

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名 「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」
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者 池内 克史（東京大学大学院 情報学環 教授）

主たる研究参加者

尺長 健（岡山大学 教授）

久野 義徳（埼玉大学 教授）

木村 浩（電気通信大学 助教授）

和田 俊和（和歌山大学 教授(平成 14 年 10 月～)）

青木 繁夫（東京文化財研究所 国際文化財保存修復センター長(平成 13 年 8 月～)）

3. 研究内容及び成果：

本研究は鎌倉や奈良大仏、民俗舞踊や匠の技といった失われてはならない貴重な文化遺産を高度メディアコンテンツとし、保存や理解・普及に役立てるための計測技術、視覚情報工学の新たな手法を開発することを目的として行った。

研究の切り口として以下の4つの分野を挙げ、平行して研究を進めた。

1. センサからの情報を統合し、全体形状を獲得する幾何情報取得
2. 物体本来の色・艶などの見え再現のため光学情報取得
3. 物体をとりまく環境情報取得や、それに基づく見えの生成法
4. 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動き(時系列)情報取得

これら開発された要素技術を統合する目的から代表的な文化遺産をとりあげ、コンテンツ化を行い、プロジェクト全体の統合・整合を図ってきた。

幾何情報取得に関しては幾何情報収集センサの開発、位置あわせアルゴリズムの開発、統合アルゴリズムの開発といった3つの幾何情報処理ステップに沿って研究を進めた。

データ取得に関してはセンサ開発に重点をおいた。現在市場に出回っている既存の距離センサは全て地上据え置き型である。このため大型の文化遺産に対しては足場等を組み、地上からの視点を補うのが基本である。この方式では足場建設に時間がかかるだけでなく、たとえば東大寺大仏殿のような大型の構造物では不可能に近い。そこで気球を利用して空中を浮遊しながら情報が収集できるセンサの開発をめざした。最終的に画像全体からセンサの動きを補正するアルゴリズムの開発に成功し、これにより足場等の設置が不可能な高所からのデータも得られるようになった。

また、通常のセンサではレーザー光の反射を利用して形状取得を行っているが、文化財のなかには、例えばペルシャガラスのような透明表面を持つものも多い。こういった透明物体の形状を得るセンサの開発にも成功した。

各センサからの情報はそのデータが採られた観測位置からの座標系で表現されている。これら部分データから全体の形状モデルを生成するためには、各センサの位置を決定する位置あわせアルゴリズムとデータを張り合わせる統合アルゴリズムが必要となる。まず現場でその日収集したデータを高速に簡便に処理し、データの取り忘れ等のチェックを行うための高速位置あわせアルゴリズムを開発した。さらに研究室に戻ってから精度の高い位置あわせをするために、ノイズが多い場合でも位置あわせ可能なアルゴリズムや、大量のデータを同時に処理できるPCクラスタ上での並列高速位置あわせアルゴリズムを開発した。張り合わせ統合処理に関してもPCクラスタ上でロバストに且つ並列的に統合処理の行えるアルゴリズムも開発した。これらの技術を活用して100枚以上の距離データからなる国宝東大寺盧舎那仏(奈良大仏)などの形状データを処理し文化財のデジタル保存を行った。

光学情報取得は幾何形状モデルの上にカラー画像を重ね合わせることや、重ねあわせられ

た画像を元にそのもの本来の見えを生成することを目的とする。まず、重ね合わせに関しては比較的小型の文化財に適用可能なキャリブレーション箱を利用する方法や、距離センサから得られる反射率画像を利用して大型の文化財に適用可能な手法を開発した。さらに貼り付けられた画像を集積することで画像部分の特性を解析し、本来の反射率を計算して見えを生成する手法などの開発にも成功した。

光学情報の取得を行っている過程で環境条件を推定する必要が発生する。例えば、バイヨン寺院の場合、対象が非常に大きいため、北端からカラー画像をとりはじめたとしても一周する間に日照条件が変化し、全体が整合性のとれた色合いとならない。このため写真から日照条件を推定し、その影響をキャンセルする必要がある。これに関しては2枚の未知の撮影条件の画像を見比べるだけで日照条件に普遍的な画像が得られる手法を開発した。

また、出来上がったコンテンツを実シーンに重ねることも多い。こういった場合、仮想コンテンツと実シーンとの間で日照条件が異なるため、違和感のある画像となる。両者の関係を高速に計算し、違和感のない画像を高速に生成する手法を開発した。

これまで述べた有形文化財に対して、伝統芸能や匠の技といった動的な無形文化財も多く存在する。無形文化財はその中心表現が演者の動きの中に込められているため、動きをどのように記録するか、どのように再現するかが研究の中心課題となる。本研究ではヒューマノイドロボットで動きを再現することとし、これに各種の技能を動的にアーカイブするための人の動きの入力手法、解析手法および提示手法の開発を行った。人間の動きをモーションキャプチャシステムにより計算機に入力し、何をするかという動作タスクを連続した動きの中から切り出す。ここから上半身、下半身の動きを解析し、踊りの重要な点を保持しつつロボットにこれを投影する手法を開発した。

#### 4. 事後評価結果

##### 4 - 1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

建造物など大規模な文化財に対して、その3次元計測、データ統合、保存、再生に関わる基本的な技術を開発し、大規模文化財のデジタル保存への道を開いた。規模の大きさから通常では計測不可能な対象を空中から計測し、動く多視点の膨大な数の画像情報から精度の高い3次元画像復元をするなど、新しいセンサーの開発や分割して得た計測データを統合するアルゴリズムを開発した。さらにはガラスなどの透明物体の3次元計測手法も確立した。これらの技術開発を国内外の文化財を対象とした実際の問題を通して行い、有効性を検証したことで成果も十分に満足できるものである。幾何情報だけに留まらず物体本来の色、艶などの再現、光源の位置や他の物体の影など周辺環境の影響に基づく「見え」の生成等多面的な角度からの計測技術、幾何情報とのデータ統合技術が開発され、これらの技術は今後さまざまな分野に適用できるものである。

一方、匠の技や伝統芸能など無形文化財の保存、再生に関する研究も行われ、舞踊における人の動きの時系列的な取得、ロボットによる再現も試みられた。人の動き情報の取得、動作解析、動作のロボットへの投影などの一連の技術として一定の成果が得られた。踊りをロボットで再生すること、ロボットをディスプレイ装置として使うという着想はロボットの技術的シーズを見せる点でインパクトが大きい。しかし、文化遺産としての伝統芸能を保存するという本来の研究目的から見た場合、ロボットによる再現の善し悪しを含めて今後の課題が見えてきた段階といえる。

論文発表は国内34件、海外18件、口頭発表は国内152件、海外114件と活発な情報発信が行われた。特許出願は国内5件、海外2件で研究内容、成果に比べてやや不満が残る。

##### 4 - 2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

本研究で開発された高い精度の画像復元技術は国内外でもトップクラスといえ、コンテンツ分野では広い応用が可能な重要技術である。今後3次元画像が広く使われる場面は多く、3次元物体の記録技術としてコンテンツをベースにした商用システムへの展開が高く期待される。その

ためにデジタルアーカイブのフォーマット標準化が今後の重要なテーマになるであろう。

一方学問的な観点からは、集められた文化遺産のデータ分析・解釈などから新しいデジタル考古学のような展開も考えられる。

#### 4 - 3 . その他の特記事項

日本バーチャルリアリティ学会最優秀論文賞他6件を受賞している。

マスコミに多く取り上げられ、新聞、雑誌、TV報道などで文化財保存への取り組みや実際の計測データが多方面で報道されたことは特筆すべき点である。