

(公社) 地盤工学会関東支部

地震斜面災害のリスク評価・対策法の高度化

及び豪雨による二次斜面災害への対応と備えの研究委員会

話題提供

自然斜面・切土・盛土を統合した道路法面地震リスク評価と 集落孤立予測のための基礎的研究

群馬大学 若井 明彦, 齋藤 颯汰

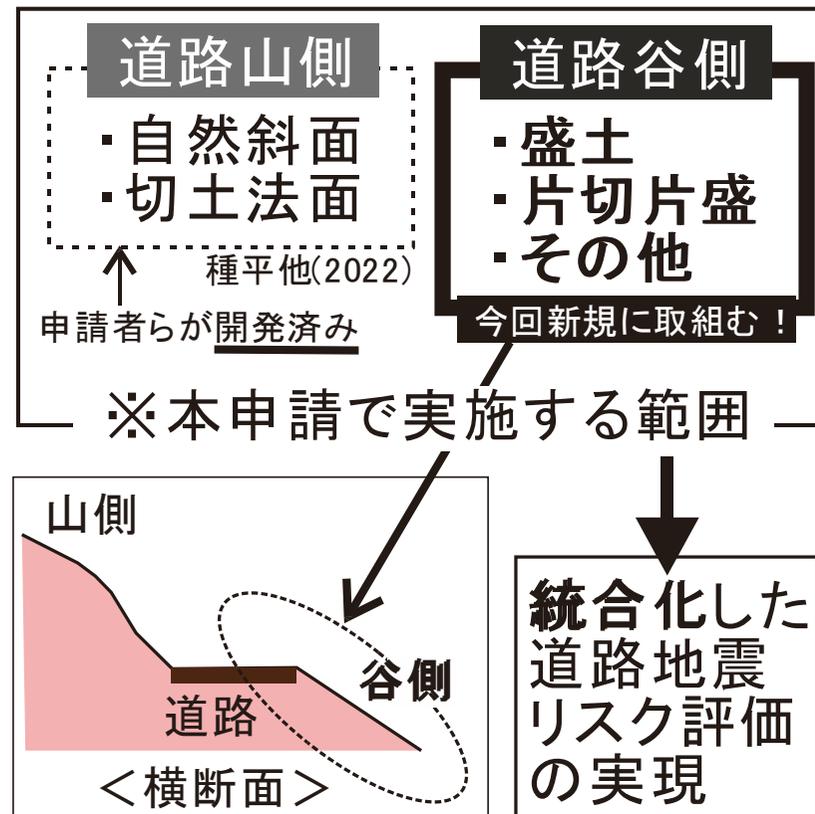
(株)エイト日本技術開発 種平 一成, 藤原 康正

2025年9月25日

- 従来地震時斜面崩壊の研究において十分に扱ってこなかった影響度（主に道路への影響）に着目し、危険度と影響度を統合した確率論的モデルを構築することで、地震時の道路啓開時間を定量的に予測する新たな手法を提案した。
- 地質別（火山岩・堆積岩）のモデルを開発したことで、広範な地域への適用が可能となった。さらに、地質条件に応じて適切なモデルを選択することで、予測精度の向上が図られた。

◆ 「盛土」等，道路の谷側への拡張の必要性

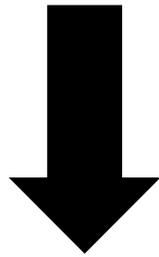
- 盛土区間（片切片盛区間を含む）に対する同様の手法が必要である。本助成研究において、この拡張に取り組む。これにより、自然斜面・切土・盛土を統合的に扱える道路地震リスク評価の手法が開発される。



目的

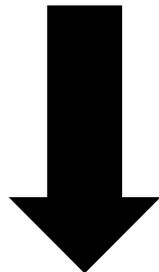
個別の斜面の地形・地質的要因
を考慮したリスク評価の手法 (種平他,2022)

山側斜面(自然斜面・切土法面)のみ対象



谷側(盛土、片切片盛)は評価の対象外

盛土を含めた危険度評価を行いたい



本研究の目的

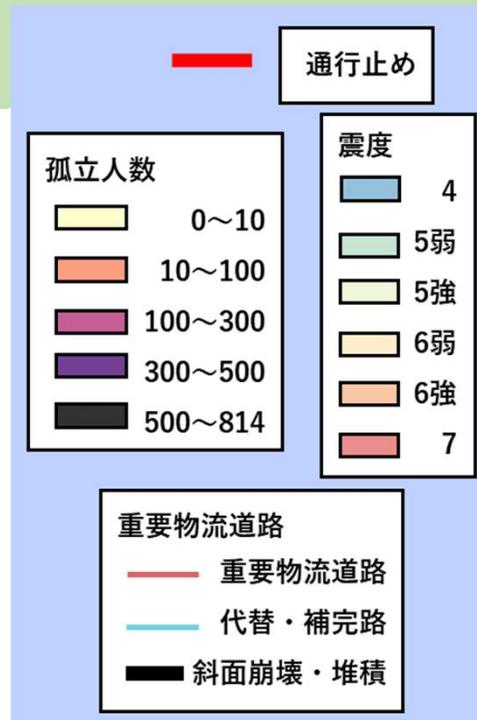
既往研究の方法に則り
盛土(谷側斜面)のリスク評価のモデル構築を試みる

資料LS01-4-3



盛土崩壊の様子
(輪島市下黒川町2024/7/4)

対象路線



対象路線 国道249号

起点：石川県七尾市 川原町交差点
終点：石川県金沢市 武蔵交差点

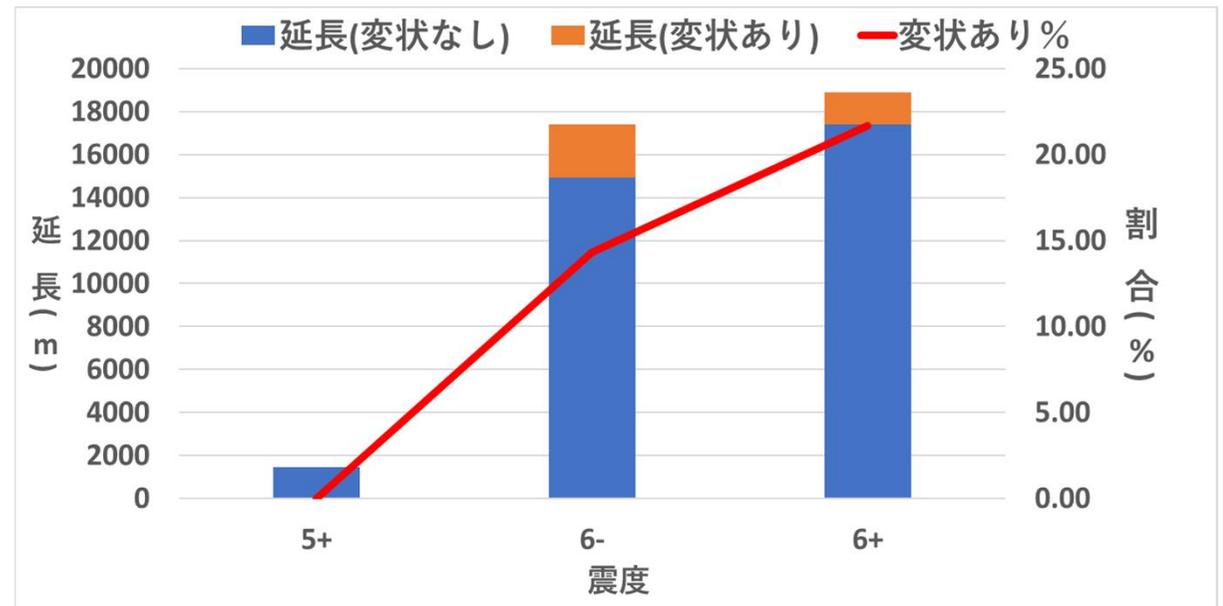
今回の解析範囲はその一部

起点：石川県輪島市 稻荷町交差点
終点：石川県羽咋市 猫の目交差点

【選定条件】

- ①重要性が高い路線である
- ②複数の震度階にまたがる
- ③道路沿いの崩壊が多い
- ④孤立集落の発生に関する

対象路線の震度・孤立集落の分布
(孤立集落は町村単位で着色)



各震度の調査延長と変状の割合 資料LS01-4-4

モデル構築のために

①情報収集

↓ 机上調査及び現地調査で崩壊・変状の有無・規模の整理
地形・地質等の整理

②危険度と影響度の設定

↓ 崩壊・変状発生に関わる要因を抽出 ➡ 震度別**危険度**を設定
規模に関わる要因を抽出 ➡ **影響度**を設定

③モンテカルロシミュレーション

危険度・影響度を基に
確率論的に崩壊が起きそうな箇所を抽出

①情報収集

データ収集の方法

- ・机上調査
 - ➡ 標高データ・地質データ
等高線・空中写真等
を基に記録
- ・現地調査
 - ➡ 被害の様子を大・中・小
に分けて記録



斜面を幅10mで分割し、要因を記録

対象区間中の谷側の

総データ数：**3,111**箇所

崩壊箇所総数：**523**箇所

規模「大」：**58**箇所

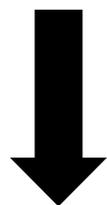
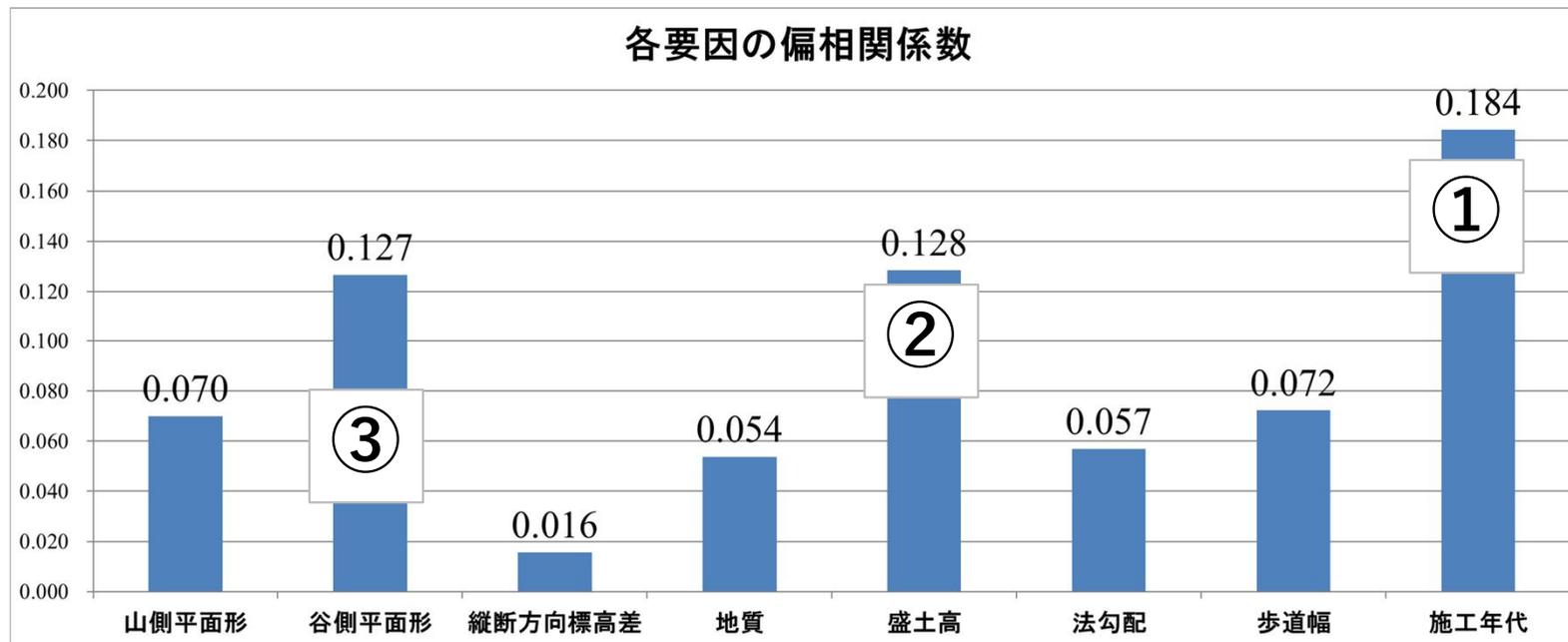
「中」：**80**箇所

「小」：**385**箇所

山側平面形	谷側平面形	縦断方向標高差	地質	盛土タイプ	工種	盛土高	法勾配	歩道幅	施工年代
1.尾根	1.尾根	1.0~2m	1.沖積層及び砂丘層 2.段丘堆積物 3.堆積岩類及び火山岩類	1.平地盛土 2.傾斜地盛土	1.構造物 2.土羽	1.10≦ H<15 2.5≦H<10 3.H<5	1.i≧60 2.35≦i<45 3.30≦i<35 4.i<30	1.1m未満 2.2.1m以上2m未満 3.2.2m以上3m未満 4.3.3m以上4m未満 5.4.4m以上	1.~1986年 2.1987~1996 3.1997~2012年 4.2013年~
2.直線	2.直線	2.2~4m							
3.谷	3.谷	3.4~6m							
4.平坦	4.平坦	4.6m以上							

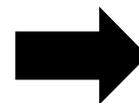
②危険度と影響度の設定

- 崩壊影響要因の抽出(数量化Ⅱ類)



偏相関係数が高いものから
要因を抽出

要因	カテゴリー	変状発生 箇所数	累積捕捉率(%)		
			1要因	2要因	3要因
1 施工年代	1996年以前	441	84.3	86.4	94.6
2 盛土高	5m以上	452			
3 谷側平面形	谷型、直線型	495			

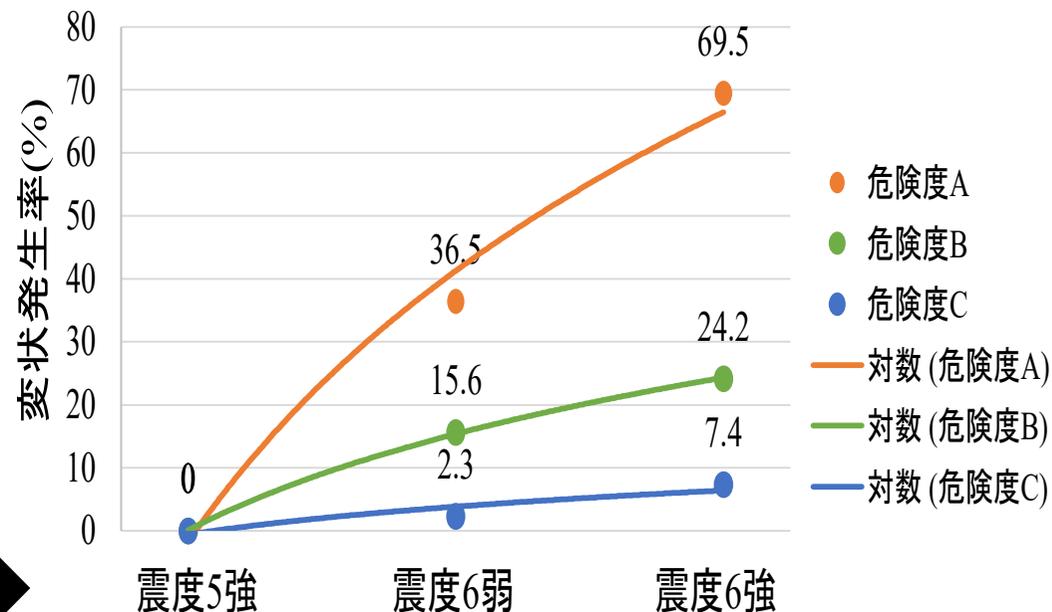
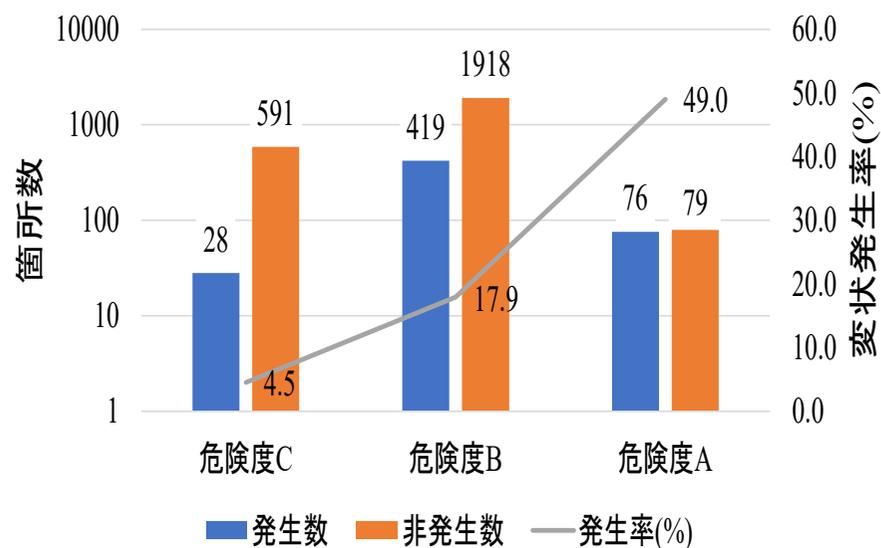


全崩壊の90%以上
をカバーできる

資料LS01-4-7

②危険度と影響度の設定

- ・ 要因の内在数から危険度を設定



危険度C

危険度B

危険度A

震度別

各危険度の震度別崩壊発生率を
シミュレーションに使用

②危険度と影響度の設定

影響度の区分と復旧時間

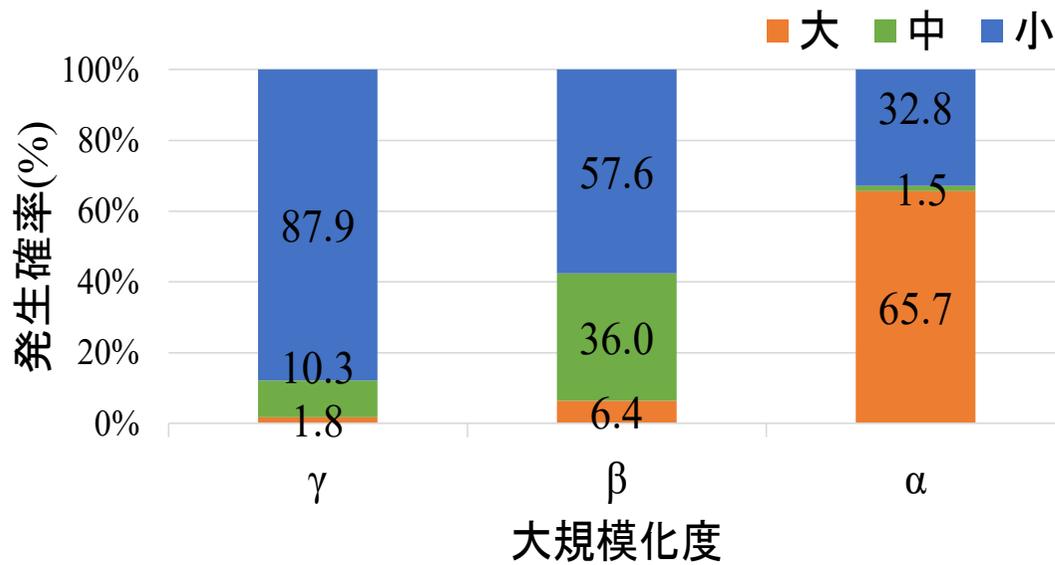
影響度	変状	応急復旧日数※ (10m当たり)	計算に使用する 値(時間/箇所)
小	路面亀裂・段差	0.4	9.6
中	1車線以内の部分崩壊	2.5	60.0
大	2車線以上の崩壊	6.1	146.4

※ 24時間当たり稼働率58%として算出

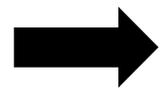
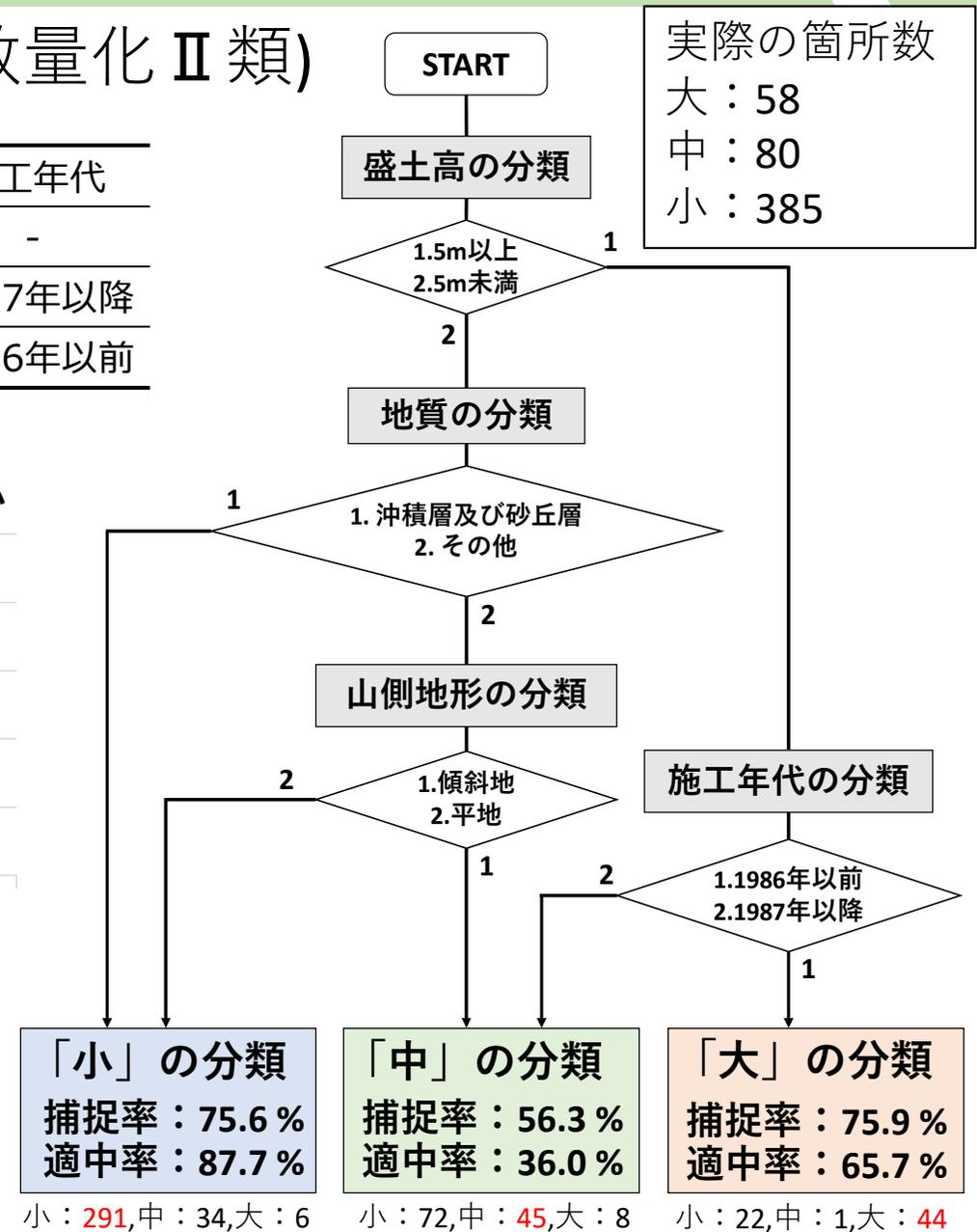
②危険度と影響度の設定

- 崩壊規模に関する要因の抽出(数量化Ⅱ類)

影響度	盛土高	地質	山側の地形	施工年代
小	5m未満	沖積層及び砂丘層	平地	-
中		-	傾斜地	1987年以降
大	5m以上	-	-	1986年以前



大規模化度の区分と影響度の確率



分類別の発生率を
シミュレーションに使用 10

影響度の分類フロー 資料LS01-4-10

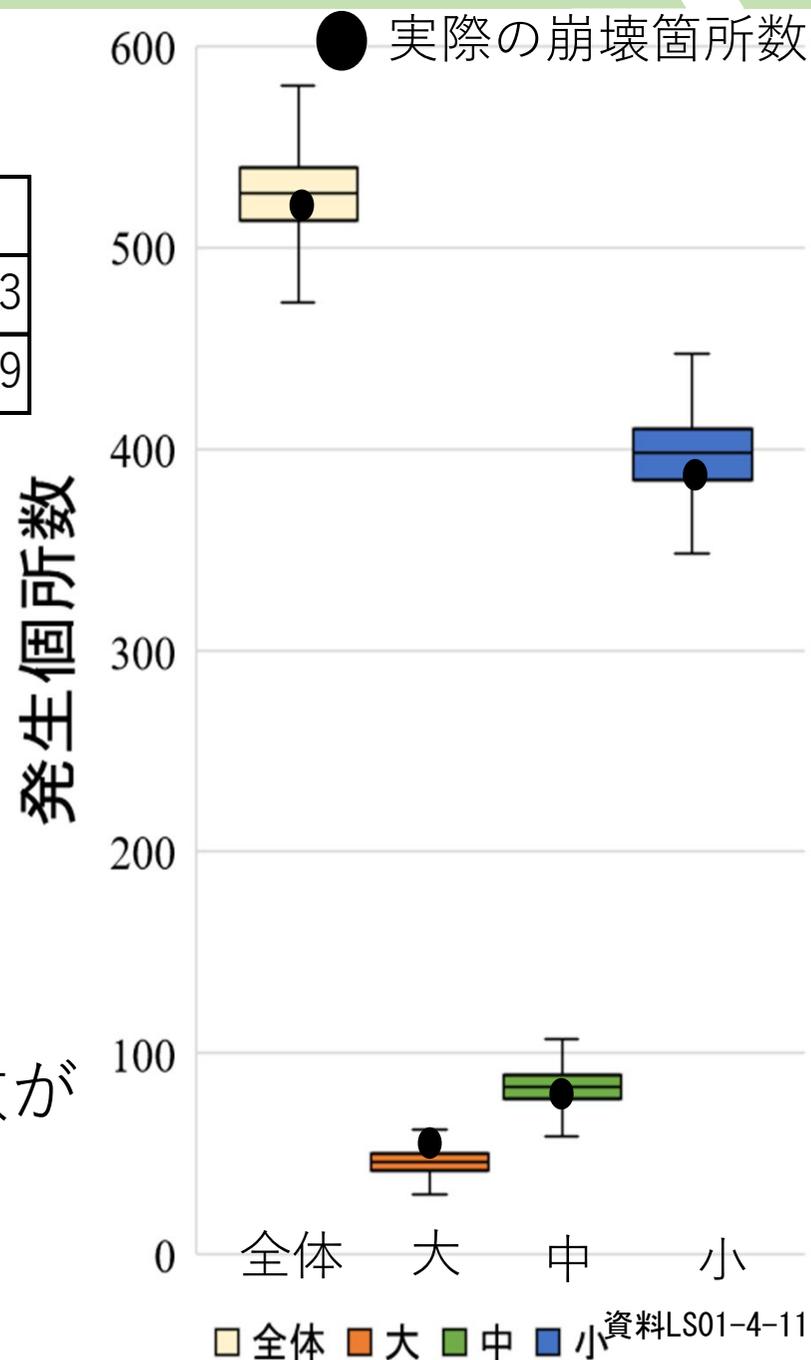
③モンテカルロシミュレーション

試行回数：50000回

	大	中	小	崩壊全体
実際の箇所数	58	80	385	523
解析の平均発生箇所数	46.2	83.2	397.6	526.9

規模に因らず崩壊の有無は実際の崩壊箇所数とシミュレーションの平均発生箇所数の誤差が1%未満であった。

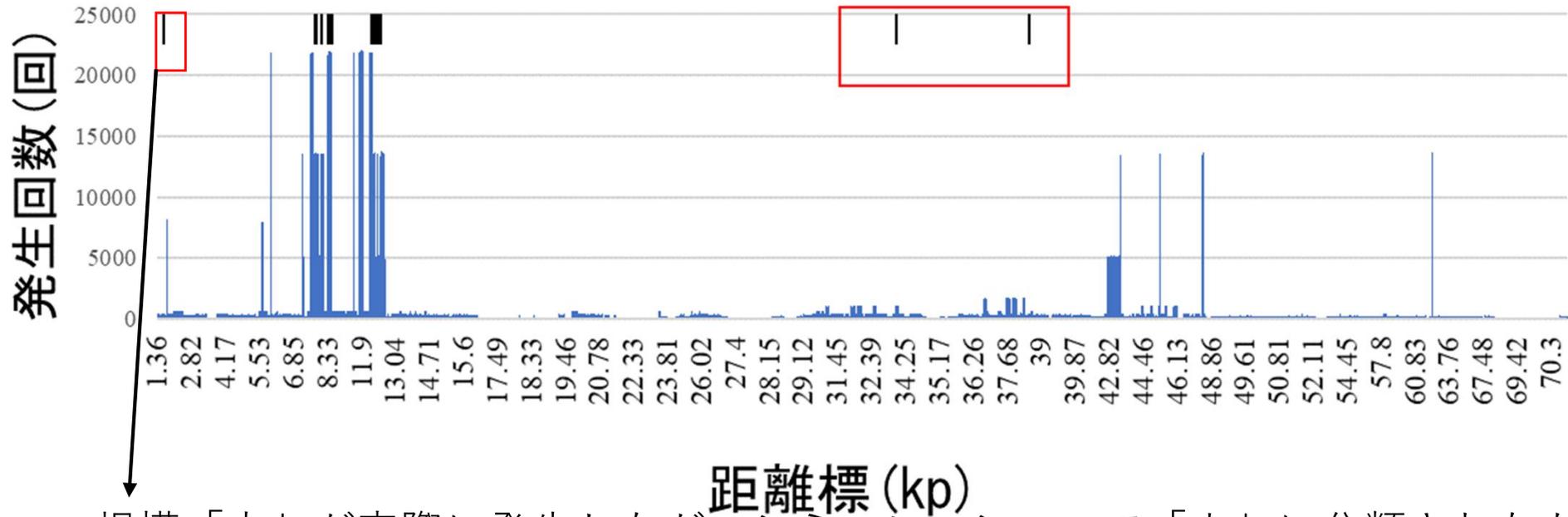
崩壊規模「大」のみ
シミュレーションと実際の崩壊箇所数が大きく乖離している
(シミュレーション結果が実際よりも過小評価している)



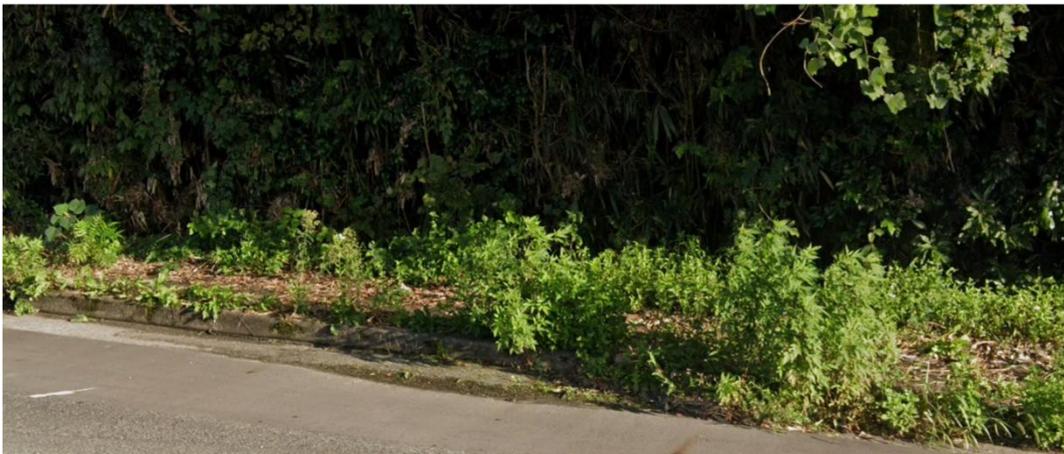
③モンテカルロシミュレーション

崩壊規模 (大)

■ シミュレーションでの崩壊発生
■ 実際の崩壊発生箇所



規模「大」が実際に発生したが、シミュレーションで「小」に分類されたもの



周辺で湧水がある様子



周辺の湧水や地表面水の様子を考慮する必要がある

まとめ

- ・国道249号の一部区間について、地質・地形的要因を考慮した地震時の支障箇所が発生分布の想定を実施した。
- ・崩壊規模「大」の予測結果は実際の発生数と大きく異なったものの、その他の崩壊発生の有無、発生時の規模について実現象の傾向をおおむね再現できた。
- ・谷側斜面や盛土区間を含む、道路の路線全体にわたる包括的な斜面リスク評価手法の原型を開発できた。
- ・本手法の外力要因を降雨などに置き換えることで、同様の手法を用いたリスク評価モデルの構築も可能と考えられる。
- ・地震と降雨が連続的に作用する複合災害への応用も視野に入れることで、実用性と汎用性はさらに高まる。
- ・広域的な道路ネットワークを対象とした実証実験や既存の道路啓開計画等との連携、操作性の最適化、新たな災害事例を踏まえた更新などにより、さらに実効性の高い道路防災・啓開計画の策定と運用が可能となることが期待される。

参考文献

種平一成，藤原康正，若井明彦：道路ネットワークの靱性向上に資する地震時斜面崩壊の簡易リスク評価手法，日本地すべり学会誌，第59巻，第3号，pp.1-15（2022）。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人高速道路調査会からの研究助成（令和6年度）によるものです。ここに記して感謝の意を表します。