

# 鏡の錯覚に着目したインタラクティブエンタテインメントの実現: Heaven's Mirror

禹 承賢\*<sup>1</sup> 青木 孝文\*<sup>1</sup> 三武 裕玄\*<sup>1</sup> 橋本 直己\*<sup>1</sup> 佐藤 誠\*<sup>1</sup>

## Realization Interactive Entertainment which Focuses on Mirror Illusion: Heaven's Mirror

Seunghyun Woo Takahumi Aoki Hironori Mitake Naoki Hashimoto Makoto Sato

### 1. はじめに

鏡はその前に広がる世界をありのままに映し出すものとして、古くから神秘的な意義を持って扱われてきた。例えば、日本の神社では鏡がご神体に使われたり、欧米では物の怪などの正体を見破る破邪の力があるものとして、シャーマンが神を招き入れるためのものとして使われてきた。最近では、メディア・アートやバーチャルリアリティの分野で鏡の素材やメタファーに着目した作品やシステムが多く提案されている。例えば、筧ら[1]は鏡の世界がその前の世界を映し出しているという常識に着目した上で、鏡の中に別の映像世界を作り出すことでその概念を覆す作品を作り出している。筆者らはその常識の上で鏡の世界と実世界の物理的関係に着目を行い、その関係を覆すことを目的とする Heaven's Mirror のコンセプトを提案してきた[2]。本稿では、既存に提案されたシステムにもう一つの提示手法が加えられ、提案された提示手法を元に実際に制作された Heaven's Mirror について報告を行う。

### 2. 鏡の世界が作り出す視覚的な錯覚

鏡の下に物を入れると、現実世界にある物と鏡の中に映った物はつながった一つの物のように見える。このとき鏡を左右に回すと、鏡の下にある物が曲がっているように見える(図1)。一方、鏡を傾けると、鏡の世界にある地面は傾いて見える。現実世界には現実世界の重力があるのと同様に、鏡の中の世界には“鏡の中の重力”が作用しているように見える。例えば、図2のように、鏡の中の世界にも鏡の外の世界と同じ方向の重力が作用していれば、鏡の中の物は滑り出すであろう[2]。また、2枚の鏡の間に物を置いて鏡をV字に合わせると鏡の中に鏡が写り、その中にまた鏡が写って物の鏡像数が増えるように見える(図3)。



図1 鏡の原理[2]

(鏡を右に回したとき(左), 最初の状態(中), 左に回したとき(右))

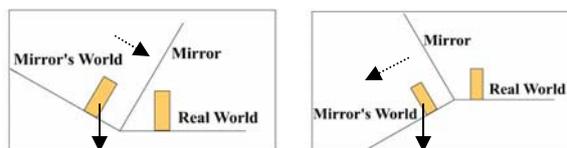


図2 鏡を傾けた時、鏡の世界の地面の変化[2]

(点線：移動する向き 実線：重力の向き)



図3 鏡をV字に合わせた時物が増えたように見える

### 3. 作品コンセプトと提示方法

Heaven's Mirror では、体験者が本物の鏡を操作する際に、以上のような鏡が作り出す視覚的な錯覚を体験するとともにそれを増幅させる感覚を感じるにより、鏡の世界にある物が実際に存在し、それとインタラクションをしているかのような感覚を提示する作品である。そのため、以下に示す3つの提示方法を元にそれぞれの作品の制作を行った。

1 つ目は、鏡の下に物を入れて鏡を左右に回すと曲がっているように見えることに着目し、鏡を回す際に反力を加えることであたかも物を曲げたような感覚を提示する。こうすることにより、実世界と鏡の中の世界がつながっているという感覚が強化できる(図4, 左)。2 つ目は、鏡を前後に傾けることによって鏡に映る世界の地面を傾け、“鏡に映る世界の地面”の傾きによって鏡の

\*<sup>1</sup>: 東京工業大学 精密工学研究所  
{stamwoo, aoki, mitake, naoki, msato}@hi. pi. titech. ac. jp

\*<sup>1</sup>: Precision and Intelligence Laboratory Tokyo Institute of Technology,  
{stamwoo, aoki, mitake, naoki, msato}@hi. pi. titech. ac. jp

前にある物を動かすことで、あたかも鏡の中の世界に現実世界の重力が作用し、逆に“鏡の中の重力”が現実世界に作用しているかのような表現する。こうすることにより、鏡の中の世界と現実世界が入れ替わったかのように感覚を提示する(図4, 中)。3つ目は、2枚の鏡の間に物を置いて鏡をV字に合わせると物の鏡像数が増えたように見えることに着目し、物が増えた音によってあたかも物が複製されていくような感覚を提示する(図4, 右)。

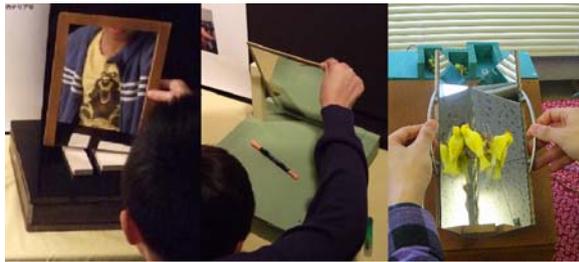


図4 インタフェース  
(左：力覚提示作品, 中：物移動作品, 右：物複製作品)

#### 4. Heaven's Mirror の実装

全体システムの概要を図5に示す。

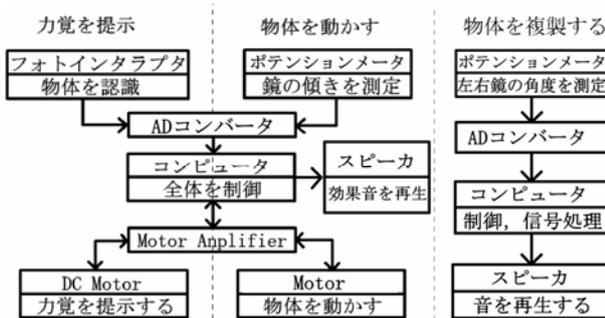


図5 システムのブロック図

まず、力覚を提示する作品は図6のように鏡の軸と繋がっているプーリを、ワイヤを用いてDCモータで引っ張る機構になっている。体験者が鏡を左右に回転させるとき、DCモータで反対方向にプーリを回転させることによって力覚を提示する仕組みになっている。力覚提示はロータリエンコーダ付きのDCモータから鏡の回転角度を測定し、トルク制御を行うことによって曲げる感覚(力覚)を提示する。提示する力覚はフォトインタラプタからの反射率から提示する力覚の種類を判断し、反応するフォトインタラプタの数によって横幅を測定し、力の大きさを決める。また、力覚提示とともにふさわしい音を提示する。

物を動かす作品は、ポテンショメータによって鏡の傾きを測定し、図7のようにベルトの上に磁石を固定し、プーリをモータで回転させることに

よってテーブルの上にある物を動かす仕組みになっている。物の移動速度は鏡の傾きによって鏡の重力が実世界に作用しているかのように加速させる。また、物の中に円柱型の磁石を入れることによって物を転がせることができる。

物が増えるような音を提示する作品はポテンショメータによって左右の鏡の角度を測定し、その角度に応じて音を提示する。物は蛙やカナリアなどの模型を用いて、模型に合わせた鳴き声が鳴り、左右に写る模型の鏡像数が増えるにつれて徐々にその数を増やしていく。体験者がどの模型を選んだのかは、フォトインタラプタを用いて、反応の有無によって判断する。

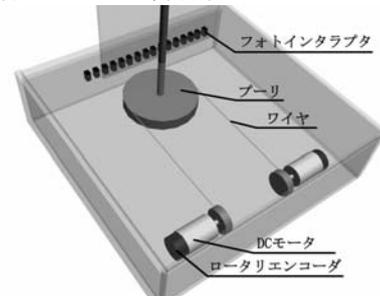


図6 力覚を提示する作品の仕組み

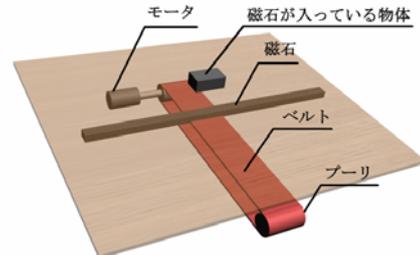


図7 物体を動かす作品の仕組み

#### 5. まとめと今後の展望

本論文では、鏡が作り出す錯覚に着目し、さらにそれを増幅させるエンタテインメント作品であるHeaven's Mirrorの提示方法を提案し、実装結果の報告を行った。今後の展望としては、本来曲がるはずのないものを曲げてみるという不思議な感覚の実現、塑性変形や破断などの力覚提示の充実、磁力ではなくて振動で物を動かすこと、様々な楽器の模型を用いて鏡像数が増えるにつれてオーケストラのように演奏させることなどが挙げられる。

#### 参考文献

- [1] 筧 康明, 苗村 健: Through the looking glass, 芸術科学論文誌 Vol.3 No.3 pp185-188, 2005.9
- [2] 禹 承賢, 青木 孝文, 三武 裕玄, 橋本 直己, 佐藤 誠: Heaven's Mirror: 鏡の世界と実世界の物理的関係に着目したエンタテインメント, エンタテインメントコンピューティング 2007 講演論文集, pp. 27-28, 2007.10