

航空レーザーデータを用いた落石発生源抽出の方法

張 雨晴 ・ 崎田 晃基 ・ 西山 哲

岡山大学大学院環境理工学部 環境生命科学研究科

佐藤丈晴

岡山理科大学 生物地球学部 生物地球学科

1.はじめに

近年、梅雨時期や台風による連続降雨、集中豪雨、地震等によって、山の斜面から道路への落石による事故が頻発している。落石対策事業において道路防災点検、現地調査は大変重要な役割を担っている。現在、道路防災点検箇所選定のために空中写真判読による落石発生源の抽出が行われているが、植生の繁茂する山地の空中写真から落石発生源を抽出することは難しい。そのため、点検する際の落石発生源の見落とし・見逃しが問題点として挙げられる。また、調査対象箇所における落石発生源の位置精度不良により調査に多大な時間を要することが危惧される。

問題を解決する方法の一つとして、微地形の変化を捉える高精度な図面の作成が挙げられる。落石発生源の位置を事前に机上抽出することによる見落とし・見逃しのない点検や現地調査の効率化が可能であると考えられる。本研究では、標高下方が急勾配である地形を落石発生源と定義し、高精度な図面による机上抽出結果と現地の結果の整合性を確認することで、落石発生源の机上抽出が可能であるか検証する。

2.航空レーザーデータの利用

微地形を表現する高精度な図面の作成方法として、航空レーザー測量を利用する。航空レーザー測量は、樹木のある山地においても、地表面にレーザーが到達することで地表面の起伏の変化を正確に捉えることができる。調査地は岡山県一般国道53号線岡山市北区御津草生(図1)付近とした、計測範囲内1㎡あたり10点の密度で計測した。計測は道路縦断方向で計測を行った。また、測量で用いた航空レーザー測量システムの性能一覧(図2)、計測用ヘリコプター(図3)を示す。



図1. 調査地の全景

| LiteMapper6800-400 | | |
|--------------------|---|--------------|
| 運用対地高度 | 30 - 1600m | |
| スキャン角 | 45° - 60° | |
| パルスレート | 80,000 - 400,000Hz | |
| スキャン回数 | 10Hz - 200Hz | |
| ビーム径 | 0.5 m rad | |
| レーザの安全基準 | クラス 3R | |
| 公称眼障害区域 | >1.5m (NOHD), >10m (ENOHD) | |
| 計測 可能 高度 | パルスレート | 最大運用対地高度 AGL |
| | 80,000Hz | 1600m |
| | 200,000Hz | 1100m |
| | 300,000Hz | 950m |
| 400,000Hz | | 800m |
| | 400,000Hz | 800m |
| 装備 | GNSS/IMU : IGI AEROcontrol-II デジタルカメラ : DigiCAM-50 | |

図 2 : 航空レーザ測量システム一覧



図 3 : 計測用ヘリコプター

3.微地形強調図の作成

航空レーザ測量データにより、メッシュの間隔を 50 cm とし、グリッドデータから等高線図、傾斜量図、ラプラシアン図を作成する。

3.1 等高線図

等高線図は、同一標高の点を結んだ軌跡を地図上に描画した曲線である（図 4）。粗密による表現では、低角から中角の斜面は比較的わかりやすいが、等高線間の地形変化点が表現できないため、山道等の微地形を判断できないことがある。

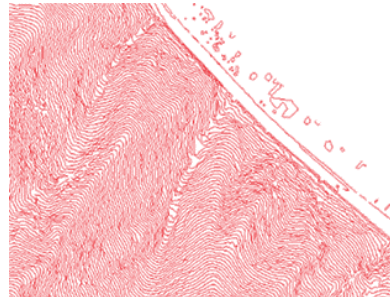


図 4 : 等高線図

3.2 傾斜量図

傾斜量図（図 5）は、グリッドデータのピクセル毎の傾斜量を計算し、この値に応じて明るさを変化させて地形を表現した画像である。急斜面は明るく（白色）、緩斜面は暗く（黒色）表され、落石発生源となる急崖を抽出できる。

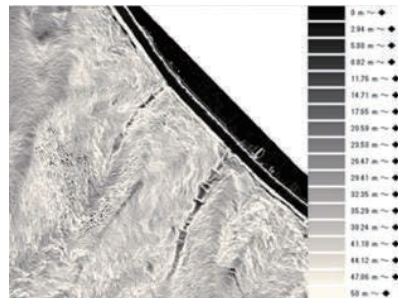


図 5 : 傾斜量図

3.3 ラプラシアン図

ラプラシアン図（図 6）は、グリッドデータにおいて、地形の凹凸および急激な傾斜変化点を表す指標となる。尾根谷度と逆にプラス側で凹地形（目標点より周りが高い）黒色、マイナス側

で凸地形（目標点より周りが低い）ピンク色を表す。

3.4 微地形強調図

微地形表現手法単体では、落石発生源の抽出は難しい。そのため、急崖を強調した微地形強調図（図7）を作成する。まず、傾斜の変化に感度の高い傾斜量図（図5）と尾根谷の区別が付きやすいラプラシアン図（図6）を透過合成することで、山地の起伏や凹凸を視覚で捉えることが容易となり、落石発生源の抽出が可能である。さらに、等高線図（図4）を重ねることで斜面の起伏状態や高低差の情報も追加表現した微地形強調図を作成し落石発生源の抽出を試みた。

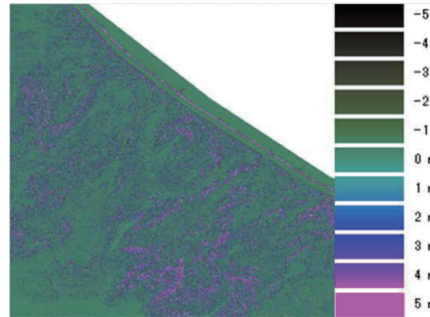


図6：ラプラシアン図

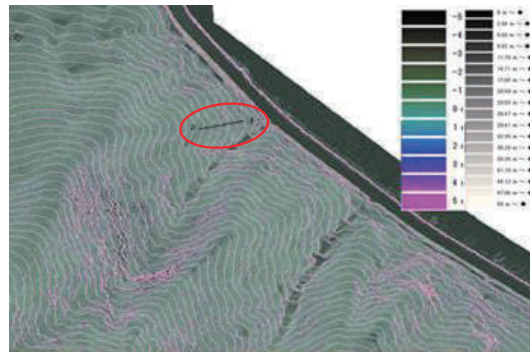


図7：微地形強調図

4. 微地形強調図による机上抽出方法

図8は、図7中の測線A-Fの断面図である。図8の緑の点は、A-F内の標高をDEMのグリッド間隔の0.5mごとに計算したものである。点Cから点Dで標高差が大きく変化している。このような場所が急崖と考えられる。左の微地形強調図では、この場所はピンク色と黒色の二重線で表現されている。ピンク色はがけ下の凹状地を示し、がけ上の黒色は凸状地を示している。この色彩差等によって、急崖の抽出が可能と考えられる。

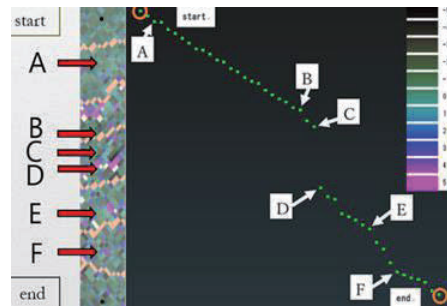


図8：微地形強調図による地形表現例

5. 現地調査の結果と結論

微地形強調図による落石発生源の可能性のある急斜面箇所との表現とそのエリアの防災カルテとの比較を図9に示す。比較のしやすさを考慮し、図面の向きは微地形強調図、防災カルテ共に上側が山頂方向、下側が道路を示す。微地形強調図において、ラプラシアン図による地形表現例で示した通り、落石発生源である可能性のあるピンク色で示される箇所に着目すると、調査箇所内に多く存在しており、黒色の丸で示した。図面から落石発生源の可能性のある箇所が明瞭に示され、微地形強調図により落石発生源が表現されているこ

と言える。道路防災点検の際に作成された防災カルテは、必要最低限の落石発生源や対策工が示されているだけで、高低差や地表面の起伏等が明確に示されていない。そのため、現地調査の際に位置関係が不明瞭であることから、目的とする落石発生源に到達するまでに時間を要する。この結果、現地調査の効率化は図れると考えられる。

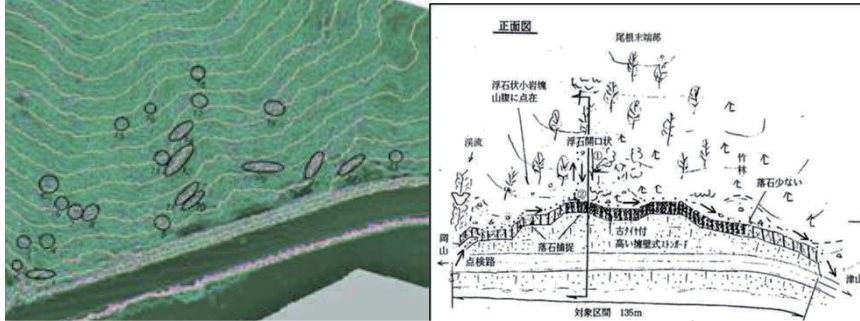


図 9：急斜面表現箇所と防災カルテの比較

現地調査結果を図 10 に示し、23 箇所中 78%が、現地で落石発生源と特定できました。また、23 箇所以外で、顕著な落石発生源は確認され

| 番号 | 抽出の可否 | 調査結果 |
|-------|-------|-------|
| 1 | △ | 急斜面 |
| 2 | △ | 急斜面 |
| 3 | △ | くぼみ地形 |
| 4~17 | ○ | 落石発生源 |
| 18 | △ | くぼみ地形 |
| 19~22 | ○ | 落石発生源 |
| 23 | △ | 谷地形 |

なかった結果から、現地における調査効率の大幅な軽

図 10：現地調査結果

減に寄与できる一つの方策であると考えます。また、様々な調査地において微地形強調図を利用することにより、表現される落石発生源の詳細な条件の把握も必要があります。

7.主な参考文献

1. 菊池輝行・秦野輝儀・千田良道・西山哲：S-DEM データを利用した地すべり地における変動ベクトル解析技術の開発，応用地質，第 57 号第 6 号，p.277-288，2017
2. 真下和彦・横田宏行・岡山和生・榎朗・磯部裕介・平岡透・恩田裕一・末次忠司：航空レーザー測量データを用いた地形解析による内水浸水想定区域設定手法の開発，地形，第 33 巻第 3 号，p.281-295，2012
3. 宮下征士・今西将文・宮田真孝・西山哲：異なる 2 時期の航空ヘリレーザーデータを使用した落石発生源抽出の基礎的検証，平成 29 年度(第 69 回)土木学会中国支部研究発表会発表概要集，p.373-374，2017
4. 神原規也・佐藤文晴：マスマーブメント地形解析にあたってのラプラシアン図表現手法，砂防学会誌，Vol.67，No.1，pp.41-47，2014.5