

土砂災害の堆積土砂量を発災後早期かつ一定精度で把握するための代替 GCP の提案

株式会社オリエンタルコンサルタンツ ○有間航・平川泰之

株式会社エイテック 白石浩土

国土交通省国土技術政策総合研究所 瀧口茂隆

1. はじめに

土砂災害後に速やかに堆積土砂の量やその分布を把握することは、その後の防災対応の基礎資料として重要であるが、土砂災害発生後は早期に土砂の撤去が進められるケースが多いため、堆積土砂量の把握は可及的速やかに実施する必要がある。既往の研究成果¹⁾では、被災前後の地形モデルの差分より堆積土砂量を算出する場合、被災後地形モデルに UAV 写真点群測量を用いれば、実地盤高と比較して十分な精度であることを確認した。しかし、UAV 写真点群測量の場合は現地での GCP 測量に時間を要する点、測量専門知識が必要となる点、土砂撤去作業の妨げとなる点が課題である。そのため、本研究では発災後早期かつ一定の精度で堆積土砂量を把握するために代替 GCP を用いることを提案する。代替 GCP とは、図 - 1 に示すように地理院地図等の空中写真より判別可能な特徴点を対空標識として代用した点である。特徴点の座標を取得し、GCP として SfM 解析に用いる。本研究では地理院地図の他に複数ケースで代替 GCP を取得し、地形モデルを作成して、精度を比較する。作成した地形モデルの精度と入手・作成の容易性より堆積土砂量の把握に適した代替 GCP の優先順位と配置点数を提案する。

2. 調査方法

2.1 調査箇所 調査箇所は、表 - 1 に示す 3 箇所（土石流 1 箇所、がけ崩れ 2 箇所）であり、最大土砂堆積深 1.0～2.4m である。

2.2 代替 GCP の種類と地形モデルの作成手順 地形モデル作成及び精度検証の流れを図 - 2 に示す。通常の方法では現地で GCP 測量を実施するが、本研究においては机上にて代替 GCP を設置して、地理院地図等を用いて座標を計測する。手順(1)UAV 写真:各調査箇所にて UAV 写真撮影を実施した¹⁾²⁾。手順(2)代替 GCP の選定：被災前後で座標の変化のないと想定される現地の特徴点を代替 GCP として 4 点を選定した。手順(3)代替 GCP の座標取得：表 - 2 に示す 5 種類のデータソースより代替 GCP の座標を取得した。調査箇所ごとの代替 GCP の諸元を表 - 3 に示すが、調査箇所によってデータの諸元が異なる。福岡県八女市では①地理院地図の標高データソースが 10B であり、④LP のグリッドデータが存在せず、他の調査箇所と異なる。静岡県磐田市では②Google Earth の地形モデルが DSM であり、他の調査箇所は DEM である。手順(4)被災後地形モデルの作成：UAV 写真と代替 GCP を用いて SfM 解析により地形モデルを作成した。

2.3 地盤高による精度検証 各調査箇所にて検証点 35～80 点の地盤高を精度評価のために、ネットワーク型 RTK-GPS 測量により計測した（以下、「実測」）¹⁾²⁾。実測により得られた地盤高を正として、被災後地形モデルによる推定地盤高の精度評価を行った。精度指標としての較差を【較差＝推定地盤高－実測地盤高】と定義する。較差は 0 に近いほど精度が良い。精度評価の指標値としては、較差の最大値、最小値、平均値 m、標準偏差 σ を使用した。

3. 結果及び考察

3.1 代替 GCP の座標取得先別の地盤高精度 被災後地形モデルの地盤高と実測値の較差の各指標を図-3 に示す。図中の A・B グループは代替 GCP の入手先によってグループ分けしたもので、A グループはオープンソースデータ、B グループは行



図-1 地理院地図での代替 GCP の取得例
代替 GCP として人家軒先を指定(標高：26.3m)

表-1 調査箇所概要

	長野県 茅野市 下馬沢川	福岡県 八女市 矢部村	静岡県 磐田市 神増地区
土砂災害の種類	土石流	がけ崩れ	がけ崩れ
最大土砂堆積深(m)	1.5	2.4	1.0
検証点の数	80	35	76

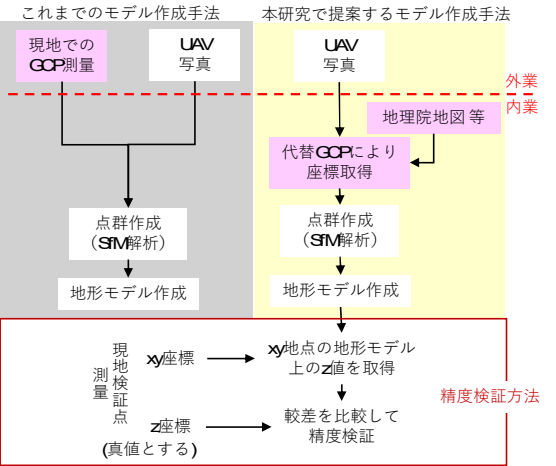


図-2 地形モデル作成及び精度検証の流れ

表-2 代替 GCP の座標取得先一覧

	使用 ソフト	代替GCPを指定 するための画像	地形 モデル	標高値の 表示単位	標高値 ソース
① 地理院地図	web ブラウザ	オルソフォト	DEM	0.1m	ソースが 表示される
② Google Earth	web ブラウザ	衛星画像	DSMと DEM混在	1m	不明
③ xy座標は②で取得 標高値は①で取得	web ブラウザ	衛星画像	使用せず	使用せず	ソースが 表示される
④ LPのグリッドデータ	QGIS	オルソフォト	DEM	0.1m	LP
⑤ 砂防基盤図のTINデータ	QGIS	オルソフォト	DEM	0.1m	TIN内挿

※緑ハッチング箇所：他の手法と特徴が異なる箇所

政機関保有データである。参考として実測の GCP を使用して作成した地形モデルの地盤高精度評価結果も示す①地理院地図は標高データソースの違い (DEM10B と DEM5A) により精度が異なるため、区別して評価した。

①：地理院地図の標高データソースが 5A の場合は精度が高く、較差の平均値が -0.26m であった。一方で標高データソースが 10B の場合は較差の平均値が -10m 以上生じている。

②・③：較差の平均値が±2m 前後生じており、精度はやや低い。

④：較差の平均値は -0.2m 程度と精度が高く、地理院地図の標高データソースが 5A の場合と同等である。

⑤：A グループの②・③と同程度の精度である。

なお、現地で GCP 測量を行った場合は-0.07m 程度である。

3.2 代替 GCP の座標取得先別の優先順位検討 3.1 及び入手・作成の容易性を踏まえて、表 - 4 に代替 GCP の座標取得先別の優先順位を整理した。

①：地理院地図の標高データソースが 5A の場合は精度も高く、web ブラウザ上で座標の取得が可能のため、入手の容易性を踏まえても最適手法である。

④：①の精度と概ね同等である。しかし、B グループは行政機関保有データであるため、オープンソースの A グループと比較して入手の容易性に劣る。また、A グループと異なり、GIS 等を用いて入手したデータの変換の必要があるため、作成の容易性にも劣るため優先順位を 2 位とする。

②：②及び③の精度は概ね同等であるため、③と比較して作成が容易な Google Earth を、優先順位を 3 位とする。

3.3 代替 GCP の設置点数別の地盤高精度 代替 GCP の座標入手先を地理院地図とし、茅野市において代替 GCP の点数を 3・4・5・10 点に変えた場合の地盤高精度評価結果を図 - 4 に示す。3 点と 4 点を比較すると精度は同等である。4 点と 5 点を比較すると 5 点のほうが較差の平均値が 0.3m 程度小さく、精度が良くなる。5 点と 10 点を比較すると精度は同等である。これより、代替 GCP の点数は 5 点の場合が最も精度が高くなり、それ以上点数を増やした場合でも必ずしも精度が上がらない。その要因としては現地の特徴点が少なくなり、6 点以上で地理院地図上での代替 GCP の座標の標定精度が低下したためと考える。

4. 結論

代替 GCP の座標取得先の優先順位としては地盤高精度及び入手・作成の容易性から、地理院地図を最適手法とした。ただし、地理院地図の標高データソースが 5A 以外である場合には作成する地形モデルの精度が低下する。しかし、2024 年 3 月時点で国土数値情報にある土砂災害警戒区域 (急傾斜、土石流、地すべり) の面積の内、5A が整備されている面積は約 9 割程度であるため、整備率の面でも地理院地図の利用は最適手法として妥当である。代替 GCP の点数は 5 点配置することが望ましいが、位置の特定が難しい箇所を代替 GCP として無理に 5 点目を追加すると精度が低下する可能性があるため、その場合の配置点数は 4 点とする。

5. おわりに

発災後早期かつ一定の精度で堆積土砂量を算出するためには、UAV 動画の活用等による迅速な地形モデル作成手法の開発についても今後の課題である。また、代替 GCP を用いることで一定の精度での地形モデルの作成が可能であることが判明したが、現地で GCP 測量を実施する場合と比較すると精度が劣る。その為、可能であれば現地で GCP 測量を実施することが望ましいので、迅速かつ簡易的に GCP 測量を実施する方法の開発も課題である。

【引用文献】1)有間ら(2022)砂防学会研究発表概要集, 2022, R2-20 2)有間ら(2023) 砂防学会研究発表概要集, 2023, R10-17

表-3 調査箇所別の代替 GCP 諸元一覧

		長野県茅野市 下馬沢川	福岡県八女市 矢部村	静岡県磐田市 神増地区
代替GCP位置情報 の入手方法	① 地理院地図	5A	10B	5A
	② Google Earth	DEM	DEM	DSM
	③ xy座標は②で取得 標高値は①で取得	②と同じ ①と同じ		
	④ LPのグリッドデータ	あり	なし	あり
	⑤ 砂防基盤図のTINデータ	あり	あり	あり

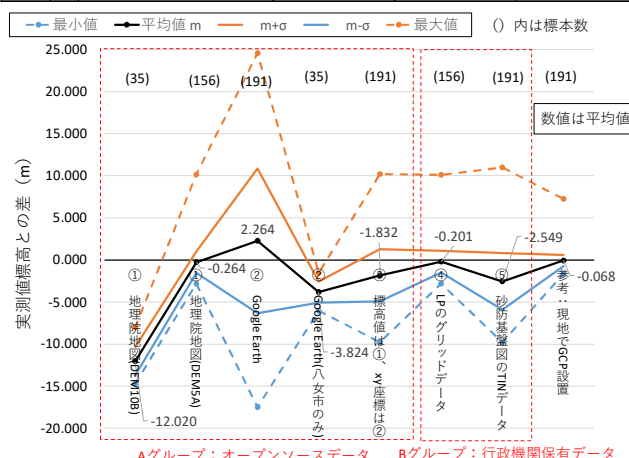


図-3 座標取得先別の地盤高精度評価結果

表-4 代替 GCP 座標取得先の優先順位

被災後地形モデル	評価		優先 順位
	精度 (較差の平均値)	入手・作成 の容易性	
① 地理院地図 (DEM5A)	○ (-0.26m)	○	1
① 地理院地図 (DEM10B)	×	○	-
② Google Earth	△ (2.26m)	○	3
③ xy座標は②、標高値は①	△ (-3.82m)	○	-
④ LPのグリッドデータ	○ (-0.20m)	△	2
⑤ 砂防基盤図のTINデータ	△ (-2.55m)	△	-

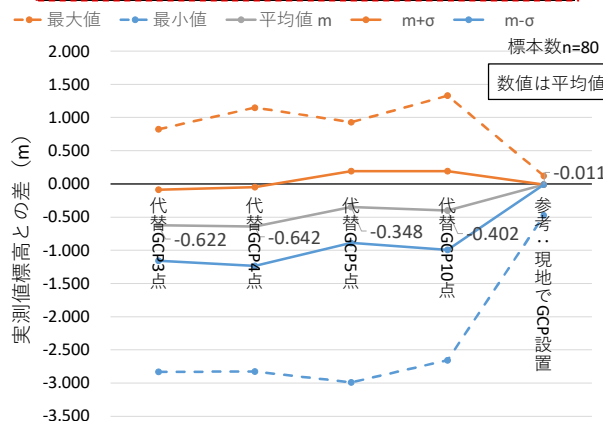


図-4 代替 GCP 点数別の地盤高精度評価結果