

トリックアートを用いたプロジェクションマッピング制作 に関する研究

Projection Mapping Production using Trick Art

赤松 克馬†
Katsuma Akamatsu

村木 祐太†
Yuta Muraki

西尾 孝治†
Koji Nishio

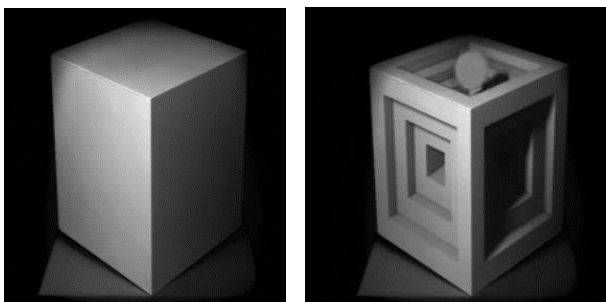
小堀 研一†
Ken-ichi Kobori

1. はじめに

近年、建築物や製品などの立体物をスクリーンに見立て、映像を投影するプロジェクションマッピング(PM)が注目を集め、様々な研究^{[1][2]}がされている。PM はエンターテイメントやプロモーションなどで発展しており、質の高いコンテンツを制作することが求められる。

しかし、PM 技法のひとつである 3D 表現は熟練された技術と多くの時間が必要であり、作成に労力を要する。3D 表現は、トリックアートで用いられる視覚効果を利用することで、図 1 のようにスクリーンの変形や仮想物体の出現が実空間で行われているように投影する表現である。また、3D 表現は特定の視点からスクリーンを鑑賞することで立体感を演出できるが、鑑賞する視点が限定される問題点もある。

そこで、本研究では Kinect を用いて鑑賞者の視点を推定し、スクリーンに投影する映像を計算する。提案手法では、PM 環境を仮想空間上で再現し、その空間上でコンテンツ制作を行い、仮想スクリーンに投影する映像を計算した後、実空間スクリーンと位置合わせする。そして、仮想プロジェクタからの描画結果を実空間でプロジェクタからスクリーンへ投影することで、トリックアートを用いた PM を実現する。



(a) スクリーン (b) 映像投影後
図 1 3D 表現

2. 提案手法

本手法では、図 2 のような PM 環境を仮想空間上で再現し、3次元でコンテンツを制作する。そして、その仮想空間上で配置したスクリーンと視点、仮想物体、プロジェクタの情報を入力とし、図 3 に示す流れで処理を行う。これにより、プロジェクタから投影する映像を算出し、視覚効果を利用した PM を実現する。

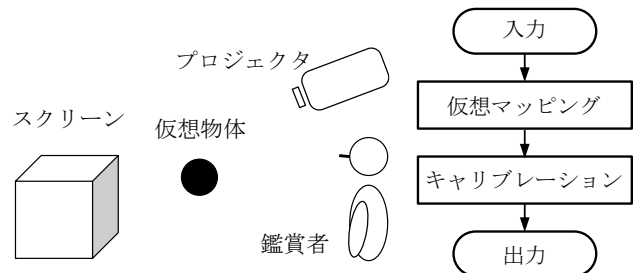


図 2 PM 環境

図 3 処理フロー

2.1 仮想マッピング

仮想マッピングでは、3工程の処理を行うことで、プロジェクタから投影する画像を生成する。ここでは、図 4 のような仮想空間を入力として説明する。

まず、入力された仮想空間に対して陰影を付ける。影は図 5(a)のように光源の位置から物体に向けてレイトレーシングを行い、スクリーンが物体と重なる部分に付ける。陰影付けを行った後、同図(b)のように視点位置からレンダリングする。そのレンダリングした結果をテクスチャとして取得する。

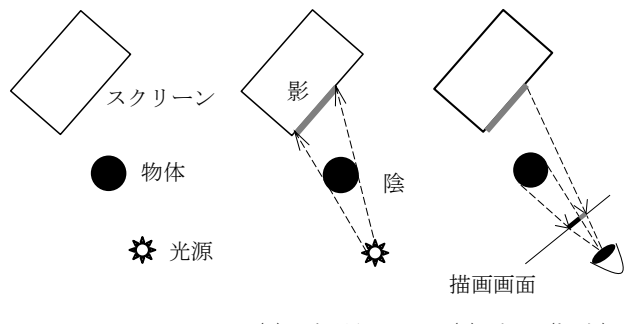


図 4 仮想空間

(a) 陰影付け (b) 描画(視点)
図 5 テクスチャ取得

次に、図 6 のように物体を除いたスクリーンに向けて視点位置から投影マッピングを行う。投影マッピングの際に、視点位置からレンダリングした結果をテクスチャとしてマッピングすることで、仮想物体がない実空間スクリーンに投影したときに、仮想物体を含むレンダリング結果を投影することができる。

最後に、マッピングされたスクリーンを図 7 のようにプロジェクタ位置からレンダリングすることで、投影する画像を生成する。

† 大阪工業大学 Osaka Institute of Technology

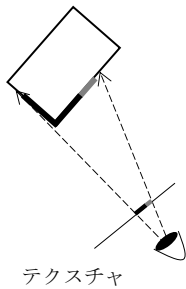


図 6 投影マッピング

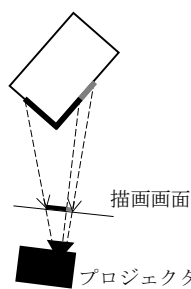


図 7 レンダリング

2.2 キャリブレーション

キャリブレーションでは、プロジェクタと Kinect の位置合わせと投影画像の輝度補正を行う。

プロジェクタの位置合わせでは、仮想空間で得られる投影画像を実空間のスクリーンに投影するために、仮想空間と実空間のプロジェクタ位置を合わせる。これは、仮想スクリーンの任意の頂点を実スクリーンの頂点と対応付けることでキャリブレーション^[9]を行う。なお、頂点を対応付ける際、実スクリーンの頂点は図 8 のようにプロジェクタで投影し、頂点を確認しながら指定する。6 点以上の任意の頂点を対応付けることでキャリブレーションを完了し、適切に PM を行うことができる。

また、投影の際に Kinect の位置と方向を示したマークを仮想空間に配置して図 9 のように投影指定することで、仮想空間と実空間の Kinect の位置と方向を合わせる。そして、Kinect の深度情報によりヘッドトラッキングを行い、仮想空間と実空間の鑑賞者の視点を合わせる。

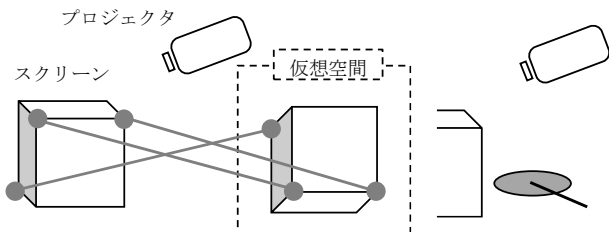


図 8 頂点の対応付け

図 9 投影指定

輝度補正では、スクリーン表面の輝度を均一にするために、投影画像の輝度をスクリーンの面領域ごとに補正する。スクリーンは配置する場所や方向によって、プロジェクタの光が減衰し、表面の輝度が均一にならない。そのため、プロジェクタから面までの距離 d とプロジェクタと面の法線との角度 θ を用いて式 1~3 から輝度を算出し、投影画像の輝度を補正する。なお、 L が投影画像の輝度であり、 d_{max} と θ_{max} はそれぞれ、スクリーン全面に対する最大距離と角度である。

$$L' = L_1 \cdot L_2 \quad (1)$$

$$L_1 = L \left(\frac{d}{d_{max}} \right)^2 \quad (2)$$

$$L_2 = L \cdot \sin \left(\frac{\theta}{\theta_{max}} \cdot 2\pi \right) \quad (3)$$

3. 実験と考察

提案手法により、トリックアートをを用いた PM が実現できていることを確認するために実験を行う。実験では、スクリーンの立方体とプロジェクタ、Kinect を図 10 のように配置し、鑑賞者のヘッドトラッキングを行い、マッピング結果を確認する。なお、Kinect の位置はプロジェクタで投影したマークにより指定する。今回は図 11 のような仮想空間を入力として実験を行った。

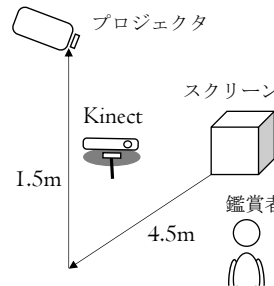


図 10 実験環境

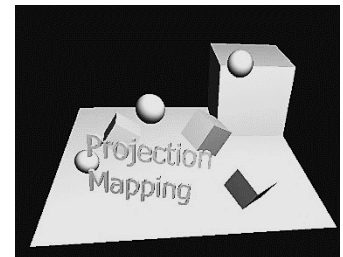
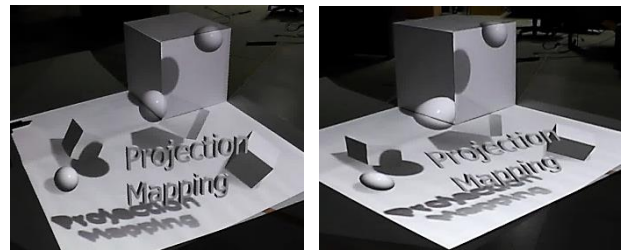


図 11 入力

図 12 に鑑賞者の視点と別角度から撮影した実験結果を示す。同図より歪ませてマッピングした結果、視点からトリックアートの視覚効果を利用した PM が行えていることがわかる。



(a) 視点

(b) 別角度

図 12 実験結果

4. おわりに

本研究では、PM コンテンツ制作を仮想空間上でを行い、Kinect を用いてヘッドトラッキングを行うことで、トリックアートをを用いた PM を実現した。今後の課題としては様々なコンテンツを作成するため、エフェクトを拡充する。

<参考文献>

- [1] 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”, 映像情報メディア学会技術報告, vol.37, no.7, pp.3-6, 2013.
- [2] 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”, 情報処理学会 インタラクシオン, ID.B2-0, pp.391-396, 2014.
- [3] Z.Zhang, “A flexible new technique for camera calibration”, IEEE TPAMI, vol.22, no.11, pp.1330-1334, 2000.