

サンプルテキスト

# CAEのための振動工学基礎II

～2自由度系の振動とモード解析・構造音響連成系～

---

サイバネットシステム株式会社

**CYBERNET**

**CAE**  
UNIVERSITY

## サンプルテキストについて

- 各講師が「講義の内容が伝わりやすいページ」を選びました。
- テキストのページは必ずしも連続していません。一部を抜粋しています。
- テキストの複写・複製・無断転載・転用は固く禁じます。

- ①2自由度系の振動・モード解析（理論・実験）の基礎
- ②動吸振器の基礎
- ③構造音響連成系の基礎，を説明していきます。

- ・振動現象を特徴付ける重要な振動特性は固有振動数 $\omega_r$ ，モード減衰比 $\zeta_r$ ，振動モード $\{\phi_r\}$ の3つで，モード特性と呼びます。

固有振動数 $\omega_r$

→ 復元力 + 慣性が打ち消しあい，外力に対する動剛性がゼロになる振動数。

モード減衰比 $\zeta_r$

→ 共振時の振動の大きさを支配する量。

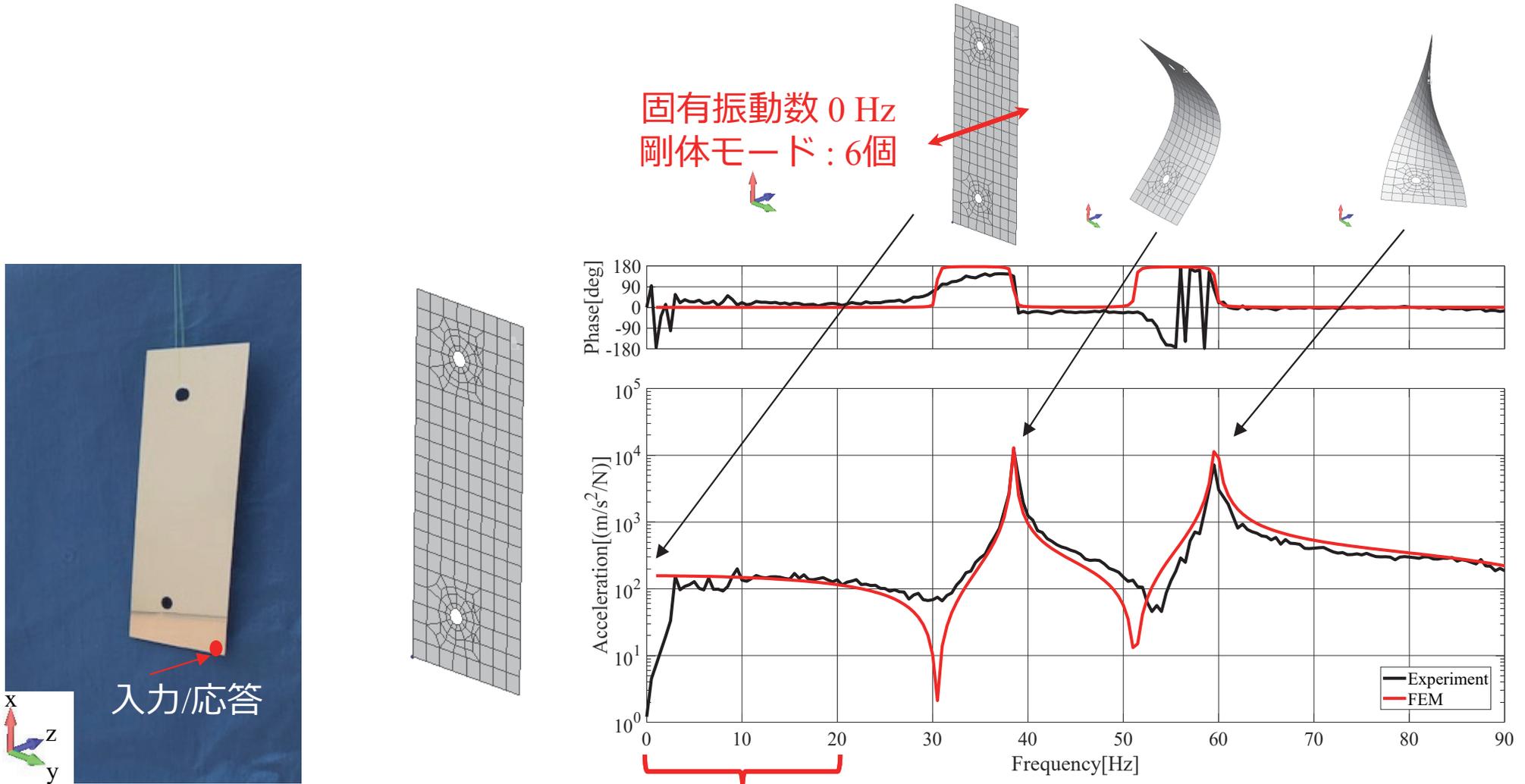
振動モード $\{\phi_r\}$

→ 固有振動数で振動しやすい変形 = 動剛性がゼロの変形（方向）を表す。  
振動モード同士は $\mathbf{M}$ ， $\mathbf{K}$ 直交性を有する。

- ・本セミナーでは，はじめに2自由度系の振動を通して固有振動数 $\omega_r$ ，モード減衰比 $\zeta_r$ ，振動モード $\{\phi_r\}$ とモード解析を説明します。
- ・またモードに基づいた7つの振動低減方法，動吸振器，構造音響連成系を説明します。

# 剛体モードのMassラインを使った慣性特性の確認

- FEMモデルの質量（慣性特性）が実物と乖離があるかを簡単に確認する例。  
境界条件フリーフリーのFRFを実験とFEMで比較する。



剛体モードのMassライン（剛体モードにはばねラインはない）

フリーフリーの場合，弾性変形しない剛体モードが6個あり，剛性モードのMassラインを実験とFEMで比較することでFEMモデルの質量や慣性モーメントの妥当性を確認できる。

2自由度系\_モード解析.xlsx で  $k_2$  を変化させた場合や， $m_1$ ， $m_2$  を変化させた場合の剛体モードのMassラインの変化を確認してみてください。

# カーブフィット法による振動モードの同定

配布データの「2自由度系\_カーブフィット.xlsx」を使って、加振器を用いた2自由度系の加振試験で利用した系の質量正規化された振動モード $\{\phi_{r=1}\}$ ,  $\{\phi_{r=2}\}$ を同定して頂きたいと思います。

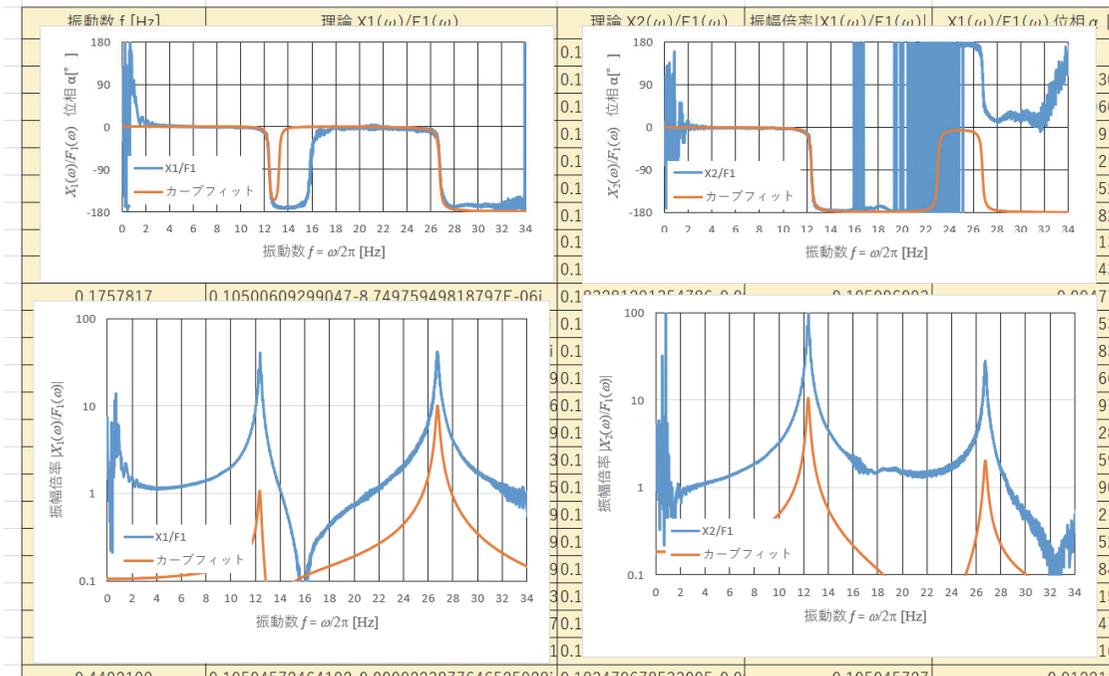
注. 簡単のため $\omega_{r=1} = 12.4 \text{ Hz}$ ,  $\zeta_{r=1} = 7.83 \times 10^{-3}$ ,  $\omega_{r=2} = 26.8 \text{ Hz}$ ,  $\zeta_{r=2} = 4.36 \times 10^{-3}$  としてください。

$$\text{質量正規化された振動モード } \{\phi_{r=1}\} = \begin{Bmatrix} \phi_{r=1,1} \\ \phi_{r=1,2} \end{Bmatrix} \quad \{\phi_{r=2}\} = \begin{Bmatrix} \phi_{r=2,1} \\ \phi_{r=2,2} \end{Bmatrix}$$

実験とカーブフィット結果が近くように $\{\phi_{r=1}\}$ ,  $\{\phi_{r=2}\}$ の値を入力します。大体で結構です。次のページに続きます。

	G	H	I	
		1次	2次	
$\omega_r$		固有振動数 fn[Hz]	1.24E+01	2.68E+01 非線形項
$\zeta_r$		モード減衰比 z	7.83E-03	4.36E-03 非線形項
		振動モードの自由度1	1.00E+01	5.00E+01 線形項
		振動モードの自由度2	1.00E+02	1.00E+01 線形項

$X_1/F_1$ の  
振幅と位相

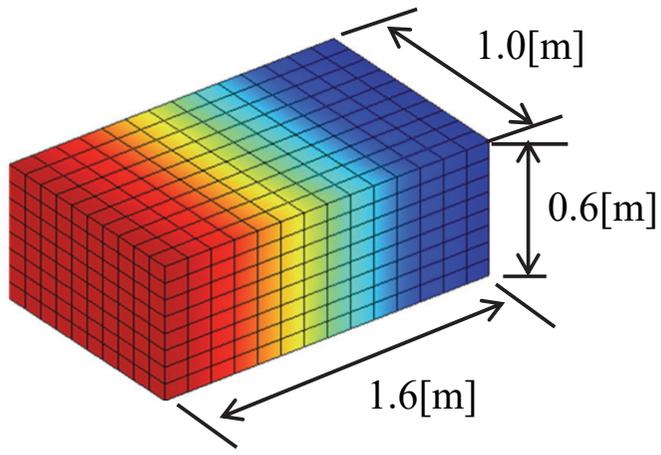


$X_2/F_1$ の  
振幅と位相

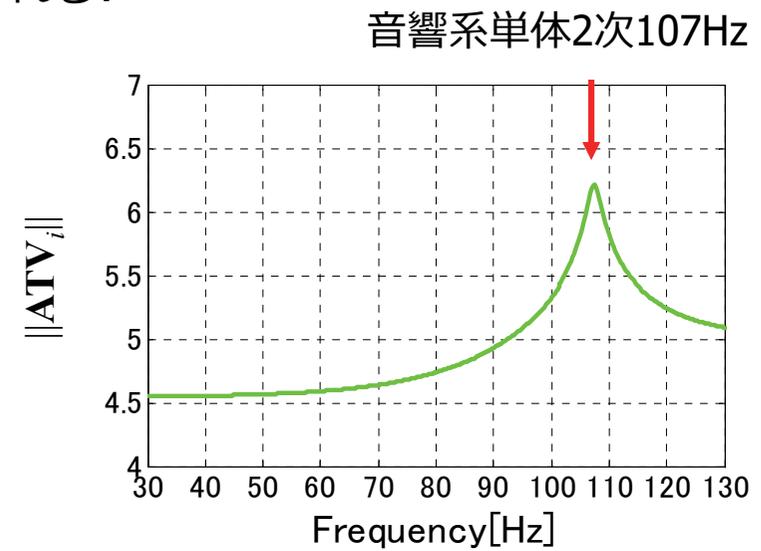


# ATFを変える. 音響系の動吸振器 = ヘルムホルツ共鳴器 (FEM)

- ATFを変化させる方法として音響系でも動吸振器と同じ概念のものが存在する.  
→ ヘルムホルツ共鳴器, レゾネータなどと呼ばれる.



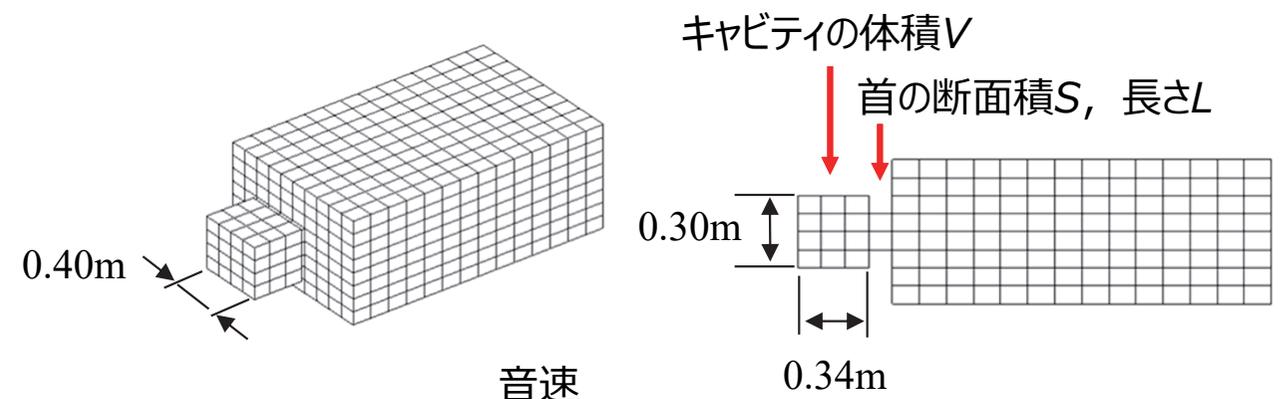
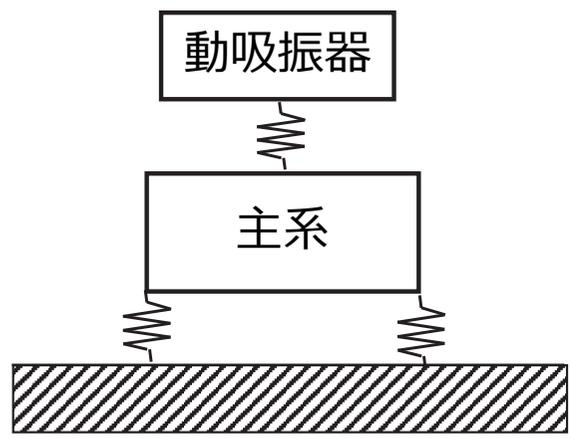
音響系単体2次モード107Hz



音響系単体2次107Hz

||ATV\_i||の周波数特性図

- 構造系で考えたのと同様に, 対象としている固有振動数に近い固有振動数をもつ付加系を取り付ける.



ヘルムホルツ共鳴器の振動数の理論式

$$\omega_R = c \sqrt{\frac{S}{VL}} = 343 \sqrt{\frac{0.03}{0.0408 \times 0.1133}} = 139\text{Hz}$$