

要 旨

『モノづくり教育』にとって教育的効果が高いと考えている小型フライス盤本体の設計と製作, およびパーソナルコンピュータで制御可能な制御システムの構築を卒業研究の学生に行わせた. そして, 製作したフライス盤の動作を検証する切削加工実験を行い, その結果について報告する.

1. 緒論

工業教育におけるキーワードでもある『モノづくり教育』で使用されている CNC 工作機械の多くは大型かつ高価であることから複数台の導入は困難である. そのため, 実習や実験で使用する際には, 学生の代表が工作機械を操作し, 他の学生はその様子を観察するのみとなる場合がある. このことは, 本校におけるモノづくり教育活動においても同様な状況が見られる.

近年, パーソナルコンピュータの普及と共に小型の CNC フライス盤が販売されてきているが, 加工の対象としている被削材は, アクリルやモデリングワックスなどの比較的切削抵抗の小さいものが多く, アルミニウムまでを容易に切削できるような小型の CNC フライス盤は少ないようである.

そこで本研究では, 『モノづくり教育』の実践例の一つとして, 小型 CNC フライス盤の設計と製作, およびパーソナルコンピュータ (PC: Windows 環境) で制御可能な制御システムの構築を卒業研究の学生に行わせた. そして, 製作したフライス盤の動作を検証する切削加工実験を行い, その結果について述べる.

2. 小型 CNC フライス盤の仕様

表 1 は製作した小型 CNC フライス盤本体の基本仕様である. フライス盤本体のサイズは, 学生一人一人が『モノづくり教育』を体験できるように作業台に設置できる小型なものとした. また, 切削の対象となる被削材はアルミニウムまで可能とした.

表 2 は制御システムの基本仕様である. 制御可能な軸数は, 同時に制御可能な 3 軸 (X, Y, Z 軸) および主軸の合計 4 軸とした.

3. 卓上 CNC フライス盤本体の製作

3.1 本体の基本構成

製作する小型 CNC フライス盤の構造は, フライス盤の構造としては一般的な立型ベッドタイプとしたことから, 本体はベース, サドル, コラムおよび主軸頭の 4 種類の主要要素部品から構成される. 各軸の摺動部には高い運動精度を確保するために既製のリニアガイドを用い, 各軸の位置決めは AC サーボモータに直結したボールネジで高精度に行った. なお, 主軸およびテーブルは, 旭川高専実習工場で廃棄処分となったフライス盤の部品を再利用した.

3.2 木型と鋳物の製作

図 1 は本体の主要要素部品であるベース, サドル, コラムおよび主軸頭の鋳造を行うために旭川市内の企業に依頼して製作した木型を示している. また, この木型

表 1 小型 CNC フライス盤本体の基本仕様

項 目	仕 様
テーブル作業面積 (幅×奥行き)	300mm×200mm
テーブル左右移動距離 (X 軸)	270mm
テーブル前後移動距離 (Y 軸)	255mm
主軸頭上下移動距離 (Z 軸)	255mm
主軸穴テーパ	NT No.40
最大主軸回転速度	3000rpm
被削材最大寸法	150mm×150mm×150mm
切削対象被削材	モデリングワックス, ケミカルウッド, アルミニウム他

表 2 制御システムの基本仕様

項 目	仕 様
制御軸数	4 軸 (X 軸, Y 軸, Z 軸, 主軸)
同時制御軸数	3 軸 (X 軸, Y 軸, Z 軸)
原点復帰機能	2 軸 (X 軸, Y 軸)
ワーク座標入力機能	アブソリュート指令 インクリメンタル指令
MDI 機能	NC データ (G コード)

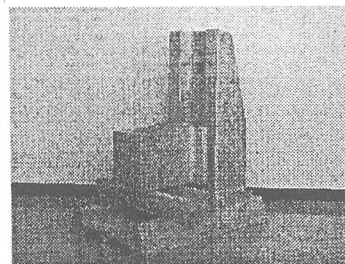


図 1 木型全景

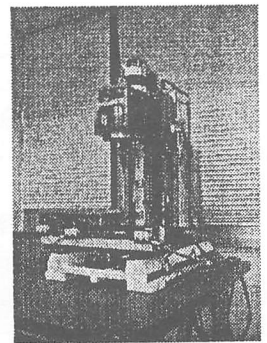


図 2 小型 CNC フライス盤全景

による鋳込み作業を行い, 主要要素部品の鋳物を製作した. 鋳物の材質は球状黒鉛鋳鉄 (FCD500) とした. これは, 一般の工作機械の主要要素部品にも使用されているものであり, 鋼よりも振動減衰性が高く, 切削加工が比較的容易に行える材質である.

3.3 主要要素部品の機械加工

主要要素部品の機械加工は, 本校の実習工場に現有する各種工作機械 (CNC フライス盤, 汎用フライス盤, 普通旋盤, 平面研削盤) を用いて行った. 図 2 は組み立てられた小型 CNC フライス盤の全景である. 本体の全

幅は 630mm, 全奥行 800mm, 全高 930mm, 総重量は約 300kgf となった。なお, 主軸頭の落下防止のため, 本体背部にカウンターウエイトを取り付けてある。

4. 制御システム

図 3 は製作した小型 CNC フライス盤の制御システムの構成である。図 4 は制御システムの全景である。各軸の制御をパーソナルコンピュータ (PC: Windows 環境) で行うため, 4 軸を同時に制御することが可能であるコスモテックス製 4 軸制御 PCI ボード (PCPG-46) を使用した¹⁾²⁾。X, Y, Z 軸の駆動モータにはオリエンタルモータ製 AC サーボモータ (FXEM2200, 100VAC/200W)³⁾, 主軸のモータにはオムロン製 AC サーボモータ (R88M-H75030, 100VAC/750W)⁴⁾を使用した。また, 制御システムの開発には, Microsoft 社製コンパイラ Visual C++6.0 を用いた。

図 5 は構築した制御システムウインドウである。本システムでは, (1)原点復帰機能, (2)ワーク座標入力機能, (3)MDI(Manual Data Input)機能を準備した。原点復帰機能では, リミットスイッチを利用して機械原点を決定できることから, 制御プログラム側でソフトリミットの設定やワーク座標の演算が可能である。ワーク座標入力機能では, 被削材の作業原点からの位置を常に絶対座標表示できることから, アブソリュート指令およびインクリメンタル指令が可能である。MDI 機能では, NC データのエディットボックスへの直接入力, または, 別途用意した NC データファイルの読み込み後, 実行が可能となる。

5. 加工検証実験結果と考察

製作した小型 CNC フライス盤および制御システムの操作性や動作確認のための加工検証実験を行った。

図 6 は加工検証実験で切削された被削材の一例である。図 6 (a)はモデリングワックスの場合である。加工条件は 2 枚刃エンドミル ($\phi 12\text{mm}$), 主軸回転数 300rpm, 送り速度 40mm/min, 各段幅は 5mm, 段差は 4mm とした。マイクロメータ (精度 0.01mm) を用いて寸法の測定を行ったところ, 誤差の平均は Y 軸が 0.01mm 以下と最も良く, Z 軸が 0.05mm, X 軸が 0.06mm であった。本体の理論上の最小位置決め精度は 0.001mm であるが, 検証実験の結果では 1 桁低い値となった。この原因としては, 被削材の高さが高かったことで切削力による被削材のたわみや位置決め情報がフィードバックされていないことと考えられる。一方, X 軸または Y 軸を固定した加工を行い, 加工後の被削材の直角度をスコヤを用いて目視で評価したところ誤差が見られなかったことから, 本体の X 軸と Y 軸の直交性が確認できた。また, X-Y 軸平面における任意の向きに直交加工を行い, スコヤによる目視の評価を行った。この場合においても誤差が見られなかったことから, 構築した制御システムにおける直線補間制御機能の有効性が確認できた。また, 全ての加工において, 加工面における加工のムラやうねり等は見られなかった。図 6 (b)は, アルミニウムの場合である。加工条件は 4 枚刃正面フライス ($\phi 60\text{mm}$), 主軸回転数 450rpm, 送り速度 30mm/min, 各段幅, 段差および寸法測定器はモデリングワックスの時と同じ

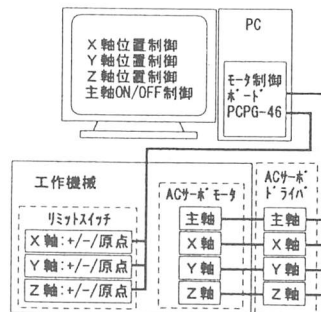


図 3 制御システム構成

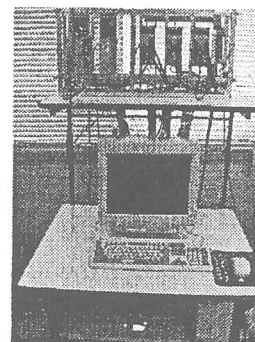


図 4 制御システム全景

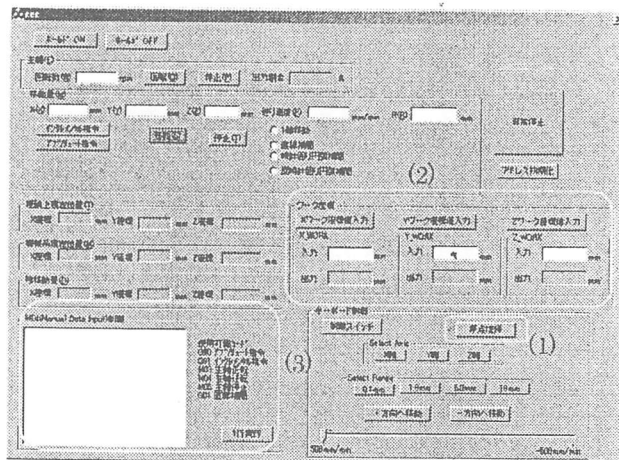
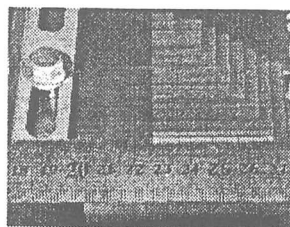
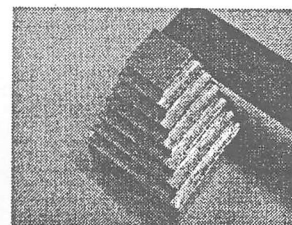


図 5 制御システムウインドウ



(a)モデリングワックス



(b)アルミニウム

図 6 加工検証実験で切削された被削材の一例

とした。寸法測定の結果, 誤差の平均は Y 軸が 0.01mm と最も良く, Z 軸が 0.03mm, X 軸が 0.05mm でありモデリングワックスの時と同じ傾向を示した。

6. 結論

小型 CNC フライス盤本体の製作および Windows 環境での制御システムの構築を行った。そして, 加工検証実験の結果, 各軸の動作確認ができた。また, アルミニウムの切削が可能なることも確認できた。

参考文献

- 1) (株)コスモテックス: PCPG-46 取扱説明書(2001)。
- 2) (株)コスモテックス: ソフトウェアマニュアル(2001)。
- 3) (株)オリエンタルモータ: AC サーボモータ取扱説明書(2000)。
- 4) (株)オムロン: AC サーボモータ取扱説明書(2001)。