

ドローン空撮動画利用による 地形測量法の提案

A PROPOSAL OF TOPOGRAPHICAL SURVEY
BY USING MOTION VIDEO TAKEN FROM DRONE

田中 龍児¹・岡林 巧²・外山 泉³・山本 健太郎⁴

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

Key Words: topographical survey, uav, drone, 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. 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く, 事前に綿密な撮影計画を立て難いため, 現状として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抽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.

また重量 1kg 前後の小型のドローンには, 写真測量用の 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, 大縮尺地図, および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を行った. さらに雲仙普賢岳の砂防ダムにおいて実施した空撮動画から, 同様の解析を実施し, 既存のレーザ測量との対比から有効性が確認できたので, 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.

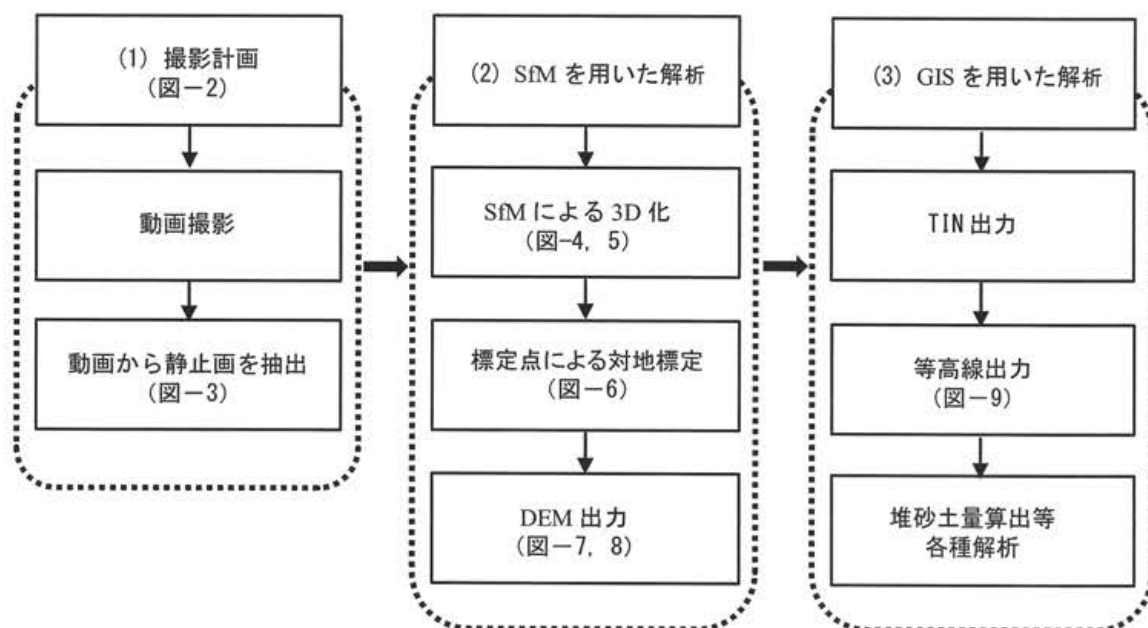


図-1 災害時のドローン空撮測量作業の流れ

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。動画から静止画の抽出には、フリーウェアのFree Video to JPG Converter を用いた。抽出する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秒間隔で抽出枚数を調整する。二次元である画像からカメラ位置や三次元形状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

(1) 撮影計画～動画から静止画像の抽出

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、その動画から静止画像を抽出した。図-3は動画から抽出した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を用いた解析

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-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、歩行困難な場所では既存地図(大縮尺地図)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。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。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。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。

(3) GISを用いた解析

三次元再構成結果を確認後、GISにより1mメッシュDEMを作成し、等高線を作図(図-9)した。GISでは縦断図、横断図等も短時間でかつ簡単に出力でき、土量解析など災害対策策定に有効なツールである。一方、GISによる等高線は、DEMから機械的に変換しているため、一般的な地形図として用いるには、細かい凹凸のスムージングやフィルタリングなどの、人手による編集作業が必要である。



図-2 土石流現場地上写真

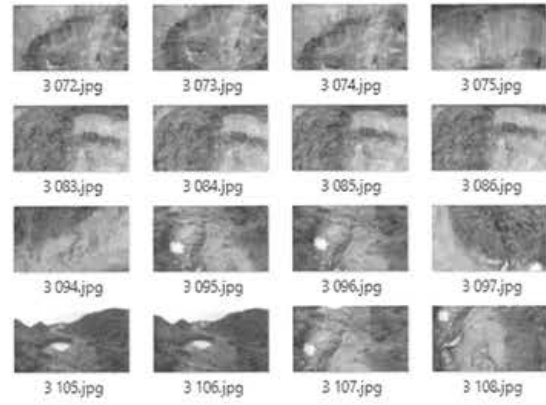


図-3 動画より抽出した静止画像の一部

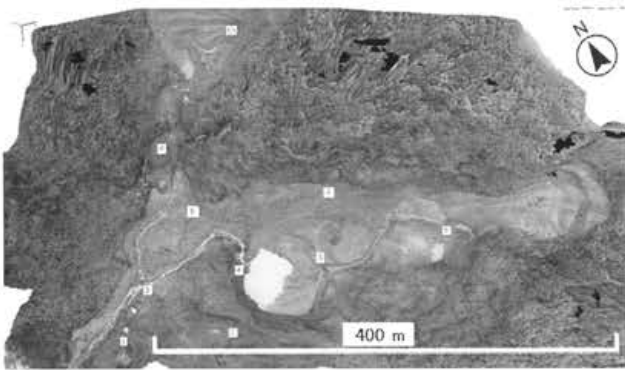


図-4 初期三次元再構成画像上の標定点

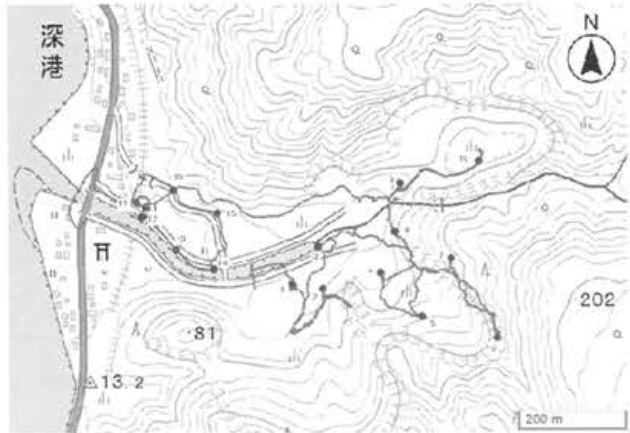
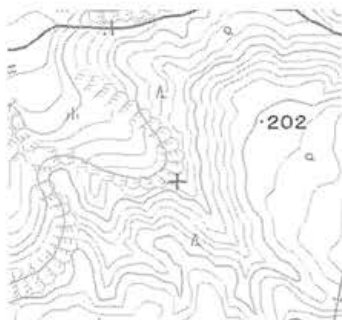


図-5 ハンディ GPS で計測足跡 (地理院地図)



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

図-6(a) 1/25,000 地理院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) 1/25,000 地理院地図による標定点読み取り (崩壊元付近)

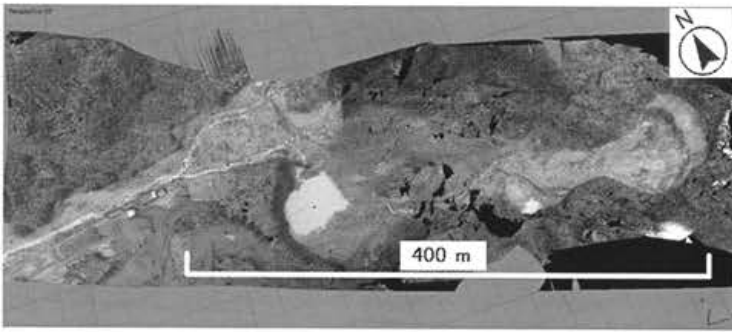


図-7 三次元再構成結果（全体）

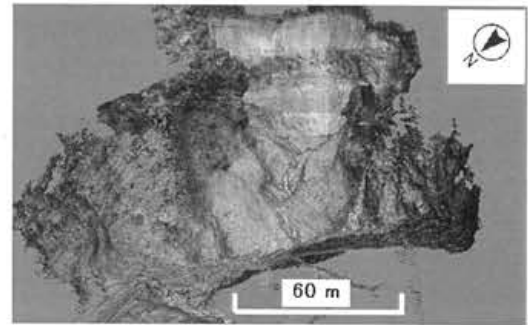


図-8 三次元再構成結果（崩壊元付近）

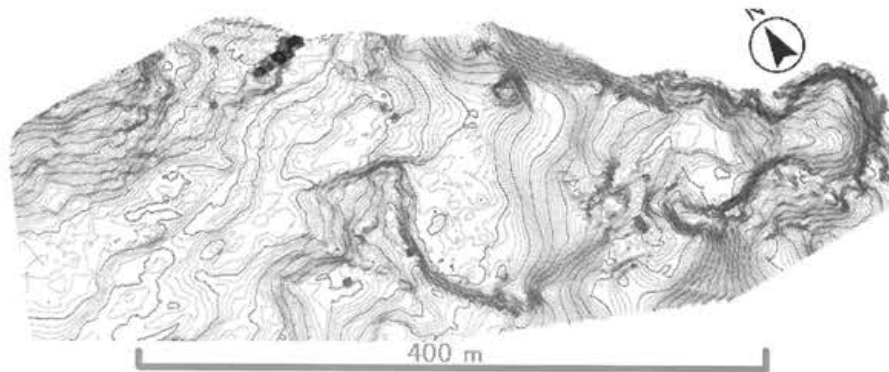


図-9 GIS で出力した等高線（1m間隔）

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。その動画より抽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 P1～P8 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

一般の写真測量では、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、動画から抽出した静止画を用

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秒間隔で抽出した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は抽出した静止画から、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。

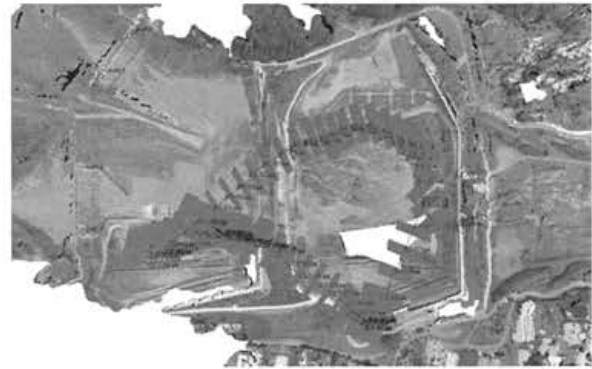


図-10 解析範囲

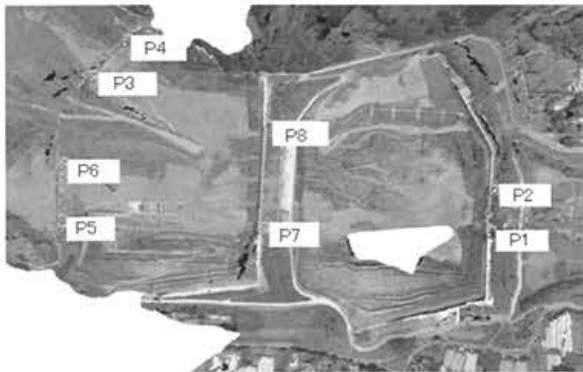


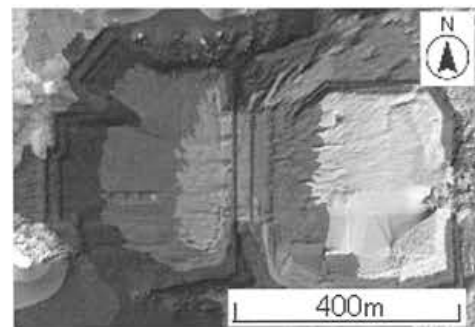
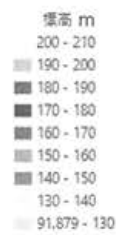
図-11 8点の標定点



図-12 三次元再構成モデル

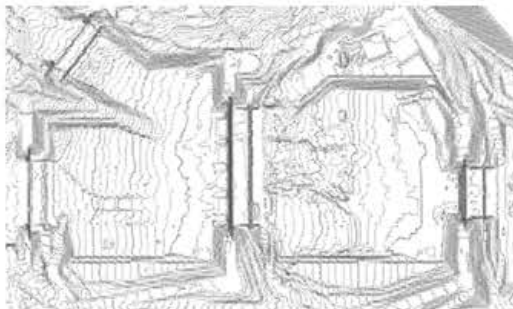


(a) レーザデータ段彩図



(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計測精度を単純に比較することはできないが、両者を重ね合わせ、差を取ることで堆砂量の変化を取得することも可能になる。

(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。SfM 等高線図では撮影されていない外周部分がなだらかになっているが、レーザデータと同様の等高線図が得られた。等高線図より縦断面・横断面等を作成でき、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抽出し、三次元点群データを取得する方法について述べた。また静止画ではなく動画を用い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目視による比較であるが、SfM の場合、P1～P2(図-11)の付近が不明瞭になっている。原因として写真の撮影位置や標定点の配置などが考えられる。標定点を適切な位置に設置し、適切な撮影方法によれば、デジタルカメラの地上分解能からすると、精度的にはほとんど変わらないか、あるいはそれ以上の精度の点群データを取得可能である。また、本稿で提案する動画から抽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。

(2016. 5. 31 受付)