

UAV 空撮画像を用いた被災地の 3 次元モデル構築による被害把握と評価

14T0286W 宮崎 駿太郎
指導教員：山崎 文雄, 劉 ウェン

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 (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) 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 (Digital Surface Model: 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は非常に活用されている。

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全地球測位システム (Global Positioning System : GPS) にてネットワーク型 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。

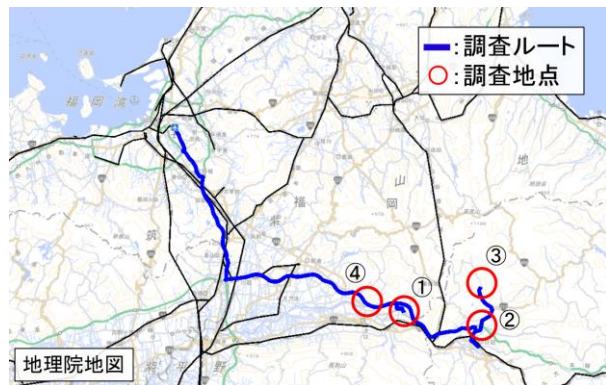


図1 調査ルート及び調査地点 (①朝倉市 杷木林田, ②日田市 渡里, ③日田市 小野, ④朝倉市 杷木志波)

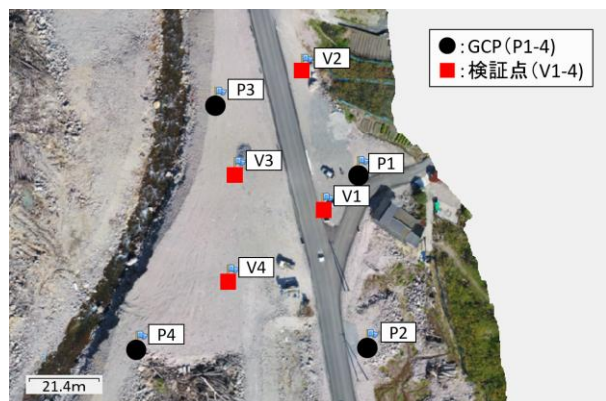


図2 GCP 及び検証点の配置

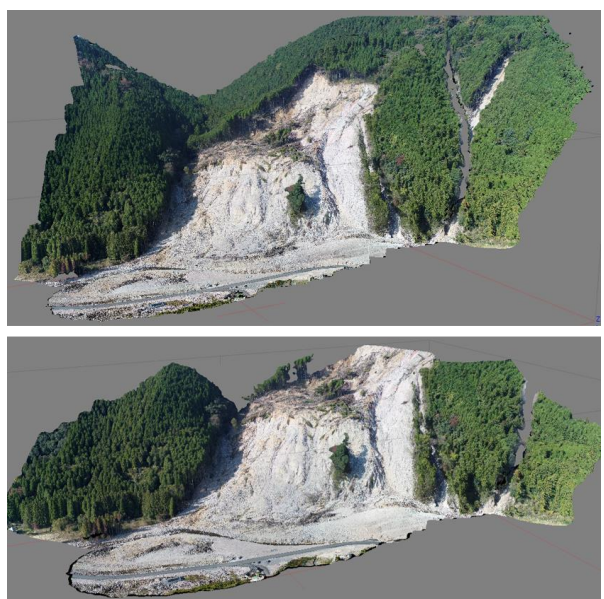


図3 マージ処理で作成された品質 High の 3D モデル(上)と一回の処理で作成された品質 Medium の 3D モデル(下)

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うため、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

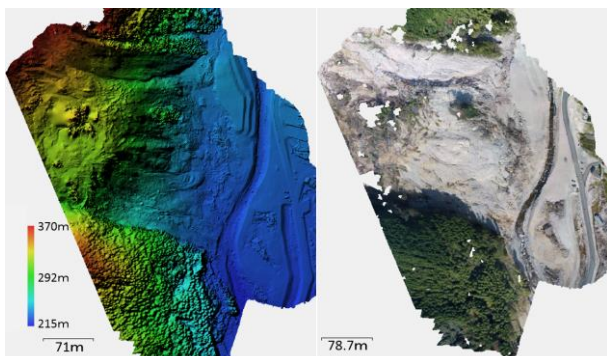


図5 3Dモデルから出力したDSM(左)とオルソ画像(右)

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

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。

5. まとめと考察

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¹⁾ではUAV-SfM測量精度は10cm以内、早坂ら²⁾は水平方向約4-5cm、高さ方向約8-12cm、上治・山川³⁾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と考える。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.