



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

山口 健斗^{*1} 水野 伊吹^{*1} 板井 志郎^{*2} 三輪 敬之^{*2}

Design and Development of Shadow Media Space Using Omnidirectional String Screen

Kento Yamaguchi ^{*1}, Ibuki Mizuno ^{*1}, Shiroh Itai ^{*2} and Yoshiyuki Miwa ^{*2}

Abstract - In this research, in order to prevent expressers' movement in the shadow media space from being restricted by the one projection plane of shadow media, we developed the new shadow media system enabling omnidirectional projection of shadow media. For this purpose, we adopt a string screen to project the shadow media. Because, expressers can go back and forth between inside and outside of shadow media space through this string screen. Furthermore, this string screen can achieve a good balance between visibility of the shadow media and light transmission properties for having a look at outer side of shadow media space. And, we developed shadow media space around four string screens, and enabled projection of different types of shadow media from front to back and from side to side string screen. From results, we showed that omnidirectional projection of the different types of shadow media facilitated the creation of the various bodily expressions.

Keywords: Shadow media, Omnidirectional screen, Transparent screen, Bodily expression, and Embodiment

1. はじめに

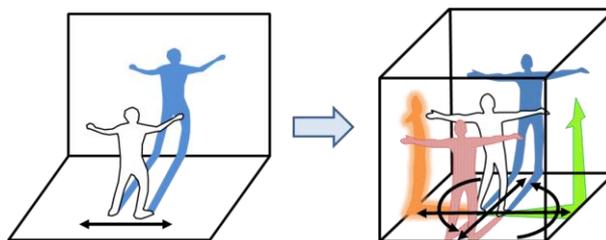
著者らは、身体と非分離な関係にある影に着目して、身体的な共創の表現を促す影メディアシステムの研究を進めてきた^[1-4]。本システムは、色や形状を変えた人工的に生成した影（影メディア）を自身の足元から呈示することにより、身体と身体の影の間にズレを創り出すことで、身体表現の創出を促すことに大きな特徴がある。

しかし、これまでの影メディアシステムでは、影メディアが投影されるスクリーンが 1 面であるため影メディアが 1 方向にしか呈示されず、表現者の動きを空間的に拘束してしまうという問題が生じている（図 1(a)）。この問題を解決する方法の一つとして、システム内に存在する表現者が、どの方向を向いても自身の影メディアが視界に入るようにすることが考えられる。

そこで、本研究では、これを実現するために、前後左右 4 面の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新たな影メディアシステムの開発を行うことにした（図 1(b)）。この際、4 面のスクリーンに異なる種類の影メディアを投影させたり、影メディアを投影するスクリーンとしてスクリーン間を行き来可能な透過スクリーンを採用したりすれば、表現者の影メディア空間の捉え方が変容し、多様な動きやイメージが引き出される可能性がある。

以下、本論文では、影メディアの全周囲投影を可能とする 4 面スクリーン装置と、これらのスクリーンに異なる種類の影メディア投影を可能とする影メディア生成ソ

フトからなる全周囲影メディア投影システムの詳細について説明する。さらに、これらのシステムを活用して行った二三の実験の結果について述べる。



(a)1 面投影 (b)全周囲投影

図 1 影メディアの全周囲投影

Fig1. Omnidirectional projection of shadow media

2. 全周囲影メディア投影システム

2.1 全周囲紐スクリーン装置

影メディアの全周囲投影を可能とする 4 面スクリーン装置について説明する。本装置の設計要件は、以下の 5 つである

- a)影メディアの視認性が高いこと
- b)スクリーンを介して外の景色が見えること
- c)スクリーンを介して表現者が行き来できること
- d)1 人の表現者が自由に表現できる空間において、表現者の身体像の取得と影メディアの全周囲投影ができること
- e)表現者の動きを妨げないように装置を配置すること

これまで a)~c)の要件を満たす影メディア投影用のスクリーンとして、スリットスクリーンを採用してきた^[3]。しかしながら、このスクリーンは、c)の要件を満たしているが、a)と b)の要件を満たすには、十分ではない。そこで、本研究では、紐状のスクリーンを採用することにし

*1: 早稲田大学大学院創造理工学研究所

*2: 早稲田大学理工学術院

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

*2: Faculty of Science and Engineering, Waseda University

た。この際、紐スクリーンの素材や紐の密度について変更して、影メディアの投影試験を行い、ポリエチレン製の紐（直径 1.0[mm]）を 4.0[本/cm]で配置することで、a) と b)の要件を満たすことを確認した。なお、この紐を上部から垂らすことで、c)の要件を満たすことができる。

また、影メディアを生成するためには、表現者の身体像を取得する必要があるが、4つの投影面それぞれで表現者の影メディアの向きを変える必要があるため、表現者の3次元身体像を取得しなければならない。そこで、Kinect v2 (Microsoft 社)により取得した3次元深度情報を用いて、表現者の身体像を生成する。そして、この身体像を取得する Kinect v2と影メディアを投影するプロジェクタを図2に示すように配置する。具体的には、アルミフレームで設営した空間（幅 3[m]、奥行き 3[m]、高さ 2.5[m]）の角上部に対角を成して、プロジェクタと Kinect v2をそれぞれ配置した。このようなプロジェクタの配置にすることで、2台のプロジェクタにより、表現者の動きを妨げることなく、全周囲投影を可能とした。さらに、表現者がこの空間内のどの場所に存在した場合においても、2台の Kinect v2により、死角なく身体像を取得することもあわせて実現した。以上の開発した4面スクリーン装置の外観を図3に示す。

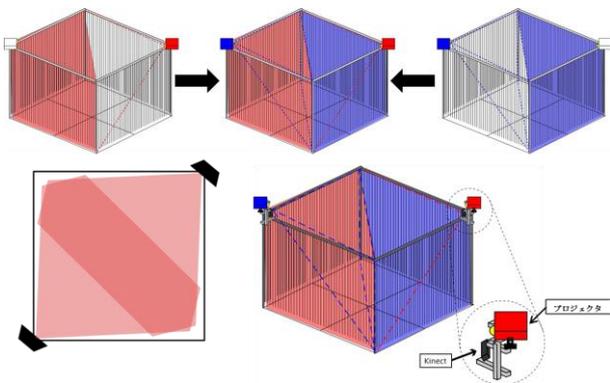


図2 プロジェクタと Kinect v2 の配置

Fig2. Layout of projectors and Kinect v2

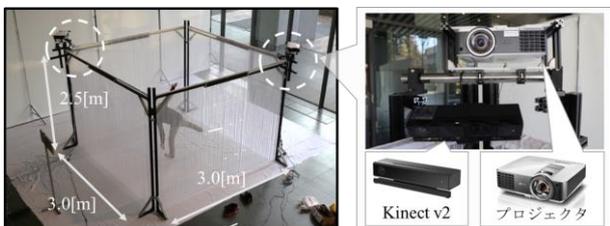


図3 全周囲紐スクリーン装置の外観

Fig3. Omnidirectional String Screen device

2.2 影画像生成ソフトの開発

次に、前節で述べた4面スクリーンのそれぞれに異なる種類の影メディアを投影するための影メディア生成ソフトウェアについて説明する。この際、本ソフトウェアは、表現者の3次元身体像から4つの異なる影メディアを同時に生成しなければならない。そのため、高速な3次元画像処理が必要になる。そこで、本研究では、先に

開発した点群（ポイントクラウド）を利用した影メディア^[4]を利用して、システムの開発を行った。開発したシステムは、以下に示す5つの工程で構成されている（図4）。

- (1) 3次元仮想空間の作成
- (2) 身体像の点群データの3次元仮想空間への配置
- (3) 影画像の生成
- (4) 全周囲投影用影メディアの生成
- (5) 影メディアの実空間への全周囲投影

なお、前節で述べたように1台の Kinect v2で取得した身体像のみから影メディアを生成した場合は、影メディアが呈示されない領域が生じるため、(4)の工程において、それぞれの Kinect v2で取得した身体像から生成された影メディア画像を加算合成している。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) 3次元仮想空間の作成

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。なお、図4に示すように Kinect v2毎に、以下に示す(2)と(3)の処理を行うため、Kinect v2の配置位置が異なる2つの3次元仮想空間を用意する。

- (2) 身体像の点群データの3次元仮想空間への配置

身体像の点群データの取得には、Kinect v2の深度画像（512×424[pixel]）を使用する。この画像において、床、壁、スクリーン等の人物以外の物体を排除することで、影メディア空間内に存在する人物のみの点群データとする。なお、点群データを3次元仮想空間に配置する際に、Kinect v2の設置位置を原点とする Kinect v2座標系から、3次元仮想空間の床面中央を原点とする仮想空間座標系に、点群データの3次元座標変換をしている。

- (3) 影画像の生成

全周囲紐スクリーンを構成する前後左右の4面に異なる身体の向きの影メディアを投影するための影画像生成手法について説明する。具体的には、まず、図5に示すように、投影面毎に仮想カメラを設置する。そして、その取得画像からスクリーンを除去するとともに、背景色等の情報を変更することで、4つの投影面に対応する影画像を生成する。

- (4) 全周囲投影用影メディアの生成

全周囲投影用影メディア画像の生成手法について説明する。まず、(3)で生成した全ての影画像を、UDP通信を介して一方の画像処理用PCに送信し、2台の Kinect v2の影画像を加算合成することで、1台の Kinect v2で生じる死角を補完した影画像を投影面毎に生成する。次に、投影面毎に異なる影メディア処理を施す。本研究では、点群（ポイントクラウド）をそのまま表示した斑影^[4]、ポリゴン影^[2]、二重残像影^[2]、時間遅れ影^[2]（遅れ時間を

投影面毎に変更可能)の呈示を可能とした。最後に、投影面毎に、画像をスクリーン投影部分と床投影部分に分割して射影変換することで、プロジェクタから適切に投影される画像に変換する。その際、1台のプロジェクタから2つの投影面に同時に投影を行うため(図4)、2枚の投影面の画像を加算合成することで、プロジェクタへの出力画像を生成する。

(5) 影メディアの実空間への全周囲投影

(4)の工程によって生成した影メディア画像を2台のプロジェクタによって実空間上の体験者の足元から呈示する。その結果、実空間と仮想空間における投影位置の平均誤差が横方向 4.5[cm]、縦方向 2.6[cm]、フレームレート 12[fps]で、4つの投影面に異なる影メディアを同時に投影することを実現した。

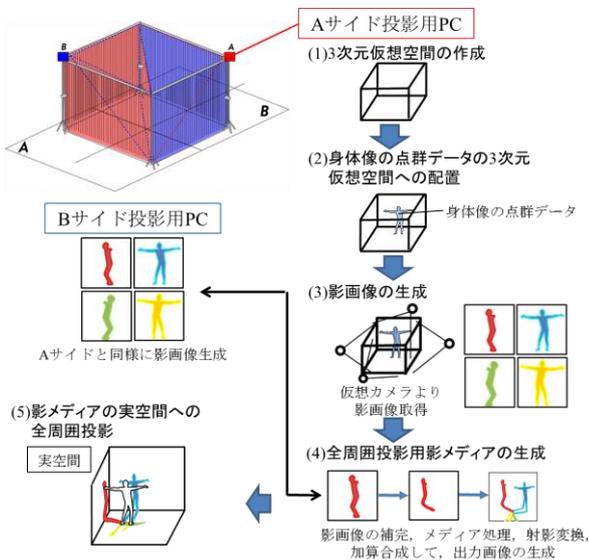


図4 全周囲影メディア投影システム

Fig4. System for omnidirectional projection of shadow media

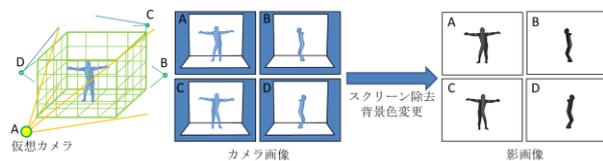


図5 影画像の作成

Fig5. Creation of shadow image

3. 影メディアの全周囲投影

3.1 影メディア投影数の変更

上記のシステムを用いて、影メディアを1面のみに投影した場合と4面全てに投影した場合の両方において、被験者に100秒間自由に身体表現を行うように指示して、実験を行った(図6)。その結果、被験者から、1面のみに投影した場合では、「紐が動き、楽しかった」、「いろいろな所に飛び出したいけれども、飛び出せない狭さを感じた」、「1面しか見ることができず、つまらなかった」などのコメントが得られた。一方、4面全てに投影した場

合には、「紐を揺らした後、その揺れを用いて表現しようとした」、「身体を回転した際に、止まった向きを正面として次の表現を行うようになった」、「どこを見ても自分の影メディアが見えるため飽きなかった」などのコメントが得られた。さらに、これらの実験時における被験者の移動軌跡(腰の位置)と頭の向きの変化を、図7,8に示す。図7より、4面全てに投影した場合には、1面のみに投影した場合と比較して、移動範囲が広がっていることが分かる。さらに、図8より、1面のみに投影した場合において、頭の向き θ は、90[deg]を中心に変動しており、被験者は影メディアが投影されているスクリーンを見ながら、身体表現を行っていることが分かる。一方、4面全てに投影した場合には、頭の向き θ は、-180[deg]から180[deg]の範囲で変動しており、被験者が様々な向きで身体表現を行っていたことが分かる。これらの結果は、本システムにより影メディアを全周囲に投影することで、スクリーンによる身体表現の制約を解消できることを示すものである。

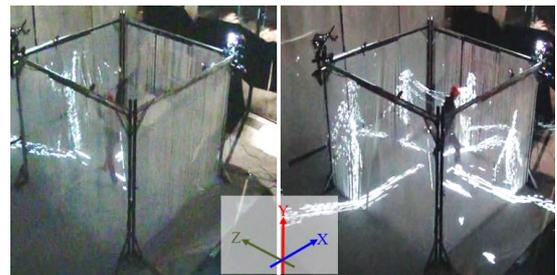


図6 影メディアの1面投影と4面投影

Fig6. Shadow media projection from one direction and four directions

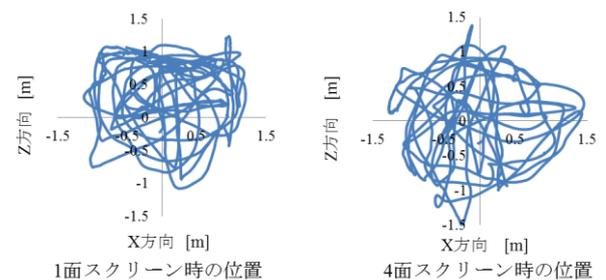


図7 被験者の移動軌跡

Fig7. Movement locus of subject

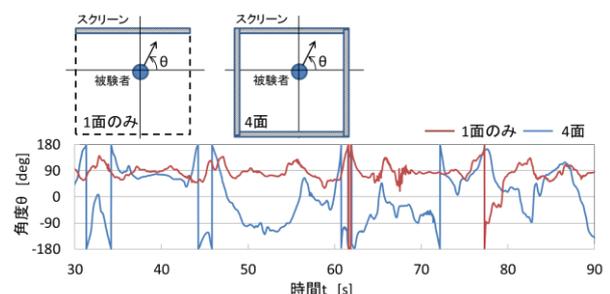


図8 被験者の頭の向きの変化

Fig8. Time change of head direction of subject

3.2 異なる種類の影メディアの投影

次に、投影面ごとに異なる遅れ時間を適用させた影メディアを呈示して身体表現を行った。具体的には、正面から左回りに 0.0[s], 0.3[s], 0.6[s], 0.9[s]と 0.3[s]ごとに遅延させた (図 9)。その結果、体験者から「意識していない自分に会えて、誰かと一緒にやっている感じがした」などのコメントが得られた。さらに、投影面ごとに異なる種類の影メディアを呈示して身体表現を行った。具体的には、正面から左回りにまだら影、二重残像影、まだら影、ポリゴン影を呈示した (図 10)。その結果、「異なる影メディアが視界の中で混在するため、これまでになかった発想やイメージが生まれた」、「異なる投影面の世界をどう混ぜるかいろいろ試してみた」などのコメントが得られた。以上より、異なる種類の影メディアを同時に投影することで、多様な身体表現を引き出すことができる可能性があることが分かった。

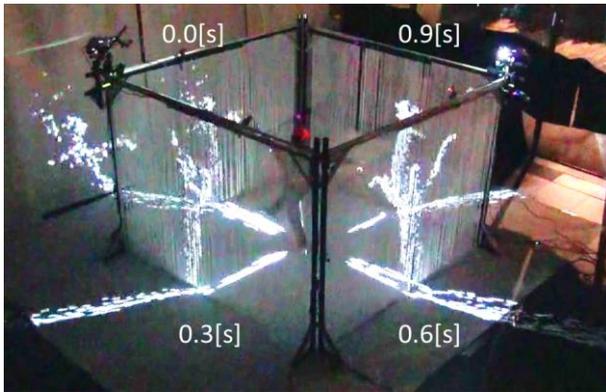


図 9 異なる時間遅れの影メディアの投影

Fig9. Projection of shadow media with different time delays

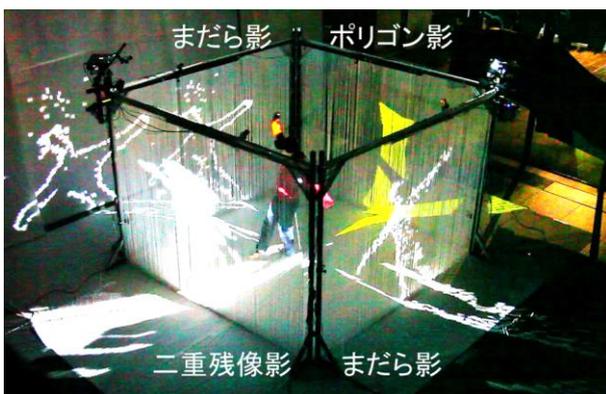


図 10 異なる種類の影メディアの投影

Fig10. Projection of different types of shadow media

4. まとめ

本研究では、影メディアシステムにおいて、従来のように、1面の影メディアの投影面に表現者の動きが拘束されることなく、多様な身体表現の創出を促すことを目指して、影メディアの全周囲投影が可能なシステムの開発を行った。具体的には、影メディアの視認性と外側が

見える透過性を両立させた人の行き来が可能な紐スクリーンを用いて、3[m]四方の影メディア空間を構築し、前後左右の4面に異なる影メディアを投影可能とした。その結果、本システムを用いて、異なる種類の影メディアを全周囲に同時に呈示することにより、多様な身体表現の創出を促すことができる可能性が見出された。今後は、複数人による共創表現の創出における本システムの有効性や、紐スクリーンの内と外の関係性について検討していきたい。

謝辞

本研究の一部は、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」、JSPS 科研費 (研究代表者; 三輪敬之, 課題番号; 26280131) の支援を受けた。また、研究の遂行にあたりご協力頂いた綿貫岳海君 (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] Hayashi, M., Miwa, Y., Itai, S., Nishi, H., and Yamakawa, Y.: Creation of Shadow Media using Point Cloud and Design of Co-creative Expression Space, Human Interface, PartIII, HCI2016, (2016) (in print).