

斜面表層崩壊影響予測シミュレーション (SLSS)

国立研究開発法人 土木研究所
地質・地盤研究グループ 地質チーム

1

研究背景

我が国の自然条件・道路整備の特徴

- 国土の7割が山地で構成
- 脆弱な地質
- 頻発する台風・集中豪雨や地震



- 都市の間には多くの場合、山地が存在
- 山間部にも集落が点在
- 多くの道路が山間や海岸を縫うように整備

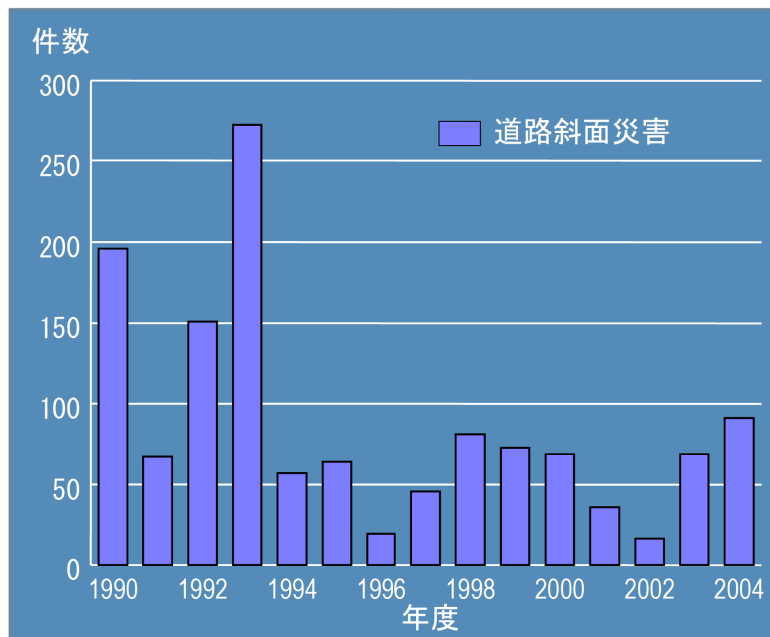


道路斜面災害が多発する傾向にある

2

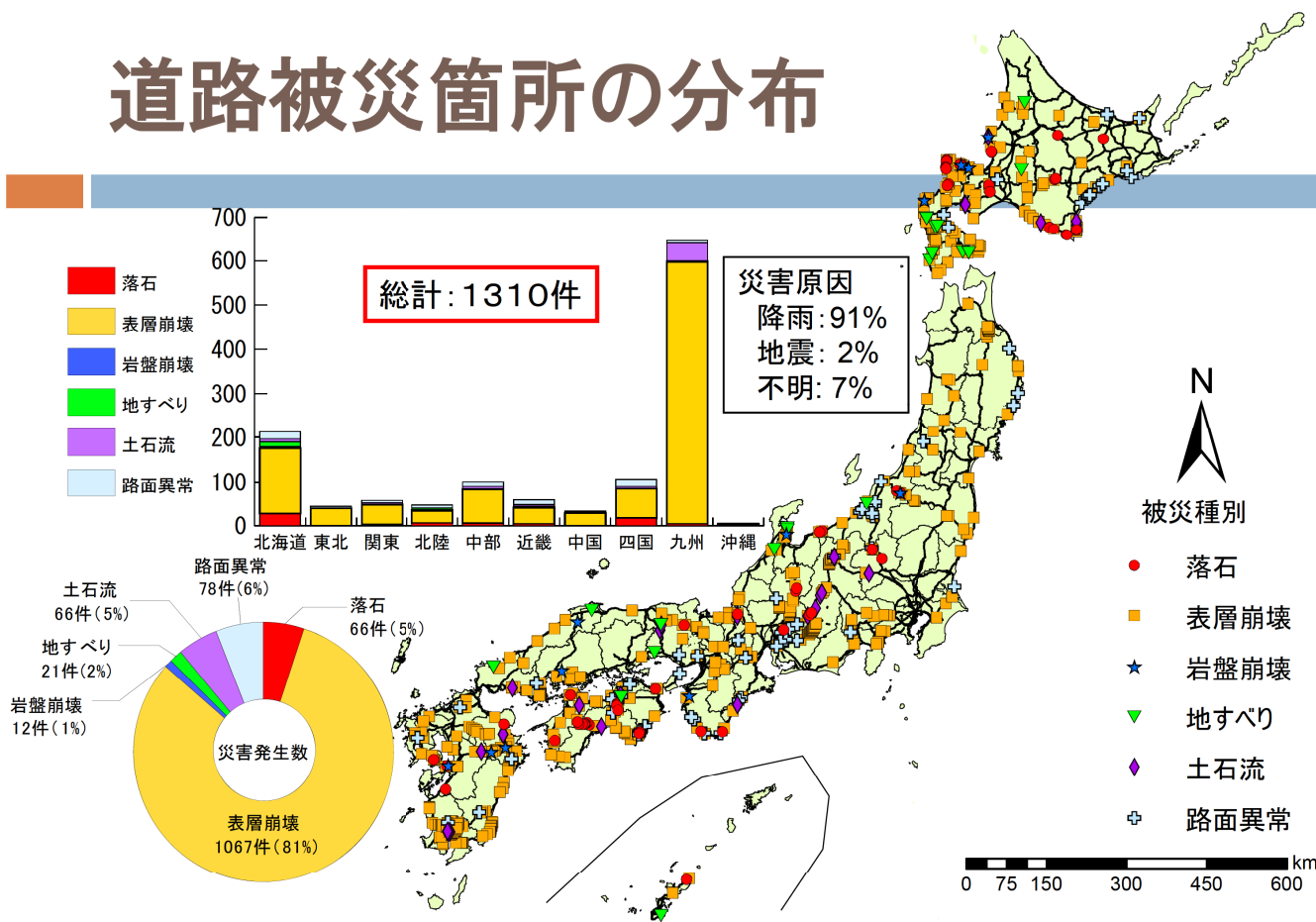
道路斜面災害数の推移

- 道路防災対策事業の進捗にともない、減少傾向にあるが、**依然として多くの災害が発生している。**
- 直轄国道を通行止めにした災害だけを抽出しても、**年間50～100件程度**は平均的に発生している。



道路斜面災害数の変遷
(国直轄管理の国道のみ)

道路被災箇所への分布



道路斜面災害の種類

紹介するプログラムの対象災害



5

被害軽減のためには？

☆ 斜面の調査と適切な対策が重要

1. 災害が発生するおそれがある場所はどこか？
2. 発生時の影響範囲はどの程度か？

現地踏査等により、対象斜面の調査をおこなう。
(見落としがあってはならない)

1. 道路斜面は膨大な延長を有している。
2. 人も予算も制限がある。

効率的な調査のためには、
危険度の高い斜面の適切な抽出が必須

6

危険斜面を効率的に抽出するツールの開発

斜面崩壊発生時に、崩土が保全対象(道路・建物など)へ到達する確率を評価するプログラムを開発

表層崩壊による崩土到達範囲の予測

SLSS (Shallow Landslide Simulation System)

- 数値地形モデル及び過去の崩壊履歴があれば計算可能
- 地盤強度等を用いた安定計算は不要

【面的なハザード評価を簡易に行うためのプログラム】

7

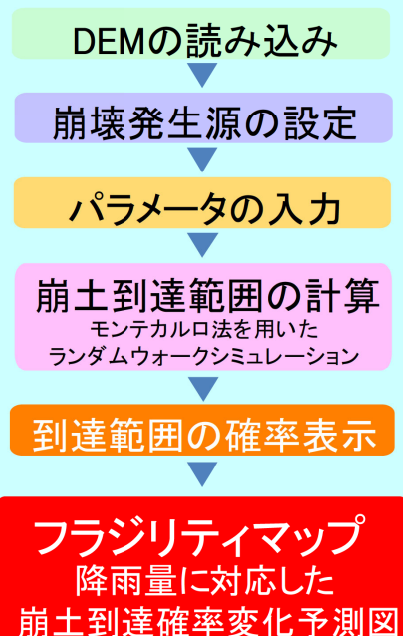
SLSS 表層崩壊の崩土到達範囲予測システム



☆特徴

- 対象地域のデジタル標高データ(DEM)だけで、到達確率の計算が可能。
- 多数(10万点程度)の崩壊点を設定しての、同時計算が可能。
- GISとの連携により、フラジリティマップ(降雨による斜面崩壊確率予測図)へ発展可能。
- 開発言語: Visual Basic

☆実行手順



8

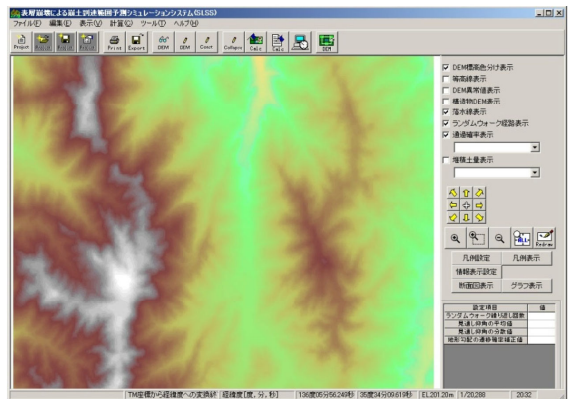
DEMデータの読み込み (SLSS)

DEMデータ

経度・緯度・標高の3項目を持つASCIIファイル
 複数ファイルの結合や一部地域の抽出が可能
 座標は経緯度座標系

主な利用可能DEMデータ
 数値地図(標高)(50m・国土地理院)
 Gismap Terrain(10m・北海道地図)
 航空レーザ測量データ(1m～数m程度)

解析精度はDEMのメッシュサイズに大きく影響を受けるため、**できるだけ高精度のDEMを使用する方が良い。**
 しかし、データサイズが大きくなるため、**パフォーマンスは低下する。**



DEMデータの読み込み例

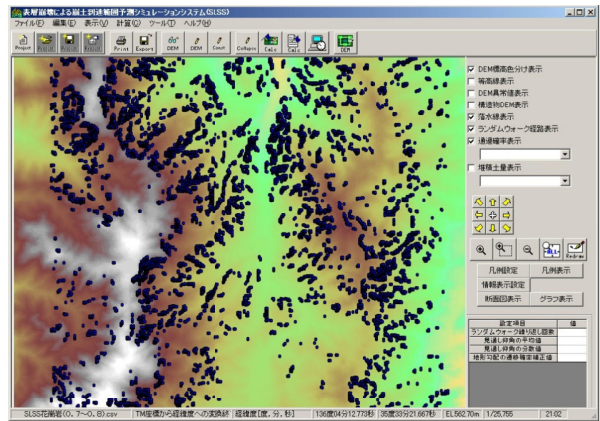
崩壊発生源の設定 (SLSS)

入力崩壊点データ

- 経度・緯度・崩壊土量の3項目を持つASCIIファイル
 (ただし崩壊土量に関しては、オプション)
- 多数(10万点程度・任意)の崩壊点を同時に処理できるため、**フラジリティ解析結果**を用いた計算も可能。

No.	崩壊点名称	経度(度)	緯度(度)	標高値(m)	崩壊土量(m3)
1	No-1	136.07383460	35.53497819	781.70	0.00
2	No-2	136.07383468	35.53506833	781.70	0.00
3	No-3	136.07384195	35.54300143	682.60	0.00
4	No-4	136.07386228	35.56626976	620.20	0.00
5	No-5	136.07387893	35.58229776	690.90	0.00
6	No-6	136.07387901	35.58238793	691.40	0.00
7	No-7	136.07387917	35.58266822	691.60	0.00
8	No-8	136.07387926	35.58266837	691.10	0.00
9	No-9	136.07394489	35.53497812	783.00	0.00
10	No-10	136.07396475	35.55851300	628.20	0.00
11	No-11	136.07398928	35.58229771	690.80	0.00
12	No-12	136.07398936	35.58238786	691.00	0.00
13	No-13	136.07398945	35.58247801	691.10	0.00
14	No-14	136.07398953	35.58256816	690.80	0.00
15	No-15	136.07405518	35.53497805	784.30	0.00
16	No-16	136.07406114	35.54146876	685.60	0.00
17	No-17	136.07406247	35.54291114	685.60	0.00
18	No-18	136.07407515	35.55670389	631.30	0.00
19	No-19	136.07408295	35.56626962	622.60	0.00
20	No-20	136.07408403	35.56634977	620.90	0.00

崩壊点設定画面(標高値は自動入力)



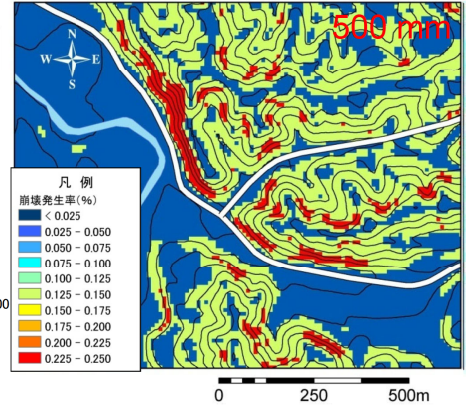
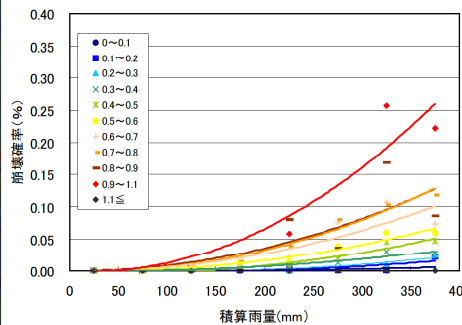
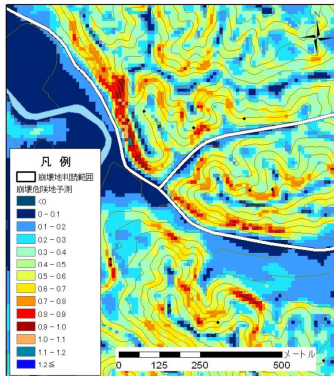
崩壊点の表示例

参考:フラジリティ解析とは？

- 過去の崩壊事例の多変量解析結果を用いて、対象地域の地形・地質要素から、雨量にともなう崩壊確率の変化を推定する手法。つまり、

『降雨によって崩壊しやすい地形地質条件はどこか？』

ということを経験の事例に基づいて推定する手法

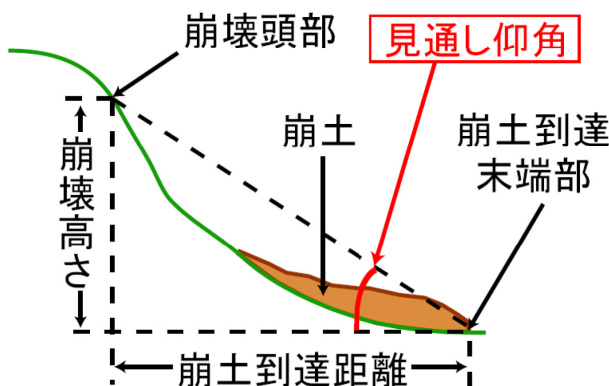


特性値(地形要素より算出) (各特性値における崩壊確率の雨量による変化)

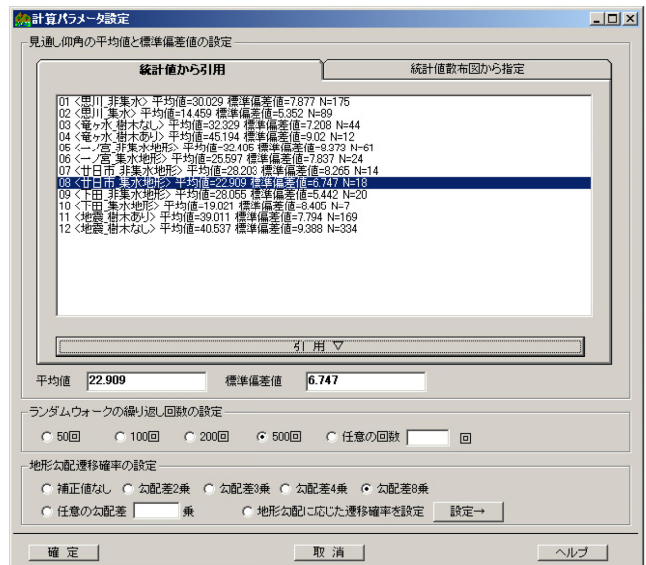
降雨による崩壊発生確率

パラメータの入力(SLSS)

- 入力する主なパラメータ
 - 見通し仰角の平均値とその標準偏差
 - ①災害統計データから選択
 - ②直接入力

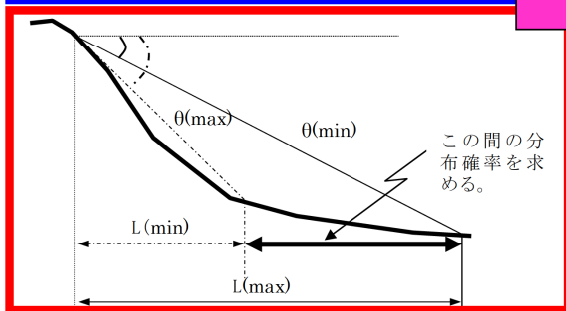
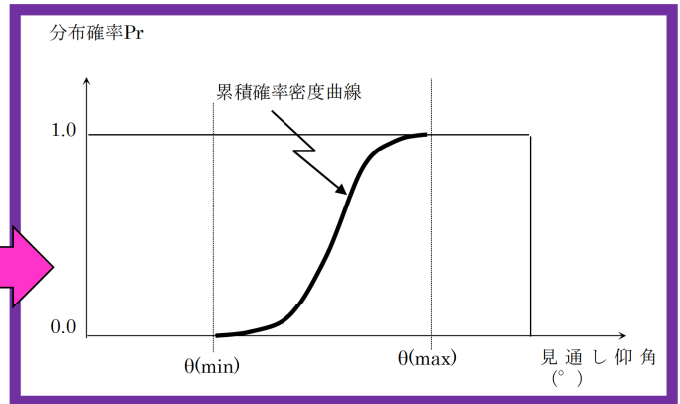
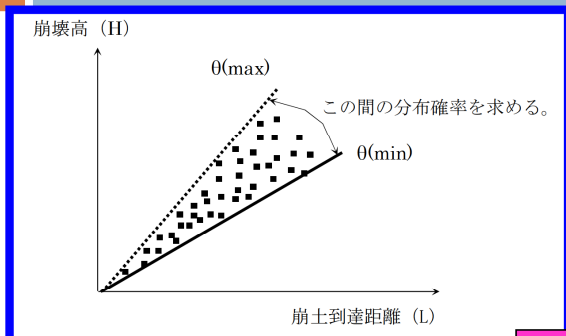


※見通し仰角:
崩土到達末端部と崩壊発地点を結んだときの地表との角度



パラメータ入力画面

計算方法 - 崩土到達距離の算出 -

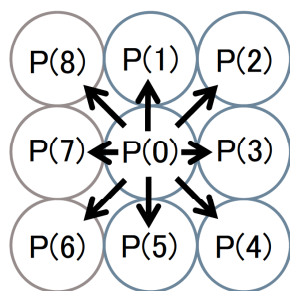


崩壊源が特定できれば、見通し仰角の確率密度累積曲線より崩土の到達距離が確率的に求められる

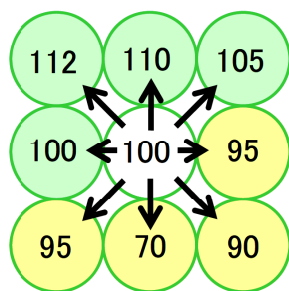
崩壊高が大きいほど、崩土は遠くまで到達する

計算方法 - 崩土到達経路の算出 -

モンテカルロ法を用いたランダムウォークシミュレーション



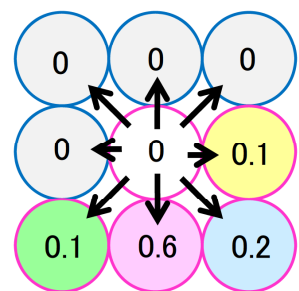
移動可能方向



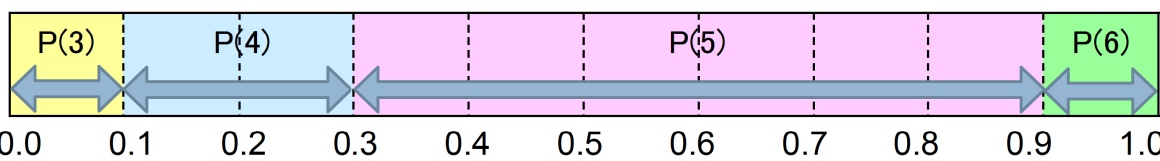
標高モデルの例



• 標高差に応じて、移動確率を算出
• 基準点より高い標高の地点へは移動しない



土砂移動確率



一様乱数 (r_n)

- ① 0~1までの一様乱数 r_n を発生させ、その値によって上表より移動方向を決定する。
 - ② ①を見通し仰角の分布確率曲線によって求めた到達距離まで繰り返し行う。
- これらを十分な回数繰り返すことにより、崩土の面的な到達確率が求められる。

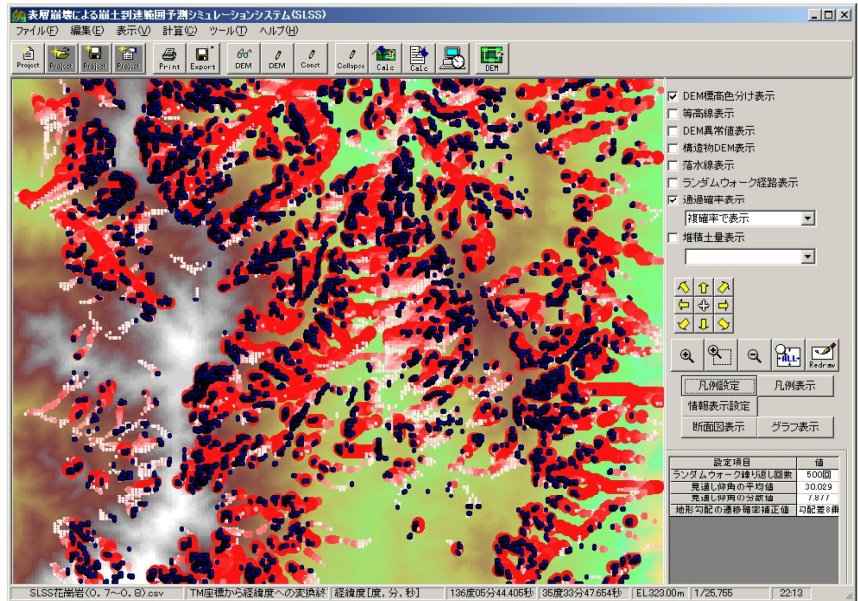
崩土到達範囲算出結果 (SLSS)

- 崩土の到達確率を地図上にカラーで表現
- 計算結果はCSVファイル形式で出力可能

ランダムウォークモデルを用いて到達範囲を算出

1	X_Point	Y_Point	Point_Pr
2	130.600938	31.631184	0.02
3	130.600938	31.631101	0.14
4	130.600938	31.631018	0.03
5	130.601063	31.631267	0.03
6	130.601063	31.631184	0.04
7	130.601063	31.631101	0.34
8	130.601063	31.631018	0.4
9	130.601063	31.630935	0.22
10	130.601188	31.63135	0.01
11	130.601188	31.631267	0.03
12	130.601188	31.631184	0.12
13	130.601188	31.631101	0.27
14	130.601188	31.631018	0.32
15	130.601188	31.630935	0.23
16	130.601188	31.630852	0.06
17	130.601313	31.631433	0.02
18	130.601313	31.63135	0.02
19	130.601313	31.631267	0.11
20	130.601313	31.631184	0.16
21	130.601313	31.631101	0.16
22	130.601313	31.631018	0.29
23	130.601313	31.630935	0.2
24	130.601313	31.630852	0.1
25	130.601438	31.63125	0.05
26	130.601438	31.63116	0.02
27	130.601438	31.63105	0.05
28	130.601438	31.631267	0.11
29	130.601438	31.631184	0.11
30	130.601438	31.631101	0.2
31	130.601438	31.631018	0.4

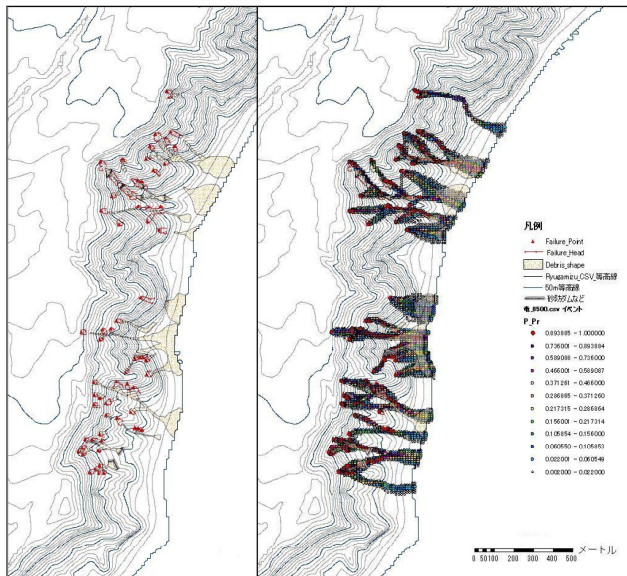
計算結果の出力例



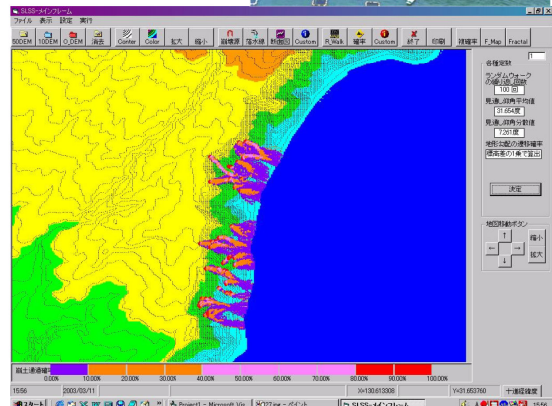
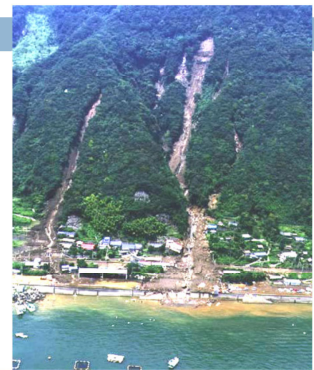
崩土到達確率結果の表示(濃赤色ほど到達する確率が高い)

モデル地域での検証 (SLSS)

- 鹿児島市竜ヶ水地区をモデル地域としてSLSSを検証 (平成5年豪雨によって多数の斜面崩壊が発生)



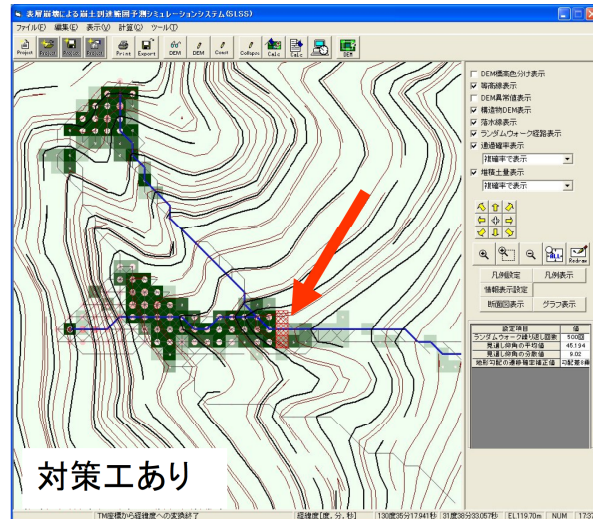
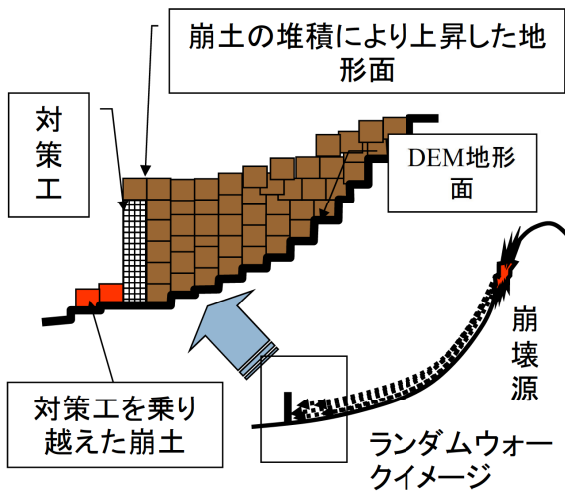
SLSS検証結果(左:写真判読、右:SLSS)



プログラム上での表示

対策工効果を考慮した解析 (SLSS)

対策工などの情報を「構造物DEM」として、追加入力することにより、対策工効果の簡易な予測が可能

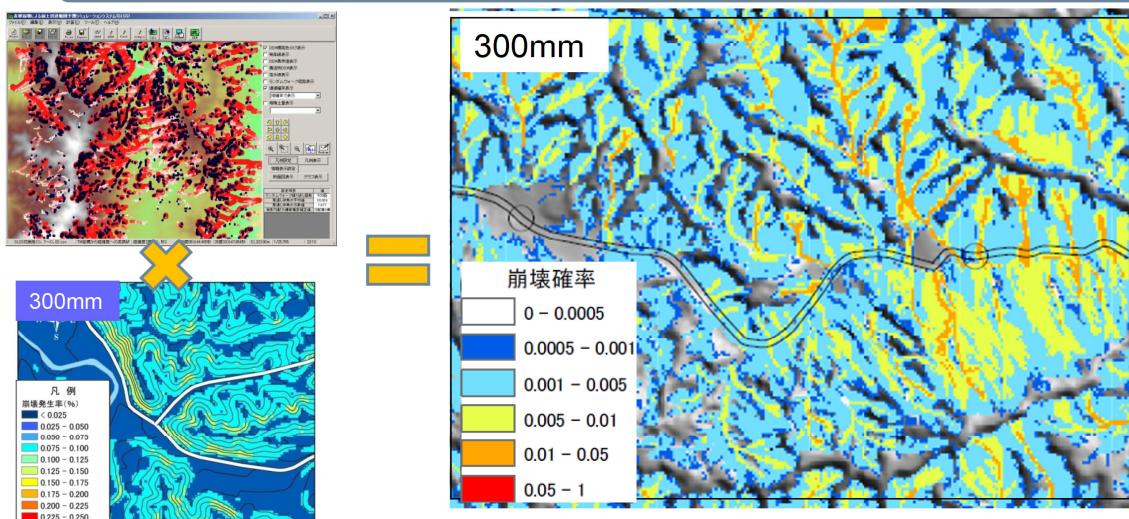


対策工効果の簡易予測結果

フラジリティマップへの発展

- SLSSで求めた「崩土の到達確率」とフラジリティ解析より求めた「ある地点での降雨に伴う崩壊発生確率」をかけ合わせることで、降雨量に対応した『崩土到達確率予測図(フラジリティマップ)』へ発展可能。

〇〇mmの降雨があった場合、A地点に崩土が到達する確率は××%である



今後の展望 ー道路防災マップへの展開ー

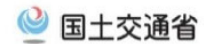
○三次元点群データを活用した道路斜面災害リスク箇所の抽出要領(案)の策定 (令和3年10月、国土交通省)

・道路沿いの斜面災害危険個所の抽出(道路防災点検の実施個所の絞り込み)に航空レーザ測量等によって得られた **詳細な三次元点群データを用いることを基本**

・レーザ測量地形図を基図として結果を整理することを基本
→ **道路防災マップ(ハザードマップ)**

19

策定のポイント①



①災害リスク箇所の抽出に航空レーザ測量結果や微地形表現図を用いることを基本

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)

第1章 総則

1-2.用語の定義

(解説)

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て、活用することが重要である。

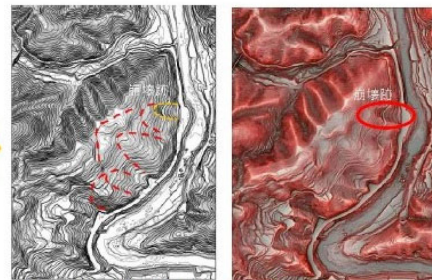
従来



地形図

空中写真

今後



レーザ地形測量

微地形表現図

抽出

専門技術者が地形を判読、抽出

抽出

比較的容易に個人差もなく判読、抽出

評価

現地確認により安定度調査箇所を決定し評価

評価

高精度データを活用し安定度調査の方法により評価

④今後のデータ連携にも対応した記録

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)

第5章 結果の記録・整理

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

(解説)

道路斜面災害リスク箇所の抽出・評価の結果は、道路管理者が道路沿いのリスク箇所及び危険度をわかりやすく把握できるよう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

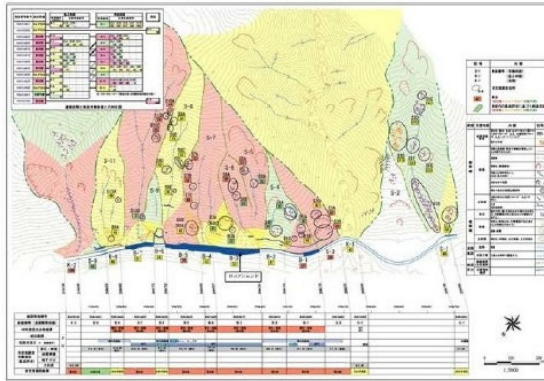


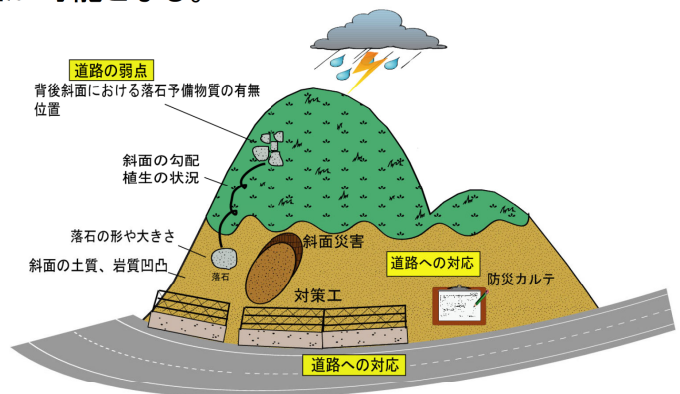
図-5.1 道路斜面災害リスク箇所抽出・評価結果の整理例

出典:国土交通省 道路技術小委員会資料(令和3年10月)

道路防災マップとは

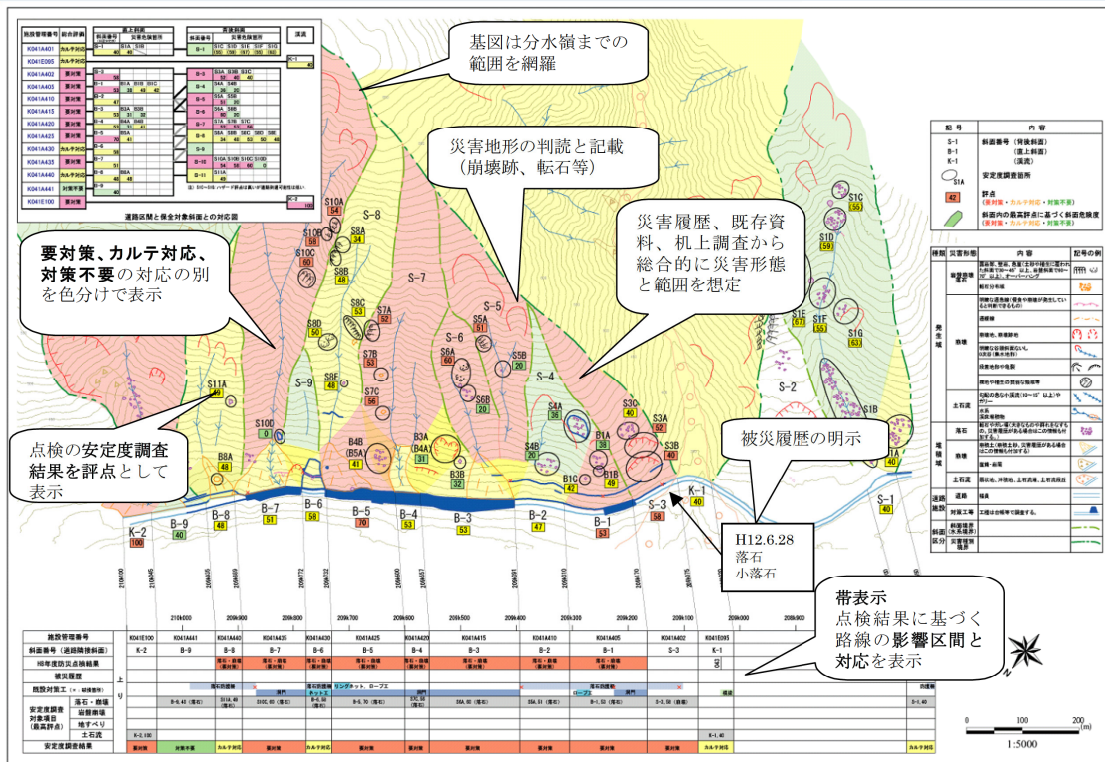
- 地形地質情報や、これまでの道路防災点検の結果、被災履歴、対策工の整備状況などの道路管理に必要な情報を地図上に集約し、総覧できるようにした防災情報図。
- データ管理にGISを使用することにより、データの分析や更新等が容易となり、より高度で効率的な維持管理が可能となる。
- 一部の国道事務所ではすでに道路防災マップを道路管理に活用。

道路防災マップの詳細については、
土木研究所 共同研究報告書第350号
「道路防災マップ作成要領(案)」を参照



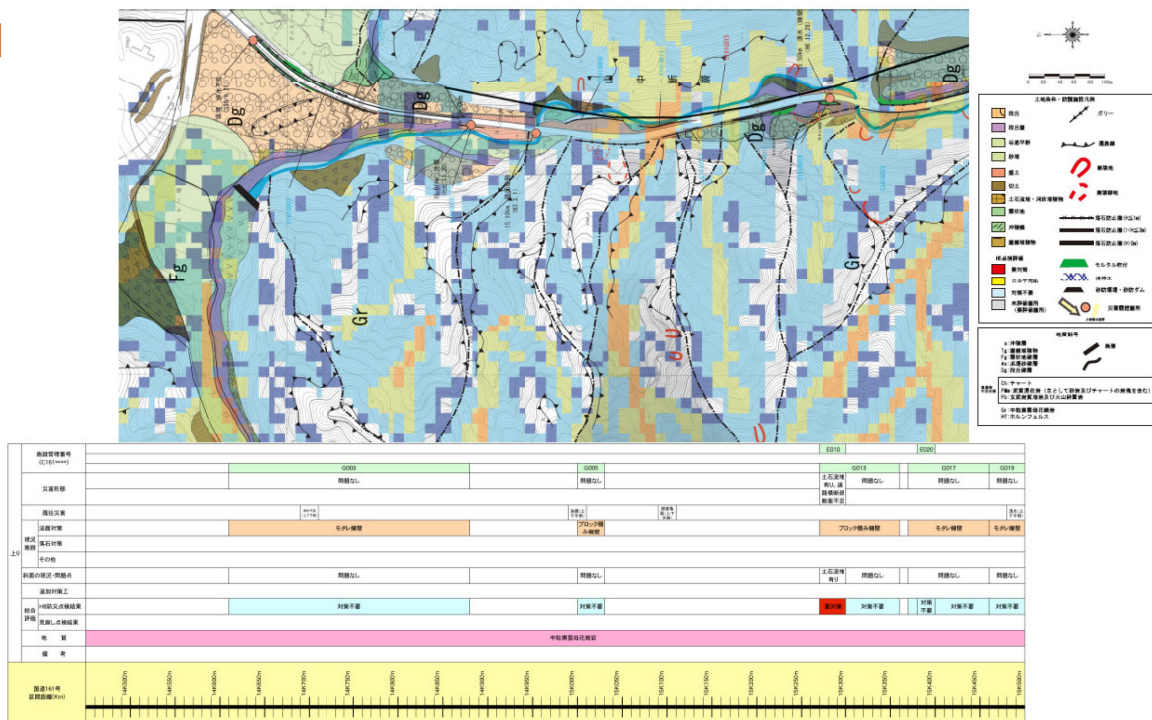
道路防災マップに収録されるデータ

道路防災マップの作成例



23

道路防災マップへの適用例



既往災害情報や現地調査結果と本プログラムによる定量的な解析結果を重ね合わせることで、より信頼性の高い危険度評価が可能となる

24

お問い合わせ先



国立研究開発法人 土木研究所
地質・地盤研究グループ 地質チーム

TEL : 029-879-6769

E-Mail: geology@pwri.go.jp