

**地上据置型レーザスキャナによる
城壁のデジタルドキュメンテーション
Digital Documentation to Historical Wall
using Terrestrial Laser Scanner**

発表者：横山 大

城壁のドキュメンテーション

- ・ 経年変化による劣化
- ・ 地震による倒壊前の補修



現在の状態を詳細に
記録する必要性あり



時代，土地柄
などによって
様々な構築
方法がある

城壁（文化財）

地上据置型レーザスキャナ

広域の三次元データをリアル
タイムに取得可能な機器として
注目される



適用分野：
文化財，地形，プラント施工
現場 他



地上据置型レーザスキャナ

レーザスキャナ計測結果

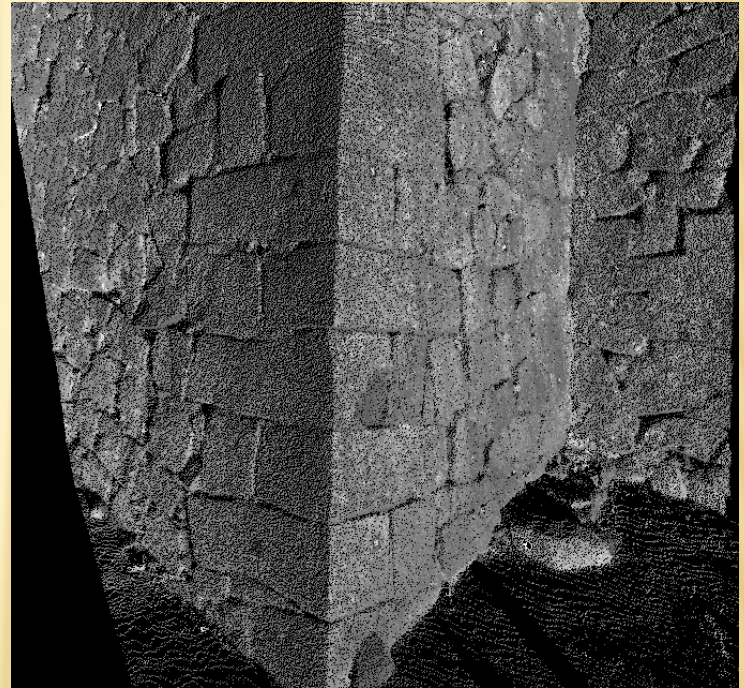
- ・ 三次元点群データ → 距離画像 (距離の違いを表現)
- ・ 受光強度データ → 受光強度画像 (レーザの反射状態を表現)



距離画像
〔レーザスキャナに
近い: 黒〕

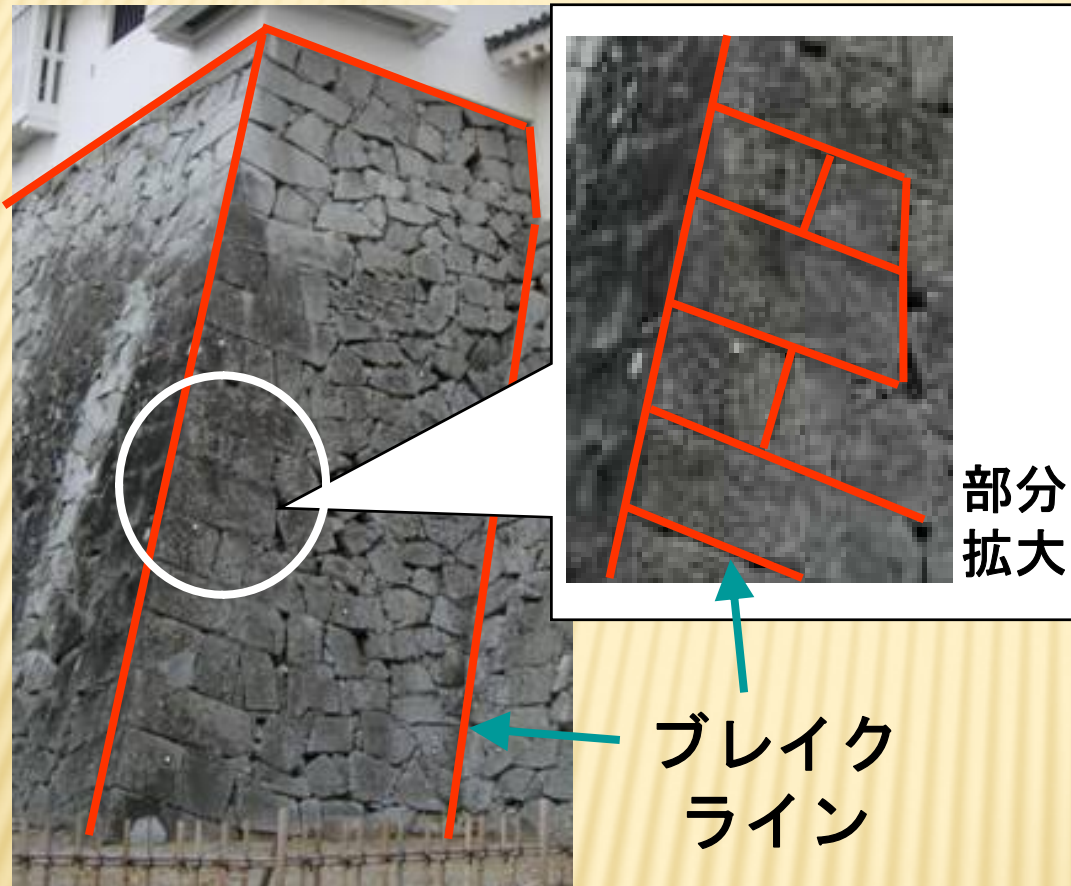


受光強度画像
〔光の反射が
弱い: 黒〕



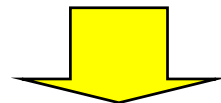
三次元点群データ
の三次元表示

効果的な城壁のドキュメンテーション(記録)



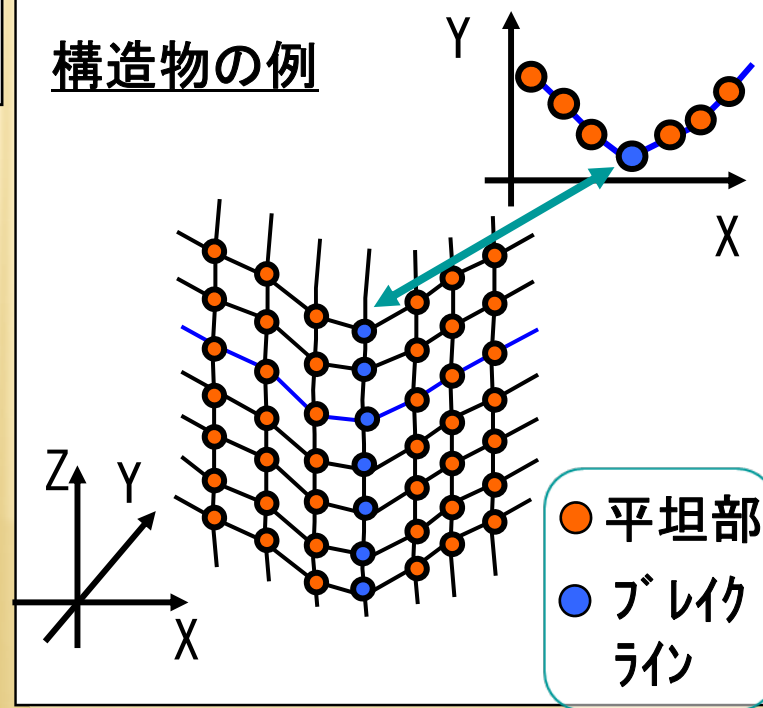
記録対象

ブレイクラインを記録



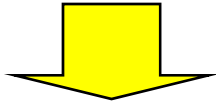
ブレイクライン:
平坦部分と非平坦部分の
境界(稜線, 溝の端部)

構造物の例



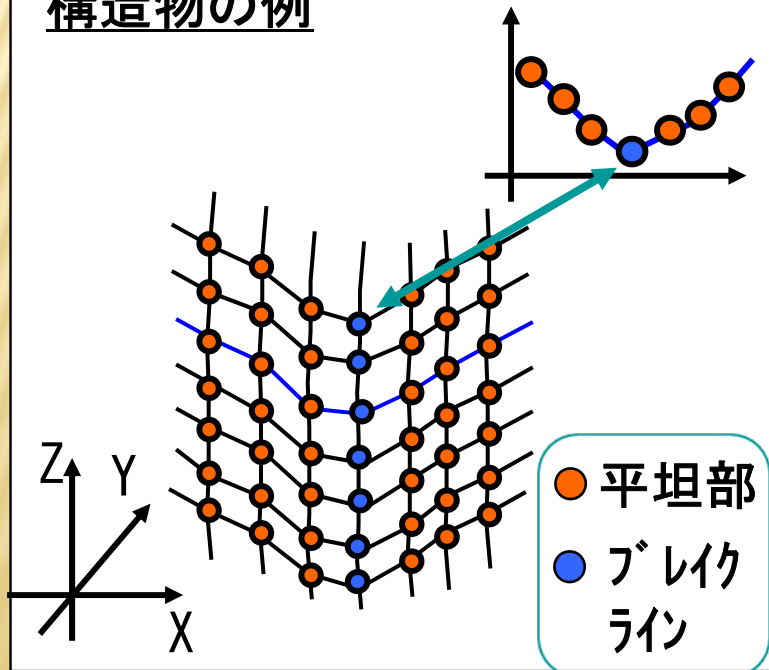
ブレイクライン抽出の基本概念

ブレイクライン

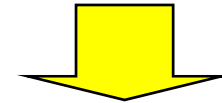


面と面の交差部分など
非平坦部分に存在

構造物の例

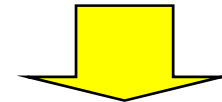


ブレイクラインの抽出

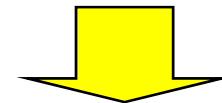


抽出場所：

- ・面と面が交差する
- ・形状が急激に変化する
〔局所的な面の交差部分〕



面の平坦性に着目した
手法を検討

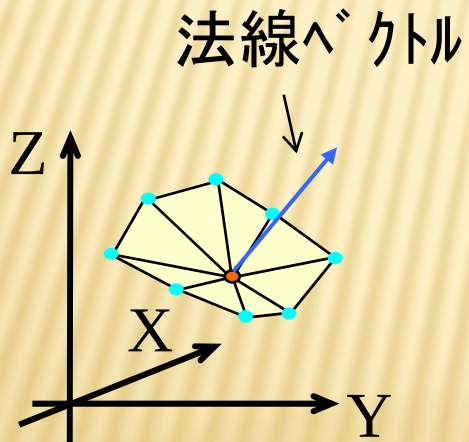


非平坦部分を分類後、
ブレイクラインを抽出

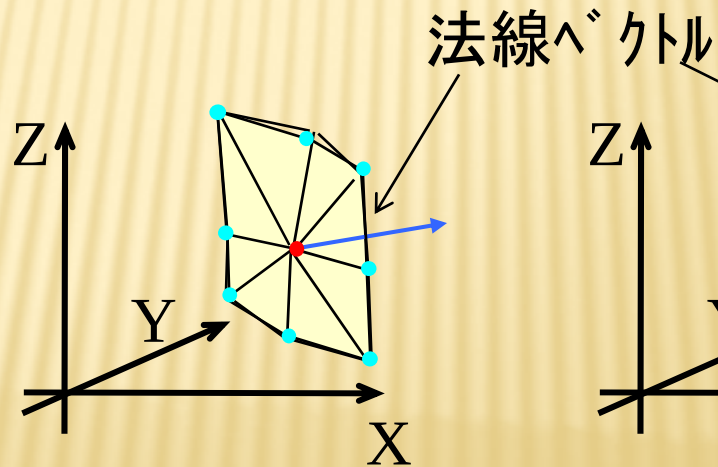
注目点で変わる面の向き



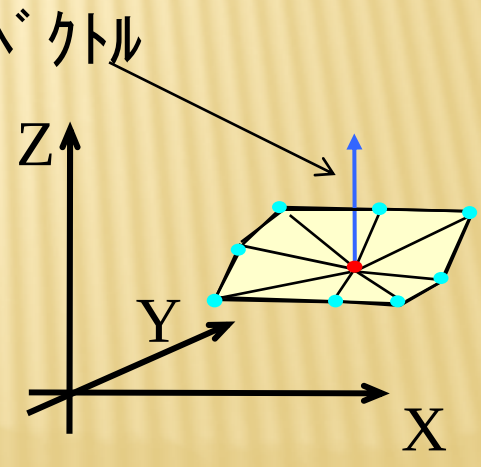
注目点によって
面の向きが異なる



(a) 屋根



(b) 壁
面の向き



(c) 基礎, 階段

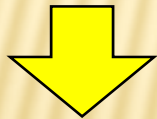
面の平坦性評価方法①

Step1 評価範囲(矩形マスク)の設定

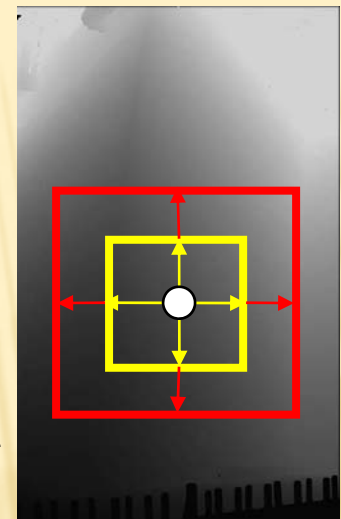
注目点周囲に3×3ドットの
マスクを最初に設定
(距離画像上)



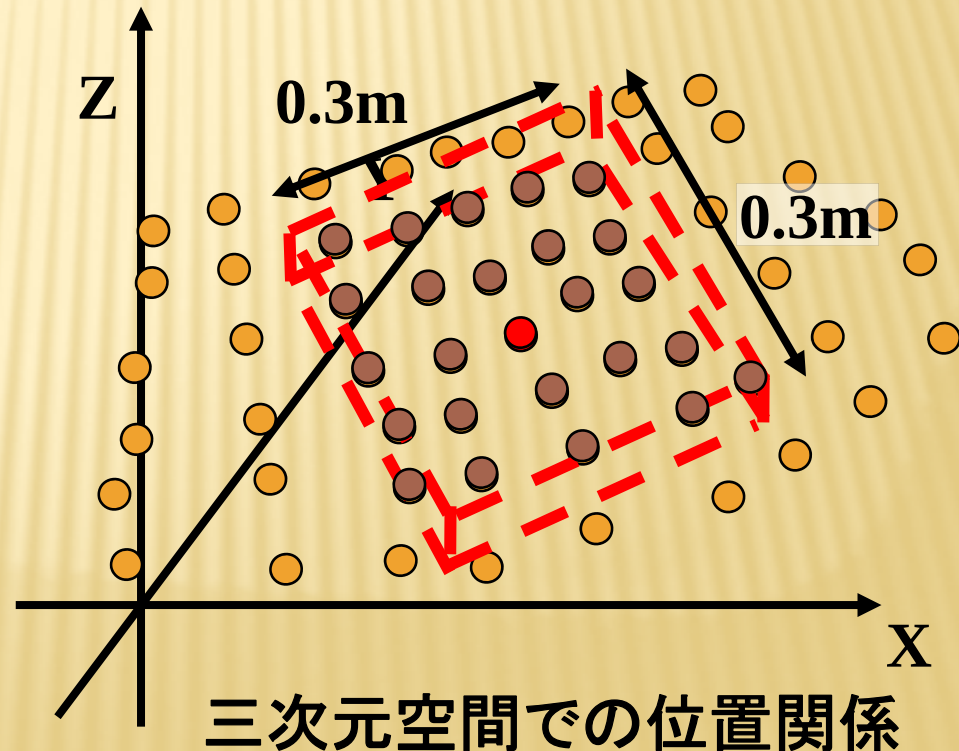
マスクサイズを拡大
〔マスク端部に位置する点の
三次元データ使用〕



平坦性の変化を考慮した
マスクサイズ設定

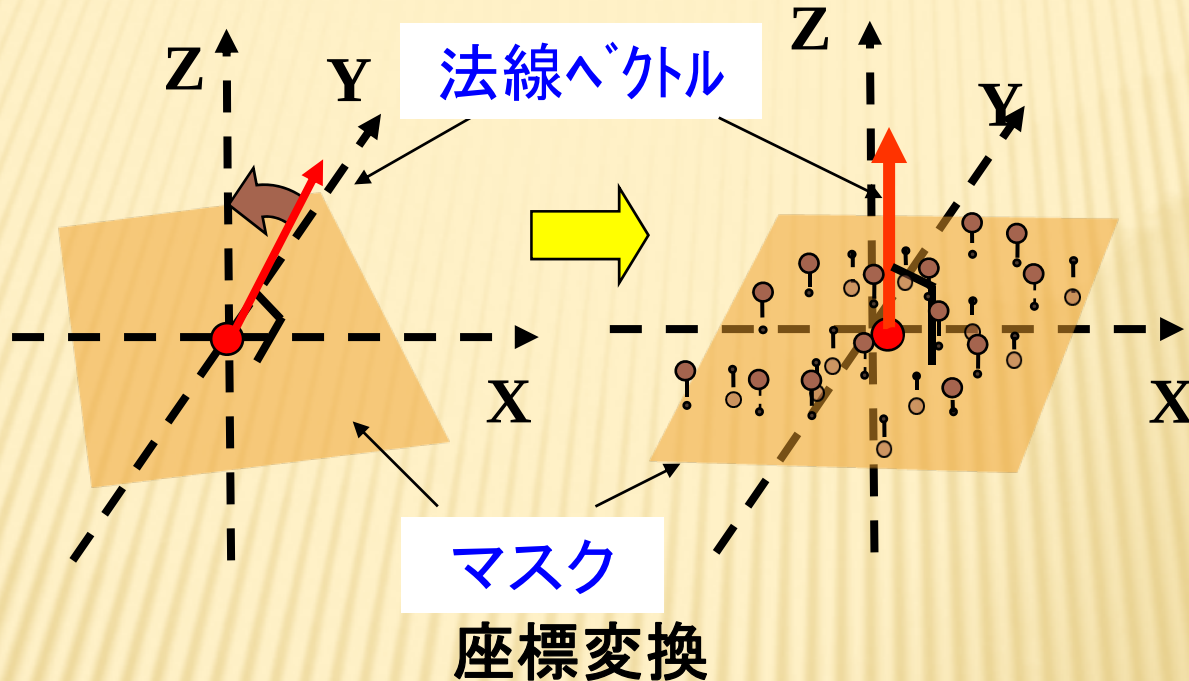


距離画像



面の平坦性評価方法②

Step2 座標変換と平坦度算出



平坦度算出作業：

- ①注目点を中心とした合成法線ベクトルを算出
- ②マスク内全点について座標変換を実施
(合成法線ベクトルとZ軸の向きが一致)
- ③座標変換後のデータから、Z値に関して標準偏差を算出
⇒平坦度と定義

平坦度のしきい値設定

サンプルデータの平坦度に基づいてしきい値を設定

➡ ブレイクラインが含まれる非平坦部分を分類



(a) 舗装道路



(b) 粗い非舗装道路

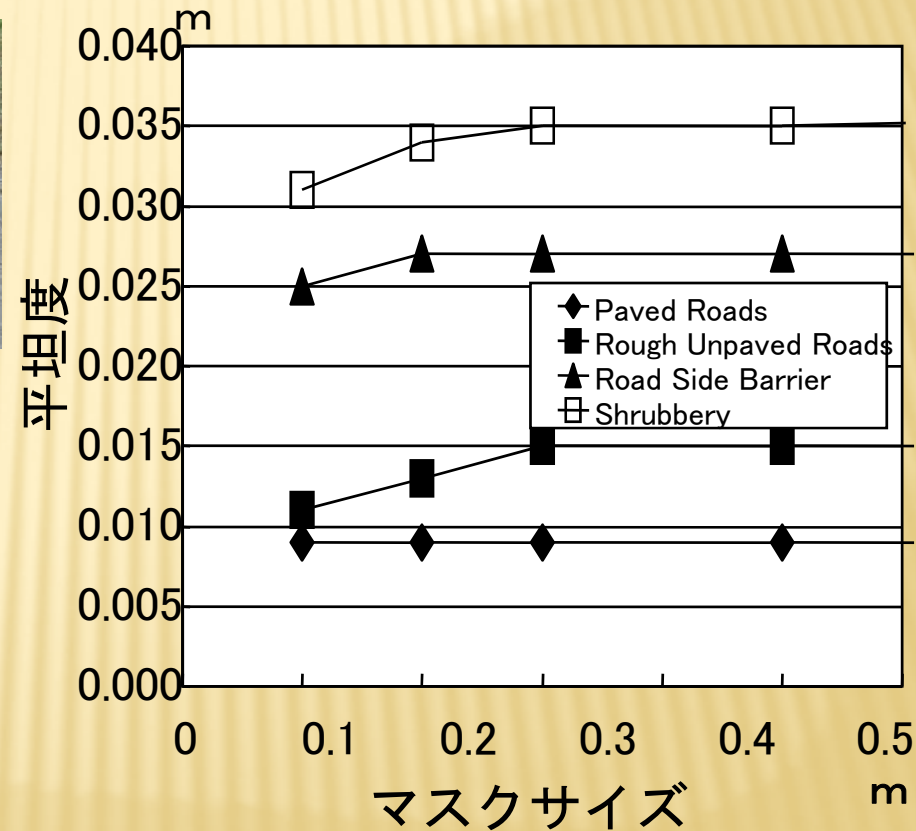


(c) 道路脇護岸



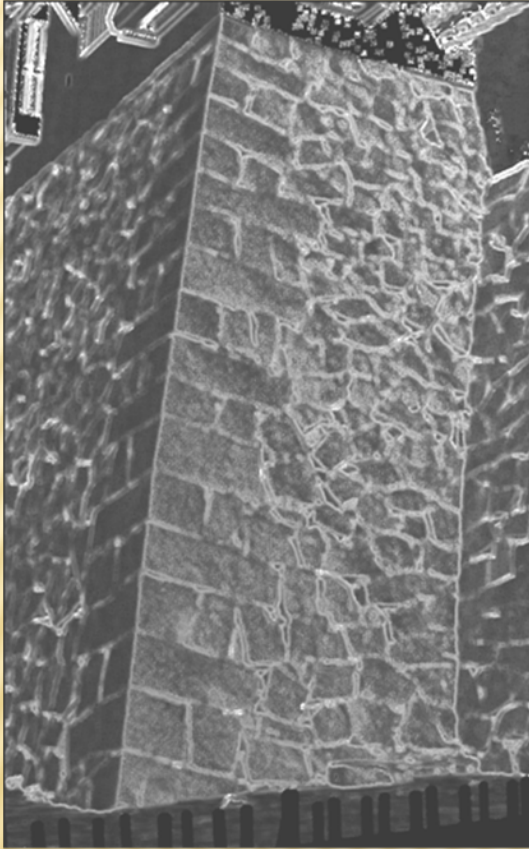
(d) 植込み

サンプルターゲット



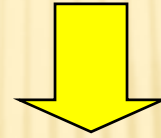
サンプル平坦度データ

しきい値設定の自動化①

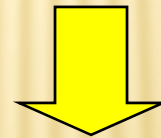


平坦度画像

ブレイクラインが含まれる
非平坦部分の分類



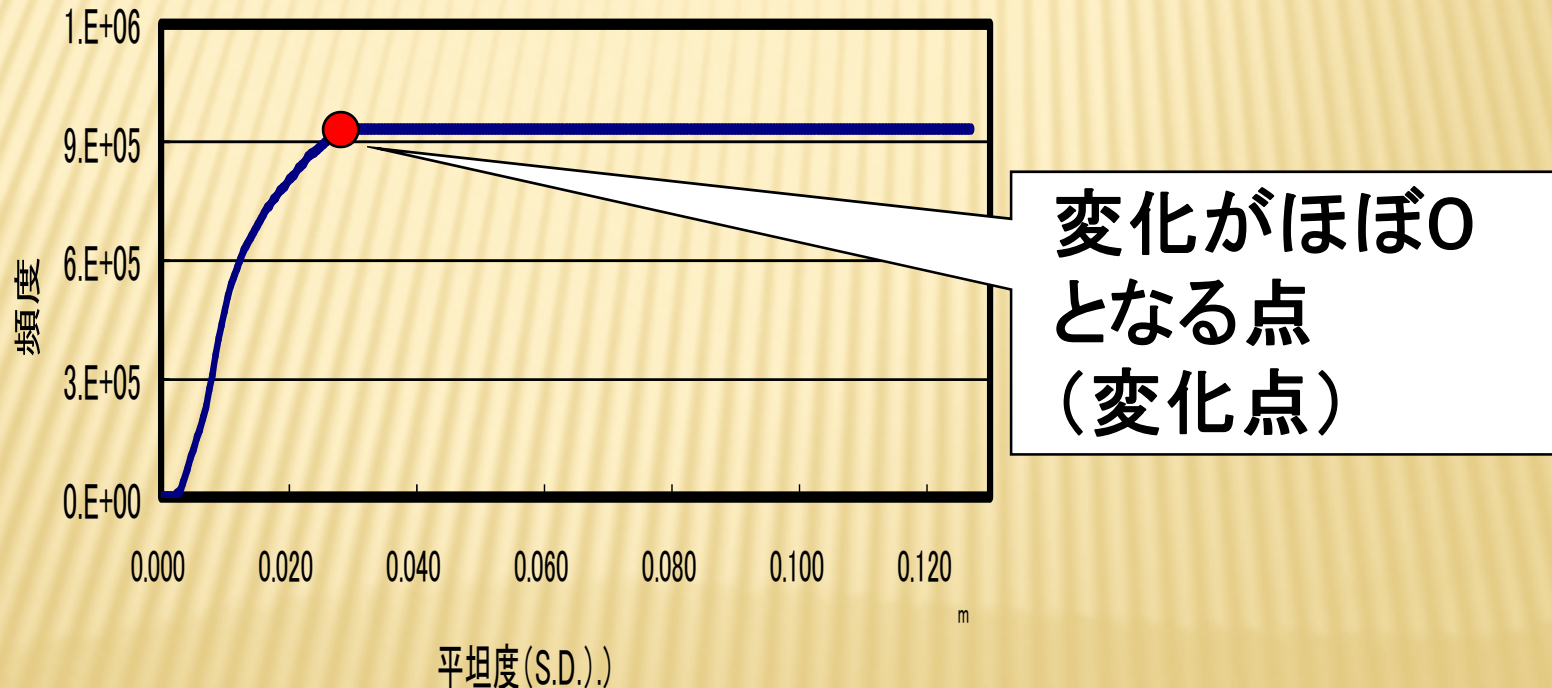
平坦度のヒストグラムを
取得し, 変化を追跡



平坦部分と非平坦部分を分ける
しきい値の自動設定方法を検討

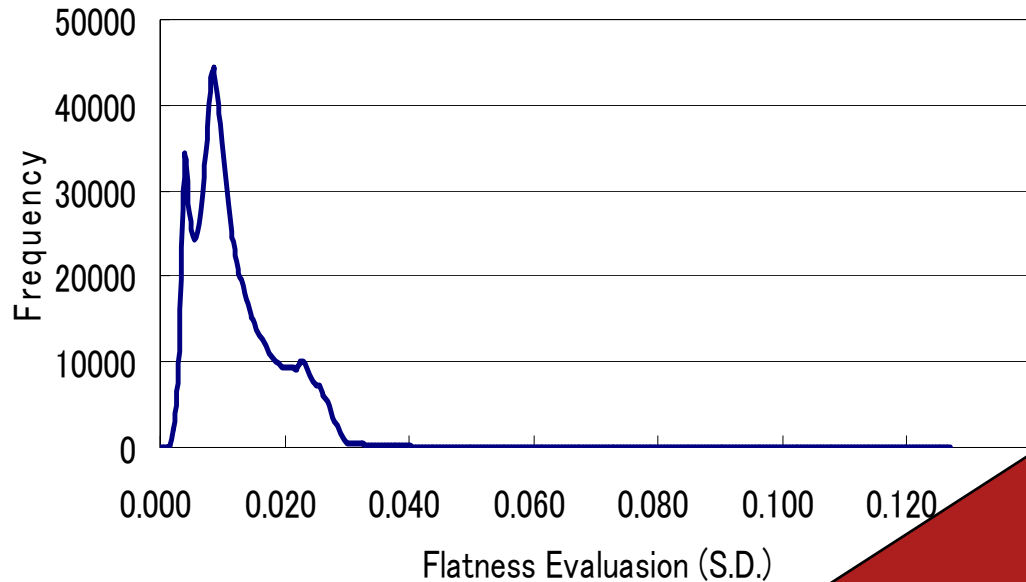
しきい値設定の自動化②

1. 平坦度頻度の積算結果を作成
2. 変化がほぼ0となる平坦度(変化点)を探索
3. 変化点以上の平坦度データを削除
4. 平坦度のヒストグラムを再作成

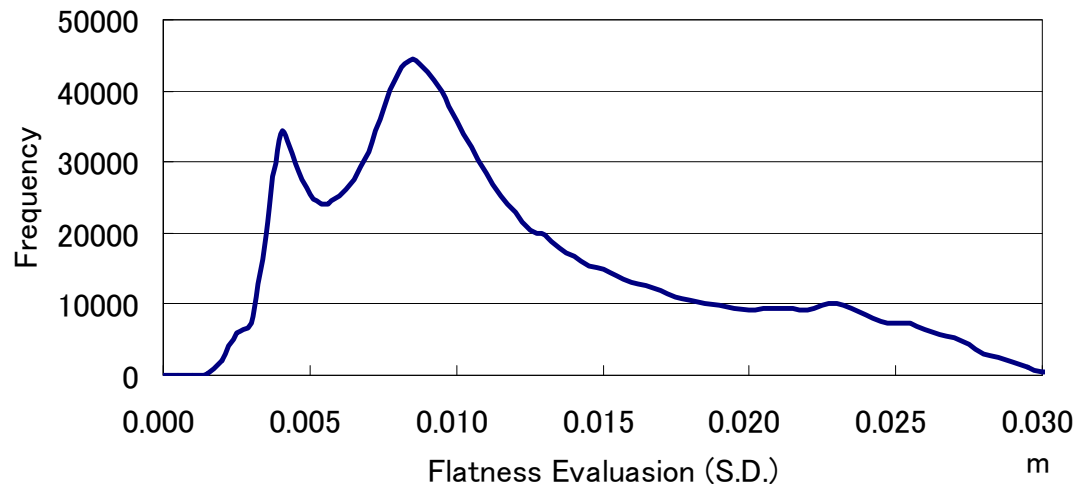


平坦度頻度の積算結果

しきい値設定の自動化③



Flatness Evaluation (S.D.)



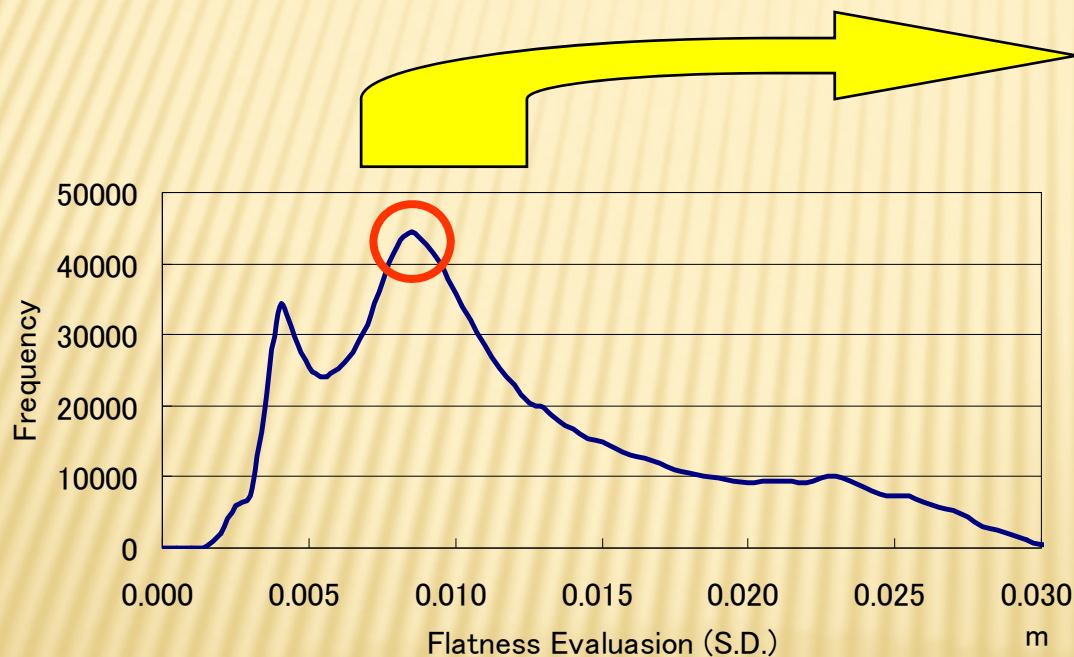
Flatness Evaluation (S.D.)

平坦度ヒストグラムの再作成により、平坦度の変化を明確に検討可能

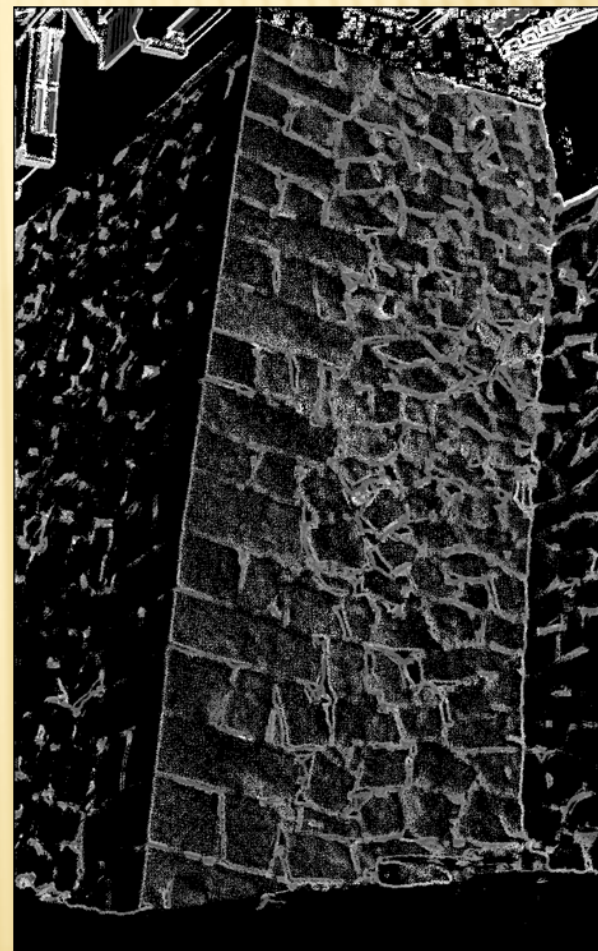
最大頻度をしきい値として採用

平坦性評価結果－しきい値自動設定－

最大頻度をしきい値として
自動設定

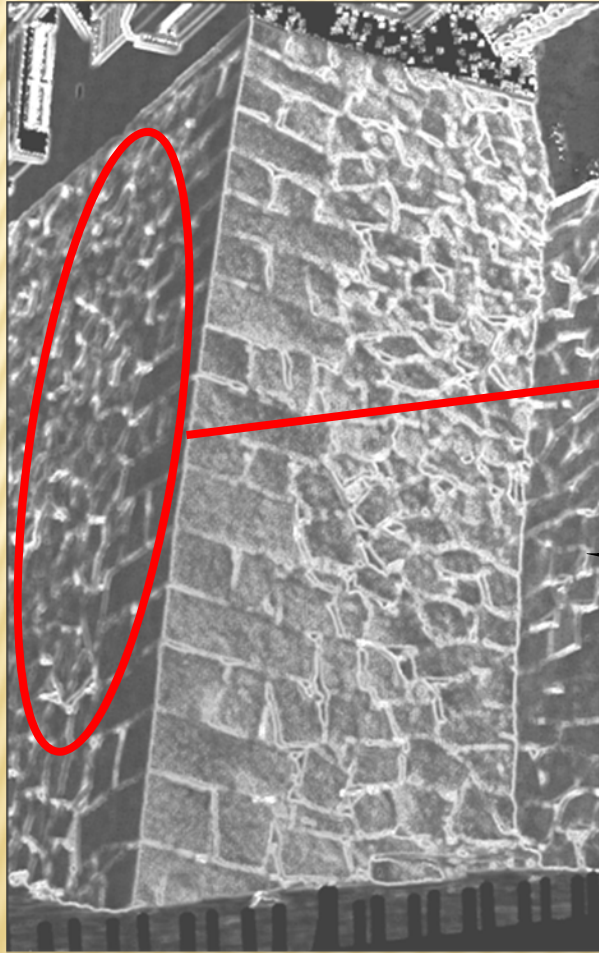


平坦度ヒストグラム



分類結果
(白: 非平坦部分)

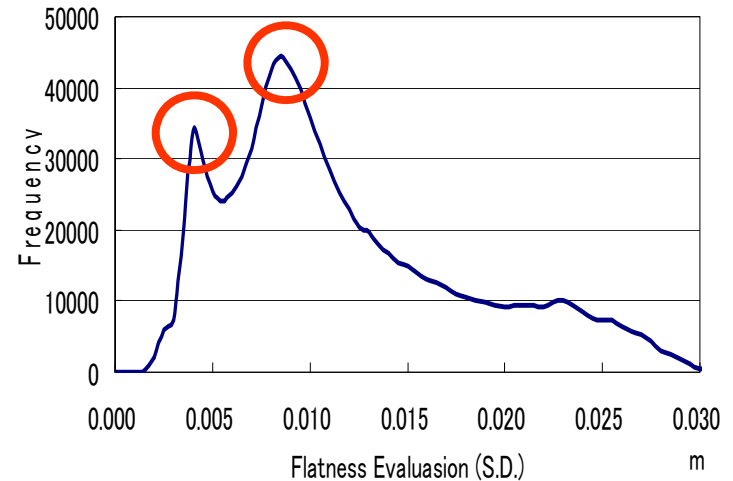
平坦性評価結果—複数しきい値設定の必要性—



平坦度画像

広域の
平坦性
変化に
対応

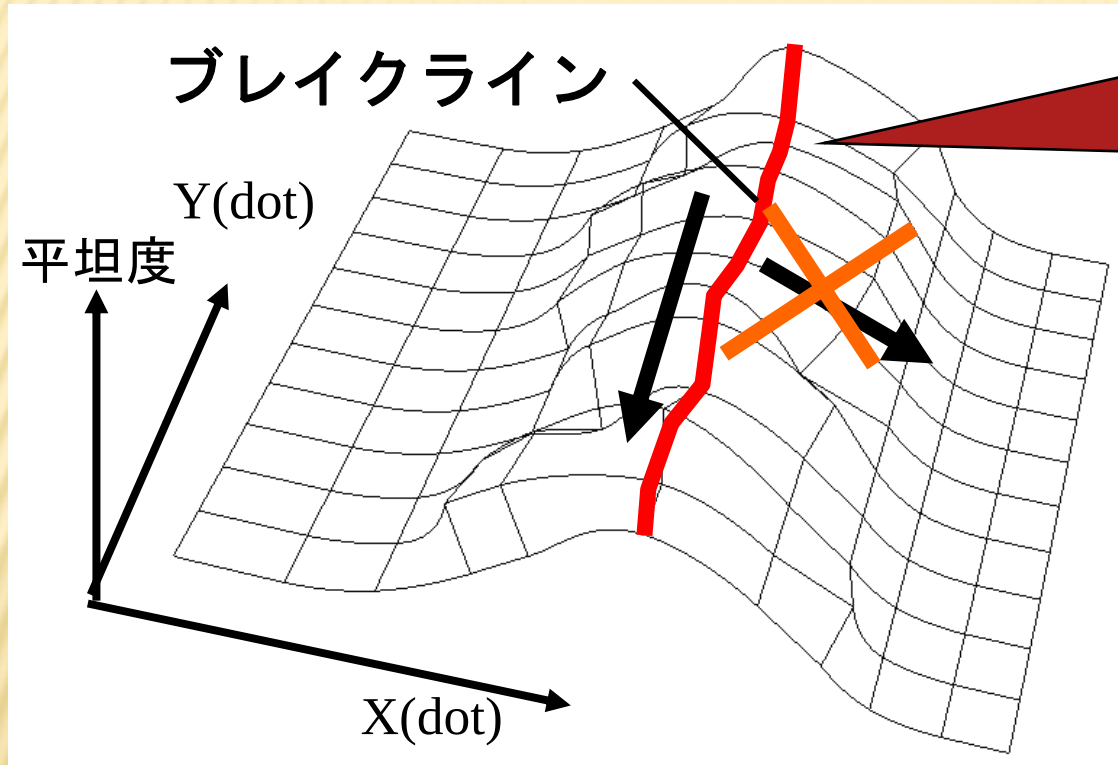
複数
しきい値
設定の
必要性



平坦度ヒストグラム

第二最大頻度を追加
〔 周辺平坦度に比べて
突出していること 〕

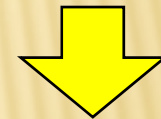
平坦度とブレイクライン



平坦度とブレイクラインの関係

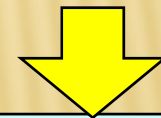
ブレイクラインの特徴

- ①平坦度のピーク値
- ②方向性を持つ



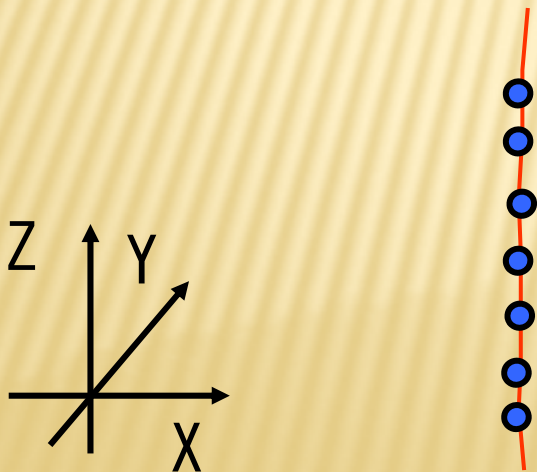
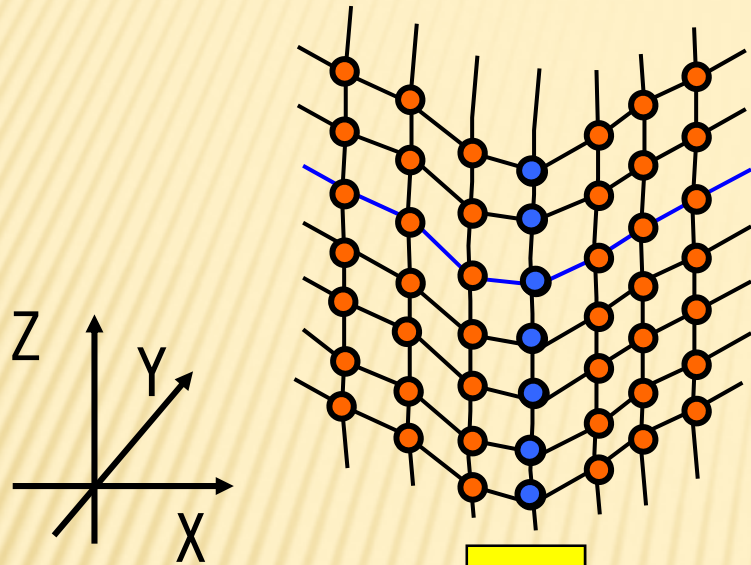
条件：

- ①平坦度のピーク値
- ②隣接する点もピーク値

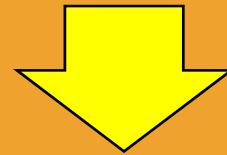


2つの条件を満たす点をブレイクラインとして抽出

点群データ内のブレイクライン

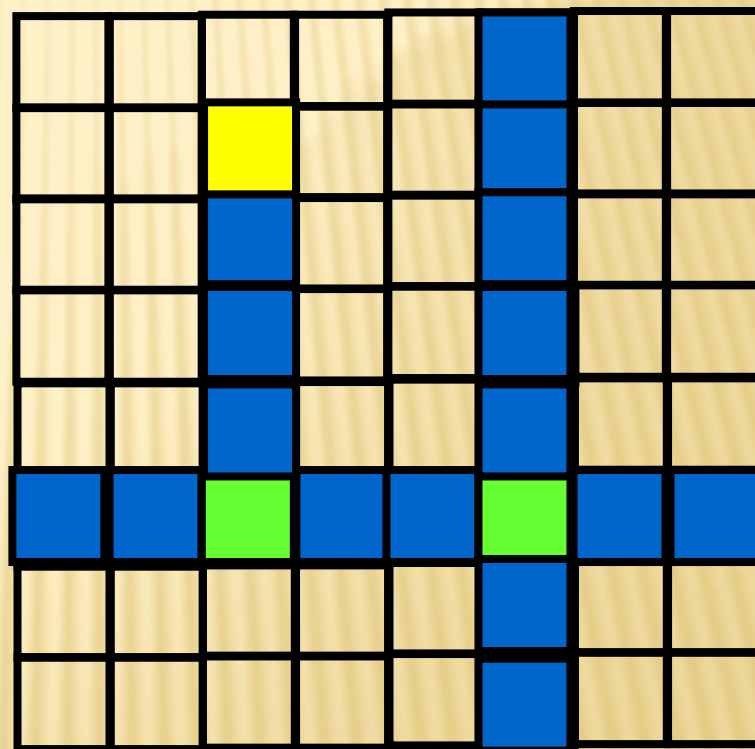
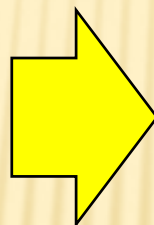
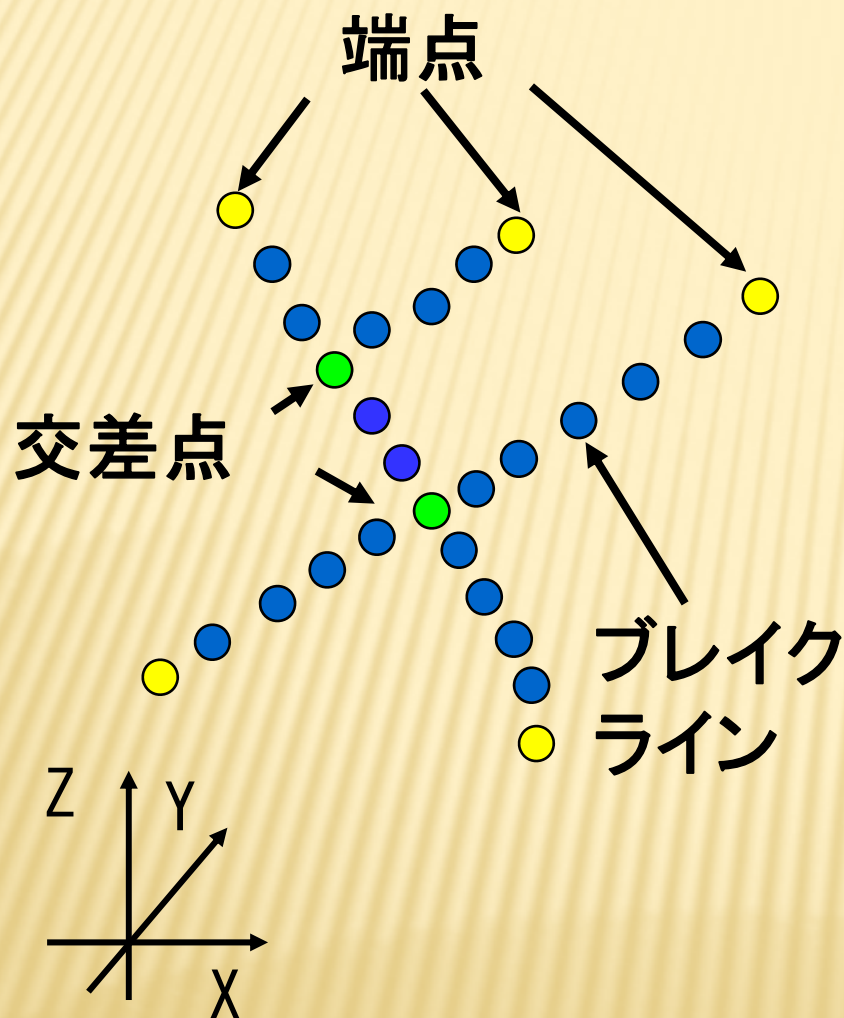


ブレイクラインを構成
する全ての点の結合



巨大なデータサイズと
なるため、効率的な
CADデータ作成方法
の検討が必要

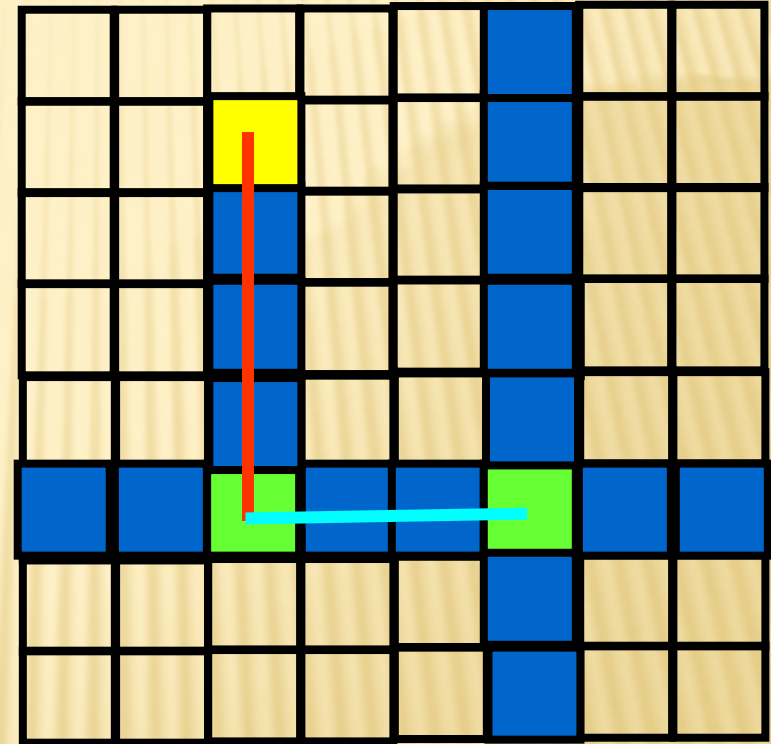
ブレイクラインのCADデータ作成方針



二次元配列構造
(各点：三次元データ)

CADデータ作成

1. ブレイクラインを特徴点で分割
2. 分割されたブレイクラインをラベリング
3. 同一ラベルに隣接する特徴点を検出
4. 検出された点を結び、CADデータの線として記録

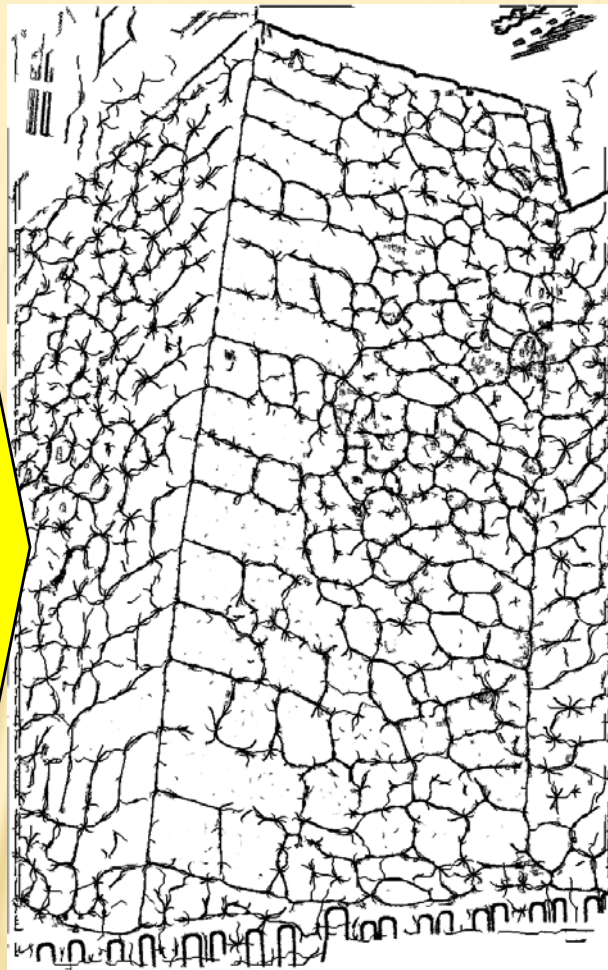


二次元配列構造
(各点：三次元データ)

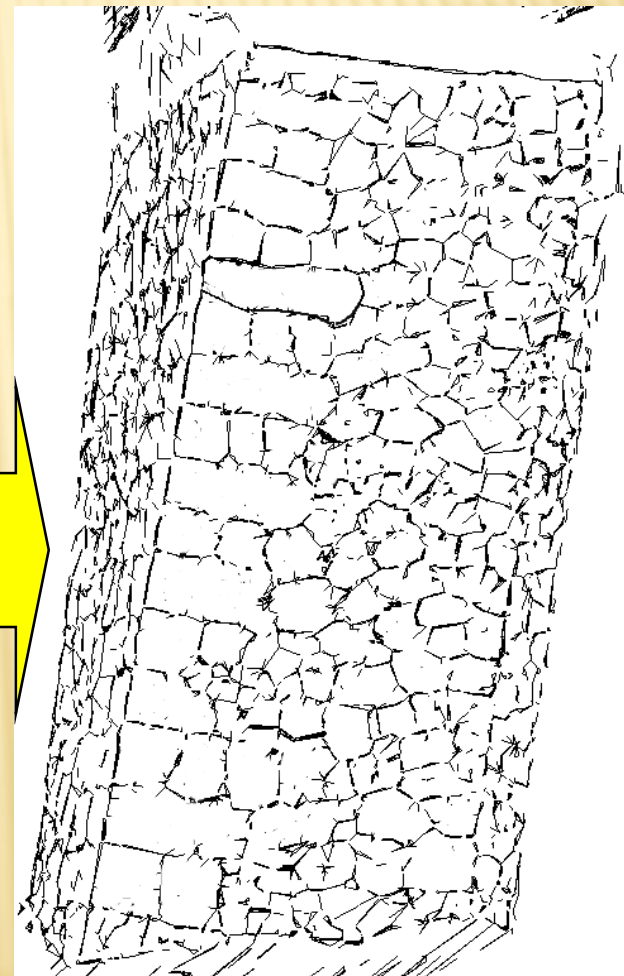
CADデータ作成結果



三次元点群データ
(距離画像)



三次元点群データ
(ブレイクライン)



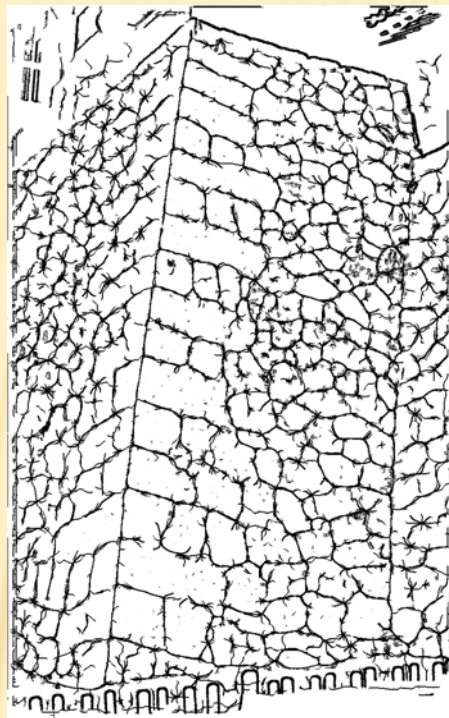
CADデータ
(ブレイクライン)

結果

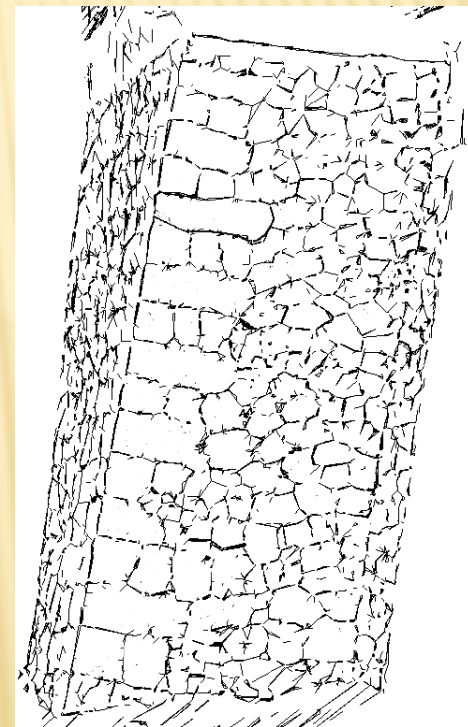
データ
形態



三次元点群データ
(距離画像)



三次元点群データ
(ブレイクライン)



CADデータ
(ブレイクライン)

データ
サイズ

40MB

3MB

1MB

まとめ

- ・面の平坦性評価を用いたブレイクライン抽出方法を検討
- ・効率的なブレイクラインの自動抽出およびCADデータの自動作成が実現

今後の課題

- ・ブレイクライン抽出能力の強化
- ・他対象(家屋, 地形等)への適用
- ・多目的(複数計測結果統合)への応用



END