(一財)日本建設情報総合センター研究助成　第2022-6号

点群データを活用した鋼製橋脚のFEMモデル自動構築および解析結果の検証

名古屋工業大学
日高　菜緒

研究背景：既設橋梁の長寿命化

戦後の高度成長期に建造した
膨大な橋梁が老朽化

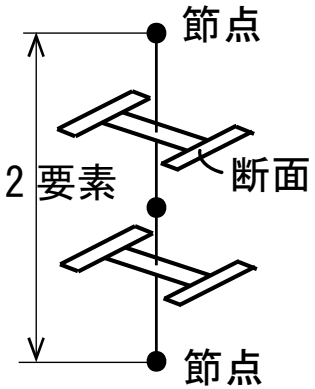
×更新時期を迎える橋梁すべてを建て替える

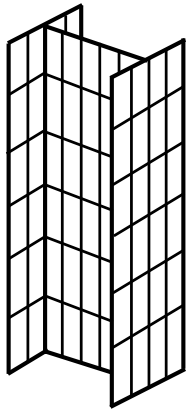
〇維持補修の優先順位付け

〇壊れる前の予防保全

既設橋梁の長寿命化による戦略的な更新が求められる

数値解析による残存耐荷力の定量的評価





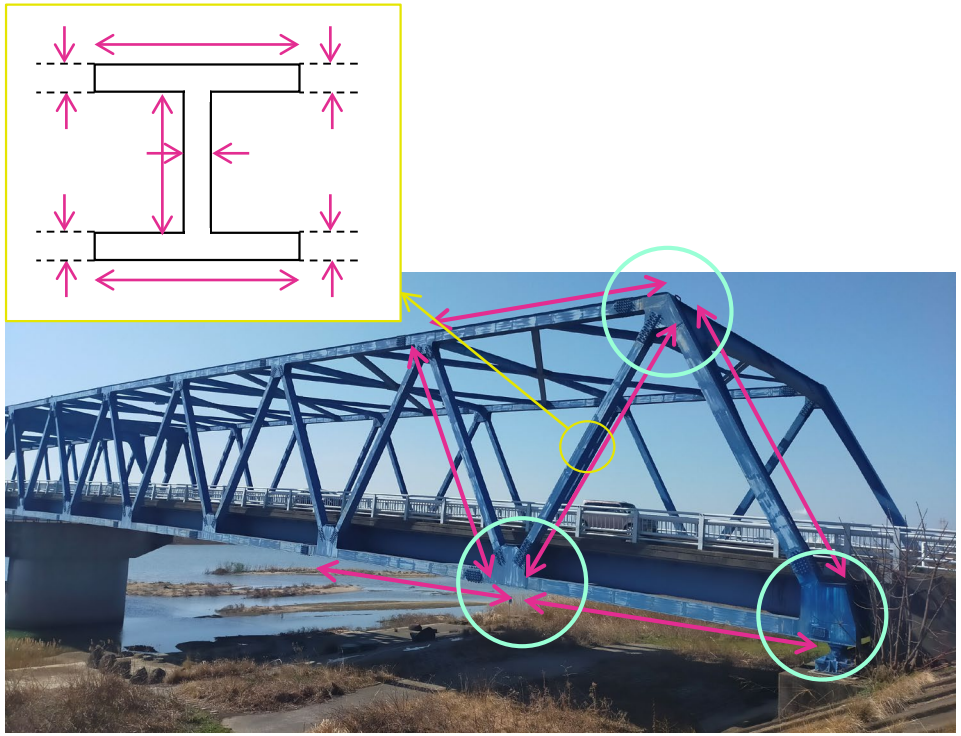
鋼橋の耐荷力算出においてのFEMモデルは

局部座屈が支配的　No→ファイバーモデル
Yes→シェルモデル

が合理的である

研究背景：橋梁のFEMモデルの生成方法

FEMモデルを構築するにあたり必要な情報
　部材寸法　材料　境界条件　など



しかし，古い橋梁の場合以下の問題がある

- 竣工図面が残されていない
- 橋梁の状況が建設時から変化している
（腐食による部材断面の欠損や支承の移動等の影響）

更に，古い橋梁に限らず，必ずしも竣工図面通りに製作されていない可能性がある

- 安全側の判断で板厚を増加
- 形鋼をサイズアップ

図面に頼らず，計測等によるFEMモデルの構築が求められるが，部材1つ1つの寸法をノギス，超音波計測などを用いて<u>手動計測</u>することは時間を要する上に計測漏れの恐れがある．

研究目的：点群データを使用した解析モデル生成

そこで本研究では，対象物の3次元形状を効率的に取得できる
点群データに着目する

鉄筋やPC鋼材がコンクリート内部に含まれる
PC橋と異なり，

鋼橋は表面の3次元形状からFEMモデル構築
に必要な部材寸法が取得できると期待される.

本研究の目的

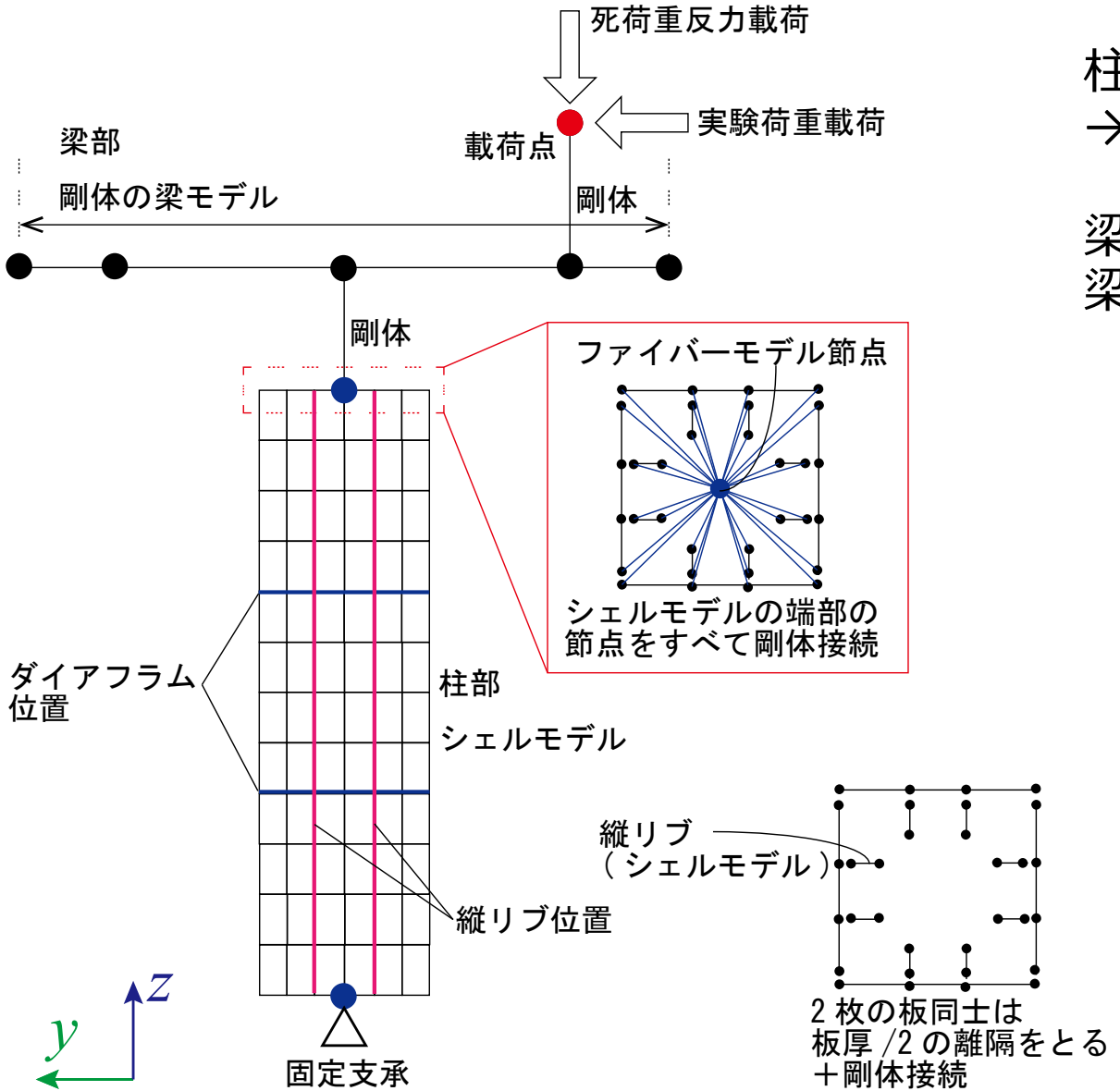
地震時に複雑な挙動が予想される鋼製橋脚を

対象に，点群データから実構造を反映させた

FEMモデルを自動生成する手法を開発

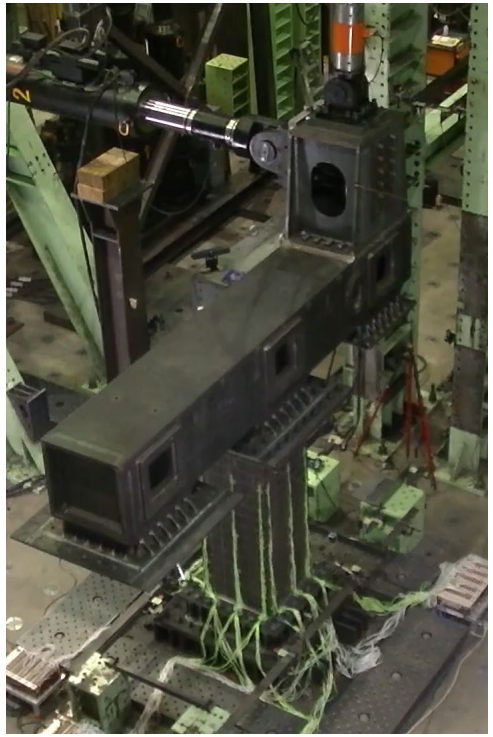
研究目的：鋼製橋脚のFEMモデル

高速道路高架橋の鋼製橋脚を1/5スケールで再現した供試体を対象とする



柱部は中空断面で4枚のパネルで構成
→局部座屈が生じる可能性を考慮し，シェルモデル

梁部は大きく変形しないことが想定されるため，剛体の梁モデル



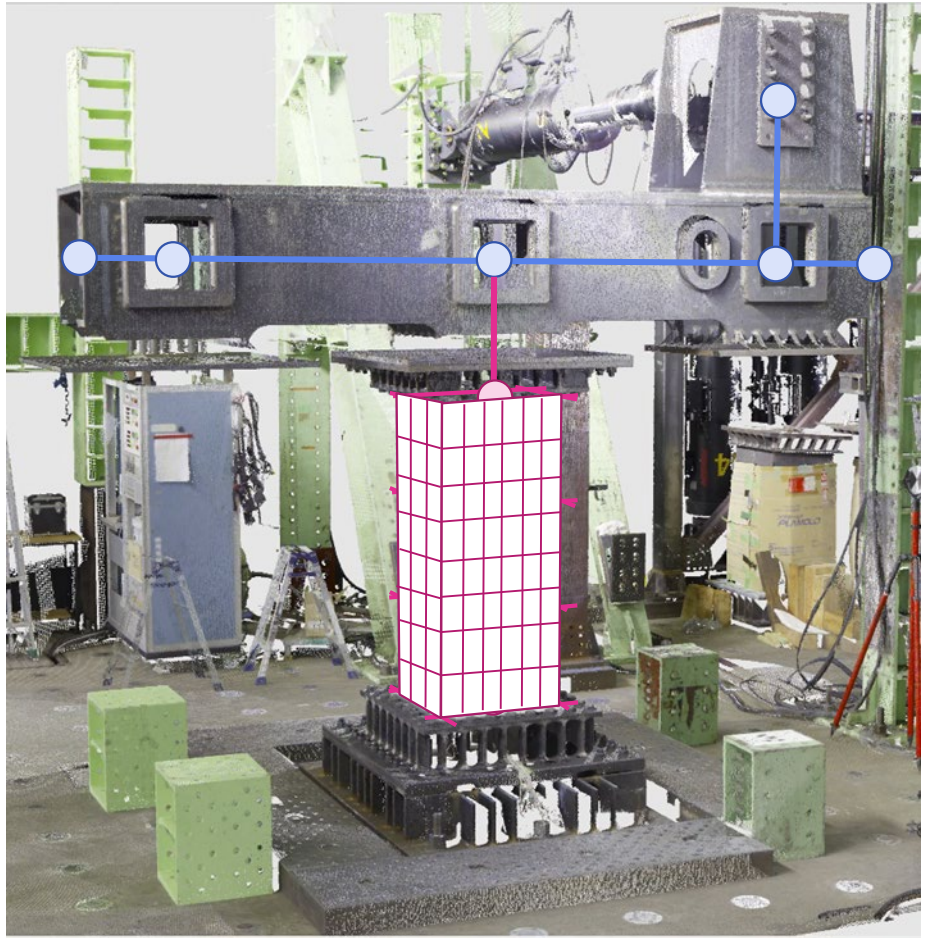
供試体の構造実験

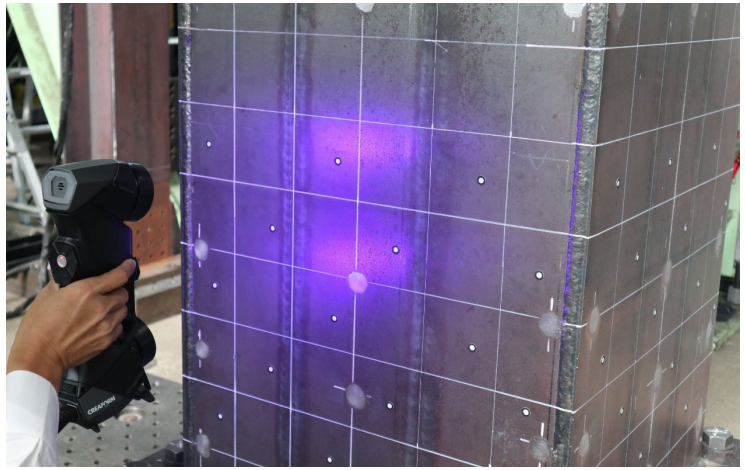
鋼製橋脚の点群データ計測

据え置きレーザー計測

解像度：　6mm@10m
精度　：1.9mm@10m

梁部・載荷点のモデル化に使用





ハンディレーザー計測

解像度：0.025mm@30cm
精度　：0.025mm@30cm

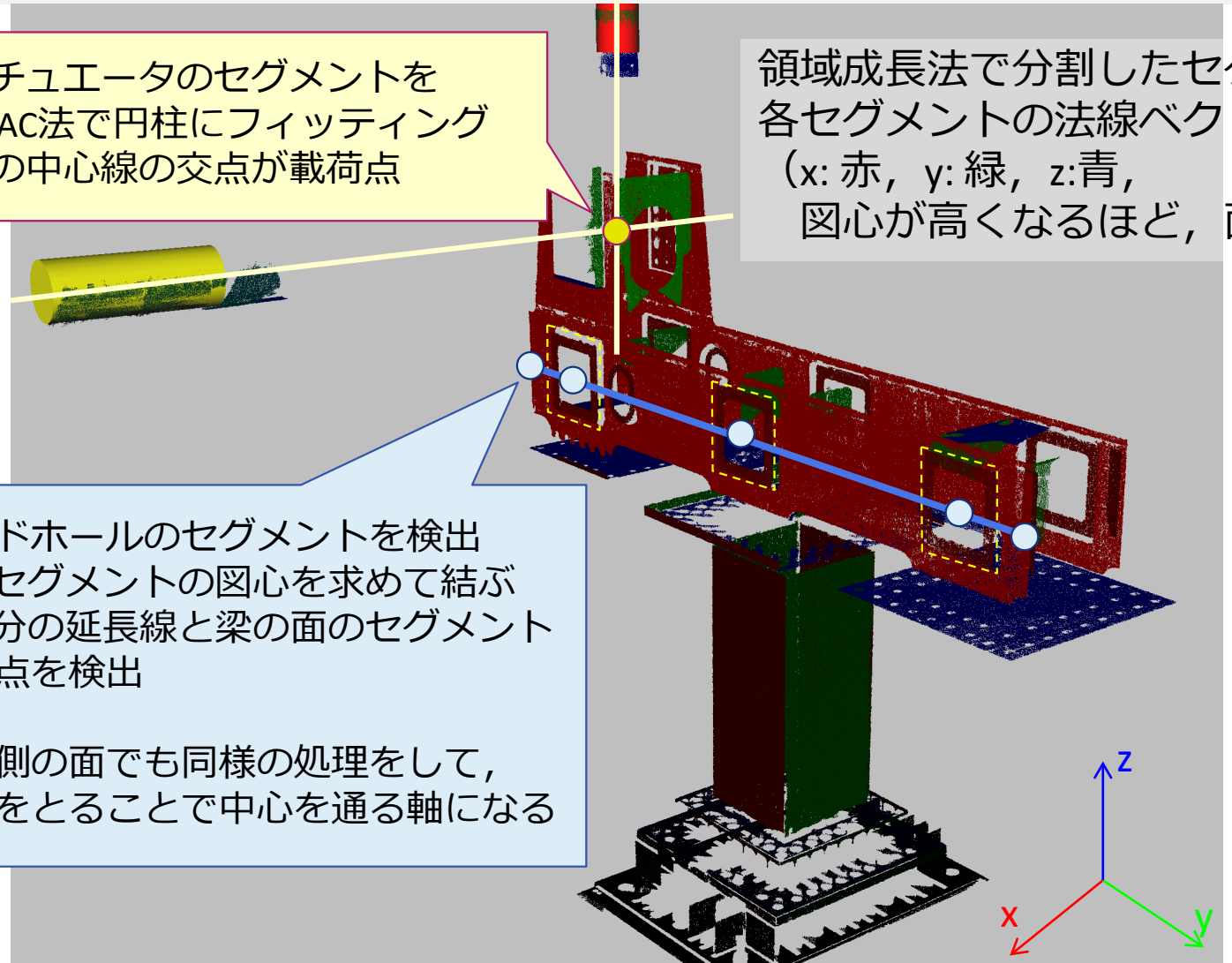
柱部のモデル化に使用

点群データからFEMモデル生成：梁部と載荷点

据え置きレーザースキャナの点群データを領域成長法を用いて面のセグメントに分割
幾何学的特徴量からセグメントの種類を認識し，梁部の骨組みと載荷点を生成

アクチュエータのセグメントを
RANSAC法で円柱にフィッティング
円柱の中心線の交点が載荷点

領域成長法で分割したセグメントを
各セグメントの法線ベクトルの分布と図心の高さ，面積で分類
（x: 赤，y: 緑，z:青，
図心が高くなるほど，面積が大きいほど鮮やかになるよう表示）



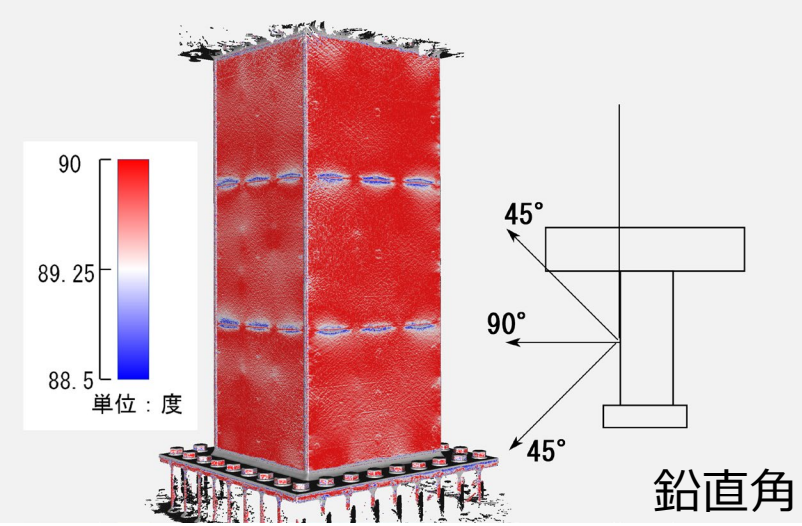
ハンドホールのセグメントを検出
→各セグメントの図心を求めて結ぶ
→線分の延長線と梁の面のセグメント
の交点を検出

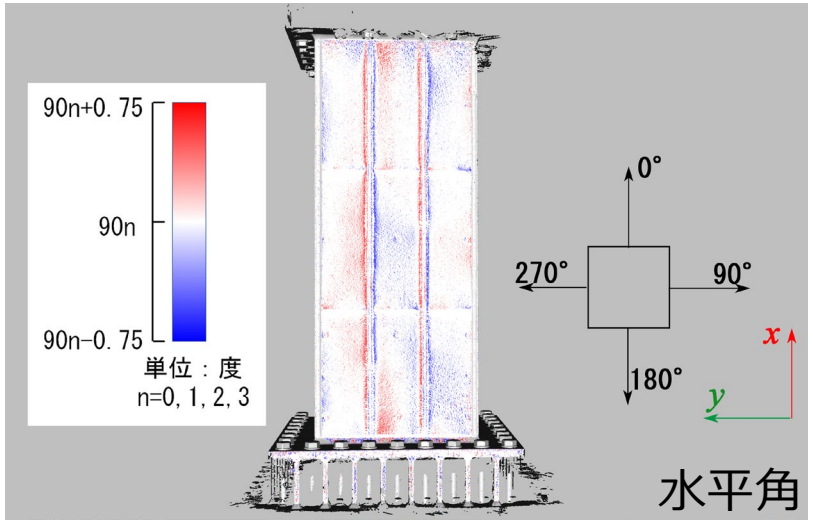
反対側の面でも同様の処理をして，
中点をとることで中心を通る軸になる

点群データからFEMモデル生成：柱部①

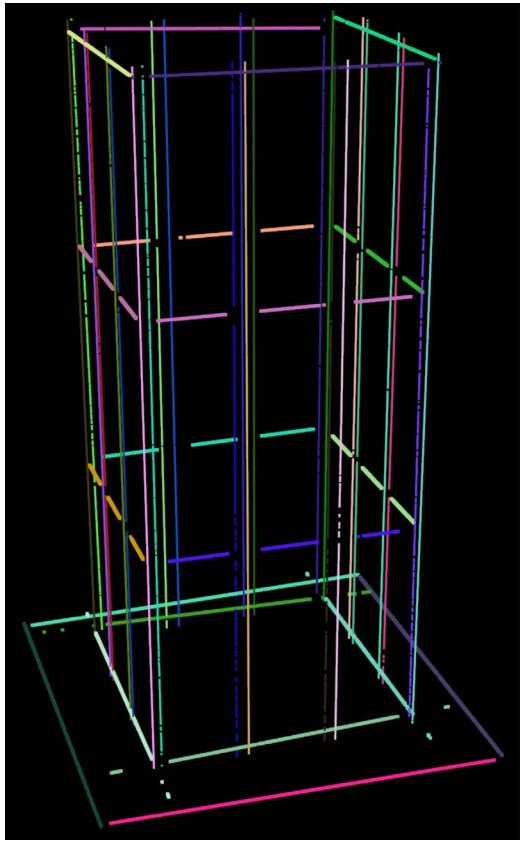
ハンディレーザースキャナの点群データから，溶接線を検出

溶接線を利用して，柱部の骨組みとシェルモデルを生成

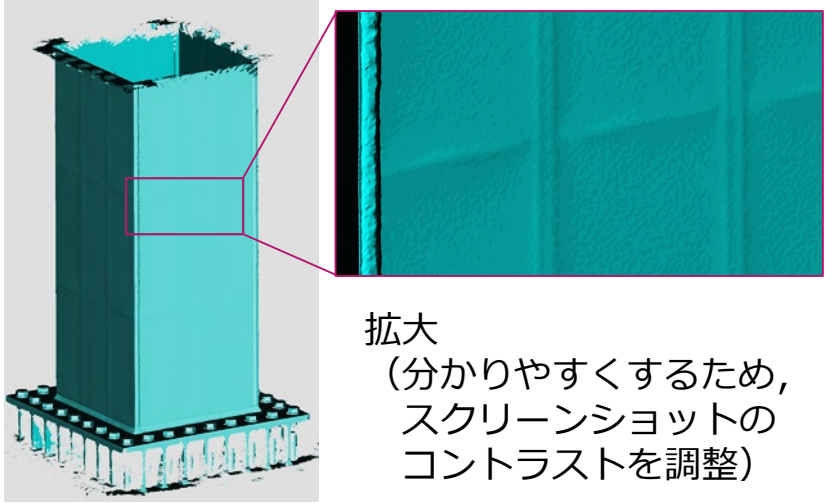




各点の法線ベクトルの鉛直角・水平角を閾値に候補点を取り出す
→RANSAC法で直線に置き換える



溶接部はわずかに盛り上がっている

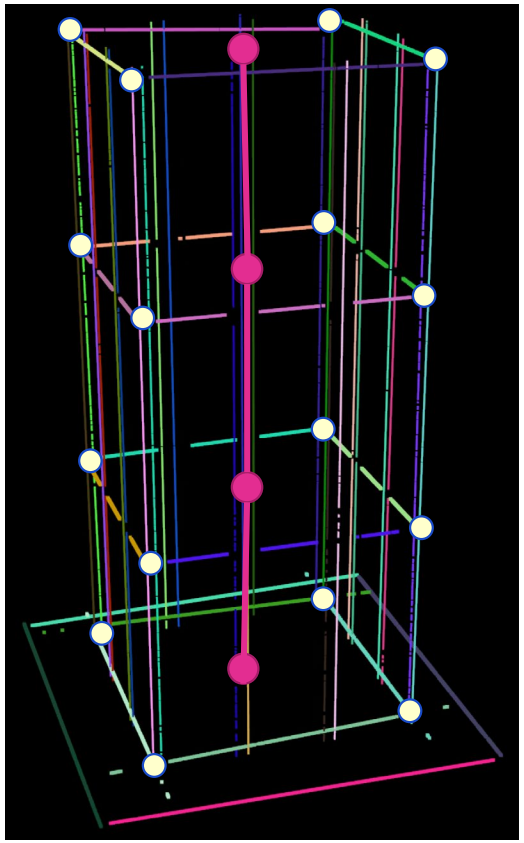


拡大
（分かりやすくするため，スクリーンショットのコントラストを調整）

点群データからFEMモデル生成：柱部②

ハンディレーザースキャナの点群データから，溶接線を検出

溶接線を利用して，柱部の骨組みとシェルモデルを生成



水平方向の溶接線のうち，高さが同じ4本で交点を求め，

⬇

4点の交点の重心を求める

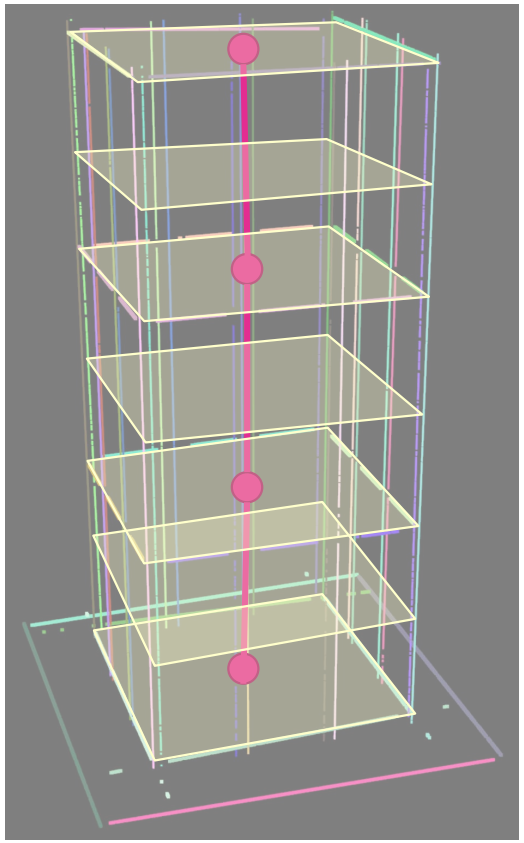
⬇

重心を結び，柱部の骨組みを生成する

点群データからFEMモデル生成：柱部③

ハンディレーザースキャナの点群データから，溶接線を検出

溶接線を利用して，柱部の骨組みとシェルモデルを生成



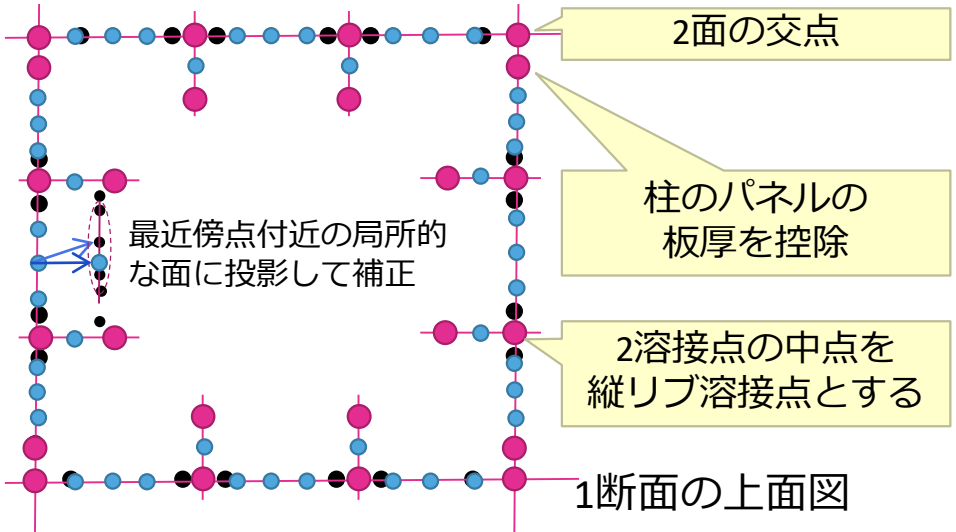
柱部の骨組みの底部を起点に，骨組みに沿って断面をスライス

⬇

溶接線と断面の交点（溶接点）を求め，補正　縦リブ生成

⬇

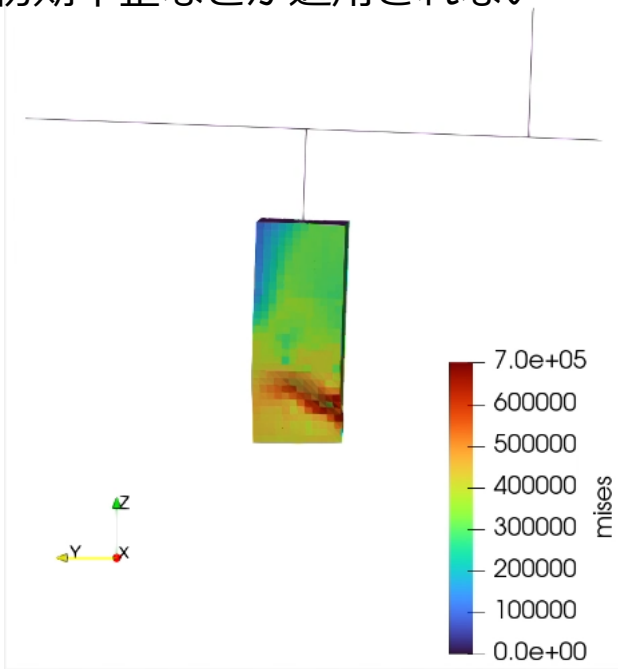
2溶接点間で節点をサンプリング ➡ 隣り合う4節点でシェル生成



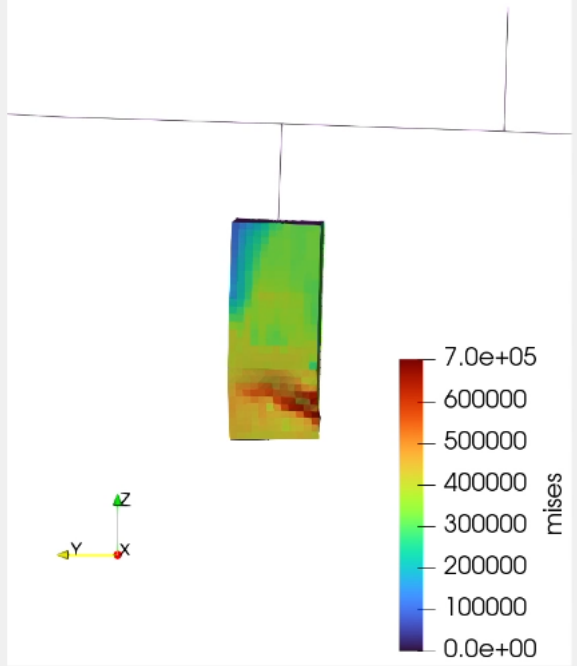
点群データからFEMモデル生成：解析結果

載荷点に面外方向強制変位を作用させ，座屈を考慮した非線形解析を実施

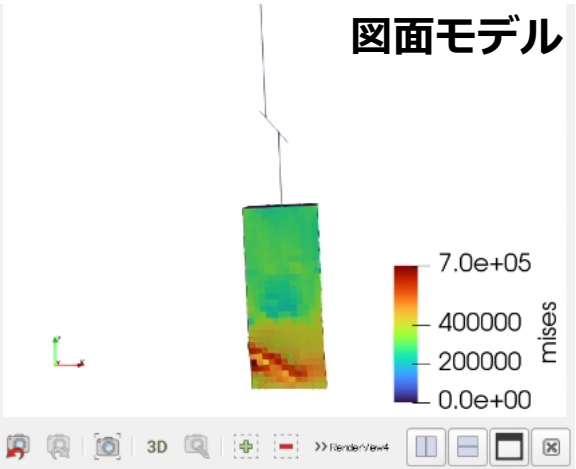
図面モデル
図面から手作業で作成した
FEMモデル
初期不整などが適用されない



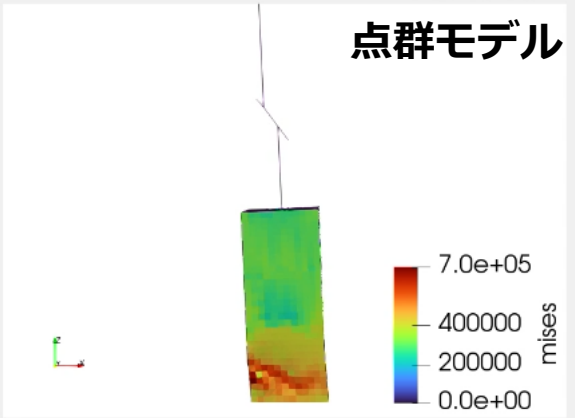
点群モデル
提案手法で自動生成した
FEMモデル

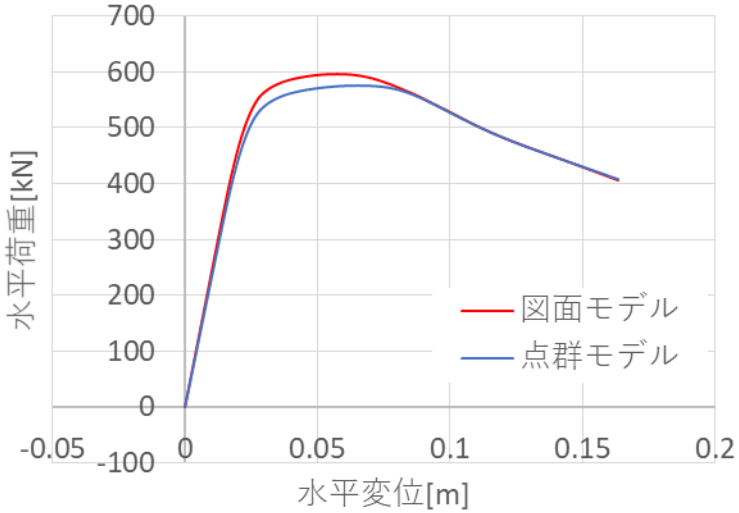


図面モデル



点群モデル





載荷点の荷重変位曲線

図面から手作業で生成したものと類似した挙動を示した

一部，降伏・最大荷重や局部座屈付近の応力分布にわずかな違いについて，実験結果を踏まえながら考察が必要

まとめと今後の課題

- 本研究では，地震時に複雑な挙動が予想される鋼製橋脚を対象に，点群データから実構造を反映させたFEMモデルを自動生成する手法を開発した.

- 提案手法で生成したFEMモデルで非線形解析をしたところ，図面から手作業で生成したFEMモデルと同等の挙動を示すこと確認した.

本研究助成にて，パソコン周辺機器のスペック強化，幾何学アルゴリズムのプログラミングの改良のための参考書の購入が行え，試用ケースの増加，計算速度の向上など，**点群データ処理に関する恩恵**を受けることができた.

- 今後の課題として，板厚の取得方法の検討，構造実験の応答値の計測結果との比較を実施し，実測によって初期不整等が反映されているか否かなどについて考察する.