

NC加工機による木製品生産技術の研究

— 竹展開装置の木型製作 —

木材工業部 上原守峰, 米藏 優

Study on Wooden Products Techniqe By NC Router

Morimine KANBARA and Masaru YONEKURA

NCルータの高度利用と自動プログラミング装置システムの有効性の確認を目的として木型の製作を行った。その内容は、3次元形状をもつ竹展開装置の木型を2mmピッチで荒切削後1mmピッチで仕上げ切削、及び木型を鉄製展開装置の本体に取り付けるための同時5軸制御機能を用いたプレイバックでの水平溝切削である。その結果、従来の木工機械では不可能な加工も5軸制御機能をもつNCルータで正確に行える。高機能をもつ自動プログラミング装置とソフトを使用すれば、複雑な形状をもつ3次元形状も工具干渉をおこさずに短時間でプログラムでき、工具軌跡をあらゆる角度から拡大してCRT上でプログラムのチェックができるなどのことを確認した。

1. はじめに

本県の木工業界におけるNCルータの稼動状況は、屋久杉業界2社、竹業界2社、仏壇業界1社、住宅関連業界1社である。1号機は昭和55年の導入であるが、最近になって急速に増え始め木工・建築業界の関心が高まっている。

導入企業を調査した結果、機械の型式は4軸タレット+鋸軸、3軸並列、4軸並列などで加工内容としては倣い加工を使用しての欄間、家具のほぞ穴、丸盆、角盆、丸茶托、丸菓子皿、変形皿、変形水盤、鏡板等で製品の形状や利用方法については多くの検討課題が残されているように思える。

最大の問題点は、自動プログラミング装置の不備で、図面から迅速・正確な円弧・直線データが取れないため、デザインや加工方法の検討に際して制約を受けていることである。

そこで当センターでの平成元年と2年のNCルータの機種選定においては、これら業界の現状を

ふまえて自動プログラミング装置と機械本体の機能の充実を図り、現在、機械使用や技術指導にその効力を発揮しているところである。

本年度は、導入したシステムについての有効性を探るために3次元形状の木型製作とプレイバック機能を用いた水平溝切削を行ったのでそのプロセスについて報告する。

2. 使用機械

2.1 自動プログラミング装置

今回使用した機種は以下の通りであるが、複雑な図形のデータ処理が可能な、デジタイザー(A0)、スキャナー(A3)とCAD画面上で作成された図形を確認できるXYプロッタ(A0)も既に導入し、幅広い業界ニーズに対応できるシステムの構成を図った。図1にその外観を示す。

・本体

システムP-G (ファナック)

PC-9801RX (NEC)

- ソフト
 - D I E - II (ファナック) Y 軸 2,500mm
 - 5 軸ソフト (菊川鉄工所) Z 軸 750mm
 - C A D (倉敷紡績)
- データ入出力装置
 - N C パンチャー (T B M)
 - I C メモリ, コアラボーイ (T B M)

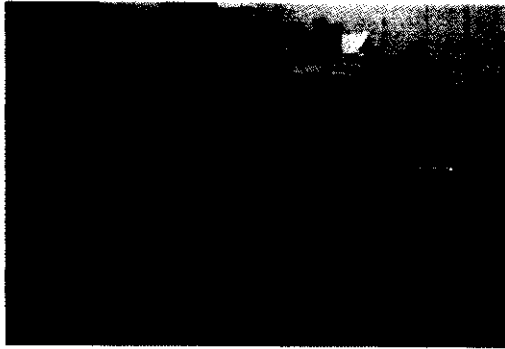


図 1 自動プログラミング装置

2.2 N C ルータ

本体は、4 軸タレットや 4 軸並列型の N C ルータより刃物を数多く使用できるマシニングセンタ方式にし、制御軸は X Y Z 3 軸に A B C 軸を付加し同時 6 軸制御にした。

これは、量産型を目的としたものより、デザインや加工方法のアイデアに対しての機械側の制約を受けにくいほうが N C ルータの加工に対する可能性が高いという理由による。

また、C N C 装置は高速・高精度・高能率加工可能な 32 ビット C N C シリーズ 15 で C R T は、見やすく操作しやすい 14 インチカラーにした。

本体及び C N C 装置の主要機能と特徴は以下の通りである。

- 本体
 - M C 37 - 1 型同時 6 軸制御式マシニングセンタ (菊川鉄工所)
 - 主要機能
 - (1) 各軸ストローク

X 軸 1,500mm

- (2) テーブルの大きさ 1,000×2,000mm
- (3) 切削速度
 - X Y 軸 max 15,000mm/min
 - Z 軸 max 8,000mm/min
- (4) A T C 工具収納本数 8 本
- (5) コレットチャックの大きさ max ϕ 20mm

特徴

- (1) 主軸電動機が細長式であり、深穴の切削が可能である。
- (2) 主軸 (A 軸) の傾斜角度は $\pm 100^\circ$ である。
- (3) 主軸 (B 軸) の旋回角度は $\pm 180^\circ$ である。
- (4) 主軸電動機は片持ち式のためコーナー部の切削に威力を発揮する。片持ちながら重切削仕様の設計である。
- (5) 主軸電動機及び傾斜軸制御用の配線は全て電動機側にないため材料との干渉がない。
- (6) A T C 用ツールマガジン割り出しはローラギアカム方式のため割り出し時間が短かつ正確である。
- (7) 工具ホルダは皿バネにてプルスタッドを引っ張る方式のため強力切削が可能である。
- (8) Z 軸ストロークが 750mm と長い。
- (9) 工具長自動測定装置付き。
- (10) ティーチング動作がジョイスティック操作で行える。

• C N C 装置

シリーズ 15 M A : マシニングセンタ, フライス盤用 C N C (ファナック)

特徴

- (1) 32 ビットマイクロプロセッサに加えて、32 ビット B U S 採用により、世界最高速の C N C 機能をもつ。

- (2) 機械加工のサイクルタイムを短縮するために、機械側の動作を指令するM, S, T, Bコードの受渡しが高速である。
- (3) ラダー言語の高速処理のために開発されたPMC専用プロセッサにより、PMC基本命令を $0.2\mu s$ /ステップという高速で実行できる。また、ラダー言語のほかに、PASCALによるプログラミングも可能である。
- (4) 航空機、自動車などの部品、金型といった複雑な形状をしたワークの高速・高精度加工において、優れたパフォーマンスを発揮する。

3. 木型製作方法

使用した機器及びソフトのデータ入出力に関する情報の流れ及び木型製作手順の概略を、図2・図3に示す。図2の5軸ソフト・CAD・SCANは20Mのハードディスク内に内蔵されているソフトで一方向のみのデータの入出力である。

以下、図2のプロセスに従って説明を加える。

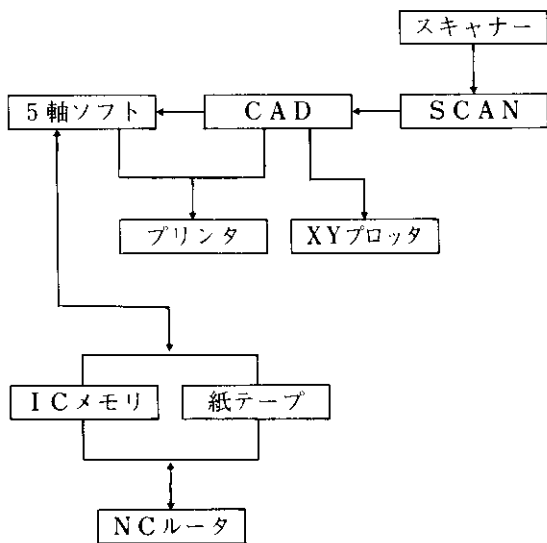


図2 データ入出力のフローチャート

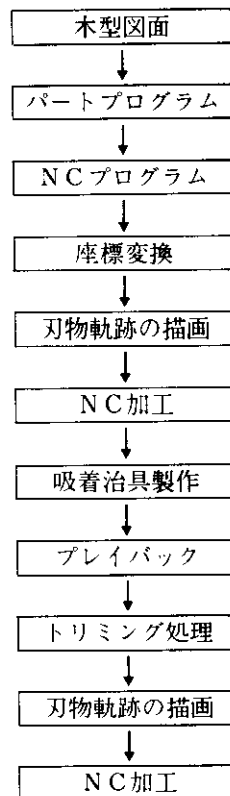


図3 木型製作手順

3.1 パートプログラム作成

図4に木型の図面、図5に断面図を示す。

図5のS1, C1, S2を結んだCV1という名の形状がS1, S2の直線長さ及びC1の円弧の長さを保ったまま徐々に開いて直線になっていく形状をもつためシステムP-GとFANUCの3次元加工用のソフト、DIE-IIを使用してパートプログラムを作成した。

断面E-EからA-Aまでの長さを8等分した8分の1の点をD-D, 8分の2の点をC-C, 8分の3の点をB-Bとした。

S1, S2は垂直線から水平線になっていくので、 90° を8等分しD-Dで 11.25° , C-Cで 22.5° , B-Bで 33.75° の角度にした。これは、分割した竹の木端を各断面で締め込んでいくためのポイントである。

断面D-D, C-C, B-BにおけるS1の直線部分の端点及び直線と円弧の交点の座標値は、CADで描画した図面で各ポイントをカーソルでヒットさせて求めた。

以下作成したプログラムを示すが、0209のSS1=205というのは、自由曲面の種類を3桁の数で表したもので第1桁目は基準曲線(BC; Basic Curve)の数、第2桁目は動作曲線(DC; Drive Curve)の数、第3桁目はDCがBCに沿って変化するときの状態(1;平行, 2;放射, 3;放線, 4;垂線, 5;結線)を示す数とを用いて、曲面の呼び名を定めたものである。

```

0010 RART, (@205
0020 MCHN, DIE, INCR
0030 S1=75.094H; S2=220.094H
0040 *
0050 CV1=*; P1[75.094, 0]; S1, P
      [75.094, 49.203]
0060      C1[147.594, 30, 75], CW,
      P2[220.094, 49.203]
0070      S2, P3[220.094, 0]
0080 CV2=CV1
0090 CV3=*; P[61.01, 5.02]; P[70.61,
      53.28]
0100      C[147.59, 21.85, 83.149],
      CW, P, [224.57, 53.28]
0110      P[224.57, 53.28]; P[234.18,
      5.02]
0120 CV4=*; P[46.9, 13.16]; P[65.73,
      58.62]
0130      C[147.59, 9.57, , 95.432],
      CW, P[229.45, 58.62]
0140      P[229.45, 58.62]; P[248.29,
      13.16]
0180 CV6=*; P4[0, 105]; P5[295.188,
      105]
    
```

```

. . . . .
省略
. . . . .
0190 CV7=CV6
0200 *
0210 BC1=CV1, YZ, 0
0220 BC2=CV2, YZ, 400
0230 BC3=CV3, YZ, 556.25
0240 BC4=CV4, YZ, 712.5
0250 BC5=CV5, YZ, 868.75
0260 BC6=CV6, YZ, 1650
0270 BC7=CV7, YZ, 1800
0280 *
0290 SS1=205, BC1, , BC7
0300 *
0310 FEED, 100; (@%
0320 CUTTER, 20
0330 CUTP, 1
0340 CUTF, 100, 100, 500
0350 TOL, 0.01
0360 *
0370 PATH, DC, Z, 1
0380 FROM, P100[0, 0], 155Z
0390 CUT, SS1; RPD, DLT, 30; RPD, P100,
      155Z
0400 FEED, 100; (@%
0410 FINI
9999 PEND
    
```

3.2 NCプログラム

ファクトで作成したパートプログラムからNCデータを出し、5軸ソフトに取り込みXをYにYをX-に座標変換した。変換は(1)XをA, (2)Y-をX, (3)YをX-, (4)AをYの順序で行った。(1)でXをそのままYに変換しないのは(2)と(3)の操作でYが消去されてしまうからである。XをAの代数に変換するのはNCデータに出現しない文字

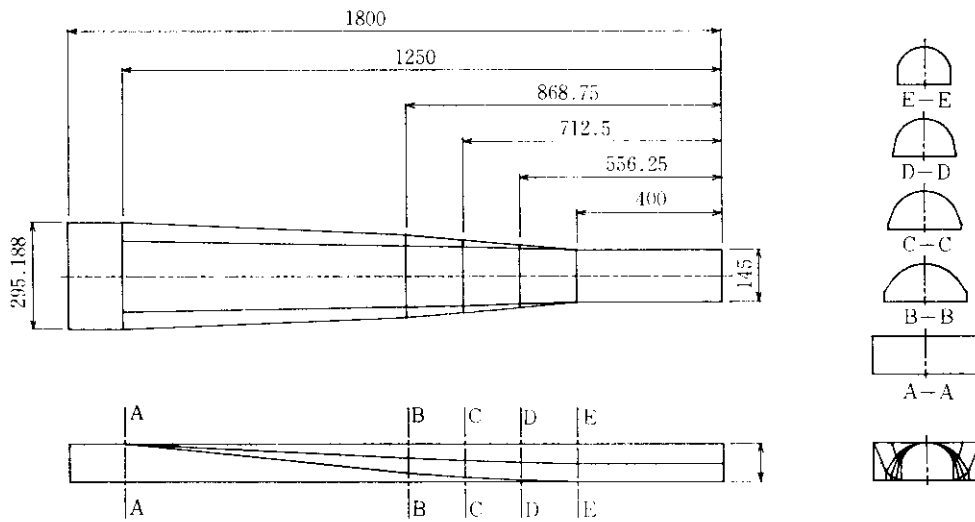


図4 木型図面

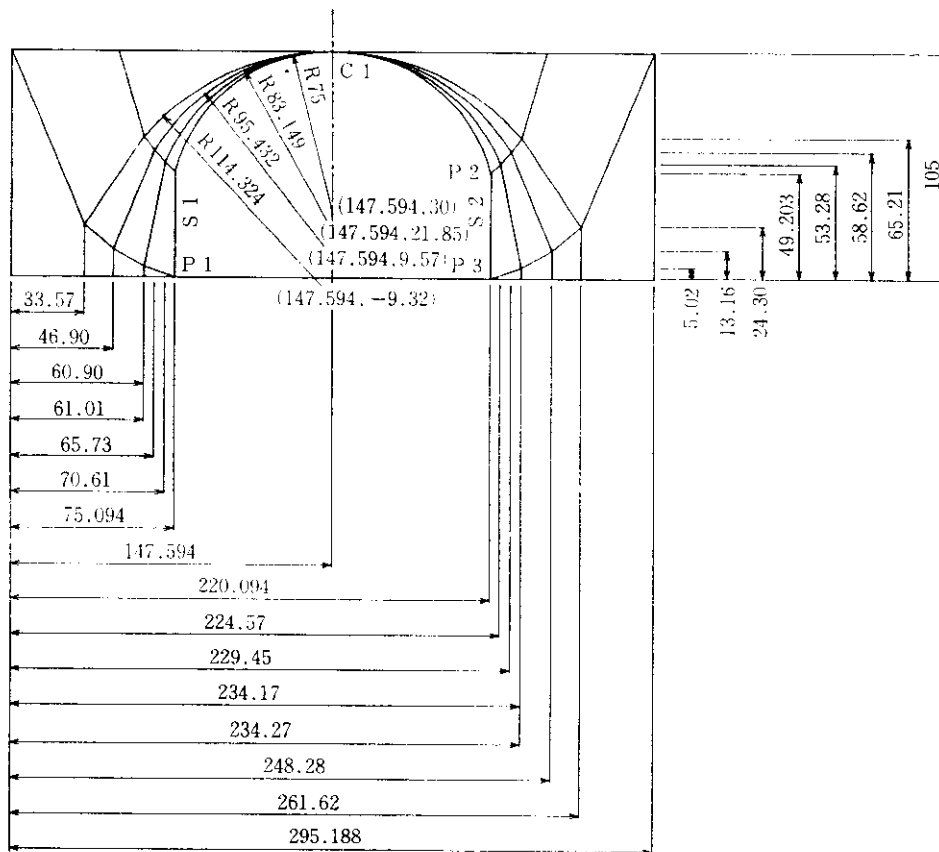


図5 ZX平面の断面図

であるためである。プログラムの前後に文を付け
加え以下のNCプログラムを作成した。

```

O1122
M6T3
G91G00X1238. Y-2230. M03S18000
G45Z0D03
G92Y0X0Z155000
G91G01X-65094Z-180. F6000
Y399551X-10
Y155737X13856Z6962
Y156171X13537Z10004
Y156278X12412Z12862
Y781749X25299Z85159
Y150115Z13
X-997
Y-150509Z-13
Y-781743X-24855Z-84329
Y-156278X-12240Z-12770
Y-156171X-13349Z-9948
Y-155743X-13663Z-6943
.....
省略
.....
Y-1800000X295188Z20000
G91G28Z0
G28X0Y0M05
M30
    
```

3.3 刃物軌跡の描画

5軸ソフトでCUTP1の場合のシミュレーションをして、プログラムの確認を行った。

描画倍率は、0.05, 0.2, 0.35, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4倍の11種類であるが、通常は0.05の倍率で描画しマウスカーソルで描画したい箇所の左上隅と右下隅をヒットし、このポイントを対角線とする枠で囲まれた部分を画面に拡大

する。
描画角度は、基本方向をXZ平面としZ軸とX軸を回転させることで見る方向が変えられる。なお、XY平面 (X=90°, Z=0°) 図6, XZ平面 (X=0°, Z=0°) 図7, YZ平面 (X=0°, Z=-90°) 図8の回転角度は予め設定してある。自由にX軸, Z軸まわりの角度を設定できるの

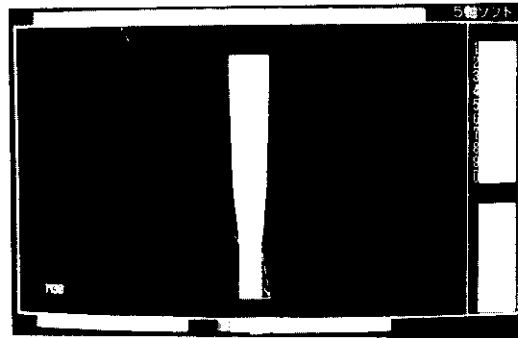


図6 XY平面

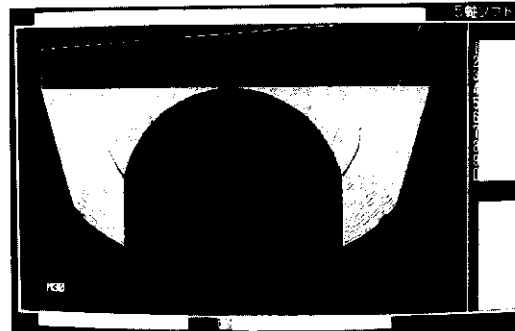


図7 XZ平面

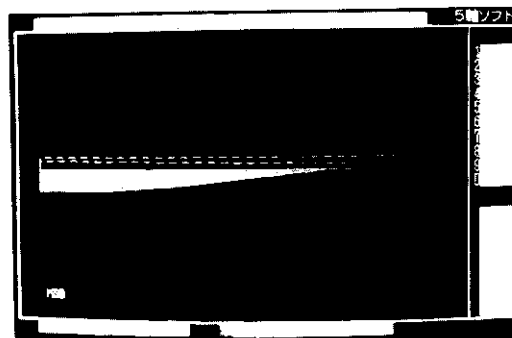


図8 YZ平面

は3D平面で図9はX軸まわりに30°、Z軸まわりは-30°回転さして描画したものである。

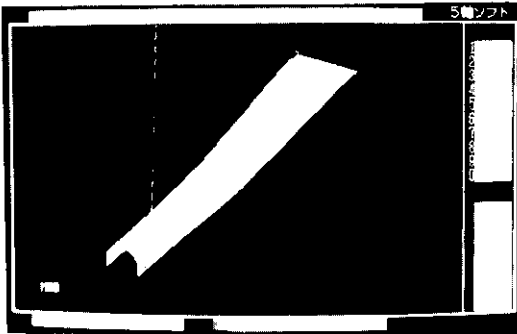


図9 3D平面

3.4 木型の切削

NCテープの長さはCUTP1で80.548m、CUTP2で40.878mになった。CUTP2で荒切削後、CUTP1で仕上げ切削を行った。

3次元形状加工における面粗さは型にするのに2mmピッチでは粗く、1mmピッチで十分であった。もっとスムーズな面を必要とすると、CNC装置の記憶容量が問題になってくる。

当センターのCNC装置の記憶容量は80mでも08000、09000番台には定点旋回等のオプションが96ページ分挿入されプロテクトがかけられている。そこで、1mmピッチのデータをテープ運転で加工した。図10、図11は異なった角度からの切削の様子である。

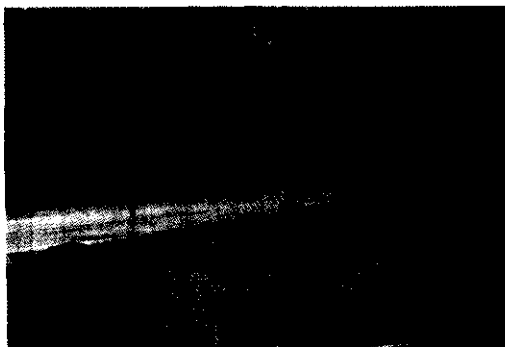


図10 機械正面から見た切削の様子



図11 機械左側から見た切削の様子

3.5 AB軸制御における加工

展開装置を鉄製のフレームに取り付けるために、木型治具の両端下側にコンパネの厚みで溝を彫る必要があったのでプレイバック1（デジタイジング機能：点と点を直線で結ぶ）とA軸B軸の機能を使用しポイントデータを拾った。加工する場合には切込み量の分だけ刃物をコレットチャックから出す。図12は鉄製フレームで操作手順とプログラムは以下の通りである。

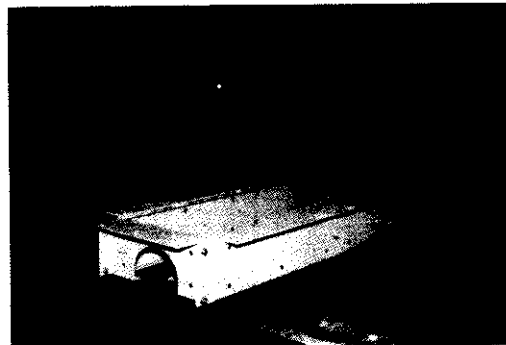


図12 鉄製フレーム

- (1) X・Y・Z・A・B軸を原点復帰させる。
- (2) ハンチャーを接続し電源をONにする。
(ICメモリのコアラボーイを使用：記憶容量60KB)
- (3) マニュアル・アプソリュートをONにする。
- (4) MDIでマクロ変数をセットする。
#500 — 0(座標設定のためのカウンター)
#501 — 0_____ (プログラム番号)

- | | | |
|------|-----------|-------------------------|
| #503 | — Xの座標設定値 | X-608.57Z280.07 |
| #504 | — Yの座標設定値 | Z-76.48 |
| #505 | — Zの座標設定値 | X-591.52Y2007.49Z-96.59 |
| #506 | — 旋回半径 | X-547.33Y750.86Z-208. |
- (5) 手動又は、MDIで座標原点とする位置へ各軸を移動してからプレイバックボタンを押す。
(座標原点のXYZはデータとして出力されない
ので記録しておき、X=D11, Y=D12, Z=D13へ
入力する。プレイバックのボタンは、モード選
択がハンドルモードのみ有効)
 - (6) 手動により目的の位置(プレイバックポ
イント)各軸を移動させる。
 - (7) ハンドルモードを確認後、プレイバックボ
タンを押す。この時にパンチャーにデータが出力
される。
 - (8) 次の目的位置(プレイバックポイント)へ各
軸を移動させる。以下(7)(8)を繰り返す。
 - (9) 全てのプレイバックポイントのデータを取り
終えたら、マニュアルアブソリュートをOFFに
する。
 - (10) プレイバックデータの編集をする。

```

O0003
G91G00G45X0D11
G00Y-2355.2
G45Z0D13
G90G92X0Y0Z368.85A0B0
G00X438.72Y0A90B90
Z371.25M03S18000
G01X388.72F5000
X343.98Y42.27Z-208.
X348.58Y525.48
X366.49Y748.86Z-202.57
X414.43Y2010.31Z-93.52
Y2090.34
Z279.07
Y2090.35Z278.38B-90
    
```

3.6 刃物軌跡の描画

5軸ソフトで木型の場合と同様に主軸の動きを
描画させて、プログラムを確かめた。この場合、
主軸の旋回半径354.6を入力すると工具刃先から
入力刃先の数値分だけ離れた箇所に旋回中心の軌

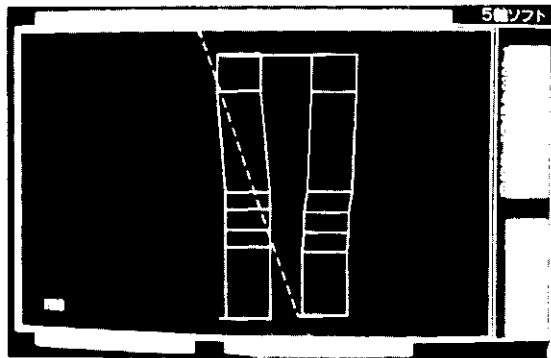


図13 XY平面

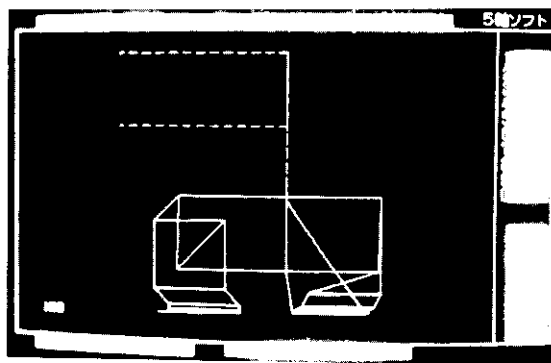


図14 XZ平面

跡が描画されるのでA B軸の動きも確認できる。

図13, 14, 15, 16はそれぞれXY, XZ, YZ, 3D平面における描画である。

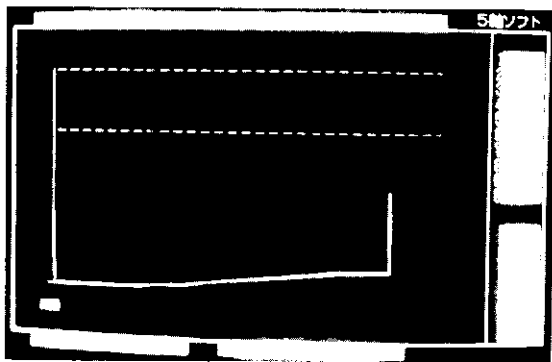


図15 YZ平面

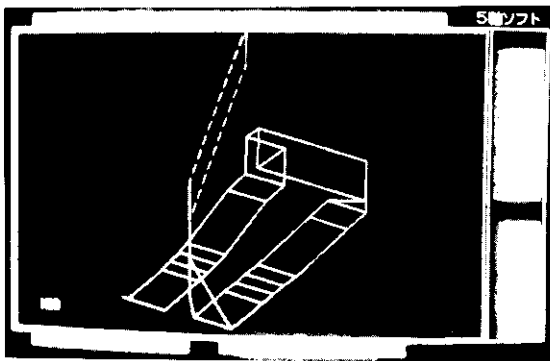


図16 3D平面

3.7 NC加工

A軸を90°傾斜させZ軸を下降すると最大ストロークをオーバーして、アラームとなる。そこで、この場合には定盤上に吸着治具が必要になる。治

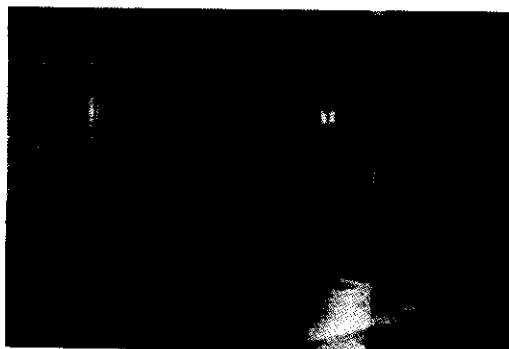


図17 プレイバック加工の全体

具には吹着穴を貫通させ、高さは傾斜した状態での刃物先端より高くなるようにする。

図17は、プレイバック加工の全体の様子で図18 A軸90° B軸90°, 図19はA軸90° B軸-90°で加工しているところを機械正面に向かって左側から見た加工の状態である。

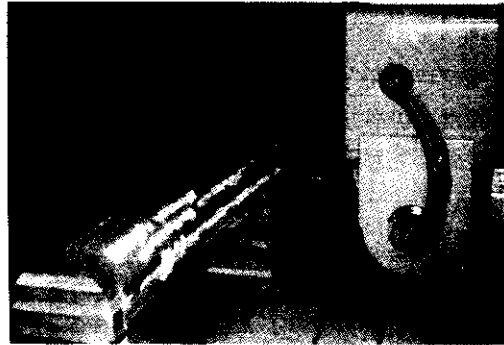


図18 A軸90° B軸90°



図19 A軸90° B軸-90°

4. おわりに

本年度の試作研究は、平成元年度技術開発研究費補助事業のテーマ（モウソウチクの展開による平板製造技術の開発）に基づいて実施したものであるが、3次元形状及びプレイバックによるトリミング処理溝切削を行い、目的の竹展開装置の木型製作を行うことができた。

試作を通してNCルータの高度利用と自動プログラミングシステムの有効性を探ったが、以下のことを確認した。

- (1) CNC装置15MAは、32ビットでCRTには14インチカラーを採用したため高速表示で見やすく操作性がよい。
- (2) プレイバック機能をもつNCルータでAB軸を制御すると、一般木工機械では不可能な切削が正確に行える。
- (3) FAPT言語の使用で3次元形状をもつ複雑な図形も、要所のポイントデータの入力だけでNCプログラムが作成できる。
また、切削方向や送りピッチも簡単に変更でき形状による加工方法を詳細に検討できる。
- (4) NCデータの編集機能や工具軌跡を拡大描画できるソフトを使用すると、機械加工する以前にプログラムのチェックができ信頼性の高いものが作成できる。
- (5) 計算不可能な直線・円弧データをマニュアルプログラムする場合、CADで作図した後、マウスのカーソルを交点でヒットすると座標値の値のソフトを使用すれば迅速・正確に行える。
当センターでは、平成元年3月に同時5軸(X・Y・Z・A・B)制御のマシニングセンタを導入し平成2年1月に6軸目のC軸を追加し

ている。同時に6軸を使用する加工の機会が少ないと思われるが、C軸は縦・横方向設置可能でこれを利用すればZX・YZ平面以外の平面にも旋回させることで円弧補間が可能である。

今後さらにこの機械のもつ特徴を生かし、ABC軸を使用した加工法の研究を追求していきたい。

なお、本研究を進めるにあたり、FARTのプログラム作成に関して御指導、御協力をいただきました当センター機械金属部の前野一郎氏に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 菊川鉄工所編, 5軸ソフトテキスト, 33~39 (1990)
- 2) 菊川鉄工所編, NC取扱説明書
- 3) 菊川鉄工所編, テーブル移動型NCルータ仕様書
- 4) FANUC編, FANUC Series 15—MA取扱説明書, 23~25(1988)
- 5) 野沢量一郎, 岸 甫: NCプログラミング入門, 日刊工業新聞社(1987) p.156~168