

三次元点群データを活用した
道路斜面災害リスク箇所の抽出要領（案）

令和 3 年 ● 月

目次

| | |
|--|----|
| 第1章 総 則..... | 1 |
| 1-1. 目的..... | 1 |
| 1-2. 用語の定義..... | 1 |
| 1-3. 道路斜面災害リスク箇所抽出方法の概要..... | 3 |
| 第2章 対象区間の選定..... | 4 |
| (1) 対象区間の選定に際して収集する資料..... | 4 |
| (2) 対象区間の選定方法..... | 5 |
| 第3章 道路斜面災害リスク箇所の抽出..... | 6 |
| 3-1. 地域特性の把握..... | 7 |
| 3-2. 災害要因の判読..... | 8 |
| 3-3. 点群データ（レーザ測量地形図および微地形表現図）で判読する災害要因 | 13 |
| 第4章 抽出した道路斜面災害リスク箇所の評価..... | 17 |
| 第5章 結果の記録・整理..... | 18 |

第 1 章 総 則

1-1. 目的

本要領（案）は、航空レーザ測量等によって取得された三次元点群データおよび点群データから作成されたレーザ測量地形図等を用いて道路斜面災害のリスク箇所の抽出方法、評価方法および抽出・評価結果の整理方法についての標準的な手法を示したものである。

本要領（案）は、近年、三次元点群データにより地形判読等に用いる地形図が高精度に作成が可能となってきたことから、平成 18 年度道路防災点検の「点検要領」ける点検箇所（安定度調査箇所）の選定を行うまでの絞り込み（「点検要領」第 2 章～第 3 章 3-2.）の部分を改訂するもので、従来の空中写真では見えづらい樹木下の詳細な地形を捉えた三次元点群データおよび点群データから作成されたレーザ測量地形図等を用いた地形判読を基本として道路斜面災害のリスク箇所を抽出する方法を示すとともに、抽出したリスク箇所の評価を行い、抽出結果と併せて成果を記録し整理する方法を示したものである。

1-2. 用語の定義

本要領（案）で用いる用語の定義は、次による。

（1） 三次元点群データ

地形を表す三次元の座標データ及びその内容を表す属性データを、計算処理が可能な形態で表現したものをいう。一般的には航空機（固定翼機またはヘリコプター）、小型無人航空機（UAV）、車両、三脚等に搭載された三次元レーザスキャナーにより計測された三次元座標情報を持つ点データの集合を指す。

（2） 航空レーザ測量

航空レーザ測量システム（航空機に搭載した GNSS/IMU 装置、レーザ測距装置及び解析ソフトウェアから構成される）を用いて地形を計測し、格子状の標高データである数値標高モデル（グリッドデータ）等の数値地形図データファイルを作成する作業をいう。グリッドデータは地図情報レベルに応じた格子間隔 0.5 m、1 m、2 m 等が作成される。

（3） 微地形表現図

三次元点群データを基に処理を行うことにより、斜面上の細かな地形を視覚的にわかりやすく表現した図をいう。

（4） 道路斜面災害リスク

「点検要領」第 1 章 1-2. 適用範囲に示す項目の事象に起因して道路交通に支障を及ぼす各種の道路斜面災害要因の発生の可能性をいう。

本要領（案）で用いられる測量関係の用語のうち上記の（１）（２）は原則として、「公共測量作業規定の準則（国土交通省）」に基づく。

三次元点群データはレーザ計測装置や搭載されるプラットフォームや対象物との距離により、その精度は多様である。通常、航空レーザ計測は公共測量作業規定に従い実施され、グリッドデータは地図情報レベル 500 の 0.5m 格子データや地図情報レベル 1000 の 1m 格子データが作成されることが多い。また、グリッドデータからレーザ測量地形図としての等高線図や微地形表現図等も成果として作成される。微地形表現図の例を図 1-1 にあげる。

なお、航空レーザ計測等では地表面の格子データだけでなく、植生や地物等も含んだオリジナルデータも作成される。植生や地物等を含んだ数値表層モデルを DSM (Digital Surface Model)、地表面だけの数値標高モデルを DEM (Digital Elevation Model) とも言う。

「B I M・C I M活用ガイドライン（案）（令和 3 年 3 月国土交通省）」では、三次元点群データは地表面だけでなく、構造物等の三次元データも含んで活用することを提示しており、利用方法や精度等にも詳しく記載されている。

道路斜面の災害リスク箇所抽出のため三次元点群データやその成果であるレーザ測量地形図等は大変有用であるが、そのデータ特性や精度を十分に理解したうえで、活用することが重要である。

航空レーザ測量等による点群データの取得頻度については一律に定めることは難しいが、浸食・堆積等の土砂移動の著しい地域、地形改変の著しい地域など、地形変化の速度が速い地域では取得頻度を密にしたり、地震・豪雨等による災害が発生した地域では臨時に取得するなど、各地域の状況に応じて定めるのが望ましい。

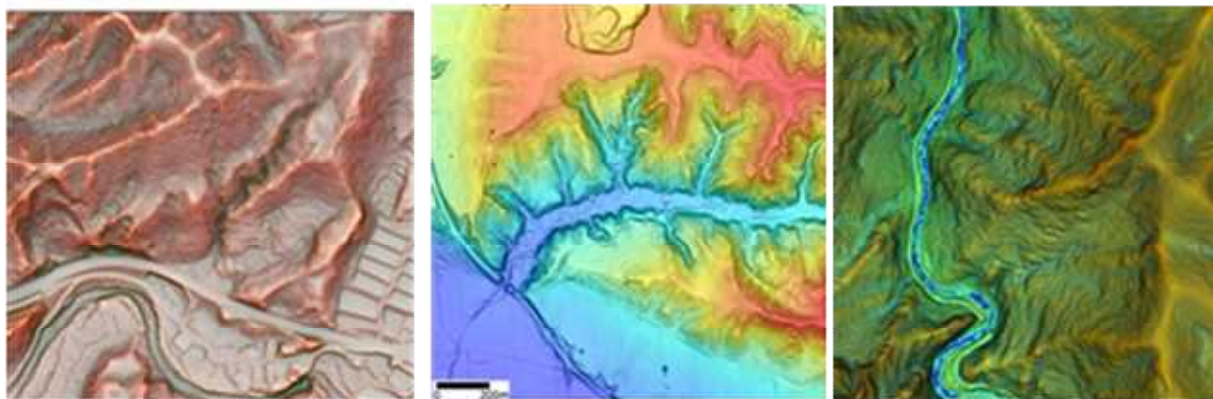


図-1.1 微地形表現図の例

1-3. 道路斜面災害リスク箇所抽出方法の概要

本要領（案）では、管理対象道路の中から、道路斜面災害のリスク箇所の抽出を実施する区間の選定及びリスク箇所の抽出・評価の実施方法を示す。道路斜面災害リスク箇所の抽出・評価にあたっては知識と技能を有する道路防災点検技術者の意見を踏まえ実施することが望ましい。

本要領（案）における対象区間の選定は、平成18年度道路防災点検の「点検要領」における第1絞込みに、道路斜面災害リスク箇所抽出は第2絞込みに、評価は安定度調査にそれぞれ相当する。その手順を図-1.2のフローに示す。

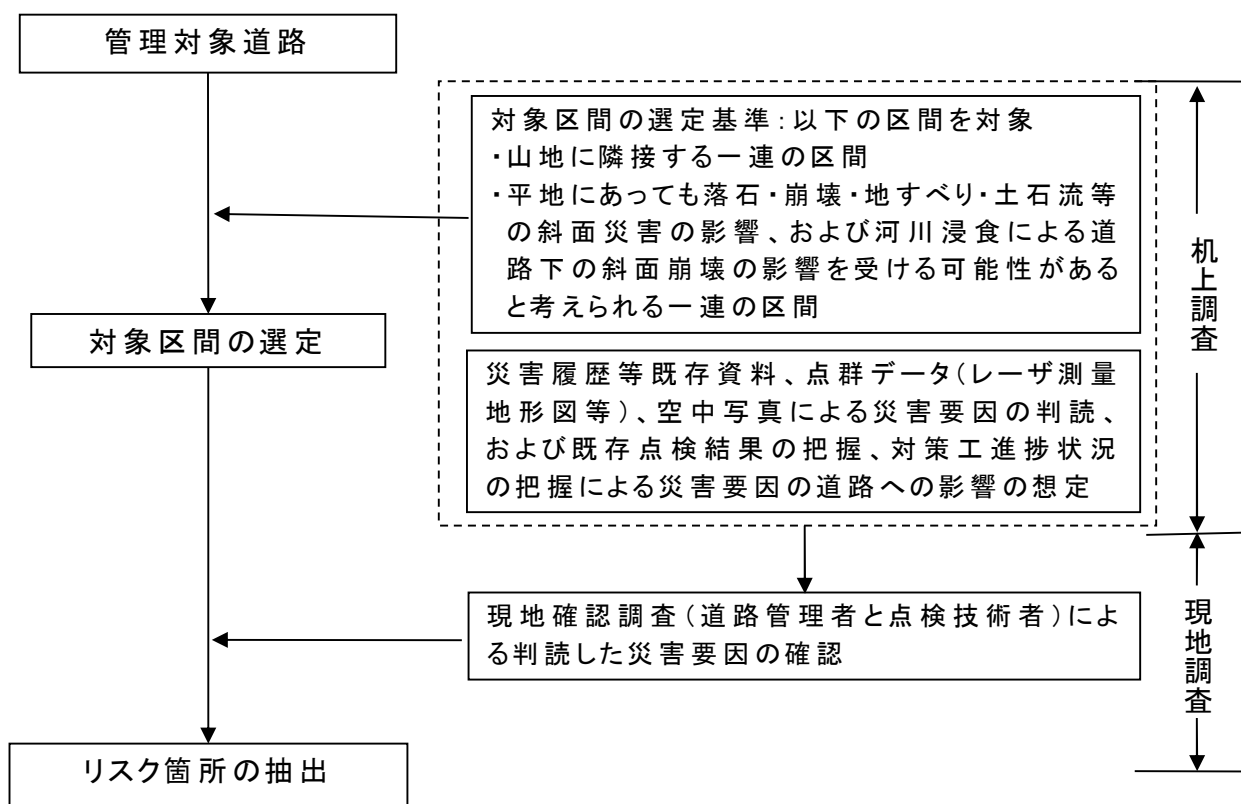


図-1.2 道路斜面災害リスク箇所の抽出の流れ

第2章 対象区間の選定

対象区間は、管理対象区間の防災レベルを概括的に把握して道路管理者が選定する。具体的には、次の①～③の考えに基づいて選定する。

- ① 山地に隣接する一連の区間は全線対象とする。
- ② 平地にあっても落石・崩壊・地すべり・土石流等の斜面災害の影響を受ける可能性があると考えられる一連の区間、および河川浸食による道路下の斜面崩壊の影響を受ける可能性があると考えられる一連の区間は対象とする。
- ③ 平地にあっても落石・崩壊・地すべり・土石流等の斜面災害の影響、および河川浸食による道路下の斜面崩壊の影響を明らかに受けないと考えられる区間は除く。

また、対象区間の選定にあたっては、以下の④～⑥のいずれかに該当する区間を含むよう留意する。

- ④ 過去の道路防災点検要対策箇所のうち対策未了箇所を含む一連の区間
- ⑤ 道路災害の発生した箇所および災害の兆候が認められる一連の区間
- ⑥ その他、道路管理者が防災上必要と認める箇所を含む一連の区間

なお、対象区間の選定にあたっては、過去の災害履歴、点検履歴などに関する資料を参考にすのほか、学識経験者や知識と技能を有する道路防災点検技術者の意見を聴取することが望ましい。

本章は、平成18年度道路防災点検の「点検要領」における「点検対象区間の選定（第1絞込み）」に相当する。

（1）対象区間の選定に際して収集する資料

対象区間の選定に際しては、以下を参考に、必要となる資料を収集する。

- 点群データ*（レーザ測量地形図および微地形表現図）
 - 1/25,000～5,000 地形図
 - 既往の道路防災点検記録
 - 災害記録
 - 防災カルテ
 - パトロール日誌等日常点検記録
 - 防災対策工施工記録
 - 道路管理図
 - シームレス地質図、1/50,000 地質図幅等既存地質資料
 - 災害危険箇所に関する資料（ハザードマップ、土砂災害警戒区域等（法指定区域）、地すべり地形分布図等）
- など

*：点群データは災害要因の判読でも用いるため、精度については3-2.(1)を参照すること。必要に応じて他機関の取得した点群データを含む。

(2) 対象区間の選定方法

対象区間は、上記(1)で収集した資料を簡単に路線図や1/25,000の地形図などに整理した上で選定する。平地の対象区間としては、溪流から道路への土石流の到達や、急斜面から道路への崩土・落石の到達が見込まれる箇所、河川の水衝部などがあげられる。

この場合、対象区間として選定する一連の区間とは、地形的、地質的に一連として取り扱うことのできる区間で、大きな河川や幹線道路との交差部、迂回路の交差部で画された区間とすることが望ましい。一連の区間の延長は、後述する地域特性把握に際して地形の形成過程や災害の特性を判読する必要性から、ある程度の延長を持った区間とすることとし、例えば数km程度とすることが考えられる。

なお、過去の道路防災点検における対策完了箇所においても、待受型防護施設により対策された箇所など、元々の道路斜面災害リスクが残存する箇所が存在しうる。この場合は、経過観察を続けた方が良い箇所も存在するので対象区間に含めるとよい。

第3章 道路斜面災害リスク箇所の抽出

第2章で選定された対象区間を対象として、道路斜面災害のリスク箇所を抽出する。

道路斜面災害リスク箇所の抽出は、「机上調査」と「現地確認」の2つの部分からなる。

「机上調査」では、「既存資料による地域特性の把握」および「災害要因の判読」を実施する。このうち「災害要因の判読」は三次元点群データを用いて作成されたレーザ測量地形図等による判読を基本とする。

「現地確認」は、「机上調査」により判読した災害要因が現地においても見られるかどうかを確認するものである。

本章は、平成18年度道路防災点検の「点検要領」における「安定度調査個所の選定（第2絞込み）」に相当する。

対象区間の中から道路斜面災害リスク箇所を抽出する作業の流れを図-3.1に示す。

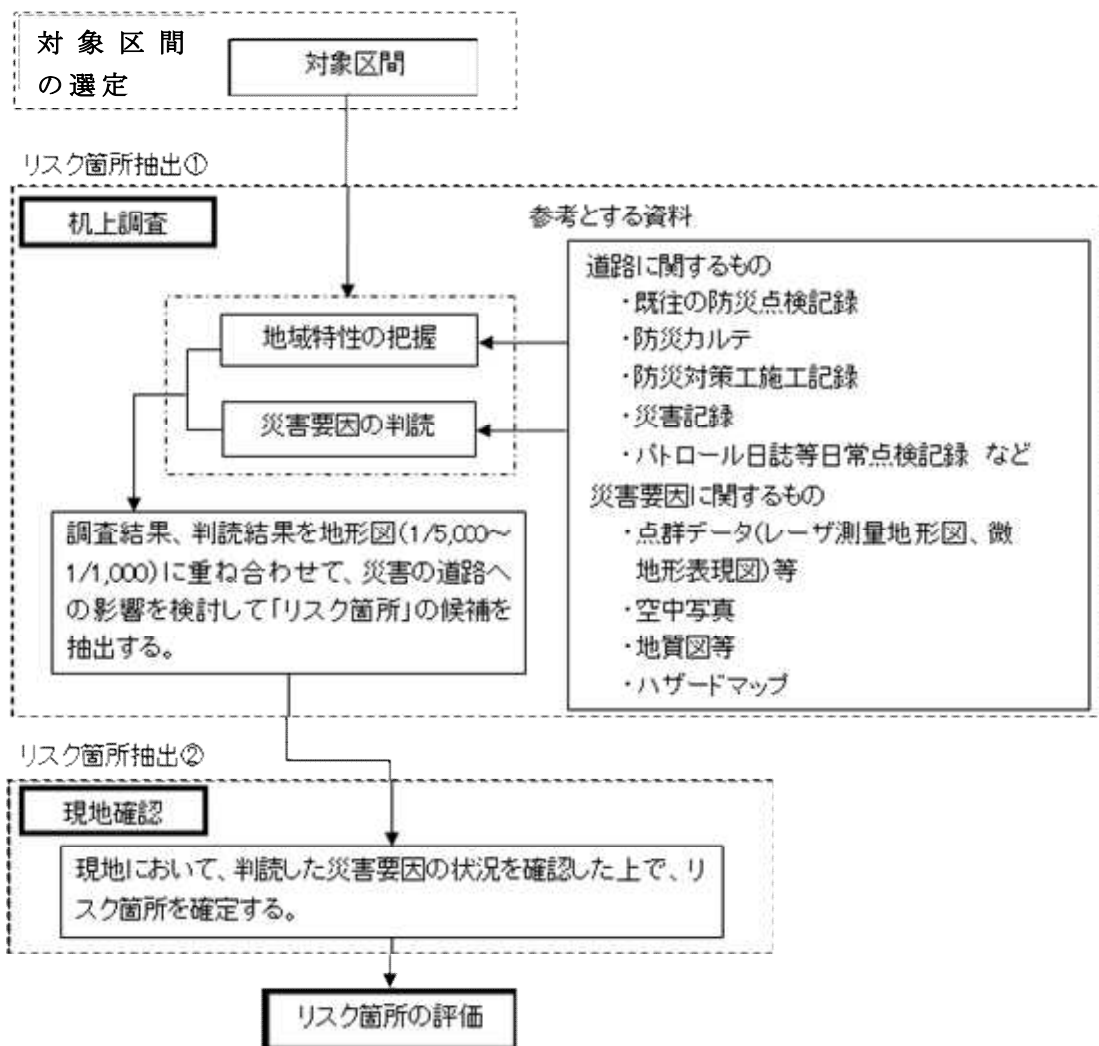


図-3.1 道路斜面災害リスク箇所の抽出の流れ

3-1. 地域特性の把握

対象区間について、災害の素因となる地形・地質の状況、災害発生状況、ハザードマップ等に示される危険箇所、防災対策工の施工状況などの地域特性を既存資料等により把握する。

既存資料を収集し、下記の事項について整理する。

- ① 過去の点検記録及び路線に関する情報
 - i) 点検位置に関する情報(位置図、所在地)
 - ii) 点検結果に関する情報(点検項目、評価、特記事項等)
 - iii) 通行規制等に関する情報(規制の有無、規制基準、迂回路の有無)

② 災害履歴及び対策工に関する情報

把握し得る範囲で被災履歴及び対策工に関する情報を整理する。このとき、既往の道路防災点検時に整理した資料はできるだけ活用し、さらに他の資料があれば、これを追加する。

- i) 災害記録の基礎的情報(災害種別、位置及び範囲、発生日月日、誘因等)
- ii) 被災状況に関する情報(被災規模、被災状況図、写真、通行止実績等)
- iii) 対策工等に関する情報(対策年度、工種、工費)
- iv) 災害危険箇所に関する情報(ハザードマップ、土砂災害警戒区域等(法指定区域)、地すべり地形分布図等による)

収集した資料や上記の整理により把握した地域特性を 1/5,000～1/1,000 程度のレーザ測量地形図等の地形図上に重ねて表記できる情報を記載する。ただし、重ねて記載すると煩雑になる場合には、同じ縮尺の複数の地形図上に示す(図-3.2)。GISデータベースを活用しても良い。

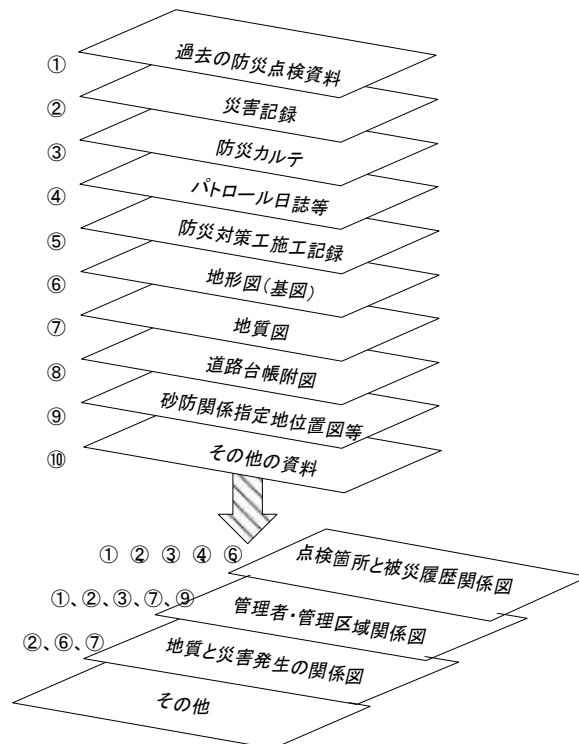


図-3.2 既存資料の整理及び重ね合わせのイメージ

3-2. 災害要因の判読

災害要因の判読は、点群データ（レーザ測量地形図および微地形表現図）や空中写真等から災害に関して注意を要する地形を判読する。

判読した結果はレーザ測量地形図等に記入して整理する。

判読する範囲は、路線沿いの斜面の尾根から谷までを判読範囲とする。

判読した災害要因の内、道路への影響が考えられる箇所をリスク箇所の候補として選定する。

地形改変が著しい地域や、豪雨・地震の発生後の地域について、航空レーザ測量等による点群データを取得し、既存の点群データとの比較により災害要因になるような地形の変化を判読することも有効である。

(1) 判読に用いる資料

- 点群データ（レーザ測量地形図および微地形表現図）

点群データの精度は1 m²当たり4点以上の精度が望ましい。点群データの密度による構造物や亀裂等の微地形表現の違いについて図-3.3に示す。

なお、点群データ取得範囲が不足の場合、他機関の取得データを活用することが望ましい。

- 空中写真

空中写真は縮尺1/数万～1/15,000程度で実体視できるもの。古い時期の空中写真も災害履歴や地形改変前の情報の取得に有効である。このほかに、斜め空中写真や地域特性の把握の際に収集整理した資料の活用も考えられる。

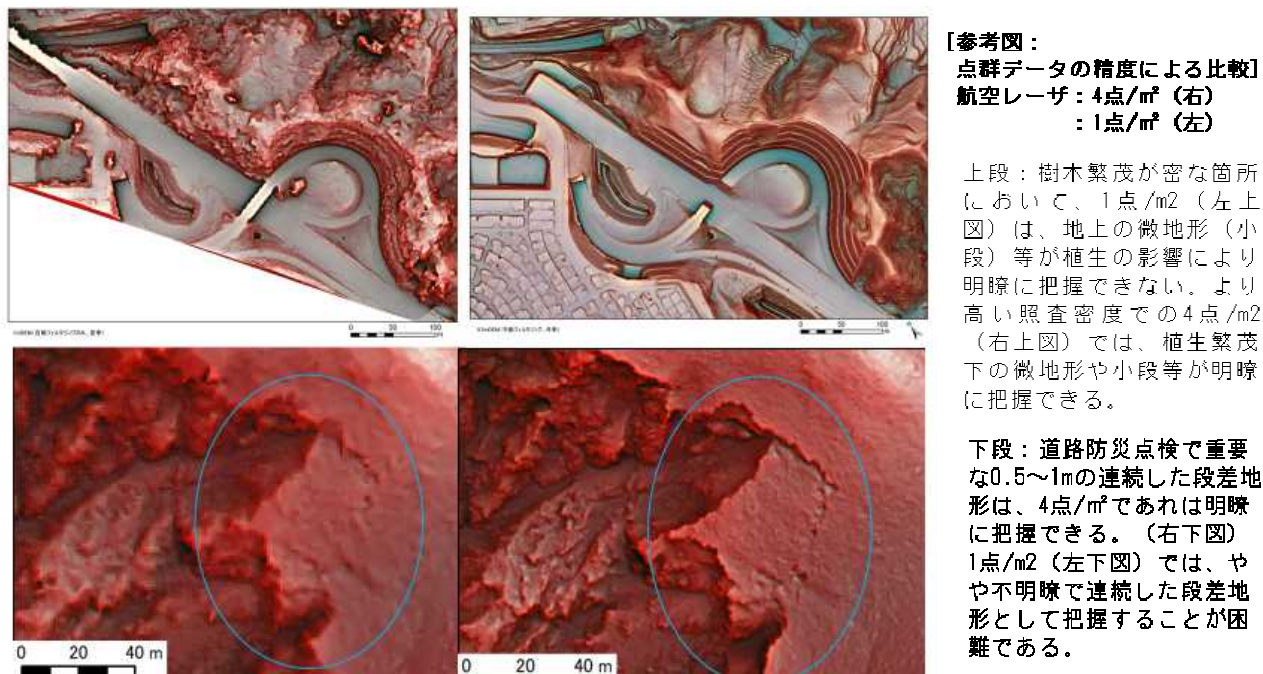


図-3.3 点群データ密度の差による微地形表現図の比較

(2) 災害要因の判読

点群データ（レーザ測量地形図および微地形表現図）による判読を基本に、場合によっては空中写真等の判読を加えて、表-3.1(1)(2)に示す凡例に従って災害に関して注意を要する地形を抽出する。参考として図-3.4にレーザ測量地形図と空中写真判読を比較した事例を示す。点群データ（レーザ測量地形図および微地形表現図）による判読については「3-3. 点群データ（レーザ測量地形図および微地形表現図）で判読する災害要因」において解説する。

(3) 地形改変や豪雨・地震後の地形変化の判読

切土・盛土などの地形改変、豪雨・地震後の地形変化の判読には、新たに取得する点群データと既存の点群データの比較が有効であるが、新たな取得データによらず他機関取得の点群データとの比較が有効の場合がある。

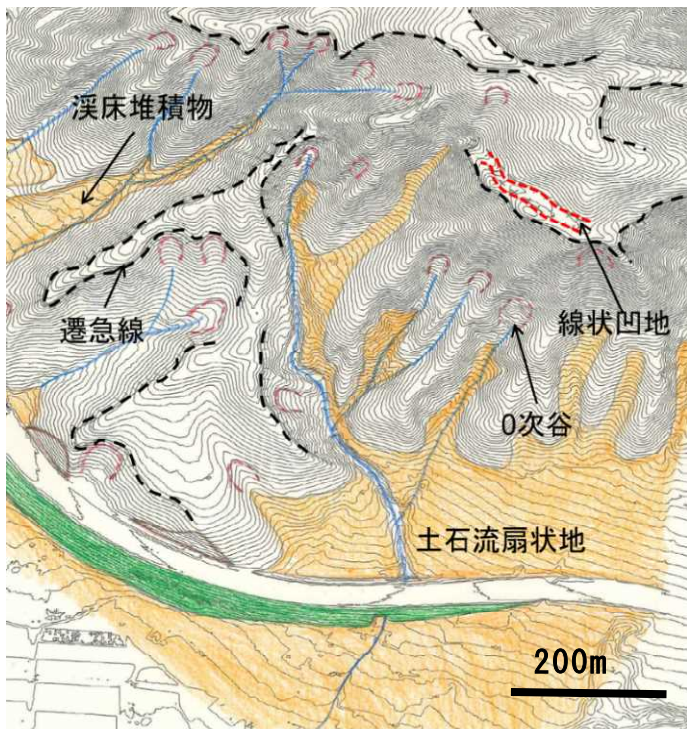
(4) 机上調査結果の整理

地域特性の把握と災害要因の判読を踏まえ、道路に影響する災害要因が判読された箇所をリスク箇所の候補として図面上に示す。

また、現地で確認する必要がある観察項目がある場合にはその内容を示す（例えば「遷急線直上の浮石の確認」など）。

リスク箇所の候補を抽出するに当たっては、災害要因を考慮し、道路に近接していなくても道路への影響が想定される災害要因に留意する。

リスク箇所には不安定性の高い想定発生源だけでなく、土砂等の想定流下経路及び想定堆積域を含む。



レーザ測量地形図では以下の微地形判読が容易

0次谷

遷急線

溪床堆積物（土石流堆積物）

土石流扇状地（土石流堆積物）

線状凹地（不安定斜面）

盛土

空中写真判読では以下の地形判読が可能

①大規模遷急線

②不安定な尾根

③土石流扇状地

但し空中写真判読では小規模遷急線、線状凹地、溪床堆積物などは判読困難→規模の大きな判読対象に補完的に適用

図-3.4 (1) レーザ測量地形図の判読事例



図-3.4 (2) 空中写真の立体視による判読事例

表-3.1 (1) 判読する主な情報の例(1)

| 分類 | 項目 | 内容 | 記号の例 | |
|-----------------------|---------------|--|-------------------|-------------------------|
| 斜面区分 | 斜面境界及び集水範囲の境界 | 安定度調査の単位となる斜面及び集水範囲の境界 | | |
| 点検対象項目に関連した災害要因に関する地形 | 岩盤崩壊に関する地形 | 露岩部、壁岩、急崖（土砂や植生に覆われた斜面で45°以上、岩盤斜面で60°以上）、オーバーハング | 露岩 急崖 オーバーハング | |
| | 落石に関する地形 | 露岩、転石やガレ場（大きなものや群をなすもの。） | 露岩（浮石） 転石 | |
| | 崩壊に関する地形 | 遷急線（崩壊前線） 遷緩線 | | |
| | | 崩壊地、崩壊跡地 | | 崩壊地 崩壊跡地 |
| | | 明瞭な谷頭斜面ないし0次谷（集水地形） | | |
| | | 崖錐（崩積土・岩屑） | | |
| | | 谷向き小崖・山向き小崖・亀裂 | 矢印は谷方向 | |
| | | 溝状凹地、二重山稜 | | |
| | | 凸状尾根斜面（クリープ、はらみ出し） | | |
| | 土石流に関する地形 | 勾配の急な小溪流（10°以上）やガリー | | |
| | | 水系 溪床堆積物 | | 溪床堆積物 |
| | | 沖積錐（土石流堆積物） | | |
| | 地すべりに関する地形 | 地すべり地形（滑落崖、末端隆起など） | | 滑落崖 移動ブロック すべり方向 |
| | | 窪地、凹地（陥没帯） | | |
| | | 離れ山 | | |

表-3.1 (2) 判読する主な情報の例(2)

| 分類 | 項目 | 内容 | 記号の例 |
|--------------------|------------------|---|------|
| 道路施設 (必要に応じて記載) | 道路 | 幅員 | |
| | 盛土 | 盛土区間、勾配 | |
| | 切土のり面 対策工等 | 工種は台帳等で調査する | |
| その他(必要に応じて記載) | 植生 | 裸地や植生の貧弱な領域等 | |
| | 氾濫源 (軟弱地盤、湿地) | 河川氾濫源堆積物 | |
| | 段丘 | 段丘面として面区分をする必要がある場合 | |
| | 人工改変地 | 盛土、切土などの地形改変 | |
| | リニアメント | 断層、地層境界等の線状模様 | |
| | | 断層、地層境界等の線状模様で、図面の縮尺によって、帯として表現する場合 | |
| | 判読不能部 | 地形図の不備による判読不能部 空中写真の不備による判読不能部 陰による判読不能部(空中写真の場合) | |
| 判読範囲 | 判読範囲の明示が必要な場合 | | |

3-3. 点群データ（レーザ測量地形図および微地形表現図）で判読する災害要因

点群データから作成したレーザ測量地形図、微地形表現図などから道路防災上の問題となる落石、崩壊、岩盤崩壊、土石流、地すべり等の災害要因になる地形について、その位置をレーザ測量地形図などに表 3.1 (1) (2) の凡例記号を用いて分かりやすく表示する。既存の空中写真判読結果や踏査結果もあわせて整理しておくことが望ましい。その他、道路と災害地形との関係を把握する上でも、盛土、擁壁、切土法面や吹付、のり枠、洞門などの構造物および対策施設等も必要に応じて記載しておくことが望ましい。

(1) 災害要因に関する地形判読手法の飛躍的向上

航空レーザ測量は技術の向上により困難であった樹林下の地形、転石や小崖などの微地形の取得が可能になった。取得した点群データを精緻な地形図や赤色立体画像等の微地形表現図に表現することで、空中写真判読のように経験豊富な専門技術者が時間をかけて判読することなく、災害要因に関する地形を比較的容易に個人差も少なく抽出することができるようになった。これにより、道路斜面の災害要因を面的に網羅することができ、点検斜面のスクリーニング段階で見逃されてきた災害の発生する可能性のある斜面を適切に評価できることが見込まれる。

(2) 災害要因の判読事例

以下に点群データを基に作成した地形図等から判読した災害要因の抽出例を示す。

① 土石流

高知県の国道 55 号の土石流被災箇所の地形図、空中写真、レーザ測量地形図を図-3.5 (1) (2) に示す。空中写真判読では谷出口の国道付近に沖積錐（土石流堆積物）があり、土石流危険箇所であることがわかる。

一方、図-3.5 (2) のレーザ測量地形図では、空中写真に写っていない溪床に大量の堆積物を確認できる。国道は土石流堆積物を橋梁と切土で通過しており、土石流による危険性が高い地点であることを読み取ることができる。

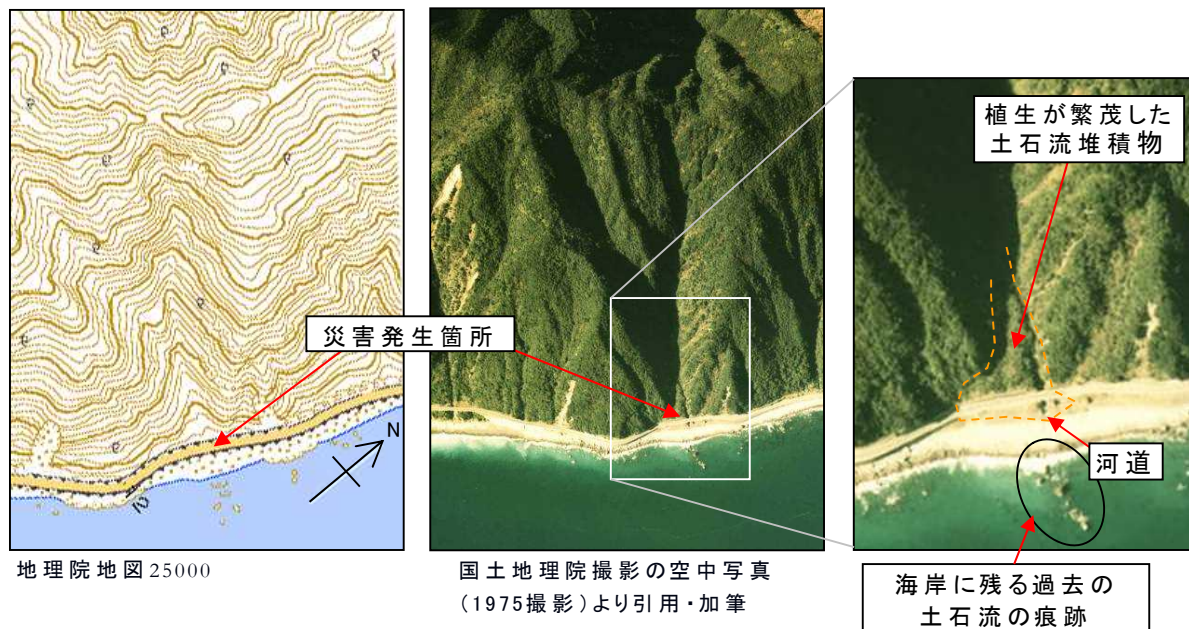


図-3.5 (1) 土石流の発生した溪流の位置と空中写真

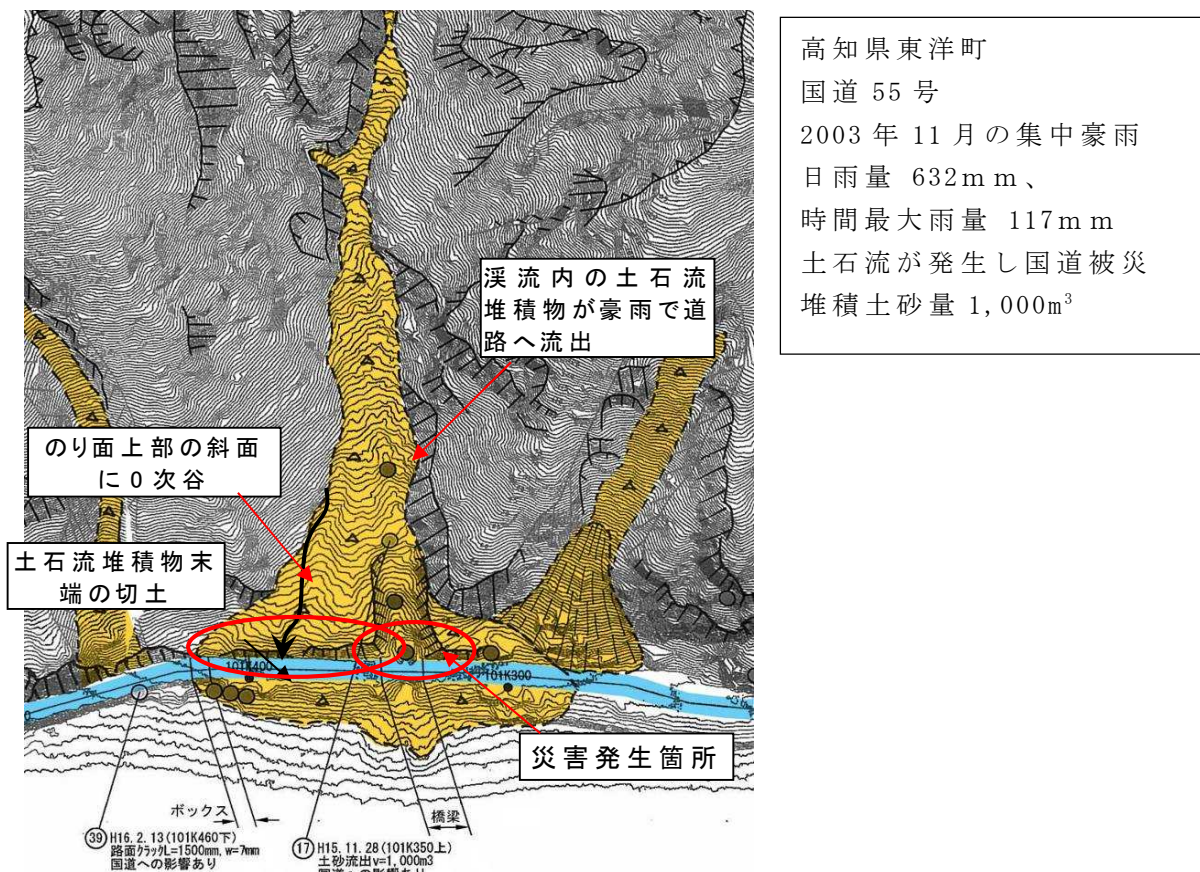


図-3.5 (2) 土石流発生溪流のレーザ測量地形図

② 落石

東京都西部の山間部を通る国道 20 号の斜面について、空中写真、レーザ測量地形図、微地形表現図を図-3.6 (1) (2) (3) に示す。空中写真では植生の繁茂のため異常が認められない平滑な斜面と認識される。落石発生源になるような露岩・転石はレーザ測量地形図でも確認することが困難な場合があるが、微地形表現図では数か所に落石発生源になる露岩部があることが比較的容易に抽出できる。

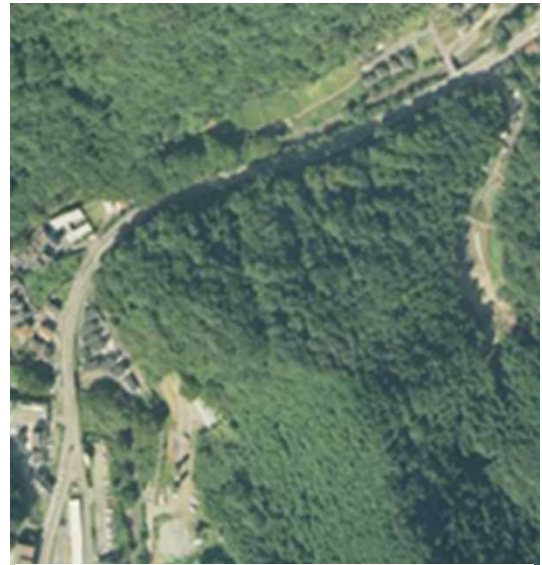


図-3.6 (1) 斜面の空中写真

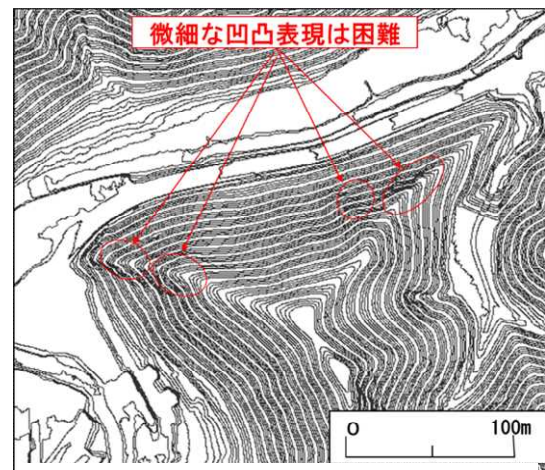


図-3.6 (2) レーザ測量地形図

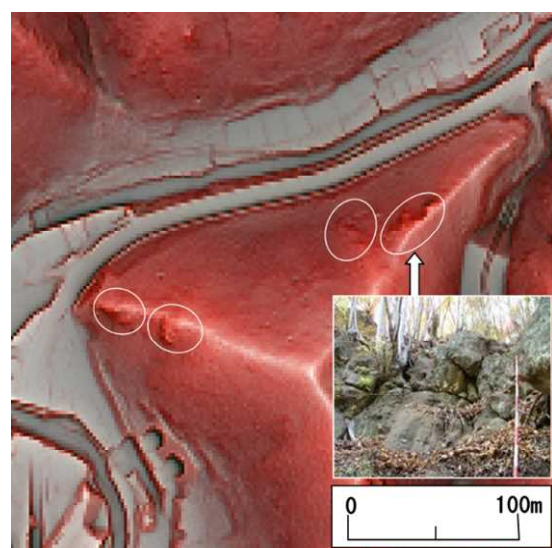


図-3.6 (3) 微地形表現図

③地すべり

国道1号、東名高速自動車国道、東海道本線が斜面下を通過する静岡県由比地区の斜面である。

空中写真判読(図-3.7(1))による地すべり地形の抽出は専門技術者でないと困難であり、個人差が出やすい状況にある。

一方、微地形表現図(図-3.7(2))では細部まで地すべり地形を容易に抽出することが可能で個人差が出にくいといえる。



図-3.7 (1) 由比地区地すべりの空中写真判読図

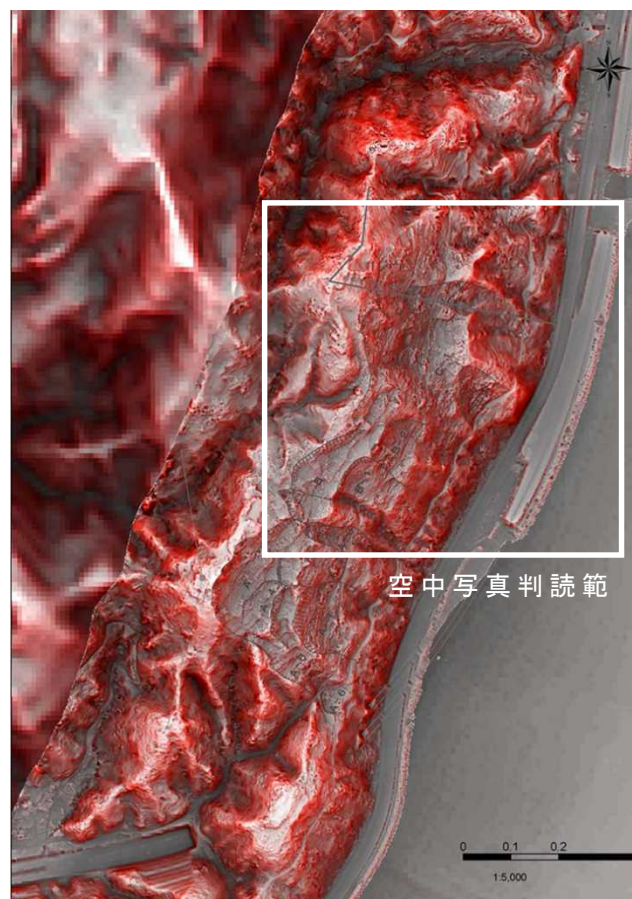


図-3.7 (2) 由比地区地すべりの微地形表現図

第4章 抽出した道路斜面災害リスク箇所の評価

第3章で抽出された道路斜面災害リスク箇所について、道路への影響を評価する。評価は、平成18年度道路防災点検の「点検要領」における「安定度調査」の方法に従って行う。

抽出された道路斜面災害リスク箇所の評価は、抽出されたリスクの種類に応じて、平成18年度道路防災点検の「点検要領」における「安定度調査」の点検対象項目の中から適切な項目を選定した上で、「点検要領」における「第5章各点検対象項目の安定度調査の手法」に従って行う。

防災点検等での活用事例：UAVやMMS等による取得データを含め、点群データは微地形表現図や断面図作成に利用でき、容易に詳細な記録表が作成できる。箇所別記録表の作成も精度よく容易にできる。

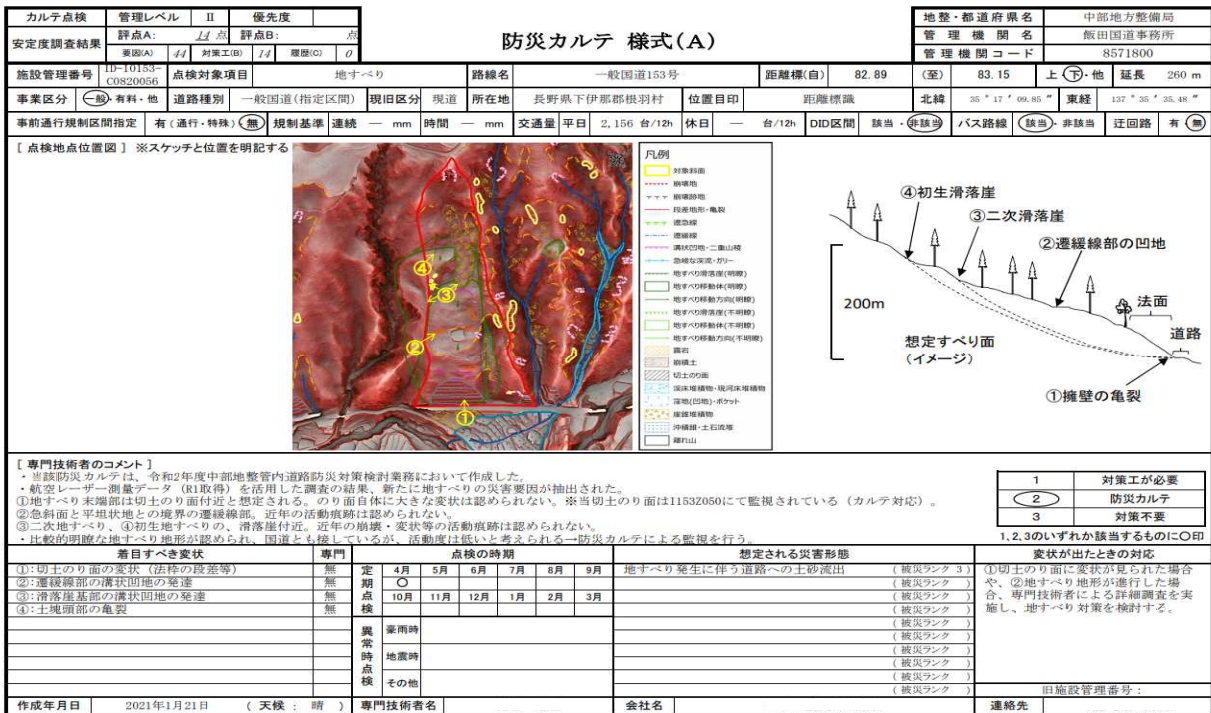


図-4.1 防災カルテにおける点群データを利用した整理例

第5章 結果の記録・整理

道路斜面災害リスク箇所抽出・評価の結果は、道路沿いのリスク箇所および危険度をわかりやすく把握できるようにレーザ測量地形図等を基図として整理する。

また、個別箇所の評価結果は、平成18年度道路防災点検の「点検要領」における「安定度調査」の「調査結果の整理」に従って整理する。

道路斜面災害リスク箇所抽出・評価の結果は、道路管理者が道路沿いのリスク箇所および危険度をわかりやすく総覧できるようにレーザ測量地形図等を基図として整理する。

具体的な方法は下記の文献に基づくものとする。

土木研究所共同研究報告書第350号「GISを利用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究報告書 道路防災マップ作成要領(案)」平成18年8月

個別箇所の評価結果の整理は、平成18年度道路防災点検の「点検要領」における「第4章安定度調査の流れ」の「4-2. 調査結果の整理」に従って行う。

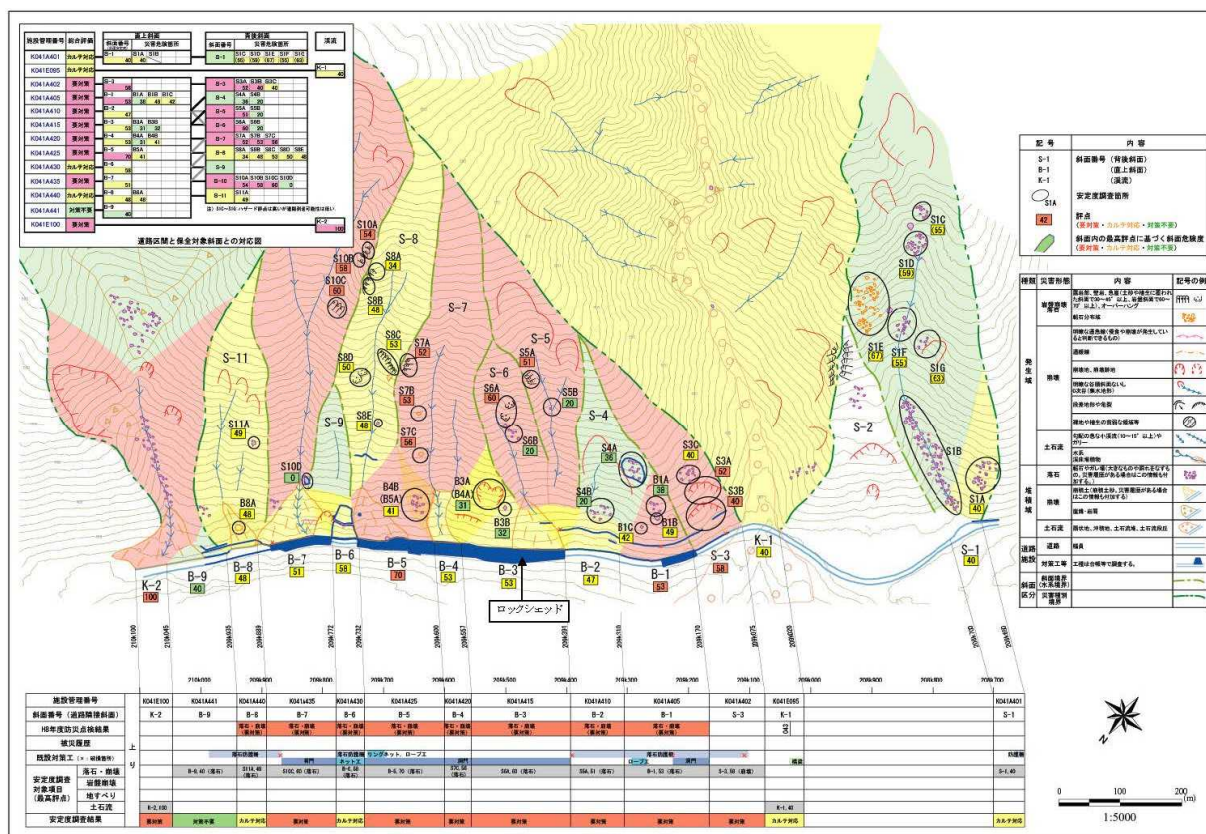


図-5.1 道路斜面災害リスク箇所抽出・評価結果の整理例
 (「道路防災マップ作成要領(案)」に従ってレーザ測量地形図を基図として整理した例)