

大規模土工工事の施工管理への空中レーザー計測の適用の試み

朝日航洋(株) 空間情報事業本部 正会員○大塚正幸
 同 地図コンサルタント事業部 フェロー会員 西 満幸
 同 開発事業部 理学博士 秋山幸秀
 同 計測コンサルタント部 八木鋼治

1. はじめに

リモートセンシングの一手法である航空機に搭載したスキャニング方式の空中レーザーによる、数値地形計測（レーザープロファイラ, LiDAR と云う）は、2000 年 3 月有珠火山において実効をあげて¹⁾から現在に至るまでに、土木分野における適用機会は着実に増加し、土砂災害防止のための危険斜面の概要調査や、河川における氾濫域調査等のための基本データ取得等の実務への適用が期待される。空中レーザーを用いて地表面の三次元座標値を取得する手法に関する原理的な解説は、すでに普遍化された技術としてここでは説明を省略するが、詳しくは関連文献を参照されたい^{2), 3)}。

筆者らはレーザープロファイラの利用価値の第一は、複数・重複取得で得られる地形データの差分解析にあるものとして、さきに土木施設・構造物のモニタリング手法についての提案と事例紹介を行った⁴⁾。今回はそのうち比較的新しい試みとして、大規模土工工事の施工管理に適用した事例を速報的な形で紹介する。

2. 空中レーザー計測による変化地形の計測

過去、有珠山における計測では噴火当日、1 ヶ月、6 ヶ月後の反復計測により最終 85m に及ぶ山体の隆起を捉え、地下マグマの活動動向を追跡して、火山活動の動向監視に有用な情報を得た¹⁾。このときの計測では残念ながら、地殻変動と残雪のために実用的な解析には至らなかったものの、噴火活動前の無雪期に基礎地形データが得られていたならば、火山灰堆積厚の分布を 10cm 程度の変化量として測定できるとの評価を得ている³⁾。レーザー計測で得られる各点の高さの精度は 15cm が限界（平面 30cm 程度）とされるが、高密度のデータが得られる計測条件であれば、平均化によって数値精度が上がることによる。また、変化量比較のためには当然、一回ごとの計測の再現性が保証されていることが前提条件である。再現性については前述の参考文献⁴⁾にて言及しており、0.1m 程度の地盤高の変化が把握できるならば、河床変動調査や、大規模土工工事の出来形管理など、航空機による機動的なレーザー測量成果を広く活用する分野が考えられる。

3. 大規模土工の管理上の問題

レーザー計測の利点は、ダムや土捨て場のような複雑な傾斜をなす原地形を、立体的かつ正確・効率的に計測できることにある。通常、地上測量による横断面を延長方向に重ねて容量を計算する手法がとられるが、効率上の問題から測線間隔は制約されるため、急峻な谷部の横断測量自体はセンチメートルの精度で測量できても、複雑な地形の変曲点を確実に押さえて、縦断方向の計算数量誤差を少なくすることは非常に困難である。これに対して、屈曲した流域や急傾斜斜面では、0.1m オーダーの精度を擁した測点密度 1m の空中レーザーで得られる DTM（地表面数値地形モデル）のほうが、トータルな容積算定としては、より効果を発揮すると考えられる。最近の試みとして、大規模造成等広域で実施される切取・盛土工事に GPS を搭載した工事用車両を投入して、地上走行軌跡の座標を追尾・蓄積する特殊なシステムも考案されているものの、ほとんどの場合、長大な測線と多くの人手を必要とする地上測量に頼っている。

航空機による数値計測では、当初地形と最終造成形状地形図の差分から立体的な変化を簡単に算出が可能であり、また、必要により途中段階の計測を実施して造成数量のチェックや、造成計画の変更が容易にできる。

4. 空中レーザー計測を適用した大規模土工の施工管理実施事例

日本海を眺める比高 100m を超える起伏に富んだ 71ha の丘陵地に上越市土地開発公社により谷浜地区都市公園整備事業が進められている。3 年の工期間に 715 万 m³（地山）掘削を行う大事業であったが、大部分が切取りとなって発生する土砂は、仮設栈橋から土運船により海上輸送し直江津港埋立て事業に転用するため、正確な数量を把握する必要があった。

計測は従来仕様の毎秒 25000 パルスの機種¹⁾を用いて 1m の計測点間密度を得るように、固定翼機により高度 5～600m、速度 72km/h の計測条件で実施した。計測成果は全域 4 ブロックを 20m グリットに細分し図-1 に示したように、地表面

キーワード：リモートセンシング、レーザープロファイラ、レーザー計測、DTM、大規模土工、施工管理

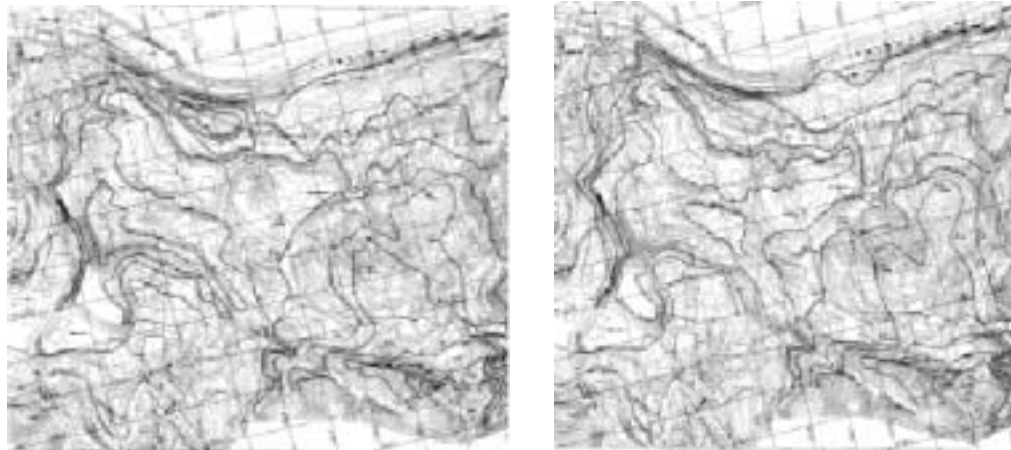
連絡先：〒171-0022 東京都 豊島区 南池袋 2-49-4 朝日航洋(株) 空間情報事業本部 TEL:03-3988-5073 FAX:3988-9591

の等高線図(DTM)に地質柱状図に基づく地下の想定岩種区分境界を重ね、**図-2**に示す方法で期間中の土砂搬出量を算出した。工事期間内に計5回の計測を実施しているが、成果作成までの作業工程は各計測日よりおよそ1週間であった。

5. まとめ

図-3に着工当初と造成完了後のレーザー計測成果を陰影図イメージで比較を示した。計測ごとに得られたDTMは、造成形状の確認と設計変更に有用な資料を提供し、当初計測と最終計測結果もよく整合していると考えられたが、計測当事者としては、施工段階で判明した岩盤種別等の変更情報に基づく修正が可能なプログラムの開発や、地下岩盤区分境界の解りやすい立体的表現の工夫が必要と考えられる。

本稿の発表にあたり、上越市土地開発公社ならびに清水建設・熊谷・福田・田中共同企業体はじめ関係者に多大のご協力を頂いたことに深甚の謝意を表すとともに、今後とも引き続きご指導をお願いするものであります。



表土-軟岩 I の境界等高線

軟岩 I - 軟岩 II の境界等高線

図-1 原地形のDTMと想定岩盤高

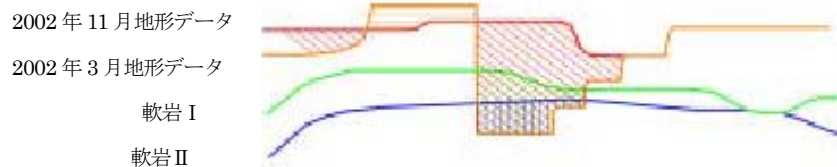


図-2 土砂変動量計算方法 切土・盛土の計算模式

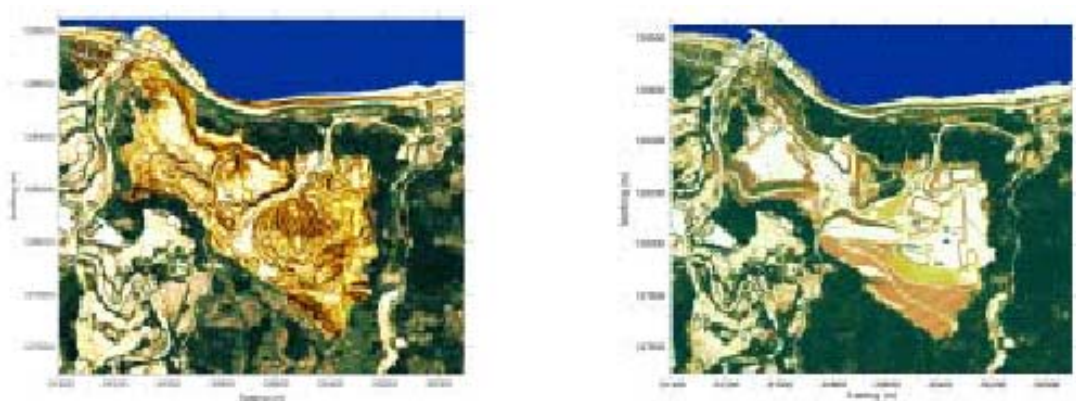


図-3 空中レーザー計測に見る変化（陰影図イメージ）1999. 7/2004. 9

参考文献

協力資料提供：上越市土地開発公社、清水建設・熊谷・福田・田中共同企業体

- *1) 岡田弘他, 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, 2002. 9, 土木学会第 57 回年次学術講演会 CS6-003
- *2) 秋山幸秀, 航空機搭載型レーザー測量システム ALMAPS(アルマップス), 1999. 北海道土地改良設計技術協会誌, 第 13 号
- *3) 仲野公章他, 2000 年有珠山噴火時におけるヘリコプタ搭載レーザースキャナによる地形変化測定, 2001. 3, 砂防学会誌 vol. 53-6
- *4) 大塚正幸他, 空中レーザー計測を用いたモニタリング技術の土木分野における活用, 土木学会「土木新技術シンポジウム」, 2004. 07