

影内部映像に対するインタラクションの提案

岩崎 妃呂子¹ 水野 慎士¹

概要：本研究では実物の影内部に投影された映像とユーザの影とを用いたインタラクションを実現するシステムを提案する。このシステムでは、実物影を生成している物体そのものを傾けるなどの動作を行うことで、映像も動作に対応して動いたり、ユーザが自身の影で映像に手を入れ、映像内の物を持って取り出すといった、まるでテレビの中に自分の手を入れている様な体験をすることができる。また、影内部以外でスクリーンに投影されたものは仮想影としてモノクロで投影することで、影の内部は色が付いているが、それ以外は影という不思議な空間を創り出している。本システムでは Kinect を用いて取得したデータを基にシミュレーションを行うことで、仮想影や影内部映像を制御し、様々なインタラクションを実現している。

A Proposal of Interaction with Images Projected inside Shadows

HIROKO IWASAKI¹ SHINJI MIZUNO¹

1. はじめに

近年、映像機器や映像生成技術の発達や普及により、エンタテインメントや広告の分野などでデジタル映像の活用が広がっている。例えば、HMD を用いたデジタル映像お化け屋敷 [1] や、ダンスの演出のためのインタラクティブ映像生成手法 [2] などが報告されている。このように、映像技術の進歩によって新しい表現方法が次々と実現されており、特に人の興味を惹き付けることを目的として更なる発展が期待されている。

このような背景の中、著者らは実物影と仮想影とのインタラクションを行うシステムを開発している [3]。このシステムは、実物影と非常によく似た見かけの仮想影を実物影と同じスクリーン上に映して、実物影を用いて仮想影を操作することでインタラクションを行うシステムである。例えば、揺れるカゴの実物影から蝶の仮想影が飛び出したり、蝶の仮想影が人の実物影に止まったり、じょうろの実物影から水滴の仮想影が流れ出たりする。これにより、ユーザは影を通じてデジタル空間との様々なインタラクションが可能である。

実物影と仮想影とのインタラクションは、エンタテインメント分野でいくつか実使用されている。例えば、2016 年



図 1 「RYUSEI IKEBANA JAPAN」でのコラボレーション作品の様子

4 月に開催された「RYUSEI IKEBANA JAPAN」では、いけばなのコラボレーションを果たしており、幼稚園児から高齢者まで幅広い年齢層の方に体験してもらい、いけばな本体と影絵のどちらも楽しめるコンテンツであると高い評価を受けた (図 1) [4]。このように、影を使ったデジタルコンテンツは様々な人々に親しみやすいながら大きな興味を引かせることが可能であり、表現方法を工夫することで、より魅力的なコンテンツを実現できる可能性があると考えられる。

そこで本研究では、我々の実物影と仮想影を用いたコンテンツの拡張を行う。本システムは、従来の実物影と仮想影とのインタラクションに加え、実物影内部に投影された

¹ 愛知工業大学 情報科学部

映像とのインタラクションを可能にする。これにより、影の内部に映像を投影する物体をディスプレイと見立てることで、まるでテレビの中に手を入れたり、その中の映像に干渉するといったことを擬似的に体験することができる。そして、ディスプレイに見立てた物体自身に対しても仮想影を投影することで、近くで体験しているユーザとそれを遠くで見ているユーザとで、異なる体験を与える事が可能になり、エンタテインメントや広告の分野などで、新たな印象をユーザに与えることが期待できる。

2. 影内部映像投影システムの概要

提案システムは、筆者らが参考文献 [3] で開発した実物影と仮想影を用いたインタラクションシステムと同様に、2 台のプロジェクタ（プロジェクタ 1 およびプロジェクタ 2）、スクリーン、Kinect、PC、そして影を生成するための物体で構成される。システムの概要を図 2 に示す。

プロジェクタ 1 は離れた位置から投影する一般的なタイプのもので、実物影を生成するための光源および仮想影の投影に用いる。プロジェクタ 2 は超短焦点タイプのもので、スクリーンの直下から実物影の内部に映像を投影するために用いる。ユーザや物体がスクリーンとプロジェクタの間に入ることによって、実物影とプロジェクタにより投影される仮想影および映像が同一スクリーン上に表示される。

スクリーンの前には、ディスプレイを想定した四角形の物体を複数個配置する。プロジェクタ 1 を光源とすることでスクリーンにはディスプレイ想定物体の影が生成されるが、プロジェクタ 2 で影の内部に映像を投影することで、影自体がディスプレイになったような状態となる。

ユーザがスクリーンの前に立つとユーザ自身の影も生成される。ここでユーザの手の影を物体の影に重ねると、ディスプレイ想定物体の影内部の映像にはユーザの手の映像が表示される。これにより、まるでディスプレイの中の世界に手を差し入れたような状態となる。そして、影内部の映像に含まれる CG 小物体を移動するなど、映像とのインタラクションを行うことができる。

ディスプレイを想定した四角形物体自身にもプロジェクタ 1 を用いてシルエット表現の CG 小物体の映像を投影する。これにより、スクリーンの映像が四角形物体に隠れて見えない場所にいる人でもユーザのインタラクションを観察することができる。そして、映像の表現方法を変えることで、影内部映像を見るユーザと離れた場所から物体投影映像を見る人で異なる印象を与えることができる。

システムでは、Kinect を用いて実物影を生成する物体の三次元情報を取得し、実物影のシミュレーションを行うことで、適切な位置に映像を投影することを可能にしている。

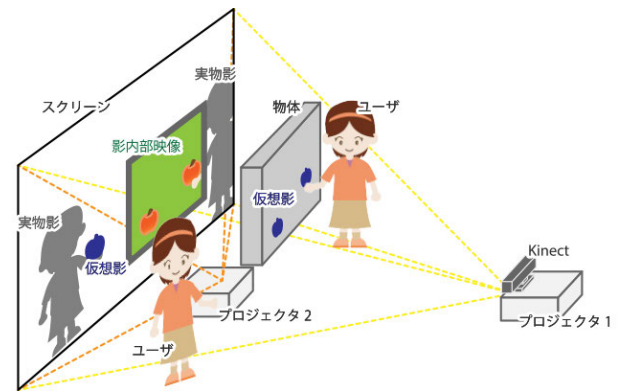


図 2 提案システムの概要

3. 提案システムの実現方法

3.1 概要

実物影内部への映像投影や実物影を通じたインタラクションを行うには、実物影が生成される位置の情報が必要である。また、実物影がどの物体によって生成されたものか識別する必要がある。そこで、提案システムでは Kinect を用いて影を生成する物体の深度画像、色画像、人の関節点座標を取得している。そして、実空間と同等の CG 空間を構築して、深度画像から生成された立体形状データに基づいて実物影のシミュレーションを行うとともに、深度画像に加えて色画像と関節点座標を用いて、影を生成する物体の識別を行っている。これは、参考文献 [3] で用いた手法とほぼ同じである。

3.2 ディスプレイ想定物体の識別

ディスプレイ想定物体の検出には Kinect で取得した深度情報を用いる。ディスプレイ想定物体は適切な大きさとスクリーンに影を生成する必要があるため、配置に適した深度はある程度限定される。そこで、事前に深度に関するしきい値を設定して、深度画像に 2 値化処理を施してディスプレイ想定物体の領域を抽出する。物体の実物影には映像が投影されるが、実物影自身を映像のフレームとして用いるため、抽出した領域に対して縮小処理を行う。

ディスプレイ想定物体は最大 2 個までの配置に対応している。そのため、領域の面積に関するしきい値処理を行うことで、最大 2 つの領域を抽出している。そして、各領域に対して領域を含む最小矩形を求める（図 3）。

3.3 影内部映像および仮想影の投影

前節で求めた矩形の頂点に対して深度情報を適用することで頂点の三次元座標が得られる。これらの頂点を用いて三次元空間に面オブジェクトが生成される。そして、この面オブジェクトに対してテクスチャマッピングを施すことでディスプレイ想定物体の影の内部の背景映像を生成して

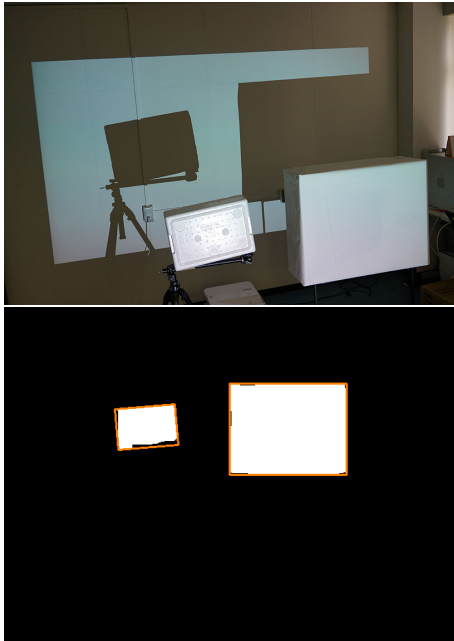


図 3 特定深度情報を用いた画像の輪郭検出

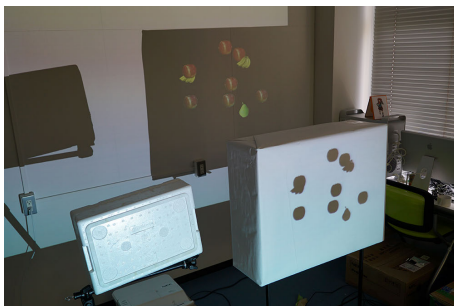


図 4 影内部と実物体上の CG 小物体表示の様子

いる。さらに、得られた三次元座標を用いて影内部映像中で動く CG 小物体を配置する。この CG 小物体はインタラクションに用いる。

システムはディスプレイ想定物体の表面および影内部に映像を投影する。表面に投影するのは CG 小物体のシルエット映像で、影のような表現である。一方、影内部に投影するのは面オブジェクトに基づく背景映像と CG 小物体のカラー映像である。

提案システムでは、プロジェクタ 1 でディスプレイ想定物体の表面用映像、プロジェクタ 2 で影内部用映像の投影を行う。このとき、実空間と同等の CG 空間を構築しておくことで、物体表面および影内部の正しい位置に映像が投影される。図 4 にディスプレイ想定物体の表面と影内部に適切に CG 小物体の映像が投影されている様子を示す。

3.4 影内部映像とのインタラクション

提案システムでは、単にディスプレイ想定物体の影の内部や物体自身に映像を投影するだけでなく、その映像に対してインタラクションを行うことが可能である。これは、ユーザの実物影およびディスプレイ想定物体と影内部

映像のオブジェクトの三次元座標を基にオブジェクトを制御することで実現している。以下にインタラクションの詳細を述べる。

3.4.1 映像を傾ける

ディスプレイ想定物体を傾けると、3.2 節で述べた物体領域も傾くため、ディスプレイ想定物体の影内部映像も合わせて傾く。このとき、影内部映像に含まれる CG 小物体は傾きに応じて転がったり跳ね上がったたりする。これは、CG 小物体に簡易的な物理運動と物体領域矩形の境界との衝突判定を組み込むことで実現している。

3.4.2 映像に手を入れる

ユーザは自身の実物影を介してディスプレイ想定物体の実物影内部の映像に擬似的に手を入れることができる。これはユーザとして識別された深度画像領域とディスプレイ想定物体検出矩形との包含関係の分析に基づく。ユーザの実物影が影内部映像用物体の実物影と重なると判定されたとき、ユーザ領域のうち、ディスプレイ想定物体と重なる部分について、深度画像と色画像を用いてユーザ領域の三次元 CG モデルを生成して、プロジェクタ 2 で表示する。これにより、ディスプレイ想定物体実物影内部の映像には差し入れた手などのユーザ領域が追加表示され、まるでディスプレイ映像内に手を入れたような雰囲気を得られる。

3.4.3 映像の CG 小物体に触れる

ユーザが手を映像に入れた状態で映像中の CG 小物体に手を近づけることで CG 小物体を持つことができる。これは、ユーザの手の関節点座標と CG 小物体の座標との投影面内での二次元的距離を逐次計算することで実現する。距離がしきい値より小さくなったとき、ユーザは CG 小物体を手で持ったと判定する。その場合、CG 小物体をユーザの手の関節点座標に追従して移動させることで、表示されたユーザの手の CG 映像のすぐそばに CG 小物体の映像が表示されて、ユーザが CG 小物体を握っているような雰囲気を得られる。

3.4.4 映像から CG 小物体を取り出す

ユーザが CG 小物体を持った状態でディスプレイ想定物体の映像から手を出すと、そのまま CG 小物体を影内部映像から取り出すことができる。CG 小物体はユーザの手がディスプレイ想定物体の影内部にある場合と同様に手の関節点座標に追従するが、このとき、CG 小物体の表示映像をモノクロにすることで、影絵のような映像としてスクリーン上に表示される。そのため、ユーザの手の影が CG 小物体の影を握っているような雰囲気を得られる。

3.4.5 CG 小物体を別の影内部映像に入れる

ユーザは手の影で持っている CG 小物体シルエット映像をディスプレイ想定物体の影内部映像に戻すことができる。ユーザは CG 小物体を取り出した後、もう一度影内部映像の中に手を差し入れることで、手の関節点座標に追従していた CG 小物体は手から離れて、再び内部映像中を自



図 5 実物影内部に映像が投影されている様子

由に動き始める。なお、取り出したのとは異なるディスプレイ想定物体の影内部映像に戻すことも可能である。

4. 実験

本稿で提案した手法を実装することでプロトタイプシステムを構築して実験を行った。使用した PC は iMac(Core i7 3.4GHz) で、C++と OpenGL, OpenCV, OpenNI のライブラリを用いて実装している。プロジェクト 1 はスクリーンから 365(cm) 離れた位置に設置して、スクリーンへの投影サイズは 274×154 (cm) となった。2つのスクリーン想定物体のサイズはそれぞれ、 76×60 (cm) と 43×29 (cm) で、スクリーンから 130(cm) ほど離れた場所に置くことにした。このとき、スクリーン想定物体の影のサイズはそれぞれ 123×103 (cm) と 69×49 (cm) となった。

1つのスクリーン想定物体を配置することで、その領域を正しく認識して、影の内部に適切に映像が投影されることを確認した(図5)。CG小物体を出現させると、ディスプレイ想定物体の影内部映像にはカラーでCG小物体が表示されて、ディスプレイ想定物体自体には影絵のようなモノクロでCG小物体が表示されるのを確認した(図4)。

インタラクションについても実験を行った。ユーザがディスプレイ想定物体を持って傾けると、影に合わせて影内部映像も適切に傾いた(図6)。そして、CG小物体は傾きに応じて影内部映像中、およびディスプレイ想定物体表面で転がっていくように移動することを確認した(図6)。

ユーザの手の影がディスプレイ想定物体の影に重なるように手を差し入れると、ディスプレイ想定物体の影の内部映像にユーザの手のカラー映像が表示されて、まるで映像の世界に手を差し入れたような雰囲気となった(図7)。ユーザの手の映像をCG小物体と重ねると、CG小物体はユーザの手に追従して移動するようになり、ユーザがCG小物体を握っているような状態となった(図8)。そして、そのままCG小物体を影の外に取り出すと、スクリーンにはユーザの影とモノクロで表示されたCG小物体が表示されて、映像から取り出したような雰囲気が得られた(図8)。さらに、この状態で別のディスプレイ想定物体の影の中にユーザの影を重ねると、CG小物体が影内部映像に戻された(図9)。



図 6 傾きに応じてディスプレイ想定物体の影内部と表面上で CG 小物体が移動する様子



図 7 影内部映像にユーザの手が入る様子



(a) 映像内の CG 小物体を持ち上げる



(b) 映像から CG 小物体を取り出す

図 8 影内部映像の CG 小物体に対するインタラクション



(a) CG 小物体を影内部映像に近づける



(b) 影内部映像に CG 小物体を入れる

図 9 もう一つの影内部映像に CG 小物体を入れる様子

5. まとめ

本研究では、実物影と仮想影とのインタラクション手法を応用して、実物影内部への映像投影しながら、その内部映像とインタラクションを行うことができるコンテンツを提案した。そして、プロトタイプシステムによる実験では、提案手法によってディスプレイを想定した物体の影やユーザの影によって、影の内部映像や仮想影と様々なインタラクションが行えることを確認した。

ディスプレイに表示された映像の世界に手を入れるという表現は、アニメやマジックでもよく取り入れられるなど人々の興味を強く惹き付けるギミックであり、提案コンテンツもエンタテインメントや広告などの分野で活用したいと考えている。

今後の課題としては、より多彩なインタラクションや表現方法の実現などが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は科研費（26330420）による。

参考文献

- [1] 吉川尚摩, S. Anderson, 梶本啓浩, 魚井宏高: デジタルホラーハウス: お化け役を必要としない自動化されたお化け屋敷, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2015) 論文集, pp. 91-94 (2015).
- [2] 千田真弓, 小原悠太郎, 菅野駿哉, 本村健太, 千葉則茂: ダンスパフォーマンスを拡張表現する高さを活かした映像インスタレーション, NICOGRAPH2013 論文集, pp. 121-124 (2013).
- [3] 水野慎士, 岩崎妃呂子, 近藤桃子, 伊藤玲, 杉浦沙弥, 大葉有香: 実物影シミュレーションと2台のプロジェクタによるインタラクティブシャドウ, 情報処理学会 インタラ

- クション 2016, pp. 937-942 (2016).
 [4] 龍生派 130 周年記念花展「RYUSEI IKEBANA JAPAN」, 入手先 <<http://130.ryuseiha.net/>> (2016).