

# 円筒状紐スクリーンの内と外を活用する 影メディア表現空間のデザイン

山川 裕斗<sup>\*1</sup> 梶田 祐介<sup>\*1</sup> 林 真秀<sup>\*1</sup> 三輪 敬之<sup>\*2</sup> 西 洋子<sup>\*3</sup>

## Design of Shadow Media Expression Space Utilizing Inside and Outside of Cylindrical String Screen

Yuto Yamakawa<sup>\*1</sup>, Yusuke Kajita<sup>\*1</sup>, Maho Hayashi<sup>\*1</sup>, Yoshiyuki Miwa<sup>\*2</sup>, Hiroko Nishi<sup>\*3</sup>

**Abstract** - The authors paid attention to inseparability of body and shadow and pushed forward a study about the bodily co-creation expression with the shadow media. In this research, in order to resolve problems such as a feeling of restriction in bodily expression caused by the shadow media projected plane or a feeling of separation between the media space(inside) and seat space(outside), we surrounded a cylindrical media space consisting of 5m in diameter with string screen can go through, and devised the new technique that project shadow media serially. In addition, we promote interchange of the bodily expression between inside and outside and generate the co-created space by wrapping up both sides in shadow media space.

**Keywords** : Shadow media, Cylindrical screen, Bodily expression, Co-creation, Entertainment

### 1. はじめに

著者らはこれまで、影メディアシステムを用いた共創的な表現アーツ空間の創出について、教育現場での身体表現活動や舞台公演など、様々な場所で用いることで、その有用性と可能性について検討してきた。本システムは、色や形状を変えた影（影メディア）を人工的に生成するとともに、この影を自身の足元から呈示することで、身体と影メディアの間にズレを創り出し、身体表現の創出を促すことに大きな特徴がある<sup>[1-3]</sup>。さらに、一連の研究から、スクリーンを外に開くことによって、内側の表現者と外側の観客とがスクリーンに投影された各人の影メディアを介して出会うことができる空間デザインが共創アーツ空間の創出に有効であることが分かってきた。具体的には、スリット状の通り抜け可能なスクリーンがシステムに実装され、これにより、観客と表現者との交流可能性が向上することが示された(図 1(a))。しかしながら、この場合、通常のスクリーンがそうであるように、表現者の動きや観客の視線がスクリーンに拘束されがちになるという問題が残った。加えて、外側にいる観客の影も含めて表現するには至らなかった。

そこで、これらの問題を解決するために、著者らは、前後左右4面の紐スクリーンで表現者を囲み、スクリーン毎に計4つの影メディアを呈示することを可能とする

影メディアシステムの開発を先に行った(図 1(b))<sup>[4]</sup>。しかし、このシステムの問題として投影面が4つの平面に分かれているため、面ごとに空間が分割されてしまっており、表現者が空間の分離感を感じてしまうという問題があった。さらに、紐スクリーンの外側への投影を行っていないため、紐スクリーンの外側に表現者が出た際に、影メディアが投影されない。そのため、内側の空間と外側の空間が分離してしまうという問題もあった。

そこで、本研究では、外側と内側を区切らない表現アーツ空間を目指すことにした。言い換えれば、これは表現者が観客にもなり、観客が表現者にもなりうるようなアーツ空間を影メディアにより創出するということになる。その具体的方法として、本研究では、投影面を円筒状にすることで途切れることのない連続した影メディアの投影を実現するとともに、内側、外側両面への影メディアの投影を行うことで、空間全体の一体感を創出することが可能な円筒状紐スクリーンの開発を行った。

以下、本論文では、影メディアの内側、外側両面への全周囲投影を可能とする円筒状紐スクリーン装置と、これらのスクリーンに連続的に途切れることのない影メディア投影を可能とする影メディア生成ソフトからなる投影システムの詳細について報告する。



(a)スリットスクリーン (b)全周囲影メディアシステム

図1 既存の影メディアシステム

Fig1. Existing shadow media system

\*1: 早稲田大学大学院創造理工学研究科

\*2: 早稲田大学理工学術院

\*3: 東洋英和女学院大学

\*1: Graduate School of Creative Science and Engineering, Waseda University

\*2: Faculty of Science and Engineering, Waseda University

\*3: Toyo Eiwa University

## 2. 円筒状紐スクリーンへの投影システム

### 2.1 円筒状紐スクリーンの開発

円筒状紐スクリーンを開発するにあたり、スクリーン形状に対する設計要件は下記に示す通りである。

- 途切れることのない連続した投影面を実現すること
- 演者と観客の双方を包み込むようなメディア空間（表現アーツ空間）を実現すること
- スクリーン部を通り抜けることが可能であること
- スクリーンが透視可能であること
- 内部（演者）の空間と外側（観客）の空間が、影メディアを用いた身体表現に適した広さであること

まず、要件 a), b) を満たすために、スクリーンを円筒状にすることとし、スクリーンの内と外の両面から投影を行うことで、空間全体への影メディアの投影を行うことを可能とした。

次に、要件 c), d) を満たすために、紐スクリーンを用いることとした。紐スクリーンは、ポリエチレン製の紐（直径 1.0[mm]）を 4.0[本/cm] で配置することとした。

さらに、要件 e) を満たすため、円筒状紐スクリーンの直径は 5.4[m]（20[m<sup>2</sup>]程度）とし、全身の影メディアを投影可能とするため高さを 2.5[m] とした。外側領域は、直径 10[m]（50[m<sup>2</sup>]程度）とした。図 2 にシステムの配置図を示す。円筒状紐スクリーンは、1 辺 2[m] の八角形状に配置した柱と、それぞれの梁の中心部から伸ばした棒に紐スクリーンを取り付けたホースを巻き付けることでホースのしなりを利用し円状に配置することを実現した。

上記により新たに開発した円筒状紐スクリーンを実際に設置した様子を図 3 に示す。

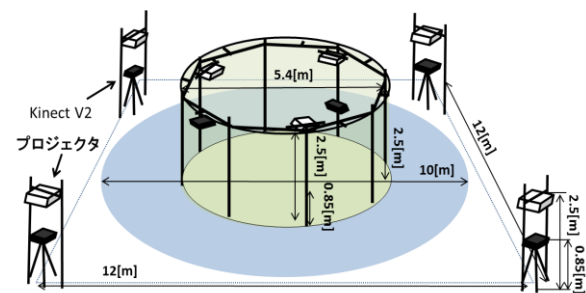


図 2 システム配置図

Fig2. Layout of system



図 3 円筒状紐スクリーン外観

Fig3. Appearance of cylindrical string screen

### 2.2 影メディア投影システムの開発

次に、開発した影メディア投影システムについて説明する。スクリーンの内側の投影は、360 度の空間に投影するために、投影空間を 3 分割し、それぞれの領域について身体像取得用の 1 台の Kinect V2 と 1 台の影メディア投影用のプロジェクタで構成される投影ユニットで投影を行う。さらに、外側の投影は、投影空間を 4 分割し 4 ユニットで投影することとした。分割方法を図 4 に示す。また、本研究では、Unity (Unity Technologies 社) を用いてシステムの開発を行った。

1 ユニット分の影メディアを投影するソフトウェアは、以下に示す 5 工程で構成されている。(図 5)

- 実空間を再現した仮想空間を作成
  - Kinect V2 から深度情報を取得
  - 仮想光源位置から見たテクスチャ画像の作成
  - 投影面のメッシュにテクスチャをマッピング
  - テクスチャがマッピングされたメッシュの映像を仮想プロジェクタから取得
- 実空間を再現した仮想空間を作成

身体像を取得する Kinect v2, スクリーン, プロジェクタなどの全周囲投影用影メディアシステムを構成する各要素を、仮想空間上に配置する。これらの要素は、実空間と同じ座標、寸法とする。

- KinectV2 から深度情報を取得

Kinect v2 (512×424[pixel]) から得られる深度画像において、床、壁、スクリーン等の人物以外の物体を排除することで、身体像のみを取得する。

- 仮想光源位置から見たテクスチャ画像の作成

本システムでは、内側領域は円筒中心部に点光源を配置し、外側領域は円光源を配置することとした。そこで、深度画像上の点に対して、それぞれ Kinect V2 の位置や角度といった情報から行列変換を行うことで、仮想空間上に配置した仮想光源から見た際のテクスチャ画像を作成することとした。

- 投影面のメッシュにテクスチャをマッピング

本システムでは、仮想空間上に 10×10 の頂点から成るメッシュを構築し、それを円筒状に配置することで投影面のメッシュを作成する。このメッシュ情報を用いて、レンダリングを行い、テクスチャを投影面メッシュにマッピングする。

- テクスチャがマッピングされたメッシュの映像を仮想プロジェクタから取得

三次元仮想空間においてマッピングされた影メディア画像の投影面メッシュの映像を仮想カメラで取得する。そして、その映像をプロジェクタにより出力することで、影メディアの投影を実現している。

以上の投影システムをそれぞれの PC で稼働させ、それぞれの投影空間の境界で影メディアが分断されずに連続的に投影できるようにキャリブレーションを行うこと

で、全周囲に投影することを可能とした。

また、本システムでは、30[fps]以上のフレームレートを実現しており、遅延により影メディアが自身の影であるという感覚を阻害することがないようにした。

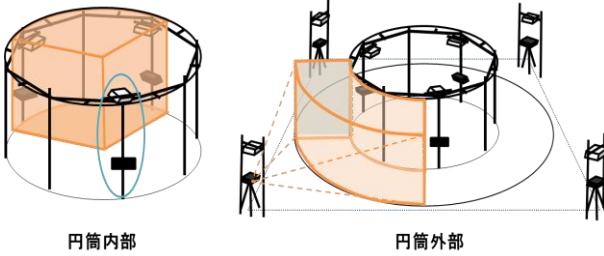


図4 投影面の分割方式

Fig4. Division method of the projected plane

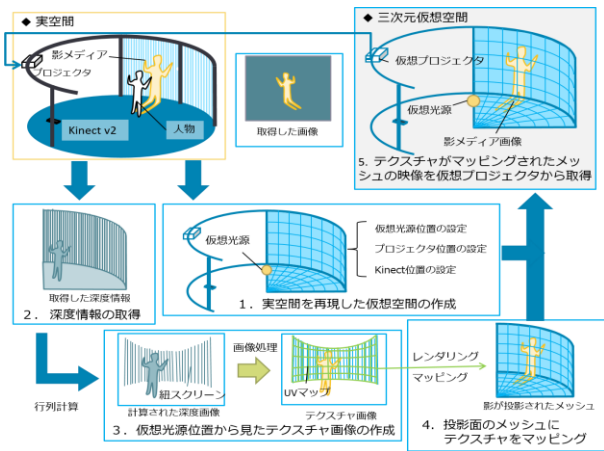


図5 投影システム図

Fig5. Projection system

### 3. 背景粒子メディアの開発

本研究では、スクリーンの連続性を生かしたメディアとして、空間全体に展開するメディアを呈示することで、一体感の創出を目指した。その手始めとして本研究では、粒子を媒介とすることで、運動を取り扱うことのできる背景粒子メディアを用いることとした。粒子の動作させるにあたり、粒子に対して物理量（位置、速度、加速度、摩擦、質量等）を設定し、これに対して適切な力を加え物理演算を行うこととした。

粒子の運動については、体験者の身体動作の平均を用いると、体験者の人数が多くなった際に、自身の動きと粒子の動きとの違いが大きくなってしまふ恐れがある。そこで、体験者の人数が多数になってもこの問題に対応できるような動作手法を考案する必要がある。そこで、本研究では、下記の二つの手法を試みた（図6）。

- ① 体験者の影メディアが生じる位置の内部にある粒子のみが体験者の動きで動作する粒子メディア
- ② 体験者それぞれの体の部位に粒子をマッピングしそれぞれの動きで動作する粒子メディア

このとき、それぞれの粒子を動作するために Kinect V2 から取得可能な骨格情報を用いることとした。

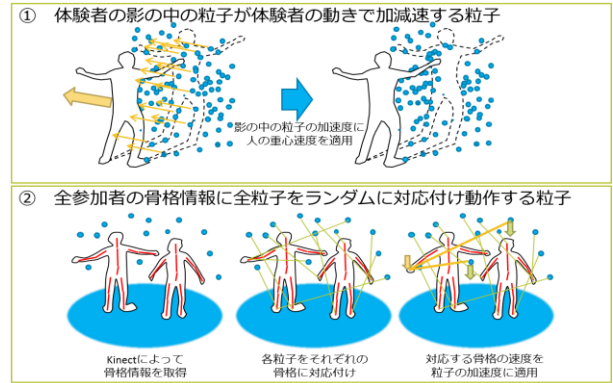


図6 背景粒子メディアの動作モード

Fig6. Operation mode of the background particle media

## 4. 影メディアの全周囲投影

### 4.1 影メディアの投影

以上のシステムを用いて影メディアの投影を行った様子を図7に示す。本システムを用いることで、曲面状のスクリーンへの投影が可能となるほか、スクリーンの内外へ同時に投影を行い、一方の空間から双方の影メディアを視認することが可能となった。さらに、投影面のキャリブレーションを正確に行うことで、投影面の境界でも影が分断されない連続的な影メディアの投影を実現した。また、粒子メディアを含めた様々な影メディアが呈示可能であることを確認した。

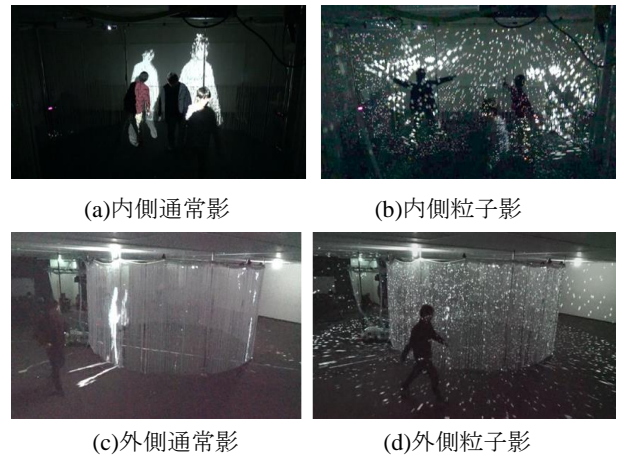


図7 影メディア投影の様子

Fig7. State of the shadow media projection

### 4.2 本システムを用いた身体表現

本システムを用いて身体表現を行った様子を図8に示す。体験者がスクリーンの内と外を往来する様子やスクリーン上で内と外の体験者が影メディアを用いて、多様な表現を行っている様子が観察された。また、「全体が一体となっているように感じ、表現がしやすかった」などのコメントが得られた。以上より、本システムを用いることで内と外のあいだにおける身体表現の交流を促し、双方を影メディア空間で包み込むことで共創的な表現アーツ空間を生み出すことができる可能性が示唆された。

また、上述した背景粒子メディアに関して、条件①で

は、「スクリーンを伝わっていく気がして面白い」、「反対側にいる人にも伝わっていく気がしてその方向に意識がいく」などのコメントが得られた。条件②では、「周りの空間が自分に味方している感じがする」、「身体の一部の動きが全体に展開され、花が舞うような表現ができる」などのコメントが得られた。以上により、背景粒子メディアを用いることで、自身の動きが空間全体に拡張され、身体表現の創出が促される可能性が示された。

さらに、本システムにより、以下に示すことが初めて実現可能になると考えられる。例えば、背景メディア（魚や蝶といった生物の影の投影も含む）の連続的な全周囲投影が実現可能になる。さらに、紐スクリーンを活用しているため、全方向から見る事ができる表現の舞台としての活用や、保存した過去の影を呈示することができる可能性もある（図9）。したがって、本研究で開発したシステムは、今後、表現のアーツ空間の創出に関する研究や、エンターテインメント分野への活用が期待される。

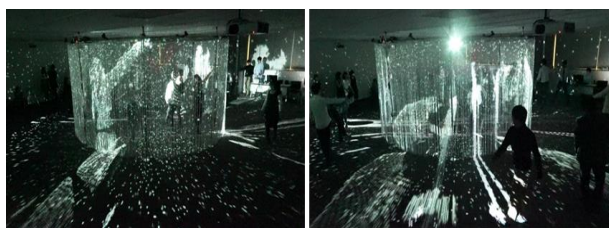


図8 身体表現の様子

Fig8. State of the bodily expression

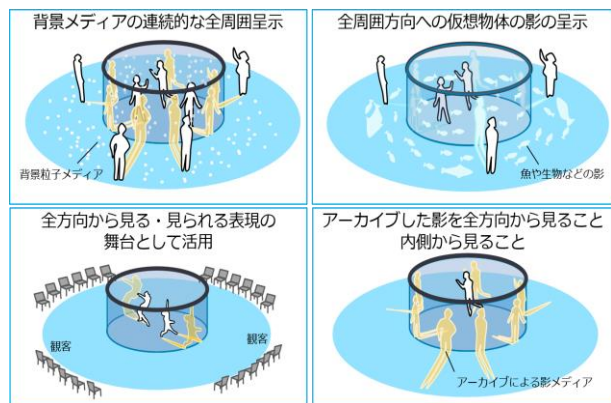


図9 本システムで実現可能となること

Fig9. The thing that becomes feasible by this system

### 4.3 透過性スクリーン

本システムでは、スクリーンの透過性とプロジェクタの配置の関係から、スクリーンのみならずスクリーンの外側の床や壁に影メディアが投影される（図10）。これに対して、体験者から、「壁に映る影とスクリーンに映る影が二つ重なって見えるのが面白い」というコメントが得られている。これは、影に奥行き方向の広がりがあるからではないかと推察される。今後、スクリーンを二重にするなどスクリーン形状をさらに検討していきたい。

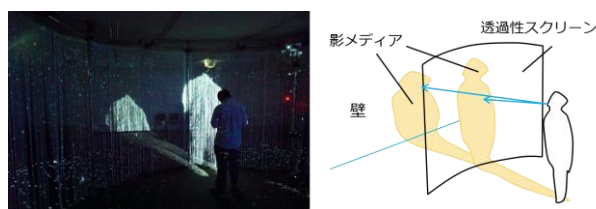


図10 透過性スクリーン

Fig10. Permeability screen

## 5. まとめ

本研究では、影メディア投影面による身体表現の拘束感や、メディア空間（内）と客席空間（外）との分離感といった問題を解消するために、直径5[m]からなる円筒状のメディア空間を通り抜け可能な紐スクリーンで取り囲み、そこに途切れることのない連続した影メディア投影をする手法を新しく考案した。加えて、その内側、外側両面への影メディアの投影を実現するシステムを新たに開発することで、内と外のあいだにおける身体表現の交流を促し、双方を影メディア空間で包み込んだ共創的な表現アーツ空間を生み出すことを試みた。今後は、円筒状紐スクリーンに適した影メディアのデザインについて検討するとともに、実際の現場で活用していきたいと考えている。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費（研究代表者；三輪敬之，課題番号；26280131），ならびに早大理工学研究所におけるプロジェクト研究「共感的な場の創出原理とそのコミュニケーション技術への応用」の支援を受けた。また、研究の遂行にあたりご協力頂いた河野秀明君（早大大学生）に謝意を表する。

## 参考文献

- [1] 三輪，共創表現とコミュニケーション支援；計測と制御，Vol.51，No.11，pp.1016-1022（2012）。
- [2] Miwa, Y., Itai, S., Watanabe, T., Iida, K., and Nishi, H.: Shadow Awareness -Bodily Expression Supporting System with Use of Artificial Shadow-, Human Interface, PartIII, HCI I2009, pp.226-235 (2009).
- [3] Miwa, Y., Itai, S., Watanabe, T., and Nishi, H.: Shadow Awareness: Enhancing theater space through the mutual projection of images on a connective slit-screen, Leonardo, the journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology (SIGGRAPH 2011 Art paper), Vol.44, No.4, pp. 325-333 (2011).
- [4] 山口健斗，水野伊吹，板井志郎，三輪敬之，全周囲紐スクリーンを用いた影メディア空間の設計と開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2016，2016.9.7