

組込みマイコン(SH2)による

2 軸サーボモータ同期制御システムの開発

Development of Two Axis Synchronous Servo Motor Control System
by Embedded Microcomputer System(SH2)

三浦 雅嗣

MIURA Masatsugu

1. はじめに

近年 NC 装置やロボットによる生産ライン等の自動化技術に AC サーボモータが多く用いられるようになってきた。複雑な動作を行う生産ラインを構成するには、多数のサーボモータとボールネジが必要となるので、コストが増大するとともに整備や保守も大変となる。そこで、カムやリンク等の機構と少ないサーボモータとを組み合わせることで、ある程度複雑な動作も可能であると考えられる。

本研究は、2 個のサーボモータとリンク機構とを組み合わせ、整備や保守が容易で低廉な AC サーボコントローラの開発を目的としたもので、予め計算したデータだけで 2 個の AC サーボモータを同期して駆動できるプロトタイプの制御システムの開発を行った。

社団法人 日本包装機械工業会*1 と職業能力開発総合大学校東京校との共同研究として 2007 年 10 月～2008 年 3 月の 6 ヶ月にわたって行った。

2. 開発装置

2.1 リンク機構

職業能力開発総合大学校東京校機械系の幾瀬康史先生によって製作されたリンク機構部の外観を図 1 に示す。2 つの AC サーボモータに接続されている 2 本のアームを繋ぐ形で先頭部が接続されている。2 つのサーボモータを同時に位置決め制御することで先頭部の座標位置を制御する。今回利用したサーボモータは安川電機社製 200V400W である。

*1 社団法人 日本包装機械工業会 技術部
〒104-0033

東京都中央区新川 2-5-6 包装機械会館
社団法人 日本包装機械工業会 技術部



図 1 リンク機構部の外観

2.2 システム概要

開発したシステムの概要を図 2 に示す。

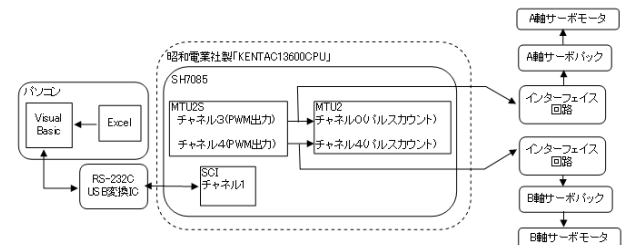


図 2 システム概要

日本包装機械工業会から予め与えられた Microsoft Excel(以下「Excel」と示す)の位置制御のデータは、「経過時間」とそのときの「モータ角度」の 2 種類のデータであった。このデータからサーボモータの位置制御に必要な「パルス周波数(移動速度)」と「パルス数(位置データ)」に変換し、制御データとして利用する。今回の「単位時間」は約 5ms 程度とした。

パソコン側制御プログラムは、Visual Basic 2005 Express Edition(以下「VB」と示す)から Excel を操作してセル上のデータをシリアル転送する。上記の返還された制御データは、パソコン側 USB ポート、USB・RS232C 変換 I C を経由して、マイコンボード側の SCI(Serial

Communication Interface)によって調歩同期式シリアル転送される。シリアル転送されたパルス周波数とパルス数のデータは、マイコンボードの RAM 領域に配列データとして転送される。(2008 年度共同研究では ROM 領域又は外部 ROM に転送予定である。)

今回使用した SH2 マイコンボード(株)昭和電業社製「KENTAC13600CPU」を図 3 に示す。

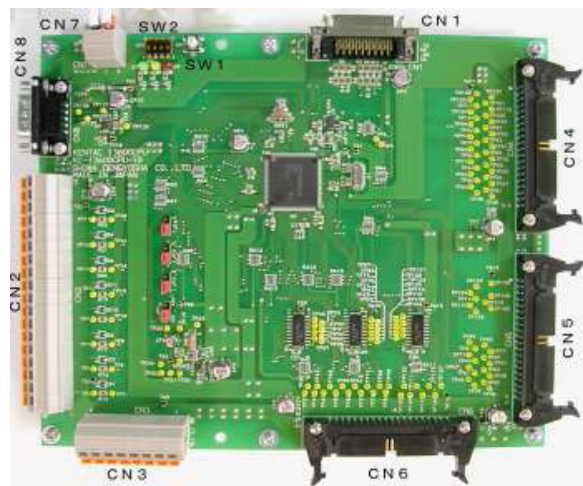


図 3 今回使用したマイコンボード
(株)昭和電業社製「KENTAC13600CPU」
(MPU:SH70855)

この SH2 マイコンボードに転送された単位時間のパルスデータを、MPU 内の 6 チャンネル 16 ビットタイマ MTU2(Multi-function Timer pulse Unit 2)と 3 チャンネル 16 ビットタイマ MTU2S によって処理を行う。

上記内蔵モジュールの処理項目は 2 種類ある。1 つは PWM パルス出力、もう 1 つは PWM パルス出力のカウントである。PWM パルス出力のカウントについては、パルス数とのコンペアマッチによって割込み処理をかけて PWM パルス出力を停止する。MTU2 と MTU2S によって制御された各軸の PWM パルスを、各軸のサーボモータ用サーボパックに対して制御パルスとして与えるシステム構成である。

2.3 マイコン制御部

使用したマイコンボードには、MPU として

(株)ルネサステクノロジ社製の 32 ビットマイコン SH70855 が搭載されている。動作周波数は水晶発振子に 10MHz を搭載し、最大 8 倍(80MHz)までが設定可能である。今回は 80 MHz に設定している。内蔵メモリの搭載量は Flash(ROM)が 512KB、RAM が 32KB である。

開発環境として以下のツールを用意した。

ソフトウェアには、C/ C++コンパイラを含む統合開発環境として(株)ルネサステクノロジ社製の HEW(High-performance Embedded Workshop)を用いた。

ハードウェアには、外部へ接続されるハードウェアとの実践的なエミュレーションが可能なデバッカを必要とするため、(株)ルネサステクノロジ社のオンチップデバッグエミュレータ「E10A-USB」(図 4 参照)を用意した。

このエミュレータは、パソコン側には USB ポート、マイコン側には(株)ルネサステクノロジ社のオンチップデバッガ仕様の H-UDI (User Debugging Interface) ポートに接続される。



図 4 オンチップデバッグエミュレータ
(株)ルネサステクノロジ社製「E10A-USB」

制御プログラムのポイントを以下に記す。

- ① MTU2 や割込み等の周辺機能の初期設定
- ② 割込み関数及び割込みベクタの設定
- ③ VB からのシリアル通信受信
 - (ア) 各単位時間における 2 軸の「パルス周波数」と「パルス数」を受信する。
 - (イ) 2 つの配列データとして RAM 領域に

格納する。

- (ウ) 上記配列データから PWM 制御用のレジスタデータ「周期」及び「パルス幅」に対応するレジスタデータに変換し、RAM 領域の配列として格納する。

④ PWM 制御

- (ア) PWM モード(MTU2S のチャンネル 3,4)を利用して、③(ウ)の配列を利用して PWM パルスを出力する。

⑤ パルスカウント及び同期処理

- (ア) コンペアマッチ(MTU2 のチャンネル 0,4)による割込みを使用する。入力は外部入力として TCLKA、TCLKB を使用する。入力信号は④の PWM パルスとする。

- (イ) 単位時間の「パルス数」を出力後、パルス出力を停止する。

- (ウ) 両軸共に「パルス数」を出力し終わると、次の単位時間のデータを利用して両軸の PWM パルス出力を開始する。

2.3.1 PWM 制御方法

MTU2 及び MTU2S は各チャンネルに複数のレジスタを持つ。PWM モードに設定することにより、各レジスタの設定で容易に PWM パルスを出力することが可能である。図 5 に PWM 制御のタイミングチャートを示す。

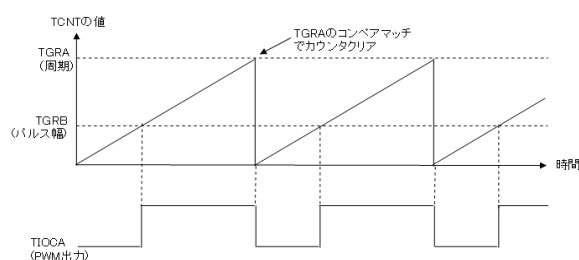


図 5 MTU2S による PWM 制御

「周期」と「パルス幅」に相当するレジスタ値を設定することで、設定に応じた PWM パルスの波形が出力される。

そのため「パルス周波数」と「パルス数」から各レジスタ値を演算し、指定のレジスタにセ

ットする必要がある。

2.3.2 パルスカウント及び同期処理方法

PWM パルス出力を MTU2 のクロック入力として利用する。

コンペアマッチによる割込みで PWM パルスの出力停止を行い、停止フラグを発生させる。

両軸の割込み処理において、他軸の停止フラグを確認し、他軸が終了していれば、次の配列データを利用した PWM パルス出力制御の再開を行う。

同期方法のフローチャートを図 6 に示す。

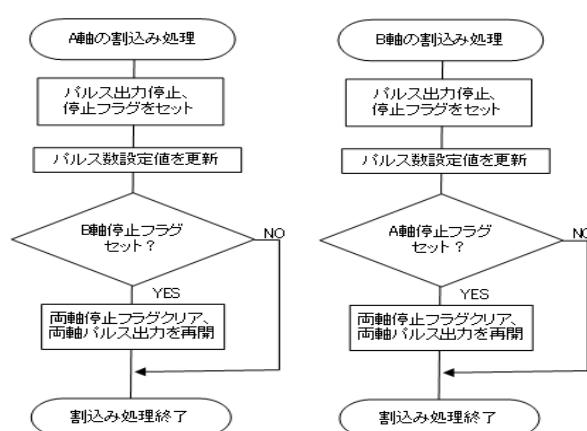


図 6 同期方法

2.4 インターフェイス回路

インターフェイス回路は、ブレッドボード上に製作した。また、PWM パルス等の信号は EIA-422/423 規格の差動ラインレシーバ IC の 75174 と 75175 を使用した。

2.5 Excel データ転送部

日本包装機械工業会から予め与えられた位置制御のためのデータは、「経過時間」とそのときの「モータ角度」の 2 種類のデータであった。また、サーボモータの位置制御には、「パルス周波数（移動速度）」と「パルス数（位置データ）」の 2 種類のデータが必要である。そのために与えられた 2 種類のデータから一定の「単位時間」を設定し、各単位時間内でサーボモータへ出力する「パルス数」の設定を行った。「単位時間」と「パルス数」により、「パルス周波数」が決まるので、「パルス数」と合わせてサ

一ボモータの位置制御が可能である。このように単位時間までのパルス数を指定することで、段階的に変化する位置決め制御を行う。

パソコン側シリアル通信については、パソコンの USB ポートを利用して仮想 COM ポートによる通信を行う。マイコンボード側は USB 機能が未装備なので FTDI 社製の USB・RS232C 変換チップ「FT232RL」を利用した。これにより VB を利用して、Excel から単位時間のパルス周波数とパルス数のデータ転送が仮想 COM ポートから行える。

VB で RS232C を利用するプログラムは、.NET Framework クラスライブラリの SerialPort クラスを利用することで作成可能である。VB で作成したデータ転送画面を図 7 に示す。

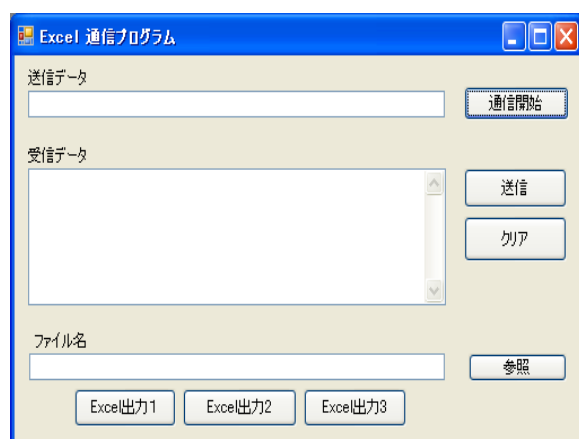


図 7 データ転送画面

VB のプログラムのポイントを以下に記す。

- ① VB より Excel の呼出し。
- ② 片軸について、単位時間ごとのパルス周波数が格納されているセルデータを順番にシリアル出力する。その後、パルス数が格納されているセルデータも順番に出力する。
- ③ 他軸のセルデータに対しても、②を行う。

3. 検証

3.1 洩れパルスの発生

動作検証の結果、同期動作は取れているが以下の点についての確認が取れた。

- ①割込みにより PWM パルスの出力停止を行う。

②割込み処理中（片軸の PWM パルスの出力停止処理）に、他軸の割込みが起こると、後者の PWM パルスの出力停止が遅れる。

③停止が遅れたことにより発生した余分なパルスが積算され、位置決めに誤差を与える。

一連の動作パターンを行ったときの洩れパルスの積算結果を表 1 に示す。

表 1 洩れパルスの積算結果

出力パルスデータ				
軸	理論値	測定値	誤差	備考
A	1049084	1049384	300	洩れパルス数
			0.03	誤差角度[°]
B	1089943	1092243	2300	洩れパルス数
			0.23	誤差角度[°]

指令単位[°]	0.0001
単位時間[秒]	0.004687502
単位時間数	300

4. 次回の課題

以下に次回の研究課題を挙げる。

- ①インターフェイス回路の基板化
- ②洩れパルスの改善（定期的な原点復帰）
- ③配列データの保存（ROM 領域への書き込み）
- ④単位時間のトルク測定

以上の課題は、2008 年度の共同研究として引き続き実施予定である。

5. おわりに

本研究を提供して頂いた職業能力開発総合大学校電気・電子系の菊池清明先生、古井英則先生、リンク機構部を製作して頂いた機械系の幾瀬康史先生、及び職業能力開発総合大学校電気システム工学科の高橋久先生には、ご協力を頂き感謝の意を表する。

参考文献

- 1) ルネサス テクノロジ; SH7080 グループ ハードウェアマニュアル Rev.3.00, 2007
- 2) 安川電機; Σ - III シリーズ SGM□□/SGDS ユーザーズマニュアル, 2007
- 3) 高橋久; C 言語によるモータ制御入門講座－SH マイコンで学ぶプログラミングと制御技法、電波新聞社、2007