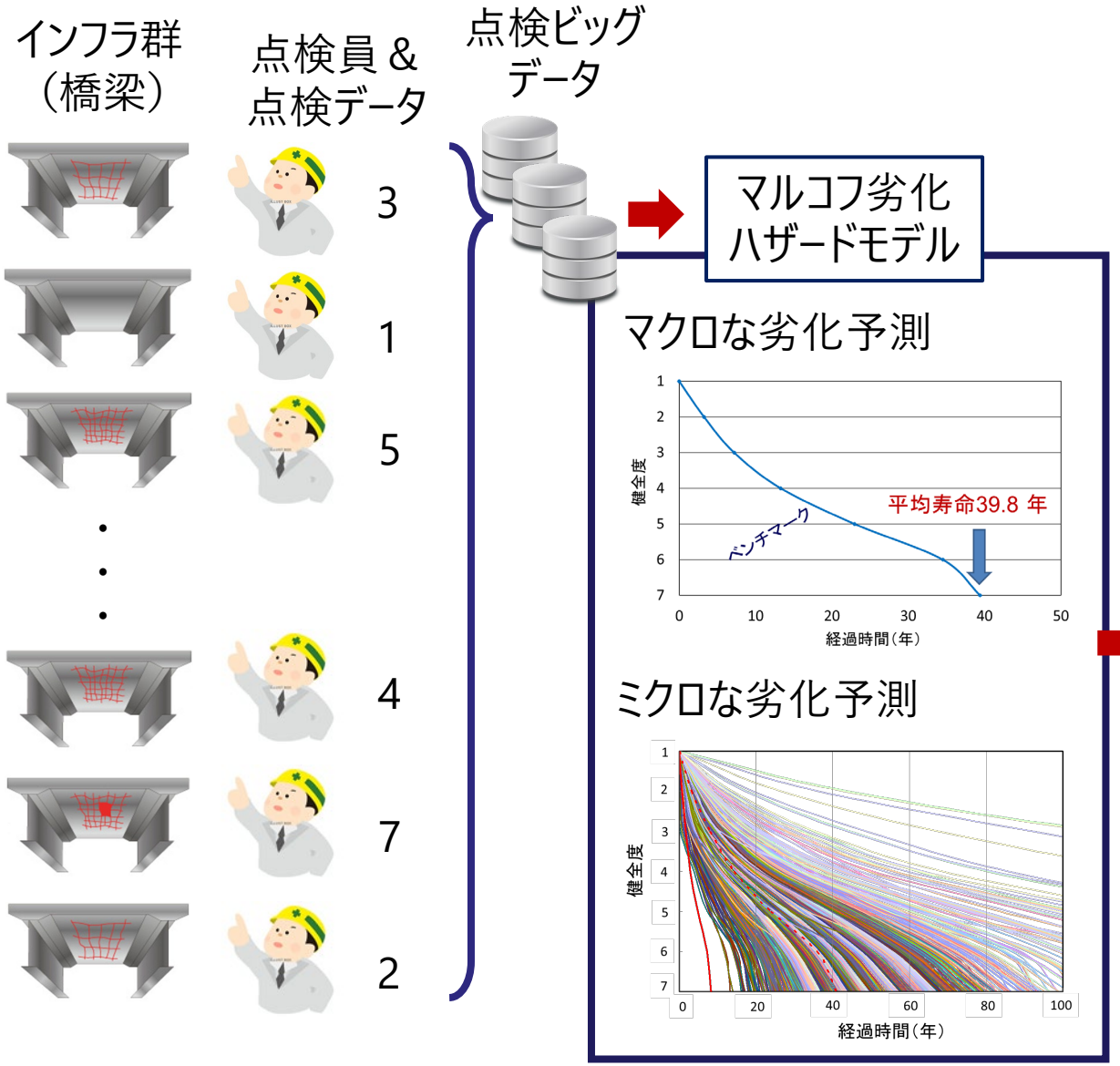
大阪大学大学院 工学研究科
社会基盤マネジメント学領域
Osaka University Infrastructure Management Lab.

3次元点群データの活用による斜面・法面管理の効率化・高度化
（中間報告）

大阪大学大学院工学研究科　地球総合工学専攻
笹井　晃太郎
（代表研究者：大阪大学　貝戸 清之）

点検データを用いた統計的劣化予測の概要



団塊的に老朽化が進む
インフラ群に対して，

- 寿命，劣化速度の
  定量的評価（可視化）
- 予測の精緻化
- 補修優先順位決定
- 更新計画の立案
- 最適予算配分
- 異常検知

アセットマネジメントの
当初目標は達成.

津田尚胤，貝戸清之，青木一也，小林潔司：橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定，土木学会論文集，No.801/I-73，pp.69-82，2005.10
小濱健吾，岡田貢一，貝戸清之，小林潔司：劣化ハザード率評価とベンチマーキング，土木学会論文集A，Vol.64，No.4，pp.857-874，2008.11

統計的劣化予測とAI

事象A

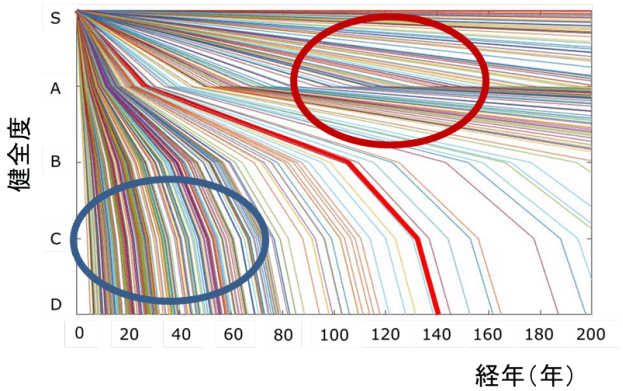
経年劣化事象
時間とともにある程度
発現・進行

例）塗膜劣化，RC床版ひび割れ
マルコフ劣化ハザードモデル

非経年
劣化事象
稀に発現・進行

説明可
メカニズム解明
発現頻度確率
＋発現後の劣化予測
例）疲労き裂
ポアソン＋マルコフ
（拡張マルコフモデル）

説明不可
モデル化困難
（劣化予測ではない）
異常検知
例）斜面・法面



●マルコフ劣化ハザードモデルの失敗事例
平均的な劣化曲線（赤実践）と
合致する実データが存在しない

アセット
マネジメント
人工公物

経験に基づく
的を絞った点検
＋
その点検データによる
劣化予測

悉皆点検
＋
そのデータによる
異常検知
AI

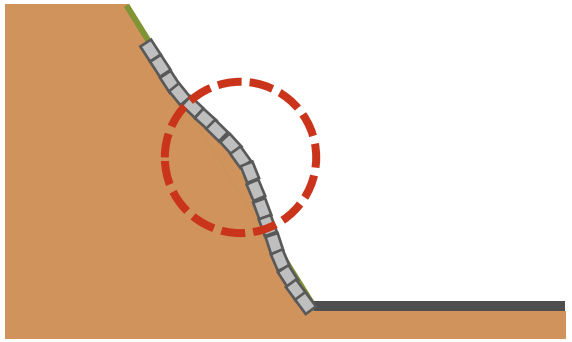
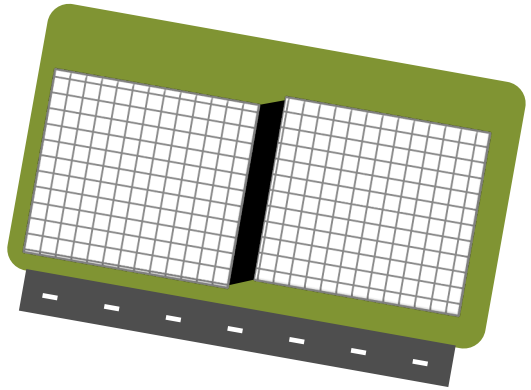
リスク
マネジメント
自然公物

点群深層学習を用いた斜面における異常検知システムの体系化

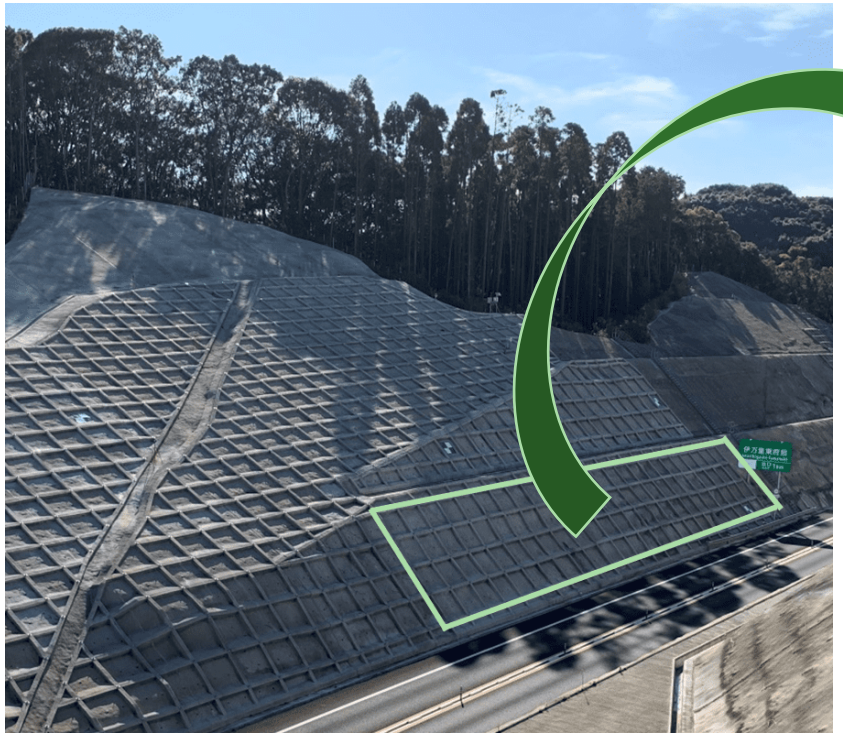
（ミクロ・メゾスケール変状検知手法の開発）

研究背景・目的

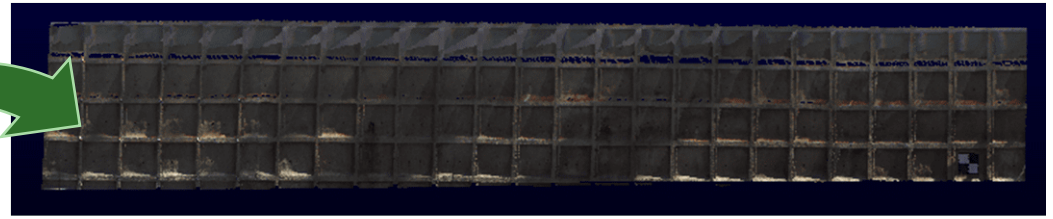
点群データを用いたミクロスケール（法枠）の異常検知手法が未確立であった.

ミクロスケール （法枠はらみ出し）	メゾスケール （法面のずれ）	マクロスケール （斜面崩壊）
		
?	差分解析等	衛星SR等

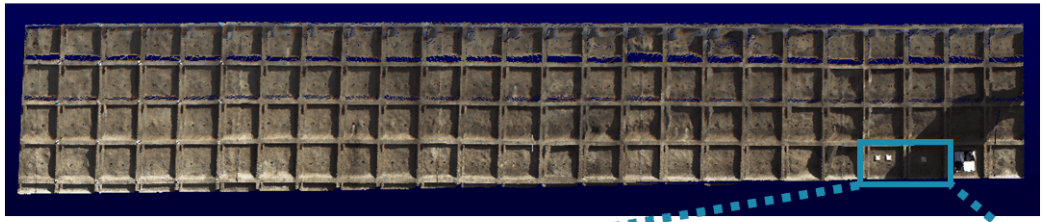
長大法面と，MMSによる点群計測



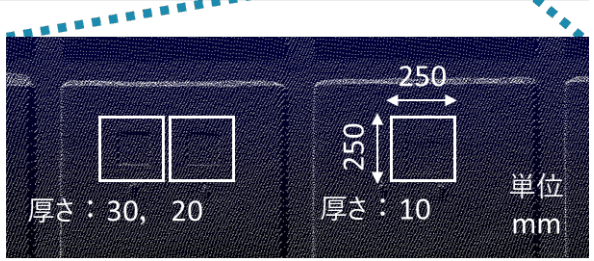
1期点群データ



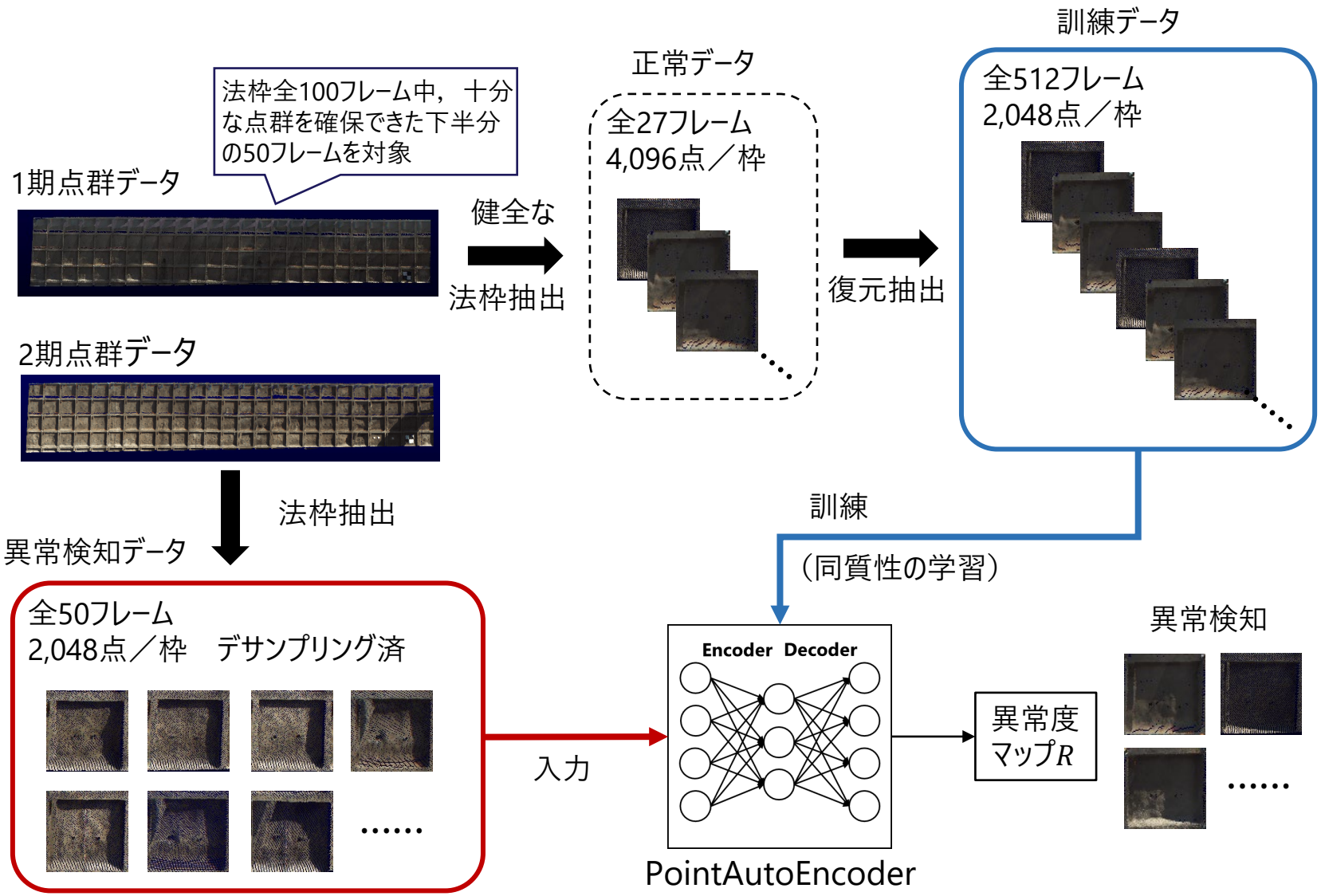
2期点群データ



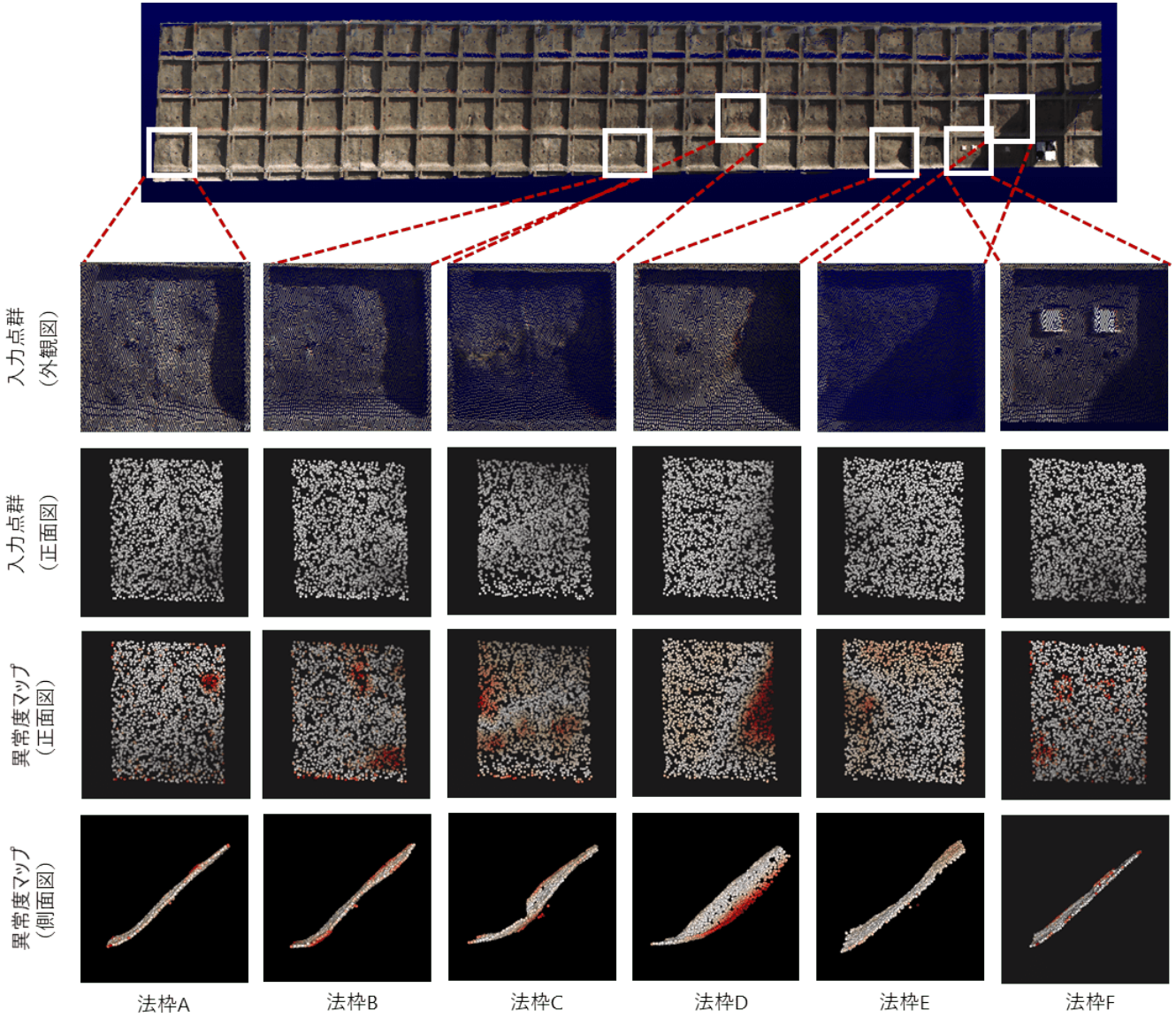
2期点群データに関しては，
検知可能性検証のために，
厚さの異なるはらみ出しを
右のように3箇所に設置した．



同質性の点群深層学習と異常検知のスキーム



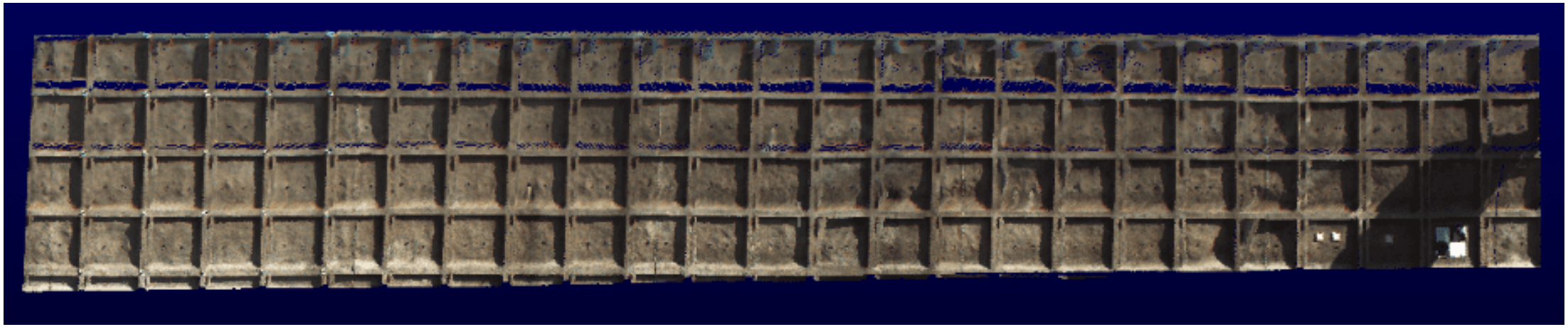
法枠単位での異常検知結果



法枠
A：特定箇所隆起
B：特定箇所隆起
C：ひずみ
D：右部ねじれ
E：ひずみ
F：中心部はらみ
（疑似的付与）

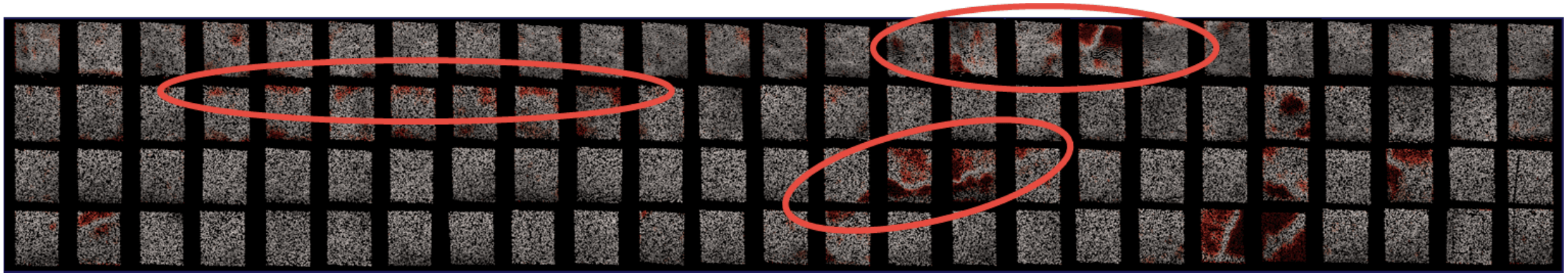
法枠異常の空間集積性

◆ 点群データ（法面全体）



◆ 異常度マップ（法面全体）

※ 異常度に対し，カラースケールを$[0, 0.005]$に統一して全体のマップを比較



航空LP 点群データを用いた
危険斜面スクリーニングの高度化

（マクロスケール変状検知手法の開発）

研究背景・目的

斜面崩壊の危険のある渓流の抽出が不可欠

宮崎県耳川
（2005年）

出典：国交省・近畿地整『「大規模な土砂災害」への備えに』

既往研究

構造化データ
に整理された特徴量を用いた統計分析

	x_1	x_2
1		
2		
3		
4		

課題

空間的位置情報が考慮されていない

本研究

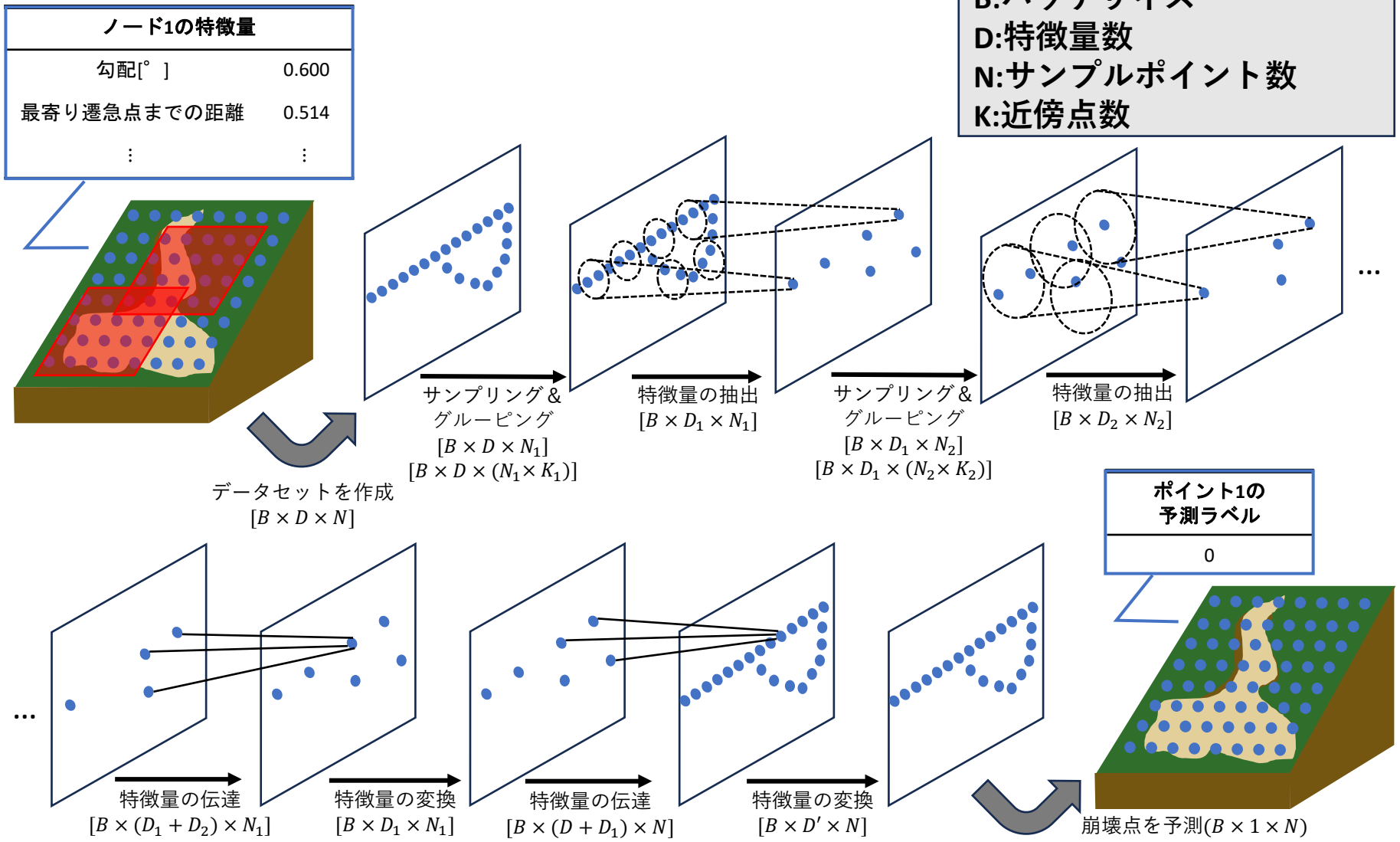
航空LP点群データ
を用いた調査優先順位の決定

斜面を構成する点単位の情報による
ミクロな斜面崩壊予測モデルを構築

モデルの概要

◆ネットワーク構成

B,D,N,Kは各次元の数を表す
B:バッチサイズ
D:特徴量数
N:サンプルポイント数
K:近傍点数



データの詳細

- H30年7月豪雨土砂災害LP点群

  広島県山陽道・呉道のデータ：81渓流

  斜面崩壊が発生したデータ：61渓流

  各渓流が含む崩壊・非崩壊メッシュ数は不均衡

  - 各渓流に対して崩壊メッシュを優先抽出し，モデルの学習を進める

- 用いた特徴量：計16個

特徴量
勾配[°]（災害前）
最寄り遷急点までの距離[m]
集水面積（ArcGISにより算出）[m^2]
災害前DEMデータ標高値[m]
縦断曲率（窓領域x=3, 5, 11, 31, 51[m])
横断曲率（窓領域x=3, 5, 11, 31, 51[m])
座標値 (x, y)[m]

- 訓練データ　：45渓流
  検証データ　：6渓流　を使用
  テストデータ：6渓流

※ 検証データ　：モデルの訓練に使用しないデータ
ハイパーパラメータの調整に使用

※ テストデータ：モデルの訓練に使用しないデータ
汎化性能(見たことのないデータに対する性能)の算出に使用

分析結果

◆ テストデータにおける解析結果(崩壊データ周辺を優先抽出)

渓流A(s13800)
適合率,再現率がともに良い

		予測		再現率
		崩壊	非崩壊	
正解	崩壊	5507	463	92%
	非崩壊	1257	70597	98%
適合率		81%	99%	

$$\text{適合率} = \frac{\text{正解値が崩壊} \cap \text{予測値が崩壊}}{\text{予測値が崩壊}}$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{正解値が崩壊} \cap \text{予測値が崩壊}}{\text{正解値が崩壊}}$$

渓流B(04)
崩壊データの割合が大きく適合率が高い

		予測		再現率
		崩壊	非崩壊	
正解	崩壊	6242	1530	80%
	非崩壊	1213	27879	96%
適合率		84%	94%	

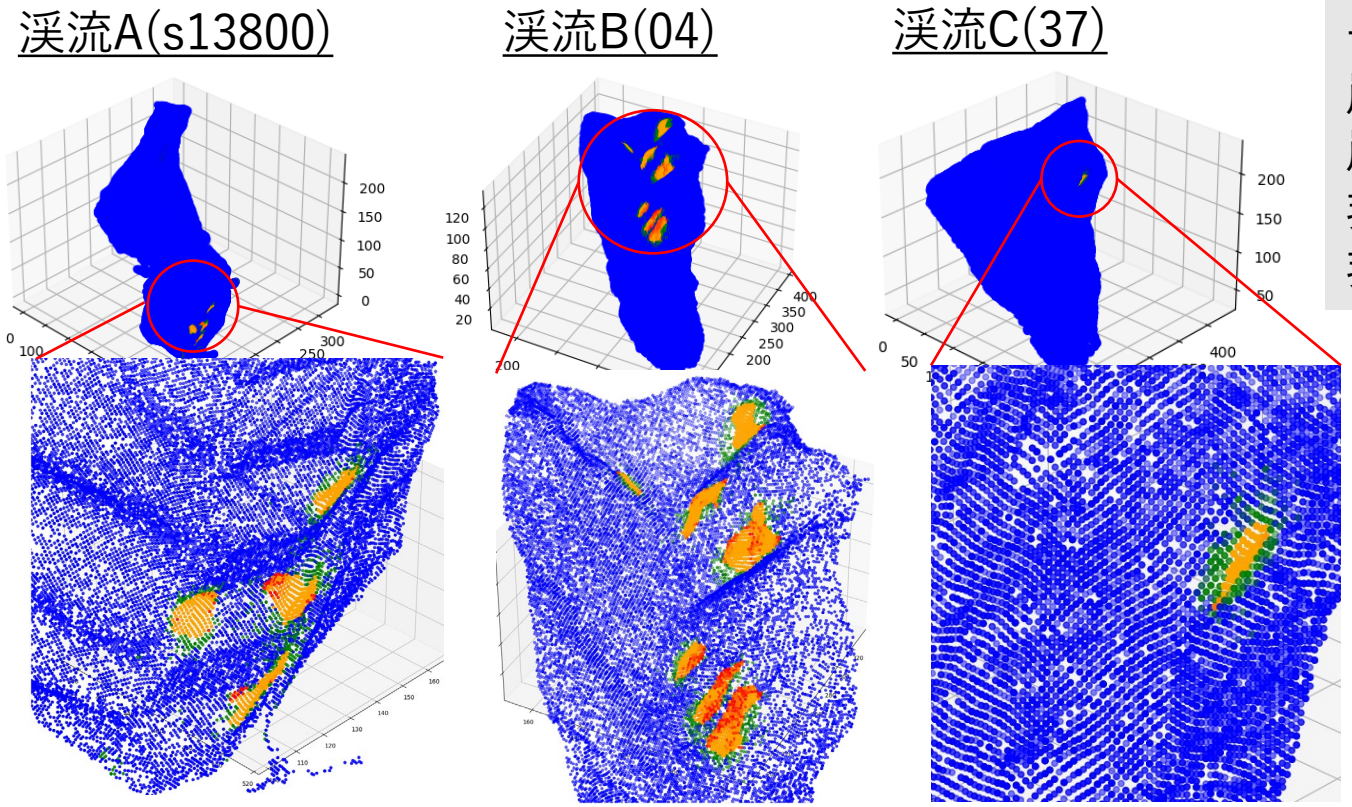
渓流C(37)
崩壊データが非常に少なく適合率が低い

		予測		再現率
		崩壊	非崩壊	
正解	崩壊	620	6	99%
	非崩壊	330	68676	100%
適合率		65%	100%	

- 渓流ごとの崩壊データのバランスによって適合率・再現率にばらつきが発生
- 崩壊：非崩壊の比率→渓流A:1:101，渓流B:1:33，渓流C:1:1921

結果の可視化

◆ Lp点群のプロットにより予測結果を評価



予測→結果	色
崩壊→非崩壊	赤
崩壊→崩壊	黄
非崩壊→崩壊	緑
非崩壊→非崩壊	青

- 崩壊と予測し結果が非崩壊であった点(空振り)は，結果が崩壊である点の周りに集合していることが分かる．
- 非崩壊と予測し結果が崩壊であった点(見逃し)は，結果が崩壊である点の周りに多いが，渓流Bでは崩壊点群の内側にも見受けられる．

ご清聴，ありがとうございました