

落石対策事業効率化のための微地形強調図による落石発生源抽出の研究

岡山大学大学院 学生会員 ○崎田 晃基
岡山大学大学院 正会員 西山 哲
(株)ウエスコ 正会員 宮下 征士
(株)ウエスコ 正会員 吉川 慶

1. はじめに

近年の集中豪雨や地震等の影響により、落石対策事業へ取り組む機運が高まっている。道路防災点検では、事前に落石発生源を高精度に抽出することが求められ、現地調査の際の効率や安全性の向上に結び付く。現在は、空中写真や森林基本図といった様々な図面を用い点検を行っているが、精度が低い等の問題により実際の現地調査では点検漏れが発生している。

本研究では、落石対策事業における見逃し見落としを減らし、より効率的な点検作業を可能にするため、高密度航空レーザーから得られる点群データから微地形強調図を作成し、有用性を検証した。微地形強調図は等高線図、傾斜量図、ウェーブレット解析図という異なる情報を持つ 3 つの図面を重ね合わせることで作成される。同様の研究事例も存在するが、明確な手法は確立されていない。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾本研究ではこの微地形強調図と現地調査の結果を照らし合わせ、図面の有用性を検証した。



図-1 現地調査写真

2. 図面の概要

高密度航空レーザーの計測から得られた点群データを 50cm メッシュのグリッドデータに補間処理し、これにそれぞれ異なる解析手法を用いることで、等高線図、傾斜量図、ウェーブレット解析図を作成する。これら 3 つの異なる図面を重ね合わせ微地形強調図が作成する。

2.1 等高線図

同一標高の点を結んだ軌跡を描画した図である。等高線の粗密による斜面勾配や、凹凸による尾根谷の判別が可能であり、高低差を表現できる。しかし、等高線間の地形変化や急勾配な箇所の地形を明瞭に表現できない。

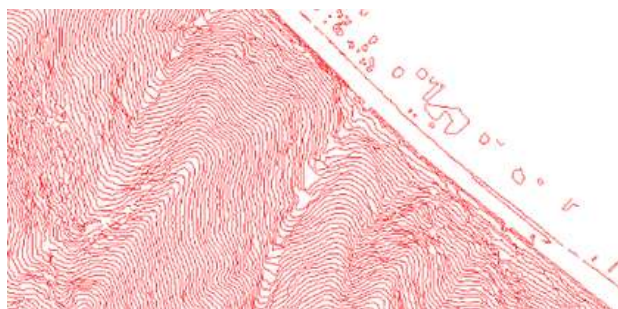


図-2 等高線図

2.2 傾斜量図

グリッドデータの隣接する 9 点から中央の点の最大傾斜方向の傾斜量を算出し(図-3)、その値に応じて明度で斜面の傾斜を表現した図である。⁵⁾急傾斜は暗く、緩傾斜は明るく表現されるため、切り立った急崖の抽出には向いているが、高低差の指標がないため尾根谷の区別が付きにくい。(図-4)

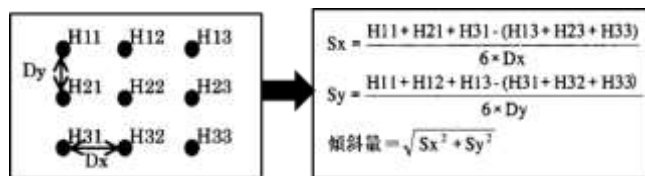


図-3 傾斜量算出

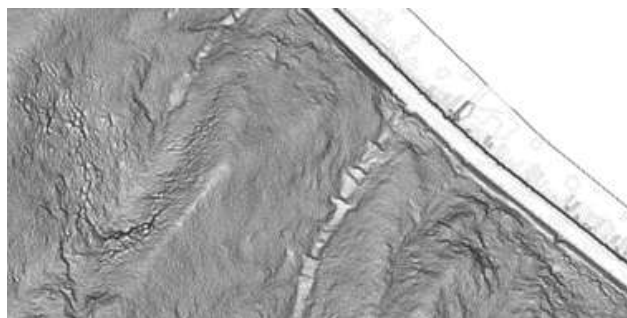


図-4 傾斜量図

キーワード 落石発生源, 航空レーザー, 微地形強調図, 道路防災

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 環境理工学部棟 TEL 080-7835-0107

2.3 ウェーブレット解析図

2次元ウェーブレット解析を式-1に示す。ウェーブレット解析図はマザーウェーブレットと称される関数 ψ と斜面の座標値 z に対して、任意の座標 (a, b) と、シフト量 s で畳み込み積分することで求まるウェーブレット係数 C によって、色で地形の起伏を表現した図である。⁶⁾しかし、高低差や傾斜を表す情報がないため微地形の判読が難しい。(図-5)

$$C(s, a, b) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} z(x, y) \psi\left(\frac{x-a}{s}, \frac{y-b}{s}\right) dx dy \quad (\text{式-1})$$

本研究ではマザーウェーブレットはガウス関数の2次導関数を用い、メキシカンハット関数(図-6)のような形状をとる。(式-2)また、関数内の波長は式-3の関係であり、図は1.0mメッシュサイズで $s=1$ の時のものである。

$$\psi(x, y) = (2 - x^2 - y^2) \exp\left\{-\frac{1}{2}(x^2 + y^2)\right\} \quad (\text{式-2})$$

$$\lambda \cong 4s \quad (\text{式-3})$$

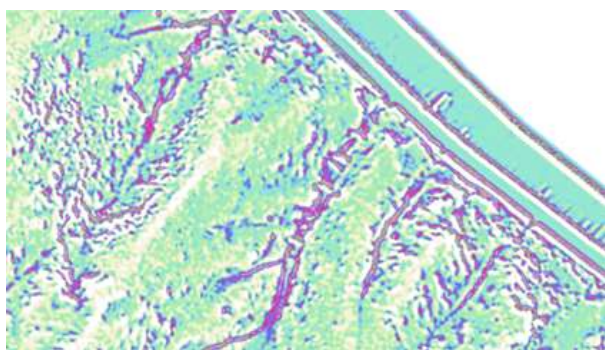


図-5 ウェーブレット解析図

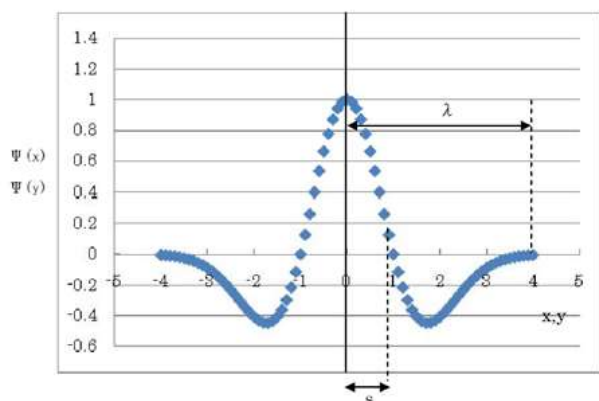


図-6 メキシカンハット関数

3. 研究概要

本研究では、防災カルテが作成された岡山県一般国道53号線岡山市北区御津草生を調査地とした。調査箇所を尾根谷の地形の起伏をもとにエリア1, 2, 3と3つに分け、それぞれのエリアで微地形強調図を作成し、机

上抽出、現地調査を行った。(図-7)

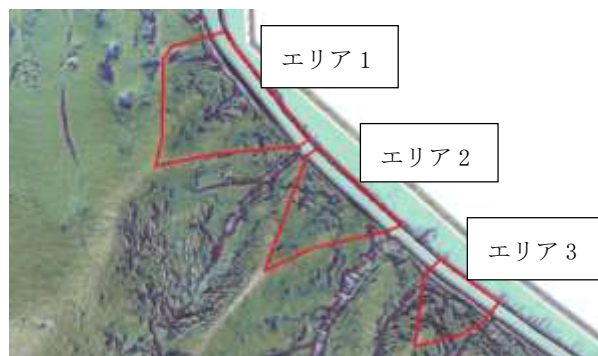


図-7 調査地の微地形強調図

微地形強調図作成にあたり、ウェーブレット解析のいくつかのパラメータを決める必要がある。本研究では、 x, y 方向のスケールを同一に設定し、解析方向の依存性を考慮しないものとする。また、マザーウェーブレット上の波長はメッシュサイズ0.5mであることから、シフト量 $s=0.5$ とすることで、式-3より $\lambda=2.0m$ となる。

机上抽出は既存の防災カルテを参考に行い、落石発生源と思われる個所をマーキングする。現地調査では、机上抽出の結果が正しいかどうかを検証するために、マーキングした微地形強調図を参考に、実際に現地で調査を行いその正誤を確かめる。またこれらの結果から、全エリアにおける微地形強調図内での落石発生源の抽出の正誤表を作成した。

さらに、微地形強調図上での落石発生源の抽出の可否を定量的に評価するために、微地形強調図作成時に用いたグリッドデータを用い、抽出の可否に影響を及ぼす要因の検証を行った。机上抽出と現地調査の結果において抽出の可否がある部分をグリッドデータから抜き出し、このデータを要因ごとにまとめる。要因としては、落石発生源の傾斜角と比高を用い、それぞれ、グリッドデータの急崖部分の座標を用い算出している。(図-8)

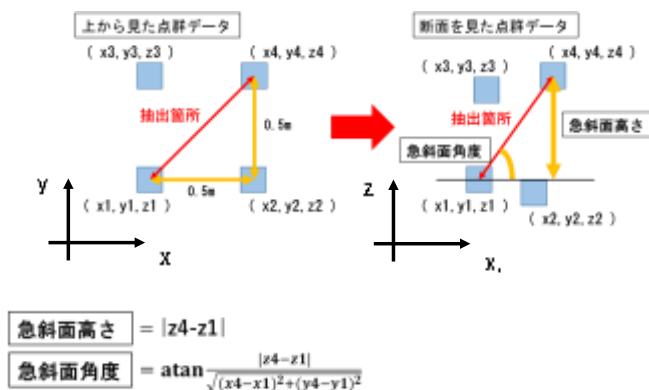


図-8 比高・傾斜角算出図

4. 研究結果

4.1 机上抽出試行

既存の防災カルテ(図-9)もとに、作成された微地形強調図上で危険箇所となる落石発生源をマーキングする。(図-10)その結果を以下の図に示す。主に赤黒く表示されている部分にマーキングした箇所が集中しており、青から緑色の部分はマーキングされていない。

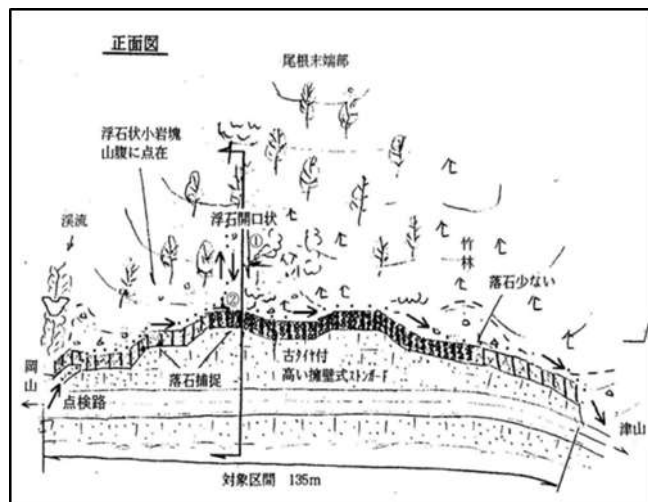


図-9 エリア1の既存防災カルテ

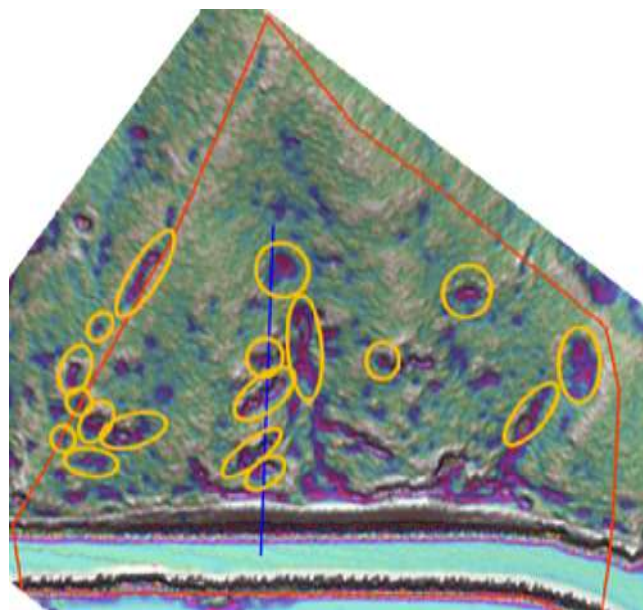


図-10 マーキングしたエリア1微地形強調図

4.2 現地調査結果

前項にて微地形強調図にマーキングした結果をもとに、現地調査を行い実際に落石発生源が存在しているか検証を行う。調査においては、落石発生源のうち微地形強調図内で抽出できなかったものも存在していた。以下にこれら現地調査の結果をまとめたもの(図-11)と、そのうちいくつかをピックアップしたもの(図-12~17)を示す。なお、ここではエリア1に絞った机上抽出と現地調査の結果を示す。図において橙丸が机上

抽出できた落石発生源、薄青丸が落石発生源ではない机上抽出箇所、黄丸が机上抽出できなかった落石発生源である。また、これら結果をエリア1~3で抽出の可否、調査結果をまとめたものを表-1に示す。

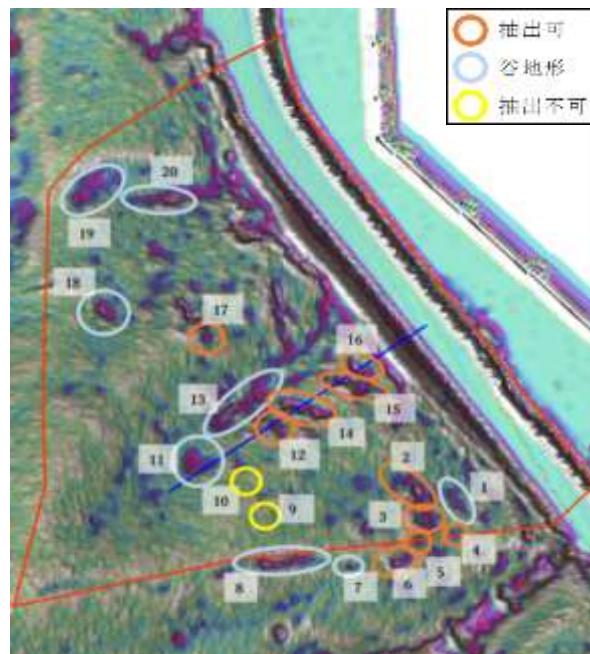


図-11 現地調査結果



図-12 抽出された落石発生源(2.4m)

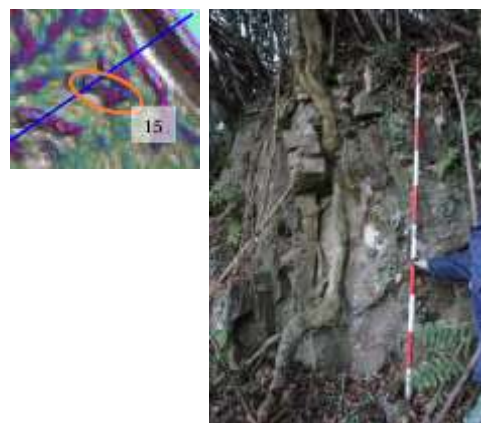


図-13 抽出された落石発生源(2.6m)



図-14 抽出された落石発生源(2.4m)



図-15 抽出された谷地形



図-16 抽出されなかった落石発生源(1.2m)



図-17 抽出されなかった落石発生源(1.2m)

表-1 調査における微地形強調図正誤表

調査地	番号	抽出の可否	調査結果	調査地	番号	抽出の可否	調査結果
エリア1	1	△	急斜面	エリア2	5	○	落石発生源(3.0m)
	2	○	落石発生源(3.0m)		6	×	落石発生源(0.6m)
	3	○	落石発生源(1.6m)		7	○	落石発生源(2.4m)
	4	○	落石発生源(1.2m)		8	△	谷地形
	5	○	落石発生源(1.6m)		9	○	落石発生源(1.2m)
	6	○	落石発生源(2.0m)		10	○	落石発生源(2.4m)
	7	△	くぼみ地形		11	△	くぼみ地形
	8	△	谷地形		12	△	谷地形
	9	×	落石発生源(1.2m)		13	○	落石発生源(2.0m)
	10	×	落石発生源(1.2m)		14	○	落石発生源(1.4m)
	11	△	常緑樹		15	○	落石発生源(1.9m)
	12	○	落石発生源(2.4m)		16	○	落石発生源(4.2m)
	13	△	谷地形	エリア3	1	○	落石発生源(2.0m)
	14	○	落石発生源(3.0m)		2	○	落石発生源(2.0m)
	15	○	落石発生源(2.6m)		3	○	落石発生源(4.0m)
	16	○	落石発生源(1.8m)		4	○	落石発生源(3.0m)
	17	○	落石発生源(2.4m)		5	○	落石発生源(2.0m)
	18	△	くぼみ地形		6	○	落石発生源(6.0m)
	19	△	くぼみ地形		7	○	落石発生源(2.0m)
	20	△	谷地形		8	○	落石発生源(2.6m)
エリア2	1	○	落石発生源(2.2m)		9	○	落石発生源(7.0m)
	2	○	落石発生源(5.0m)		10	○	落石発生源(2.4m)
	3	○	落石発生源(2.2m)		11	○	落石発生源(2.0m)
	4	△	谷地形		12	△	くぼみ地形

4.3 グリッドデータによる抽出地の定量的評価

前項での結果をもとに、落石発生源に対応する個所のグリッドデータからその個所の傾斜角と比高を算出し、これをまとめたものを図-18に示す。この結果、比高が1.0m以上かつ傾斜角が60度以上の落石発生源は微地形強調図内で抽出できており、比高が1.0m付近で傾斜角が60度を下回るものは抽出できていない。

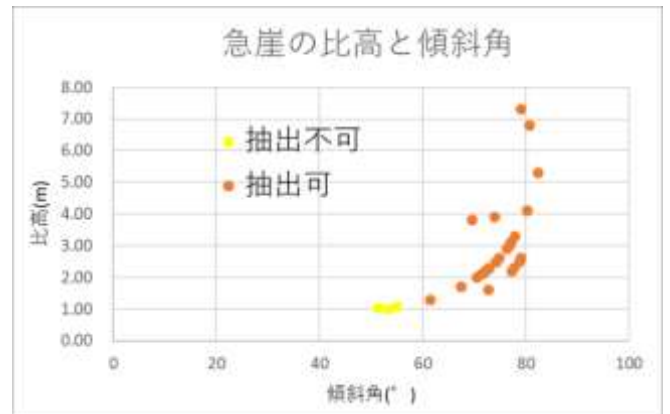


図-18 グリッドデータから算出した比高と傾斜角

5. まとめ

本研究では、効率的な落石対策事業のためのツールとして微地形強調図を作成しその有用性を検証した。机上抽出と現地調査の結果、約9割の落石発生源は微地形強調図上で抽出できており、これら傾斜角は60度以上、比高は1.0m以上のものであった。しかし、抽出された中には落石発生源のほかにも、谷地形のものもあった。今後はウェーブレット解析の結果の解析を進めるとともに、今回、人の手で行った机上抽出を自動化し、より効率的な手法の確立を目指す。

参考文献

- 1) 山田昭、栃本泰浩、千田良道:航空レーザー測量を用いた地質調査事例、全地連「技術フォーラム 2011」京都、2011
- 2) 増田仁、田近真悟、沢田和秀、小野貴稔:転石調査のための高密度航空レーザー計測による斜面の可視化、第23回調査・設計・施工技術報告会、pp.12-24, 2014
- 3) 長谷川淳、太田岳洋:数値標高モデルを用いた簡易な露岩抽出手法、日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp.115-116, 2015
- 4) 菊池輝行、秦野輝儀、千田良道:航空レーザー測量を用いた急崖・転石群の判読精度向上の試み、日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp35-36, 2014,
- 5) 神谷泉、田中耕平、長谷川裕之、黒木貴一、早田靖博、小田切聡子、政春尋志:傾斜量図の作成とその応用、情報地質、Vol10、No.2、pp.76-79、1999
- 6) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム:土木研究所資料、地すべり地における航空レーザー測量データ解析マニュアル(案)、p.11-12、2009