

レーザープロファイラー等高線図が土砂移動現象の把握に果たす役割

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

航空レーザー計測による等高線図（以下「レーザープロファイラー等高線図」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^{*1, *2, *5}することにより、荒廃特性解析の精度を向上させることを本学会で紹介してきた^{*3, *4}。それでは、土砂移動に関わる各種微地形の抽出による土砂量算定や微少地形要素の判読により土砂移動危険箇所を抽出して土砂移動過程を明らかにした。そこで本研究では、これまでの一連の研究や既往の航空レーザー解析の研究を基にレーザープロファイラー等高線図の判読を基にした砂防微地形分類図の凡例を整理することで、土砂移動現象把握の精度とその応用や役割について考察することを目的とする。なお、本研究は、あくまで汎用の航空レーザー計測データを解析・出力して出来るレベルの精度を保持したレーザープロファイラー等高線図を用いて読図することを基本としており、特定の解析技術を用いた出力図を意図するものではない（レーザー精度としては、0.5m～1.0m メッシュの密度程度を条件とする）。

2 レーザープロファイラ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、表 1 のようになる。⑤地形読図は、等高線や数値標高モデルから地すべりなど特定の地形種の微小地形（開口クラックなど）を判読したものが主体であり、流域内の発生から堆積までの一連の土砂移動プロセスに関わる微地形全般を対象とした事例は少ない^{*3, *4, *10}。

表 1 レーザープロファイラーデータ解析の既往研究種別

種別	内容	解析目的の例
①地形認識	湛水や氾濫を予測する基礎データ	天然ダムの越流決壊計算の入力条件設定
②植生解析	樹高や林相を推定	林相区分，流木量算出，放置林抽出
③複数時期比較	地形変化や積雪深を推定	土砂移動モニタリング，積雪深の分布把握
④自動抽出	特定対象の自動抽出	崩壊地，開析前線，溪床堆積物
⑤地形読図	特定対象の読図	地すべり，崩壊跡地，クラック，火山地形

3 レーザープロファイラー等高線図が土砂移動現象の把握に果たす役割

土砂移動現象の把握は、土砂生産源から流下・堆積に至る一連の現象に関する過程を分析する必要がある。そのためには、土砂移動に関わる微地形要素といった標準化された尺度基準により流域一帯を精査することが重要である。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、必要箇所についてレーザープロファイラー等高線図により詳細な抽出を行なうことが効果的である。

表 2 に、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、レーザープロファイラー等高線図の読図を行う場合に抽出されるべき微小な地形要素とその留意点、課題を整理した。地すべり地形については、専門的見地から詳細に研究されているので^{*7, *9}，本表では割愛したが、日本地域においては重要な土砂生産発生源である。その他に、図 1 に示すような大規模な土砂生産をもたらす深層崩壊の前兆地形^{*6}についても、レーザープロファイラー等高線図の読図により判読が容易になる。

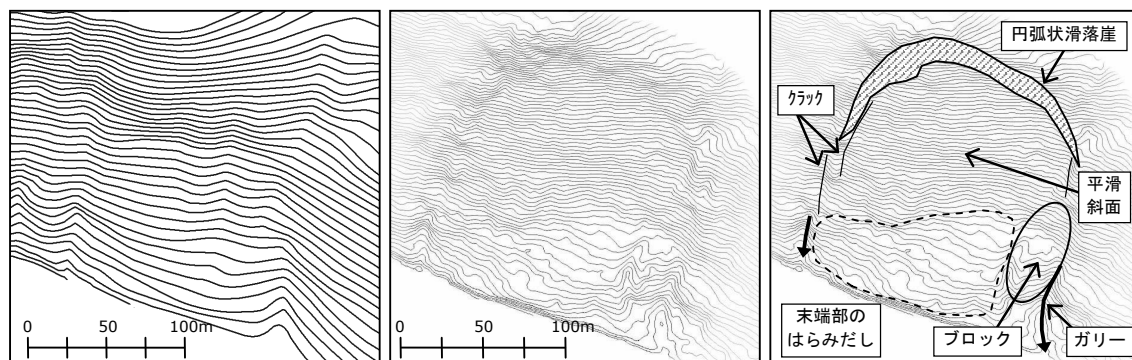
4 まとめ

レーザープロファイラー等高線図が土砂移動現象の把握に果たす役割の留意点は、以下のとおりである。

- 1) 判読に際しては、植生を抽出指標とする地形種などにおいては空中写真判読と航空レーザー地形図の読図を併用して作業を行うことが必要である。
- 2) 流域の荒廃特性および土砂移動現象を把握するためには、ある特定の微地形要素を抽出だけではなくレーザープロファイラー等高線の精度に見合った凡例の整理と読図により砂防微地形分類図の作成を行い、土砂生産から流下・堆積の過程を把握することが重要である。
- 3) 今後は微地形要素を現地確認で検証しつつ、例えば土砂移動危険箇所の微地形要素の特徴や分布構成が他地域とどのように異なるかといった、論理的な地形・地質上の説明付けがなされる必要がある。

表2 レーザープロファイラー等高線図等により抽出できる山地および溪床の微地形

地域	微地形要素	レーザープロファイラー等高線図による抽出微地形	留意点・課題
一般山地	多重山稜(小崖地形)		尾根部
	線状凹地		尾根部
	一般斜面	岩尖、露岩、急崖、根曲がりによる段差	微小な凹凸、段差が分布
	崩壊地		遷急線、侵食前線の屈曲線と混同する場合がある
	崩壊跡地		崩壊地と区別困難⇒空中写真判読と併用
	崩積土堆		ほとんどの崩壊地、崩壊跡地直下で崩積土堆が抽出できる
	遷急線・遷緩線	I, II, III, ……	幾重もの重なりが抽出できる
	侵食前線		河床に最も近い遷急線
	崖錐	崖錐面の細分(上位・下位)	ほとんどの遷急線・侵食前線直下で崩積土堆が抽出できる
		溪岸斜面の小規模な崖錐	
		崖錐の供給地形	
	クリープ斜面		地すべり地形と混同する場合がある
山地内溪床	クラック(亀裂)	開口クラック 段差クラック	
	リニアメント		非常に微小な地形、空中写真判読と併用すべき
	断層		明瞭な比高をもって線状に延びる
	人工構造物	堤長、面積などの平面諸元 堤高などの鉛直諸元	堰堤、擁壁、流路工、水力発電施設
	人工構造物の堆砂敷	満砂、未満砂	堆砂が進行している場合は基本平坦面
		土石流堆の到達	上流からの連続地形
		砂礫堆(樹木繁茂)	空中写真判読と併用
	土石流堆	側端部	
		先端部(土石流フロント)	石礫型に多い
		さらに分派した土石流堆先端	ユニットの分類
		土石流フロント上面の逆傾斜	土石流末端の判断
	土砂堆積区間	河道拡幅	流路屈曲部上流、硬岩層による狭窄部上流、傾斜変換点上流
		堆積厚(堆積上面とV字状流路底の比高より)	
		巨礫や立木の分布	閉塞した等高線
	土砂移動跡	0次谷～1次谷の急勾配溪床の二次移動	
	現流路	V字状流路	
	段丘	段丘面	
		段丘崖	現河道の側岸線(現流路の河道幅)
	崖錐		特に”溪岸斜面の小規模な崖錐”
	沖積錐	扇面の細分(高位、低位など) 土石流氾濫跡	

図1 深層崩壊の前兆的な地形の把握^{*4}

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

*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，大石道夫，鈴木隆司，福田真，中野陽子，西真佐人，柴田富士男(2004)：航空レーザー計測による出力図を用いた詳細微地形解析その2－溪流調査への応用－，平成16年度砂防学会研究発表会概要集

*4 深澤浩，渡部真，大石道夫(2011)：微地形解析の精度向上についての事例研究，平成23年度砂防学会研究発表会概要集

*5 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

*6 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

*7 今村遼平(1977)：静的地形・地質情報からの土木地質に必要な動的地質情報の把握に関する研究(Ⅱ)，応用地質，vol. 18，No. 3，1977

*8 大石道夫(2007)：山地防災と地形判読－微地形判読から砂防計画へ－，平成19年度専門課程砂防研修テキスト，国土交通大学校

*9 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(2009)：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)．土木研究所資料，no. 4150，p. 1-38

*10 斎藤義之ほか(2004)：レーザープロファイラーを用いた落石調査，第43回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp391-394