

微地形解析の精度向上についての事例研究

砂防エンジニアリング株式会社

○深澤 浩, 渡部 真, 大石道夫

1 はじめに

微地形解析は、砂防分野において土砂生産の兆候や土砂移動の痕跡を示す地形、不安定土砂の堆積地形等を抽出することにより流域の荒廃特性や土砂移動履歴を明らかにし、土砂移動予測を行うための解析である。その微地形抽出の方法は、主に空中写真判読によって行われてきた。しかし、写真判読は植生や陰影の影響により判読精度に制約があり、写真の縮尺、色（白黒・カラー）、撮影時期、対象の写真内の位置により見え方が異なるという問題点がある。一方で、近年の航空レーザー測量は植生下の地表高度を正確に計測することができるため、これを利用して前述の空中写真判読の欠点を補うことができ、土砂移動に関わる微地形の解析精度を飛躍的に向上させることができるようになった。そこで本研究では、航空レーザー計測による等高線図（以下「航空レーザー地形図」という）を用いて、空中写真のみの判読では抽出が困難であった微地形要素を読図することにより、荒廃特性解析の精度を向上させた事例を紹介する。

2 航空レーザーデータを用いた従来の研究

航空レーザーデータ解析に関する既往研究を分類すると、下記①～⑤のとおりとなる。

- ①地形認識：地形を正確に把握することにより、湛水や氾濫を予測する基礎データとする。
- ②植生解析：複数パルスの比較により、樹高や林相を推定する。
- ③複数時期比較：複数時期の高度の差分を求めることにより、地形変化（侵食・堆積）や積雪深を推定する。
- ④自動抽出：崩壊地、開析前線、溪床堆積地などを自動抽出する。
- ⑤地形読図：地すべり、崩壊跡地、大規模崩壊の前兆的な地形、火山地形などを読図する。

従来の「地形読図」に関する研究（上記⑤）は、地すべり地形など特定の地形種を対象としたものが主体であり、流域内の土砂移動に関わる微地形全般を対象とした事例は少ない。

3 航空レーザー地形図を用いた微地形の抽出

土砂生産源である山地斜面の微地形と、不安定土砂の滞留域である山地河道の微地形について、また、頻度は低いが大規模な土砂生産をもたらす深層崩壊の前兆地形について、航空レーザー地形図の読図による抽出事例を示す。

3.1 山地斜面に関わる微地形

山地斜面に関わる微地形について航空レーザー地形図を用いた読図からは、①複数列の傾斜変換線（遷急線、遷緩線）、②露岩あるいは崖地、③崩壊地（崩壊跡地含む）、④崖錐などの堆積地形、⑤一次谷源頭部の谷頭凹地や遷急点などが、空中写真判読に比べ詳細かつ明瞭に抽出できる^{*1, *2}。図1の事例では、傾斜変換線が3段に分類される。下部斜面（下図）にある遷急線Ⅰ内に分布する露岩、崩壊跡地は、空中写真判読により抽出困難な微小地形である。上部斜面（上図）の遷急線Ⅱ内にある崩壊跡地輪郭は、写真判読では一連の遷急線として見なされがちであるが、航空レーザー地形図を用いると、等高線配列パターンより明瞭に遷急線と区別することができる。

また航空レーザー地形図読図は、崩壊地の拡大予測精度を高めることができる。図1下図の崩壊跡地の上方斜面が崖地・露岩であることが読み取れるため、拡大しない崩壊地と判断できるが、図1上図の崩壊跡地は、跡地上方の遷急線Ⅲまでの間に、一般斜面（非岩盤）が存在するため、再崩壊する可能性が高いことが予測される。なお、空中写真判読からはこのような判断は難しい。

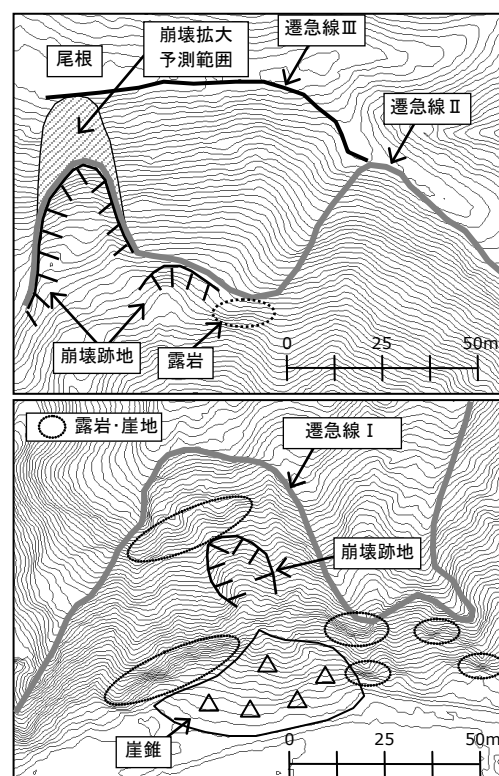


図1 山地斜面上の遷急線と崩壊地

上図：斜面最上部（図の上側が尾根）

下図：斜面最下部（図の下側が溪床）

□等高線間隔 1m の航空レーザー地形図

3.2 山地内河道に関わる微地形

筆者らの既往研究^{*3}では、山地内河道における航空レーザ地形図の読図により、空中写真からは判読困難な、①人工構造物、②土石流堆、③溪床土砂移動跡、④現流路、⑤段丘崖が抽出できることを示した。本稿ではさらに、等高線配列の読図より河床材料や土砂堆積区間の推定が出来る可能性のあることを示した。

図2の事例では、左図のコンクリート流路工下流の拡幅区間に読図より“クリンカー形状を表現している等高線”や“円状に閉じた等高線”などが読図でき、現地との照合により火成岩よりなる巨礫の堆積域であることがわかった。同じく右図の上流区間では、2段ある土石流堆の直上流区間に“等高線の乱雑な配列”をなす拡幅部があり、全体的に下流方向へ凸状に張り出すような等高線配列より河床堆積物が上下流より比較して厚く堆積している区間と判断できる。これらの微地形は空中写真では判読困難である。

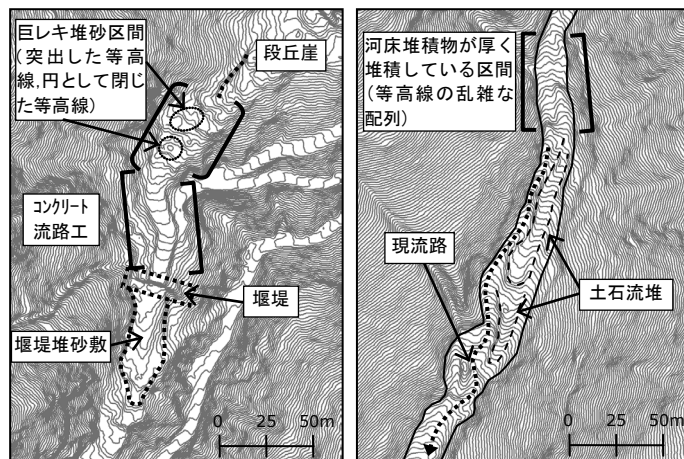


図2 巨礫堆積区間(左)と上流土砂堆積区間(右)
□等高線間隔1mの航空レーザ地形図

3.3 深層崩壊に関わる微地形

体積 10 万 m^3 を超えるような崩壊では予め前兆的な地形が認められることが知られている^{*4}。また、深層崩壊マニュアル^{*5}では、深層崩壊に関わる微地形要素として岩盤クリープ斜面、地すべり地形などが挙げられている。前兆的な地形は空中写真やDMでは抽出の困難な場合があるため、航空レーザ地形図による読図が効果的である。

図3に読図事例を示す。左図のDM地形図では、上部(図の上側)の急斜面と下部のやや緩傾斜の斜面、ガリーなどが認められるが、特に深層崩壊の危険箇所とは認識できない。中図の航空レーザ地形図では、上部の滑落崖と側部のクラックに囲まれた不安定斜面が明瞭に認識できる。末端部には、はらみ出しによる緩斜面と小ブロックが認められる。DMではこれらの部分は崖錐のようにも見え、地形種の特定が困難である。航空レーザ地形図から当該斜面は岩盤クリープ斜面または初生地すべりと読図される。側部クラックは下部で不連続に深くなっており、ガリー侵食が生じていると推定できる。以上のことは、深層崩壊の危険性を判断する有力な資料となる。

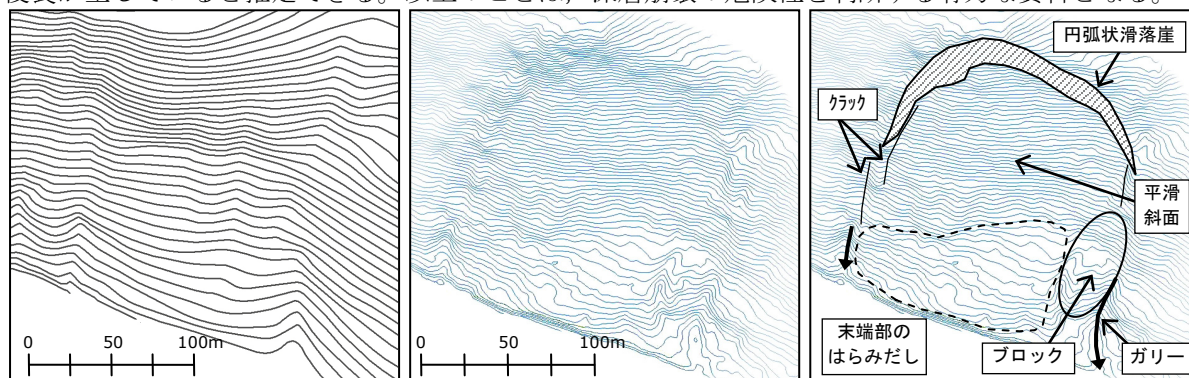


図3 深層崩壊の前兆的な地形の把握

左図：等高線間隔2mのDMデータ，中図：等高線間隔1mの航空レーザ地形図，右図：予測される深層崩壊発生範囲

4 おわりに

新鮮な表層崩壊地の抽出において、植生を抽出指標とする場合には、航空レーザ地形図よりも空中写真の判読の方が抽出しやすい。また、広範囲の土砂移動現象を把握する場合には、空中写真により全体を把握した上で、必要箇所について航空レーザ地形図により詳細な抽出を行なうことが効果的である。したがって微地形解析においては、空中写真判読と航空レーザ地形図の読図を併用して作業を行うことが必要である。

^{*1} 日本応用地質学会応用地形学研究小委員会編(2006)：応用地形セミナー空中写真判読演習，古今書院，217pp.

^{*2} 鈴木隆介(2004)：建設技術者のための地形図読図入門 第4巻火山・変動地形と応用読図，古今書院，378pp.

^{*3} 深澤浩ほか(2004)：航空レーザ計測による出力図を用いた詳細微地形解析その2，平成16年度砂防学会研究発表会概要集

^{*4} 千木良雅弘(2006)：地すべり・崩壊の発生場所予測．土木学会論文集C，vol. 62，no. 4，p. 722-735

^{*5} 土木研究所 土砂管理研究グループ(2008)：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)．土木研究所資料，no. 4115，p. 1-21