

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

# 災害のハザードを一元的にマッピングする

降雨による土砂災害、強風災害、雪崩災害などの気象災害については、多くの場合、災害を引き起こす気象外力（雨、雪、風）や素因（地形、地質、植生など）などを災害種別ごとに把握し、個別に対策を検討します。しかし、これらの災害の危険性を一元的に把握することができれば、災害に対する線区の特徴や弱点箇所の把握が容易になり、より効率的な防災対策の検討が可能になると考えられます。ここでは、気象災害に関する外力や耐力・危険度評価結果を一元的に可視化することができる気象災害ハザードマッピング技術について紹介します。

## はじめに

雨や雪、風などの気象外力により引き起こされる災害（以下、気象災害と称します）には、土砂災害、強風災害、雪崩災害などがあり、鉄道においてもこれらの災害はしばしば発生しています。そこで鉄道では、必要に応じてこれらの災害の素因や発生危険度などを評価し、これに加えて雨量計や風速計などによる気象外力の観測と運転規制を行うことにより、列車の安全を確保しています。各災害の素因や危険度の評価結果などは通常は個別のデータとして扱われ、データのフォーマットも

異なることが多いですが、これらのデータを一元的に扱うことができれば、対象とする線区の災害の特徴や弱点箇所の把握が容易になり、防災対策の検討にあたって有用であると考えられます。

そこで、気象災害のうち土砂災害、強風災害、雪崩災害、落石災害を対象とし、過去に開発したこれらの災害に対する耐力評価技術と外力評価技術とから得られる各災害の危険度評価結果を、GIS（図1参照）を用いて一元的に可視化することができる災害ハザードマッピング技術を開発しました<sup>1)</sup>。



**長谷川 淳**  
Atsushi Hasegawa  
防災技術研究部  
地質研究室  
主任研究員  
【専門分野】 応用地質学、リモートセンシング



**布川 修**  
Osamu Nunokawa  
防災技術研究部  
地盤防災研究室  
室長  
【専門分野】 斜面防災



**福原 隆彰**  
Takaaki Fukuhara  
防災技術研究部  
気象防災研究室  
副主任研究員  
【専門分野】 強風災害



**佐藤 亮太**  
Ryota Sato  
防災技術研究部  
気象防災研究室  
研究員  
【専門分野】 雪工学

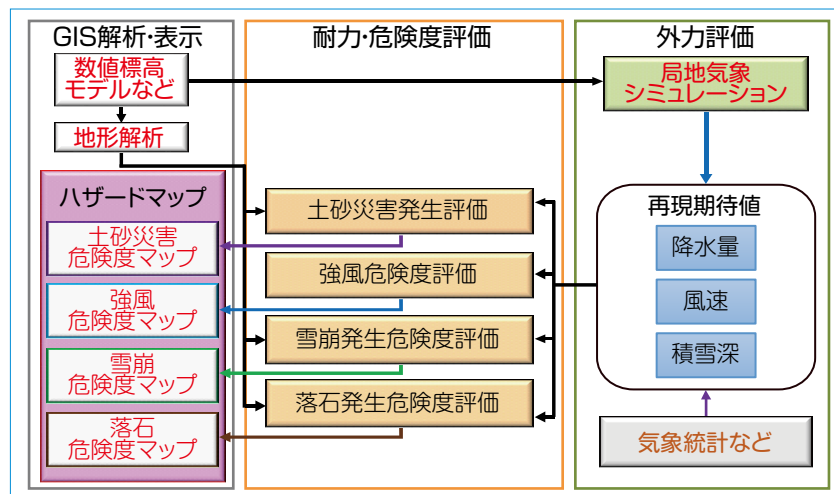


図1 データ処理の流れ

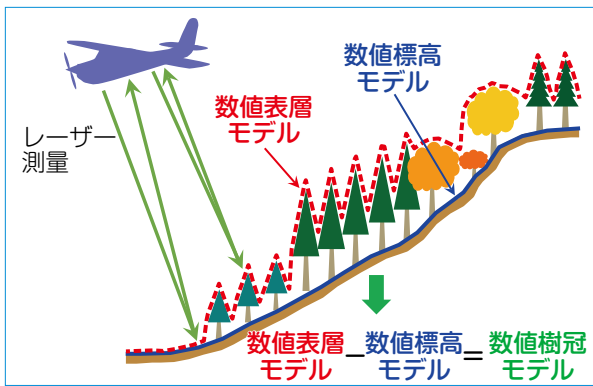


図2 数値標高モデルと数値表層モデルの概念図

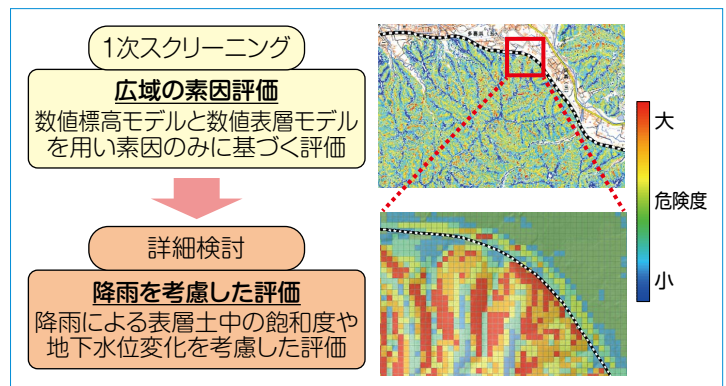


図3 土砂災害の評価

## データ処理の流れ

図1にデータ処理の流れを示します。外力や耐力・危険度の評価において基本のデータとなる地形の情報については、地表面の標高値がメッシュ状に配列された数値標高モデルを用います。数値標高モデルの入手方法としては、航空レーザー測量による方法(図2)や、国土地理院が公開している基盤地図情報を利用する方法があります。また、土砂災害および雪崩災害の評価では、植生などの高さを含めた標高値のメッシュデータである数値表層モデルを用い、数値表層モデルから数値標高モデルを減算することで得られる植生の高さのデータである数値樹冠モデルも利用します。次に、シミュレーションや統計に基づき、各気象災害に関する耐力や危険度を評価します。こうして得られた結果は線路の位置情報とともにGIS上で一元的に表示します。

以降では各災害の評価方法について概説します。

## 土砂災害

土砂災害(ここでは斜面の表層崩壊を対象としています)の評価については2段階で行います(図3)。まず、広域を対象とし、斜面の素因(地形や植生)をもとに表層崩壊の相対的な発生危険度を評価し、次に、この評価において危険だと判断される斜面について、個別に降雨時の斜面の安定性を評価します。

広域の評価については、数値標高モデルと数値樹冠モデルを用いて斜面の傾斜、凹凸、植生の状態を評価し、斜面崩壊の発生に対する各項目の影響の大きさをもとに斜面の相対的な危険度を点数化して表示します。

また、降雨時の安定性評価については、数値標高モデルから作成した地形のモデルに斜面表層の土の特性などを入力し、降雨の浸透による表層土中の水分量や地下水位の変化を考慮して斜面表層の相対的な安定性を評価します。

## 強風災害

強風災害については、列車の脱線・転覆につながるような強風が発生する頻度を推定します。推定にあたっては、局地的な気象現象を面的に推定する手法(局地気象シミュレーション<sup>2)</sup>)を用いて過去の複数の強風事例を再現し、ある一定の期間に生じると予測される強風の最大値(再現期待値)を求めます。次に、線路が含まれているメッシュごとに、車両や鉄道構造物の条件で定まる転覆限界風速(☞参照)を求めます。そしてこれらから、転覆限界風速以上となる強風がどの程度の期間で発生しうるか(強風の再現期間)を求め、地図上にマッピングします。これにより災害をもたらす強風が発生しやすい箇所を線路全体で知ることができます(図4)。

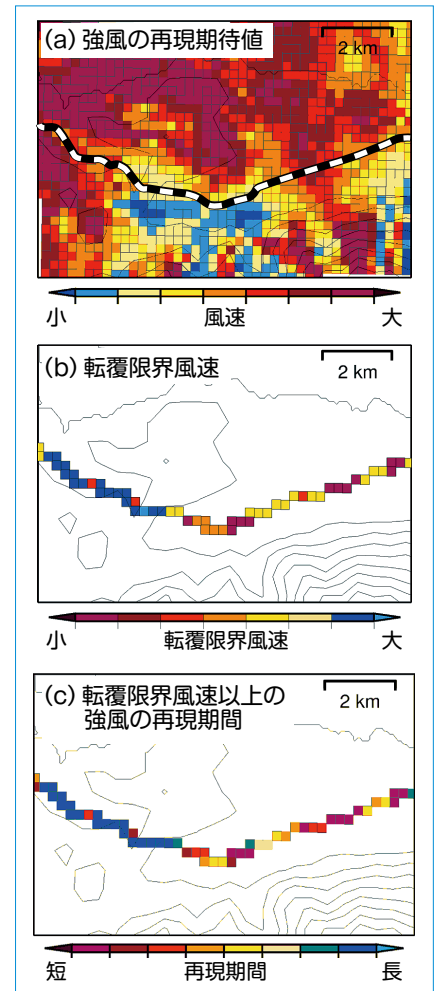


図4 強風災害の評価

### ☞ GIS

Geographic Information System(地理情報システム)。地理的な位置情報を有するデータを総合的に作成・管理し、分析や表示を行うソフトウェアまたはシステムを指します。

### ☞ 転覆限界風速

車両に作用する横風により風上側の輪重(車輪がレールを垂直方向に押す力)がゼロになるときの風速。

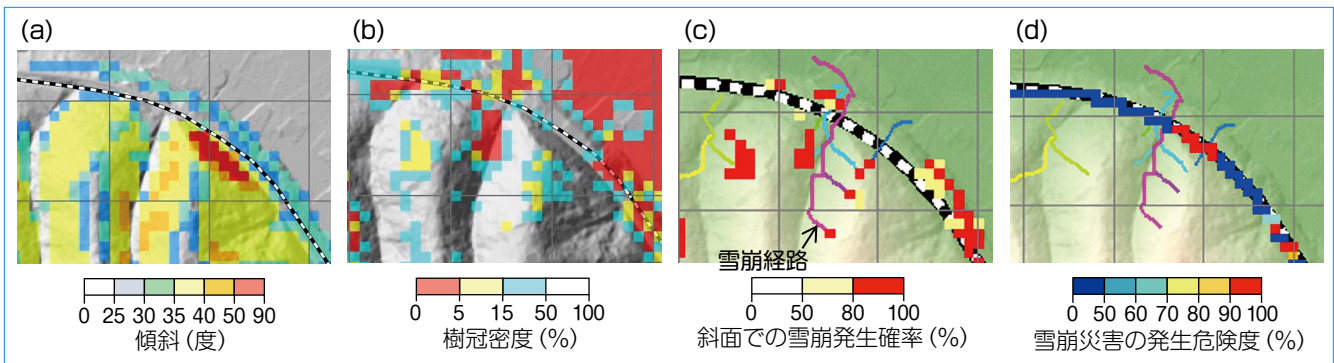


図5 雪崩の評価

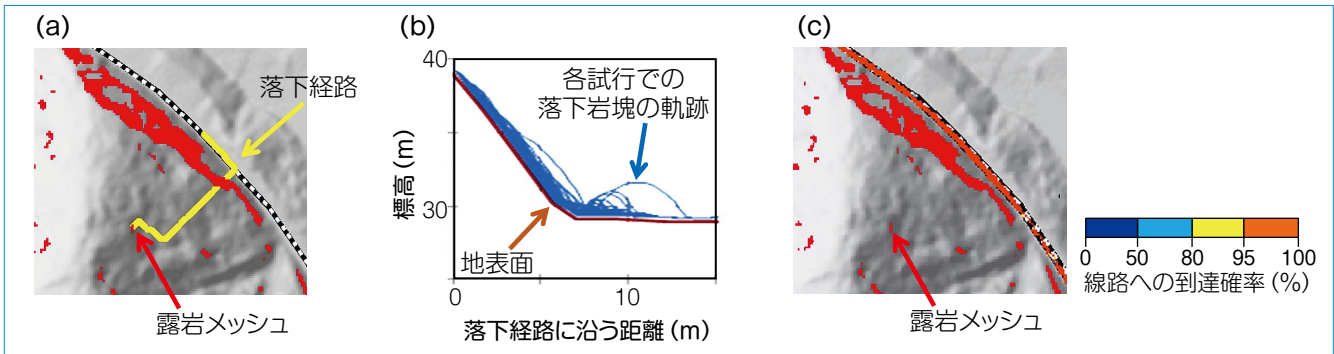


図6 落石の評価

### 雪崩災害

雪崩災害については、過去に雪崩が発生した斜面などの特徴をもとに統計的手法により作成された点数表<sup>3)</sup>を用いて、数値標高モデルから求めた斜面の傾斜と数値樹冠モデルから求めた斜面の水平単位面積に占める樹冠面積の比率（樹冠密度）および、ある再現期間における積雪深の年最大値（確率年最大積雪深）から、雪崩の発生確率を求めます。次に、雪崩発生確率が50%以上のメッシュについて、雪崩が落水線（最も傾斜が急な方向をつなげて得られる線）に沿って流下すると仮定し、雪崩の経路を求めます。そして、経路上の雪崩の到達確率を求め、雪崩の発生確率と線路への到達確率の積により雪崩災害の発生危険度を表します（図5）。

### 落石災害

落石災害の評価については3段階で行います。まず、落石の発生源となり

うる露岩が分布している箇所を抽出し、次に、対象とする露岩から岩塊が落下したと仮定したときの岩塊の落下経路を推定します。そして、落下経路上での落石の到達確率を求めます（図6）。

露岩の分布箇所は、数値標高モデルを用いて求めた斜面の凹凸と傾斜の組み合わせにより抽出します。そして、抽出された露岩のメッシュを起点として岩塊が落水線に沿って落下すると仮定して、岩塊の落下経路を求めます。最後に、落下経路の2次元断面を作成し、モンテカルロシミュレーションにより落石の到達確率を求め、これを落石災害の危険度評価結果として表示します。

### ハザードマップの表示

以上のように求めた気象外力および耐力・危険度評価結果は空間的な位置情報を有しているため、GIS上で一元的に表示することができます。これにより、気象災害に関する線区の特徴の

把握や弱点箇所の抽出が可能になります。また、それぞれの評価結果のほかに、災害に関する素因である表層土の厚さ、斜面の傾斜や植生による被覆状況、露岩の分布などについても同様にGIS上に表示することが可能なため、とくに災害の危険性が高いと判断される箇所において素因の把握やそれに応じた対応の検討に用いることが可能です。

また、それぞれのハザードマップについては、以下のような活用が考えられます。

#### ・土砂災害危険度マップ(図7(a), (b))

発生源（斜面）における表層崩壊の発生危険度を表しており、詳細な調査を行うべき斜面の選定などに活用できます。

#### ・強風危険度マップと雪崩危険度マップ(図7(c), (d))

これらのマップは線路上での強風の再現期間や雪崩災害の発生確率を示しており、対策工の設置の優先順位や設置範囲の検討に活用できます。

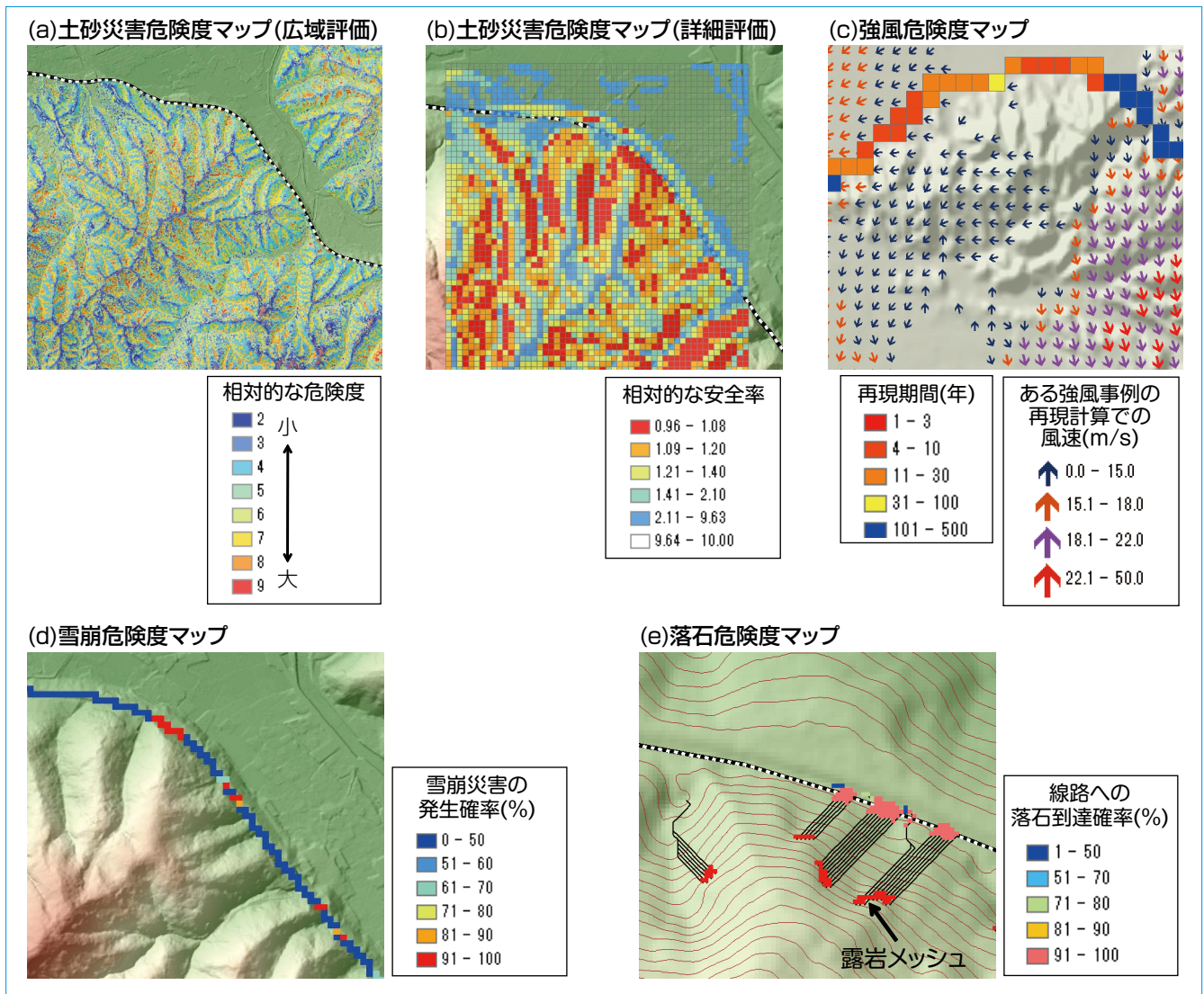


図7 ハザードマップの表示例

・落石危険度マップ(図7(e))

露岩が分布すると推定された箇所および露岩から岩塊が落下した場合の線路への到達確率を示しており、詳細な調査を行うべき露岩の選定などに活用できます。なお、露岩の分布は地形の解析により得られた結果であり、実際の露岩の形状や分布範囲を正確に表すものではありません。これらについて把握するためには、解析結果をもとに、別途現地調査を行う必要があります。

まとめ

ここでは、各気象災害について、気

象外力と耐力・危険度評価結果を一元的に表示可能なハザードマッピングシステムを紹介しました。一連の解析の一部は自動化されており、基本的な地形データなどがあれば、対象とする線区の延長にもよりますが、3か月前後で各災害に関するマップを作成することができます。

なお、本ハザードマップは、ある推定された外力のもとで評価された静的なハザードマップです。今後は時々刻々と変化する気象データや予報などに対応するリアルタイムのハザードマップの構築に取り組んでいきます<sup>4)</sup>。RRR

文献

- 1) 浦越拓野, 福原隆彰, 布川修, 長谷川淳: 気象災害ハザードマッピング技術の開発, 鉄道総研報告, Vol.30, No.3, pp.5-10, 2016
- 2) 福原隆彰, 穴戸真也: 局地的気象現象の面的推定手法, 鉄道総研報告, Vol.30, No.3, pp.11-16, 2016
- 3) 新山純一, 松田宏, 飯倉茂弘, 河島克久, 藤井俊茂: 東北新幹線盛岡・八戸間のなだれ危険度評価とその工学的意義, 日本雪工学会誌, Vol.19, No.2, pp.91-101, 2003
- 4) 浦越拓野, 渡邊諭, 尾崎尚也, 川越健, 太田直之: 都市部小流域河川を対象とした局地的短時間強雨に対する減災システムの試作, JREA, Vol.61, No.6, pp.7-10, 2018