

# さんりく沿岸の復興計画の3Dモデル化とその応用

ソフトウェア情報学部

教授 土井 章男

## 1 はじめに

本研究では、最新の3D計測装置による計測手法とCAD（Computer Aided Modeling）技術を利用して、膨大な復興計画図面や数値データで記載された復興計画を3Dモデル（我々は3D復興計画モデルと呼んでいます）で表現し、さんりく沿岸の復興計画を分かり易く「見える化」し、同時にその構築した3Dモデルの活用を試みました。3D計測では、ドローンによる空撮と地上レーザ計測を行い、正確な3D地形データを生成します。次にこの3D地形データに家屋、道路、植栽、公園、防潮堤などの属性情報を付加して、3D復興計画モデルを構築します。従来の大量の図面やテキスト・数値情報からなる復興計画を3Dモデル化することで、建設される建物や地形、防潮堤の高さ、道路・歩道の幅、植栽、公園の外観などを、住民に分かり易く、かつ正確に伝えることが可能となりました。

また、本研究で得られた知見や測量技術を利用して、我々は岩手県内の魅力ある地域や施設を岩手県立大学のホームページ上で紹介しています。これは、魅力的な街並みや施設の情報発信であり、岩手県を知ってもらって、人を引き付けることを目的としています。また、3D復興計画モデルは、正確な3次元座標を持っているため、Virtual Reality（VR）技術を用いた立体視や3Dプリンタによる造形製作も可能です。

さらに、これらの活動を通じて、土木・建設分野における3Dデジタル

モデルを構築出来る人材育成、さんりく沿岸、岩手県の PR 活動を行っています[1-3]。

## 2 研究概要

平成 27、28 年度は、岩手県立大学地域政策研究センターの東日本大震災津波からの復興加速化プロジェクト「さんりく沿岸における復興計画の 3D モデル化と人材育成」に採択され、1) 田老地区や鉄ヶ崎地区の 3D 復興計画モデルを構築して、都市計画や住民説明会の技術支援、2) 宮古市鉄ヶ崎地区の幹線道路における植栽、防潮堤に対する可視化や技術支援、3) 土木・建設をテーマにした復興加速化フォーラム（滝沢市）の開催、4) 3次元計測フォーラム（SPAR201X、横浜）での技術展示と講演、5) いわて 3D プリンタ活用研究会の開催や土木・建設 CAD システムの定例講習会の開催、を行いました。平成 29 年度は、盛岡市南昌荘、盛岡市旧南部氏別邸、宮古市三王岩の 3D 計測やドローンによる空撮を行い、その地域をテキスト、写真、ビデオ、3D モデル等により紹介しています。

宮古市田老地区では、街区全体の 3D 復興計画モデルを作成し、宅地に対して、和風や洋風の家屋を配置して、家屋全体の景観シミュレーション、各家屋からの景観・日当たりチェックを行いました。また、視点移動によるウォークスルーアニメーションを製作して、住民説明会での説明に使用されました（図 1、図 2）。



図 1：田老地区の仮想の街並み（和風）



図 2：田老地区の仮想の街並み（入り口付近）

宮古市鉾ヶ崎地区では、街区全体の3D復興計画モデルを構築し、都市の景観シミュレーション、防潮堤の高さのチェック、道路と植栽決定に活用しました（図3、図4）。鉾ヶ崎地区の第1回住民説明会（2015.5.20）では、道路と防潮堤のみの鉾ヶ崎地区全体の3D復興計画モデルを紹介しました（図5）。本説明会では、景観シミュレーションの動画を公開し、活発な意見交換がされました。関連住民の関心は非常に高く、動画撮影中に多くの参加者がスマートフォンやカメラで録画しておられました。また、宮古市都市計画課の依頼により、街路樹選定や植栽間隔、歩道幅における検討に協力しました。街路樹には、ウラジロモミ、アキニレ、イロハモミジ、シモクレン、ヤマボウシの3D街路樹モデルを作成し、3D復興計画モデルの歩道に指定された間隔で配置しました。また、各植物を配置したウォークスルーアニメーションを製作し、その違いや樹木間隔を比較検討しました（図6）。それ以外にも防潮堤（8m）の各住宅からの威圧感チェック、各宅地の高低差チェックなどにも活用されました。



図3：鉾ヶ崎地山側から海側への景観



図4：鉾ヶ崎地区ロータリー交差点付近の景観



図5：住民説明会での活用事例

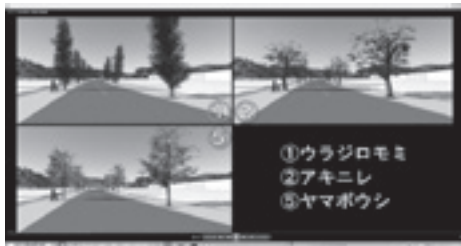


図6：植栽シミュレーション

岩手県立大学で開催しました復興加速化フォーラム 2016 では、事例セッション、ソフトウェア研修、展示会等に 100 名以上が参加され、アンケート結果も非常に好評でした。また、国際会議 (IEEE INVITE2016)、3D プリンタ活用研究会、3 次元計測フォーラム (SPAR2016) において、研究成果発表や CG アニメーションの展示を行いました (図 7、図 8)。岩手県立大学は、岩手県の平成 28 年度いわて 3D プリンタ活用研究会人材育成事業に採択され、「3D プリンタ活用研究会」と「土木・建築・機械系の 3DCAD 講習会」をそれぞれ年 4 回行いました。復興加速化フォーラムは 2017 年も開催されました。



図 7 : 3D プリンタ活用研究会と 3 次元計測フォーラム



図 8 : 展示会、ポスターセッション

### 3 3D計測装置

3D計測で使用する装置は、SONY製カメラ NEX7 (図 9)、3D スキャナー (図 10)、ドローン (DJI 社の S900 (図 11)、PHANTOM 4 (図 12))、GPS スキャナー (図 13)、座標識別点 (図 14) です。各ドローンは Ipad から遠隔操作することが可能です。今回の撮影では、S900 に搭載した高解像度カメラ NEX7 での写真撮影と、PHANTOM4 搭載の 4K ビデオによる撮影を行いました。NEX7 の画像センサの APS-C サイズは 23.5mmx15.6mm で、記録した写真の画素数は 6000 x 4000 (24M) です。

地形や建物の撮影はドローンによる空撮と地上からの 3D 計測機による組み合わせにより計測します。次に撮影した写真画像から SfM (Structure from Motion) 技術を用いて、3D の点群データを生成します。点群生成に使用したソフトウェアは Pix4D 社の Pix4DMapper です。



図 9 : SONY NEX7



図 10 : Faro Focus3D



図 11 : DJIS900



図 12 : DJI PHANTOM 4



図 13 : GPS スキャナー



図 14 : ドローン用の標識

#### 4 盛岡市文化財公園および宮古市三王岩の3Dモデル化

盛岡市には国登録記念物の文化財庭園が2件(「旧南部氏別邸庭園」、「南昌荘庭園」)、市条例指定保護庭園6件が所在しています。いずれも中心市街地に所在し、都市化の進んだ市街地にこれほどの数の庭園が所在することは、稀有な例です。しかしながら、盛岡ではその保護措置と魅力の発信が十分なされていません。例えば、兼六園(金沢市)や偕楽園(水戸市)では、城下町と庭園がセットでまちづくりや観光資源として活用されています。そこで、盛岡市の文化財庭園に対して、精密な記録保存のための図化を行い、その詳細図や3Dデジタルデータを活用して、文化財庭園の保護や維持管理に利用するとともに、魅力発信を試みています[4-5]。

図15は盛岡市南昌荘を上空からドローンで写真撮影し、その写真画像から生成した点群データです。図16は3Dスキャナーで計測した点群データです。使用した3DスキャナーはFARO社の3Dレーザ計測装置Focus3D120です。また、DJI社のドローンS900を利用しました。使用した高解像度カメラはソニー製のα6300です。両方の点群データは基準点を一致させているため、同一の標識点を用いて統合化を行いました。図17は得られた点群データから作成した3DCADモデルです。室内のテクスチャは実際の写真画像を用いています。3D表示(Virtual Reality)では、Autodesk社のInfraworksとOculus社のヘッドマウントモニタを使用しました。点群表示は、UnityのPoint Cloud Free Viewerを使用しました。



図15：点群データ（ドローン）



図16：点群データ（3Dスキャナー）

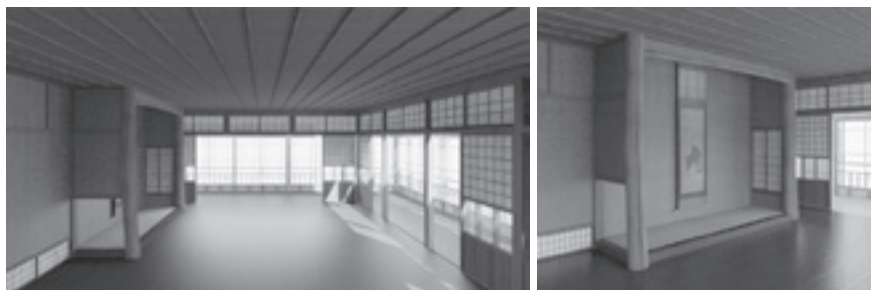


図 17 : 南昌荘室内のレンダリング表示

三王岩の撮影では、各岩が海上にあるため陸上からの撮影が困難でした。そのため、三王岩の上空および側面からのドローンによる写真撮影とビデオ撮影を行いました。三王岩は海上にあるため、地上からのレーザ計測が利用出来ないため、ドローンによる写真撮影は上空および側面から大量の写真を撮影しています。次に撮影した写真画像から SfM (Structure from Motion) 技術を用いて、3D の点群データを生成しました。

次に得られた 3D 点群データから構造的な要素 (点、線、面など) を取り出して、3D モデルを構築しました。図 18、図 19 の右側の図は 3D モデル表示に 3 角形の辺を重層表示したものです。点群と異なり 3 角形のモデルで構成されていますので、3D プリンタによる造形も可能となります。さらにこの 3D モデルに対して、地域に根付いた観光情報や属性情報を追加して、3D 地図化を作成することで、より魅力的な情報発信が可能となります。

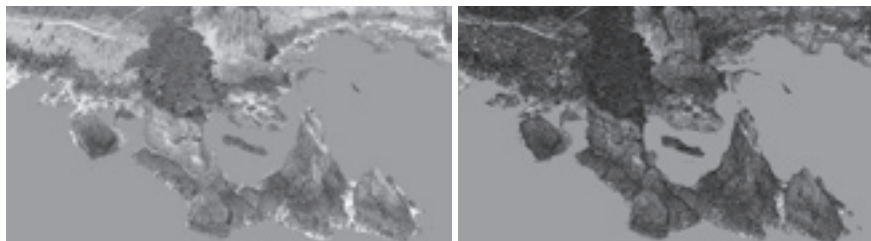


図 18 : 3D 計測からの三王岩 3D モデル



図 19 : 3D 計測からの三王岩 3D モデル

## 5 おわりに

3D 計測装置を活用した復興計画や史跡のデジタル記録保存は、従来の手作業による実測図化図面に比べて、迅速かつ安価であり、正確な 3D 情報を有しており、今後、多くの活用が想定されます。例えば、インターネット上で多くの方々に復興した地域や新しい街並みを公開したり、将来のまちづくりや都市計画への活用です。また、3D 計測装置のデータを用いた記録保存管理手法は、復興計画やまちづくりにとって、極めて有効な保存管理の方法の一つとなり得ます。さらに、3D 計測技術で得られた 3D モデルを観光情報（名所、食事、見どころ、歴史など）とリンクさせることで、より効果的な PR も可能となります。

最新の 3D 計測装置を用いた 3D モデルの有効性を述べて来ましたが、いくつかの問題点もはっきりして来ました。3D 計測結果から 3D モデル化、そして 3D 地図化を行う上で一番の問題は、完成させるのに非常に多くの処理や時間を要する点です。特に点群データから構造化されたモデルへの変換には対話作業が必要で、多くの時間を要しています。

そのため、3D 計測から 3D 地図化までの過程において、計測装置の操作、関連するソフトウェアの使い方、土木・建設に関する基礎知識、IT 全般の基本技術、市街地の観光情報の企画力などを有した人材を育



成する必要があります。我々はこの人材育成のために、復興加速化フォーラム、各種研究会、講演会等を開催しています。また、同時に対象となる復興地域の 3D モデル化を実際に作成してもらう OJT (On-the-Job Training) が有効と思います。

研究面からは、膨大な点群データから自動的に構造化されたデータを構築する方式を研究開発する必要があります。点群データは座標値と色情報しか持っておらず、カメラに映った場所しかデータが作成されておらず、不足な点を自動で補えれば作業自体効率的に行えます。今後、機械学習や深層学習を用いて、各点群を認識し、より効率的に 3D モデル化することが重要となると確信しています。正確で整合性の取れた 3D モデルが完成すれば、そのモデルから 2D 図面を作成することも容易ですし、同時に従来では不可能だった利用が生まれてくると思います。

#### **謝辞：**

本研究は岩手県立大学地域政策研究センターの研究助成を得ました。(株) TOKU PCM の榊原健二氏、細川智徳氏、(株) タックエンジニアリングの原田昌大氏には、3D 計測と CAD モデリングでお世話になりました。ここに謝意を表します。

#### **参考文献：**

- 1) A. Doi, et al., “3D Modeling of Reconstruction Plan at Sanriku Coast for Great East Japan Earthquake: Human Resource Development for Effective Information Sharing”, NBiS-2016 and INVITE2016, Czech Republic, 2016/9.
- 2) 土井章男, 加藤徹, 高橋弘毅, 大志田憲, 高嶋裕一, “宮古市における復興計画の 3D モデル化とその応用”, 日本バーチャルリアリティ学会第

28 回テレイマージョン技術研究会（可視化情報学会見る化研究会との合同研究会），2016/2.

3)盛岡タイムス掲載、「復興加速に3次元技術で可視化」（2016/10/5）

4)高志毅，土井章男，榊原健二，原田昌大，細川智徳，今野公顕，“文化財庭園の3Dモデル化と復興加速化への活用”，日本バーチャルリアリティ学会、第32回テレイマージョン技術研究会，2017/6/22-23.

5)S. Kou, K. Satoh, A. Doi, K. Sakakibara, T. Hosokawa, M. Harada, and T. K. Konno, “3D modeling of cultural property gardens and utilization for acceleration of disaster reconstruction”, AROB2018, 2018/1.