

光造形モデルの形状精度に関する検討 —光造形システムによる複雑形状部品の一品生産に関する研究—

大塚裕俊
機械電子部

Study on Shape Accuracy of Laser Stereolithography Model

- Application of Laser Stereolithography System to Mono Production of Complex-shape Part -

Hirotooshi OHTSUKA
Mechanics & Electronics Division

要旨

光樹脂模型を利用した鋳造法においては、光樹脂型の精度・強度などの新しい要因と従来の鋳造工学の知識との連携により、合理的な製造プロセスの開発を行う必要がある。とりわけ光造形モデルの形状精度（マクロ・マイクロ）は、高精度製品の製作のためにたいへん重要である。そこで基本形状（半球）の光造形モデルについてモデル化を行い、形状測定（マクロ・マイクロ）を行った。

1. はじめに

光樹脂模型を利用した鋳造法では、最終的な金属製品の品質・精度の確保が重要である。そのためには樹脂型（光造形モデル）の精度が、全体的な形状（マクロ）と局所的な部分（マイクロ）について同時に必要となる。

光造形モデルの精度を決めるものは、樹脂の硬化を含めた製作機の精度（ハード）とCADデータの精度（ソフト）に大きく分けられる。ソフトについてはCADでのデータ変換による精度管理が問題となり前報で検討した。

光造形モデルは樹脂の硬化に伴い、全体の形状にソリ・変形を生じる。それとともに光造形特有のZ方向の量子化誤差（積層化誤差）による階段状の造形結果（ギザギザ）を生じる。これについても表面形状の品質の問題となる。これら2つの種類の誤差（マクロ・マイクロ）を同じ光造形モデルにより同時に評価できれば都合がよい。

そこで今回は半球殻の光樹脂型のモデルを対象として造形と測定を行った。球の表面は急斜面から緩斜面までの表面要素を含んでおり、Z方向の量子化誤差（積層化誤差）の影響がどのようにこれらに表れているかを調べる事が出来る。

2. 研究内容

2.1 光造形モデル

今回の対象となるのは半球殻の形状である。これをFig. 1に示す。

2.2 CADデータ

CADの中で作成されたソリッドモデルは、まず光造

形データであるSTLファイルに変換されなければならない。このときソリッドモデルの表面データがSTLファイルと呼ばれる面を3角形パッチの集合体データに変換される。このとき対象が平面ならば問題ないが、空間中の自由曲面などは3角形パッチの密度により精度がきまる。この公差（トレランス）はCAD側で入力する。

今回はTable.1のようなトレランスを変えたファイルを3種作成し、もっとも細かいパッチのデータを利用した。また光造形に際する諸データもあわせてFig. 1に示す。

モデル： 半球殻（半径2.5mm：厚さ3mm）
Z方向引上げピッチ： 0.15mm
レーザ操作間隔： 0.1mm (X, Y)
レーザ操作速度： 1 mm/s

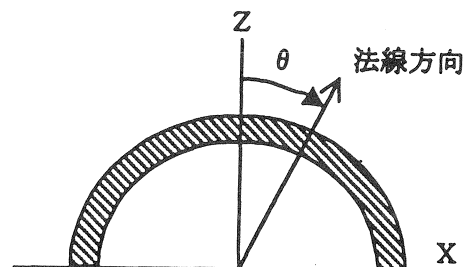


Fig.1 Standard Model (hemispher model)

Model Number	Shape	Tolerance (mm)	File Size (KB)
1	hemispher	0.01	597
2	hemispher	0.005	1179
3	hemispher	0.0025	2556

Table.1 CAD Data

2.3 形状測定機

利用した形状測定機は株式会社ニトヨ製CDH-431, その測定子は片角スタイラス, スタイラスの先端Rの補正値はR=0.0312mmであった.

測定は, ある断面に沿った球面上の法線方向への移動量(全体形状)と, 球面上の局所部分 ($\theta = 25^\circ$, $\theta = 45^\circ$, $\theta = 65^\circ$) の表面形状について行った. 法線方向とは球の中心から外側へFig. 1のような角度 θ における方向を指す.

3. 測定結果

測定は造形後60日後のモデルを使って行った.

ある断面に沿った球面上の法線方向への移動量(全体形状)をFig. 2, 球面上の局所部分 ($\theta = 25^\circ$, $\theta = 45^\circ$, $\theta = 65^\circ$) の表面形状についての測定結果をFig. 3 (a)~(c)に示す.

Fig. 2に示すように, 半球の全体形状では頂上に若干の凹部がある. また全体的には法線方向の距離は部分々で複雑に変化している. 凹凸の誤差幅は0.2mm程度に達している. なお0値はR=24.9714であり球全体の収縮が認められる.

また局所部分の表面については, Z方向引上げピッチ(0.15mm)による表面の階段形状はそれほど明瞭でない. 大まかな凹凸は認められるが, 引上げピッチよりも小さな凹凸も多く存在している.

以上の測定結果によれば, 光造形後の時間的な変形が造形物の形状に大きな影響を与えていることがわかる. これに対して局所的な表面形状は, 予想されたような階段状の形状は明瞭には現れておらず, いくぶんRをとまなう滑らかな表面形状となった.

またこれは傾斜の緩急を問わず同じ傾向を示した. これはおそらくレーザービームによる光樹脂の硬化が起る際に, その硬化樹脂のビーム側から離れた端の方での硬化の形状(丸みを帯びた形状)に関連していると思われる.

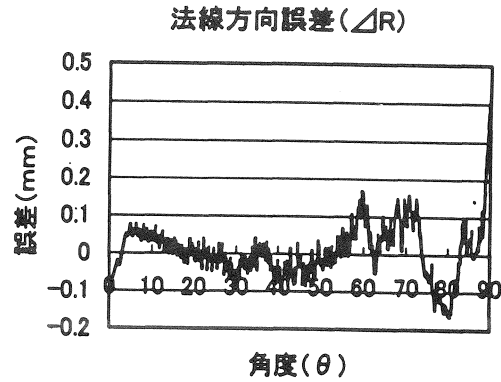
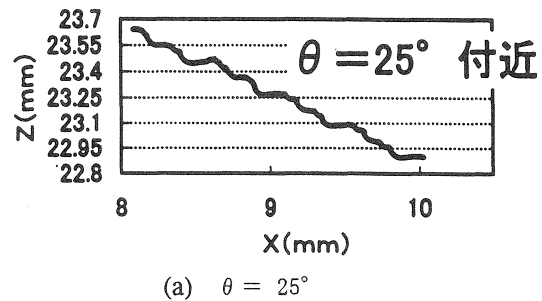
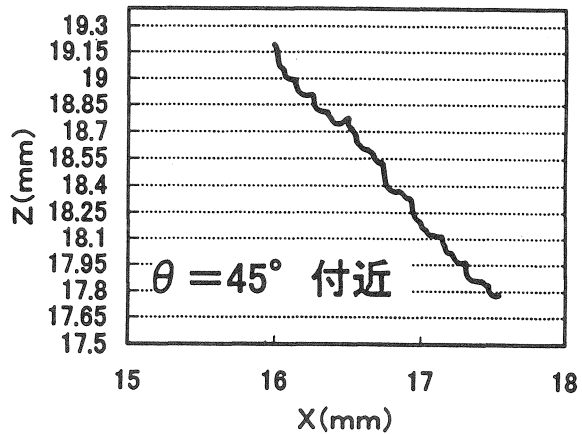


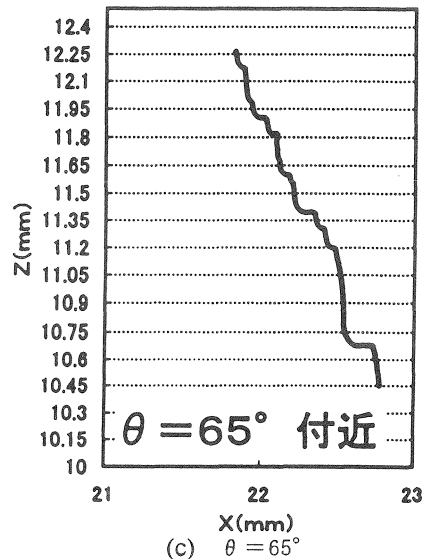
Fig.2 Deformation of hemisphere model



(a) $\theta = 25^\circ$



(b) $\theta = 45^\circ$



(c) $\theta = 65^\circ$

Fig.3 Surface Shape

4. 結言

急斜面から緩斜面までの表面要素を含む、基本的な半球殻の光樹脂型のモデルを対象として造形と形状測定を行った。その測定の対象を、ある断面に沿った半球面上の法線方向への移動量(全体形状)と、球面上の局所部分($\theta = 25^\circ$, $\theta = 45^\circ$, $\theta = 65^\circ$)の表面形状(局所形状)にわけて行った結果、次の結果を得た。

- (1)半球の全体形状では頂上に若干の凹部があり、また全体的には中心から法線方向の表面距離は部分々で複雑に変化しており、全体的に若干の収縮が認められた。
- (2)局所部分の表面については、Z方向引上げピッチ(0.15mm)による表面の階段形状はそれほど明瞭でない。大まかな凹凸は認められるが、引上げピッチよりも小さな凹凸も多く存在している。
- (3)全体形状の誤差は、光造形後の時間的な変形によるものと考えられる。局所的な表面形状は、Z引き上げピッチによる階段形状は明瞭には現れておらず、やや滑らかな表面形状となった。これはレーザービーム(点光源)による光樹脂の硬化の形状に関連していると思われる。

最後に本研究の遂行にあたり、測定技術の面で多大なご援助を賜りました岡村英雄氏をはじめ㈱ミツトヨの皆様深く感謝いたします。

文献

- 1) 大中逸雄, 長坂悦敬, 村上俊彦: “铸造方案システム「JS-CAST」の概要と解析例”, 素形材, 5(1996)
- 2) 前川佳徳, 牧本展政: “点光源による光造形シミュレーション用FEMソルバーの検討”, 型技術ワークショップ論文集95, 1995