

# オンチップの簡易シミュレーションで **ピタッ** と止める! オブザーバ制御の研究!

Excel & dSPICで試す

前編 Excelでフィードバック係数を求める

青山 悟

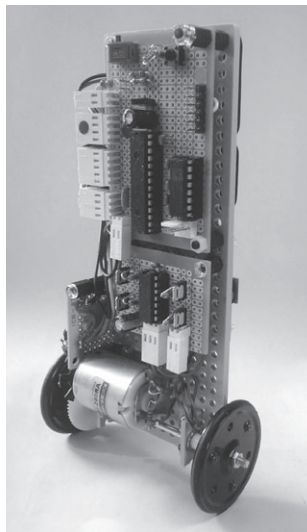


写真1 制御の実験に使った倒立振り子  
今回はシミュレーションなのでほとんど使用しない

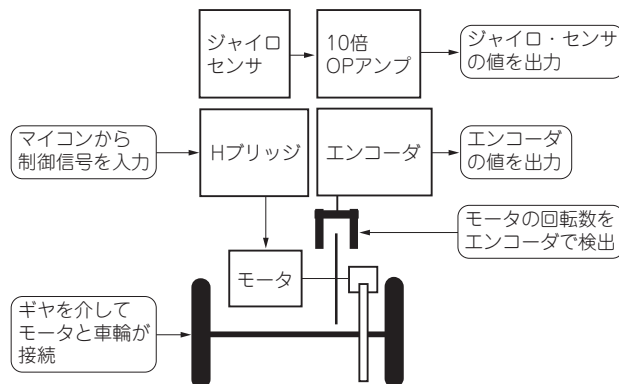


図1 倒立振り子のブロック図

現代制御理論には状態フィードバック, 最適制御, オブザーバ制御などがあります。写真1, 図1の倒立振り子を製作して現代制御理論を実験しました。本稿では, これらの現代制御理論をおさらいし, 最適制御をシミュレーションして倒立振り子の動きを机上で試し, PICマイコンを使った実機で確認します。今回は表計算ソフトExcelを使ってシミュレーションしてみます。

## おさらい…代表的な現代制御

制御とは, 目標値に近づけるために, センサなどで現在の状況を把握して次にどうするかを決めることです。まず, 代表的な現代制御を車を制御する例に簡単に解説します。

### ● 基本方式…状態フィードバック制御

図2のように単純な車の挙動を考えてみます。スタートしたら加速して目標位置が近づいてきたら減速し, 停止線

上で停止します。運転手は車の位置と速度を観測し, アクセルまたはブレーキの踏み込み量を決めます。これを次のように表します。

$$\begin{aligned} \text{フィードバック量} &= F_1 \times (\text{目標位置} - \text{現在の位置}) \\ &\quad - F_2 \times \text{現在の速度} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

ただし,  $F_1, F_2$ は比例定数

式(1)を「状態フィードバック」と称し, 位置と速度を状態変数と呼びます。最後に停止させるので目標速度は0となりますが, 図3に示すように目標位置に至るまでに無駄が生じます。

### ● 指標を決めて早く目標値に到達させる…最適制御

状態フィードバックを精度よく無駄のない制御にするには, どこまで加速してどの辺から減速するのかを決める必要があります。すなわち  $F_1, F_2$ をどう決めればよいかが問題となります。そこで, 評価指標を設定し, その指標が最も小さくなるようにする方法として「最適制御」があります。

例えば, 指標として図4の制御出力の線と時間軸で挟まれた面積, 応答波形と目標位置の破線で挟まれた面積との二乗和をとります。そして, この和を最も小さくします。目標値との差をできるだけ早く, 同時になるべく小さい制