

サーボモータ学習キット

簡単！PID制御

タミヤ・ハイパワーギヤボックスがサーボモータに変身！

このキットでサーボモータの仕組みが学習できます。

for Windows XP/2000/98

- このキットは、サーボモータの仕組みの学習に役立ちます。
- タミヤ・ハイパワーギヤボックスに可変抵抗を取り付けモータ位置を検出。
- 高性能マイコン（PIC18F1320）によりモータを制御しています。
- モータ制御にはPID制御を使用しています。
- 基板についているボリュームでモータの位置を指定可能です。
- パソコンの専用ソフトを使用することでサーボモータの特性を変更できます。
- 専用ソフトでは、応答速度、保持力などが変更できます。
- パソコンとのインターフェースはRS232C（Dサブ9ピン）
- 専用ソフトはWINDOWSパソコンで動作するCD-Rが付属しています。
- 電源は5V～6V（電池4本）

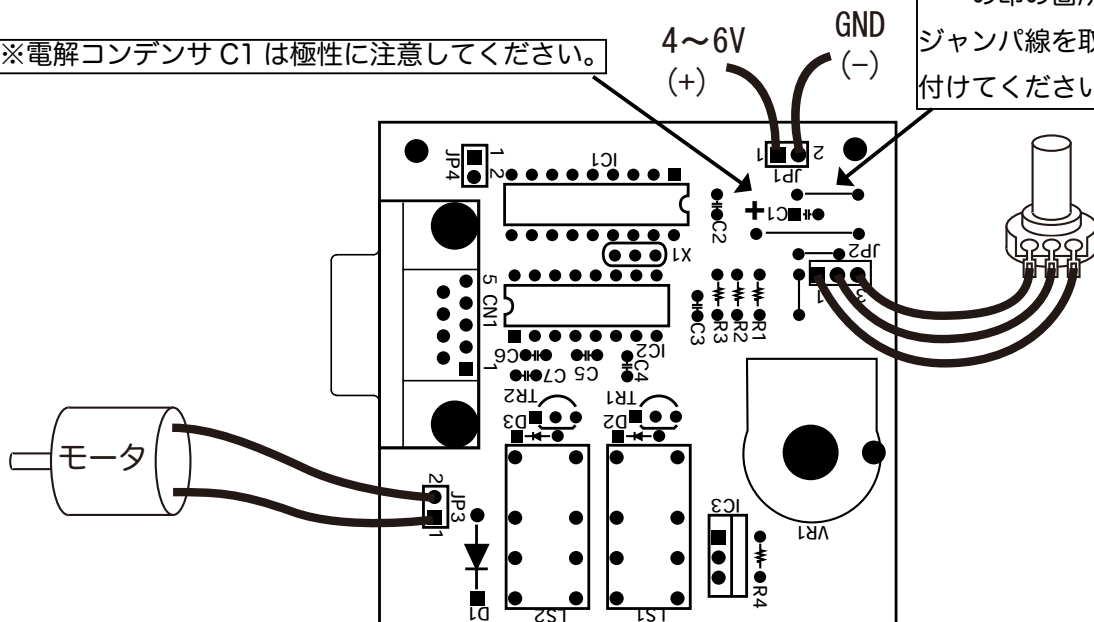
■部品表■ ※★別売★印の部品はこのキットに付属しません。別途購入願います。

半導体	IC1	PIC18F1320	1	PICマイコン
	IC2	ADM3202AN	1	RS232Cレベルコンバータ
	D2,3		2	小信号ダイオード
	D1		1	大電流ダイオード
	TR1,2	2SC1213	1	小信号NPNトランジスタ
	IC1	2SK3140	1	NチャンネルMOS-FET
	抵抗	R1	220Ω	1
R2,3		1KΩ	2	1/6W 茶黒赤金 炭素皮膜抵抗
R4		5.1KΩ	1	1/6W 緑茶赤金 炭素皮膜抵抗
コンデンサ	C2,3,4,5,6,7	0.1μF	6	積層セラミックコンデンサ 表示(104)
	C1	100μF	1	電解コンデンサ
セラロック	X1	10MHz	1	セラミック発振子(3本足)
ICソケット		18P,16P	2	IC1,IC2用
コネクタ	CN1	メス	1	Dサブ9ピン
	JP4	2P	1	ピンヘッダ
			1	S1用ショートピン
リレー	LS1,2	941H-2C-5D	2	モータ駆動用リレー
ジャンパ	——印箇所		4	抵抗やコンデンサのリードを使用
基板			1	専用基板
			1	ポテンショメータ取付用
センサ	VR1,JP2	1KΩ B	2	ポテンショメータ
モータ			1	タミヤ・ハイパワーギヤボックス ★別売★
ビス			2	ポテンショメータ取付用
配線		3本平行線 20cm	1	検出器用信号線(★別売★)
		2本平行線 20cm	1	モータ用電線(※別売のモータに付属)

■部品配置図および配線図■

※電解コンデンサ C1 は極性に注意してください。

—の印の箇所に
ジャンパ線を取り
付けてください。



■回路の製作■

必要な工具：はんだごて、ニッパー、ラジオペンチ、プラスドライバ

1. 抵抗、セラミックコンデンサ、ダイオードなどの高さの低い部品から取り付けます。

※ダイオードは極性がありますので注意してください。

2. 抵抗やコンデンサの足を使い、JP1, JP2, C1 周辺の4カ所にジャンパ線を取り付けます。ジャンパ取り付け箇所は上図に示します。

3. セラロックを取り付けた後に、向きに注意してICソケットを取り付けます。

4. TR2, TR3 にNPNトランジスタを取り付けます。トランジスタには向きがあります。基板上の記号を確認して取り付けてください。

5. リレーをLS1, LS2 の位置に取り付けます。

6. IC3 にMOS-FETを取り付けます。基板上に「IC3」と書いてある方の穴にFETの1番の足を差し込みます。

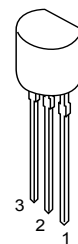
7. 電解コンデンサをC1の位置に取り付けてください。電解コンデンサには極性がありますので気をつけてください。

8. 2ピンのピンヘッダをJP4に、Dサブ9ピンコネクタをCN1に取り付けてください。

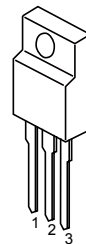
9. 2つのポテンショメータのうち1つのポテンショメータを基板のVR1の位置にポテンショメータのナットで取り付けてください。しっかりとナットを締めたあとにポテンショメータの足と基板をハンダ付けして接続します。

10. 続いてモータ部分の組立を行います。タミヤ・ハイパワーギヤボックスを組み立てます。組立はハイパワーギヤボックスの箱に入っているマニュアルを使用します。

※このキットにギヤボックスは付属していません。別途ご購入願います。



1. エミッタ
2. コレクタ
3. ベース



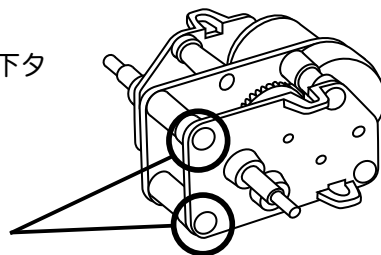
1. ゲート
2. ドレイン
3. ソース

■ハイパワーギヤボックスの組立■

組み立ては基本的にハイパワーギヤボックスのマニュアル（以下タミヤマニュアル）に従ってください。

1. タミヤマニュアル①に従って制作してください。
2. タミヤマニュアル②に従って制作してください。
3. タミヤマニュアル③以降はBタイプの減速比 41.7:1 を組み立ててください。
4. タミヤマニュアル④において右図の箇所のビスは止めないでください。
5. タミヤマニュアル⑤において別売り電池ボックスが接続されていますが、このキットでは接続しません。また、土台につける必要もありません。
6. タミヤマニュアル⑥の製作を行うと回転位置の確認がしやすくなります。

ビスを使用しない箇所

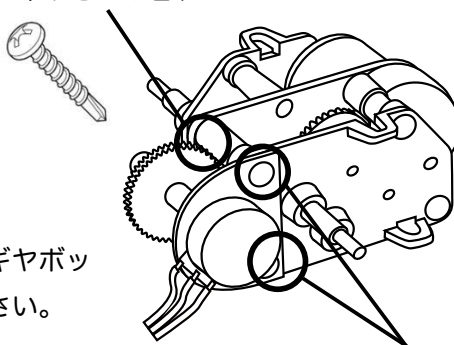


■ポテンショメータの取り付け■

モータの現在位置を取得するために、ギヤボックスにポテンショメータを取り付けます。

1. もう一つのポテンショメータに半円状の取付板を取り付けます。
2. 3本組の平行線をポテンショメータの端子にハンダ付けします。
3. 緑のギヤの穴をドリルなどで直径 5.5mm に広げ、ポテンショメータの軸に取り付けます。左図のようなものを作ります。
4. 3. で作ったものをタミヤ・ハイパワーギヤボックスに取り付けます。取り付けには付属のドリルねじ2つを使用します。取り付け位置は■ハイパワーギヤボックスの組立■の4. でビスを止めなかった部分です。取り付けると右図の用になります。
5. ポテンショメータについている緑色のギヤとギヤボックス内のオレンジのギヤをかみ合わせてください。

ギヤをかみ合わせる



付属のドリルねじで止める

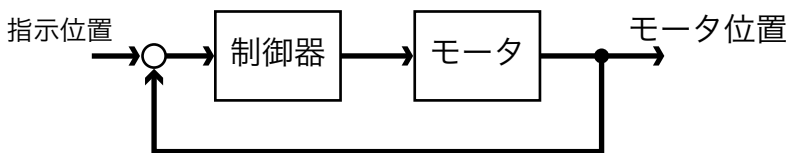
■配線■

1. モータに最初からついている赤と青の線を基板の端子（JP3）に配線してください。
2. ギヤボックスに取り付けてあるポテンショメータからの3本組の平行線も基板の端子（JP2）に配線してください。
3. 基板への電源供給は2本の電源コードを基板の端子（JP1）につなぎ電源装置で5Vを加えるか、単三電池4本の電池ボックスを基板につなぎ供給するかのどちらかで行ってください。
4. 基板からの線やギヤボックスからの線はホームセンターなどで購入できるロックタイを使用するときれいにまとめ、切れにくくなります。

■動作確認■

1. ハンダ付けや配線をよく確認してください。
2. ICを挿入していない状態で電源を入れてください。異常がないようなら次のステップに進みます。
3. 電源を切り、ICを挿入してください。向きを間違えないように挿入してください。
4. 電源をいれ、基板上のポテンシオメータを左右に回してみてください。
※ここでモータが高速に回転し、ポテンシオメータの限界まで回り、モータが停止したならば、電源を切り、モータの配線を逆にしてください。(モータの端子の一つについている線と端子のもう一つについている線を逆にします。)
※モータが空回りするようであれば、ポテンシオメータについている緑のギヤとギヤボックスのオレンジのギヤがかみ合っているか確認してください。
※ICなど部品が熱くなる場合は、電源を切り、もう一度ハンダ付けを確認してください。
5. 基板上のポテンシオメータを左右に回してみて、それと同じようにモータが回るようであればOKです。

■サーボモータとは■



こちらの指定する指示位置にモータの位置を合わせようとするモータ（システム）です。これは、モータ位置をポテンシオメータで検出し、指示位置との差を求め、制御器がモータを制御する仕組みになっています。これにより、モータを指示した位置で止めることができるようになっています。

このキットの場合は基板上にあるポテンシオメータが指示位置に当たり、モータ位置はギヤボックスに取り付けたポテンシオメータで検出します。指示位置とモータ位置から制御器に当たるPICマイコンがモータを制御しています。モータの制御方法ですが、このキットでは昔からあるPID制御を使用しています。

■PID制御とは■

PID制御は、3つの要素から成り立っています。

P：比例制御（指示位置とモータ位置の差に比例してモータを動かす制御）

I：積分制御（モータ位置を保持する制御）

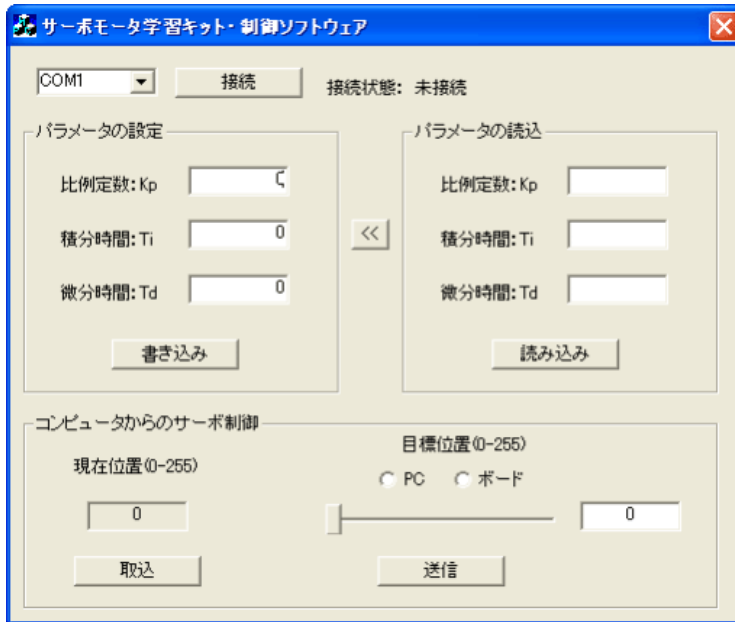
D：微分制御（素早く指示位置にモータを動かす制御）

PID制御のメリットはこれら3つの制御のパラメータを変更することでサーボモータの特性を変更できることです。たとえば、P制御パラメータの値を下げればサーボモータはゆっくりと指示位置に向かいます。3つのパラメータは専用PCソフトを使用して変更できます。

■専用PCソフトの使い方■

サーボモータ学習キットの動作特性を変更するためにPIDパラメータを変更します。PIDパラメータは付属CDの中にある「制御ソフトウェア」で変更します。

PCとサーボモータ学習キットの接続にはCOMポートを使用してください。ケーブルは、「RS232C Dサブ9Pオス-9Pメス ストレートケーブル」を使用してください。



■サーボモータ学習キットとPCの接続

1. 左上のプルダウンメニューを選択してサーボモータ学習キットを接続しているCOMポートを選択します。
2. 「接続」のボタンをクリックします。
3. 「接続状態」というところに「PIDServo ver1.x」という表示が出ればサーボモータ学習キットに接続できたことを表します。

■キットからのパラメータ読み込み

1. 基板上のJP4のピンヘッダをショートピンでショートしてサーボ動作を停止してください。
2. 「読み込み」ボタンをクリックします。
3. PIDパラメータの読み込みが完了すると「比例定数: Kp」「積分時間: Ti」「微分時間: Td」の欄に読み込まれた値が表示されます。
4. 基板上のJP4のピンヘッダのショートピンを取り外すとサーボ動作が再開します。

■キットへのパラメータ書き込み

1. 基板上のJP4のピンヘッダをショートピンでショートしてサーボ動作を停止してください。
2. 「比例定数: Kp」「積分時間: Ti」「微分時間: Td」の欄にそれぞれの数値を入力します。
3. 「書き込み」ボタンをクリックしてサーボモータ学習キットにパラメータを書き込みます。
4. 基板上のJP4のピンヘッダのショートピンを取り外すとサーボ動作が再開します。

■コンピュータからのサーボ制御：現在位置取り込み編

1. 現在のモータ位置（角度）を取り込むには「取込」ボタンをクリックします。モータの現在位置を0～255の値で取り込むことができます。

■コンピュータからのサーボ制御：目標位置設定編

1. 「PC」ラジオボタンをクリックして目標位置の設定方法をPCにします。（基板上のポテンショメータに戻すときは「ボード」ラジオボタンをクリックしてください。）
2. スライダーまたは数字でサーボが目標とする位置を設定します。数字で入力する場合は0～255の値にしてください。
3. 「送信」ボタンをクリックするとサーボが目標位置に向かって行きます。

■終了

1. 右上の「x」ボタンをクリックしてください。

■PIDパラメータの設定方法■

サーボ動作の特性を変更するために、PIDパラメータ（「比例定数：Kp」「積分時間：Ti」「微分時間：Td」）の設定について説明します。

1. 比例定数：Kp：この値を大きくすると指示位置に到達するまでの時間は短くなります。
2. 積分時間：Ti：この値を小さくすると静止位置でのモータの保持力が増します。
3. 微分時間：Td：この値を大きくすると指示位置に早く到達します。

いずれの値も大きくしすぎるとモータが指示位置の付近で発振し、指示位置に到達できませんので注意して設定してください。

※この学習キットでは初期値がKp=10,Ti=2.3,Td=0.001 となっています。

モータ位置をスムーズに指示位置に向かわせるためのパラメータの設定方法としてステップ応答法と限界感度法があります。ここでは限界感度法について説明します。

■限界感度法

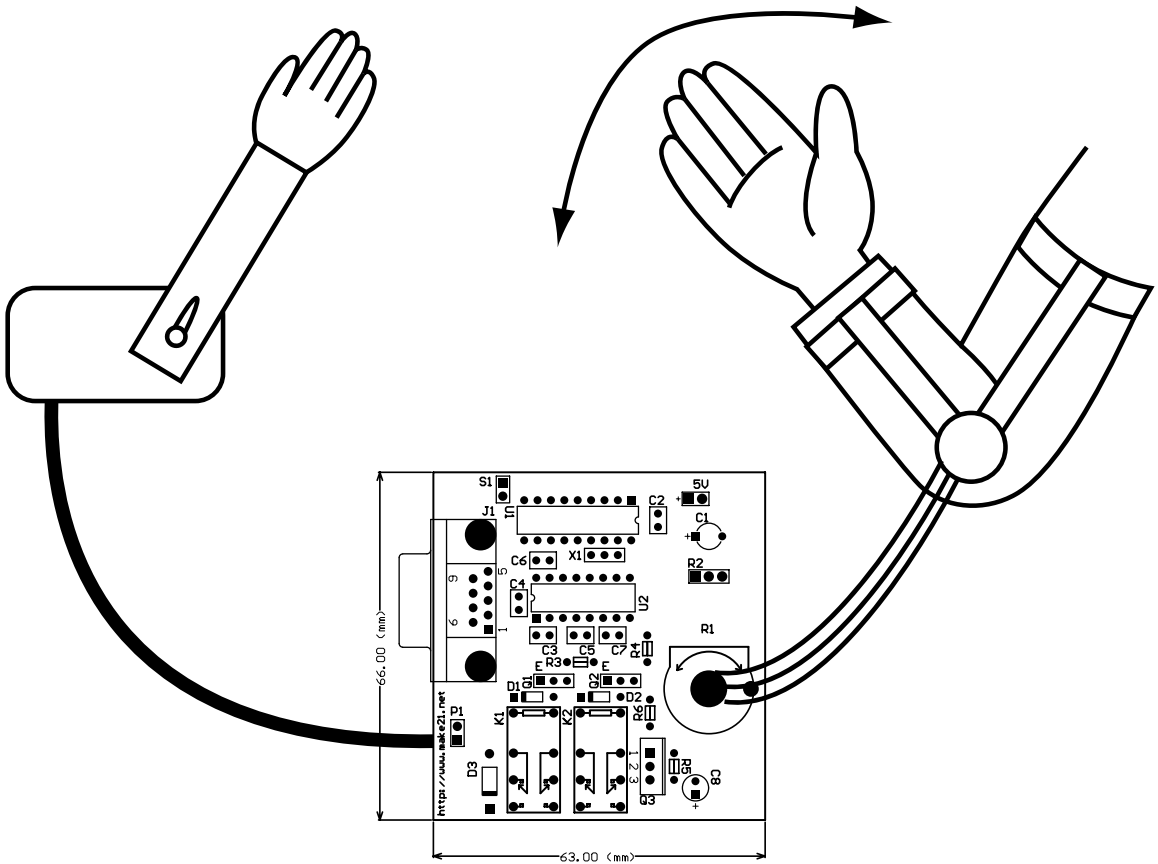
1. Tiを1000ぐらいにTdを0にKpを10ぐらいに設定します。
2. Kpを次第に大きくしていき、モータ位置が振動するところでKpの増加をやめます。
3. このときのKpをKc（本キットでは約50ぐらい）、振動周期をTc秒とすると以下の表でパラメータが求められます。

	比例定数	積分時間	微分時間
P動作	$0.5 \times Kc$	10000	0
PI動作	$0.45 \times Kc$	$0.83 \times Tc$	0
PID動作	$0.6 \times Kc$	$0.5 \times Tc$	$0.125 \times Tc$

この方法はあくまで目安なので実際にスムーズになるかは不明です。実際は何度も試行錯誤してパラメータを設定しなければ、スムーズな動作にすることはできません。

本マニュアルでの説明はインターネットにおいてカラー写真付きでご覧いただけます。詳しくはMAKE21ホームページ (<http://www.make21.net/>) へアクセスしてください。

■応用例■



腕の動きに追従するサーボモータ（マスタースレーブ）を製作します。

1. 人の腕に図のような間接機構を作り、関節部分にポテンシオメータを取り付けます。
2. 基板上的 VR1 を取り外し、間接機構のポテンシオメータの信号線（3本）を取り外した VR1 の端子にハンダ付けします。
3. モータ側に腕の模型を取り付けると完成です。

このほかにも、たくさん応用ができますので、チャレンジしてみてください。

当キット・ソフトウェアを運用した発生した損失・損害についてはいかなる理由であっても、当社・作者は、その責を負いません。あらかじめご了承ください。

サーボ学習キットマニュアル 第1版 2007.2

■開発・製作・著作■

MAKE21 神村優介 info@make21.net （技術的な質問はこちらをお願いします。）

URL : <http://www.make21.net>

■製造・販売■

株式会社 秋月電子通商

<http://www.akizukidenshi.com> 東京都世田谷区瀬田5-35-6