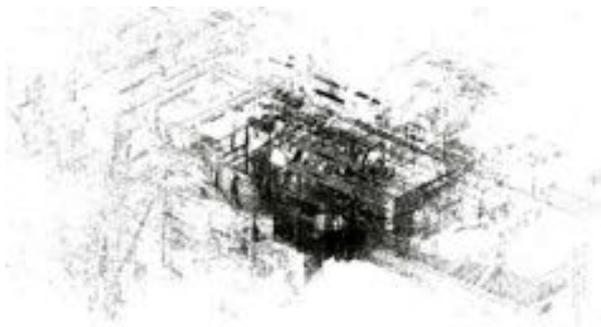


# 大規模点群処理と 画像ベースの3次元モデリング技術

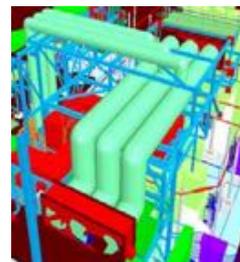
東京大学大学院工学系研究科  
システム創成学専攻  
増田 宏

## レーザ計測を用いた3Dモデリング

- 人工物の計測
  - 工場, プラント, 建築, 土木, 船舶,
  - 都市計画, 道路, 橋, 大型機械



- 3Dモデル
  - ソリッドモデル
  - メッシュモデル⇒ シミュレーション  
(干渉計算, 経路計算)



# 大規模点群処理 研究プロジェクト

レーザ計測に基づいた3Dモデルを作成.

第1期:大規模点群処理の基盤技術

第2期:カーネルの開発(技術の敷居を下げるためのパッケージ)

- 第1期 (平成17年~19年)  
日本学術振興会・科学研究費補助金
- 第2期 (平成21年~23年)  
日本学術振興会・科学研究費補助金

## 研究メンバ

- 増田宏  
(東京大学:研究代表)
- 三浦憲二郎  
(静岡大学)
- 田中一郎  
(東京電機大学)
- 榎本昌一  
(東京大学)

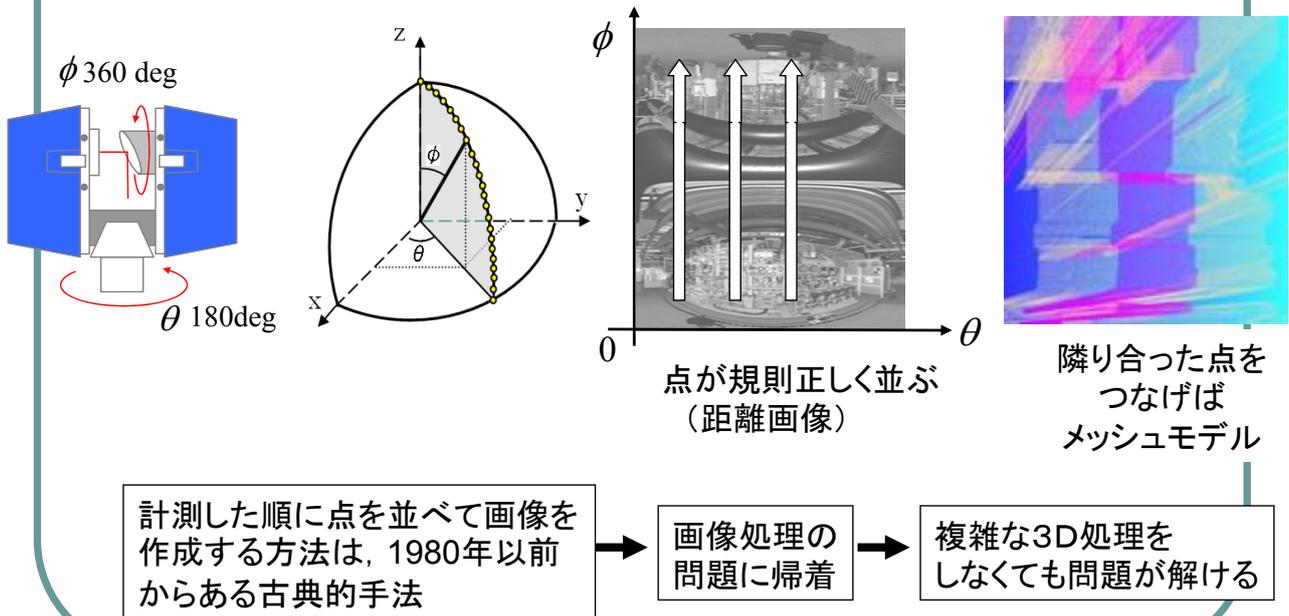
4

# 3D技術の特徴

- **ソリッドモデル(機械系CAD)** *難易度: ★★★*
  - NURBS: 曲面高度な数学知識が必要.
  - 位相幾何: データ構造の高度な知識が必要
- **メッシュ (CGなど)** *難易度: ★★*
  - △や□の面で表現. 扱いが簡単.
- **点群:ランダム(リバーズエンジニアリング)** *難易度: ★★*
  - 数学知識やデータ構造の知識が必要.
- **点群(整列して配置)** ← レーザ計測の出力 *難易度: ★*
  - 古典的な距離画像. 画像処理に近く, 技術的な敷居が低い.
  - 点群⇒メッシュ作成がとても簡単.
  - 技術力よりも応用力や活用力が重要.

技術伝道師がいない! → サイバーフィールド構築技術研究分科会

# 整列した点群処理

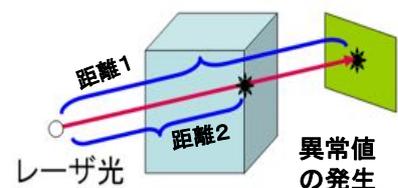


6

# 中・長距離レーザ計測からの点群処理で解決すべき問題

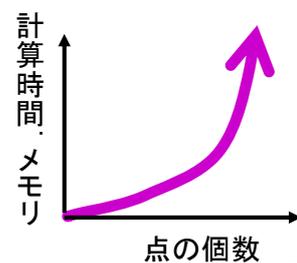
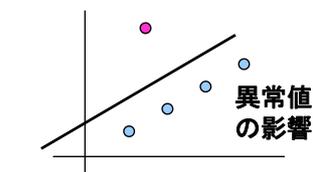
## 1. 大量の異常値・大きなノイズ

- 複数面からの反射などが原因.
- 曲面計算は、異常値に弱い.



## 2. 点の個数が膨大

- 位相差方式レーザスキャナでは、1回に3000万~5000万点
- 点の個数が増えると、計算時間やメモリ消費は大きく伸びる.

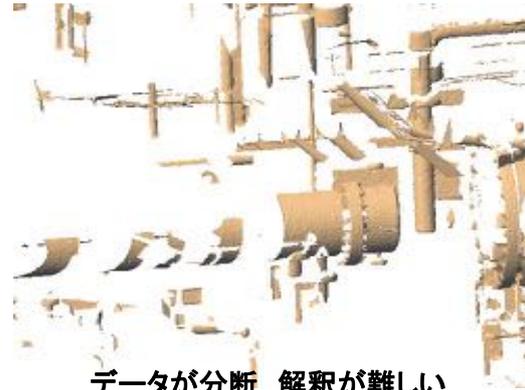


7

## 中・長距離レーザー計測からの 点群処理で解決すべき問題

### 3. 点群の欠落

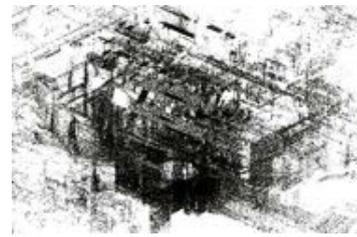
- 計測地点が限定される.
- 他の部材に隠される.



データが分断. 解釈が難しい.

### 4. 多数の部材が混在

- 点群の切り分けが必要. 混ざったものを分けるのは大変!
- 多様な形状, 多様なスケールの部材が混在する. それぞれ, 数cmから数m.



データは点の集まり.  
各点は様々な部材に由来する.

## 解決法の提案

問題1. 大量の異常値, 大きなノイズ

⇒ 移動ロボスト推定

問題2. 点の個数が膨大

⇒ ストリーミング & パイプライン処理

問題3. 点群の欠落

⇒ 画像ベースモデリング

問題4. 多数の部品の混在

⇒ フィーチャベースモデリング

いずれも画像処理に帰着できる性質を利用している.

# 問題1. 異常値・ノイズの除去

## ● 平滑化

### ● 高周波成分除去 (Gaussian フィルタなど)

- 高速 (普通の計算機でも高速).
- 形を多少変える. (やや平らになる)
- 見栄えをよくするときに有効.

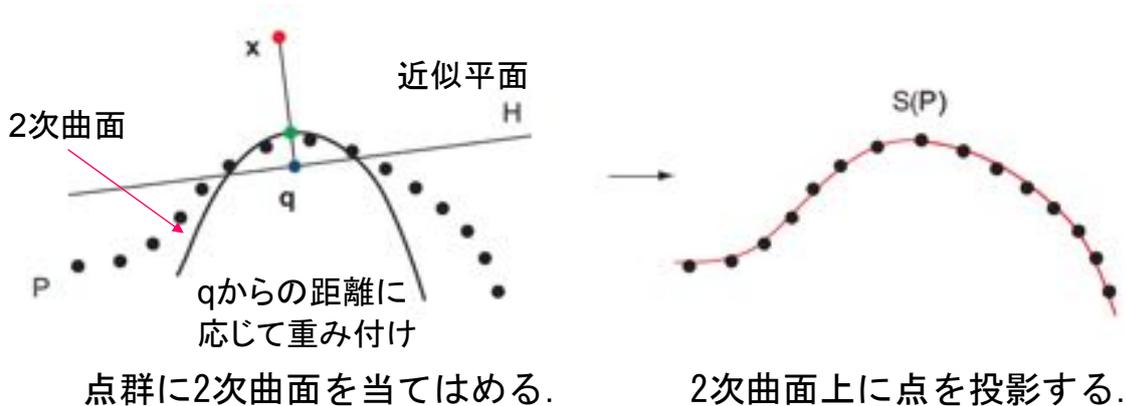
### ● 局所曲面近似

- 計算時間がかかる.
- 本来の形状に忠実.
- 寸法値を正確に得るときに有効

今回は, CADモデル化が目的なのでこちらを使う.

10

# 曲面近似による平滑化



最小2乗法は, 異常値に弱い ⇒ ロバスト推定

式の形が少し違うだけ

11

# 移動ロボスト推定



移動最小2乗法



移動ロボスト推定

12

# 移動ロボスト推定



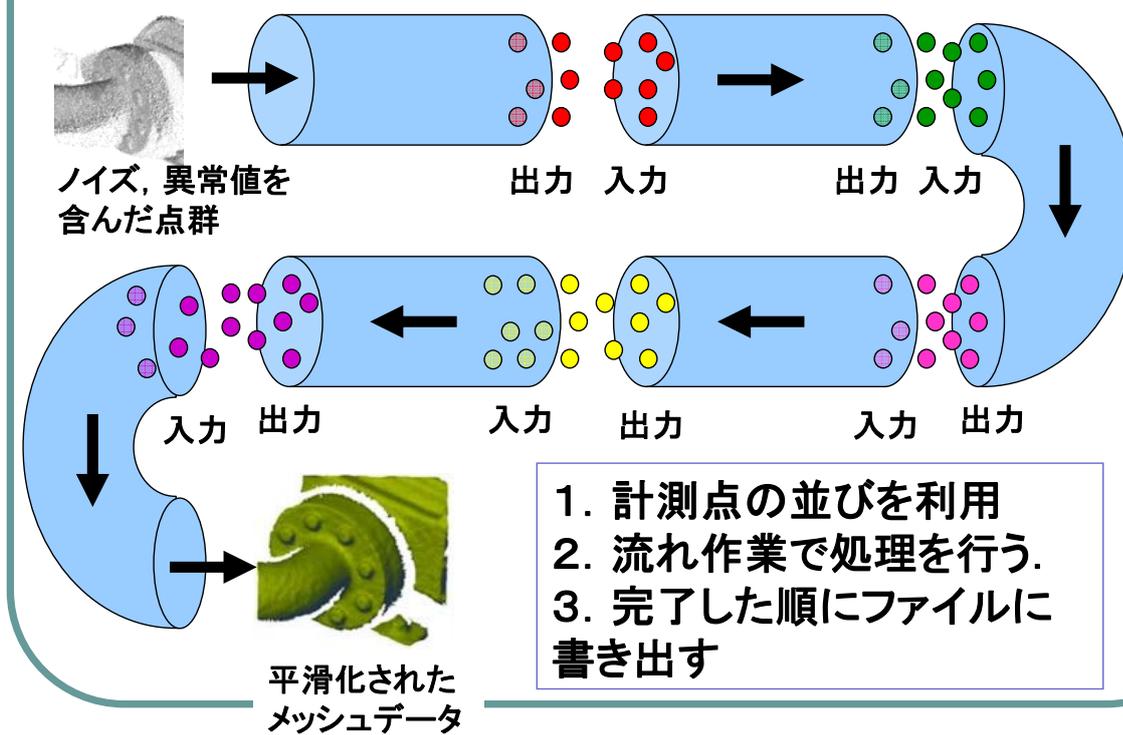
移動最小2乗法



移動ロボスト推定

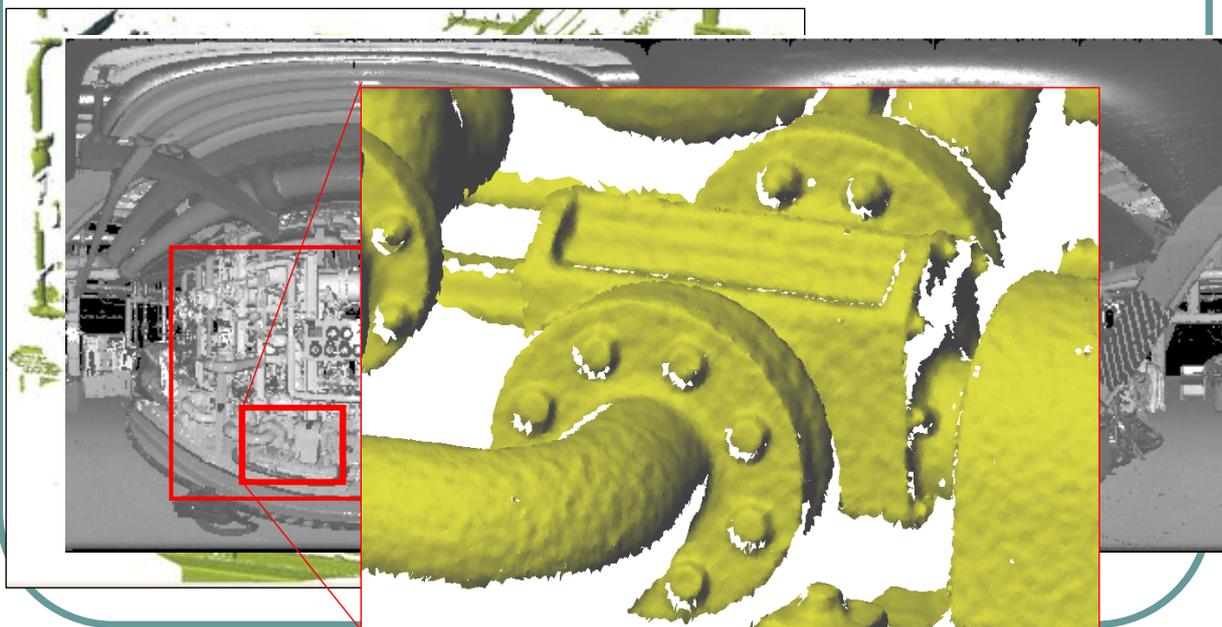
13

## 問題2. 大規模点群の処理



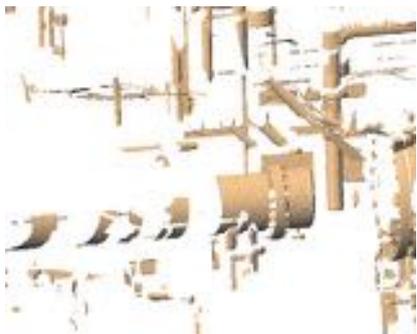
14

## 大規模点群から作成されたメッシュモデル



15

## 問題3. 点群の欠落が多い



メッシュデータ(3D)  
(断片をどう組合せたらいいのだろう??)



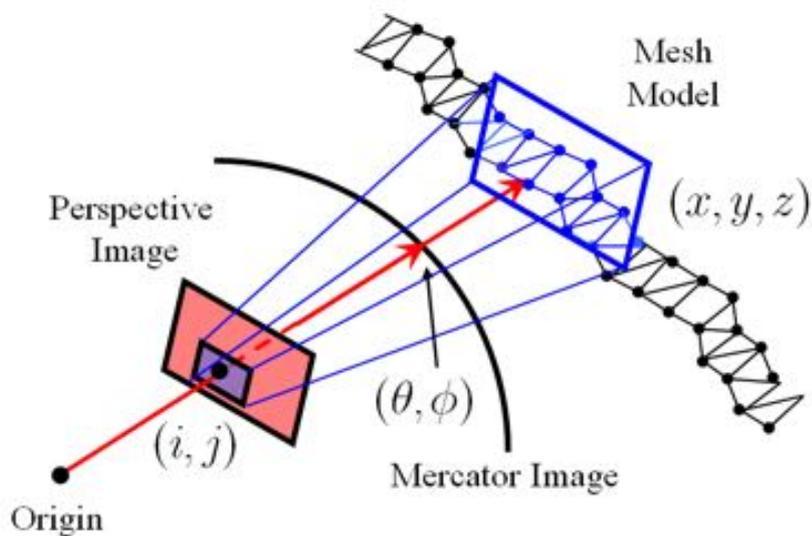
レーザ反射画像(2D)  
(画像ならすぐわかる!)



3Dと2Dを  
組み合わせれば  
人にも計算機にも  
やさしい!

16

## 画像と点群



ユーザから点群を隠す

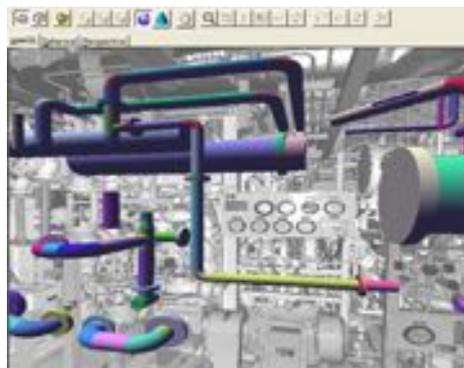
人は画像を見てモデリング

計算機は点群を使って幾何計算

17

## 新しいモデリングフレームワーク メッシュ+画像による3Dモデリング

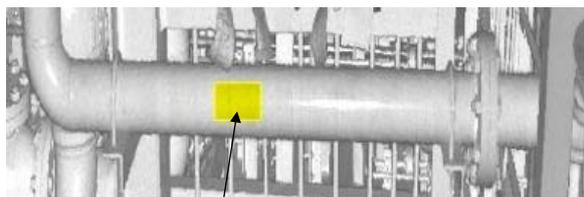
- メッシュ+画像のモデリング
  - 画像に合わせて3Dモデルを作成
  - 形状処理の知識が必要なく、初心者でも簡単。



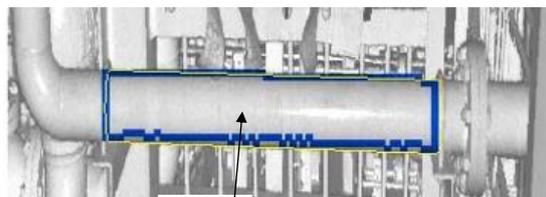
18

## 領域成長法による曲面フィッティング

- ユーザからは透視投影画像のみが見える
  - シード領域をユーザが指定
  - シード領域に含まれるメッシュ頂点を求める.
  - メッシュ上で, 曲面上にある近傍の点を追加.
  - 曲面式の計算.



シード領域



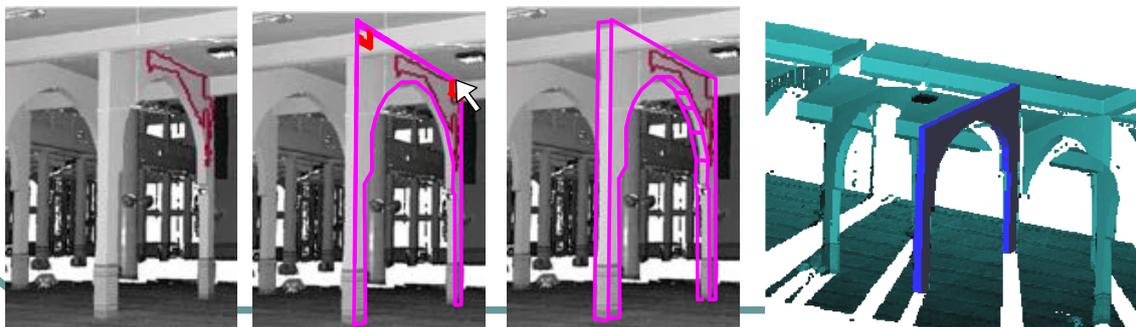
配管



配管のソリッドモデル

19

# 画像上でのモデリング



画像をなぞることによる3Dモデル生成

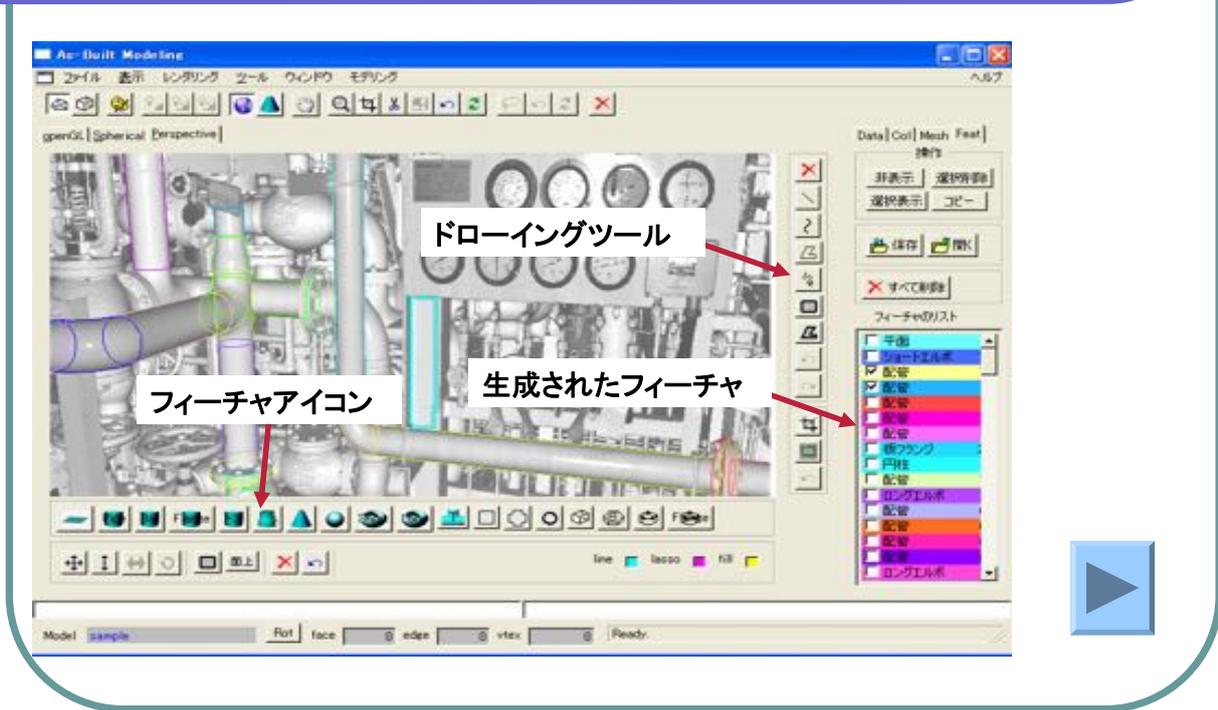
20

## 問題4. 多様な部材への対応

- 画像ベースのモデリング
  - ⇒ どんな部材かは見ればわかる.
  - ⇒ フィーチャベースモデリングが便利.
- フィーチャベースモデリング
  - 部材ごとにアイコンメニューを用意.
  - 規格表に従った形状を作成する.

21

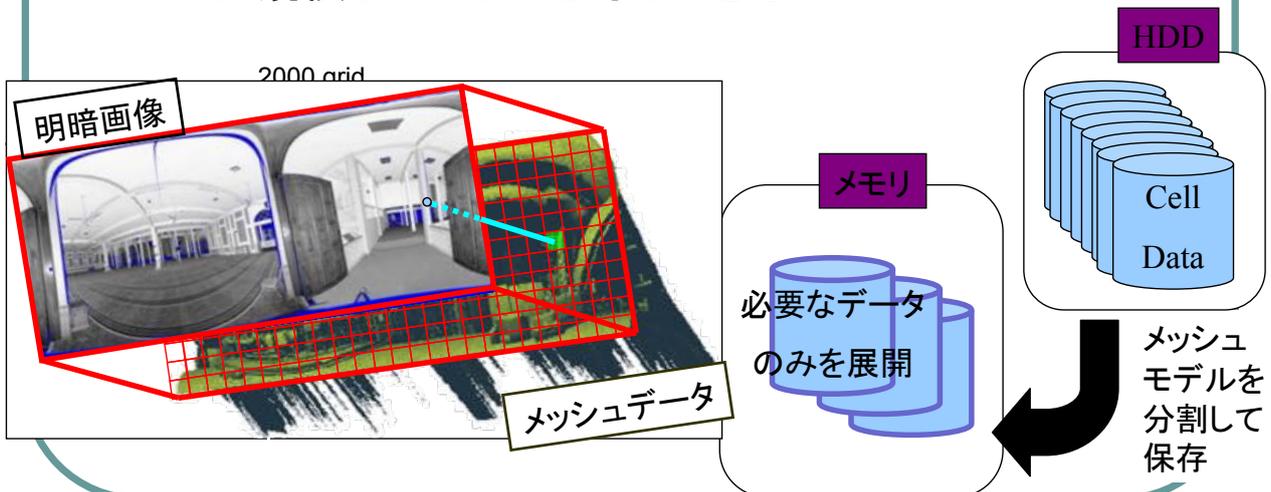
# フィーチャベースモデリング



22

# 大規模メッシュのデータ構造

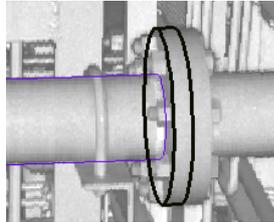
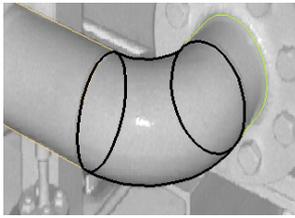
- 画像の一部に該当する3Dメッシュデータを高速に読み出す仕組みを実装  
⇒ 大規模なデータにも対応できる。



23

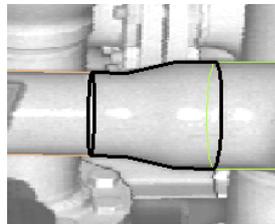
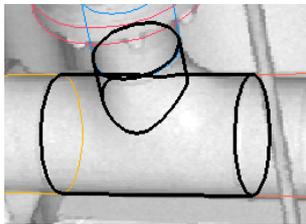
# 規格品フィーチャ

- 配管, 丸棒, フランジ, エルボ, レジューサ, ティ



JIS G 3441-1994

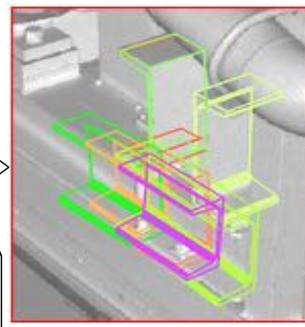
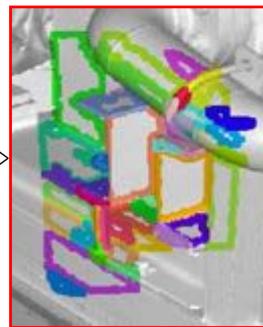
| 外径<br>mm | 厚さ<br>mm | 単位重量<br>kg/m | 寸法            |                 |            |            |
|----------|----------|--------------|---------------|-----------------|------------|------------|
|          |          |              | 取付<br>径<br>mm | 取付穴間<br>径<br>mm | 取付厚さ<br>mm | 取付穴径<br>mm |
| 21.7     | 2.9      | 0.972        | 1.234         | 0.607           | 0.560      | 0.700      |
| 27.3     | 3.3      | 1.21         | 1.569         | 1.21            | 0.837      | 0.860      |
| 33.0     | 3.8      | 1.49         | 2.081         | 2.49            | 1.79       | 1.12       |
| 42.7     | 4.5      | 2.29         | 3.127         | 3.57            | 2.67       | 1.42       |
| 53.5     | 5.3      | 3.23         | 4.313         | 4.83            | 3.67       | 1.81       |
| 64.3     | 6.2      | 4.42         | 5.643         | 6.23            | 4.87       | 2.21       |
| 76.2     | 7.1      | 5.91         | 7.123         | 7.77            | 6.27       | 2.61       |



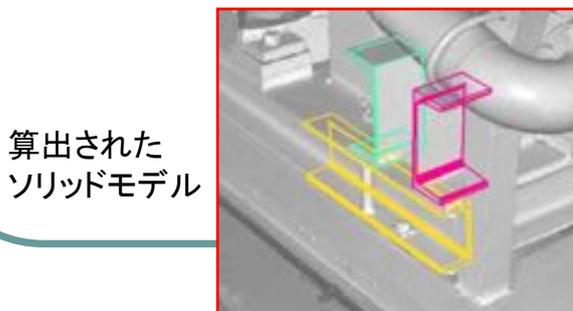
JIS規格に従った寸法値  
に補正される

# インテリジェントフィーチャ

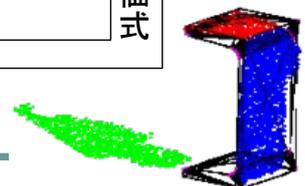
- 指定した範囲から自動的に鋼材を探索する。



工業規格

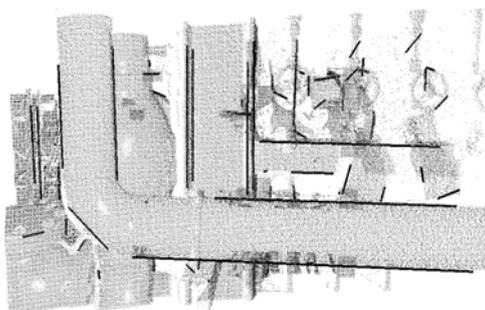


評価式



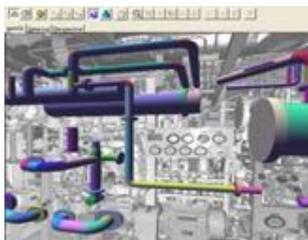
# 曲面の自動抽出

円柱や、長方形の面を自動的に探す

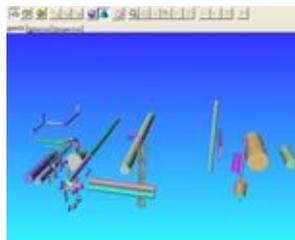


27

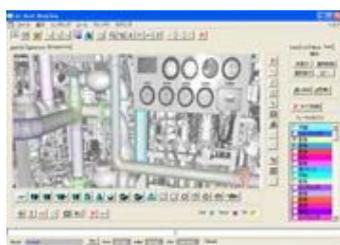
# モデリングシステムの概要



画像&3D



メッシュモデル(3D)

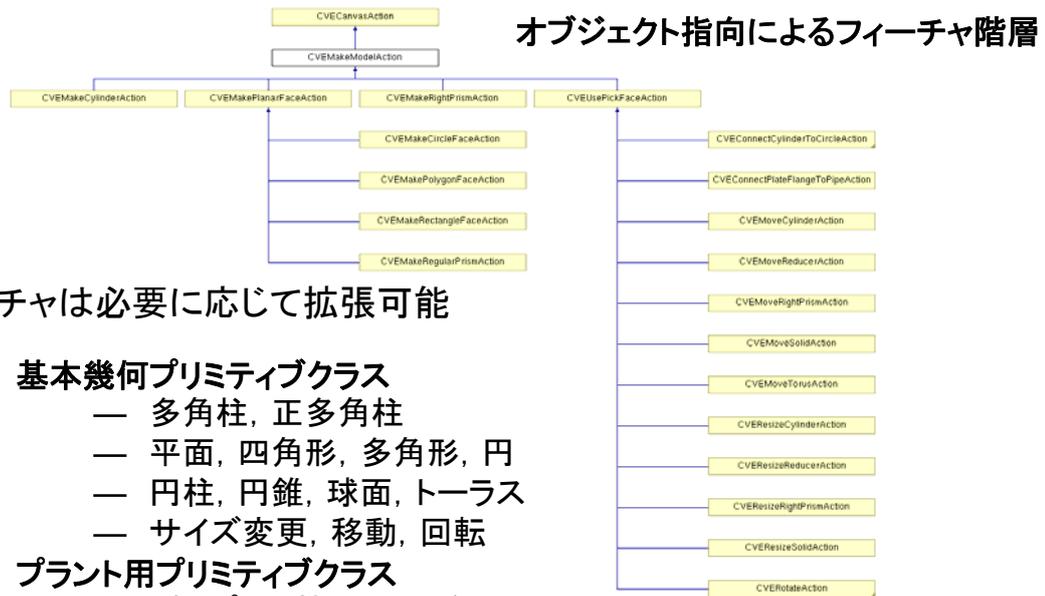


モデリングビュー

- GUI
  - FOX (LGPL)
- 言語
  - C++
- 開発環境
  - VC++
  - Linux
- ビューアが対応する形状
  - 点群
  - メッシュ
  - ソリッドモデル

29

# フィーチャの拡張



フィーチャは必要に応じて拡張可能

- ◇ 基本幾何プリミティブクラス
  - 多角柱, 正多角柱
  - 平面, 四角形, 多角形, 円
  - 円柱, 円錐, 球面, トーラス
  - サイズ変更, 移動, 回転
- ◇ プラント用プリミティブクラス
  - パイプ, 丸棒, フランジ
  - エルボ, レジューサ

30

# 今後の展望

- 技術の普及
  - 基盤研究のゴールは「普及」
  - 点群処理カーネルの配布方法を検討
- フィーチャモデリングシステム
  - 基盤部分は一段落.
  - 出力形式: 利用環境に依存。
- 研究
  - 形状の自動抽出
  - GPU処理による高速化
  - 形状補完
  - 精度!



31

## 技術に関して

- 科学研究費プロジェクト（研究代表）
  - 論文は下記からダウンロードできます。
    - <http://www.nakl.t.u-tokyo.ac.jp/~masuda/index.html>
    - 論文を読んで理解できるならば、自由に使ってかまいません。
  - 協力のお願い
    - 点群データを貸してください。
    - ニーズを教えてください。
    - 可能なら、機能拡張を試みてください。
- サイバーフィールド研究分科会（主査：金井先生、副主査：増田）
  - 大学研究やメンバ企業の活動など、情報収集の場としてご活用ください。

32

## 基本情報

- 増田研究室
  - 東京大学 本郷キャンパス 工学部3号館
- Email:
  - [masuda@sys.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:masuda@sys.t.u-tokyo.ac.jp)
- HP:
  - <http://www.nakl.t.u-tokyo.ac.jp/~masuda/index.html>

33