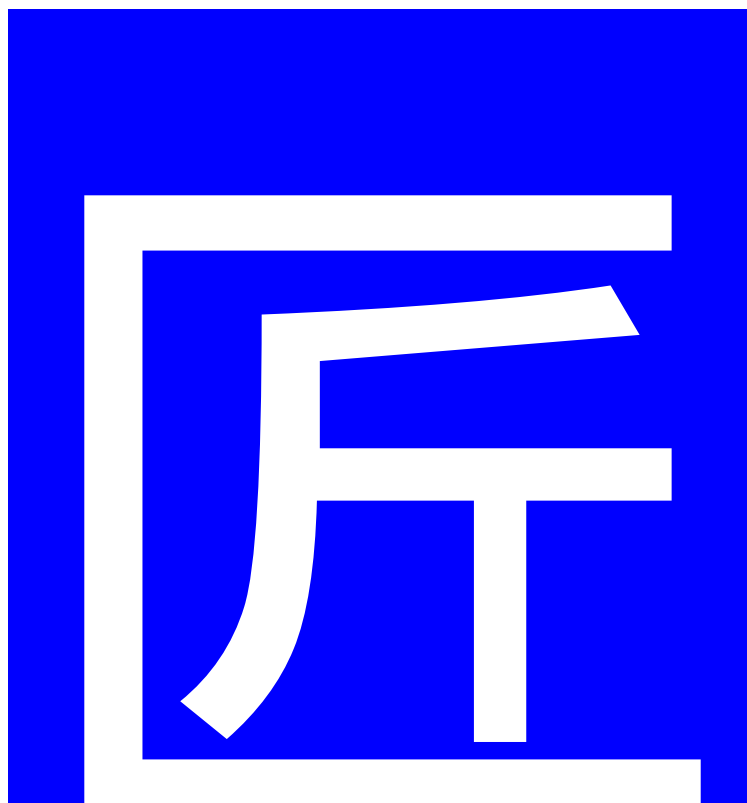


新しい自動化技術の創出

匠を活かす / 売れるマシンを創る

緻密なモーション制御」と「NC技術の公開」

Ver1.1
2003.05.26



緻密なモーション制御

機械メーカーが特異な生産技術で「売れるマシン」を造るためには、コントローラの役目が重要です。

「緻密なマシン」には、「モーションコントローラ」が役に立ちます。

NC技術の公開

精密な動作には、「NC技術」が必須です。

NC技術を使いやすく公開することで、機械メーカー自身がノウハウやアイデアを独自生産技術として実現できます。

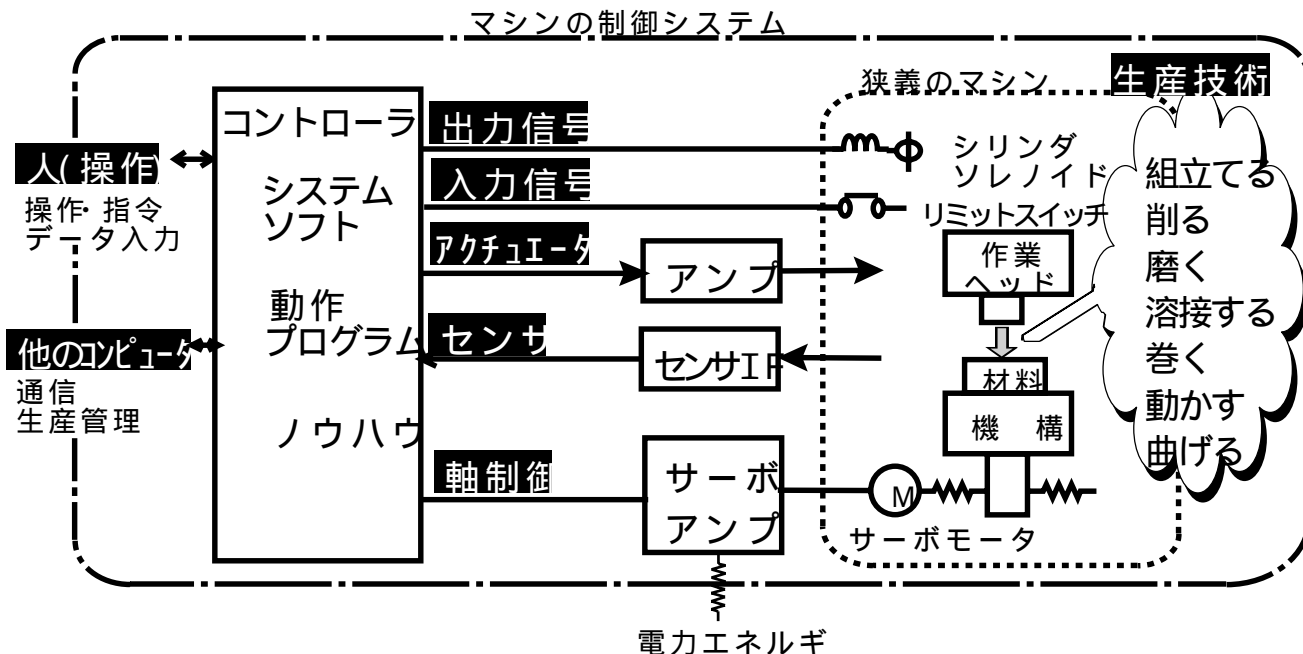
[TOPへ](#)

1 売れるマシンが求めるコントローラ

「売れるマシン」とは、特異な生産技術で差別化されたマシンや設備のことです。作業ヘッド¹やワーク(材料)²に対して、各機械メーカーはノウハウと知恵を活かして、より高い生産性³を実現しています。まさに、熟練の匠の技を、人の数百倍の早さで、安定作業できるような自動機こそ、「売れるマシン」のイメージです。

このようなマシンの「作業ヘッド」「材料」「機構」「各種アクチュエータやセンサー」を制御するのがコントローラで、匠の技が凝縮したコンピュータといえます。

図1 マシンを制御する



コントローラの役目

- 人の操作で動く (手動運転)
- 動作プログラムで動く (自動運転)
- 軸制御で機構を駆動 (サーボ制御)
- 入力信号処理
- 出力制御
- 作業ヘッドの制御
- 各種センサ計測

作業者の操作で思い通りの動きをします。

あらかじめ設定した動作手順で軸(サーボ)・入出力・アクチュエータを動かします。センサーや入力信号の状態以最適な動作条件を選んで実行します。特に緻密な動作をさせるためには、動作内容の表現や処理が重要です。サーボやパルスモータをコントローラが制御して機構を駆動します。最適動作のためには、機構の位置・速度を正確に再現させる必要があります。場合によっては、トルクや力の制御もおこない、熟練の技を再現します。

機械や作業の状態を検出し、コントローラで判断します。機構動作にあわせて、シリンダやソレノイドバルブなどを制御します。加工・組立・溶接・成型・造形など作業に応じて専用のアクチュエータがあり、コントローラが機構の駆動と協調して制御します。ワークや作業状態を計測しコントローラにフィードバックします。作業が緻密で高付加価値になるほどインプロセス計測⁴が重要になってます。

- 1 作業ヘッド たとえば、レーザ応用の加工ヘッドや高速搬送のピッカーなどです。直接の作業をする部分で生産技術やノウハウの結集する部分です。
- 2 ワーク(材料) 新しい製品や生産技術では、材料も新しい材質や形になる場合があります。また、品質を高めるために、あえて加工しにくい材料であったり、加工と組立を同時におこなうための複雑な形になったりします。作業ヘッドの技術と深く関わって、生産性に大きく影響します。
- 3 生産性 品質(精度、歩留まり)、コスト、生産効率などトータルな評価です。
- 4 インプロセス計測 作業中に加工や組立の精度を計測し、結果をリアルタイムに反映すること。

[TOP](#)

2 緻密なマシンのコントローラの選び方

独創的で他社に勝る生産技術を持ち、生産性を高める工夫した知的設備のことを、ここでは「緻密なマシン」と呼びます。

マシンの目的や使い方でコントローラの選び方は変わります。

ここでは、コントローラを大まかに分類して、緻密なマシンに合うコントローラを考えます。

分類	代表例	全体的な特徴	応用分野	モーション制御の比較
シーケンサ PLC	シーケンサメーカー 横河、三菱、オムロン 他 	数百点の入出力やセンサ・アクチュエータの制御 シーケンスラダーによるプログラミング	各種設備 プラントやライン制御 幅広い応用	シーケンサの位置決めモジュールでは、比較的単純な動作のみ。 単純な多軸は可能であるが、同期や緻密な動作には、不向きな面もある。 NC技術を持っていない 緻密なモーションは不可
サーボ コントローラ	各社制御ボード (サーボ専用)	比較的低価格 機能が単純なので使いやすい印象	単機能型のサーボ 応用 (軸制御に専念)	(同上 単純動作) ヘッド、入出力などを同時制御するのが苦手 NC技術を持っていない
NC ¹ ロボット	汎用NCメーカー 各社ロボットメーカー	工作機械やそれぞれのロボットに応じて、高性能で高機能 完成度が高い	汎用工作機 組立、溶接、搬送ロボット	ハード/ソフト面ともに非公開なので専用化のアレンジは現実的に困難 独自の生産技術には向かない
自作コントローラ	各々の機械メーカー	機械メーカー自身で開発 完全な独自性(守秘性) 最適コスト(単体原価) 開発パワーが必要 開発コストは除く	ある程度生産台数がまとまる応用でないと開発コストが合わない	独自性が発揮できる可能性大 1から作るので大変 CPUや部品の進歩が早いので開発パワーが必要(トータルコスト検討要)
モーション コントローラ	オープンMC その他 	緻密マシンや専用機に向いている 軸・入出力・通信などマシン全体の制御	各種専用機 特殊なマシン 「緻密なマシン」	十分な基本性能 NC技術を内在 豊富なモーション機能(あらゆる機構に対応) NC技術 ² の公開で専用化が可能

緻密なマシンには、モーションコントローラは、有効な手段です。

CPUやソフト技術の進歩が早く、機械メーカーですべてを自社開発するのはかなりの負担になっています。完成された安定したモーション機能をうまく使いこなして、その上で独自生産技術を作っていくのが早道です。

緻密なモーション制御の例

加工(レーザ、切削、穴明け、プラズマ、ガス、研磨、放電・・・) 精密組立 高速搬送 同期搬送
高速サイクリック動作 巻線 溶接 造形 専用ロボット その他の専用機

1 NC Numerical Control 大手NCメーカーに代表される従来型のNCコントローラをここでは「NC」又は「汎用NC」と呼びます。

2 NC技術 NCの中のモーション制御のための基本的技術を「NC技術」とここでは呼びます。微小な補間の連続(なめらか輪郭制御)などが代表的な機能です。

[TOPへ](#)

3 ノウハウを活かす 緻密なモーション制御」

ノウハウや特殊な生産技術に一般形はありませんが、それをささえる「緻密なモーション制御」については、以下のように考えることができます。

(1) 精密な動き

位置や速度の制御単位が精密なこと、 $1\mu\text{m}$ やそれ以下で制御するのが一般的です。最近では、 10nm 単位で制御するマシンもあります。もちろん送り速度も高速になる傾向があり結果的には、数MPPS¹の速度制御も必要です。極低速(たとえば1PPS)から高速(たとえば1MPPS)まで安定して精度良く制御する必要があります。

(2) 輪郭制御

単純な直線補間や円弧補間だけでは、不足です。たとえば、1つが数ミリ秒の短い補間の連続でも指定された速度で正確・なめらかに動作する必要があります。つまり、位置と速度を常に指定どおりにする機能が必要です。たとえば、巻線や切削の時に補間のつなぎ目でほんの少しの停止や速度ムラが発生した場合、目的の加工精度が出せません。

この技術は、NC技術としては、確立されていますが、その他の位置決めやサーボコントローラでは、不十分なものもあります。モーションコントローラには、このようなNC技術が、基本性能として備わっています。

(3) 場合によっては、力(トルク)も制御

精密組立や曲げ加工では、位置・速度に加えて、力(トルク)も制御する場合があります。いわゆる力加減というもので、匠の技ならではの。

(4) あらゆる加工ヘッドの制御や計測

軸の動作(サーボ制御)のみでは、作業はできません。実際に作業する作業ヘッドと機構を同期させて組み合わせる必要があります。たとえば、レーザで輪郭溶接をおこなう場合、動きに合わせてレーザ強度を増減させます。また、溶接ヘッドから溶接電流や電圧を検出してインプロセス制御して、欠陥レス溶接をおこなっている例もあります。

(5) 動きや制御のバリエーション

機構や動作は、生産技術の進歩に応じて複雑で特殊になってます。たとえば、門型のマシンで両端の2つのモータで1つの軸を駆動(平行軸制御)したり、コンベア上を動いているワークに作業(同期追従制御)したり、刃物の動く軌跡の向きに自動的に刃物向けの接線制御などバリエーションが豊富です。最近では、リニアモータなどいろいろなタイプの駆動装置が進歩して、それらを使いこなす必要もあります。

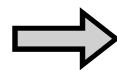
巻線の動作などは微小な直線補間を大量に連続させてピッチ送り、折り返しなど複雑な動作を実現します。このときの指令は、巻数、ピッチ、トラバース量、折り返し方法などの代表パラメタのみ指定して、直線補間の連続はコントローラが自動発生するのが便利です。このように複雑な連続動作も簡単に扱える仕組みも必要です。

(6) 制御性を改善する機能

機構やサーボ系には、どうしてもある程度の誤差が発生します。これを補正する機能があれば、マシンの精度や生産性が格段に上がります。直動系の誤差補正(ピッチエラー補正)や機構ガタの補正(バックラッシュ補正)などは、NC技術ではポピュラーです。最近では、動的な軌跡精度²の改善なども可能になっています。

緻密なモーション制御のこれらの要素を総合的に利用して、以下を実現します。

作業の目的に応じて精度良く、常に最適な位置・速度で動く」
複雑な動きも簡単に指令・設定できる仕組みを持つ」
複雑・特殊な機構や作業ヘッドでも簡単に正しく動かす」



売れるマシン
特異な生産技術
高い生産性

1 MPPS

PPSは、パルス/秒で、1秒あたりの移動量を制御単位パルス(たとえば $1p=1\mu\text{m}$)で表現したものです。M(メガ)= 10^6 (たとえば、 $1P=1\mu\text{m}$ で $100\text{mm}/\text{sec}$ は、 100Kpps)

2 動的軌跡精度

機構を動かす時に、指定の軌跡どおりにサーボへ指令しても、そのイナーシャ(慣性)や摩擦負荷で多少の誤差が発生します。

[TOP](#)

4 自分好みのモーションコントローラ

生産技術のノウハウは、機械を設計したり使う人が持っています。作業ヘッド、ワーク(材料)、作業方法に差別化のネタがあります。つまり、主役はノウハウを持つ機械メーカーであり、モーションコントローラは、それを実現するための強力なサポータなのです。

4-1 従来のNCの貢献と問題点(閉鎖的なNC)

汎用工作機械やロボットのNC技術は、数十年の歴史の中で大きく発展し、生産性向上に貢献してきました。たとえば、精密な金型加工などが熟練者でなくても可能になったのは、NC技術のたまものです。

ところが、専用機に汎用NCやロボットコントローラを利用するとなると現実には不可能です。NCは、非常に完成度が高いため、機械メーカーでの本格的なアレンジはできません。その意味では、非常に閉鎖的なシステムになっています。

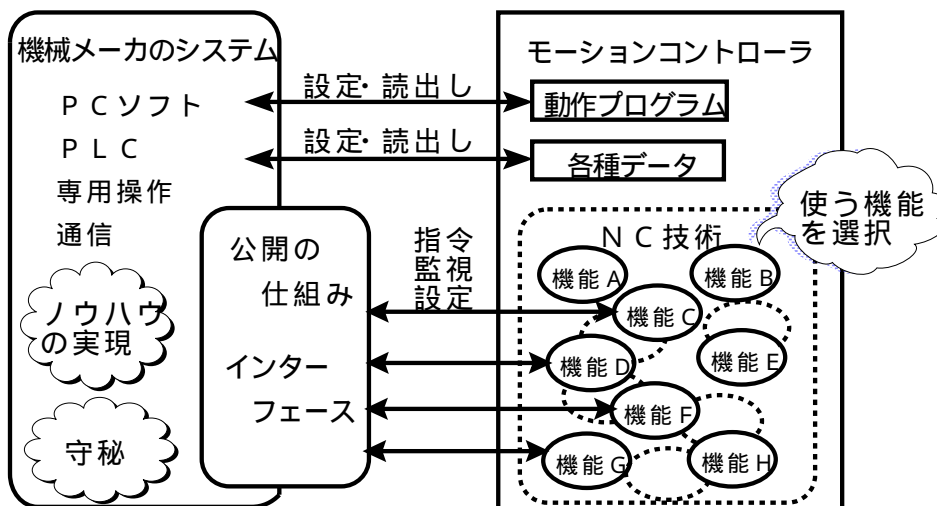
- 1 NCでもユーザマクロという機械メーカーが自由にプログラミングできる機能がありますが、データの変換とか機械操作のシーケンス制御などに限定されています。

4-2 NC技術が公開されれば

モーションコントローラでは、NC技術の公開に積極的です。

独自の生産技術の実現や機械メーカーがノウハウを活かすためには、NC技術の公開が必要です。その上、それぞれの匠の技を自ら実現することでノウハウの「守秘」も可能となりました。

図2 NC技術の公開



機械メーカー自作のPCソフトによる専用NCの事例

パイプ自動溶接



パイプ自動溶接ロボットの運転画面です。溶接中の電流・電圧・アークシフト率・左右倣い制御・上下倣い制御などの内部情報をリアルタイムに表示・記録しています。

マーキング装置



パイプ面に文字や図形をマーキングします。グラフィック表示付きで運転状態が一目で判ります。設計・生産情報からダイレクトに運転しています。

[TOP](#)^

5 モーション制御を使いこなす

機械メーカーが主役となって、売れるマシンを造るためには、公開された緻密なモーション制御を使いこなすことが重要です。

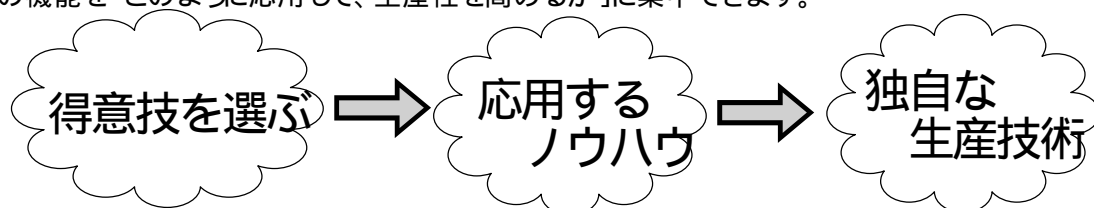
5-1 一般のモーションコントローラ (サーボ制御自体を自作する)

一般のモーションコントローラでは、専用のモーション言語を使い、その組み合わせで特殊な機能を実現します。たとえば、1種類の動作を指定する場合でも、位置・速度・加速度・その他たくさんのパラメタをいちいち指定する方法です。その言語自体の機能は単純で、組み合わせることでバリエーションに対応しています。そのため、原理的には、自由度が大きく拡張性がありますが、サーボ制御の中身についてある程度詳しくないと、プログラミングそのものができません。どちらかというとサーボ制御のプロ向きな仕組みです。サーボ制御自体が好きで得意な方に向いています。

5-2 オープンモーションコントローラの場合 (モーション機能を選び応用に集中 応用 = 生産技術)

オープンモーションコントローラの「NC技術の公開」では、機能単位の完成形で選択して使えます。それらのモーション機能は、テクノの今までの幅広い経験から生まれたものです。

オープンモーションコントローラのモーション機能を使う場合は、サーボの専門的知識は不要です。むしろ、その機能を「どのように応用して、生産性を高めるか」に集中できます。



オープンモーションコントローラが公開する得意技の例 (詳細はHPの「得意わざ」を参照下さい)

■ 接線制御 (法線制御)



■ 主軸同期送り



■ 高精度位置ラッチ



オープンモーションコントローラにはたくさんの得意技があります。

5-3 自作PCソフトで独自モーション制御

PC側のソフトをカスタマイズする事でかなりの専用化が可能です。WINDOWSのDLL²でソフト的なIFを準備しています。V.CやV.B言語で自由にオープンモーションコントローラが使えます。

最近では、EXCELなどの汎用ソフトでも直接使えるようになってます。EXCELのマクロで簡単な自動プロや専用の生産管理を作成して、組み合わせる事例が増えてます。

5-4 専用化が必要な場合もあります

特殊なマシンや機構では、どうしても専用化が必要な場合もあります。

一般的には、十分な打ち合わせをした上で、テクノで開発します。ほとんどが、ソフト改造ですみますが、まれには、FPGAロジック¹のハード改造をする場合もあります。

また、機械メーカーでソフトの一部を作成する場合があります。このようにいろいろな方法で専用化する仕組みができてます。

- 1 FPGA Field Programmable Gate Array 内部のロジックを設計できるICです。内部のロジックは、専用のROMに記憶させておき、電源投入時にFPGAに書き込まれます。従って、ROMの内容を変更すればハードロジックの改造ができます。オープンMCでは、ハードロジックの大部分をFPGAで作成しているため、客先仕様に合わせて改造できます。
- 2 DLL Dynamic Link Library WINDOWSのソフトの形式で、サブルーチンの集合のようなものです。機械メーカーが自身で作成するPCアプリソフトとオープンMCを簡単に接続する仕組みです。PCとオープンモーションコントローラは、PCI、USB、RS232などで接続できます。

[TOP](#)

6 「売れるマシン」 独自生産技術」を創る

最後に「オープンモーションコントローラ」に共感いただいた機械メーカーの方々の代表的な意見をご紹介します。

- (1) 主役は、「機械メーカー」「設備メーカー」
独自生産技術やノウハウが大事です。オープンモーションコントローラなら緻密なモーション制御で簡単に自由に、そのノウハウやアイデアを表現できます。
- (2) 「オープン化」「NC技術の公開」で発想の転換
周辺機器との接続、各種ソフトとの接続や連係が自由・リアルタイムにできるので、自分自身でシステムの構築が可能です。仮に初回は、テクノに依頼したとしても、慣れれば自分たちで主体的に開発していけます。
- (3) 緻密なモーション制御」が付加価値をアップ
緻密なモーション制御だからこそ、他社と差別化できる特異な生産技術や高い生産性を実現できます。
- (4) 「ダウンサイジング」も可能
オープンモーションコントローラは小型 軽快です。ボードに集約した豊富なモーション機能は、コストメリットも発揮します。
- (5) オープンモーションコントローラは、モーション制御の「ミドルウェア」
モーション機能を完成形で、豊富に準備しているので、NC制御の専門知識がなくても安心して使えます。
- (6) PCやWindowsと連係
PCやWindowsの世界は、さらに進歩するのではないのでしょうか？
メカトロやモーション制御でもその連係は重要です。
オープンモーションコントローラなら、PCI・USB・RS232に対応したDLLでWindowsやLinuxと連係し、EXCELなどの汎用ソフトからも直接に使えます。
生産管理ソフトやCAMからダイレクトに運転できるので便利です。
- (7) PLCでモーション制御を使いこなす
PLC（シーケンサ）との融合も便利です。PLCとオープンモーションコントローラを通信やIDで接続したり、PLC専用のオープンモーションコントローラ（PLMC40）により、PLCの世界でNC制御やロボット制御を自由・手軽に使えます。
- (8) オープンモーション制御の組み込みも可能
専用のハードや特殊なサーボアンプなどへの組み込みも可能です。オープンモーションコントローラは、「豊富なモーション機能」のソフトウェア（機能）の集合体とも言えます。

テクノでは、機械メーカーや設備メーカーの方々と協力して、新しいメカトロやオープンモーションの世界を創って行きたいと考えています。これからもよろしくお願いいたします。

[TOP](#)^