

# Bounsight Shadow : 物体の本物の影に動きを与えるインタラクティブディスプレイの検討

石山 雅三<sup>†</sup> 笈 康明<sup>‡</sup>

影をモチーフとした映像表現は多くの手法が試されてきたが、デジタル技術を用いた影表現の多くは、影をコンピュータグラフィクス(CG)で模倣することによる表現と位置づけることができる。これに対し、これまで本研究では、単一固定光源から出来る本物の影を物体から分離し、その動きを制御することを可能にする、光学設計によるシステムを提案してきた。本稿では、動く影とのインタラクションに焦点を当て、ユーザの行為に合わせてディスプレイ上の物体の影を動かすために必要な処理およびアプリケーションの実装例について述べる。

## Bounsight Shadow : A Basic Study on an Interactive Display Moving Shadows of Real Physical Objects

MASAMI ISHIYAMA<sup>†</sup> YASUAKI KAKEHI<sup>‡</sup>

There had been many approaches for visual expression relating to shadows. However, most expressions of shadows using digital technology are just imitations of Shadows with Computer Graphics. On the other hand, in this research, we have proposed a system which can cut off real shadow from objects, and control the movement using optical design. This time, we aim to design interactions with the moving shadows. In this paper, we describe the system design to move shadows of physical objects according to the user's actions, and introduce examples of application.

### 1. はじめに

従来からメディアアートやエンタテインメント分野を中心に、影をモチーフとした多くの映像表現が試されてきた。影は、対象の外見や表情などの情報を捨象しながらも、その確かな存在感を伝える現象であり、場にリアリティを生む表現手段として注目されている。近年では画像処理等のデジタル技術を応用することで、影を変形する、影の大きさを変える、影を用いて映像を操作するなど体験者と影との間のインタラクションもさまざまに提案されている。しかし、デジタル技術を用いた影表現の多くは、影そのものの拡張ではなく、影をコンピュータグラフィクス(CG)により模倣した表現と位置づけることができる。

これに対し本研究では、単一固定光源から出来る本物の影を物体から分離し、その動きの制御を可能にするシステムを提案してきた[1]。これらの条件を満たす光学系として、本システムでは、指向性を有するスクリーンと鏡、プロジェクタを用いて設計している。

これまでの実装では、影を動かすことは実現してき

たものの、ユーザや環境とのインタラクション機能は有してこなかった。そこで本稿では、動く影とのインタラクションに焦点を当て、ユーザの行為に合わせてディスプレイ上の物体の影を動かすために必要な処理およびアプリケーションの実装例について述べる。

### 2. 関連研究

数多くある影を用いたメディアアート作品に対し、特にシステム設計及び作品実装の手法に注目し、表1に示すような分類を行った。本研究は、“本物の影を制御”(2.c.)に位置づけられる。以下に関連する事例をいくつか紹介する。

影は光が遮られた結果生じる現象であり、CGを用いずとも、光の特性を利用することで影の動き等を操作することができる。そのような例としては、体験者の身体をマスクとして使い、影の中に映像を投影する“Graphic Shadow”[2]や、光源移動により影に動きを与える“Driftnet”[3]がある。これらの表現では、複数

<sup>†</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance, Keio University

<sup>‡</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部  
Faculty of Environments and Information, Keio University

1. アナログ 表現	2. デジタル表現		
	a. 影をCGにより生成	b. 本物の影とCGの影の組合せ	c. 本物の影を制御

表1 影を用いた表現の分類

光源が用いられている。また、“10番目の感傷（点・線・面）” [4]では、LED照明を付けた鉄道模型が、線路の周囲に置かれた様々なオブジェクトを照らし、そのオブジェクトの影が次々と生み出され、鑑賞者を作品の世界観に引き込む。これらの作品は、光によって生み出された影には、CGで生成された影にはない存在感があることを鑑賞者に再認識させる。

本研究も光の特性を利用するという点では、これらの事例と共通しているが、単一固定光源を用いているところは異なる点である。また、影を実体から切り離すという点にも特徴がある。

### 3. Bounsight Shadow

#### 3.1 システム概要

本システムでは、テーブル上に置かれた実オブジェクトに対して、テーブル上の固定光源から光を投射する。テーブル面が通常の拡散素材の場合には、生成される影は実オブジェクトと床の接触点から床へと広がる。この影を、光源自体の位置に手を加えずに動かすために、テーブル面の素材とテーブル内部の構造を設計する。

図1にシステムの基本設計を示す。テーブル上に影の光源用にプロジェクタを1台鉛直下向きに設置する。テーブル面にはLumistyフィルム（MFY2555タイプ）を用いる。今回用いるLumistyは、図2のような特性を持ち、特定角度から入射した光のみ拡散させ、そ

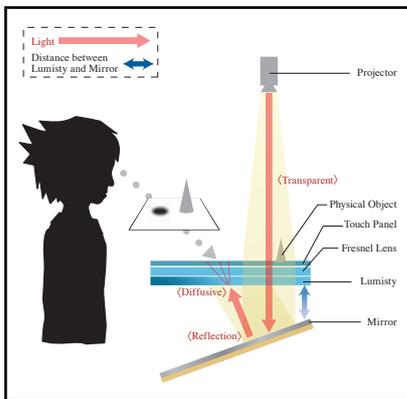


図1 システム基本設計

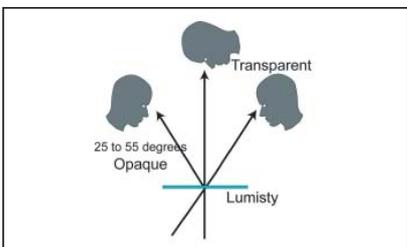


図2 Lumistyの光学特性

れ以外の角度からの光に対しては、高い透過性をもつ素材である。さらにテーブル内部には高さ及び角度調節が可能な鏡を配置する。

本システムの前に立つユーザは図1のようにプロジェクタ投影光をテーブル面に確認できるが、ここに見える光はプロジェクタから直接拡散する光ではない。上記のような構造を有するテーブルに対して、鉛直下向きに光を投射すると、Lumistyの特性から投射光は一度スクリーンを透過する。透過した光はスクリーン下部に設置した鏡にて反射した後、再度スクリーンに対して斜め下から入射する。本スクリーンは図2のように、斜め方向の入射光は拡散する特性を有するため、ミラーからの反射光は拡散して上方に広がる。この鏡によって反射した後にスクリーン上で拡散した光が、ユーザが見る光である。

ここで、鏡の高さや角度を動かすと、その投影光の位置もまた変化する。このような仕組みを持つスクリーン上に物体を置くと、その部分の光が遮られ影となるが、その影もまた鏡の高さおよび角度に依存して位置が変化することになる。

#### 3.2 ハードウェア

上記のような設計に基づき、本システムを実装した（図3）。筐体本体は天板が500mm角で高さは900mmである。今回の実装ではプロジェクタはTAXAN社製のKG-PL011S（LEDプロジェクタ）を用いた。スクリーンサイズは250mm角とした。プロジェクタレンズとスクリーンの間の距離は800mmである。また、ユーザからの入力装置として、ディスプレイ上には静電容量方式のタッチパネルを設置している。

鏡の垂直移動制御にはオリエンタルモーター社の電



図3 システム外観



図4 電動スライド(筐体内部)



図5 サーボモータ(鏡下部)

動スライダELS4 (図4) を、水平角度制御には双葉電子工業のサーボモータRS405CB (図5) を組み合わせて実装した。

### 3.3 影の移動と映像の位置合わせ

図6のa, b, cは、それぞれPCから出力している楕円の描画像を、通常のモニターで表示した場合 (実線枠) と本システムのディスプレイ画面 (点線枠) で表示した様子であり、後者は黒の円錐形のオブジェクトを置いている。また、b, cは、それぞれaの状態から鏡を垂直に下降移動させたときの様子である。

本システムでは、鏡の移動によって影の動きを実現しているが、実際に鏡の移動によって動くのはオブジェクトの影のみではなく、プロジェクタからの投影像全体である (b)。しかし、アプリケーションを作る上では、影のみが動いていることが望ましく、鏡の位置と描画像座標の位置合わせをする必要がある。実験の結果、鏡の垂直上下移動とディスプレイ上の描画像の位置の移動量は、比例関係にあることが分っている[1]。したがって、ソフトウェア側で電動スライダからのフィードバックを参照し、それに合わせて投影像のy座標の値を変更すれば、ディスプレイ画面の背景画像の位置を動かすことなく、影のみが動いているように見せることができる (c)。

このためのソフトウェア制御にはopenFrameworksを

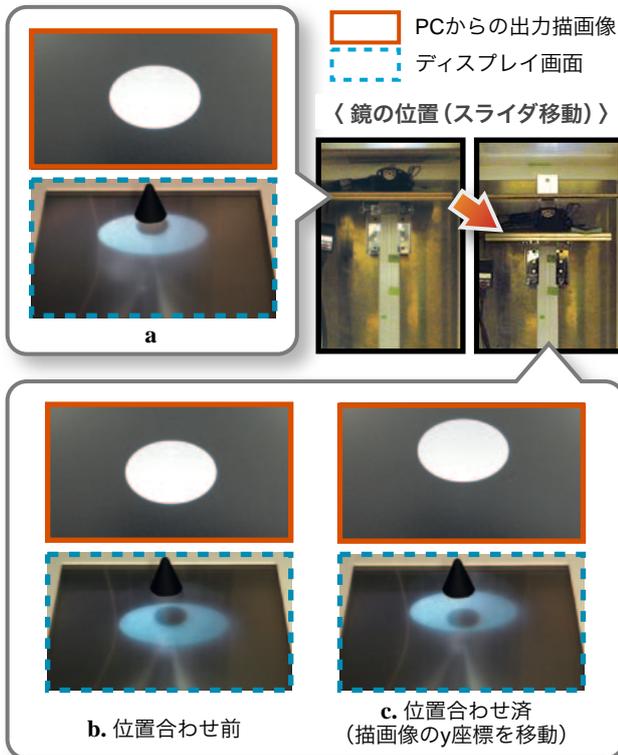


図6 スライダと描画像の位置合わせ

用い、電動スライダ制御にはコンテック社の、サーボモータ制御には双葉電子工業の、C言語ライブラリをそれぞれ用いて実装した。

## 4. インタラクティブ・アプリケーション

アプリケーションは、ディスプレイ上に投影するCGの描画像とスピーカからの音響で影の動きを拡張し、その上で影に動きを与えることになる。アプリケーションとしては、影の動きの拡張と、影の動きによるモノの見え方の拡張が考えられる。

### 4.1 影の動きの拡張

日常の経験や、子どもの頃に体験した影絵や影踏みといった遊びを通して、影が光の遮蔽の結果、起きる現象でしかないことは誰もが熟知している。しかし、自分の影に別の人格を感じ不安になったり、常にまとわりつく影を自分から切り離してみたいと思ったことがある人は少なくないだろう。そういった、かつて影に対して思い描いた現象が目の前で起きたとすれば、それは視覚的に強く訴える表現となりうる。以下に、そのアプリケーション実装例を示す。

#### 4.1.1 影の切断 (図7)

まず、ディスプレイに赤い十字ポインタが表示される。体験者がそのポインタに触れると、はさみが現れ、そのはさみが閉じ始める。はさみが閉じた瞬間、

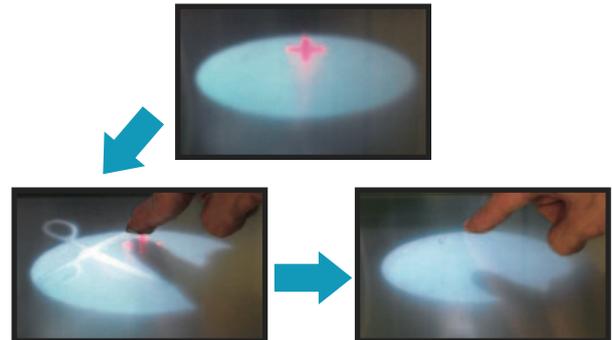


図7 アプリケーション1 (はさみ)

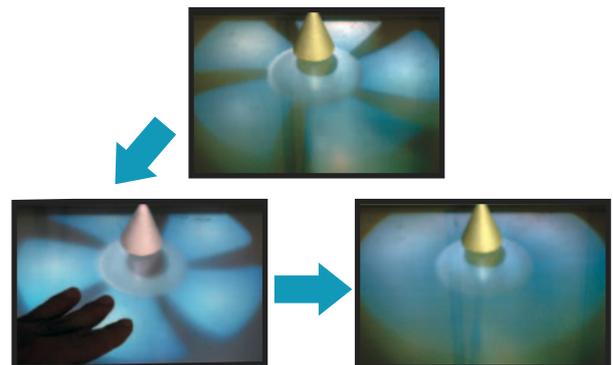


図8 アプリケーション2 (ファン)

切断音が響き、それと同時に指の影が指から離れていく。

#### 4.1.2 影の揺動 (図8)

ディスプレイにファンが描画され、その中心に円錐型オブジェクトが置かれている。体験者は、ディスプレイに触れ、手でファンを回す。ファンの回転に合わせて、オブジェクトの影が左右に揺れる。

以上ふたつは、どちらも実世界では起こりえない影の動きの拡張と言える。

#### 4.2 影の動きによるモノの見え方の拡張

実世界で影が動く状態を考えると、それは光源が動く場合と実体が動く場合であるが、今回は後者に注目した。なかでも影が切り離される状態となるのは、実体が宙に浮いているときである。影は人間が空間を認知するための重要な手がかりのひとつであり、1歳未満の乳児でも影の位置による空間認知をしているという[5]。二次元的な絵では、影の位置を調節することで実体の空間的な位置を表現する。これにヒントを得て、オブジェクトの影の位置をずらすことで、そのオブジェクトの浮遊感の表現を試みた。

##### 4.2.1 モノの浮遊 (図9)

本アプリケーションは飛行機の模型が置かれているディスプレイに数字が表示され、カウントダウンが始まる。カウントダウンが終わると、飛行機模型の下の滑走路が動きだす。このとき、飛行機が滑走路を走る効果音がスピーカから響く。飛行機の離陸音とともに、飛行機模型の影が手前に切り離される。このとき、鑑賞者は飛行機模型が離陸し飛び立ったような感覚を体験する。

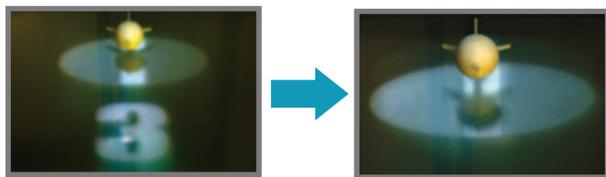


図9 アプリケーション3 (飛行機)

#### 4.3 デモ展示

上記の影の切断と浮遊のアプリケーションは、2010年11月22、23日に行われた慶應義塾大学 SFC Open Research Forum 2010において、複数の来場者に体験してもらった。

はさみによる影の切断アプリケーションは、多くの来場者が驚きをもってインタラクティブを体験していた。しかし一方で、注目すべき場所を予め伝えないと切断の瞬間を見逃す来場者もいた。現状では、赤い十字ポインタによって、そこに指を触れてもらうこと

を誘導している。しかし、指の影が指に重なって見えにくい位置にできることもあり、気づきづらい状況となっていた。これらの点は、視線の誘導や、筐体設計で改良する必要がある。

一方の飛行機の影の浮遊アプリケーションでは、影の移動だけではなく、オブジェクトを飛行機型にし、音響で離陸を演出する等の工夫を施している。その効果もあり、飛行機が浮いたと感じる意見が多かった。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、物体の本物の影に動きを与えるディスプレイシステムにおける、おもに実装およびアプリケーションの現状について報告した。

今後の課題として、まず現状の機械的な影の動きを滑らかにすることが挙げられる。これには、鏡の動きの加減速をソフトウェアで調整することで改善できると考えている。その上で、サーボモータを追加する等で鏡の動きのバリエーションを増やすことも検討する必要がある。また、現状では各アプリケーションがそれぞれ統一感なく動いている状態であるが、例えば絵本や劇場というようなメタファを用いて、ひとつの世界観を持った空間として表現していく。

謝辞 本システムの開発において、多大な協力をいただいたオリエンタルモータ株式会社の貫間則行氏、中尾篤氏および有限会社マイテクの岩崎修氏に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 石山 雅三, 笥 康明: “物体の本物の影に動きを与えるディスプレイシステムの提案”, 情報処理学会第72回全国大会公演論文集, p925-926 (2010)
- 2) Yugo Minomo, Yasuaki Kakehi, Makoto Iida and Takeshi, Naemura: "Transforming your shadow into colorful visual media: multiprojection of complementary colors," ACM Computers in Entertainment, vol. 4, no. 3, article 6D. (2006)
- 3) “Driftnet”, <http://www.daito.ws/works/driftnet.html> (2010年12月現在).
- 4) クワクポリョウタ: “《10番目の感傷 (点・線・面)》”, [http://www.nticc.or.jp/Exhibition/2010/Openspace2010/Works/thetenthsentiment\\_j.html](http://www.nticc.or.jp/Exhibition/2010/Openspace2010/Works/thetenthsentiment_j.html) (2010年12月現在).
- 5) 山口 真美: “赤ちゃんは世界をどう見ているのか”, 平凡社新書 (2006)