

## P5 電熱線による溶融加工方式3次元形状出力装置の開発

久根口 結城<sup>†</sup> 石井 郁夫<sup>†</sup> 高橋 章<sup>††</sup> 今井 博英<sup>†</sup> 牧野 秀夫<sup>†††</sup>  
<sup>†</sup>新潟大学大学院自然科学研究科 <sup>††</sup>長岡工業高等専門学校 <sup>†††</sup>新潟大学工学部

## 1. はじめに

3次元仮想物体を実空間に出力する方法には、光造形法や切削加工法などがある<sup>[1]</sup>。光造形法は樹脂を硬化し積層させて造形するため、加工に時間がかかると共に高コストである。また、切削加工法は多くの工程が必要であり加工に時間がかかること、大きな物体の加工には装置が大規模になることなどの問題点がある。そこで、本報では大型造形を前提として、電熱線を用いた溶融加工による3次元形状出力法を提案する。

## 2. システム構成

## 2.1 3次元形状出力装置

図1のようなX,Y,Zの直交軸による3軸並進機構に、1軸の姿勢変更機構を持つヘッド図2を取り付ける。Z軸上のヘッドの先には電熱線形状変更機構を取り付け、電熱線の3次元位置を制御し、回転台上の加工素材に溶融加工を施す。X,Y,Z軸はそれぞれリニアスライダで構成しているため、移動幅のスケーリングのみで大型化が可能である。

## 2.2 システム全体の構成

システムは、形状を定義するホストコンピュータ、3次元形状出力装置、ならびに制御回路により構成する。制御回路は、直交軸のスライダを制御するモータドライバボードと位置パルスカウンタボードおよび時間計測カウンタ、電熱線形状変更機構の制御を行うステッピングモータドライバボードで構成し、これらをZ80-CPUで制御する。

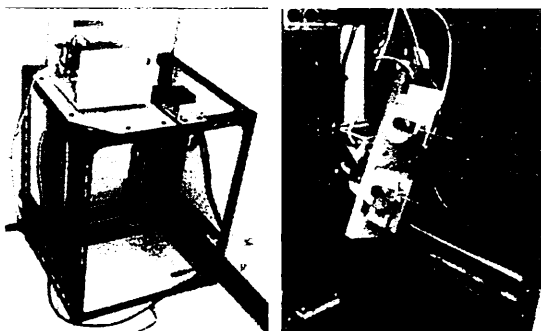


図1: 3次元形状出力装置 図2: 電熱線形状変更機構

## 3. 溶融加工方式3次元形状出力装置の特徴

溶融加工方式3次元形状出力装置の特徴は、電熱線を用いて造形用発泡スチロールに熱加工を行う造形シ

ステムである。電熱線形状変更機構により加工中に電熱線形状を変更することにより、広域な曲面を少ないパスで加工できる。加工素材に大きな力を加えないで加工できるため、工作機械が低剛性になりシステムが小規模になることや、大型造形が容易になる。また、加工素材には、造形用発泡スチロールを用いるため低コストである。溶融量の制御のため、電熱線の温度と速度の管理が必要になる。

## 4. 電熱線位置制御

電熱線に直接接している部分だけでなくその周辺も融け、融ける範囲は時間と共に拡大する。形状精度を保つためには、移動速度と熱量に応じて加工形状表面から一定の距離だけ離れた電熱線軌跡を設定し、形状に沿って電熱線を一定の速度で移動させる必要がある。リニアスライダのモータは直流モータのパルス幅制御である。電熱線を等速に制御し目標位置に到達させる。負荷変動による速度変動を抑制し速度制御を行うため、微小時間で位置と時刻をサンプリングし、フィードバック制御を行った。

## 5. 溶融特性

電熱線の溶融特性を把握する実験を行った。密度の異なる2種類の発泡スチロールを用いた。試料1はポリスチレン密度2.4%の梱包用発泡スチロール。試料2はポリスチレン密度2.7%の造形用発泡スチロール。電熱線は直径0.5mmのピアノ線を使用し、垂直方向に伸ばした全長9.5cmの「直線型」と、くの字状に先端鋭角に折り曲げた全長17.1cmの「くの字型」について、それぞれ速度と熱量を変化させ溶融特性を調査した。結果を表1に示す。表中の最適電流とは、当該速度で発泡スチロールに無理な力が加わらず、かつ溶けすぎない電流範囲を示す。速度を早くすると大きな電流が必要である。また、ポリスチレンの密度が高いほど大きな電流が必要である。くの字型は直線型より溶融幅も大きくなる。

## 6. 軌跡追従実験

軌跡追従制御実験を行った。直線型電熱線ヘッド部を用いて、図3のように軌跡を指定し、熱による切断を行った結果を図4に示す。速度0.5cm/s、データ取得サンプリング間隔50ms、切断形状の指定値との誤差は0.5mm以内であった。

7. 電熱線形状の制御

広い曲面形状を少ないパスで溶融加工するには加工形状に合った電熱線が必要である。加工形状それぞれに対して電熱線工具を作成するのは効率が悪い。そこで、電熱線形状変更機構により電熱線の曲率を制御する。1本の電熱線で多様な曲率を作り出すことができる。凹形状対応用、凸形状対応用、平面・微細加工用として図5~7のような電熱線形状を考えた。電熱線曲率制御ヘッドの構造を図8に示す。1本の電熱線ヘッドの制御状態により生成できる形状例を図9~12に示す。ヘッドを移動しながら形状の変更が可能である複雑な形状を短いパスで生成できる可能性がある。

8. まとめ

電熱線による溶融加工方式3次元形状出力装置を提案した。等速制御により、等しい溶融幅で安定な溶融加工が実現できた。電熱線の速度と熱量の関係から溶融特性を把握した。様々な形状を効率よく生成するための電熱線ヘッドの形状の決定、カメラ画像を利用した電熱線形状制御精度の向上などが今後の課題である。

参考文献

- [1] 齊藤大輔, 石井郁夫, 高橋章, 今井博英"VR造形システムにおける仮想物体の実空間への出力について"平成10年度電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, PA19, pp.37-38, 1998

表 1:溶融特性(室温 15℃)

速度 (cm)	試料 1-直線型		試料 1-くの字型	
	最適電流 (A)	溶融幅 (mm)	最適電流 (A)	溶融幅 (mm)
0.25	4.7~4.8	1.25	4.4~4.5	1.5
0.5	4.75~4.8	1.25	5.1~5.2	1.5
0.66	4.9~5.0	1.25	5.15~5.3	1.75
速度 (cm)	試料 2-直線型		試料 2-くの字型	
	最適電流 (A)	溶融幅 (mm)	最適電流 (A)	溶融幅 (mm)
0.25	4.6~4.7	1.5	4.5~4.6	1.5
0.5	5.0~5.1	1.5	5.0~5.2	1.5
0.66	5.3~5.4	1.5	5.3~5.4	1.5

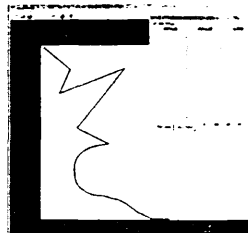


図 3: 軌跡設定



図 4: 軌跡追従



図5:凹型形状対応電熱線



図6:平面・微細加工電熱線



図7:凸型形状対応電熱線

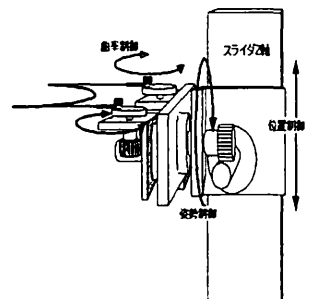


図8:曲率制御ヘッド構造



図9:基本形状



図10:両方を左側 20° 回転



図11:両方を内側 10° 回転



図12:両方を外側 10° 回転