

デザインモデル用素材の加工と塗装処理

岩越 睦郎, 安河内義明, 中村 勝男,
及川 雅稔, 高坂 敬弘

Processing of Material for Design Model and its Paint Treating

Mutsurou IWAKOSHI, Yosiaki YASUKOUCHI
Katsuo NAKAMURA, Masanori OIKAWA
Takahiro KOUSAKA

抄 録

自由曲面をもつデザインモデルのNC加工は、一般的にはデータ数が多くなり、加工にも多くの時間を要する。同一データにおいても加工時間は加工時の切削量と送りスピードに左右される。素材によっては切削抵抗が大きく、高速送り加工ができないものがある。本研究では意匠評価モデルの作製に適する加工素材の選択と、合理的なデザインモデルの作製を行うための切削、研磨、塗装性について検討した。又、試作試験により作製したデザインモデルを用いて、真空注型によるシリコン型から複数個のコピー品を作製し、各種マスターモデルとしての可能性についても検討を加えた。

1. はじめに

一般的な工業製品の開発過程の中で、意匠評価モデルはスタディーモデル、プレゼンテーションモデル、プロトタイプモデルと最終段階に近づくにつれ、仕上げもより実際の製品に近い形に仕上げられる。この過程は意匠性、精度等の検証に重要であるが、製品化に要する時間の中でもこの過程は多くの時間を必要とするところである。従って、この過程を合理化することは製品化の時間とさまざまな費用の節約につながると思われる。取り分け合理化のポイントはNC加工の時間の短縮であり、切込み深さを多く取り、送り速度を速くすることにある。そのためには素材として切削抵抗が小さいものを使用することが必要である。

本研究では、これらの点を重視し、モデル作製のための適性な素材の選択とそれらを使用した場合の表面処理の手法を見出すことを目的とし、切削、研磨、塗装、そして試作試験をとおして合理的なモデル作製について検討を加えた。

2. 試験方法

2.1 加工用素材

一般的にデザインモデル作製に使用されているプラスチック

ク発泡材、及び複合材を選び出し、各種試験に使用した。それらの素材を表-1に示す。

表1 加工用素材

試験材	商品名	商品NO	樹脂	密度 (g/cm ³)
A	ウツ TM フォーム	————	ウレタン	0.055
B	フォームック	#2005	アクリル	0.052
C	ソフラー-R	W-100	ウレタン	0.096
D	ソフラー-R	W-200	ウレタン	0.200
E	サンモシ TM ュール	7K-1003	ウレタン	0.674

2.2 切削・切削力試験

表-1に示した素材をNC加工機(MMN-400V)でボールエンドミル(R2.5×5)を用いて、切削送りスピードとピッチ送り幅の条件をかえて、平面、半球面加工を行い加工における適正条件を検討した。使用したNC加工機を写真-1に示す。

適正条件の検討は、加工後の表面性状を目視、及び実体顕微鏡(NikonSMZ-U)で観察することにより行った。

切削力試験は刃物の回転数4,000RPM, 切削送り1,000mm/minで、エンドミル(ロング12mm)を用いて加工素材に

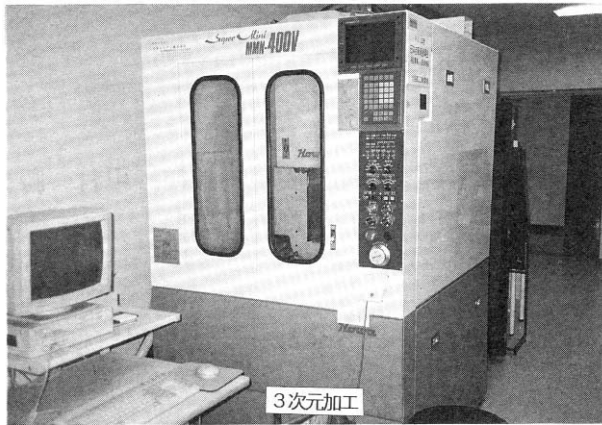


写真1 NC加工機

対する切削力をAST式切削工具動力計(AST-ZMM)・FFTアナライザーCF360で測定した。

2.3 研磨性試験

研磨性試験はテーバー型磨耗試験機(JIS K5400)を用いて、磨耗輪GC-150,250g・100回転という一定条件のもとでの磨耗減少重量から磨耗減少体積(磨耗減少重量/素材密度)を算出し素材の研磨性として比較検討した。

2.4 塗装試験

塗膜の強度、耐薬品性等を考慮してそれらを満たす塗料として予めウレタン系仕上げに絞って試験を行った。目止めについては作業性、研磨性、付着性試験により素材に適すると思われる塗料を選び出した。作業性、研磨性試験は、各種素材に対し実地試験を行い評価したが、付着試験は、5mmの升目による碁盤目試験(JISK 5400に準じた)により評価した。各工程における仕上がり状態は、目視、及び、実体顕微鏡により観察判断した。供試塗料を表-2に示す。

表2 供試塗料

工程	塗料	商品名
目止め	合成樹脂 ウレタン モデリ ポリ 板金	MC7 クット フィ Liquitex ひつつき 虫 仕上げ 板金
生地固め	ウレタン	ヒュー タック アインΣ
下塗り	ウレタン	Poly-Auto
上塗り	ウレタン	SP-Auto

2.5 試作試験

クレイ(インダストリアルクレイ)で作製したソーラーカーを形取ったモデルを3次元測定器(LAYOUT MACHINE DMT-1)で測定し、3次元の数値データを作成した。その

データをもとにした1/2サイズのNCルーター加工用データを作成し、素材の加工を行った。その後、研磨、塗装仕上げを施し、そのモデルから真空成型機(ミニスター)でシリコン型を作製し、成型用樹脂(クインネート300)を型に流し込み複数個のコピー品を作製した。

3. 試験結果と考察

モデル作製のための適性な素材の選択とそれらを使用した場合の表面処理の手法を見いだすことを目的とし、切削、研磨、塗装、そして試作試験をとおして合理的なモデル作製について検討を加え、以下のような結果を得た。

3.1 切削・切削力試験

切削試験では表-1に示した素材を送り速度1,000mm/min、ピットの回転数4,000RPMの同一条件でピッチ送り幅0.5mm,1.0mm,1.5mm,2.0mmと条件を変え平面(100×200mm)、半球面(R30mm)加工を行い、加工後の表面性状を実体顕微鏡で観察した。写真-2にピッチ送り1.0mmの加工後の半球体の表面性状を示す。素材Aは、加工面がちぎれ飛んだ様になっており本条件でのNC加工には適さない素材であることが伺える。表-3に各素材を目視により確認した結果を示す。素材A,B,Cは1.0mmピッチでピッチ送り面が不明確になっている。素材Dは0.5mmピッチ送り目でピッチ送りが確認できなかった。このことは使用したこれらの発砲素材では素材自体の荒さの影響がでるため細かいピッチ送りは無駄なことになる。使用した発砲素材では1mmピッチ送り前後が適正な条件と考えられる。

素材Eは0.5mmでも明確なピッチ送り目が確認された。このことは素材Eは他の発砲素材に比べ精度が要求される素材用として適する素材であると考えられる。

発泡素材A,B,C,Dは深さ30mmでの同一条件での加工についてもスムーズな加工が行えた。表-4に刃物の回転数

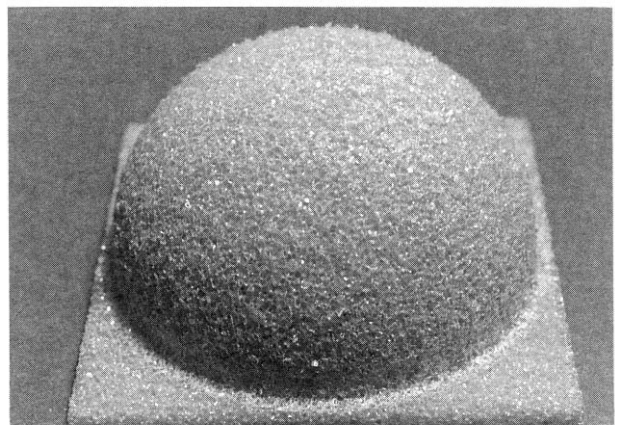


写真2 加工後の表面性状(素材A)

表3 ピッチ送り目の確認状態

試験材	0.5mm	1.0mm	1.5mm	2.0mm
A	×	×	×	△
B	×	×	△	○
C	×	×	△	○
D	×	△	○	○
E	○	○	○	○

※ ○：明確に △：やっとなんて ×：全く

4,000RPM, 切削送り 1,000mm/min で, エンドミル (ロング 12mm), 切込み深さ 10mm の条件下で X 軸方向への切削力の測定値を示す。発泡素材 A, B, C, D は 0.9kgf (8.8N) 以下でスムーズな加工が行えたが, 複合材 E は, ビビリ振動が生じ, 最大切削力も 9.0kgf (88.2N) と大きかった。複合素材 E は切込みが深い時の高速送りに適さない素材であると考えられる。

発泡素材は, 切込みがある程度深くとも高速送りができると考えられる。

表4 各素材に対する切削力

試験材	切削力 kgf (N)
A	0.2 (2.0)
B	0.4 (3.9)
C	0.4 (3.9)
D	0.9 (8.8)
E	9.0 (88.2)

3.2 研磨性

表-5 にテーバー型磨耗試験機による試験結果を示す。磨耗重量は試験の前後の磨耗減少重量で, 磨耗性は, (磨耗量 / 樹脂密度) から割り出した磨耗体積である。試験の結果, 樹脂密度が低いものほど研磨し易い傾向にあることが伺える。

次に, 切削加工に使用した試験片を用いてピッチ送りによる段差を研磨により取り除くことを試みた。平面研磨はあて木に研磨紙 (# 180 3M フィニッシング) を張り付けたものを使用し, 曲面研磨は手研磨で行った。面だしは凹部の底面を基準とした。平面研磨では素材 A を除いて問題はなかったが半球面の研磨では素材の密度が小さくなるほど面だしが行いづらいつことが分かった。素材 A は研磨面が潰れたようになり研磨により段差を取り除いても精度をだすことが難しい素材と考えられる。この結果から曲面 R が小さいモデルの素材としては素材密度の大きい方が適すると言える。

表5 テーバー型磨耗試験機による磨耗量

試験材	磨耗重量 (g)	磨耗性
A	0.130	2.356
B	0.168	3.229
C	0.465	4.847
D	0.096	0.480
E	0.044	0.065

※磨耗性：磨耗重量 / 素材密度

3.3 塗装試験

意匠評価モデルの場合の塗装は, 質感, 色彩等を検討することが目的であり, さほど厳密な表面仕上を要求されることは少なかったが, 真空注型や樹脂金型技術の進歩により, モデルから直接型おこしを行い, 小ロット対応型のマスターとして使用されることが多くなった。そのために, デザインモデルの仕上げも一般的工業製品 (プラスチック, 金属製品) と同レベルの表面仕上げが要求されるようになってきた。そこで塗装試験では, それらのことを考慮して, 塗膜の強度, 耐薬品性のある塗料として予めポリウレタン系仕上げに絞って試験を行った。試験に使用した素材は, 切削・研磨力試験と研磨性試験で良好な結果を得た素材 D, E である。この素材で塗装上問題になるのは目止め工程である。本研究では目止めに重点をおいて塗料の選択試験を行った。試験は, 素材に対して各種目止めを行い, 作業性, 研磨性, 付着性を比較した。その結果から, 素材に対し適すると思われる塗料と工程を選び出した。表-6 に目止め試験の結果を示す。

素材 D に対しては, 合成樹脂フィラー, 素材 E に対しては,

表6 目止め材の評価結果

	素材	作業性	研磨性	付着性
合成樹脂フィラー	D	○	○	×
ウレタンフィラー	E	○	○	△
モナリンクペースト	E	△	○	○
ポリパテ	E	△	○	○
板金パテ	E	△	×	○

※ ○：良い △：まあまあ ×：悪い

ポリパテが適するという試験結果であったが, 素材により適する目止め材が異なった結果になったのは, 素材面の荒さの違いによるものと考えられる。合成樹脂フィラーは一般的には木材の導管の目止めなど細かいピンホールの状態に適するものでフィラー自体の凝縮強度は小さい。又, ポリパテはフィラーに比べると作業時における塗料自体の伸びが良くない

ので細かいピンホールの目止めには適さないことによるものと推測される。

3.4 試作試験

クレーで作製したソーラーカーモデルを形取ったモデルを3次元測定器で測定し、3次元の数値データを作成した。その様子を写真-3に示す。

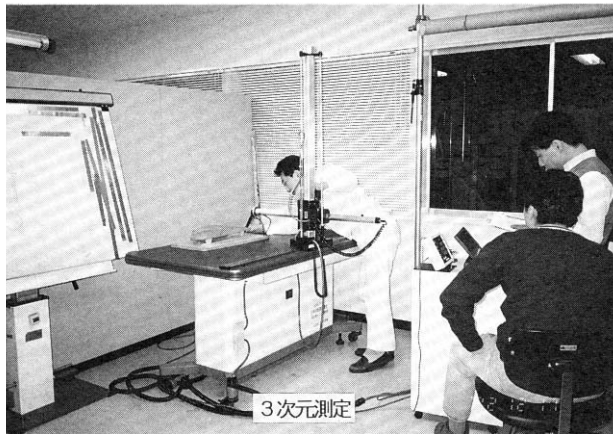


写真3 3次元測定の様子

測定は5mmピッチで約4,000ポイントである。使用した3次元測定器にはパソコン上に数値化できる機能がついている。それらのデータを使用して1/2の大きさにNC加工用プログラムを編集し、素材の加工を行った。NC加工には素材Dを使用したはその理由は、切削・研磨、塗装性試験により良好な結果を得たことによる。

加工は1次加工として刃物の回転数4,000RPM, 切削送り1,000mm/minで、エンドミル(ロング12mm), 2次加工は同一条件でボールエンドミル(R2.5×5)で行った。次にNC加工が終わったモデルを研磨、塗装、真空注型という工程でコピー品を作製した。その詳細は図-1に示す。

写真-4, に1次加工品, 写真-5に2次加工品, 写真-6に研磨後,そして写真-7に塗装仕上げ品と写真-8に真空注型品を示した。

試験の結果, 1次加工では切込み深さを30mm前後で行っ

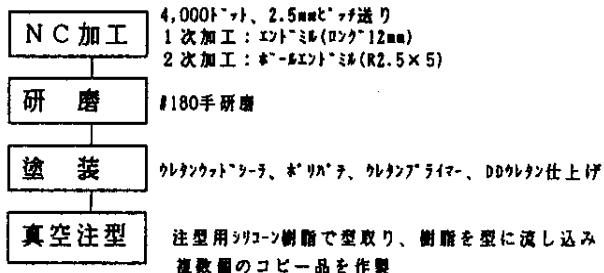


図1

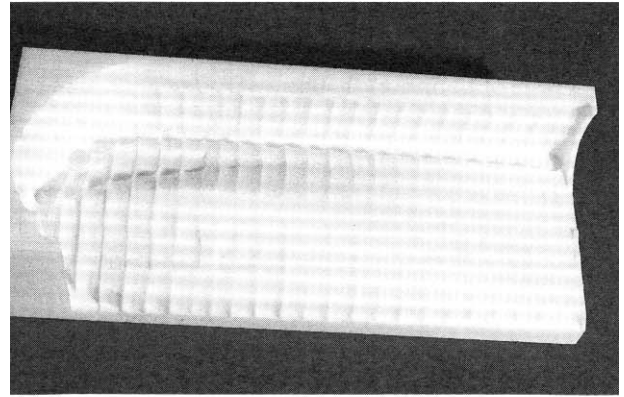


写真4 1次加工品

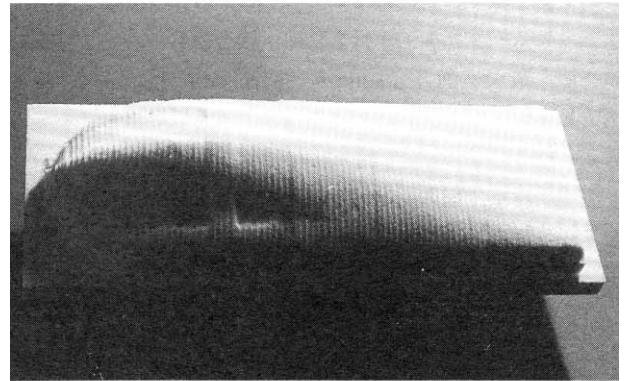


写真5 2次加工品

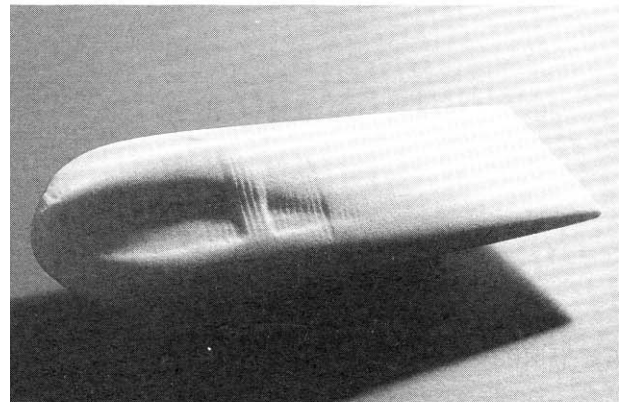


写真6 研磨後の品

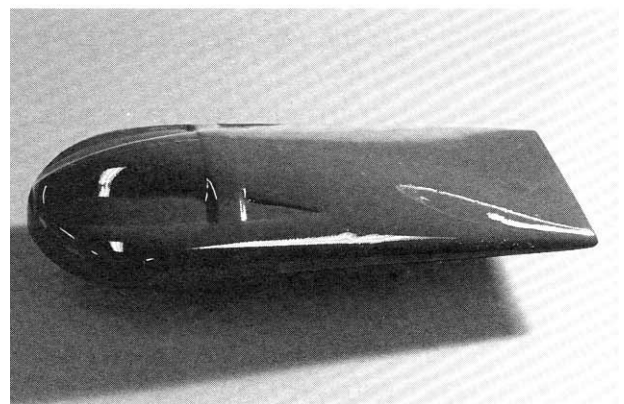


写真7 塗装仕上げ品

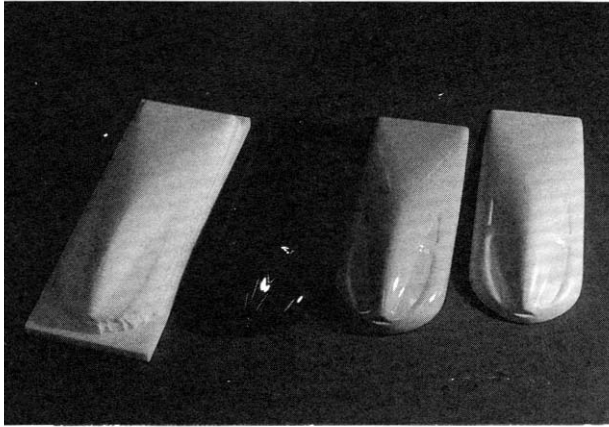


写真 8 真空注型品

たが加工時に刃物のビビリもなくスムーズな加工が行えた。加工時間は 2 次加工を含め約 20 分程度であった。これは、加工素材が大切削、高速送り加工に適するためと考えられる。研磨工程ではピッチが 2.5mm であったが曲面 R が大きい素材であったため容易に面出し研磨が行えた。塗装仕上げを行ったモデルから真空注型で型取りを行ったがモデル自体に変形もなくコピー品は型取りモデルと同程度に仕上がった。これらのことから、低発泡素材は曲面 R が大きい自由曲面を持つモデル素材としては有効な素材といえる。

4. まとめ

各種試験の結果をまとめると次のようになる。

自由曲面をもつデザインモデルを合理的に作成するには素材の選択と加工後の表面処理方法が重要である。発泡素材は深い切込み量でも高速送り加工ができるが、取り分け発泡密度 0.2g/cm 程度の素材（ソフランー R200）が研磨、塗装試験によっても良好な結果を得、自由曲面をもつデザインモデルの製作用素材として適すると考えられる。発泡材（ソフランー R200）の目止め材としてはポリパテ（ひつつき虫仕上げ）が作業性、研磨性、付着性などから適すると言える。

複合材（サンモジュール）は深い切込みでの高速送り加工には不適であるが、曲面 R が小さい自由曲面をもつデザインモデル用としては有用である。目止め材として合成樹脂フィラーを使用すると作業性、研磨性、付着性も良好で高品位なデザインモデルの作製ができる。

発泡材（ソフランー R200）を用いて NC 加工、研磨、塗装して仕上げたものをマスターモデルとして真空注型でコピー品を複数個作製したが、モデル自体に変形もなくコピー品はマスターモデルと同程度に仕上がった。これらのことから、低発泡素材（ソフランー R200）は、各種マスターモデル用素材として各種分野に利用できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 高見正光, 真空注型システムのキーテクノロジー, 工業材料, 1984 第 34 卷 12 号
- 2) 筒井隆夫, 田辺邦彦, メタルレジン複合材「クインネート MEZ シリーズ」の金型への応用