

3次元テクスチャーマッピングを利用した光造形技術

小林 政義, 岩越 睦郎, 三戸 正道
金井 理*, 伊達 宏昭*

Rapid Prototyping Technology using Three-Dimensional Texture Mapping

Masayoshi KOBAYASHI, Muturou IWAKOSHI, Masamichi MITO
Satoshi KANAI*, Hiroaki DATE*

1. はじめに

商品開発期間の短縮化が推進されるなかで、3次元CADデータから直接“モノ”作りを行うラピッドプロトタイピング（以下RP）が、製品開発の試作工程で、意匠性検証の役割をもつ実物大模型（モックアップ）作製に多用されている。意匠性検証は、製品の外観から人間が感じとる雰囲気的重要であり、形状・色彩と物質から受ける組成的な感じ（材質感）であるテクスチャーの検証が必要となる。現在のRPでは、形状検証を行える精度のモックアップを直接作製できるが、テクスチャーに関しては後工程で作製しているのが現状である。

本研究では、テクスチャーの検証を行うことができるモックアップを、光造形で直接作製する技術の開発を目的として、平板上に微小な基本的形状（半円、矩形、台形）の造形試験による適切な造形条件の把握と3次元曲面へのテクスチャーマッピング造形試験を行った。

2. 微小基本断面形状の造形試験

2.1 微小基本断面形状

光造形によるテクスチャーマッピングの造形精度と経済性に適した造形条件の把握を目的として、微小な基本断面形状（半円、矩形、台形）の造形試験を行った。試料の全体形状（半円、半径0.5mm）を図1に示す。矩形、台形の微小断面形状を図2に示す。

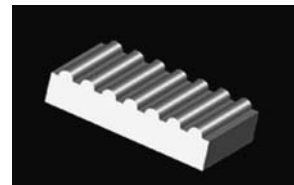


図1 試料全体形状（半円）

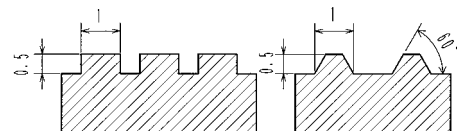


図2 微小断面形状（矩形、台形）

2.2 造形試験方法

光造形は光硬化樹脂を積層し、成形物を作製する手法であり、造形精度には積層ピッチ、造形角度、レーザースポット径が大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、図1、図2に示される形状を積層ピッチ、造形角度、レーザースポット径を変えて造形試験を行い、造形精度を調べた。

試験に用いた光造形機は、シーメット株式会社製 Rapid Meister 2500（LD 励起固体レーザー仕様）、樹脂はエポキシ系光硬化樹脂である。造形試験条件を表1、造形角度を図3に示す。

表1 造形試験条件

積層ピッチ	0.05, 0.1mm
造形角度	0, 45, 60, 90度
レーザースポット径 (直径)	0.1mm (レーザー走査速度 900mm/sec) 0.2mm (レーザー走査速度 600mm/sec)
レーザー出力	300mW

* 北海道大学

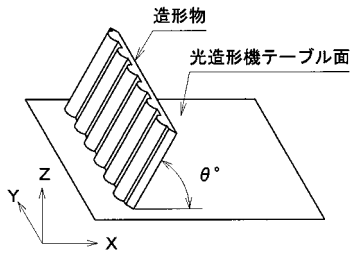


図3 造形角度

2.3 造形試験結果

2.3.1 積層ピッチ

積層ピッチは、造形角度90度以外の全ての角度において0.05mmの方が0.1mmより良好な造形精度を示し、特に半円形状の造形精度に大きな差異を生じた。造形角度90度では積層ピッチによる差異は生じなかった。表2に半円形状の造形精度(真円度)を示す。

表2 造形精度(半円)

造形角度(度)	積層ピッチ(mm)	真円度(mm)
0	0.10	0.04
	0.05	0.02
45	0.10	0.04
	0.05	0.01
60	0.10	0.03
	0.05	0.01
90	0.10	0.01
	0.05	0.01

造形角度45度の半円、矩形、台形の造形断面を図4から図9に示す。

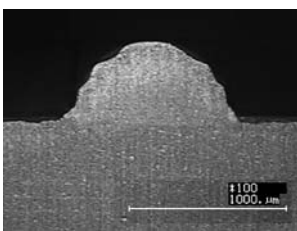


図4 半円
(積層ピッチ 0.1mm)

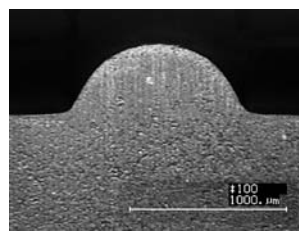


図5 半円
(積層ピッチ 0.05mm)

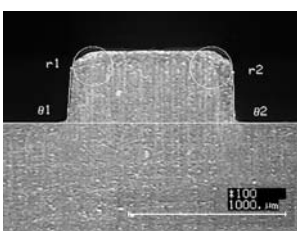


図6 矩形
(積層ピッチ 0.1mm)

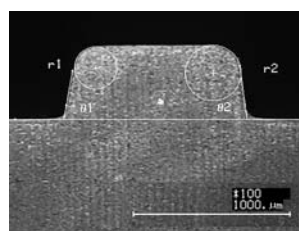


図7 矩形
(積層ピッチ 0.05mm)

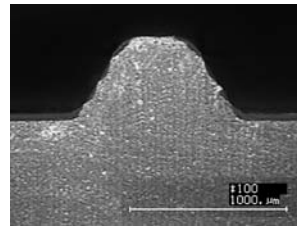


図8 台形
(積層ピッチ 0.1mm)

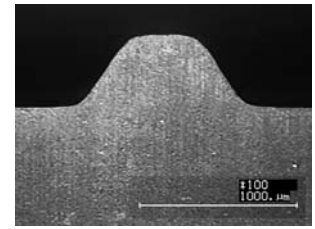


図9 台形
(積層ピッチ 0.05mm)

積層ピッチの造形試験結果から、積層ピッチは0.05mmが適していることが分かった。

2.3.2 造形角度

造形角度は45, 60, 90度で良好な造形精度を示した(積層ピッチ0.05mm)。造形角度0度では、半円が多少つぶれた形状となった。積層ピッチ0.1mmの場合、造形角度が大きい方が良好な造形精度を示した。

この結果から、ゆるやかな曲率の曲面を有する形状を造形する場合、造形角度が大きくなるようにセッティングすることが造形精度向上に有効であることが分かった。図10, 図11, 図12, 図13に半円(積層ピッチ0.05mm)の造形断面を示す。

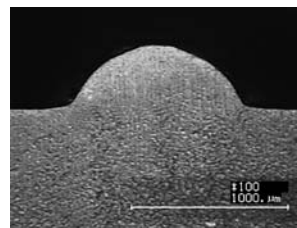


図10 半円(角度0度)

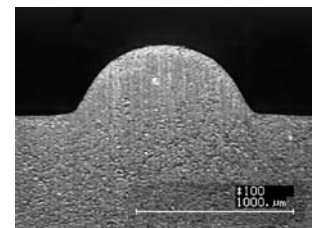


図11 半円(角度45度)

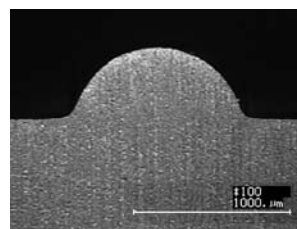


図12 半円(角度60度)

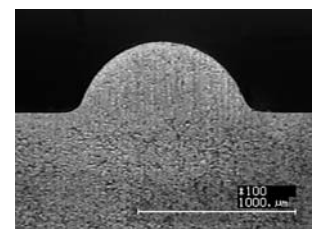


図13 半円(角度90度)

2.3.3 レーザスポット径

輪郭部のレーザースポット径0.1, 0.2mm, 形状内塗りつぶし部のレーザースポット径0.2mm(積層ピッチ0.05mm, 造形角度45度)で造形試験を行った。試験結果を表3に示す。半円形状では、レーザースポット径による造形精度の差異は生じなかった。矩形、台形形状ではエッジ部に丸みが生じ、その丸みの半径値はレーザースポット径0.1mmの方が小さな値となった。

この結果、テクスチャーを鮮明に造形するためには、輪郭部のレーザスポット径0.1mmが適切であることが分かった。

表3 レーザスポット径と造形精度 (単位 mm)

レーザ スポット 径	半 円		矩 形		台 形	
	半 径	真円度	エッジ 部半径 (左)	エッジ 部半径 (右)	エッジ 部半径 (左)	エッジ 部半径 (右)
0.1	0.55	0.02	0.09	0.11	0.07	0.17
0.2	0.56	0.01	0.14	0.18	0.09	0.19

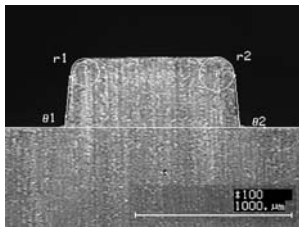


図14 矩形
(スポット径0.1mm)

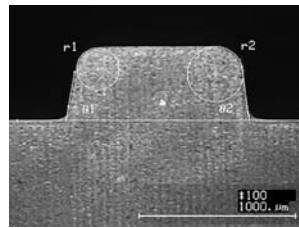


図15 矩形
(スポット径0.2mm)

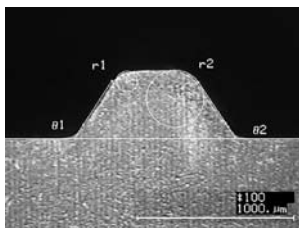


図16 台形
(スポット径0.1mm)

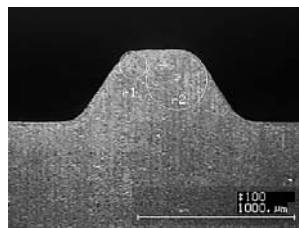


図17 台形
(スポット径0.2mm)

3. 平面におけるテクスチャーマッピング造形試験

3.1 テクスチャーマッピング用データベース作成

テクスチャーマッピングに用いるテクスチャーデータは、素材(壁紙)を非接触式三次元形状測定機(Commet400:精度(Z)±0.1mm,測定ピッチ(XY)0.3mm)を用いて測定し、データベースを作成した。革シボ(Rmax 150 μm)に関しては、前述の非接触式三次元形状測定機では測定精度が不十分なので、表面粗さ測定機で測定した。

3.2 テクスチャーマッピング造形試験

測定データから光造形用STLデータを作成し、造形試験を行った。図18に非接触式三次元形状測定機の測定データから作成したSTLモデルを示す。

光造形モデルに対して、目視によるテクスチャー評価、マイクロスコープによる造形断面形状の評価を行い、モックアップに適用可能な精度であることを確認した。図19に造形断面形状を示す。

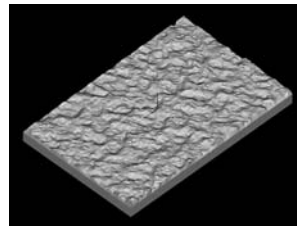


図18 STLモデル

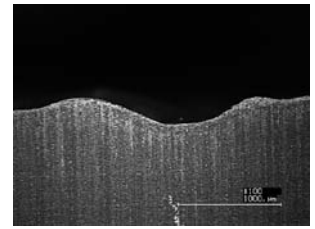


図19 造形断面形状

革シボ(Rmax 150 μm)のテクスチャーデータは、凹凸が非常に小さく、そのままではモックアップのテクスチャーマッピング造形には不适当であった。テクスチャーマッピング用データは、3軸(XYZ軸)の任意の方向に容易に拡大、縮小できるデータ構造となっている。そこでZ軸方向に2, 3, 5, 10倍拡大して造形試験を行った。

Z軸方向に拡大した光造形モデルに対して、目視によるテクスチャー評価を行った結果、2倍拡大で革シボとして使用可能なテクスチャーであることが分かった。10倍拡大の場合、テクスチャー部に欠けなどの不良箇所が生じた。欠けの原因としては、テクスチャー部にサポートを必要とするような傾斜部が生じたためと考えられる。テクスチャー部にサポートを付けるのは困難であることから、同一方向に大きく拡大する場合、注意を要することが分かった。図20, 図21, 図22, 図23に革シボの光造形モデル(2, 3, 5, 10倍)を示す。

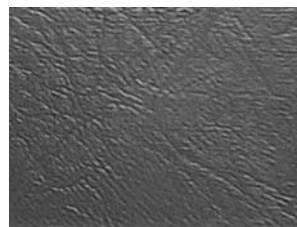


図20 2倍拡大

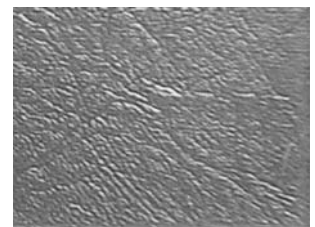


図21 3倍拡大

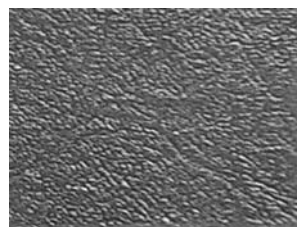


図22 5倍拡大

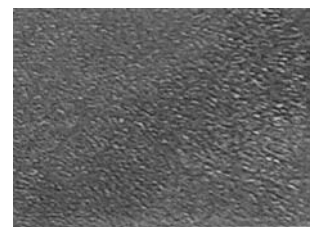


図23 10倍拡大

4. 曲面におけるテクスチャーマッピング造形試験

テクスチャーデータを基に、金井*, 伊達*らが開発しているメッシュモデリングによるテクスチャー合形状システムを利用して、曲面上にテクスチャーを有する光造形用STLデータを作成し、造形試験を行った。造形試験結果を図24,

図25に示す。目視によるテクスチャーの検証を行い、モックアップの曲面に利用できるテクスチャーが造形可能であることを確認した。

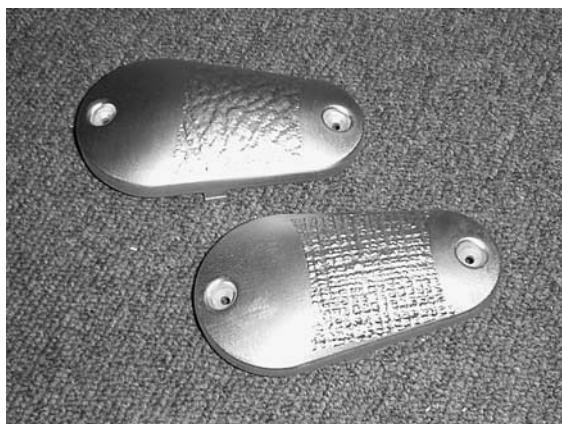


図 24 光造形モデル (マウス)

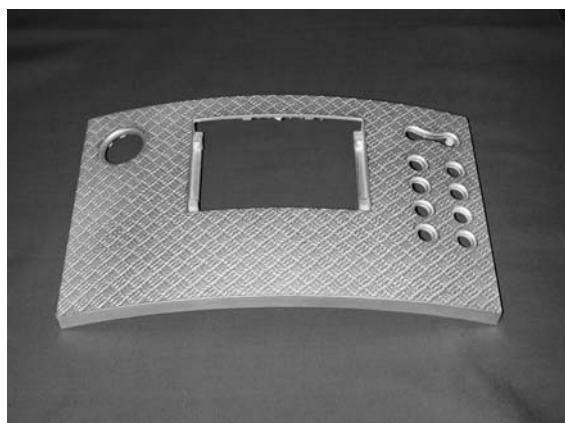


図 25 光造形モデル
(ビジュアルワイヤレスコミュニケーター)

5. まとめ

光造形によるテクスチャーマッピング造形試験を行い、以下のような結果を得た。

- 1) モックアップ用テクスチャー造形では、積層ピッチ 0.05mm, 輪郭部のレーザスポット径 0.1mm, 塗りつぶし部 0.2mm の造形条件が適切である。
- 2) ゆるやかな曲面を持つ形状の場合、水平箇所が少なくなるようにセッティングすることにより造形精度が向上する。
- 3) テクスチャーマッピング用データベースを作成し、その有効性を確認した。革シボ ($R_{max} 150 \mu m$) のような、表面の凹凸が小さいテクスチャーの場合、2倍程度深さ方向に拡大することにより、造形可能である。
- 4) 本研究により、光造形によるテクスチャー検証可能な、モックアップ作製が可能となった。

参考文献

- 1) 伊達宏昭・金井 理・岸浪建史：パラメタライゼーションを用いた表面詳細合成形状の三角形メッシュモデリング, 精密工学会誌, Vol.69, No4, pp581-585, (2003)
- 2) 金井 理・伊達宏昭・岸浪建史：メッシュモデルのLOD制御技術とそのデジタルエンジニアリングへの応用, 精密工学会誌, Vol.69, No4, pp490-493 (2003)