

「高度メディア社会の生活情報技術」  
平成11年度採択研究代表者

池内 克史

(東京大学大学院情報学環 教授)

## 「文化遺産の高度メディアコンテンツ化のための自動化手法」

### 1. 研究実施の概要

本研究は、奈良大仏等に代表される静的情報や、舞踊等に代表される動き情報等、失われてはならない貴重な文化遺産を保存し後世に伝えるため、我々が持つ視覚情報工学の技術を適用し新たな手法を開発することを目的としている。これには、近年利用可能になった3次元高精度距離センサや高性能テレビカメラなどの最新計測技術を開発、適用し、それらを取り扱うアルゴリズムを新たに開発することで実現される。これにより、文化財を視覚センサで撮影して物理情報を獲得し、高度メディアシステム上でのコンテンツへと自動変換することが可能になる。ここで我々が取り組んでいる研究課題は、以下のように分類することができる。

#### (1) 幾何情報取得に関する研究

距離センサやテレビカメラからの部分距離画像を統合し、文化財全体の3次元形状情報を獲得する技術の開発。

#### (2) 光学情報取得に関する研究

物体の表面反射特性(色・艶など)を計測、生成する手法の開発。

#### (3) 環境情報取得に関する研究

物体をとりまく光学的環境情報の取得や、それに基づく見えの生成。

#### (4) 文化財のシミュレーション技術(保存修復)に関する研究

得られた文化財の物理特性を元に、考証等に基づくことで古代、将来の姿をシミュレーションする技術の開発。

#### (5) 動き(時系列)情報に関する研究

舞踊等の人の動き情報(無形文化財)の保存や解析、再現等を可能にする技術の開発。

これまで幾何情報取得に関しては、培った大規模文化財をデジタル保存する基礎技術を用い、天平時代の国宝東大寺奈良大仏をシミュレーションする試みや世界的文化遺産のコンテンツ化として世界遺産タイ・スコタイのデータ取得を行った。また、光学情報取得・環境情報取得に関しては、限られた撮像枚数で表面の反射特性や光源情報を獲得する手法の開発を行った。これにより、文化財の表面色の保存を容易にし、これを幾何データに貼り付けることにより、さらに実物に近いコンピュータグラフィックスを可能にしてい

る。そして、動き情報に関しては、視覚解析技術を元に「見真似によるスキル学習」を実現するために、人の動きを有限の動き要素に分割・分類し、ロボットを用いて再現・提示を行う手法を開発してきた。

現在は、研究グループのひとつである東京文化財研究所と協力し、世界遺産等のデジタル保存化を進めており、カンボジア・アンコール遺跡のデータ取得を行ったところである。今後は、破損した文化財・遺跡の自動的デジタル修復手法の開発、環境・光源色に依存しない表面反射特性の取得手法および更なる動き（舞踊）解析手法や動き提示手法の開発などが挙げられる。

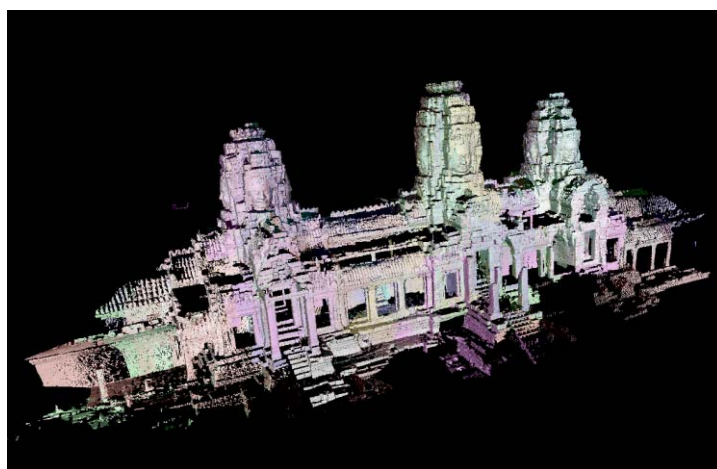
## 2. 研究実施内容

本年度開発した当グループの研究結果を以下に述べる。前述した分類に従い、各項目での開発結果を概説する。

### (1) 幾何情報取得に関する研究

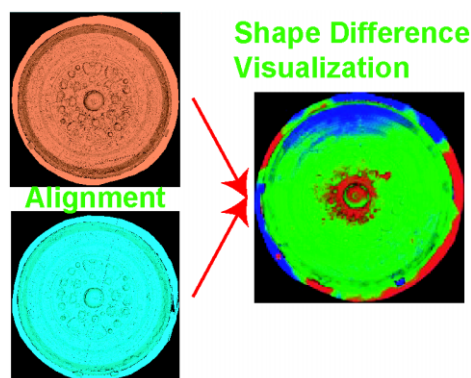
幾何情報取得に関して、昨年度までには距離センサから得られる部分距離画像を同時位置合わせする手法やそれらの統合手法、表面の情報（テクスチャ）を3次元モデルに張り合わせる自動化手法を開発した。そしてこの手法を、文化財の保存に関して長年多くの積み重ねのある独立行政法人東京文化財研究所と協力し、国宝白杵市古園磨崖仏、世界遺産であるパナマ市教会、タイのスコータイ遺跡（スリチャム大仏、トラパントンラン寺院）、アユタヤ遺跡（マハタート寺院、プラミュン寺院）、中国の龍門遺跡大仏等のデジタルコンテンツ化を行った。

本年度では、北海道余市町のフゴッペ洞窟、国宝・東大寺戒壇堂四天王像のデジタル保存等を試み成功させた。また、世界遺産であるカンボジア・アンコール遺跡のデータ取得を行い、現在、データ処理を進めている。この際に、地上に設置した距離センサからの計測では獲得できないオクルージョン領域に対して、空中設置型レーザー距離センサおよびステレオセンサを用いた計測を行った。しかし、計測装置は開発途中であり、実際の計測により新たな課題も生じたため、今後の研究遂行において克服する予定である。



アンコール遺跡 バイヨン

一方、幾何情報の解析に関して、文化財同士の類似形状の比較や劣化等を抽出し系統的に分類する手法を開発し、文化財研究の立場からも注目されている。この手法を、中国から渡来した銅鏡の親子、兄弟関係の系統分類を行うことに応用している。



銅鏡の形状比較による系統分類

#### (2)、(3) 光学情報取得に関する研究、環境情報取得に関する研究

光学情報取得に関しては、限られた枚数の画像による表面反射特性および光源情報の同時取得手法の開発が挙げられる。この特性解析には、従来では数百枚の画像が必要であり、多くの労力と時間を必要とした。我々の提案した手法では、複数視点から得られる数枚の画像からこれらの特性情報を獲得することができる。これにより、文化財のもつ表面の輝き方やつやなどの特性を、比較的短時間で取得することができ、幾何情報取得手法と組み合わせて文化財の静的特性を保存するために適用可能である。本年度は、これまでに開発してきた手法を用いて、(1)で計測した国宝・東大寺戒壇堂四天王像の1像の広目天に表面テクスチャをマッピングし、様々な光源環境下で再現することを実現した。



東大寺広目天像（様々な光源環境下での再現）

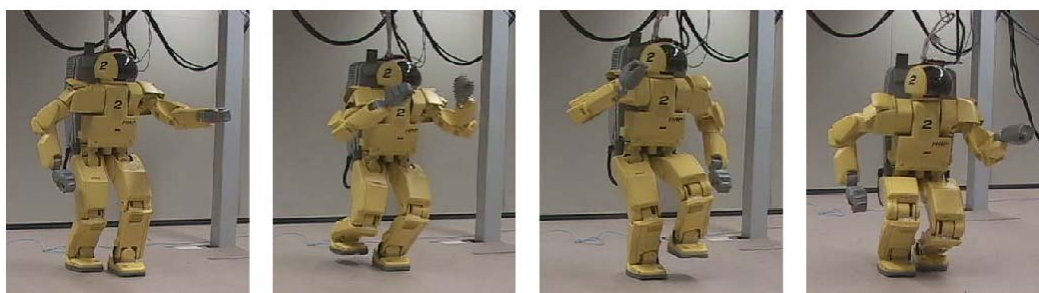
#### (4) 文化財のシミュレーション技術に関する研究

得られた文化財の物理特性を土台にし、考証に基づくことで文化財の本来の姿を再現したり、自然現象をシミュレーションすることで今後の劣化状態を把握する技術の開発で

ある。今年度では、昨年に計測を行ったタイのスコータイ遺跡に対するシミュレーションを行っている。今後は、崩落した遺跡の石像や石畳の修復シミュレーションを行うことにより、実際の修復への支援方法を検討する予定である。

#### (5) 動き（時系列）情報に関する研究

舞踊等に代表される人の動き情報（無形文化財）を保存、解析し、それを提示するための総合的技術を開発し発展させている。これまでに、モーションキャプチャシステムによる人の動き入力装置から得られた舞踊のデータから、人の基本動作を取り出す手法の開発、基本動作を連結し新たな動き情報を作り出す技術の開発を行ってきた。今年度では、基本動作の分類には、踊りの種類や音楽のリズムによる共通成分と、踊り手によって異なる特徴やノリが含まれる個性成分の分類・抽出を行った。また、保存された動きを提示する手法として、ヒューマノイドロボットを用いた舞踊動作の提示手法を開発しており、今年度では上半身の動作に脚部の再現を加えている。



ヒューマノイドロボットによる踊りの再現

また、ロボットによる組み立て作業やロープ結び作業などの認識や解析、再現等の手法を開発している。これにより、人による教示を視覚により観察し、その情報とロボット内部で持つ対象知識から、人が行った高度な作業の再現を行うことが可能にする。今後は、人の視線情報も加味した組立作業等の動作認識と、解析による動作タスクのシンボリック化、そしてロボットによる再現を発展させる予定である。

### 3. 研究実施体制

#### 幾何・光学・環境グループ

①研究分担グループ長：池内 克史（東京大学、教授）

②研究項目：

- ・文化財の3次元幾何情報取得に関する研究
- ・文化財の表面光学特性取得に関する研究
- ・光源環境情報取得に関する研究

#### 時系列グループ

①研究分担グループ長：池内 克史（東京大学、教授）

②研究項目：

- ・ 無形文化財（動き情報）の取得、解析に関する研究
- ・ 動き情報の提示手法に関する研究

#### 保存修復グループ

①研究分担グループ長：池内 克史（東京大学、教授）

②研究項目：

- ・ 文化財保存修復への3Dデジタル情報の応用

#### パッケージ・コンテンツグループ

①研究分担グループ長：池内 克史（東京大学、教授）

②研究項目：

- ・ 保存された文化財のパッケージ化およびデジタルコンテンツ化に関する研究

#### 4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

##### （1）論文（原著論文）発表

- Daisuke Miyazaki, Megumi Saito, Yoichi Sato, Katsushi Ikeuchi, Determining surface orientations of transparent objects based on polarization degree in visible and infrared wavelengths, *Optical Society of America*, Vol. 19 · 4, pp. 687-694, 2002. 4
- 影澤 政隆, 上野 信一, 池内 克史, 栢木 寛, 並列画像処理ボードIMAP-visionを利用した赤外線による車両認識システム, *電子通信情報学会論文誌 基礎・境界*, Vol. J85-A · 5, pp. 597-605, 2002. 5
- 倉爪 亮, 西野 恒, Mark D. Wheeler, 池内 克史, リフレクタンスエッジと濃淡エッジを用いたテクスチャのアラインメント, *電子情報通信学会論文誌 情報・システムII-パターン処理*, Vol. J85-D-II · 6, pp. 1038-1046, 2002. 6
- 小川原 光一, 高松 淳, 木村 浩, 池内 克史, 複数教示動作の時系列上での統合に基づく人間作業のモデル化手法, *情報処理学会論文誌：コンピュータビジョンとイメージメディア*, Vol. 43 · SIG4(CVIM4), pp. 117-126, 2002. 6
- 西野 恒, 池内 克史, 大規模距離画像群の頑健な同時位置合せ, *電子情報通信学会論文誌 情報・システムII-パターン処理*, 2002. 9
- 池内 克史, 文化遺産の高度メディアコンテンツ化のための自動化手法, *画像電子学会誌(Imaging & Visual Computing)*, Vol. 31 · 5, pp. 716-721, 2002. 9
- Tatsuya Yoshida, Shirmila Mohottala, Masataka Kagesawa, Katsushi Ikeuchi, Vehicle Classification System with Local-Feature Based Algorithm Using CG Model Images, *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol. E85-D · 11, pp. 1745-1752, 2002. 11
- 佐川 立昌, 西野 恒, 池内 克史, 光学的情報付き距離画像のロバストな適応的統合, *電子情報通信学会論文誌 情報・システムII-パターン処理*, Vol. J85-D-II · 12, pp. 1781-1790, 2002. 12

- 中澤 篤志, 日浦 慎作, 加藤 博一, 分散協調型対象追跡システムの設計に関する考察, 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol.43・SIG11(CVIM5), pp.11-20, 2002.12
- 原 健二, 西野 恒, 池内 克史, 透視投影と点光源下の鏡面反射からの光源位置と反射特性の推定, 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol.43・SIG11(CVIM5), pp.121-129, 2002.12
- I. Sato, Y. Sato, K. Ikeuchi, Illumination from shadows, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.25・3, pp.290-300, 2003.3

(2) 特許出願

H14年度特許出願件数: 3件 (研究期間累積件数: 3件)