斜面点検の効率化に向けた落石発生源のための図面作成

岡山大学大学院　学生会員　○﨑田　晃基
岡山大学大学院　正会員　西山　哲

１．はじめに

集中豪雨等の異常気象の影響による道路防災点検の重要性が高まっている．落石への対策では，その元となる落石発生源箇所を正確に把握し，現地調査等を通して対策を立案する．点検個所の抽出や点検時には調査地図として空中写真や防災カルテ等の図面が一般的に用いられているが，これら図面には正確な位置情報や微地形を表現するだけの精度が足りておらず，実際の現地調査の際には見落としや見逃しといった点検漏れが発生している．そこで本研究では落石発生源に対する効率的な点検手法の確立を目的に，航空レーザ測量と計測データを元にしたウェーブレット解析図と呼ばれる手法を用いて落石発生源抽出の検証を行った．机上調査と現地調査との比較から，計測環境が及ぼすデータへの影響と，図化のパラメータの違いによる表現性への影響を確認し，航空レーザ測量の計測からウェーブレット解析による図面の作成までの一連の工程における落石源位置特定に向けた整理を行った．

２．図面の作成

2.1 航空レーザ測量

航空レーザ測量の計測では，上空数百メートルを航空機で飛行しながら計測を行う．計測データは対象とする地形を無数の点の集まりで構成される 3 次元で表現する．これを点群と呼ぶ．斜面を対象とした計測では，不要な植生部分が計測される．図面の作成においてはこれらをフィルタリングし DEM(Digital Elevation Model)を作成する．（図-1）

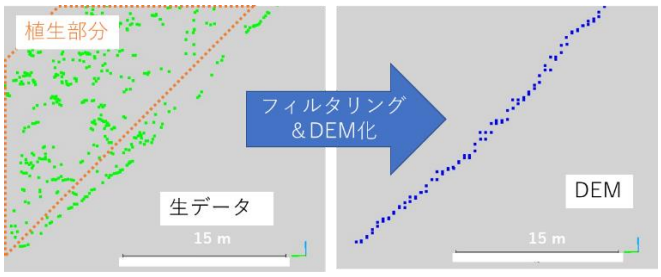

図-1 生データと DEM 作成時の断面図

2.2 ウェーブレット解析図

本研究では DEM を元にウェーブレット解析図を作成する．ウェーブレット解析図は DEM 内の凹凸性を強調するように作成される図面であり，既往の研究においても落石源位置抽出に有用性があることが述べられている．図面の作成では式-1 従い計算されるウェーブレット係数 C(s,a,b)の値に応じて白から黒へのグレースケールで表現する．なお，式-1 内(a,b)は DEM データの任意の点の x,y 座標，z(x,y)は周辺の標高値を示し，式内の関数 ψ は図-2 に示す形状の関数である．

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

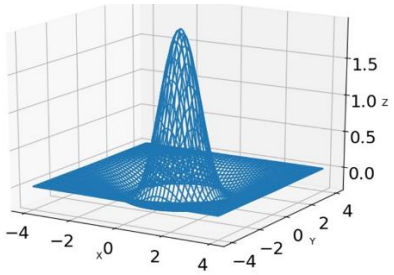

図-2 メキシカンハット関数

３．実験エリアと計測環境

検証に向けて岡山県一般国道 53 号線岡山市北区御津草生を調査地とした．当該地区は中国地方の事前交通規制箇所にしてされており，落石の危険性が示唆されている．計測は植生の繁茂状況が異なる夏冬の 2 回実施し計測データへの影響を検証する．なお，計測計画では平米 10 点の点密度で統一して実施している．計測データは株式会社ウエスコより拝借したものである．図面から落石源位置を抽出し，抽出箇所を現地調査で確認する．これら比較の結果から図面の性能を検証する．

４．結果

ウェーブレット解析図の作成には解析時にパラメータ s を決定する必要がある．図-3 には冬に計測したデータをもとにそれぞれ s=0.5,1,2 で作成した図面を示

キーワード　落石発生源，航空レーザ測量，ウェーブレット解析図，斜面点検
連絡先　〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学　環境理工学部棟　ＴＥＬ080-7835-0107

© Japan Society of Civil Engineers

す．既往の研究により，ウェーブレット図では解析値 C が負の値(黒色)→0 付近(灰色)→正の値(白色)と変化する部分に落石発生源が存在することが確認されている．図内にはこの特徴を持つ箇所を例として i(比高 2.4m)，ii(比高 3.0m)で示した 2 箇所示している．

次に，計測から解析方法までの流れで落石源の抽出性能を定量的に評価する．以下 3 つのステップで行う．

① 現地調査を行った計 44 個の微地形を比高差ごとにカテゴリー分け

② カテゴリーごとに図面上で黒→灰→白の特徴がみられたかを評価し数を収集

③ 結果を夏冬それぞれの計測データ，解析パラメータごとに確認し表-1 に整理

なお，44 個の微地形の中には似た特徴を持つが落石源とは異なる微地形のものもあり，それらは「他」としている．また，表-1 には計測データと計測環境との関係を示すために，計測データの質を表すパラメータとしてフィルタリング後のデータを用いて計算した一平米あたりの点密度における最頻値を示している．この値を用いて地表まで届いた計測点を評価する。

表-1 を確認すると，すべての条件で 3m 以上の落石源位置は抽出できていることが確認できる．また，点密度の多い冬の計測データの方がどの比高差においても抽出数が多いことがわかる．さらに，パラメータが小さいほど比高差の小さい落石源が図面上で表現されていることが確認できたが，対象物以外の微地形も多く表現されていることも確認された．

表-1　検証結果の一覧表

計測時期	S 値(式-1)	比高差カテゴリー別抽出数(カッコ内は調査した合計数)				点密度(点/m²)の最頻値
		1.5-2m (8)	2-3m (16)	3-m (8)	他 (12)	
冬季	0.5	8	16	8	11	4.8
	1	6	16	8	8	
	2	0	4	8	1	
夏季	0.5	4	16	8	6	1.0
	1	4	9	8	5	
	2	0	4	8	1	

5．まとめ

航空レーザ測量の計測データを元に作成したウェーブレット解析図を用いて落石発生源抽出に向けた検証を行った．今回の検証では計測する環境や図化のパラメータにより抽出性に変化が表れることが確認され一連の流れで結果を整理することができた．抽出性の良しあしは求められる対象物の比高差により評価が変わるため，最適な条件を決定するのは困難である．しかしながら，本成果は今後の点検を考える際に優位な情報になると考える．今回はウェーブレット図上の特徴に基づき定性的に落石現地の抽出を行ったが，今後は定量的に位置抽出をすることができる方法を検討しさらなる効率化に向けた取り組みが必要である．

参考文献

・宮下征士，今西将文，宮田真考，西山哲(2017)：レーザデータを使用した微地形強調図による落石発生源抽出の検証，土木学会論文集 F3（土木情報学）Vol.73, No.2, pp. I_92-I_108.

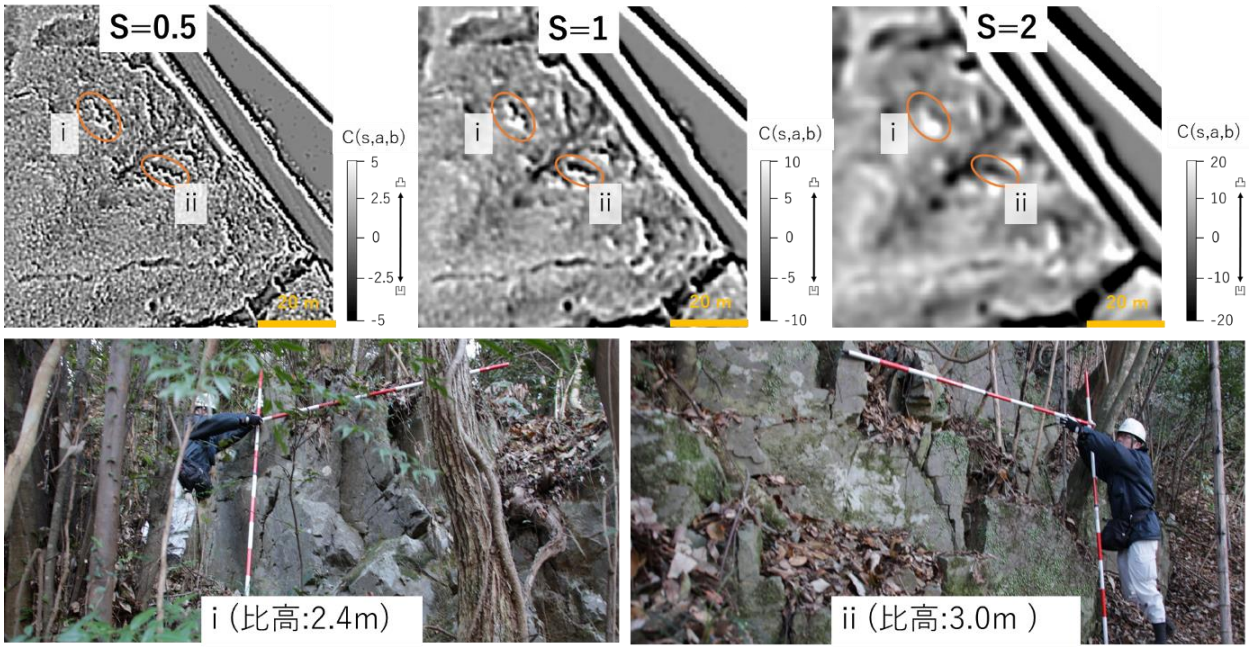

図-3　解析パラメータの違いによる図面の違いと図面内に表現された落石源位置の例

© Japan Society of Civil Engineers