

# 鉄道におけるハザードマップ作成手法と 運転規制判断支援システムの開発

(公財)鉄道総合技術研究所防災技術研究部

部長 太田 岳洋



# 雨量による運転規制

## JRで採用されている主な雨量指標

### 時間雨量

任意の時刻における前1時間の積算雨量

### 連続雨量

降り始めからの累積雨量

ただし、**12時間以内**の降雨中断は連続した降雨と見なす

### 累積雨量

過去前24時間累積雨量(新幹線)

### 実効雨量

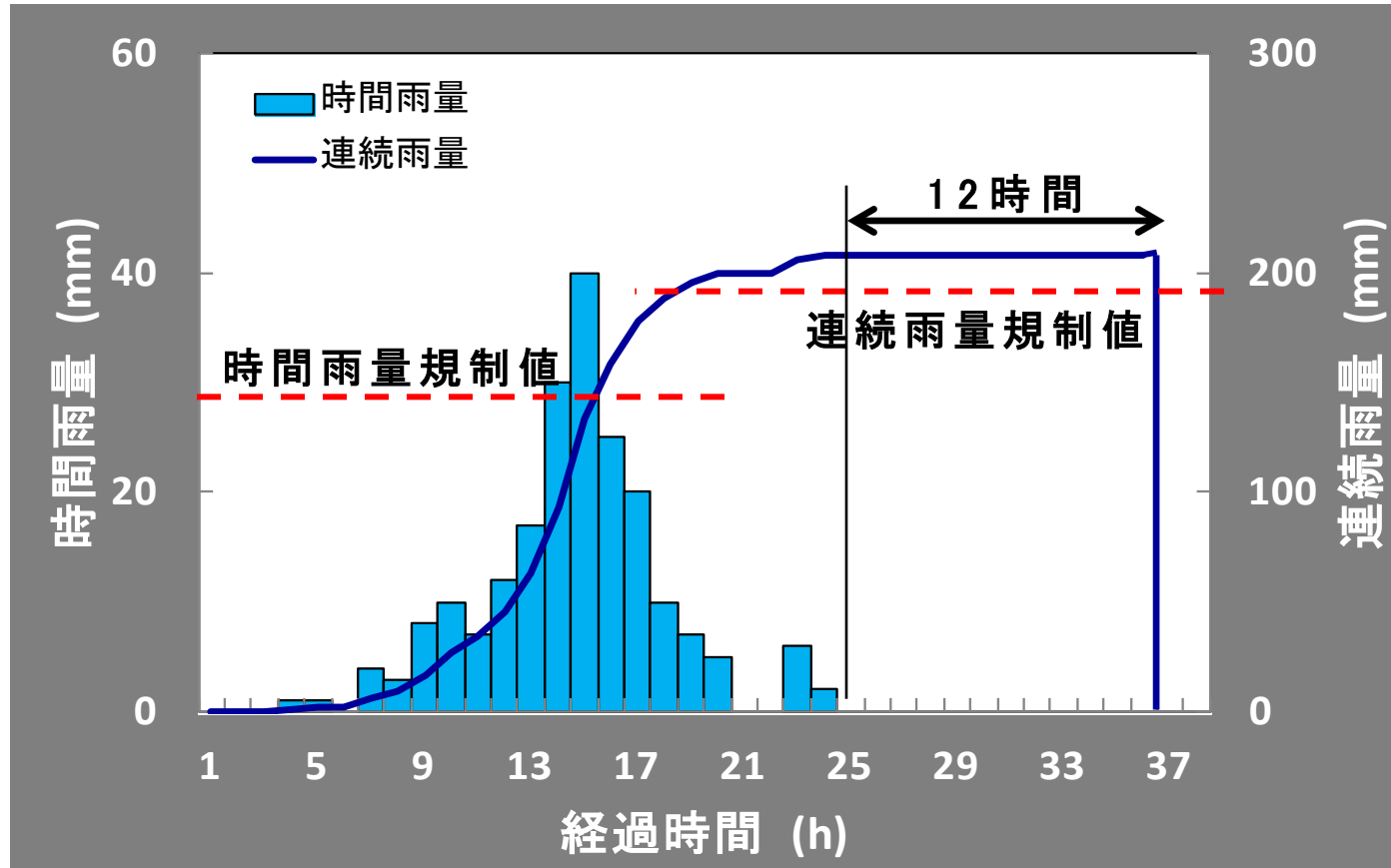
降雨により地盤内に蓄えられた水の量を考慮した雨量(JR東日本在来線・九州新幹線)

短期・長期の両降雨に対応した雨量指標による運転規制

概ね10km間隔に配置された地上雨量計での観測

# 従来の規制方法の問題点

従来の規制方法：時間雨量と連続雨量の組み合わせ



**連続雨量で規制がかかると  
降り止みから12時間運転再開できない**

# 前例のない豪雨による災害

**2011年7月 新潟・福島豪雨（上越線・只見線・磐西線）**

121mm/h(十日町), 69.5mm/h(只見)

427.5mm/24h(宮寄上), 527mm/24h(只見)

**2011年8-9月 台風12・15号(紀勢線)**

1652.5mm/72h(上北山)国内最高記録更新

紀伊半島の一部で連続雨量が2000mm超える

**2012年7月 九州北部豪雨災害(豊肥線・久大線)**

108mm/h, 435.5mm/5h, 507.5mm/24h(阿蘇乙姫)

**2012年8月 前線による大雨(京都線)**

91mm/h(枚方), 190mm/3h(宇治市解析雨量)

**2012年8月 留萌線阿分・信砂間ほか土砂流入**

63mm/h:再現期待値500年以上(増毛)

**2012年9月 京浜急行追浜・京急田浦間土砂流入**

約40mm/h(逸見駅)局所的豪雨



# 激化する豪雨に対する減災

## ソフト対策拡充の重要性

- 雨量計で捉えられない降雨による災害
- 鉄道用地外で発生した崩壊の土砂が流入して脱線

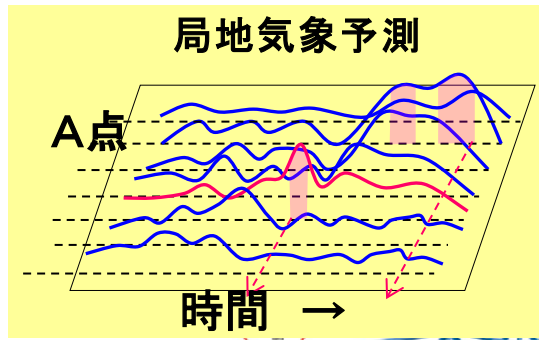
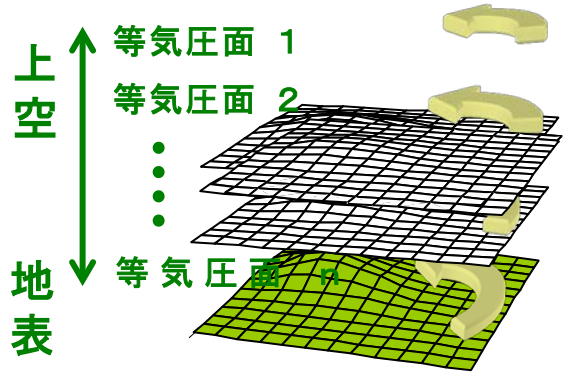


- 降雨による運転規制方法(ソフト対策)の高度化
  - ➔ 適切な規制方法の導入
  - ➔ 雨量計配置の適正化
  - ➔ 部外気象情報の有効活用
- 鉄道用地外の斜面への対応
  - ➔ 広範囲な危険斜面評価

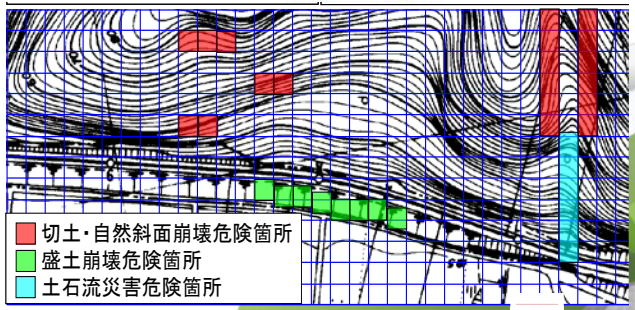
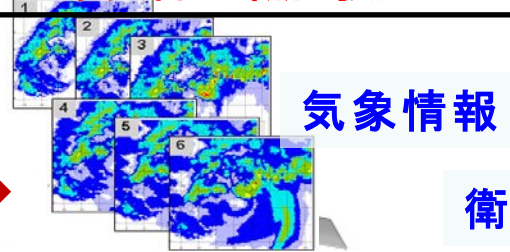
# ハザードマップ作成手法に関する取り組み

## 局地気象シミュレーション

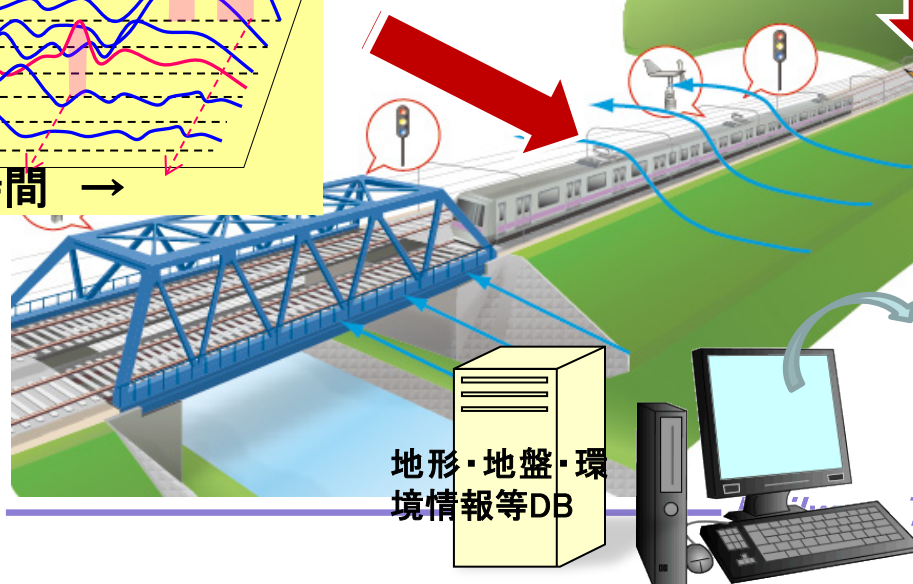
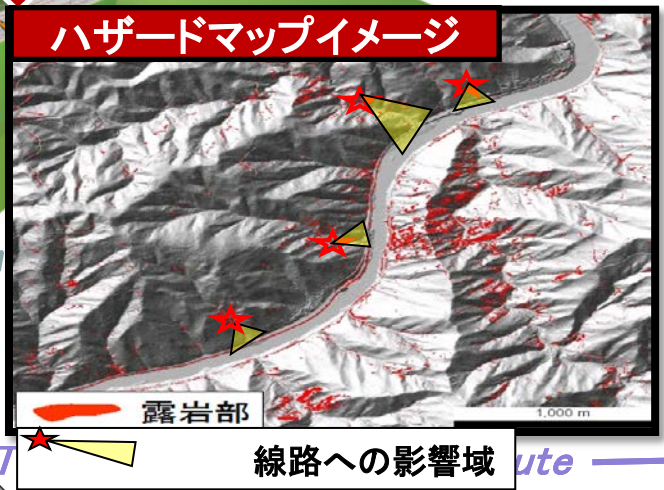
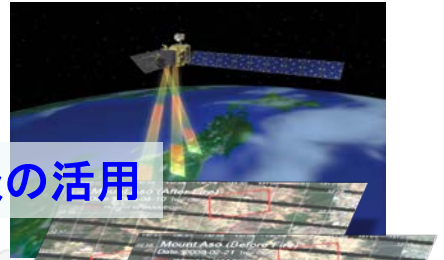
地表から上空までの気象解析



## 災害危険度評価 土砂災害 雪崩 強風



## 災害ハザード マッピングシステム

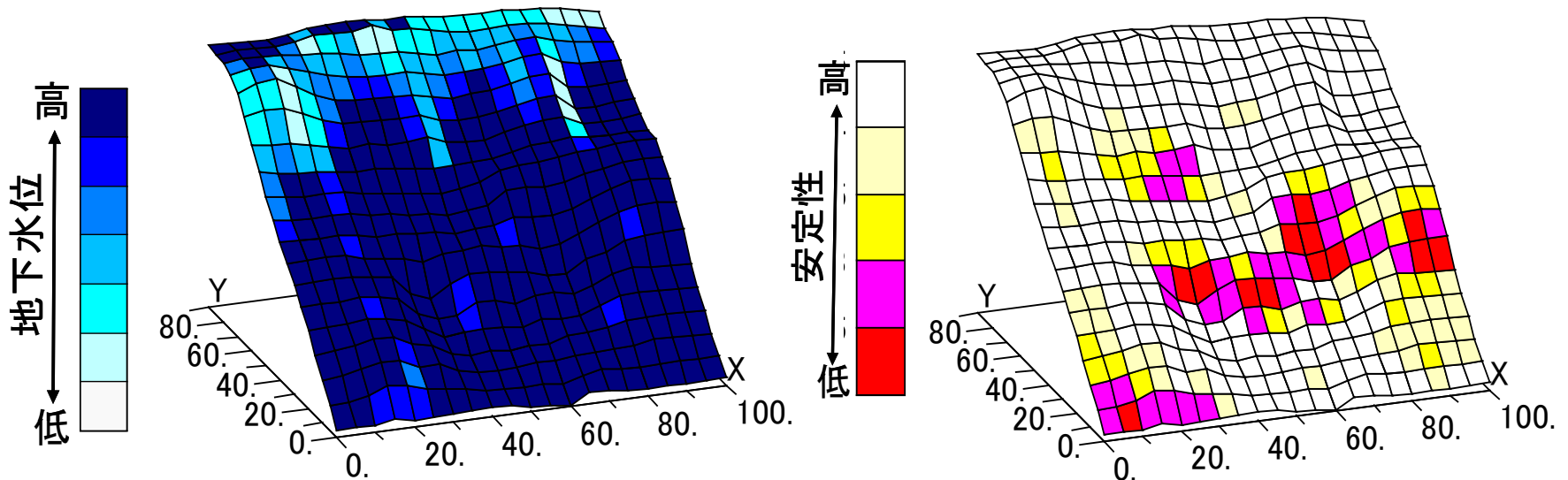


# 降雨による斜面崩壊の危険性評価

斜面崩壊の危険性・・・斜面上・斜面内を流下する雨水の影響に依存

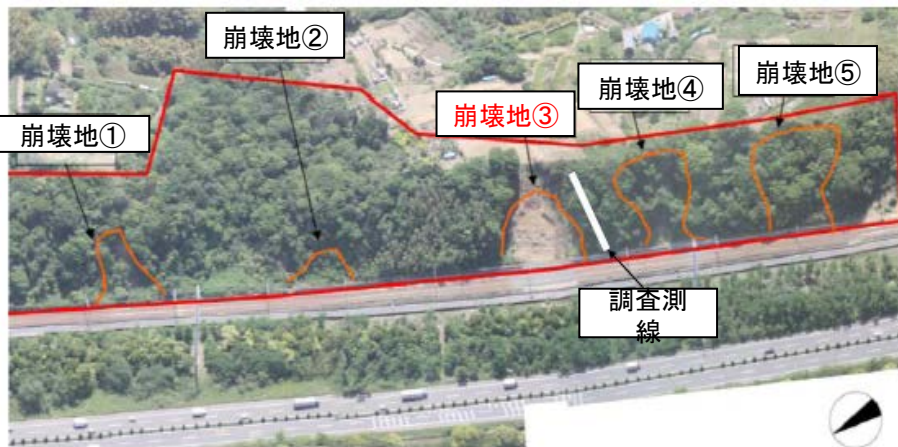


- ・斜面の地形情報を用いて雨水流動を簡易な計算で求められるようにモデル化
- ・斜面内の地下水位を計算したうえで安定性を評価

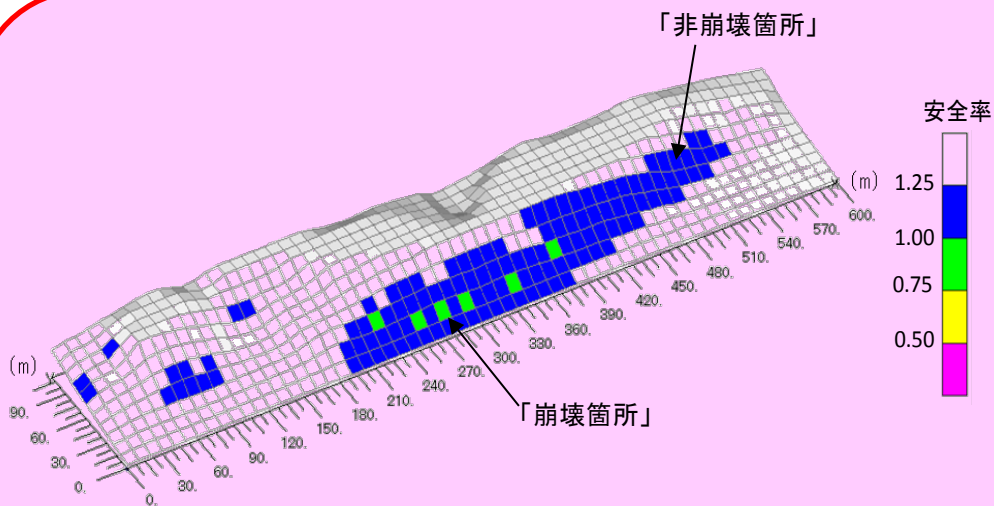
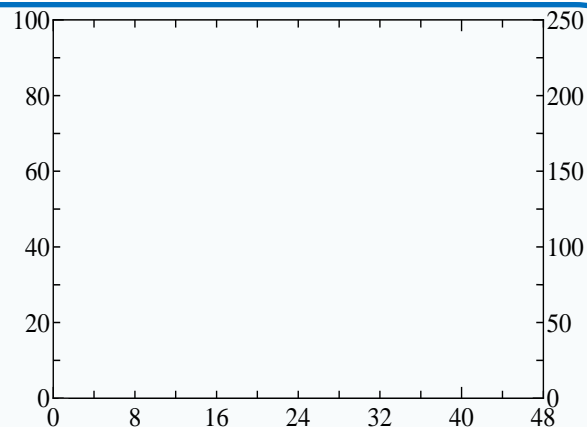


地下水位と安定性の空間分布解析結果の例  
(時間雨量10mm/hの降雨を30時間与えた後)

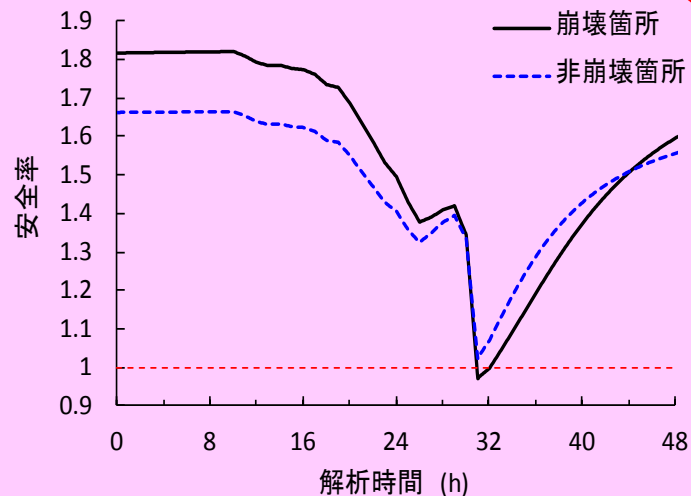
# 降雨による斜面崩壊危険性評価の検証



事例解析を行った斜面の航空写真



解析時間31時間における安全率の空間分布



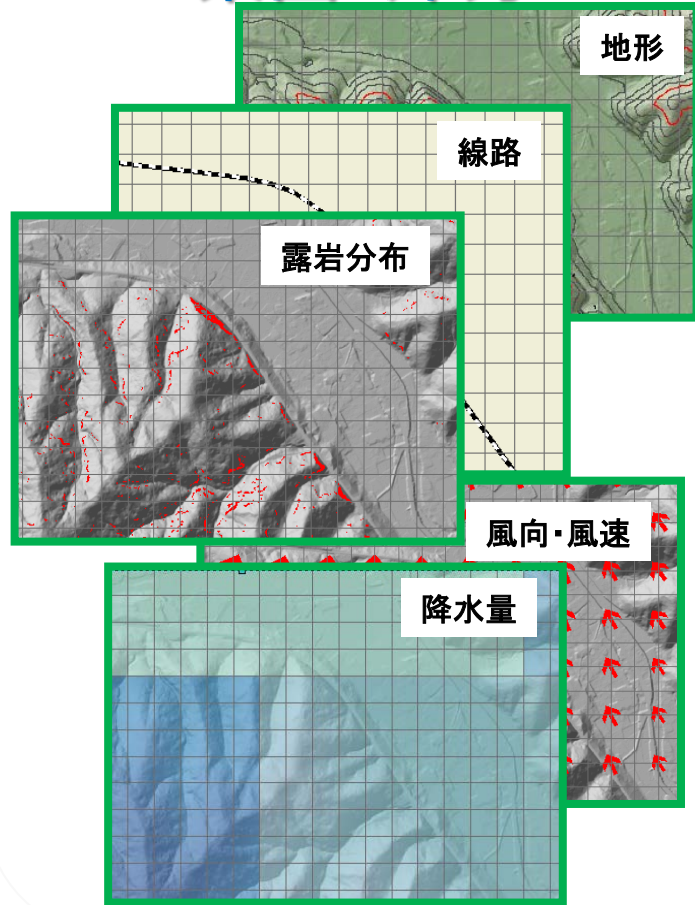
崩壊箇所と非崩壊箇所の安全率の時間変化の比較



# 災害ハザードマッピング

入力

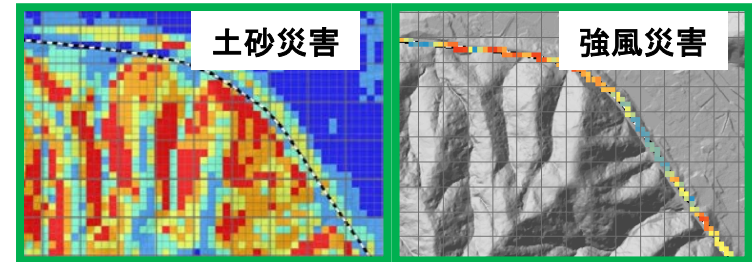
素因・外力



発生の可能性  
の評価

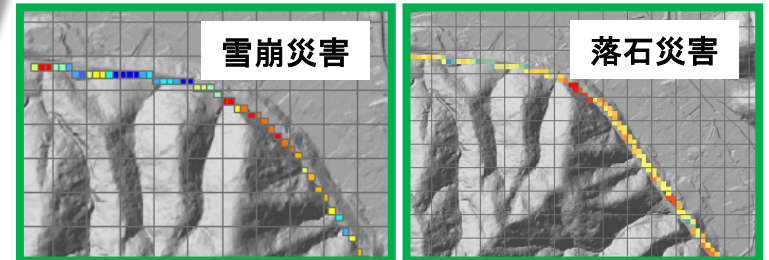
出力

危険度評価結果



相対的な  
斜面崩壊の  
発生しやすさ

転覆限界風速を  
超える強風の  
再現期間

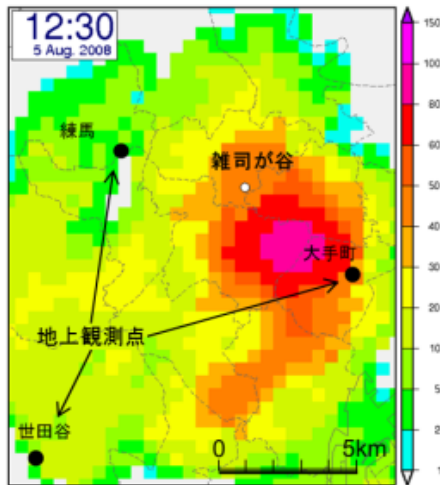


災害発生の可能性

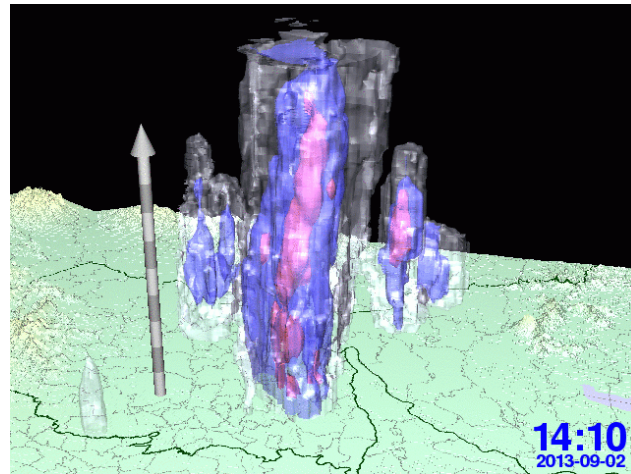
落下岩塊の  
到達確率

# 極端な気象現象による災害に対する減災技術

## □ 気象レーダによる局地的で極端な気象現象の検知



局地的豪雨の観測例



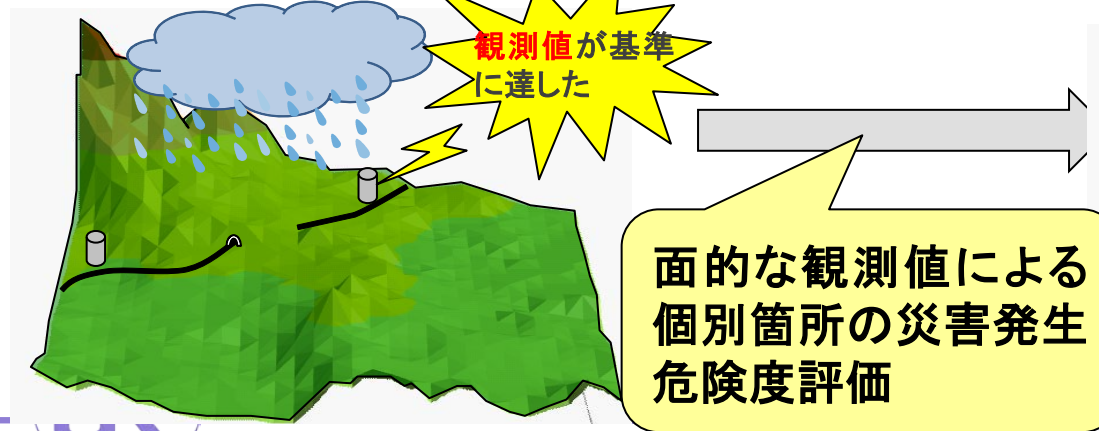
竜巻の親雲の観測例

### 局地的な気象現象

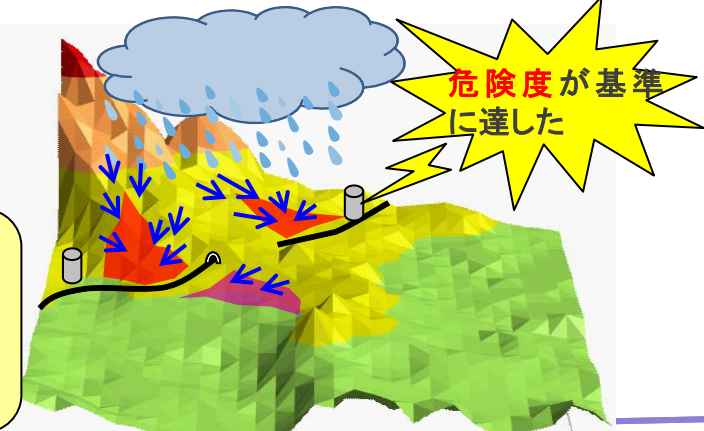
- 点的な観測では把握できない可能性
- 気象レーダによる面的な観測により観測が可能

## □ 面的観測値に基づいた危険度評価による運転規制

### 従来の運転規制



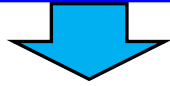
### 運転規制の精度向上



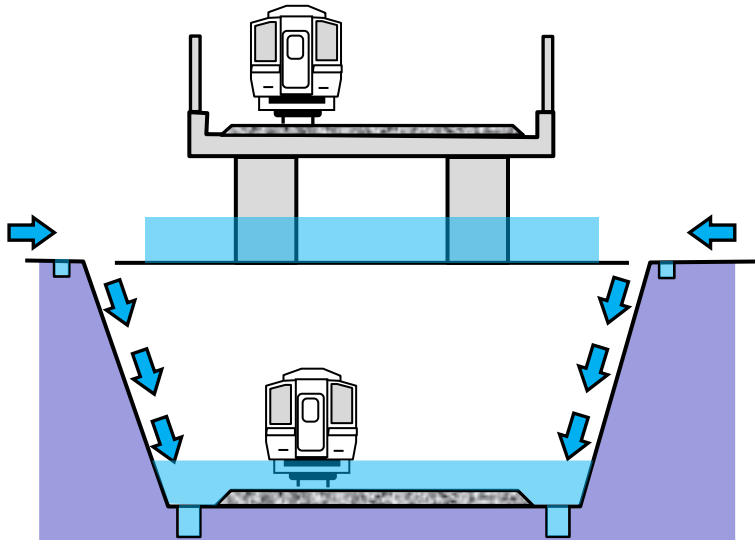
# 鉄道沿線の浸水予測と列車退避決定支援

## 現在の制度

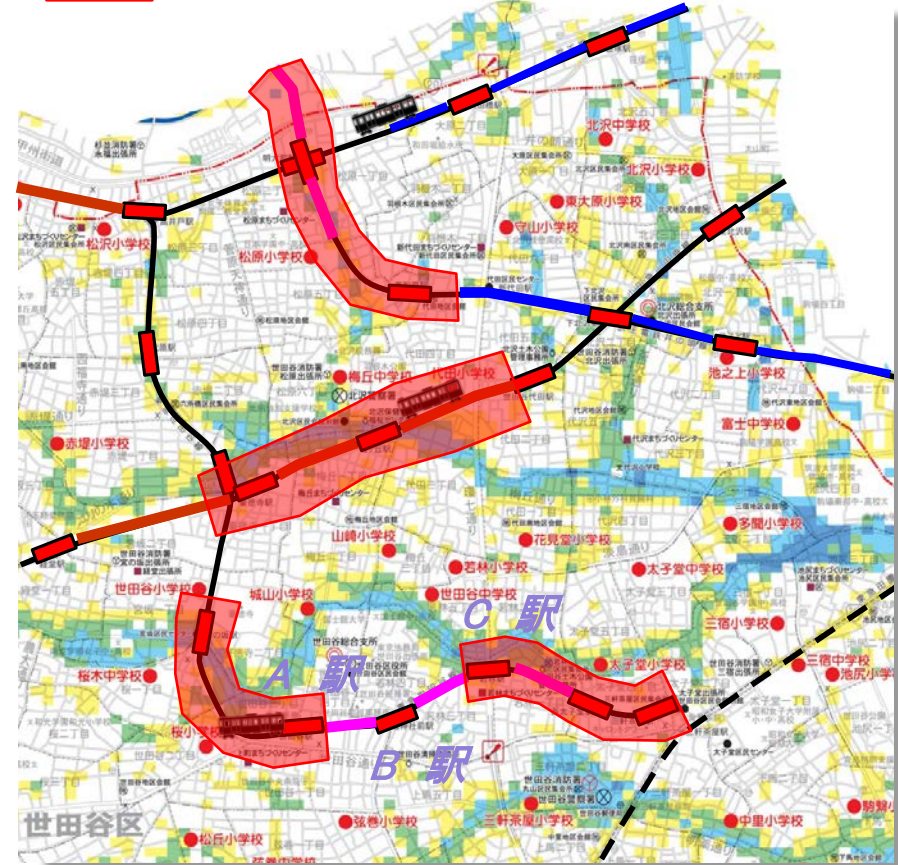
列車の徐行・運転中止は雨量により決定



急激な豪雨時には退避場所であっても浸水・水没する可能性



鉄道浸水予測範囲



- 掘割
- 盛土
- 高架

現行: 最寄り駅で退避

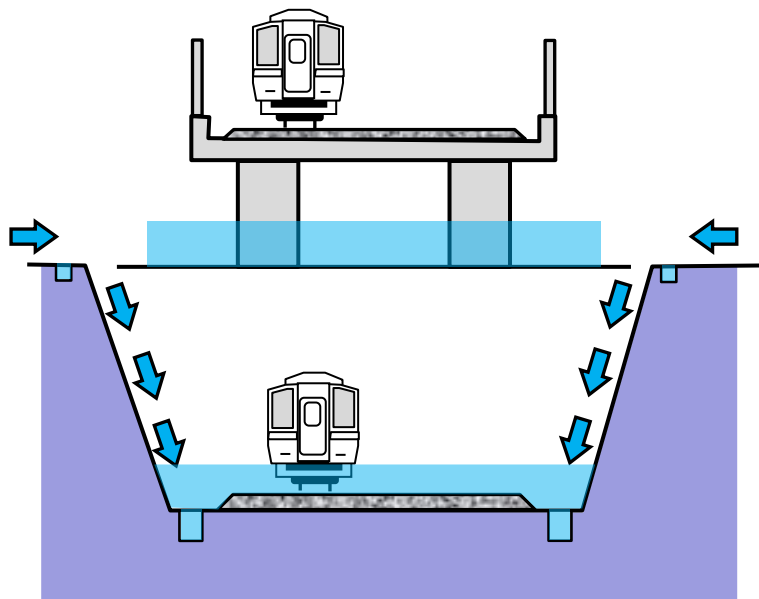
# 鉄道沿線の浸水予測と列車退避決定支援

## 本課題成果の目標

列車の徐行・運転中止は雨量により決定



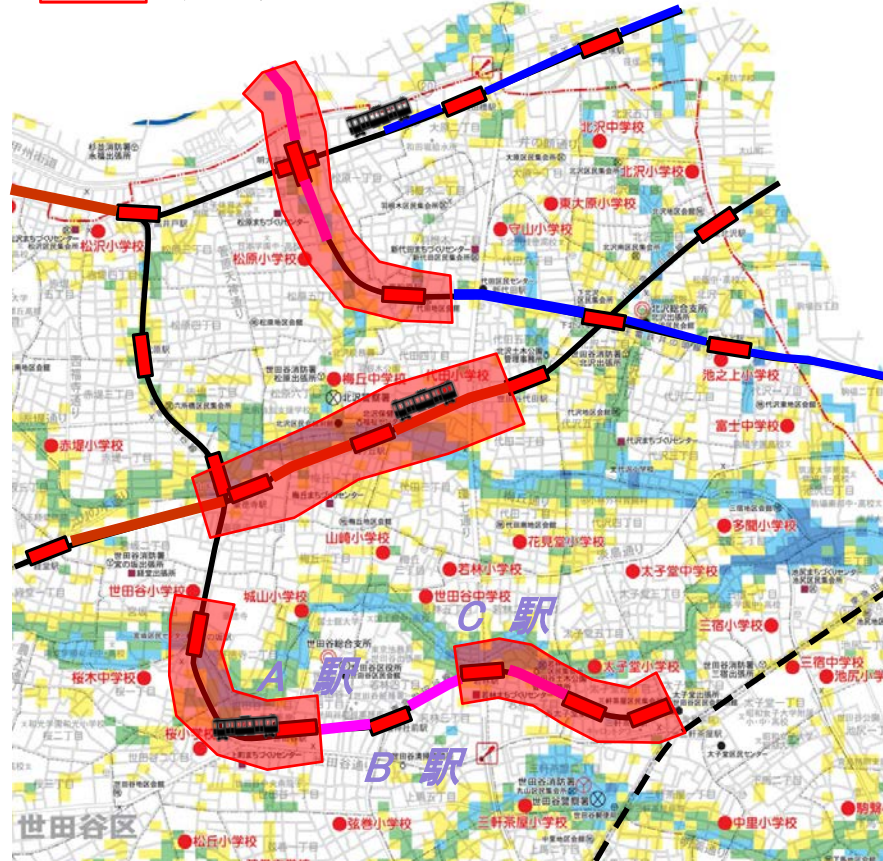
急激な豪雨時には退避場所であっても浸水・水没する可能性



鉄道における素地・掘割・盛土・高架などの線路構造を考慮した浸水予測

鉄道の構造・排水設備を考慮した適切な運転制御を実現

鉄道浸水予測範囲



- 掘割
- 盛土
- 高架

現行: 浸水予測範囲外の駅まで移動

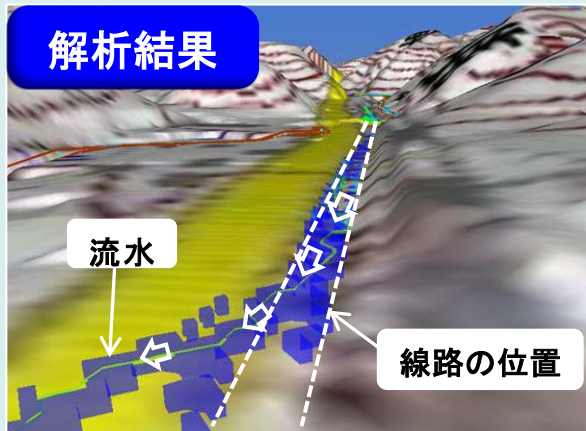
# 沿線の浸水ハザードマップ作成手法

## 災害事例

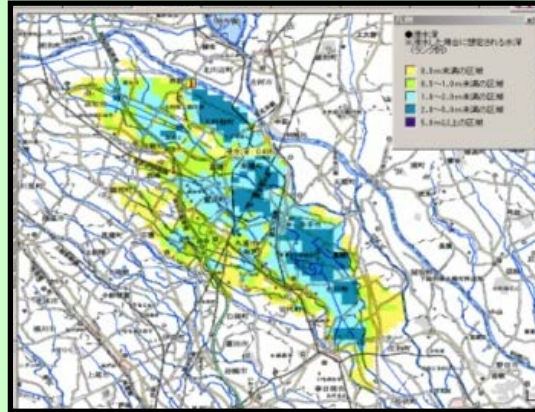


線路に流入した表面水が線路外へ流出

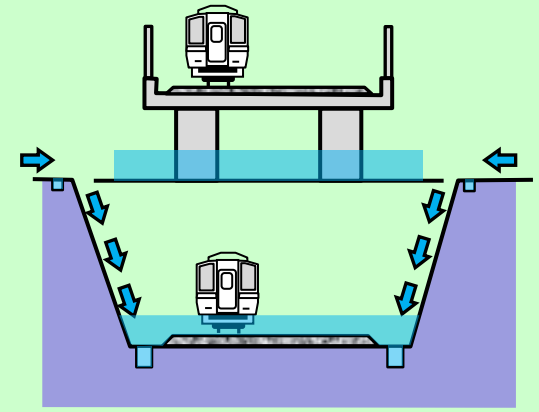
## 解析結果



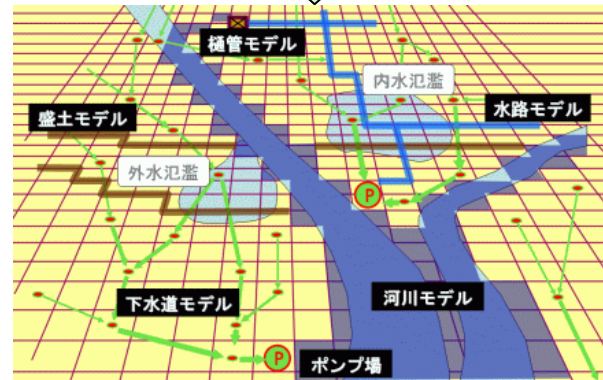
鉄道総研の既存技術  
中山間地での中小河川の  
氾濫影響解析



入力値: 広域の浸水予測



鉄道施設周辺の排水設備  
のモデル化



沿線の浸水ハザード評価

# 鉄道沿線の土砂災害ハザード予測と 列車退避・旅客避難誘導経路決定支援

## 現行制度での問題点

1993年8月 日豊線竜ヶ水駅 土石流災害



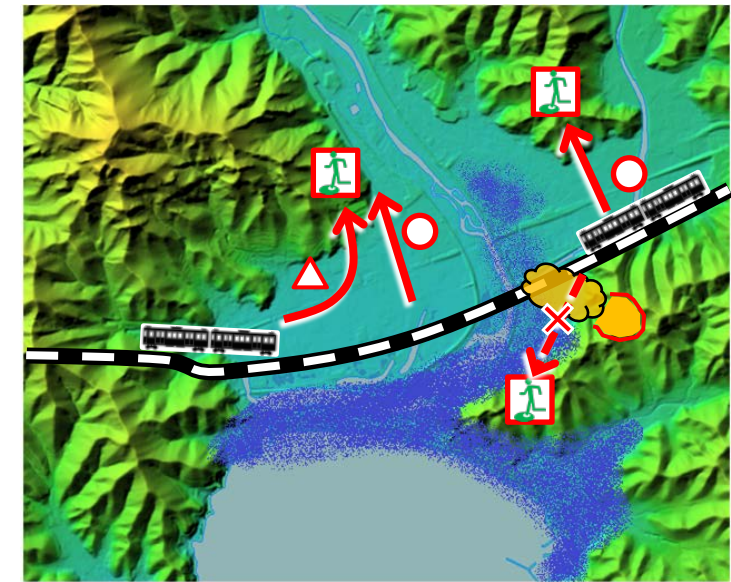
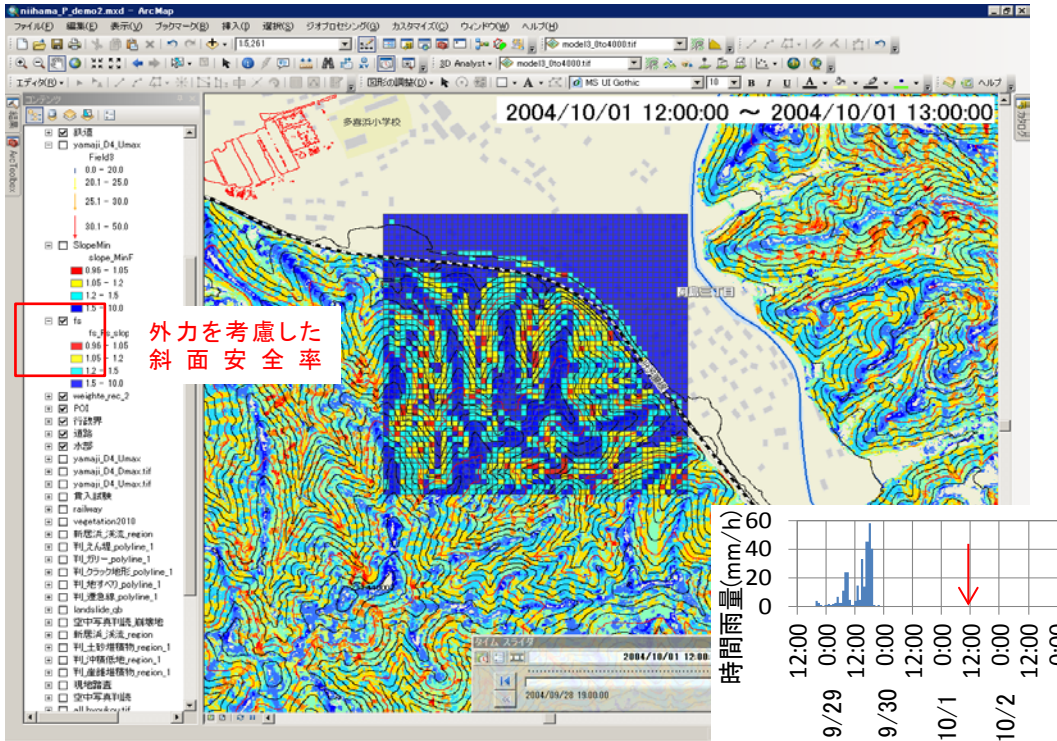
- ・列車は通常の運転規制で駅構内に退避
  - ・鉄道用地外で発生した土石流が駅構内に到達し、列車が被災
  - ・被災時には乗務員の判断により、旅客は列車からより安全な箇所へ避難済み
- ↓
- ・土砂災害等の影響範囲外へ列車を適切に誘導する運転規制判断支援システム
  - ・列車を誘導できない時の旅客の避難経路決定支援システム

# 鉄道沿線の土砂災害ハザード予測と 列車退避・旅客避難誘導経路決定支援

## 本課題成果の目標

土砂災害ハザードの準リアルタイム評価

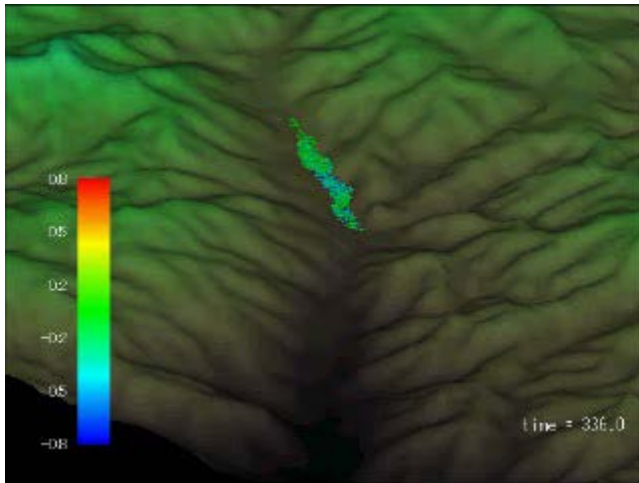
列車退避・旅客避難誘導経路決定  
支援システム



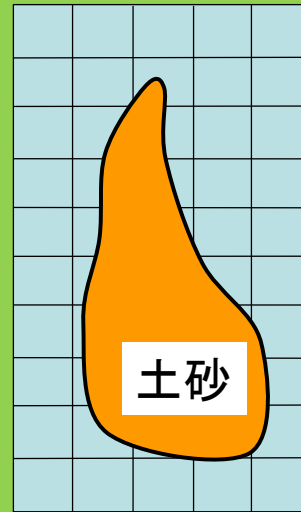
リアルタイムハザード評価:  
降雨量と地盤条件を考慮した評価  
地形単位ごとに評価  
発生後の影響範囲を評価

危険度による列車運行制御・  
旅客避難誘導経路決定の実現

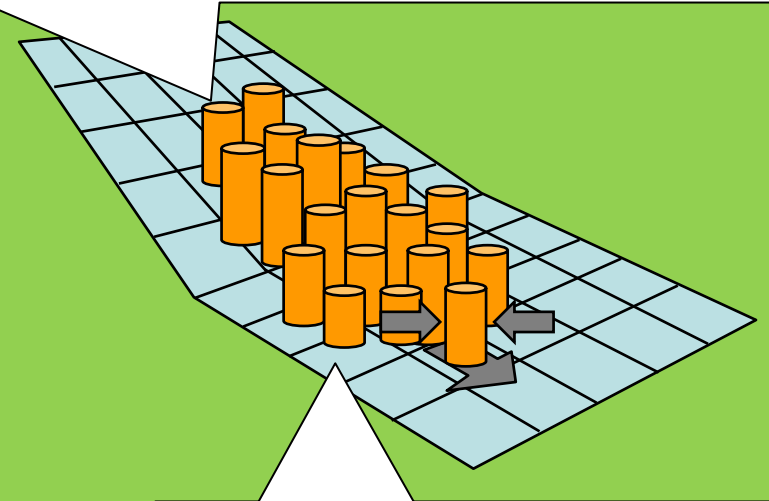
# 土砂災害ハザードマップ作成手法



土砂を柱粒子の集合でモデル化



鳥瞰図

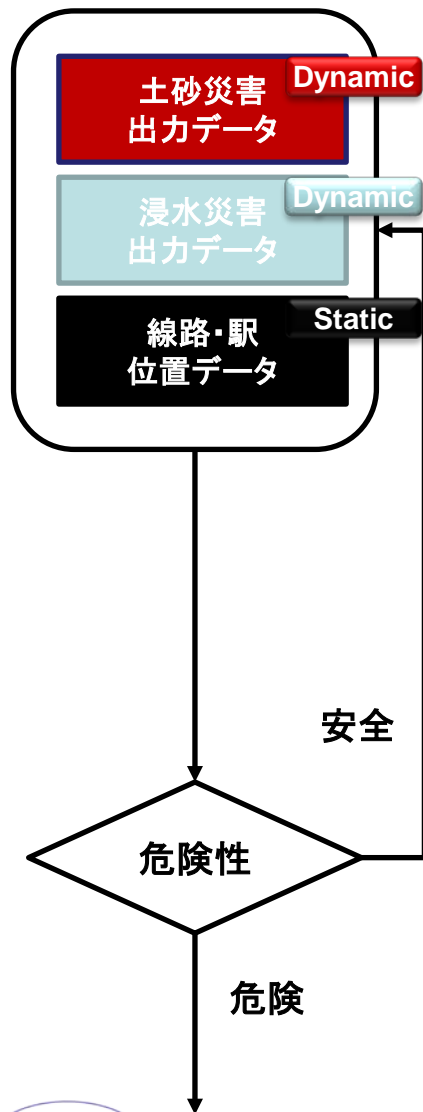


地形メッシュデータ

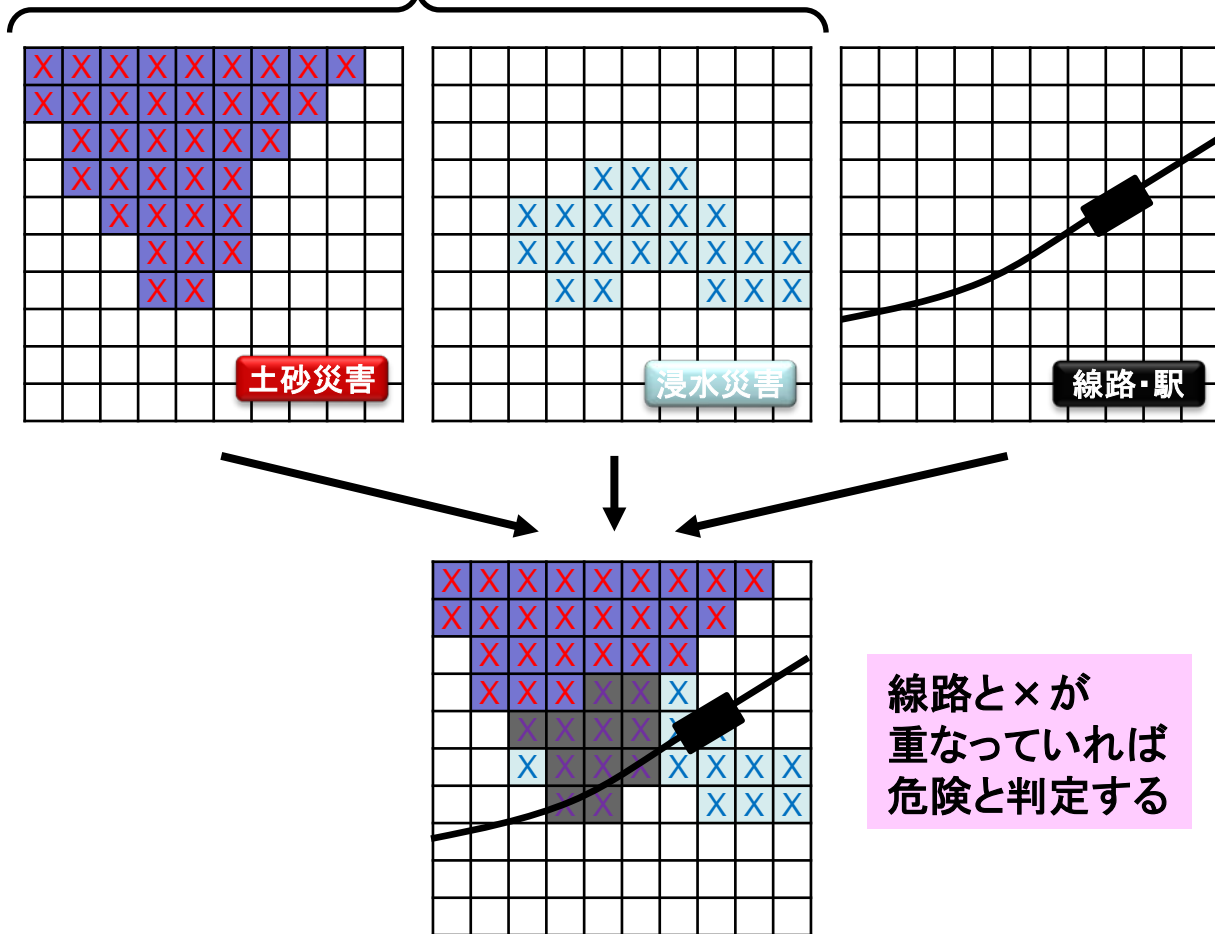
- 解析手法、プログラムの精査
- 事例解析による解析精度の検証



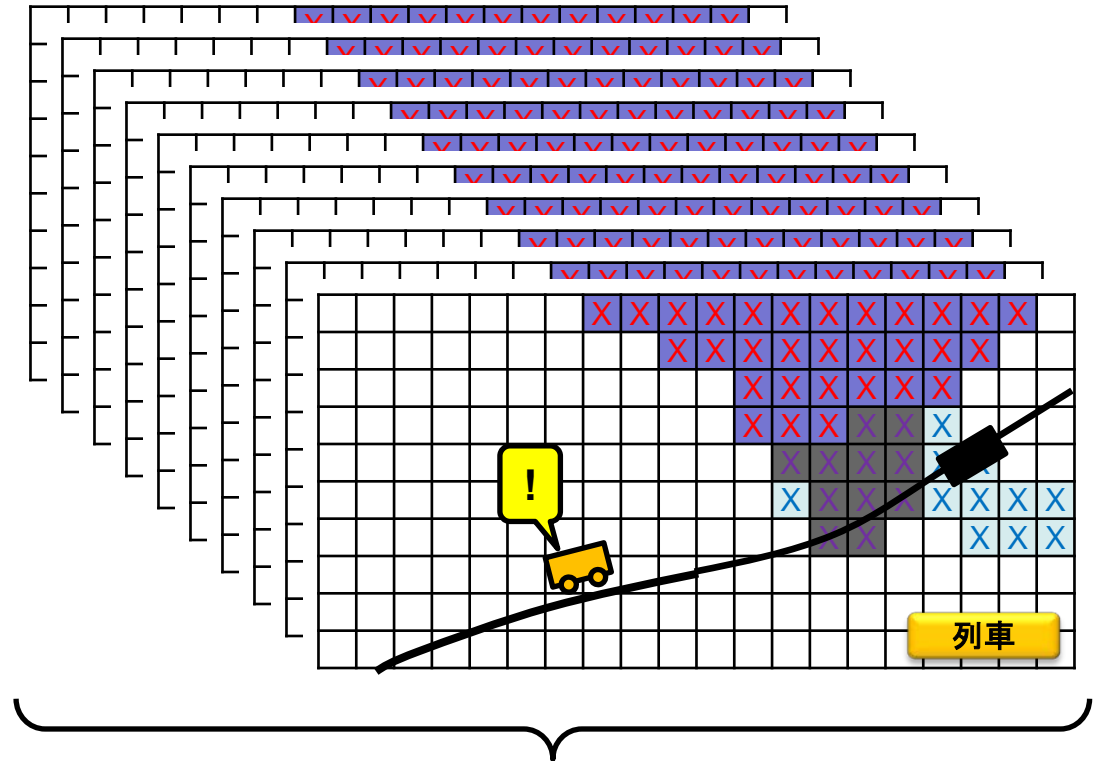
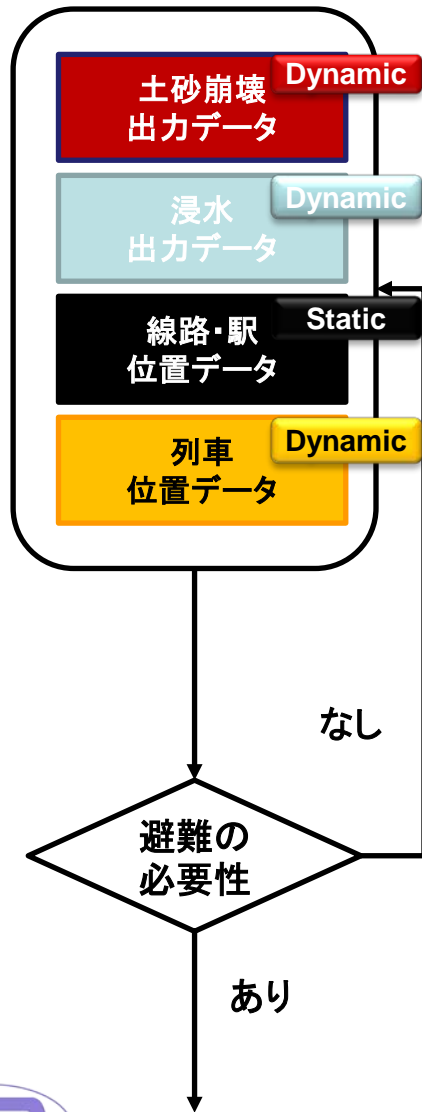
# 線路の危険判断



構造物上(線路上)のデータ



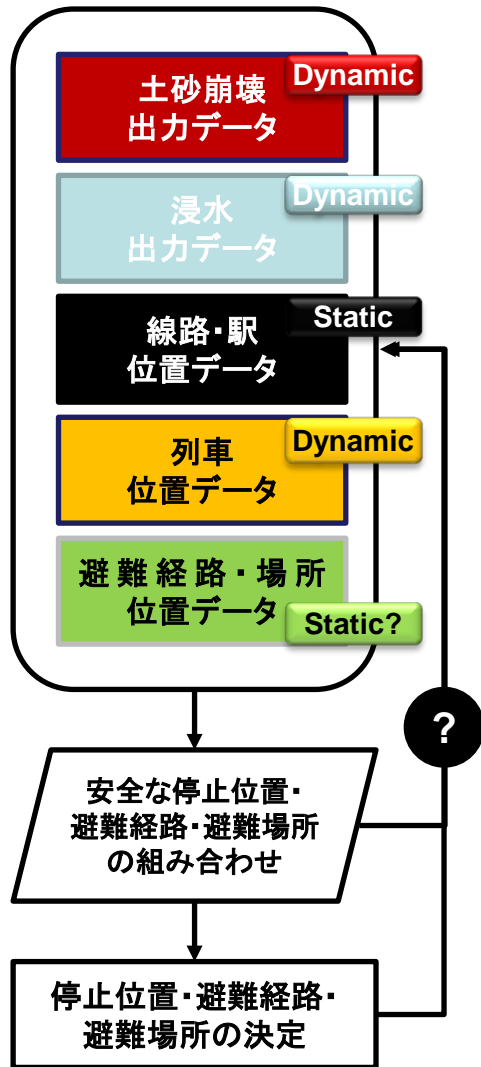
# 運転規制判断アルゴリズム



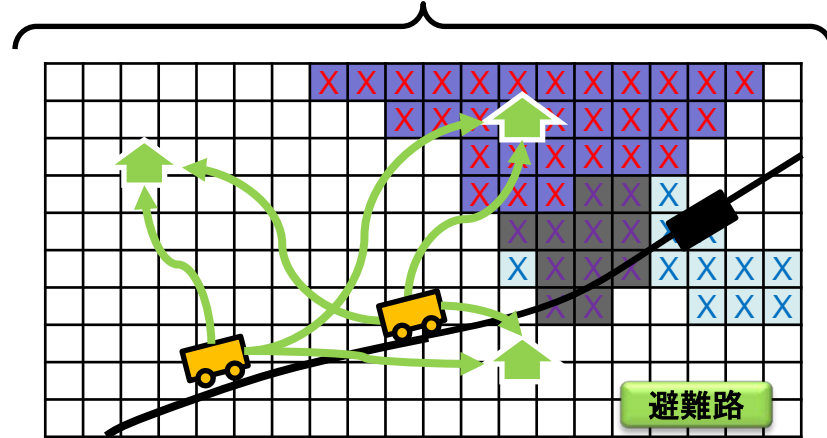
刻々と変化する状況

付近を列車が走行しており、  
列車が走行している一帯が×になるか  
列車の前後が×になれば避難が必要と判定する

# 最適避難経路・避難場所決定アルゴリズム



構造物上(線路上)と地上のデータ



×のついていない避難経路・避難場所を安全とする  
安全な候補のなかから最適な選択肢を選ぶ

最適な選択肢の基準は『危険率の最大値が最小である  
(or安全率の最小値が最大である)』

橋梁の上など『止まってはならない場所』を考慮する必要がある

# まとめにかえて

## SIPで解決しなければいけない課題

- 鉄道の安全のために必要な気象レーダデータの種類、精度、時間分解能、空間分解能の把握
- 列車の運転規制判断、旅客の最適避難経路決定に必要なリードタイムの設定
- 必要な災害ハザード情報の時間的、空間的精度の明確化
- 鉄道事業者が導入する際に必要な制度上の問題の整理

## SIPを進める際のマイルストーン

- 3年目に沿線浸水災害に対するハザード評価手法と列車退避アルゴリズムを構築
- 5年目に土砂災害を含めた運転規制判断・最適避難経路決定支援システムプロトタイプ試作