

金型を用いないプラスチック成型法の開発（第1報）

萩原 茂・萩原 起夫・大柴 勝彦・佐野 照雄

Development of Plastic Molding Method Without Dies.

Shigeru HAGIHARA, Tatsuo HAGIHARA, Katsuhiko OSHIBA, Teruo SANŌ

要 約

プラスチックの成形にステレオリソグラフィによる光造形法を応用した。基礎実験として紫外線硬化樹脂の液面にレンズで絞った紫外線レーザービームを照射し、レーザー出力と走査速度およびレンズのピントを変えたときの硬化物の断面形状を観察することにより、立体造形に適した積層条件を模索した。紫外線レーザーにはAr⁺レーザー（UV仕様）、He-Cdレーザーを使用した。また、精度良く高速に加工するソフトウェアと加工装置の開発を行い、光造形システムを試作した。

1. 緒 言

形の良い製品をデザインすることは産業の発展と人間性を豊かにするものである。意匠設計で製品の形状イメージが創成されてから、CADシステムにより設計された製品形状はマシニングセンタで代表される数値制御工作機械で造形加工される手法が現在多く利用されている。金型加工、模倣加工にNC加工機が普及し、コンピュータでの高精度、高速造形法の技術開発が急がれている。特に、加工刃が入り込めない部分や分解しなければ作れない形状の加工は大きな課題となっている。

数値制御システムを用いて付着硬化層を堆積させて複雑形状模型を自動造形するステレオリソグラフィ技術が1988年頃から実用化されはじめている。ステレオリソグラフィは金型を用いずにプラスチック模型を作れ、複雑な形状でも一行程で作成できる。そのため、金型を用いない複雑形状のプラスチック造形法として注目を浴びている技術である。

2. 実験方法

2-1 基本原理

3次元CADに入力された立体モデルから断面輪郭を算出し、紫外線硬化樹脂液面にレーザー scanner で断面輪郭線を照射すると薄いプラスチック断面が生成される。このプラスチック断面が生

成される。このプラスチック断面を昇降テーブルの上に順次接着しながら積層固化させることによりプラスチックモデルを作る。（図1）

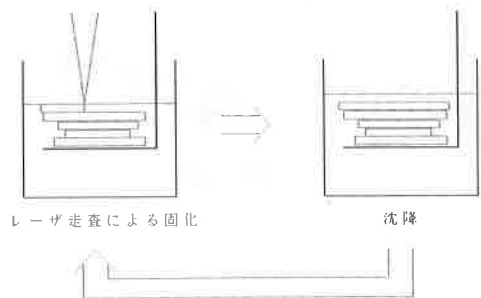


図-1 積層方法

2-2 加工装置と使用した樹脂

実験に使用した加工装置は、加工物をワークに付着させ積層沈下させる自由液面法を用いた。Scanner は、電磁ミラー走査（図-2）とNCテーブル形走査（図-3）の両方を使った。紫外線硬化樹脂は、感度が良く粘りけの無い硬化時に十分な硬度があるものを使用した。（表-1）

2-3 硬化形状観察

自由液面法において立体の断面輪郭を隙間なく接着した積層を行うためにレーザー走査により生成する硬化樹脂の形状を観察した。レーザー走査により形成される硬化物の断面を観察するため1

回の走査で生ずる線状の硬化物をアルコールで洗浄してから鑢で固め剃刀の刃で断面を切り落とし、電子顕微鏡で観察した。硬化形状は蒲鉾形になるが断面の幅、厚さを求め実験の指標にした。断面の幅、厚さは図-4のように求めた。

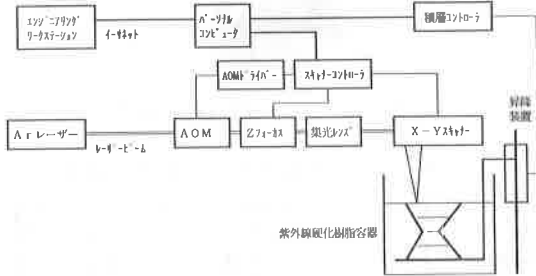


図-2 電磁ミラー走査を用いた加工装置

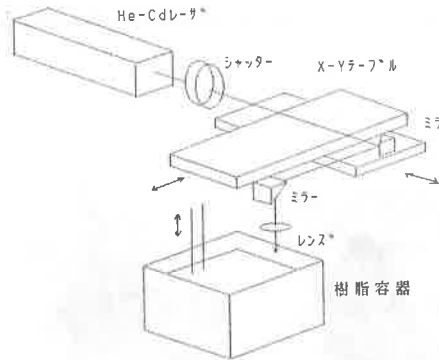


図-3 NCテーブル形走査装置

表-1 実験に使用した樹脂

品名	フジフコSN-EX8167	フジフコSN-RC5203
外観	淡黄色液状	淡黄色液状
粘度	95 cps	190 cps
UV積算光量	250 mJ/cm ²	150 mJ/cm ²

2-4 加工方法

立体を造形する場合、立体の内部まで硬化させるラスタ走査方式と輪郭のみ硬化させて後で水銀ランプ等で内部まで完全固化させるベクトル走査方式があるが、積層時間を短縮させるため後者を用いた。

ベクトル走査方式では断面輪郭が急激に変化している立体でも断面輪郭が隙間なく完全に接着しなければならない。断面輪郭が急激に変化してい

るところでは、次の2つの方法を使った。

- ①断面間隔を調節し、断面輪郭の間隔を常に最大接着幅以下にする。(積層間隔を可変する方式)
- ②断面間隔を一定にし、断面輪郭に隙間が生じた場合は、その部分をラスタ走査で塗つぶす。(塗つぶしをする方法)

実験には、2つの方法を行った。

2-5 後処理

光造形システムで作製されたプラスチックを最終完成品にするためには、次の3つの後処理が必要である。

- ①樹脂液中から引き上げた硬化プラスチックを洗浄し、未硬化樹脂を除去する。
- ②水銀ランプ等を用いて内部まで完全に硬化させる。
- ③懸垂部分のサポートを除去する。

実験では、後処理をすべて手動で行った。

3. 実験結果と考察

3-1 樹脂の硬化形状

図-5はレーザー出力、図-6は走査速度、図-7はレンズのピントを変化させた結果である。硬化物の幅はレンズのピントずれにより大きく変化し、幅と厚さの割合を決める大きな要因である。レーザー出力10mW以上ではレーザー出力や走査速度の変化による硬化物の大きな形状変化は見られなかった。レンズのピントずれは加工機の水平設定に大きく左右されるので注意が必要であることがわかる。

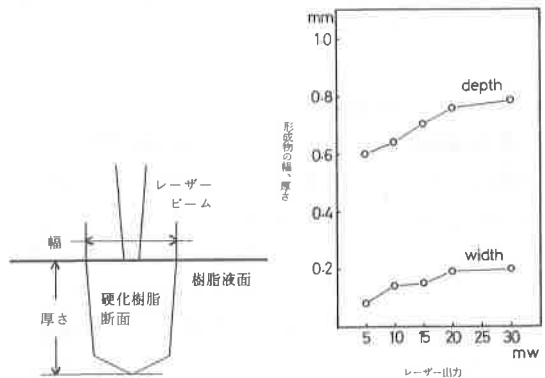


図-4 硬化樹脂断面 図-5 レーザー出力と形成物の幅、厚さの求め方

(P=5mW, f=50mm, SN-DX8167)

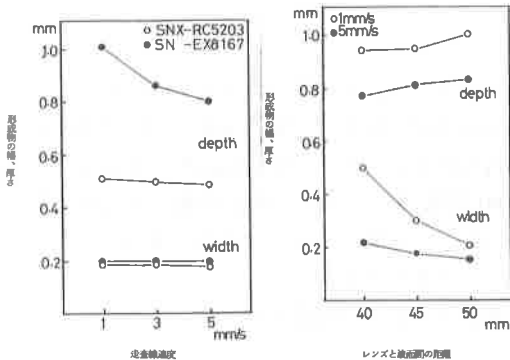


図-6 走査線速度と形成物の幅、厚さ
 (P=5mW, f=50mm)

図-7 レンズのピントずれと形成物の幅厚さ
 (P=5mW, f=50mm, SN-EX8167)

3-2 硬化樹脂の接着する走査線間隔

図-8は、接着する最大走査線間隔を示した。形成物の幅、厚さの60パーセントの範囲で走査すればモデルの断面輪郭を隙間なく接着しながら積層させることができる。

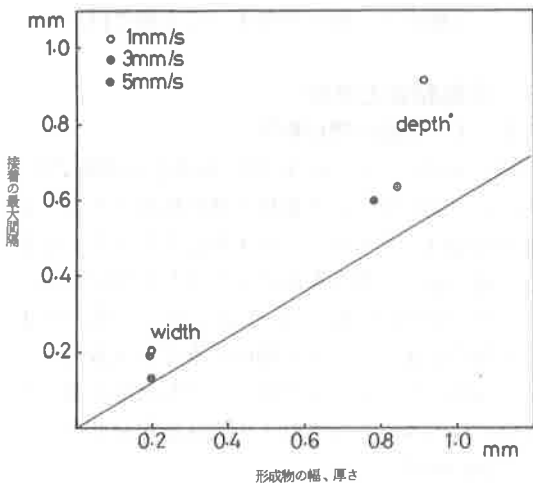


図-8 接着の最大間隔と形成物の幅、厚さの関係
 (P=5mW, f=50mm, SN-EX8167)

3-3 立体生成

断面輪郭を積層すると樹脂の表面張力等のため急激にとがった部分が丸みを帯びたり、ゆるやかな勾配部分が厚くなる。積層間隔を変えた方式ではリングのような形状で顕著に歪みが生じる。リング形状(写真-1)を加工しその歪みを表-2に示した。塗つぶしをする方式では、積層時間が短縮され歪みが小さくてすむが、表面形状の凹凸が目立つ。積層間隔を変えた方式では歪みが大きく積層時間がかかるが表面形状が全体的になめらかである。

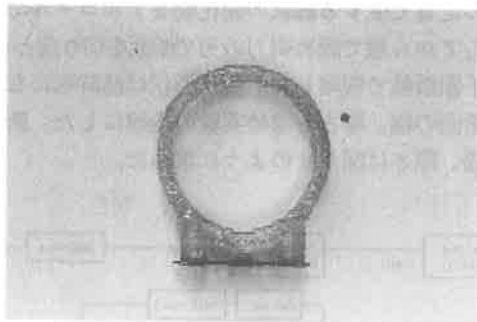


写真-1 リング形状加工例

表-2 リング形状のリング厚さの歪み

積層方法	上下方向		左右方向		造形に要した時間(秒)
	円環の厚さ	厚さ誤差	円環の厚さ	厚さ誤差	
積層間隔を可変する方法	2.1 mm	+0.3	1.8 mm	±0.0	2880
塗りつぶしをする方法	1.9 mm	+0.1	1.8 mm	±0.0	2400

プラスチック加工例

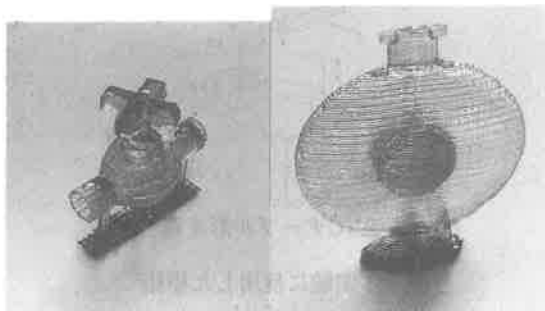


写真-2 パルプ

写真-3 香水瓶



写真-4 走る人



写真-5 中空の加工物

4. おわりに

光造形法では、造形物の表面に段差が生じることは原理上避けられない。この段差を小さくする

ためには、積層間隔を小さくすればよいが積層に要する時間がかかってしまう。樹脂の表面張力の影響はソフトウェアである程度の補正は可能であり、スキャンライン法による最外郭の輪郭走査を行えば高速化は可能である。

光造形法で作製した立体模型はそのままプラスチックの部品として使うことが可能である。金属の母型として光造形法を利用するためには、熱などの可溶性紫外線硬化樹脂の出現を期待する。樹脂の開発により消失金型への利用は近いであろう。

実験では、レンズの焦点距離を固定したが、焦点距離の短いレンズを用いて硬化樹脂断面を俵形の形状にすれば、積層の走査間隔を3次元的に均等にでき、積層の厚さを均一にすることが可能となる。また、表面の段差をなめらかにできると思われる。

ステレオリソグラフィを応用したプラスチック成型を行ったが、今後工業部品への応用を進めたいと思う。

参考文献

- 1) 型技術協会編集：光硬化性樹脂による模型の自動造形法に関する調査研究、素形材センター研究報告381
- 2) 丸谷洋二：レーザー光硬化による立体モデルの創成、国際レーザーアプリケーション展、1990
- 3) 中島千明：宝飾用3次元CAD/CAM、山梨大学大学院修士論文1989
- 4) 中井孝、丸谷洋二：紫外線レーザー露光による光硬化性樹脂の硬化特性、レーザー研究16, 1, 14 ('88)
- 5) 中井孝、丸谷洋二：レーザーリソグラフィによる立体モデル創成、電子情報通信学会論文誌D, J71-D, 2, 416 ('88)
- 6) 小玉秀男：3次元情報の表示法としての立体形状自動作成法、電子通信学会論文誌J64-C, No. 4 (1981)
- 7) H. Kodama: Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer. Rev. Sci. Instrum., 52, 11, 1770(1981)
- 8) 中井孝、丸谷洋二：感光性樹脂を用いた立体モデル形成、16画像工学コンファレンス、15-6、P293-296
- 9) T. Yamada N. Takato T. Kurokawa: A New Optical Circuit with asteric Waveguide Pattern, Japan Journal of Applied Physics 22, No.10, Oct. 1983 pp. 1636-1638
- 10) 古川進、伊藤誠、他：意匠用CAD/CAMシステムの試作、精密工学会1989.秋
- 11) 古川進、伊藤誠、他：究極のデザインCADを目指して、第30回プログラミングシンポジウム1990. 1