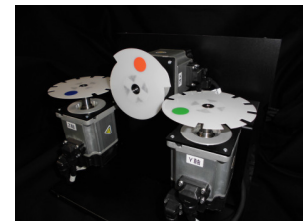


# テクノ ファインモーション事例 3連クロス/高速同期 高速圧入・組立マシン制御のデモンストレーション

3連クロスは主軸3000rpmの高速圧入（組立）と送り軸の同期性能を3つの円板でアピールします。主軸円板（赤）と送り軸円板（緑・2軸）が低速から3000rpmまで完全に同期しています。3000rpm（20msecタクト）は**業界最速**です。低速から高速まで主軸と送り軸を正確に同期させる高度なモーション制御です。同期がずれるとクロスした円板がぶつかってしまいます。主軸円板（赤）が送り軸円板（緑）の狭いスリットを通り抜けている点を注目ください。指令方法は、3軸の直線補間の連続です。微小な連続補間の正確な制御は、高精度な軌跡のみならず、このような応用にも適しています。

## 3連クロスのデモ機



## 1 マシンと動作のイメージ

ワーク（例：コネクタ）に連続/高速で部品（例：pin）を圧入します。マシンは、おもにヘッド上下（圧入）とワーク送りで構成されます。

### ◆主軸（ヘッド上下/圧入）

主軸回転をリンク機構で上下動作にし、部品をワークに圧入します。

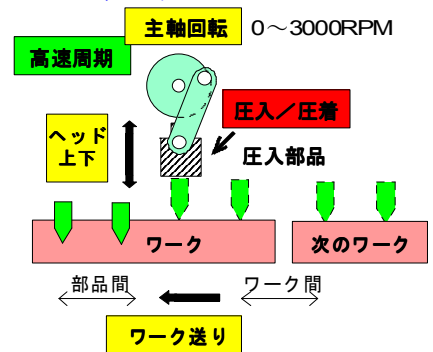
### ◆送り軸（ワーク送り）

- ①部品間送り：ワークを部品間の距離分送ります。
- ②ワーク間送り：ワーク毎の圧入が完了したら次のワークまで送ります。

### ◆動作のポイント

主軸回転を高速にして、生産性を高めたい。  
ヘッドが上がっている時間で、ワークを精度良く送る。

## 圧入と送りのイメージ



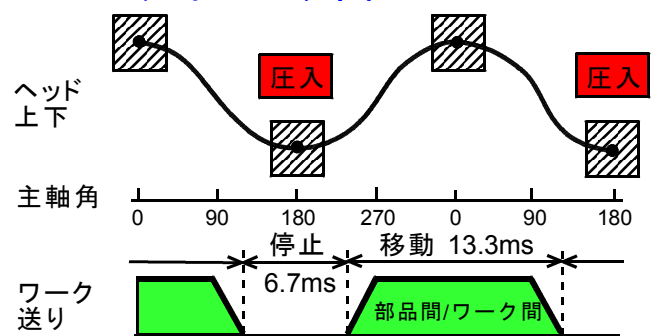
## 2 ヘッド上下とワーク送りのタイミング

ヘッドの上下とワーク送りの同期が重要です。主軸は、停止→加速→高速（定速）→減速と速度が変化します。どの速度でも送り軸を同期制御します。

ヘッド上昇中に、ワークを正確に送ります。

（図の緑の面積が移動量です）  
ヘッドが下がる時には、ワーク送りは位置決めを完了していなければなりません。

## タイミング図



## 3 円板デモンストレーション

主軸と送り軸の機構を円板に模擬して同期性のデモンストレーションをします。

### ■主軸（中央の軸 赤丸）

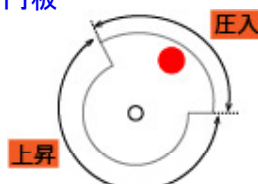
3連クロスの中央の軸（円板）が主軸です。停止→加速→高速（0rpm→3000rpm）に変化します。3000rpmで一定速度で回転し、その後減速して停止します。円板の120度の区間（赤丸部分）は、圧入区間でヘッドが下がっている時間帯を表現します。残りの240度の部分は、上昇中の意味で、この区間中にワークを送ります。

### ■送り軸（左及び右の軸 緑丸）

部品間とワーク間の送りを表現しています。部品間送りは、30度毎のスリットで表現します。このスリット位置で停止して、主軸円板を通過させます。（圧入を意味します。）ワーク間送りは、部品間送りより大きな移動量で、90度離れたスリットで表現します。主軸1回転の時間は、部品間/ワーク間でも同じなので、ワーク間の送りの同期が最も厳しい条件となります。30度と90度では、3倍の速度で送り軸を動かす必要があります。

### 主軸（ヘッド上下）模擬の円板

- 圧入区間 約120度  
ワークを停止
- 上昇区間 約240度  
ワークを移動



### ワーク送り軸模擬の円板

- 部品間送り 30度
- ワーク間送り 90度



### 3連クロスの補足情報（支える技術）

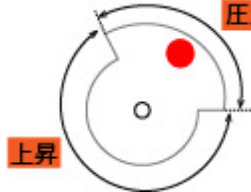
3連クロスは、高速組み立てマシンの実例から発生したデモ装置です。3000rpm（50cps/20msecタクト）は、他社コントローラの2倍の性能に相当します。テクノ Fine Motion のいくつかの機能がそれを支えています。

#### 4 実際の動作諸元

送り軸のボールネジを8mmピッチと仮定すると、円板のスリット間の角度30度/90度は、送り0.67mm/2mmに相当します。圧入の部品間は一般に0.5~2mm程度で、ワーク間は2~10mmですので一致します。

##### 主軸（ヘッド上下） 模擬の円板

- 圧入区間 約120度  
ワークを停止
- ヘッド上昇区間 約240度  
ワークを移動



##### ワーク送り軸 模擬の円板

- 部品間送りピッチ 30度  
8mmボールネジで  
0.67mm相当
- ワーク間送り 90度  
8mmボールネジで  
2mm相当



##### ■ タイミング図の補足

3000rpmでは1周期が20msecです。送り軸は、停止6.7msecと移動13.3msecとなります。主軸の速度が変われば、それに比例して送り軸の速度も変化させる必要があります。いずれの速度でも完全同期できることが重要です。ヘッド上下を主軸の回転角度（0~360度）で表現する事もあります。

#### 5 3連クロスのここがすごい 支える要素技術

#### 直線補間の連続で動作

##### ■ 実は微小な直線補間の連続

- | 命令                             | 主軸の指令  | 送り軸の指令 | 指令速度     |
|--------------------------------|--------|--------|----------|
| ①直線補間                          | 主軸240度 | 送り1ピッチ | 速度は2軸の合成 |
| ②直線補間                          | 主軸120度 |        | 速度は主軸速度  |
| ①②を繰り返す（①→②→①→②→...）で回り続けています。 |        |        |          |

##### ■ 正確な連続補間のポイント

- ◆ 補間の完全な連続性 指定の速度で正確につながる
- ◆ 主軸の加速/減速はオーバーライド制御 1%単位でなめらかに変化
- ◆ どの速度でも補間の正確な連続性を保つ



#### この要素技術が

高精度な電子カム動作・微細な輪郭制御・高速組立ての全ての基本です。緻密モーションの基本性能を表現しています。

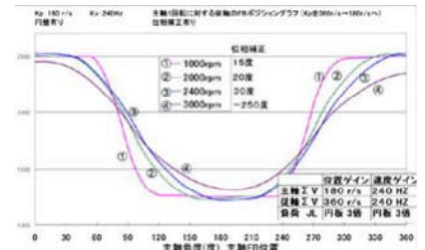
#### 6 位相制御

実機では機構の慣性や剛性の違いで、主軸とワーク送り軸でサーボ系の応答性が異なります。そのため正確な指令をするだけでは、実際の同期精度に誤差が生じます。そこで、「サーボ系の遅れ分を補正する位相制御」により応答性の違いを補償して、機構を同期させます。遅れの度合いは、送り速度でも変わります。低速~高速まで常に正確に同期できるように補償します。

#### 7 動的な同期精度の解析

#### ■ TPC解析による同期精度の確認

実機ではサーボアンプのゲイン調整とテクノのFine Motionのパラメータ調整を行います。真の同期精度は、高速度カメラを用いても正確には計測できません。そこで、主軸/送り軸のエンコーダ情報を制御周期毎にサンプリングして、制御周期毎の2軸の位置を比較して、真の同期精度を計測します。Fine Motionでは、この機能を内在しています。また、専用のEXCELソフトで精度解析が可能です。これらによって、動的な機構精度をμm単位で検証・調整できます。



#### 8 高速同期のその他のポイント

- 面倒な設定や調整は不要（サーボ系の最適調整のみ）
- 指令データは、簡単に表形式で定義することも可能
- ピッチ毎に送り量を微妙に修正可能
- PCソフトだけでも運転（ラダーの負担は最小） / PLCラダーから設定や変更も簡単