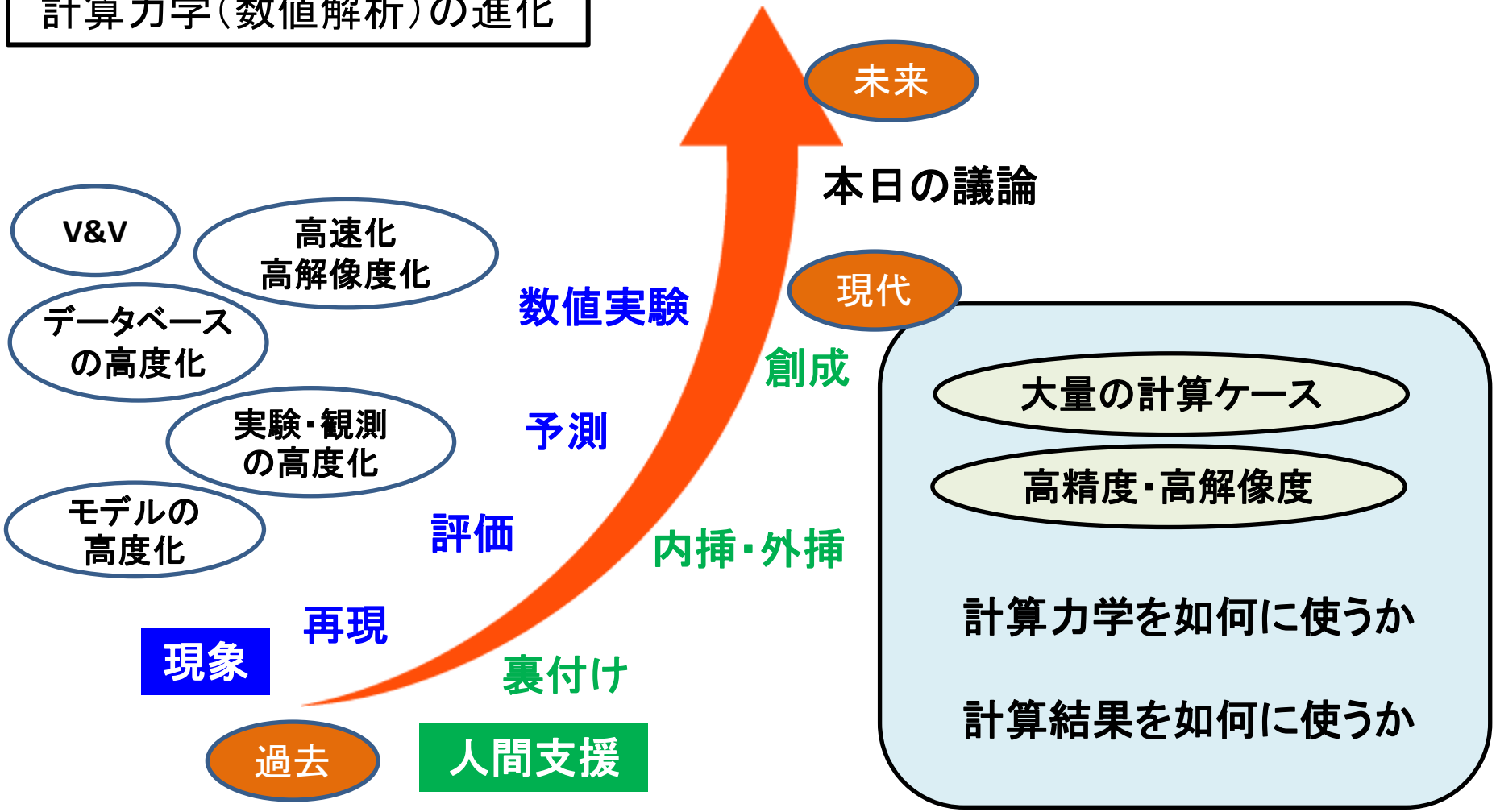
土木学会全国大会研究討論会（応用力学委員会）2021年9月7日
Beyond AI 時代の土木に向けて～AIの先にあるもの～

計算力学　×　データサイエンス

森口周二
東北大学災害科学国際研究所
計算安全工学研究分野

計算力学（数値解析）の進化

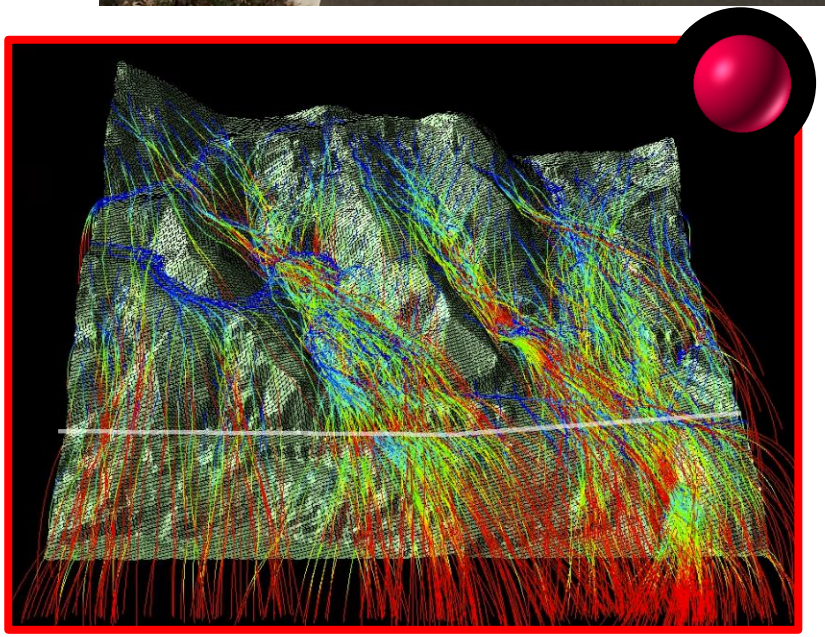


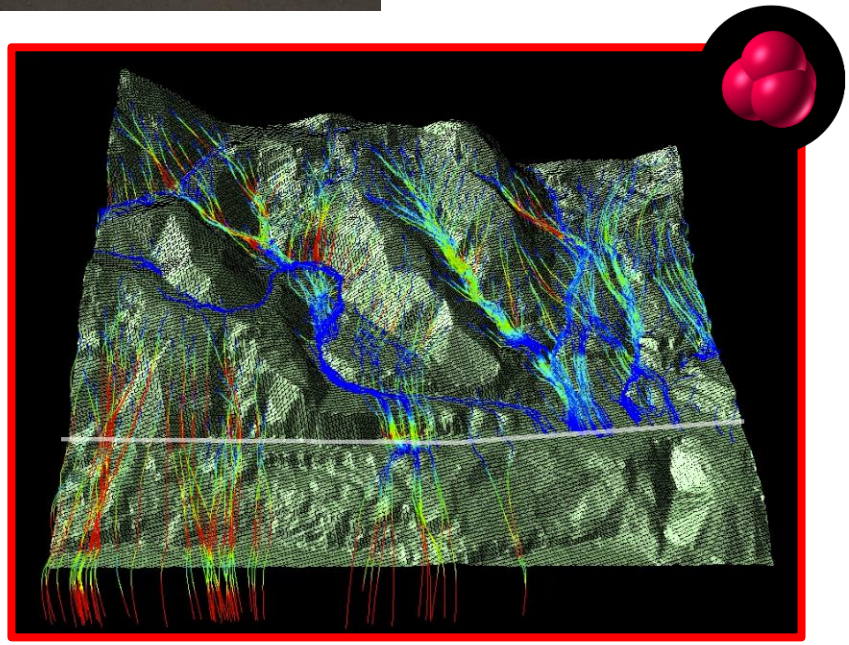
計算力学　×　データサイエンス　⇒　如何に使うか

落石リスク評価

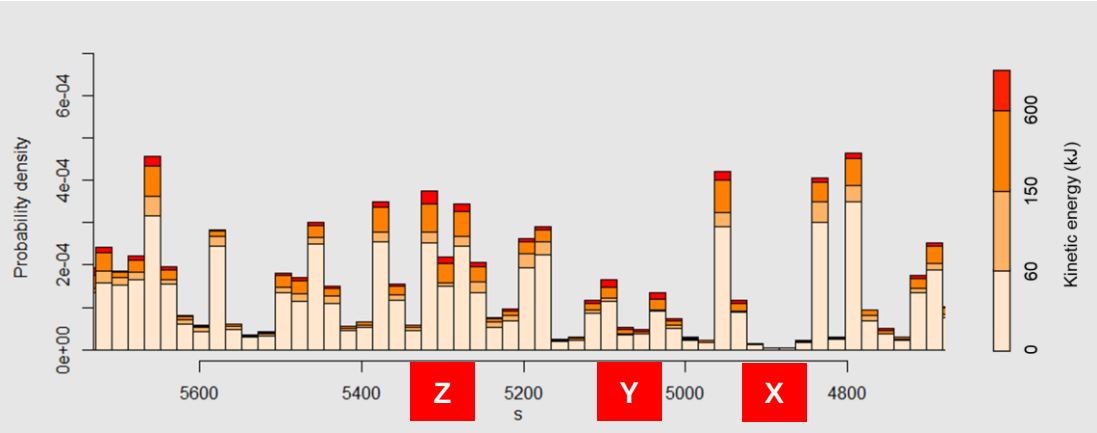
Hasuka Kanno, Numerical Rockfall Risk Quantification and Optimal Arrangement of Protection Structures at Different Spatial Scales, Doctor thesis, Tohoku university, 2021.

実路線を対象とした個別要素法による落石シミュレーション





防護工の最適配置

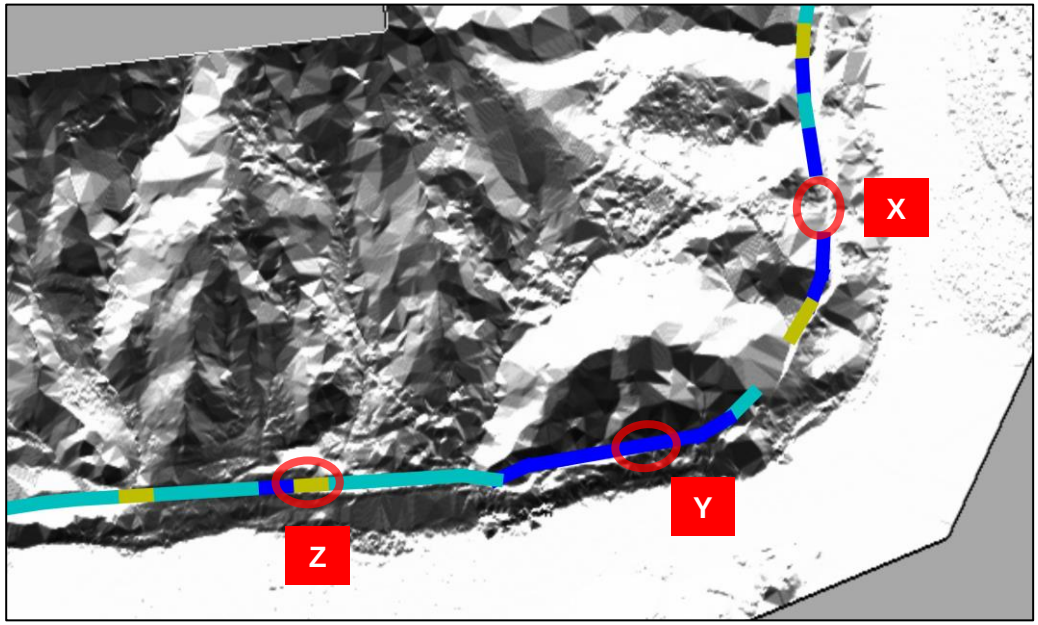


← ハザード分布

X 落石の到達確率が極めて低い地点

Y 到達確率はやや高いが，エネルギーの大きい落石である可能性は低い地点

Z 落石の到達確率が極めて高くエネルギーも大きい地点



←最適配置

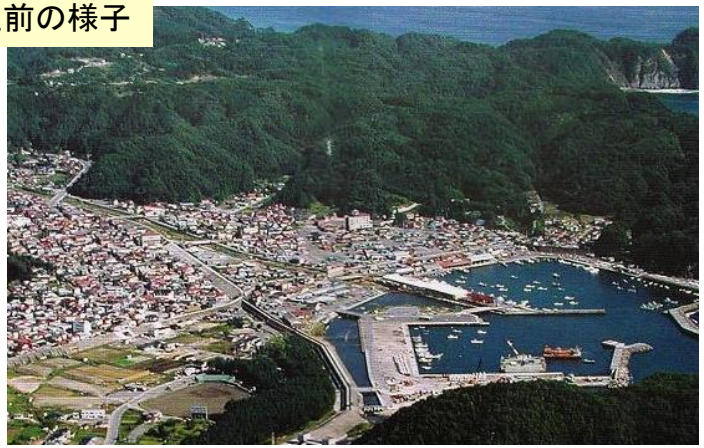
（実地形上に対策工配置を描画）

- コスト：低 & 性能：低
- コスト：中 & 性能：中
- コスト：高い & 性能：高

津波リスク評価

Tozato, K., Takase, S., Moriguchi, S., Terada, K., Otake, Y., Fukutani, Y., Nojima, K., Sakuraba, M., and Yokosu, H.: Real-time Tsunami Force Prediction by Mode Decomposition-Based Surrogate Modeling, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. [preprint], https://doi.org/10.5194/nhess-2021-77, in review, 2021.
（※2021年9月8日時点でオープンディスカッション中）

被災前の様子



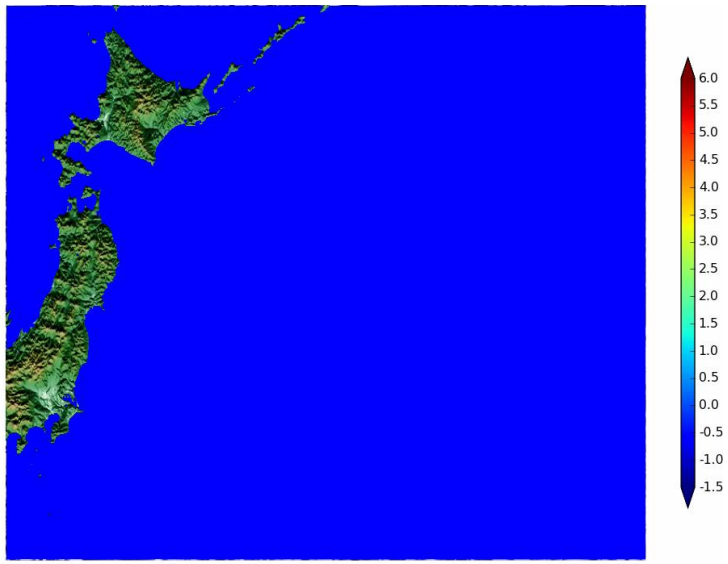
被災後

対象地域： 岩手県宮古市田老町（沿岸部）

過去に繰り返し津波の被害を受けてきた津波の常襲地域
2011年の東北地方太平洋沖地震でも甚大な大きな被害が発生

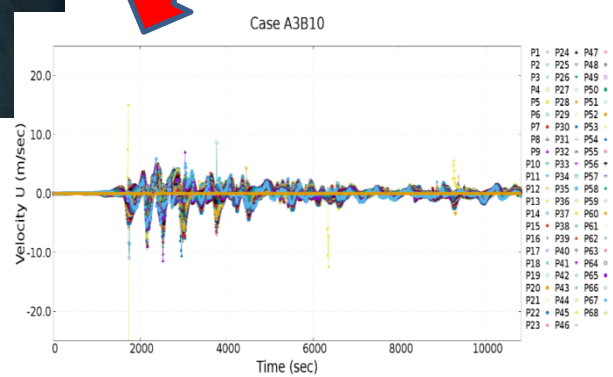
2D-3D連動シミュレーション

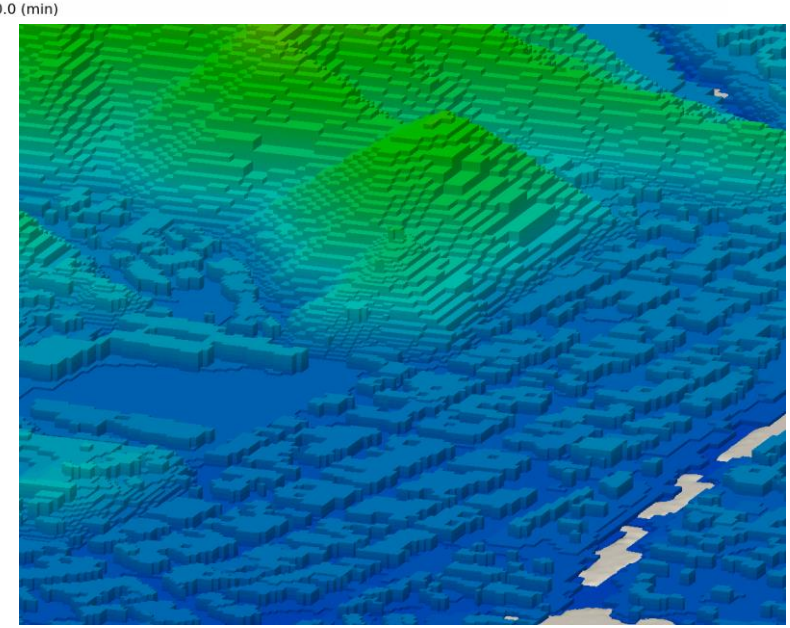
すべり量5水準 × すべり角10水準＝全50ケース



Cal_Time = 0.0 (min)

Cal_Time = 0.0 (min)

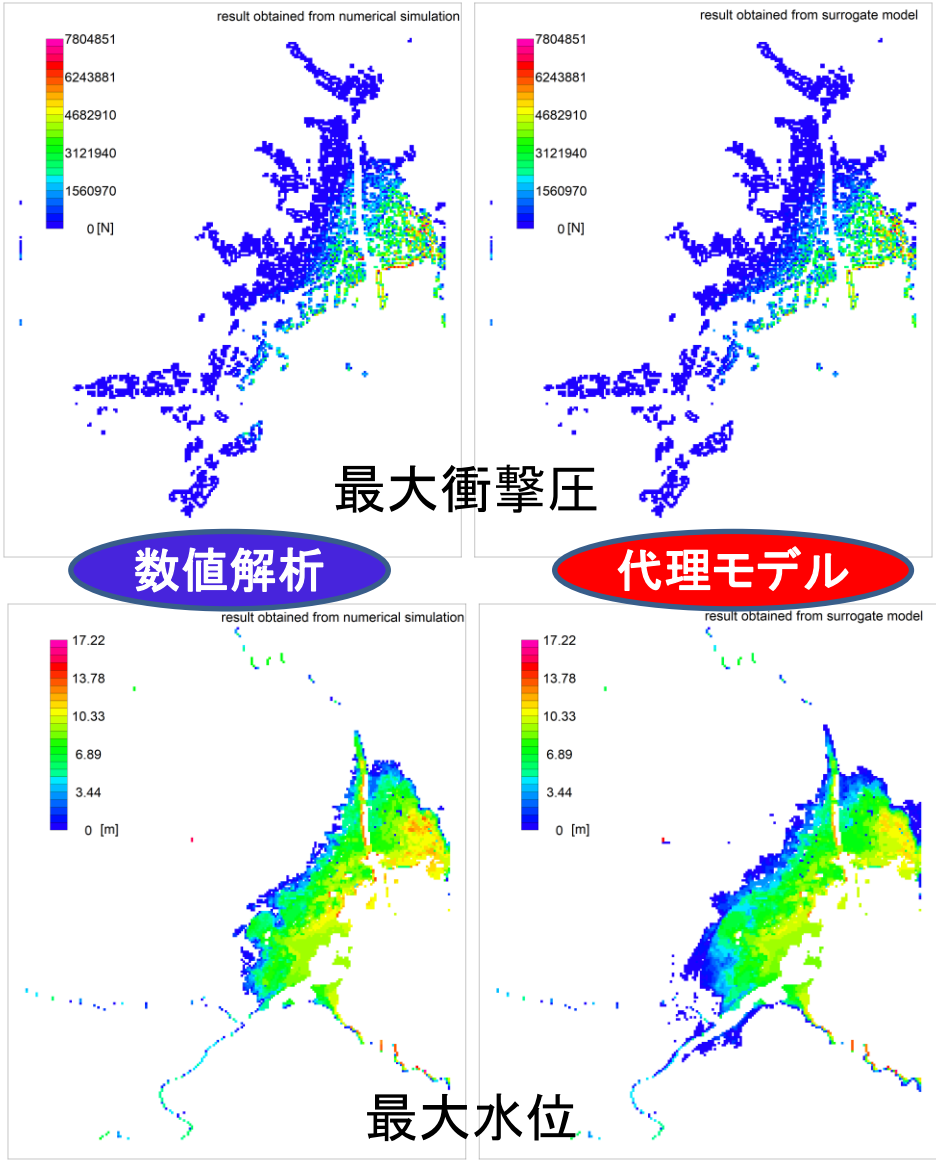




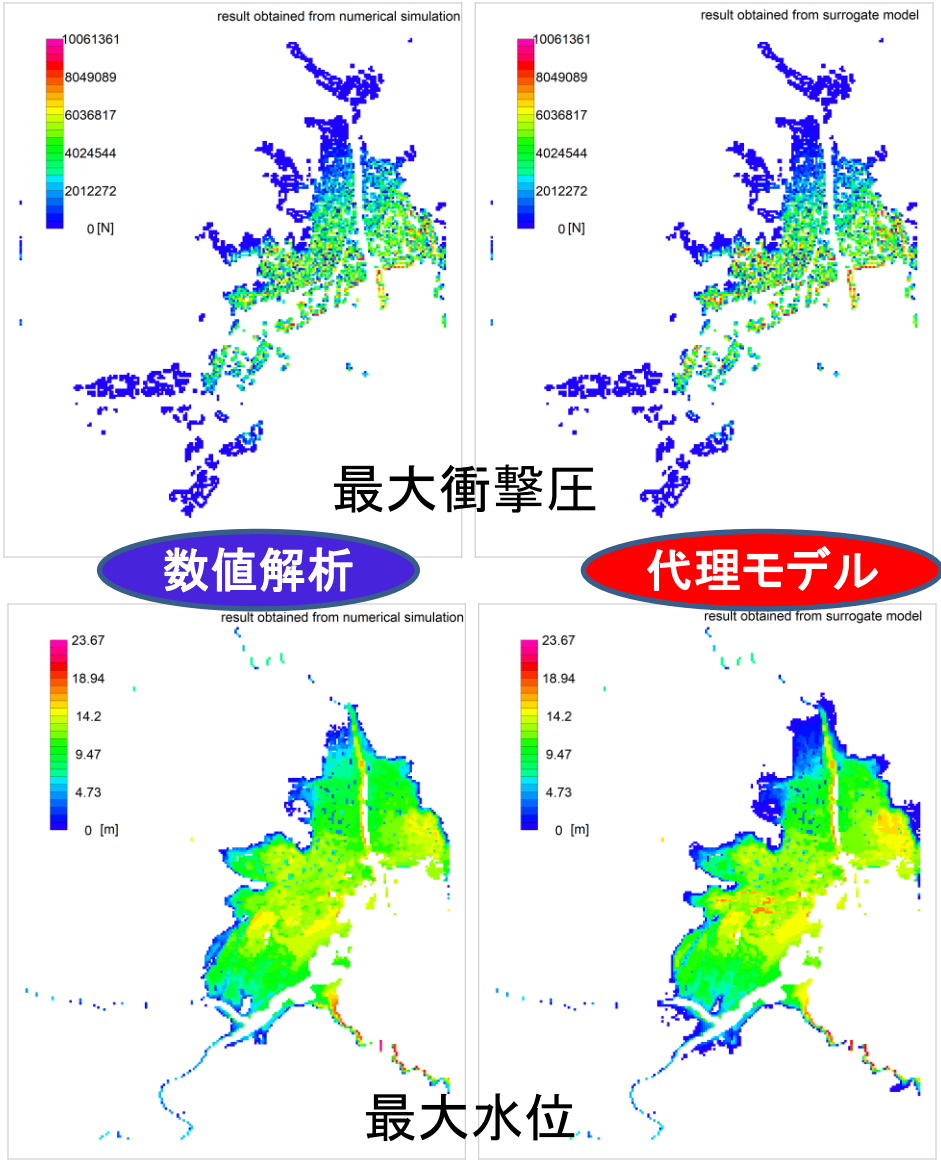
各ケースについて津波（水深と流速）の時刻歴データを取得

津波シミュレーション

検証ケース1 (使用モード数 : 5)

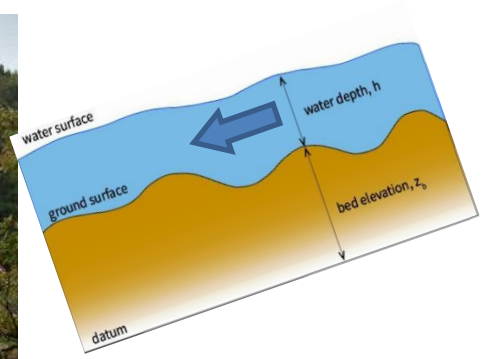


検証ケース2 (使用モード数 : 5)

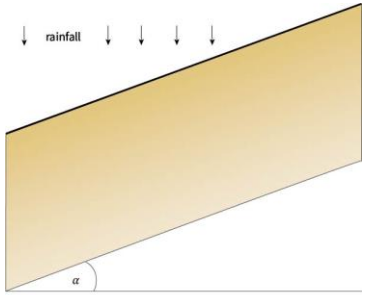


豪雨災害シミュレーション（令和元年東日本台風）

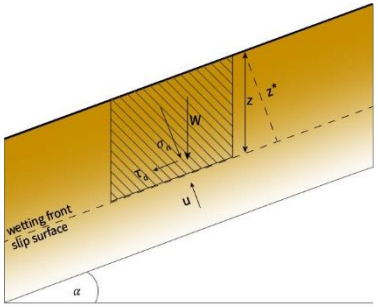
丸森町全域を10mメッシュで計算



地表流（降雨による水の流れ）



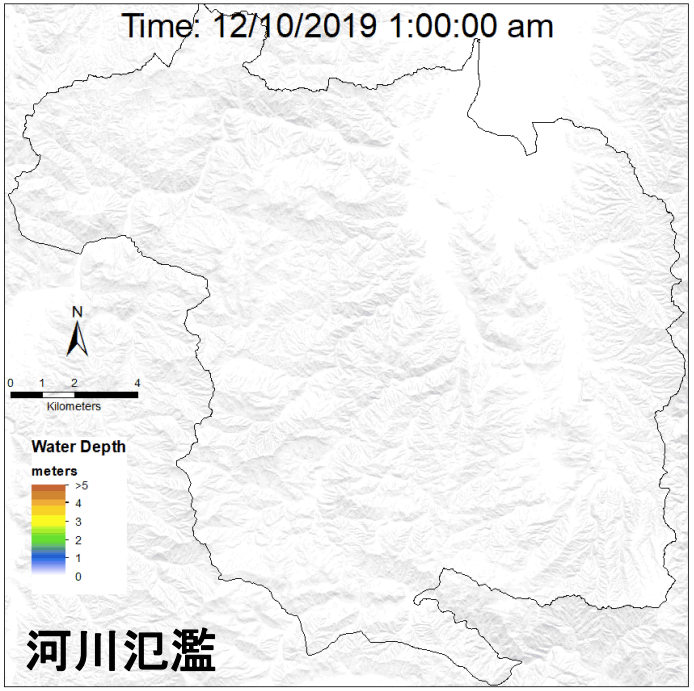
浸透流（土中への浸透）

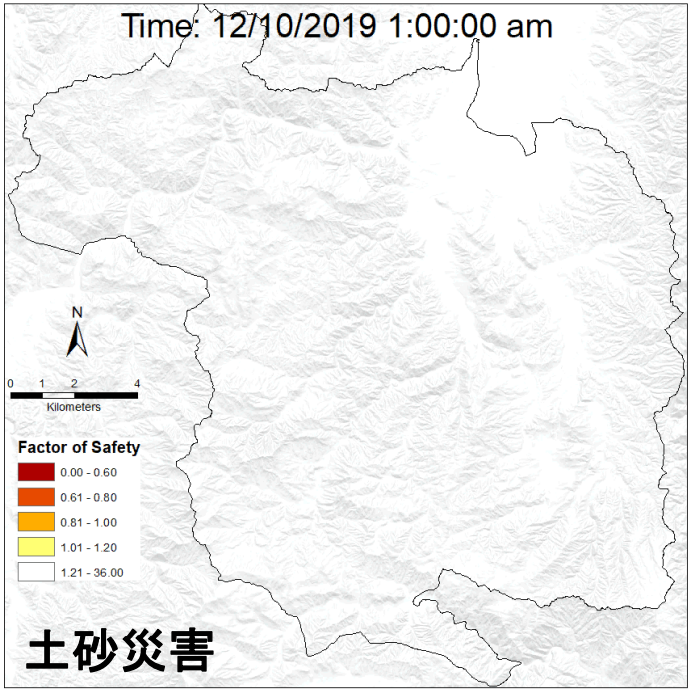


斜面の安定性の評価

降雨，地質，地形データなどを入力として豪雨災害を時間変化を含めて再現する

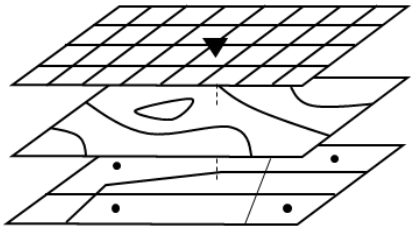
令和元年東日本台風
（2019年台風19号）宮城県丸森町



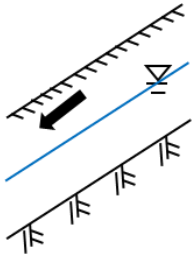


Nilo Lemuel J. Dolojan, Shuji Moriguchi, Masakazu Hashimoto, Kenjiro Terada, Mapping Method of Rain-induced Landslide Hazards by Infiltration and Slope Stability Analysis, Landslides, volume 18, pages2039–2057, 2021.

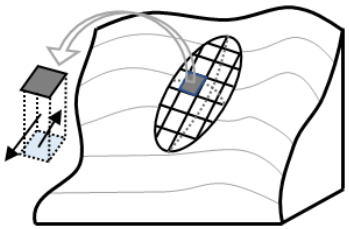
土砂災害シミュレーションの課題



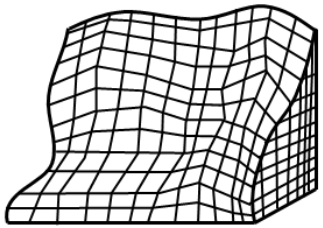
地形特性や土地利用特性
を組み込んだ統計モデル



斜面角度一定の無限
斜面の安定解析

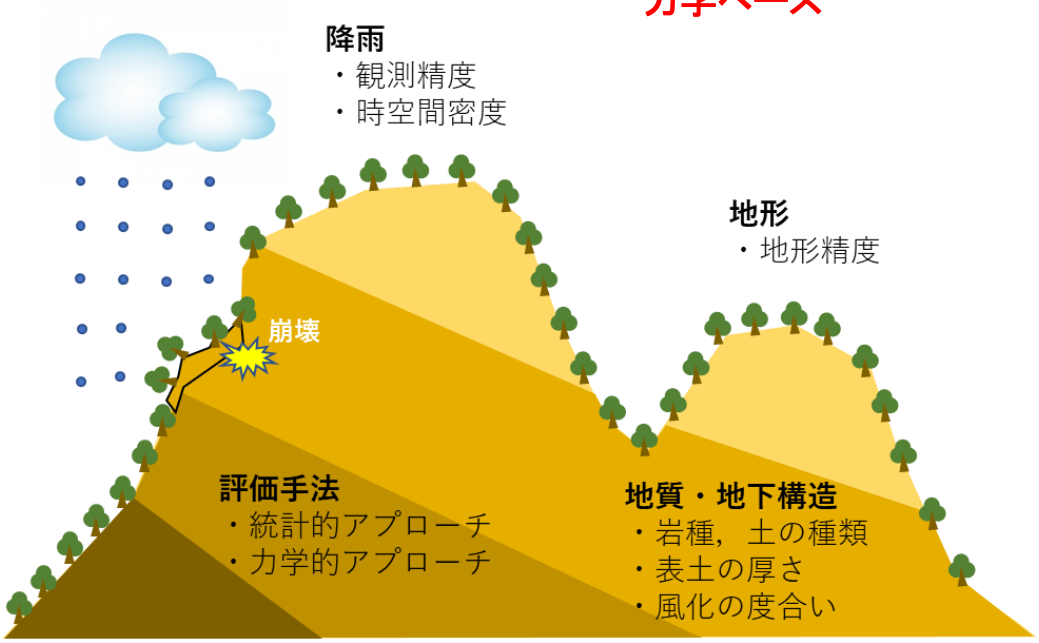


極限平衡法に基づく
ブロックの安定計算



高度な数値解析
（弾塑性FEM解析など）

力学ベース



豪雨災害も力学ベースのリアルタイム予測が可能か？

- **地中の情報不足が課題（遠隔での計測が困難．AIでなんとかなる？）**
- **更なる力学の導入には計算コストを下げるための工夫が必要**
- **入力（雨）の代表的ケースが予測しにくいため，代理モデルの構築に工夫が必要**