

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 30 日現在

機関番号：30103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650571

研究課題名(和文)文化遺産の3次元計測法の効率化

研究課題名(英文)Efficiency of the three-dimensional measurement method for cultural heritage

研究代表者

臼杵 勲 (Isao, USUKI)

札幌学院大学・人文学部・教授

研究者番号：80211770

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では3Dデジタルアーカイブ手法として、空撮システムと表面形状の獲得手法の開発を行った。空撮システムでは、マルチコプターとバルーンを併用し、地上からタブレット端末で、無線カメラの映像を確認・撮影し画質を高精細化するシステムを開発した。また、低高度からの撮影用に1脚とwifiカメラを用いた撮影法を考案した。表面形状の獲得に関しては、小型プロジェクタ、単焦点カメラにより、ライン光の波長を変化させて投影できるシステムを開発し、安定した表面形状の取得に成功した。以上の成果はいずれも低価格・軽量であり、3Dデータの活用普及や海外調査での活用に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, as a 3D digital archive method, simple aerial photo system and scanning method of surface shape was developed. In the aerial photo system, balloons, multi-copter, tablet terminal and wireless camera are used together, we can check the images and take pictures from the ground, after that improve the quality of images. In addition, picturing method using wifi camera and single rod was devised. In scanning method for the surface shape, small projector and the single focus camera was successfully obtained stable surface shape by varying the wavelength of the line light. Above methods are low cost and lightweight. Both, can contribute to the diffusion of 3D digital-archive study, in particular the practical use in overseas research.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：文化財科学

キーワード：デジタルアーカイブ 文化遺産 輝度投影関連 3次元計測

1. 研究開始当初の背景

近年、遺跡や建造物をデジタルアーカイブ化する技術が飛躍的に進歩し、空中・地上からのレーザスキャンを行い、得られたデータを統合することで、遺跡全体の3次元計測を行う方法が普及しつつある。また、写真測量を行うため、上空から遺跡全体を撮影することを目的に航空機や大型のラジコンヘリ・気球を利用して撮影することが一般的である。このような3D計測や撮影法は、従来の手作業による測量に比較して、計測がきわめて効率的かつ広範囲に実施可能で、かつVR・ARなど活用範囲も広がる。しかし、このような手法には、大掛かりな機材が必要であり、計測機器やランニングコストが高価になる。特に、国外の遺跡や遺物を対象とする場合、電力・輸送・経費等の条件により、さらに制約されることとなる。そのため、遺跡・遺物のデジタルアーカイブ化はその必要性が強調されるほどには進んでいない。海外での利用も大型プロジェクトなど限られた場合のみで利用されるにとどまり、普及のためにはより簡便な機器・システムが必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、より簡便に3D計測やデジタルアーカイブ化を行う技術・システムを開発し、活用の普及を可能にすること、特に国外での文化遺産のデジタルアーカイブ化を可能にする手法を開発することである。そこで、機器・システムの効率化・簡便化・低価格化を念頭に置き開発を進め、広範な利用を可能とする。特に、以下の2種類の技術開発を行い、デジタルアーカイブ化を実践することを目的とする。

(1) 遺跡等に対応可能な空撮システムの開発

グライダー型のカイト・動画用小型カメラ・小型GPS等を利用した空撮技術・撮影画像の合成による高精細化・デジタルデータ化のシステムを開発する。撮影高度は15~30m程度を想定し、標識等を用いて、デジタル写真測量等が可能な画像の獲得を目指す。この高度は、組み立て式足場や高所作業車の高さを想定している。

(2) 遺構・遺物等の3次元計測(スキャニング: 表面形状の獲得)システムの開発

モバイルプロジェクター・カメラを用いて構造化光(スリット光やグレイコードパターンなど)の投影による3次元計測システムを開発する。機材が軽量で操作が完結であることで、野外での使用も可能なものを目指す。

以上の方法については、モンゴルの大規模遺跡において、現地での実際の試用を行い、そこで得られた知見を基に改善することで、実用化を進め、遺跡・出土遺構・遺物などのアーカイブ化を可能にしていく。

以上の成果を活用することで、デジタルアーカイブのより広範な普及を可能にすることは間違いなく、またそのようなシステム・機器の必要性も強調できるものと考えられる。

3. 研究の方法

本研究では、数年前と比較しても飛躍的に性能が向上し、低価格化が進んだ機材を活用し、簡便かつ精度の高い計測を可能にするため、以下のシステムを開発する。

(1) 空撮システム グライダー型の凧、電動ラジコンヘリ、マルチコプター、バルーン等を用い、動画が撮影可能な小型カメラと、位置情報を取得するための小型GPSを搭載したシステムを開発する。また、撮影範囲の狭さ、撮影位置の変化に対応するため、撮影した画像を合成し、さらに画像の精細化も高める必要がある。そのため、画像全体から特徴量を抽出し、画像方向、スケール変化に対応した画像合成を行う。まずGPSで取得した位置情報をもとに、大まかな画像合成を行い、その後、投影分布情報をもとに画像合成を行うシステムを開発する。この方法により、安価かつ高精細な画像を取得し、写真測量などに応用することを可能とする。

(2) 3次元計測(スキャニング)技術 この方法では一般的なレーザ光源の代わりに小型プロジェクタとPCを用いて、構造化光を利用した計測を行い、その画像を撮影する。次に、撮影されたスリット光を検出し、その位置を、あらかじめキャリブレーションしたカメラパラメータ、スリット光パラメータを用いて、三角測量の原理によって、3次元計測を行う方法を開発する。また、本研究では高解像度カメラを利用することで、精度の向上と、スリット光の正確な抽出を目指す。そのために、モデルフィッティングを適用し、撮影位置を正確に検出し、3次元計測の精度を向上させるシステムを開発する。

以上のような方法で、効率的かつ精度の高い計測システムを構築し、実用化を試みる。

4. 研究成果

(1) 空撮システム 当初カイトを用いた方法を試行したが、地上からの制御が難しく、安定した撮影画像の獲得に問題があった。次にラジコンヘリに小型GPSと小型カメラを搭載し、遺跡の撮影を行った。GPSの位置情報からラジコンヘリコプターの軌跡を確認し、小型カメラの動画像をフレーム分割し、各フレームから画像特徴を抽出し、画像合成を行うことで高解像度化を実現したが、撮影状況を地上から確認することができないという問題点が残った。そこで、マルチコプターとバルーンを組み合わせ、小型カメラをマルチコプターに搭載し、15m以上の高度で地上から画像を確認しながら撮影できるシステムの設計を行った。このシステムの特徴は、

カメラを高解像度にし、地上からシャッターを切ることができるため、上空から必要な箇所を撮影することができる。さらに、撮影画像から特徴点を抽出し、複数枚の画像を合成することで、高解像度化を行うことができた。当初の目的を達成することができた。

また、海外調査での活用や、狭い範囲の撮影用を想定し、長さ 5m の 1 脚上にワイファイで操作できるカメラを装着し、低高度で撮影する方法を考案した。地上からタブレット端末を用いて、撮影画像を確認しながら操作し、高精細画像を直ちに取得できる。小建造物や石組などの立体的な遺構などに対しては、簡単に俯瞰撮影が行える。かつ軽量・簡便であり、直接、写真測量にも応用可能なため、有効な方法であることを確認した。



空撮の様子

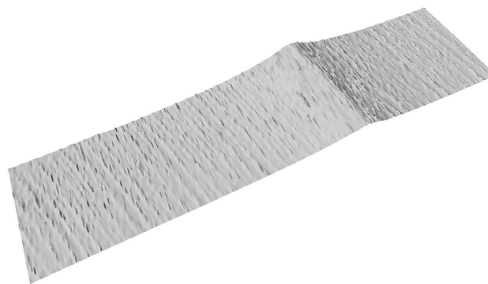


合成画像

(2) 3次元計測システム プロジェクタを用いた表面形状の獲得を行うため、当初一眼レフカメラとプロジェクタを組み合わせたシステムを試行していたが、一眼レフカメラのレンズ構造が複雑であり、レンズ歪みのため安定したキャリブレーションが実現出来なかった。そのため、単焦点レンズを利用したビデオカメラを利用して、表面構造の計測を行った。ビデオカメラを利用することで、撮

影時間を大幅に短縮することができたが、対象の材質や環境光の影響により、対象物体に投影したライン光が安定して検出できない問題が生じた。

そのため、ライン光の波長を多段階に変化させて、対象物体に投影し、エッジ検出オペレータを使って、ライン光の境界面を安定的に抽出できる波長を特定した後、対象物体にその波長のライン光を投影して、ライン光の境界面を安定的に抽出することができた。ライン光を移動させながら、投影した画像群から境界面を抽出し、得られた座標値から表面の3次元構造を取得した。計測範囲は狭いが、従来のパターン光投影法を採用したレンジファインダよりも詳細に表面構造を取得することができた。繊維のような繊細な対象に対しても、高精度な形状獲得が可能となり、碑文や岩壁画などにはただちに应用可能である。表面形状の合成により、立体物の全体スキャンが可能な形に完成させていくことが課題である。



繊維の表面形状計測結果

上記の各システムについては、いずれも低コスト化・簡便化・軽量化が達成でき、実用化に近づけることができた。機材構成やプログラム等については、web 上での公開準備を進めている。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

正司哲朗、モンゴル国における遺跡デジタルアーカイブ、第 15 回北アジア調査研究報告会、2014 年 3 月 2 日、札幌学院大学

〔図書〕(計 2 件)

正司哲朗、モンゴル国における大型城郭都市のデジタルアーカイブ、2012、奈良大学

正司哲朗、モンゴル国における大型城郭都市のデジタルアーカイブ、2013、奈良大学

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

臼杵 勲 (USUKI Isao)

札幌学院大学・人文学部・教授

研究者番号：80211770

(2)研究分担者

正司哲郎 (SHOJI Tetsuo)

奈良大学・社会学部・准教授

研究者番号：20423048