

# 「S-MAC」TYPE Cの応用(ワーク回転式巻線機の開発)

原田 豊士 Toyoshi Harada	栗林 克実 Katsumi Kuribayashi	児玉 秀明 Hideaki Kodama
陳 亮 Liang Chen	宮坂 竜行 Tatsuyuki Miyasaka	田崎 朋伸 Tomonobu Tazaki

## 1. まえがき

山洋電気は1996年11月に「マルチインタフェース宣言」を行い、さらに1997年6月にFAオープン化対応コントローラ「S-MAC」を発表した。この「S-MAC」にはTYPE A, B, Cの3つのカテゴリがある。今回、TYPE Cの応用製品として、当社築地工場向けのワーク回転式巻線機を開発した。

「S-MAC」TYPE Cはモーションコントロールカードを使用せず、ソフトウェアでモータを制御することを特徴とする。本稿ではワーク回転式巻線機を例に「S-MAC」TYPE Cを特徴づけるふたつのソフトウェア、操作部に使用した対話型操作言語INTERACT、および制御部に使用したフルソフトウェアモーションコントロール言語AMLを紹介する。

なお、本号の『新型巻線機「インナー巻線機」、「ワーク回転式巻線機」の開発』で機構部を説明しているのであわせてお読みいただきたい。

## 2. 開発の背景

### 2.1 ACサーボモータ

ACサーボモータは、ロータ(回転子)にマグネットを使用し、ステータ側に巻線を行う。モータの性能を決定する要素は、ロータに使用するマグネットの特性をはじめ種々あるが、ステータの巻線の占積率をあげることはモータの効率の向上、小型化に大きく寄与する。

従来のモータは、巻枠に巻いた導線を一体型のステータ鉄心に挿入する方法で製作していた。この方法ではデッドスペースが生じ、占積率をあげることができない。

このためステータ鉄心を分割して、分割した鉄心(コア)に直接巻線を行う方法が考案された。(詳細は『SANYO DENKI Technical Report No.1 May-1996 山浦ほか:「ACサーボモータ「P6」、「P8」の開発」』を参照)

### 2.2 シリース巻線機

当社が製作しているACサーボモータのシリーズに「P6」、「P8」がある。これらのシリーズでは、ステータ巻線の占積率を向上させるため、分割コアに当社で開発したノズル制御方式のシリース巻線機で巻線を行っている。これは3軸のサーボモータをデジタルコントローラで制御し、固定したコアの周りを導線を通したノズルが回転することで巻線を行う方式である。(詳細は『SANYO DENKI Technical Report No.2 Nov.-1996 北沢ほか:「各種モータを支える巻線技術とその変遷」』を参照)

ここで使用している導線径は0.9~1.4mmである。

## 2.3 サーボモータの大型化

市場の要請から「P6」シリーズに7.5kW～30kWの8機種を追加することになった。ここで使用する導線径は最大3.0mmである。このため従来のノズル制御方式の巻線機では、ノズルの摩耗や導線のピンホールの発生が予想され、新たな巻線機を開発する必要が生じた。

## 2.4 「S-MAC」TYPE Cの適用

新しい巻線機はノズルを固定しコアの動きを制御する方式とした。このため少なくとも $\theta$ (回転), X, Y, Zの4軸の同期制御が必要である。また各種スイッチなどの入力、モータ以外のアクチュエータの駆動も必要である。

これらの要求条件を満たす制御系として「S-MAC」TYPE Cを採用することとした。

---

## 3. ワーク回転式巻線機の概要特集

---

### 3.1 基本構想

ワーク回転式巻線機の基本構想を図1に示す。

導線にバックテンションをかけた状態でコアを回転させる。このとき、導線が直線になるようX軸を制御する。また90°回転したときノズルとコアの距離が同じになるようY軸を制御する。さらにサポートで導線を押し、導線に糸巻き型の巻ぐせをつけてコアと導線を密着させる。このサポート軸の追加により最終的に5軸を同期制御することになった。図2にコアの回転角度とX-Y軸の制御方法を示す。

1ターン巻くごとに180°-270°の間でZ軸を線径分移動し整列に巻いていく。1段目から2段目に移るときは導線の半径分だけZ軸を移動し、1段目の導線と導線の間に巻いて占積率を高めている。

### 3.2 概要

図3に完成したワーク回転式巻線機の外観を示す。基本的な構成はX-Yテーブルのうえにターンテーブルを搭載する方式とした。Z軸の制御はノズルを上下させることで行い、サポートはノズルと連動して上下する。

このほか、テンション自動調整機構、段取り時の導線送出し機構、巻線終了後に導線を切断するためのエアニツパを装備した。安全装置としては、カバースイッチ、導線の断線検出スイッチ、配線用遮断器(MCCB)、信号灯などを付加した。また停電対策として当社の無停電電源装置(UPS)を内蔵している。

---

## 4. 操作表示部(HMI)

---

### 4.1 ハードウェア構成

操作表示部のハードウェア構成を図4に示す。

パネルコンピュータの主要な仕様は以下の通りである。

CPU	i486DX2/66MHz
メモリ	2MB
外部記憶	2MBフラッシュメモリ
表示器	640×48016色カラーTFTLCD
入力	タッチパネル
シリアルIF	RS-232C×2ch
I/O	入力×32ch, 出力×32ch

## 4.2 ソフトウェア構成

図5に操作部のソフトウェア構成を示す。

## 4.3 INTERACTの概要

ワーク回転式巻線機の操作部に採用したINTERACTは米国CTC (Computer Technology Corporation) 社が開発した、装置の状態表示と対話操作を行うためのソフトウェアである。画面(パネル)上にプッシュスイッチやメータ、表示器などのツールを配置するだけで制御盤を作ることができる。ツールの色は15色から選択でき大きさや縦横比を自由に変えられる。また、CADで作成した画像の表示や、疑似的なアニメーション表示などの機能も持っている。

## 4.4 操作画面

INTERACTで作成したワーク回転式巻線機の操作画面をいくつか例示し、操作を説明する。

図6は起動時の画面で、CADで作成した外観図を取り込んで表示させている。「原点復帰」はプッシュボタンスイッチで、種類はモメンタリスイッチ、動作はノーマリオープンになるように設定してある。

「原点復帰」ボタンの右はメッセージ表示器で、通常は操作手順を表示し、異常が発生したときは原因と復旧手順を表示する。

図7に機種選択時の画面を示す。「No.」の下の「1」～「8」はラッチスイッチでいずれか一つだけを選択できる。たとえば、「1」を押すと「1」が青から赤に変化して選択されたことを知らせる。つぎに「3」を押すと「3」が青から赤に変わって選択されると同時に、「1」は赤から青に変わって選択が解除される。

図8に巻線中の表示画面を示す。巻線動作中は各軸(モータ)の位置、ターン数、経過時間をリアルタイムに表示するほか、製作予定数、完了数、進捗率を表示する。

巻線開始前は「一時停止」ボタンのかわりに「巻線開始」ボタンを表示する。また巻線終了後は「切断」ボタンを表示する。不要なボタンを画面から消すことで誤操作防止を図っている。

---

## 5. 制御部

### 5.1 ハードウェア構成

図9に制御部のハードウェア構成を示す。

モーションコントロールカードはなく、SERCOSインタフェースカードから光ケーブルで直接アンプ、I/Oを駆動している。

### 5.2 ソフトウェア構成

図10に制御部のソフトウェア構成を示す。操作表示部とはシリアル回線(RS232C)で接続される。操作表示部からの機種コード、操作指令を受信し、運転状態、モータの位置、その他の情報を操作表示部へ送信する。

開発用PCとはRS232CまたはEthernetで接続する。開発したプログラムのダウンロード、プログラムのデバッグなど必要なときだけ接続し、通常はターゲットシステム単独で運用する。

AMLの詳細は、第6章AMLで説明する。

---

## 6. AML (Advanced Motion Language)

---

### 6.1 概要

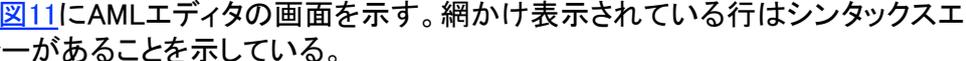
AMLは、米国AI (Automation Intelligence) 社が開発したオブジェクト指向のフルソフトウェアモーションコントロール言語で、山洋電気でカスタマイズした。(第4号ではSMLと表記したが1997年12月から名称をAMLに変更した。)AMLは開発環境 (Development Environment)、実行環境 (SRX=SERCOS Runtime eXecutive)、および各種のツールから構成される。

### 6.2 AML開発環境

AML開発環境はWindows95 (近日WindowsNTにも対応予定) 上で動作するソフトウェア群で以下の4つから構成される。

#### (1)AMLエディタ

AMLエディタはソースコードの記述に使用するインテリジェントなテキストエディタである。1行ごとのシンタックスエラーのチェック、自動的なタブの付加のほか、たとえば“IF”や“While”を記述したとき対応する“ENDIF”や“ENDWHILE”を自動生成するなどの機能を持っている。

 図11にAMLエディタの画面を示す。網かけ表示されている行はシンタックスエラーがあることを示している。

#### (2)コンフィグレーションエディタ

コンフィグレーションエディタは、オートロードコンフィグレーションファイルの作成を行うテキストエディタである。オートロードコンフィグレーションファイルにはシステム起動時にロードされるモジュール名を記述する。

#### (3)ログビューワ

ログビューワは、SRXが記録するログファイルの内容を表示する。ログファイルにはSRXが検出した実行時エラーのほか、特定のイベントの発生なども記録できる。ログビューワと次項のAMLデバッグを組合わせて使用することにより効率的なデバッグを行うことができる。

#### (4)AMLデバッグ

1ラインごとのステップ実行、変数の値の表示と変更、ブレークポイントの設定などの機能を持ったデバッグである。

### 6.3 実行環境 (SRX)

SRXは、AML開発環境で作成したアプリケーションプログラムを実行させるプリエンティブなマルチタスクオペレーティングシステムである。イベント監視、タイムスライシングなどによりモジュールの実行制御を管理する。

### 6.4 ツール

AMLは以下のツールを持っている。これらのツールを使うことによって、開発期間の短縮、デバッグの効率化、システムのチューンアップなどを行うことができる。

#### (1)SRXメンテナンスツール

SERCOSループの確立、制御システムのマニュアル動作などを行う。

#### (2)サーコスコープ (SERCOscorp)

制御システムの動作状態を開発環境からモニタする。イーサネットで接続すればモータの速度、位置、電流などをリアルタイムに表示させることができる。

#### (3)パイプライン (PIPELINE)

システムの情報をWindowsのアプリケーションで使えるようにデータ変換と通信を行うツールである。パイプラインを使うと、たとえば今回INTERACTを使用した操作表示部をVBで作成することも可能である。

## 6.5 AMLのプログラミング

### (1)コンフィグレーション

アプリケーションプログラムの作成を開始する前に制御システムのコンフィグレーションを行う。システム(モータおよびI/O)の構成、モータの特性などを設定する。

図12にコンフィグレーション画面を示す。

### (2)グローバルズファイル

アプリケーションプログラムごとに必ずひとつのグローバルズファイルを作成する。グローバルズファイルには宣言文を記述し、実行命令を記述してはならない。イベントの識別名はグローバルズファイルで宣言される必要がある。

### (3)モジュールファイル

ローカルな識別名の宣言と、実行命令を記述する。AMLの特徴であるイベントドリブンを生かすには、実現したい機能を小さな処理単位(タスク)に分割しそれぞれをモジュールとする。各モジュールは事象の変化(イベントの発生)があったとき、SRXから起動されるようにしておく。これにより、モジュールの中で事象の変化をポーリングにより監視する必要がなくなり、プログラムの簡素化、実行速度の向上を図ることができる。

---

## 7.むすび

---

「S-MAC」TYPE Cの最初の応用事例としてワーク回転式巻線機を紹介した。いきなり実機を製作したが、ハードウェアは小さな手直し程度で完成させることができた。最も重要な巻き線のプロファイルについては、試巻を繰返しながらソフトウェアで文字どおり柔軟に対応し、企画時のタクトタイムを満足させ、かつ理想的な整列巻を実現した。また機種の変更は操作画面の機種一覧から選択するだけですみ、変更のたびにフロッピーディスクからプログラムまたはデータを読み込む煩わしさから開放された。

今回のワーク回転式巻線機の開発によって、「S-MAC」TYPE Cが当初から目標としていた一般産業機器の分野で有効であることが立証された。これからもTYPE A,Bを含む「S-MAC」により、お客様からのトータルソリューションの要求に答えていきたい。

\* 文中の会社名と商品名は、それぞれ各社の登録商標または商標。

---

原田 豊士

1980年入社

サーボシステム事業部 コントロールシステム推進部

交換機用信号電源、電源監視システムの開発を経て、NC21プロジェクトにてコントローラの開発に従事。

栗林 克実

1989年入社

サーボシステム事業部 コントロールシステム推進部

デジタルコントローラ、サーボアンプの開発を経て、NC21プロジェクトにてコントローラの開発に従事。

児玉 秀明

1991年入社

サーボシステム事業部 コントロールシステム推進部

ABSセンサ、ステッピングドライバ、ロバストシンなどの開発を経て、NC21プロジェクトにてコントローラの開発に従事。

陳 亮

1997年入社

サーボシステム事業部 コントロールシステム推進部  
NC21プロジェクトにてコントローラの開発に従事。

宮坂 竜行

1997年入社

サーボシステム事業部コントロールシステム推進部  
NC21プロジェクトにてコントローラの開発に従事。

田崎 朋伸

1997年入社

サーボシステム事業部 コントロールシステム推進部  
NC21プロジェクトにてコントローラの開発に従事。

---

図1 基本構想

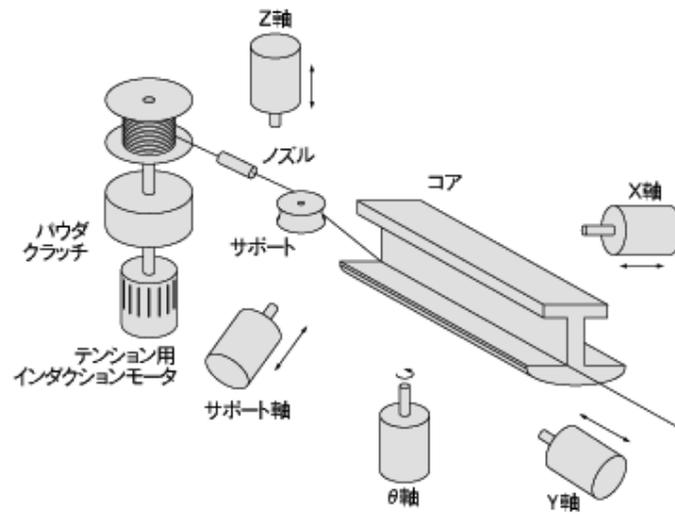


図2 回転角度とX-Y軸の制御

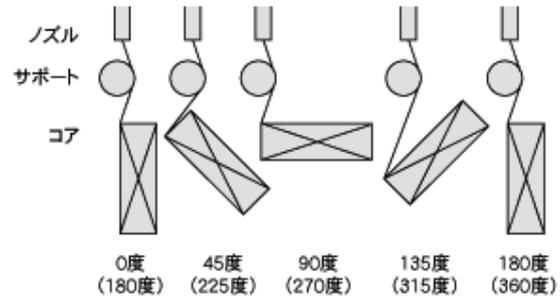


図3 ワーク回転式巻線機外観図



図4 操作表示部ハードウェア構成

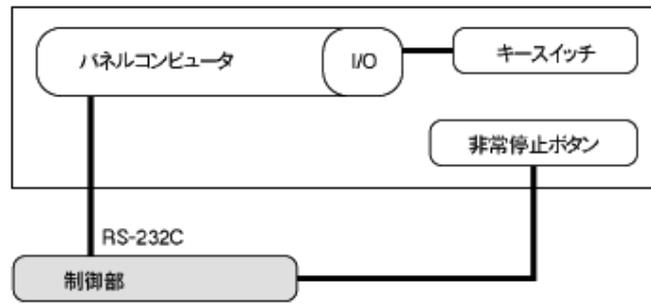


図5 操作部ソフトウェア構成

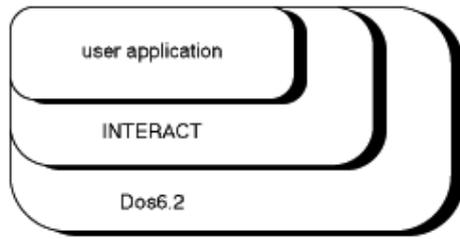


図6 起動時の表示画面



図7 機種選択画面

KTM-3019-01 08/03/22 11:59:19

在庫時、または別の機種を設計する時は「機種選択」ボタンを押して下さい。新しいコアをセットし、「levels動」ボタンを押して下さい。

No.	機種名	設計仕様	コアサイズ	コア積厚	積層	ターン数
1	FR082000H	X-33428	280	202	2.10	35
2	FR082005H	X-33436	280	197	2.50	37
3	FR082000H	X-33457	280	152	2.50	37
4	FR082000B	X-33245	220	245	2.10	27
5	FR082190B	X-33254	220	245	2.50	30
6	FR082110V	X-33267	220	232	2.50	32
7	FR082110B	X-33269	220	212	2.40	30
8	FR081870B	X-33269	180	200	2.30	28

図8 巻線中の表示画面

KTM-3019-01			
一時停止	巻線中の表示画面		
機種：P60B2820KM			
θ軸	135.00	ターン数	7
X軸	120.00	巻線時間	16 秒
Y軸	88.00	製子定数	12 S
Z軸	14.00	製子完了数	3 R
S軸	55.00	製子巻線率	25.0 %

図9 制御部ハードウェア構成

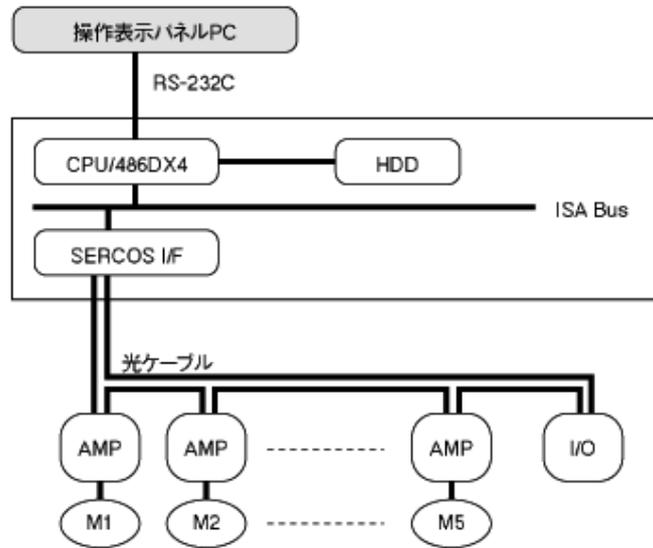


図10 制御部ソフトウェア構成

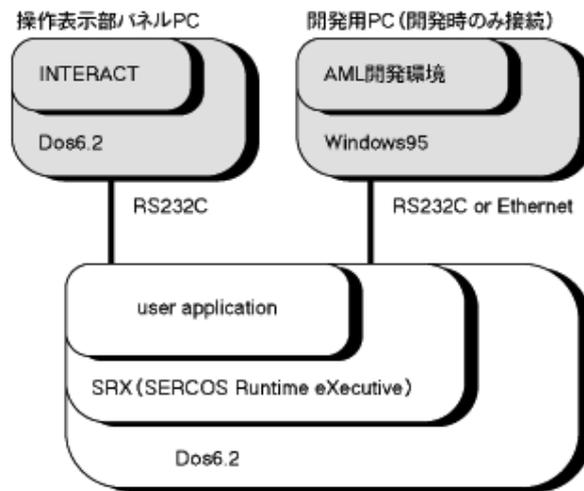




図12 コンフィグレーション画面

