

課題情報シート

課題名：	自動両面基板加工機の開発		
施設名：	北陸職業能力開発大学校		
課程名：	応用課程	訓練科名：	生産システム技術系
課題の区分：	開発課題	課題の形態：	設計製作

課題の制作・開発目的

(1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

機械：設計・製図、CAD/CAM/CAE、機械加工、測定、材料、力学、アクチュエータ、センサ

電子：電子回路設計製作、センサ応用、マイクロコンピュータ

情報：CAM、C言語プログラミング、H8®マイコン、SH-4®マイコン、組込みLinux®、gtk+

共通：安全衛生、生産管理、品質管理

(2) 課題に取り組む推奨段階

機械：機械設計製図及び精密機器製作課題実習・自動化機器製作課題実習終了後

電子：電子装置設計製作実習終了後

情報：インターフェイス設計製作実習・計測制御システム構築課題終了後

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

機械：主に企画・設計、CAD/CAM/CAE技術、機械加工、組立・調整・検査の応用実践力を身に付ける。

電子：マイクロコンピュータ応用技術、電子回路設計製作技術、センサ応用、制御盤加工技術

情報：課題を通して、主に組込みシステムの設計、実装、テスト、デバッグの応用実践力を身に付ける。

(4) 課題実習の時間と人数

人数：10名（生産機械システム技術科4名、生産電子システム技術科3名、生産情報システム技術科3名）

時間：972時間

基板加工機は、試作基板作成において広く利用されている加工機ですが、近年利用が多くなっている両面基板を加工するためには、必ず人の手による基板の反転、再取付け及び位置合わせが必要であることから、手間のかかる作業となっていました。

今回、この点に注目し、自動で両面基板の加工ができる基板加工機的设计・製作を通して製品企画から“ものづくり”の一連の流れを理解し、各自の専門技術の向上を図ることを目的として、自動両面基板加工機の製作に取り組みました。

課題の成果概要

今回設計・製作した自動両面基板加工機は、加工範囲 (X,Y,Z) 270×300×40mm、主軸回転数 5000～50000(rpm)、加工送り速度 50mm/min、分解能 0.001mm の基本性能と ATC 装置 (マガジン 7 本、主軸工具有無判定用センサ付)、基板の自動クランプ、昇降反転機能をそなえています。(図 1、2 参照) X,Y,Z 各軸の駆動には、ステッピングモータを使用しました。基板クランプ・昇降動作には、エアシリンダ、基板反転には、ロータリアクチュエータを採用しました。

本加工機のソフトウェア部では、SH-4®マイコン上の組み込み Linux®でシステムを構築し CAM 機能を内蔵させることで USB メモリに保存されたガーバーデータを読み込み、最適な NC ツールパスを生成します(図 3)。ファイル選択操作や加工条件の設定等はタッチパネルを用いた GUI により行うことができ、タッチパネルで操作しにくい部分については、スイッチやロータリエンコーダを利用して操作性の向上を図りました(図 4)。

制御回路とのインターフェイスには H8®マイコンを使い、G コードを解釈しながらコントロール IC へコマンド信号を与えます。

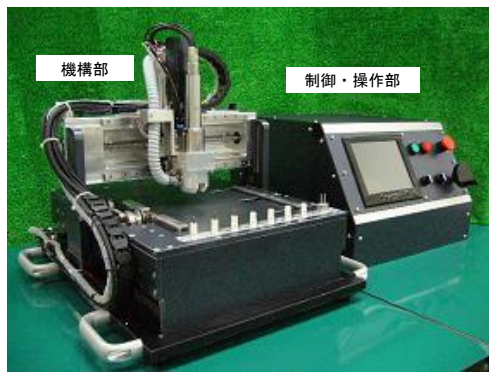


図 1 システム全体

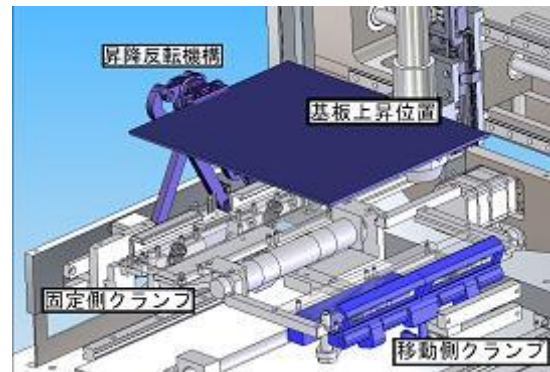


図 2 クランプ・昇降反転機構



図 3 USBメモリ挿入口



図 4 操作部

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

<加工機本体の設計・製作について>

本体は、X,Y,Zの3軸の基本動作を行う基本部と基板を載せるテーブル部の大きく2つの部分から構成されており、設計・製作・組立ての各段階において、それぞれが独立して扱えるようモジュール化を行うことにより、各担当者が独立して作業が行いやすい方法を取りました。そのため、担当部分だけの作業にならないよう全体を理解したうえで作業することが必要なことから、ミーティングを頻繁に行うこととしました。

3軸動作を行う基本部においては、卓上で使用することを前提としたことから軽量化が必要でしたが、同時に高精度な加工を行うために必要となる十分な剛性を確保する設計と高精度な加工技術が必要となります。そのため、設計においては軽量化と剛性の確保を両立するため、基本構造の検討とあわせCAEを利用して不要部分の肉抜きを積極的に行うことにより対応しました。また、加工においては肉抜き部分が多く存在することからひずみの発生が大きく出ることが想定されたため、ひずみに対する対応が重要でした。これは、完全にひずみを出し切ったあとに仕上げを行うことなどの対応により影響を最小限に抑えることができました。

テーブル部においては、限られたスペースの中でクランプ、昇降反転機構を実現することが必要であったことから、設計上では、機構の検討、具体化での問題点の確認、またクランプ力などの検討のための実験などを行いながら進めることにしました。さらに、狭い中で動作を実現するため、アクチュエータの選択が重要でした。昇降機構には、スコット・ラッセルの直線動作機構を応用することで対応しました。またクランプ機構はカムを利用してクランプ部の開閉を行う機構を採用しました。さらに、このカムの開閉と昇降動作は、1本のエアシリンダのストロークの前半、後半の動作をそれぞれ使用することにより、省スペース化と制御の簡略化を実現しました。

本課題における本体の設計・製作においては、特に設計段階での完成度を上げること、工程計画を作成する能力やメンバーの創意工夫、仕様を満たす高精度な加工を実現するための専門的スキル・技術の習得、あわせてコミュニケーション力や調整能力を養成することを目的としました。

これらの能力を養成するために、まず設計段階での完成度を上げることが重要であることをメンバー全員に理解させました。そのうえで、基本仕様をみたく機構の検討と具体的な設計を行いました。工程計画の決定は、メンバー全員で検討を行い、この工程計画に沿って進捗状況を見ながら、適宜計画の変更・対策検討を行いながら、それぞれの担当毎に進めました。

この課題の取り組みを通じて、学生がものをつくることについての楽しさと難しさを感じていることがうかがえました。また、その結果には、様々の工夫とスキル・技術上の裏づけが現れており、製作物からも専門的なスキル・技術の向上がうかがえました。

また、各人が率先して考え、作業、検証するだけでなく、お互いに意見交換し、協力して製作していく姿が見られました。これらを通して、技術の向上だけでなく、コミュニケ

ーション力や調整能力、リーダーシップ能力の向上につながったと考えます。

<制御部について>

X,Y,Z の三軸の制御は、ステッピングモータ・コントロール LSI を用いて行っています。この制御命令は生産情報が担当しており、これをホストコンピュータから RS232C を介してマイクロコンピュータに転送しています。マイコン内にてコントロール LSI の制御コマンドに変換し、その出力を各軸のステッピングモータ・ドライバに入力しています。また、オーバーランの防止、非常停止の機能を付加しています。さらに、アクチュエータのバルブ開閉の信号もマイコンにより生成しています。これらの複合的な動作を実現するため、三科での情報交換を頻繁に行いそれぞれの役割を明確にしておりました。これらのことを通し、電子回路やコンピュータの技術のみばかりでなく連携の重要性を知るに至ったものと考えられます。



図5 ステッピングモータ制御基板

<ソフトウェアについて>

担当を CAM ソフトウェアの開発、タッチパネルを用いたユーザインターフェイスの開発、NC コードからコントロール信号へ変換するマイコンシステムおよび操作部のスイッチ等の処理を行うマイコンシステムの開発に分けました。工程は各人に任せましたが、全体の進捗状況を見て作業の多い部分や遅れの出た部分は担当に拘らず協力し合いながら開発を行いました。

この課題の取り組みによって組み込みシステム開発の難しさを実感したようですが、実際に物が動き始めると、ものづくりの楽しさを実感できるようになったようです。

また、機械や電子との調整を通じて、コミュニケーション能力も向上したと思われます。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○ 新たな製品を企画するための手法が習得できます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・商品企画 ・スケジュール管理 ・KJ 法 	<p>◇ 調査・企画</p> <p>文献の調査、ホームページによる既存機器調査などを行い、独自性のある商品企画・基本仕様決定を行わせました。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 基本仕様の決定に当たり、競合機種の特徴を分析させることにより、開発する機器の独自性・特徴などのアピールポイントを整理させます。 ● 予算、期間、開発環境を考慮し、実現可能性を確認させます。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○ 設計に必要な構想設計、設計計算、詳細図作成等の手法が習得できます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 精密機器設計 ・ 三次元設計 ・ CAE による最適設計 	<p>◇ 構想設計・設計計算</p> <p>基本仕様を満足させることを前提に設計を進めます。そのために創意工夫が重要であることを指導しました。</p> <p>3次元CADによる3次元設計とCAEを活用した設計を行いました。</p> <p>設計基準を明確にした設計を進めました。</p> <p>また、各部分をモジュール化設計し、グループ作業がやりやすくしました。これは、製作、組立にも重要です。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 最初に構成ツリーを作成し、各部の関連を明確化したうえで、設計を進めさせます。 ● 重要部分の設計計算を確実に実行させます。また、必要に応じ、CAEを利用することにより、最適化設計の手法も身につけさせます。 ● 3次元モデリングではなく、3次元設計の基本を理解し、設計できるようにします。
<p>○ 各部品を製作するために必要な加工技術技能、検査方法等を習得します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ NC加工 ・ CAM技術 ・ 精密加工技術 ・ 精密測定 	<p>◇ 精度・効率を考えた加工</p> <p>特に高精度を要する部品が多く、歪の発生も大きいため、必要な精度を確保するための加工方法や高効率な作業について指導しました。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 各種工作機械を使用することから、それぞれの作業での安全作業を十分に理解させてから作業させます。 ● 工作機械・ジグ等の事前チェックを確実に実施させます。また、段取りの重要性を理解させます。 ● 加工歪を考慮した保持方法や工程を身につけさせます。 ● CAMによるデータ作成、高速加工を含む加工技術を使用できるようにさせます。 ● 高精度な加工方法、計測技術、知識を習得させます。
<p>○ 組立・調整に必要な知識・技能の習得ができます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 検査技法 	<p>◇ 組立</p> <p>組立手順や基準について指導しました。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 各部品の事前チェックを確実に実施させます。 ● モジュールごとの組立手

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<ul style="list-style-type: none"> ・ 保全技能 ○ Linux®環境における C 言語による高度なプログラミングができます。 <ul style="list-style-type: none"> ・ デバイスドライバ ・ GTK+ ・ シリアル通信 ・ スレッドプログラミング ○ H8®マイコン環境における C 言語による高度なプログラミングができます。 <ul style="list-style-type: none"> ・ シリアル通信 ・ I/O ポート制御 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 調整 <ul style="list-style-type: none"> 必要な精度、機能が発揮しているような調整方法・確認方法を指導しました。 ◇ Gerber データから NC コードへ変換するアルゴリズムを考案し C 言語でプログラムを作成しました。Linux®上で GUI を構築するためのフレームワークである GTK+を用いて加工機を操作するためのアプリケーションを開発しました。 <u>アプリケーションの入力デバイスとしてタッチパネルを使用するためタッチパネルのデバイスドライバを作成しました。</u> ◇ アプリケーションへの補助入力装置としてスイッチ類やロータリエンコーダなど物理デバイスが使えるようにしました。 	<p>順と検査方法を理解させ、仮組立を事前に行い、確実に確認させます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 全体組立の手順を検討させ、重要なポイントを理解させたうえで組立を実施させます。 ● 精度面からの重要点を理解させ、実際に実現できているかを確実に検査させます。 ● 本来の機能等が満足できていない場合、問題点の確認と対処方法について指導しました。 ● 予算等の都合により PC や高価なマイコンボードを購入することは困難なため民生機器を活用します。 ● Gerber データや NC コードの構造や意味を調査させ、コードの生成アルゴリズムを考案させました。 ● プラットフォームによるプログラミング方法の違いを理解させます。 ● 機械の動作を念頭に置いたプログラムの開発を理解させます。 ● スイッチ類やロータリエンコーダのマイコンへの取付けを自ら行わせることで、制御プログラムにたいするより深い理解と電

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<ul style="list-style-type: none"> ・ 割り込み ・ タイマー割り込み 	<p>◇ 加工機側のファームウェア</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ NC コードの解釈 ・ モーションコントロール LSI の制御 <p>シリアル通信で送られてきた NC コードを解析し、対応する軸等の制御をするために専用のモーションコントロール LSI に対しコマンドを実行させるプログラムを開発しました。</p>	<p>子科とのコミュニケーションをスムーズに行えるようにしました。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コマンドやパラメータの意味など専用 LSI の仕様をよく理解してプログラムを開発できるよう指導します。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 北陸職業能力開発大学校
住 所 : 〒937-0856
 富山県魚津市川縁 1289-1
電話番号 : 0765-24-5552（代表）
施設 Web アドレス : <http://www.ehdo.go.jp/toyama/college/>