



無人航空機を用いた高精度な地形測量により 山地源流域の土砂量を計測する

森林防災研究領域: 経隆 悠 東京大学: 堀田 紀文 北海道大学: 早川 裕弐 静岡大学: 今泉 文寿

山 地源流域で発生した土石流は、下流で被害を生じさせる危険があります。土石流の規模の推定には、材料となる土砂の量の把握が重要です。しかし、アプローチが難しい山地源流域では、土砂量の計測が困難でした。本研究では、無人航空機(UAV、ドローン)を使って撮影した画像から土砂量を高精度に計測する際の問題点を調べました。その結果、土砂量の計測における誤差の原因が、地形の測定誤差ではなく、測量結果全体の基準面からの傾き具合の違いであることが分かりました。この結果は、測量結果の傾きを調整することで、ドローンを用いて山地源流域の土砂量の変動を高精度にモニタリングできることを意味しており、今後の山間部での土石流対策に活用できます。

成果

ドローンを山地源流域の土砂量の計測に利用できる

山地源流域では、岩盤の風化等により、谷底に土砂が貯まります(図1)。これらの土砂は、豪雨によって侵食され、土石流に発達して流下し、下流の住民や構造物に被害を及ぼす危険があります。土石流の規模は、材料となる土砂の量によって変化するため、山地源流域の土砂量の把握が防災上重要です。しかし、山地源流域は地形が急峻であるため、アプローチが困難で現地での測量には危険が伴います。

アプローチの問題の解決手段として、ドローンを用いた空撮が注目されています。近年、ドローンで撮影した画像を用いた写真測量によって、立体的な形状を精度良く測定できることが分かってきました。この技術は、山地源流域の地形測量にも応用できる可能性があり、これまでの土砂量の把握における課題の解決が期待できます。しかし、山地源流域の複雑な地形をどの程度の精度で測量できるのかは、よく分かっていませんでした。

ドローンの測量結果の傾きを調整すれば土砂量を高精度に計測できる

そこで、山地源流域におけるドローンを用いた写真測量の精度を検証しました。地上レーザー測量は、大きく重い機材が必要となるため、山地源流域の高頻度な測量には適しませんが、誤差数センチメートルという高い精度で地形を測量できます。この地上レーザー測量結果と比較することで、ドローンを用いた写真測量の精度を詳しく調べました(図2)。ドローンと地上レーザーで測量した標高の差は、地形が複雑であっても多くの地点で高さ±10 cm以内に収まりました。しかし、よく見ると谷の右岸側においてドローンで測量した標高の方が地上レーザーで測量した標高よりも低い領域が存在し(図2b)、土砂量に換算して100 m³程度の誤差となることが分かりました(図3)。この誤差は、土石流による土砂の変化量に比べると小さいものの、複数時期で積算すると大きくなり、土砂量の計測精度の低下の原因となります。

立体的な形状が正確に測定できていても、測量結果全体が傾いていると、誤差が大きい領域が発生してしまいます。これが一部の領域でドローンによって測量した標高が地上

レーザーで測量した標高よりも低くなった原因と考えられました。そこで、露出した岩盤等の基準面において、ドローンの測量結果が地上レーザー測量結果と比べて、どの程度傾いているのかを調べました。そして基準面が一致するように、ドローン測量結果の傾きを調整したところ、右岸側の誤差が低下し(図2c)、土砂量としての誤差が6.9 m³まで軽減されました(図3)。この結果は、ドローンによって複雑な地形の形状自体は高精度に測量できており、誤差の主な原因は測量結果同士の傾き具合の違いにあることを意味します。つまり、地上レーザー測量を行わなくとも、多時期のドローンの測量結果同士で、ある基準面における傾き具合を調整することで、高精度に土砂量の変化を計測できます。

土石流の危険の予測に向けて

土砂量の変動の速度は、豪雨の頻度などの気象条件に応じて複雑に変化し、その結果としてその後発生する土石流の規模も変化します。得られた成果は、ドローンを用いた高頻度な地形測量により、土砂量の変動が高精度にモニタリングできることを意味し、土石流の規模の予測精度の向上に活用できます。

研究資金と課題

本研究は科研費(16J02197)「土石流の数値シミュレーションと現地観測に基づいた土砂流出量の長期推定モデルの開発」、(18J01961)「土石流扇状地からの土砂と流木の流出プロセスの解明と流出量推定手法の開発」、(25702014)「地上レーザースキャンによる高精細地形解析プロトコルの確立と研究拠点の形成」による成果です。

文献および参照サイト

Tsunetaka, H. et al. (2020) Spatial accuracy assessment of unmanned aerial vehicle-based structures from motion multi-view stereo photogrammetry for geomorphic observations in initiation zones of debris flows, Ohya landslide, Japan. Progress in Earth and Planetary Science, 7, 24.

専門用語

地上レーザー測量: 地上レーザースキャナを用いた測量手法のことで、複雑な地形を5 cm以下の誤差で10 cm以下の高い解像度で計測できます。ただし、レーザースキャナは重く運搬が難しいため、広域の測量や高頻度な測量には不向きです。



図1 山地源流域の谷地形の様子

山地源流域には、岩盤が露出し非常に急峻な谷地形が形成されている場所があります。こうした谷では岩盤の風化によって生じた土砂が谷底に貯まるため、谷底の地表面が上昇します。貯まった土砂はその後の土石流によって侵食され、その際には谷底の地表面は低下します。こうして谷底の土砂量が変化します。

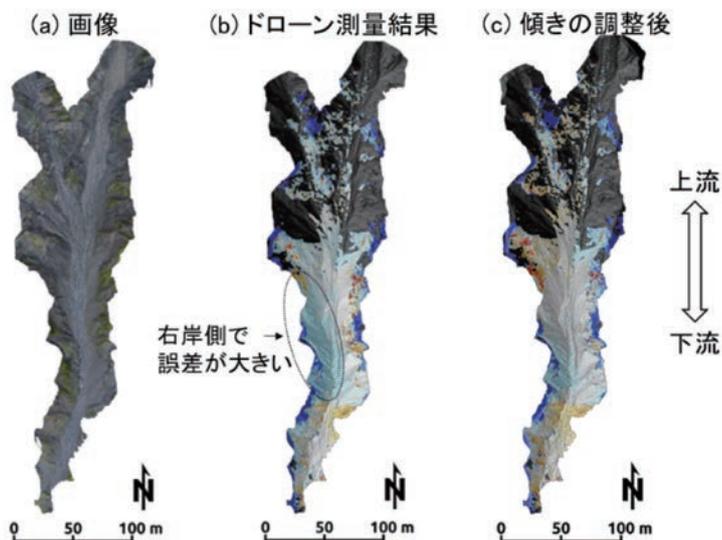


図2 谷周辺の地形の計測誤差

地上レーザー測量結果からドローン測量結果を差し引いた地表面の差を示します。ドローンで測量した標高が地上レーザーで測量した標高よりも高い領域と低い領域が、それぞれ黄色と青色で示されています。標高差が±10 cm未満の誤差の小さな領域は灰色で示されています。ドローン測量結果の傾きを調整することで、右岸側で大きかった誤差を、±10 cm未満に低減できました。

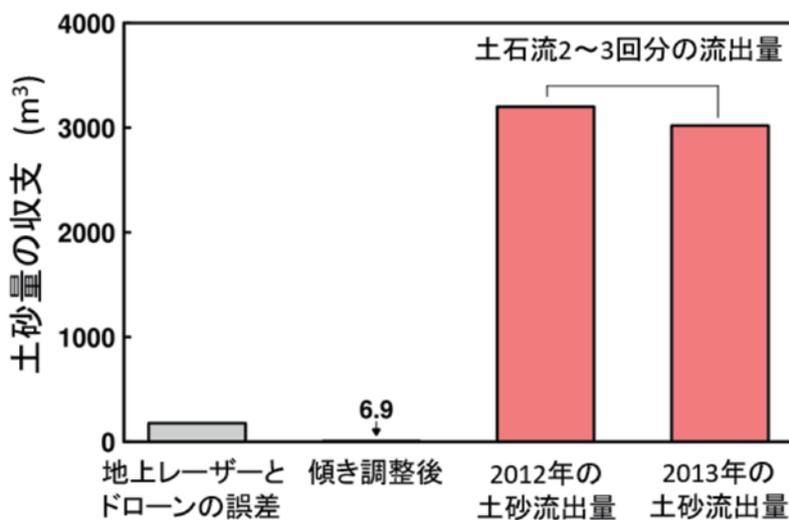


図3 土砂量の収支としての誤差

図2で示した誤差を土砂量(体積)に換算した場合、正負の誤差の偏りによって100 m³程度の誤差が生じますが、傾きを調整することで誤差を6.9 m³まで低減させることができました。(Tsunetaka他, 2020に加筆)