

パーソナル 3D プリンタを用いた付加加工用 CAM ソフトウェアの開発

電気通信大学 ○山内一晃, 電気通信大学大学院 ◎森重功一

要旨

本研究では、パーソナル 3D プリンタで、加工物に対して任意の形状を付加する加工を可能にすることを目的としている。そのために、初期形状の付加面を直感的に選択できるインタフェースと、付加面に対して垂直方向に追加形状を積層する経路を生成する CAM ソフトウェアを開発した。加工実験を行なったところ、任意の形状を付加面に対して垂直に積層できたことから、本システムの有用性を確認した。

1. 序論

近年、情報の共有化が進んだことに加え、工作機械の低価格化も後押しし、個人でも高度なものづくりが行なえるようになった。その工作機械の代表例としてパーソナル 3D プリンタが挙げられ、専用の CAD や CAM などのソフトウェアも普及してきている。その上で、従来ではできなかった加工を可能にする加工法が求められている。その一つとして注目されるのが、加工物に対して任意の形状を付加する加工であり、従来と比較してより複雑な形状を作り出すことが可能になると予想される。

そこで本研究では、パーソナル 3D プリンタを用いて加工物に対して任意の形状を付加する加工を可能にすることを目的とした。そのために、初期形状の付加面を直感的に選択できるインタフェースと、付加面に対して垂直に追加形状を積層する経路を生成する CAM ソフトウェアを開発した。また加工実験を行い、本システムの有用性について検証した。

2. システムの概要

本研究では、武藤工業株式会社製の 3D プリンタ MF-500 を使用した。図 1 に MF-500 の外観を示す。最大造形空間 $100 \times 100 \times 100 \text{mm}$ の熱溶解積層方式で、ユーザが作成した NC データを用いて積層を行えるのが特長である。

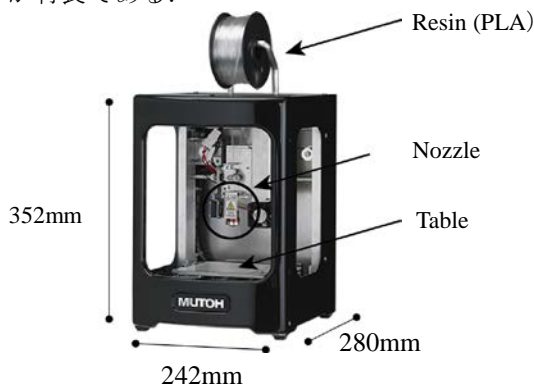


Fig.1 MF-500

本システムでは、初期形状と追加形状を画面に表示しながら操作を行なう。ユーザは追加形状を付加する初期形状の面を選択し、選択面上における追加形状の位置・姿勢を指定する。この情報を元に、選択面の法線方向に追加形状を積層する経路データを生成する。

3. 付加面の選択

本システムでは、三次元形状を小さな三角形ポリゴンの集合体で表現する STL 形式で加工物を扱っている。また初期形状が定義されている座標系をグローバル座標系、さらに追加形状が定義されている座標系をローカル座標系として扱っている。

まずユーザは画面に表示された初期形状から、付加する面に存在にするポリゴンを選択する。ここで図 2 に示すように、ポリゴンの重心を原点とし、ポリゴンの法線ベクトルを Z' 軸、グローバル座標系の Z 軸をポリゴンに投影したベクトルを Y' 軸、Y' 軸と Z' 軸の外積を X' 軸としたポリゴン座標系を設定する。

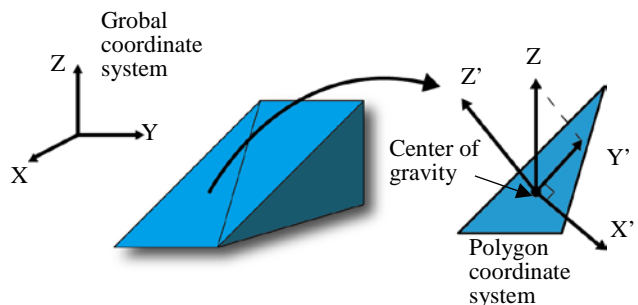


Fig.2 Coordinate system of selected polygon

次にユーザは、図 3(a)のようにポリゴン座標系における追加形状の位置を指定する。さらに図 3(b)のようにローカル座標系における Z 軸回りの回転角度を指定し、追加形状の姿勢を決める。

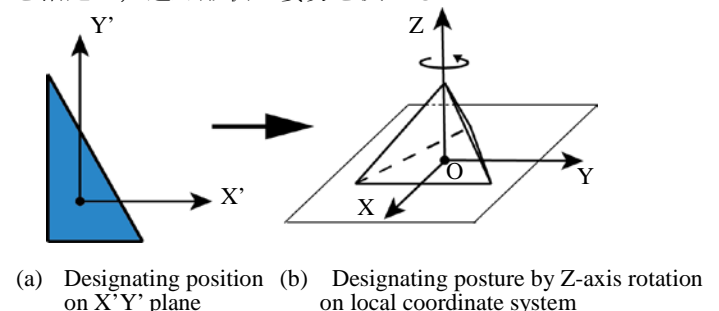


Fig.3 Determination of position and posture of additional shape

4. 3D プリンタの NC データの生成

3D プリンタは材料を層状に積み上げて形状を生成するため、経路を生成するには立体の各層の輪郭線が必要となる。

まず、図 4(a)のように追加形状からポリゴンの線分を取り出し、ローカル座標系における XY 平面に水平な面との交点を求める。全ての線分に対してこの処理を行い、図 4(b)のように平面ごとに交点を抽出する。そして求めた交点を繋いでいくことで、図 4(c)のような断面ごとの輪郭線を得ることができる。

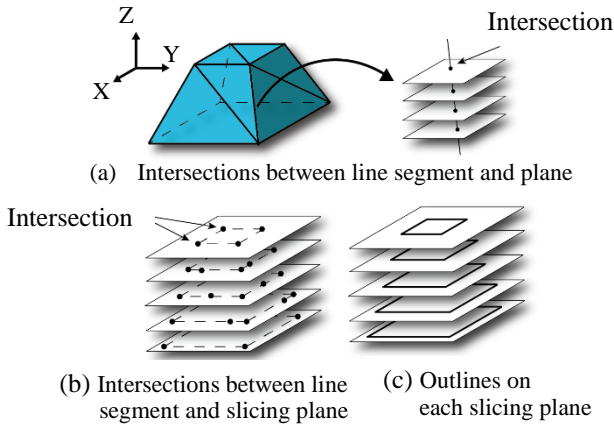


Fig.4 Extraction of outline

次にポリゴン座標系でユーザが指定した追加形状の位置・姿勢を、グローバル座標系に座標変換する変換行列を求める。ここで、グローバル座標系からポリゴン座標系に変換する変換行列を T_{wp} 、ポリゴン座標系においてユーザが指定した位置に平行移動する変換行列を Q_{xy} 、ポリゴン座標系からローカル座標系に変換する変換行列を T_{pa} 、ローカル座標系上の Z 軸周りの回転行列を R_z とすると、変換行列 T は式(1)のように表せる。

$$T = T_{wp}^{-1} T_{pa}^{-1} R_z T_{pa} Q_{xy} T_{wp} \quad (1)$$

式(1)を全ての断面の輪郭線に掛けることで、付加面に対して垂直方向に積層するための経路が生成される。

最後に 3D プリンタを生成した経路に沿って動かすために、図 5 に示すような書式で材料の吐出量、工具の座標や送り速度などを指示する NC データを生成する。

		Tool temperature				
M104	S190					
G92	E0					
G1	X49.06	Y57.72	Z7.26	E0.5	F1800	
G1	X56.46	Y44.46	Z5.28	E2.8		
G1	X41.67	Y44.46	Z9.25	E5.1		
G1	X49.06	Y57.72	Z7.26	E7.39		
		Tool position		Amount of material		

Fig.5 NC data format

5. 加工実験

本研究で開発したシステムの有用性を検討するために、図 6(a)に示すような傾斜 15° の斜面に対して、図 6(b)に示すような三角錐を付加する加工実験を行った。

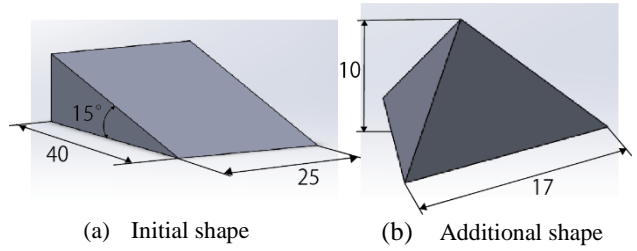


Fig.6 Shapes used for experiment

図 7 にシステムの操作画面で目標形状を表示した様子、図 8 に加工中の様子、図 9 に加工により得られた形状を示す。

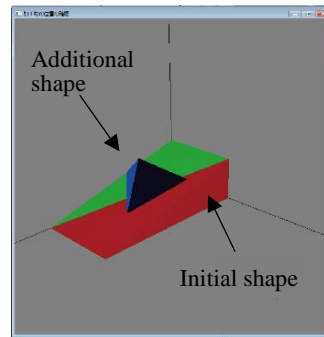


Fig.7 Application screen

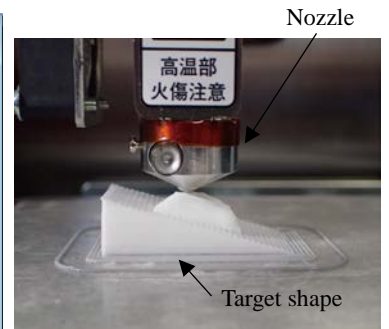


Fig.8 State of experiment

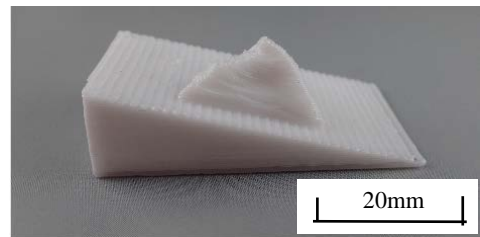


Fig.9 Obtained shape

図 9 に示すように、初期形状の付加面に対して垂直方向に積層することはできたが、付加形状の上部において歪みが生じている。これは形状の外壁を 1 層で積層して形状の内部が中空であるため、傾斜部分において材料が自重に耐えられないためであると考えられる。今後の課題として、形状の精度を向上させるために、経路を改善する必要がある。

6. 結論

本研究では、パーソナル 3D プリンタで、加工物に対して任意の形状を付加するために、CAM ソフトウェアとインターフェースの開発を行った。加工実験より、付加面に対して垂直方向に積層することができたことから、本システムの有用性を確認した。