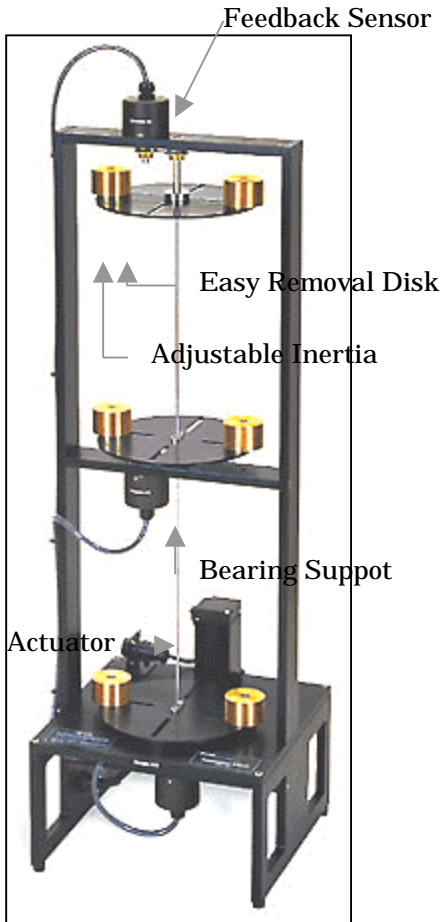


**Model 205 Torsional Apparatus**  
 トーションプラント (ねじり振動制御)



このモデル205装置は大学・専門学校の制御実験に幅広く使用できさらに進んだ研究にも広く応用可能です。6種のプラント(オプション追加で9種類)に構成変更が可能なプラントは剛性の高い機体、フレキシビリティのある駆動部、並置、非並置センサーアクチュエータにより構成され慣性負荷搭載のディスクが3枚連結できより幅広く重要な実用的な振動システム実習が可能です。オプションのディスクを使用すれば3慣性軸ねじり振動実験、多入力・多出力(MIMO)外乱除去実験が可能です。

慣性の物理的パラメータ、ばね定数などは簡単に変更可能でグループワークにも適しています。

実験用マニュアルには数多くの開・閉ループ、動的モデル実験が提供されておりその課題をこのモデルを使用して忠実に再現できます。

この機構は非常に堅牢で信頼性があります。

この実験装置によりオプションの倒立振り子実験も可能です。

3 慣性モデル

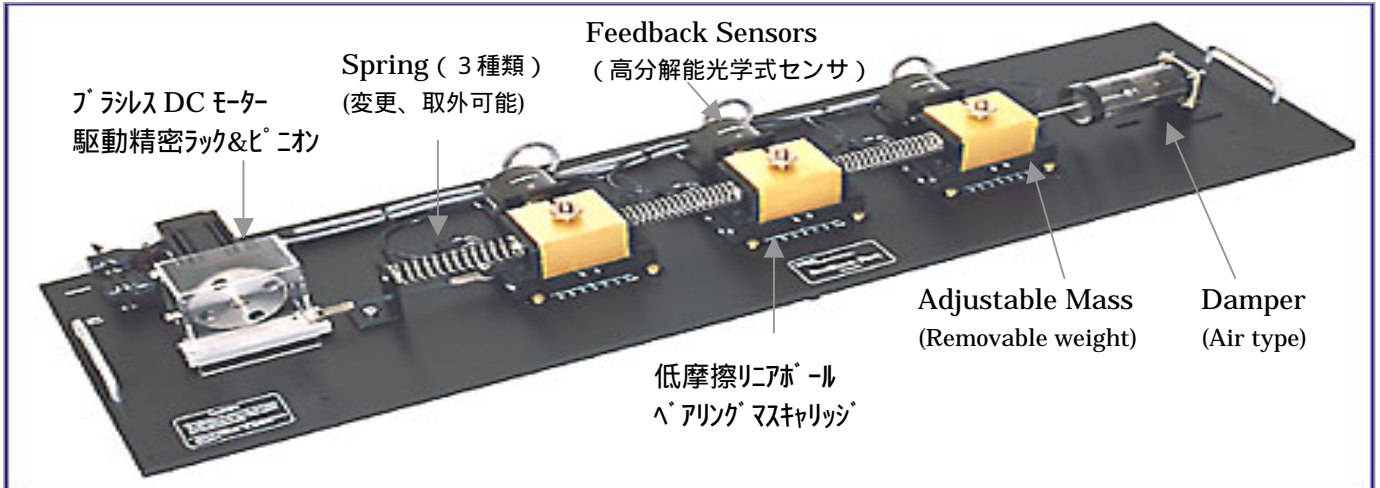
設定変更	6 (標準)、9 (3自由度ディスク)、18 (2次駆動ドライブ)
ダイナミクス	2次、4次、6次 (3自由度ディスク) システムタイプ 0&2
I/O	SISO, SIMO, MIMO (二次駆動ドライブ)
フィードバック	高分解能エンコーダ, 16000 counts / rev. (theta)
アクチュエーター	高トルクブラシレスモーター-2.0N-m
バネ調整比	2:1 (固定)
寸法	30x30x96 cm.

6種類のプラントに構成変更可能 (9種類オプション使用時)

Plant Models				
	<b>Rigid body</b>	<b>Free-clamped</b>	<b>Free-free, 2 DOF</b>	<b>Free-clamped, 2 DOF</b>
Time Domain Equations	$J\ddot{\theta}(t) = T(t)$	$J\ddot{\theta}(t) + k\theta(t) = T(t)$	$J_1\ddot{\theta}_1(t) + k(\theta_1(t) - \theta_2(t)) = T(t)$ $J_2\ddot{\theta}_2(t) + k(\theta_2(t) - \theta_1(t)) = 0$	$J_1\ddot{\theta}_1(t) + k_1(\theta_1(t) - \theta_2(t)) + k_2\theta_1(t) = T(t)$ $J_2\ddot{\theta}_2(t) + k_1(\theta_2(t) - \theta_1(t)) + k_2\theta_2(t) = 0$
S-Domain Equations	$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{Js^2}$	$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{Js^2 + k}$	$\frac{\theta_1(s)}{T(s)} = \frac{Js^2 + k}{D(s)}, \frac{\theta_2(s)}{T(s)} = \frac{-k}{D(s)}$ $D(s) = s^2(J_1J_2s^2 + (J_1 + J_2)k)$	$\frac{\theta_1(s)}{T(s)} = \frac{Js^2 + k_1 + k_2}{D(s)}, \frac{\theta_2(s)}{T(s)} = \frac{-k_1}{D(s)}$ $D(s) = J_1J_2s^4 + (J_1(k_1 + k_2) + J_2k_1)s^2 + k_1k_2$
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rigid body model.</li> <li>Type 2 system.</li> <li>See page 5.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classic spring-mass oscillator</li> <li>Type 0 system</li> <li>Single vibration mode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rigid body plus 1 oscillatory mode.</li> <li>Type 2 system.</li> <li><math>\theta_1/T</math>: 2 imag zeros, pole excess = 2</li> <li><math>\theta_2/T</math>: no zeros, pole excess = 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 oscillatory modes.</li> <li>Type 0 system.</li> <li><math>\theta_1/T</math>: 2 imag zeros, pole excess = 2</li> <li><math>\theta_2/T</math>: no zeros, pole excess = 4</li> </ul>

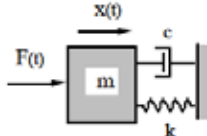
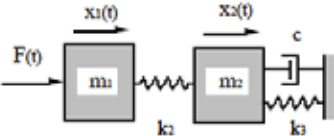
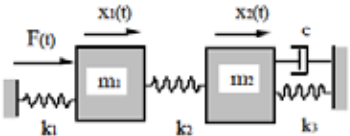
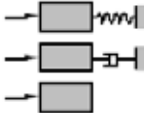
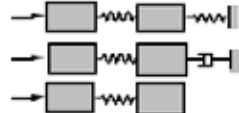
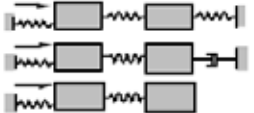
## Model 210 Rectilinear Plant

バネ・マス・ダンパー実験装置



この古典的なプラントは容易に様々な配置に変更可能です。このモデルにより一般の制御問題、パラメータ動力学の両方を鮮やかに説明することができます。これは制御法評価の基準となるシステムであり一般の動力学、制御テキストブックで多くみられる内容をわかりやすく説明することが可能です。

このシステムは力学、制御教本で一般的に取上げられ、制御方法評価の基準として役立ちます。モデル205と同様にこのシステムでは剛体PID制御、リード・ラグ補償、位相、ゲインマージン、軌道トラッキング、調整などの初等トピックスや高次並置、非並置システム制御などのさらに上級制御の鮮やかな実演を提供します。この2つのシステムはまたモード形、固有周波数、周波数特性、過渡応答などのフレキシブルシステムの突出した特性を明らかに再現します。可調整マス、可交換ばね、可調整エアダンピングを備えています。オプションの外乱駆動モーターをセットすることでMIMOプラントを生成、外乱除去実験が簡単に行えます。

Plant Models	 Spring / mass / damper	 Free - constrained, 2 DOF	 Constrained - constrained, 2 DOF
Additional Configurations			
Time Domain Equations*	$m\ddot{x}(t) + c\dot{x} + kx(t) = F(t)$	$m_1\ddot{x}_1(t) + k_2x_1(t) - k_2x_2(t) = F(t)$ $m_2\ddot{x}_2(t) + c\dot{x}_2(t) - k_2x_1(t) + (k_2+k_3)x_2(t) = 0$	$m_1\ddot{x}_1(t) + (k_1+k_2)x_1(t) - k_2x_2(t) = F(t)$ $m_2\ddot{x}_2(t) + c\dot{x}_2(t) - k_2x_1(t) + (k_2+k_3)x_2(t) = 0$
S-Domain Equations*	$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + cs + k}$	$\frac{X_1(s)}{F(s)} = \frac{m_2s^2 + cs + k_2 + k_3}{D(s)}$ , $\frac{X_2(s)}{F(s)} = \frac{k_2}{D(s)}$ $D(s) = (m_1s^2 + k_2)(m_2s^2 + cs + k_2 + k_3) - k_2^2$	$\frac{X_1(s)}{F(s)} = \frac{m_2s^2 + cs + k_2 + k_3}{D(s)}$ , $\frac{X_2(s)}{F(s)} = \frac{k_2}{D(s)}$ $D(s) = (m_1s^2 + k_1 + k_2)(m_2s^2 + cs + k_2 + k_3) - k_2^2$
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classic damped oscillator.</li> <li>• Pole excess = 2.</li> <li>• Configurable to type 0, 1, or 2 system.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Two damped modes.</li> <li>• <math>x_1/F</math>: "Damped" zero, pole excess = 2.</li> <li>• <math>x_2/F</math>: "no zeros, pole excess = 4.</li> <li>• Configurable to type 0, 1, or 2 system.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Two damped modes.</li> <li>• <math>x_1/F</math>: "Damped" zero, pole excess = 2.</li> <li>• <math>x_2/F</math>: "no zeros, pole excess = 4.</li> <li>• All configurations type 0.</li> </ul>

設定変更	12 (標準) 16 (3自由度マス) 18 (2次駆動ドライブ)
ダイナミクス	2次、4次、6次 (3自由度ディスク) システムタイプ 0&2
I/O	SISO, SIMO, MIMO (二次駆動ドライブ)
フィードバック	高分解能エンコーダ, 160 counts / mm
アクチュエーター	高トルクブラシレスモーター 2.0N-m
マス調整比	5:1
寸法	31x66x15 cm.

次の実験はモデル 205, 210 によりサポートされます。オプションによりさらに他の多くの実験が可能となります。

- ・剛体の PD&PID 制御
- ・種々の 1 自由度プラントコントローラの外乱排除
- ・ 2 自由度プラントの並置制御
- ・非並置 PD プラスノッチフィルタ
- ・ 2 自由度プラントの連続ループ閉鎖/極配置
- ・ LQR 制御
- ・制御実行の実際
- ・ドライブ飽和の影響
- ・離散時間サンプリングの影響
- ・有限ワード長&センサー量子化の影響

1) ダイナミクス: 連成離散イナーシャシステムの多面性をこのシステムでデモンストレーションすることができます (付属アプリケーション)

- a) 剛性、イナーシャ、モード形状、周波数間の相互関係を解析して再現
- b) 1、2、3 自由度システムの自励過渡応答及び調和振動応答
- c) 0、1、2 形システムの特性応答
- d) 線形性の原理: 比例、重ね合わせ、たたみ込み積分  
これらをダイナミクスマニュアルにある実験でドラマチックに再現
- e) モード形状とゼロとが、それぞれの周波数でプラントを励振することにより鮮やかにデモンストレーション (正弦波軌道による) 駆動周波数より僅かに異なる周波数のストロボ光をプラントに照射することによって、モード形状 (あるいはゼロ周波数での応答形状) を通してプラントがゆっくり動くのが見えるでしょう。
- f) 粘性摩擦をレートフィードバック、オプションの外乱駆動を介して加えたり、あるいは粘性摩擦が種々のダンピング係数のダッシュポットで近似できます
- g) ベースモーションダイナミクス (システムの境界運動が構造/地震システムにおけるように規定できます)
- h) プラントをエンコーダで収集したデータを用いてモード技法により同定できます。

2) デジタル制御

- a) 性能が明らかに変わったり、不安定さが内在する (普通は出力振動として見られる) までの連続時間設計と設計仮定の限界を連続時間で設計されたコントローラの  $T_s$  を増加させることによって示します
- b)  $T_s$  が著しく大きい場合には、連続時間より離散時間で設計する方がそれに適していることを示します
- c) コントローラのインディシャル入力応答のシミュレーションでデジタルコントローラの処理をデモンストレーションしてから、コントローラに実行させ同一性を調べる。次に閉ループ動作 (例えば、ステップ応答) をさせると同時に適当なノードでのデータを収集します (マニュアル参)

3) システムのロバストネス マニュアルの非並置イナーシャロバストネステストに加えて、以下のことがすぐにデモンストレーションできます

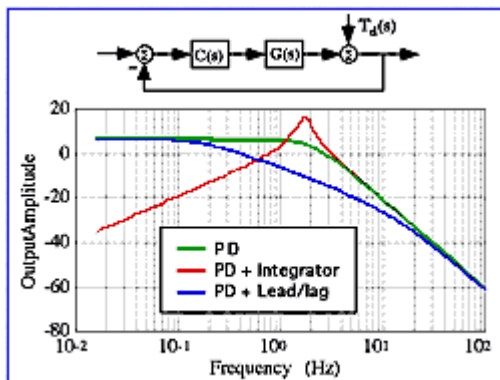
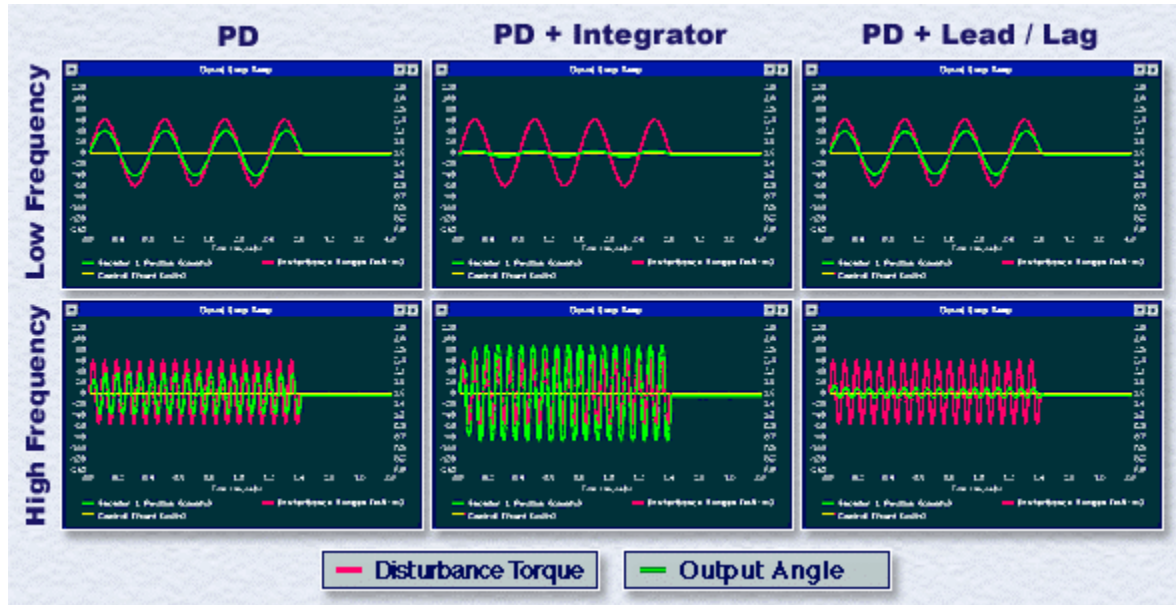
- a) システムゲインを変える (例えば一般形式のコントローラのフォワードパスゲインを介して)。即ちスプリング定数、あるいは並置イナーシャを変えます
- b) 不安定になる手前までパラメータを変え続ける (不安定さはイナーシャの減少だけで起こることが多い)
- c) ロバストコントローラを設計し、非ロバスト設計と比較テストを行います

#### 4) 外乱排除

コントローラの外乱排除能力がテストできます。これはオプションの外乱駆動でテストできますが、手動あるいはアドホック装置でも導入できます

#### 外乱駆動オプション

モデル205と210ではオプションの外乱装置が利用可能です。外乱除去、システム調整の重要なコンセプトを実演します。外乱装置などのディスク、キャリッジマスにも取付可能です。プログラマブル性観察、ユーザー定義型のみならずプログラマブル時間と空間依存外乱形状のライブラリーも提供されています。



#### 5) トラッキング性能

- a) トラッキング性能を向上させるためのフィードフォワード設計がアプリケーション内の Setup Feedforward ボックスで簡単に行えます
- b) トラジェクトリは高速応答、最小トラッキング誤差、最小ピーク制御出力のような特性について最適化できます。ユーザーは幾何学的トラジェクトリライブラリーから選択できるし、Trajectory Configuration ダイアログボックスの User Defined でカスタム形状を開発実行可能

#### 6) さらに進んだ制御

一般制御形式が実際上 7 次までのどのようなコントローラ(例えば、オブザーバ、LQG/LTR、H<sub>∞</sub>、QFT)をもサポートしています。データ取得、トラジェクトリ生成およびシステムのファイルマネジメントで高速処理、システム特性化ができます。Executive ソフトウェアのオプションユーザー作成アルゴリズムが非線形、アダプティブ、ファジー論理、可変構造などの一般制御形式を完全にサポートしています。

お問い合わせは下記までお願いします

〒223-0057 横浜市港北区新羽町 161-1-608

TEL : 045 - 541 - 4431

FAX : 045 - 533 - 4435

Mail : mail@pid-control.com

[www.pid-control.com](http://www.pid-control.com)