

UAV LiDAR による横ずれ断層の横ずれ量解析事例

中央開発株式会社 ○後藤 慧, 細矢 卓志, 斎藤 勝

1. はじめに

地形解析のための詳細地形データを取得する手段として、LiDAR 機器搭載 UAV を使用したレーザ測量の活用が期待されている。本手法は、上空から照射したレーザが植生をすり抜けることで地表面の点群データを取得でき、高密度の地形モデルを構築できるという利点を持つ。

活断層の調査では、近年、植生がある場所の地形判読にレーザープロファイラ（以下 LP）データが活用されるようになってきている。一方、UAV を用いたレーザ測量は、LP データより低高度で撮影するため、より細かな地形を判読できる可能性がある。本論では、横ずれ断層地形の詳細地形データの取得と変位量解析を目的として、UAV レーザ測量を実施した事例を報告する。

2. 調査概要

調査対象の活断層は、中部地方に分布する北北西-南南東方向に連続する断層で、平均変位速度や活動間隔、最新活動時期等が不明であった。この活断層の活動性評価のために、地表に断続的に分布する断層地形を手がかりとして、地形地質踏査やオールコアボーリング、地形測量等を用いた総合的な地質調査を行った（文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所, 2024）¹⁾。

地形測量の対象地は、浸食量がやや大きい一級河川本流の右岸側に発達した河成段丘と、その段丘面を支流河川が開析して生じた複数の谷が分布する地域である。これらの谷と周辺の尾根には、断層の横ずれ運動により形成されたと思われる系統的な屈曲地形が存在する（図-1）。対象地内の谷は空中写真や既存の公開 DEM データでは地形の判読が難しく、既往調査・研究における判読結果の検証・再解釈のために詳細な地形測量を実施する予定であった。しかし、トータルステーション等を用い

た現地測量を行う場合も、草木の繁茂による視界確保の難しさや、人工改変地を考慮する必要があるなど複数の課題があった。そのため、UAV レーザ測量を実施し詳細地形モデルを作成・評価し、測量範囲内の地形を包括的に捉えて解析を行った。

3. UAV レーザ測量手法

本調査で使用した UAV は Matrice 300 RTK であり、搭載した LiDAR モジュールは Zenmuse L1（いずれも DJI 社製）である。LiDAR モジュールの仕様を表-1 に示す。測量では解析用の地表点群データおよび現地状況確認用のオルソ画像（SfM 画像）を取得・作成することとした。飛行ミッションはジンバルの照射角度を変えたレーザ測量飛行 2 回と、LiDAR モジュール搭載 RGB カメラを使用した写真撮影飛行 1 回の計 3 回を行った。飛行計測の諸元を表-2 に示す。3 回のミッションを行うのにかかった飛行時間は合計で約 30 分であった。

点群データの処理には DJI 社製の DJI Terra および Blue Marble Geographics 社製の Global Mapper Pro を使用し、植生の点群除去およびグラウンド点群データ作成を行った。オルソ画像の作成には Agisoft 社製の Metashape Professional を使用した。

表-1 LiDAR モジュール (Zenmuse L1) の仕様

測定距離	450 m @ 反射率 80 %, 0 klx 190 m @ 反射率 10 %, 100 klx
計測点数	最大 480,000 点/秒
システム精度	水平 : 10 cm / 50 m 垂直 : 5 cm / 50 m
最大リターン	3
写真サイズ	5472 × 3648 (3:2)
カメラ焦点距離	8.8 mm / 24 mm (35mm 換算)

表-2 飛行計測諸元

区分	飛行高度 (m)	ジンバル角度 (°)	計測面積 (m ²)	点群密度 (点/m ²)	地上解像度 (cm/pixel)
LiDAR	80	-90	12745	574	1.64
LiDAR	80	-60	12745	574	1.64
連続写真	100	-90	12745	—	2.18

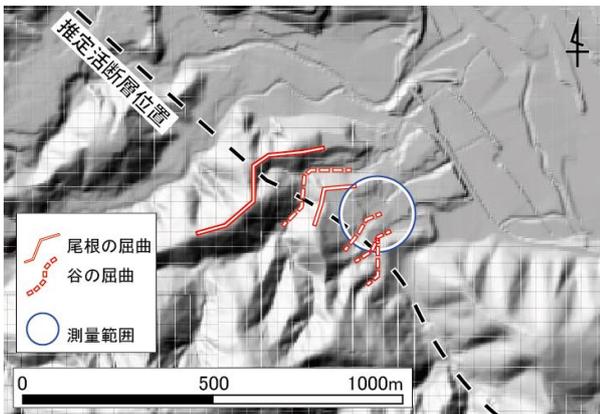


図-1 調査位置図²⁾

4. 測量結果

レーザ測量によって取得した点群データから0.1mメッシュの高精度数値標高モデル (DEM) を作成し、陰影段彩図や等高線図等の適切な地形表現図を作成して解析に使用した (図-2)。地形モデルからは、2つの谷が左横ずれ的に折れ曲がった形状を成し、図中の B 谷の前面に尾根が張り出して『閉塞丘』が形成されている様子が確認できた。また B 谷内および植生に覆われていた山地斜面の広範囲に、連続した階段状の地形が認められた。

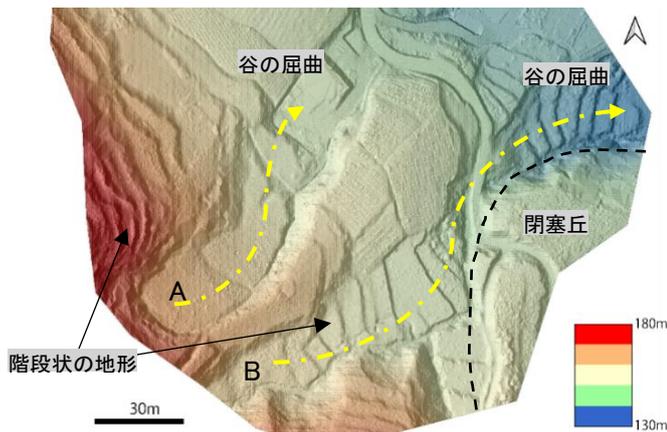


図-2 DEM を加工した地形表現図の例 (陰影段彩図)

5. 解析検討結果

(1) 土地利用状況

作成した地形モデルを基に、現地調査の結果とオルソ画像から判読される現地状況を踏まえ、土地利用図を作成した (図-3)。山地斜面を含む広範囲に認められる階段状の地形は放棄地を含む農地で、特に B 谷内の地形は面が水平に近いこと・谷に流水があり水はけの悪い土壌が堆積していたことなどから水田跡であると考えられる。B 谷内の水田は谷底のほぼ全域を占めており、谷底の低地をくまなく利用するように複雑に区分されて分布している。A 谷・B 谷を隔てる丘陵地部 (尾根部) は畑地として整備されており、尾根のずれ量の正確な値を判読することは困難であった。

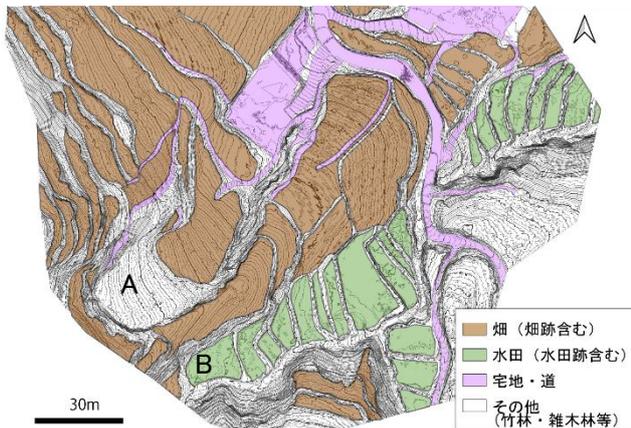


図-3 土地利用図

(2) 谷の屈曲形状に関する検討

今回の UAV レーザ測量で得た地形モデルでは、A 谷・B 谷の屈曲量が異なり、B 谷より A 谷の屈曲量が少なく判読される。しかし A 谷は馬蹄形をなす上端部や、北壁面側に階段状地形の不連続が見られることなどから、崩壊地形である可能性が高いと判断した (図-4)。北壁面の張り出しは崩壊土砂によるものと考えられることから、A 谷は断層運動による変位量の判読には適切でないと判断した。

一方で B 谷は流水の存在する浸食谷であり、閉塞丘の張り出しによって河道が流向を変えていることから、B 谷の屈曲形状は断層運動による横ずれ変位量の判読に適していると判断した。B 谷の北壁面側は宅地や農地としての改変が見られるが、閉塞丘の発達する南側壁面は上流から下流にかけて谷壁の追跡が可能である。歩道を境界に南側壁面の伸長方向をそれぞれ直線化すると、谷壁の左横ずれ変位量は約 35m であると解釈できる (図-4)。

以上のことから、詳細地形モデルを作成することにより、谷の屈曲量や、断層運動の方向について明らかにすることができた。

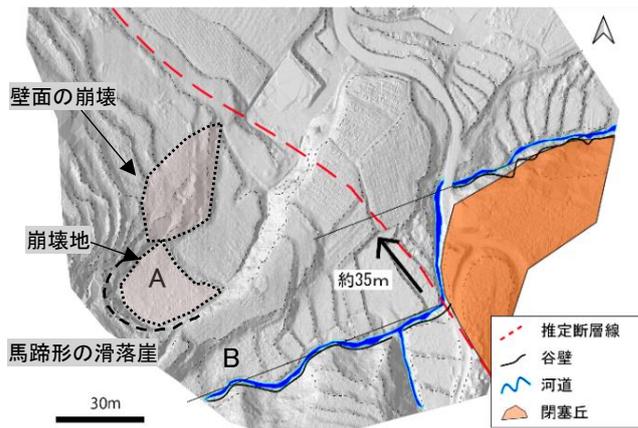


図-4 谷の屈曲形状と変位量の解釈

6. まとめ

LiDAR 搭載 UAV を使用したレーザ測量により、植生があり地形が複雑で判読が難しかった山間部の断層変位地形を捉え、地形の解釈や活動性の評価に役立てることができた。UAV レーザ測量は、調査地に山林を含む場合にも詳細な地形を把握することができ、活断層調査のほか、斜面調査や災害調査などで今後も様々な応用が期待される。

《引用・参考文献》

- 1) 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所 (2024) 活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証 令和5年度 成果報告書
- 2) 国土地理院地図 (陰影起伏図) に加筆,
<https://maps.gsi.go.jp/> (最終閲覧日 2024/5/20) .