

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 13 日現在

機関番号：23901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22720291

研究課題名(和文) テオティワカン遺跡のCG復元に向けた表面テクスチャおよび形状解析

研究課題名(英文) Analysis of shapes and surface textures toward CG restoration of Teotihuacan ruins

研究代表者

河中 治樹 (Kawanaka, Haruki)

愛知県立大学・情報科学部・講師

研究者番号：90423847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、リアリティの高い三次元コンピュータグラフィックスで遺跡を再現するために、形状データとテクスチャデータの準備を行った。そのためにまず遺跡建造物の計測および壁画資料データの収集を行うことで、画像修復の対象となる壁面の様々な条件を明らかにし、テクスチャの境界における整合性を保ったCG合成を可能とした。また、欠損した壁画の適応的内挿についての検討を行い、専門家によって作成されたトレース図を利用することで壁画作成当時の様子として画像修復する方法を実現した。

研究成果の概要(英文)：In this study, geometric data and texture data were prepared to reproduce ruins by realistic three dimensional computer graphics. At first, various conditions of wall surfaces targeted for the image inpainting were clarified by measuring constructions in ruins and collecting data of mural paintings. Then, the conditions enabled us to synthesize images using computer graphics with consistency in boundary of textures. Additionally the adaptive interpolation of defective areas in mural paintings with loss of large part was considered. Thus by using trace drawing made by professional, it was realized restoration of an image as the same as it was when the construction was founded in days of old.

研究分野：考古学

科研費の分科・細目：史学・考古学

キーワード：画像、文章、音声等認識 コンピュータグラフィックス デジタルアーカイブ

1. 研究開始当初の背景

テオティワカン遺跡は紀元前2世紀頃に建造されたメキシコ最大の宗教都市国家である。この遺跡は現在発掘された部分だけでも長さ2km以上にわたるほど広大であり、遺跡の全てを従来の方法でデジタルアーカイブするには費用も時間も膨大にかかる。また、その間にも遺跡は風化を余儀なくされており、一刻も早くアーカイブすることが急務となっている。

これまでの発掘作業によって得られたピラミッドの四隅などの頂点情報はCADで統合・保存されており、考古学研究者らはそのデータをもとに仮説の検証や新たな推論を展開している。しかしながら当然そうした考古学研究者の中では、遺構や遺物および古文書に描かれた図像の製造当時の正確な姿を、CADデータ(ワイヤーフレーム、単純な多面体)としてではなく、リアリティの高い三次元CGで観察してみたいという要望が高まっている。

既に考古学的調査においては、本研究の共同研究者である杉山(愛知県立大学 特任教授)が1998年から2004年までメキシコ、テオティワカン古代都市にて大掛かりな「月のピラミッド」発掘調査を、科研費(海外基盤研究A)等で実施してきた。それによって、月のピラミッドの第1~7期までのピラミッド形状の予測、月のピラミッド正面の小さなピラミッドの第1~4期までの形状予測、生贄の骨の発掘や骨の配置の記録などが行われている。

2. 研究の目的

デジタルカメラで計測したテクスチャを幾何モデルにマッピングすることで光学データとするが、距離センサと光学センサがそれぞれ独立していると、テクスチャのマッピングを行う際に幾何モデルとテクスチャの位置合わせも必要となる。また、光学センサで撮影した画像は時刻、撮影場所およびセンサの向きなどが様々であり、撮影条件は一定ではない。このような画像からテクスチャを作成し、幾何モデルにマッピングを行うには幾何学的整合性および光学的整合性を考慮しなければならない。こうした作業を現在は人手で行っており、その結果膨大な時間と労力が必要になっている。したがって、本研究では遺跡の構造や様々な壁画に焦点をあて、制約が少なく従来よりも手軽に情報を蓄積できる方法を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 計測方法の検討および現地計測

メキシコ現地へ赴き、メキシコ国立人類学歴史学研究所のアレハンドロ・サラビア氏および愛知県立大学の杉山三郎特任教授らとともに協力して、月のピラミッドの撮影計測および資料データの収集を行う。

ただし、大規模な遺跡を撮影する場合には

テクスチャの量が膨大になるため、それらを撮影する日時や天候を同じにすることは困難である。そのため撮影したそのままの画像ではテクスチャ間の境界で整合性が取れない。また、画像を撮影するときにCAD内の各パッチに該当する部分を正面から撮影できるとは限らない。こうしたことから、通常は撮影条件に関する多々の制約を課すことになるが、なるべく制約を減らせるような撮影方法を検討する。そのための情報として、撮影時刻およびGPSデータからCADとテクスチャの対応関係を自動でとる方法を構築する。また、ピラミッドは人工建造物であり、複数の平面で構成されている部分が多いため、その稜線の平行関係または直交関係を積極的に利用してテクスチャ画像の明度補正およびレンズ歪み補正を施した後に、射影変換することで正面画像へ修正してマッピングを適用する。こうした計算を行うためのカメラ校正についても事前に検討を行う。

(2) 欠損した壁画の画像修復

また、遺跡にある月のピラミッドをはじめ遺跡の大部分は時間の経過や侵略されたときの破壊によって、現在の建築物の大部分が考古学的に復元されたレプリカとなっている。その壁表面は建造当時のような漆喰ではなく石肌が出ている状態で、もはやそこから直接に建造当時のテクスチャ情報を得ることは困難となっている。また、遺跡内に存在する動物や模様が描かれた壁画についても上記と同様の理由で一部分が欠けたり、所々罅が入っており、そのままテクスチャマッピングしても当時の遺跡の状態を復元したとは言えない。そこで本研究では、修復士によって修復された壁画の色情報から創建当時の各種壁面および壁画のテクスチャ画像を合成する方法、画像の欠損領域の修復方法について考案・実装する。

具体的には図1のような欠損画像に対して図2のようなトレース図が専門家により作成されているので、このトレース図を使って、対象の壁画画像のエッジの連結および領域抽出を行い、顔料の種類ごとに領域に分ける。各領域に使用されている顔料はその成分が分析されて判明しているため、それと同じ成分の顔料で塗られた修復済みの壁画画像からテクスチャのサンプルを取り出す。このサンプルを欠損領域内でテクスチャ拡大処理をする。テクスチャ拡大にはイメージキルティングをベースとしたポアソン画像合成を行う独自手法(図3)を適用した。



図1 劣化および欠損した壁画画像の例



図2 壁画のトレース図

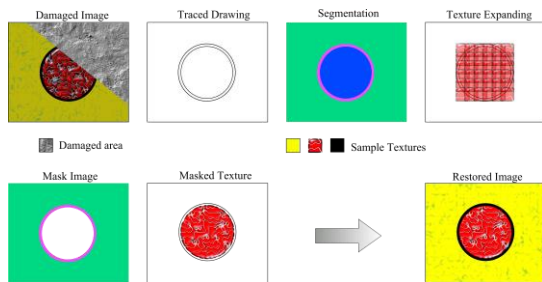


図3 画像修復手法の流れ

4. 研究成果

月のピラミッドや周辺の神殿の撮影計測および壁画資料データの収集を行った。それにより、修復やテクスチャ作成の対象となる壁面についての様々な条件が明らかになり、大規模テクスチャの境界における整合性について検討した。その結果、境界周辺領域の濃度値やパターンを利用した幾何学的および光学的校正を行う方法を確立した。作成した壁面のテクスチャ画像の様子を図4に示す。これは修復士によって実際に修復された壁面から抽出したサンプル(図4(a))からテクスチャ拡大手法を用いて不自然な繰り返しパターンが生じないように合成した画像の一部(図4(b))である。拡大したテクスチャは実際には壁面のポリゴンのサイズに合わせて数十万から数百万画素で構成している。



図4 壁面テクスチャの合成の様子 (a) サンプルテクスチャ, (b) 拡大テクスチャ

以上の結果に基づいて遺跡の創建当時の様子をCGで再現した。作成したのは月の広場周辺および月のピラミッドの第7世代の概観である。図5にその一部の様子を載せる。

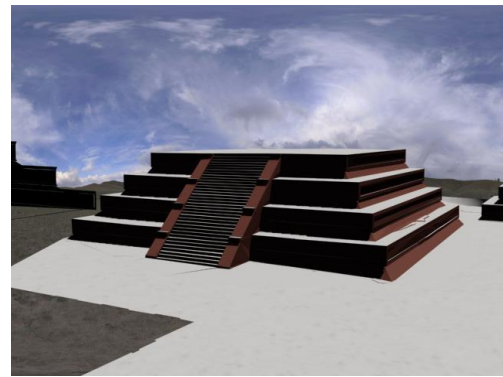


図5 CGで再現された創建当時の遺跡の様子 (月の広場神殿の一部)

また、劣化および欠損した壁画の適応的内挿についての検討を行った。専門家によって作成されたトレース図を利用することで、領域分割を自動化し、領域ごとに別途修復された壁が画像の顔料から得られたテクスチャパターンをサンプルとしてテクスチャ拡大合成を行う方法を確立し、それを利用して大きく欠損した動物の壁画を画像修復することができた(図6)。様々な壁面および壁画のテクスチャ画像に本手法を適用し、その結果を考古学者など専門家に依頼して評価を受けるなど検証した。



図6 劣化した壁画

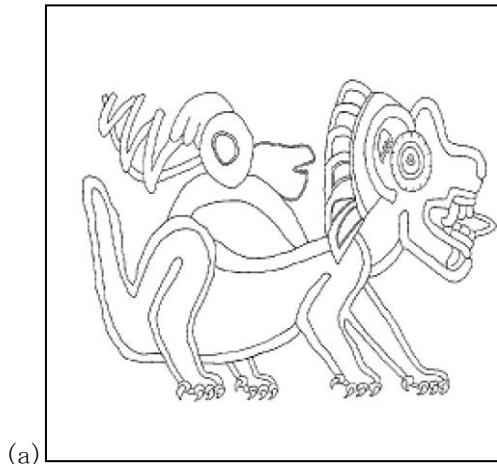


図 6 画像修復した壁画の例 (a)トレース図,
(b)領域分割結果, (c)テクスチャ合成結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Haruki Kawanaka, Shinichi Kosaka, Yuji Iwahori, Saburo Sugiyama, “Image Reproduction Based on Texture Image Extension with Traced Drawing for Heavy Damaged Mural Painting”, *Procedia Computer Science*, 査読有り,

[学会発表] (計 1 件)

- ① Haruki Kawanaka, Shinichi Kosaka, Yuji Iwahori, and Saburo Sugiyama, “Image Reproduction Based on Texture Image Extension with Traced Drawing for Heavy Damaged Mural Painting”, 17th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems (KES2013), 2013/9/9-11, Kitakyushu JAPAN

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河中 治樹 (KAWANAKA, Haruki)
愛知県立大学・情報科学部・講師
研究者番号：90423847

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：