

計測技術と制御技術を同時に体験できる サーボモータ 演示教具

1. サーボモータ 演示教具の概要

- 計測・制御技術によって実現できるサーボモータの動作を演示できます。
- PID 制御によってサーボモータを構成しています。P(比例定数), I(積分時間), D(微分時間)の各パラメータは、キー操作でリアルタイムに変更でき、その効果をすぐに確認できます。
- モータのギアボックスにポテンシオメータ(可変抵抗器)を取り付けて回転角を検出するので、目視で容易に計測方法を確認できます。
- 回転角は、基板上のポテンシオメータ、基板外のポテンシオメータ、キー操作のいずれかによって指示できます。
- ワンチップ型マイコンを使って、ソフトウェアでPID制御を実現しています。
- モータ駆動系とマイコン系の電子回路を完全に絶縁分離することで、ノイズに強い構成となっています。
- 液晶ディスプレイにメニューや内部状態を表示し、制御量等をリアルタイムにグラフ表示できます。
- キー操作で各種パラメータを設定したり、動作を確認できたりします。
- パラメータはワンチップ型マイコンのフラッシュメモリに4セット分を保存できます。フラッシュメモリに保存したパラメータは電源を切っても記憶しています。また、パラメータのセット名やデフォルト値を指定して呼び出すこともできます。
- Windows パソコンと USB 接続することで、最新のファームウェアにバージョンアップできます。バージョンアップのために、Windows パソコンへのドライバやソフトウェアのインストールは必要ありません。
- 電圧 5V で 2A 以上の電源(AC アダプタ等)を使います。

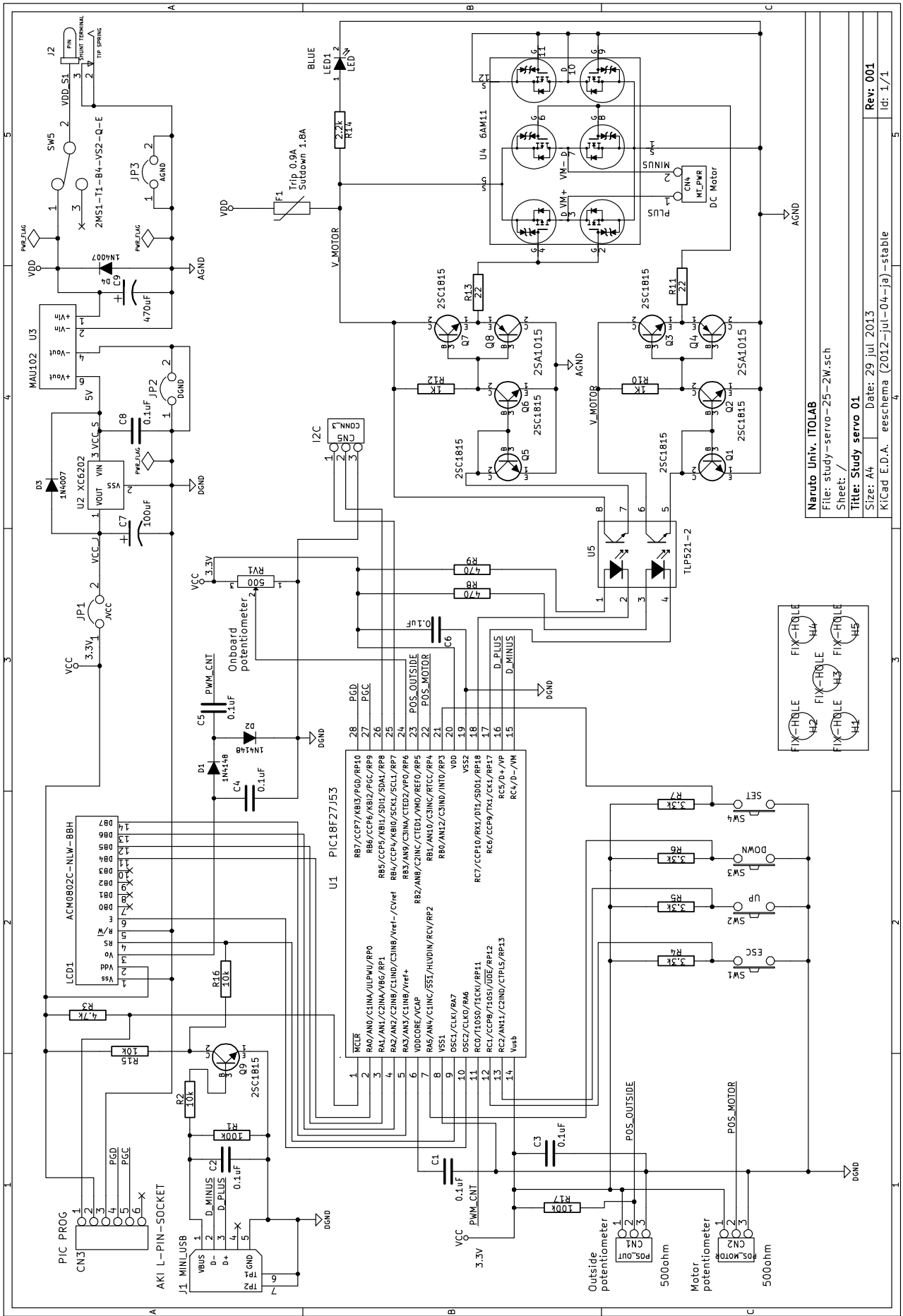
2. 部品表

品名	基板上の記号	規格等	数量	確認数量	備考
マイコン	U1	Microchip製PIC18F27J53	1		プログラム及びデータ用フラッシュメモリ(128Kバイト), RAM(3.8Kバイト), 28ピンDIPパッケージ
三端子レギュレータ	U2	Torex製XC6202P332TB	1		3.3V 150mA, 低損失型CMOS, TO-92パッケージ
DC-DCコンバータ	U3	Minmax Technology製MAU102	1		絶縁型DC-DCコンバータ, 5V入力, 5V 200mA出力
MOS-FETアレイ	U4	日立製6AM11	1		NチャンネルパワーMOS-FET×3, PチャンネルパワーMOS-FET×3, 12ピンSIPパッケージ
フォトカップラ	U5	Fairchild製H11A817B	2		4ピンDIPパッケージ(2個並べて配置) 同等品としてシャープ製PC817B, 東芝製TLP521-1, 2等も利用可能
液晶ディスプレイモジュール	LCD1	AZ Displays製ACM0802C-NLW-BBH	1		青地白色文字表示(8文字×2行), 白色LEDバックライト, 10Ω(1/6W)炭素被膜抵抗(茶黒黒金), 2×7ピンヘッダ, 2×7ピンソケット
ダイオード	D1, D2	Fairchild製1N4148	2		スイッチング用ダイオード
	D3, D4	PANJIT製1N4007	2		汎用整流用ダイオード
LED	LED1	OptoSupply製OSUB5161A-PQ	1		青色LED, 直径5mm
キャップ	—	OptoSupply製OS-CAP-5UB-1	1		シリコンラバー製LED光拡散キャップ, 青色, 直径5mm, LED1に被せる。
トランジスタ	Q1, Q2, Q3 Q5, Q6, Q7 Q9	東芝製2SC1815GR	7		NPN型トランジスタ, TO-92パッケージ Q4, Q8とhFEのランクを合わせる。
	Q4, Q8	東芝製2SA1015GR	2		PNP型トランジスタ, TO-92パッケージ Q1, Q2, Q3, Q5, Q6, Q7とhFEのランクを合わせる。
抵抗器	R1	1/4W 100KΩ	1		炭素被膜抵抗(茶黒黄金)
	R2, R15 R16	1/4W 10KΩ	3		炭素被膜抵抗(茶黒橙金)
	R3	1/4W 4.7KΩ	1		炭素被膜抵抗(黄紫赤金)
	R4, R5, R6 R7	1/4W 3.3KΩ	4		炭素被膜抵抗(橙橙赤金)
	R8, R9	1/4W 470Ω	2		炭素被膜抵抗(黄紫茶金)
	R10, R12	1/4W 1KΩ	2		炭素被膜抵抗(茶黒赤金) 基板のシルク印刷は470であるが1KΩを取り付ける
	R11, R13	1/4W 22Ω	2		炭素被膜抵抗(赤赤黒金)
	R14	1/4W 2.2KΩ	1		炭素被膜抵抗(赤赤赤金)
	R17	1/6W 100KΩ	1		炭素被膜抵抗(茶黒黄金) 基板の裏に取り付ける。
コンデンサ	C1, C2, C3 C4, C5, C6 C8	0.1μF	7		積層セラミックコンデンサ, 表示(104)
	C7	100μF	1		電解コンデンサ
	C9	470μF	1		電解コンデンサ
	—	0.1μF	1		積層セラミックコンデンサ, 表示(104) DCモータの電極に直付けする。
ポテンシオメータ	RV1	500ΩB型可変抵抗器	1		基板上のポテンシオメータ 1KΩB型も利用可
	—	500ΩB型可変抵抗器	2		モータのポテンシオメータ 基板外のポテンシオメータ 1KΩB型も利用可
つまみ	—	Yung製ABS-15	2		直径20mm, つば付き, ポテンシオメータ用
熱収縮チューブ	—	呼称サイズ 2.5×0.2mm 収縮前サイズ(内径3.1mm) 長さ10mm	6		モータのポテンシオメータと基板外のポテンシオメータの端子に取り付ける。

品名	基板上の記号	規格等	数量	確認数量	備考
ヒューズ	F1	Tyco Electronics製ポリスイッチRUEF090	1		導電性ポリマーによる自己復帰型ヒューズ, 0.9Aでトリップ開始, 1.8Aで遮断, 耐圧30V
ICソケット	—	28ピンDIP型	1		U1用
	—	8ピンDIP型	1		U5用
コネクタ	J1	USBコネクタ・ミニB型	1		基板取付用スルーホール型
	J2	Singatron製DCジャック	1		内径2.1mm, 外径5.5mm, 定格(DC 20V, 4A)
	CN1 CN2	日本圧着端子製ベース付ポストB3B-XH-A	2		CN1:基板外のポテンショメータ接続用 CN2:モータのポテンショメータ接続用
	—	日本圧着端子製ハウジングX HP-3	2		CN1, CN2用ワイヤハーネスに取り付け
	CN4	日本圧着端子製ベース付ポストB2B-XH-A	1		CN4:モータ電源供給用
	—	日本圧着端子製ハウジングX HP-2	1		CN4用ワイヤハーネスに取り付け
	CN5	モレックス製ウエハー5045-03A	1		CN5: I2C通信用
	—	モレックス製ハウジング5051-03	1		CN5用ワイヤハーネスに取り付け
	CN3	L型ピンソケット 1×6ピン	1		CN3:PICマイコンのICSP(In-Circuit Serial Programming)用
	—	連結ピンヘッダ 1×6ピン	1		PICKit3とCN3を接続するためのピンヘッダ 単列/2.54/角ピン PINH-CN254X1-40Pの6ピン分
タクトスイッチ (キー)	SW1, SW2 SW3, SW4	Switronic製タクトスイッチ 1273HA-160G-G	4		基板用, 12mm角, ボタン付き
	SW5	Cosland製トグルスイッチ	1		基板用ON-ON型, 3ピンと固定用金具2ピン
ワイヤ・ハーネス	—	ダイセン電子工業製AWXG-300-R (赤色) を中央で切断したもの	3		日本圧着端子社製XH用コンタクト付き(片側), 長さ(150mm) CN1, CN2, CN4用
	—	ダイセン電子工業製AWXG-300-BK (黒色) を中央で切断したもの	3		日本圧着端子社製XH用コンタクト付き(片側), 長さ(150mm) CN1, CN2, CN4用
	—	ダイセン電子工業製AWXG-300-W (白色) を中央で切断したもの	2		日本圧着端子社製XH用コンタクト付き(片側), 長さ(150mm) CN1, CN2用
ケーブル	—	USBケーブル Aオス-ミニBオス 1.5m	1		
検査用ジャンパ	JP1	半田	1		制御基板の半田面にある。 半田でブリッジさせる。
	JP2, JP3	スズメッキ線	2		クリップがはさめるように制御基板の部品面にU字型に取り付ける ※抵抗器やコンデンサ等を取り付けた後のリード線を使う。
基板	—	鳴門教育大学伊藤研究室設計・制御基板	1		両面リジッド基板(95mm×65mm)
	—	ポテンショメータ基板	1		両面リジッド基板(28mm×23mm)
モータ・ギアボックス	—	タミヤ製ハイパワーギアボックスHE	1		型番 72003, DCモータ付き 緑色ギアの穴を直径5.5mmに加工して使用
電源	—	ACアダプタ 安定化電源5V 2A	1		入力電圧(AC 100V), 出力プラグ形状(内径2.1mm, 外径5.1mm, センタープラス)

品名	基板上の記号	規格等	数量	確認数量	備考
スペーサ	—	テイシン電機製ジュラコン六角スペーサSJA-2611	2		両端ねじ切りあり (M2.6×11mm) 液晶ディスプレイモジュールの取り付け用
	—	テイシン電機製ジュラコン六角スペーサSJA-312	5		両端ねじ切りあり (M3×12mm) 制御基板の取り付け用
	—	テイシン電機製ジュラコン六角スペーサSJA-320	3		両端ねじ切りあり (M3×20mm) ギアボックスの取り付け用
ネジ		真鍮ナベAセムス ニッケルM 2.6×6mm	4		液晶ディスプレイモジュールの取り付け (4本)
	—	真鍮ナベAセムス ニッケルM 3×8mm	15		制御基板の取り付け (10本) ギアボックスの取り付け (5本)
	—	タッピングネジ (M3×10mm)	2		タミヤ製ハイパワーギアボックスHEIにポテンシオメータ基板を取り付けるために使う。
台座	—	アップルウェア製グラスアプレート170型 (ブラック)	1		高さ32mm, 底面サイズ(16cm×16cm)
シール	—	銘板	1		

3. 制御基板の回路図

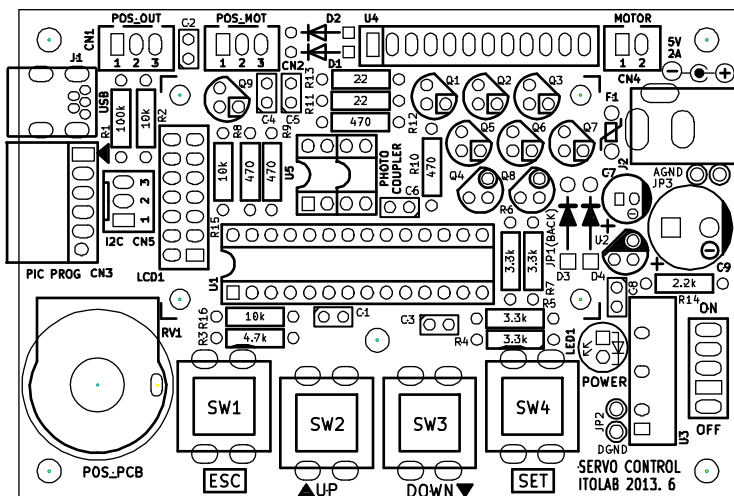


Naruto Univ. ITOLAB
 File: study-servo-25-2W.sch
 Sheet: /
 Title: Study servo 01
 Size: A4 Date: 29 Jul 2013
 KiCad E.D.A. eschema (2012-jul-04-ja)-stable
 Rev: 001
 Id: 1/1

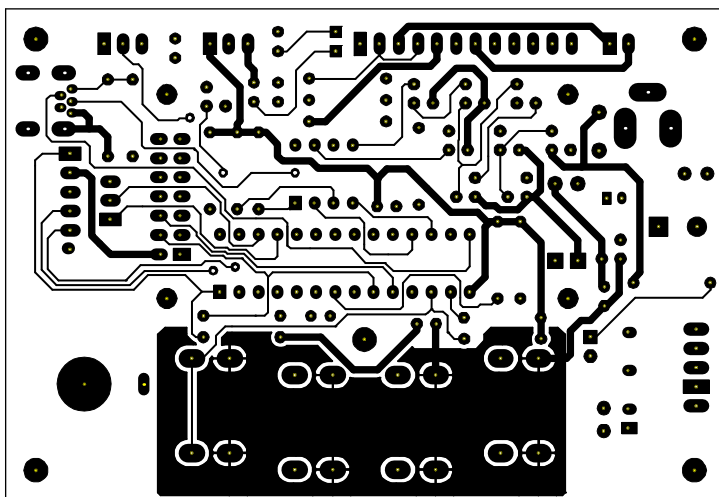
4. 制御基板(2013.6)のパターン

制御基板のサイズ (95mm×65mm)

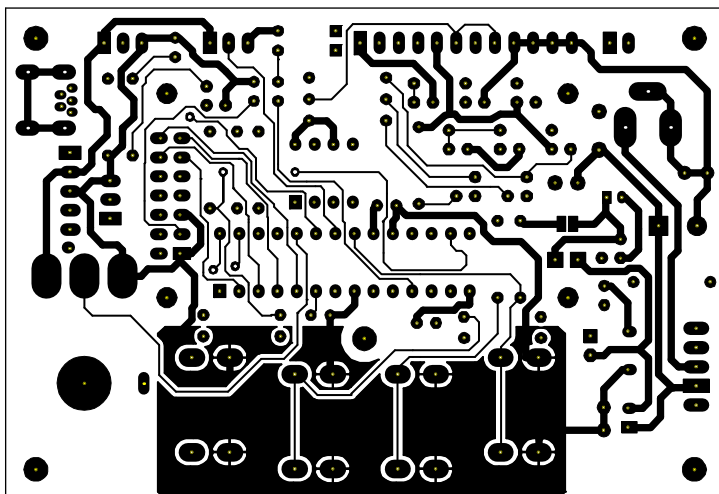
(1) 部品面のシルク印刷



(2) 部品面のパターン



(3) 半田面のパターン (部品面から見た図)



5. 製作手順

5. 1 ギアボックスの組立

- (1) □ ハイパワーギアボックスのマニュアル(以下, ギアボックス組立マニュアル)を用意します。
- (2) □ ギアボックス組立マニュアル①に従って組み立てます。
- (3) □ ギアボックス組立マニュアル②に従って組み立てます。
- (4) □ ギアボックス組立マニュアル③以降は, Bタイプの減速比4 1. 7 : 1で組み立てます。
- (5) □ ギアボックス組立マニュアル④では, 図5-1に示す2か所は, ネジ止めしないようにします。(後ほど, ネジ止めします。)

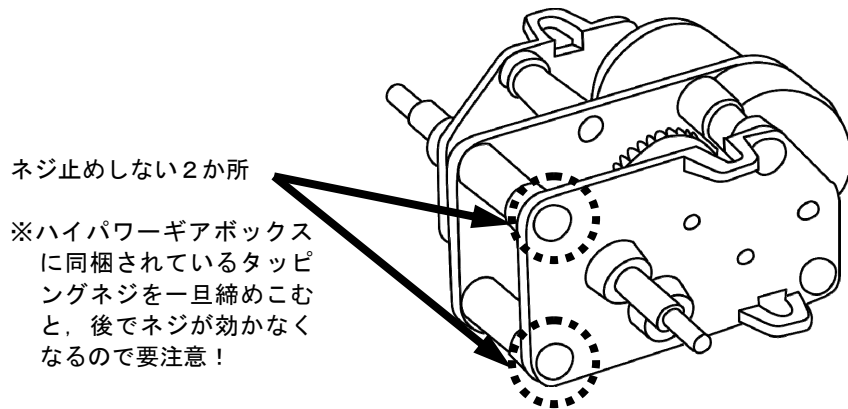


図5-1 ギアボックスの組立

- (6) □ ギアボックス組立マニュアル⑤の電池ボックスは接続しません。また, 台座に取り付ける必要もありません。
- (7) □ 回転位置の確認ができるように, ギアボックス組立マニュアル⑥に従って組み立てます。
- (8) □ モータの端子についている2本の電線を半田ごてを使って外します。
- (9) □ 両端子の中央に0.1 μ Fの積層セラミックコンデンサが配置されるようにリード線を端子に通します。
- (10) □ モータ本体を覆うカバーの凹みのある方の端子(図5-2)に, 黒のワイヤハーネスの電線(コンタクトピンの付いていない方)を通し半田付けします。

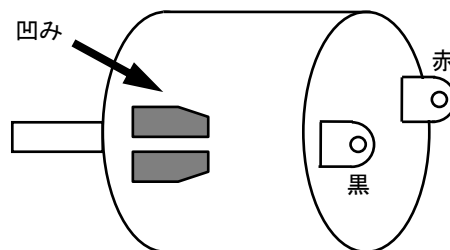


図5-2 モータ端子の配線

- (11) □ 残りの端子に, 赤のワイヤハーネスの電線(コンタクトピンの付いていない方)を通し半田付けします。赤と黒のワイヤハーネスを軽く撚り合わせます。

- (12) 日本圧着端子製ハウジング XHP-2 の **1番** に、赤のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。
- 日本圧着端子製ハウジング XHP-2 の **2番** に、黒のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。

5. 2 モータのポテンシオメータ基板の製作

- (1) ポテンシオメータ基板に「ポテンシオメータ(可変抵抗器)」をナットとワッシャで固定します。
- (2) ポテンシオメータの回転軸側(「B501」の文字が正しく読める方向)から見て、図5-3のように左側の端子から順に黒、白、赤の電線(コンタクトピンの付いていない方)に、熱収縮チューブ(10mm)を通し、端子に半田付けします。

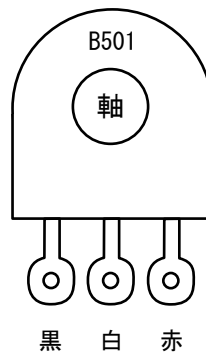


図5-3 ポテンシオメータ端子の配線(軸側から見た図)

- (3) 熱収縮チューブを収縮させて、黒、白、赤のワイヤハーネスを軽く撚り合わせます。
- (4) 日本圧着端子製ハウジング XHP-3 の **1番** に、赤のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。
- 日本圧着端子製ハウジング XHP-3 の **2番** に、白のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。
- 日本圧着端子製ハウジング XHP-3 の **3番** に、黒のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。
- (5) ポテンシオメータの回転軸側に緑色のギア(穴は直径 5.5mm に加工済み)を取り付けます。
- (6) ポテンシオメータ基板をタッピングネジ(M3×10mm)を使って、図5-4のようにギアボックスに取り付けます。
- (7) ポテンシオメータのギア(緑色)をモータで駆動されるギア(オレンジ色)に噛み合わせます。

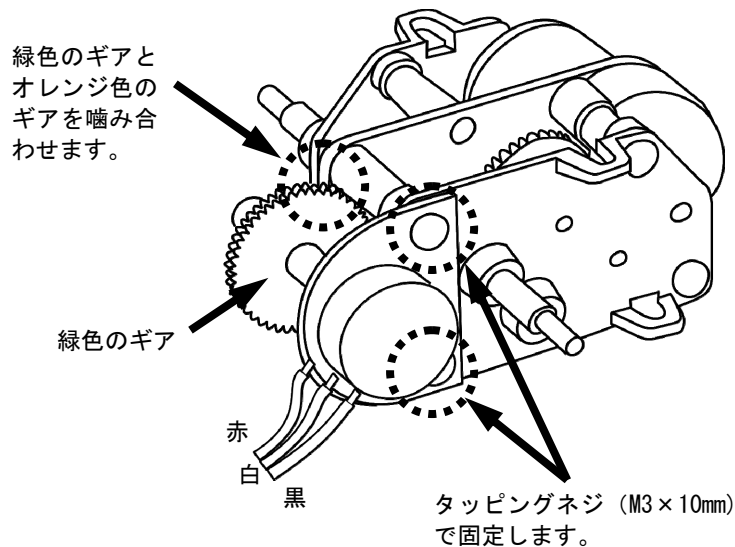


図5-4 ポテンシオメータ基板の取り付け

5. 3 基板外のポテンシオメータの製作

- (1) 「ポテンシオメータ(可変抵抗器)」をナットとワッシャで所定の位置に固定します。
- (2) ポテンシオメータの回転軸側(「B501」の文字が正しく読める方向)から見て、図5-3のように左側の端子から順に黒、白、赤の電線(コンタクトピンの付いていない方)に、熱収縮チューブ(10mm)を通し、端子に半田付けします。
- (3) 熱収縮チューブを収縮させて、黒、白、赤のワイヤハーネスを軽く撚り合わせます。
- (4) 日本圧着端子製ハウジング XHP-3 の**1番**に、赤のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。
- 日本圧着端子製ハウジング XHP-3 の**2番**に、白のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。
- 日本圧着端子製ハウジング XHP-3 の**3番**に、黒のワイヤハーネスのコンタクトピンを挿入します。

5. 4 液晶ディスプレイモジュールの準備

- (1) 液晶ディスプレイモジュールの基板裏側のR7に10Ω(1/6W)を取り付けます。
- (2) 液晶ディスプレイモジュールの基板裏側のR9のパターンを半田でブリッジさせます。
- (3) 「2×7ピンソケット」を液晶ディスプレイモジュールの基板裏側に取り付け、その基板の表側から半田付けします。半田付けするときに液晶ディスプレイに半田ごてが触れないように注意します。

5. 5 制御基板の製作

- (1) 抵抗器(R1~R16)を半田付けします。
※R10とR12のシルク印刷は470であるが1KΩを取り付けます。
- (2) 積層セラミックコンデンサ(C1~C6, C8)を半田付けします。
- (3) スイッチング用ダイオード(D1, D2)を半田付けします。
- 汎用整流用ダイオード(D3, D4)を半田付けします。

ダイオードには極性がありますから、図5-5に示すように取り付けます。

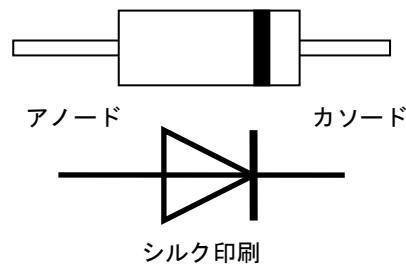


図5-5 ダイオードの極性

- (4) □ 抵抗器を取り付けた残りのリード線を使って、検査用ジャンパ線(JP2, JP3)を図5-6のように半田付けします。

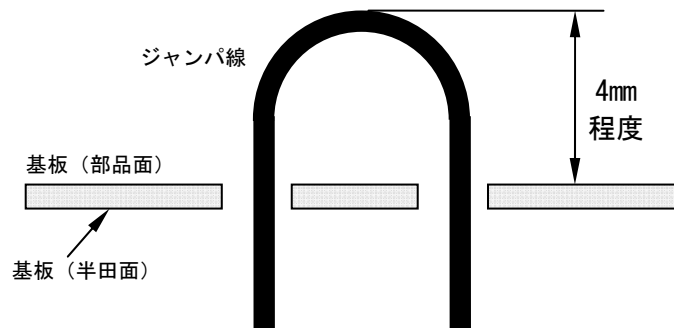


図5-6 検査用ジャンパ線の取り付け

- (5) □ ICソケット(U1, U5)を半田付けします。ICソケットの「切欠き」とシルク印刷の「切欠き」が合致するように取り付けます。
まず、ICソケットの対角の2ピンのみを半田付けします。ICソケットと基板に隙間がないように半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。
- (6) □ USBコネクタ・ミニB型(J1)を半田付けします。
まず、USBコネクタのフレームの1か所だけ半田付けします。USBコネクタと基板に隙間がないようように半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのフレームをすべて半田付けします。USBコネクタには、コネクタの抜き差し時に強い力がかかるので、よく半田を流し込みしっかりと固定します。つぎに、ピンが短くピンの間が狭いので、慎重に半田ブリッジしないように5本のピンのスルーホールに十分半田を流し込みます。
- (7) □ L型ピンソケット(CN3)を半田付けします。
まず、ピンソケットの1番ピンのみを半田付けします。ピンソケットと基板に隙間がないようように半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。
- (8) □ PNP型トランジスタ(Q4, Q8)を半田付けします。トランジスタには極性がありますから、シルク印刷の形(エミッタ端子○)に合わせて取り付けます。

制御基板の上に、液晶ディスプレイ基板を取り付けるので、図5-7のように制御基板からトランジスタの上部までの高さが、8 mmとなるように取り付けます。

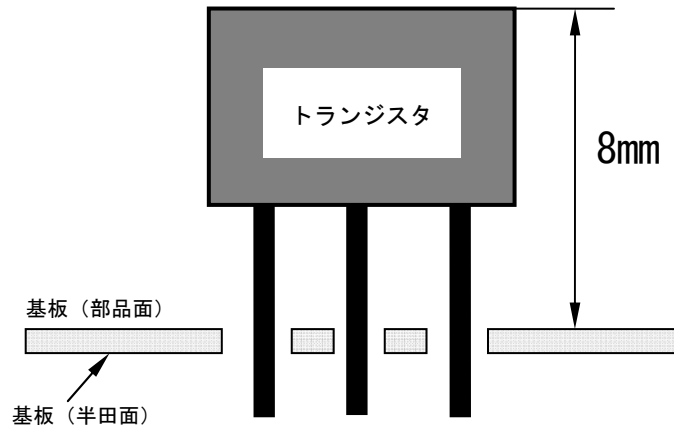


図5-7 トランジスタの取り付け

- (9) □ NPN型トランジスタ(Q1, Q2, Q3, Q5, Q6, Q7, Q9)を半田付けします。トランジスタには極性がありますから、シルク印刷の形(エミッタ端子口)に合わせて取り付けます。制御基板の上に、液晶ディスプレイ基板を取り付けるので、図5-7のように制御基板からトランジスタの上部までの高さが、8 mmとなるように取り付けます。
- (10) □ 三端子レギュレータ(U2)を半田付けします。三端子レギュレータには極性がありますから、シルク印刷の形(1番ピン白)に合わせて取り付けます。
- (11) □ コネクタ(CN1, CN2, CN4)を半田付けします。これらのコネクタには向きがあり、コネクタの「切欠き」とシルク印刷の「破線」が合うように取り付けます(図5-8)。
- コネクタ(CN5)を半田付けします。このコネクタにも向きがあり、コネクタの「背部分」とシルク印刷の「二重線」が合うように取り付けます(図5-8)。
- まず、コネクタの1番ピンのみを半田付けします。コネクタと基板に隙間がないように、また、シルク印刷に合致し曲がらないように、半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。

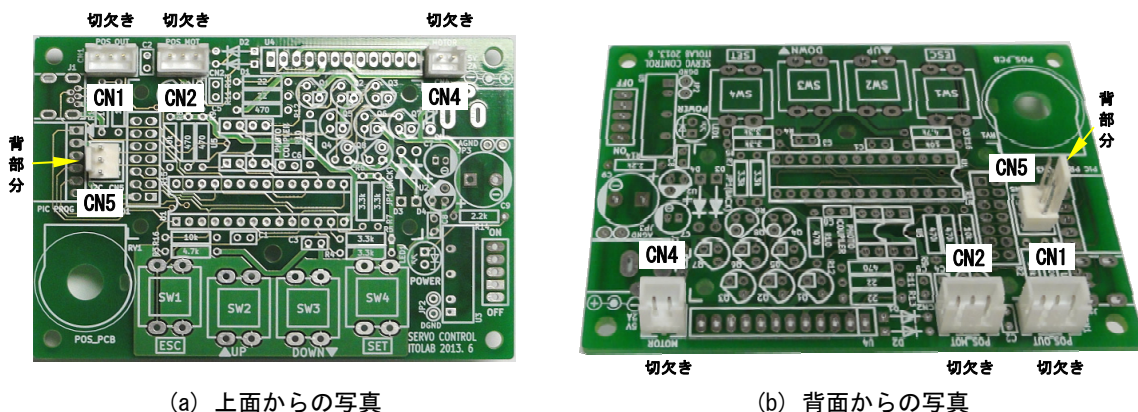


図5-8 コネクタの取り付け

- (12) □ LCD1に液晶ディスプレイモジュールに同梱されている「2×7ピンヘッダ」を半田付けします。

まず、「2×7ピンヘッダ」の対角の2ピンのみを半田付けします。「2×7ピンヘッダ」と基板に隙間がないように半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。

(13) □ ポリスイッチ(F1)を半田付けします。

(14) □ DC ジャック(J2)を半田付けします。

まず、ひとつのピンのみを半田付けします。DC ジャックと基板に隙間がないように半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。

(15) □ 電解コンデンサ(C7, C9)を半田付けします。電解コンデンサには極性がありますから、電解コンデンサ本体のマイナス記号とシルク印刷のマイナス記号を合わせて、コンデンサ本体が垂直になり、基板から浮かないように取り付けます。

(16) □ MOS-FET アレイ(U4)を半田付けします。MOS-FET アレイは静電気に弱いので取扱いに注意します。1番ピン(図5-9)は、シルク印刷の「U4」になるように取り付けます。

まず、1番ピンのみを半田付けします。MOS-FET アレイと基板に隙間がなく、垂直になるように半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。



図5-9 MOS-FET アレイのピン番号

(17) □ 発光ダイオード(LED1)を半田付けします。その後、LED キャップを被せます。

発光ダイオードには極性があり、図5-10のように足の長い方を「アノード」、短い方を「カソード」として、シルク印刷のとおり取り付けます。

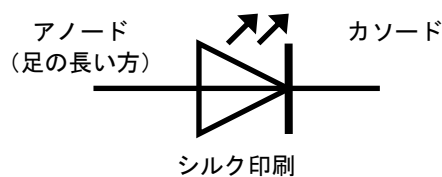


図5-10 発光ダイオードの極性

(18) □ DC-DC コンバータ(U3)を半田付けします。

まず、1番ピンのみを半田付けします。DC-DC コンバータと基板に隙間がないように、半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。

(19) □ 基板上のポテンショメータ(RV1)を制御基板に取り付けます。

まず、ポテンショメータの軸に付いているナットとワッシャを外します。端子基板から軸の方に3mmの高さになるようにポテンショメータの3つの端子を変形します。ポテンショメータが回転しないように基板に仮固定し、3つの端子が小判型のパターンとほぼ合致する

ように端子の形を修正します。修正後、軸にワッシャを入れ、ボックスレンチを使ってナットを締めポテンショメータを固定します。最後に 3 つの端子を基板に半田付けします。

- (20) □ タクトスイッチのキー(SW1~SW4)を半田付けします。
まず、ひとつのピンのみを半田付けします。スイッチと基板に隙間がないように、半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。
- (21) □ トグルスイッチ(SW5)を基板の外側から「1A 250V 3A 150V」の文字が見える方向に取り付け、半田付けします。
まず、1番ピンのみを半田付けします。スイッチと基板に隙間がなく、垂直になるように、半田ごてを当てて修正します。修正を確認したら、残りのピンをすべて半田付けします。
- (22) □ 液晶ディスプレイモジュール(LCD1)を固定するためのスペーサ(M2.6×11mm)2本(D3付近とF1付近)をセムスネジ(M2.6×6mm)を使って、制御基板の上に立てます。
- (23) □ 制御基板の「四隅」と「SW2とSW3の間」の5か所の穴にセムスネジ(M3×8mm)を使ってスペーサ(M3×12mm)5本を取り付けます。
- (24) □ 基板上のポテンショメータ(RV1)の軸に、つまみを取り付けます。つまみの方向を示す「印」は、中央に位置するとき「12時の方向」になるようにします。
- (25) □ タクトスイッチのキー(SW1~SW4)の上部にボタンをそれぞれ取り付けます。
- (26) □ CN1の1番ピンと2番ピンを接続するようにR17(100KΩ, 1/6W)を制御基板の半田面に取り付けます。

5. 6 制御基板の動作確認

- (1) □ モータのポテンショメータ基板、制御基板とも、半田ブリッジや半田の残りがなく、リード線等でパッド間がショートしていないか、よく確認します。
- (2) □ トグルスイッチ(SW5)を「OFF」にして、マイコン(U1)とフォトカプラ(U5)を挿入しない状態で、電源(ACアダプタ 5V, 2A等)のDCプラグ(センター側がプラス)をDCジャック(J2)に挿入します。
- (3) □ トグルスイッチ(SW5)を「ON」にして、発光ダイオード(LED1)が点灯することを確認します。トグルスイッチ(SW5)を「OFF」にします。
- (4) □ 制御基板の半田面にある「JP1」を半田ブリッジさせて、導通させます。
- (5) □ テスター棒の黒側にテストクリップを接続し、JP2をはさみます。
トグルスイッチ(SW5)を「ON」にします。

図5-11に示すように、U1の20番ピンをテスター棒の赤側を接触させ、電圧が3.3Vであることを確認します。同様に、U1の14番ピンの電圧が3.3Vであること、U1の8番ピン、19番ピンの電圧が0Vであることを確認します。

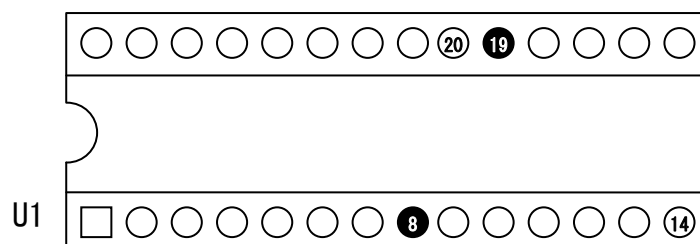


図5-11 U1のピン番号

図5-12に示すように、LCD1の1番ピンの電圧が3.3Vであること、2番ピン(LCD1のシルク印刷付近)の電圧が0Vであることを確認します。
トグルスイッチ(SW5)を「OFF」にします。

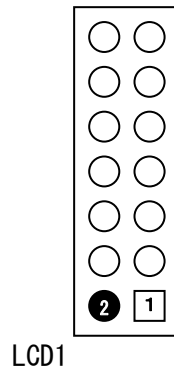


図5-12 LCD1のピン番号

- (6) □ マイコン(U1)をICソケットの「切欠き」と合うように挿入します。
- (7) □ 図5-13に示すように、フォトカプラ2個(U5)をICソケットに並べて挿入します。フォトカプラの上部に印刷されている「●」が1番ピンの印です。

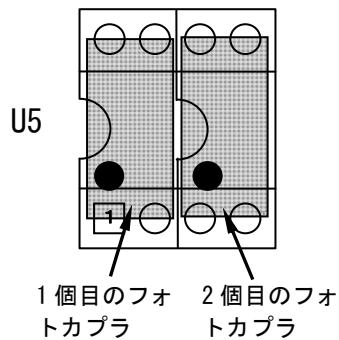
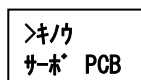


図5-13 フォトカプラの取り付け

- (8) □ 液晶ディスプレイモジュールをLCD1に装着します。
- (9) □ トグルスイッチ(SW5)を「ON」にします。

液晶ディスプレイに、



が表示されることを確認します。

トグルスイッチ(SW5)を「OFF」にします。

5. 7 台座への取り付け

図5-14に示すように、ギアボックスと制御基板を台座に取り付けます。

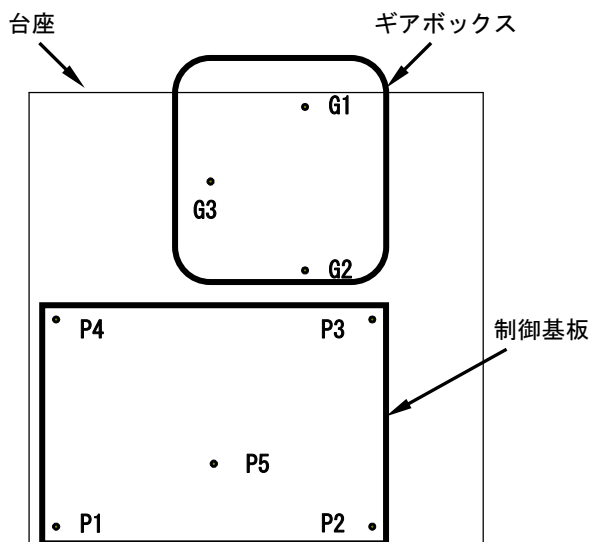


図5-14 台座上のギアボックスと制御基板の配置

- (1) □ 液晶ディスプレイモジュールをセムスネジ(M2.6×6mm)を使って、すでに制御基板上に取り付けられているスペーサ(M2.6×11mm)に固定します。
- (2) □ 台座にギアボックスを取り付けるための3か所の穴(G1, G2, G3)にセムスネジ(M3×8mm)を使ってスペーサ(M3×20mm)3本を固定します。G1とG2のスペーサは、セムスネジ(M3×8mm)を使ってギアボックスと固定し、G3のスペーサは、ホットボンド(接着剤、両面テープ等)を使ってギアボックスと接着します。
- (3) □ 台座に制御基板を取り付けるための5か所の穴(P1, P2, P3, P4, P5)にセムスネジ(M3×8mm)を使って制御基板に取り付けたスペーサを固定します。
- (4) □ 「POS_OUT」とシルク印刷されたコネクタ(CN1)に、基板外のポテンシオメータに取り付けたワイヤハーネスの3ピンコネクタを挿入します。
- (5) □ 「POS_MOT」とシルク印刷されたコネクタ(CN2)に、モータのポテンシオメータ基板に取り付けたワイヤハーネスの3ピンコネクタを挿入します。
- (6) □ 「MOTOR」とシルク印刷されたコネクタ(CN4)に、モータに取り付けたワイヤハーネスの2ピンコネクタを挿入します。

5. 8 サーボモータの動作確認

- (1) □ 基板上のポテンシオメータの動作を確認します。

トグルスイッチ (SW5) を「ON」にします。

>キウ サーボ PCB

 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え

>キウ # テスト #

 にして、SET キーを押します。

>>テスト デモ

 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え

>>テスト PCB POS

 にして、SET キーを押します。

PCB POS S <input type="text"/>

 と表示されるので、SET キーを押して、値の表示方法を切り替え

PCB POS nnnn

 にします。nnnn はポテンシオメータの値を表示しています。

基板上のポテンシオメータの値は、つまみを見た状態で、つまみの時計回りで、減少し、反時計回りで、増加します。ポテンシオメータの値は、中央で 0, 最小, -512, 最大, 511 です。

ポテンシオメータの値ができるだけ 0 に近い状態で、「つまみの方向を示す印」を「12 時の方向」に修正します。

正常に動作することが確認できたら、トグルスイッチ (SW5) を「OFF」にします。

- (2) □ 基板外のポテンシオメータの動作を確認します。

基板外のポテンシオメータのワイヤハーネスを「POS_OUT」(コネクタ, CN1)に接続し、トグルスイッチ (SW5) を「ON」にします。

>キウ サーボ PCB

 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え

>キウ # テスト #

 にして、SET キーを押します。

>>テスト デモ

 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え

>>テスト OUT POS

 にして、SET キーを押します。

OUT POS S <input type="text"/>

 と表示されるので、SET キーを押して、値の表示方法を切り替え

OUT POS nnnn

 にします。nnnn はポテンシオメータの値を表示しています。

基板外のポテンシオメータの値は、つまみを見た状態で、つまみの時計回りで、減少し、反時計回りで、増加します。ポテンシオメータの値は、中央で 0, 最小, -512, 最大, 511 です。


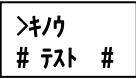
ポテンシオメータの値ができるだけ 0 に近い状態で、「つまみの方向を示す印」を「12 時の方向」に修正します。

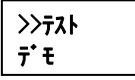
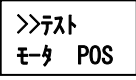
正常に動作することが確認できたら、トグルスイッチ (SW5) を「OFF」にします。

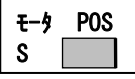
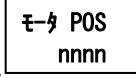
※ 基板外のポテンシオメータのワイヤハーネスを「POS_OUT」コネクタ (CN1) に接続していない状態で使用する場合、コネクタ (CN1) の 1 番ピンと 2 番ピンを 100K Ω (1/6W) の抵抗器で制御基板の裏側で接続します。その場合、常に最小値に近い値がポテンシオメータの値となります。もし、この抵抗器がない場合、ポテンシオメータの値は不定になります。

(3) □ モータのポテンシオメータの動作を確認します。

モータのポテンシオメータのワイヤハーネスを「POS_MOT」(コネクタ, CN2) に接続し、トグルスイッチ (SW5) を「ON」にします。

 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え  にして、SET キーを押します。

 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え  にして、SET キーを押します。

 と表示されるので、SET キーを押して、値の表示方法を切り替え  にします。nnnn はポテンシオメータの値を表示しています。

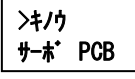
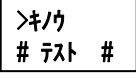
ギアボックスのモータ側から見た状態で、モータの回転軸の時計回りで、減少し、反時計回りで、増加します。ポテンシオメータの値は、中央で 0、最小、-512、最大、511 です。

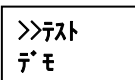
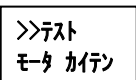
ポテンシオメータの値ができるだけ 0 に近い状態で、「ギアボックスに取り付けた回転角の方向を示すもの」を「12 時の方向」に修正します。

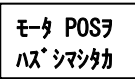
正常に動作することが確認できたら、トグルスイッチ (SW5) を「OFF」にします。

(4) □ モータの動作と回転方向を確認します。

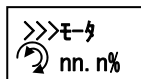
モータのワイヤハーネスを「MOTOR」(コネクタ, CN4) に接続し、トグルスイッチ (SW5) を「ON」にします。


 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え  にして、SET キーを押します。

 と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え  にして、SET キーを押します。

 と表示されるので、モータのポテンシオメータのギア (緑色) を少しずらし、モータで駆動されるギア (オレンジ色) との噛み合わせを外します。

噛み合わせが外れたことを確認した後、SET キーを押します。



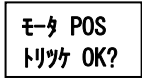
と表示されるので、SET キーを押して、値の表示方法を切り替え  にします。nnnn はモータの制御量を表示しています。

UP キーを押し続けると、制御量の値が増加し、その値が 100 を超えたあたりから、ゆっくりとモータが、「時計回り（ギアボックスのモータ側から見たとき）」に回転します。液晶ディスプレイにも、「時計回り」のアイコンが表示されます。制御量の値が大きくなるほどモータの回転速度は速くなります。

つぎに、制御量が 0 になるまで DOWN キーを押し続けます。

制御量が 0 になった状態で、DOWN キーを押し続けると制御量の値が増加し始めます。その値が 100 を超えたあたりから、ゆっくりとモータが、「反時計回り（ギアボックスのモータ側から見たとき）」に回転します。液晶ディスプレイにも、「反時計回り」のアイコンが表示されます。制御量の値が大きくなるほどモータの回転速度は速くなります。

なお、制御量の最大値は 1023 ですが、モータが過負荷な状態になるので、200 までぐらいの値にしてください。

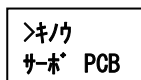
モータの動作確認を終了するために、ESC キーを押します。  と表示されるので、モータのポテンシオメータのギア（緑色）を元に戻し、モータで駆動されるギア（オレンジ色）と噛み合わせます。

噛み合わせを確認した後、SET キーを押します。

正常に動作することが確認できたら、トルグスイッチ (SW5) を「OFF」にします。

(5) □ モータの制御動作を確認します。

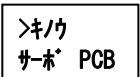
トルグスイッチ (SW5) を「ON」にします。

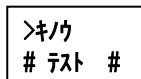


と表示されるので、SET キーを押して、基板上的ポテンシオメータのつまみを回します。

基板上的ポテンシオメータで指示された角度となるように、モータが制御され指示角を保持することを確認します。

正常に動作することが確認できたら、つぎに「デモ」を実行します。

ESC キーを押すと、  と表示されるので、DOWN キーを押してメニューを切り替え



にして、SET キーを押します。





>>テスト
デモ と表示されるので、SET キーを押してメニューを切り替え >>>デモ
スイング N にして、
SET キーを押します。

準備動作の後、スイングするようにモータが動作することを確認します。

正常に動作することが確認できたら、トグルスイッチ (SW5) を「OFF」にします。

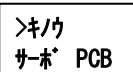
6. 利用方法

(1) キーの割り当て

名 称	ESC キー	UP キー	DOWN キー	SET キー
アイコン				
主な機能	戻る, 中断 エラー解除	メニュー変更 増加(減少)	メニュー変更 減少(増加)	設 定 変 更

(2) 基本的な使い方

「初期動作モード」が「機能メニュー」の場合（初期化時），電源投入後

 >キノ
サホ PCB

と表示されるので，SET キーを押して，基板上のポテンシオメータのつまみを回します。

基板上のポテンシオメータで指示された角度となるように，モータが制御され指示角を保持します。

(3) ポテンシオメータの値

基板上と基板外のポテンシオメータの値は，つまみを見た状態で，つまみの時計回りで，減少し，反時計回りで，増加します。

モータのポテンシオメータの値は，ギアボックスのモータ側から見た状態で，モータの回転軸の時計回りで，減少し，反時計回りで，増加します。

各ポテンシオメータの値は，中央の位置で「0」となり，その状態から時計回りの方向で「マイナス（-1～-512）」，反時計周りの方向は「プラス（1～511）」となります。

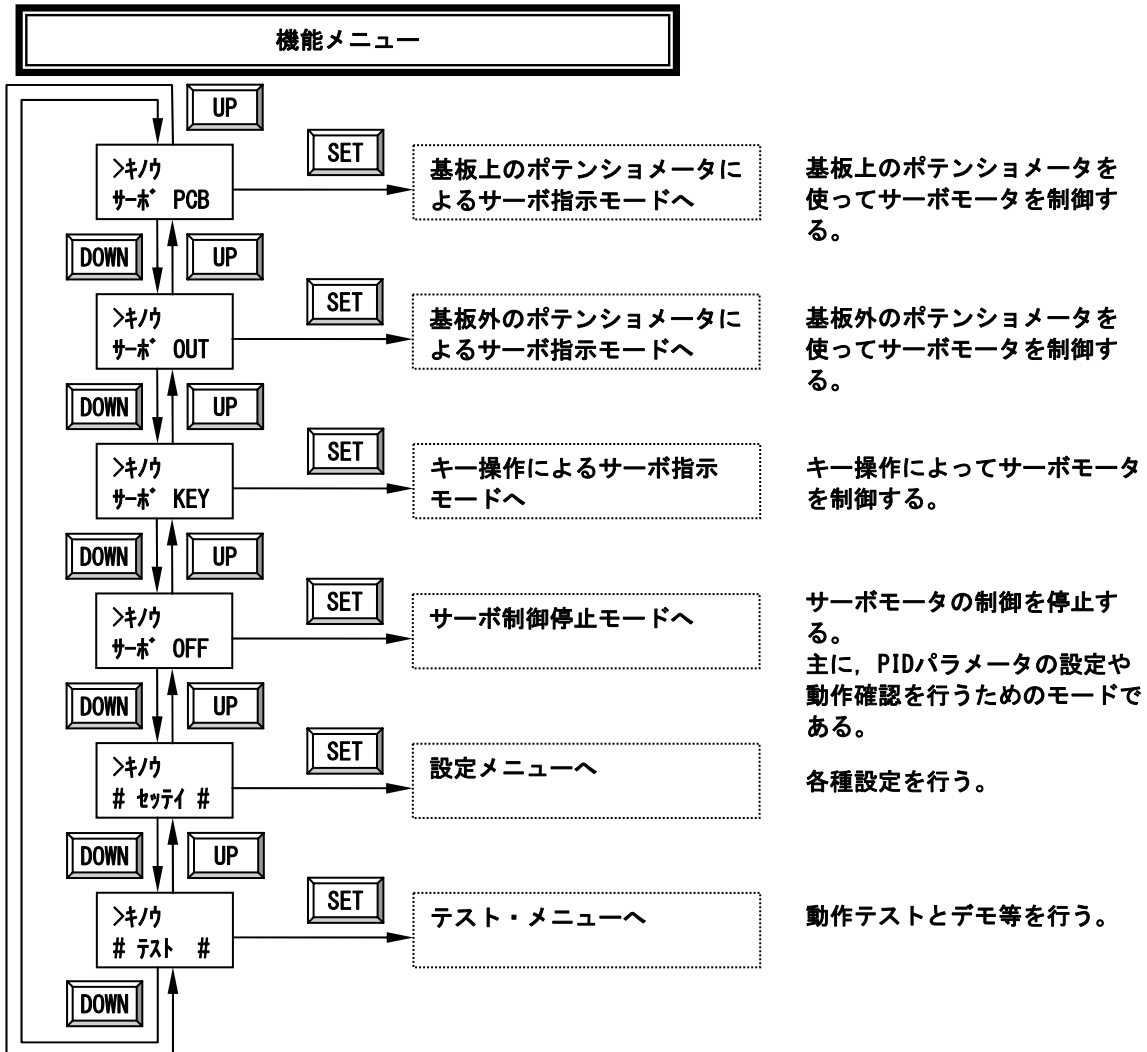
(4) モータの制御量と回転方向

モータの制御量は，0～1023 までの値です。値が大きくなるほど高速に回転します。

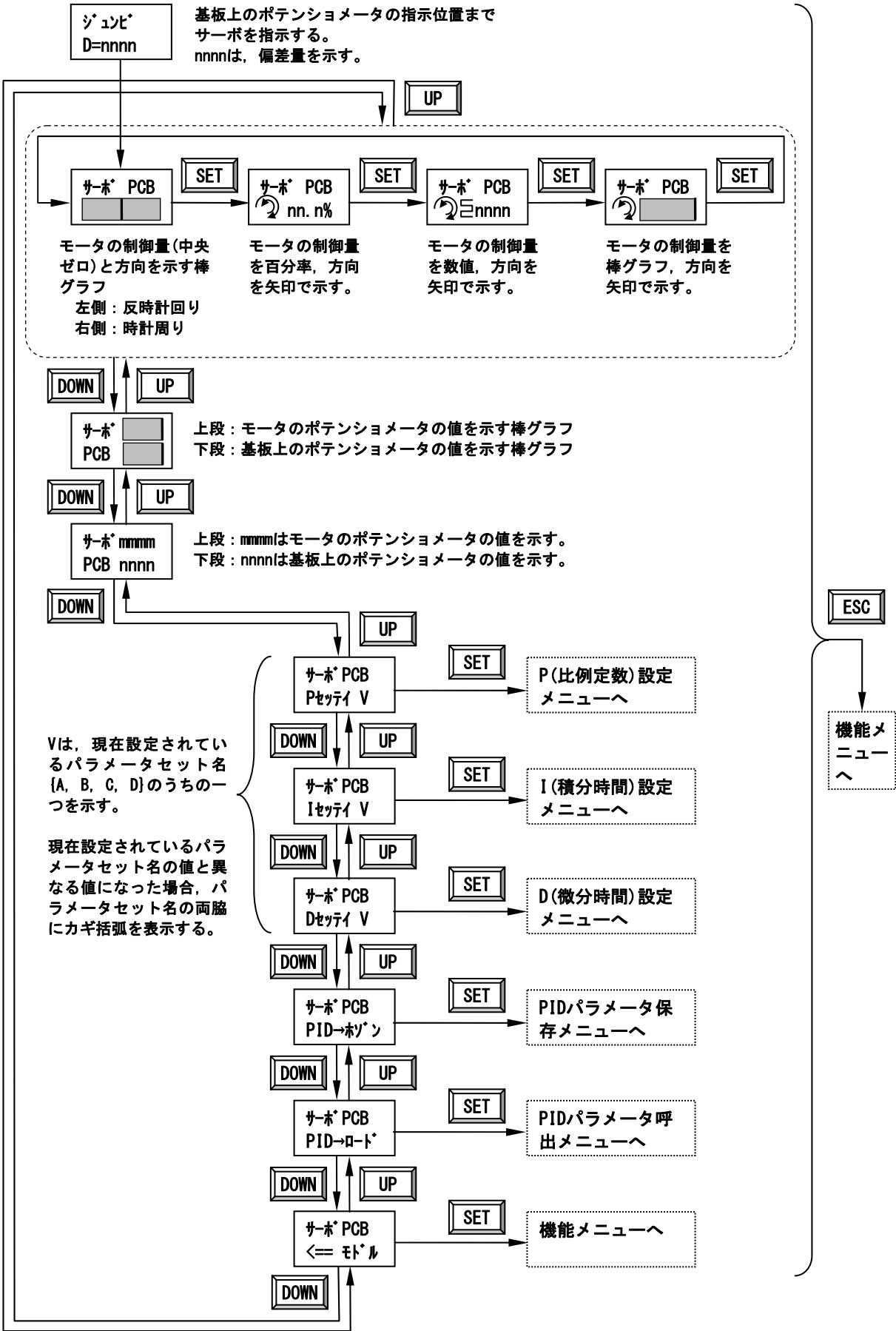
モータの軸の回転方向は，ギアボックスのモータ側から見た状態で，「時計回り」，「反時計周り」とします。

7. メニューの構成

電源を投入すると、マイコンのフラッシュメモリに設定されている「初期動作モード」になります。初期化時の「初期動作モード」は、「機能メニュー」です。

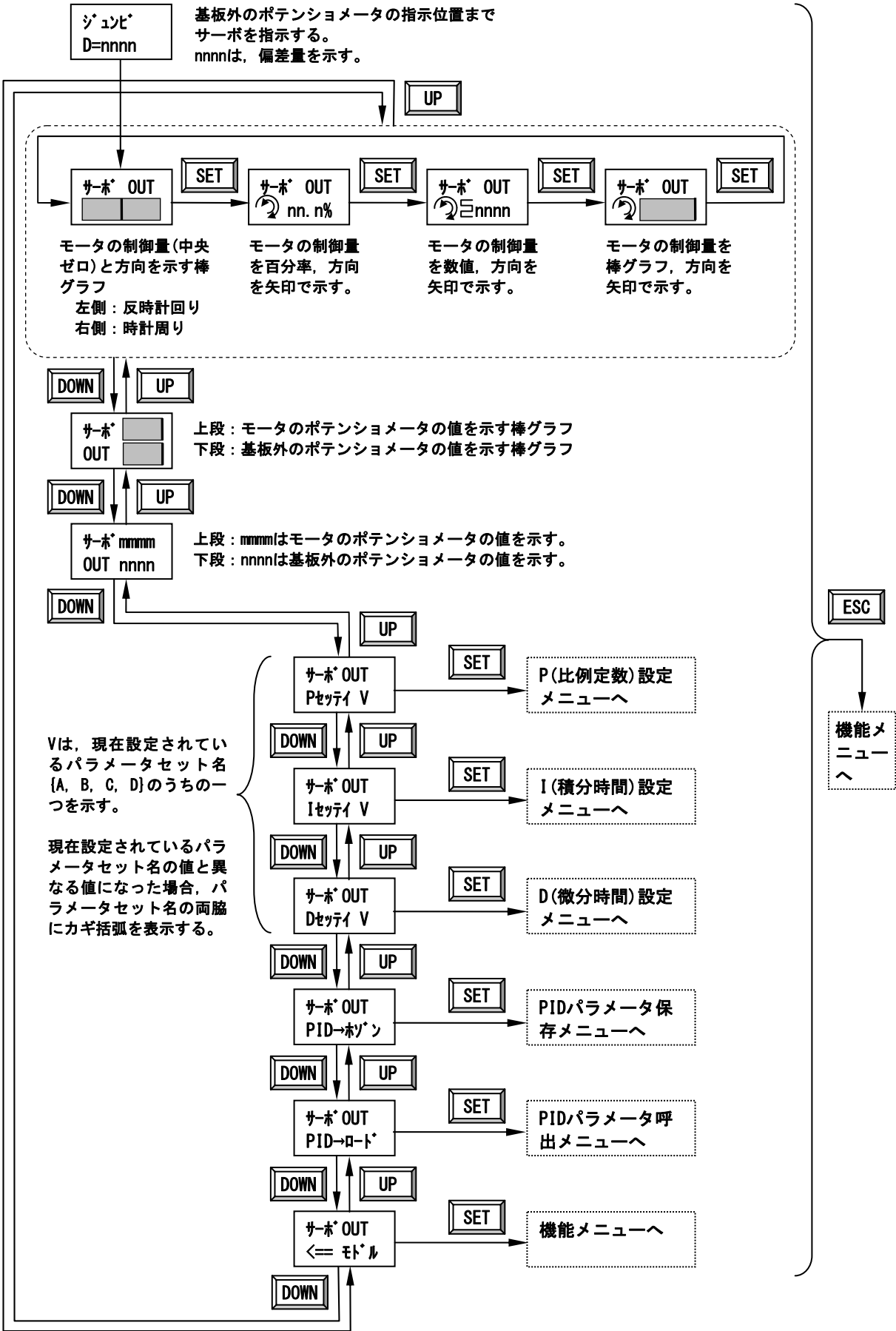


基板上的ポテンシオメータによるサーボ指示モード



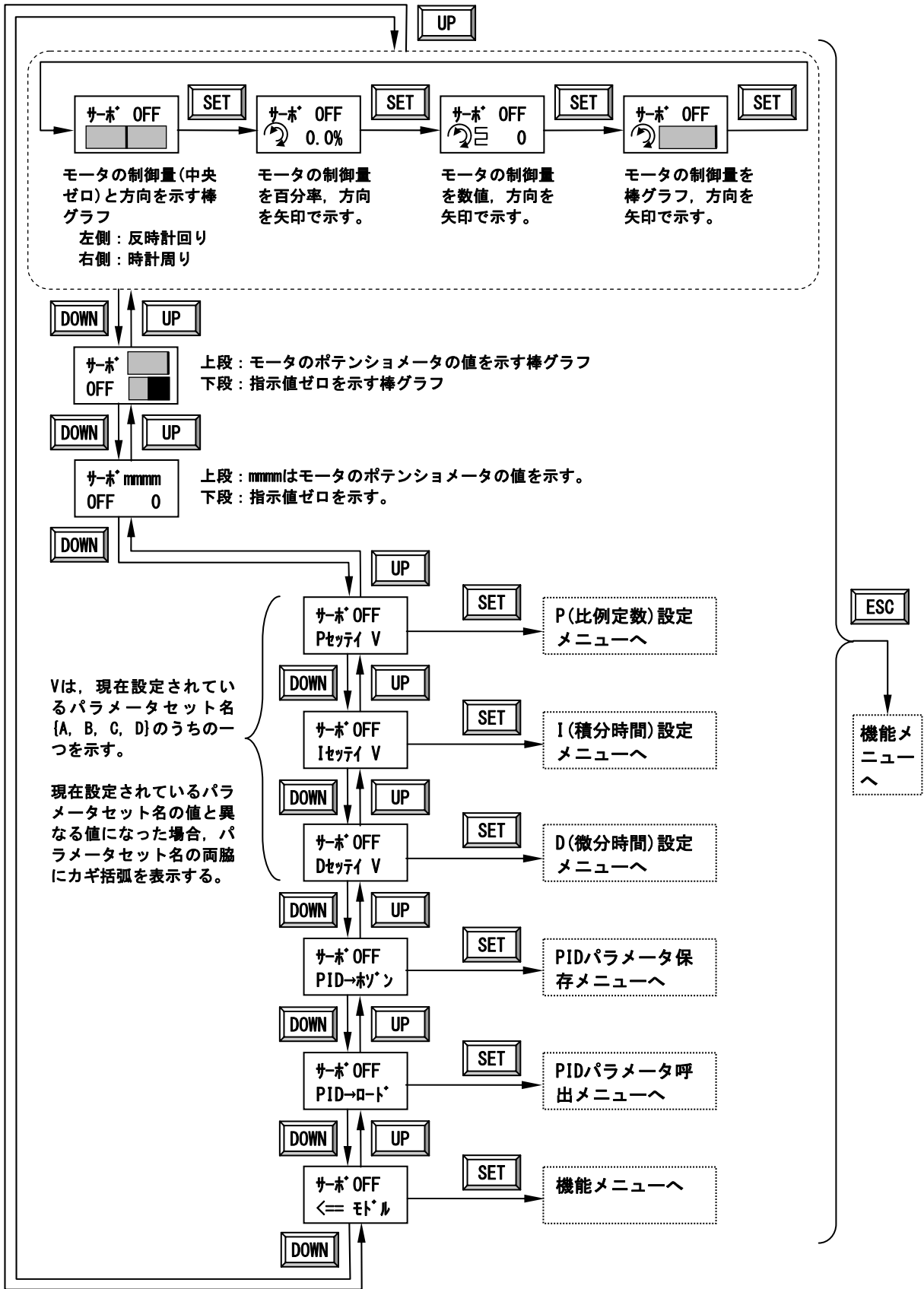
基板外のポテンシオメータによるサーボ指示モード

※ 基板外のポテンシオメータのワイヤハーネスを「POS_OUT」コネクタ (CN1) に接続していない状態では、常に最小値に近い値が指示値となる。



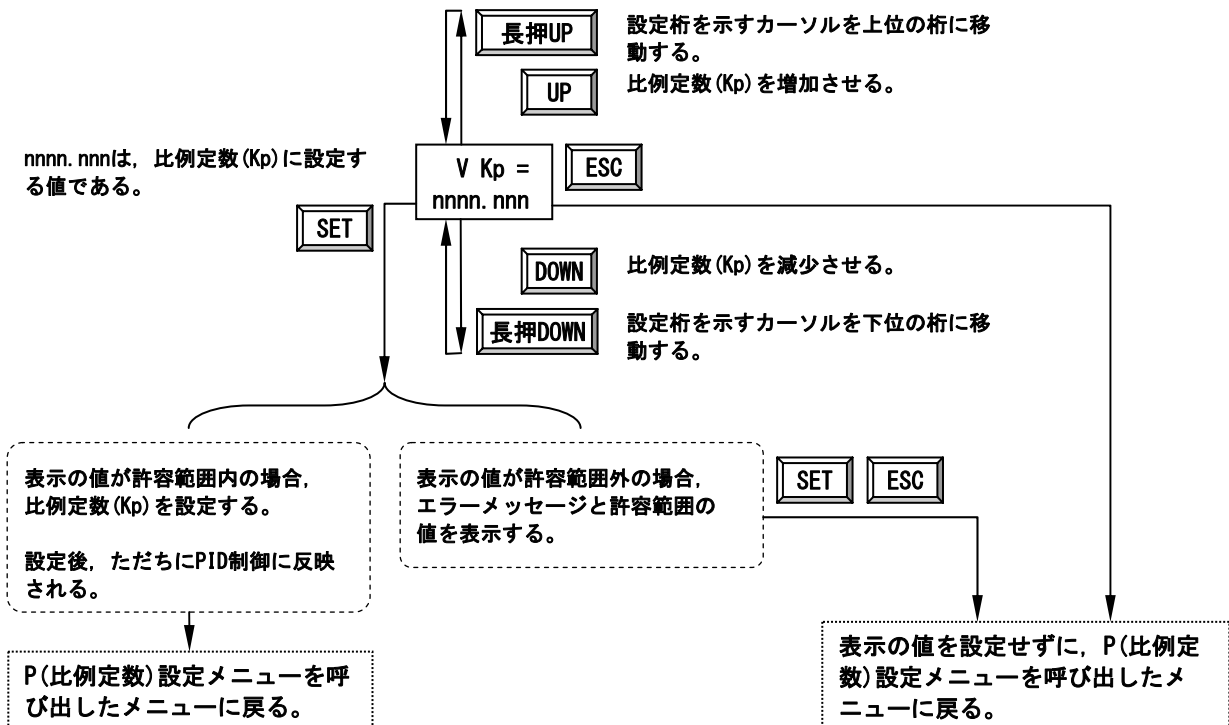
サーボ制御停止モード

※ 「サーボ制御停止モード」は、サーボ制御が停止しているため、主にPIDパラメータの設定、確認、保存、呼出等に用いる。



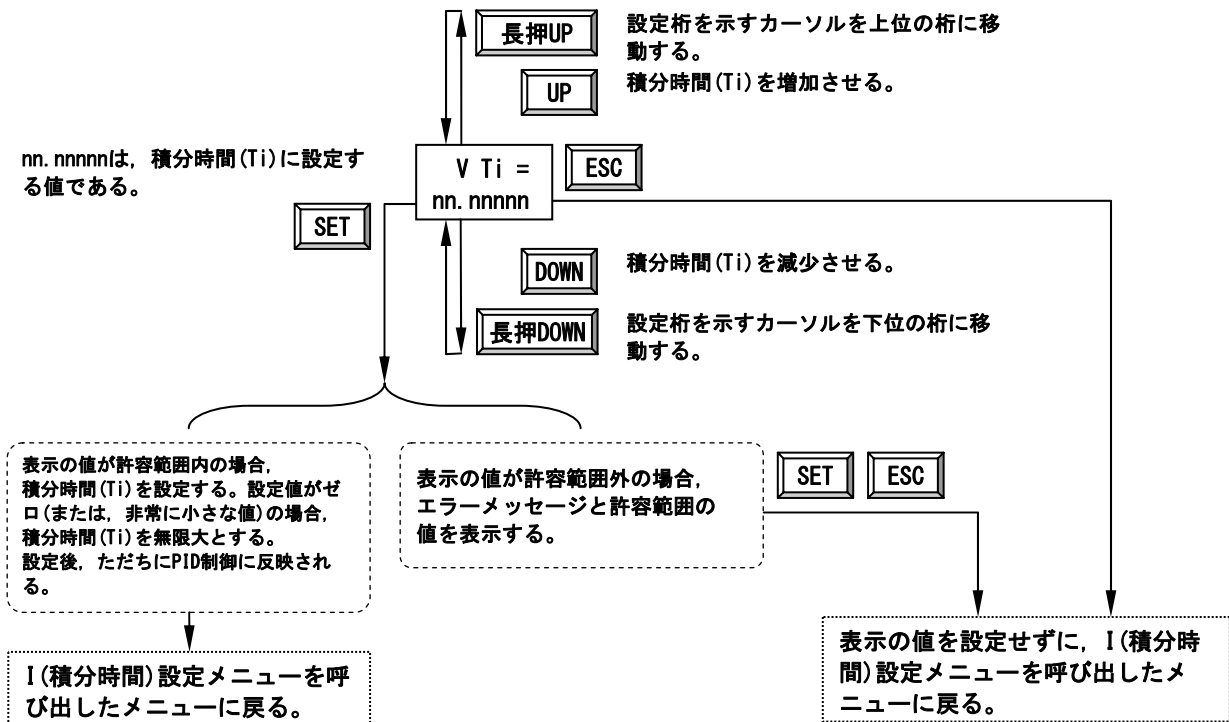
P (比例定数) 設定メニュー

Vは、現在設定されているパラメータセット名 [A, B, C, D] のうちの一つを示す。
 現在設定されているパラメータセット名の値と異なる値になった場合、パラメータセット名の両脇にカギ括弧を表示する。



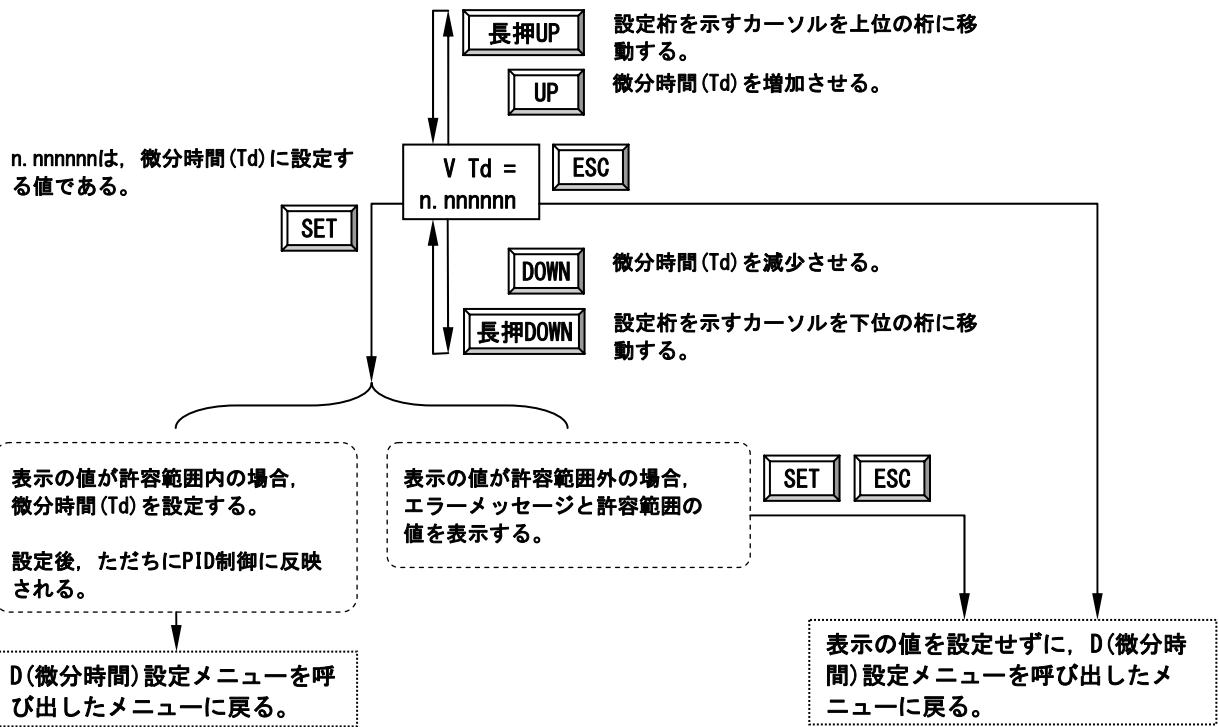
I (積分時間) 設定メニュー

Vは、現在設定されているパラメータセット名 [A, B, C, D] のうちの一つを示す。
 現在設定されているパラメータセット名の値と異なる値になった場合、パラメータセット名の両脇にカギ括弧を表示する。



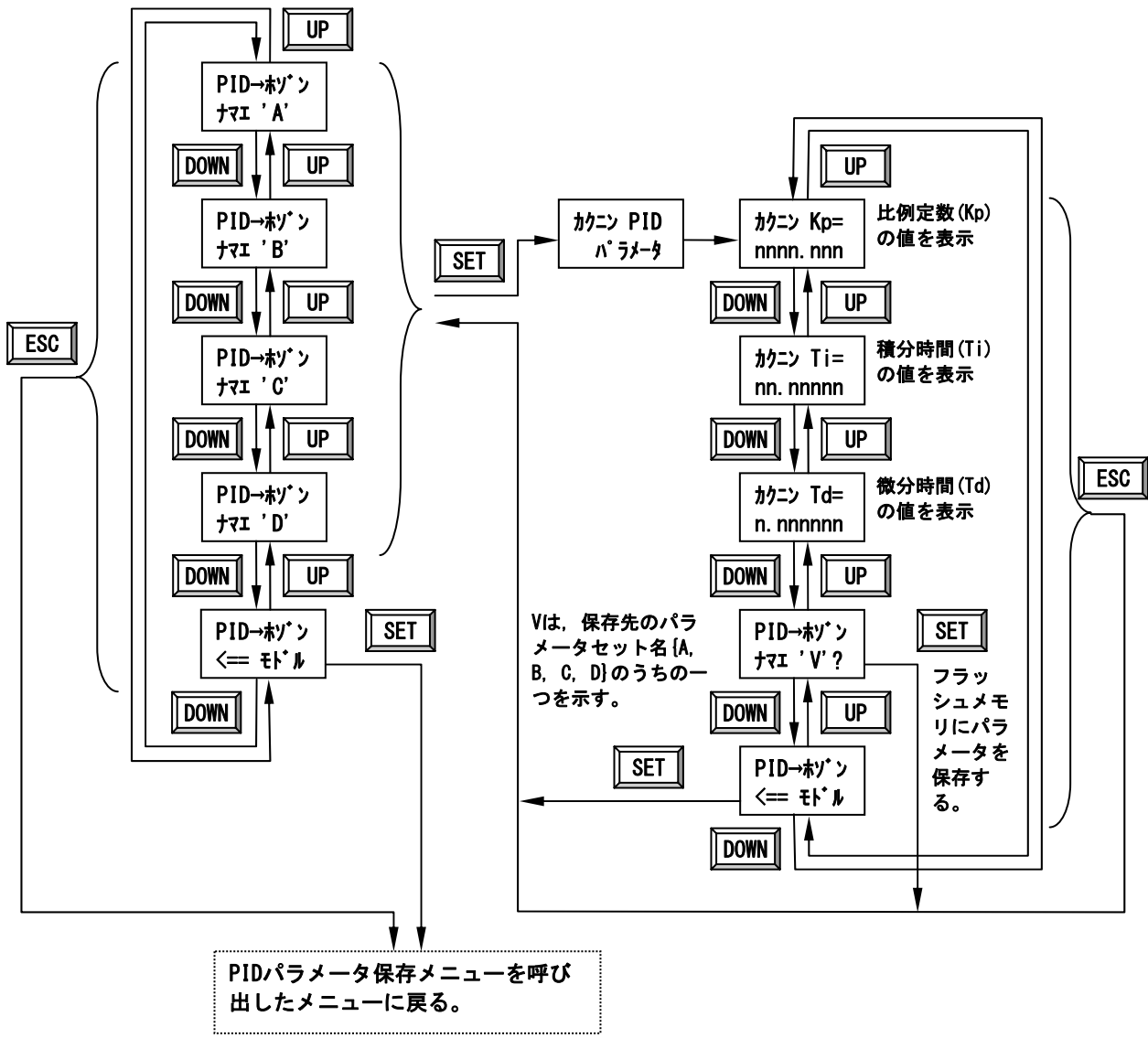
D(微分時間) 設定メニュー

Vは、現在設定されているパラメータセット名 [A, B, C, D] のうちの一つを示す。
 現在設定されているパラメータセット名の値と異なる値になった場合、パラメータセット名の両脇にカギ括弧を表示する。



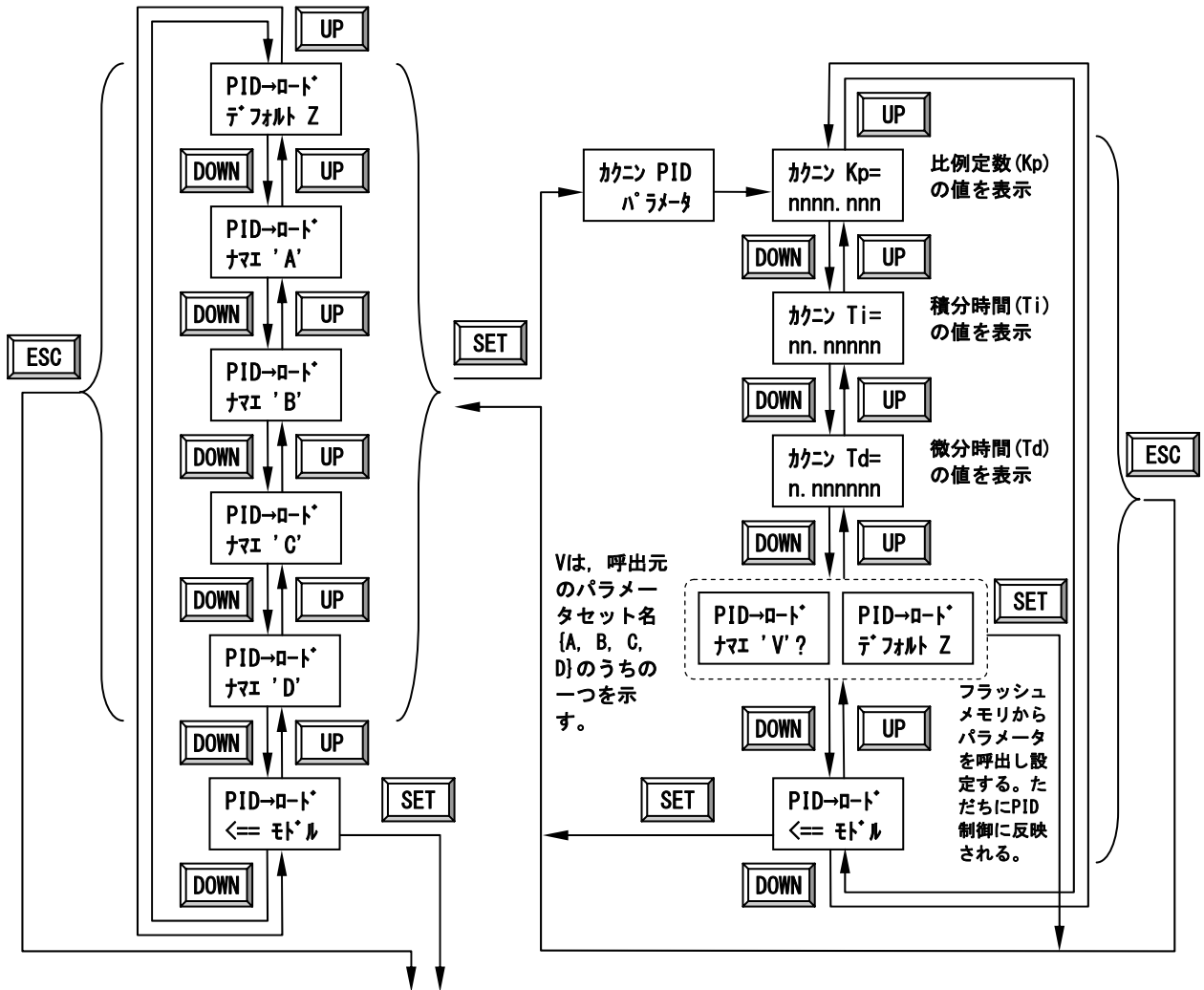
PIDパラメータ保存メニュー

パラメータセット名としてA, B, C, Dを指定して、PIDパラメータを保存する。



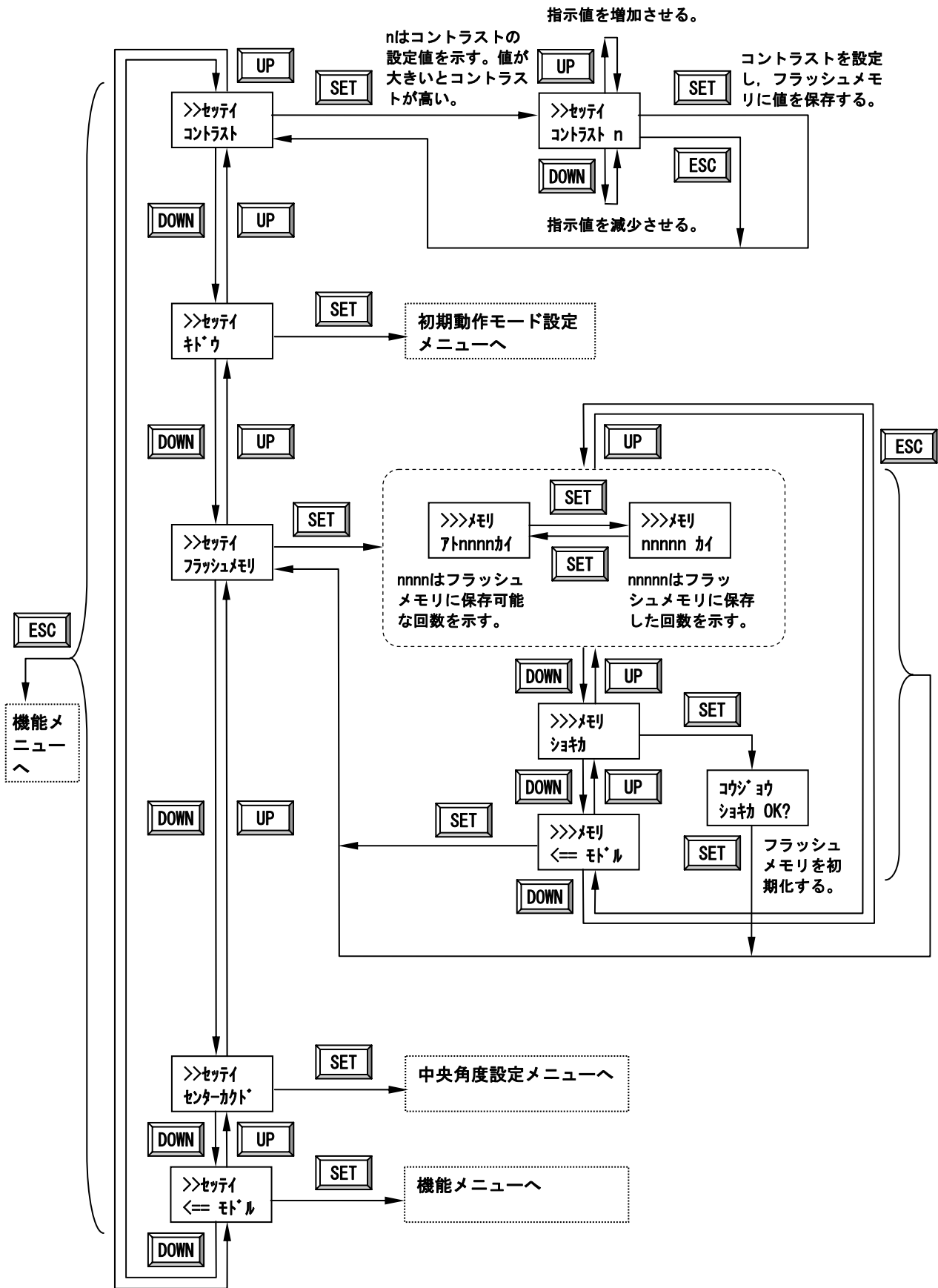
PIDパラメータ呼出メニュー

パラメータセット名としてA, B, C, D, または、デフォルト値のセット名Zに保存されているPIDパラメータを呼び出す。

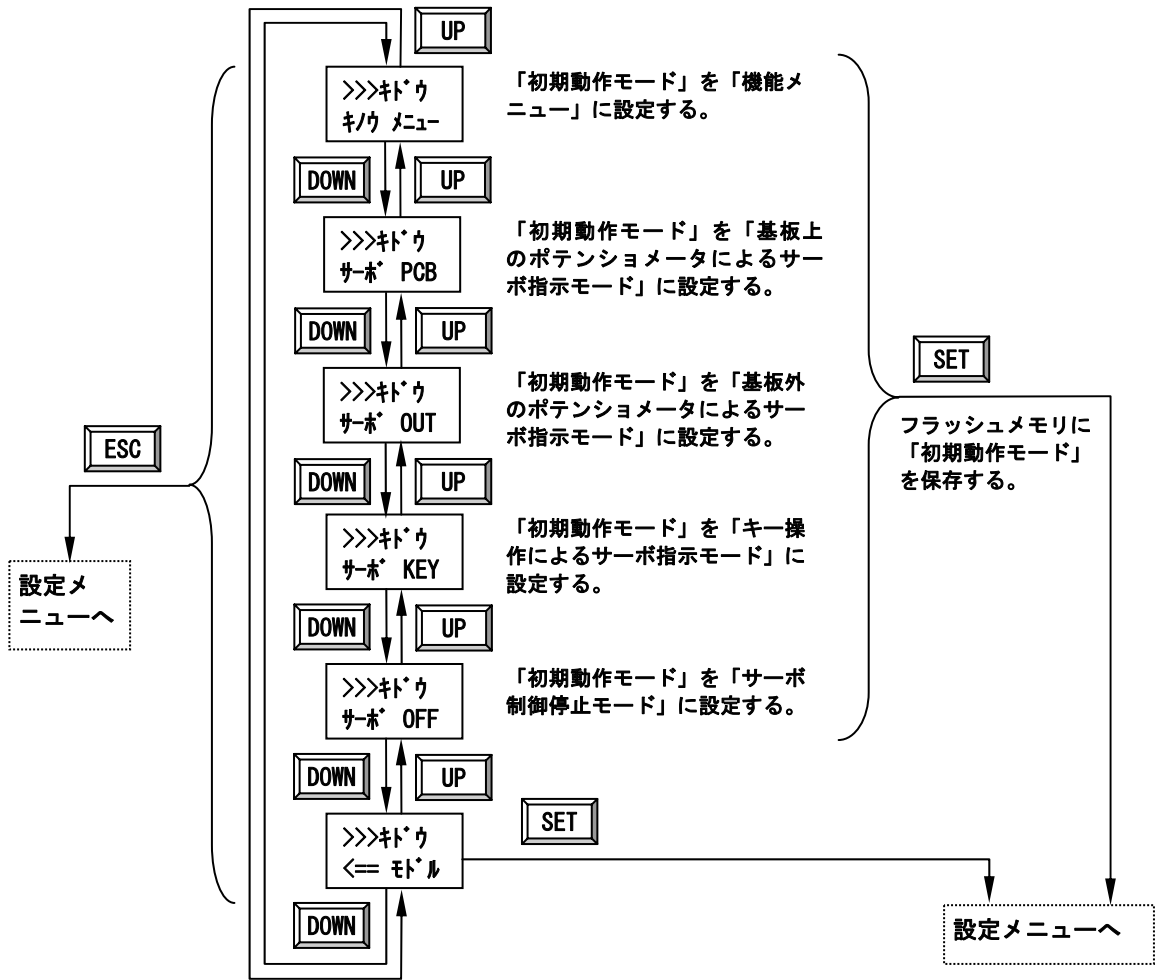


PIDパラメータ呼出メニューを呼び出したメニューに戻る。

設定メニュー

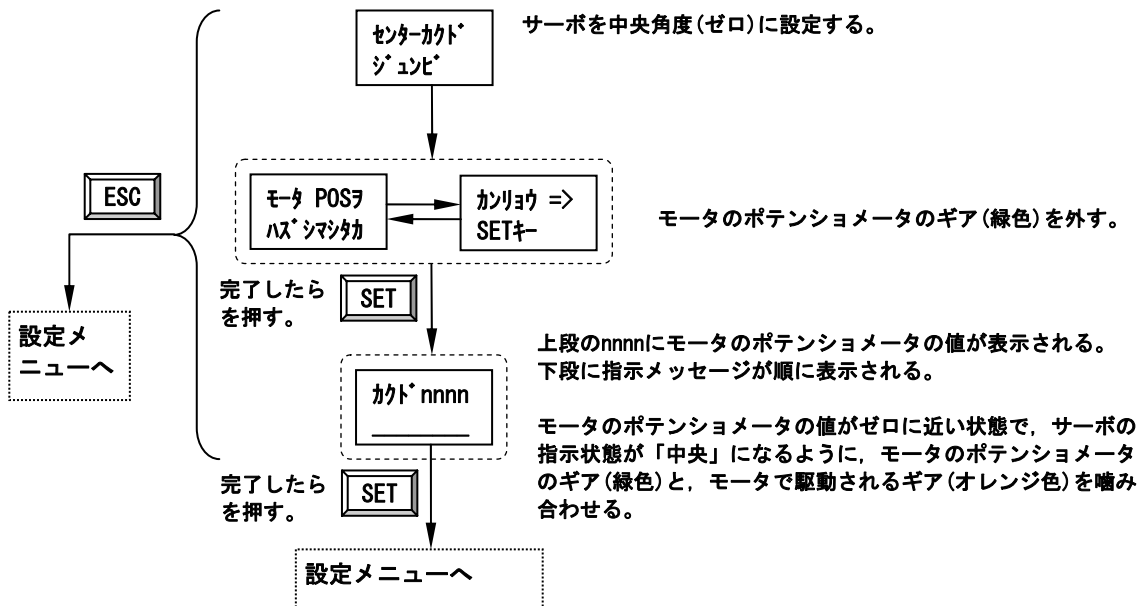


初期動作モード設定メニュー



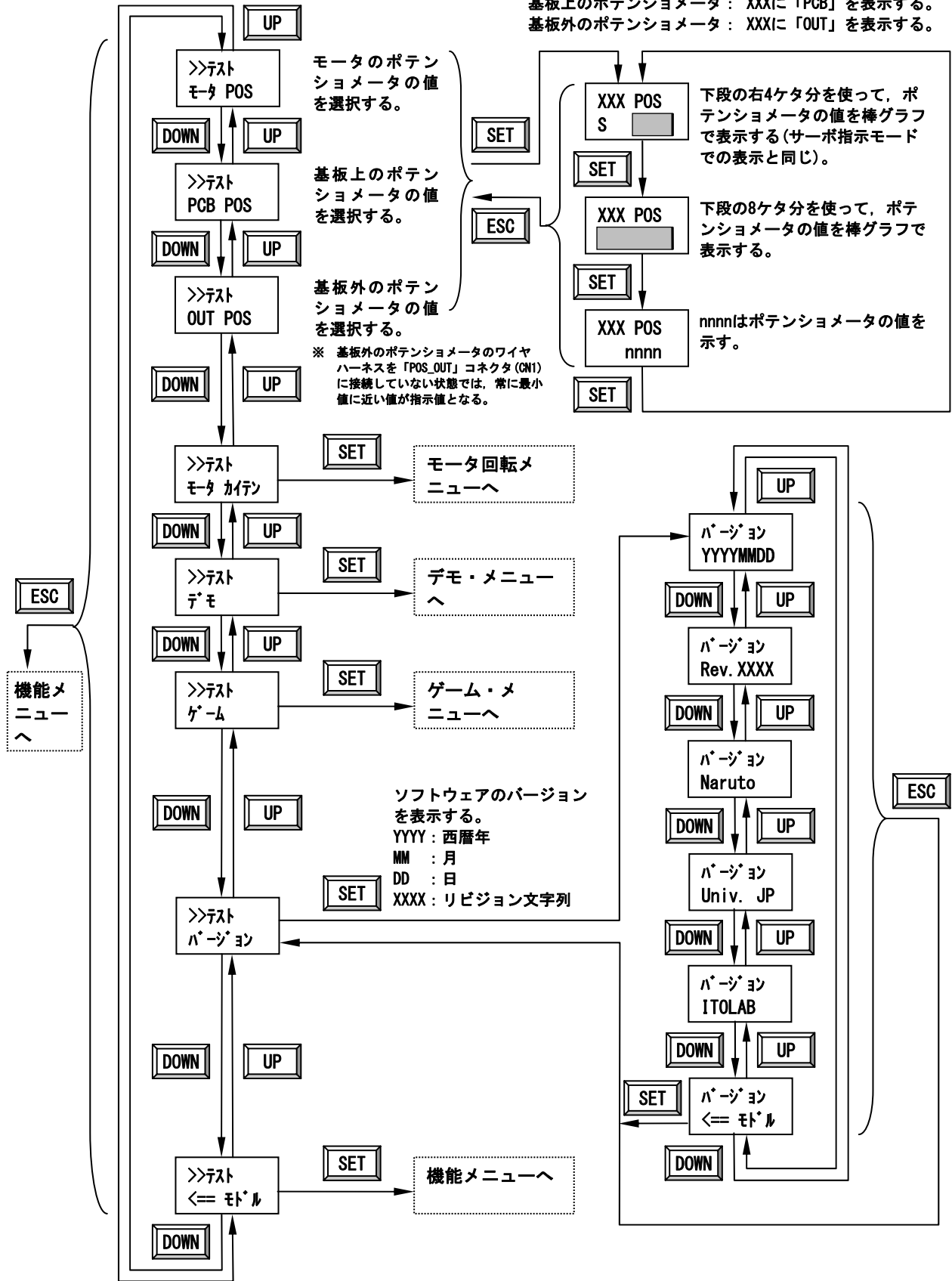
中央角度設定メニュー

モータのポテンシオメータの値がゼロのときのサーボの指示状態が中央になるように調整する。



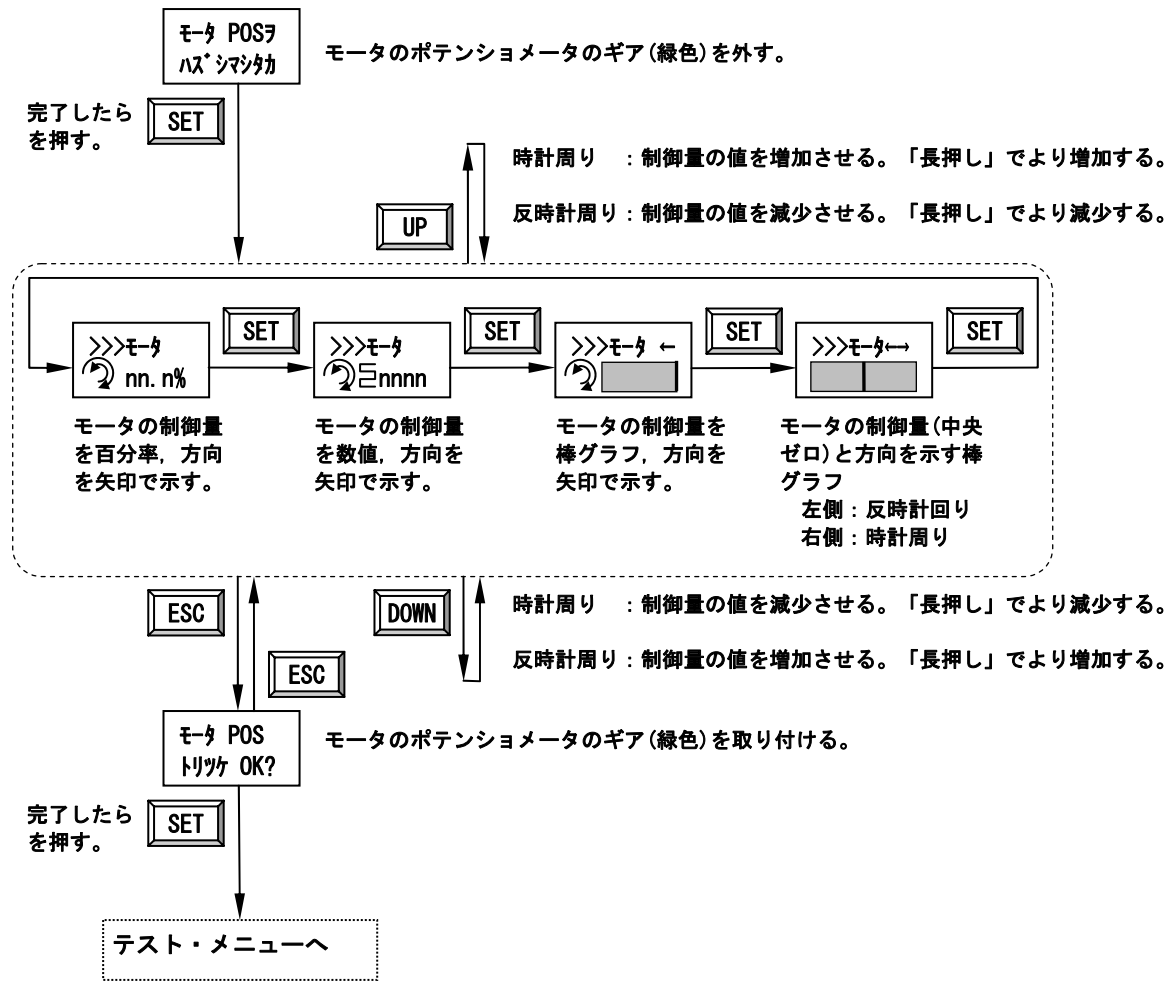
テスト・メニュー

モータのポテンシオメータ： XXXに「モ」を表示する。
 基板上のポテンシオメータ： XXXに「PCB」を表示する。
 基板外のポテンシオメータ： XXXに「OUT」を表示する。



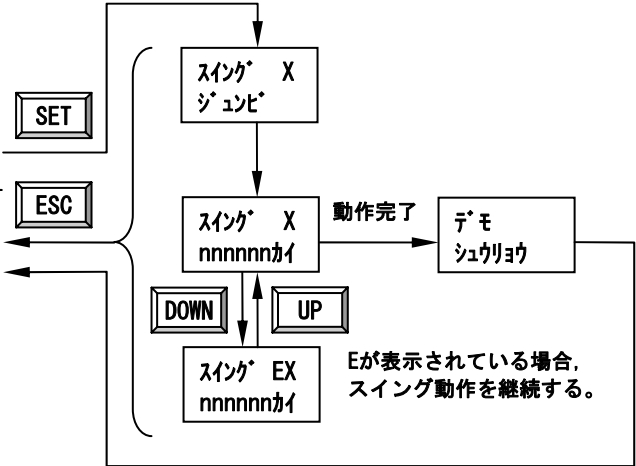
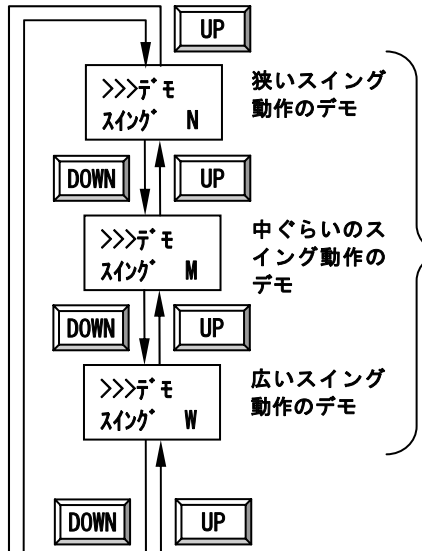
モータ回転メニュー

キー操作でモータを回転させる。

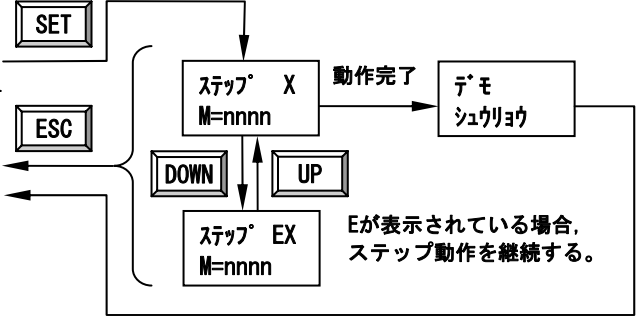
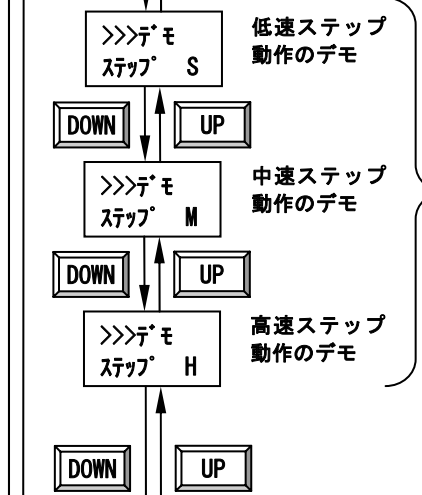


デモ・メニュー

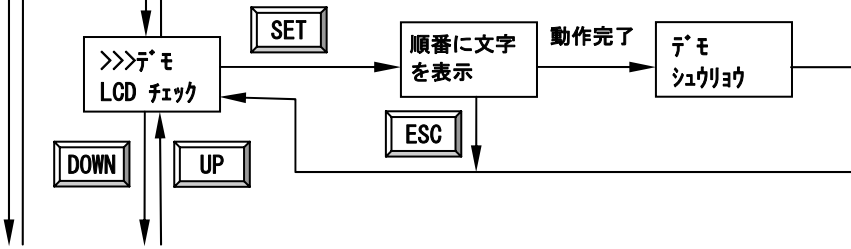
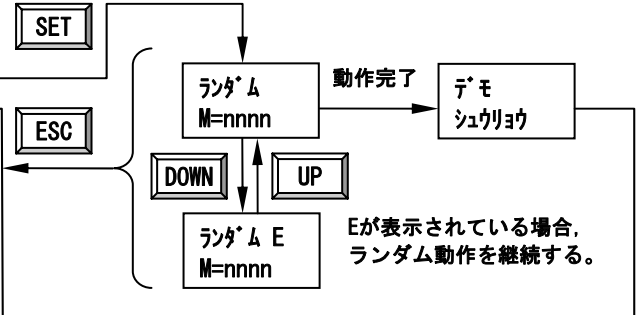
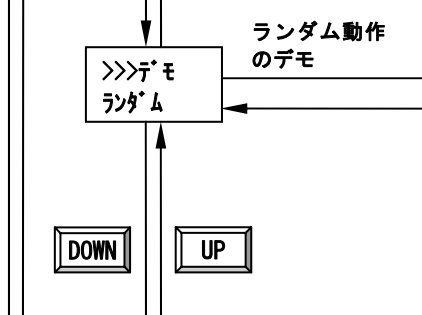
デフォルト値のPIDパラメータを用いる。
 狭いスイング動作 : Xに「N」を表示する。
 中ぐらいのスイング動作 : Xに「M」を表示する。
 広いスイング動作 : Xに「W」を表示する。
 nnnnnnは、スイングした回数を示す。



デフォルト値のPIDパラメータを用いる。
 低速ステップ動作 : Xに「S」を表示する。
 中速ステップ動作 : Xに「M」を表示する。
 高速ステップ動作 : Xに「H」を表示する。
 nnnnは、モータのポテンシオメータの値を示す。

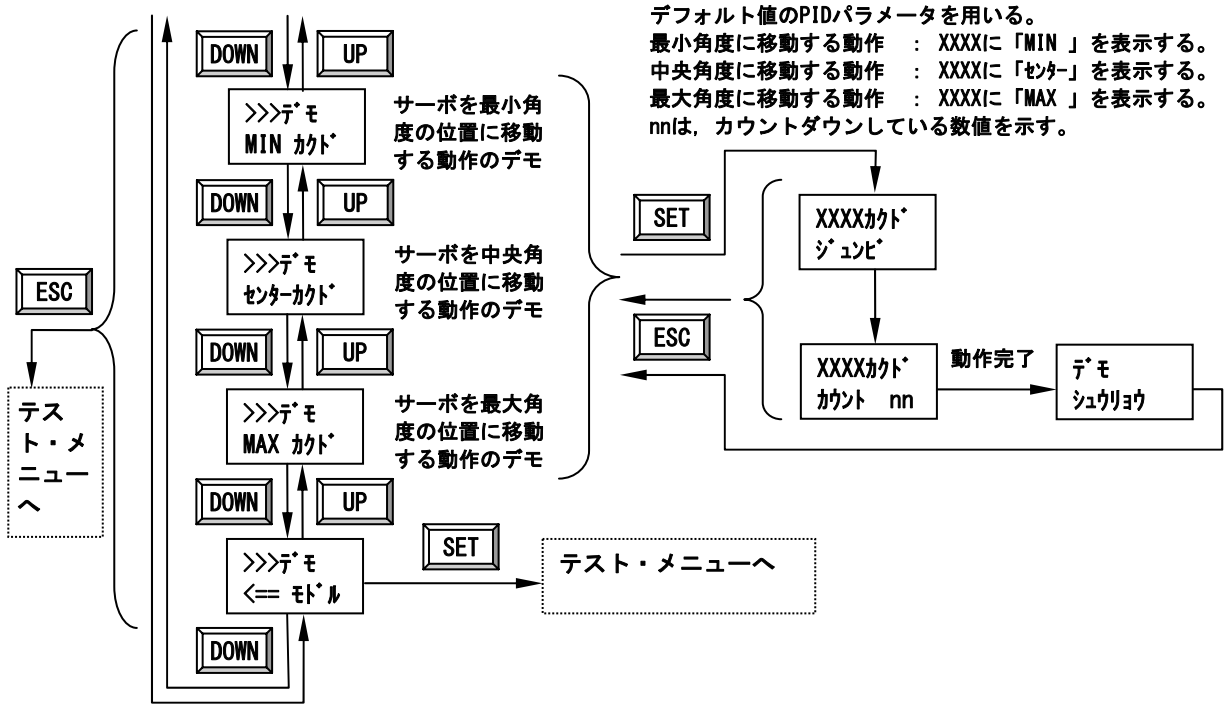


デフォルト値のPIDパラメータを用いる。
 nnnnは、モータのポテンシオメータの値を示す。

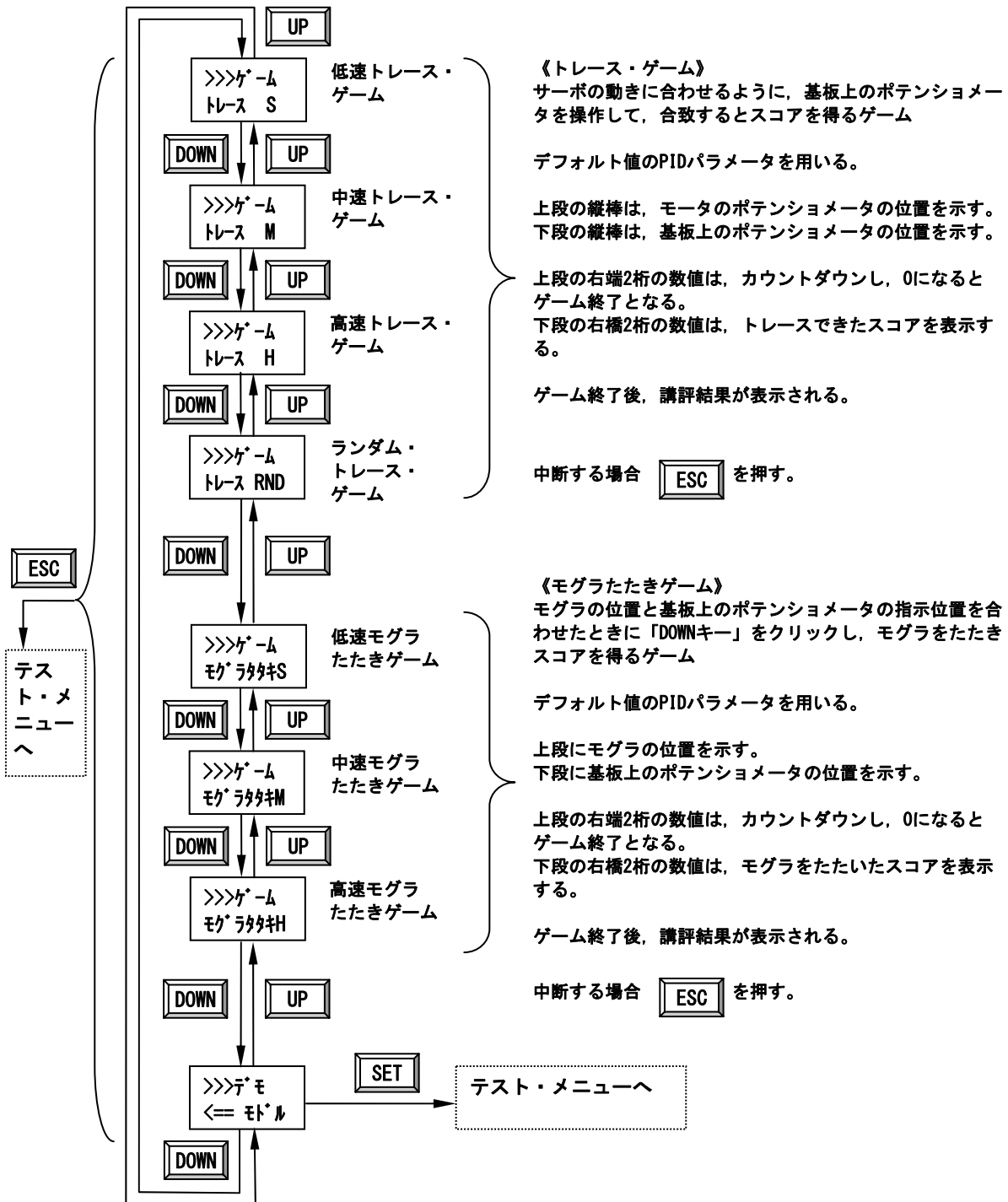


テストメニューへ

デモ・メニュー（続き）



ゲーム・メニュー



《トレース・ゲーム》
サーボの動きに合わせるように、基板上のポテンシオメータを操作して、合致するとスコアを得るゲーム

デフォルト値のPIDパラメータを用いる。

上段の縦棒は、モータのポテンシオメータの位置を示す。
下段の縦棒は、基板上のポテンシオメータの位置を示す。

上段の右端2桁の数値は、カウントダウンし、0になるとゲーム終了となる。
下段の右端2桁の数値は、トレースできたスコアを表示する。

ゲーム終了後、講評結果が表示される。

中断する場合 **ESC** を押す。

《モグラたたきゲーム》

モグラの位置と基板上のポテンシオメータの指示位置を合わせたときに「DOWNキー」をクリックし、モグラをたたきスコアを得るゲーム

デフォルト値のPIDパラメータを用いる。

上段にモグラの位置を示す。
下段に基板上のポテンシオメータの位置を示す。

上段の右端2桁の数値は、カウントダウンし、0になるとゲーム終了となる。
下段の右端2桁の数値は、モグラをたたいたスコアを表示する。

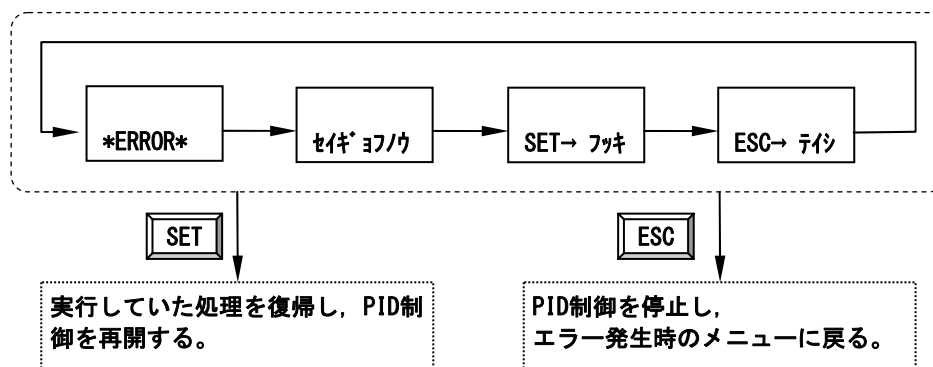
ゲーム終了後、講評結果が表示される。

中断する場合 **ESC** を押す。

PID制御エラー・モード

PID制御が効かなくなった場合、安全のためPID制御を停止し、PID制御エラー・モードにする。

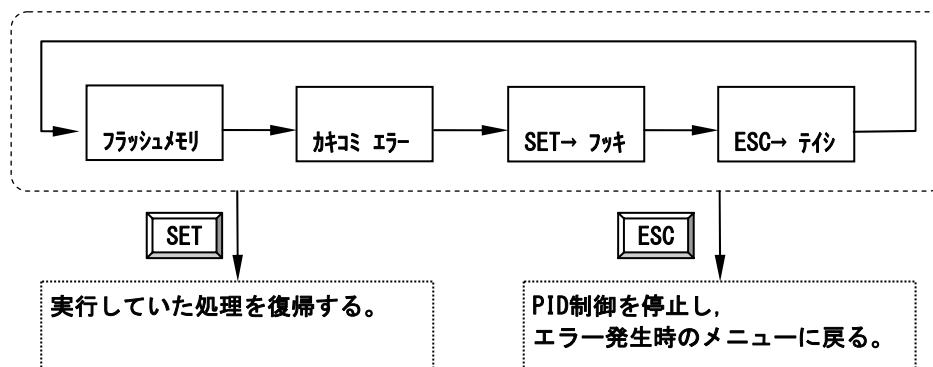
上段は、エラー発生時の表示のままである。
下段に指示メッセージが順に表示される。



フラッシュメモリ書き込みエラー・モード

フラッシュメモリへの書き込み時に失敗した場合、フラッシュメモリ書き込みエラー・モードにする。

上段は、エラー発生時の表示のままである。
下段に指示メッセージが順に表示される。



8. 制御基板のソフトウェア

8. 1 ソフトウェア起動の流れ

制御基板のソフトウェア（ブートローダとファームウェア）は、図8-1に示す流れで起動します。

電源 ON 時に、「ESC キー」と「SET キー」を同時に押されていることを検出した場合、ブートローダを起動します。それ以外のキーの組み合わせの場合、ファームウェアを確認し、制御基板用であれば、ファームウェアを起動します。

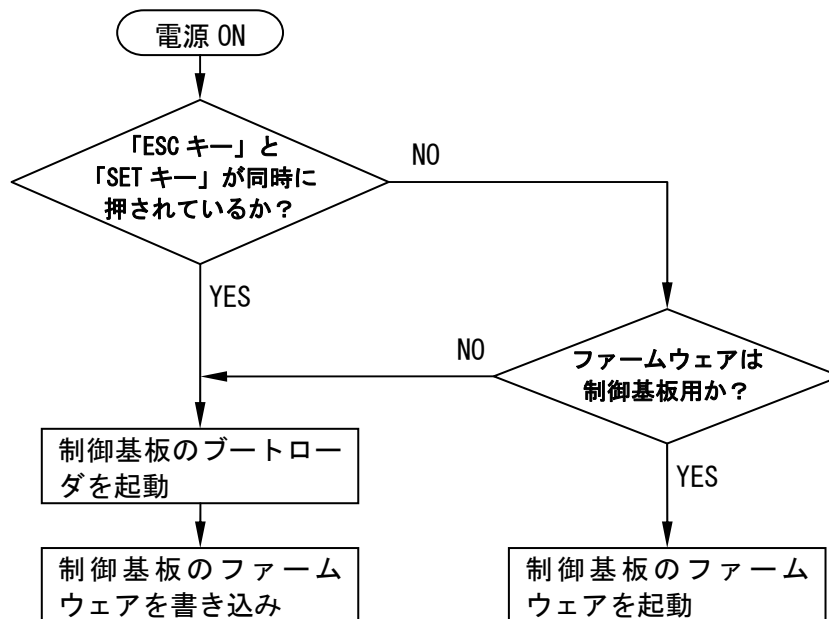


図8-1 ブートローダとファームウェアの起動の流れ

8. 2 制御基板のブートローダ

(1) 制御基板のブートローダの入手

鳴門教育大学の Web ページ

<http://www.naruto-u.ac.jp/facultystaff/ito/>

から「制御基板のブートローダ HEX ファイル」を入手します。

(2) 制御基板のブートローダの書き込み

PIC プログラマ／デバッガ用ソフトウェアを起動し「制御基板のブートローダ HEX ファイル」を読み込みます。PIC プログラマ／デバッガ用ソフトウェアの書き込み設定メニューにおいて、「書き込む前にフラッシュメモリを消去をしないよう」に設定し、「HEX ファイル」のアドレスの範囲内のみ書き込むように設定します。なお、図8-4に示すフラッシュメモリの「パラメータ記憶用の領域」を消去してしまうと、パラメータが初期化され、フラッシュメモリの書き込み回数も0回に初期化されます。

制御基板の電源を入れ、PIC プログラマ／デバッガと制御基板のコネクタ (CN3) を専用ケーブルで接続します。CN3 の1番ピンには▲印があり、必ず1番ピンを合わせるようにします。

PIC プログラマ／デバッガ用ソフトウェアを使って「制御基板のブートローダ HEX ファイル」を書き込みます。

「ESC キー」と「SET キー」の両方を押しながら、トグルスイッチ(SW5)を「ON」にすると、液晶ディスプレイに、図 8-2 のように制御基板のブートローダが起動します。

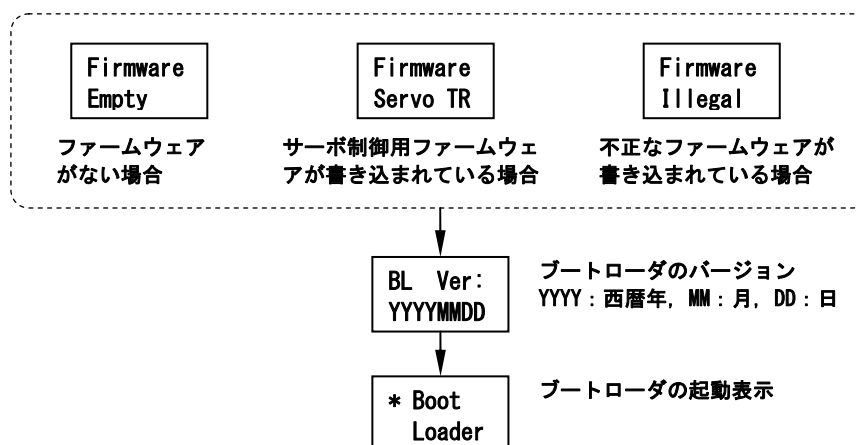


図 8-2 制御基板のブートローダの起動表示

8. 3 制御基板のファームウェア

(1) Windows 用ファームウェア書き込みアプリケーションの入手

米国マイクロチップ社の Web ページ

<http://www.microchip.com/>

にアクセスし、DESIGN SUPPORT → Software → Software Libraries を選択します。

「Function」において「USB device & host」を選択します。

「Title」から「USB Framework for PIC18, PIC24 & PIC32」を選択します。

「Downloads」から「Microchip Application Libraries Download Page」を選択します。

「Microchip Libraries for Applications」から、Windows 用のダウンロードファイル

「microchip-application-libraries-v2013-02-15-windows-installer.exe (バージョンを示す数値が異なっていることはあります。)」を選択します。

管理者権限で「microchip-application-libraries-v2013-02-15-windows-installer.exe」を実行し、新規に作成したフォルダに展開します。

「USB」フォルダの「Device - Bootloaders」フォルダの「HID」フォルダにある Windows 用ファームウェア書き込みアプリケーション「HIDBootloader (Windows).exe」と 4 つの DLL ファイル (バージョンを示す数値が異なっていることはあります。)

「mingwm10.dll, libgcc_s_dw2-1.dll, QtCore4.dll, QtGui4.dll」

を新しいフォルダにコピーします。

(2) 制御基板のファームウェアの入手

鳴門教育大学の Web ページ

<http://www.naruto-u.ac.jp/facultystaff/ito/>

から「制御基板のファームウェア HEX ファイル」を入手します。

(3) 制御基板のブートローダの起動

Windows パソコンと制御基板のコネクタ (J1) を USB ケーブル (A 型-ミニ B 型) で接続します。本ブートローダの Windows 用ドライバのインストールは必要ありません。

「ESC キー」と「SET キー」を同時に押しながら、トグルスイッチ (SW5) を「ON」にすると、液晶ディスプレイに図 8-2 のように表示された後、

* Boot
Loader

と表示された後、少し待つと

Boot
Loader

が表示されます。

下段に「#」が表示されない場合、トグルスイッチ (SW5) を「OFF」にして、少し待ってから、「ESC キー」と「SET キー」を同時に押しながら、「ON」にします。Windows パソコンと制御基板のコネクタ (J1) を USB ケーブル (A 型-ミニ B 型) で接続し直します。なお、この操作を数回繰り返さなければならない場合もあります。

(4) 制御基板のファームウェアの書き込み

- ① Windows パソコンで動作するファームウェア書き込みアプリケーション「HIDBootloader (Windows).exe」を起動します (図 8-3)。

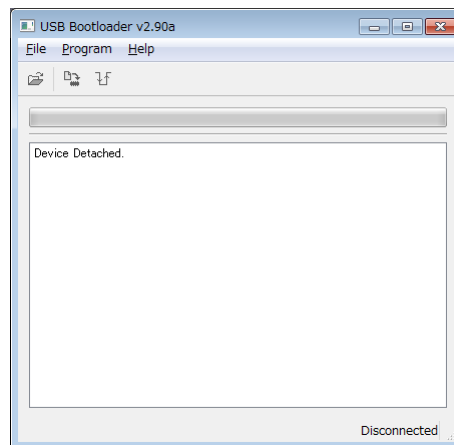


図 8-3 「HIDBootloader (Windows).exe」の起動画面

正常に USB 接続ができ、本演示教具のマイコンを Window パソコン側で認識できたら、図 8-3 の画面に表示されていた「Device Detached」が

Device Attached
Connecting...
Device Raedy (0s)

に変わります。この表示に変わらない場合は、「(3) 制御基板のブートローダの起動」を再度行います。



- ② Fileメニューの「Import Firmware Image」または、アイコン  を選択し、「制御基板のファームウェア HEX ファイル」を選択します。

図 8-3 の画面に

Opened: (選択したファイル名)


という表示が追加されます。

- ③ Programメニューの「Erase/Program/Verify Device」または、アイコン  を選択します。ファームウェアの書き込み処理が行われ、図 8-3 の画面表示が

```
Starting Erase/Program/Verify Sequence.
Do not unplug device or disconnect power until the operation is fully complete.
Erasing Device... (no status update until complete, may take several seconds)
Erase Complete (3.947s)
Writing Device Program Memory...
Writing Complete (1.888s)
Verifying Device's Program Memory...
Verifying Complete (4.196s)
Erase/Program/Verify Completed Successfully.
You may now unplug or reset the device.
```

のように変わります。なお、各処理に要した時間によって上記の数値は変わります。

下線部に示したように「Erase/Program/Verify Completed Successfully.」が表示されると、ファームウェアの書き込みに成功しています。

- ④ Programメニューの「Reset Device」または、アイコン  を選択し、本演示教具のマイコンをリセットします。

Boot
Loader

液晶ディスプレイに表示されていた **Boot # Loader** から、制御基板のファームウェアの初期表示に切り替わります。

- ⑤ Fileメニューの「Exit」を選択し、「HIDBootloader (Windows).exe」を終了します。

(5) フラッシュメモリの初期化

トグルスイッチ (SW5) を「ON」にします。

>キノ
サホ PCB

と表示されたら、DOWN キーを押してメニューを切り替え **>キノ # セッテイ #** にして、SET キーを押します。

>>セッテイ
コントラスト

と表示されたら、DOWN キーを押してメニューを切り替え **>>セッテイ フラッシュメモリ** にして、SET キーを押します。

>>>メモリ
アトnnnnカイ

と表示されたら、DOWN キーを押してメニューを切り替え **>>>メモリ ショキカ** にして、SET キーを押します。

コウジヨウ
シヨキカ OK?

と表示されたら、SET キーを押し、フラッシュメモリを初期化します。

>>セッテイ
フラッシュメモリ

初期化が完了し、と表示されたら、トグルスイッチ(SW5)を「OFF」にします。

8. 4 制御基板のソフトウェア構成

(1) 開発環境

制御基板のソフトウェア（ブートローダとファームウェア）は、以下の開発環境とプログラム言語で開発されています。

Windows パソコン (Windows 7 等)

Microchip 製統合型開発環境 MPLAB

プログラマ／デバッガ：Microchip 製 ICD3, または, PICKit3

プログラム言語：C 言語

コンパイラ：Microchip 製 C18

(2) マイコン(PIC18F27J53)のプログラム及びデータ用フラッシュメモリのマップ

アドレス(16進数)	用途
00000	制御基板の ブートローダ 消去／書込保護
01800	パラメータ記憶用 (主)
01C00	パラメータ記憶用 (副)
02000 02008	制御基板の ファームウェア 割り込みベクタ
1FFF8	コンフィグレーション 消去／書込保護

図 8-4 フラッシュメモリのマップ

(3) フラッシュメモリの初期化時の設定

PID パラメータセットの初期化時の値は、以下のとおりです。

セット名	比例定数(Kp)	積分時間(Ti)	微分時間(Td)	備考
A	5.000	0.80000	0.002000	初期化時のセット名
B	5.000	(*1)0.00000	0.002000	(*1)無限長時間を示す。
C	5.000	0.80000	0.000000	
D	10.000	(*2)0.00000	0.000000	(*2)無限長時間を示す。
Z	5.000	0.80000	0.002000	デフォルト値 セット名として保存はできない。

(4) フラッシュメモリの書き込み回数

保証されたフラッシュメモリの書き込み回数は、10000 回です。

「設定メニュー」の「フラッシュメモリ」において、書き込み可能な残り回数と書き込んだ回数を表示できます。なお、フラッシュメモリに書き込まれているデータと書き込むデータが同じ場合、フラッシュメモリへの書き込みは行いませんので、書き込み回数は増加しません。

制御基板のブートローダを書き込んだ場合、プログラマ/デバッガの設定によっては、書き込み回数が0回に初期化される場合があります。

9. 使用上の注意点

- (1) 本演示教具は、一般用として設計されていません。学校教育等における指導者による演示、または、個人としての実験のみに使用してください。
- (2) 本演示教具の使用後は、必ず電源を切り、DC プラグを抜いてください。
- (3) 1 時間以上連続して本演示教具のモータを駆動させないでください。
- (4) 本演示教具を用いたことに起因するあらゆる損失及び損害については補償いたしません。