

解析支援ネットOKAYAMA第3回セミナー 2007年8月27日

# 振動特性解析と 評価システムの開発事例

(ベローズ形伸縮継手の振動特性について)

中国職業能力開発大学校  
生産機械システム技術科  
池本和夫



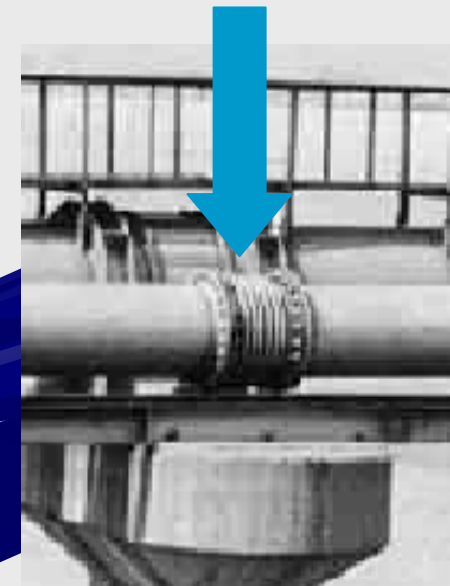
# ベローズ形伸縮継手

## ベローズ形伸縮継手

### 使用設備

各種発電設備  
化学プラント  
水道用配管

産業用機械装置  
都市ガス



### 使用目的

温度変化に伴う管熱膨張の吸収  
機械の振動吸収  
軸直角方向変位と角変位の合成変位の吸収

# 現状の配管設計(ベローズの選定)

EJMA規格に沿った各種設計

軸方向と軸直角方向の固有振動数の計算

取付け機器における共振現象の回避

設計段階における最適な型式選定: 難しい課題

(実際に設置されている状態での固有振動数の把握が不十分)

# 共同研究の課題

ベローズ形伸縮継手の振動特性について

EJMA規格に沿った設計計算値

有限要素法(FEM)による解析結果

製品の実験値 [評価システムの開発]

異なる3手法

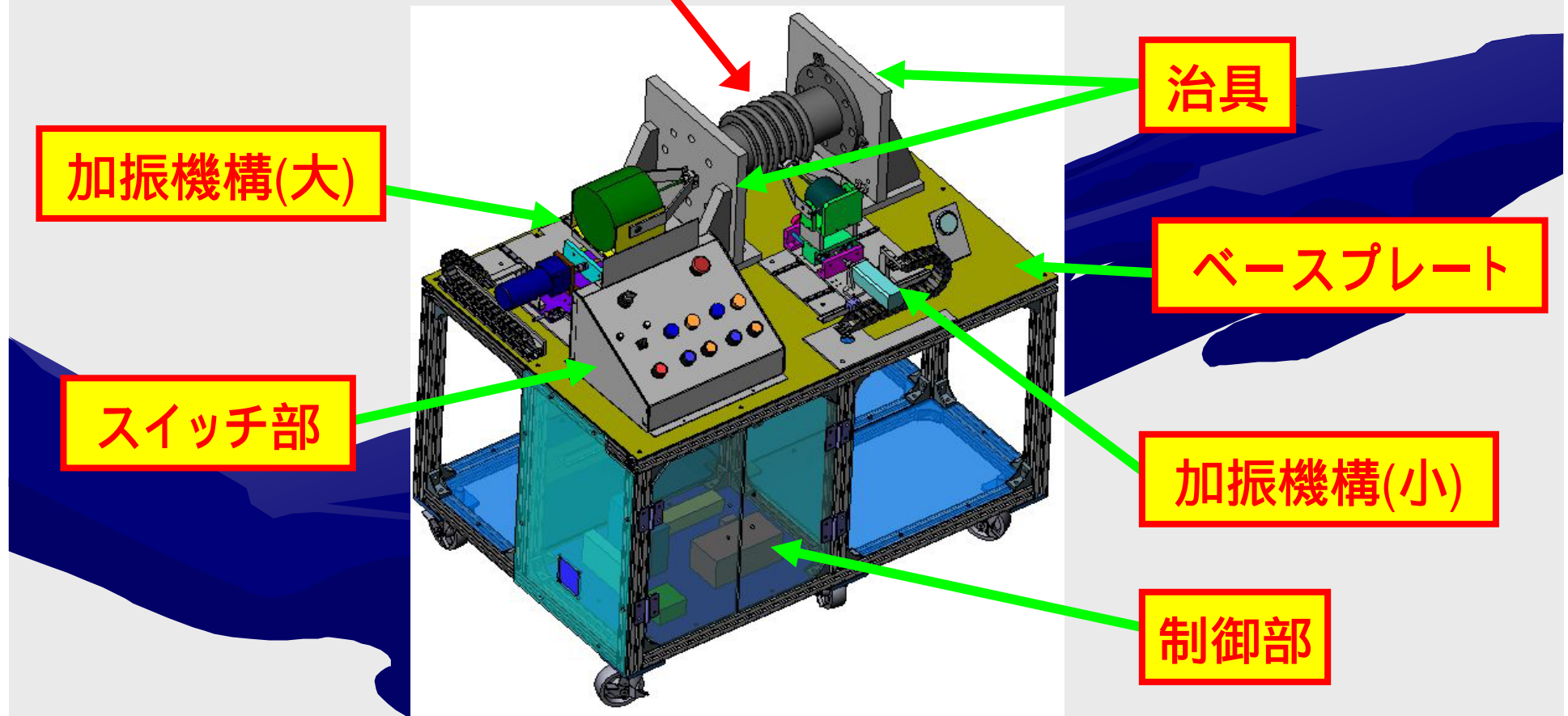
による 比較検討

製品の実験値に近似する  
解析条件や設計計算時の補正係数の抽出

共振現象を回避する設計, および型式選定指針

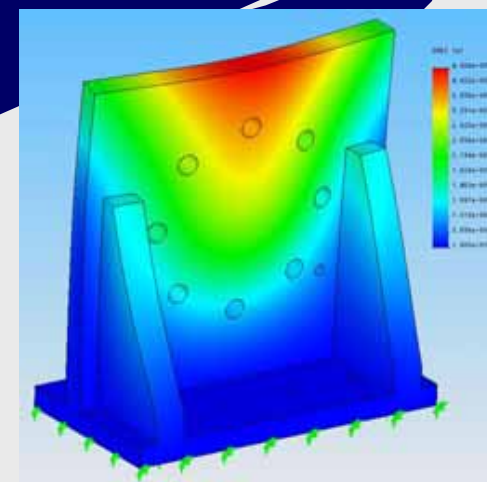
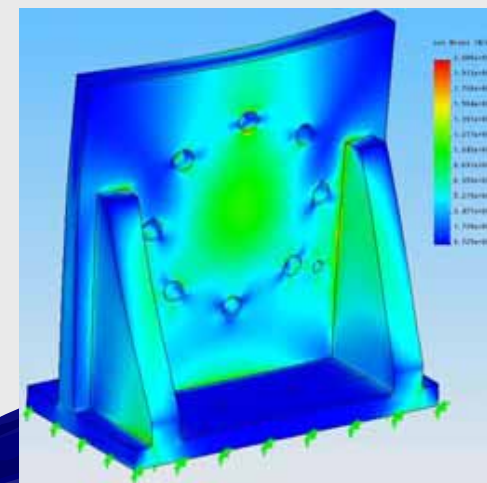
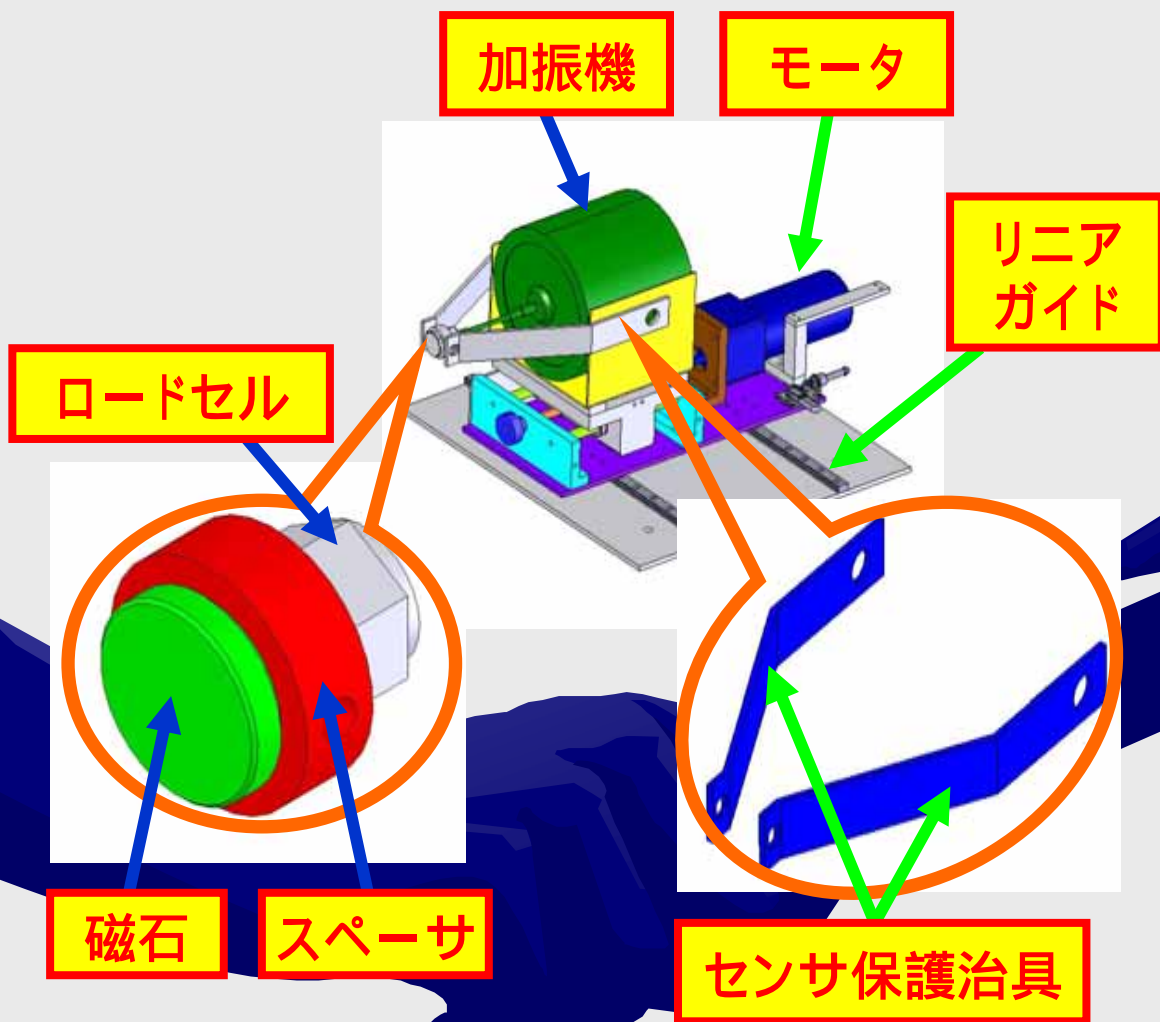
# ベローズ形伸縮継手と評価システムの外観

## ベローズ形伸縮継手



# 加振機構部の詳細

# 治具の構造解析結果



# EJMA計算とFEM解析および実験値の抽出手法

## . EJMA規格による固有振動数の計算

(1) 計算条件の入力  
内径, 山高, ピッチ, 呼び板厚, 山数,  
縦弾性係数, 質量密度



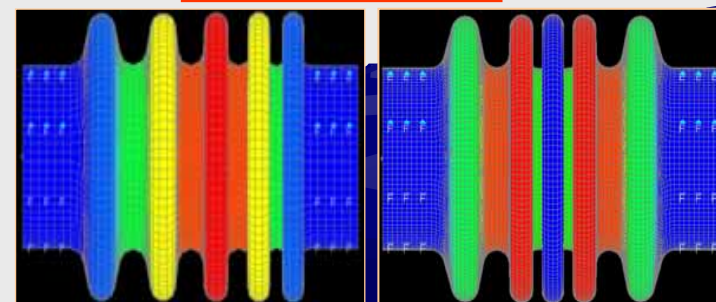
(2) ベローズ仕様の計算  
計算板厚, 質量, 形状係数,  
有効長さ, 軸方向のばね定数



(3) 軸方向および軸直角方向の  
固有振動数の算出

## . FEM解析による振動モード形状の例

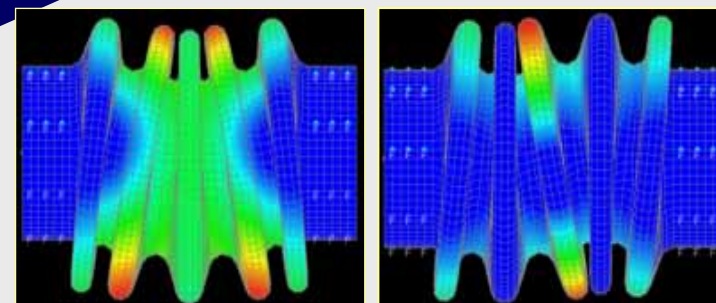
軸方向モード



1次

2次

軸直角方向モード



1次

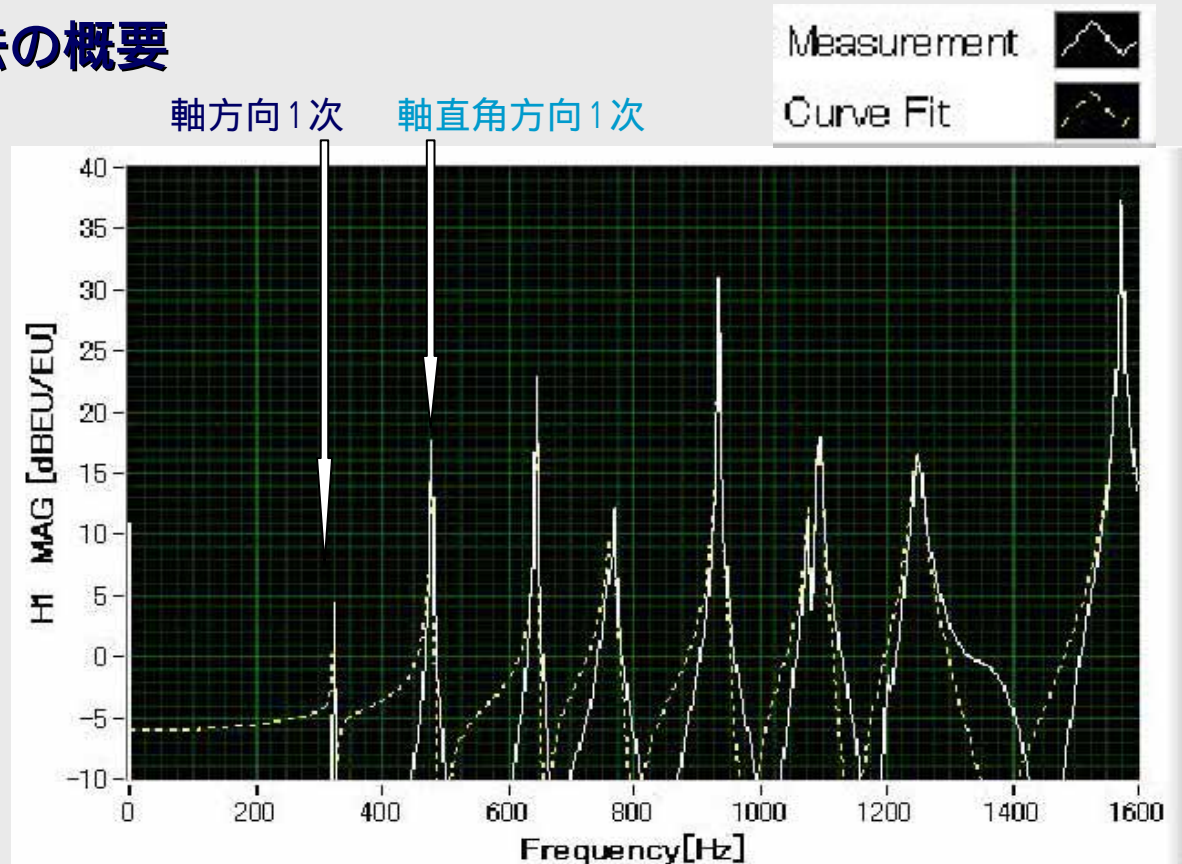
2次

# 実験値の抽出手法の概要

周波数応答関数



実験値の抽出



周波数応答関数 (5山: 軸方向加振の場合)

コンプライアンス形式での表現

$$G(\omega) = \sum_{r=1}^n \left\{ \frac{U_r + jV_r}{j(\omega - \omega_{dr}) + \sigma_r} + \frac{U_r - jV_r}{j(\omega + \omega_{dr}) + \sigma_r} \right\} + \frac{C}{\omega^2} + D$$

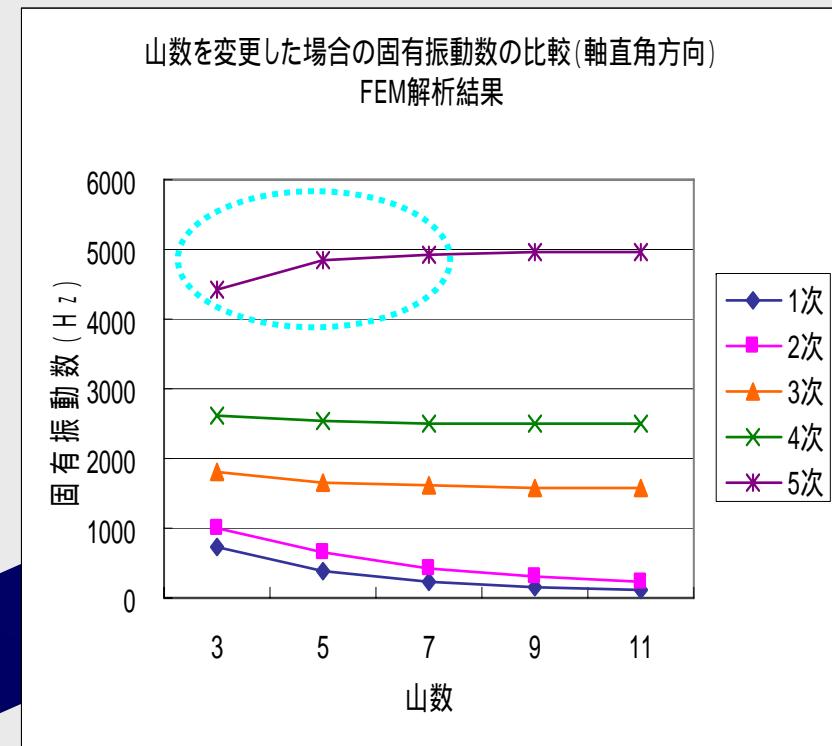
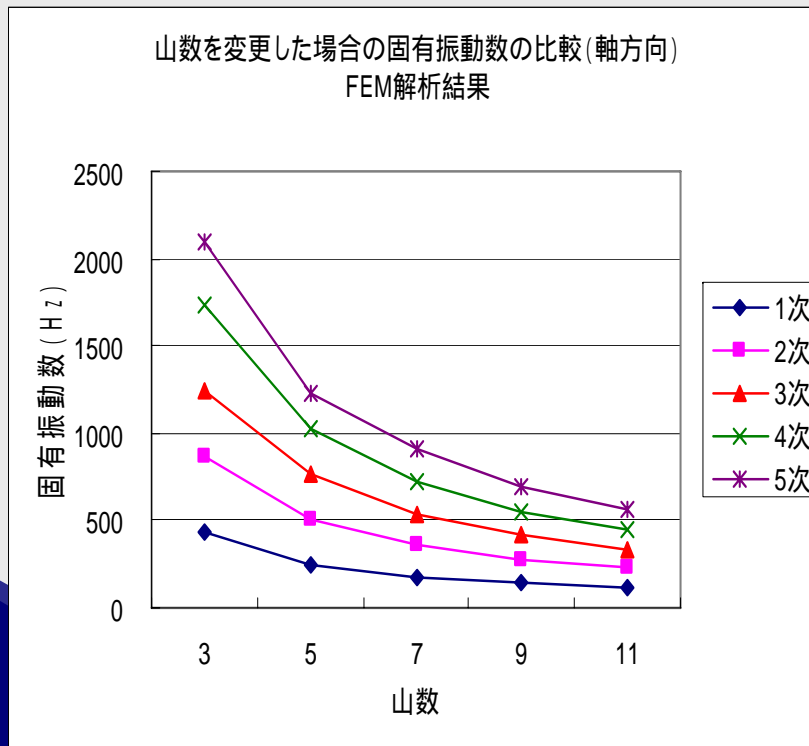
パラメータ ( $\omega_{dr}$ ,  $\sigma_r$ ,  $U_r$ ,  $V_r$ ,  $C$ ,  $D$ ) の推定手法

Levenberg - Marquardt法 (LM法)  
非線形最小2乗法



# ベローズの仕様(山数,板厚,山高,内径,ピッチ)を変更した場合の固有振動数の変化を把握(FEM解析)

## 山数を変更した場合の解析結果の例



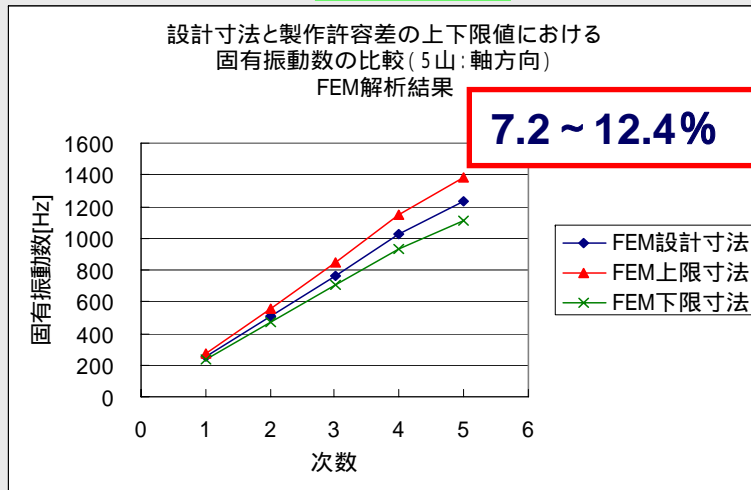
山数を増加する 固有振動数は低くなる

軸直角方向の高次 : ベローズの山数が少ないと

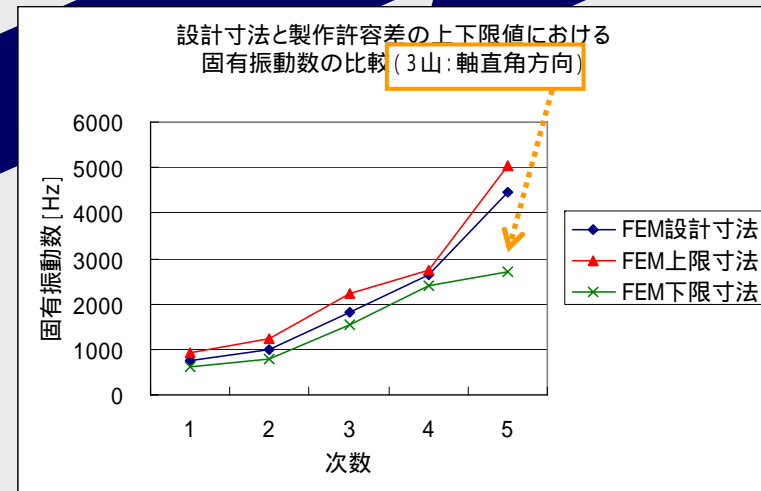
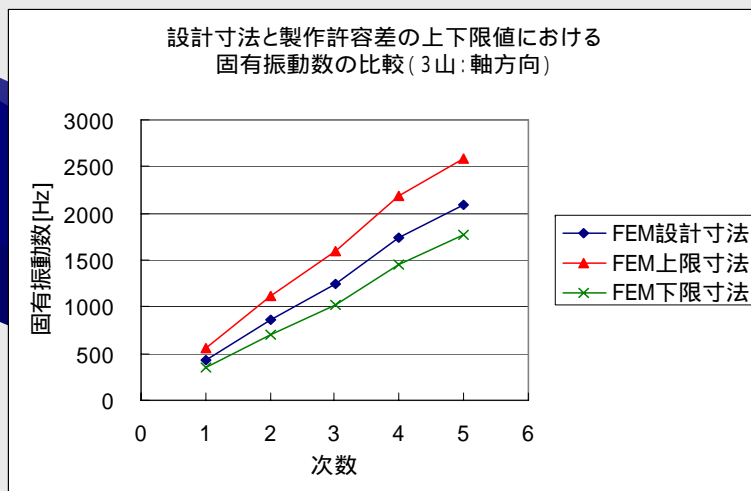
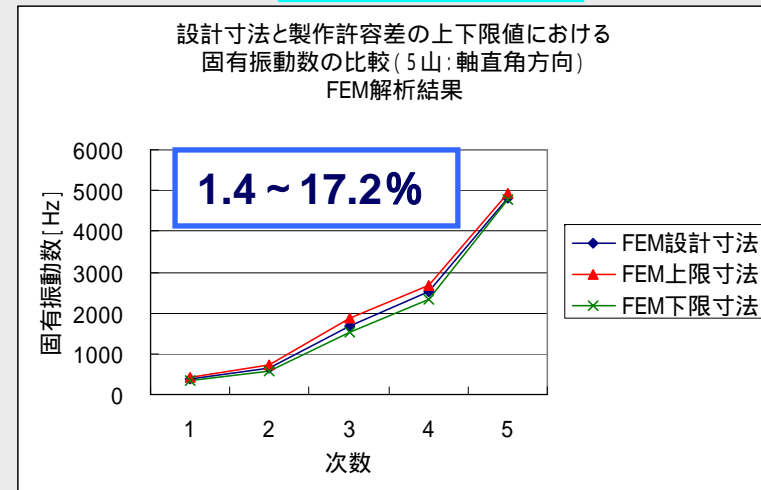
高次における曲波の波長が短くなる影響がでる

# 設計寸法と製作許容差の上下限值における 固有振動数の比較 (FEM解析)

## 軸方向

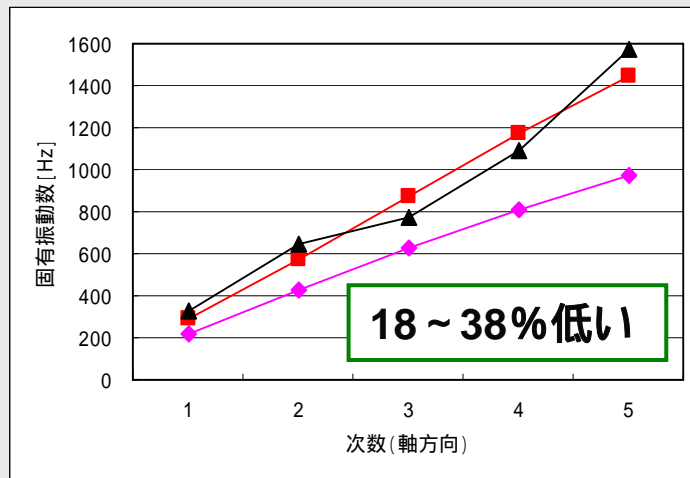


## 軸直角方向

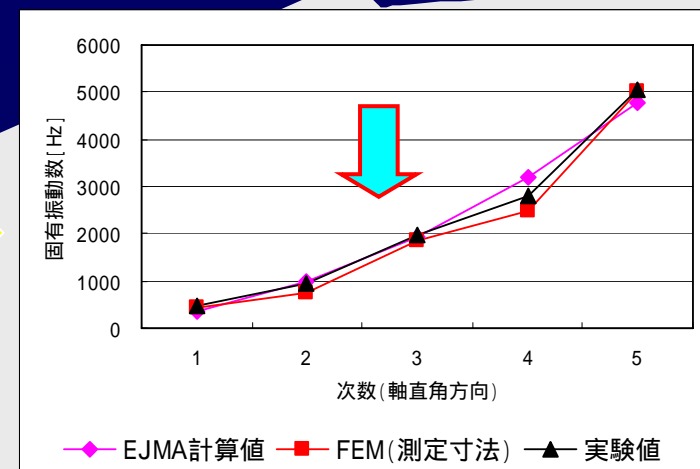
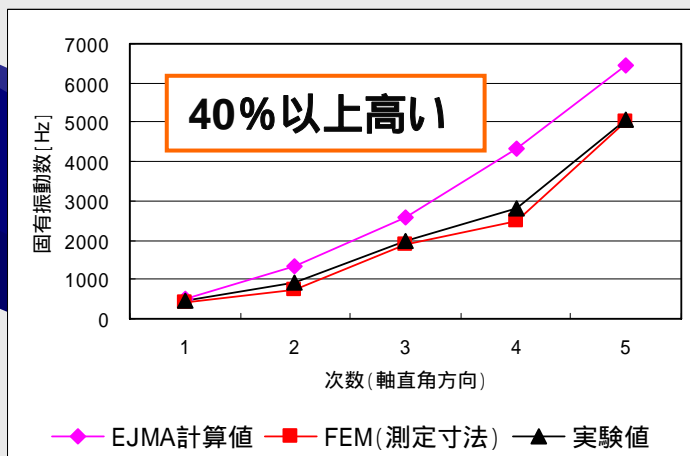
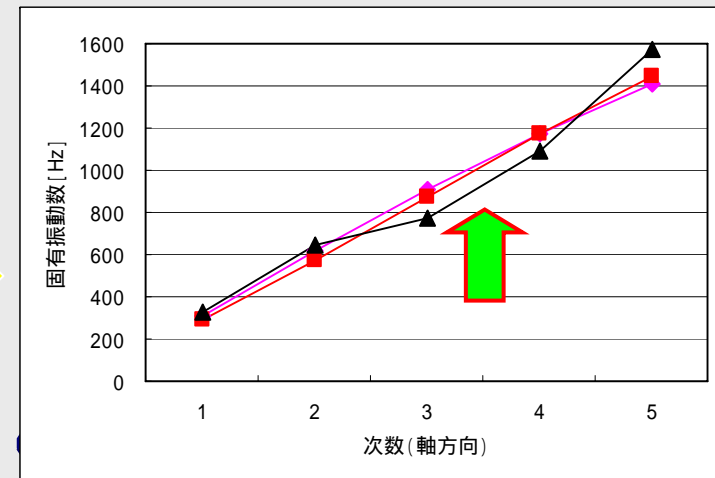


# EJMA計算値とFEM解析結果および実験値の比較

補正前



補正後



◆ EJMA計算値 ■ FEM(測定寸法) ▲ 実験値

◆ EJMA計算値 ■ FEM(測定寸法) ▲ 実験値

# ベローズ形伸縮軸継手の振動特性解析のまとめ

製品の実験値

比較

比較

FEMによる解析結果

EJMA規格による計算値

ほぼ近似する値

軸方向 : 低い  
軸直角方向 : 高い

設定解析条件 : 妥当

製作許容差における変動幅を把握

補正係数の導出

共振現象を回避する設計, 型式選定の有効な指針の導出