

有珠山の火山活動に伴う地形計測におけるレーザープロファイラの活用と技術の展望

北海道大学大学院 理学研究科 教授 岡田 弘
朝日航洋(株) 空間情報事業本部 正会員 ○大塚正幸
同 高貫潤一・藤原輝芳・山本 岳史

1. はじめに

人工衛星による地球計測をはじめリモートセンシング技術における最近の進展は著しい。とりわけ空中レーザープロファイラによる細密な三次元数値地形情報の取得技術は、計測機器の改善とGPSおよびIMU(慣性航法装置)を駆使した正確な空中位置検出技術に裏付けられて飛躍的に進歩を遂げ、すでに実用の域に達している。有珠山の噴火直前から鎮静にいたるまで、逐次実施された詳細地形と地形変化量の計測は、今回噴火のメカニズム解明^{*1)}のみならず、噴火に伴い発生した火山泥流の堆積や、土砂移動の経過の追跡に活用された。^{*2,3)}災害発生以前に得られた航空レーザー測量による詳細な三次元数値地形図は、火砕流や泥流の流下経路等の予測を正確に予測するハザードマップの作成基図等として活用されるばかりでなく、地形や構造物に関するデジタル情報は、構造物の設計や施設管理等の一般的な測量への適用性を有し、公共測量への展開も指向される段階にある。^{*4)}本稿では、有珠山における反復計測に基づく火山地形の判読と変化量解析の事例を紹介するとともに、レーザー計測によって得られる詳細三次元数値地形情報が、広く土木分野全般へ展開されるべき方向性を示す。

2. レーザープロファイラによる計測(地表測量)の特徴

1) レーザープロファイラの計測原理: レーザープロファイラによる計測技術については、参考文献^{*2,3,5)}等に詳述されているが、略言すれば航空機から照射するレーザービームの各スキャン方向角および反射波の到達時間を、各時における機体の正確な位置と姿勢情報に同期させることにより、受信ビームの各地上反射点を座標データとして取得するものである。取得データの密度は、レーザーパルスの発射回数・スキャン回数・角度(幅)、ビーム拡散角度等各メーカーの機器性能に依存するほか、計測高度、飛行速度等計測条件に比例する。有珠山の計測に用いた搭載機器の仕様を表-1に示す。

表-1 ヘリ搭載型レ-ザ-プロファイラの仕様

仕 様 項 目	仕 様
レ-ザ-発射回数	25,000Hz
スキャン回数	25Hz
スキャン角度	22.6°
スキャン形状	矩形、三角波
受信モ-ド	First, Last
ビ-ム広がり角度	0.25°, 1.2mrad
サンプリング量	1000点/scan
地上分解能	25cm (V=45Km/h)
測距精度	0.15m
座標精度	<対地高度/2000
照射角度精度	0.05° (POS)
飛行高度	150~1000m
飛行速度	60~150Km/h
レ-ザ-放射レベル	クラス4
波長	1064nm (ND:YAG)

- 2) 計測精度について: 計測精度は高さについては使用レーザーに依存する距離計測誤差が15cm程度である。水平方向については対地高度に比例し1/2000程度、実際にはこれらに航空機的位置および姿勢の検出誤差がGPSによる時間・位置計測誤差に関連して加わるので、期待される成果はおおむね30cm程度と考えてよい。しかしレーザー計測によって得られる測点密度(10m²当り最大約50点)から作成される地形図は、遷急線など微細な地形変化点を含め、立体的に地形を表現するうえで十分な効果が期待できる。
- 3) 地表面データの特長: 航空写真測量と同様、レーザー計測でも特に地上に樹木が繁茂している場合、真のDTM(地表面数値地形モデル)を得ることが難しかった。最近の機器では1パルスごとに最初の反射波=ファーストパルス(樹冠付近)と、枝間を抜けて最も地表面付近まで到達したラストパルスの入射時間(=距離)とを分離取し、両計測値から、地表データの選別処理を経て精度の良いDTMが作成される。図-1に樹林地帯でラストパルスを用いて得られた地上の計測点密度を事例として示した。各点の高さデータをもって等高線を描くことにより、樹下に隠された微地形を表現することができる。

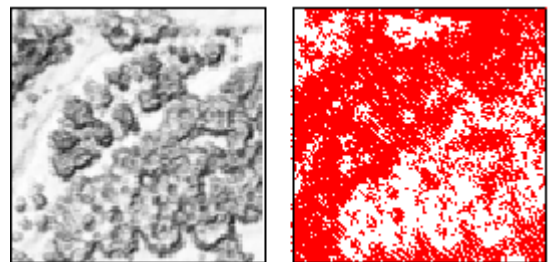


図-1 ラストパルスによる地表計測点群(右)

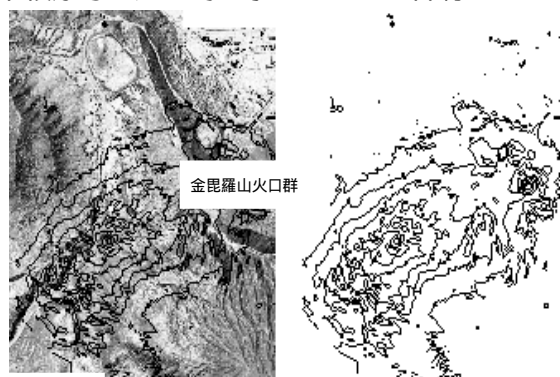
3. 有珠山における地形計測結果の活用

有珠山のレーザー計測による陰影図を、航空写真と対比して図-2、図-3に示す。陰影図では再生された森林の

キーワード: レーザープロファイラ、レーザー計測、航空レーザー測量、DTM、三次元数値情報、有珠山噴火

連絡先: 〒170-6070 東京都豊島区東池袋3-1-1 サンシャイン60 朝日航洋(株)空間情報事業本部 TEL:03-3988-1013 FAX:3988-4578

中に 1910 年明治新山の噴火活動の痕跡地形が明瞭に認められ、西丸山では新たな小噴火口の地形情報が検出された。図-3および図-4は噴火寸前と噴火約1ヶ月後における二時期の計測の対比である。西山噴火口を中心に最大 65mに及ぶ山体の隆起の中心とその分布から地下のマグマの隆起容積やその移動方向が明らかになった。^{*1)}また、随所に発生した噴火口や泥流発生痕跡が生々しく、泥流で流失した橋や埋没した建造物が識別できる。これら二時期計測の数値データの差分を表現することによって泥流の分布や、数 10cm の堆積厚等を定量的に求めることも容易にできた。



西山火口群

図-4 有珠山陰影図（右=噴火後1ヶ月間の隆起 10m コンタ）



図-2 有珠山航空写真（噴火直後）

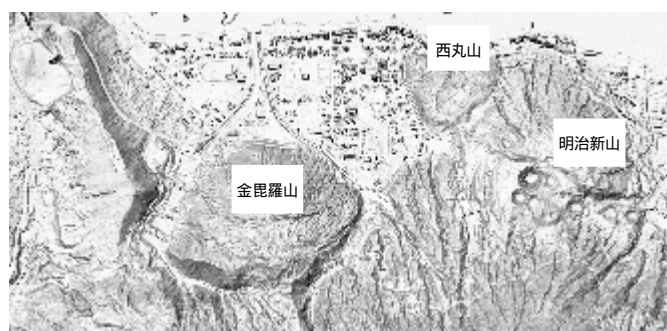


図-3 有珠山陰影図（噴火直前）

図3、図4：独立行政法人土木研究所資料

4. 航空レーザー測量活用の利点

遮蔽率の高い広葉樹林・竹林・笹藪や急崖地では、レーザープロファイラが捉える地表データの取得密度が薄くなるため、現状ではある程度データ密度の低下は避けられないとしても、高密度のDTMが得られる航空レーザー測量は、以下の特長により今後さらに広い分野において新たな活用の可能性を有する情報技術であるといえる。

- 1) 広域地形データを短時間で大量に計測できること。
- 2) デジタルデータからは断面・体積等の定量表現や各種解析が容易にできること。
- 3) 数値データは搬送性に優れ、同時共用・保存ができ、管理資料に適していること。
- 4) 災害発生時など危険な地上を避けて空中から迅速に、現況と変化の状況把握ができること。
- 5) 図化担当者の訓練度や恣意的な表現の異差を排除し、再現性の高い地形データが機械的に作成されることである。

細密な測点群による微地形表現や、三次元数値地形情報の取得とともに、航空レーザー測量が最も得意とする多時期計測の数量比較において、この再現性の高さが信頼性を保証する重要な要素である。

5. おわりに

レーザープロファイラで取得された数値データはGIS、CALSE等施設の管理のIT化という次代の趨勢に適うものである。今後、土木構造物の計画、設計、周辺環境変化のモニタリングを含めた施設管理等に必要な基盤情報の取得技術の改良と、解析手法に工夫が重ねられて適用範囲が拡大されることを期したい。

参考文献：*1)岡田弘他、空中レーザー地形測量の火山学における有用性、2001.10.18、日本火山学会周期大会予稿集

*2)仲野公章、土砂災害監視技術の動向と今後の課題、2002.1.25、土木研究所講演会講演集 *3)仲野公章他、2000年有珠山噴火時におけるヘリコプター搭載レーザースキャナーによる地形変化測定、砂防学会誌 vol. 53-6

*4)佐藤潤、レーザー計測の公共測量への展開、日本写真測量学会「画像による三次元計測」講習会、2001.11.20

*5)木村幸吉、レーザー計測による高密度測量、測量(日本測量協会誌)、1998.10 *6)秋山幸秀、空中レーザー高密度地形計測の治山事業における活用法、1997.11.30、第37回治山研究発表会論文