

(29) LP データの可視化方法の諸条件に関する 基礎的な考察

今西 将文¹・西山 哲²・中村 公一³

¹学生会員 株式会社ウエスコ (〒700-0033 岡山市北区島田本町 2-5-35)

E-mail: m-imanishi@wesco.co.jp

²正会員 岡山大学大学院 環境生命科学研究科 (〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1)

³正会員 鳥取大学大学院 工学研究科 (〒680-8550 鳥取市湖山町南 4 丁目 101)

近年、著しい普及の兆しを見せる LP データを元に、空間フィルタリングの手法による微地形の可視化表現とその成果を現地踏査資料に活用しようとする試みが多く見られる。本論では、グリッドサイズ 0.5 m の上でモデル化される模擬地物の傾斜量や隣接最大傾斜度とウェーブレット解析によって表現される凹凸度を合成した微地形強調図の感度特性など基本的な性能に関して考察する。隣接最大傾斜度図は傾斜量図に比べて、微視的には突起部の傾斜をシャープに表現できる。また、ウェーブレット解析図では、マザーウェーブレットとして採用したメキシカンハット関数の係数を微調整することで、斜面上の凹凸度に加えて標高値に応じた感度を持たせることができる。

Key Words: airborne LiDAR, slope gradation map, wavelet analysis, Mexican-hat function

1. はじめに

近年、航空レーザー測量の実施事例が増えており、ドローンの普及に伴って LP データの活用機会は益々増える。LP データを空間フィルターで可視化すると、微細な地形的特徴を強調することが可能であり各社が様々な方法を考案している。これらは基本的に、傾斜の変化に感度が高い特性を持つ図と尾根谷の区別が付き易い図を生成して両者を透過合成するなどして作成される(表-1 参照)。本論では、フィルターの基本性能に関して一般化した理解を深めるために、グリッドサイズ、斜面勾配、対象物のサイズ、突起高さとの基本的な関係を考察する。

2. グリッドデータによる地表・地物のモデル化

地上型レーザースキャナーによって、地物の形状を型取るように記録する場合とは異なり、航空レーザーで計測された LP データはグリッド化された形態で扱われることが多い。図-1 のように、地上の転石を模した場合、単位グリッド以下の転石は、赤波線のようにモデル化され、転石が成す仰角は式(1a)の通りとなる。また、青波線のように、両端のグリッド同士の比高差で、その中間位置における傾斜量を表現すると式(1b)~(1d)のようになる。各式はいずれも斜面勾配 θ_{slp} に依存しており、これにより、同じ転石であっても存在する場の勾配によって見掛けの仰角 θ や傾斜量 Grd が変ることが分かる。図-2 に、グリッドサイズが 0.5m の時、転石の突起高さが 0.1 ~ 2m の間で変化した場合と、グリッドサイズが 1.0m ・突起高さが 1.0m とした場合における、仰角 θ や傾斜量 Grd の違いを示す。

表-1 微地形表現を可能とする要素図の組み合わせ

		尾根・谷の区別が付き易い図						標高変化が 分り易い図
		尾根谷度図 (地上開度・ 地下開度)	曲率図	ラブラン 解析図	ウェーブ レット 解析図	陰陽元図 (平均地形・ 元地形)	起伏量 (接峰面・接 谷面)	
傾斜 の 変 化 に 感 度 が 高 い 図	傾 斜 量 図	赤色立体地 図 [アジア航測 機・特許]	CS立体地 図 [長野県林業 総合センター の方法]		[土木研究所 の方法]			ELSAMAP [国際航業 機・特許]
	傾 斜 度 最 大 図				微地形 強調図 本 論			
	像 重 影 図 (垂直 画)					陰陽図 [朝日航洋 機・特許]		
	陰 多 面 影 重 像 起 伏 源						多重光源陰影 図 [東京地研 究社・特許]	

$$\theta_{a-1} = \tan^{-1} \frac{\Delta Z + \Delta x \cdot \tan \theta_{slp}}{\Delta x} \quad (1a)$$

$$Grd_{a-1} = \tan^{-1} \frac{\Delta Z + 2\Delta x \cdot \tan \theta_{slp}}{2\Delta x} \quad (1b)$$

$$Grd_a = \theta_{slp} \quad (1c)$$

$$Grd_{a+1} = \tan^{-1} \frac{2\Delta x \cdot \tan \theta_{slp} - \Delta Z}{2\Delta x} \quad (1d)$$

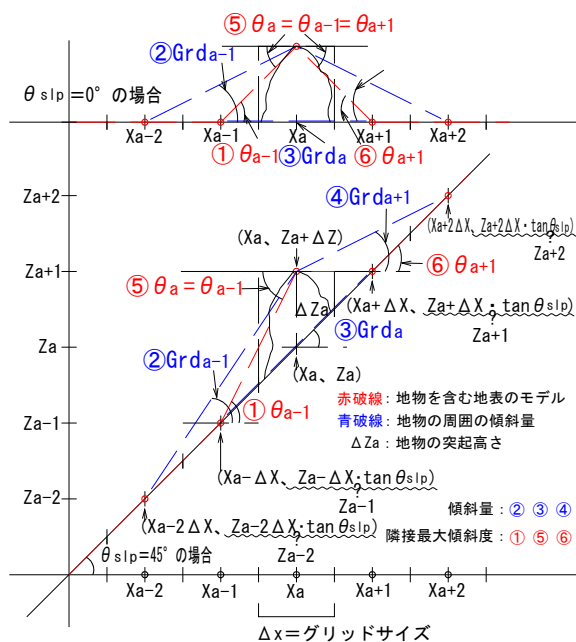


図-1 グリッド上でモデル化される最小単位の地物

図-2によれば、転石前面の傾斜量②Grda-1は転石の仰角① θ_{a-1} よりも緩く表現される。突起高さが小さい程、傾斜量②Grda-1と斜面勾配 θ_{slp} との差が無くなるので転石が目立たなくなることが分かる。③傾斜量Grdaは、転石の突起高さによらず θ_{slp} となることから、転石が存在する斜面の勾配を表すことになる。転石背面の傾斜量④Grda+1は、突起高さに応じて大きく、斜面勾配が起きてくると一旦、水平に向かって小さくなった後に再び大きくなって斜面勾配 θ_{slp} へと近づく。グリッドサイズを2倍にすると、突起高さも2倍となった場合に同等な条件でモデル化される。

3. 空間フィルターによる可視化の効果

3次元グリッドデータを可視化する方法として、ここでは、傾斜量図(図-3 参照)¹⁾とウェーブレット解析図(図-4 参照)²⁾を取り上げる。前者は、近隣の9点の標高を最も良く説明する平面を最小自乗法で当てはめた場合の、最大傾斜方向の傾斜となっており、図-1に示す傾斜量 Grad を求めている。この垂流として、隣接8方向の最大傾斜度についても検討する。また後者は、地形変化の特徴と似た形状の「メキシカンハット」関数を連続的に地表の起伏にあてはめ、その波と地表の起伏との畳み込み積分を行ってウェーブレット解析値を求めることで、微地形の凸凹の変化が有る場所を強調した画像を得る。

図-5(a)に示すような模擬的な地物を想定し、斜面上に大きさ0.5m～2.5mの転石と見立てて、0.5mグリッドに対して比高差0.1～1.0mの数値を与え、斜面勾配0～

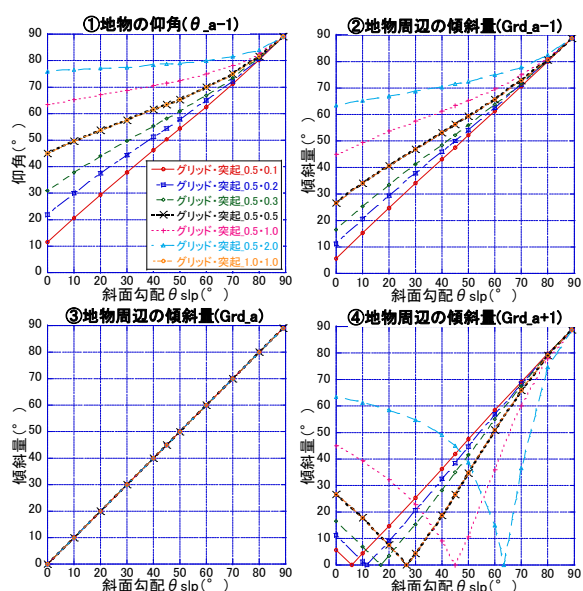


図-2 地物の仰角と周囲の傾斜量(斜面勾配やグリッドサイズや突起高さ起高さへ依存する)

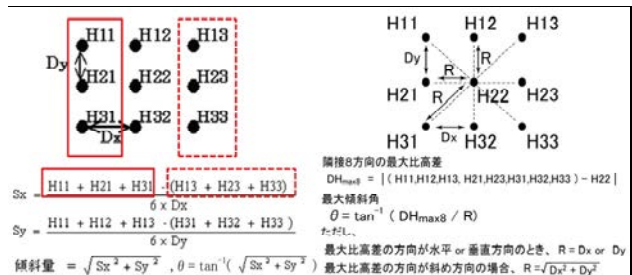


図-3 傾斜量(左図)¹⁾と隣接最大傾斜度(右図)の求め方

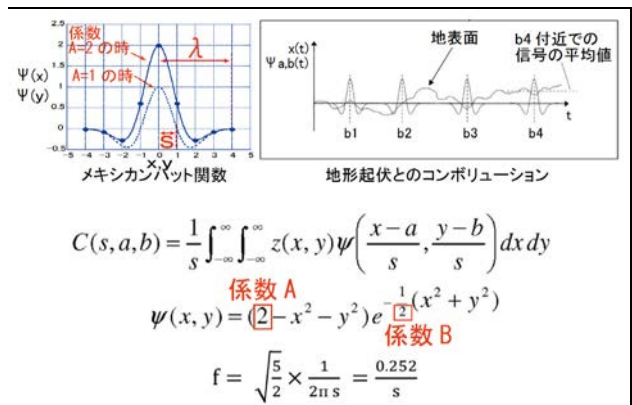


図-4 ウェーブレット解析値の求め方²⁾

89°に応じた標高値をゲタとして配分した。フィルターを適用した結果を図-5(b)～(e)に示す。

比高差が1m程度の地物は標高段彩の中に埋もれて判別できない一方で、傾斜量図(図-5(b))と隣接最大傾斜度図(図-5(c))は、急傾斜を黒色・緩傾斜を白色に割り当てればその輪郭が表現できる。斜面全体が緩い場合には、後者の方がより際立って見え、配色条件にもよるが最小グリッドに相当する大きさ0.5m、比高差0.2mの模擬地物

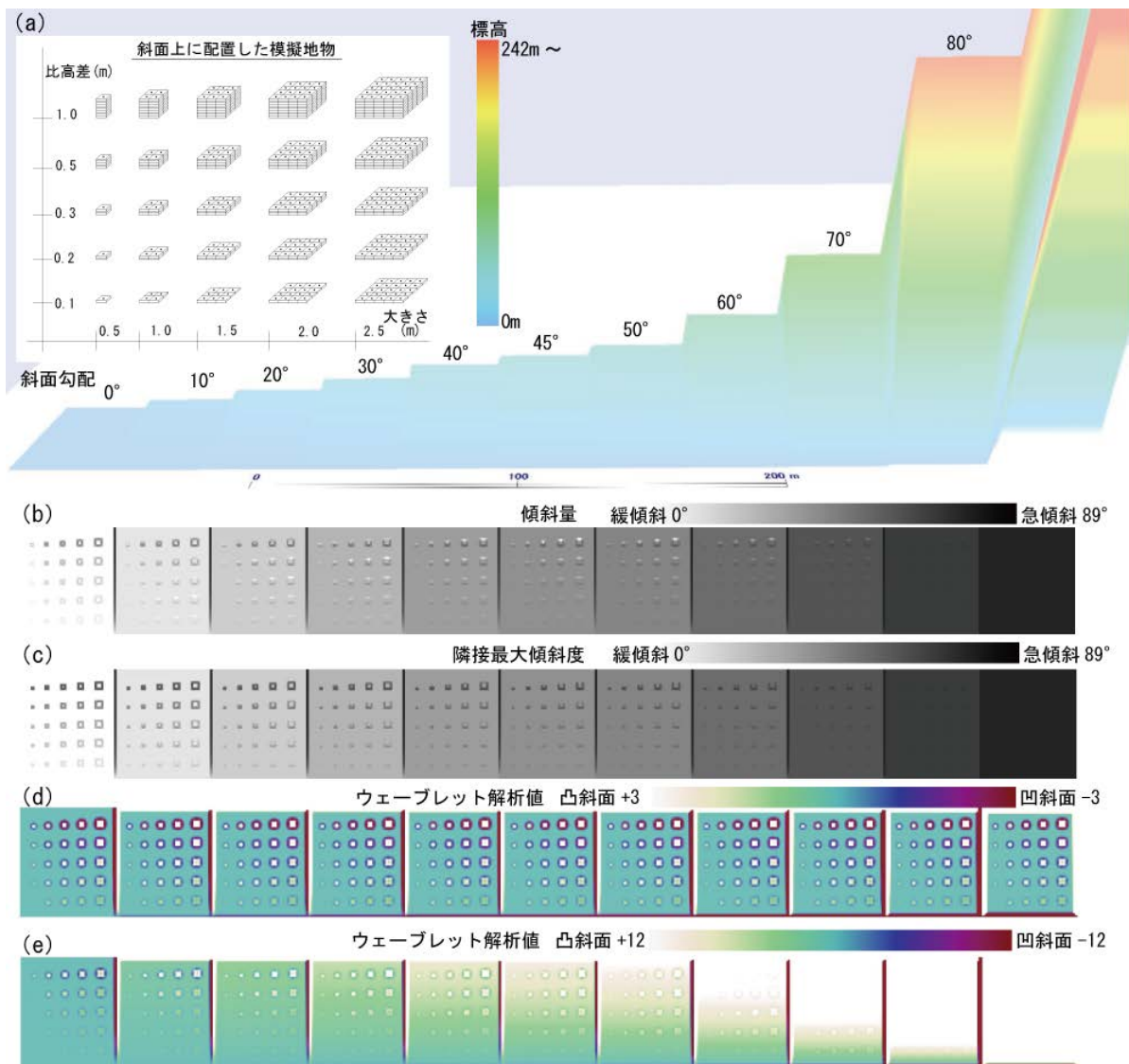


図-5 斜面上の模擬地物と空間フィルターの適用効果 ((a)斜面と模擬地物の段彩表示, (b)傾斜量図, (c)隣接8方向最大傾斜度図, (d)ウェーブレット解析図, (e)メキシカンハット関数の係数を変更したウェーブレット解析図)

が判読できる。斜面の傾斜が 70° 程度になると、地物とその周辺グリッドの成す角との差が無くなっていくことから、傾斜量図と隣接最大傾斜度図のいずれにおいても判別困難となる。

図-4 に示す方法によって、メキシカンハット関数と地形とのコンボリューションを計算し、値の大きい方から小さい方に向かって、白→緑→青→紫→赤のグラデーションを割り当てることで、図-5(d)に示す通り地物が存在する場の凸凹を表現した。これによれば、斜面全体の傾斜や標高によらず、最小グリッドに相当する大きさ 0.5m 、比高差 0.2m 程度よりも大きな模擬地物が判読できる。ウェーブレット解析において、マザーウェーブレット係数をいじってメキシカンハット関数のエンベロップを変更すると地形の強調特性を変えることができる。例として、図-4 の中で通常 $A=2$ 、 $B=2$ としている係数を $A=2.01$ としてウェーブレット解析を実施した結果が図-5(e)である。これによれば、斜面上の地物に対する感度

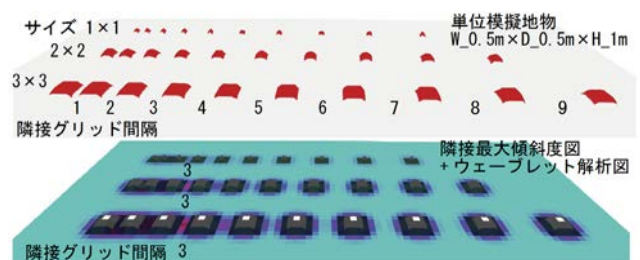


図-6 空間フィルター適用後の模擬地物の分離特性

がやや落ち気味なもの、標高値に対しても感度を持つように見える。

図-6 の通り、フィルター処理後の模擬地物は互いの離隔が3グリッド程度以上空いていれば単物に見える。

4. 実現場への適用

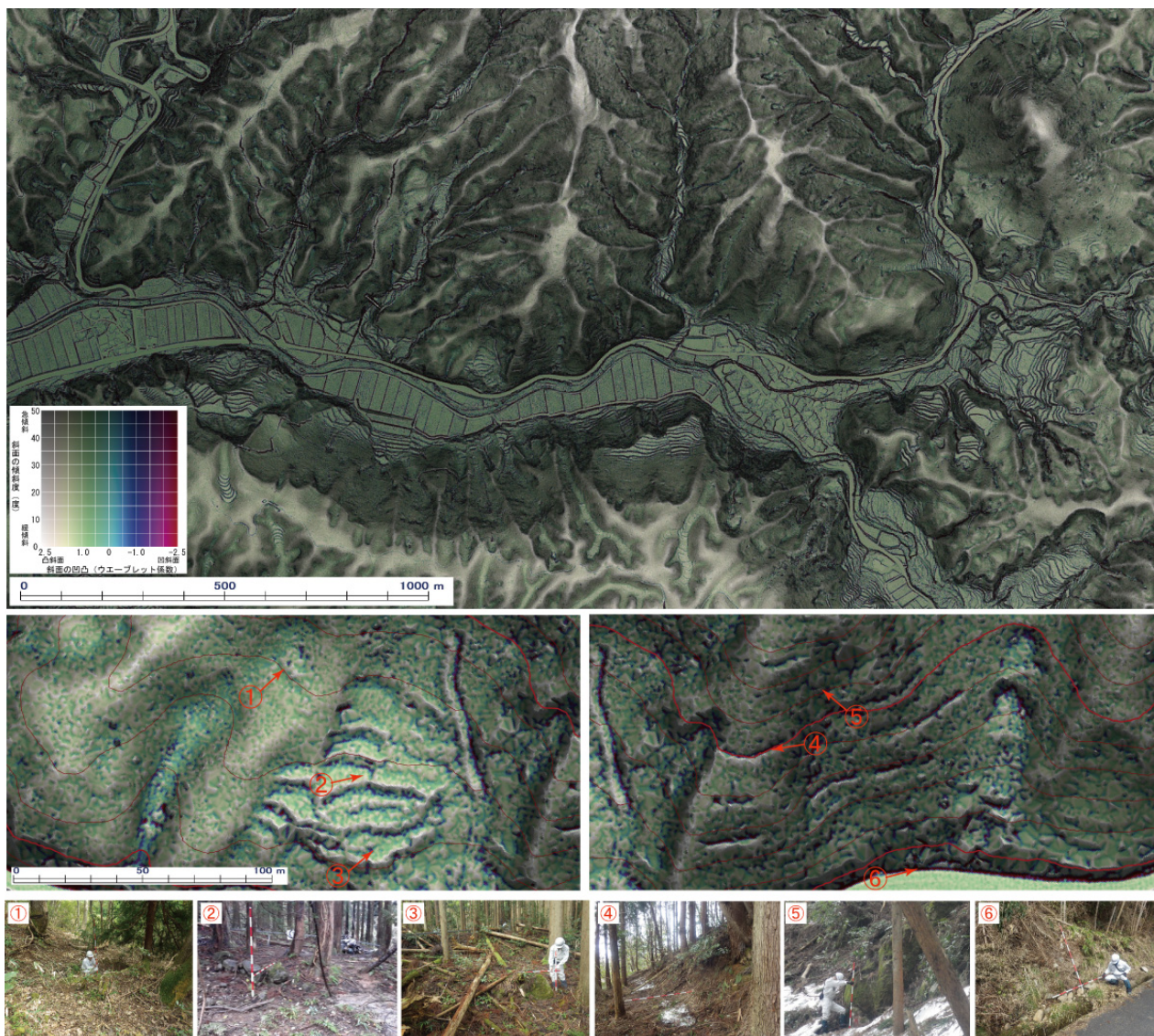


図-7 微地形強調図と現地状況の対比 (①φ2m程度の穴, ②落差0.45m程度の旧圃場, ③φ0.9m×H0.7mの転石が埋まった段差地形の端部, ④幅2m超の管理道, ⑤落石発生源の急崖, ⑥落石多い斜面裾部)

実測 LP 測量データから生成した 0.5m グリッドのデータを基に、隣接最大傾斜度図とウェーブレット解析図を作成して透過合成することで微地形強調図を作成した(図-7)。この際、メキシカンハット関数の係数を調整したウェーブレット解析図(解析値が大から小に向かって暗→明のグラデーション)を薄く合成することで、低標高域と狭小な谷部の明度を選択的に落とすことができ、図面の立体感に深みが加わっている。現地にて特徴的な微地形を対比してみたところ、窪地や段差地形、狭小な路網、落石発生源となる急崖が良く捉えられていることが分かる。

5. まとめ

筆者らは、土木研究所(2009)²⁾の方法をアレンジし、ウェーブレット解析図に傾斜量図や最大傾斜量図を合成

して「微地形強調図」と称して活用している。ウェーブレット解析図は、曲率やラプラシアンや開度など他の要素図に比べて微細なノイズに強く、係数を変更することで地形の強調度合いに変化を与えることができる。図化の際には多色表現に工夫することで、微地形の直感的な理解がより容易になる。隣接最大傾斜度は、急崖抽出に際してグリッドサイズが大きい場合はより有効だろう。地物同士の離隔が3グリッド未満の場合は微地形強調図上で繋がって見える。

参考文献

- 1) 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 Vol. 10 No. 2, pp. 76-79, 1999.
- 2) 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), pp. 11-12, 2009.