

(61) LP 計測データの可視化に利用される 各種空間フィルタの特性比較

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方法が多数考案されている。各種のフィルタは 0.5m グリッドデータに対して、最小グリッドサイズの程度の地物に感度を持つが、実地データへの適用例では ϕ 3~5m 程度の地物が有意に判別できた。フィルタの種類よりも、グラウンドデータの存否や図化表現の際の色相の与え方が視認性や抽出性能に影響するだろう。

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

1. はじめに

地形を広域に計測できるレーザープロファイラ（以降、LP と呼称する）は、機器の小型化とドローンの普及に伴って、データの取得が容易となり活用機会が益々増えている。LP 計測で得られるのは、任意地点の 3 次元座標を表す膨大な数値データの一覧であり、ここから直感的に地形形状を把握できる視認性に優れた画像を生成する方法として空間フィルタによる処理が有効である。本論では、種々のフィルタについて整理し、単純な模擬データと実測データに適用して比較する。

2. 空間フィルタの事例

空間フィルタを利用して LP データから地形形状を可視化する方法は様々なものが考案されており、これらを整理すると基本的には、「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やすい図」を生成し両者を透過合成するなどして作成されている（表-1）。例えばこの中で、「(a)傾斜量図」は 3×3 グリッドデータに対して画像処理分野ではエッジ抽出に使われる Prewitt フィルタと呼ばれる 1 次微分フィルタの一種を作用させている。「(e)曲率図」は地表面を曲面とした場合の 2 階微分として求まる。「(f)ウェーブレット解析図」は、マザーウェーブレットとして与えたメキシカンハット関数の形状に近い地形の凹凸具合の相関を表す。

3. 各種フィルタの感度

斜面上の落石等を模して、勾配 0~60° の斜面上に縦横 0~2.5m 角、高さ 0~1.0m に相当する模擬データを作成して（図-1）、各種フィルタ a~h（図-2~8）を適用した（図-9）。傾斜量図（図 9-(a)）と隣接最大傾斜度図（図 9-(b)）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大きさ 0.5~1m 角、比高差 0.2m の模擬地物が判読できる。尾根谷度図（地上開度+反転地下開度）（図 9-(c)）、曲率図（図 9-(d)）、ラプラシアン解析図（図 9-(e)）、陰陽元図（図 9-(f)）は、事前に 9×9 グリッドのガウシアンフィルタで平滑化処理を施した上で改めて各種フィルタ処理することで、

表-1 微地形表現に利用する空間フィルタの事例

		尾根・谷の区別が付きやすい図						標高変化が 分り易い図
		(c) 尾根谷度図 (地上開度+反 転地下開度)	(d) 曲率図	(e) ラプラシアン 解析図	(f) ウェーブレッ ト解析図	(g) 陰陽元図 (平均地形- 元地形)	(h) 起伏量 (接峰面-接 谷面)	
傾 斜 の 変 化 に 感 度 が 高 い 図	(a) 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]
	(b) 隣 接 最 大 傾 斜 度 図				微地形 強調図			
	(f) 陰 影 直 面 図					陰陽元 [朝日航洋 機・特許]		
	(h) 多 重 光 源 起 伏 図						多重光源陰影 段彩図 [㈱東京地図研 究社・特許]	

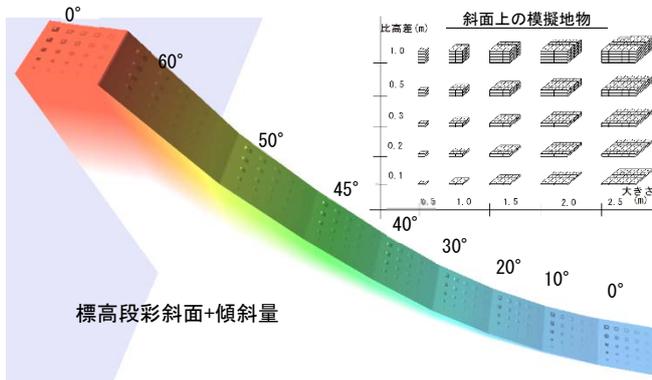


図-1 斜面上(0-60°)の模擬地物(0-2.5m角, 0-1.0m高)

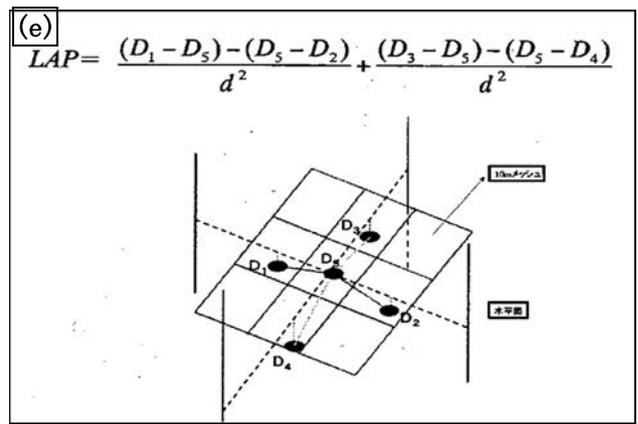


図-5 ラプラシアン解析値の求め方²⁾

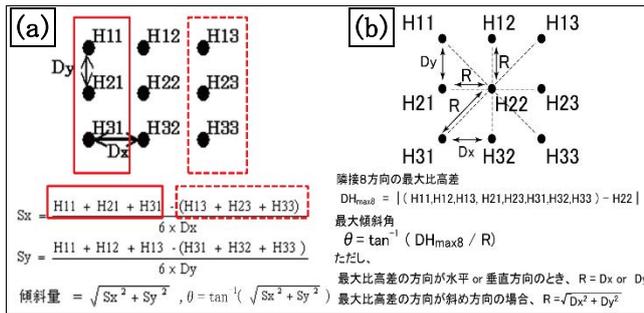


図-2 傾斜量(左図)¹⁾と隣接最大傾斜度(右図)の求め方

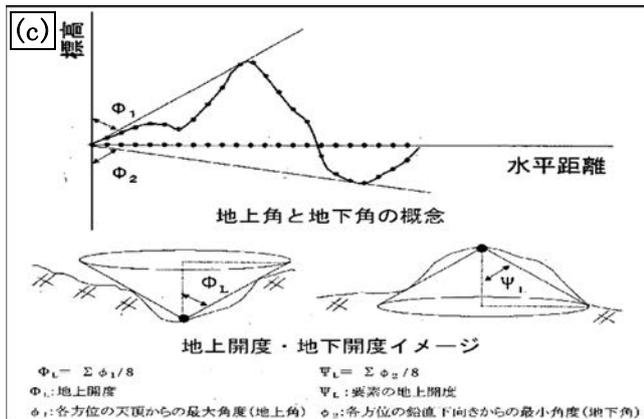


図-3 地上開度と地下開度の求め方²⁾

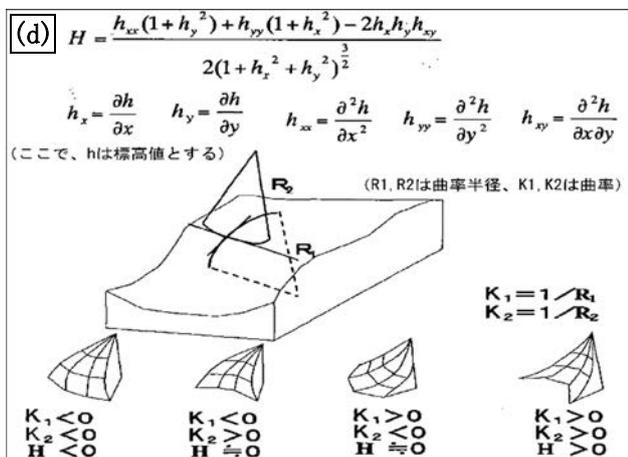


図-4 平均曲率の求め方²⁾

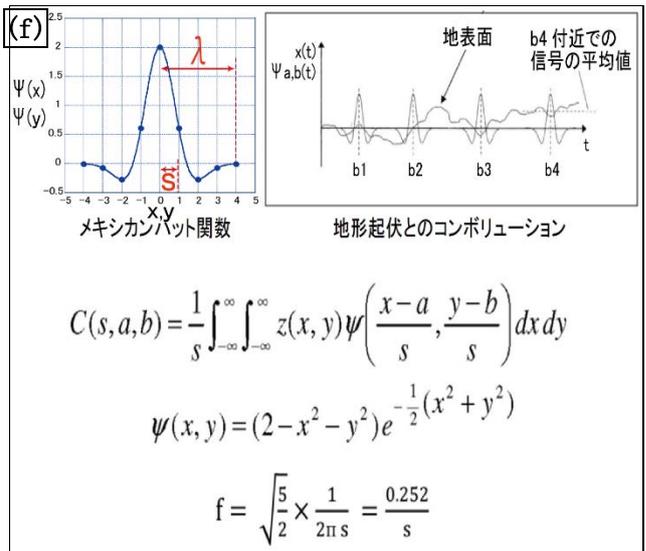


図-6 ウェーブレット解析値の求め方³⁾

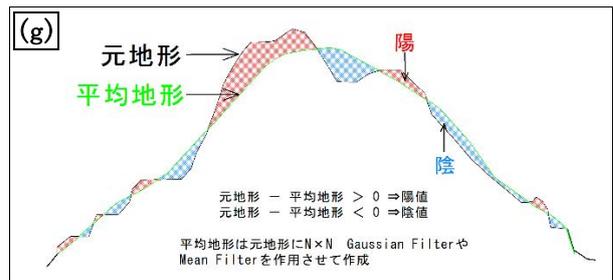


図-7 陰陽値の求め方⁴⁾

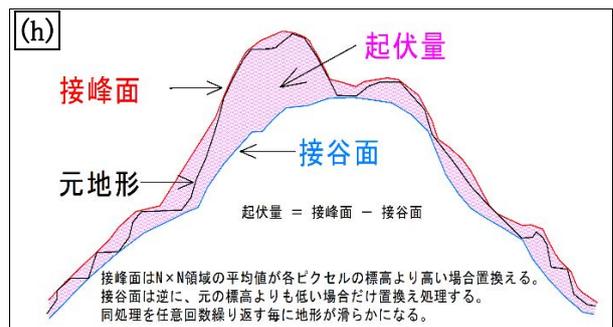


図-8 起伏量の求め方⁵⁾

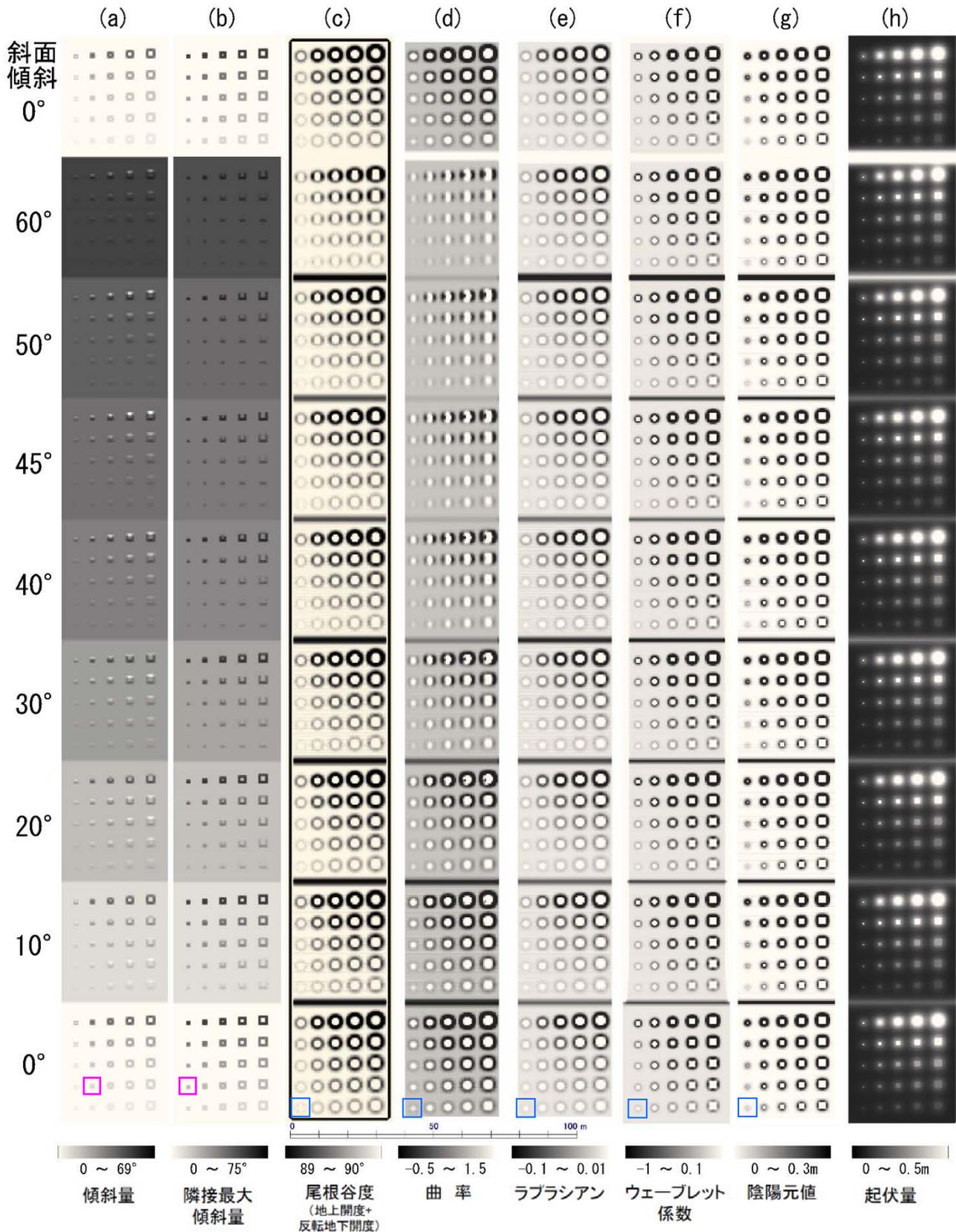


図-9 斜面上に配置した模擬地物が各種空間フィルタ (a 傾斜量図, b 隣接最大傾斜度図, c 尾根谷度図(地上開度+反転地下開度), d 曲率図, e ラプラシアン解析図, f 陰陽元図(平均地形一元地形), g ウェーブレット解析図, h 起伏量図(接峰面-接谷面)) によって強調された状況の比較。傾斜で見ると大きさ 0.5~1m 角, 比高差 0.2m、凹凸で見ると大きさ 0.5m 角, 比高差 0.1m の模擬地物の存在が判読できる (前者図中の桃色枠・後者図中の青色枠)



図-10 炭焼窯跡とその前面のマウンド状の地形

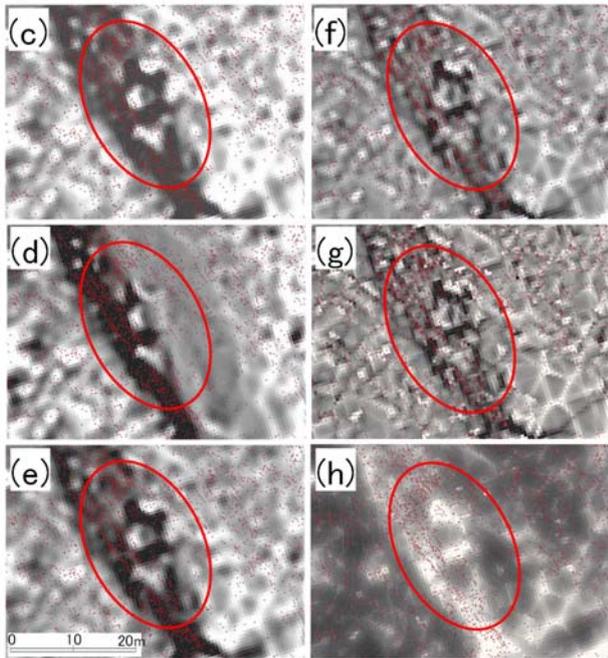


図-11 凹凸を強調するフィルタの比較 (炭焼窯跡周辺)

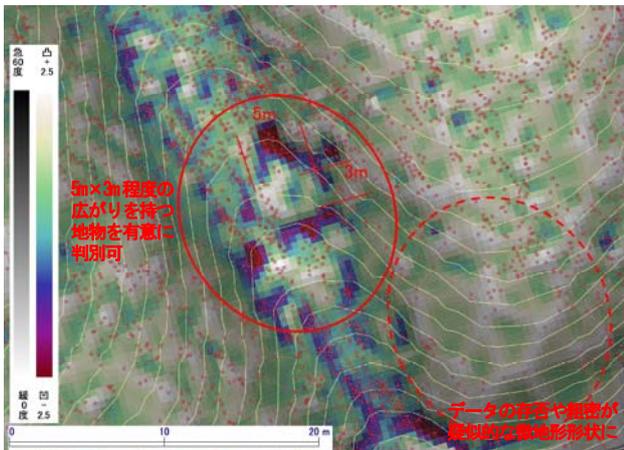


図-12 微地形強調図 (フィルタ a と f を適用後に色相を割当てて合成。尾根筋明るく谷部青暗く山肌緑のイメージ)。図中の1タイルが0.5mグリッドサイズ。赤ドットはグラウンドデータの存在箇所。全域に等しくデータは無い。

模擬地物とその周囲の凹凸を表現できる。ウェーブレット解析図(図9-(g))は、メッシュサイズに等しいスケールファクターのとき 9×9 グリッドのコンボリューションとなり事前の平滑処理が不要である。いずれも斜面の傾斜に関係無く、最小グリッドに相当する大きさ 0.5m 角、比高差0.1mの模擬地物が判別できる。起伏量図(図9-(h))は他と異なり凸部を抽出して凹部を表現しない。

4. 実現場での比較

山地(図-10)を実地計測して得られた0.5mグリッドのLPデータに対して、フィルタc~hを適用し地表面の凹凸の検出具合を確認した(図-11)。フィルタhによる結果を除き、実サイズ $W \times L \times H = 5 \times 3 \times 0.5 \sim 1.7$ m程度の炭焼窯の遺構やその前面のマウンド状の地形が判別できる。一方、凹凸フィルタは高感度故、バックグラウンドが平坦な模擬斜面と異なり、僅かな差でも大きく強調されたり、グラウンドデータの粗密も疑似的な微地形に誤認され得る。落石点検など微視的な用途活用する場合は、グラウンドデータの存否からグリッドデータの実質的な部分解像度をチェックしつつ用いることで見逃しや誤判定の軽減に役立つだろう。

地表の様相や微地形の判別に際しては、フィルターの差異よりも、色相を多色とし疑似的に地物との対応付け(情報量)を増やすことで視認性が上がる(図-12)。

参考文献

- 1) 神谷泉, 他: 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) 内田太郎, 他: 地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料 第204号, November 2004.
- 3) 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.
- 4) 秋山幸秀, 他: 微地形表現に優れた陰陽図: 地図45(1), 37-46, 2007.
- 5) 鈴木敬子, 石川剛: 多重光源陰影と斜照法疑似陰影による地形表現に関わる研究—武蔵野山地における例—, 先端測量技術 No.109, 34-41, 2017.
- 6) 横山隆三, 他: 開度による地形特徴の表示, 写真測量とリモートセンシング 38(4), 26-34, 1999.
- 7) 千葉達朗, 鈴木雄介: 赤色立体地図—新しい地形表現手法, 応用測量論文集 15, 81-89, 2004.