

砂防エンジニアリング株式会社 大石道夫, 前海眞司, ○ 鈴木隆司  
 朝日航洋株式会社 高 泰朋, 長嶺 達  
 国土交通省新庄河川事務所 佐藤一幸, 佐藤信男, 栗田弘行

## 1 はじめに

筆者のうち大石は、流域の荒廃特性とこれに由来する土砂移動特性に基づく「新たな砂防調査・計画の基本的な考え方」<sup>1)</sup>を提唱した。この手法は空中写真判読による微地形解析から出発する。この微地形解析では空中写真判読によって得た微地形情報を地形図に移写し、微地形分類図に表現して地形発達史的な検討を行ってきた。一方、近年開発された航空レーザー計測技術は微細な地表の形状を表現することができ、同時に撮影される画像や同一地区の空中写真の判読と併せて解析するとより多くの情報取得が期待される。現在、航空レーザー計測を利用した斜面微地形分類<sup>2)</sup>や崩壊地等の危険斜面抽出<sup>3)</sup>などへ適用する研究が進められている。

本発表は、従来の微地形判読手法に航空レーザー計測技術の特長を利用することにより、流域の荒廃特性とこれを反映する土砂移動特性がどれだけ質的にまた量的によりよく詳細にかつ少ない個人差で抽出できるかを検討した事例を示すものである。また、解析結果の判りやすい表現方法についても紹介する。

なお、本検討で比較対照した微地形分類図は平成11年7月に林野庁が撮影した空中写真を判読したもので、航空レーザー計測図は平成12年11月に作成されたものである。

## 2 検討対象地域

検討対象区域は、国土交通省新庄河川事務所管内の最上川水系立谷沢川流域左支川にござり沢である。にござり沢を含む立谷沢川上流域は、変質の進んだ新第三紀火山岩類の基盤岩を第四紀の月山火山噴出物が覆うキャップロック構造を呈していて、地すべり地形が広く分布しているのが特徴で、平成5年6月には総移動土砂量約490万m<sup>3</sup>の地すべりがござり沢左岸で発生している。

## 3 航空レーザー計測の特徴

### (1) 計測システムの仕様と出力図

レーザープロファイラーを用いた地表地形の計測原理の詳述<sup>4)</sup>は控えるが、その概要是高速スキャニングレーザー波を航空機から地上に向けて照射し、反射時間と方向角度を時々刻々の機体位置情報とともに処理することにより、地上反射点の各位置座標を取得するという三次元精密計測法であり、次の特長をもつ。

- ① 計測点ごとに最も遠方(地表面付近)まで到達した反射波(Last pulse)を分離・抽出し、空中写真では判読不可能な樹冠下の地表面地形を計測することができる。
- ② 成果は空中写真測量と異なり、地表面地形は機械的処理によって作成されるので、作業員の熟練度に左右されることがない。
- ③ 図化コストが安く、再現性が高い。
- ④ 低コストという点は土砂移動現象発生直後の地形変化量を手軽に計測できる環境をつくる。
- ⑤ 三次元デジタル基本データは、等高線図や視覚的補助としての陰影図や鳥瞰図に出力して利用できるほか、断面図や傾斜分布図などの加工、あるいは地質図や微地形判読などの他の情報(データ)との併用により崩壊危険区域の抽出などの解析に利用できる。

### (2) レーザー計測の精度

計測点間隔はレーザーの発射頻度やスキャン幅等の機械的性能のほか、機材搭載機体の飛行高度、速度等に依存する。ヘリコプター搭載の場合、最大30cmの密度で地表の座標値情報を得て、最小等高線間隔が50cmの図を提供した事例もある。

計測精度は、高さについては使用レーザー波長によって固有の距離計測誤差が15cm程度、水平方向については測角および機体の位置・姿勢の検出誤差にGPSによる測位誤差が加わるので、対地高度に比例して1/2千程度であり、実際に期待できる精度は通常30cm程度と考えてよい。図-1に従来の空中写真測量とレーザー計測によるそれぞれの地形図を比較して示した(他地域の事例)。レーザー計測図に河床の堆積土砂や渓岸の崖

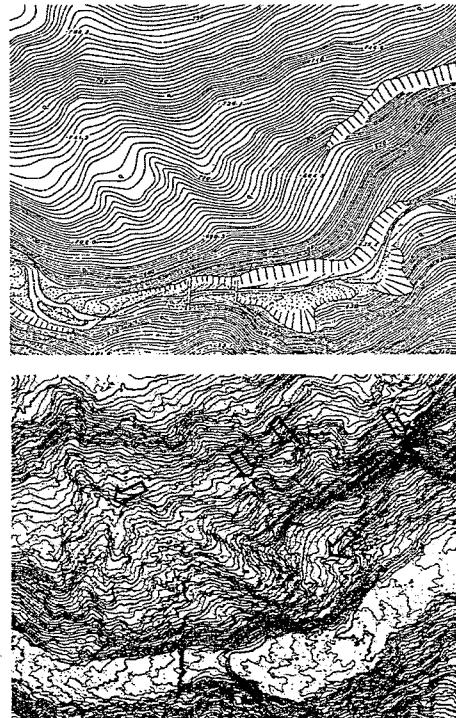


図-1 従来の地形図と航空レーザー計測等高線図の比較(縮尺1/5,000から縮小)

地、遷急線、ガリーの位置、崩壊地形など数多くの情報が表現されていることがわかる。一般的には、レーザー計測によって得られる地形図は、遷急線などの地形変化点や滑落崖などの詳細微地形判読に必要な情報を十分に表現することができると考える。

#### 4 既存地形図を詳細微地形解析へ利用する上での問題

微地形要素を判読・抽出するには、縮尺1/数千から1/4万程度までの空中写真を判読する手法が、現在のところ最も実用的である。判読した微地形要素は、広域については縮尺1/2.5万の地形図に、その中の重点整備地域について詳細微地形解析を行う場合には縮尺1/5千程度の大縮尺地形図に移写している。しかし、一般に山地地域では、等高線によって表現される地形は樹木で覆われている地表形状を表現しており、詳細な判読内容を移写するには地表面の微妙な地形が表現されていなかつたり、表現上の精度が不十分であつたりする短所があつた。

#### 5 レーザー計測出力図を利用した場合の詳細微地形解析におけるメリット

航空レーザー計測によって作成した等高線図は、これまでに詳細微地形判読の成果に用いてきた縮尺1/5千から1/1万の地形図(航測図化)に比べて地表の微細な凹凸を表現している。そのため空中写真判読において、判読者に微地形要素の特定を容易にさせる情報を与える。また、判読時には視覚的補助となる陰影図も利用できる。ここでは、実際の微地形解析(判読)作業を通じて得られた航空レーザー計測出力図の得失について整理する。

##### (1) 等高線図(図-2)

小崖や滑落崖に関しては微細なものも抽出され、表現することができる。また、小崖の落ちた方向も表現できるため、不安定な斜面の位置と範囲の推定が可能となる。遷急線・侵食前線に関しては、谷に沿う遷急線が表現できた。このことにより、侵食の進行具合、土砂生産の活発度が推定できる可能性がある。崩壊跡地形、地すべり地形、崖錐、扇面の凹地形などの微地形も等高線図から抽出できる。

##### (2) 陰影図(図-3)

投光の具合によっては小崖、ガリーがよく判るので、不安定な斜面の位置と範囲の推定が可能となった。流水による侵食や崩壊は崖がシャープなので陰影図から判断しやすい。過去の空中写真と比較して、いつ、どこが崩壊したかの時系列に把握できる。一方、陰影図作成のための投光の具合によって、情報の取得に差が出てくることも考えられ、対象としている区域に合致した出力でないと効果が望めない。

##### (3) 微地形分類図のわかりやすい表現方法

等高線図や微地形判読要素とオルソフォトを重ねて地形関連情報を表現したり、三次元デジタルデータを鳥瞰図に表現して微地形要素と重ね、視覚的に表現したりできる。これらは微地形解析結果から砂防施設配置計画を検討する場合などに判断を助ける補助資料となる。また、従来の空中写真判読図に上記(1), (2)で述べたような詳細な情報が加わることによって、砂防計画を検討する上で土砂移動現象に関する質的・量的な情報が増えるので、より確実度の高い微地形の変化(土砂移動現象の予測)の見通しがつき、砂防計画に寄与するものと考えられる。

#### 6 まとめと課題

上記で整理した航空レーザー計測の長所を詳細微地形解析に取り入れることにより、流域荒廃特性を反映させた砂防計画へのよりよい展開として、今後 1) 的確な土砂移動現象の予測、2) 崩壊や地すべりなど土砂生産危険箇所の抽出、3) 土砂生産・流出ポテンシャルの評価 などが可能となると考える。同時に現地での検証事例を増やすことも必要である。

参考文献；1) 大石道夫(1999)：砂防学会誌, 52-2, p. 1-3 2) 例えば、市川清次ら(2002)：APERIF 公開シンポジウム論文集, p. 245-262  
3) 例えば、千木良雅弘(2002)：APERIF 公開シンポジウム論文集, p. 65-78 4) 例えば、木村幸吉(1998)：測量, 10, p. 17-24

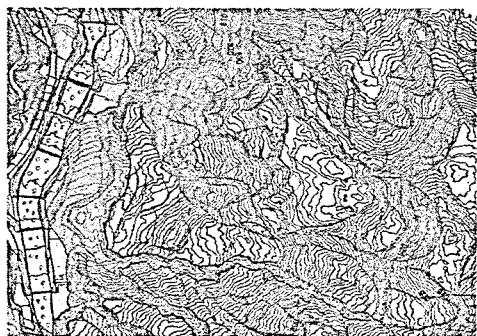
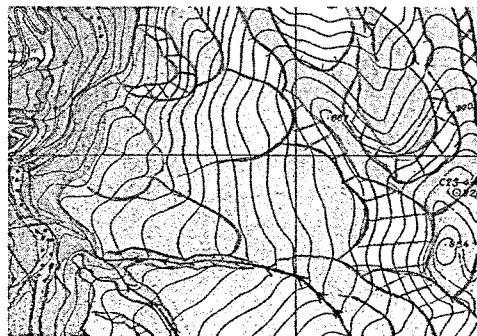


図-2 詳細微地形分類図の事例  
(縮尺 1/5,000 から縮小)



図-3 にごり沢の陰影図(縮尺 1/5,000 から縮小)