

CNC木工旋盤による非円形複数ポケットの自動加工技術の紹介

技術部 製品開発グループ 橋本 裕之

1. はじめに

林産試験場では、チップソーによって三次元形状を削り出したり¹⁾、ビットによって非円形の食器を削り出す²⁾CNC*木工旋盤を開発してきました。

その後、ユーザーからの要望により幕の内弁当の箱やランチプレートにあるような複数の非円形のポケットを、自動で加工するための技術を開発したので紹介します。

* CNC: Computer Numerical Controlの略でコンピュータによる数値制御の意味です。

2. ポケット形状

図1に3つのポケットを有するブロックの3Dモデルを示します。ポケットはいずれも輪郭が非円形です。ポケット1は側面が傾斜しており底面が平面です。ポケット2は、側面が垂直で底面が平面です。ポケット3は側面が無く球面の凹面としました。これらは実際のランチプレート等の容器を想定した形状です。

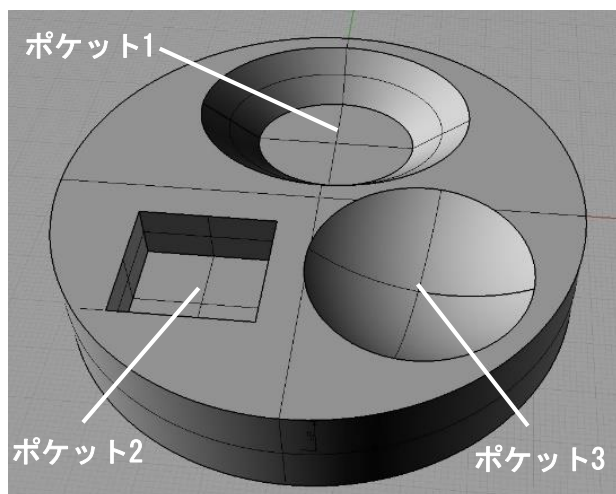


図1 複数ポケットの3Dモデル

3. 加工時の運動

図2にCNC木工旋盤によるポケットの加工の概念図を示します。木の板を回転面に固定し、そこへビットが接触し切削加工が行われます。ここで用いるビットとは、写真1に示すように、回転すると先端が球面の輪郭になるU溝加工に用いられるペンシル型の切削工具を指し、直径Dと刃長Lでサイズを表します。

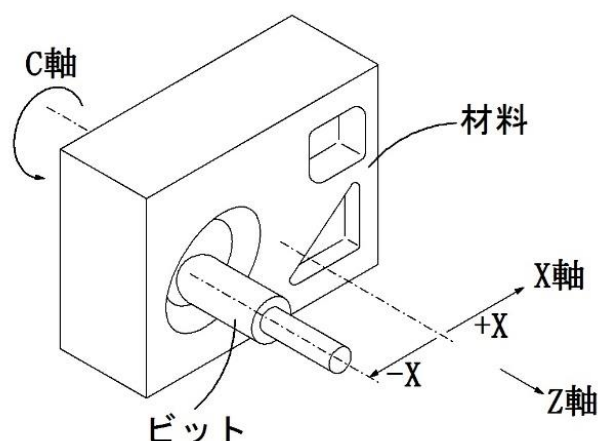


図2 CNC木工旋盤の運動の概念図 (C-X-Z座標系)

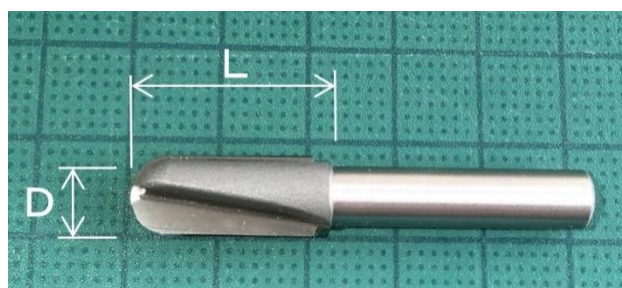


写真1 ビット

材料はC軸周りに回転し、ビットはX軸方向（回転中心からの水平距離）とZ軸方向（材料の厚み方向）に移動します。CNC木工旋盤は回転運動を含むC-X-Zで現される円筒座標系で構成されており、それら3つの運動の合成で加工が行われます。特に、X方向に関して回転中心を境にプラス方向とマイナス方向に運動出来ますが、材料はC軸回りに回転できるためマイナス方向のみの運動に制約したとしても加工は可能であることからプラス方向の移動が不要になります。このことは装置の奥行きを薄くし、小型化が可能となるため、ビットのX方向の運動はマイナス方向のみとしました。

4. 専用CAMソフトの開発における工具経路とは

CAMとはComputer Aided Manufacturingの略で、コンピューターの助けを借りて製造するという意味です。ここでは、CNC木工旋盤が複数ポケットを自動加工するために予め工具経路（加工工具の動き）を計算するソフトウェアのことを指し、専用CAMソフトと呼ぶことにします。図3にポケットの加工における工具経路のイメージを示します。工具経路は、工具先端の球がポケットの表面を接触しながらせん状に移動するときの位置として一定間隔の点で表され、加工時にはこれらの点間を切削しながら連続的に移動します。

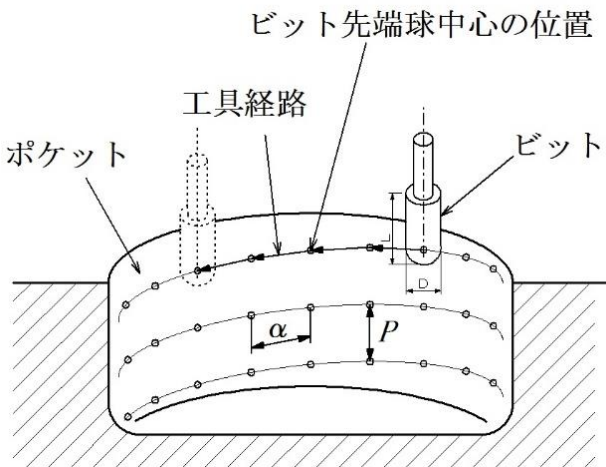


図3 工具経路のイメージ

5. 問題とその解決策

複数ポケットの専用CAMソフトの開発にあたり二つの問題がありました。一つは、座標系の問題です。CAMソフトは通常、直交座標系X-Y-Z上で工具経路を求める数式を導きますが、CNC木工旋盤では回転運動を伴うC-X-Z座標系なので直交座標系の数式が適用できないという問題です。もう一つは、ポケットの中心とCNC木工旋盤の回転中心との不一致（偏心）により工具経路を求める数式が複雑になるという問題です。

図4に解決策を例示します。それぞれのポケットについて、形状の中心が回転中心にあるものと仮定した場合の工具経路を直交座標系で求めておきます（図4のA点）。それを基に実際の中心位置での工具経路を平行移動（図4のB点）させる座標変換によって求め、円筒座標系へ座標変換（図4、Z軸からの距

離R、-X軸とのなす角度C）しました。

以上の計算式をプログラミング言語Visual Basic 2008³⁾を用いて開発しました。

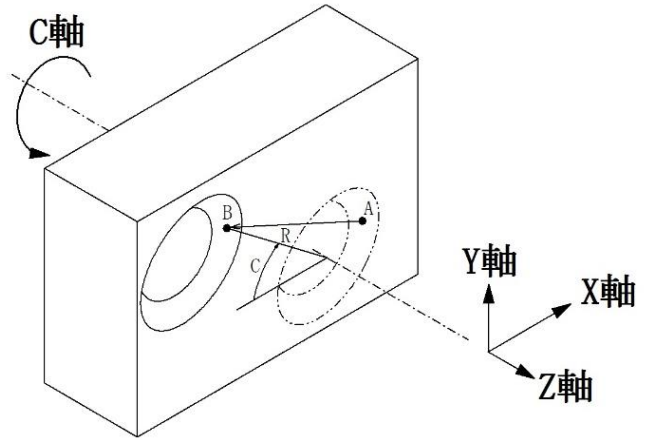


図4 解決策のイメージ

6. 専用CAMソフトの計算内容

図5は図1の3Dモデルに対し専用CAMソフトによる工具経路を三次元空間上に青のラインで描いて可視化し、斜め上から見た図です。各ポケットの内部に見える多重の円筒状の工具経路は荒加工の部分です。

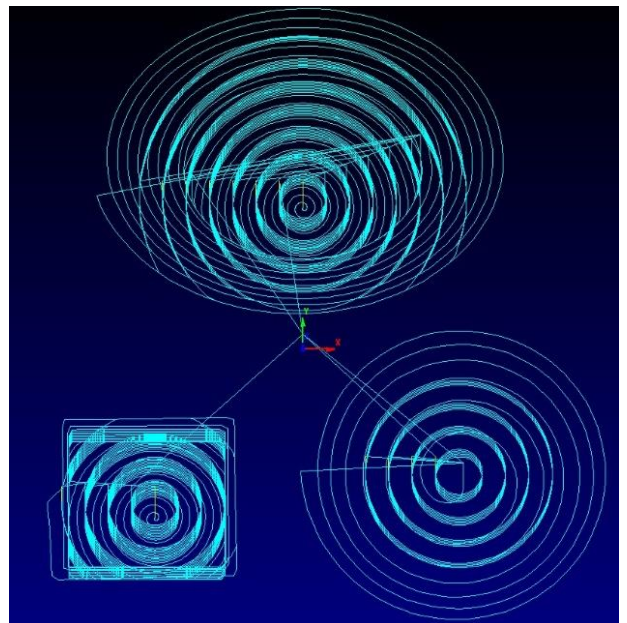


図5 工具経路の可視化

図6にポケット1のみの工具経路を拡大して示します。加工が開始されると、まずポケットの内部を削り取るためにポケット中心を加工の中心として同心円状に穴を掘ります(図6のA)。その際、ビットの半径ずつ穴径を大きくしていきます。円筒状の工具経路とポケットの輪郭が干渉(図6のB)するときは輪郭上を移動するように判断させます。荒加工の後、輪郭の仕上げ加工のため側面を細かいピッチで移動します(図6のC)。最後に底面が平面の場合、底面内の領域全体をらせん状に移動(図6のD)して終了です。この工具経路の計算を各ポケット毎に行います。計算時間は図3において、らせん回転1回転当たりの送りピッチ $P=1\text{mm}$ 、点間距離 $\alpha=1\text{mm}$ のとき25秒でした。

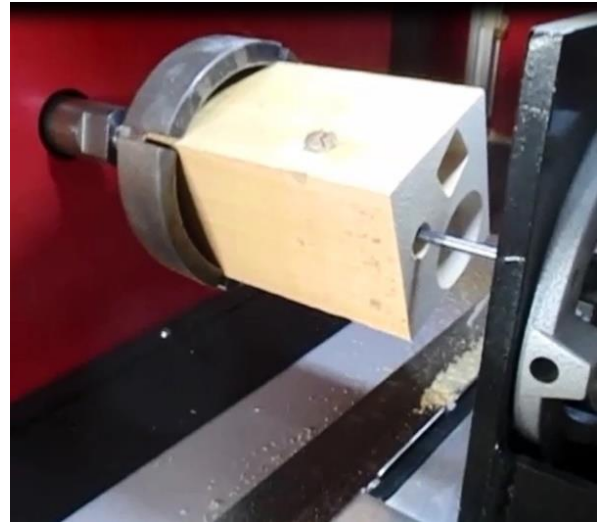


写真2 加工中の様子

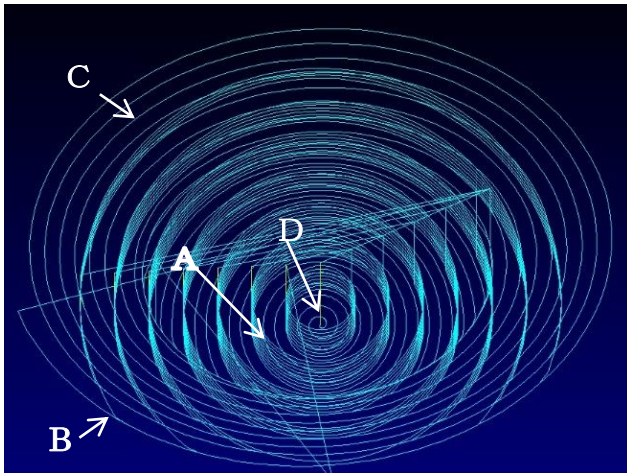


図6 ポケット1の工具経路



写真3 加工品

7. 加工結果

写真2に加工中の様子を、写真3に加工品を示します。直径6mmのビットを用い、105mm角のカラマツの木口面にポケットを加工しました。加工時間は8分22秒でした。

8. おわりに

CNC木工旋盤は、木材を回転させながら非円形断面の三次元加工が可能になったこと以外に、従来の直交座標系を持つNCルーターと同様の三次元加工が可能になりました。

即ち、CNC木工旋盤一台でNCルーターの役割も担える可能性が見えてきたと思います。

今後は高速化、高精度化を目指した技術開発に取り組む予定です。

9. 文献

- (1) 橋本裕之:「CNC木工旋盤の開発と普及」林産試だより2015年6月号, P3
- (2) 橋本裕之:「非円形食器の加工技術の開発」林産試だより2016年2月号, P6
- (3) 上岡勇人: VisualBasic2008アプリケーション開発入門, 日経BPソフトプレス(2008)