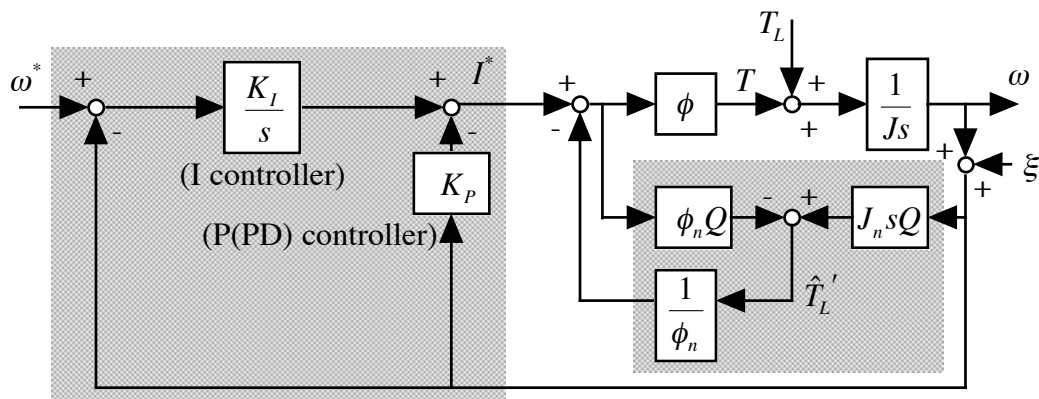


## 1. 概要

ロバスト制御の1つとして外乱オブザーバを取り上げ、制御系を設計して、MATLAB / Simulink または Excel<sup>注1</sup> によるシミュレーションを行う。

## 2. 用いるモデル

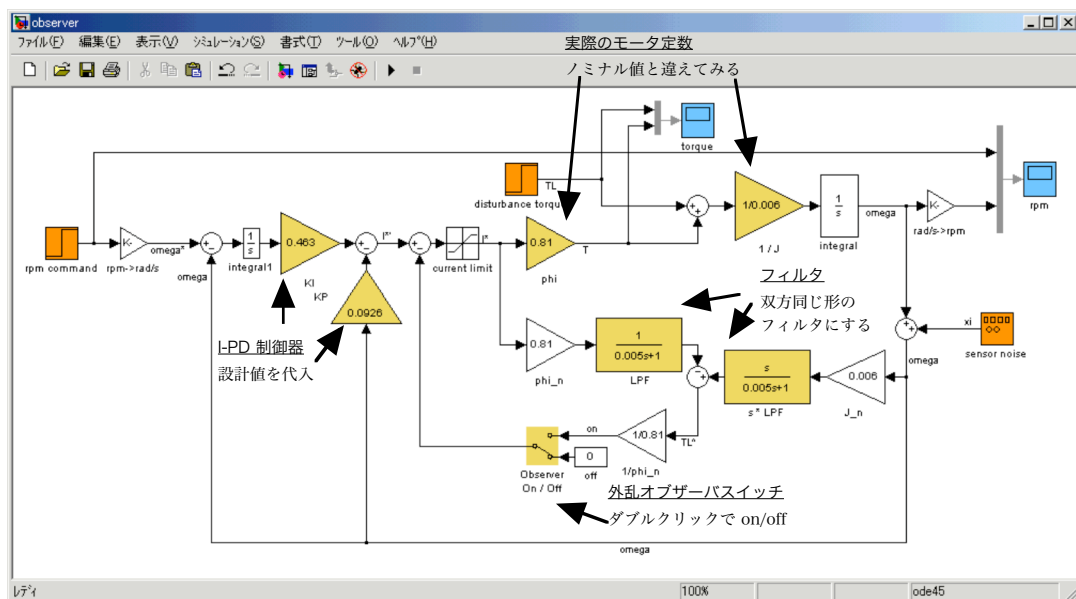
下記のように、外乱オブザーバを用いた速度制御系を考える。速度制御器として、I-PD 制御系を構成する。なお、外乱オブザーバは、ローパスフィルタ  $Q$  を内包している。また、外乱としてトルク  $T_L$  を、観測ノイズとして、角速度ノイズ  $\xi$  を考える。



$\phi_n, J_n$  は、実際のサーボモータの値として次の値を用いる。

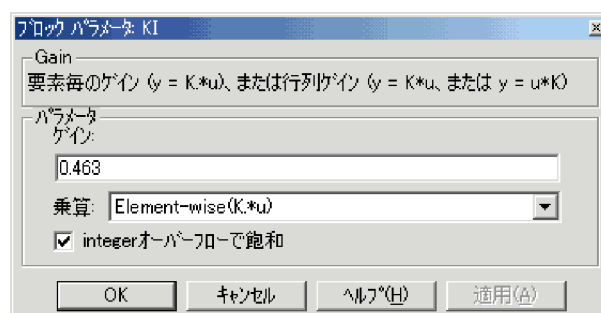
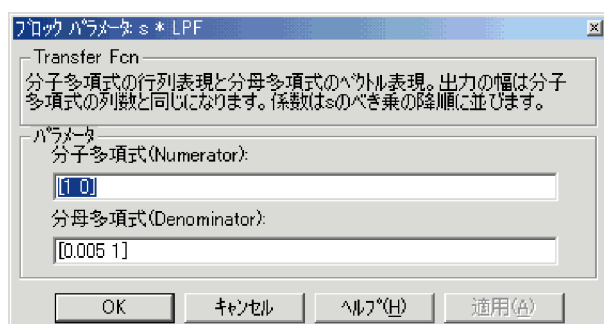
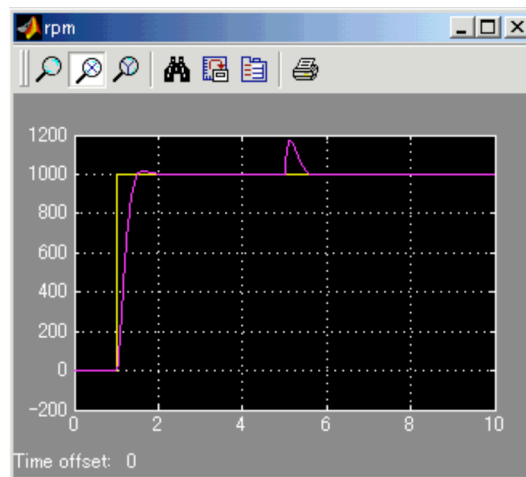
$$\phi_n = 0.810 \text{ [Nm/A]}, J_n = 0.006 \text{ [kg m}^2\text{]}$$

これに対応した Simulink モデルは、次のようになっている。オレンジは入力、青はグラフ観測、黄色は自分で変化させる部分である。



<sup>注1</sup> MATLAB のない研究室向けである。本資料では、MATLAB の説明を中心とする。

グラフをダブルクリックすると、右のようなグラフが開く（ただし、計算が終了しないとこのような波形は出ない）。また、フィルタをダブルクリックすると、左下のような設定項目が出る。これは、伝達関数の分子と分母の多項式の係数を、次数の高いものから並べたものである。ゲインをダブルクリックしても同じような設定画面が出てくる。これは、ゲインを数値で代入すればよい。入力もダブルクリックすれば設定画面が出てくるが、説明は省略。



入力は、デフォルトでは 1 秒で 1000 rpm の速度指令を入力し、5 秒で 2 Nm の外乱トルクを入力することになっている。ノイズは、とりあえず一様乱数を仮定している（ノイズの大きさにはあまり根拠はない）。なお、速度は rpm と rad/s との変換を行っており、モデル内部は全部 SI 単位系で統一されている。

外乱オブザーバの出力部分には、スイッチが付いており、これをダブルクリックすることで、外乱オブザーバの効果を比較検討することができる。

シミュレーションは、再生ボタンを押せば始まり、10秒で終了する。

### 3. Excel 版使用時の注意

フィルタの次数が 1 次に限られる以外は、Simulink 版とほぼ同じことができる。左上の黄色と青のセルだけ値を変えれば、自動的に結果がグラフに反映されるようになっている（それ以外の部分をいじる必要はない）。

ただ、急いで作成したので、計算が正しいという保証はない。また、計算の刻みが 50  $\mu$ s 固定であるので、10kHz 以上の周波数成分の解析は不可能である。

### 4. 演習・レポート課題

前ページの図に示した Simulink と Excel のファイルを配付する。web 上でダウンロードできるようにしているので、これを用いて下記のことについて検討せよ。

#### (1) 速度制御器の設計

ローパスフィルタ  $Q=1$ 、つまりフィルタがないものと考えれば、演習 No.5 と同じになり、プラントはノミナル化されて簡単な伝達関数となる。この条件で、演習 No.3 で扱った真鍋多項式を満たすように制御器の  $K_p, K_I$  を定めよ。真鍋多項式における等価時定

数 $\tau$ は、0.1～0.5秒程度で適当に定めてよい。

ただし、等価時定数が小さすぎると電流の定格 6.5A を超える場合があるかも知れない。モデルでは、モータを保護するため、定格電流以上の電流は流せないようにしてある。そこで、トルク（電流に比例）が飽和して平らな領域がないかどうかをグラフで確認せよ。

## (2) 外乱オブザーバの有無による制御効果の差異

以下、上記の $K_p, K_I$ を用いる。このとき、外乱オブザーバの有無によって、制御特性がどう変わるかをシミュレーションで確かめよ。特に、5 秒付近の外乱入力の影響に着目せよ。なお、パラメータは、モデルのデフォルトのままよい。

## (3) フィルタとロバスト制御性能の関係

デフォルトでは、フィルタ $Q$ は時定数 $\tau_q=0.005$ 秒（遮断周波数にして約31.8Hz）の1次のLPFとなっている。時定数 $\tau_q$ を1～0.00001秒の間で何点か変えてみて、出力波形の外乱・ノイズに対するロバスト性の変化をみて、時定数はどれくらいが適当かを考えよ。

また、余裕があれば、フィルタの次数を2～4次程度まで増やして<sup>※2</sup>、もっと性能の良い外乱オブザーバを構成してみよ。さらに、適当な時定数はセンサの性能（ノイズや誤差の少なさ）にも依存するので、ノイズの大きさとフィルタの関係についても、興味があれば考察してみよ。

モデルでは、フィルタの時定数を設定すべき所は2か所ある。そのうちの右側の方は積分とフィルタが合わさった形になっているので注意すること。

## (4) 慣性モーメント変化時のロバスト性

慣性モーメント $J$ が変化した場合の特性の変化を調べる。 $J$ （ $J_n$ ではない）を数倍～十倍に変化させて、その特性を調べよ。また、外乱オブザーバを切った場合とも比較して外乱オブザーバの効果を検討せよ。 $J$ を大きく取り過ぎると、定格電流に達し、トルクが飽和することに注意せよ（この場合は飽和しても構わない）。

# 5. レポート提出方法

## (1) レポート形式

A4 数枚程度で、適宜波形やグラフを示して分かりやすくまとめること。他の人とあまりに良く似たレポートは双方とも減点する可能性がある。

波形を綺麗にプロットする方法はあるが、簡単ではないので、画面のグラフをコピー（グラフのウィンドウをアクティブにして Alt + PrintScreen キーでコピーされる）し、Word に貼り付け、あるいはペイント等に貼り付けて画像として保存して使えばよい。

## (2) 提出方法

紙で提出してもよいし、電子メールに添付してもよい。紙の場合は 3-243B 室まで持ってくる。メール添付の場合は、miyatake@power.ee.sophia.ac.jp まで。メールで受け付けるファイル形式は、Word、PowerPoint、PDF、PostScript など。

## (3) 〆切

**2004年2月3日 (火) 17:00 必着**

<sup>※2</sup> Excel 版ではできない