

UAV を用いた土砂堆積深の把握に災害前後の地形モデルの精度が及ぼす影響

株式会社オリエンタルコンサルタンツ ○有間航・平川泰之・秋山怜子・矢渡岳・光永海斗・井口慧
国土交通省国土技術政策総合研究所 中谷洋明・瀧口茂隆・三浦俊介

1. はじめに

土砂災害発生後に土砂堆積深分布を迅速に把握する事は、その後の防災活動や、土砂災害対策を進める上での基礎データ蓄積の面で重要である。近年、被災後に UAV による地形計測が行われる機会が多くなり、被災前の地形モデルが別途得られれば堆積深の算出が可能となるが、そのようにして得られる堆積深が実際の土砂堆積深に対して十分な精度を持つかは明確にされていない。そこで本研究では、がけ崩れによる土砂堆積深把握に被災前後の地形モデル精度が及ぼす影響を把握することを目的として、被災前後の地形モデルを作成し、その地盤高及びそこから算出される土砂堆積深について、現地計測値と比較することにより精度を検証した。

2. 調査方法

2.1 調査箇所 調査箇所は、表-1に示す3箇所であり、茅野市の土砂災害の種類は土石流であり土砂堆積面積が広いが、他2箇所は同規模程度のがけ崩れである。堆積域外の地盤高の計測意図は、被災前後で変化のない箇所での地盤高と被災前地形モデルの地盤高を比較することで、被災前地形モデルの精度を検証するためである。

2.2 計測方法 現地調査および地形モデルによる、地盤高と堆積深の計測方法は次のとおりである。(1)現地計測：各調査箇所にて30又は60箇所の堆積深を0.1m単位で調査した。また、ネットワーク型RTK-GPS測量により地盤高を計測した。以下、これを実測という。(2)被災後地盤高の計測：UAVレーザ測量及びUAV写真点群測量を実施し、被災後地形モデルを作成し、堆積深計測点における標高値を抽出した。(3)被災前地盤高の計測：既存資料より被災前地形モデルを作成し、堆積深計測点における標高値を抽出した。既存資料は調査箇所により異なり、調査箇所ごとの地形モデル及びデータ入手先は表-2の通りである。(4)土砂堆積深の算出：上記(2)(3)で得られた被災前後の地盤高の差を、本研究における土砂堆積深の推定結果とした。

2.3 精度評価方法 実測により得られた地盤高、土砂堆積深を正として、被災前後の地形モデルによる地盤高・堆積深と比較して精度評価を行った。精度指標としての較差を次のように定義する。較差は0に近いほど精度が良い。

較差=推定値-実測値 ※「値」とは地盤高または土砂堆積深を指す。

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のほか、RMS (Root Mean Square=二乗平均平方)を使用した。RMS式を右に示す。式： $RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)^2}$ n：標本点の数、 x_i ：実測点ごとの較差

3. 結果及び考察

3.1 堆積深の算出精度 算出した堆積深と実測堆積深の較差の各指標値を図-1に示す。被災後地形モデルとしてUAVレーザ測量を用いた場合を左半分に、UAV写真点群測量を用いた場合を右半分に示している。また左右それぞれの中では、被災前地形モデルの種類の違いを示している。この図より、被災前地形モデルの種類によって較差がかなり異なる一方、被災後地形モデルの種類によって較差はあまり大きく変わらない(左右のグラフ形状が酷似している)ことがわかる。すなわち、較差は主に被災前地形モデルの種類に依存していると言える。

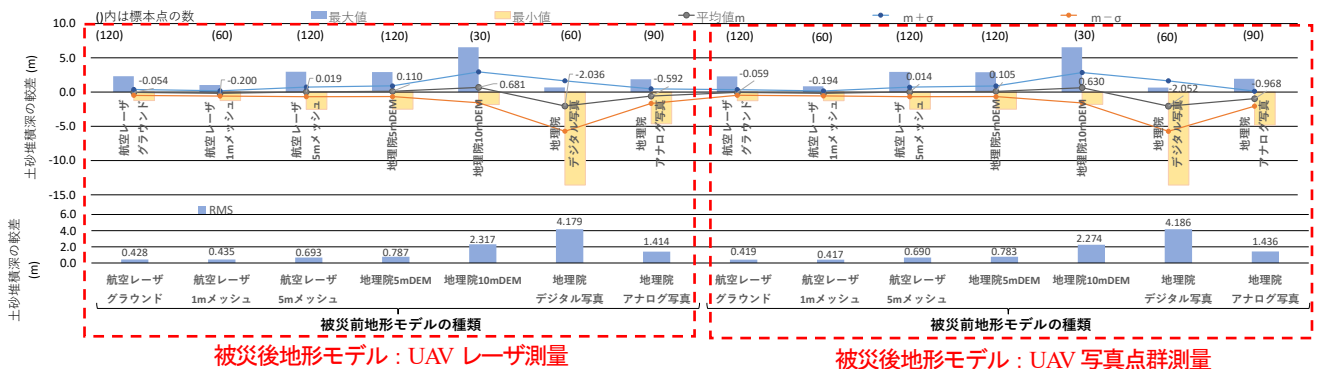


図-1 被災前後地形モデルの組合せによる堆積深算出結果の較差 (3箇所統合)

表-1 調査箇所概要

調査箇所	福岡県 八女市矢部村	長野県 茅野市下馬沢川	千葉県 南房総市荒川
土砂災害の種類	がけ崩れ	土石流	がけ崩れ
土砂堆積面積 [※] (m ²)	1,506	23,721	1,307
計測点数	堆積深計測点(箇所)	30	60
	標定点等(箇所)	3	10
	最大土砂堆積深(m)	2.4	1.5
	堆積域外の地盤高計測点	5	20

※被災直後、土砂の一部は撤去されていたため、調査時の土砂堆積面積を指す。

表-2 被災前の地形モデル一覧

データ種類	本論における略称	八女市	茅野市	南房総市	データ入手先
1 航空レーザ測量 グラウンドデータ	航空レーザグラウンド		○	○	国土地理院 (貸与)
2 航空レーザ測量 グリッドデータ(1m)	航空レーザ1mメッシュ		○		
3 航空レーザ測量 グリッドデータ(5m)	航空レーザ5mメッシュ		○	○	
4 地盤地図情報数値標高モデル5mメッシュ(5A)	地理院5mDEM		○	○	国土地理院 地盤地図情報 サイト
5 地盤地図情報数値標高モデル10mメッシュ(10B)	地理院10mDEM	○			
6 国土地理院デジタル空中写真からの写真点群測量	地理院デジタル写真			○	副日本地図 センター
7 国土地理院アナログ空中写真からの写真点群測量	地理院アナログ写真	○	○		

3.2 被災後の地形モデル精度 被災後地形モデルの地盤高の較差を図-2に示す。UAV レーザ測量と UAV 写真点群測量の較差の平均値はそれぞれ、0.1cmと1.3cmであり、RMSはどちらも10cm以下である。土砂堆積深の把握には十分な精度である。

3.3 被災前の地形モデル精度 被災前地形モデルの実測地盤高との較差を図-3に示す。図中のA～Cグループは地形モデル作成方法によってグループ分けしたもので、Aグループは航空レーザ測量によるもの、Bグループは空中写真からの写真点群測量によるもの、Cグループは地形図の等高線から作成されたものである。ここでB・Cグループについては、地盤高の較差と近似していると考えて土砂堆積深の較差を示している。この理由を以下に記す。

当初B・Cグループの被災前地形モデルについて、土砂堆積域外における地盤高の実測値との較差を算出したところ、RMSで1~5m程度となった。しかしこの較差は道路上等の上空が開けた平坦地での値であり、土砂堆積域内では樹木や地盤傾斜の影響でさらに精度が悪くなる可能性がある(図-4)。一方、3.2で示したように被災「後」地形モデルの較差はRMSで10cm程度であるため、3.1で示したように土砂堆積深の較差が数mオーダーであるならば、その較差の大部分が被災前モデルの較差に起因すると考えられる。そこでB・Cグループについては較差が過小評価にならないよう、より悪条件と考えられる土砂堆積域内で較差を評価するため、近似的に「実測地盤高の較差」を「土砂堆積深の較差」に置き換えて、図-3に示した。分類したA~Cの3グループについて、以下のことが言える。

- A: 較差は、平均値で7cm以下、RMSで30cm以下であり、バラツキも小さい。土砂堆積深の把握には十分な精度である。
- B: 較差のRMSは地理院デジタル写真で4.2m、地理院アナログ写真で1.4mとなった。一般的にデジタル写真のほうがアナログ写真よりも点群の数が多く高精度な成果が得られると期待されるが、図-3ではアナログ写真の較差のほうが小さい結果となった。これは樹木等の現地条件の違いの影響を受けている。しかしいずれにしても較差のRMSは1m以上で、樹木下では10m以上の較差が生じているため、正確な土砂堆積深の把握は困難である。
- C: 較差の平均値は0.7m程度、最大値は6m以上あり、RMSでは2.3m程度の較差が生じており、Bグループと同様に、正確な土砂堆積深の把握は困難である。

4. おわりに 被災後の地形モデルはUAVレーザ測量、UAV写真点群測量のいずれも遜色なく、土砂堆積深計測には十分な精度を有していた。一方で、被災前地形モデルは種類により精度は大きく異なる。地理院5mDEMは航空レーザグラウンドと比べてもほとんど遜色ない精度であり、入手の容易性を考慮すれば極めて有用である。2021年8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)の面積のうち、地理院5mDEMが整備されている面積は約8割程度で

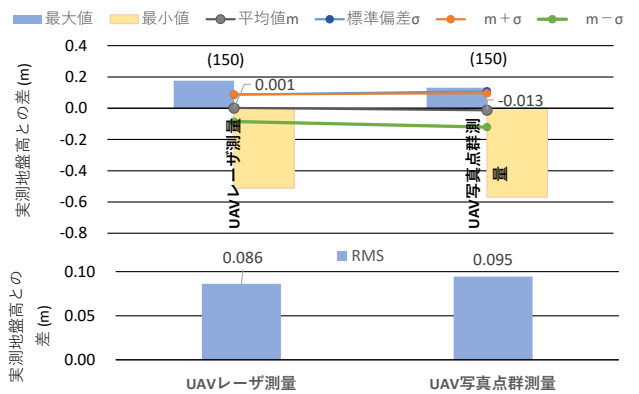


図-2 被災後地形モデルの地盤高の較差 (3箇所統合)

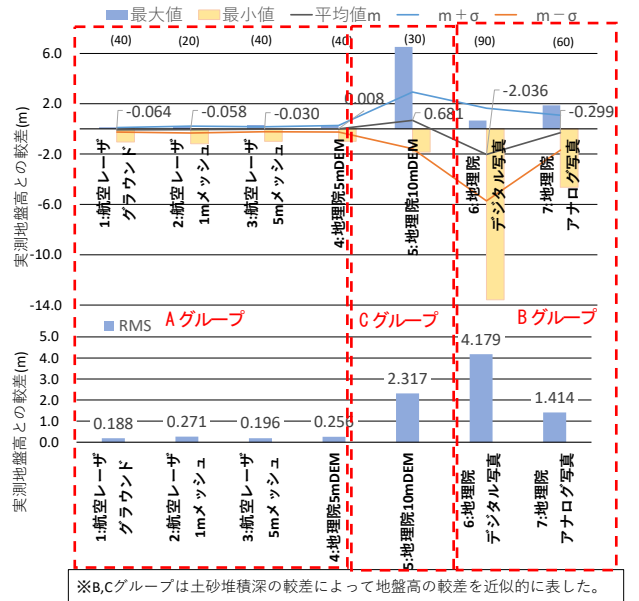


図-3 被災前地形モデルの地盤高の較差 (3箇所統合)
※ただし、B、Cグループは土砂堆積深の較差で近似

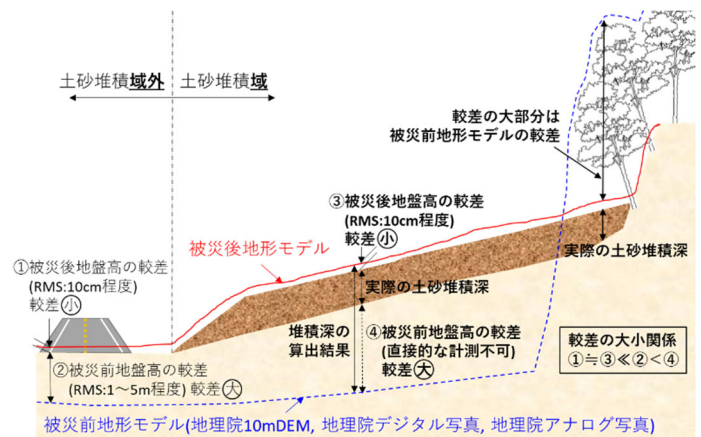


図-4 土砂堆積域と土砂堆積域外の比較イメージ

あるため、整備率からも地理院5mDEMは有効である。被災前地形モデルが地理院10mDEM、地理院デジタル写真、地理院アナログ写真では、今回の調査結果からは、正確な土砂堆積深の把握は困難な結果となった。既存の航空レーザ計測や地理院5mDEMがない場合に、どのような被災前地形モデルを用いるかは、今後の課題である。