

土砂災害防止法に基づく基礎調査（急傾斜地の崩壊）の効率化 —SfM を用いた座標値の取得—

国際航業株式会社 ○木村凜太郎, 村木昌弘, 齋藤愛, 鈴木篤

一般財団法人 砂防フロンティア整備推進機構 千葉幹, 内山均志

1. はじめに

土砂災害防止法に基づく基礎調査（以下、基礎調査）は、令和2年3月末で1巡目調査が概ね完了した。現在は令和2年8月に変更された土砂災害防止対策基本指針¹⁾に基づき、新規箇所への抽出に努めている。新規箇所は高精細な地形情報を用いるため、既存の土砂災害危険箇所と同等の新規箇所数が抽出されることが想定され、基礎調査時の作業の効率化や労働力の確保が現状の課題として挙げられる。

近年 SfM 技術（Structure from Motion²⁾）が発展し、写真から3次元モデルを簡単に作成できるようになり、土木や建築等様々な分野で活用されている³⁾⁴⁾。しかし、基礎調査に SfM 技術を応用した事例はまだ報告されていない。

そこで本発表では、土砂災害防止法で扱う自然現象のうち急傾斜地の崩壊に着目し、これまで測量機材を用いて取得していた下端座標において、SfM から作成した3次元モデルを用いて下端座標値を取得し、同等の精度が担保されるかどうかを明らかにした。また、上記の手法により、現場作業の効率化についても検討を行った。

2. 対象斜面と検証方法

3次元モデルを用いて取得した下端座標値（以下、SfM 値）と、測量機材を用いた下端座標値（以下、実測値）の比較を行った。また SfM 値、実測値の取得に費やした現場作業時間を比較した。

2.1 対象斜面

対象斜面は千葉県千葉市中央区の1斜面とした。当該斜面の延長は約80m、斜面下方にはブロック積擁壁工が施工されている。本検証で使用した機材・ソフトは表1の通り。

表1 本検証で使用した機材・ソフト

撮影機材	iPhone X (Pix4Dcatchを搭載)
SfM解析ソフト	Pix4Dmapper
点群の閲覧・編集ソフト	CloudCompare

2.2 検証方法

図1にGCP（地上基準点）の配置から SfM 値取得までの流れを示す。GCPに取り込む座標値は砂防基盤図を用いて算出したため、砂防基盤図上の明確な点（道路角、建物角等）にGCPを配置した。写真撮影はPix4Dcatchでオーバーラップ率を90%に設定し、斜面に沿って移動しながら実施した（図2）。撮影した写真枚数は2,260枚であった。

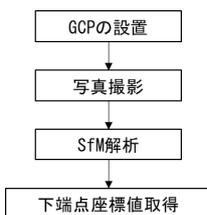


図1 作業フロー

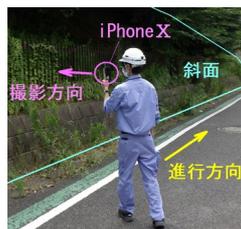


図2 写真撮影

SfM 解析は6パターンで実施した。6パターンの内訳はGCPの配置数（3点、4点、6点）（図3）、および撮影した写真のEXIFに記録された位置情報データの有無とした。



図3 GCP配置図

実測値の取得にはRTK-GPS測量機材等を使用し、SfM値と実測値を比較した。

3. 検証結果

3.1 座標値の精度

SfM 値と実測値の比較結果を表2、図4に示す。砂防基盤図のもつ水平位置の標準偏差が1.75m以内⁵⁾であることから、SfM 値と実測値の較差3.5mを精度の良否の判定基準とした。その結果、パターンa, b, cは下端点6, 7で較差3.5mを上回ったが、d, e, fは全下 endpoint で較差3.5mを下回った。作成した3次元モデルを図5で示す。

表2 各パターンにおけるSfM値と実測値の較差

パターン	GCP	位置情報	下端点						
			1	2	3	4	5	6	7
a	3点	有	1.5	1.2	0.9	0.7	1.0	3.6	4.6
b	4点	有	1.9	0.6	0.3	0.9	1.6	4.1	2.9
c	6点	有	1.7	0.5	0.1	1.2	1.9	4.3	2.8
d	3点	無	1.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.5	0.2
e	4点	無	1.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.5	0.2
f	6点	無	1.6	0.9	0.8	0.9	1.0	0.5	0.3

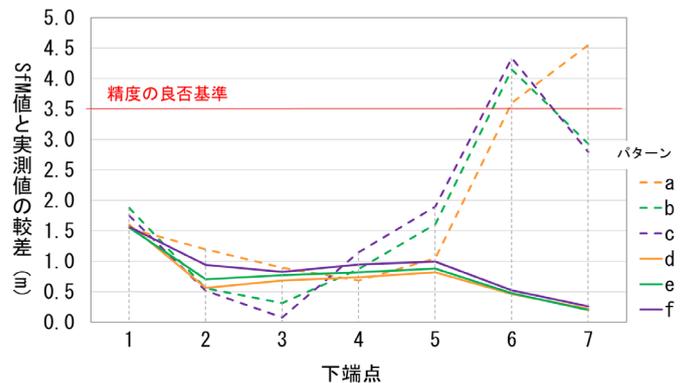


図4 各パターンにおけるSfM値と実測値の較差

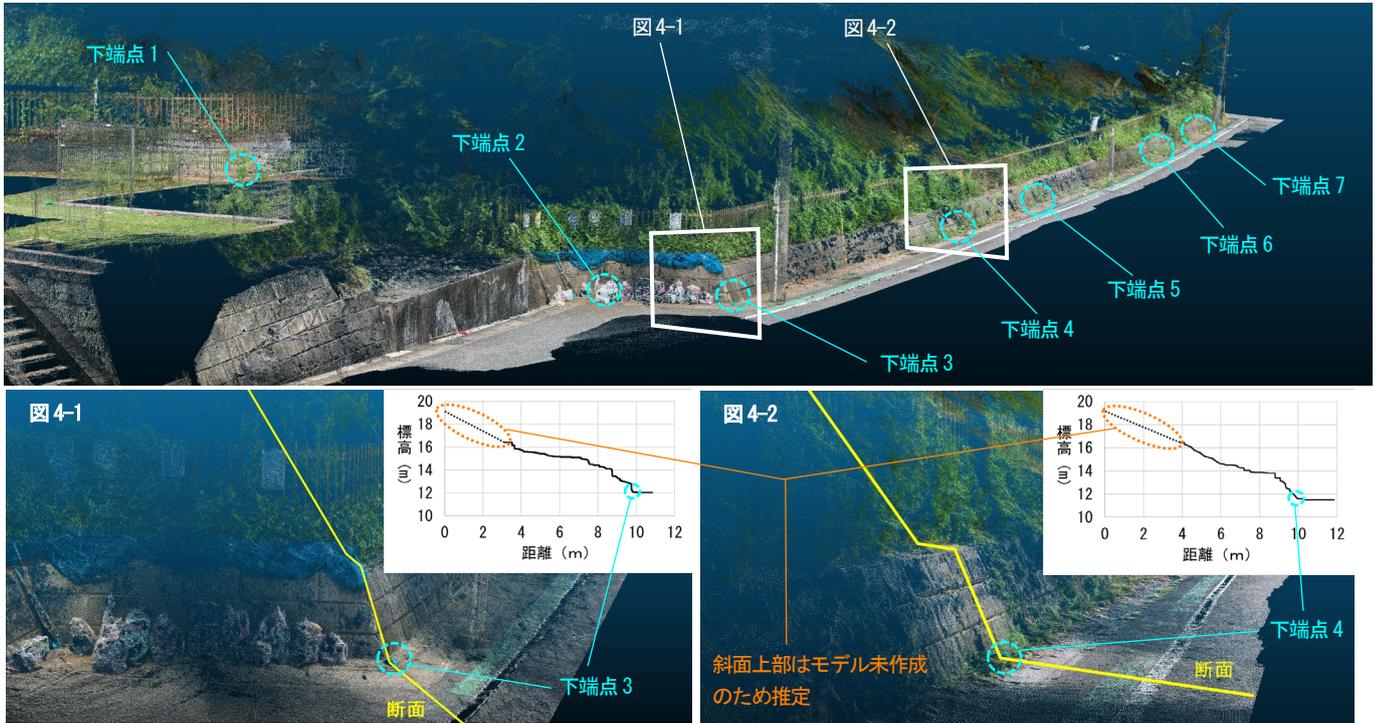


図 5 作成した 3 次元モデルにおける下端点付近の状況および断面図

3.2 現場作業の比較

SfM 値および実測値の取得に費やした現地の作業時間を表 3 に示す。SfM 値の取得に要した時間は、実測値のそれと比べて 1/2 の時間短縮となった。

表 3 SfM 値と実測値の取得に費やした作業時間

取得データ	現地の作業時間
実測値	41分
SfM値	19分

4. 考察

4.1 下端座標値取得における留意点

パターン d, e, f (位置情報無し) において全下端点で較差 3.5m を下回り、SfM 値の精度が担保される結果が得られた。

ただし、パターン a, b, c (位置情報有り) では下端点 6, 7 で較差 3.5m を上回る結果となった。上記のような結果となった要因として、一時的な GPS 受信の悪化、撮影者による iPhone X の誤操作などが考えられる。位置情報を取り込まなければ、上記のような要因の影響を受けない。一定の精度を保った 3 次元モデルを作成するためには、画像の位置情報を使用しないことが有効であると言える。

また、較差 3.5m を下回る結果が得られた d, e, f を用いて GCP 数の違いによる比較をしたところ、下端点 2、3、4、5、7 で GCP 設置数が増加するほど精度が悪化する傾向がみられ、下端点 2 においては d (GCP3 点) と比較して f (GCP6 点) が 0.3m 悪化する結果となった (表 2)。これは、3 次元モデルの中央部 (下端点 4、5 付近) に GCP がいないため、モデル中央の歪みを抑えられず精度が改善されなかった可能性が考えられる。上記の内容は菅井ほか (2017) ⁶⁾ でも同様の報告がされている。本検証の対象斜面は斜面中央部に砂防基盤図上の明確な点が存在せず、GCP が設置不可能であった。基礎調査で扱う斜面には、モデルの中央部に

GCP が設置できない事例が多く存在することが考えられるため、今回のような斜面に対しては、GCP 配置数は 3 点もしくは 4 点程度とすることが妥当であると言える。

4.2 基礎調査における現場作業の効率化

現場の作業時間に関しては、SfM 値の方が実測値の取得に要した作業時間と比べ 1/2 の短縮となった。また、実測値を取得するためには 2 人以上の作業者が必要であるが、SfM では 1 人で計測が完了できる。時間効率のほか人工の削減においても、SfM は有用な手法であると言える。

5. おわりに

本検証の結果より、SfM 技術を用いた基礎調査における下端点測量は、従来手法に代わる新たな手法として一定の成果が得られた。今後は植生が繁茂している斜面や住宅に近接する斜面等、様々な事例で検証を進める必要がある。

なお、本発表では SfM 解析に Pix4Dmapper を用いたが、無償の SfM 解析ソフトを使用した場合の検証も行った。また、オフセット測量で計測した座標値と SfM 値の精度等の比較を行った。詳細はポスターに記す。

さらに、室内のデータ処理を短縮させるために、LiDAR を用いて座標値を取得する手法等も検証したい。

謝辞

本検証を実施した斜面は、千葉県千葉土木事務所より委託された基礎調査業務の調査対象斜面であり、検証の実施にあたり同事務所にご協力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 土砂災害防止対策基本指針 (R2.8)
- 2) 田村ほか (2015) 小型 UAV による空撮と SfM を用いた樹高計測. 日本緑化工学会誌 41.1.163-168
- 3) 奥水ほか (2021) 地震による崩壊裸地斜面の降雨・融雪にともなう土砂動態: 高頻度 UAV-SfM 測量による検討. 砂防学会 74.3.26-36
- 4) 菅井ほか (2021) コンクリート建築物壁面の SfM 計測の品質向上手法の提案と評価. 精密工学会学術講演会公演論文集. 622-623
- 5) 国土交通省 公共測量作業規定の準則 R2 改正
- 6) 菅井ほか (2017) UAV を活用した写真測量の精度検証. 国土地理院時報 国土交通省国土地理院編 129.147-157.