

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 7日現在

機関番号：32658

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21760406

研究課題名（和文） 文化的資源に対する簡便な高精度3次元計測手法の開発

研究課題名（英文） Development of convenient and accurate 3D measurement method for cultural resources

研究代表者

國井 洋一（Yoichi KUNII）

東京農業大学・地域環境科学部・准教授

研究者番号：10459711

研究成果の概要（和文）：本研究は日本の文化的資源に対し、市販デジタルカメラ等による写真測量技術を用いて安価・簡便かつ高精度な非接触型3次元計測手法を提案するものであった。研究成果として、形状が不均一な物体への対応、立ち入りが不可能な場合や狭小な場所における対応がなされ、計測精度も十分に確保できることが確認された。さらに、計測された対象物に対するモデリングの効率化についても一定の成果を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：A convenient and accurate 3D measurement method for Japanese cultural resources was proposed in this investigation. The proposal method was constituted by digital photogrammetric techniques and operated by using amateur digital camera. As a result, some problems of the digital photogrammetry were resolved, and accuracy of measurement was maintained. Moreover, efficient 3D modeling for measurement objects was also realized.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：文化的資源・3次元計測・写真測量・デジタルカメラ・精度検証・手法開発・3次元モデリング

1. 研究開始当初の背景

本研究は、寺社や仏閣、庭園といった日本の伝統的な文化的資源に対し、安価・簡便かつ高精度な非接触型3次元計測手法を提案するものである。現在、我が国には各地に重要文化財や名勝として指定を受けた建造物や庭園などが存在し、観光資源や歴史教材としての役割を担っている。これらの文化的資源を保全するための手段として、高精度な3次元情報の取得が必要であると考え、本研究テーマの発案に至った。

2. 研究の目的

わが国における文化的資源は、重要文化財や名勝として指定されているものが数多く存在し、保存・保全活動の促進が行われている。本研究ではデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラといった市販の安価なカメラにより、それら文化的資源に対する計測手法を提案する。本研究では計測の応用範囲を樹木や石材等の自然物にも拡大するとともに、さらなる計測精度の向上を目指すこと

で、多くの文化的資源に対する利用を実現させることを目的とする。

3. 研究の方法

本計測手法の開発要素は、大きく分けて計測部とモデリング部の2部門から構成されるものとなる。まず、計測部となるアプリケーションの開発を行った後、開発システムの精度検証を実施する。その後、モデリング部として実対象物への応用を行い、さらに他手法との比較を行う。

(1) 計測部の開発

開発に際しては、静止画像（デジタルスチルカメラ）または動画（デジタルビデオカメラ）のいずれかを利用するものであるが、精度検証の結果次第では双方の利点を生かした複合手法についても検討する。

(2) 他手法との比較

文化的資源に対する計測手法には、従来の一般的な測量方法や、レーザスキャナや画像トータルステーション等の最新技術を用いるものが考えられる。そのため、ここでは本研究における開発手法とそれら既存の手法との比較を精度、作業時間、労力、コスト等の観点から行い、開発手法の有用性を確認する。

(3) モデリング部

3次元モデルの作成自体には市販の3次元CGソフトウェアを用いるが、ここでの3次元座標は対象物上の各点において得られるものであるため、点から線、線から面を構成するためのアルゴリズム開発が必要となる。その際、開発するアルゴリズムは植物や石材といった複雑な面形状を有する対象物についても対応できるよう、柔軟性を持たせる必要があると考えている。さらに、上記により開発された計測部およびモデリング部に対する有用性の確認を踏まえ、実在の文化的資源に対して3次元計測を行い、応用性の検討を行う。対象とする文化的資源は、本システムの汎用性を確認するために、建造物や庭園などから幅広く選定する。これにより、各対象物に対する計測ならびに3次元モデリングを行うことで、モデリング部における問題点を詳細に追及する。

4. 研究成果

(1) 計測部の開発について

計測部の開発に当たっては、以下の2点二重点を置いて研究を遂行した。

一点目は、従前の研究では建造物などの整形的な物体を対象としていたため、植物や石材といった形状が不均一な物体への対応である。これに対しては、市販デジタルカメラにて撮影した画像からの計測点の抽出方法

を、従来の建物等のエッジやコーナーに重点を置く方法から面的に点群を発生させる方法に処理を転換することで、一定の成果を得ることができた。

二点目は、文化的資源は直接の接触だけでなく周囲への立ち入りが困難な場合が多いため、計測対象物の周囲に立ち入ることの不可能な場合や、狭小で計測が困難な場合への対応である。これに対しては、自然公園の木道（図1）や回遊式日本庭園の園路（図2）といった限定された空間における市販デジタルカメラでの撮影作業を実際に試み、得られた画像データからの計測手法の開発を行った。その結果、限定された空間内での画像データから計測可能であることを示すことができ、さらにその手法に対する精度検証を実施することで、通常手法には多少劣るものの十分な計測精度が得られることも確認した。具体的には、撮影距離約10mの際の平均精度が約7mm程度である。



図1 尾瀬国立公園における撮影画像



図2 小石川後樂園における撮影画像

(2) 他手法との比較について

開発した計測部の性能を評価するために、近年新たな計測機器として進化を遂げている、地上型 3D レーザスキャナ(価格:約 2 千万円)を使用した日本庭園の計測作業を実施し、さらに市販デジタルカメラを用いた開発手法でも局所的な計測を試みた。それらの結果を比較したところ、精度面においては開発手法が 10 倍程度高い数値となり、性能の高さを確認することができた。さらに、機器の価格においても格段の差があることから、開発手法はコスト面においても有利であるといえる。なお、課題としては計測距離が精度に反比例するため、高精度な計測を目指す場合は近接域でのデータ取得が必要となることから、計測範囲が限定される点があげられる。また、開発手法にて取得すべきデータは単純な画像データであり、そこから 3 次元情報を得るためにはやや煩雑な処理を要するため、効率化が求められるところである。

(3) モデリング部について

本研究の最終目標は、計測成果を 3 次元モデル化させるための手法を確立させることであった。モデル化の対象として、横浜の日本大通りを中心とした外国人居留地の町並み(図 3)や、群落における稀少植物(図 4)などを取り上げ、視覚化の実施を行った。その結果、横浜の事例においては、二時期における町並みの効率的なモデリングが達成され、両者をより簡便に比較することが可能となった。また、稀少植物の事例では野草地におけるノハラアザミの生育を対象とし、萌芽期から花期までの約半年間の経時変化を視覚的に捉えられるよう月毎の計測とモデリングを実施した。以上の二例により、モデリングの実施によって対象物体の視覚的な把握が容易なものとなり、時系列的な変化の様相も理解可能になることが確認できた。



図 3 日本大通りの 3 D C G モデル



図 4 ノハラアザミ群落の 3 D C G モデル

(4) まとめと今後の課題

平成 21 年度から開始した本研究は、平成 21 年度に開発、平成 22 年度に検証、平成 23 年度に应用という一連の流れで実施したものである。それらを総括すると、開発段階においては文化的資源に対する計測システムであることを第一に考慮し、不整形な物体に対してもロバストな手法開発に従事した。検証段階においては、開発システムの精度検証を他の一般機器との比較で実施し、一定の精度が得られることを確認した。応用段階においては、より多くの対象物への応用性を検証するために、前述の町並みや草本に対しての応用を実施した。以上により、本研究では文化的資源に対する計測手法として一定の成果が得られたといえるが、今後さらに応用性を高め、失われた文化財の復元などへの可能性を拡張していきたいと考えている。

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 8 件)

國井洋一、山崎千聖、根本正之、群落での光環境データを導入した植物の 3DCG 生育モデリング、ランドスケープ研究、日本造園学会誌、査読有、75 巻 5 号、2012、407 - 410、

<http://www.landscapearchitecture.or.jp/LR75-5/407.pdf>

國井洋一、金子絵理香、横浜開港時の日本大通りの景観に対する 3D モデリングによる考察、東京農業大学農学集報、査読有、56 巻 2 号、2011、162 - 170、

<http://ci.nii.ac.jp/els/110008667588.pdf?id=ART0009744920&type=pdf&lang=>

[jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1339063957&cp=](http://ci.nii.ac.jp/els/110007666428.pdf?id=ART0009484633&type=pdf&lang=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1339063957&cp=)

國井洋一、藤田海菜子、小説『ユートピア』に描写された町並みの把握と視覚化について、ランドスケープ研究 74 増刊 造園技術報告集、査読有、6 巻、2011、130 - 133

國井洋一、津村昭貴子、根本正之、コンピュータグラフィックスを用いた 野草地動態の 3 次元表現とその応用について、ランドスケープ研究 74 増刊 造園技術報告集、査読有、6 巻、2011、120 - 125

Yoichi KUNII, Kento YAGI, Quantitative Analysis for Landscape in Seated Appreciation Style Garden, Journal of Landscape Architecture in Asia, 査読有、5 巻、2010、94 - 99

國井洋一、柳達弥、山崎元也、地上型 3 次元レーザスキャナによるキャンパス内の景観把握とその応用について、東京農業大学農学集報、査読有、55 巻 2 号、2010、199 - 204、

http://ci.nii.ac.jp/els/110007666428.pdf?id=ART0009484633&type=pdf&lang=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1339064259&cp=

國井洋一、フラクタル解析を用いた尾瀬国立公園におけるシークエンス景観の定量分析、ランドスケープ研究、日本造園学会誌、査読有、73 巻 5 号、2010、585 - 588、

<http://www.landscapearchitecture.or.jp/LR73-5/585.pdf>

國井洋一、加藤萌優美、フラクタル次元および高さと角度変化を用いた園路上の景観評価手法の開発 - 小石川後楽園・六義園を事例として -、東京農業大学農学集報、査読有、54 巻 3 号、2009、182 - 191、

http://ci.nii.ac.jp/els/110007389342.pdf?id=ART0009254677&type=pdf&lang=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1339064582&cp=

〔学会発表〕(計 4 件)

久保和之、國井洋一、鈴木誠、松本恵樹、地上型レーザスキャナによる旧斎藤家別邸計測と図面作成への応用、平成 23 年度日本造園学会関東支部大会、2011 年 10 月 15 日、千葉大学松戸キャンパス

國井洋一、シークエンス景観に対する定量指標と主観評価の関連性、平成 23 年度日本写真測量学会年次学術講演会、2011 年 5 月 24 日、東京大学生産技術研究所

久保和之、國井洋一、鈴木誠、松本恵樹、地上型レーザスキャナによる旧斎藤家別邸計測とその応用について、平成 22 年度

日本造園学会関東支部大会、2010 年 11 月 7 日、日本大学湘南キャンパス
Yoichi KUNII、3D Analysis and Evaluation for Landscape in National Park、22nd CIPA Symposium、2009 年 10 月 12 日、京都テルサ

〔その他〕

東京農業大学教員・研究情報 URL

http://dbs.nodai.ac.jp/html/386_ronbn_1_ja.html

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

國井 洋一 (Yoichi KUNII)

東京農業大学・地域環境科学部・准教授

研究者番号：10459711