

U3 UAV 空撮画像を用いた被災建物の3次元モデル構築の試み

3D model construction for damaged buildings using aerial images taken from UAV

○松田薫元¹・傳田真也²・リュウ ウェン³・山崎文雄³
Tadamoto Matsuda, Shinya Denda, Wen Liu, Fumio Yamazaki

Abstract: Unmanned aerial vehicles (UAV) are becoming very popular recently due to their accessibility to targets, promptness of dispatch, and high-spatial resolution of acquired images. In this study, the present authors tried to acquire digital images of a turned-down building in Onagawa Town, Miyagi Prefecture due to the 2011 Tohoku-Oki earthquake tsunami from UAV and ground. Then 3D models were constructed in computer from these images using SfM (Structure from Motion) technique. The most accurate model was made when the both aerial and ground images were used for 3D modeling.

Keywords: UAV, Structure from Motion, 3D model, PhotoScan, Damaged building

1. 背景と目的

UAV(無人航空機)は有害物質の流出地域や火山、ダムや高層ビルといった高所等, 有人での調査・観測が困難な現場での運用が可能である。また, 災害発生時においては, UAVは即時性に優れているため迅速な状況把握への利用が期待される。また, 対象物に接近できるため高解像度の画像を得やすいという利点からも, 最近非常に注目を集めている。

本研究では, 2011年東北地方太平洋沖地震津波によって被災した建物を UAV と地上から撮影し, 得られた画像から SfM (Structure from Motion)手法¹⁻³⁾によって, その3次元モデルの構築を試みた。

2. 撮影対象と現地調査

撮影対象として, 津波により10m~16m内陸に移動して横倒しになった宮城県女川町の江島共済会館を選定した。この構造物を撮影するため, 2014年11月14日に現地調査を行った。Fig. 1に現地調査ルートと対象建物の現地写真を示す。

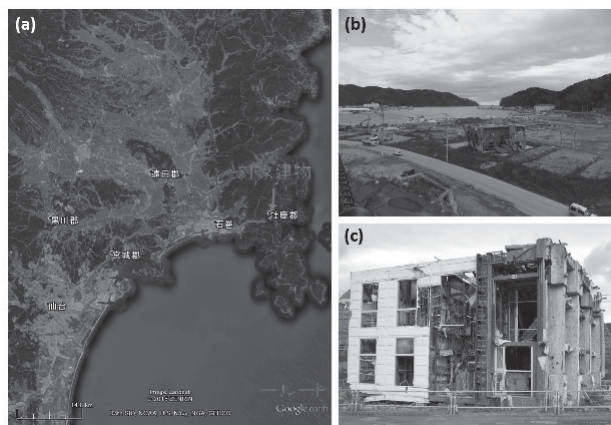


Fig. 1 Field survey route by the authors (a) and Eshima Kyosai building (b, c) selected in this study

3. 使用機材及びソフトウェア

使用した UAV は, 4 回転翼の小型ヘリコプター Phantom2 vision+(DJI 社製)を用いた。飛行高度は地上約30m, 撮影角度は鉛直下方とし, GPS 信号による自動操縦によって空撮を行った。使用した UAV と取得した画像の例を Fig. 2 に示す。

SfM による3次元モデル構築には, 商用ソフトウェアである Agisoft PhotoScan を使用した。SfM は, 複視点の画像を用いて, カメラ姿勢変化と対象物の3次元幾何形状を同時に算出する手法である。3次元形状取得はコンピュータビジョンにおいて, カメラ姿勢変化はロボットビジョンにおける自己位置推定などに用いられるものである。

以下は SfM での3次元モデル作成の流れである。

- 1) 動画の撮影・取得
- 2) 特徴点の検出
- 3) 特徴点のマッチング
- 4) 特徴点の3次元位置及びカメラ姿勢の推定
- 5) 3次元モデル構築

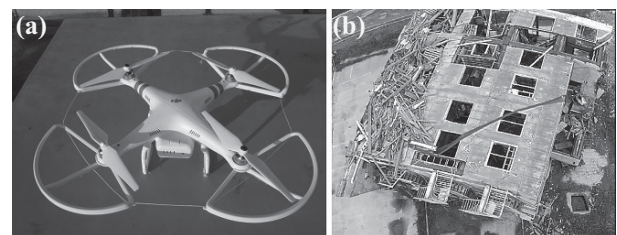


Fig. 2 Phantom2 vision+ (a) and photo from UAV (b)

4. 3次元モデルの構築

Fig. 3 に構築した被災建物の3次元モデルを示す。モデル構築に際して, UAV 空撮画像のみを用いた3次元モデル構築では, 動画を1秒間隔でキャプチャーした画像を100枚, 地上からのデジタルカメラ撮影によるものでは45枚の画像を使用した。UAV 空撮画像のみを用いた場合は, 被災建物全体の概形は3Dモデル化できているが, 建物のほぼ真上から撮影しているため, 壁面が詳細にはモデル化できな

¹学生会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻
²非会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻
³正会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻
(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)
(連絡先 Tel: 043-290-3528 E-mail: t.matsuda@chiba-u.jp)

った。この点に関しては、適切な UAV の飛行経路や高度、撮影角度についての再検討が必要である。しかし、被災建物全体の概形を簡便に構築することができるため、災害発生時に迅速に建物の被災状況を確認する場合などにおいて、有効に活用できると考えられる。

地上からのデジタルカメラ撮影による 3D モデルでは、UAV 空撮画像によるものに比べ、建物壁面の状態は詳細に見て取れるが、建物上面の画像が得られないため上面がモデル化できていない。また、撮影時にカメラと対象建物間に木や瓦礫等の不要な障害物が存在すると、その陰になる部分のモデル化もできないという欠点がある。

次に 3D モデルの精度向上のために、まず使用画像に GCP (Ground Control Points : 地上位置情報) の追加を行った。GCP を追加することで、3D モデルの位置精度を向上させることができる。画像上の任意の点に緯度、経度、標高等の座標データを読み込ませることにより、UAV 空撮画像から構築した 3D モデルと地上デジタルカメラ画像から構築した 3D モデルの座標系の位置合わせを行い、これらを結合させた (Fig. 4)。

2 種類の画像を結合させた 3D モデルと UAV 空撮画像のみからのものを比較すると、後者では壁面に大きな穴が開いて、壁面の凹凸もはっきりと再現できていない。これに対して、結合させた 3D モデルではその穴が埋まっており、壁面の凹凸もより正確かつ鮮明にでており、モデルの精度が向上していることがわかる (Fig. 5)。この結果から、複数の撮影条件による画像を用いて 3D モデルを構築することにより、建物の概形だけではなく、詳細な形状やテクスチャ情報が求められるといえよう。

5. 結論

本研究では、2011 年東北地方太平洋沖地震による被災建物に対して、UAV からの空撮画像と地上撮影の画像を用いて、それぞれ 3D モデルの構築を試みた。また、構築した 3D モデルと別の 3D モデルを結合させることによって、モデルの精度向上を試みた。UAV 空撮と SfM 技術の融合によって、災害時に倒壊の危険性がある建物や有害物質の発生している場所などを安全、簡便、迅速に観測及びモデリングすることが可能となる。また、得られた情報をデジタルアーカイブとして保存し、今後の災害対応に役立てることができると考えられる。

今後の課題として、UAV 空撮画像のみによって、高精度の 3D モデルを構築するための飛行・撮影条件の検討が必要である。また被災建物だけでなく、土木構造物等のモデルを作成し、安全点検や災害時における UAV の有用性を示すことを考えている。

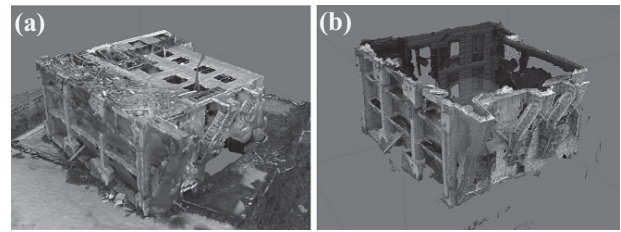


Fig. 3 3D model constructed from the aerial photos only (a) and from the ground photos only (b)

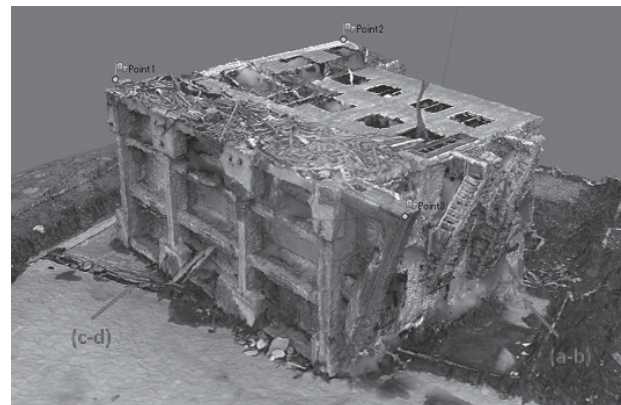


Fig. 4 3D model constructed using both the aerial photos from UAV and the photos from the ground

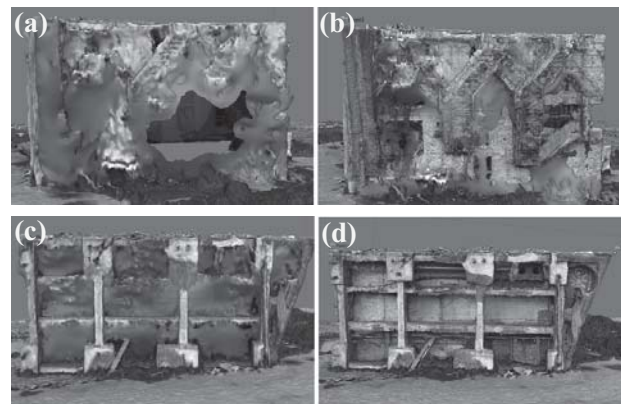


Fig. 5 Lateral views of the constructed models from the aerial photos only (a, c) and using both the aerial photos and the ground photos (b, d)

参考文献

- 1) 内山庄一郎, 井上 公, 鈴木比奈子: SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学技術研究所研究報告, 第 81 号, 2014.
- 2) 鈴木太郎, 鈴木真二, 廣川 類, 他: 小型自律飛行ロボットを用いた災害時における情報収集システムの構築, 日本ロボット学会誌, 26(6), pp.553-560, 2008.
- 3) D. Crandall, A. Owens, N. Snavely, D. Huttenlocher: Discrete-continuous optimization for large-scale structure from motion, 2011 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 3001-3008, 2011.