

# 遺跡再現のための 全方位カメラによるパノラマ映像補正と表示

村山健二, 岡田至弘, 蓮池利隆

龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター

## 概要

本報告では、展観の対象として遺跡といった比較的大きなものを対象とし、その周辺に情景を投影することを目的とする。展観の際に遺跡の存在した周辺を示すため、周囲にスクリーンを張り映像を投影する。このような展観を行う場合、場所によってはプロジェクタの自由な設置や調整が困難であることがある。また大型スクリーンの場合、複数のプロジェクタを用いる必要がある。スクリーンも複数になると、調整が非常に困難な作業になる。そこで、より簡便な調整を行うために全方位カメラを用いることで、複数のスクリーンかつ複数のプロジェクタに対して対応させる。スクリーンに対して、各プロジェクタからパターンを投影し投影状態を全方位カメラから取得する。変形の状態は格子パターンを投影し、プロジェクタ出力の違いは単色のみのパターンを投影する。本手法により、より簡便な調整が可能であることが確認できた。

## Display and Correction using Panomic Image from Omni Directional Camera for Reproduction of Ruins

Kenji MURAYAMA, Yoshihiro OKADA, Toshitaka HASUIKE

## Abstract

When cultural properties are displayed, generally almost nothing is put around the exhibit. But, the understanding to face an exhibit by showing the information which relates to the exhibit is deepened. The object which becomes an exhibit is supposed the remains whose scale is big in this paper. We arrange a screen around the remains, and project an image. When such exhibition is done, it is difficult the free establishment of the projector and adjustment by the place. Moreover, many projectors is necessary when a large screen is used. Adjustment is difficult when there are many screens and projectors. It is effective to use omni-direction camera for the purpose of the simpler and easier adjustment to many screens and many projectors. The condition of many screens is aquired by using Omni-directional camera with our technique. And, we examined the technique to correct a form and brightness.

Ryukoku University Digital Archive Research Center

## 1 はじめに

文化財などを展観する際にその周辺の情景を示すことは、文化財へ価値や歴史の理解を深めるために有効と考えられる。展示物の本来ある場所の情景がわかることで、どのような場所で存在していたかわかる。また、かつての情景を提示することで、展示物の存在した時代を感じ取ることができる。このような情景の提示には、展示物の周辺や一部にスクリーンを張り、プロジェクタ等を用いて投影する。大きな展示物では大型スクリーンが必要となり、投影面積の広い映像を投影することになる。その際、特殊な機器を用いずに大型の投影映像を得るには、複数のプロジェクタからの映像を繋ぎあわせて使用することになる。複数の一般的なプロジェクタを用いて映像を提示する場合には、プロジェクタの設置している位置や方向、プロジェクタ間の特性の違いによって問題が発生する。具体的な問題として、プロジェクタの設置場所を自由に決めることができない場合に、大きさの違いや歪みが生じる。また、投影した映像の明るさや色が異なったり、隣接映像の重なった部分が明るくなったり、隣接映像で位置が異なるなどの問題が生じやすくなる。

本研究では、全方位カメラから得られるパノラマ画像を用いて、個々のプロジェクタの投影状態を取得する。それぞれの投影状態を基に、隣接投影画像をもつプロジェクタ間、および全体の投影画像を調整する手法を提案する。この手法で行う調整は各プロジェクタで可能な補正だけでなく、投影する画像に対してプロジェクタや投影状態に適合した画像処理によって行う。

二章では、類似研究として大型スクリーンの構成に関して述べ、主体となるものがどこにあるかを示す。三章では、投影時の投影強度や形状の補正に関するアルゴリズムについて述べる。四章では、三章で述べるアルゴリズムに関する実験と遺跡再現の例を示す。

## 2 高臨場感表示

大型スクリーンの表示に関する研究は、スクリーンの構成によって分類できる。分類には、壁面型やドーム型、ルーム型などの形式がある [1]。壁面型としては、西岡らによる高臨場感ディスプレイ [3, 2] がある。ドーム型では、プラネタリウムがある。ドーム型やルーム型では没入感が重要な要素とされている。

投影している映像に対してカメラを用いる手法は、近年で多く報告されている [5, 6]。近年では複数のプロジェクタを用いて、平面だけではない投影面に画素単位での合致を目指す高精度さを求める手法が報告されている [5]。

主となる対象が表示そのものにあるかどうかで分類する。ほとんどのものが、表示するコンテンツ自身が中心となり表示される。ドーム型の例として、プラネタリウムがある。また、壁面型のスクリーンも情報の提示に用いられることが多い。プラネタリウムでは、天体の表示が目的となっている。また、CAVEなどのルーム型では自身が主体となり、取り囲む周辺をスクリーンによって表現されている。本報告では、主体が遺跡となりその周囲をスクリーンによって囲み、表示するコンテンツは遺跡のあった周囲の情景を示すものである。

## 3 パノラマ映像からの補正

本研究において使用するスクリーンは、平面とする。各プロジェクタが投影する映像を得るまでのおおまかな流れを、図1に示す。投影の際に必要な情報は、プロジェクタの投影範囲、射影変換行列、出力係数の三種類である。これらの情報を得ることで、投影時に正しく投影される。ま

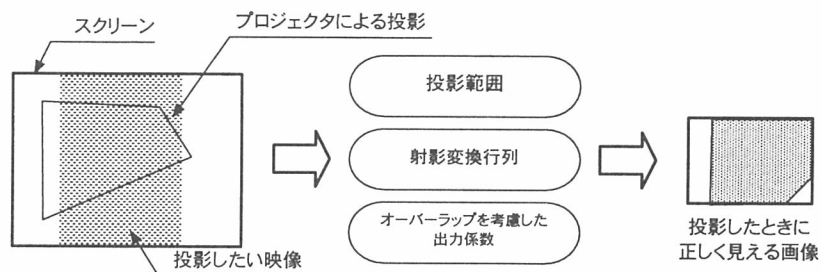


図 1: 流れ



(a) 全方位カメラ画像

(b) パノラマ画像

図 2: 全方位カメラ画像とパノラマ画像

ず、どのスクリーンに注目しているか区別するため、対象となるスクリーンの範囲を決定しておく。次に各プロジェクタがどのような投影状態にあるか知るために、取得したい投影情報に応じたパターンを投影する。投影されたパターンを全方位カメラによって取得し、プロジェクタの状態を知る。パターンから取得するプロジェクタの状態とは、投影範囲、射影変換行列および明るさや色を示す RGB の出力値である。

### 3.1 各スクリーンの表示範囲の取得

プロジェクタが投影する対象はスクリーン面であるので、スクリーンが複数ある場合、これからどのスクリーンが投影する対象になっているか知る必要があるため、スクリーンの範囲を指定する。範囲の指定は今回、手作業で行った。全方位カメラは、スクリーンがすべて撮影できる位置に配置する。取得した画像の例とパノラマ画像に変換したものを、それぞれ図 2(a)、図 2(b) に示す。

スクリーンの範囲を指定することで、どのプロジェクタが該当スクリーンに投影しているか判断が容易になる。

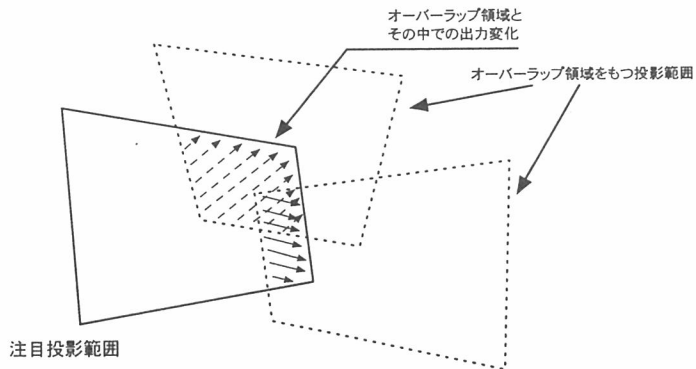


図 3: ソフトエッジブレンディング

### 3.2 投影範囲とプロジェクト出力状態の取得

投影するスクリーンが決定したら、次にプロジェクトの投影状態を取得する。投影状態とは、スクリーンに対するプロジェクトの投影範囲と RGB の各出力を示す。最初に、各プロジェクトがスクリーンに対してどのような範囲に投影しているかを調べる。このとき、単一色の画像を投影し、スクリーンマスク内で投影している範囲を判断する。同時に、単一色として光の三原色である赤、青、緑の最大出力を画像として投影し、投影されたそれぞれの光の強さを求める。各プロジェクトで同様に投影範囲と光の出力から、もっとも低い出力のプロジェクトに合わせて係数を求める。

### 3.3 オーバラップ領域の抽出と出力係数の算出

各プロジェクトが投影した際のオーバーラップ領域を抽出する。これは、各プロジェクトの投影範囲で重なる部分を調べることになる。注目しているプロジェクトの投影範囲に対して、他のプロジェクトの投影範囲を重ね、オーバーラップ領域を抽出する。オーバーラップ領域は、ソフトエッジブレンディング [1] を用いる。この手法は、オーバーラップ領域の出力を緩やかに変化させて、各プロジェクトからの映像を合成したときに正しく出力されるようにするものである。このとき、オーバーラップ領域はお互いの投影範囲の重心に向かって変化するものとする。3枚の投影範囲に重なりが生じている場合を、図3に示す。この図では、矢印の方向に出力が弱くなることを示している。

### 3.4 射影変換による変形の補正

投影映像の幾何補正は、プロジェクトが可能な限り補正していることが理想である。しかしプロジェクトの設置位置や性能によっては、プロジェクトのもつ補正機能を越える場合がある。このような場合は、投影する画像そのものを変形することで、投影した画像が正しく写るように補正が可能である。この変形を行うためには、スクリーンへ投影した映像がどのように変形している

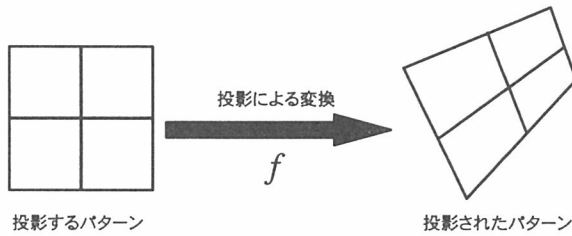


図 4: 格子パターンの投影

表 1: 使用機器

全方位カメラ	末陰産業株式会社 SOIOS 55-Cam
入力画像サイズ	640x480(有効範囲 480x480)
プロジェクタ	NEC ViewLight Mobile LT260J

か知る必要がある。変形を表す変換として、射影変換を用いる。まず格子パターンを投影し、その交差点の変化から変形を表す射影変換行列を求める。射影変換行列は、金澤らの手法 [4] を用いて求める。射影変換は、下式 (1) の形で書ける。

$$x' = \frac{Ax + By + C}{Px + Qy + R}, \quad y' = \frac{Dx + Ey + F}{Px + Qy + R} \quad (1)$$

格子のパターンを投影した場合の例を、図 4 に示す。投影したときに変形のない格子パターンを投影するためには、投影による変換  $f$  の逆変換  $f^{-1}$  を投影する前に行う。そして、逆変換  $f^{-1}$  によって変形したパターンは投影によって順変換  $f$  がなされ、元のパターンが投影されることになる。その様子を図 5 に示す。

## 4 実験と遺跡再現の例

実験で用いた機器は、表 1 の通りである。プロジェクタに表示させる画像サイズは、 $800 \times 600$  である。投影に用いた画像を図 6(a) に示す。射影変換行列を求め二台のプロジェクタで重ねた映像を、図 6(b) に示す。概ね正しく合成されていることが確認できた。しかし、細部まで見るとズレが生じていた。射影変換行列を求める際の格子点の精度に依存しているためと考えられる。

以下では、遺跡再現の例を示す。複数のプロジェクタを使用した例として、ニヤ遺跡の再現を挙げる。ニヤ遺跡は、シルクロード・西域南道沿線にある遺跡である。この遺跡は、1995・96 年の日中共同ニヤ遺跡学術調査隊による調査が行われ、規模や建物の構成が明らかにされた。建物の中には、仏堂とされるものがある。龍谷大学で 2003 年 9 月 8 日から 12 日に開催された大谷探検隊 100 周年記念シンポジウム、仏の来た道 2003 『シルクロード文物と現代科学』では、この仏堂の再現と法要が行われた。その際に、再現した仏堂の周りにスクリーンを設置し、仏堂の実物が

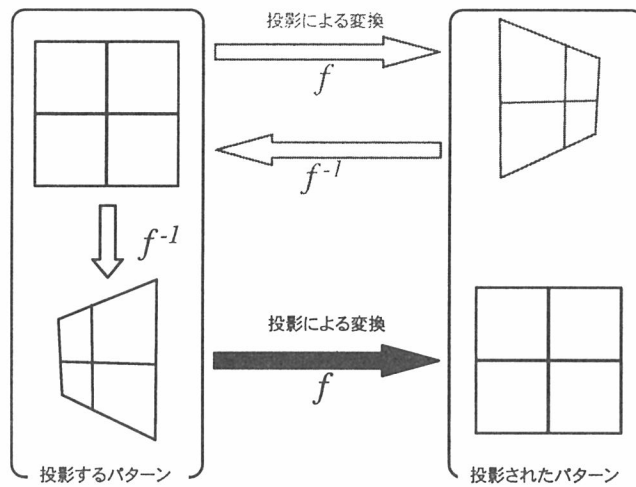
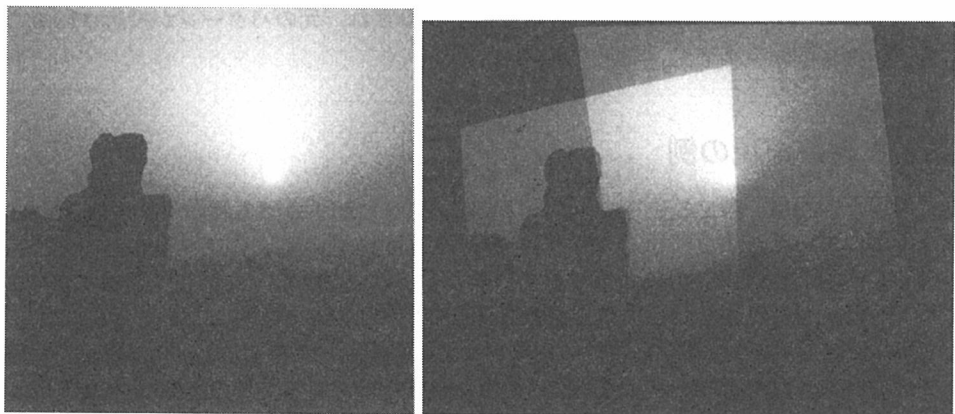


図 5: 逆変換を行った投影



(a) 対象画像

(b) 重ね合わせの例

図 6: 実験対象画像と結果

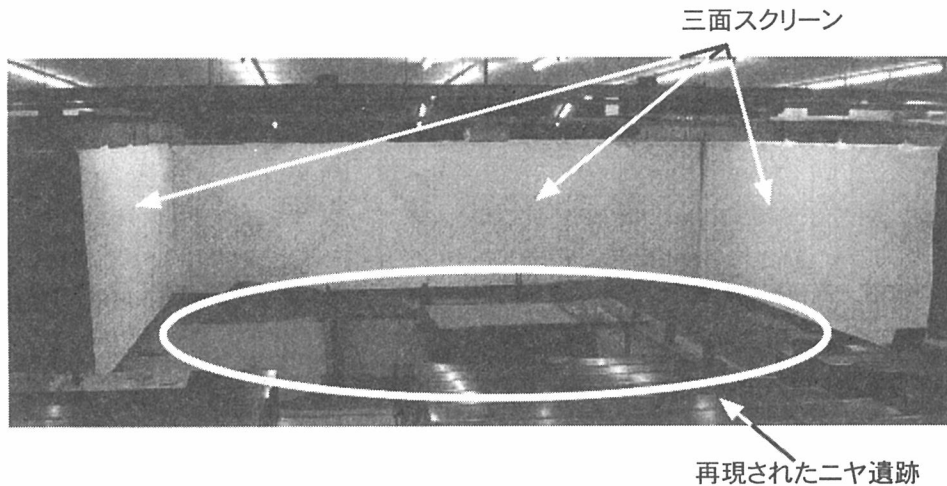


図 7: 再現した遺跡と周囲に設置したスクリーン

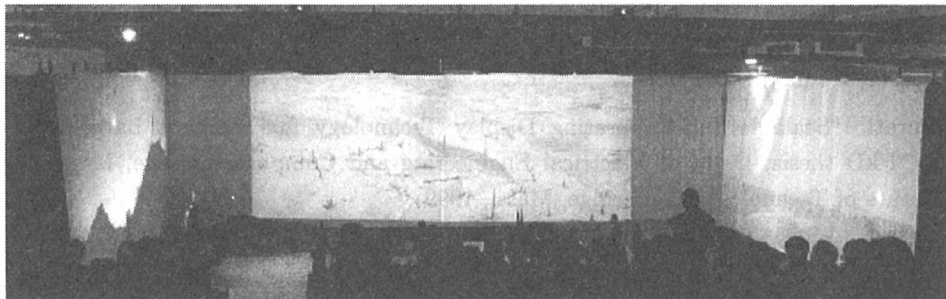


図 8: スクリーンに投影した様子

ある位置で撮影した写真の画像を投影した。再現した遺跡とその周囲に設置したスクリーンの様子を、図7に示す。スクリーンに投影したときの様子を図8に示す。このときは、プロジェクタを合計四台、各スクリーン面に二台ずつ用いた。プロジェクタは、NEC ViewLight Mobile LT260Jを四台、Canon LV7320を二台使用した。設置位置は、対面しているスクリーンの上部に設置した。スクリーンは、高さ2.7m奥行き8m横9mの撮影用背景紙を用いた。使用した画像は、各スクリーンに二枚ずつ割り当てて投影した。表示用いた画像の解像度は、1024×768画素である。

## 5 おわりに

遺跡再現のために大型スクリーンを用いてその遺跡周辺を表現する方法について述べた。そして、投影時におこる問題を解決するために複数のプロジェクタの使用と全方位カメラを用いたプロジェクタの投影状態を取得し、補正を行った。全方位カメラを用いることで、周囲のスクリーン

それぞれに同様のパターン投影するだけでよい。調整を行う労力を削減できることを確認できた。

今後の課題として、重ね合わせ精度の向上がある。その解決には、全方位センサの高解像度化と射影変換行列を再算出する方法が考えられる。全方位センサの高解像度化は、より細かな格子の位置を知るために必要である。また、射影変換行列の再算出は他のプロジェクタが出力している正しい格子を参照し、整合をとることが考えられる。

## 参考文献

- [1] 福里清信, “高精細大型表示システム映像情報メディア学会技術報告,” vol.23, no.70, pp.19–24, 1999.
- [2] 神内俊郎, “DIS 技術とデジタルアーカイブへの応用,” 人工知能学会誌, vol.18, pp.236–241, 2003.
- [3] 西岡貞一, “デジタルアーカイブと高臨場感ディスプレイ,” 信学技報, EID2000-226, pp.33–38, 2000.
- [4] 金澤靖, 太田直哉, 金谷健一, “射影変換行列の最適計算によるモザイク生成,” 情報処理学会研究報告 CVIM-116-2, pp.9–16, 1999.
- [5] 山崎真見, 皆川剛, 武田晴夫, 長谷川晶一, 橋本直己, 佐藤誠, “複合曲線スクリーン上での投射映像シームレス接続技術,” 映像情報メディア学会誌, vol.57, no.11, pp.1543–1550, 2003.
- [6] R.Surati, “Scalable Self-Calibrating Display Technology for Seamless Large-Scale Display,” PhD thesis, Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., 1999.