

災害ハザードマッピング技術の開発

防災技術研究部 地質研究室
副主任研究員 浦越 拓野

1. はじめに

鉄道沿線で発生しうる様々な自然災害に関する素因や外力，発生危険度等を一元的に可視化することができれば，自然災害に関する線区の特徴の把握，弱点箇所の抽出，素因や外力を考慮した対策の検討が容易になり，より効果的で効率的な防災対策が可能となることが期待される。

そこで，土砂災害，強風災害，雪崩災害，落石災害（以下，これらを気象災害と称する）を対象に，鉄道の安全性向上に資する災害ハザードマッピング技術の開発を実施した。ここでは，本手法における情報処理の流れ，危険度評価方法の概要，表示例について紹介する。

2. 災害ハザードマッピング技術における情報処理の流れ

災害ハザードマッピング技術における情報処理の流れを図1に示す。まず地形情報として数値標高モデル(Digital Elevation Model; DEM)を準備する。これは，航空レーザ測量を実施して作成するほか，国土地理院が公開している基盤地図情報から入手可能で

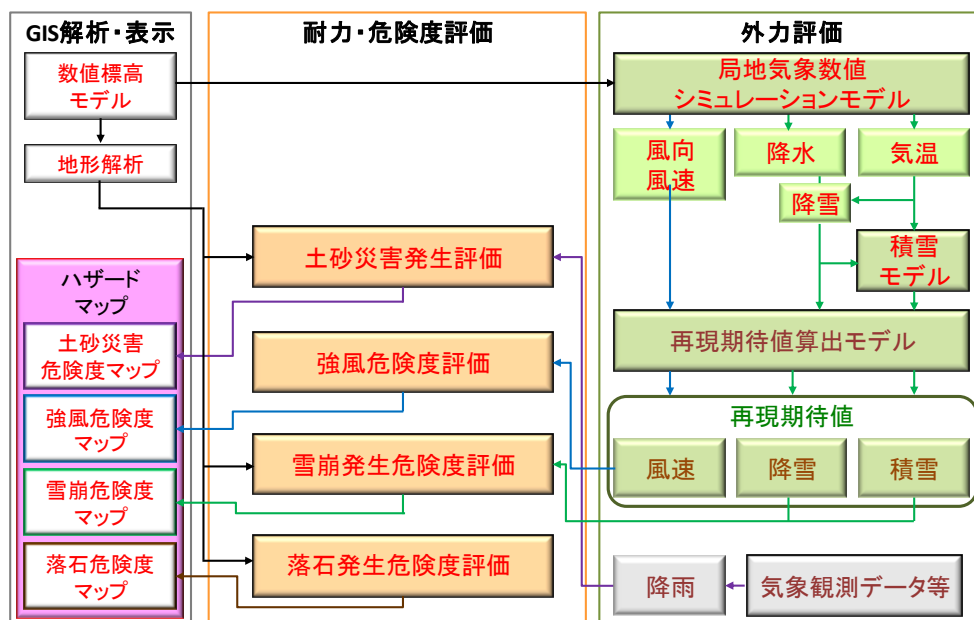


図1 災害ハザードマッピング技術における情報処理の流れ

ある。次に，降水量や風向・風速等の外力を，局地気象シミュレーション¹⁾により推定する。なお外力には，シミュレーション結果だけでなく，アメダス等での実測値等を用いることもできる。これらの外力を入力とし，耐力・危険度評価を実施する。この耐力・危険度評価において，災害発生に関する地形的な素因をDEMに対する地形解析によって抽出することもできる。外力の推定結果や素因の抽出結果，ならびに危険度評価結果は，地理情報システム(Geographical Information System; GIS)上に表示する。

3. 危険度評価手法の概要とハザードマップの表示イメージ

土砂災害，強風災害，雪崩災害，落石災害の危険度評価手法の概要を示し，ハザードマップの表示イメージを紹介する。なお，土砂災害の評価手法²⁾と強風災害の外力評価手法¹⁾の詳細は，本日の別の発表件名をご参照いただきたい。

3.1 土砂災害

土砂災害として、斜面表層の崩壊に関する危険度評価を次の2手法で実施した。まず一つ目の手法(手法①)は、広い範囲を対象に斜面の表層崩壊の発生危険性を評価する手法³⁾である。この手法では、航空レーザ測量で得られたDEMと数値表層モデル(Digital Surface Model; DSM)から、災害発生に関わる素因である傾斜、斜面型、植生の条件を解析し、これらの素因に基づき表層崩壊の可能性を評価する。

次に二つ目の手法(手法②)は斜面の降雨時の安定性を評価する手法^{2),4)}である。この手法では、斜面表層の力学特性や水理特性等を入力し、降雨による表層土中の含水比や地下水位の変化を解析することで、外力と耐力に基づいて相対的な安定性を求める。

両者とも、発生源(斜面表層)における表層崩壊の発生しやすさに関する評価となっている。これらの手法の利用方法として、まず手法①で1次スクリーニングを行い、これにより危険性が高いと判断された斜面を対象として手法②で詳細な検討を行うという利用方法が考えられる。

3.2 強風災害

強風災害に関して、転覆限界風速⁶⁾を超える強風の再現期間を評価した。まず、局地気象シミュレーション¹⁾と極値統計手法⁵⁾により、強風の再現期待値を解析した。この結果を用いて、線路構造物の種別等から求められる転覆限界風速を超える強風の再現期間を評価した。転覆限界風速を超える強風の再現期間が短い領域は、相対的に強風災害が発生しやすい領域と判断できる。

3.3 雪崩災害

線路における雪崩災害の発生危険度を既往の手法⁷⁾に基づいて求めた。これは、斜面での雪崩発生確率を斜面の傾斜・樹冠密度・確率最大積雪深から、また斜面から線路までの雪崩到達確率を比高と斜面長から求め、両者の積を雪崩災害の発生危険度とする手法である。

本検討においては、GIS上にハザードマッピングシステムを構築する際のデータの互換性を考慮し、既存手法のデータ処理の一部に航空レーザ測量データを活用することとした(図2)。まずDEMとDSMを作成した。このDEMを用いて斜面の傾斜⁸⁾を求め、またDEMとDSMを用いて小林ほか⁹⁾を参考に樹冠密度を求めた。斜面の傾斜および樹冠密度と、別に推定された確率最大積雪深から、既往の手法⁷⁾にて斜面での雪崩発生確率を求めた。

次に、雪崩発生確率が50%以上のメッシュを起点とし、

DEM上で最大傾斜方向を逐次つなぎ、線路に至る雪崩経路を得た。雪崩経路上での斜面から線路までの比高と斜面長をDEMから求め、既往手法⁷⁾にて雪崩到達確率を解析した。

その上で、雪崩発生確率と雪崩到達確率の積で、線路における雪崩災害の発生危険度を求め、GIS上に表示した。

この評価は、斜面での雪崩の発生しやすさと、斜面から線路までの到達しやすさとの両方を考慮した評価となっている。

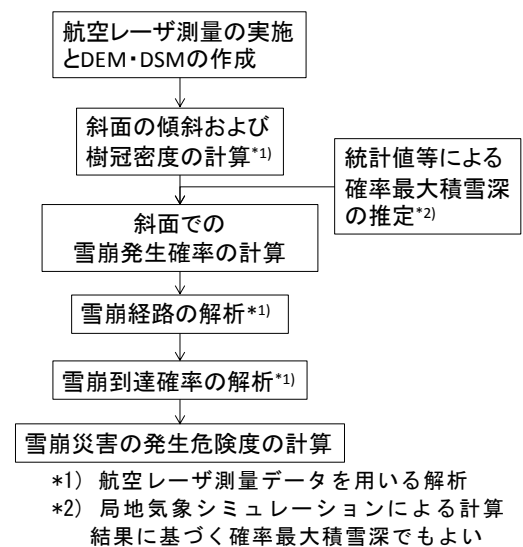


図2 航空レーザ測量データを活用した雪崩災害危険度評価手法

3.4 落石災害

露岩からの剥落型落石¹⁰⁾を対象として、線路への落石到達確率を求めた(図3)。まず既往の手法¹¹⁾により露岩分布の推定を行った。これはDEMを用いて傾斜と斜面型の条件から露岩分布を推定する手法である。次にDEM上で最急勾配方向を逐次つないで岩塊の落下経路とした。その上で、落下経路に沿う2次元断面上において既往の落石シミュレーション(吉田らの方法¹²⁾)を実施した。この処理を露岩と推定された全てのメッシュに対して実施し、線路における落石到達確率を求めた。

この評価手法は、露岩部から落石が発生したと仮定した場合の到達確率を解析している。そのため、本評価結果の利用方法として、現地調査や個別の検査等が必要な露岩の抽出に利用することが考えられる。

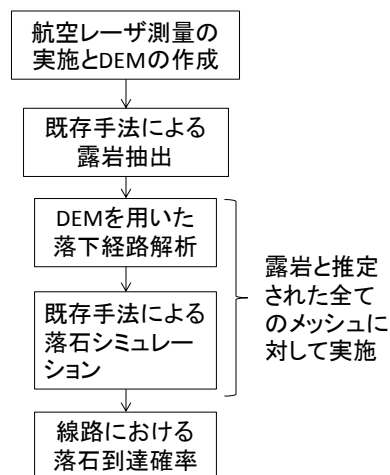


図3 落石到達確率評価手法

3.5 表示イメージ

ハザードマッピングシステムの表示に用いる主なデータを表1に、表示イメージを図4にそれぞれ示す。本技術により、土砂災害、強風災害、雪崩災害、落石災害に関する発生危険度等の一元的な可視化が可能となった。いずれの危険度評価においても、評価に必要な素因や外力、例えば斜面傾斜、露岩分布等を、危険度評価結果とともに保存し、ハザードマップに表示することで、素因や外力の大きさに応じた対策の検討を行うことができる。また、DEMやDSMの更新に応じてハザードマップを更新することで、危険度が経時的に変化した箇所を従来に比べて容易に把握できる。

一方、用いる評価手法によって、発生源での発生しやすさに関する評価結果(土砂災害)、線路への到達確率に関する評価結果(落石災害)、発生源での発生しやすさと到達確率の両方に関する評価結果(雪崩災害)、さらに災害発生の再現期間(強風災害)というように、得られた評価結果の質が異なる点に注意が必要である。

表1 開発した災害ハザードマップを構成する主要項目

情報種別	項目	データの取得または解析方法	メッシュ幅
基本情報	地形	航空レーザ測量によるDEMの作成 基盤地図情報等からの入手	1m, 10m
	線路	線路平面図	(*)
外力評価結果	降水量	局地気象シミュレーション ¹⁾ による解析結果 気象観測データに基づく統計値等	250mなど
	風向・風速		
危険度評価結果	土砂災害	3.1に記載した方法	1m, 10m
	強風災害	3.2に記載した方法	250m
	雪崩災害	3.3に記載した方法	10m
	落石災害	3.4に記載した方法	1m

*1 一般的にはベクトル形式であり、“メッシュ”が定義されない。

4. おわりに

本研究では、気象災害に対する安全性向上を目的として、ハザードマッピング技術の開発を行った。この結果、土砂災害、強風災害、雪崩災害、落石災害を対象とし、まず素因の抽出や外力の推定を行い、次に災害発生に関わる危険度等を評価し、これらの結果をGIS上に表示する災害ハザードマッピング技術を開発した。本技術により気象災害に関する素因、外力、危険度評価結果等の一元的な可視化が可能となり、より効率的な防災計画の策定に資すると考えられる。

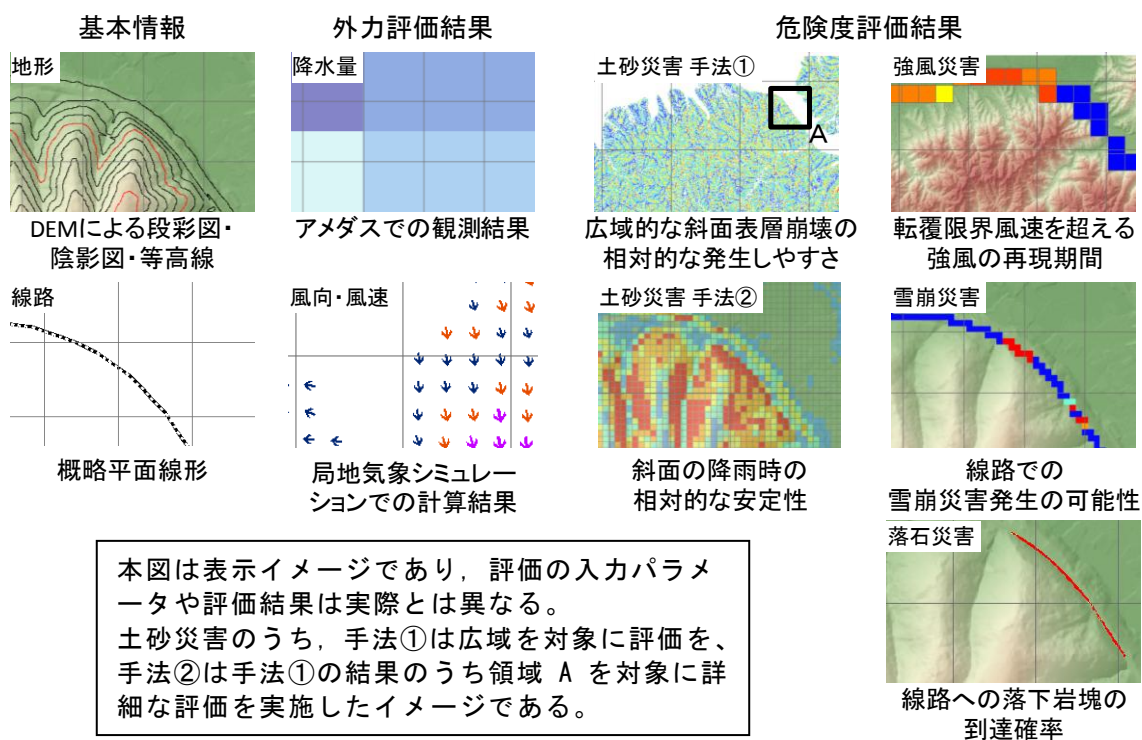


図4 災害ハザードマッピングシステムの表示イメージ

参考文献

- 1) 福原隆彰：数値シミュレーションを用いた面的な気象情報の取得方法，第288回鉄道総研月例発表会
- 2) 布川修：地形情報を用いた斜面の降雨時危険性の評価手法，第288回鉄道総研月例発表会
- 3) 長谷川淳，太田岳洋：空間数値情報を用いた斜面崩壊の発生危険箇所抽出手法，鉄道総研報告，Vol.26，No.9，pp.23～28，2012
- 4) 浅野嘉文，川尻峻三，布川修，太田直之，杉山友康，渡邊諭：降雨時における斜面表層崩壊を再現する簡易解析モデルの提案，地盤工学ジャーナル，Vol.8，No.4，pp.579～595，2013
- 5) Cook,N.J.：Improving the Gumbel analysis by using M-th highest extremes, Wind and Structures, Vol.1, No.1, pp.25～48, 1998
- 6) 日比野有，石田弘明：車両の転覆限界風速に関する静的解析法，鉄道総研報告，Vol.17，No.4，pp.39-44，2003
- 7) 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とその工学的意義，日本雪工学会誌，Vol.19，No.2，pp.12～23，2003
- 8) Zevenbergen, L.W., and C.R. Thorne: Quantitative analysis of land surface topography, Earth Surface Processes and Landforms, Vol.12, pp.47～56, 1987
- 9) 小林容子，本間信一，松田宏：航空レーザ測量を用いた最近の雪崩危険度評価技術，日本雪氷学会誌，Vol.76，No.6，pp.441～450，2014
- 10) 財団法人鉄道総合技術研究所：落石対策技術マニュアル，pp.3～5，1999
- 11) 長谷川淳，太田岳洋：斜面災害の要注意箇所を空から見つける，RRR，Vol.69，No.11，pp.4～7，2012
- 12) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧に関する参考資料－落石シミュレーション手法の調査研究資料－，pp.5～100，2002