

## 新製品開発への光造形技術の応用\*

長嶋 宏之\*\*、小林 正信\*\*、町田 俊一\*\*、  
佐々木 幸政\*\*\*

光造形技術を自動車部品の試作及びマスターモデル製作等に応用する場合、積層による面の段差や大型モデルの造形の時間の長大化による製作コストの増加が問題となる。本研究ではモデルの分割製作による積層段差の最小化とモデルの配置角度による造形時間短縮に着目し、光造形技術での効率的な造型方法を検討し、さらに、「タイヤ」を事例に自動車部品試作での有効性を検証した。その結果、モデルの分割製作と最適な配置角度の有効性が確認できた。  
キーワード：光造形、自動車部品、コスト削減

## Application of Stereolithograph Technology for New Products Development

NAGASHIMA Hiroyuki, KOBAYASHI Masanobu, MACHIDA Toshikazu  
and SASAKI Kousei

When stereolithograph technology is applied in prototyping automobile parts, the problems are gaps on surface by laminating and increasing the production cost by imaging time. In this study, a reduction of gaps by dividing models and a decrease solid imaging time by an angle of models were used, and the effective method by stereolithograph technology are examined. And the method inspected the effectiveness by prototyping automobile parts in an example "a tire". The results showed that the dividing models and imaging by the most suitable angle of models are effective.

key words : stereolithography, automobile parts, cost reduction

### 1 緒 言

光造形技術はラピッドプロトタイピング (RP) の一技術として製品試作の段階でよく利用され、自動車部品の試作品及びマスターモデル等の製作への利用も多い。

しかし、試作制作時には光造形技術の原理に由来する次のような問題が発生している。

第一に光造形技術は「物体の断面形状を積層して成形する」原理であるため、造形物表面に積層による段差が生じる。特に大きな曲率の3次曲面が存在する自動車部品のようなものでは後の段差の消去に手間が掛かる。

第二に試作品が比較的大きいためかなりの造形時間を必要とし、結果的に製作コスト (減価償却費、材料費、電力費等) を増加させている。

そこでこれらの問題を最小限に押さえるため、本研究では光造形における効率的なモデルの造型方法について検討を行った。

### 2 研究方法

#### 2 - 1 分割製作による段差最小化の検討

#### 2 - 1 - 1 表面段差の最小化について

今回使用した光造形システムはSOUP400GH (NTTデータシーメット製) である。

まずは積層による表面段差の最小化の検討を行った。そこで、検討のために物体のZ方向の断面を図1のように簡略モデルにした。X-Y方向の断面に関してはRPの原理より、3次元データ (STLデータ) から断面線を生成するので段差の最小化には関係しない。よって、表面段差の変化はZ方向の断面のみで検討できると判断した。

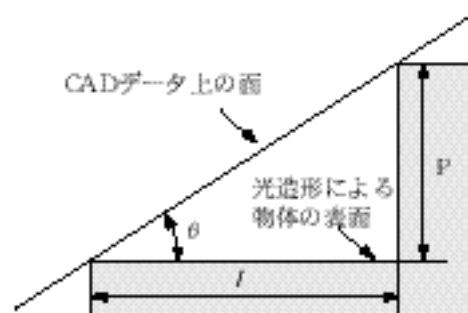


図1 面の段差の簡略モデル

\* 平成11年度技術パイオニアORT研修事業

\*\* 木工特産部、\*\*\* 株式会社モディー

積層ピッチ (P) は一定であるので、表面段差は  $l$  の値によって決まる。

よって、 $l$ 、 $P$ 、 $\theta$  の関係は式 ① により示され、グラフからは  $\theta = 0^\circ$  に近い程大きくなり、 $\theta = 90^\circ$  に近い程小さくなる。

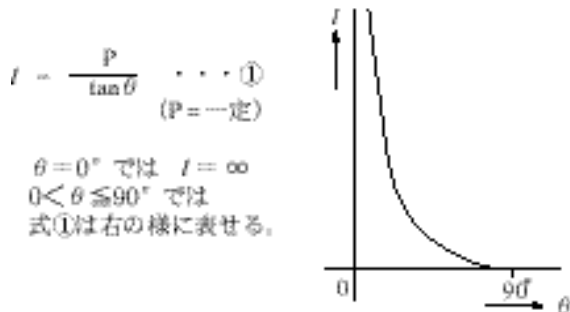


図2 面の角度と段差の関係

つまり、 $l$  の値は  $\theta$  の値によって変化する。それは、段差の大きさが物体表面と加工X-Yテーブル (加工テーブル) 面との角度  $\theta$  によって決まり、 $\theta = 90^\circ$  に近い程小さいことを意味する。よって、作成する面がテーブル面に対して垂直に近い程、段差が小さくなると考えられる。

### 2-1-2 分割製作の方法と検討

しかし、2-1-1での簡略モデルの検討は物体表面を単純な平面に置き換えた場合であり、通常、物体表面は様々な複合曲面である。よって全ての曲面を加工テーブル面に対し垂直に近づけるのは無理である。

そこで複合された各面を複数に分割して、曲面を垂直に近づけて作製することを考える。

その場合、どのように分割すれば曲面上の段差を少なく製作できるのかを検証した。

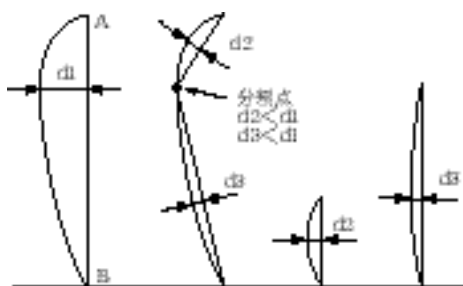


図3 分割の考え方

図3のような曲面を配置する場合、2-1-1の簡略モデルでの検討の結果から、Z方向の断面曲線の端点ABを結んだ直線をテーブル面に対し垂直に配置するのが全体的に段差が少なくなると考えられる。さらに、端点を結んだ直線と断面線との最長距離  $d$  が小さければさらに段差は小さくなると考えられる。そこで任意の点により断面曲線を分割し、距離  $d$  を小さくし、端点を結んだ線を垂直に配置すればさらに段差を小さくできると考えた。

そこで今回は断面曲線の変化点(変曲点)を分割点とし

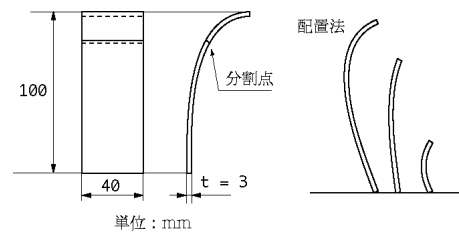


図4 分割製作したモデル

て設定し、実際に図4のような試験片を作成、分割したモデルと一体のモデルを試作し、段差について双方の比較評価を行った。

### 2-2 分割した場合の接合

前記のように面を分割して造形した場合、後の接合の際、接合部で面の狂いを生じる可能性がある。そこで、実際に4種類(図5)の接合試験片を製作し、これを共同研究者の所属企業で実際に作業を行っている方に、分割線での接合のしやすさ、分割前への復元性、合わせの精度の3点について主観的に5段階で評価してもらった。

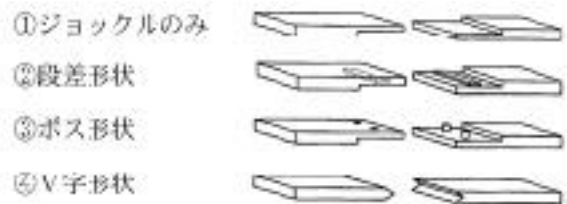


図5 接合方法の検討

### 2-3 造型時間の短縮化の検討

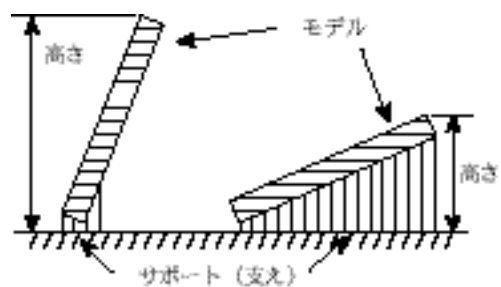


図6 高さサポートの関係

次に造型時間の短縮化の検討を行った。光造形において製作時間増加に影響を与える要素は、モデルのZ方向の高さ (=積層の数) と、物体を加工テーブル面上に固定するためのサポートの作製時間である。なぜなら、Z方向に高いモデルは積層の数が増え、機器の積層工程(テーブルの駆動、液面の均し)が増える。またサポートは配置の方向、角度によって、必要としたり、必要としない場合がある(図6)。つまり、積層の数とサポートの量によってトータルの作業時間が変化することになる。そして、積層の数とサポートの量はモデルの配置と角度によって変化する。

そこで実際に「タイヤ」のモデルを使い、角度を変え、

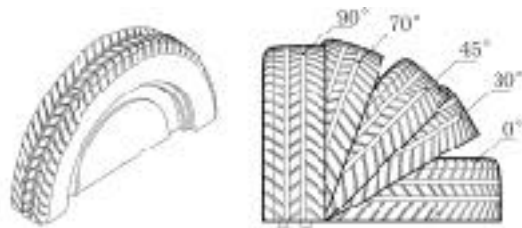


図7 角度の変化の検討

必要最低限のサポートを設定して造形し、Z方向の高さとサポートの量の相関関係を検討した。検討した角度は、0°、30°、45°、70°、90°である（図7）。

### 2-4 タイヤを事例とした効率的造型方法の検討

限られたテーブル面上に1回の造形で数種類、複数個の造形が可能ならば、時間の短縮や手間が省け効率が良い。

そこで、自動車の外観試作において必要とされる「タイヤ」を例として、同一形状の物を複数個得るための効率良い分割と配置（図8）を検討し造形した。

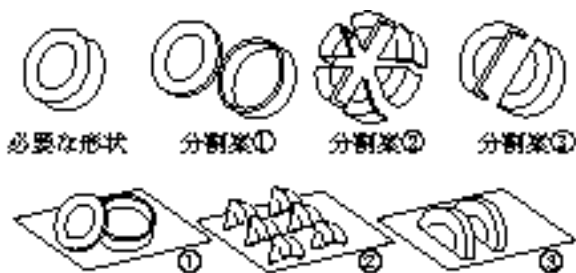


図8 モデルの分割と配置方法

## 3 結果及び考察

### 3-1 面の段差の最小化



図9 分割製作による面の段差の違い（右が分割）

段差の最小化検討のために作製した、分割と一体のものの双方の試験片を目視によって比較評価した。その結果、物体を分割して製作した試験片の方が、面全体において、明らかに段差が小さく比較的なめらかな曲面を得ることができた（図9）。

このような複合曲面の場合においては、分割して作製することによって、物体を加工テーブル面に対し垂直に近い角度で配置でき、段差を小さく造形することができる。この方法は面の段差の軽減に有効であることが実験によりわかった。

### 3-2 接合部の最適な形状

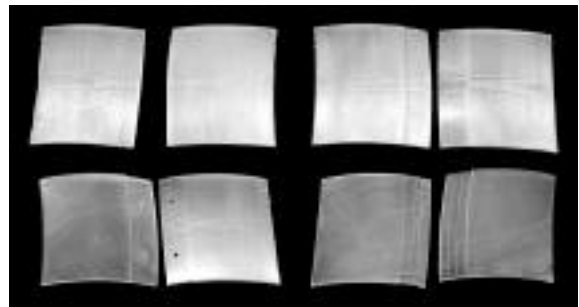


図10 接合部試作（右上から時計回りに 、 、 、 ）

分割部接合の検討のため4種類の接合試作を製作し（図10）、共同研究者の所属企業の方に比較評価してもらった（表1）。その結果、接合のしやすさ、面の復元性の点から評価の高かったボス形状が総合的に良いという結果が得られた。

ただし、比較評価の結果もそれほど大きな差を付けなかった、工夫次第（治具を使用するなど）では他の接合方法も十分使用できるとの意見もあった。

表1 接合方法による後加工の作業性の違い

	接合のしやすさ	復元性	合わせ精度	総合評価
①ジョックルのみ	3	2	5	3
②線差形状	4	5	3	4
③ボス形状	5	5	4	5
④V字形状	2	2	5	2

（5：評価評価 5=良）

### 3-3 造形時間の短縮化

表2 配置角度による各時間の違い

	トータル時間	積層数	スワイプ時間	モデル作製時間	サポート作製時間
0°	14h36m36s	325	2h41m55s	8h02m20s	1h21m25s
30°	18h42m33s	563	4h33m37s	7h48m36s	2h27m41s
45°	18h53m01s	759	6h05m37s	8h18m55s	0h09m02s
70°	20h00m38s	859	6h52m33s	7h52m47s	0h08m01s
90°	20h33m58s	852	6h49m16s	8h12m21s	0h34m05s

造形時間の短縮の検討のため、同形状を角度を変化させて造型した。結果を表2に示す。なお、表中のトータル時間は表中のスワイプ、モデル作製、サポート作製の時間とその他の機器の駆動時間（データ転送、静止等）との合計である。

モデルの造形時間は大きな差は見えない。トータル時間は0°が一番短い。スワイプ時間は積層数（Z方向の高さ）に比例している。ただし、サポート作製時間は45°が一番短く、0°が一番長い。よって、できるだけ時間の短縮を行うには物体の高さを低くすることであるが、その代わりにサポートの量が多くなり後加工に影響する可能性があることが分かった。

よって造型する角度は、テーブル面に対して0°に近く

表3 配置角度による総合評価

	造形時間 (◎=短)	面の段差 (◎=小)	サポート (◎=少)	総合評価 (◎=良)
0°	◎	×	×	×
30°	○	×	×	×
45°	○	○	◎	◎
70°	×	○	◎	○
90°	×	◎	○	○

して造型すると時間短縮につながる。しかし面の段差が大きくなる可能性とサポートが多く必要となることから後加工に影響する問題があり総合的に判断すると45°に配置する場合が適切と考えられる(表3)。

### 3-4 タイヤを事例とした効率的造型方法の検討

前述の分割案(図8)を効率よく作製するためには、面の段差の軽減や造形時間の短縮の結果もふまえると以下のような結果になった。

分割案の場合、テーブルに配置したテーブルに対しての配置面積が大きいいため、複数個得るには効率的ではないと考える。

分割案の場合、モデル自体が小さく、モデル一つの配置面積も小さくなるが、多分割により接合部が増加するので、造形後の接合と仕上げに手間がかかる。

分割案の場合、設置面積も小さく、2分割のため組み立てもあまり手間にはならない。配置により高さ、面の段差など、バランスのとれた分割方法であると考えられる。

そこで、分割案において実際作成した。その結果、接合の作業の時間等を考慮すると、多くても2つから、3つ程に分割して作成した方が効率よく作製できると予想でき、の半月状に2分割する方法が、テーブルへの配置、面段差の最小化、後加工のしやすさ等の要素で秀でてい

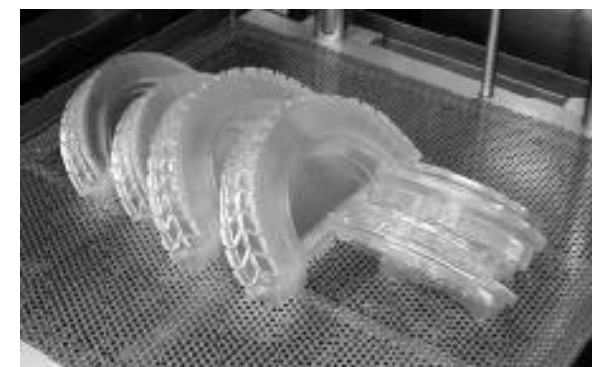


図11 2分割で造形したタイヤ

## 4 結 語

今回の研究では、光造形技術を使用して試作品を作成する際、曲面の分割や配置の角度等の物体の造型方法が、大きく製品の精度(面の段差)とコスト(造形時間)とに影響を与えることがわかった。

Z方向における断面形状に基づいたモデルの配置角度により面の段差を軽減できることがわかった。

さらに曲面の場合、分割して造形することによって、より面の段差を軽減できることがわかった。

造形時間の短縮やサポートの量を少なくすることができ配置角度の指標を得た。

以上のことから、光造形技術による自動車部品の試作等での、モデルの分割製作と最適な配置角度の有用性が確認できた。

今後の課題としては、今回のような分割や配置角度の造形方法を、ソフトウェアでの計算による自動化の検討や、さらなる光造形モデルをマスターとする高精度な試作方法への利用を検討したい。

本研究を実施するにあたり、助言、資料等を提供していただいた株式会社モディーの皆様に深謝いたします。

この研究は平成11年度技術パイオニアORT研修事業で実施したものである。

## 文 献

- 1) NTTデータシームット: SoupWere Ver.3.2 取扱説明書, (1997)
- 2) 日経BP社: スマート試作で大競争時代を生き抜く, 日経デジタルエンジニアリング, No.9, 82(1998)
- 3) 日経BP社: RP装置製品総覧, 日経メカニカル別冊 デジタルファクトリ, No.2, 77(1997)