

# ドローン空撮による2016年熊本地震の被害把握と3次元モデル構築

## Damage Assessment and Development of 3D Structure Models based on Drone Flights after the 2016 Kumamoto Earthquake

○山崎 文雄<sup>1</sup>, 久保 佳澄<sup>2</sup>, 劉 ウェン<sup>1</sup>,  
Fumio YAMAZAKI<sup>1</sup>, Kasumi KUBO<sup>2</sup>, and Wen LIU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学 大学院工学研究院

Department of Urban Environment Systems, Chiba University

<sup>2</sup> 元 千葉大学 工学部学生

Former student, Department of Urban Environment Systems, Chiba University

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) are becoming an efficient tool of high-resolution image collection for the places that are difficult to access or observe from the ground. In this study, UAV flights were carried out by the authors over various damage sites due to the 2016 Kumamoto earthquake, such as surface faulting, overturned tombstones, landslides, collapsed buildings, and a damaged bridge. The UAV flights captured high-resolution video footages and photos of these sites, and using them, three-dimensional (3D) models were developed based on a SfM (Structure-from-Motion) technique. The developed models could depict the damage situations vividly, and their accuracies were evaluated by comparing with aerial photos by the Geospatial Information Institute of Japan (GSI).

**Keywords :** UAV, SfM, 3D model, the 2016 Kumamoto earthquake, damage situation.

### 1. 背景と目的

自然災害発生時において、迅速に被害状況を把握することは二次災害の防止や復旧・復興策の検討を行う上で非常に重要である。しかし、道路の寸断や建物倒壊の危険等により、人の立ち入りが困難な場合は被災現場より離れた地点から広範囲を観測することができるリモートセンシング技術が活用されている。その中でも、近年、研究や運用が進み注目されているのが無人航空機(UAV, Drone)である<sup>1)</sup>。

UAV 空撮では、有人機では困難な数十 m 程度の低空から高細密な空撮画像が取得でき、得られた画像に SfM (Structure-from-Motion) 技術を適用して 3D モデル化することで、オルソ画像や数値表層モデル(DSM)などの詳細な地形情報の取得が可能である<sup>2),3)</sup>。

本研究では、2016年4月に発生した熊本地震を対象として、斜面崩壊や被災橋梁、建物倒壊被害などを実際に UAV で空撮し、被災状況の視覚的な把握を行うとともに、得られた空撮画像から SfM 技術を用いて 3D モデルを構築し、定量的な被災状況の評価を行った。

### 2. 撮影対象と使用機材

2016年8月9, 10日に熊本地震の被災地域の現地調査を行い、以下の5地点を対象として UAV による観測飛行を実施した。図1にその空撮地点を示す。

- 1) 益城町堂園地区：地表地震断層
- 2) 西原村小森地区：墓地
- 3) 西原村小森地区：大切畑大橋・斜面崩壊
- 4) 南阿蘇村河陽地区：倒壊建物
- 5) 阿蘇市山田 大観峰：斜面崩壊

使用した UAV は、図2に示す4回転翼の小型マルチコプター Phantom 3 Professional (DJI 社製)である。総重量は 1280g、搭載カメラは Sony EXMOR 1/2.3"で、4K 動画または 12.4M ピクセルの高画質静止画の撮影が可能である。飛行高度は地上約 40m で、手動操縦による空撮を行った。



図1 UAVによる観測調査地点及び飛行制限区域



図2 使用した UAV と操縦の様子

### 3. 3次元モデルの構築

図3に西原村小森地区の大切畑大橋及び斜面崩壊の UAV による空撮画像、SfMにより作成した 3D モデルと自動推定されたカメラ位置・姿勢情報、DSM 画像を示す。3D モデル構築には、5秒間隔で自動撮影された 51枚の空撮画像を使用した。UAV は操作性・機動性が高く、今回のように橋梁の下部にまで土砂が流出するような斜面崩壊が発生している場合においても地形変化を把握しやすい。また、作成した DSM 画像により斜面の上方か

ら下方に向けて、土砂が流出している様子が確認できた。

図 4 に南阿蘇村河陽地区の倒壊建物の 3D モデル及び自動推定されたカメラ位置・姿勢情報、DSM 画像を示す。3D モデル構築には 5 秒間隔で自動撮影された 172 枚の空撮画像を使用した。また、3D モデルには GCP を 5 点追

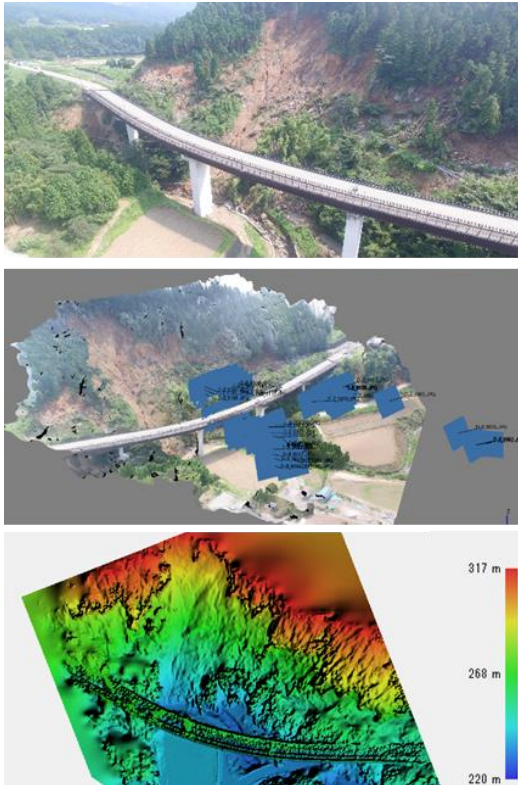


図 3 大切畑大橋付近の UAV 空撮画像、3D モデル及び自動推定されたカメラ位置情報、DSM 画像

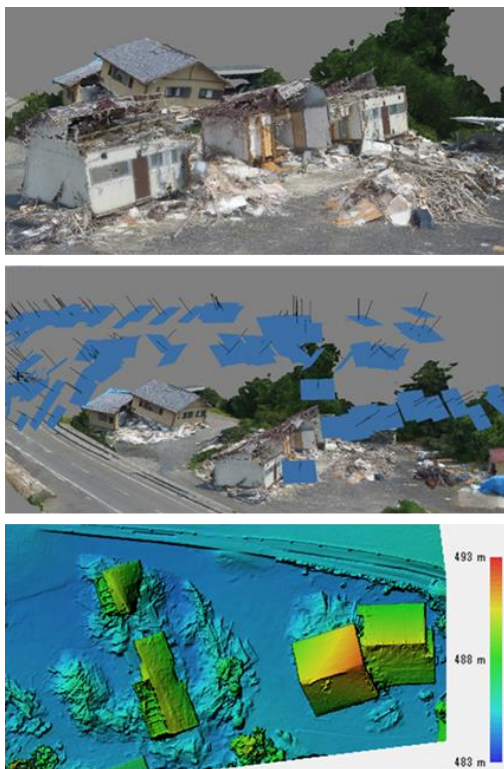


図 4 倒壊建物付近の 3D モデル及び自動推定されたカメラ位置情報、DSM 画像

加した。GCP を置いた各点間の距離を計測し、3D モデルに GCP を与えていないものと与えたものを比較した結果を表 1 に示す。図 5 に GCP として追加する標定点(P1-P5)の配置と現地での設置の様子を示す。

2 ケースの 3D モデルを比較した結果、GCP を与えていない 3D モデルでは最大誤差が 0.35m、GCP を与えた場合では-0.28m となり、GCP を与えた場合の方がやや良い結果となった。PhotoScan では、GCP を追加する過程において、画像に写る標定点に手で GCP を合わせる必要がある。今回は標定点としてカラーコーンを使用したため、空撮画像内でその倒れ込みが生じたことや、巻尺による距離測定の精度にも問題があったことなどが誤差を小さくできなかった要因と考えられる。

表 1 GCP 追加前後の地点間距離の誤差

	現地測定 距離(m)	GCP追加前		GCP追加後	
		3Dモデル	誤差	3Dモデル	誤差
P1-P2	15.08	15.26	0.18	14.97	-0.11
P2-P3	19.68	19.86	0.18	19.50	-0.18
P2-P5	24.08	24.43	0.35	23.98	-0.10
P3-P4	30.03	30.31	0.28	29.75	-0.28



図 5 GCP の配置図と使用した標定点

#### 4. まとめと今後の展望

本研究では、2016 年熊本地震により発生した地表地震断層、墓石の転倒被害、斜面崩壊、被災橋梁、建物倒壊被害などを実際に UAV で空撮し、取得した空撮画像から SfM 手法による 3D モデルの構築、及びオルソ画像と DSM の作成を行った。これらにより、詳細に視覚的な被災状況の把握を行うことが可能であると確認できた。また、3D モデルに GCP を与え、位置情報を追加する前後でのモデル精度を比較した。今回は GCP を追加する際に使用した標定点の不備が精度に影響し、誤差の大幅な改善には至らなかった。SfM 手法による 3D モデル構築の際は、GCP を与える過程でモデルの精度が決まるため、精度の向上には、空撮によって倒れ込みが生じず、画像上で標定点の中心を押さえやすい模様もしくは印の標定点を使用する必要がある。

今後は、UAV による建造物の被災度をより定量的に決定する手法の開発を進めていきたいと考えている。

#### 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) 傳田真也, 松田薫元, リュウ ウェン, 山崎文雄, UAV 空撮画像を用いた建造物の 3 次元モデル構築, 地域安全学会梗概集, No.36, pp.71-74, 2015.
- 3) 田邊諒士, 松田薫元, 中西慶, 劉ウェン, 山崎文雄: ドローン空撮画像を用いた消防訓練塔の 3 次元モデル構築, 第 60 回学術講演会論文集, 日本リモートセンシング学会, 95-98, 2016.