

2017年九州北部豪雨による斜面崩壊のドローン空撮と3次元モデル構築

Development of 3D Model of Landslide based on Drone Flights after the 2017 Northern Kyushu Heavy Rainfall

○山崎 文雄¹, 宮崎 駿太郎², 劉 ウェン¹,
Fumio YAMAZAKI¹, Shuntaro MIYAZAKI², and Wen LIU¹

¹千葉大学 大学院工学研究院

Department of Urban Environment Systems, Chiba University

²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 image collection for affected areas due to natural disasters. In this study, UAV flights were carried out over a landslide affected site due to the July 2017 Northern Kyushu heavy rainfall in Japan. The UAV flights captured high-resolution still photos, 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 the location accuracy was evaluated through the comparison with the result of GPS measurements on the site.

Key Words : UAV, SfM, 3D model, 2017 Northern Kyushu heavy rainfall, landslide.

1. はじめに

自然災害発生時において迅速に被害状況を把握するには、人の立ち入りが困難な被災現場から離れた地点から広範囲を観測できるリモートセンシング技術が有効である。近年、即時性の高さに加えて、低廉かつ簡便に空中写真が撮影できるとして、マルチローター方式の無人航空機 (UAV, ドローン) が注目を集めている。UAV は低空での飛行による空撮が可能のため高解像度の空中写真が撮影でき、多視点ステレオ写真測量 (Structure from Motion: SfM) 技術により 3 次元(3D)モデルや数値表層モデル(DSM), オルソ画像を作成し、詳細な地形情報を解析することが可能である。このような解析手法は、その即時性と簡便性から初期調査に活用されている。

本研究では、2017年7月に発生した九州北部豪雨における被災地域を対象に UAV 空撮を実施し、SfM 技術を用いて作成された 3D モデルによる被害状況の視覚的把握の有効性評価を行い、さらに作成された 3D モデルの精度検証を行った。

2. 調査地域の概要及び UAV 空撮

2017年11月15-16日に、図1に示すルートで九州北部豪雨における被災地域の現地調査を行い③地点の日田市小野で UAV 空撮を実施した。この地点では豪雨により大規模な斜面崩壊が発生したことで小野川が堰き止められ、河川氾濫や土石流により甚大な被害が生じた。

空撮には DJI 社の Phantom 4 Pro を使用した。機体操縦は手動とし、撮影間隔は 2 秒に設定し全体で 210 枚の画像を撮影した。地上基準点 (Ground Control Point : GCP) 及び検証点は、比較的平坦な地表面に設置した。地表面付近ではカメラ角度直下、斜面崩壊部分ではカメラ角度斜め下方として撮影した。高度は地表面付近で 90-110m、斜面崩壊部分で 100-140m の範囲で飛行した。

高精度の 3D モデルを作成するために、空撮範囲内に GCP を 4 点配置し、精度検証用に検証点も 4 点配置した。各点の配置図を図 2 に示す。GCP 及び検証点の観測はネットワーク型 RTK (Real-Time Kinematic) 法による単点

観測法を用いた。各点での GPS 観測時間は 5 分間とした。

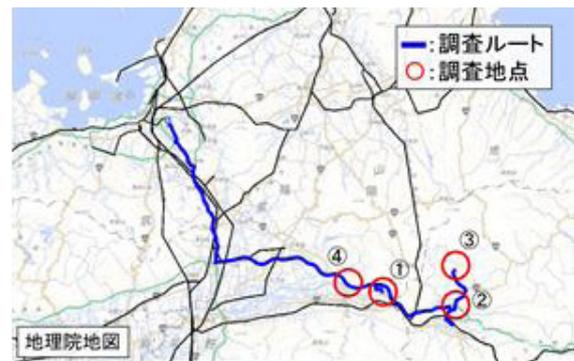


図1 調査ルート及び調査地点 (①朝倉市 杷木林田, ②日田市 渡里, ③日田市 小野, ④朝倉市 杷木志波)



図2 GCP 及び検証点の配置

3. UAV による空撮と 3 次元モデルの作成

3D モデルの作成には Agisoft 社の PhotoScan を使用した。今回の空撮は対象範囲が広大であり、特徴点の数が膨大となってしまったため、3D モデル作成品質が Medium を超えると処理落ちしてしまった。そこで対象地域を地表面と斜面崩壊部分で分割して 3D モデルを作成し、最

後に各 3D モデルを結合する「マージ処理」を行い、品質を High に上げることが出来た。マージ処理により作成された 3D モデルと一度の処理により品質 Medium で作成された 3D モデルの比較を図 3 に示し、それぞれの 3D モデル細部の比較を図 4 に示す。マージ処理を行うことで斜面崩壊部分の作成範囲が広がったことが確認でき、さらに細部の輪郭や質感などの表現力も向上した。

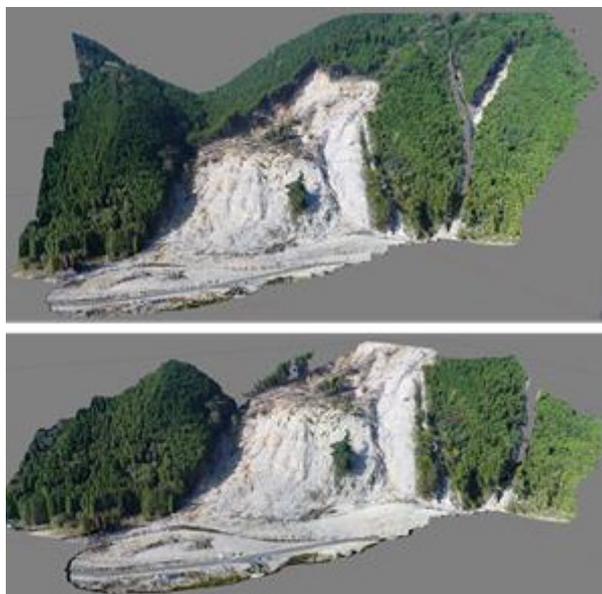


図 3 マージ処理で作成した品質 High の 3D モデル（上）と一回処理で作成した品質 Medium の 3D モデル（下）



図 4 細部の比較：マージ処理(左)と一回の処理（右）

4. 3次元モデル精度の検証

3D モデルの精度を検証するために、現地での GPS 実測値を真値とし、図 5 に示す 3D モデルから算出された DSM 及びオルソ画像から読み取った、3D モデル内の検証点座標値との差分を算出した。

GCP 追加前後及び GCP 追加数による精度の変化を表 1 にまとめた。GCP 追加数の変化について調べる際は、作成時間短縮のため地表面のみの 3D モデルを対象として行った。各 3D モデルの作成品質は High である。GCP 追加前後では水平精度と高さ精度ともに大きく向上した。GCP 追加数が 4 点の場合、マージ処理により斜面崩壊部分を追加した 3D モデルで高さ精度がより向上する結果を得た。これは、地表面の GCP により UAV の撮影画像が本来得ていた位置情報が補正され、斜面崩壊部分とともに高さ情報として追加されたためだと考えられる。また、GCP が 3 点の場合、P1 及び P4 を除いた場合に水平精度が下がる結果となった。これについては GCP 及び検証点の配置関係や GPS 計測誤差などが考えられるが、明確な原因については判明していない。現時点での結果としては GCP が 3 点あればある程度の精度が確保でき、点が増えればその精度はより向上することが分かった。

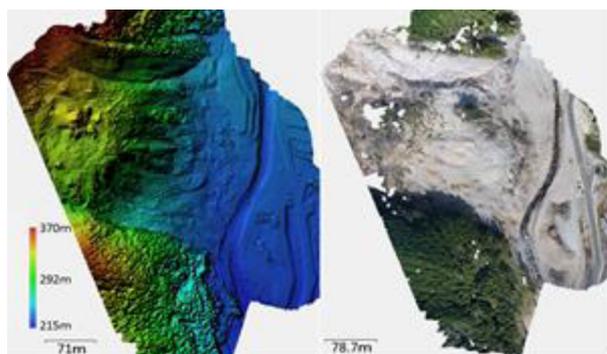


図 5 3D モデルから出力した DSM(左)とオルソ画像(右)

表 1 追加 GCP 別の RMSE 値

追加した GCP		RMSE [m]	
		水平方向	高さ方向
マージ処理 3D モデル	NO-GCP	0.8943	119.8955
	P1-4	0.1655	0.0110
地表面のみ 3D モデル	P1-4	0.1655	0.0146
	P1, 2, 3	0.1950	0.0205
	P1, 2, 4	0.1655	0.0208
	P1, 3, 4	0.1655	0.0205
	P2, 3, 4	0.2476	0.0187

5. まとめと今後の展望

UAV 空撮画像から作成した 3D モデルは細部まで詳細に再現することができ、様々な視点から被害状況の観測が可能である。対象範囲が広範囲である場合でも、マージ処理により 3D モデルの作成範囲や品質を高めることが出来、高高度の航空写真等と比較しても視覚的把握はの有効性を確認できた。

3D モデルの精度に関しては、マージ処理で作成した GCP が 4 点追加された 3D モデルで最も高く、水平方向 16.6cm、高さ方向 1.1cm であった。今回の検証結果について先行研究と精度の比較を行うと、小花和ら²⁾では UAV-SfM 測量精度は 10cm 以内、早坂ら³⁾は水平方向約 4-5cm、高さ方向約 8-12cm、上治・山川⁴⁾では最大 9cm の誤差が生じたという結果を発表している。測量手法や対象地の相違から、単純比較はできないが、ほぼ同等の結果を得ることが出来たといえる。とくに高さ方向に関して非常に良い精度が得られたが、今回の対象地では平坦な場所に GCP 及び検証点を配置したため、高低差のある地点を範囲に含め改めて検証する必要がある。

参考文献

- 1) 山崎文雄, 久保佳澄, 劉ウェン: 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, 地域安全学会梗概集, No.40, pp. 121-122, 2017.
- 2) 小花和宏之, 早川祐弼, 齋藤仁, ゴメス クリストファー: UAV-SfM 手法と地上レーザ測量により得られた DSM の比較, 写真測量とリモートセンシング 53(2), 67-74, 2014.
- 3) 早坂寿人, 大野裕幸, 大塚力, 関谷洋史, 瀧繁幸: UAV による空中写真を用いた三次元モデリングソフトウェアの精度検証, 国土地理院時報, No. 127, 107-116, 2015.
- 4) 上治雄介, 山川陽祐: UAV による空中写真測量技術を用いた河床形状測量における精度検証—東河内沢本川における事例—, 筑波大農林技研, 第 5 号, 9-20, 2017.