

# 実験装置(動吸振器)の改善

慶應義塾大学理工学部  
実験教育支援センター  
高野 朋幸

# 1. はじめに

システムデザイン工学科(SD)3年生  
(約160名)2010年度

TA  
26名

教員  
16名

技術職員  
4名

機器  
メンテナンス

力学・制御・電気・情報系の実験

春学期13週

SD実験第1  
機械系6テーマ



SD実験第2  
電気系6テーマ



## 2. SD実験について

春学期(1~4時限、13週)、機械系をSD実験第1とし、電気系をSD実験第2とする枠組みとなっている。班(12名程度)毎に12テーマをおこなう充実した内容である。

### SD実験第1(機械系)

- ・有限要素法による応力解析
- ・レーザーセンサ
- ・エンジンシステム
- ・切削プロセスのモデル化とモニタリング
- ・建築・機械システムの振動と制御
- ・超電(伝)導と磁気浮上

### SD実験第2(電気系)

- ・示波器の使用
- ・モータの運動制御
- ・直流サーボモータの特性と制御
- ・圧器による電気一電気エネルギー変換および高電圧実験

## 動吸振器制御実験

新たに導入した動吸振器とは？

### 3. 動吸振器(dynamic vibration absorber)について

動吸振器は、建築・土木工学の分野では同調形マス・ダンパ(tuned mass damper)、短縮してTMDと呼ばれている。補助質量とばね、およびダンパの組合せにより、機械の共振の抑制に用いられる受動型(パッシブ型)制振器である。

制振装置の構成:  
パッシブ型(TMD)  
セミアクティブ型(ATMD)  
アクティブ型(AMD)  
ハイブリッド型(HMD)



横浜ランドマークタワー  
高さ:296m  
免振装置:ATMD



東京スカイツリー  
高さ:634m  
免振装置:TMD

## 4. 動吸振器制御実験について

- ・「建築・機械システムの振動と制御(振動工学)」のテーマに、振動を制御したい建物模型の固有振動数と同じ固有振動数を有する振動系(動吸振器)を取り付け、振動を抑える実験である。
- ・パッシブな制振装置であるTMDとアクティブな制振装置であるAMDそれぞれの特性について理解する内容である。

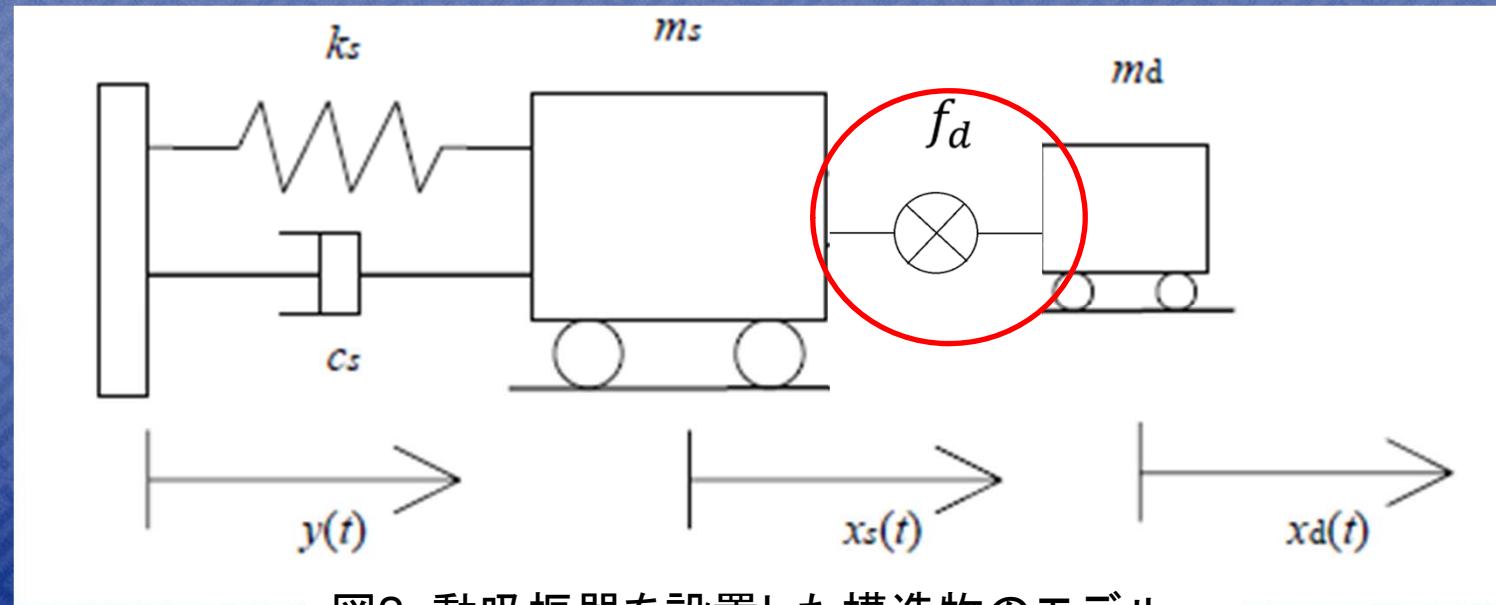


図2. 動吸振器を設置した構造物のモデル

## 4-2. 実験装置

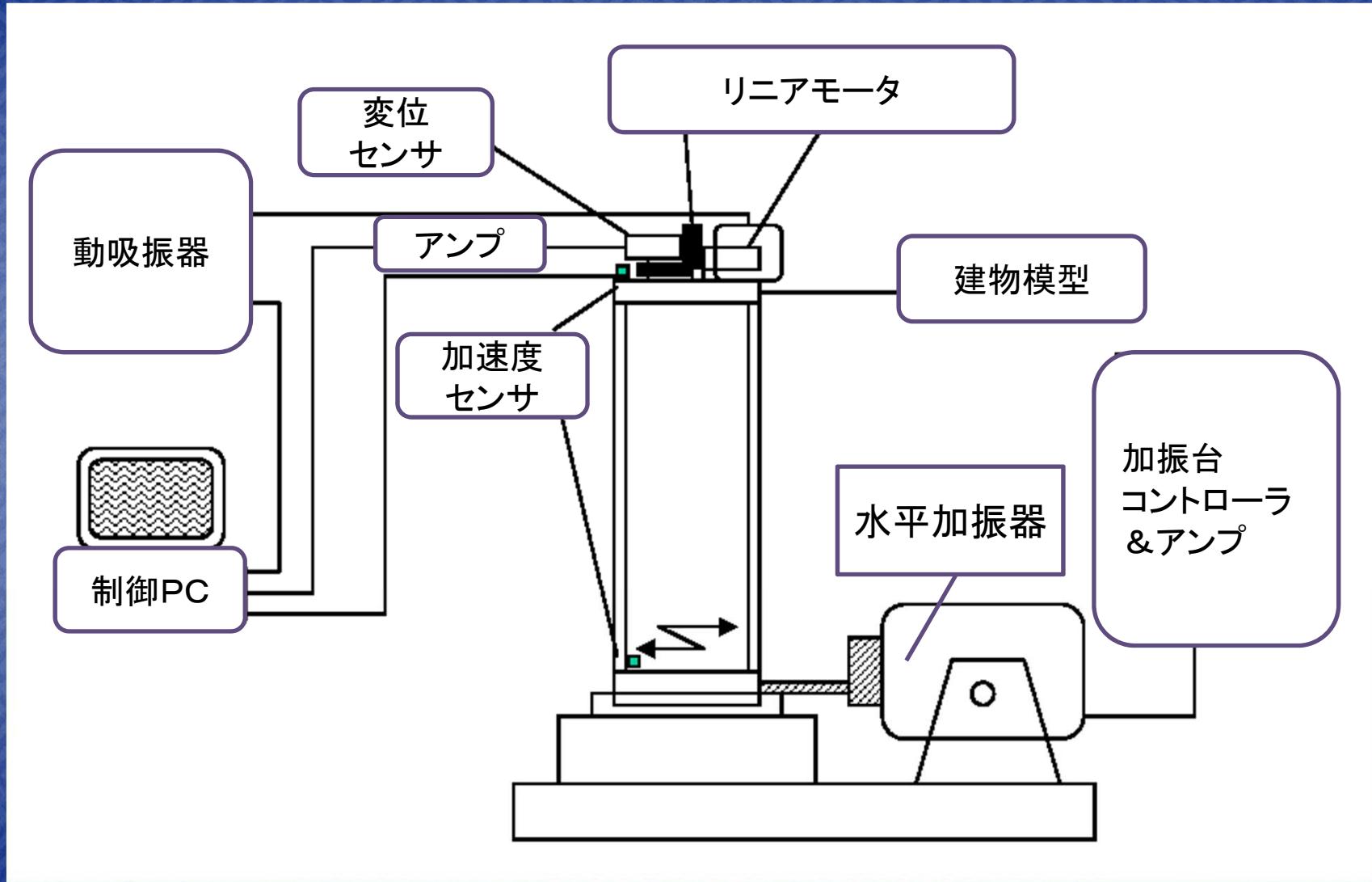


図3. 動吸振器制御実験装置

## 4-3. 実験内容

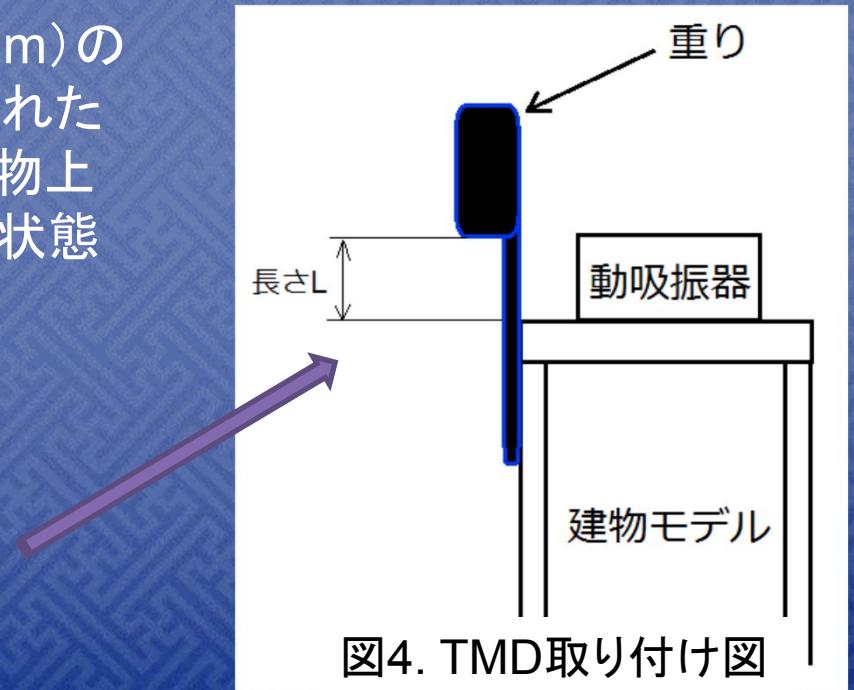
### a. 固有振動数(f)と減衰係数(ξ)の測定

建物を横からたたき自由振動させて  
振幅(X)と周期(T)を計測する。

$$T = \frac{T_1+T_2+T_3+\cdots+T_n}{n} \quad f = \frac{1}{T} \doteq 10.5\text{Hz} \quad \xi = \frac{1}{2\pi N} \sum_{n=1}^N \ln \left( \frac{x_n}{x_{n+1}} \right) = 8.34 \times 10^{-3}$$

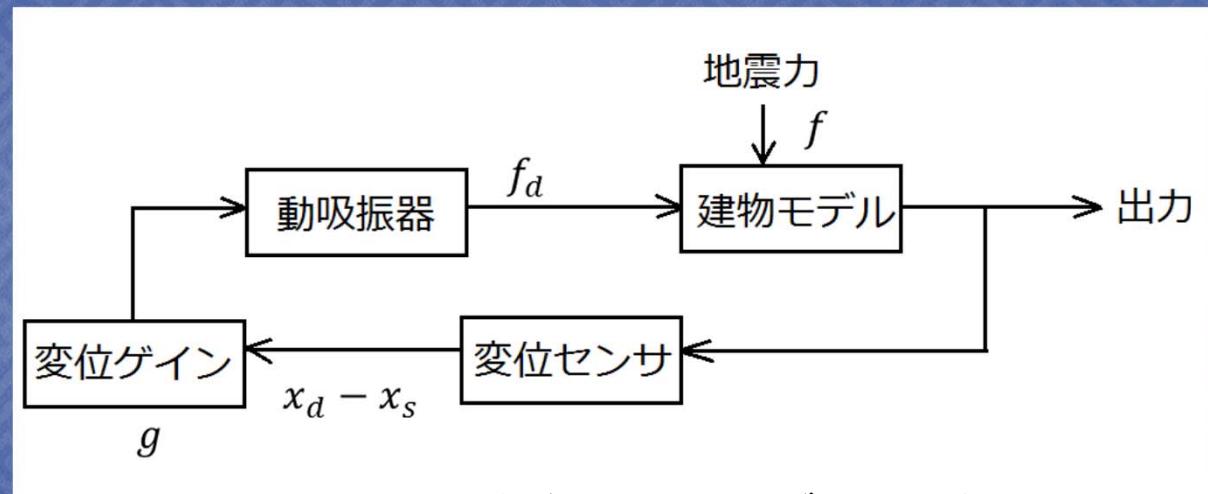
### b. TMD (Tuned Mass Damper)の測定

振り子状のもの( $40 \times 40 \times 10\text{mm}$ )の  
真鍮の重りが一端に取り付けられた  
板材(幅 $20\text{mm}$ 厚み $1\text{mm}$ )を建物上  
部に取り付け長さを変えて制振状態  
を計測する。



### c. AMD (Active Mass Damper)測定

建物上部に取り付けたリニアモータに変位センサーからのフィードバック制御力を入力して最適なフィードバックゲインを計測する。



$f$ : 地震力、  
 $f_d$ : フィードバック制御力  
 $x_d$ : AMDの変位  
 $x_s$ : 建物の変位  
 $g$ : ゲイン

図5. フィードバック制御のブロック線図

建物の運動方程式は、  $m_s \ddot{x}_s + c_s \dot{x}_s + k_s x_s = f - f_d$

フィードバック制御力は、  $f_d = g(x_d - x_s)$

## 5. 問題点

- ・代替品がないため、手直しが必要。
- ・部品が大きいため取り付け位置が限  
定される。
- ・オーバーロードによるコイルの断線が  
起こりやすい。
- ・アナログ電圧調整のため、微調整が  
困難。



コイルの断線

教員と相談!?

シャフトモータとは?

## 6. 課題

- ①シャフトモータは、主として位置決め制御として用いるため、動吸振器として必要な力が得られるか？
- ②既存の装置に組み込むため、取り付け位置や寸法に合ったものがあるのか？

# 7. 改善点

## 7-1. 新しい動吸振器

シャフト軸は磁石をN極同士、S極同士を接合した構造になっており、接合部から強い磁力線が発生して、可動コイルに電流を流すと磁界が発生し、フレミングの左手の法則により推力が発生して直動運動を起こす。(図6参照)

### 購入機材

- ①シャフトモーター S080D-30st

仕様: 定格推力1.8N、加速推力7.2N  
定格電流0.84A、加速電流3.4A  
シャフトストローク30mm  
重量0.05kg

- ②デジタルセンサヘッド
- ③ガラスリニアスケール
- ④サーボドライバ

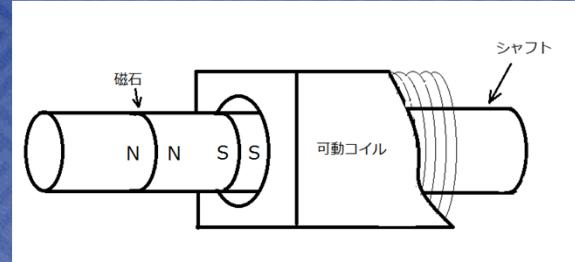
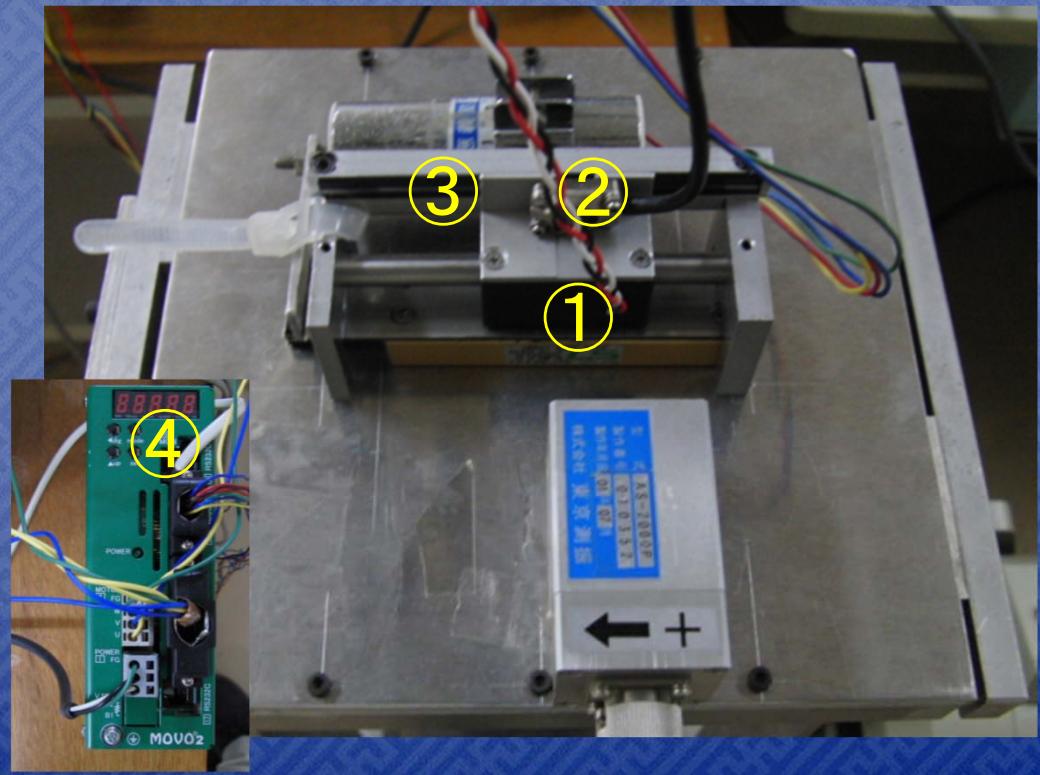


図6. シャフトモータの構造



## 7-2. 改善のメリット

- ・既製品のため、メンテナンスが容易。
- ・部品の小型化により軽量化ができた。
- ・出力リミットがあるため、オーバーロードしない。
- ・制御パソコンから、モータの微調整が可能になった。

新動吸振器動画

## 8. おわりに

- ・新しく導入した動吸振器は、装置の改善として満足いくものであった。
- ・メンテナンスが容易で必要な動力(推力)を得ることができた。
- ・今後は、スライドレールの摩擦軽減を考えて、より安定した推力を得る工夫が課題である。
- ・今回の装置改善にあたり、ご指導ご協力頂いたSD工学科三田彰教授、三田研究室の市村賢様に深く感謝する。