

# 現場合わせ管の設計支援システムの開発

九州大学 工学府 海洋システム工学専攻

進藤 翔平

安田 達也

九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門

木村 元



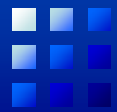
# 発表の流れ

## ■ 研究の背景と目的

## ■ 設計システムの提案

- システムの概要と構成
- フランジ間の位置関係の算出
- 配管経路の計算法
- 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

## ■ 本研究のまとめと今後の課題



# 発表の流れ

## ■ 研究の背景と目的

## ■ 設計システムの提案

- システムの概要と構成
- フランジ間の位置関係の算出
- 配管経路の計算法
- 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

## ■ 本研究のまとめと今後の課題



# 背景

## ■ 現場合わせ管とは？

- **ブロック建造時に生じる誤差**のために、設計段階では、ブロック同士の接合箇所のパイプは、誤差を吸収するような配慮を行う。
- 建造の最終段階において、**現物の寸法に合わせてパイプを接続**する作業が生じる。



## ■ 現場合わせ管の艤装

- 一般商船では数百本、艦艇では1万本以上とかなり**大量に存在**する。
- 位置計測や配管設計には**熟練した技術**が必要。

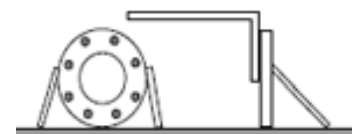
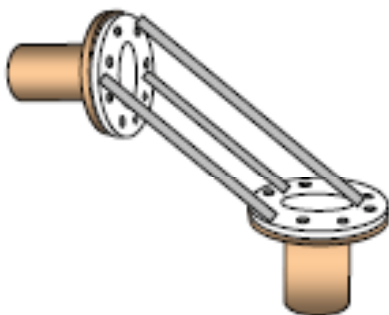


2本の管  
を繋ぐ



## ■従来の計測システム

### 金型法



フランジをボルトで固定し、**金型管**を製作

金型管を取り外し、陸揚げして**管工場**に持ち込む

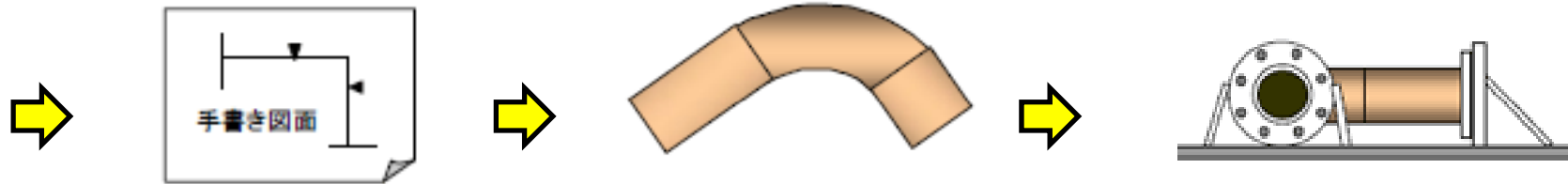
金型管にフランジを取り付け、金型管を取り外す。その間を**計測**して製作図を作成



## ■従来の計測システム

金型法

工数が多い



図面を作成し、加工寸法を算出する。  
(切断寸法、曲げ角度, etc)

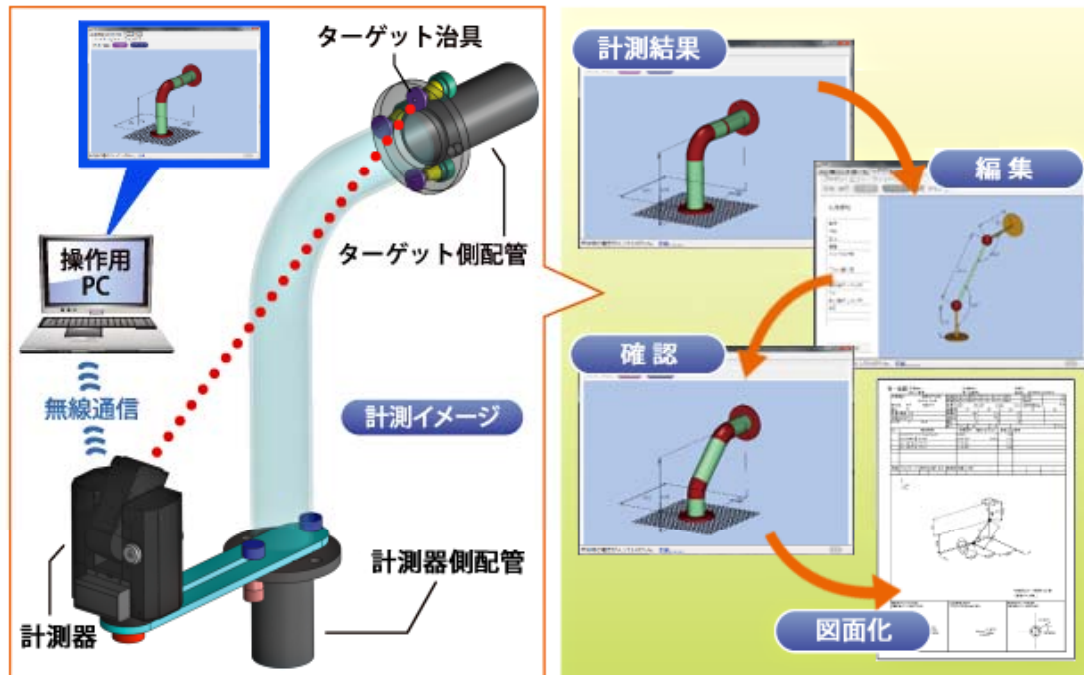
図面寸法で管を  
組み立てる

金型にフランジを取り付け、管を差し込んで溶接して完成。



# 背景

## ■ 既存の計測・設計システム



準備時間	計測時間
3分程度	1～2分程度

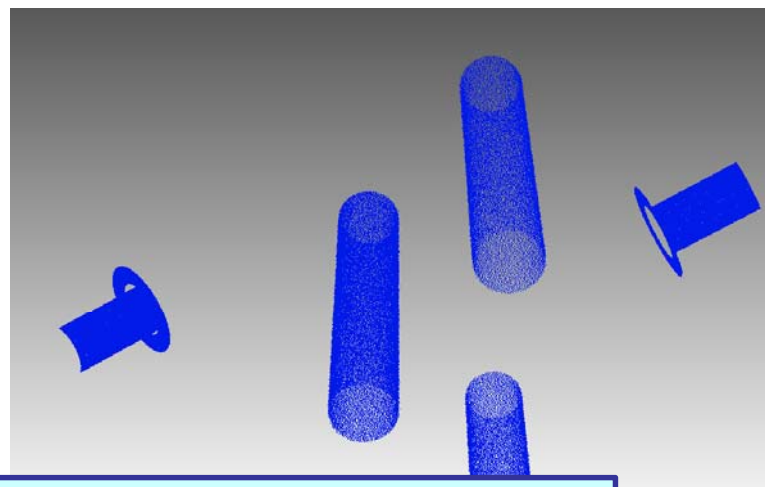
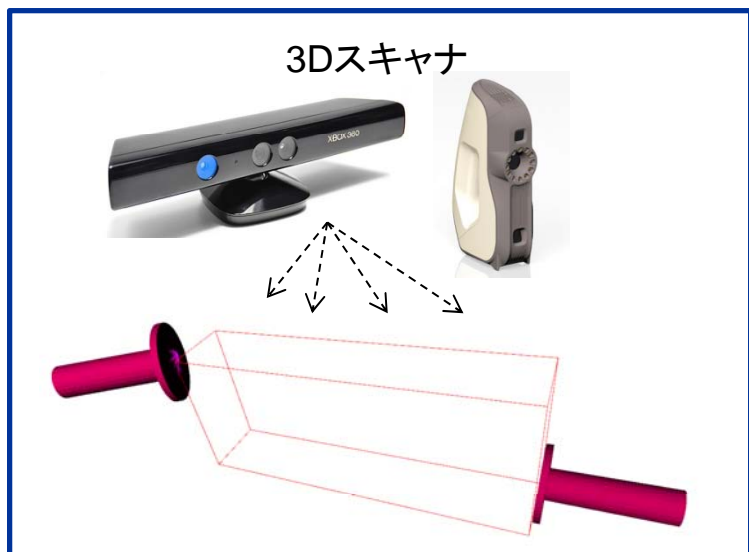
株式会社IHIESキューブ:「レーザー式現合管設計システム Smart Lock On」

### 問題点

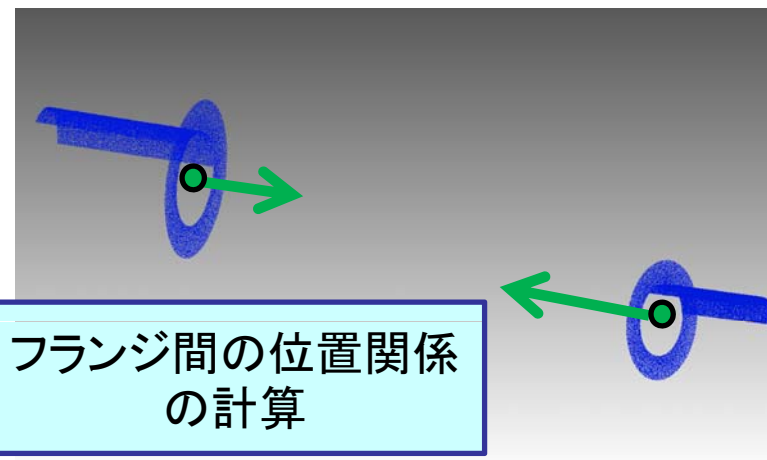
設計空間内にパイプ等の障害物がある時は、うまく計測できなかったり、それを避けた経路がとれているかの判定が曖昧



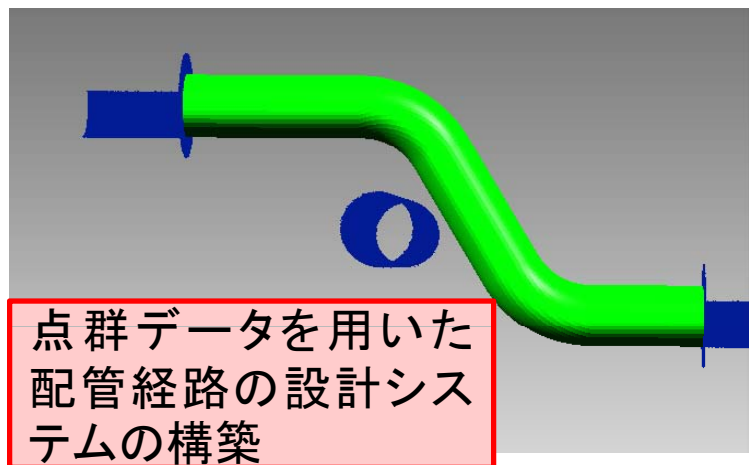
# 目的



目的のパイプと周囲の点群データの取得

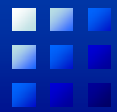


フランジ間の位置関係の計算



点群データを用いた配管経路の設計システムの構築





# 目的





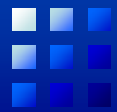
# 発表の流れ

## ■ 研究の背景と目的

## ■ 設計システムの提案

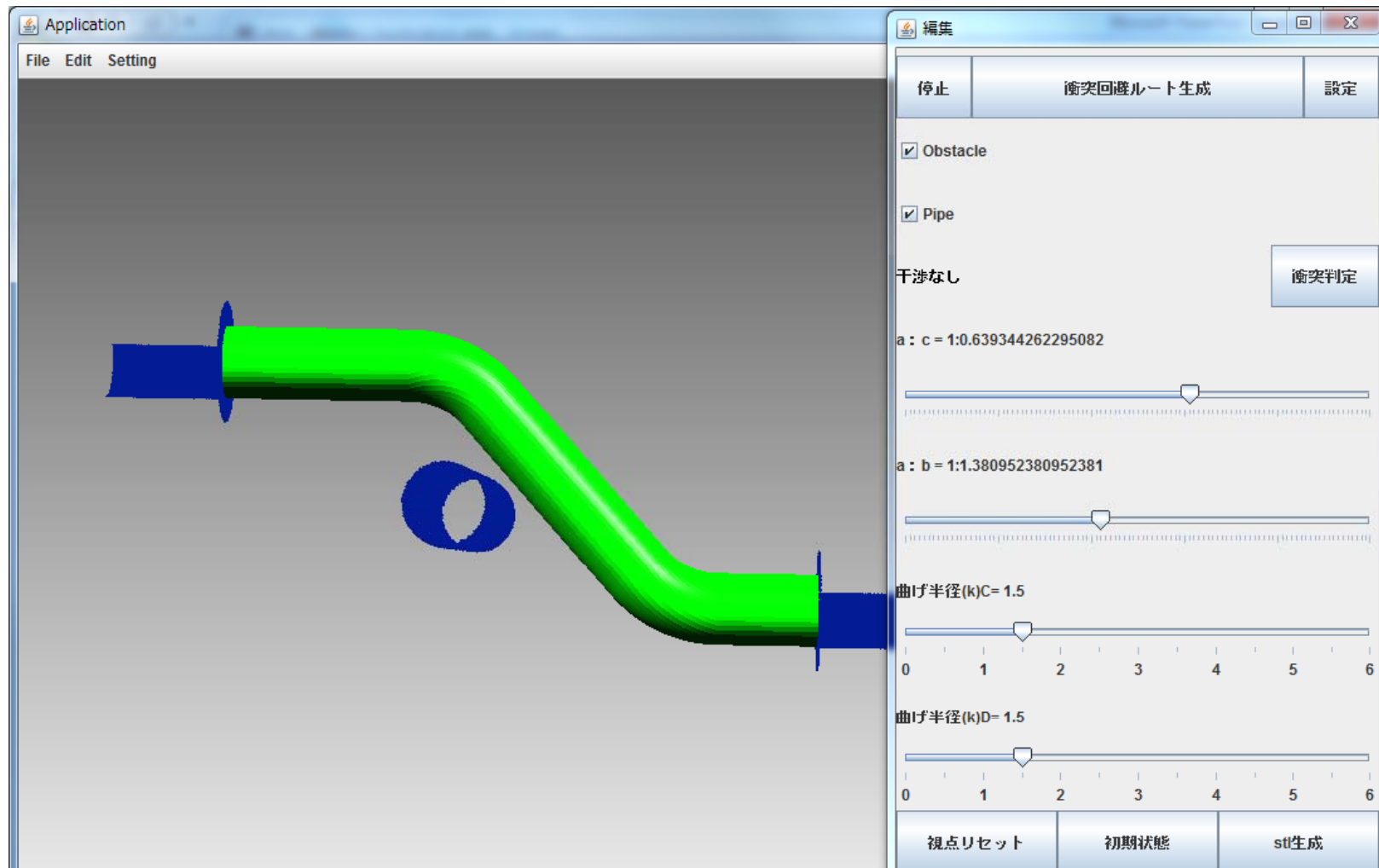
- システムの概要と構成
- フランジ間の位置関係の算出
- 配管経路の計算法
- 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

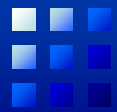
## ■ 本研究のまとめと今後の課題



# システムの概要

- 点群データからフランジ間の位置関係を計算
- いくつかの変数を変えることで現場合わせ管を設計することができる
- 障害物を回避した経路の設計を行うことができる



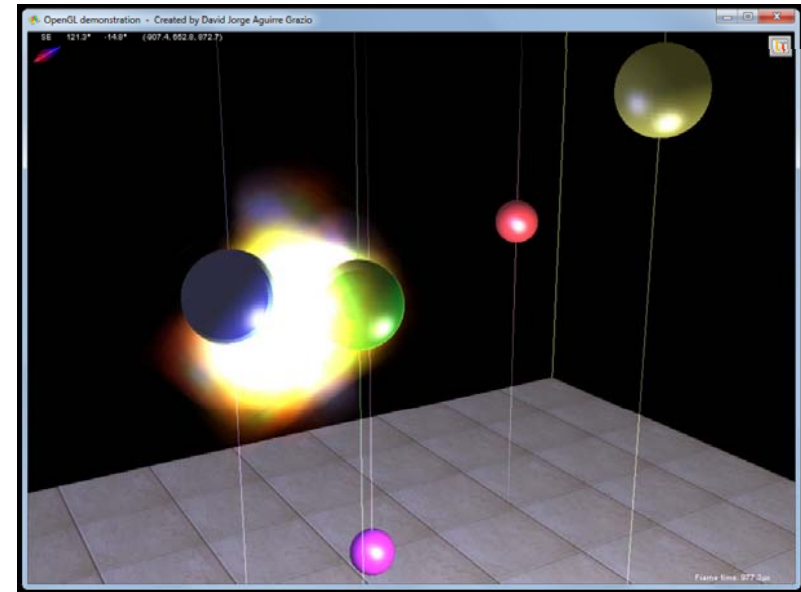


# システムの構成

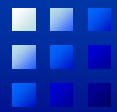
- Javaを用いて開発
- 3D描画には、JOGL( Java bindings for OpenGL )を利用



- Khronosグループが策定しているグラフィックスハードウェアのAPI。2D・3Dの両方が扱える。
- Windows, Mac, Linuxなど様々なOSで使える。
- 最近では携帯端末等でOpenGLの派生の「OpenGL ES」が用いられている。



<http://www.windows8downloads.com/win8-opengl-demo-xaoisyk/screenshot.html>



# 発表の流れ

## ■ 研究の背景と目的

## ■ 設計システムの提案

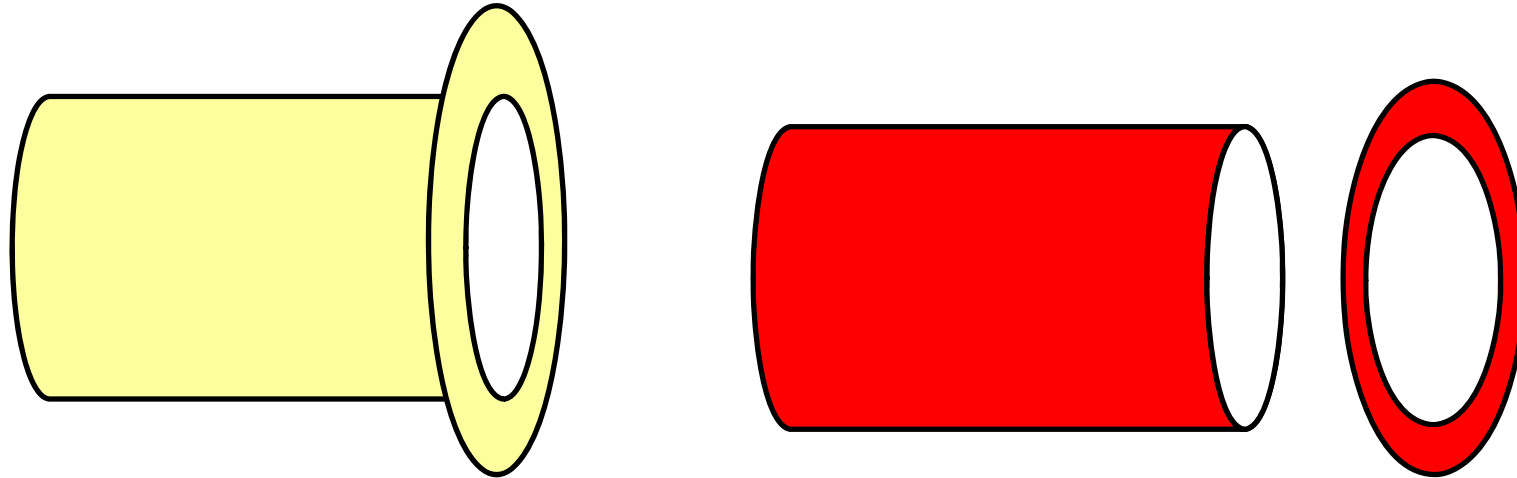
- システムの概要と構成
- フランジ間の位置関係の算出
- 配管経路の計算法
- 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

## ■ 本研究のまとめと今後の課題



## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出

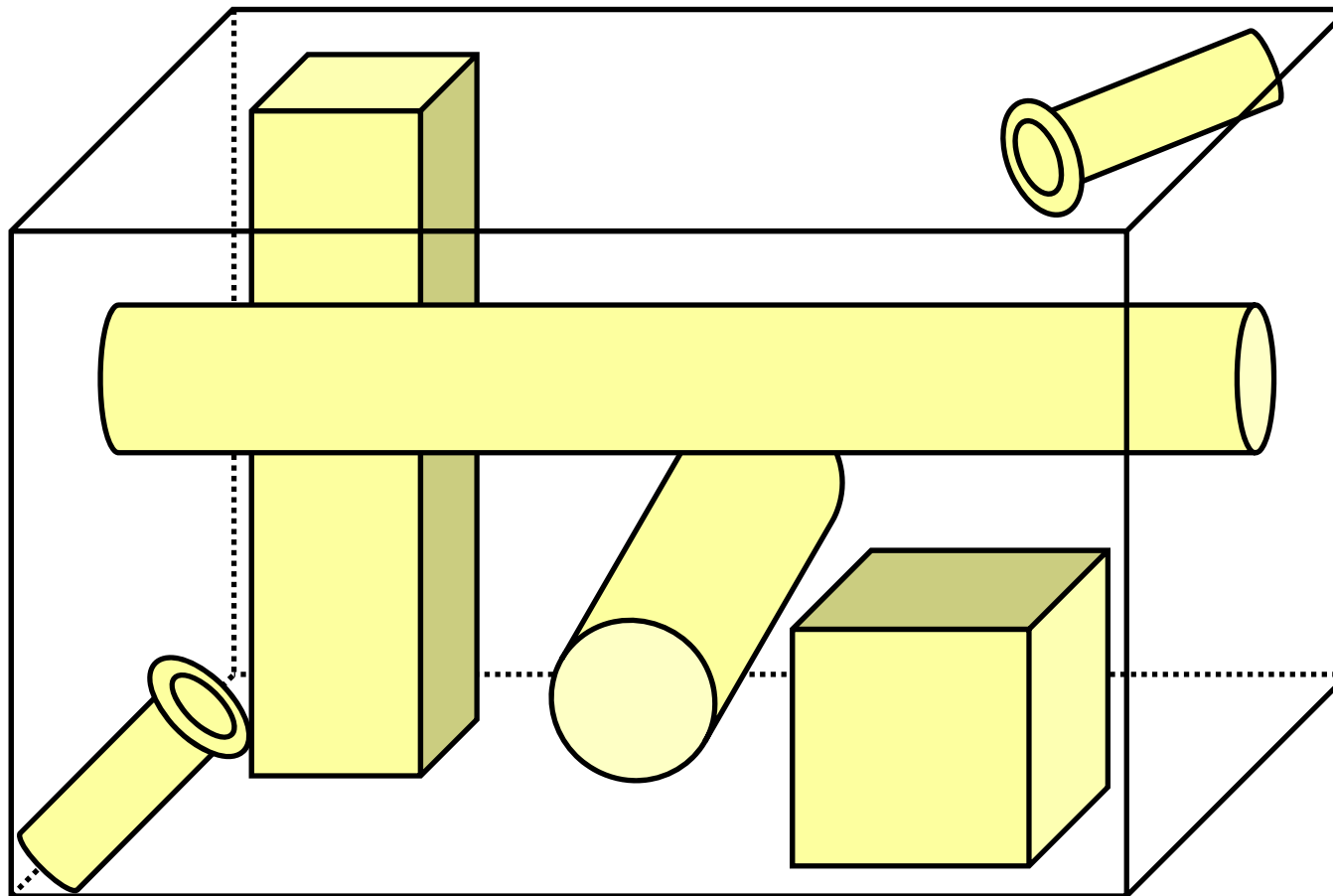
レーザースキャナーなどから取得した点群データからフランジ付きのパイプの検出



本研究では、パイプ部分を円筒、フランジ部分を平面とみなし、平面と円筒を別々に検出することで容易に対象を判別する

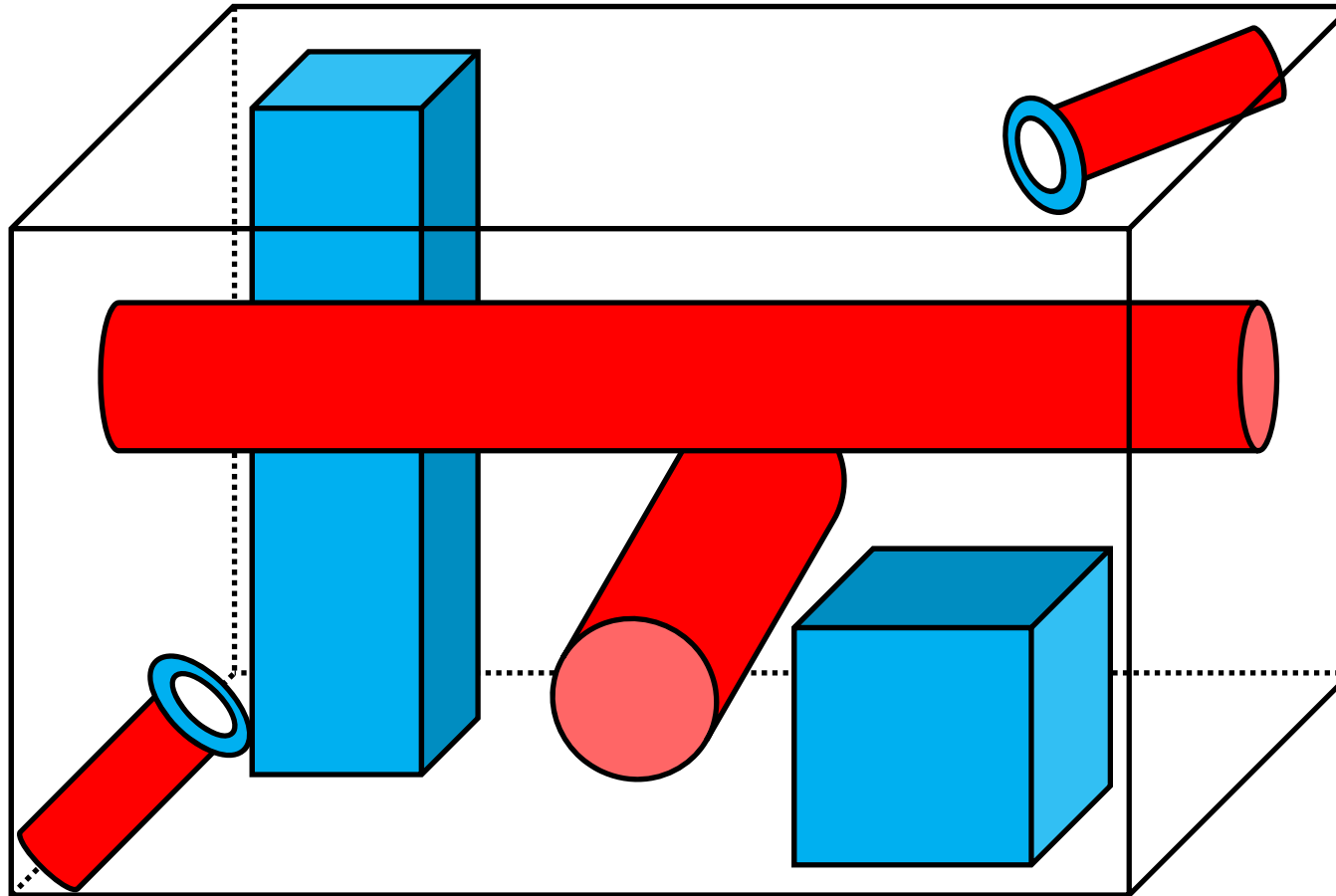


# 点群からのフランジの中心位置と向き の算出





## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出

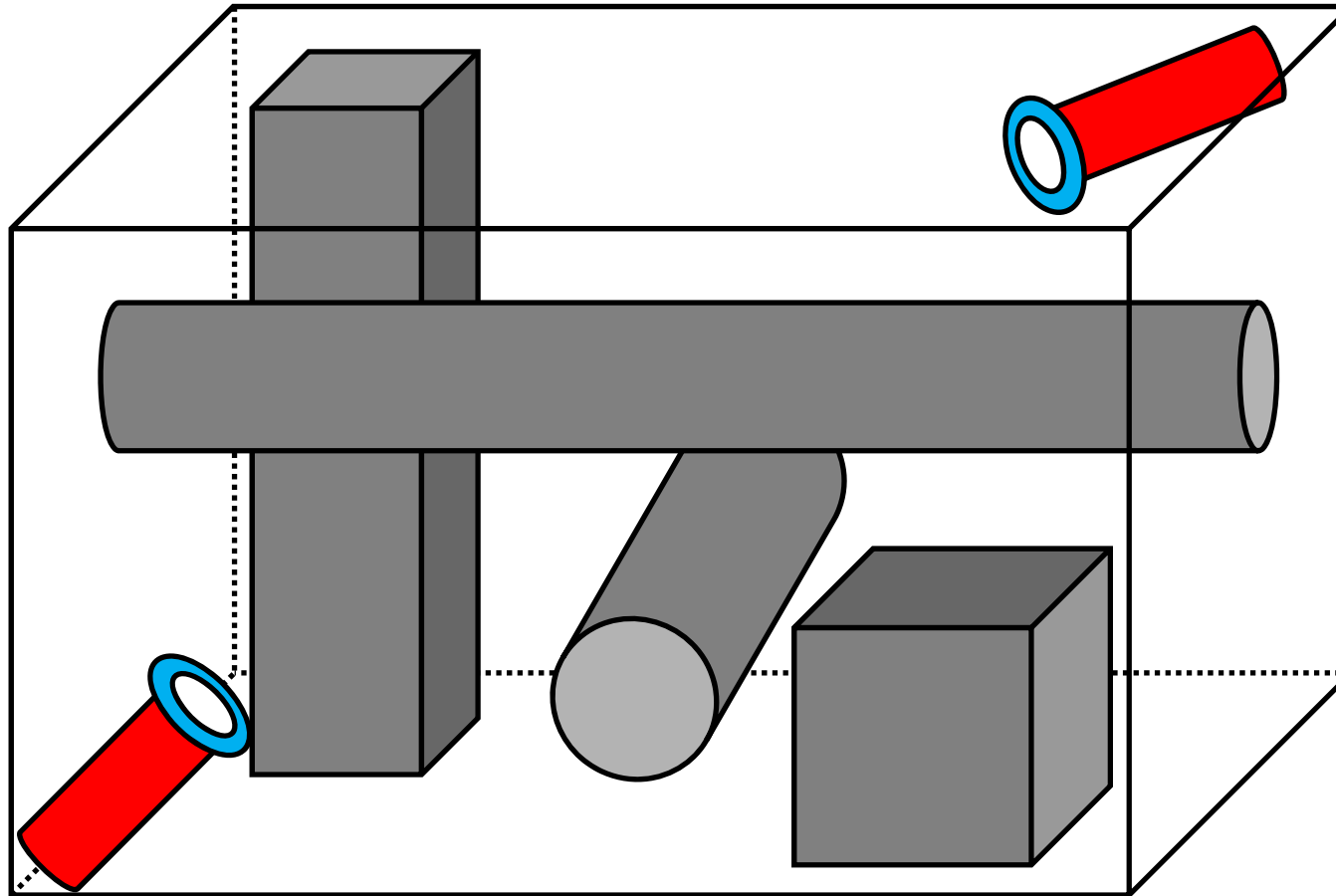


複数検出される円筒と平面の中でも、円筒の中心線と直交する平面と円筒をフランジ付きのパイプとする





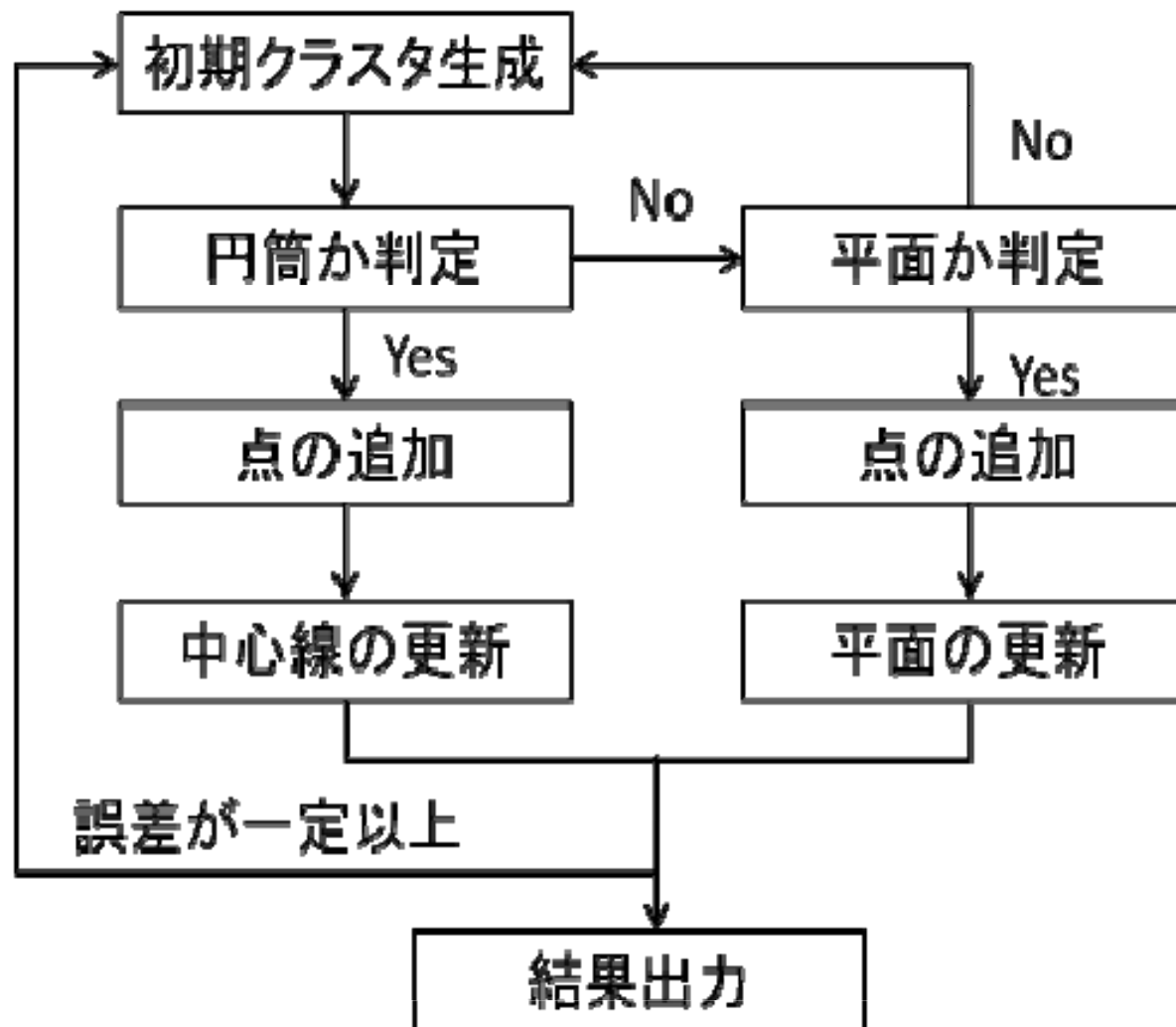
## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出



複数検出される円筒と平面の中でも、円筒の中心線と直交する平面と円筒をフランジ付きのパイプとする

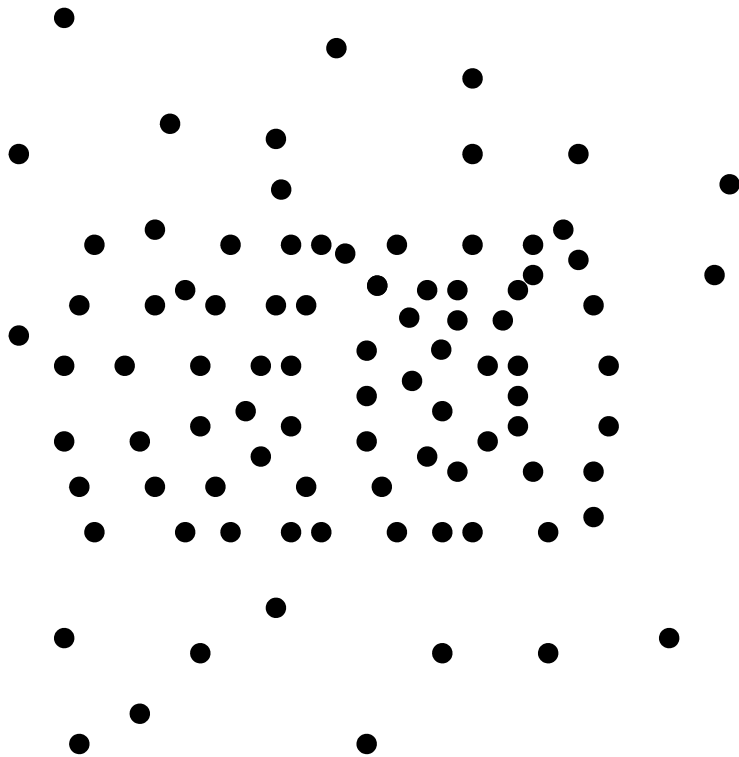


# 点群からのフランジの中心位置と向き の算出





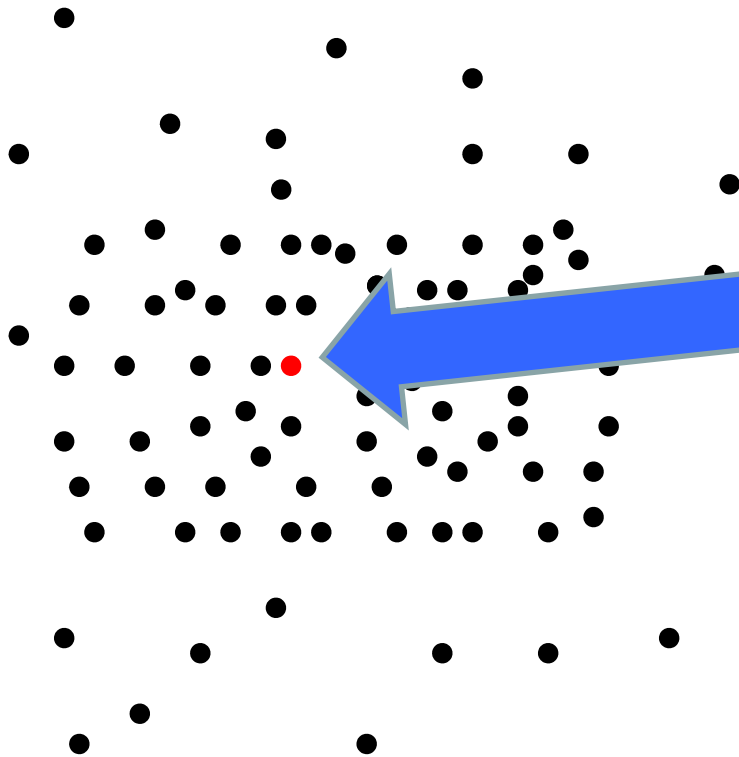
## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出



- フランジの中心位置と向きは  
パイプ部分を円筒、フランジ部分を  
平面として点群から検出



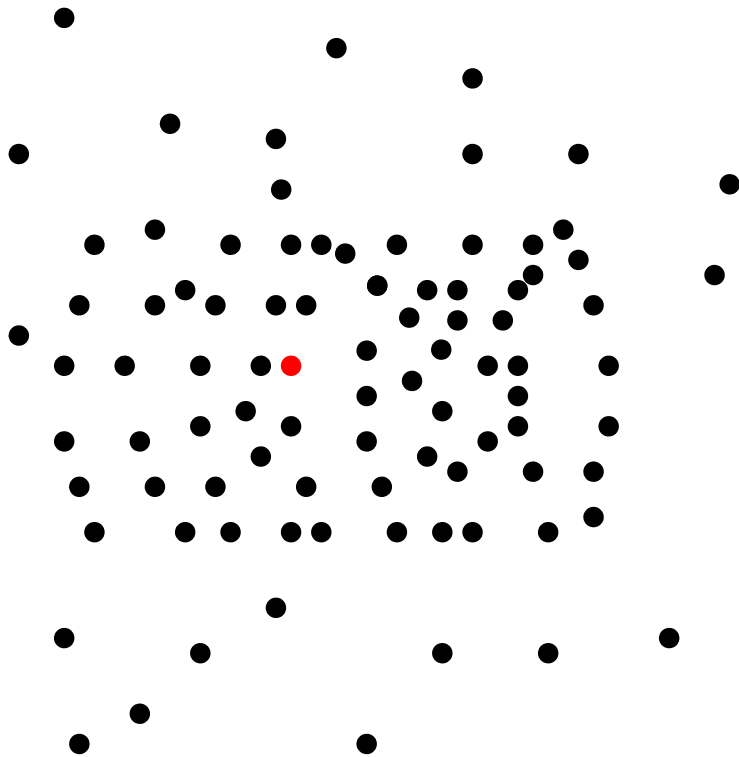
# 点群からのフランチの中心位置と向き の算出



点群の中からランダムに点を抽出



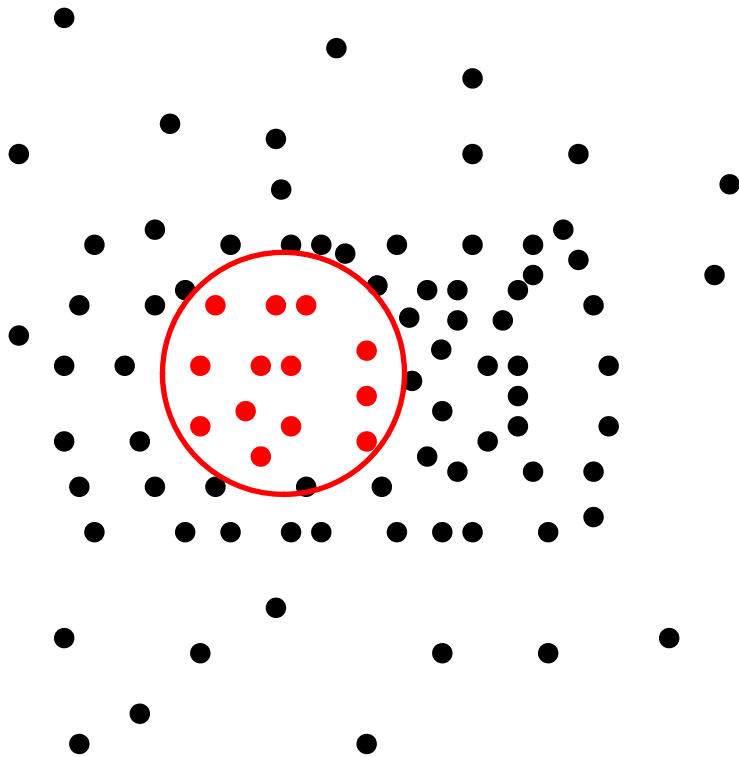
# 点群からのフランジの中心位置と向き の算出



● 近傍点を加えて初期クラスタとする



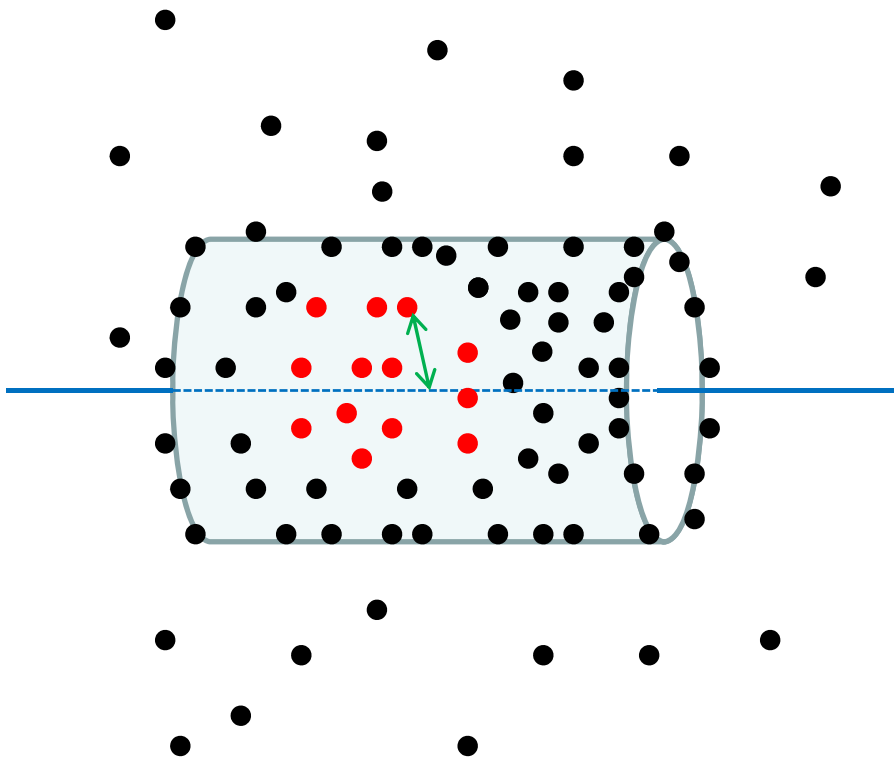
# 点群からのフランジの中心位置と向き の算出



● 近傍点を加えて初期クラスタとする



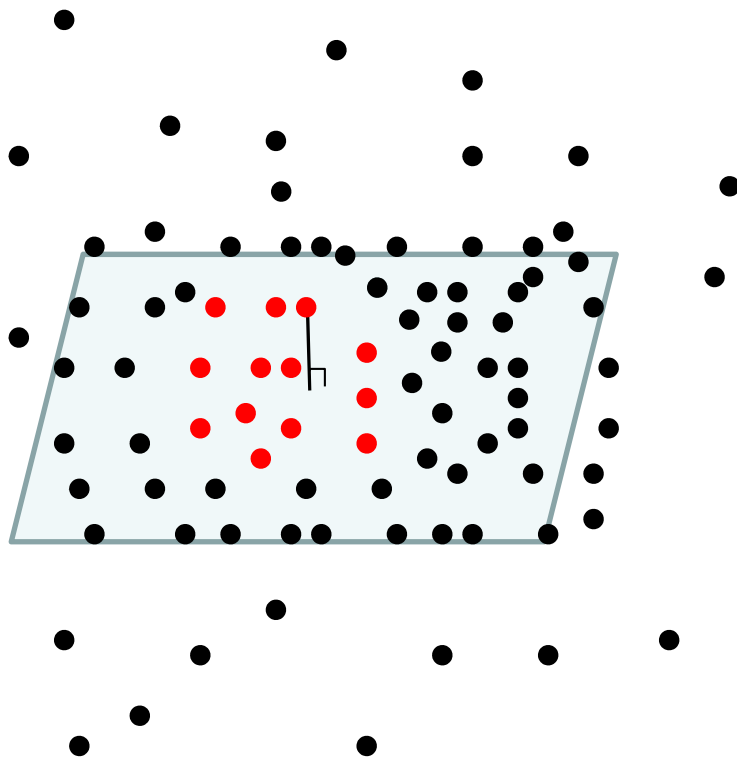
# 点群からのフランジの中心位置と向き の算出



暫定的に円筒の中心線を引き、  
中心線と各点群の距離と半径の  
誤差が一定値以下の場合円筒と  
みなす



## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出



円筒でないと判定された場合、  
暫定的な平面との誤差を計算し、  
その誤差が一定値以下なら平面とみなす

平面でもない判定された場合は  
初期クラスタを生成しなおす

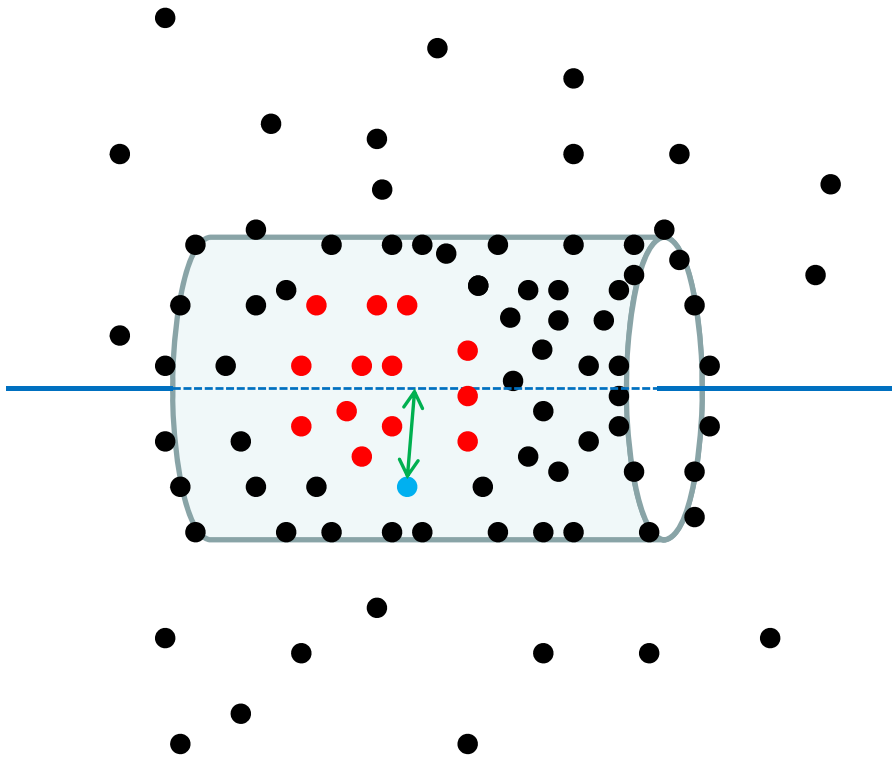




## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出

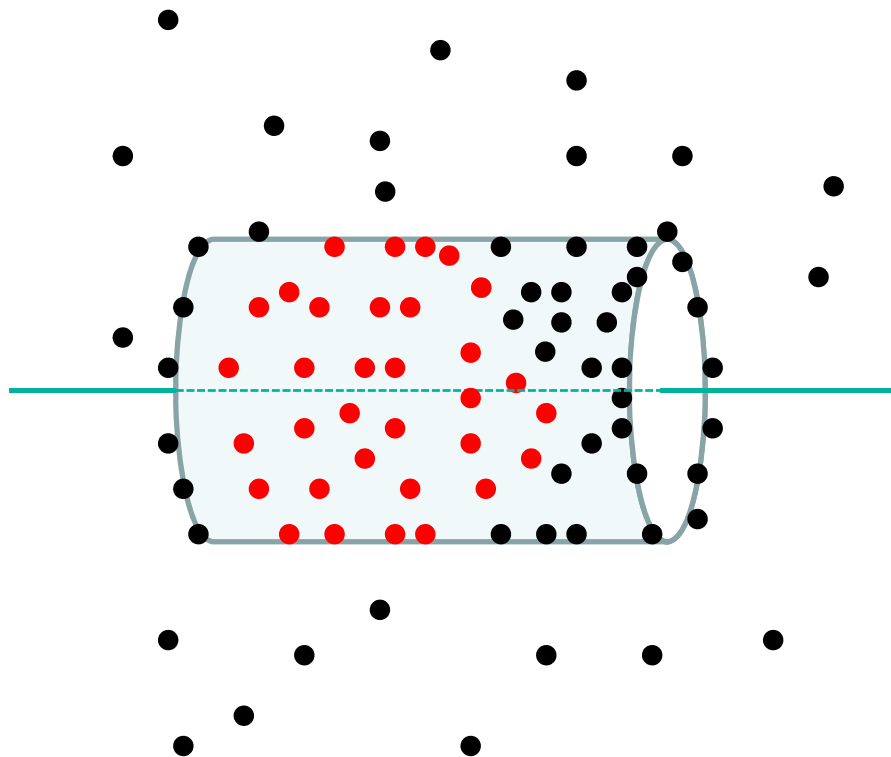
### ・クラスタの拡大

まだクラスタに所属していない点と  
中心線の距離を求め、その距離と半径  
の誤差が一定値以下ならば円筒クラスタ  
に追加





## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出

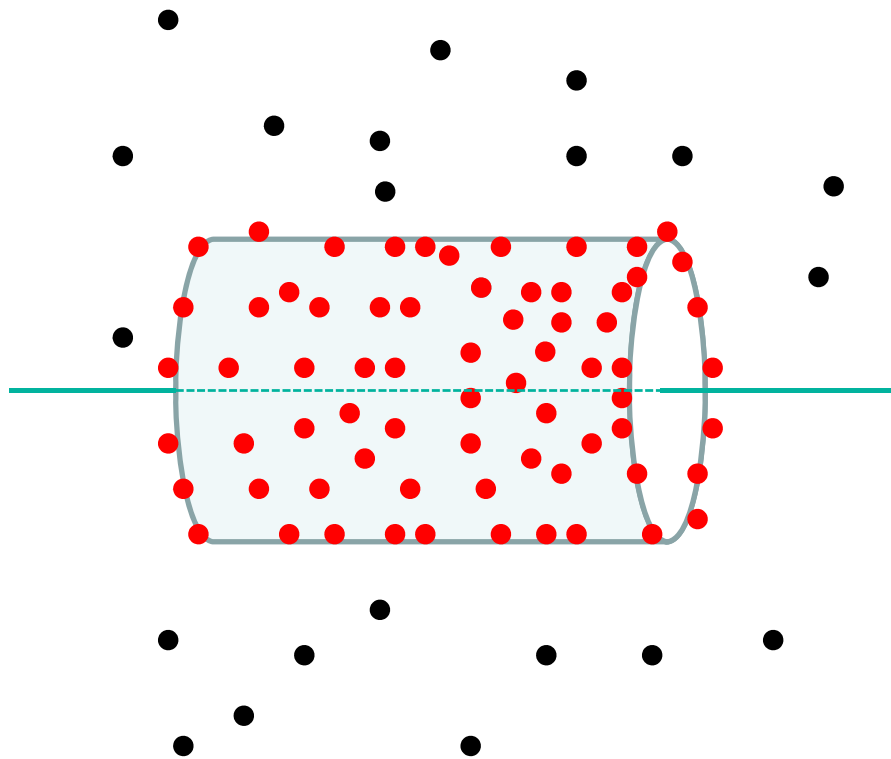


- ・クラスタの拡大  
まだクラスタに所属していない点と  
中心線の距離を求め、その距離と半径  
の誤差が一定値以下ならば円筒クラスタ  
に追加

一通り点を見終わったら円筒の中心線を  
更新



## 点群からのフランジの中心位置と向き の算出



### ・クラスタの拡大

まだクラスタに所属していない点と

中心線の距離を求め、その距離と半径

の誤差が一定値以下ならば円筒クラスタ

に追加

一通り点を見終わったら円筒の中心線を  
更新

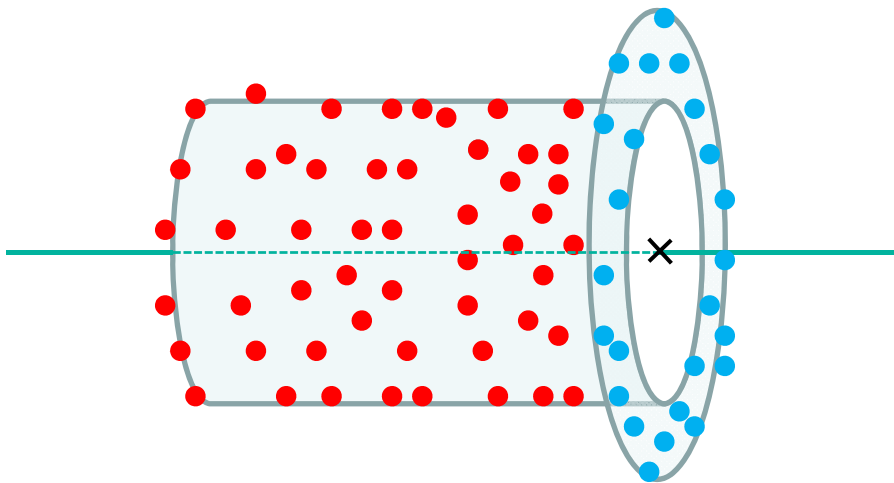
追加する点がなくなったら新しい円筒  
あるいは平面を探す

平面でも同様にしてクラスタリングする



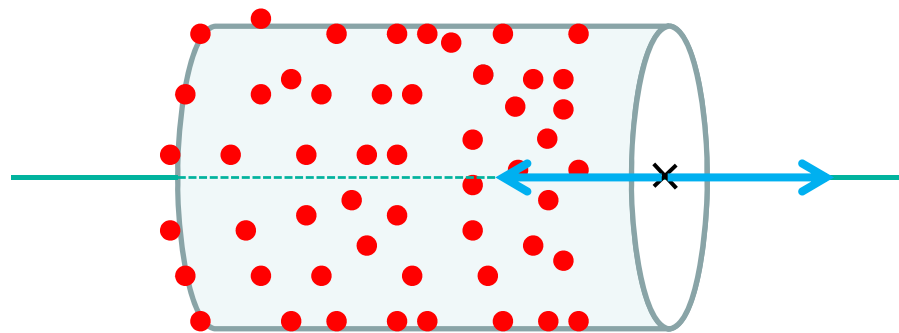
# 点群からのフランジの中心位置と向き の算出

フランジ部分の平面と円筒の中心線の  
の交点を求めるフランジの位置とする





## 点群からのフランジの中心位置と向き of 算出

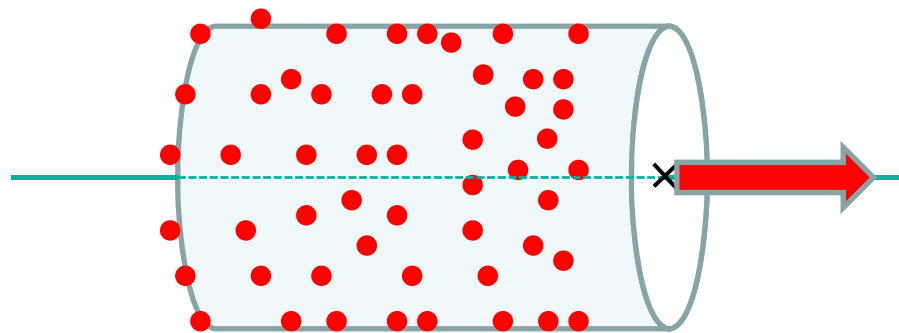


フランジ部分の平面と円筒の中心線の  
の交点を求めるフランジの位置とする

向きは交点から中心線に  
沿った位置の点群の数が少ない方に  
設定する

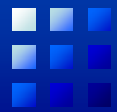


## 点群からのフランジの中心位置と向き of 算出



フランジ部分の平面と円筒の中心線の交点を求めるフランジの位置とする

向きは交点から中心線に沿った位置の点群の数が少ない方に設定する



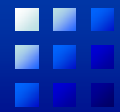
# 発表の流れ

## ■ 研究の背景と目的

## ■ 設計システムの提案

- システムの概要と構成
- フランジ間の位置関係の算出
- **配管経路の計算法**
- 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

## ■ 本研究のまとめと今後の課題

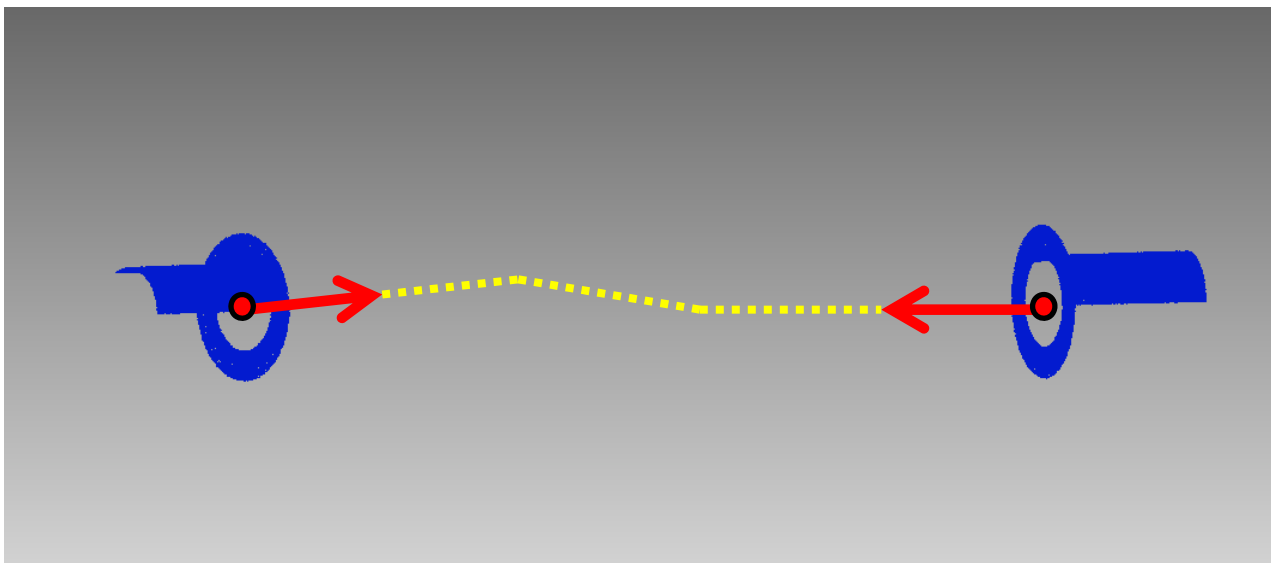


# 配管経路の計算法

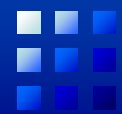
➤ フランジ間の位置関係に合わせて、

- 一直線
- 曲がり1個
- 曲がり2個

のいずれかで設計可能。

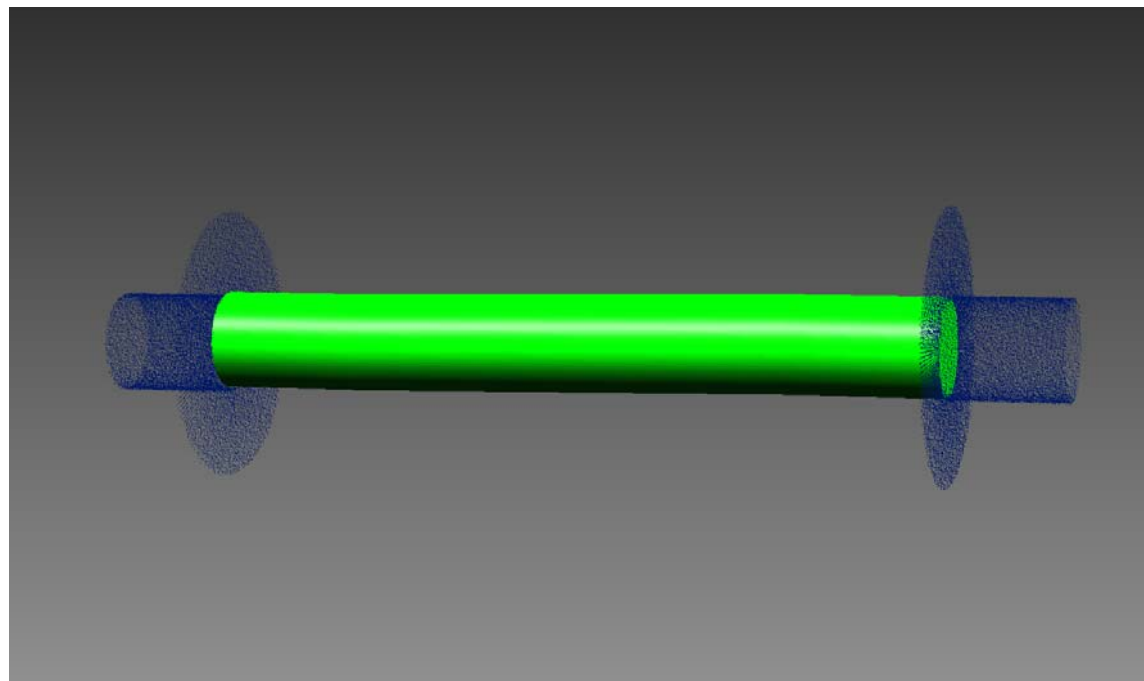
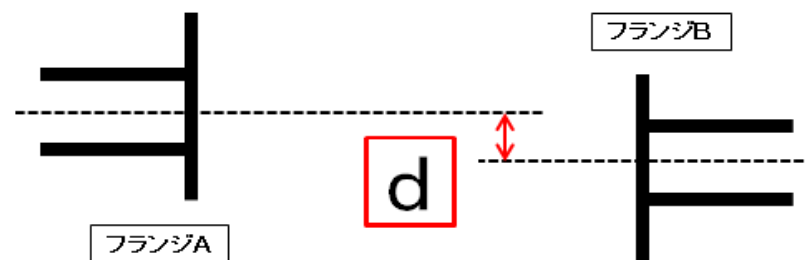


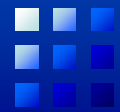




# 配管経路の計算法

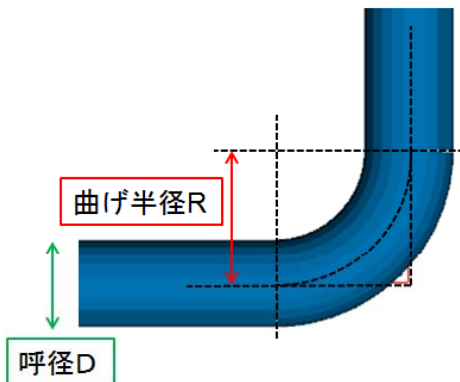
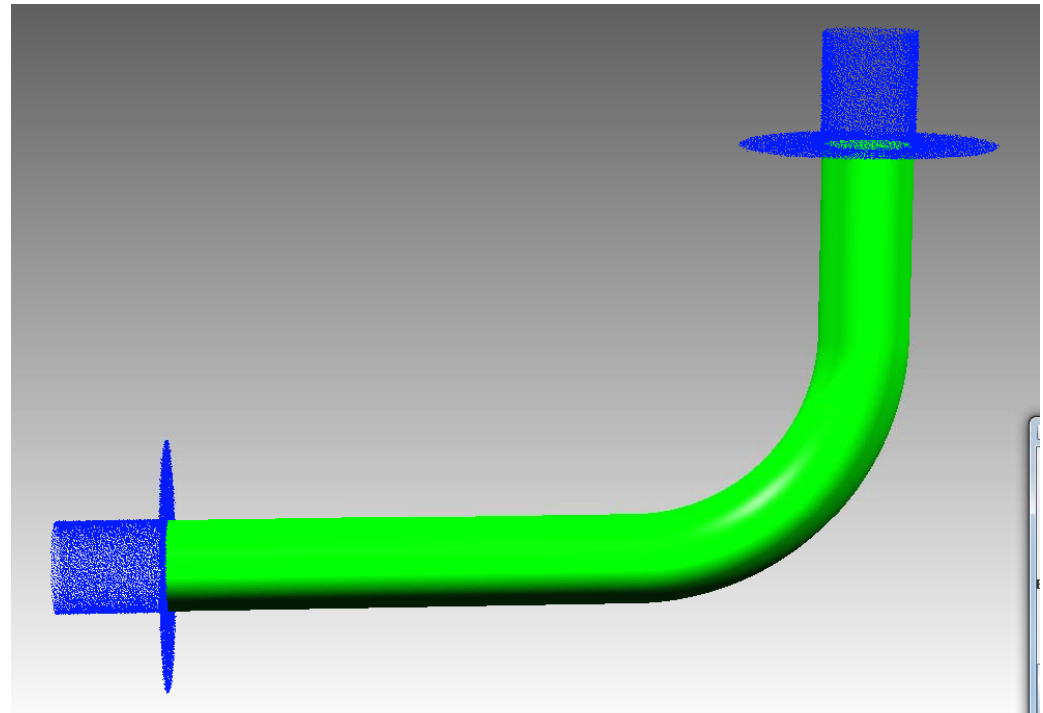
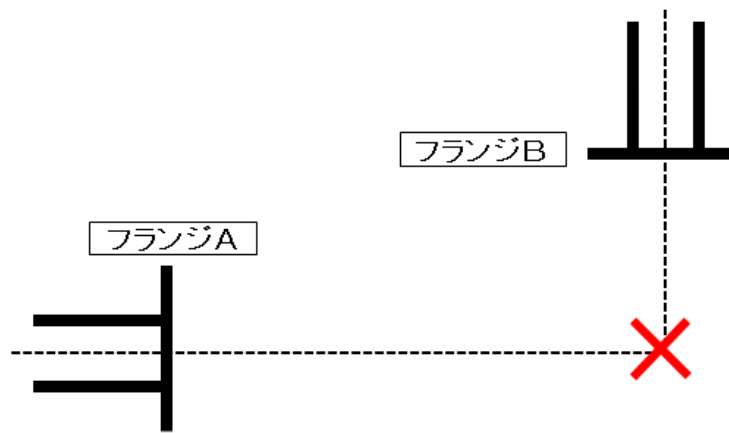
## ■ 一直線の場合





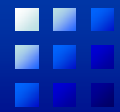
# 配管経路の計算法

## ■ 曲がり1個の場合



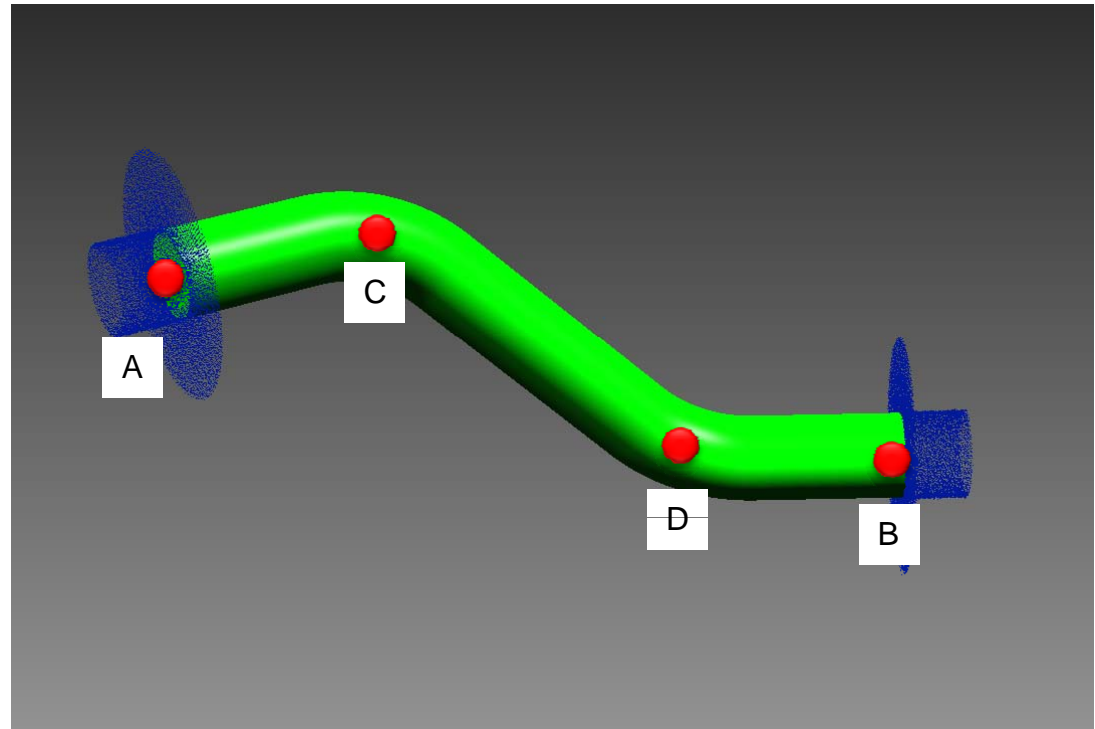
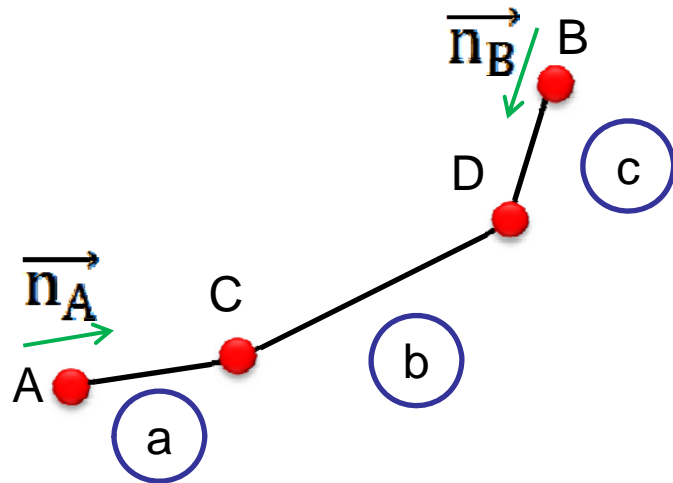
$$R(\text{曲げ半径}) = k(\text{定数}) \times D(\text{呼径})$$

k : 1~5の範囲で0.5刻みの値を指定できる。



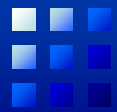
# 配管経路の計算法

## ■ 曲がり2個の場合



$|\overrightarrow{AC}| : |\overrightarrow{CD}| : |\overrightarrow{BD}| = a : b : c$   
となるように点Cと点Dの座標を決定する。

a, b, c の値は任意に  
変更可能



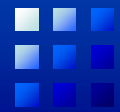
# 発表の流れ

## ■ 研究の背景と目的

## ■ 設計システムの提案

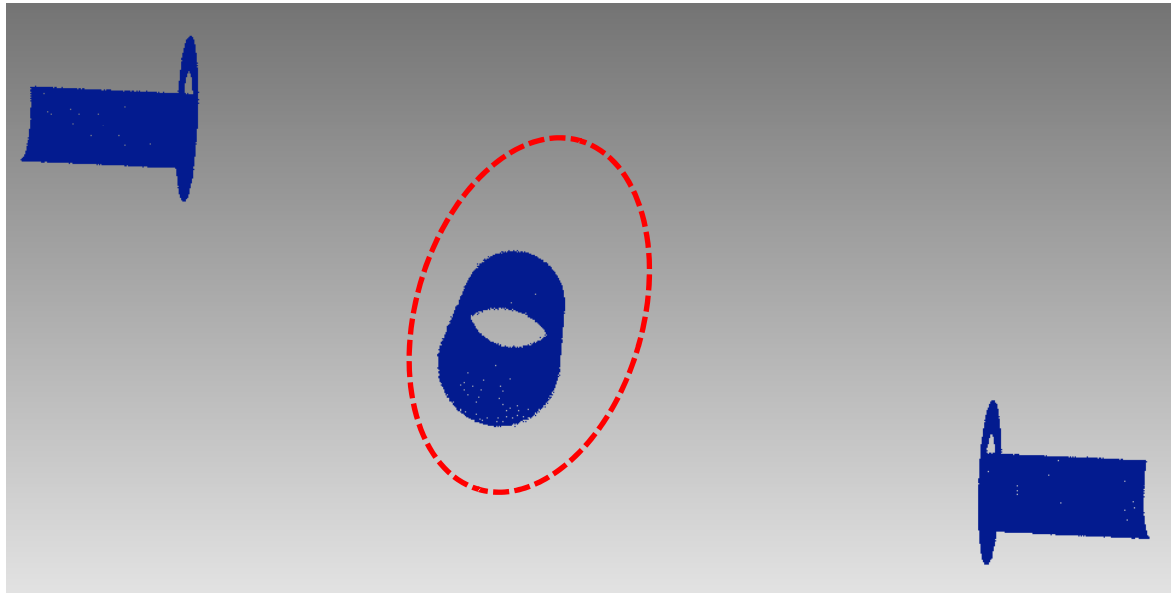
- システムの概要と構成
- フランジ間の位置関係の算出
- 配管経路の計算法
- 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

## ■ 本研究のまとめと今後の課題



# 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

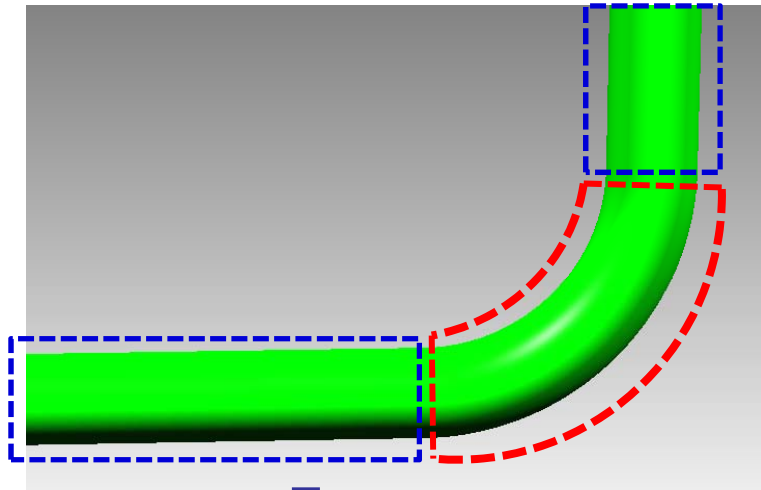
- 2つのフランジ間に障害物(パイプ等)が通っている場合



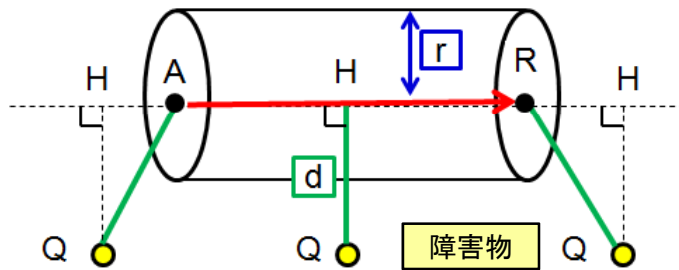
- 本システムでは、3Dスキャナで計測された点群データを基にフランジの位置関係を得るので、その間の**障害物の点群データ**も存在する。
- 点群データを用いて**障害物回避経路**を設計可能。



# 干渉判定



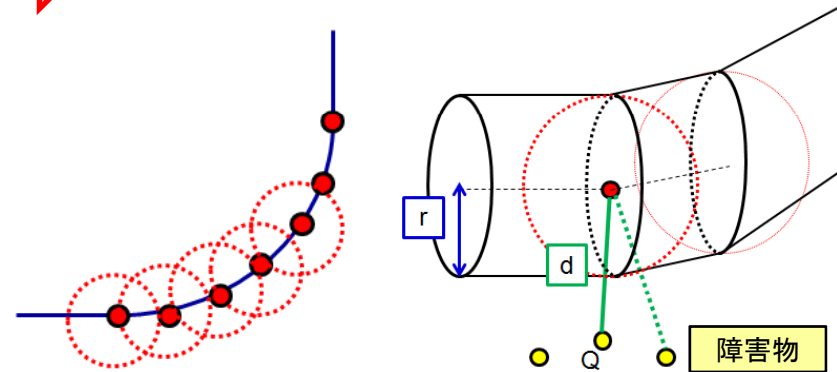
直線部



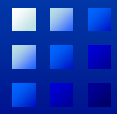
点Qが円柱内部にあれば干渉あり



曲線部



点Qが球内部にあれば干渉あり



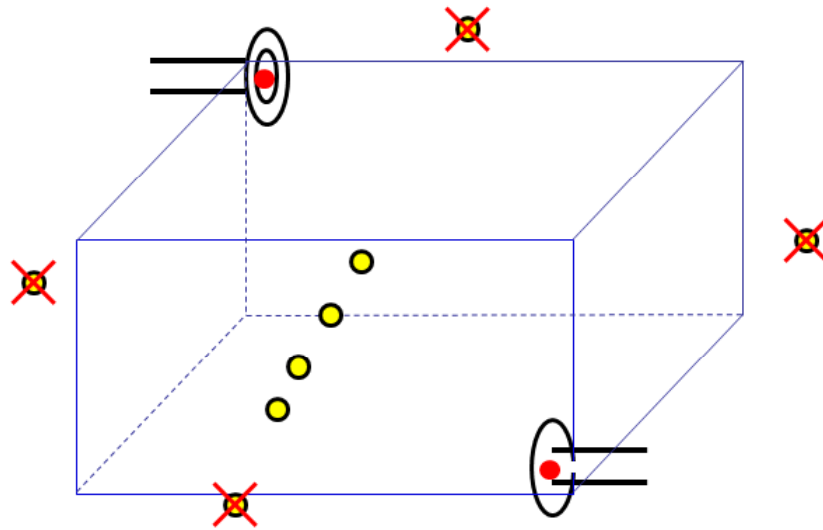
# 干渉判定

## ■ 点群の削減

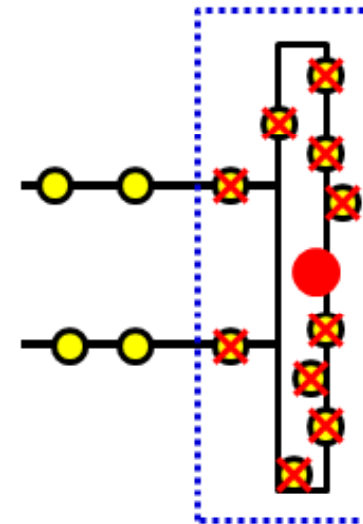


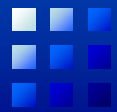
計算量を減らす

範囲外の点群の削除



フランジ周りの点群の削除





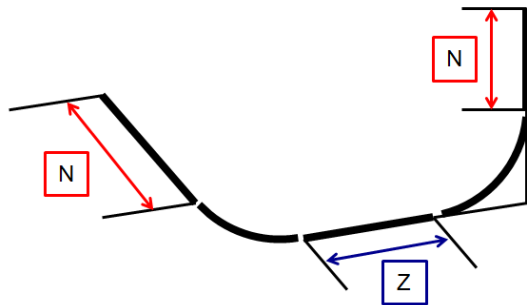
# 干渉回避経路の自動生成

## ■ 障害物との距離

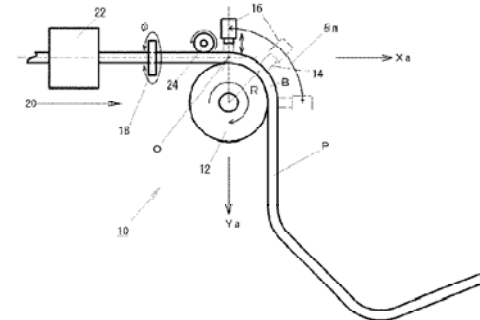
- 干渉しないぎりぎりの経路では、パイプの変形や振動などでぶつかってしまう可能性がある。
- 障害物との距離には余裕を持たせる必要がある。

## ■ つかみ代

- パイプを曲げる際、パイプの両端を掴んで、円形の金型に沿って曲げるという方法がとられる。
- パイプを掴めるだけの長さ(N、Z)が必要

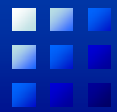


HYPREX社製「YPB-704Fパイプベンダー」



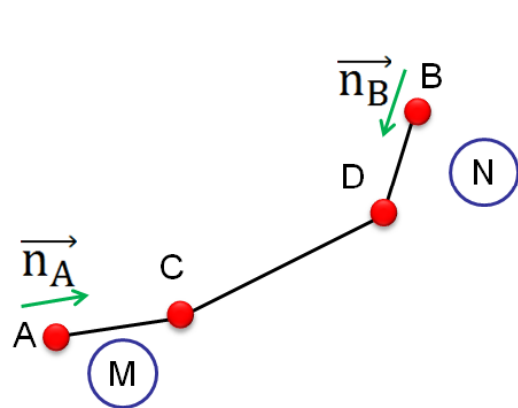
特許:「パイプ曲げ加工条件算出システム、パイプ曲げ加工条件算出プログラム、およびパイプベンダ」



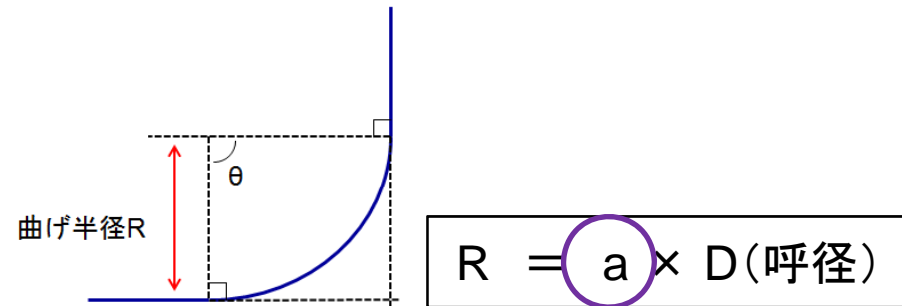


# 干渉回避経路の自動生成

## ■ 探索方法



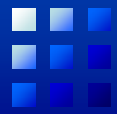
$$\begin{aligned}\vec{OC} &= \vec{OA} + M \cdot \vec{n}_A \\ \vec{OD} &= \vec{OB} + N \cdot \vec{n}_B\end{aligned}$$



M, N: つかみ代~x, 10mmずつ  
(xは任意で変更可。初期値: AB/2 )

a: 1~5の値, 0.5刻み

M、N、aの値の組み合わせを、つかみ代や障害物との距離の制約を満たしつつ、最短経路となるように、全数探索により求める。



# 干渉回避経路の自動生成



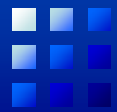
シミュレーション

～干渉判定メソッド～

41

The screenshot displays a software application window titled "Application" with a menu bar containing "File", "Edit", "Setting", and "Help". The main workspace shows a 3D simulation of a green pipe with a curved section navigating around a vertical blue cylindrical obstacle. A mouse cursor is positioned over the scene. On the right side, there is a "編集" (Edit) panel with the following controls:

- Buttons: 停止 (Stop), 干渉回避経路生成 (Generate Interference Avoidance Path), 設定 (Settings)
- Checkboxes:  Obstacle,  Pipe
- Button: 干渉判定 (Interference Judgment)
- Slider: a:c = 1.0:1.0
- Slider: a:b = 1.0:2.0
- Slider: 曲げ半径(k)C= 1.0 (Scale 0 to 6)
- Slider: 曲げ半径(k)D= 1.0 (Scale 0 to 6)
- Buttons: 視点リセット (Reset View), 初期状態 (Initial State), stl生成 (Generate STL)



# 干渉回避経路の自動生成



シミュレーション

～干渉回避経路の自動生成～

42

The screenshot displays a software application window titled "Application" with a menu bar (File, Edit, Setting, Help). The main view shows a 3D simulation of a green pipe with a blue obstacle and a red path. The interface includes several settings panels:

- 設定 (Settings):**

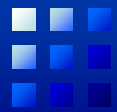
最小曲げ半径(k)k(倍)	1.5
最大曲げ半径(k)k(倍)	5.0
つかみ代N(端)(mm)	100.0
つかみ代Z(中央)(mm)	100.0

適用
- 最適経路-設定 (Optimal Path Settings):**

<input checked="" type="checkbox"/> 曲げ半径(k)を同じにする	
延長間隔(mm)	20
障害物との間隔(mm)	10.0
最大延長(A B × t 倍)	0.5

適用
- 編集 (Edit):**

停止	干渉回避経路生成	設定
<input checked="" type="checkbox"/> Obstacle		
<input checked="" type="checkbox"/> Pipe		
干渉あり		干渉判定
a:c = 1.0:1.0		
a:b = 1.0:2.0		
曲げ半径(k)C = 1.0		
曲げ半径(k)D = 1.0		
視点リセット	初期状態	st生成



# 干渉回避経路の自動生成



シミュレーション

～スライダーで調整～

43

Application

File Edit Setting Help

編集

停止 干渉回避経路生成 設定

Obstacle

Pipe

干渉なし

a : c = 1:0.7272727272727273

a : b = 1:1.058801740229823

曲げ半径(k)C= 1.5

曲げ半径(k)D= 1.5

視点リセット 初期状態 st生成

設定

最小曲げ半径(k)k(倍)	1.5
最大曲げ半径(k)k(倍)	5.0
つかみ代N(端)(mm)	100.0
つかみ代Z(中央)(mm)	100.0

適用

最適経路-設定

曲げ半径(k)を同じにする

延長間隔(mm)	20
障害物との間隔(mm)	10.0
最大延長(A B × t 倍)	0.5

適用



# 発表の流れ

## ■ 研究の背景と目的

## ■ 設計システムの提案

- システムの概要と構成
- フランジ間の位置関係の算出
- 配管経路の計算法
- 干渉判定と干渉回避経路の自動生成

## ■ 本研究のまとめと今後の課題



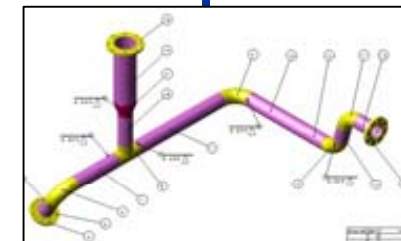
# まとめ

## 現場合わせ管の設計システムの構築

- 点群データからフランジ間の位置関係を計算
- フランジ間の配管経路の設計
  - パイプベンダーの能力、障害物との干渉を考慮
  - 経路の自動生成

## 今後の課題

- フランジ穴の検出
- 90度(45度)エルボのパイプのみで設計
  - 施工場所によってはパイプを任意の角度に曲げることができず、90度しか曲げられないこともある
- 実データでシミュレーション
  - Kinectやその他3Dスキャナの点群データを用いる

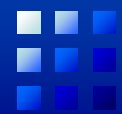




# 付録

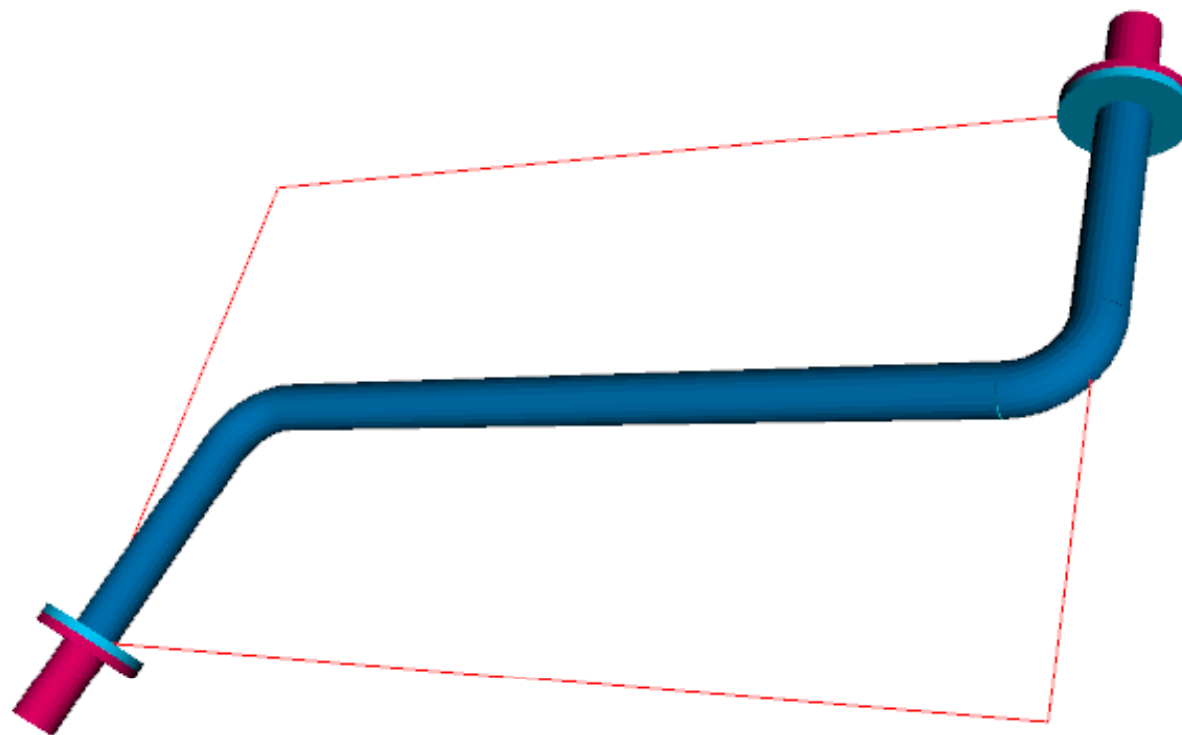






# 曲がり点

方向ベクトルの交点が赤枠空間内にはないときは、曲がり2個



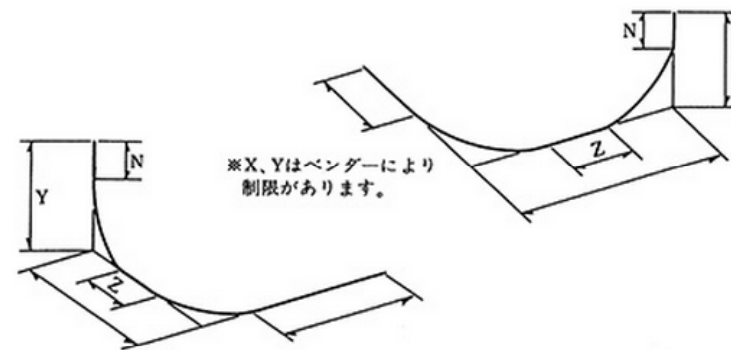


# パイプつかみ代

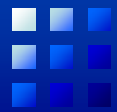
## ●つかみ代

単位(mm)

冷間曲げ			熱間曲げ		
呼び径	N	Z	呼び径	N	Z
1/2	50	50	2 1/2	200	250
3/4	50	50	3	200	250
1	70	60	4	200	250
1 1/4	100	70	5	250	250
1 1/2	100	80	6	250	250
2	100	100	8	300	300
2 1/2	200	150	10	350	350
3	200	180	12	400	400
4	200	200	14	400	400
5	200	250	16	500	600
6	200	250			



東北パイプターン工業株式会社HPより

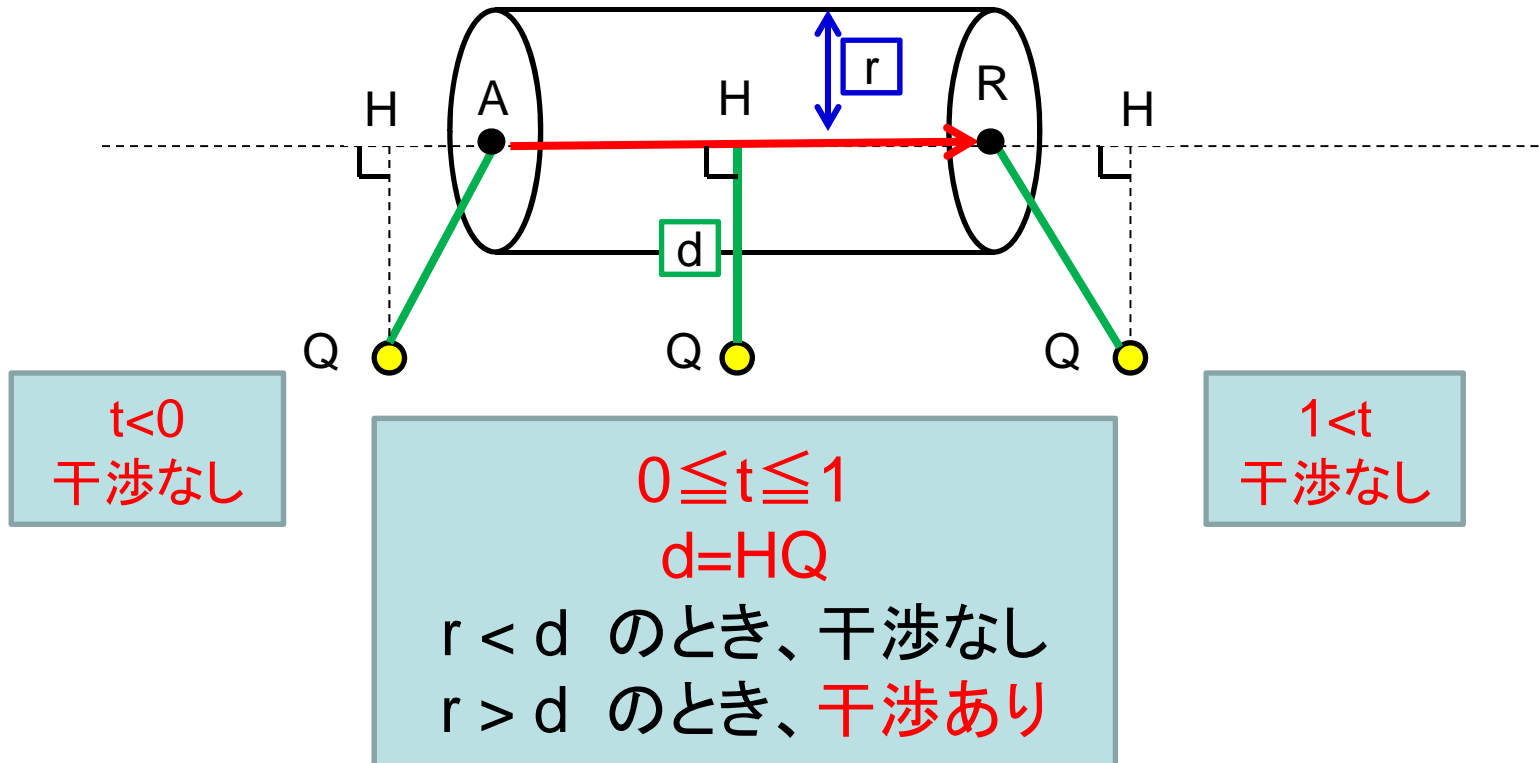


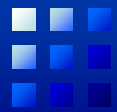
# 干渉判定

- 直線部

$\vec{AH} = t \cdot \vec{AR}$  とおくと  
 $\vec{AR} \cdot \vec{HQ} = 0$  より

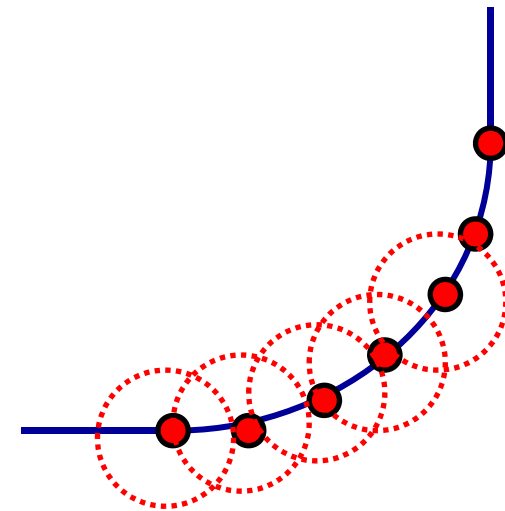
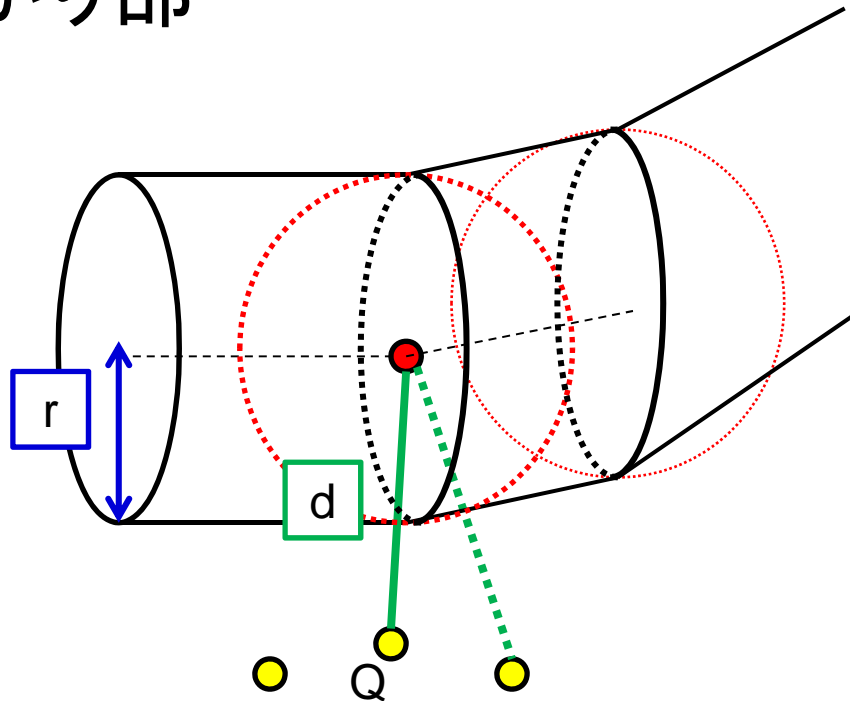
$$t = \frac{\vec{AR} \cdot \vec{AQ}}{|\vec{AR}|^2}$$



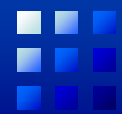


# 干渉判定

- 曲がり部

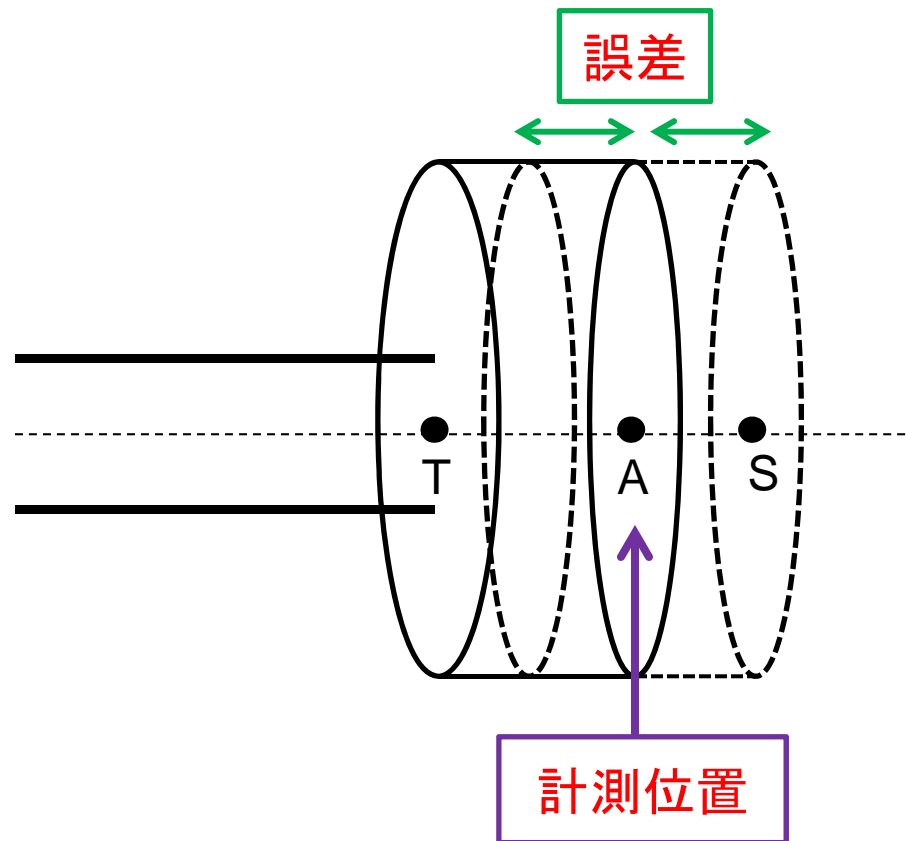


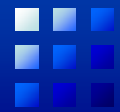
$r < d$  のとき、干渉なし  
 $r > d$  のとき、干渉あり



# 衝突判定メソッドの修正

- フランジ周りの点群の削除



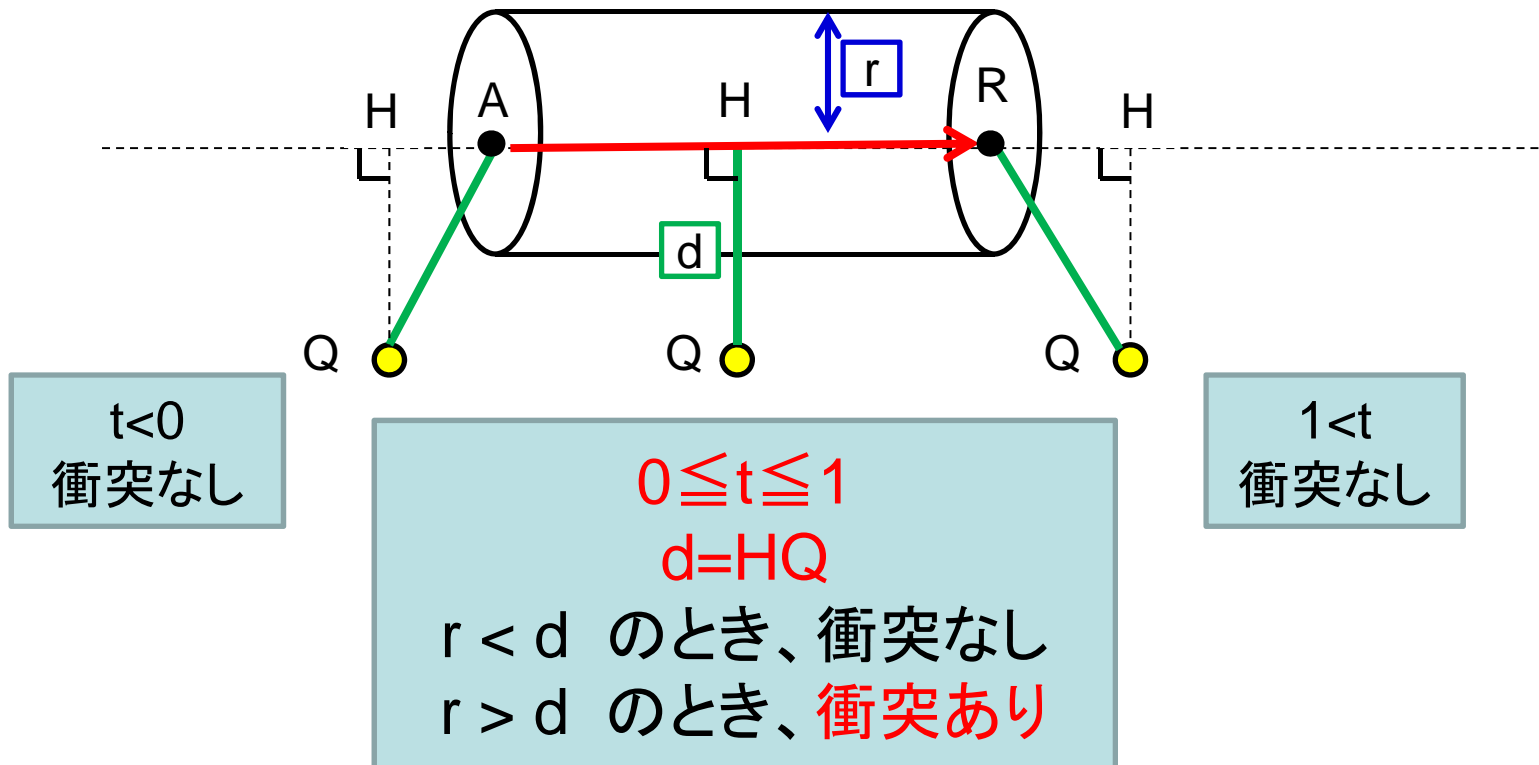


# 衝突判定メソッドの修正

- 直線部

$\vec{AH} = t \cdot \vec{AR}$  とおくと  
 $\vec{AR} \cdot \vec{HQ} = 0$  より

$$t = \frac{\vec{AR} \cdot \vec{AQ}}{|\vec{AR}|^2}$$





# DXF

Autodesk DWG TrueView 2015 sample5.dxf:2

ホーム

開く DWG 変換 ファイル

印刷 プレビュー 出力

パッチ印刷

オブジェクト範囲 ナビゲーション

2D ワイヤフレーム

未保存のビュー

未保存の画層状態

ビュー管理 表示

計測

リージョン/マスプロパティ

オブジェクト情報

位置表示

計測

端点

オブジェクトスナップ

ウィンドウ 切替え

ファイルタブ

レイアウトタブ

上下に並べて表示

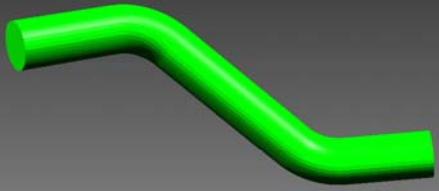
左右に並べて表示

重ねて表示

ユーザーインターフェイス

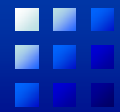
sample5.dxf

length = " ",

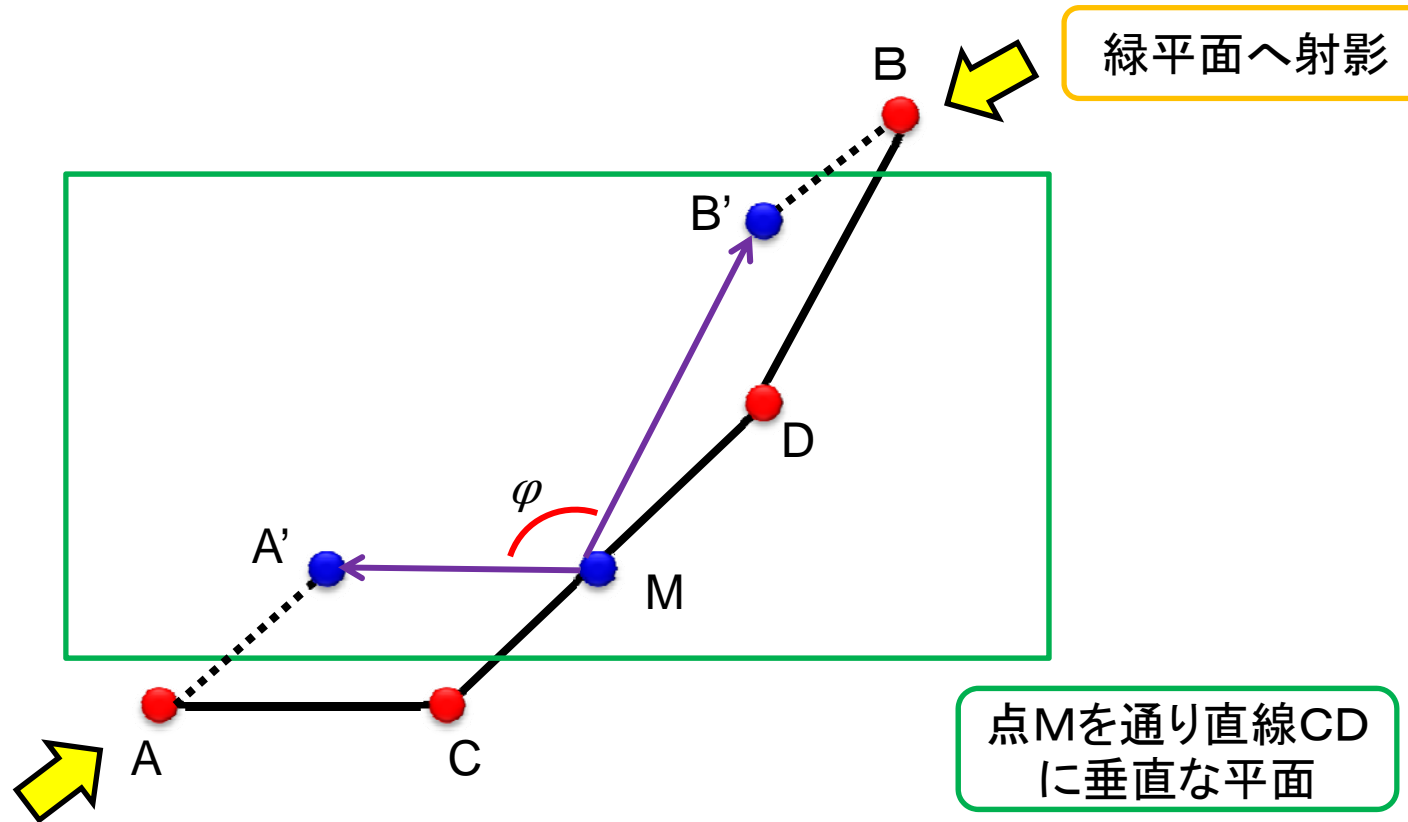


[Esc] か [Enter] を押してください、または右クリックでショートカットメニューを表示。

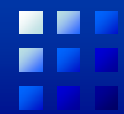
終了するには [Esc] か [Enter] を押してください、または右クリックでショートカットメニューを表示。



# 回転角(ねじれ角度)の計算法







# stlファイルの生成

