

UAV を活用した火山灰堆積厚さの計測手法の適用性

国土交通省九州地方整備局九州技術事務所 坂井 佑介, 山口 学, 平野 礼

日本工営株式会社 ○木佐 洋志, 田方 智, 川原 慎一郎, 小林 豊

1. はじめに

火山噴火に伴う降灰により、火山灰に厚く覆われた流域では、小規模な降雨でも土石流が発生しやすくなると言われている。そのため、降灰後に火山灰の堆積厚さを把握することは、土石流の発生の危険性を推定するうえでのひとつの判断材料になると考えられる。しかし、火山噴火時には上流域への現地踏査による調査は危険を伴ったり、火山噴火活動に伴う立入規制により現地踏査ができなかったりする場合がある。本稿では上記のような場合に UAV を活用して火山灰堆積厚さを計測する手法として、(1)現地に設置されたスケールを UAV 搭載カメラにより撮影し撮影写真内のスケールと堆積火山灰の目視により堆積厚を読み取る手法、(2)UAV により撮影した空中写真から三次元モデルを作成し堆積厚さを計測する手法の 2 つの手法の適用性の検討のための試験を行ったので報告する。

2. スケールを撮影して火山灰堆積厚さを計測する手法

2.1 試験内容

野外に複数の種類のスケールを鉛直に設置し、その周囲に火山灰を人工的に堆積させ、スケールからの距離を変えて UAV 搭載カメラにより火山灰堆積地のスケールを撮影した。撮影写真をパソコンに取り込み、画面上でスケール部分を拡大し、スケールの目盛りの視認性および火山灰堆積高さの読み取り可否を目視により確認した。実際の火山灰堆積斜面におけるスケールの見え方に近い条件となるようにスケールの背後に火山灰を貼り付けたパネルを傾けて設置した。スケールの種類は(a)1cm 間隔と 0.5cm 間隔の目盛りおよび 10cm 間隔で縦幅 5cm の数値表示がある標尺、(b)20cm 間隔の赤白ポール、(c)5cm 間隔の赤白ピンポール($\phi=6\text{mm}$)、(d)1cm 間隔の赤白パイプ($\phi=6\text{mm}$)を用いた。

UAV はマルチコプター (機種名: SPIDER) で、搭載したカメラは Sony のデジタル一眼レフカメラ $\alpha 7R$ (約 3640 万画素、35mm 換算で焦点距離 55mm) を使用した。標尺の目盛り表示面の正面で、火山灰堆積高さから 1.5m 程度高い位置で UAV をホバリングさせて写真撮影した。スケールからの距離は 10m, 20m, 30m, 40m, 50m の条件で行った (図-1 参照)。試験時の気象条件は晴天でスケールの目盛り表示面には日射が当たっていた。風速は平均で 1.6m, 最大瞬間風速 2.7m と弱かった²⁾。

2.2 試験結果および手法の適用性

UAV 搭載カメラにより撮影された写真の例を図-2に示す。試験結果として、例えば次のことが得られた。今回の試験で使用した UAV とカメラの組合せにおいて、1)距離が大き

くなるにつれ、スケールおよび火山灰堆積高さは読み取りにくくなる、または読み取り困難となった (図-2-(a'))。2)20m 以内の距離では標尺(a)の 1cm 間隔の目盛りを読み取ることができた (図-2-20m(a),(a'))。3)標尺(a)は目盛りのほか数字による高さ表示があることから、目盛りの見え方が不明瞭な場合でも堆積厚を推測しやすいと考えられた。4) 50m の距離からでも 5cm 間隔の赤白ピンポール(c)の目盛りを読み取ることができた (図-2-50m(c))。また、赤白ポール(b)は 50m の距離からでもスケールを明瞭に読み取ることができた (図-2-50m(b))。5)赤白のスケールのとくに赤色が背景色の灰色に対して明瞭に見えた。

UAV 搭載カメラによりスケールを撮影して火山灰堆積厚さを計測する手法の適用性として、今回の試験での UAV とカメラの組合せでは、5cm 間隔の赤白ピンポール(c)が設置されていれば 50m 程度の距離から撮影した写真より 5cm

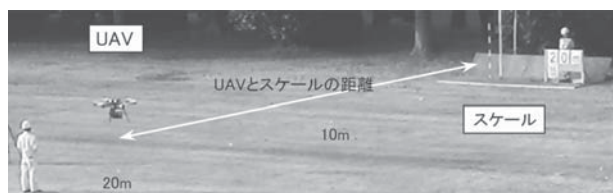


図-1 UAV によるスケールの撮影試験 (20m の例)

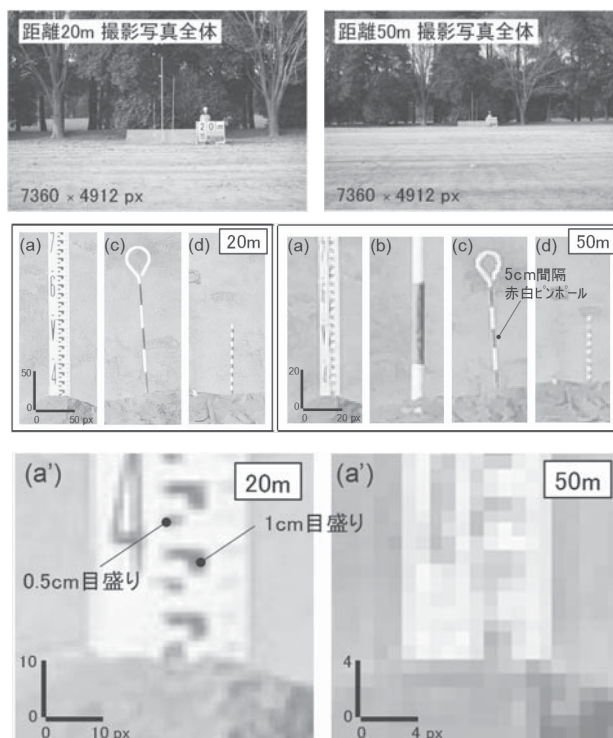


図-2 撮影写真の例 (20m および 50m)

以内の精度で火山灰堆積厚さを計測できる可能性がある。また、1cm 間隔の目盛がある標尺(a)が設置されていれば、20m 程度の距離から撮影した写真より 1cm 程度の精度で火山灰堆積厚さを計測できる可能性がある。ただし、実際の現場ではスケールに対し UAV が水平の位置からの撮影ではなく、俯角が大きい場合は一目盛りあたりの画素数が小さくなり、読み取りが難しくなる可能性がある。また、気象条件 (UAV の飛行, UAV からスケールまでの視界等) が計測に与える影響については今後の検討課題である。

3. 三次元モデルを作成し火山灰堆積厚さを計測する手法

3.1 試験内容

UAV 搭載カメラによる撮影写真から三次元地形モデルを作成し、火山灰堆積厚さを計測する手法は、基準高さとなる指標物や構造物等の既知の高さから火山灰堆積表面までの比高差を計測する方法、降灰前・後の高さの変化の差分による方法が想定される。本試験では、鉛直方向の高さが既知である評定点と火山灰の表面との比高差について実測と三次元データとの精度検証を実施した。

野外の平坦に近い土地に粒径が 0.85mm 以下の火山灰を接着剤により表面に貼り付けた 1 辺 4.5m 矩形の平板パネル (以下、火山灰パネル) を設置した。この火山灰堆積地を模した火山灰パネルの中央および四隅の外側に標定点となる基準杭(3cm 角柱の上面に 1 辺が 5cm の赤色の十字がある測量明示版を取付けたもの)を設置した(Case 1)。また、火山灰パネル全体の高さを Case 1 から鉛直方向に約 10cm、約 5cm、約 1cm、約 0.5cm 嵩上げして設置する条件 (順に Case 2, 3, 4, 5) を実施した。

UAV はマルチコプター (機種名: SPIDER) で、Sony のデジタル一眼レフカメラ α 7R (約 3640 万画素, 35mm 換算で焦点距離 35mm) とし、ジンバルを介して取り付けした。UAV の飛行高さは地表から約 10m とした(図-3)。撮影設定をオートフォーカスとして、火山灰パネルの全体において撮影写真が 5 枚以上重複するように垂直写真を撮影した。写真中の解像度は火山灰パネル表面で平均的に 1.3~1.5cm 程度であった。三次元解析ソフトウェアは Pix4D 社の Pix4Dmapper pro (version 2.0.100) を使用した。ソフトウェア上で各写真中の評定点 (基準杭) を同定し、現地測量により得た各評定点の座標を与えて解析した。

3.2 試験結果および手法の適用性

作成された三次元モデルの例として Case 2 (10cm 嵩上げ) を図-4 に示す。基準杭上端の評定点の鉛直高さの誤差は、全ての試験ケースの平均で 0.5cm 程度、最大で ± 3 cm 程度の実測値とのずれが認められた。Case 1 を基準とした火山灰パネル高さの変化で比較すると、図-5 に示すとおり Case 2 の 10cm 嵩上げ、Case 3 の 5cm 嵩上げの各ケースにおいて実際の高さより 1~1.5cm 程度小さい傾向があるものの、おおむねその変化が捉えられた。

UAV により撮影された写真から三次元地形を作成し、火山灰堆積厚さを計測する手法の適用可能性を検討した。そ

の結果、火山灰堆積地の高さは 1cm 程度の誤差は生じ得るが、5cm 程度の変化は計測が可能と推測された。ただし、使用する解析ソフトウェアや内部評定要素の与え方、カメラの性能、写真撮影の設定等により作成される三次元地形モデルの精度に違いが生じる³⁾と考えられ、計測精度については今後も十分に検討を進める必要がある。

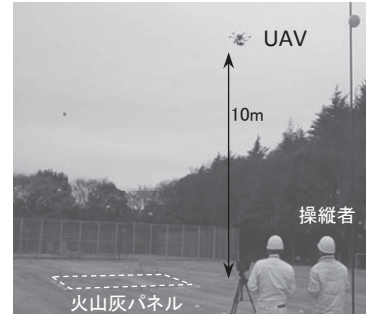


図-3 三次元モデルの作成による手法の試験状況



図-4 作成された三次元モデルの例(Case 2)

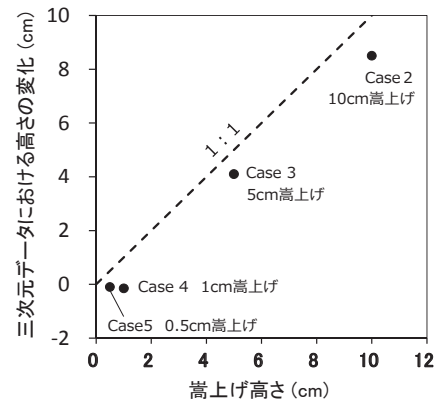


図-5 計測値と実測値の比較

4. おわりに

UAV を活用した火山灰堆積厚さを計測するための 2 つの手法の適用可能性を検討するための基礎的な試験を実施した。UAV による計測では立入規制範囲内の火山灰堆積厚さの計測に有効活用できる可能性があり、今後も実際の火山での計測等によりさらに知見の蓄積が必要と考えている。

<参考文献>

- 1) 池谷(1993), 雲仙・水無川の土石流発生機構について, 砂防学会誌, Vol.47, No.2, pp.15-21
- 2) 気象庁アメダスホームページ(つくば(館野) 2015/12/16)
- 3) 早坂ら(2015), UAV による空撮写真を用いた三次元モデリングソフトウェアの精度検証, 国土地理院時報, 第 127 集 (平成 27 年 12 月 28 日発行)