

## 「ポケコン制御CNC旋盤」の製作

大分県立大分工業高等学校

機械科3年 佐藤祐太 首藤秀伯

浅野美樹

指導者 実習助手 後藤信行

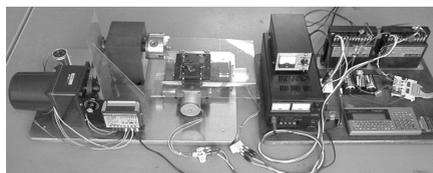
### 1. はじめに

大分工業高等学校は県都大分市にあり、機械科、電気科、電子科、建築科、土木科そして工業化学科を設置している県下屈指の工業高校である。昨年、創立100周年を迎え、「一器一芸」をモットーに、次の100年へ更なる飛躍を目指して、文武両道に力を入れている。

本校は昨年に続き、今年度も「地域に根ざした特色ある学校づくりを推進する」趣旨の県の助成事業「県立高校ビジョンサポート21」の指定を受けて、創意工夫を凝らした特色ある教育活動に取り組んでいる。また、「生徒及び職員による科学技術に関する研究・作品に関しての資金面の援助を目的とする」学校独自の「科学技術奨学会」制度もあり、生徒の研究に対し積極的に活動支援をしている。本研究は「課題研究」として行われてきたが、こうした助成制度のお陰で高額な部品も購入可能となり、スムーズに研究を進めることができた。

### 2. 研究の経緯

今日では、工作機械とコンピュータ制御は切り離せない。機械科にもマシニングセンタやCAD/CAM装置が導入されている。また、授業では、計算機としてポケットコンピュータを使用している。コンピュータ制御といえは、何か「大掛かりなもの」という印象があ



完成写真

るが、このポケコンで何か制御できないかと研究を進めてきた。

このポケコン制御の研究は、制御対象を変えながら、先輩たちから代々受け継がれてきた。最初はパルス出力を研究して、ポケコンミュージックに挑戦した。次は、2輪駆動の自走ロボットである。これは、予め走行通路を入力しておき、カーブしている通路などに沿って自走するものである。3年前から、旋盤を制御対象に選び、小型CNC旋盤の製作に取り組んできた。

### 3. 概要

旋盤の形式は心押台のない正面旋盤とし、実際に精度よく切削できる卓上小型旋盤とした。旋盤の加工能力は切込み0.2mm、送り0.15mm/revとした。刃物台を載せるX・Yテーブルの駆動軸には伝達効率の良いボールねじ、そして、摺動面には直動ガイドを使って極力摩擦抵抗を少なくした。また、駆動用モータには、オープンループ制御でも確実な制御がし易いステッピングモータを使用した。

制御部は、シンプルな形式である。入出力用インターフェースは、パラレルI/O 8255を使ったポケコン用キットで自作したが、モータドライバは、メーカー製を使うことにした。プログラムは自走ロボットの研究などで蓄積してきたものが使えるので、それを改良して、制御用プログラムとした。

#### 4. 研究内容

##### (1) CNC旋盤仕様

- ・寸法 700×400×200(mm)
- ・重量 50(kg)
- ・主軸回転数 0~280(rpm)
- ・X軸Z軸最大移動量 65(mm)
- ・最小制御単位 0.01(mm)

##### (2) 設計

小型とはいえ旋盤なので、剛性と精度に留意しながら設計を進めた。刃物台の載るX・Yテーブルは、剛性を高めるため、高さを低く抑えるとともに、テーブルの動きを円滑にするために、駆動力とガイド抵抗力の作用線のオフセット量を小さくした。また、主軸部は旋盤の命なので、主軸用ベアリングは、剛性と主軸やハウジングの加工のし易さを考えて大きなものを使うことにし、はめあいについては「電動機用軸受のはめあい」を参考にした。主軸用モータについては、切削材料を真鍮として切削動力を計算している。そして、部品の仕上げには、防錆と見映えの向上という点から常温黒染を施すことにした。次に設計過程について2,3説明する。

##### ①主軸用ベアリング

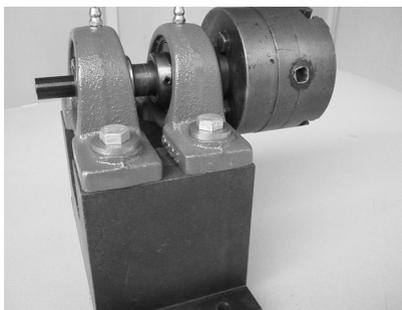
ベアリングの選定では、要求される軸受荷重、回転数、寿命時間を満足する基本動定格荷重を持つものを選んだが、速度限界についても検討する必要がある。私たちは条件を次のように決めた。

(選定条件)

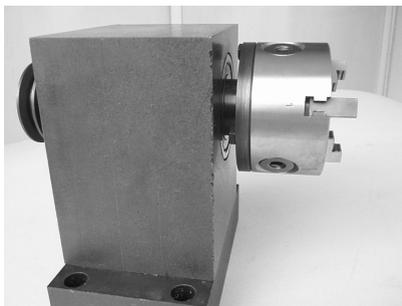
- 軸受荷重 200(N)
- 回転数 280(rpm)
- 寿命 20,000(時間)

条件から、最低必要な基本動定格荷重を求めると、 $C \approx 2$  (kN) となり、速度限界は  $d \cdot n = 8400$  となる。

1号機では、構造が簡単で主軸台への取り付けが容易なピロー形玉軸受を使用した。主軸の振れ精度が5/100mmと大きく、切削の結果も良くなかった。そこで、2号機では、剛性や精度の点で優れている深溝玉軸受を使うこととし、ハウジングの加工のし易さを考え6206とした。



ピロー形玉軸受



深溝玉軸受

##### ②主軸用モータ

主軸用モータは切削動力を計算することで選定する。

(選定条件)

切削材料 真鍮

最大径 60(mm)

最大切込み 0.2(mm)

送り 0.15(mm/rev)

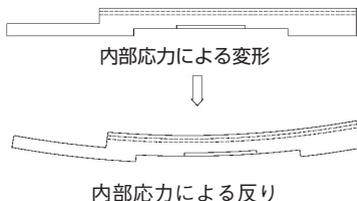
真鍮の比切削抵抗は110 (kgf/mm<sup>2</sup>) で、切削速度は50 (m/min) となるので、切削動力は27 (W) となる。1号機では、余裕を見て40 (W) のモータを選定したが、実際に切削してみると、隅など一気に切削抵抗が増えるところでは動力不足になることがわかった。そこで、2号機では、70 (W) のモータを使用することにした。

### (3) 製作

部品の製作では、加工精度が厳しい部分が多いので、細心の注意が要求された。旋盤作業では、加工途中にダイヤルゲージで振れを確認したり、フライス盤作業では、芯出しセンターで加工基準を正確に出したりした。

また、1/100mmのオーダーで加工精度を確保するため、マシニングセンタや研削盤を良く使った。

精度の良い部品を作るということは、いかに精度よく測定・検査をするかということである。これまで、あまり検査ということを考えてこなかったが、加工イコール検査である



ということが、精密な製品を作り上げたことでよくわかった。

上の図は中間テーブルである。加工直後は上図のように精度よくできていたが、2, 3日して再び精度検査をしたところ、下図のように反っていることがわかった。慎重に加工を進めても、複雑な形状の部品では普段あまり気にすることのない、切削による内部応力で思わぬ変形が生じることに驚いた。幸い、これは平面研削盤の再加工で修正できた。

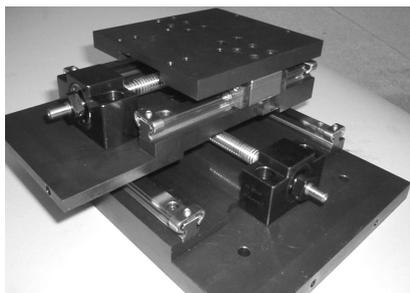
### (4) 組立て

X・Yテーブルの組立てでは、工夫した手回しハンドルでボールねじを回しながら、左右の直動ガイドとの平行を出していった。しかし、この作業のとき、ナットを端に移動しすぎて中のボールが外れて、ボールねじをダメにしてしまった。

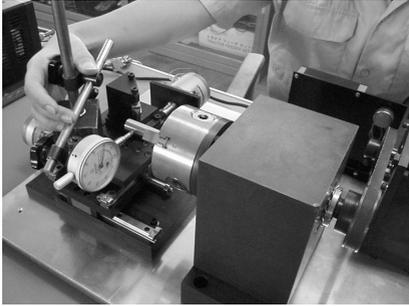
主軸の振れ精度は、旋盤にとって命ともいえるところである。実習で使っている旋盤の振れ精度の許容値は1/100mmである。私た



フライス盤での芯出し作業



X・Yテーブル



振れ検査

ちが作ったCNC旋盤の振れは5/1000mmだったので、皆、大感激であった。

#### (5) 制御プログラム

プログラムは、BASIC言語とアセンブリ言語で作っている。BASIC言語はNCデータの受け渡しをするメインプログラムに、アセンブリ言語はX軸・Z軸の送り制御プログラムに使用している。

メインプログラムは①NCプログラム入力、②ジョグ送り、③プログラム運転、④終了の四つのメニューで構成されている。

##### ① NCプログラム入力

NCプログラムは、DATA文としてメイン

プログラムの先頭に入力する。

##### ② ジョグ送り（手動）

数字キーを押すことで、そのキーに対応した方向に刃物台が動く。

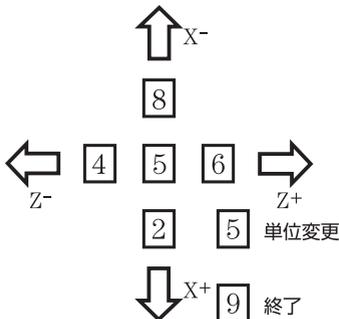
#### (6) NCプログラム

NCプログラムには、実際に使われているNC言語を使っている。しかし、簡素化するため、切削制御で最低必要なGコードのみとした。

Gコード	意味
G00	位置決め
G01	直線補間
G02	円弧補間 (CCW)
G03	円弧補間 (CW)

## 5. おわりに

初めは、本当に自分たちでCNC旋盤なんか作れるのだろうかと不安であった。途中、多くの失敗や変更があったが、無事に完成することができた。そして、この研究で“ものづくり”の難しさや楽しさを知ることができた。“ものづくり”とは、常に前向きに取り組むことだ。この気持ちを忘れずに、今後に生かしていきたいと思う。



切削見本 (左・トロフィー、右・金杯)

日本工業教育経営研究会・日本工業技術教育学会主催  
平成15年度第13回全国研究大会のご案内

期 日 平成15年7月12日(土)・13日(日)

場 所 拓殖大学文京キャンパス  
東京都文京区小日向3-4-14  
TEL 03(3947)2261(大代表)  
交通 地下鉄丸の内線茗荷谷駅下車徒歩3分

主 題 日本のゆるぎない基盤をきづく工業教育の推進

日 程 第1日 総会・講演・分科会・教育懇親会  
第2日 分科会・他

研究協議

内 容 第1分科会(学会論文) 第2分科会(学会論文)  
第3分科会(工業教育の活性化) 第4分科会(教育課程の改善)  
第5分科会(個性化・特色化教育)

先生方の研究発表をお待ちしています。  
詳細は03(3771)0598八木までお問い合わせください。

実教出版発行

実習書のご案内

新刊

新版情報技術基礎実習

実習用データCD付 1800円

電子機械実習 2200円



既刊

機械実習1~3(各1650円)

電気・電子実習1~3(各1650円)

建築実習1~2(各1650円)

土木実習1~2(各1650円)

工業化学実習1~2(各1650円)

表示定価はすべて5%税込みです

工業教育資料 通巻第287号

(1月号) 定価 210円(本体 200円)

2003年1月5日 印刷

2003年1月10日 発行

印刷所 株式会社伸樹社

© 実教出版株式会社

代表者 本郷 充

〒102 東京都千代田区五番町5番地

-8377

電話 03-3238-7777

<http://www.jikkyo.co.jp/>