

LP調査を活用した新たな危険箇所の把握

土佐国事務所 道路保全課 萬治 太郎
道路計画課 服部 達典
道路保全課 柿内 雅史

近年の豪雨の増加に伴い道路区域外からの災害が頻発する中、直轄国道ではLP調査を行い、新たな危険箇所を抽出し、防災対策を進めようとしている。土佐国事務所管内では、令和元年度に直轄国道沿いでLP調査による高精度の地形データを取得した。本論文では、国道55号を対象に実施した新たな危険箇所の抽出を行った事例を示す。LP調査を活用して新たな危険箇所を抽出した結果、国道55号では、机上調査で209箇所の新たな危険箇所として調査が必要な箇所が確認された。そのうち、優先度の高い60箇所について現地調査を行い、対策が必要な新たな危険箇所として11箇所を把握することができた。

キーワード LP調査、新たな危険箇所、道路防災点検、地形解析図、優先度評価

1. はじめに

直轄国道では、平成8年、平成18年の防災総点検以後、防災カルテを用いて危険箇所の監視を行っている。防災点検で確認された要対策箇所について、順次、防災対策を進めることで、既知の要対策箇所については、危険箇所の解消が進んでいる。

一方、近年の豪雨の増加に伴い、防災カルテ点検で監視している箇所以外でも災害が発生している。特に、令和2年7月豪雨をはじめとして、道路区域内だけではなく、道路区域外からも土砂崩落や土石流等の災害が発生し、道路交通に支障を及ぼす災害が発生している。

このような災害事例を踏まえて、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策、5か年加速化対策」により、危険箇所への対策を進めている。国土交通省では、全国の直轄国道の路線沿いにレーザプロファイラ（以下、LPと記す）調査等、高度化された手法により新たな危険箇所を抽出し、抽出された危険箇所等について防災対策を進めようとしている。各地方整備局においてもLP調査を用いて危険箇所の抽出が行われている¹⁾²⁾。ただし、まだLP調査の活用方法、危険箇所の抽出方法については確立されたものはない状況である。

土佐国道事務所管内では、令和元年度にLP調査を行い、国道沿いで高精度の地形点群データを取得した。本論文では、管内のうち事前通行規制区間を含み、急峻な斜面の裾野を通過する国道55号を対象にして、LP調査で取得した高精度の地形点群データを用いて危険箇所を把握した取り組みについて紹介する（図-1）。

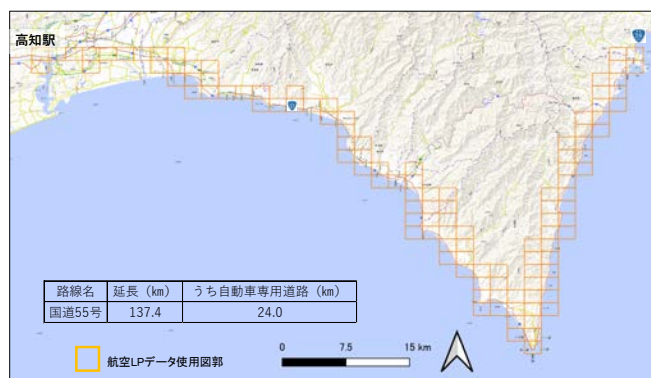


図-1 国道55号 位置図

2. 新たな危険箇所の抽出手順

新たな危険箇所の抽出の基礎データは、令和元年度に取得したLPデータを用いた。新たな危険箇所とは、防災カルテ点検で把握されていない箇所としたが、既存の防災カルテでの未確認箇所もある可能性があるため、抽出にあたっては、山地沿いの路線全体を対象としている。抽出は、道路防災点検要領³⁾に準じて実施し、下記の手順で行った。

①**既往資料収集整理**：既往の防災カルテ資料や災害履歴等を確認し、土砂災害警戒区域等の情報等とあわせてGISで整理する。

②**地形解析図の作成**：LPデータは、点群データとして取得される。点群データは、GISソフト等により解析処理することにより、等高線のコンター図の他、地形的な特徴や傾斜を視覚的に表現できる図（地形解析図）を作

成することができるのが特徴である。本論文で作成した地形解析図は、表-1 に示すとおりである。

表-1 LP 図から作成した地形解析図

解析図	解析手法
傾斜量区分図	地形の傾斜を示した図。土石流の発生域、移送域、堆積域の評価や、落石や岩盤斜面の抽出に活用。 グラウンドデータを使用して地形の傾斜量を計算し区分する。
CS立体図	長野県林業センターで考案された表現図。 グラウンドデータを使用して傾斜図と曲率図と標高図を組み合わせる。(赤色立体図等と同等の図)
S-DEM解析図	地表面の凹凸を強調させた表現図。 グラウンドデータに加えてオリジナルデータを使用して地面点から任意の距離に位置する点群だけを抜き出した下層モデル。
転石抽出図	S-DEM解析図をフィルター処理した図。グラウンドデータをオフセットすることで、小規模の凹凸を除外した図。切株等を除去し、凸部(浮石露岩)の抽出に活用。
樹高分布図	オリジナルデータとグラウンドデータの標高差を解析することで、樹高分布を表現。 裸地や比較的新しい崩壊箇所の抽出に活用



図-2 地形解析図の例 (CS立体図)

③微地形判読：作成した地形解析図を用いて、「落石・崩壊」、「岩盤崩壊」、「地すべり」、「土石流」の災害要因について地形判読を実施する。従来の地形判読では、空中写真を立体視することにより、崩壊地形や地すべり地形等を抽出していた。LP データより作成した地形解析図を用いることにより、より詳細な微地形が判読できるようになる他、地形の傾斜等を視覚的に把握できることから、見落としの少ない高精度の地形判読が容易になる。

④安定度調査箇所必要箇所の選定：微地形判読により確認された斜面を道路に面する斜面単元に区分し、現地調査(安定度調査)が必要な斜面を抽出する。

⑤安定度調査、防災カルテ作成：LP データで確認された災害要因は、机上調査による評価であるため、判読された災害要因の有無や専門技術者による現地調査による確認が必要である。現地調査は防災点検要領に従い安定度調査を行い、安定度調査により「対策が必要」または「防災カルテを作成し対応する」と評価された箇所については、防災カルテの作成を行う。

3. 新たな危険箇所への LP 調査の活用

(1) 災害発生箇所での事例

新たな危険箇所の抽出にあたり、近年の災害発生箇所を例に LP 調査を活用する際の災害要因の抽出可能性について確認を行った。

対象とした災害は、令和 2 年 9 月 25 日の短時間集中豪雨により発生した室戸岬灯台の管理道脇で発生したものである。本災害は、管理道脇の斜面で崩壊が発生し、崩壊土砂は、道路脇の高エネルギー吸収柵で崩壊土砂を捕捉したが、崩壊土砂の一部が表流水とともに道路へ流出した。

LP 調査による微地形判読では、海食崖と海成段丘地形に位置し、馬蹄形の崩壊地形が複数確認される(図-3)。また、灯台管理道の道路勾配の変化点付近で馬蹄形の崩壊地形や今回の崩壊箇所が位置している(図-4)。

このことから、本崩壊の災害発生要因の 1 つとして、過去の崩壊履歴のある緩んだ斜面で、豪雨時に、斜面上方の灯台管理道を雨水が流下し、道路勾配の変曲点付近から、斜面内に雨水が供給されたことが誘因と推定された。このような、斜面内に表流水が供給されるような地形および道路構造の箇所は、同様の崩壊が発生する可能性あり留意が必要である。特に、管理国道だけではなく、管理外の道路構造についても注意する必要がある。

LP 調査の地形図は、微地形や道路の勾配を確認することができるため、同様の地形および道路構造の箇所についても新たな危険箇所の可能性のある箇所として抽出を行った。



図-3 災害発生箇所の微地形判読図

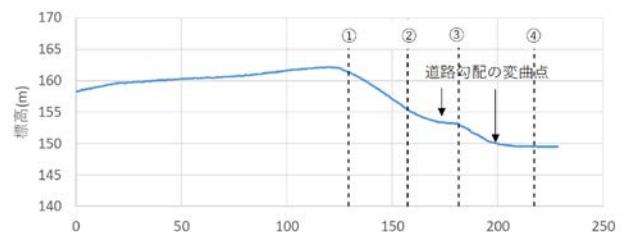


図-4 灯台管理道の道路縦断面図

(2) 既存防災カルテとの対比

既存の防災カルテは、専門技術者により、空中写真判読と現地調査が実施され、スケッチにより現地の災害要因や危険箇所（着目点）が示されている。スケッチによる図面のため点検箇所の危険のポイントが理解しやすいという特徴がある。一方、スケッチの精度は、専門技術者の力量に左右されやすく、図面スケールも様々であるため、場合によってはなかなか着目点にたどり着けないといったことがある。

LP 調査では、従来の空中写真判読による災害要因につながる微地形を判読可能であり、視覚的にも分かりやすい表現が可能である。

LP 調査を活用した微地形判読結果と既存防災カルテについて、対比を行った結果を図-5に示す。

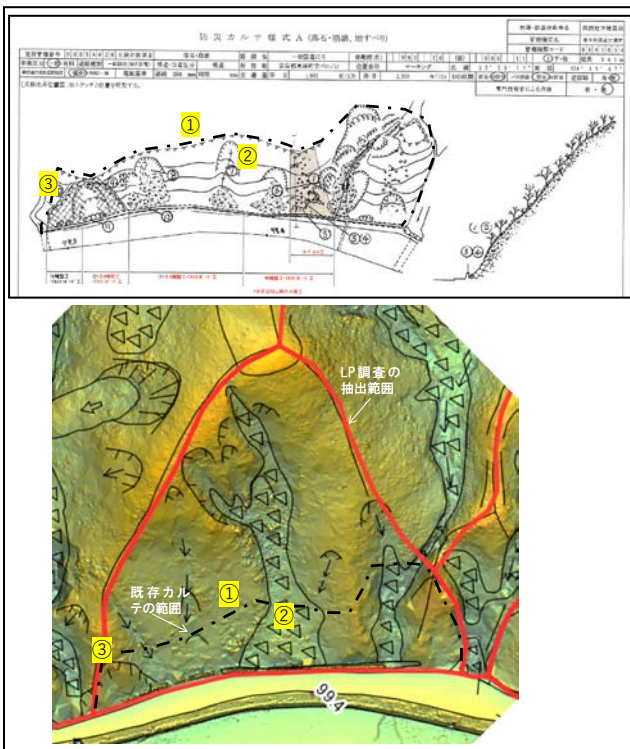


図-5 既存防災カルテ（上）とLP調査による微地形判読図（下）

既存防災カルテでは、斜面全体の末端部を対象に図化されているが（図-5①）、LP 調査による微地形判読結果では、その上方斜面にも不安定な土砂が堆積している様子が確認できる（図-5②）。既存防災カルテでは、落石対策工の記載がされているが、LP 調査では、落石対策工等、小規模な対策工は表現されていない（図-5③）。

以上より、LP 調査を活用した場合には、斜面全体の災害要因や微地形は表現しやすいが、LP 調査のみでは対策工までは確認することができない。新たな危険箇所の把握においては、資料確認、現地確認等により既設の対策工について把握した上で評価を行う必要がある。

4. 新たな危険箇所の評価

国道55号では、地形解析図を用いた微地形判読の結果、既存防災カルテ箇所も含め、544箇所が斜面単元として抽出された。このうち、既存防災カルテ以外の新たな危険箇所の可能性がある箇所は、465箇所であった。新たな危険箇所の可能性のある抽出された数多くの斜面から、優先的に対応し、現地調査を行っていく箇所を選定する必要がある。本検討では、リスク評価の手法を用いて、「発生のしやすさ」と「影響の大きさ」を指標としてマトリクスによる評価を行い、対応の優先度を検討した。

(1) 優先度評価の手法

優先度は、リスク評価の手法を参考に、斜面の不安定度に相当する「発生のしやすさ」と、判読した災害要因が発生した場合の道路への影響を示す「影響の大きさ」を指標とした。

「発生のしやすさ」は、安定度調査表に示される要因の項目のうち、地形要素など LP 調査の微地形判読で評価可能なものについて評価項目として設定し、点数化を行い評価した。既存カルテの点数分布から閾値を設定し、「大・中・小」の3区分に区分した。

「影響の大きさ」は、防災カルテの被災ランクを参考に、図-6に示す区分により、「大・中・小」の3区分に区分した。

	標語	概念図	状態
大	規模1		崩落した土砂・落石、雪崩等が道路をふさぐ、もしくは路体が大きく崩落することで、道路の通行が著しく阻害される。
	規模2		崩落した土砂・落石、雪崩等が道路の一部をふさぐ、もしくは路体の一部が崩落することで、道路の通行が一部阻害される。
小	規模3		崩落した土砂・落石、雪崩等で、道路構造物が被害を受ける、もしくは道路盛土砂の一部が変形、崩落するが、道路の通行は可能。

図-6 被災ランクの区分

「大・中・小」の3つに区分した「発生のしやすさ」と「影響の大きさ」の組み合わせから、図-7に示すようにⅠ～Ⅴの区分に区分し、優先度の高いⅠ、Ⅱ区分を対象に安定度調査を行い、現地調査により、対策の必要性を評価することとした。Ⅰ～Ⅴの区分ごとの対応については、既存防災カルテ箇所の対応を参考に、表-2に示す対応としている。

		発生のしやすさ		
		大	中	小
影響の大きさ	大	I	II	III
	中	II	III	IV
	小	IV	IV	V

図-7 リスクランク評価区分

表-2 評価区分毎の対応

評価区分	防災点検での対応イメージ	対応(案)
I II	要対策相当	・安定度調査を実施することが望ましい。 ・区分IIのうち、「大・中」に関しては、現地確認の実施
III	カルテ対応相当	・現地確認の実施 ・防災カルテの継続
IV	カルテ対応(対策済み)	道路パトロールでの監視
V	その他(道路パトロール対応)	

(2) 新たな危険箇所の評価

既存防災カルテ以外の新たな危険箇所の可能性がある465箇所について評価を行った(図-8)。安定度調査が優先的に必要な区分I、IIの斜面は、209箇所と評価され、そのうち上位60箇所について、安定度調査を実施した。60箇所のうち、要対策と評価された箇所は、11箇所であった。

		発生のしやすさ		
		大	中	小
影響の大きさ	大	48	100	9
	中	61	86	17
	小	52	63	29

図-8 新たな危険箇所の可能性がある斜面の評価結果 (N=465)
(防災カルテ箇所以外)

5. おわりに

(1) LP 調査の活用における留意点

LP 調査を活用することにより、防災カルテ点検箇所以外の、新たな危険箇所が抽出することができた。従来の空中写真判読に比べて、詳細な微地形が表現されるため、災害要因抽出の精度が向上している。特に、近年の

災害事例を踏まえての管理道路、管理外道路の道路構造が誘因となり発生する災害危険箇所について把握することができた。このような道路構造が誘因となる危険箇所については、予防保全的に対応していくことが必要と考えられる。

LP 調査による微地形解析図では、小規模な対策施設(特に落石防護網やロープ掛け工等)は、精度の問題により表現できない。そのため、現時点では、対策施設の状況を現地で確認し、現地での確認結果を踏まえての評価が必要である。このような課題に対しては、ドローンや携帯型のレーザプロファイラ等、必要な情報の精度に応じたLPデータの取得が期待される。

(2) 今後のLP調査の活用

①防災カルテの更新: LP 調査の地形解析図は、斜面全体の災害要因の把握が可能である。既存のスケッチ図をLP 調査の地形解析図に更新することで、斜面全体の災害リスク要因を把握した点検が実施できると考えられる。

②差分解析図の活用: LP データは3次元の点群データとして取得されるため、2時期のデータ間の差分を求めることにより、変動箇所を抽出できる。定期的にLP データを取得することで、広範囲の斜面や溪流において、点検を行う前に変動箇所の把握できる可能性がある。2時期の点群データの密度や検出精度の課題はあるが、今後、定期的にLP 調査を行うことにより、防災点検を効率化することが期待される。

参考文献

- 1) 小室宣孝, 蔵本直行: LP データを用いた道路防災危険箇所の抽出について, 第71回中国地方技術発表会
- 2) 山内聡: LP (レーザプロファイラ) 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, 令和2年度九州国土交通研究会
- 3) 一般社団法人全国地質調査業協会連合会: 道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等)および点検要領, 2019.10