

鍛造プレスにおけるDSPを利用したサーボ制御システムの開発

Development of the Servocontrol System Using DSP for Forging Press

木下裕次*

Yuji Kinoshita

鍛造プレスの搬送装置として近年サーボを用いた制御システムが主流であるが、プレスの動きに追従して動作する搬送装置では、高速動作に対応した制御が必要で、オープンループ的なシステムになり、動作中に指令と動作に異常が発生しても解らない状態であった。

DSPの導入により高速の動作制御でもリアルタイムで動作を監視することが可能となり、動作中に指令と動作に異常がないかなど瞬時に監視し、表示できるサーボ制御システムを開発することができたので報告する。

Recently, the servocontrol system is mainly used for the transfer of forging press. The transfer following the movement of forging press requires high-speed control.

The mainstream of servocontrol is open loop system, so that it cannot monitor the motion error, that is the trouble in command and movement during operation, in real time. But the new servocontrol system using DSP of Digital Signal Processor becoming popular is able to monitor and display the motion error in real time for high-speed control.

As the new system using DSP was developed, this paper reports.

1. はじめに

DSPとは(Digital Signal Processorの略)、デジタル信号処理を行なうための演算処理装置を表しており、マイクロプロセッサの一種で、デジタル信号による処理で非常に多く用いられる積和演算が高速に処理できるように、ハードウェア乗算器、乗算と加算が同時に行なえるなど信号処理に特化した機能が実装されたCPUである。

身近なモノとしては携帯電話があり、ここ数年で携帯電話が小さくなったのもこれを利用しているからである。

DSPをサーボ制御に利用することによって、従来の技術では、不可能であった鍛造プレスのサーボ式搬送装置のサーボ制御とリアルタイムでの監視システムを開発することができた。

2. 機械

2.1 機械仕様

1) プレス仕様

型 式: C2F-1600GWL(16MN)

ストローク: 700mm

ストローク数: $20 \sim 30 \text{ min}^{-1}$ (微速 5 min^{-1})

2) 搬送装置仕様

型 式: TES-60-C

フィードストローク: 320mm

クランプストローク: 100mm

リフトストローク: 170mm

2.2 機械の説明

本機の搬送装置は、被加工物であるビレットを数工程を経て成形品に完成させるプレスの動作に追従して、被

加工物を各工程に3次元動作で搬送する装置である。すなわちプレスのクランク軸の回転位置で搬送装置の各軸(フィード、クランプ、リフトの3次元)の位置を制御し、動作させるのであるが図1に示すように、1台のフィード用サーボモータと2台のクランプ用サーボモータおよび2台のリフト用サーボモータの構成で動作させている。この各サーボモータには、カップリングを介してボールネジが連結されている。

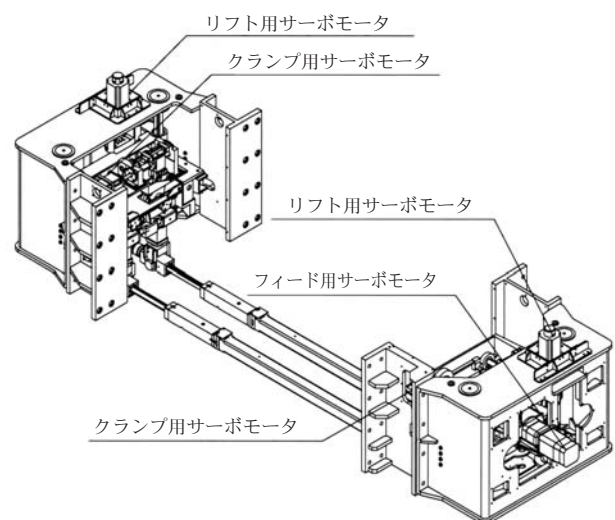


図1 搬送装置
Fig. 1 Transfer device

クランク軸の回転位置と搬送装置の動作関係は、図2に示すようにスライドの上下動を表すクランク角度(スライド曲線)に対応した各軸(フィード、クランプ、リフト)のストローク位置と、サーボモータに連結されたボールネジの回転位置を制御することによってなっている。

* 機械事業部 鍛圧機技術部

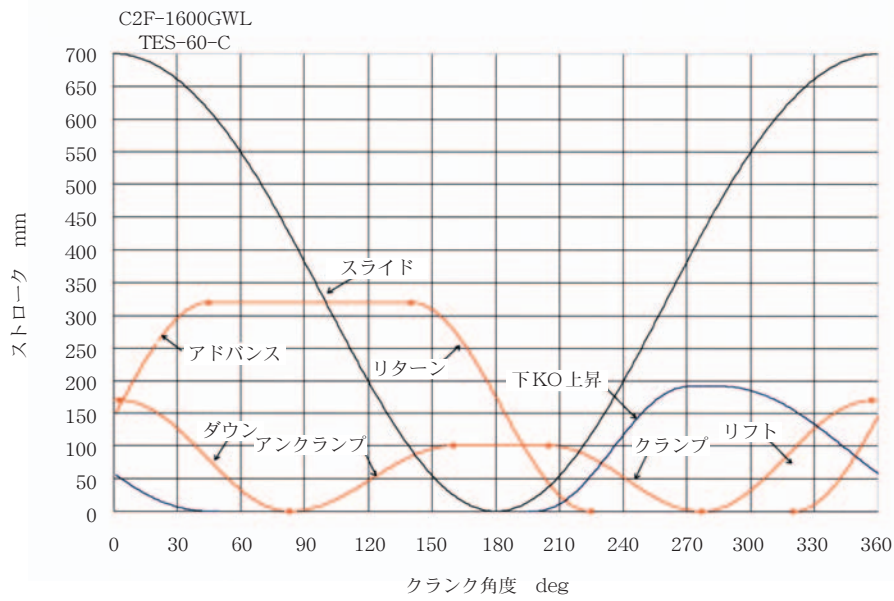


図2 角度-ストローク線図
Fig. 2 Deg-stroke Diagram

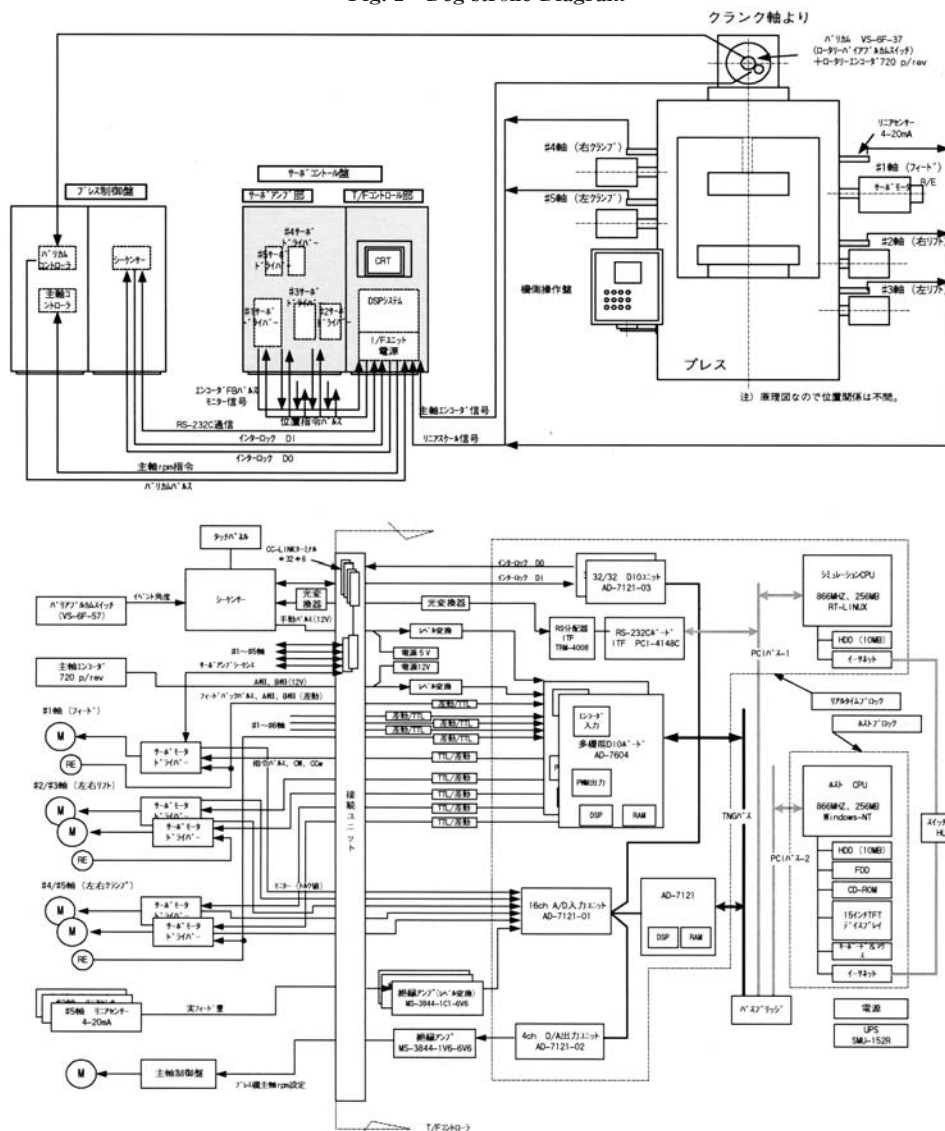


図3 システム図
Fig. 3 System Drawing

3. 制御システム

図3に示すようにプレスのクランク軸の回転を、クランク角度として読み取り、このエンコーダの信号にて搬送装置の各軸の動作位置を算出してサーボに必要なパルス数(指令信号)を送り搬送装置を3次元動作させる。

エンコーダから入力された信号は、A相、B相と2系統ありその信号の状態で正逆転の認識を行っている。

また、入力される信号の分解能を上げるためとノイズか入力信号かを区別するために4通倍し、指令信号は一定の周波数で出力されずに経過時間と変位量により指令パルスの周波数を決定している。

すなわち、時間あたりの変位量が多いところでは高い周波数で指令パルスを出し、少ないところでは低い周波数で指令パルスを出している。それにより、高回転から低回転まで安定した動作をさせている。

4. 監視システム

図3に示すようにサーボに送られた指令信号に対してサーボからのフィードバックパルス信号を比較することによって指令とモータ動作が正常かどうかの監視をしている。また、クランプ軸およびリフト軸は各2台のサーボモータの同期制御が必要なために、このフィードバックパルスを信号を利用して同期動作の監視を行なっている。

モータ動作だけでなく、各軸に取付けられたリニアセンサにより実際の機械動作信号も入力することで異常判断の監視を行っている。更には、監視するために他信号(たとえばサーボのトルク値の電圧信号など)を入力すればそれも同時に監視することができるシステムである。

従来技術であれば、クランク軸の回転速度が一定速度でないときは、時間と動作変位を測定する事は可能であったが、クランク軸の角度と動作変位を測定することは、不可能であった。DSPを利用することによりクランク角度と動作変位は簡単に測定することができ、またそのデータをCSV形式ファイルに保存することもできるようになった。それにより伝達関数の影響も確認が可能で、伝達関数を求めることも容易になった。

5. ソフト

システムを構成しているOSは、制御・監視関係はRT-LINUXでデータ表示・ファイル保存などのGUI部はWindows NTである。ハード的には、パソコンが2台ありイーサネットによりデータをやり取りしている。

本システムのプログラム作成にあたっては可視性の高いMATLABのSIMULINKによって作成した。

図4は、本システムの全体モデル図を示し、プログラムそのものであり、一つのブロックは、数階層から作成

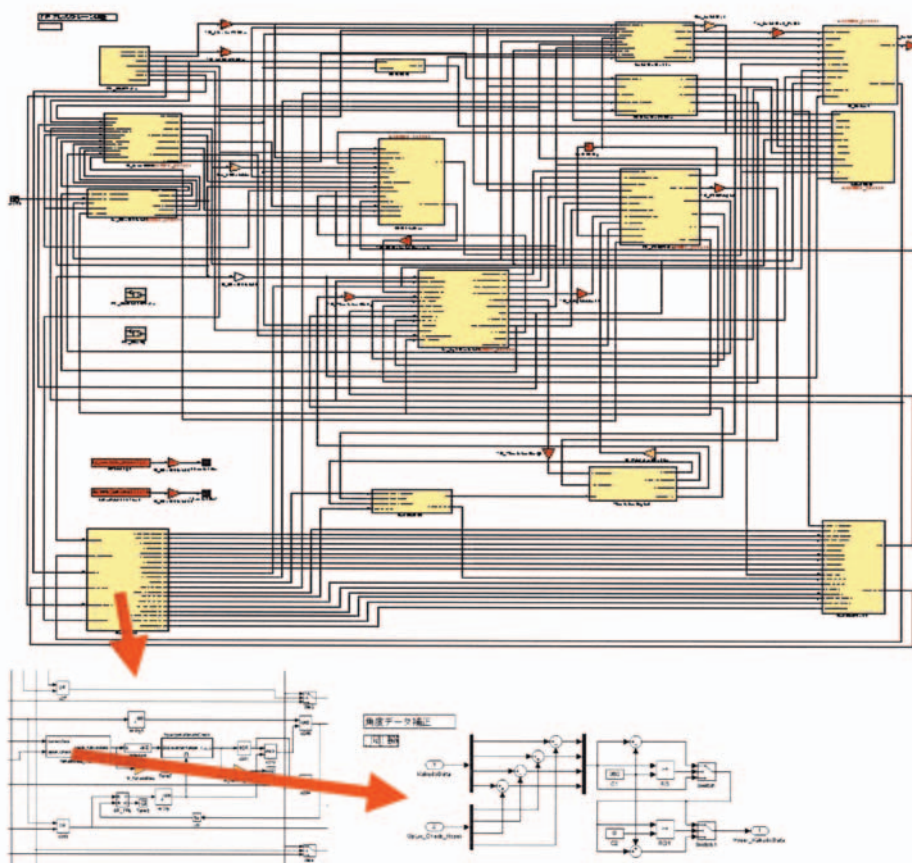


図4 全体システムモデル
Fig. 4 General System Model

されている。もし、このプログラムを従来の方式であるC言語を用いて作成した場合、膨大な時間とコストが発生することは当然予想された。

本システムのプログラムを作成するにあたり、SIMULINKを使用することで全体の骨格が完成すれば、後はブロック単位のプログラム作成となり、ブロック単位にてシミュレーション確認ができることによって開発するための大幅な時間削減と完成度を上げることができた。また、問題が発生してもそのブロックのみを取出し検証できるために問題解決が容易になった。

作成したモデルは、MATLAB上のコンパイル機能(RTW)でコンパイルを行うことによりCコードを作成し、ターゲットとなるDSPのマイクロコードに変換後、コントロールボード上のCPUにダウンロードして動作させる。また、作成したブロックのパラメータ設定の変更などを簡単に行うことができるようにWindows NT側でGUI部となるVIRTUAL CONSOLEを使用した。

これによりサイクル線図の動作モーションの変更、動作状態の表示やデータ収集ができるようになった。

MATLABのSIMULINKを使用することで、可視化により従来実機のみでしか開発できなかったものが、パーティチャルのみあるいは、一部実機とパーティチャルの組合せで確認できるために開発時間が大幅に縮小できた。

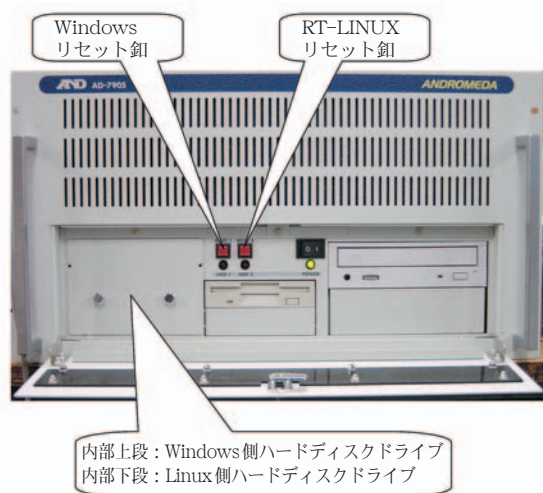


図5 DSPユニット
Fig. 5 DSP unit

6. 実機説明

図5で示すように工場環境で使用するために頑丈な筐体を使用した。内部は、WindowsとRT-LINUXのボードが装着されている。

図6は動作中のモニタ画面である。目標値のグラフと実ストロークグラフが表示されることにより動作がリアルタイムで可視化できる。

また、異常が発生したときは、その時の動作グラフを保存させておくことで異常解析に役立てることができ、目標値、クランク角度、実ストロークもCSV形式のファイルで保存することができる。また、従来は時間と

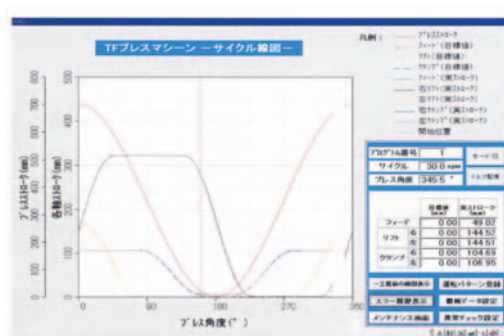


図6 モニタ画面
Fig. 6 Display

動作変位を測定して、そのアナロググラフから調整を行っていたが、本機のように動作モーションが表示されデジタルデータで管理することができ、専用の測定器を持ち込むこともなく調整できるので調整時間も大幅に短縮することができた。

7. おわりに

サーボ制御における高速時の伝達関数の影響をどのように抑えるか、すなわち低速時は指令値通りの動作になるが、高速時には伝達関数の影響で指令に対して始点終点で若干のズレが発生するため、目標値通りの動作をさせるためには伝達関数を考慮した最適指令値を求める必要があり、今後の課題である。また、DSPによりデータ保存が可能になり、Webから情報を収集することも可能で遠隔監視なども今後の課題である。そして、このようなデジタル技術の可能性は大きく、特に実装とパーティチャルのシステムを構成する方法は、今後あらゆる産業分野で利用されはじめるだろう。

本機開発には、英和(株)および(株)エーアンドデーの協力を頂き完成することができ感謝申し上げます。

備考

MATLAB: MATHWORKS社の商品ソフト

VIRTUAL CONSOLE: (株)エーアンドデーの商品ソフト

Windows NT: マイクロソフト社の商品ソフト

RT-LINUX: LINUXにリアルタイム能力を付加したリアルタイムOS

執筆者

木下裕次

Yuji Kinoshita

昭和60年入社

バルブ設計部を経て

鍛造プレス設計に従事

