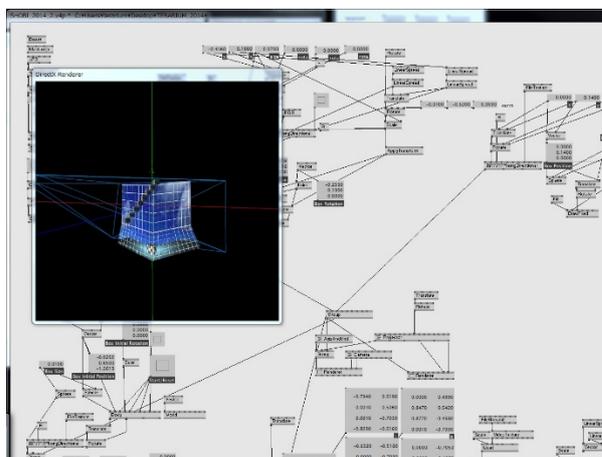


図 4 グリッド投影と v4 の制御プログラム(patch)画面  
Figure 4 Grids projection and its v4patche

またバウンスの物理シミュレーションやパーティクルの発生といったプログラムによる動画の生成も行った。図5はパーティクルシミュレーションのみ投影した状態である。図6はパーティクルと階段状に構成した小立方体にバウンスするボール群の物理シミュレーションを合成して表示した様子を示す。また図7はその v4 による記述 (パッチ) のキャプチャ画像である。V4 でのプログラミングにより、PC のナンバーキーに表示・生成内容をシーン毎に割り当てることで、演出家が容易にコンテンツの実時間コントロールが行えるようになった。そこで同一の画像素材を用いて VJ のように音に合わせて創出することも行えることになっている。依って、毎回異なる演出選択が可能となった。このシステムの特徴として物理形状に合わせてコンピュータ内 CG 空間をプロジェクションするのではなく、コンピュータの空間に物理空間をマッピングする手法をとっている。従って投影する形状の 3D モデルを制作することはしていない。



図 5 パーティクルのみのプロジェクション  
Figure 5 Particle simulation



図 6 ボールバウンスシミュレーションとパーティクル  
Figure 6 Composed bouncing balls dynamics and Particles

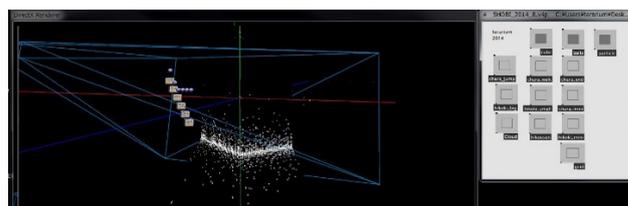


図 7 図 6 の v4 patch  
Figure 7 v4 patches of Fig.6

#### 4. 空間の構成と演出

ここでは演出の自由度を拡張する目的で、プロジェクション対象の基本立方体に加えてその表面上の任意の位置に任意の数で付与できる発砲スチロールの小立方体を用意した。演出ではこれらを自由に構成して豊富なプロジェクション形状を設計する。小立方体映像の内容によって家、階段、門、窓といった演劇の道具立ての役割を果たす。図8はコンテンツに使用した画像およびシーケンスである。図9～12は階段をジャンプするキャラクターの動画と階段に適用した文字テキストの表示他、v4により合成を制御した小シーケンスの演出を示す。基本立方体の表面にマグネットシートを貼り、付与する小立方体の底面に薄いマグネット板を貼り付けている。これらは鑑賞者の想像力を膨らませることに役立つ。このような仕掛けによって毎回変更可能な新しいプロジェクションマッピングが可能になった。

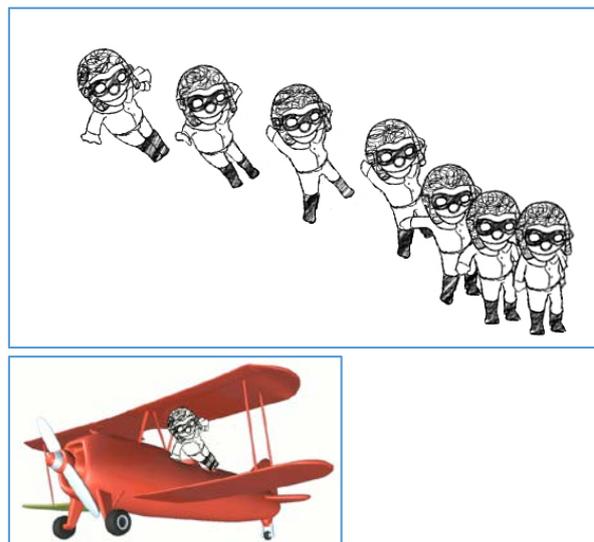


図 8 ジャンプアニメーションの画像シーケンス (上)  
動画用素材. V4 で座標変換による制御を適用 (下)  
Figure 8 above: Image sequence of jump  
below:object for animation controlled by

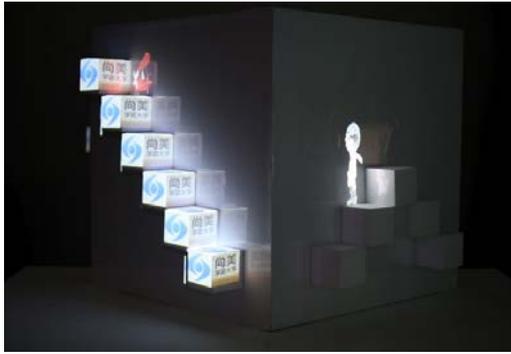


図 8 小立方体に投影したテクスチャとキャラクターアニメーションの合成

Figure 8 Composition of 2D Textures and character animation

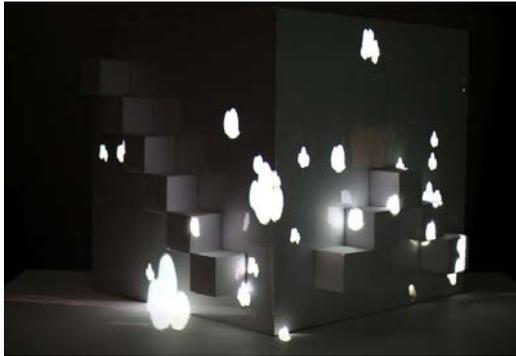


図 9 雲の動画

Figure 9 Cloud animation



図 10 雲と飛行機の動画

Figure 10 Cloud animation

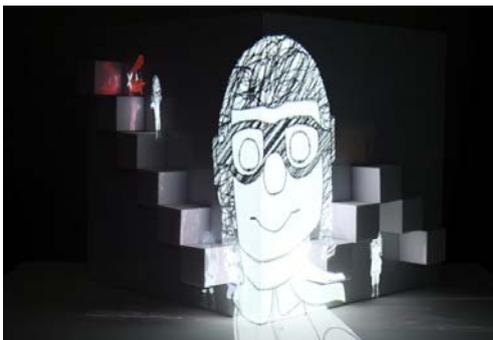


図 11 大小立方体の形状に適用された 3 種類のキャラクターアニメーション

Figure 11 3 types of character animations applying big and small cubes

## 5. おわりに

今回、内の小規模空間における立方体への実時間プロジェクションマッピングの手法として、v4 を用いたシステム構築を提案した。まず演出の自由度を向上するために映像を投影する対象オブジェクトそのものをコンテンツに応じて毎回設計可能にした。そのために基本立方体に加えて複数の小立方体を付与することとした。これらは球などの他の形状に置き換えることも出来る。演出としてプレゼンテーションの目的や時間長に応じて、各動画シーケンスの選択、表示順序や合成、を VJ のように任意にするために、各シーケンスの起動をキーボードに割り当てた。これにより演出の意図に沿ったコンテンツを実時間で創出出来ることとなった。コンテンツ開発にあたっては予めレンダリングした動画シーンは用いず、静止画像およびそのシーケンスを v4 上で制御して動画表示のタイミングや速度を決定できる仕様とした。これにより同一の画像素材でも異なる演習が可能となった。

今後はキネクトなどの画像認識装置を用いて、鑑賞者が投影物体を任意に設計する環境で自動にオブジェクトを認識し実時間で映像を生成するシステムへの改良を計画している。

## 参考文献

- 1) 東和信、野地朱真:都市空間に遊蕩するユビキタス映像コンテンツの創出, NICOGRAPH25 周年記念大会予稿集, CDRom (2009)
- 2) Kazunobu Asuma, Suma Noji: Real-time VFX for Physical space using multi Sensors, SIGGRAPH ASIA, acm (2009)
- 3) 長友俊樹, 伊藤弘樹, 菊地司: プロジェクションマッピングの演出手法に関する研究と制作, 映像情報メディア学会技術報告, vol. 36 (16), pp21-22 (2012)
- 4) 古郡唯希, Campana Rojas Jose Maria, 小林孝浩, 平林真実: プロジェクションマッピングのコンテンツにおける視覚的認知効果を用いた演出技法の体系化, 情報処理, IPSJ2014, B0-3, (2014)
- 5) 松崎衆: プロジェクションマッピングを用いた視点追従型ウィンドウディスプレイ, 研究報告(EC), 2014-EX-31, Vol. 64, pp1-7 (2014)
- 6) 桜井純一、橋本直己: 超臨場感を実現するインタラクティブプロジェクションマッピング, 映像情報メディア学会技術報告 36 (8), pp. 105-108 (2012)
- 7) 長岡亜耶, 橋本直己: 深度センサを用いた手軽なプロジェクタキャリブレーション, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 37, pp. 3-6 (2013)
- 8) 田代, 斎藤仙, 小川智史, 橋本直己: 動的物体への映像投影における焦点ボケの解消, 映像情報メディア学会技術報告, vol. 38, No. 9, pp27-30 (2014)
- 9) <http://www.spoon-tamago.com/2015/01/06/face-hacking-nobumichi-asai-applies-digital-makeup-to-smap/>