

簡易積層造形システムの高速化に関する研究

萩原 茂・清水 誠司・阿部 正人・河野 裕

Development of High Speed Simple Laminating System

Shigeru HAGIHARA, Seiji SHIMIZU, Masahito ABE and Hiroshi KONO

要 約

簡易積層法は、粉末金属や強化繊維などを混入した熱溶解性材料を原料に造形すれば、樹脂やワックスでは不可能な義足などの機能的モデルを直接作り出すことができる。そこで、簡易積層装置において高粘性原料に対応するために定量吐出機構を設けるなど改良を施し、造形速度の高速化と造形精度の向上および造形物の大型化を目的に研究を行った。複雑な演算やタイミングパルスを高速に処理可能な制御用マイクロコンピュータを使用した結果、小型かつ低価格でありながら、吐出量と3軸ステージの高精度な制御が可能となった。

Abstract

It will be possible to make product models by a simple laminating method from the material containing fiber or metal powder. In this research, a squeezing mechanism and a control device were developed in order to use high viscosity material. We developed a periodicity interrupt mode and a timer interrupt mode. The high precise, small and low price system was completed by the micro computer.

1. 緒 言

当センターにて開発された簡易積層装置は、主にワックスを原料としており宝飾工芸品の造形を目的としていた。

しかしながら、簡易積層法は、粉末金属や強化繊維などを混入した熱溶解性材料を原料にして造形することによって、ワックス材料では得られない軽量で高強度なモデルを作ることができる。

義足は、軽量かつ高強度な素材による造形が適しており、高速かつ高精度な造形が可能になれば、直接に義足ソケットの製作に応用できると考えられる。

そこで、高粘性原料に対応するために定量吐出機構を設けるなどの改良を施し、造形速度の高速化と造形精度の向上および造形物の大型化を目的に研究を行った。

ディスペンサーの高速制御や最適吐出量の制御には、複雑な演算を高速処理し、正確なタイミングパルスを生じさせる必要がある。本研究は、ディスペンサーの高速移動制御アルゴリズムを開発し、吐出ポンプとの高精度な同期タイミング制御を行うために、多機能マイクロコンピュータ(日立製H8シリーズ)を使用したコントローラを作製した。

結果として、小型かつ低価格でありながら、吐出量と3軸ステージの高精度な制御が可能コントローラを開発した。

2. システム構成

2-1 ハードウェア

試作した装置の外観をFig.1に示す。積層造形物は、X-Yステージ上のテーブルに積層される。材料を吐出するディスペンサーは、Z軸を移動することによってテーブルとの相対的な三次元座標の位置が定められる構成である。ディスペンサには、定量吐出を行うためのポンプが設けられており、ステッピングモーターの回転に対応して材料が吐出される構成である。ディスペンサーは、材料を保温するタンクとポンプに別々のヒーターが巻き付けられており、独立した温度設定が可能である。

制御ハードウェアの構成をFig.2に示す。マイクロコンピュータは、日立製H8/3003を使用した。このマイクロコンピュータは、内部32ビット構成のCPUを核としてシステム構成に必要な周辺機能を集積した高性能シングルチップタイプである。周辺機能として、ROM, RAM, ITU, WDT, SCI, A/D, D/AおよびI/Oが準備されている。

システムの制御命令は、SCI(シリアル・コミュニケーション・インターフェイス)を介して、パソコンなどから送られてくる。マイクロコンピュータは、ディスペンサーの位置をX-Y-Z軸方向へ移動させるためにITU(インテグレイテッド・タイマー・ユニット)を使用して適切なパルス信号を発生させる。また、ディスペンサーポンプの

回転もITUによって生成する適切なパルス信号にしたがって制御される。

各軸の可動リミット信号やディスプレイ温度の監視、動作制御押しボタン信号などは、I/Oを介してCPUに取り込まれている。

コントローラの基板は、北斗電子製HSB8/3003-Aを使用した。その外観をFig.3に示す。図中左下にマイクロプロセッサが搭載されている。この基板には、ROM、RAM、RS232Cインタフェースが増設されている。

2-2 同期制御ソフトウェア

同期制御の方式として、以下の2つの方式を試みた。各軸のパルスカウンターのCPUへの割り込み信号によって同期をとるカウンター割り込み方式、および固定周期の割り込み信号により同期する固定周期割り込み方式である。

2-2-1 カウンター割り込み方式

カウンター割り込み方式の各軸のステッピングモータの回転やポンプの回転を制御するパルス信号の生成原理をFig.4に示す。CPUのクロック信号をITUによって分周し、モータの所定回転速度が得られるパルス周期を得る。図中のカウンターは、パルス数をカウントし、モータが所定の回転数となったときにパルス停止信号を発生する役割をしている。その際、各軸の回転方向は、モータを動作させる前にプログラムによって切り替えておく必要がある。また、カウンターは、CPUへの割り込み信号を発生させ、各軸の動作状態が瞬時に把握できる構成になっており、すべてのモータの動作終了を検出すると瞬時に次の動作の指令を行う構成である。

2-2-2 固定周期割り込み方式

固定周期割り込み方式の各軸のステッピングモータの回転やポンプの回転を制御するパルス信号の生成原理をFig.5に示す。CPUのクロック信号をITUによって分周し標準とする割り込み信号を発生させる。図中の分周カウンターによってモータの所定回転速度が得られるパルス周期を得る。図中のカウンターは、パルス数をカウントし、モータが所定の回転数となったときにパルス停止信号を発生する役割をしている。その際、各軸の回転方向は、モータを動作させる前にプログラムによって切り替えておく必要がある。プログラムによってCPUへの割り込みが発生するたびに各軸の動作状態を把握し、すべてのモータの動作終了を検出すると次の動作の指令を行う構成である。

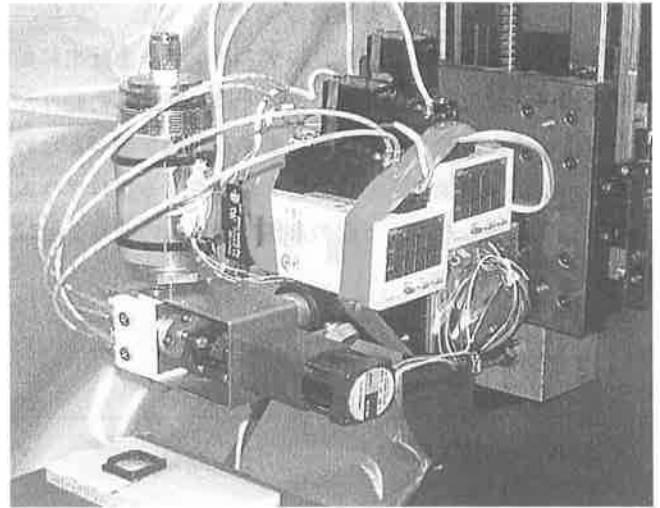


Fig. 1 Simple Laminating Machine

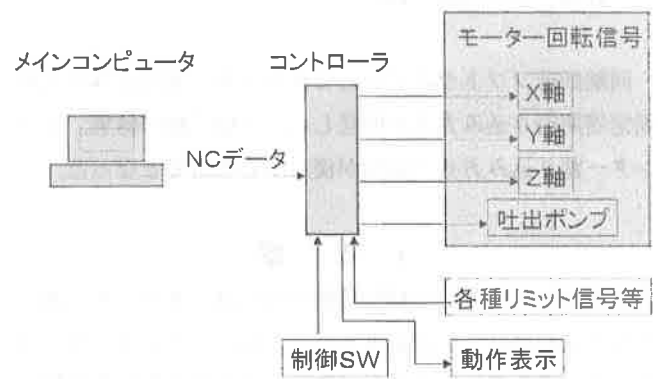


Fig. 2 Control System of Simple Laminating Machine

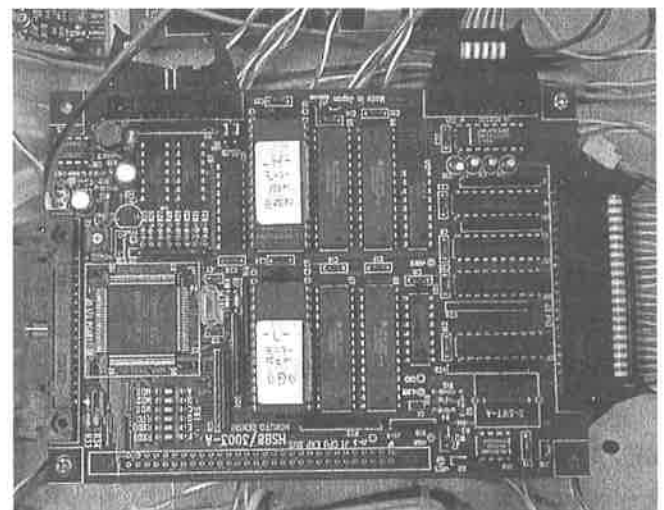


Fig. 3 Controller of Simple Laminating Machine

3. 実験及び結果

円, 各種多角形および螺旋状にデスペンサーを吐出移動させる動作試験の結果, 下記の条件では, 安定した動作が得られた. また, 割り込み処理に要する時間を調べるために割り込み処理前後に I/O 出力を変化させるプログラムを組み込み調査したが, 下記の条件では処理の滞りなどは見られなかった.

(1) カウンター割り込み方式

- ・最大パルス周波数 10 K H z
- ・各軸の移動精度が高い

(2) 固定周期割り込み方式

- ・最大パルス周波数 5 K H z
- ・通信データのスパール必要
- ・各軸の移動精度が低い

同期制御ソフトウェアとしてカウンター割り込み方式と固定周期割り込み方式を開発した. 評価実験の結果, カウンター割り込み方式の特性が優れている結果となった.

4. 考 察

最大パルス周波数や移動精度の点では, カウンター割り込み方式が優れている結果となったが, カウンター割り込み方式では, 各軸にマイクロチップ内蔵の I T U を使用するので, カウンターを増設しなければ 4 軸までの同期制御しかできない.

カウンター割り込み方式では, 規準クロックを高く設定することが可能であるため, 直進精度が高くなる.

固定周期割り込み方式では, プログラムによってカウンタを増設できるので, 特別なハードウェアの制限なく制御軸数を増やすことが可能であり, 特別な配線切り替えの必要もないので, 仕様変更が容易である.

カウンタ割り込み方式では, 4 軸同期の最大 10 K H z のパルス発信が可能であったが, 2 軸のみの同期制御に限定してマイクロチップ内の I T U をカウンターとしてフル活用すれば, 数 M H z のパルス発信が可能と考えられる.

通信の制御は, S C I による割り込み処理を必要とするが, 各軸の動作中の高速通信は, カウンターの設定処理にわずかながら時間を要することになり, 速度精度が低下する. したがって, 通信は, 各軸の動作が停止している間に行っておくか, S I C 通信専用の C P U を別に設け, 各軸の動作制御用 C P U との間を DMA 等を用いたデータ交換方式を用いるのが望ましい.

マイクロチップを利用することによってコントローラの

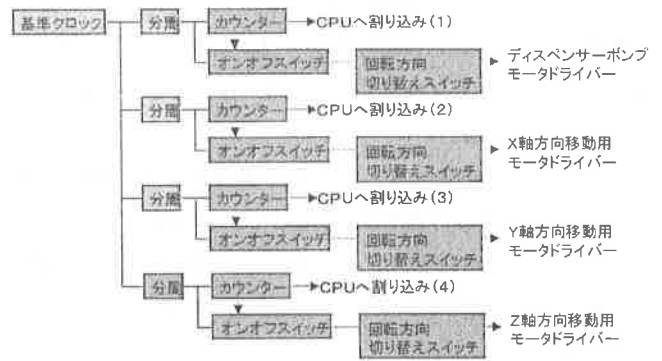


Fig. 4 Counter Interrupt Mode

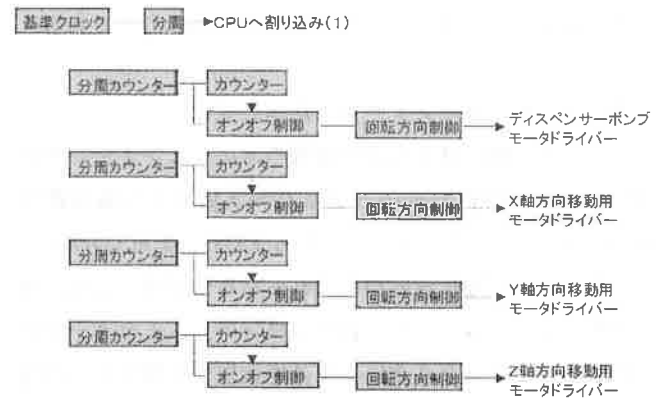


Fig. 5 Periodicity Interrupt Mode

小型化が可能であり, 汎用性が高く低コストでシステムを作ることができた.

5. 結 言

超小型マイクロチップを使用することによって, 同期した 4 軸の高精度コントローラを開発した. マイクロチップ内蔵の I T U を使用したカウンター割り込み方式によって最大 10 K H z のパルス発生が可能である. 固定周期割り込み方式は, 制御軸数の多い制御に適し, 仕様変更に対してソフトウェアにより容易に対応できる.

参考文献

- 1) 古川進, 古屋重彦他: 「熱溶解積層造形法によるダイレクト・プロダクション・システムの開発成果報告書」, NEDO, (1999)
- 2) 日立製作所: H 8 / 3048 シリーズハードウェアマニュアル, ADJ-602-093E (1999)
- 3) イエローソフト: YC シリーズ C コンパイラマニュアル (1999)