道路防災点検業務へのLP図の活用事例
—愛媛県南予地域の例—

大洲河川国道事務所　道路管理課　技官　　　横山　育海

大洲河川国道事務所　道路管理課　維持修繕係長　春木　一也

今回、防災カルテ点検箇所で航空レーザ測量による詳細図を用いた地形判読を行い、現地と比較した。また、地すべり地における傾斜量変化図を作成し、斜面安定度を検討したので、その成果を報告する。

キーワード　航空レーザ測量、道路防災点検、地すべり、傾斜量変化図

1. はじめに

業務地は愛媛県南予地域に属し、国道56号に面した東南東 - 西北西に伸びる尾根の北斜面である。尾根には緩斜面が連続し、斜面は段々畑の形状をなした耕作地跡であり、現在は竹林となっている。毎年1回の防災カルテ点検対象地となっており、平成8年度から防災カルテ点検を行っている箇所でもある。

業務地は昭和50年代に地すべり崩壊があったが、現在は竹林となっているため、空中写真や現道沿いから地すべり地形等を把握することは困難である。また、近年の大雨の経験としては、平成30年7月は511㎜、9月は450㎜、令和2年7月は451㎜、9月は300㎜の月降水量があった地域である。

図 - 1　業務地の位置図

写真 - ①　業務地の空中写真

(国土地理院 CSI7510-C11-20)

写真 - ②　業務地全景

2．経緯

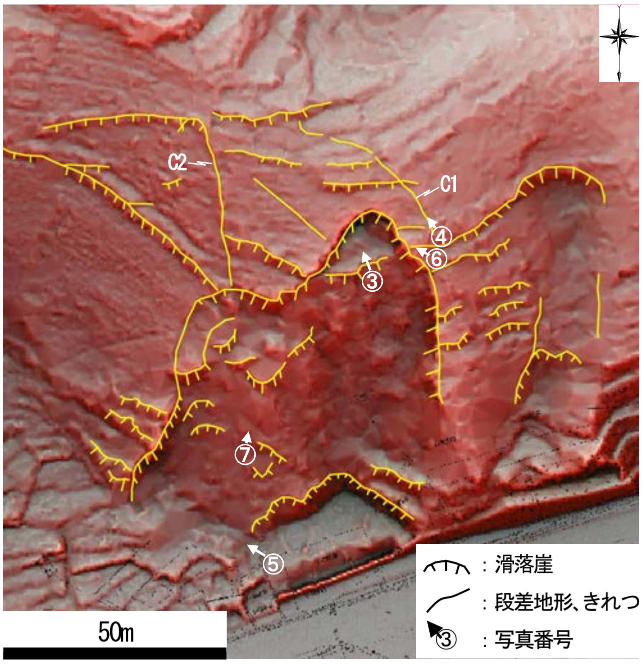
業務地は、平成30年度及び令和元年度冬期の防災カルテ点検で異常は認められなかった。しかし、令和2年度冬期の防災カルテ点検では、点検箇所で新たな崩壊、滑落崖背後にて新たな開口きれつを確認した。そのような業務地において、航空レーザ測量図を基図に地形判読を行い、崩壊箇所を判読できるか検証するとともに、地山自体の表面地形の判読を行った。また、後日現地踏査を行い、判読結果に間違いがなかったか検証した。

3．机上調査

（1）LP図の地形判読

四国技術事務所が令和元年12月に撮影した航空レーザ測量図（赤色立体図化したLP図を、以下LP図と呼ぶ）を用いて地形判読を行った。なお、航空レーザ測量と同時期に防災カルテ点検をおこなったが、この頃にはまだ新しい開口きれつ（令和2年度冬期点検発見）及びその他の異常はなかった。

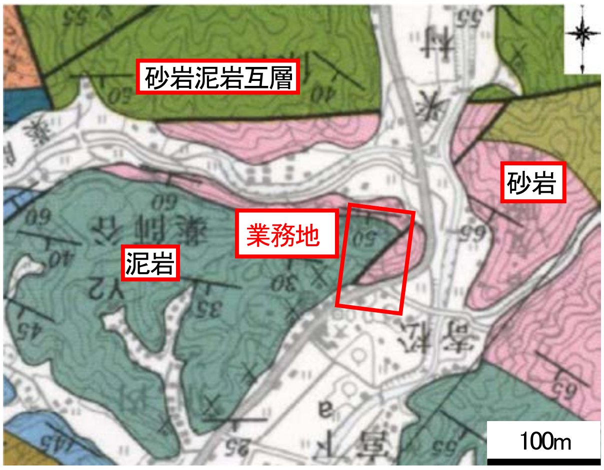
業務地の地すべり崩壊地の規模は幅70m、長さ100mの北向き斜面である。LP図（図-2）を判読すると、昭和50年代の滑落崖が明瞭に判読できる。また、最近開口きれつが発生した場所では、開口きれつの予兆とも読み取れるわずかな地形の段差が確認できた（図-2、C1及びC2）。それは、令和元年度冬期の防災カルテ点検時には、発見することができなかったものである。その要因としては、亀裂が完全に開口していなかったことが挙げられる。



図－2　地形判読図（LP図）

（2）　地質

業務地の地質は、西南日本外帯の四万十帯北帯寄松層に属する。寄松層は、砂岩及び泥岩が構成し、地層の走向は東南東－西北西、傾斜は砂岩分布域が50～65° N、泥岩分布域が30～45° Nである。地層は北傾斜の同斜構造をなしている。業務地付近では、砂岩と泥岩の分布を境する地質境界断層が北東－南西方向に伸びる。



図－3　業務地周辺の地質図

4．現地踏査

地形判読後に現地を確認したところ、LP図で早期発見することのできたきれつは開口し、30cm程度の段差を有している箇所があった（写真-④）。このきれつは令和元年冬期の防災カルテ点検時には、開口していなかった。

地すべりブロック上部は、高さ3m程度の主滑落崖に風化砂岩が露頭する。滑落崖直下には陥没地形（緩傾斜地）が分布する。側方崖は高さ1～3mあり、滑落崖に風化砂岩が露頭する。地すべりブロック内には2次滑落崖があり、急傾斜、緩傾斜を繰り返す。地すべりブロック内及び末端には硬質な砂岩岩塊が多数堆積しており、その最大礫径は1mを超える（写真-⑤）。

地すべりブロック内の露頭の走向傾斜はN65° W／36° Nである。これより、この地すべりブロックは北向き斜面であることから、流れ盤構造となる。

現地踏査を通して、LP図は段差地形、微地形、滑落崖や陥没地形といった地形を判読するのに長けているといえる。その一方で、巨礫の大きさ、転石群、岩盤にあらわれているきれつについては判読できなかった。

写真 - ③　主滑落崖

令和元年度冬期から令和2年冬期点検の間に崩壊した主滑落崖。崖の高さは3mである。

写真 - ④　主滑落崖の後方に拡大する開口きれつ

令和２年度冬期の点検で発見した主滑落崖後方に拡大する開口きれつ。開口きれつの比高は 30cm 程度である。LP 図からその予兆を判読することができた。

写真 - ⑤　地すべりブロック末端の砂岩岩塊

地すべりブロック末端には硬質な砂岩岩塊が多数堆積し、その最大礫径は 1m を超える。

表 - 1　現地踏査で確認した崖の高さ及び勾配一覧表

	主滑落崖	側方崖	2次滑落崖	ブロック内
高さ	3m	1～3m	0.5～1m	―
勾配	60度以上	60度以上	60度以上	60度以上

各崖の計測は主滑落崖が写真 - 6 付近、側方崖は右翼及び左翼の全体、2 次滑落崖は写真 - 7 上方で行った。

5. 地形解析

（1）地形解析

LP図は地形解析をする上で、色の濃淡による勾配の緩急が判読でき大まかな地形の把握はできるが、はっきりとした角度等の把握には向いていない。そのため、地すべりブロックの形状、傾斜の差異による不安定領域の検出を目的に、角度を視覚的にわかりやすくするために等高線と組み合わせた傾斜量変化図を作成した。傾斜量変化図は、小室・蔵本（2020）で落石（岩盤崩壊）の危険箇所抽出の閾値として有効であった傾斜角度60度を参考に作成した（図 - 4）。この傾斜量変化図では、滑落崖は明瞭に表現されるが、地すべりブロック内の陥没地形、不安定土砂、岩塊、滑落崖背後にある異常地形の場所に連続する開口きれつが表現されない。

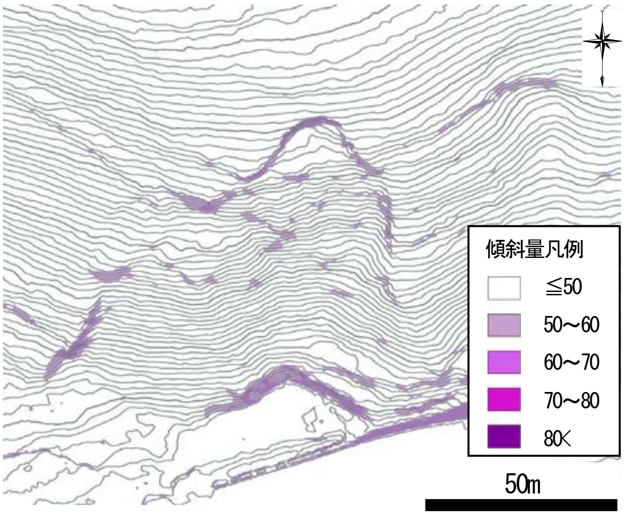


図 - 4　傾斜量変化図（1）

地すべりブロックでは傾斜角度50度以下を細分しない場合、陥没地形、不安定土砂、岩塊、滑落崖背後にある異常地形の場所に連続する開口きれつが表現されない。

そこで、地すべりブロック内の地形を明瞭にするために、傾斜量区分図を10度間隔で作成した（図 - 5）。その結果、滑落崖直下には傾斜が20度程度までの陥没地形があり、地すべりブロック内は傾斜角度30～40度（緩傾斜）及び40～50度（急傾斜）が繰り返し分布し、波状地形を構成していることが分かった。波状地形は、地すべりブロック内に2次滑落崖及びそれと対を成す陥没地形が複数あることを示唆し、傾斜量変化図から従来の地形判読による異常地形は全て抽出できた。

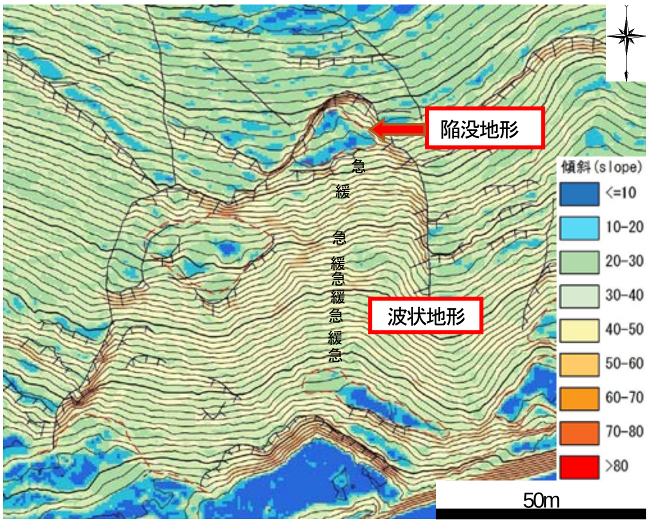


図 - 5　傾斜量変化図（2）

傾斜角度を10度間隔で区分した図。滑落崖直下には陥没地形が分布し、ブロック上部から中部は40～50度、ブロック下部は30～40度の傾斜角が繰り返し、波状地形となっていることが分かる。

（2）検証

傾斜量変化図より、滑落崖（主滑落崖、2次滑落崖、側部）は傾斜角度50度以上と判別し、ブロック内の傾斜角度は30～50度と判別した。現地を確認すると、いずれの箇所もその傾斜であり、傾斜量変化図と整合する。また、滑落崖は強風化しており、崩壊しやすい状態にあった（写真-⑥）。

地すべりブロック中部では、のり面の安定勾配の目安となる35度（傾斜量変化図では40～50°に着色された範囲）を超える滑落崖や地すべりブロック内斜面に、不安定岩塊が堆積していたが、それらも事前に傾斜量変化図で読み取ることができた（写真-⑦）。ただし、これらの異常地形は、対策が必要かどうかを判断する基準となる閾値のないことが現状である。

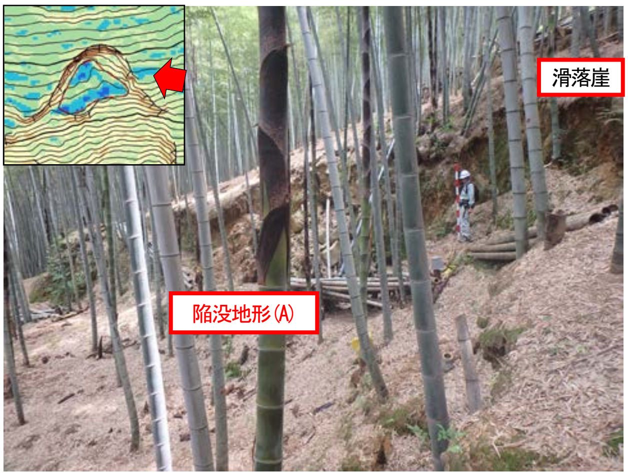


写真 - ⑥　主滑落崖

滑落崖の勾配は70度程度、その直下には陥没地形が分布する。

写真 - ⑦　地すべりブロック中部の砂岩岩塊

地すべりブロック内には斜面勾配40度程度の不安定岩塊、または、不安定ではあるが、それより傾斜の緩い斜面が繰り返し分布する。

6．今後の展望及び課題

航空レーザ測量技術は最近10年で急速に普及し、直轄国道での道路防災点検業務への活用を各地の整備局が試みている。これは、道路防災点検業務が人的労力に頼っているところが多く、膨大な数と面積のある地山から、机上で土砂崩れ等の災害危険箇所を効率的かつ確実に抽出することを目指しているためである。これらは省人化にもつながることである。実際にLP図による地形判読では、わずかな地形の異常を判読でき、将来の崩壊の可能性を抽出することができた。

今回の業務地では、現地確認の結果、緊急対策は不要であったが、崩壊の規模などによっては、道路に影響を及ぼす可能性があるものであり、LP図の地形判読による危険箇所の抽出により、崩壊、きれつの発生を予期することが出来れば、防災、減災に寄与する。

今後は異常地形の閾値を決定することが課題である。

また、複数の図を組み合わせた手法を大洲河川国道事務所管内全線へ展開し、更なる危険箇所を机上で抽出後、現地踏査していき防災危険箇所の効率的かつ確実な把握を目標とする。

参考文献

1）小室宣孝・蔵本直行(2020)：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 回中国地方整備局技術発表会