

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月18日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K08133

研究課題名(和文)古写真からの3次元情報取得と拡張現実(AR)技術を援用した原景観再現手法の提案

研究課題名(英文) Proposal of original landscape reproduction method by using 3D information from old pictures and augmented reality

研究代表者

國井 洋一 (KUNII, Yoichi)

東京農業大学・地域環境科学部・准教授

研究者番号：10459711

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、失われた建造物を含んだ原景観の再現を目指し、研究代表者が提案した写真測量法による建造物の復元手法によって得られる3次元情報を応用し、建造物およびその周辺の景観を可能な限り現実に近い形で再現することを目的とするものである。

研究代表者は、3次元情報の取得手法として地上型レーザスキャナやUAV(ドローン)写真測量を用い、地物の3次元情報取得に取り組んだ。その結果、多くの対象地において効率的に3次元データを取得し、景観再現を行うことが可能であることが示された。それらの3次元データは対象地の状況に合わせて柔軟に扱うことが可能であり、有用性の高いものであることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レーザ測量およびUAV測量による3次元情報取得においては、いずれの対象地においても効率的に3次元データを取得し、3Dモデリングを行うことが可能であった。このような3次元データはそれぞれの対象地の状況に合わせて柔軟に扱うことが可能であり、レーザ測量やUAV測量によってデータを簡便に取得できることは有用性が高いと考えられる。

また、ARを用いて景観シミュレーションを行ったことにより、建造物の外観の状況を現実に近い形で示すことができたと言える。さらに、ARによる建造物の表示は明るさが確保できる日中であれば、季節を問わず実施可能であるため、経時変化に対する景観シミュレーションも可能であると予測される。

研究成果の概要(英文)：This study aims to reproduce the original landscape including the lost structure, and applies the 3D information obtained by the restoration method of the structure by the photogrammetry method proposed by the researcher, and the scenery of the structure and its surroundings. The goal is to reproduce as much as possible in a form that is as realistic as possible.

The researcher worked on acquisition of 3D information of features using a ground-based laser scanner and UAV (Drone) photogrammetry as a method of acquiring 3D information. As a result, it was shown that it is possible to acquire 3D data efficiently in many target places and to perform landscape reproduction. It was shown that these 3D data can be handled flexibly according to the situation of the target site, and it is highly useful.

研究分野：空間情報工学

キーワード：拡張現実 原景観 再現 写真測量 UAV 3次元情報 地上型レーザスキャナ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本における原景観の再現については、多様な形での取り組みがなされている。最も直接的な方法としては、重要伝統的建造物群保存地区や重要文化的景観として指定することにより、景観およびその構成要素を直接的に再現し保存するものである。この方法は実物を復元するため教育や観光資源としての効果は絶大であるが、実現に至るまでのコストや労力を考えると、まずは仮想的な再現方法によってシミュレーションを行うことが重要となる。その仮想的な方法としては、過去の資料や古写真などの情報から 3DCG の技術を用いて再現する方法が国内外の既往研究で多数存在する¹⁾²⁾。また、津波によって被災した集落を、住民の意見をフィードバックすることによって再現した事例もある³⁾。これらの方法は、十分な資料が収集できれば 3DCG の作り込みによって一般的に理解し易い形での再現が可能となる。さらに最近では、作成された過去の建造物等の 3DCG を AR (Augmented Reality: 拡張現実) 技術によって現地に表示させる事例もある⁴⁾。しかしながら、収集する資料の質や量および信頼性の観点から、再現性や精度の担保が課題となる。

そのため、本研究では精度を確保しつつ現地での仮想的再現を目指し、まずはこれまでの研究代表者の提案手法にて古写真から一定の精度で再現した建造物を、AR 技術で現地に再現することとする。その後、AR で再現した建造物を含めた町並み全体の原景観を再現するために、昔から現地を知る人々を中心に AR の再現モデルを見せながらヒアリングを実施する。これにより、既に再現した建造物以外の町並みの構成要素に対する古写真の入手、ならびに原景観に関する情報収集を行い、提案手法による古写真からの再現と 3DCG の作り込みを併用して精度面の信頼性が高い町並みの 3D モデルを作成し、町並み全体の原景観を AR で表現できるようにすることが本研究の目標である。

2. 研究の目的

本研究における最大の目的は、都市化や災害等で失われた町並みの原景観を、主に古写真を用いて可能な限り正確に再現する手法を確立することである。研究代表者による従前の研究では、単一の建造物が写し込まれている写真に対して 2 点透視図法を適用することにより、建造物の 3 次元情報を取得する手法を提案した。本研究ではこの成果をもとに、3 次元情報が得られた建造物を AR 技術によって現地に出現させ、現地の人々に見てもらうことによりさらに他の建造物等の写真やその他情報を入手し、町並み全体の景観再現を目指すものである。このような手法を確立しようとする上では、以下に示す事項が研究の要点になると考えられる。

- (1) より多様な写真を利用可能とするために、1 点透視や 3 点透視といった図法を適用しても一定精度での 3 次元情報を取得可能とする。
- (2) AR 技術によって建造物を出現させる位置精度を高めるために、周囲の状況を捉えて出現位置を特定するマーカレス式のほか、GPS (GNSS) による位置情報も併せて使用する。
- (3) 原景観として再現したい時代から現存する建造物等がある場合は、位置および 3 次元情報の精度検証用として利用する。

また、本研究によって再現される町並みは一定精度の 3 次元情報を有しているため、平面図や立面図を作成することも可能になる。そのため、最終成果としては AR による 3D モデル表現および図化の両方のアウトプットを目標とした。

3. 研究の方法

(1) 3 次元情報取得手法の整理

3 次元情報の取得手法としては、従前に研究代表者が提案してきた写真測量手法を軸に検討しつつ、レーザ測量や UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 測量の可能性についての推察を行った。レーザ測量には地上型レーザスキャナを使用し、歴史遺産としての登録を目指している広島・長崎の被爆樹木の測量を試みた。また、UAV 測量については簡便に測量することのできる手法の開発を目指し、その精度検証を中心に試みた。

(2) AR 技術によるシステム構築

3 次元情報のアウトプットとして、AR 技術の各ツールを検討し、最適な手法について考察した。AR 技術は、スマートフォンのカメラ等を通し、現実世界のある対象物に新たな情報を付加させることにより現実を拡張させる技術である。具体的には、特定のマーカや対象物、景色等をカメラが読み取ることで現地に 3DCG モデルが表示されるものであり、これまでは主に観光やゲーム等の娯楽において利用されてきた⁵⁾。一方、AR 技術を用いた景観シミュレーションに関する学術研究としては、造園分野における AR の応用可能性を示したものや、過去の建造物を表現することによって景観を再現したものがあり、一定の敷地内において新築される建築物においても有用であると考えられる。本研究ではこの AR 技術を用いて、対象地の景観シミュレーションをより現実に近い形で実施することを検討した。

4. 研究成果

(1) レーザ測量による 3 次元情報取得

地上レーザスキャナによるレーザ測量により、得られる点群データから詳細な 3D モデルの構築を行うことを検討した。特に樹木に対する測量は、形状の複雑さから従前より困難とされ

ているため、解決法を見出すべく検討を行った。その結果、図 - 1 に示すとおり TLS-QSM 法⁶⁾を用いることにより、3D モデルにて樹木構造の細部までを復元することが可能となった。さらに、これまで目視と手動による工程であった箇所を自動化することも可能となり、3D 樹木モデルの作成にかかる所要時間も格段に短縮することができた。さらに、図 - 2 に示すとおり被爆樹木の特徴である傾斜等の被災の外傷も表現することが可能となった。

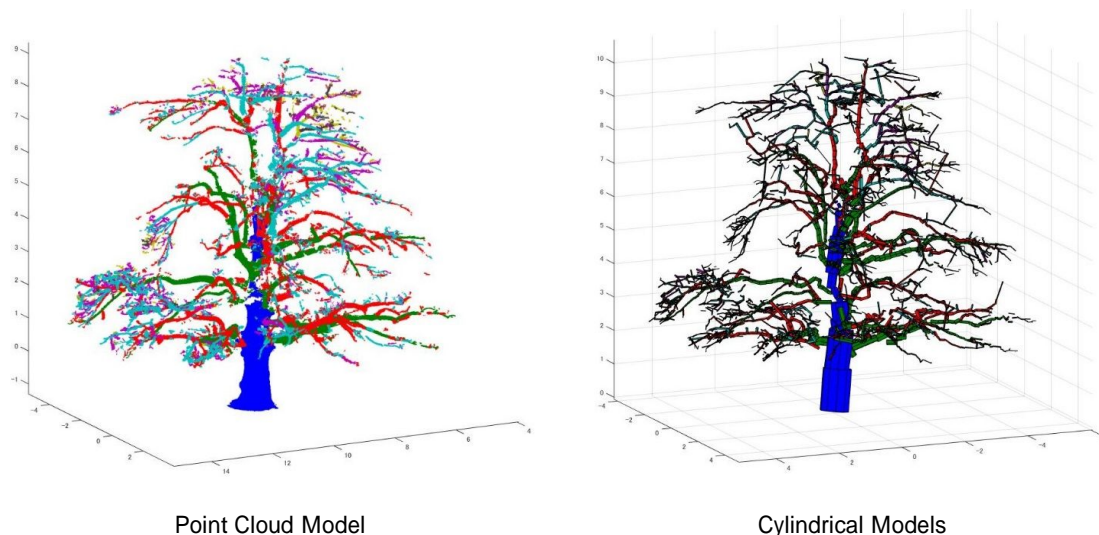


図 - 1 TLS-QSM による 3D 樹木モデルの構築

(2) UAV 測量による 3 次元情報取得

通常、UAV により写真測量を行う場合は、連続する写真間のオーバーラップ率を 80% 以上とするよう規定されているため⁷⁾、撮影枚数は狭小な対象地でも数十枚程度を要することとなり、コスト面での懸念が生じる。そのため、本研究では造園空間にて UAV による測量を適用する際に、適切な計測精度を担保しつつ、撮影における労力をできる限り軽減させることを目的とし、対地高度や撮影枚数の変化に対する計測精度を検証することとした。その結果、表 - 1 に示すとおりいずれの対地高度およびオーバーラップ率においてもおおむね $\pm 0.05\text{m}$ 前後の精度が得られたことが確認できる。国土交通省が定める土工の精度基準によると、 $\pm 0.1\text{m}$ 以内であれば起工測量および岩線測量への適用が可能であるため、本研究の成果は十分な精度が担保されているといえる。



図 - 2 被爆樹木の傾斜

以上の成果を応用し、本研究では UAV 写真測量による広場および丘陵地域における 3D モデリングを試みた。広場については、東京農業大学世田谷キャンパスユリノキ広場を対象とした。ユリノキ広場は、芝生で覆われた約 $6,000\text{m}^2$ のスペースであり、この広場に対して計 431 枚の写真を取得し、図 - 3 に示す 3D モデリングを行った。一方、丘陵地帯においては約 $200,000\text{m}^2$ の広さに対して 949 枚の撮影を行い、図 - 4 に示す 3D モデリングを行った。いずれの成果も、地上測量等における既往の測定値とほぼ同等の 3 次元座標が示されており、妥当な成果が得られたといえる。

(3) AR 技術による 3 次元表現

AR 技術による建造物の 3 次元表現の対象地として、2020 年竣工予定の東京農業大学世田谷キャンパス新研究棟を選定した。新研究棟には同キャンパスにおける全学部全学科の研究室が移転予定のため、延床面積として約 $50,000\text{m}^2$ を想定した。なお、新研究棟の建設地は上記のユリノキ広場であり、UAV 測量にて得られた対象地への建設を想定して検証を実施した。本研究では新研究棟に対して 5 種類の建物モデルを想定し、各モデルをユリノキ広場へ表示させることとした。ここで、AR は、2 次元マーカの使用の有無によってマーカ型 AR とマーカレス型 AR に大別される。大規模な建築物である新研究棟を AR 表示させる場合、スマートフォンの画面上に建築物全体を表示させるためには遠方から対象地を写し込む必要がある。そのため、

マーカ型の場合はマーカの認識が難しくなる可能性が高いことから、本研究ではマーカレス型を採用することとした。以上により、図 - 5 に示すとおり新研究棟の各 3DCG モデルを AR 表示させて景観シミュレーションを行った。AR 表示したスマートフォン画面のスクリーンショットを図 - 6 に示す。このように、想定した建造物を対象地へ適切に表示することが可能となり、AR 技術の有用性が示されたといえる。

参考文献

- 1) J. ITO, S. SUEYASU (2009): Reconstruction and Landscape Analysis of the Jupiter Sanctuary at Baalbek using 3DCG, Proceedings of 22nd CIPA Symposium (Digital Proceedings)
- 2) V. A. ZIPARO (2014): The ROVINA Project. Robots for Exploration, Digital Preservation and Visualization of Archeological Sites, 18th ICOMOS General Assembly, Speakers and Speeches, p.271
- 3) 熊倉永子, 村上暁信, 山本幸子, 石川幹子 (2015): プロシージャルモデリングによる津波被害を受けた沿岸集落の再現, ランドスケープ研究 78(5), pp.697-702
- 4) 中林拓馬, 福井雅俊, 加戸啓太, 平沢岳人 (2013): 屋外空間向け拡張現実感景観シミュレータの没入感向上に関する研究, 日本建築学会技術報告集 19(42), pp.787-792
- 5) 坂本真人, 関谷裕樹 (2015): AR 技術による観光業への可能性に関する考察, 宮崎大学工学部紀要 44, pp.255-258
- 6) J. Tanago, A. Lau, H. Bartholomeus, M. Herold, V. Avitabile, P. Raumonon, C. Martius, R. Goodman, M. Disney, S. Manuri, A. Burt, K. Calders (2018): Estimation of above-ground biomass of large tropical trees with terrestrial LiDAR, Methods in Ecology and Evolution 9(2), pp.223-234
- 7) 国土交通省国土地理院 (2017): UAV を用いた公共測量マニュアル(案), 42pp.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5 件)

國井洋一, 久本優希, 諸橋弘樹 (2019): UAV(ドローン)を用いた造園空間に対する写真測量精度

検証と 3 次元計測, ランドスケープ研究 82 増刊, 技術報告集, pp. 104-107 (査読有)

Y. KUNII (2018): Utilization of Unmanned Aerial Vehicle for Accurate 3D Imaging, IntechOpen, Advanced Remote Sensing Technology for Synthetic Aperture Radar Applications Tsunami Disasters, and Infrastructure, pp. 120-139

DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.82626> (査読有)

Y. KUNII (2018): Development of UAV Photogrammetry Method by Using Small Number of Vertical Images, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information

表 - 1 UAV 測量における計測精度検証の結果

オーバーラップ率	対地高度	写真枚数	計測精度(標準偏差)(m)	
			平面	高さ
50%	40m	27	± 0.024	± 0.047
	60m	12	± 0.015	± 0.046
	80m	6	± 0.016	± 0.054
60%	40m	34	± 0.040	± 0.048
	60m	15	± 0.017	± 0.059
	80m	7	± 0.019	± 0.056
70%	40m	45	± 0.034	± 0.045
	60m	19	± 0.017	± 0.064
	80m	9	± 0.017	± 0.063
80%	40m	68	± 0.035	± 0.047
	60m	29	± 0.021	± 0.054
	80m	13	± 0.019	± 0.046
90%	40m	135	± 0.035	± 0.049
	60m	57	± 0.036	± 0.043
	80m	26	± 0.019	± 0.046

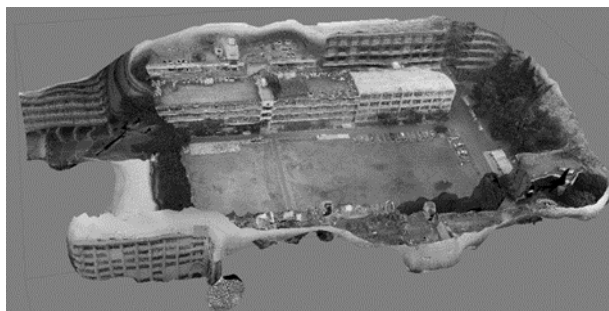


図 - 3 ユリノキ広場の 3D モデリング

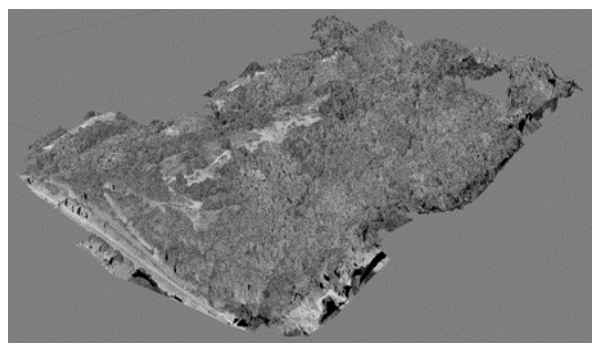


図 - 4 丘陵地帯の 3D モデリング



図 - 5 スマートフォンによる AR 表示

Sciences, IV (2), pp.169-175

DOI:

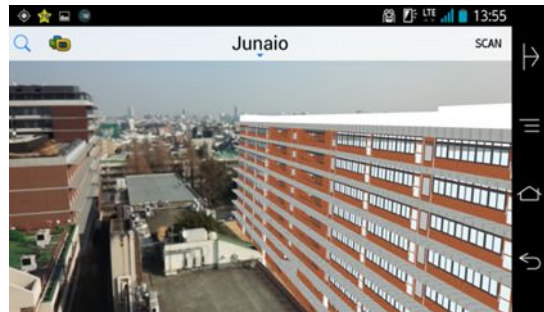
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-169-2018,%202018> (査読有)

國井洋一, 大輪勲史 (2017): 拡張現実(AR)技術による景観シミュレーション -東京農業大学世田谷キャンパス 新研究棟を事例として-, 東京農業大学農学集報 62(1), pp.40-46 (査読有)

Y. KUNII, R. SAKAMOTO (2016): Acquisition of 3D Information for Vanished Structure by using Only an Ancient Picture, International Society for Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B5, pp.311-314

DOI:

10.5194/isprs-archives-XLI-B5-311-2016 (査読有)



(a) モデル 1



(b) モデル 2



(c) モデル 3

図 - 6 新研究棟の AR 表示

〔学会発表〕(計 4 件)

熊崎理仁, 國井洋一 (2018): 地上型レーザー スキャナによる日本庭園の 3D 樹木モデルの再現に関する研究, 平成 30 年度日本造園学会関東支部大会

國井洋一 (2018): 3D レーザ計測による原爆被爆樹木の特徴把握, 公益社団法人精密工学会 大規模環境の 3 次元計測と認識・モデル化技術専門委員会 第 32 回定例研究会 (招待講演)

Y. KUNII, M. SUZUKI (2017): Observation of The Bending of A-Bombed Trees in Hiroshima and Nagasaki by Using 3D Laser Measurement, 19th ICOMOS General Assembly and Scientific Symposium.

烏山類, 國井洋一 (2016): AR 技術を活用した富士山・吉田口登山道における楔所およびレッキス小屋の復元, 平成 28 年度日本造園学会関東支部大会

〔図書〕(計 1 件)

古谷勝則, 伊藤弘, 高山範理, 水内佑輔, 國井洋一, 他 (2019): 実践 風景計画学, p.31, p.63 ISBN: 978-4-254-44029-4

〔その他〕

東京農業大学教員・研究情報 URL

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

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。