

# 「S-MAC」Type Cの応用 (丸ダイス転造盤用 コントローラの開発)

沖野 弘  
Hiroshi Okino  
瀧澤 哲司  
Tetsuji Takizawa

児玉 秀明  
Hideaki Kodama  
田崎 朋伸  
Tomonobu Tazaki

栗林 克実  
Katsumi Kuribayashi  
宮坂 竜行  
Tatsuyuki Miyasaka

## 1. まえがき

当社の「S-MAC」Type Cはモーションコントロールカードを使用せず、オブジェクトベースの制御言語 AMLとの組み合わせによって実現した、フルソフトウェアコントローラである。

今回は、「S-MAC」Type Cを、丸ダイス転造システムのコントローラとして応用した例の概要を紹介する。

丸ダイス転造盤は、切削屑を出さない加工方法として環境保護の面で将来が期待される塑性加工を行う機械である。

## 2. 開発の背景

応用面からみた「S-MAC」Type Cの特長は以下のとおりである。

### 2.1 塑性加工向けコントローラ

従来から、加工機械のコントローラとしてはNC(数値制御)コントローラがポピュラーである。加工品のCADデータから、数値データを取り出しGコードに変換して動作するコントローラである。このNCコントローラは切削加工機械に特化して開発、進化してきたものである。工作機械=切削加工=NCコントローラという関係が成り立っている。

切削加工においては、加工品よりも大きな材料から不要な部分を削り取るので、削り取る工具の位置、軌跡は加工品の形状、寸法と相関関係にあるため、寸法データから加工プログラムを自動生成することが比較的容易である。実際の加工を行う場合には、工作機械の固有のパラメータやオフセットなどのデータを加工データにオーバーライドさせることによって、実際の加工プログラムとなる。いわゆるオーバーライド方式のコントローラである。

一方、塑性加工は、材料を変形させることで加工を行う。加工品の形状は、加工する工具の形状によるため、加工プログラムとの相関性はない。加工品と工具の組み合わせごとに、最適な加工プログラムが存在する。この加工プログラムは試し加工を繰り返し行うことで、最適な動作を見つけ出さなくてはならない。このようにして得られた加工プログラムをデータベースにして、その中から選択することによって、最適な加工を行う。加工の「コツ」(レシピ)が入った加工プログラムによる加工を行うのでレシピ方式と呼んでいる。

塑性加工のコントローラとしては、動作パターンを任意に変えることができる機能が必要である。従来の塑性加工のコントローラとしては、切削加工用のNCコントローラを利用

し、動作コマンドを拡張して、動作パターンを変えられるようにしたものや、PLCをベースに、モーションコントロール機能を追加したものなどがあつた。これらは、ある程度塑性加工用コントローラとしての機能は実現できて、もともとの考え方が異なるので、最適なコントローラとは言えないのが現状であつた。

## 2.2 塑性加工向け言語

切削加工用コントローラ言語としてポピュラーなのが、Gコードである。Gコードは基本的にモータ軸の座標を直接記述する構造であり、切削加工向けである。

「S-MAC」Type Cで採用しているのは AML(Advanced Motion Language)というフルソフトウェアモーションコントロール言語である。モーション言語でも、モーションカードの上で動くものと、カードが無いものでは、大きく機能が異なってくる。モーションカードの上で動作する言語は、結局はモーションカードが持っている機能以上の動作はできない。モーションカードを使わないフルソフトウェアコントローラはモーションカードの制約が無いので、基本的にサーボアンプの機能のすべてを使うことができる。

AMLはもともと包装機械のコントローラ向けに開発された言語である。フルソフトウェアの特長を活かして包装機械の制御に必要な機能を実現させるために生まれたのが AML言語であり、コントローラのファームウェアにあたるSRX(SERCOS Runtime eXecutive)である。

このように、モーションカードの制約が無い構造の上で、包装機械の機能に必要な電子ギヤ、電子カムなどの機能を実現したため、細かい制御が可能となっている。

包装機械は、主に食品などを袋詰めを行う機械であり、対象となる形状が一定でなく、また包装に使用するフィルムも伸び縮みがあるため、試し運転を何回か繰り返して最適な動作パターンを設定するレシピ方式である。

包装される品物の送りや、包装フィルムの送り、包装された後の送り軸など、それぞれが同期しつつ、任意のパターンで動作できなければならない。時間に対して任意の動作パターンで動作する場合や、特定の軸または仮想の軸に対して任意の動作パターンで動作するなどの機能が必要となる。これらの機能を持った AMLは、まさに塑性加工向けの言語である。

## 2.3 開発ターゲットである丸ダイス転造盤の要求仕様

システムの共同開発先である機械メーカーの要求仕様は以下のとおりである。

### (1)加工方式

塑性加工を行う機械には大きく分けて2つの種類がある。プレスに代表される往復運動を利用したものと、回転運動を利用したものである。さらに回転運動を利用して棒状の材料に回転加工を行うのが転造である。また転造には、二つの平らな工具(ダイス)による平ダイス転造や、円筒状の工具(ダイス)により加工する丸ダイス転造がある。

丸ダイス転造にも2つの丸ダイスによるもの、3つの丸ダイスによるもの、プラネット転造とよばれる、丸ダイスとセグメントダイスを組み合わせたものがある。プラネット転造は短いタクトタイムで大量生産向き、3丸ダイスは中空材料の加工ができる。2つの丸ダイスを使った2丸ダイス転造は、構造がシンプルなため、ダイスの形状や加工スピードを変えることによってさまざまな種類の加工が可能である。2丸ダイス転造盤を、「S-MAC」Type Cによって動作パターンをコントロールすることで、以下に示すような加工に対応できる。

### (a)寄せ転造

通常の転造方法。ダイスが回転しながら、ダイスが寄って転造を行う。

#### (b)通し転造

ダイス幅よりも長いワークを転造可能。左右のダイスを上下傾斜することでワークを軸方向に移動させて転造する。

通し転造を図1に示す。

#### (2)制御軸構成と要求仕様

2 丸ダイス転造盤の軸構成を図2に示す。

##### 1.左右ダイスの単独駆動

左右にある円筒形のダイスが同じ方向に回転しながら内側に寄ってゆくと、ダイスとダイスの間にある材料に接触して材料が回転することで、ダイスの表面が材料を変形させることで加工が行われる。ダイスの形状によって、さまざまな種類の加工ができる。斜めの溝のダイスを用いることで、ネジの加工ができ、放射状の溝を持ったダイスを用いることで、スプラインやセレーションの加工もできる。

このように、2丸ダイス転造盤はさまざまな加工が可能であるが、ネジやスプラインなどの種類ごとに、最適なダイス回転速度や、ダイスが内側に寄る速度が異なり、加工する種類ごとに変える必要がある。ダイスの寄せ速度は速い方が加工時間が短縮するので、製品あたりのタクトタイムが短くなり大量生産ができるが、ダイスの磨耗が早くなりダイスの寿命を短くしてしまう。加工時間とダイス寿命から、最適な速度を設定する必要がある。

##### 2.回転速度と寄せ速度の制御

従来の2丸ダイス転造盤の多くは、PLCによる制御で、ダイスの回転速度や寄せ速度を設定することはできても、転造中に変化させることができないなど機能が制限されてしまう。このため、製品の表面の剥離などの傷を発生させず、かつダイスの寿命を確保するためには、どうしてもタクトタイムが長くなってしまいう欠点があった。また、製品の形状によっては、剥離などの発生を防ぐことができない場合があった。

これらのことから、従来のPLCにかわって、モーションコントローラを用いることにより、転造中のスピードを任意にコントロールできるので、タクトタイムを短縮しかつダイスの寿命を保ち、また従来は加工できなかった形状の製品を転造可能にすることができた。

---

## 3. 転造システムの概要

---

2丸ダイス転造システムは、大きく転造盤(機械本体)と、コントロールシステムの2つに分かれている。ここでは、コントロールシステムの概要について説明する。図3にシステムの概観、図4に加工サンプルを示す。

### 3.1 コントロールシステムの概要

図5にコントロールシステムのブロック図を示す。

「S-MAC」Type Cはモーションカードレス、フルソフトウェアコントローラである。一般的なパソコンと互換のある、PCベースドコントローラが基本となっている。コントローラとサーボアンプ、I/Oは光ファイバーによるSERCOSネットワークで接続されている。制御部のCPUはモーションとI/Oのコントロールを行い、イーサネット接続された操作表示部が画面表示を行っている。

## 3.2 制御部の詳細

### (1)ハードウェア構成

図5のブロック図のなかで、AMLターゲットと呼ばれているのが、制御部のコントローラである。PCベースドコントローラで、サーボアンプやI/Oのインタフェースを行うためのSERCOSインタフェースボード、エンコーダの信号を入力するためのエンコーダインタフェースを内蔵している。サーボアンプは主軸(ダイス回転)および主軸上下傾斜軸用に4軸サーボアンプを使用している。4軸分のサーボコントロールと電源部をそれぞれ一体にした構成で、1軸あたりのコストパフォーマンスの高いアンプである。システムとしては、オプション軸としてもう1軸アンプを追加することができる。

### (2)ソフトウェア構成

制御部は AMLにより、モーションとDI/DOの制御の両方を行なっている。

AMLはリアルタイムOS上で動作するモーションコントロール言語である。特に電子ギヤ、電子カムといった同期制御の機能が充実している。

制御の方式としては、左右のダイスの同期、ダイスの寄せ位置などを同期させる同期制御である。

動作パターンは2つの方式を持っており、転造の種類によって使い分けている。

#### 1.通常の動作モード

一つめの動作パターンは、PTP動作を基本としたもので、転造中のいくつかのポイントを指定して動作パターンを決定する。一般的な転造に使われるモードである。

#### 2.レシピ方式の動作モード

もう一つの動作パターンは、MAPデータによるレシピ方式である。マップデータは一定時間ごとにポイントを指定したデータベースである。データのポイントによって任意の動作パターンを指定することができる。

#### 3. I/O制御

DI/DOは入力の変化などによって発生するイベントによって制御を行う、イベントドリブン方式の制御を行なっている。

#### 4.メンテナンスツールなど

制御言語 AMLには、各種の開発ツールが用意されている。サーボモータの設定が容易に行えるConfiguration Tool、動作中のエラー、アラームなどの情報を記録するLog Viewer、サーボモータの動作をモニタするSERCOSCOPEがあり、システムの開発や解析に役立つ。

AMLの開発環境はWindows上で動作するので、データの解析などはWindowsのSoftwareを使うことができる。AMLのアプリケーションを開発しながら、同じパソコン上でデータの解析が可能である。

---

## 4. 操作表示部(HMI)

---

### 4.1 HMIのハードウェア構成

転造加工を行うだけのシステムであれば、最低限の操作スイッチで運転は可能であるが、本システムでは、試し加工を行って最適な運転パターン(動作パターン)を作成するための、プログラミングステーションの機能を持った操作表示部を持っている。

操作表示部(HMI)もPCベースのコントローラである。表示部は12.1インチのTFT液晶ディスプレイを使用している。ディスプレイの表面にはタッチスクリーンを使用しており、画面に触れることで操作ができる。タッチスクリーンによる操作は、画面の表示をSoftwareを変えるだけで、さまざまな操作が可能になるので、システムにオプション機能を追加する場合でも、操作スイッチなどのハードウェアの追加は不要で、ユーザごとのカスタマイズなどの対応が容易である。

補助記憶装置としてはフロッピーディスクを装備して、転造の動作パターンなどのレシピデータを保存する。フロッピーディスクを使用することで、マスタマシンで作成したレシピデータを容易に加工マシンに持って行くことができるようになり、マスタマシンと同じ動作パターンで運転することができる。

操作表示部と制御部は、イーサネットで接続され、動作パターンなどのデータや制御部からの運転状態を知らせるためのデータなどがやり取りされている。

操作表示部内の動作パターンやパラメータなどのデータを保護するために、無停電電源装置(UPS)を内蔵して、停電などの不慮の事態に備えている。

### 4.2 HMIのソフトウェア構成

転造をするための動作パターンを作成するためには、多くのデータやパラメータを入力する必要があるので、Windows NTをベースにしたソフトウェア構成となっている。

表示画面はVisual Basicを用いて作成しており、オフィスのパソコンと同じ感覚で操作できる。

画面のモードは800×600ドットであるので、多くのデータやパラメータを表示することができる。データやパラメータが多い場合、画面の情報量が少ないと画面を切り替えて表示するため、操作性が非常に悪くなってしまうことがある。情報量を多くして少ない画面数で確認することで、データ作成の間違いを減らすことができる。

### 4.3 操作概要

システムの操作は、オート、マニュアル、セットアップの3つのモードに分かれている。

オートモードは付属装置のワークのセンター台などと同期して自動で連続転造加工を行うモードである。マニュアルモードは、ワークの試し加工など単独で転造加工を行うモードである。セットアップモードは転造の動作パターンのデータやパラメータを入力したり、機械の調整を行うモードである。

通常の運転においては、フロッピーディスクから転造の動作パターンやパラメータを読み込み、オートモードでスタートすることで、連続で転造加工が可能である。

## 5. むすび

---

CADデータとリンクすることで発展してきた切削加工に比べて、塑性加工のコンピュータ化は、まだまだ大きな可能性を秘めている。「S-MAC」Type Cもまた、ネットワークとオープン化という大きな可能性を秘めたコントローラである。この塑性加工、ネットワークとオープン化の組み合わせは新しい分野を切り開いてゆくことを確信している。本システムがその一翼をになうことができたなら幸いである。

このシステムは、株式会社ニッセイ殿との共同開発によるものです。加工サンプルや資料を提供していただきました。文末ながらお礼申し上げます。

\* 本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です。

### 文献

(1)吉川:「ネットワークングコントローラ「S-MAC」の開発コンセプト  
SANYO DENKI Technical Report No.4 pp.30-39(1997-11)

(2)原田:「「S-MAC」Type Cの応用(ワーク回転式巻線機の開発)」  
SANYO DENKI Technical Report No.5 pp.45-49(1998-5)

(3)佐藤:「Industrial PC「S-MAC PC」の開発と「S-MAC」components」  
SANYO DENKI Technical Report No.6 pp.26-34(1998-11)

(4)吉川:「AML言語の開発とその特長」  
SANYO DENKI Technical Report No.7 pp.28-36(1999-5)

---

沖野 弘  
1996年入社  
コントロールシステム事業部 ソリューション技術部  
コントローラの開発に従事。

児玉 秀明  
1991年入社  
コントロールシステム事業部 ソリューション技術部  
ABSセンサ、ステッピングドライバ、ロバストシンの開発を経て、コントローラの開発に従事。

栗林 克実  
1989年入社  
コントロールシステム事業部 ソリューション技術部  
デジタルコントローラ、サーボアンプの開発を経て、コントローラの開発に従事。

瀧澤 哲司  
1996年入社  
コントロールシステム事業部 ソリューション技術部  
デジタルコントローラの開発を経て、コントローラの開発に従事。

田崎朋伸  
1997年入社  
コントロールシステム事業部 ソリューション技術部  
コントローラの開発に従事。

宮坂竜行  
1997年入社  
コントロールシステム事業部 ソリューション技術部  
コントローラの開発に従事。

---

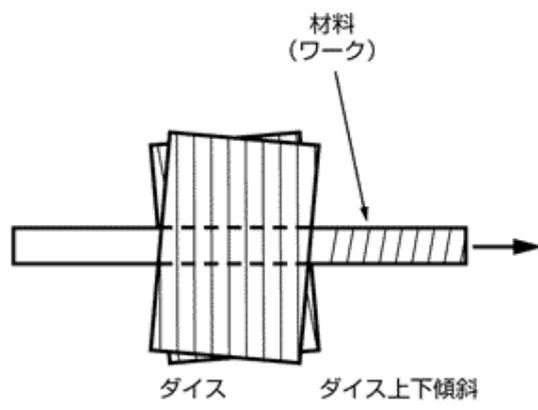


図1 通し転造

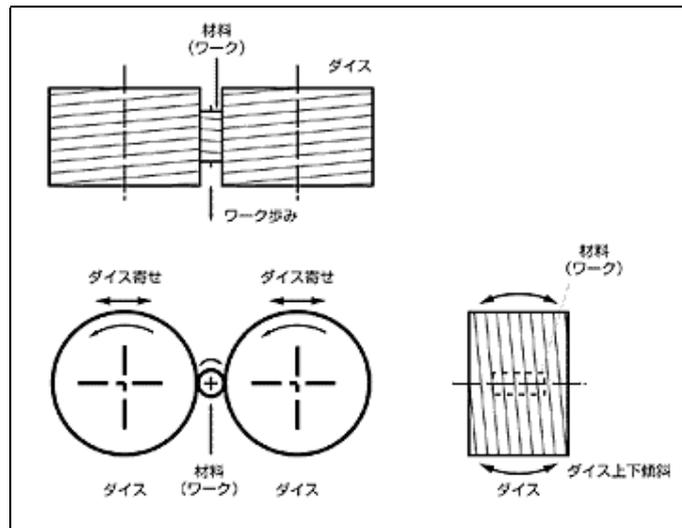


図2 転造盤の軸構造

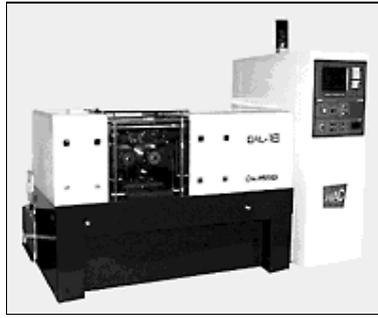


図3 転造システムの概観

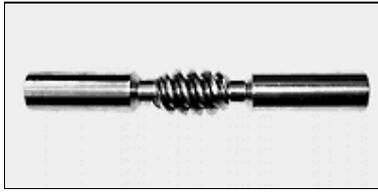


図4 加工サンプル(ウォームギア)

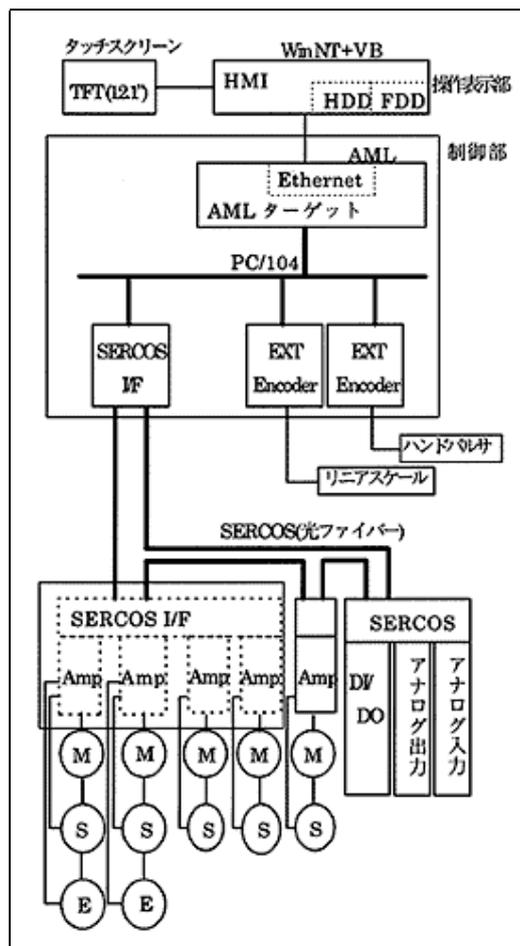


図5 コントロールシステムのブロック図