

作品論文

日本の伝統的住宅を用いた インタラクティブプロジェクトマッピング

水野 慎士^{1,a)} 小栗 真弥² 小栗 宏次³ 安田 孝美²

受付日 2018年7月15日, 採録日 2018年12月7日

概要: 日本には城郭, 神社仏閣, 古民家など, 古い時代に建てられた建造物が各地に残っている. これらを歴史的資源として後世に残すためには, 様々な形で建造物を活用していく必要がある. その活用例の1つとして, 本論文では日本の伝統的住宅を用いたインタラクティブなプロジェクトマッピングについて述べる. 制作したのは, 住宅外部から鑑賞する1種類のプロジェクトマッピング, および住宅内部で鑑賞する2種類のプロジェクトマッピングであり, いずれも障子, 床の間, 畳床など, 日本の伝統的な住宅でよく見られる調度品に対して映像を投影する. 制作したプロジェクトマッピングを披露するため, イベントやお茶会を実施したところ, 日本の伝統文化と最新デジタル技術を融合したインタラクティブプロジェクトマッピングは鑑賞者に非常に好評であった.

キーワード: 伝統的住宅, プロジェクトマッピング, 障子, 畳床, CG, インタラクション, お茶会

Interactive Projection Mapping Using a Japanese Traditional House

SHINJI MIZUNO^{1,a)} SHINYA OGURI² KOJI OGURI³ TAKAMI YASUDA²

Received: July 15, 2018, Accepted: December 7, 2018

Abstract: Buildings built in old age, such as castles, shrines and temples, old houses, etc. are left in various places in Japan. In order to leave them as historical resources in future generations, it is necessary to utilize them in various forms. As an example of its application, we introduce interactive projection mapping using a Japanese traditional house in this paper. We produced one projection mapping to watch from the outside of the house and two types of projection mapping to appreciate inside the house, both of which project the image to the furnitures that are often seen in Japanese traditional houses such as shoji, tokonoma, tatami floor. We conducted events and tea ceremonies to showcase the produced projection mapping, and the interactive projection mapping which fused Japanese traditional culture with the latest digital technology was very popular with viewers.

Keywords: traditional house, projection mapping, shoji, tatami floor, CG, interaction, tea party

1. はじめに

日本には城郭, 神社仏閣, 古民家など, 古い時代に建てら

れた建造物が各地に残っている. これらは歴史的文化的な資源であり, 歴史的建造物を後世に残すことは現在を生きる私たちの重要な使命である. そして歴史的な建造物を整備保存するには様々な形で建造物を活用していく必要がある. 国宝や重要文化財などに指定されて知名度のある建造物であれば, 観光資源として活用されながら整備・保存される. しかし, 多くの歴史的建造物には個人所有の小規模のものであり, 積極的に活用方法を探さない限り徐々に整備が困難になって保存されずに解体される事例も少なくない. たとえば, 主に明治以降に建造製作された建造物などの保護を目的として平成8年から始まった登録有形文化財には

¹ 愛知工業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology, Toyota, Aichi 470-0392, Japan

² 名古屋大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Nagoya University, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

³ 愛知県立大学情報科学部
School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University, Nagakute, Aichi 480-1198, Japan

a) s.mizuno@aitech.ac.jp

平成 30 年 7 月の時点で約 11,700 件が登録されているが、これまでに 200 件以上の文化財が維持が困難になって解体したり焼失したりしたために登録が抹消されている [1].

そのため、歴史的・伝統的建造物を様々な形で活用する事例がいくつも報告されている。山形市では使われなくなった蔵をカフェなどにして活用する「蔵プロジェクト」が展開されている [2]。また、兵庫県篠山市では山間集落の古民家をレストラン、工房、オフィス、宿泊施設などで活用する活動が行われている [3]。これらの事例は伝統的建造物を活用しながら外観を中心に保存するという目的に適しているが、自治体や NPO などが主体となって十分な規模の人材や資金を投入する必要がある。また、建物内部の改築をとまなう場合、伝統的建造物をそのまま後世に伝えるという観点から抵抗を感じる建造物所有者も少なくない。

このような背景の中、本論文では歴史的建造物の活用例の 1 つとしてプロジェクションマッピングに着目する。プロジェクションマッピングは建造物自体に手を加える必要がないため、歴史的建造物をそのまま活用する事例として有効であるといえる。その 1 例として、本論文では愛知県半田市の文化財建造物「小栗家住宅」を対象としたインタラクティブなプロジェクションマッピングの制作とイベントの実施について述べる。ここでは日本の伝統的な住宅の特徴である障子、床の間、畳床などに着目して、住宅外部から鑑賞する 1 つのプロジェクションマッピング [4]、および住宅内部で鑑賞する 2 つのプロジェクションマッピング [5] を制作した。

住宅外部から鑑賞するプロジェクションマッピングは、住宅内部に複数のプロジェクタを設置して障子に映像を投影することで実現する障子プロジェクションマッピングである。鑑賞者は住宅各所の障子に投影された映像を住宅外部から見て楽しむ。また、自分の動きに応じて映像が反応するなどのインタラクティブ性も持つ。障子は背面投影型プロジェクタスクリーンと同様の特性を持つため、一般的なプロジェクタでも映像を鮮明に映し出すことができる [6]。そして、日本の伝統的木造住宅では外壁のうち障子が占める割合が大きいため、建造物自体に映像を投影しなくても障子の映像だけで十分に楽しむことが可能である。

住宅内部で鑑賞する 2 種類のプロジェクションマッピングは、住宅内の様々な調度品に映像を投影する。1 つの作品は茶室プロジェクションマッピングで、茶室にある掛け軸、床の間、障子に映像を投影する。もう 1 つの作品は座敷プロジェクションマッピングで、畳床と床の間に映像を投影する。どちらも鑑賞者はプロジェクションマッピングで演出された部屋の中に入って、お茶会の中で映像の鑑賞やインタラクティブを楽しむことができる。

以降の章では、制作したプロジェクションマッピングの概要、制作方法、プロジェクションマッピングを用いたイベントやお茶会の実施について述べる。

2. 関連作品

歴史的建造物を活用としたプロジェクションマッピングは様々な作品事例がある。たとえば、ネイキッドが 2012 年に実施した“TOKYO HIKARI VISION” [7] では、煉瓦造りの東京駅をスクリーンと見立てた巨大なプロジェクションマッピングを披露して大きな注目を集めて、日本国内での建造物を対象としたプロジェクションマッピングの先駆けとなった。その後、大阪城を対象とした“大阪城 3D プロジェクションマッピングスーパーイルミネーション” [8]、京都国立博物館を対象とした“琳派 400 年記念プロジェクションマッピング 21 世紀の風神・雷神 伝説” [9] など、日本の歴史的建造物を対象とした大規模なプロジェクションマッピングが次々に行われた。歴史的建造物に対する大規模プロジェクションマッピングは国外でも注目を集めており、2011 年より毎年モスクワで開催される“Circle of Light” [10] では、全ロシア博覧センターの建造物などに対して巨大なプロジェクションマッピングが行われており、多くの観客を魅了している。

このように、プロジェクションマッピングは歴史的建造物に手を加えることなく多くの人々の関心を引き付けることができる、非常に有効な活用法である。ただし、建造物全体にプロジェクションマッピングを行うには、建造物の三次元形状を考慮した映像の生成や建造物自体の色を打ち消す超高輝度のプロジェクタの使用が必要となり、小規模な歴史的・伝統的建造物では現実的な活用法とはいえない。

一方、小規模な歴史的建造物に対するプロジェクションマッピングもいくつか作品例がある。高知県高知市の「龍馬伝」幕末志士社中では歴史的建造物を再現したセットではあるが、和室の障子に対してプロジェクションマッピングが行われた [11]。また、愛知県犬山市の博物館明治村では、2018 年から園内の建造物である「本郷喜之床」と「小泉八雲避暑の家」の障子を用いたプロジェクションマッピングが披露されている [12]。ただし、これらは観客とのインタラクティブを取り入れていない。

茶道とプロジェクションマッピングとの融合については、裏千家茶道家の松村宗亮氏が将来の茶道の 1 つとしてプロジェクションマッピングで演出する茶室について言及している [13]。また、第 50 回アジア開発銀行年次総会で茶室風の部屋の障子にプロジェクションマッピングを行ったり [14]、茶室の掛け軸にプロジェクションマッピングを行ったりした事例 [15] が報告されている。ただし、プロジェクションマッピングで演出した茶室において伝統的な様式に基づくお茶会を実際に実施した先例はほとんど報告されていない。

以上のことから、歴史的建造物を対象としたインタラクティブプロジェクションマッピングや、その中で伝統的なお茶会を実施するという点で、本論文は従来にはない新し

い試みを含むと考えられる。

なお、一般財団法人プロジェクションマッピング協会ではプロジェクションマッピングを「実物と映像をシンクロさせる映像手法」としており [16]、本論文でも同じ意味で使用する。今回は、建物という実物の中での障子へ映像投影、茶室という実物の中での床の間と障子への映像投影、座敷という実物の中での畳と障子への映像投影、ということになっている。

3. 作品の概要

3.1 小栗家住宅について

本論文で述べるプロジェクションマッピングはすべて愛知県半田市にある歴史的・伝統的建造物である小栗家住宅を対象として制作した (図 1)。小栗家住宅は明治時代初期に建築された店舗兼町家で、主屋、書院、蔵など複数の建造物で構成されている。建造物の大部分は建築当時の状態で保持されており、主要な 8 件の建造物は国の登録有形文化財に登録されている。そのため、半田市公式 HP や半田市観光ガイドに掲載されるなど、半田市の主要な観光スポットの 1 つとなっている。そして、この建造物は現在も個人の邸宅として実際に使用されている。

3.2 作品の構成と意図について

本作品の舞台となる小栗家住宅は、前節で述べたように半田市の観光スポットという側面と、個人邸宅という側面がある。そのため、作品も半田に観光で訪れて建物を外から眺める一般客に向けたものと、建物内に入ることができる限られた人に向けたものに分かれる。

建物を外から眺める一般の観光客に向けて制作した作品が障子プロジェクションマッピングである。これは、名前のおり建物の外から見る事ができる障子に映像を投影したものである。そのため、この作品では投影する映像の中で小栗家に伝わる逸話を題材にしたり、半田山車祭りの映像を用いたりするなど、半田に訪れる観光客を意識した内容となっている。また、観光客は幅広い年代であるため、最新デジタル技術に興味を持つことが多い子供や若者を意識して、映像には分かりやすいインタラクション要素を取り入れている。そして、観客が興味を引きやすい内容や仕掛けを通じて、半田を PR する意図を込めている。



(a) 外観

(b) 玄関内

図 1 小栗家住宅

Fig. 1 Ogurike's mansion.

建物内に入ることができる限られた人に向けた作品が茶室/座敷プロジェクションマッピングである。小栗家住宅内には茶室があり、小栗家当主である著者の 1 人は全知多茶道連盟会長である。そして、年間行事の 1 つとして茶道家や地元名士などを招いて「萬三茶会」を開催している。そのため、この作品は茶室で開かれる伝統的なお茶会を演出することを想定しており、お茶会を開催する席主が作品を通じて思いを伝えられることを意識している。また、お茶会の参加者はいわゆる大人であるため、インタラクティブ性はあまり前面に出さないものとした。そして、伝統的な作法の中にデジタル技術を用いた新たな演出を取り入れることで今までにないお茶会という印象を与えて、席主と参加者がいずれも満足できる席にする意図を込めている。

3.3 障子プロジェクションマッピング

3.3.1 小栗家住宅主屋について

障子プロジェクションマッピングは小栗家住宅の主屋を用いている。主屋は木造 2 階建ての建造物で、1 階部分には玄関も含めて 3 面 10 枚の障子、2 階部分には 2 面 8 枚の障子を取り付けられている (図 2)。障子プロジェクションマッピングはこれらの 5 面の障子に映像を投影するもので、大きな映像が障子によって切り取られているという設定で制作しており、5 面の各映像は連動している。

3.3.2 作品について

投影映像は大きく分けて 4 つのシーンで構成される。4 つのシーンの映像が約 6 分間隔で自動的に切り替わりながら、全体では約 30 分間の投影時間の作品となっている。以下に 4 つのシーンについて述べる。

1 つめのシーン「動き回る照明」は、障子の中で複数の照明がゆっくりと動き回るような映像である (図 3(a))。暗い建物の中から障子に向けて懐中電灯を照らしたような効果を狙っており、作品全体としてはプロローグとしての位置付けであり、インタラクティブ要素は含まれていない。

2 つめのシーン「カラー円盤」は、様々な色の円盤が格子状に並んでいるインタラクティブ映像である (図 3(b))。小栗家住宅の各障子の前面には格子が付けられており、障子自体も格子で構成されている。そのため、障子に投影された映像を建物外部から観察すると、必ず細かい格子状の



図 2 小栗家住宅主屋

Fig. 2 The main house of Ogurike's mansion.

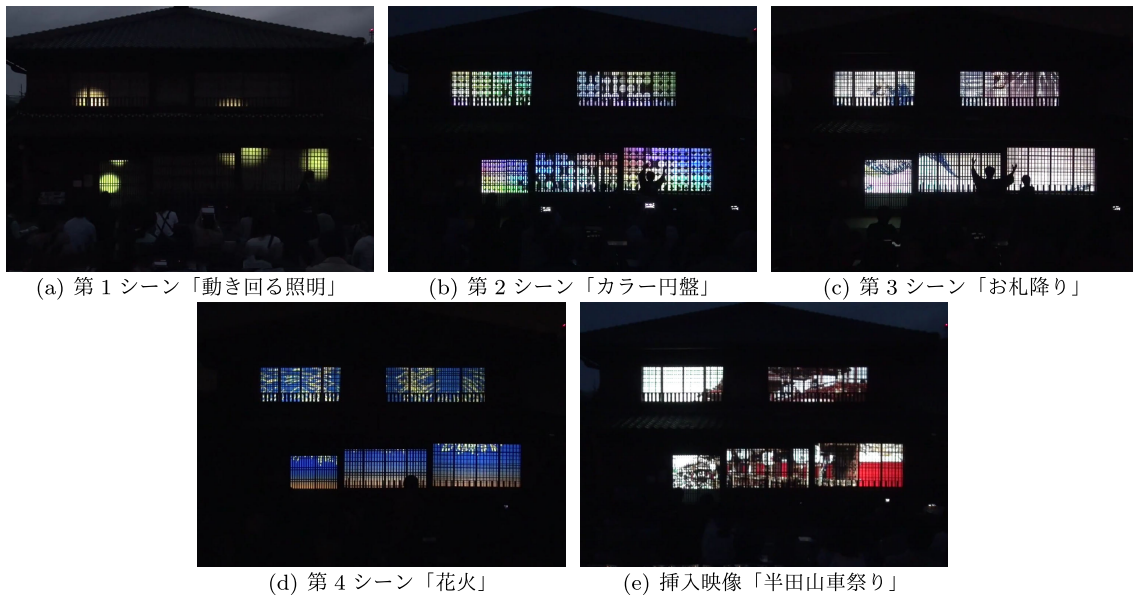


図 3 障子プロジェクションマッピング

Fig. 3 The shoji projection mapping.

影が現れる。それを考慮して、このシーンでは格子状の影に紛れ込まないように円盤形状を用いている。そして建物の前に観覧者が立って手や足を動かすと、観覧者の立ち位置や動かす体の部位によって対応する位置にある円盤が回転を始める。

3つめのシーン「お札降り」は、幕末の「ええじゃないか騒動」のときに空から神社のお札が降ってきたという小栗家に伝わる逸話を元にしたインタラクティブ映像である(図 3(c))。このシーンは葛飾北斎の浮世絵「凱風快晴」と「神奈川沖浪裏」がベースになっており、障子各面には波が大きく揺れる映像が投影されている。建物の前に観覧者が立つと障子面に着物姿のキャラクターが現れて、観覧者と同じ動きを始める、そして観覧者が大きく手を動かすと、キャラクターの手から神社のお札が撒かれる。各障子面には1人ずつのキャラクターが現れて、最大同時に5人の観覧者が個別にインタラクションを行うことができる。

4つめのシーン「花火」は、打ち上げ花火を表現したインタラクティブ映像である(図 3(d))。建物の前に観覧者が立って手を大きく上に振り上げると、そして観覧者が大きく手を動かすと、観覧者の立ち位置によって対応する位置から大きな音とともに花火が打ち上がる。2人以上の観覧者が同時にインタラクションすることも可能である。このシーンの最後には10発の花火が同時に打ち上がって作品のフィナーレを迎える。

なお、各シーン間は半田山車祭りの写真のライドショーが約1分間挿入される(図 3(e))。

3.4 茶室プロジェクションマッピング

3.4.1 小栗家住宅茶室について

茶室プロジェクションマッピングで使用した茶室(図 4)



図 4 茶室プロジェクションマッピングに使用した茶室と掛け軸
Fig. 4 A tea room and a hanging scroll used for the tea room projection mapping.

は約12畳の広さで、お茶席に必要な炉と2畳の床の間がある。床の間正面には高さが約1.8m、幅が約1mの掛け軸が掛けられており、そこには10種類ほどの虫や爬虫類などが描かれている。床の間側面には高さが約80cm、幅が約1mの障子が埋め込まれている。また、床の間に並んで2枚の障子の戸がつながっている。

3.4.2 作品について

お茶会において、掛け軸はお茶会の主題やお席主の思いを示す重要な要素の1つである。そこで、茶室プロジェクションマッピングでは掛け軸に描かれた世界を茶室全体に広げる中で開催するお茶席での使用を想定しながら、床の間の掛け軸が掛かる壁面(床の間掛け軸側面)、および障子が埋め込まれた壁面(床の間障子側面)、そして床の間に並ぶ障子面(障子面)、の合わせて3面に映像を投影する。映像の内容はお茶会の席主と相談して、今回のお茶会の主題の1つである「秋」をイメージしたものとした。

図 5 に作品の流れを示す。始めに、床の間障子側面と障子面にすすきが風になびく映像が映し出される。このとき、投影される2つの面は土壁の部分と障子の部分がある



図 5 茶室プロジェクションマッピング
 Fig. 5 The tea room projection mapping.

が、土壁に投影される映像はカラーの写実的表現で、障子に投影されている映像は影絵のような表現になっている (図 5(a)).

次に、床の間掛け軸側面の掛け軸に2つのスポットライトが当てられる (図 5(b)). スポットライトは掛け軸に描かれた虫や爬虫類の中から、トノサマバツタとヤモリを照らしている。そして突然、トノサマバツタとヤモリが掛け軸の中から飛び出して、トノサマバツタは跳び回り、ヤモリは歩き回り始める。スポットライトは動き回る2匹を追い続ける (図 5(c)).

2匹は動き回りながら、やがて床の間障子側面にも移動する。面と面との間の移動はシームレスに行われる。トノサマバツタはすすきの葉の上を次々と跳び移る。ヤモリは縦横無尽に動き回る。このとき、トノサマバツタ、ヤモリのどちらも、土壁上を動くときには掛け軸に描かれた状態であるが、障子上に移動するとすすきと同様に影絵のような表現となる (図 5(d)). そして、トノサマバツタとヤモリは障子面にも移動して動き回る (図 5(e), (f)).

トノサマバツタとヤモリは、床の間掛け軸側面、床の間障子側面、障子面をしばらく動き回ったあと、やがて掛け軸で元々描かれた位置に戻る。そして、スポットライトが消えて掛け軸は元の状態に戻る。最後にすすきの映像も消えていく。

すすきが映し出される開始から、トノサマバツタとヤモリが動き回ったあとに掛け軸に戻ってすべての映像が消えるまで、約10分間の作品となっている。なお、作品の流れがお茶会の流れにも合わせられるように、席主は手元のワイヤレスキーボードを用いて各シーンの切替えを任意のタイミングで行えるようになっている。



図 6 座敷プロジェクションマッピングに使用した座敷
 Fig. 6 A zashiki used for the zashiki projection mapping.

3.5 座敷プロジェクションマッピング

3.5.1 座敷について

座敷のプロジェクションマッピングで使用した座敷 (図 6) は約 20 畳の広さで、約 3 畳の床の間がある。床の間には神棚が置かれており、お札が降ってきたという小栗家に伝わる逸話にかかわるお札が納められている。そこでお茶会の席主と相談した結果、ここでは神棚を神社社殿と見立てて、神社の境内で行われるお茶席をイメージすることとした。そして、床の間背面と座敷畳床に映像を投影することで、神社の境内を再現した。

3.5.2 作品について

座敷プロジェクションマッピングでは、床の間背面と座敷畳面に映像を投影する。図 7 に作品の写真を示す。

床の間背面のほぼ全面には、幅が約 2.7m、高さが約 1.8m の映像を投影する。床の間には神社社殿に見立てられる神棚が置かれており、背面に投影する映像は神社の境内をイメージする森の映像を用いている。そして、映像中では赤く染まった木の葉がひらひらと落ちてきている。

座敷の畳面には、幅が約 3.3m、奥行きが約 6.7m の映像

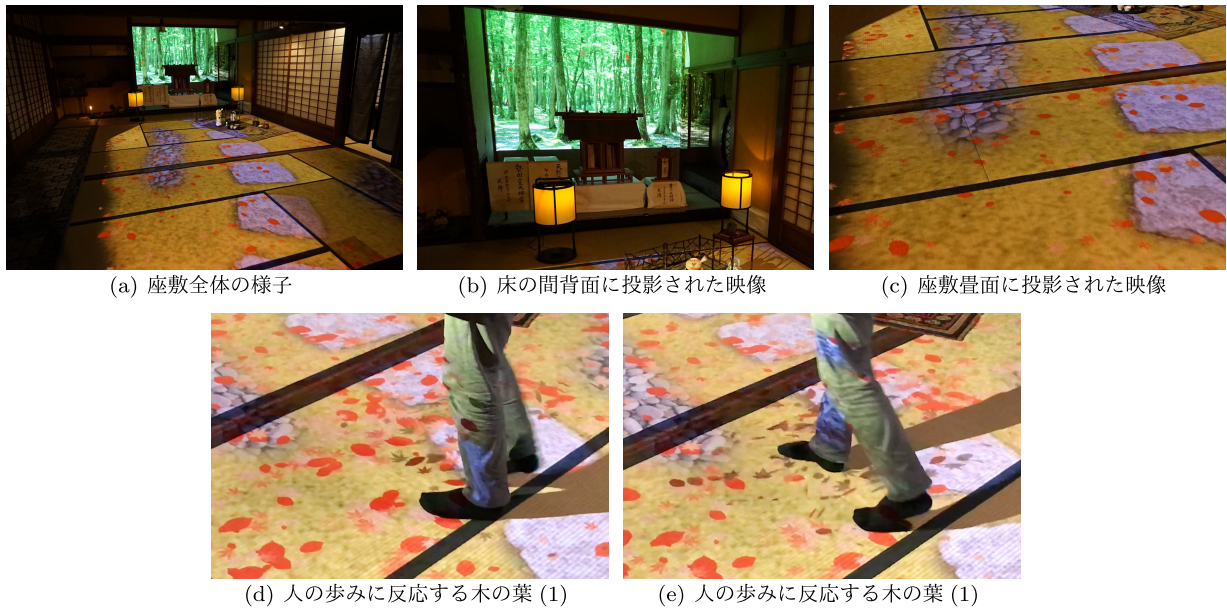


図 7 座敷プロジェクションマッピング
 Fig. 7 The zashiki projection mapping.

を投影する。投影する映像は芝や石が並べられた上に赤く染まった木の葉がたくさん落ちているもので、神社境内の庭をイメージしている。

そして座敷の中で人が歩くと、足元に落ちている木の葉が舞い上がる。それにより、人の歩みによって風が起きて、その風によって木の葉が舞い散るといふ、屋外のお茶席の雰囲気表現している。

4. 各プロジェクションマッピングの実現手法

4.1 障子プロジェクションマッピングの実現方法

今回制作した障子インタラクティブプロジェクションマッピングでは、5面の障子にそれぞれ1台ずつのプロジェクタを用いて映像を背面投影している。5台のプロジェクタは1台のMacProに接続されており、それぞれに個別の映像を出力している。また、観覧者の動きの検出のために主屋の正面にKinectを設置しており、サウンド出力のためにステレオスピーカも設置している。

各シーンの映像はすべてOpenGLによるリアルタイム三次元CGで制作されている。各シーンでの5つの障子面への投影映像はすべて1つの全体映像がベースとなっている。そして、全体映像から各障子面の位置に対応した視点からの映像を切り取ることで、各障子面に投影する映像を生成して、それぞれの障子面背後に設置したプロジェクタに出力している。図8に映像生成の例を示す。図8(a)はシーン全体であり、5つの赤枠がそれぞれ5つの障子面に投影する領域を示している。

映像とのインタラクションはKinectで取得した観覧者の関節点を用いて実現する。第2シーン「カラー円盤」では、両手両足の関節点の速度がしきい値を超えた場合、対

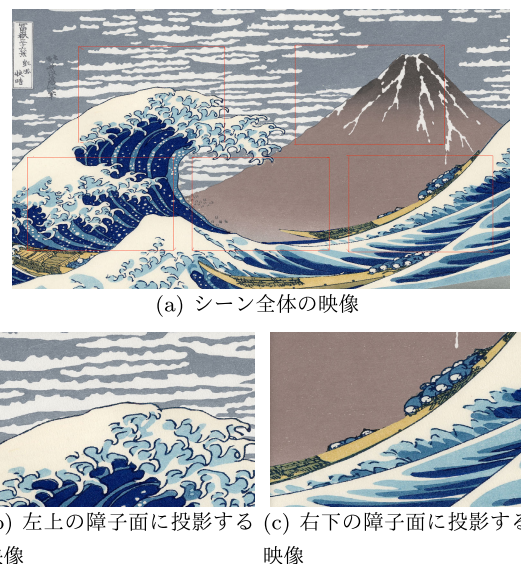


図 8 第3シーン「お札降り」の映像生成
 Fig. 8 Generating an image of the third scene “Ofuda furi”.

応する位置にある円盤に回転速度を与えている。第3シーン「お札降り」と第4シーン「花火」では、両手の関節点の上方向の速度がしきい値を超えた場合、お札や花火が生成されるようにしている。

4.2 茶室プロジェクションマッピングの実現方法

4.2.1 使用機材

茶室プロジェクションマッピングは、1台のPCと3台の超短焦点プロジェクタを使用しており、床の間掛軸軸側面、床の間障子側面、障子面の3面に映像を生成して投影している。

床の間の2面に映像を投影するため、床の間の畳を外し



(a) 床の間の畳の下に設置した超短焦点プロジェクタ (b) 穴の開いた特注の畳短焦点プロジェクタ

図 9 床の間へのプロジェクタ設置

Fig. 9 Installing projectors in a tokonoma.

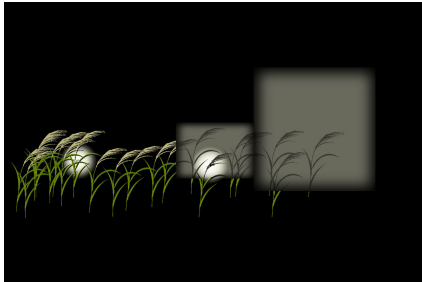


図 10 茶室プロジェクションマッピングの全体シーン画像

Fig. 10 The whole scene image of the tea room projection mapping.

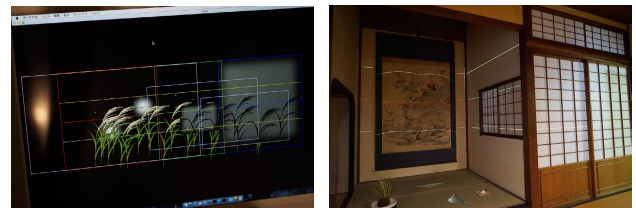
た床面に超短焦点プロジェクタ 2 台を設置している。そして、その上に穴が開いた特注の畳を床の間に敷くことで、できる限りプロジェクタが目立たないように考慮している。障子面への映像投影は障子の裏に置いた超短焦点プロジェクタを用いている。図 9 に床の間へのプロジェクタ設置の様子を示す。

4.2.2 3 台のプロジェクタ映像の生成と調整

茶室プロジェクションマッピングは OpenGL によるリアルタイム三次元 CG で実装している。始めに 3 つの投影面用の映像をすべて含む全体シーンに、すすき、トノサマバツタ、ヤモリの CG オブジェクトを配置して、それぞれをアニメーションさせる (図 10)。そして、各プロジェクタ用に個別の視点、画角、サイズなどを設定して、各設定で全体シーンを切り取ることで 3 枚の CG 映像を生成する。

トノサマバツタとヤモリは、床の間掛け軸側面、床の間障子側面、障子面の 3 つの面をシームレスに動き回る。これを実現するには、各面への投影映像生成のために全体シーンを切り取る際に、3 台のプロジェクタに合わせた切り取り視点、画角、サイズなどを正しく調整する必要がある。ここで、3 台のプロジェクタとそれぞれの投影面との距離は一定でなく、投影面のサイズやアスペクト比もすべて異なっている。また、使用するプロジェクタの解像度も異なっている。

そこで、3 台のプロジェクタにテスト映像を投影しながら、3 つの投影映像の視点、画角、サイズなどをインタラクティブに変更できるシステムを開発した (図 11)。全体シーンの中に、3 つの切り取り範囲、およびその範囲内で



(a) 全体シーンの切り取り (b) テスト映像の投影

図 11 プロジェクタ映像を対話的に調整するシステム

Fig. 11 A system to adjust projector images interactively.



(a) トノサマバツタ



(b) ヤモリ

図 12 アニメーション用画像

Fig. 12 Images for animation.

の投影範囲が矩形で表示されており、これらは各プロジェクタ用に CG 映像を生成するための個別の視点、画角、サイズのパラメータに相当する。そして、各矩形の位置やサイズをキーボード操作で対話的に変更する。具体的には、3 つのプロジェクタの投影範囲を隣接させてから、切り取り範囲を調整しながら矩形を投影したときの位置とサイズを投影結果を見ながら合わせる。これにより、短時間で 3 つのプロジェクタ用映像を調整することが可能となった。

4.2.3 CG モデルとアニメーション

すすきの CG モデルは写真を加工して生成した映像を用いている。すすきの下端を軸にして振り子運動をさせることで、風になびく様子を再現している。

トノサマバツタとヤモリの CG モデルはいずれも掛け軸に描かれた絵を加工して生成している (図 12)。動きを再現する絵を複数枚生成して、テクスチャマッピング画像として切り替えながら使用することで、トノサマバツタが羽ばたきながら跳ぶ様子やヤモリが歩き回る様子のアニメーションを実現している。

トノサマバツタとヤモリの移動は、目的地への移動と新しい目的地のランダム設定を繰り返すことで、リアルタイムで生成している。なお、トノサマバツタは目的地をすすきの葉の上にランダムで設定しており、現在の位置から目的地に到達するための跳び出し速度を計算して、放物線運動に基づいて次の目的地に移動する。これにより、リアルな

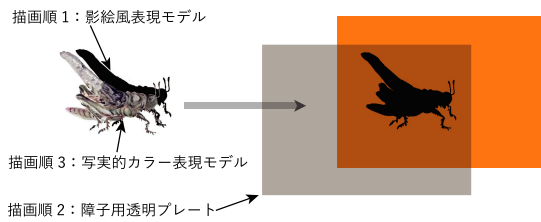


図 13 土壁上と障子上での投影映像の切替えの原理

Fig. 13 Principle of switching images between the soil wall and the shoji.

バッタの動きのアニメーションを実現している。

4.2.4 土壁上と障子上での投影映像の切替え

2.3.2 項で述べたように、すすき、トノサマバッタ、ヤモリの映像は、土壁に投影される場合はカラーの写実的表現で、障子に投影される場合は影絵のような表現になっている。この表現の切替えをリアルタイム CG で表現するため、三次元 CG のデプスバッファの特性を利用している。

図 13 に投影映像切替えの原理を示す。すすき、トノサマバッタ、ヤモリの CG モデルは、いずれも写実的カラー表現の背後に影絵風表現を重ねた構造になっている。そして、きわめて透明度が高いプレートを CG シーン中で障子上に投影される部分に配置する。このとき、すすき、トノサマバッタ、ヤモリの CG モデルよりも視点に近い位置に配置する。

そして、影絵風表現 CG モデル、障子用透明プレート、写実的カラー表現 CG モデルの順に描画を行う。そのため、障子用透明平面が配置された部分では、先に描画する影絵風表現 CG モデルは影響を受けないが、後から描画する写実的カラー表現 CG モデルはデプスバッファによる陰面消去によって描画されることはない。この結果、すすき、トノサマバッタ、ヤモリがどのような位置や角度であっても、障子に重なる部分だけは適切に影絵風表現に切り替わる。

4.3 座敷プロジェクトンマッピングの実現方法

4.3.1 使用機材

座敷プロジェクトンマッピングは、1 台の PC と 2 台の超短焦点プロジェクタを使用しており、座敷畳面と床の間背面の 2 面に映像を生成して投影している。そして、人の検出用に Kinect を用いている。

座敷内では機材がなるべく目立たないように考慮している。図 14 に機材設置の様子を示す。座敷畳面に映像を投影する超短焦点プロジェクタは、座敷と廊下を隔てる障子の裏に配置してある (図 14(a))。また、Kinect は座敷を照らすために床の間横に置く行灯の内部にセットしている (図 14(b))。床の間背面に映像を投影する超短焦点プロジェクタは神棚の奥に設置している。

4.3.2 実装方法

座敷で歩く人を検出するため、Kinect では深度画像の取得と人の関節点検出を行い、関節点などに基づいて深度画



図 14 座敷プロジェクトンマッピングのための機材設置
 (a) 障子背後にセットしたプロジェクタ (b) 行灯にセットした Kinect ジェクタ

Fig. 14 Installing equipments for zashiki projection mapping.

像中の人領域を抽出する。そして、人領域の深度値に基づいて座敷内で歩く人の二次元座標を計算する。Kinect から見て人が重なっていないかぎり、同時に複数人の検出が可能である。

投影映像は OpenGL で構築した三次元 CG シーンに基づいて生成する。座敷畳面に投影するために三次元シーンは畳面と同じサイズで構築してあり、シーン内には木の葉 CG モデルを散りばめている。そして、Kinect で検出した人の二次元座標付近に存在する木の葉 CG モデルに力を与えて、重力と空気抵抗による簡易的な物理シミュレーションに基づいて木の葉 CG モデルを運動させる。これにより、人の動きに応じた木の葉とのインタラクションを実現している。

なお、床の間背面に投影する映像にはインタラクション要素は実装していない。

5. イベントおよびお茶会の実施

5.1 障子プロジェクトンマッピング展示イベント

制作した障子プロジェクトンマッピングは、2017 年 9 月 23 日 (土)、24 日 (日) に一般向けの展示イベントで実施した。イベントは地元広報誌で告知を行い、両日とも約 100 人の観覧者が訪れた。イベントは夕方 17 時過ぎから始まり、最初に小栗家住宅に関する解説を行いながら日没を待った。そして、日が暮れた 18 時頃から障子プロジェクトンマッピングを開始した。図 15 にイベント実施の様子を示す。

障子に投影された映像は非常に鮮やかであり、映像が映し出されただけで観覧者から歓声が上がった。そして、「カラー円盤」「お札降り」「花火」のシーンでは、子供を含む多くの人々が映像とのインタラクションを楽しみながら障子プロジェクトンマッピングを鑑賞した。

観覧者からは「映像が鮮やかで綺麗だった」「古い建物と障子プロジェクトンマッピングという新しい技術の融合が良かった」「映像が自分の動きに反応することが楽しかった」といった好意的な感想が多く聞かれた。

5.2 プロジェクトンマッピングで演出するお茶会の実施

2017 年 11 月 18 日 (土)、19 日 (日) に小栗家住宅にお



図 15 障子プロジェクションマッピングイベントの様子

Fig. 15 An event that showed the shoji projection mapping.



図 16 プロジェクションマッピングで演出したお茶会の様子

Fig. 16 A tea ceremony staged with our projection mapping.

いて、茶室プロジェクションマッピングと座敷プロジェクションマッピングを用いて演出したお茶会を開催した。お茶会には両日とも約 20 名ずつの招待客が参加した。参加者の大部分は 50 歳代以上で、地元で茶道を教える立場の人たちも参加した。図 16 にお茶会の様子を示す。

茶室プロジェクションマッピングはさりげなく演出を始めたが、始めにすすきが投影されたときには「綺麗だ」「お茶席の雰囲気合っている」といった声が聞かれた。そして、掛け軸にスポットライトが当たってトノサマバッタとヤモリが掛け軸から抜け出して動き回り始めると、驚きの声が上がった。そして、特にヤモリについては「かわいい」といった声が聞かれた。

座敷プロジェクションマッピングについては、夜の神社

の境内でのお茶席、といったふだんとは異なる雰囲気とても楽しんでいるようだった。お茶席が終わったあとも、座敷を歩きながら木の葉が舞い散る様子を楽しんでいる参加者も見られた。

2 種類のプロジェクションマッピングで演出したお茶会に対する参加者の評判は非常に高いものであった。茶道指導者からの評価も高く、否定的な意見は聞かれなかった。

また、2018 年 5 月 29 日 (火) にも茶室プロジェクションマッピングと座敷プロジェクションマッピングを用いて演出したお茶会を開催した。このお茶会には遠州流 13 世家元の小堀宗実氏や武者小路千家 15 世家元後嗣の千宗屋氏といった茶道会で非常に高い立場の指導者が参加したが、両プロジェクションマッピングは非常に好評であった。本

論文で述べたプロジェクションマッピングは、茶道の伝統を受け継ぐ人々にとっても受け入れられる可能性があることを示した。

6. 考察

3.2節で述べたように、本作品は半田に観光で訪れた一般客を対象とした障子プロジェクションマッピングと、小栗家住宅内で開催されるお茶会に参加する限られた人々を対象とした茶室/座敷プロジェクションマッピングで構成されている。そして、イベントとお茶会で作品を披露した後、それぞれの側面に関連する反応や進展があった。

障子プロジェクションマッピングは地元紙で紹介されるなど地域で注目された。そして、半田市観光協会も障子プロジェクションマッピングに大きな関心を持ち、2018年秋に半田市観光協会とコラボレーションして障子プロジェクションマッピングを実施することになった。新たな映像では観光協会の提案で半田市出身の児童文学作家である新見南吉を取り上げることになり、彼の代表作である「ごん狐」をテーマにしたインタラクティブプロジェクションマッピングとなる予定である。

茶室/座敷プロジェクションマッピングについては、お茶会の参加者の1人であった弁護士の小林啓文氏が非常に興味を持った。そして、2018年10月に自身が席主として東京の根津美術館の茶室「披錦齋」で開催する「現代茶人の茶席」において、座敷プロジェクションマッピングを実施したいという要望があった。このお茶会に対する席主としての主題は「もみじ」ということで、多くのもみじが床に舞い散るインタラクティブプロジェクションマッピングとなる予定である。

このように、障子プロジェクションマッピングは半田の観光客に向けた次の作品につながり、茶室/座敷プロジェクションマッピングは別の茶室でのお茶会に向けた新たな作品につながった。これは、本論文の作品で対象とした2種類の観客からそれぞれ評価されなければ成し得ないことであり、作品が伝えたかった意図が観客に理解された結果であるともいえる。

なお、今回のプロジェクションマッピングはすべて小栗家住宅を舞台にしたが、プロジェクタを隠すために特注の畳と障子を用いた以外は住宅に対して手を加えておらず、使用した機材もすべて汎用品である。そのため、他の歴史的建造物に対応させることは困難でないと考えている。実際、根津美術館の茶室「披錦齋」でのプロジェクションマッピングでも、プロジェクタを隠す行灯を制作する以外は特別な準備は行わない。

7. まとめ

本論文では歴史的建造物の活用例の1つとして、愛知県半田市の小栗家住宅を舞台に3種類のプロジェクション

マッピングを制作した。また、プロジェクションマッピングを用いたイベントとお茶会を実施した。

障子プロジェクションマッピングの展示イベントには多くの人々が訪れて、観覧者からの評価も高かった。今回の試みから、伝統的住宅の障子を投影対象としたプロジェクションマッピングは新しい映像提示手法の1つとして多くの人々を惹きつける作品のベースになる可能性があることが示された。

茶室プロジェクションマッピングと座敷プロジェクションマッピングを用いたお茶会は、一般の人だけでなく茶道家元を含む茶道指導者からの評価も非常に高く、茶道という日本の伝統的文化と最新デジタル技術の融合は、茶道本来の良さを損なうことなく新しい芸術を創造できる可能性を示したのではないかと考えている。実際、今回のお茶会に参加した方から、東京の根津美術館で毎年開催される「現代茶人の茶席」での座敷プロジェクションマッピングによる演出の打診を受けている。

障子プロジェクションマッピングと茶室プロジェクションマッピングは、実施には複数のプロジェクタのための映像生成とそれらの統合的な制御が必要になるため、制作のハードルがやや高い部分がある。今後の課題としては、多くの人が容易に作品制作が行うことができる専用プラットフォームの開発があげられる。

参考文献

- [1] 文化庁・登録有形文化財の登録の抹消について (2018), 入手先 (http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/yukei_kenzobutsu/massho/index.html).
- [2] 佐藤玲菜, 川崎興太: 歴史的建造物の保存と活用の実態に関する研究—山形市中心市街地周辺の事例研究, 日本都市計画学会都市計画報告集, No.15, pp.367–373 (2017).
- [3] 一般社団法人 NOTE: “NIPPONIA”, 内閣官房歴史的資源を活用した観光まちづくり事業 (2016), 入手先 (<http://nipponiastay.jp/>).
- [4] 水野慎士, 小栗真弥, 小栗宏次, 安田孝美: 歴史的住宅の障子を用いたインタラクティブプロジェクションマッピングの試み, 情報処理学会研究報告デジタルコンテンツクリエーション (DCC), Vol.2017-DCC-17, No.15, pp.1–4 (2017).
- [5] 水野慎士, 小栗真弥, 小栗宏次, 安田孝美: 歴史的住宅内部の調度品を利用したインタラクティブプロジェクションマッピングの試み, 情報処理学会研究報告デジタルコンテンツクリエーション (DCC), Vol.2018-DCC-18, No.36, pp.1–6 (2018).
- [6] 中原由美, 水野慎士: 障子を用いたインタラクティブシステムの開発, 情報処理学会インタラクティブ2017 論文集, 3-506-25, pp.771–773 (2017).
- [7] (株) NAKED: TOKYO HIKARI VISION (2012), 入手先 (<http://naked-inc.com/works/383>).
- [8] 大阪城 3D プロジェクションマッピング 2014-2015 (2014), 入手先 (<https://www.youtube.com/watch?v=iXBAXt2YeWo>).
- [9] 土佐尚子: 琳派 400 年記念プロジェクションマッピング 21 世紀の風神・雷神 伝説 (2015), 入手先 (<http://www.tosa.media.kyoto-u.ac.jp/RIMPA400/>).
- [10] Circle of Light (2018), available from (<http://www>).

lightfest.ru/en/).

- [11] 「龍馬伝」幕末志士社中プロジェクションマッピング (2013), 入手先 (<http://www.projection-mapping.jp/?p=623>).
- [12] きらめき明治村 障子プロジェクションマッピング (2018), 入手先 (<https://gen8.jp/works/922/>).
- [13] 松村宗亮, Que, H.: 茶道の美意識と創造性について (2014), 入手先 (<http://qonversations.net/interview/751/>).
- [14] リコー: 2017 年第 50 回アジア開発銀行年次総会茶室障子プロジェクションマッピング (2017), 入手先 (<http://www.ricoh.co.jp/solutions/event.solution/lp/>).
- [15] team 谷四: 3D マッピング掛け軸 (2018), 入手先 (<http://team-tani4.co.jp/m15-j.html>).
- [16] 一般財団法人プロジェクションマッピング協会 (2018), 入手先 (<http://www.projection-mapping.jp/>).



水野 慎士 (正会員)

1998 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。1999 年豊橋技術科学大学情報処理センター助手, 2009 年愛知工業大学情報科学部講師, 2010 年同准教授を経て, 2014 年同教授, 現在に至る。コンピュータ

グラフィックス, 画像処理, マルチメディア等に関する技術の開発やそれらに応用した教育用やエンタテインメント用のインタラクティブデジタルコンテンツに関する研究に従事。2017 年山下記念研究賞受賞。画像電子学会, 芸術科学会, 日本バーチャルリアリティ学会各会員。



小栗 真弥 (学生会員)

2016 年立命館大学情報理工学部情報システム学科卒業。2018 年名古屋大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。現在, 同大学院情報学研究科博士後期課程在学中。



小栗 宏次 (正会員)

1990 年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了。工学博士。1990 年名古屋工業大学助手, 1994 年愛知県立大学助教授, 1998 年同情報科学部教授, 2010 年同情報科学共同研究所所長(兼任), 2012 年東京大学生産

技術研究所リサーチフェロー(兼任), 2013 年名古屋大学未来社会創造機構客員教授(兼任), 現在に至る。知的情報処理, 文化財情報学等に関する研究に従事。IEEE, 電子情報通信学会各会員。



安田 孝美 (正会員)

1987 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程情報工学専攻修了, 同年同大学工学部助手, 1993 年同大学情報文化学部助教授, 2003 年同大学大学院情報科学研究科教授, 2010 年同研究科副研究科長, 2013 年同大学教

育研究評議員, 2015 年同大学大学院情報科学研究科研究科長となり, 同大学院情報学研究科および情報学部設立に部局責任者として携わる。2017 年同研究科教授, 現在に至る。専門は社会情報学, メディア情報学。1990 年第 22 回市村賞学術貢献賞, 1995 年科学技術庁長官賞, 1998 年第 6 回本会坂井記念特別賞, 2006 年本会学会活動貢献賞。IEEE Senior Member, 日本工学アカデミー, 社会情報学会, 芸術科学会, 情報文化学会, 観光情報学会, 電子情報通信学会各会員。