

高密度レーザー計測と有人機計測による土砂移動把握の比較と適用

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○ 榎木敏仁, 小林拓也
中日本航空(株) 皆木美宣, 水野洋平

1 はじめに

近年, 無人航空機(以下「UAV (Unmanned Air Vehicle)」)が急速に普及してきている。また, レーザー計測装置の小型化も進んでおり, 比較的大型の UAV であれば小型のレーザー計測装置を積載できるため, UAV による航空レーザー計測が可能である¹⁾。

本研究では, UAV に小型レーザースキャナを搭載した航空レーザー計測システム(以下「UAV 計測」)を利用し, 災害後などで人の立ち入りが危険な場所の地形データの取得や, 微地形・微細な土砂移動現象を把握することを目的としている。平成 27 年度²⁾は, UAV 計測によりリル・ガリ侵食などの微細な土砂移動現象やオーバーハング等の急峻地形, 樹木や砂防施設等の形状の把握が可能であることを確認した。平成 28 年度³⁾は紀伊山地の赤谷をフィールドとして一降雨による土砂移動の把握を試み, 小規模な地形変化が生じた箇所, 変動量の把握が可能であることを確認した。

今年度は同日に有人機計測と UAV 計測を実施し, 同エリアの過年度の有人機計測データとの比較を行うことで, プラットフォーム(有人機・無人機)や画像データによる違いからそれぞれの適用について検討した。

2 研究方法

2.1 研究対象地区

研究対象地区は平成 28 年度と同様に, 奈良県五條市に位置する赤谷とした。

2.2 計測日及び計測諸元

UAV 及び有人機による計測は平成 29 年 9 月 4 日に実施した。UAV は 3 フライト, 有人機は 1 フライト実施した。また, 過年度データの計測月日は, 有人機計測データが平成 23 年 9 月 6 日, UAV 計測データが平成 28 年 9 月 22 日である。なお, 有人機計測日は深層崩壊が発生した直後である。表

1 には有人機及び UAV 計測諸元を示し, 表 2 には画像データ計測諸元をそれぞれ示す。小型撮影機は PHANTOM4 PRO を使用し簡易的な正射投影画像作成及び Structure from Motion(以下:「SfM」)による三次元形状復元に使用した。

表 1 有人機及び UAV 計測諸元

| 項目 | 単位 | 有人機計画値 | UAV計画値 |
|---------|------|-------------|----------------|
| レーザ発射回数 | 測定/秒 | 30万(300kHz) | 50万(500kHz) |
| スキャン角度 | ° | ±30 | 45 |
| 飛行速度 | km/h | 100 | 15~20 |
| 対地高度 | m | 400 | 150(771ト1 2) |
| | | | 50 100 (771ト3) |
| 計測点間隔 | m | 0.26 | 約0.1以下 |

表 2 画像データ計測諸元

| 諸元 | 性能値 |
|---------|------------------------|
| 小型撮影機 | PHANTOM4 PRO (DJI製) |
| 有効画素数 | 2000万画素 |
| シャッター速度 | 1/8,000 ~ 8秒 |
| ISO感度 | 100 ~ 3,200 |

3 計測結果及び考察

表 3 にプラットフォームの違いによる差分解析結果を示す。いずれも平成 23 年 9 月 6 日に計測した有人機計測データ(グリッドサイズ 0.5m)との差分である。赤谷における深層崩壊発生直後から約 6 年間の土砂変動量は約 175 万 m³であり, これは降雨等による侵食や対策工事による排土, 盛土等が含まれた量である。

Case A, B の有人機と UAV のプラットフォームの違いでは, 差分解析結果に 14,000 m³の差異がある結果となった。この理由として, UAV 計測データが高密度なため, 内挿補間の精度が向上したことが考えられる。

一方, Case B, C のグリッドサイズの違いでは大きな違いは出ていない。これはグリッドデータを作成する際の内挿補間が高精度に行われるため, グリッドごとの標高値の信頼性が高いことが考え

られる。UAV レーザーデータの高密度なデータであれば、グリッドサイズを大きくしても高精度な差分解析ができる可能性が高く、様々なグリッドサイズのデータを作成することができるため、過年度データが有人機レーザーで整備されている場合においても UAV レーザーで計測する利点がある。

Case A, D の SfM にて作成した三次元データで差分解析では、他の Case と比較して全く異なる結果となった。これは SfM を使用した際に樹木などの植生部分は、地表面を捉えることが出来ないため、差分を正確に算出することが出来ないことに起因している。図 1 に SfM を使用した差分解析画像と有人機計測の差分解析画像の比較を示す。対象範囲が裸地のみの場合には植生の影響を受けないが、対象範囲に植生と裸地が混在している場合は差分解析結果に影響を与える。GCP 等が取得できず作成された三次元データの場合も同様に、水平位置精度が著しく低いため、差分解析結果の信頼性に影響を与えると考えられる。

表 3 プラットフォームの違いによる差分結果

| case | 使用機 | グリッド (m) | 堆砂量 (m ³) | 侵食量 (m ³) | 収支 (m ³) |
|-----------|-----------|----------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| A | 有人機 | 0.5 | 376,058 | 2,112,588 | -1,736,530 |
| B | UAV(レーザー) | 0.5 | 373,275 | 2,124,130 | -1,750,855 |
| C | UAV(レーザー) | 0.1 | 373,187 | 2,123,980 | -1,750,793 |
| D | UAV(SfM) | 0.5 | 1,547,777 | 1,901,901 | -354,124 |
| 較差(A - B) | | | 2,783 | -11,542 | 14,325 |
| 較差(A - C) | | | 2,871 | -11,392 | 14,263 |
| 較差(A - D) | | | -1,171,719 | 210,687 | -1,382,406 |

図 2 及び表 4 には同日計測したプラットフォームの違いによる差分結果を示す。プラットフォームや計測点密度が異なる場合に約 16,000 m³の差があることが分かる。このことから、Case A, B の差分結果に 14,000 m³の差が現れたことは、プラットフォームや計測点密度の違いによる影響が高いと考えられる。図 2 に示すように、特にガリや滞筋等の微細な地形において差が見られた。差分解析を実施する際は、同じグリッドサイズで差分解析を実施しても、計測点密度に大きな違いがある場合、結果に違いが出ることを理解し使用する必要がある。

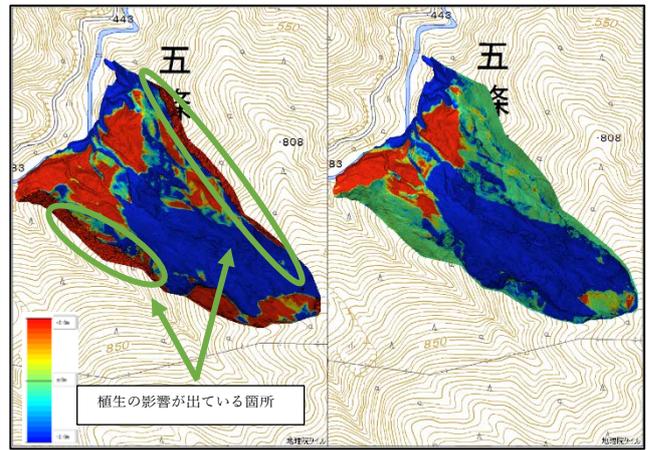


図 1 SfM を使用した差分解析画像 (左) と有人機計測の差分解析画像 (右) の比較

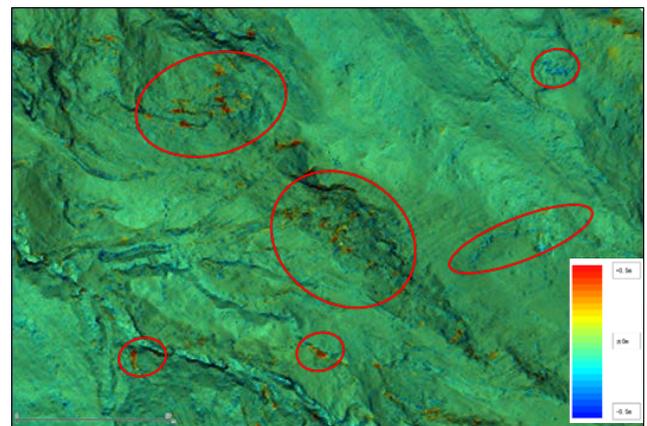


図 2 UAV 計測と有人機計測の差分図 (同日計測)

表 4 同日計測したプラットフォームの違いによる差分結果

| H29UAV グリッドサイズ (m) | H29有人機 グリッドサイズ (m) | 堆砂量 (m ³) | 侵食量 (m ³) | 収支 (m ³) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0.5 | 0.5 | 6,916 | 23,564 | -16,648 |

参考文献

- 1)高橋 弘:超小型モバイルレーザ計測装置の UAV への適用, 先端測量技術 107 号, p.102-114, 2015
- 2)皆木ら:無人航空機 (UAV) レーザ計測システム (TOKI) を用いた新たな調査ツールとしての考察, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, p.2-093-094,2016
- 3)小林ら:高密度・高精度レーザー計測に基づく短期間の土砂移動現象の把握, 平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集, p.730-731,2017