

ドローン空撮による写真測量に関する研究

田 中 龍 児¹・岡 林 巧²・外 山 泉³・山 本 健太郎⁴

IMPROVEMENT OF PHOTOGRAHMTRY BY USING MOTION VIDEO TAKEN FROM DRONE

Ryoji TANAKA, Takumi OKABAYASHI, Izumi TOYAMA, and Kentaro YAMAMOTO

¹ 第一工業大学 (〒899-4332 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

E-mail: r-tanaka@daiichi-koudai.ac.jp

² 第一工業大学 (〒899-4332 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

E-mail: t-okabayashi@daiichi-koudai.ac.jp

³ 砂防エンジニアリング株式会社 (〒350-0033 埼玉県川越市富士見町 31-9)

E-mail: izumi8_toyama@saboeng.co.jp

⁴ 西日本工業大学工学部 (〒800-0394 福岡県京都郡苅田町新津 1-11)

E-mail: kyama@nishitech.ac.jp

Abstract: The aerial photography is very difficult in a disaster site. First of all, it's difficult to make detail flight planning beforehand. Secondly, the difference of elevation is great generally. Thirdly, as the second disaster is easy to be caused, quick photography is needed. We propose the method of extracting still images from motion video. It's easier to take motion video than to take many still images. Because UAV Pilot can concentrate on steering, psychological burden is little and it's also effective from rapidity and safety.

Key Words: drone, UAV, topographical survey, sfm, steep slope

1. はじめに

近年、従来の航空機では撮影困難な低空域(地上～150m)や、比較的狭い範囲の災害現場において、ドローン(drone)による空撮の活用が進んでいる¹⁾。特に今回の熊本地震ではドローン空撮の情報が国土地理院のホームページなどで動画が公開され、地表の亀裂や斜面崩壊の確認などに利用されている。

災害現場の空撮に対するユーザーの要求は、先ず上空から見た全体の状態を把握したい、そしてできればその画像からどれぐらいの規模で崩れたか知りたいと

いう段階的な要求になると思われる。そのため、従来の写真測量とは撮影方法も異なってくる。例えば、災害現場の状況は現場に行かなければ分かり難い場合が多いため、綿密な撮影計画を事前に立て難く、災害現場の状況に応じた大まかな撮影高度、撮影コース等を計画することになる。また、従来の図化機による図化よりもほとんど自動的に処理できる三次元点群測量²⁾を実施することになる。三次元点群測量では、経験的に撮影対象地域を取り囲むような撮影方法が良く、ちょうど全体を見渡す人間の目の動きに近い撮影方法となる。本稿で提案する動画から静止画像を切り出し三次元化す

る方法は、遠隔操作のモニターに映し出される映像の通りに動画が撮影されるため、撮りこぼしなど撮影ミスが生じにくい。さらに操縦者がドローンの操縦に集中できるため、心理的負担も少なく、迅速性、安全性からも有効であると考える。

また小型のドローンには、GPS/IMU は搭載できないので、地上に標定点(GCP:Ground Control Point)が必要である。しかし、災害現場の空撮は緊急性を要し、か

つ足を踏み入れることが危険なため、現地での標定点設置測量は困難な場合が多い。本研究では、ハンディ GPS による方法、大縮尺地図を用いる方法、そして既設基準点を用いる方法により、鹿児島県垂水市二川地区で発生した土石流現場の動画による地形解析と、雲仙普賢岳の砂防ダムにおいて実施した空撮動画から、同様の解析手法で良好な結果を得たので、災害現場のドローン空撮による動画利用法として提案する。

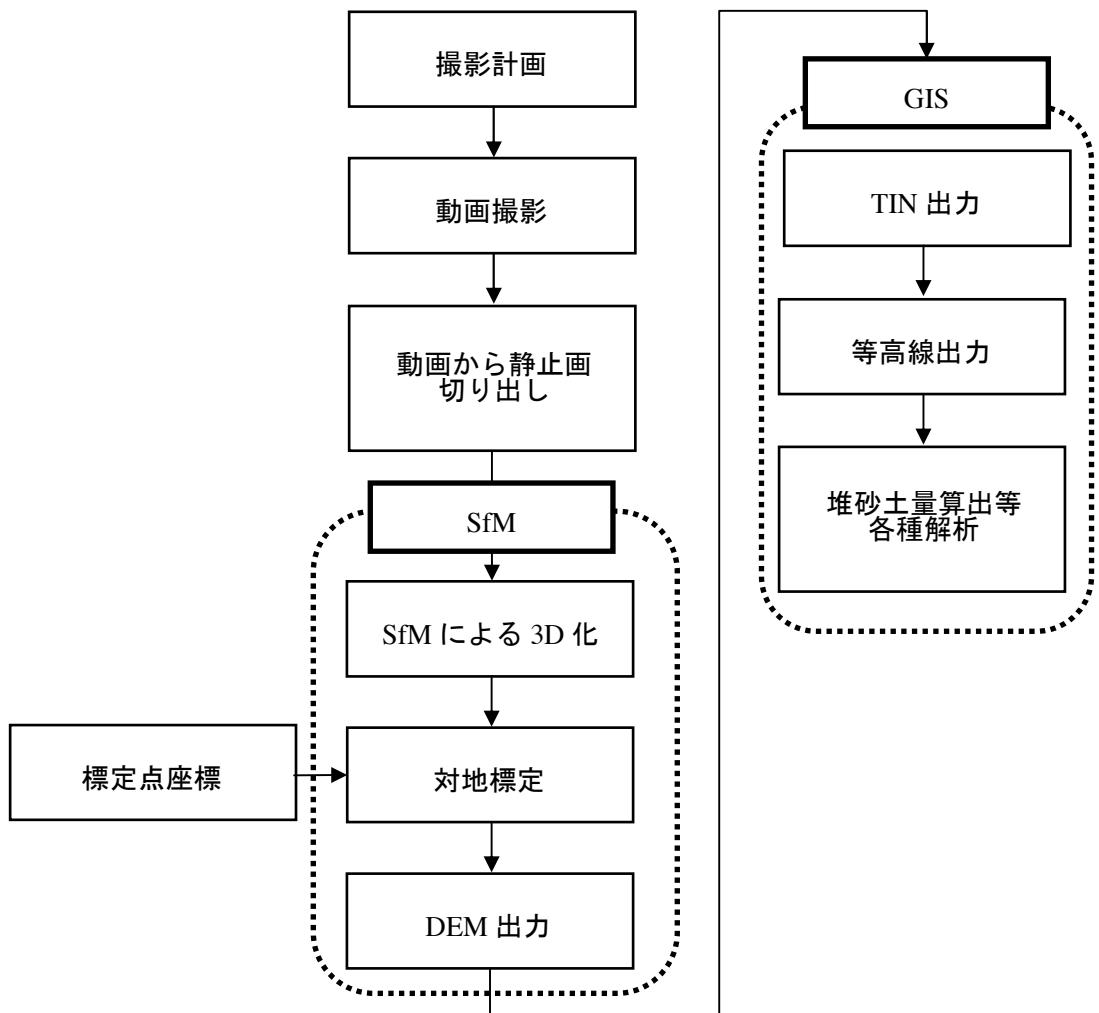


図-1 災害時のドローン空撮測量作業の流れ

2. ドローン空撮測量作業

提案するドローン空撮測量作業の流れを図-1に示す。動画から静止画の切り出しには、フリーウェアの Free Video to JPG Converter を用いた。切り出す静止画の枚数が多いと、3D 化に要する時間が大きくなる。写真の

重複度 90%を目安に、1~5 秒間隔で切り出し枚数を調整する。二次元である画像からカメラ位置や三次元形狀を復元する技術である SfM(Structure from Motion)のソフトウェアは、Agisoft 社製 PhotoScan を用いた。また、等高線描画など地形解析には、ESRI 社製 ArcGIS を用いた。

2. 1 土石流現場での空撮動画解析例

平成 27 年 7 月に鹿児島県垂水市二川地区で発生した土石流は、下流に大量の土砂が流れ着き、河川断面を塞ぎ避難勧告も発令されたが、応急工事が進み、幸い人的被害はなく沈静化した(図-2)。国土交通省九州地方整備局は、2 次災害の危険性などを調べるために、土石流現場周辺をドローンで撮影したが、その動画から次のような手順で地形解析を行った。



図-2 土石流現場地上写真

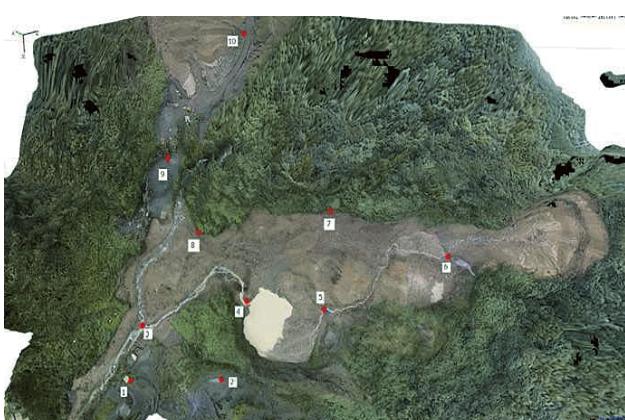


図-4 初期三次元再構成画像上の標定点

(1) 動画から静止画像を抽出

図-3 は動画から切り出した 123 枚の静止画像の一部である。画像サイズは 1920×1080 ピクセルで解像度は 96dpi である。

(2) SfM ソフトを用いて三次元再構成

標定点取得箇所の把握のために、ローカル座標で三次元再構成する。図-4 は三次元再構成した画像にハンディ GPS で計測した点を記入したものである。



図-3 動画より切り出した静止画像

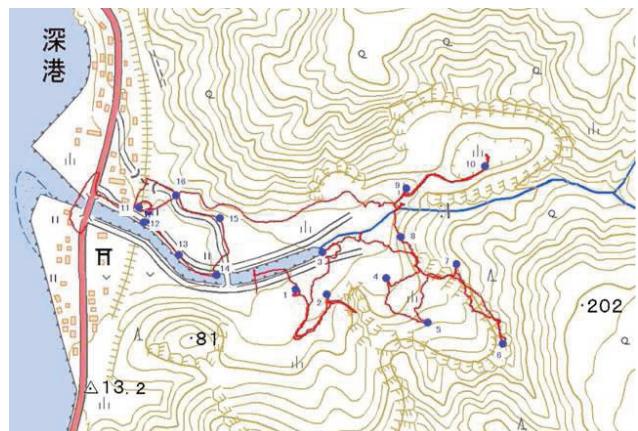


図-5 ハンディ GPS で計測した足跡

(3) 地図上にハンディ GPS で計測した点を表示

図-5 は国土地理院地図レベル 25,000 上にハンディ GPS を持って歩いた足跡を表示したものである。基準点となる場所では、ハンディ GPS の計測精度 3m となる点で、1 分間保持して計測した。ハンディ GPS の水平位置精度は 3m であるが、標高精度はばらつきが大きいので、標高精度 5m のレベル 25,000 から読み取った標高を用いた。また、計測された経

緯度座標値は、後続の GIS に入力するために全て平面直角座標値に変換した。

(4) 地図から座標を読み取る

既存地図(なるべく縮尺の大きな地図)を用いて、標定点に用いる座標を取得する。今回は、国土地理院地図レベル 25,000 を用いた。図-6(a)および図-6(b)に読み取った点の位置とその座標を示す。

(5) 標定点を入力して三次元再構成する

ハンディ GPS と地図から読み取った点を用いて SfM ソフトウェアで三次元再構成した。図-7 は全体図、図-8 は崩壊元付近である。

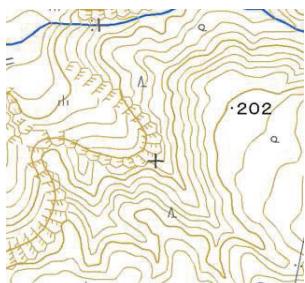
(6) DEM をエクスポートし、GIS で解析

三次元再構成結果を確認後、1m メッシュ DEM をエクスポートし、GIS で等高線を作図(図-9)した。GIS では縦断図、横断図等簡単に出力でき、土量解析など今度の災害対策策定に有効なツールである。



X= -156096.458 m
Y= -20006.974 m
H=7.1m

図-6(a) 地図による標定点読み取り（旧鉄橋橋脚付近）



X= -156361.363 m
Y= -19330.248 m
H=134.6m

図-6(b) 地図による標定点読み取り（崩壊元付近）

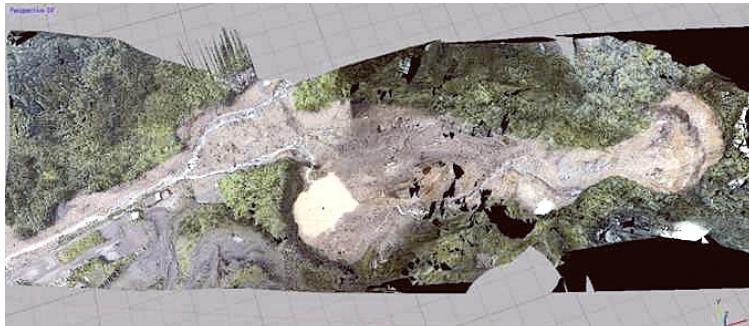


図-7 三次元再構成結果（全体）

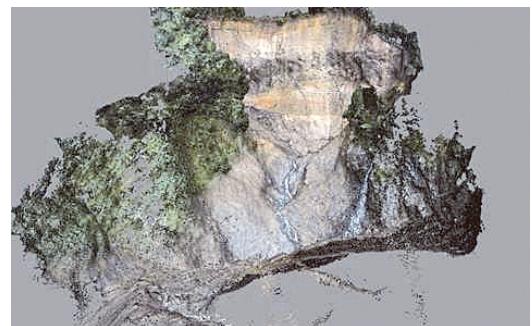


図-8 三次元再構成結果(崩壊元付近)

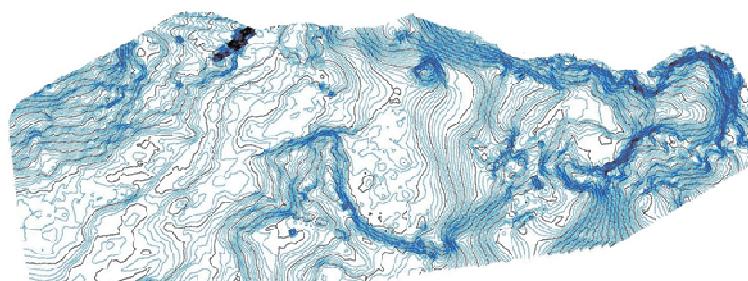


図-9 GIS で出力した等高線（1m 間隔）

2. 2 雲仙普賢岳砂防ダムでの空撮動画解析例

砂防ダムの堆砂量の経年変化やダム本体の調査には、従来 TS による地上測量や地上設置型レーザ測量、あるいは航空レーザ測量が実施されてきた。本研究ではドローン空撮の有効性を確認するために、雲仙普賢岳の砂防ダムにおいてドローン空撮を実施した。空撮当日の天候は晴天ではあったが、木の葉や細かい小枝が絶えず動く状態で、風速は 5m/s 以上であると推定された。そのため、計画通りの飛行はできず、約 8 分間の動画を撮影した。その動画より切り出した静止画と砂防ダムに設置された 8 点の基準点を用いて、三次元点群測量を実施し、航空レーザ測量結果と比較した。

表-1 は使用したドローンの諸元であり、表-2 は搭載カメラの諸元である。

表-1 ドローンの諸元

| 項目 | 概要 |
|--------|---------------------------------|
| 機体 | DJI, PHANTOM3 STANDARD, 1.3kg |
| 操縦装置 | DJI, PHANTOM3 STANDARD専用GC390wA |
| 最高速度 | 16m/s |
| 飛行最大距離 | 500m |

表-2 カメラ諸元

| 項目 | 概要 |
|---------|------------------------------|
| 画角 | 94° |
| 焦点距離 | 20mm/35mm |
| 動画画素数 | 2.7K(2,704 × 1,520ドット)/30fps |
| センサーサイズ | 1/2.3型(6.2 × 4.7mm) |

(1) 撮影範囲

図-10 は撮影範囲であり、青色の四角形は撮影位置である。撮影範囲内ではダムの座標が既知であったため、写真上で位置を確認し標定点とした。図-11 における point1～point8 が標定点である。また、図中空白の部分は、撮影範囲外であるか、特徴点のマッチングができなかった部分である。

(2) 解析に用いた画像

一般的な写真測量では、飛行コース、オーバーラップ、サイドラップなど撮影計画を立てて撮影された静止画を用いるが、本作業では、動画から切り出した静止画を用いて解析する方法で実施した。この方法では、操縦者がドローンの操縦に集中でき、特に今回のような風が強

く操縦が難しい状況においては、迅速性、安全性からも有効な方法と考える。また、撮影は前方を確認しやすい斜め写真とし、動画から 5 秒間隔で切り出した 70 枚の静止画を用いて解析した。

(3) SfM による三次元再構成

図-12 は切り出した静止画から、三次元再構成ソフトウェアを用いて作成した 3D モデルである。



図-10 解析範囲

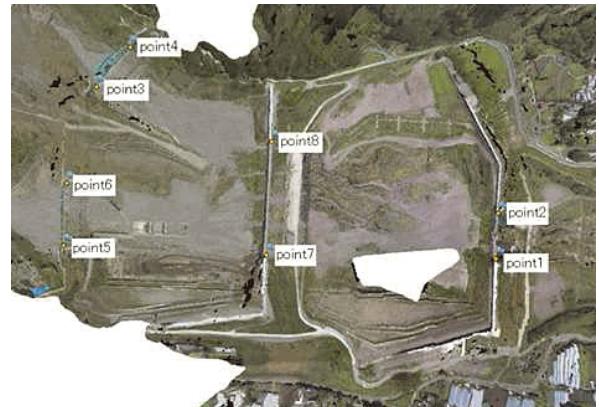
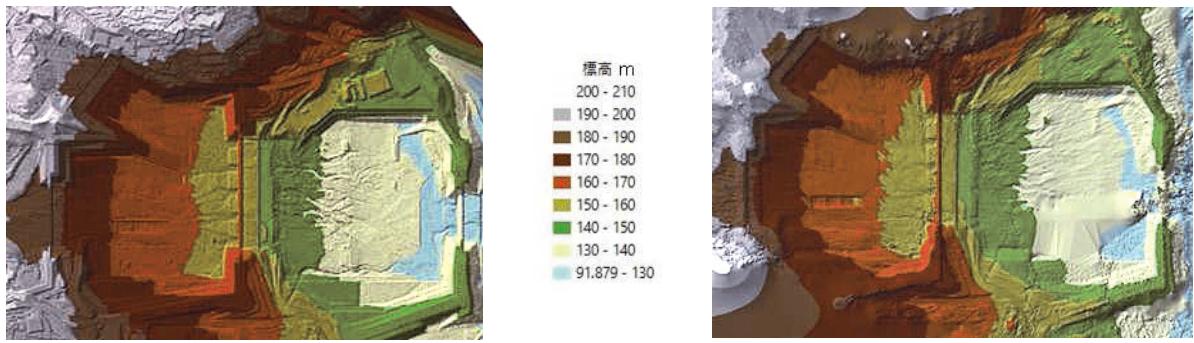


図-11 8 点の標定点



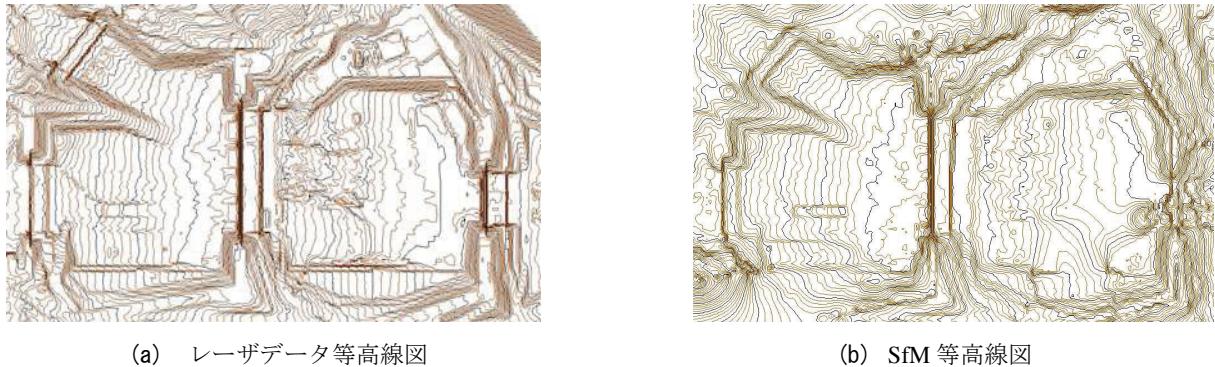
図-12 三次元再構成モデル



(a) レーザデータ段彩図

(b) SfM 段彩図

図-13 段彩図の比較



(a) レーザデータ等高線図

(b) SfM 等高線図

図-14 等高線の比較

(4) 1m メッシュ DEM の出力

撮影高度は 50m 前後であったので、地上分解能は 10mm 程度と考えられるが、既存のレーザデータと比較するために、3D モデルから 1m メッシュ DEM を作成した。図-13(a) (b) はそれぞれ、レーザデータと SfM より作成した 10m 間隔の段彩図である。段彩図の出力には、GIS を用いた。計測時期が異なるため単純に比較することはできないが、これより堆砂量の変化も読み取れる。また、SfM の場合、point1～point2 の付近が不明瞭になっている。原因として写真的撮影位置、標定点の配置などが考えられるが、今後の研究課題である。

(5) 1m 間隔等高線の出力

図-14(a) (b) はそれぞれ、レーザデータと SfM より作成した 1m 間隔の等高線図である。等高線図より縦断図・横断図等を作成でき、土量解析等が可能になる。等高線図の出力には、GIS を用いた。

3. まとめ

本稿では、災害現場のドローン空撮による動画から静止画像を切り出し、三次元点群データを取得する方

法について述べた。またこのようなユニークとも言える手法の有効性について、レーザデータの存在する砂防ダムにおいて検証した。段彩図や等高線図の比較において、適当な標定点があれば、精度的にはほとんど変わらないか、あるいはデジタルカメラの地上分解能からすると、それ以上の精度の点群データが得られることが分かった。したがって、本稿で提案する動画から切り出した静止画を利用する三次元点群測量の手法は、ドローン操縦者が操縦に集中できるため、墜落などの事故も生じ難くなると考えられ、災害時の緊急性を要する空撮動画の利用法として有効である。

謝辞：本研究は、株式会社日水コンの支援を受けて実施いたしました。また、動画やレーザデータの提供や砂防ダム区域内の空撮を許可くださいました国土交通省九州地方整備局の関係者の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 井上公、内山庄一郎、鈴木比奈子：自然災害調査研究のためのマルチコプター空撮技術、防災科学技術研究所研究報告、Vol.81, pp. 61–98, 2014
- 2) 国土交通省国土地理院: UAV を用いた公共測量マニュアル(案), 2016 年制定。