

UAV レーザデータを活用した微地形表現図による落石発生源の抽出事例

西部技術コンサルタント(株) ○佐多 美香、田邊 信男、光延 和倫、水野 正行

1. はじめに

道路防災点検では、落石を含めた災害発生要因とそれに対応する対策工の効果など総合的に評価する安定度調査と称される道路防災点検が実施されている。

この道路防災点検では、危険箇所を抽出するにあたり、地形図や空中写真等により災害要因を判読した上で、現地調査を行い、安定度調査表に基づき落石の安定度が評価される。この一連の安定度調査箇所の選定には、専門技術者等による現地での目視点検が行われるのが基本であるが、森林基本図(5000分の1)等の地形図を用いて安定度調査箇所が絞り込まれる。¹⁾

この安定度調査を行う際の森林基本図では、落石発生源(急崖、転石)が表現されていない精度の低い図面が使用されているため、落石発生源の位置把握が難しく、抽出漏れにより安定度調査が実施されない可能性があることが防災管理上の問題としてあげられる。このように、落石発生源の位置精度不良や抽出漏れを解消するには、高精度の図面が必要である。²⁾³⁾

そこで、本研究では、近年活用が進む小型無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle、以下 UAV)により収集した LP データを利用して微地形表現図を作成し、落石発生源の机上抽出を行い、現地確認により抽出精度を検証した事例を紹介する。

2. 対象地域と使用データ

対象地域は、岡山県総社市 H 地区に位置し、常緑広葉樹と落葉広葉樹が約50%ずつの割合で構成され、植生密度は0.5本/m²である。さらに、樹木の間にネザサ等が密生している斜面である。このような斜面は、地表面点群が粗となる懸念があったため、4コースを設定しコース間重複度は40%で計測した。

使用したドローンは、LS1500R(enRoute社製)、レーザは、VUX-1(RIEGL社製)の精度25mmである。このレーザで取得したデータの一覧表を表-1に示す。

また、植生密度により点群データの比較を行うため、夏季と冬季の2シーズンでデータの取得を行った結果、夏季と冬季を比較するとオリジナルデータが1.5倍、グランドデータが5倍とより詳細なデータが取得できた。

なお、今回は夏季データ使用結果を紹介する。

表-1 UAV レーザデータ一覧表

総社計測日	時期	計画密度 (点/m ²)	オリジナル データ点密度 (点/m ²)	グランド データ点密度 (点/m ²)	オリジナル データ点数	グランド データ点数
2022/7/26	夏季	370	3,082	47	61,641,246	948,681
2023/4/11	冬季	370	4,785	261	95,704,947	5,236,469

3. 落石発生源の抽出方法

UAV や航空レーザ測量データを用いて、様々な解析手法により高精度で詳細な地形を表現した図面(以下、微地形表現図)を作成することが可能である。本稿では落石発生源を抽出するために、微地形表現手法として、張ほか(2021)⁴⁾に基づき、等高線図や傾斜量図、ラプリアン図等を用いて地形判読を行った。表-1に示すグランドデータをもとに、20cm間隔のグリッドデータを作成し、Arc-GIS や Sufer を活用して微地形表現図の作成を行った。図-1に示す微地形表現図はそれぞれ下記に示す条件で作成した。

- ・等高線図は、等高線間隔を1mとした。
- ・傾斜量図の勾配設定は三浦ほか(2021)⁵⁾に基づき、6段階での分類(①0°~10° ②10°~20° ③20°~35° ④35°~50° ⑤50°~60° ⑥60°)を適用した。50°~60°は露岩、60°以上は不安定落石源の想定分布域である。図の色分けとしては露岩と不安定落石源を強調するため50°以上を赤系、50°未満を緑系と対極的な色にした。

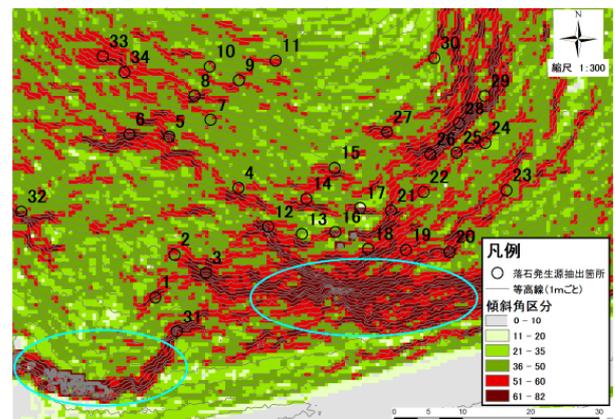


図-1 微地形表現図(等高線図+傾斜図)

地形の凹凸や急激な傾斜変化点を表す指標となるラプリアン図は図-2の色の分け方で作成する。赤系統の色が尾根を表現し、青系統の色が谷を表現している。そのため、尾根の赤色と谷の青色の並列している箇所は傾斜変化点と考えられる。さらに分かりやすく落石発生源を抽出できる図を作成するために、平面的な色合いだけの判断となるので2つの図を重ね合わせ、立体感をもたせた傾斜ラプリアン図を作成した。ラプリアン図の下に傾斜量図を重ね、透過度を30%にすると図-4ができる。

ラプリアン図を目立たせるため、傾斜量図は図-3の色分けで50°以上を黒色とする。傾斜量を50°以上とするのは前記で示している露岩と不安定落石源を強調するためである。急な斜面を暗く、緩やかな斜面を明るく

見せる白黒の色を用いることで立体感を持たせる。

傾斜量図やラプラシアン図単体でも落石源を抽出することはできるが、図-4のように重ね合わせることで山地の起伏や凹凸がはっきりと浮かび上がり、視覚で捉えることが容易になるためピンポイントに発生源の抽出が可能になる。

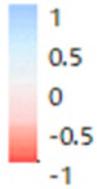


図-2 ラプラシアン色分け

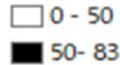


図-3 傾斜量色分け

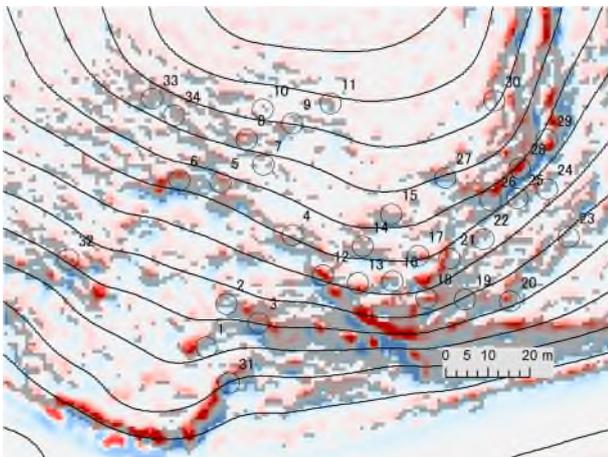


図-4 微地形表現図(傾斜量+ラプラシアン図)

等高線図+傾斜図(図-1)の不安定落石源の抽出は、等高線の間隔と 60° 以上の不安定落石源の想定分布域を参考に行った。傾斜量+ラプラシアン図(図-4)の不安定落石源の抽出は、地形の凹凸や急激な傾斜変化点を参考に行った。これら2つの図面を用いて図-1と図-4に示す34箇所を抽出した。なお、図-1の水色で囲っている範囲は、足場が悪く危険を伴うため、今回の現地調査の対象から除外した。また、今回、抽出した以外の落石発生源の確認については、冬季のデータを含めて再検討していく予定である。

4. 落石発生源の抽出と現地調査結果

図-1と図-4をもとに落石発生源の現地確認を行った。

現地確認については、GIS上で読み取った位置情報(緯度経度)を、ハンディGPSに入力し行った。ただし、GISの読み取り値とハンディGPSとの現地の誤差は5m程度であることが確認できた。現地確認の結果、図-5に示すとおり結果となった。図-5で示す34箇所の内、約85%の30箇所が現地で確認できた。確認できた30箇所は2m以上の浮石型の急崖、滑落崖が大部分を占め、一部で1.5m程度の不安定岩塊(浮石)も確認できた。しかし、

図-5の左上の星で示す位置に存在する樹木の下側の1m×1m程度の小規模露岩については、微地形表現図では抽出ができなかった。

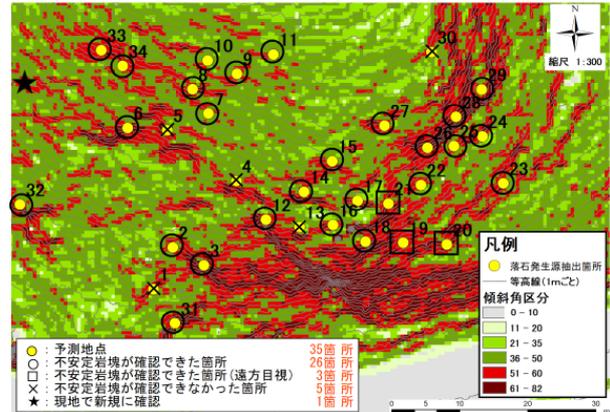


図-5 現地踏査結果図

5. おわり

傾斜角区分のしきい値を工夫することで落石発生源になりやすい露岩位置が明瞭に判別でき、浮石は中でも 60° 以上の中小崖に確認された。夏季の繁茂期での計測であったが、UAVを活用することで落石発生源の抽出は可能である。本稿で活用した微地形表現図による地形的特徴に基づく落石危険箇所の抽出方法を適用することで、専門技術者による判読差異を最小限にするとともに、今後、机上抽出に対する作業量の軽減が期待される。現在、現地の確認方法の精度向上を図るためGNSS測定の活用を検討していきたいと考える。また、地表面からの反射が増える冬季のUAVレーザデータの計測は終了し、オリジナルデータをもとにグランドデータを作成中である。今後は、冬季のグランドデータ確定後、微地形表現図を作成し、夏季との比較検討を進めていく予定である。

《引用・参考文献》

- 1) 一般社団法人全国地質調査業協会連合会:道路防災点検の手引き, 2018, 9, pp16~19
- 2) 西山哲、宮下征士、古川慶、黒木紀男:道路防災点検の効率化のための地形量図の活用、地盤工学会、69、(6)、2021, pp24~29
- 3) 宮下征士、今西将文、宮田真考、西山哲:高密度航空データを使用した微地形強調図による落石発生源の抽出の検証、土木学会論文集 F3 (土木情報学)、vol. 73, No. 2, I_92-1_108, 2017
- 4) 張雨晴、崎田晃基、西山哲、佐藤丈晴:航空レーザデータを用いた落石発生源抽出の方法、自然災害研究協議会中国地区研究論文集第7号 67-70, 2021
- 5) 三浦健一郎、小室宜孝、蔵本直行:LPデータを用いた道路防災落石危険箇所の抽出:地盤工学会、69、(6)、2021