

LP(レーザープロファイラ)データを活用した 道路沿線斜面の潜在的災害危険箇所の 把握の高度化について

山内 聡¹

¹九州地方整備局 九州技術事務所 維持管理技術課 (〒830-8570 福岡県久留米市高野 1丁目3番1号)

九州地整管内の直轄国道 2,330km の沿道斜面を対象として航空レーザープロファイラ(LP)調査を実施し、今後の道路防災対策検討に活用するための数値地形データを取得し、沿道斜面から道路に影響を及ぼす可能性のある潜在的災害危険箇所を把握するためのスクリーニングを実施した。LP調査では、精細な凹凸や微地形を表現可能な計測点群密度 4 点/m²の微地形表現図を作成した上で、尾根・谷筋に囲まれた道路に影響を及ぼす範囲を単元斜面として設定し、地形判読から防災点検要領と同じ災害要因地形を抽出した。地形判読結果から、単元斜面ごとの災害要因地形の影響度と不安定度を組合わせたマトリクス評価で斜面危険度判定を行い、スクリーニングした結果、点検対象外斜面の約 15%に相当する潜在的災害危険箇所が抽出された。

Key Words: LPデータ, 潜在的災害危険箇所, 微地形表現図, 単元斜面, スクリーニング

1. はじめに

近年の地球温暖化により時間降水量 50mm 以上降雨の平均年間発生回数が 1976 年～1985 年と 2009 年～2018 年を比較して 1.4 倍となっているほか、平成 30 年 7 月豪雨など過去 10 年で 3 割のアメダス観測点(414 点)において観測史上最大雨量を更新している。また、平成 30 年度の土砂災害発生件数は昭和 57 年以降最多となる 3,459 件にのぼり、平均発生件数(1,015 件)の 3.4 倍を記録した。

このような気候変動による災害外力の増大を踏まえ、国土交通省では平成 30 年 11 月 27 日の「重要インフラの緊急点検の結果及び対応方策」による 3 ヶ年緊急対策として法面対策等を実施しており、航空レーザープロファイラ等を用いた道路区域内外の危険箇所からの土砂災害対策の防止に取り組んでいる。これらをうけて、九州技術事務所では、九州全域の直轄国道沿道の 3 次元地形データを取得し、沿道斜面における潜在的な災害危険箇所を把握するため、精細な 3 次元微地形情報の取得が可能な 4 点/m²の計測点群密度の航空レーザープロファイラ調査(以下、LP調査)を実施した。

今回は、九州全域の直轄国道沿道斜面のうち道路に影響を及ぼす可能性のある潜在的な災害危険箇所を、上述の LP調査データを高度利用した地形判読によりスクリーニング、抽出した事例について紹介する。

2. 直轄国道沿道斜面の道路防災管理上の課題

直轄国道沿道斜面では、過去の道路防災総点検(H8, H18総点検)で全線の安定度調査を行ったのち、カルテ点検等の道路防災管理を通年で実施している。一方、道路防災総点検の再確認から 13 年が経過しており、気候変動による災害外力の増大や経年変化から、道路区域外に起因する土砂災害等の危険箇所の把握が課題となっている。特に安定度調査未実施の点検対象外斜面での危険箇所の把握は道路管理者にとって多大な時間と労力を要し、高精細な LP調査を活用した災害危険箇所のスクリーニングを実施し、防災点検業務での安定度調査候補箇所を迅速に選定する必要があった(図-1)。

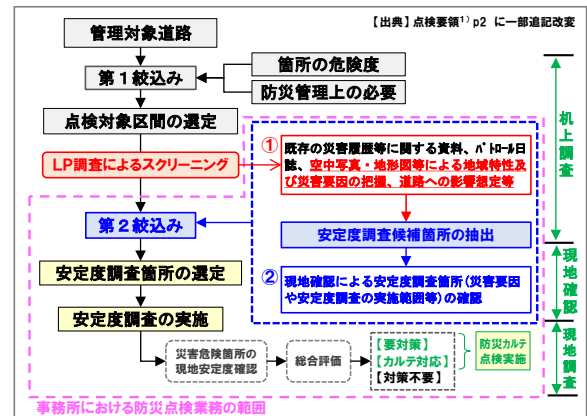


図-1 防災点検安定度調査でのLP調査の位置づけ¹⁾

3. LP調査による3次元地形データ取得

(1) 3次元地形データを取得・活用するメリット

従来のLP計測では点群密度が0.5~1点/m²程度のデータを用いて災害要因の判読に用いられてきた。一方、今回のLP調査では4点/m²の高精細な3次元デジタル地形データを取得できるため、以下のメリットがある。

- ①従来の等高線地形図と比較して微地形表現力が高いため、判読や現場での位置特定精度が格段に高い。
- ②微地形表現図は落石源や崩壊地などの災害危険箇所を図上で直接判読抽出することが可能。
- ③デジタル地形データのため、傾斜量や標高区分、地形凹凸等を強調した多彩な微地形表現が可能となる。
- ④災害前後の地形差分解析から、崩壊範囲や断面・土量の把握、崩壊ブロックの変動方向の把握等が可能。
- ⑤高精細な微地形表現図を現地点検に活用することで、危険箇所等の位置特定が容易となり、点検の効率化や点検記録の位置精度や信頼性向上が図られる。

(2) 九州管内におけるLP調査の概要

九州管内では、北部地区4県（福岡・佐賀・長崎・大分）と南部地区3県の2業務に分割してLP調査業務を発注し、3次元数値地形データの作成を行った²⁾。本稿では北部九州地区の調査・検討結果について述べる。

LP調査は、図-2の①~④の4つの工程からなり、①LP計測範囲の設定、②市街地・山地でのLP計測、③オリジナルデータからフィルタリングによって3次元データを作成（グラウンド点群データ）、④その他データ（グリッドデータ、簡易写真地図データ、微地形表現図）及び単元斜面作成を行った。これらのLP調査結果から3次元地形データを作成した。

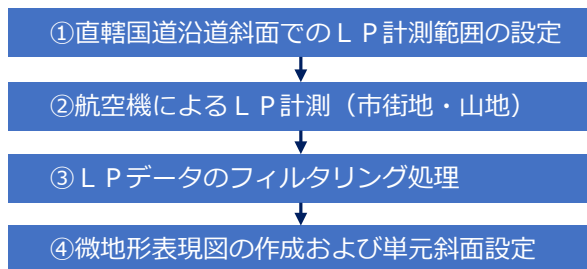


図-2 LP調査の作業フロー

(3) LP調査範囲および単元斜面の設定

当初、調査範囲は、直轄国道沿道の地形を市街地と山地に区分し、市街地は道路幅員15mに沿道区域20mを加えた片側35m範囲、山地は道路中心より片側100mの沿道斜面を計測範囲としていた。

斜面の災害危険箇所より発生した落石や崩壊土砂は、

道路から尾根・谷筋に囲まれた範囲で影響を及ぼすと考えられるため、尾根・谷筋に囲まれた道路に影響を及ぼす範囲を「単元斜面」として区分し、単元斜面をカバーするように計測範囲を設定した（図-3）。

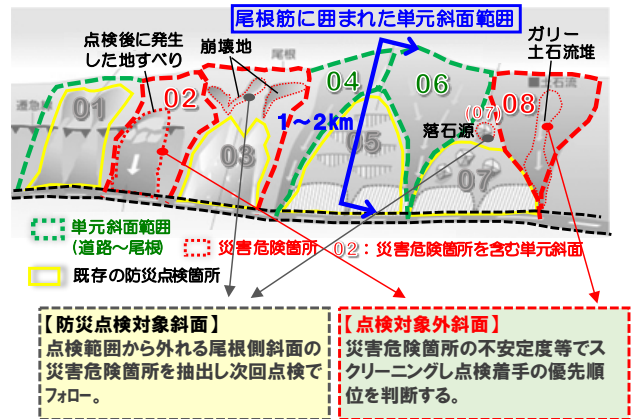


図-3 計測範囲・単元斜面の概念図¹⁾（出典原図に追記）

単元斜面の設定では、平成18年度防災点検要領³⁾に示されている第二絞り込みに準拠し、橋梁横過部の除外や、災害要因地形判読範囲の目安（1km）および近年の土砂災害の到達距離（2km）を踏まえ、道路から尾根までおおむね1km~2kmの範囲で技術者が判断し、北部地区でのべ6,269箇所を抽出した。

LP調査範囲設定結果から、図-4のように北部九州地区では延長1,370km（市街地611km、山地759km）のうち、のべ458km²（市街地39km²、山地419km²）を計測範囲として設定した（山地平均LP計測幅は片側276m）。

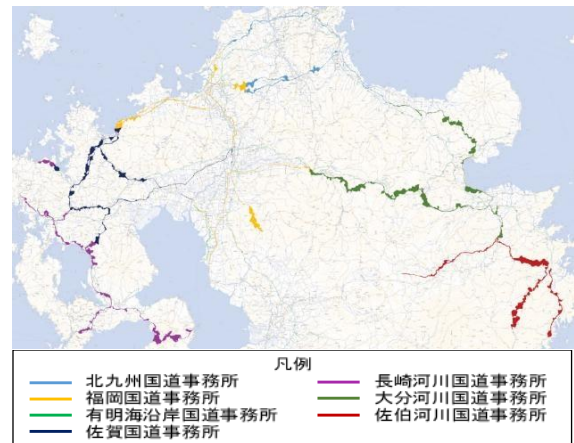


図-4 北部九州地区の事務所毎の航空LP調査範囲²⁾

4. LPデータを活用した災害危険箇所の抽出

LPデータを活用した災害危険箇所のスクリーニングは、簡易地形判読から災害要因地形を抽出し、単元斜面で最も顕著な災害要因地形の不安定度と道路への影響度から斜面危険度を判定する手順で行った（図-5）。それぞれの手順の詳細は5章で述べる。

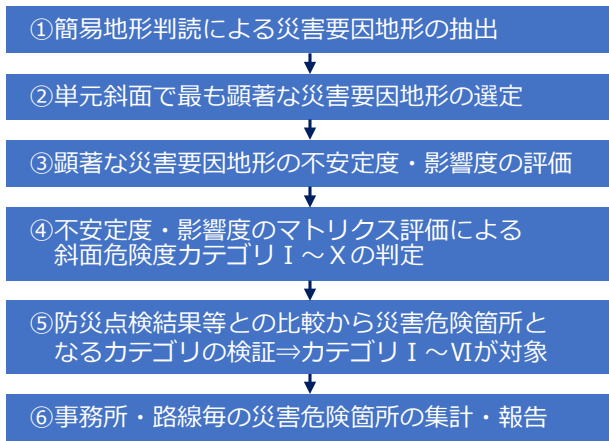


図5 LPデータを活用した災害危険箇所抽出フロー

5. 災害要因地形判読による斜面危険度の判定

(1) 簡易地形判読による災害要因地形の抽出

災害危険箇所の抽出は、微地形表現図上の単元斜面内を対象として、斜面内に分布する落石源や崩壊地形、地すべりや土石流堆積物といった「災害要因地形」を応用地形判読士等の専門技術者が地形判読して抽出した。

道路防災点検要領¹⁾に示された10種類の災害要因地形を①～⑩の類型番号化し、判読位置の中心に類型番号を記載する簡易な地形判読作業を行った(表-1: 抜粋)。災害要因地形はのべ2万箇所抽出し、これらの判読結果は事務所・路線毎に1/5,000縮尺の簡易地形判読図に整理した。

表-1 判読災害要因地形の類型番号(抜粋)¹⁾ 改変

点検対象項目	災害要因地形の類型番号	判読災害要因	地形記号(イメージ)
A 崩壊	①	転石やガレ場および凹凸急斜面	
	②	崩壊地・崩壊跡地	
	③	法面上に出口のある谷型斜面やO字谷	
	④	崩積土 崖壁・岩層	
B (A) 岩盤崩壊(落石)	⑤	露岩部、壁岩、急崖、オーバーハング	

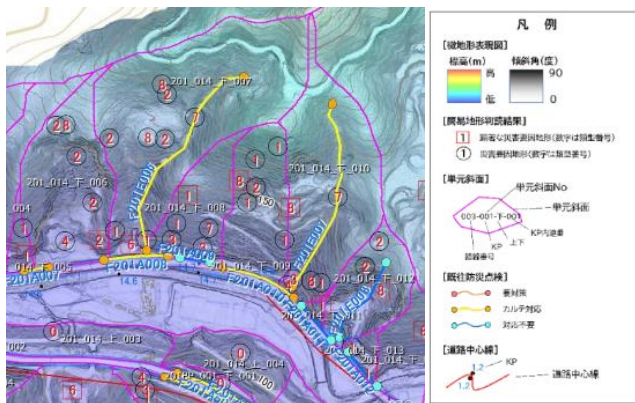


図6 微地形表現図による簡易地形判読結果²⁾

(2) 単元斜面毎で最も顕著な災害要因地形の抽出

簡易地形判読結果から、同一単元斜面内の災害要因地形のうち、最も不安定で道路への影響が大きい「顕著な災害要因地形」を技術者が判定・抽出し、図-6の赤四角数字として記載した。抽出した顕著な災害要因地形の災害リスクを評価するため、地質リスクマネジメント等で一般的に使われているリスクの発生確率と影響度をリスクスコアの評価項目とするマトリクス評価手法³⁾を適用した。なお、道路防災管理では現地確認による安定度調査の要因評点が唯一オーソライズされた定量評価手法のため、評価結果の瑕疵責任の観点からマトリクス評価項目は技術者判断による定性判定結果を用いた。ここでは、顕著な災害要因地形の類型番号毎に、リスクの発生確率に相当する地形の「不安定度」と、道路への「影響度」を表-2の判定基準から応用地形判読士等の専門技術者が「大・中・小・(無し)」に判定した。

表-2 災害要因地形類型毎の不安定度・影響度判定基準(抜粋)²⁾

点検対象項目	類型番号	関連する判読地形要素	不安定度	技術者判断の目安	影響度	技術者判断の目安
落石(A)	①	転石帯やガレ場帯(100以上の転石帯、400以上の転石帯)	大	凹凸や分布範囲が明確な落石帯がある	大	親道等に近く、下方斜面が親道等に接する
			中	凹凸等から落石源が分布していると推察されるもの	中	親道等に近いが、親道と斜面の間に緩斜面が介在親道等からやや遠いが、下方斜面が親道等に接する
			小	凹凸等から落石源の可能性が不明瞭なもの	小	親道等から遠く、親道と斜面の間に緩斜面が介在
崩壊(A)	②	崩壊地・崩壊跡地	大	崩壊地形形状や分布範囲が明確で規模大	大	親道等に近く、下方斜面が親道等に接する
			中	崩壊地の有無や崩壊土の分布範囲が判別可能なやや不明瞭なもの	中	親道等に近いが、親道と斜面の間に緩斜面が介在親道等からやや遠いが、下方斜面が親道等に接する
			小	凹凸形状から崩壊地の可能性がある	小	親道等から遠く、親道と斜面の間に緩斜面が介在
土石流(B)	⑥	土石流槽、沖積扇扇状地(小規模)	大	谷口堆積物の比高、凹凸、扇状分布が明確	大	親道等を横切る
			中	谷口に堆積物の凹凸、扇状地形が判別可能	中	先端が親道等に50m以内
			小	浸食により扇状・扇状が不明瞭な堆積物	小	先端が親道等に50m以上
⑦	勾配の急な小深溝ガリ地形	斜面の浸食抵抗性や土石流の活動性を反映した要素として影響判断に加味する。				
共通				なし	親道からの距離が十分あり、災害が発生した場合でも道路に達するとは考えにくいもの	

(3) 災害要因地形による斜面危険度カテゴリ区分設定

単元斜面毎の顕著な災害要因地形の不安定度・影響度判定結果から、図-7のように横軸に不安定度の大小、縦軸に影響度の大小と影響なしを配置し、想定されるリスクスコアが大きい順にカテゴリIからカテゴリXまでの斜面危険度に区分した。図-7の数字(%)は後述のLP調査結果によるカテゴリごとの既往防災点検対象箇所比率を示す。カテゴリ上位I~VI(IVを除く)の単元斜面では、災害危険箇所である既往防災点検対象箇所が過半数を占めており、カテゴリVII~Xよりも高リスクな斜面といえる。

簡易地形判読斜面危険度カテゴリ区分	【不安定度】災害要因地形の不安定性		
	不安定度:大 顕著な不安定地形が認められる	不安定度:中 不安定な地形が認められる	不安定度:小 不明瞭であるがやや不安定な地形が認められる
影響度:大 災害が発生した場合道路に達する可能性が高い	I 67% 高リスク斜面に該当	III 69%	VI 56%
影響度:中 災害が発生した場合道路に達する可能性がある	II 56%	IV 55%	VIII 35%
影響度:小 災害が発生した場合でも道路に達する可能性は低い	V 14%	VII 15%	IX 10%
影響度:なし 災害が発生した場合でも道路に達するとは考えにくい	X 3%	災害要因地形なし 21%	

※同一カテゴリ区分での防災点検対象箇所割合(%)を併記した
防災点検対象斜面26.3%、対象外斜面73.7%(6,269斜面中)

図-7 災害要因地形の斜面危険度カテゴリ区分(案)²⁾

