

# 三次元彫刻器を用いた立体成形技術の開発

坂之上 悦 典\*  
市 村 恒 人\*\*

## [要 旨]

立体形状モデル製作について、インターネット上においてフリーで流通しかつ操作性のよいCGソフトと安価なCAMソフトを組み合わせるシステムを検討した。その結果、パソコンベースで複雑な三次元立体形状についてのデジタルデータを、容易に作成するシステムが開発できた。

## 1 緒 言

府内の工芸業界、とりわけ漆器や神仏具製作に見られるような立体形状を製作する分野では、アジア諸国からの安価な製品の流入や高度な製作技法の伝承に時間を要することから、急速に産業競争力を失いつつあり、業界の存続が岐路に立たされている。これに対し、府内では伝統工芸専門校などにおいて後継者に対する製造技法の伝承を組織的に行っているが、海外とのコスト競争に打ち勝つ“ものづくり”にするためには、従来と異なった製造システムを構築する必要がある。

そこで、本研究ではモデル製作のための形状データ作成をパソコンベースで安価に行えるシステムについて検討したので報告する。

## 2 加工システム検討内容

### 2 - 1 3次元形状製造における現在の問題点

現在、3次元形状を工業的に切削して製造している代表的な分野として金型産業があげられる。

\* 技術部材料技術課 技師  
(現在 産業振興課新産業推進係技師)

\*\* 技術部材料技術課 主任研究員  
(現在 技術支援課工業材料担当)

金型産業におけるモデル製作工程を図1及びシステムの長所と短所を表1に示す。この分野における製造はCAD/CAM化が著しく進んでおり、基本的に設計からモデル検討及び切削加工に至るまでデータの受け渡しはすべて電子情報で行われている。そのため、複雑な立体形状の修正もコンピ

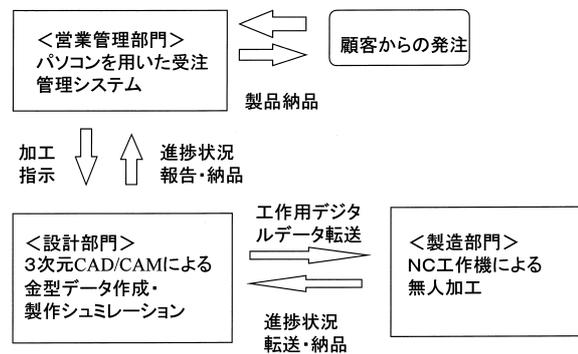


図1 情報機器を活用した金型産業におけるモデル生産行程

表1 金型産業に見られる生産行程の長所と短所

長所	短所
1) 設計図のできた時点で加工に必要なすべてのデータがそろう	1) システムがきわめて高価
2) データの受け渡しがすべて電子情報なので修正が早い	2) システムの保守更新には専門家が必要
3) 設計者の個人技量の平準化に伴う安定した製品品質	

ユー上で行い、切削データの作成、修正およびシミュレーションも早い。一方、切削対象が金属であるため、立体的な複雑形状のすべてを工作機械により加工する。そのため、数値制御工作機械に対応するCAD/CAMソフトも数百万円～数千万円（年間保守費を含む）と高額であり、図形を構成するための複雑な操作が要求され、また長期にわたる形状作成のための技量修得が必要となる。

## 2 - 2 検討したモデル加工システム

研究対象の工芸業界においては、零細な伝統的手工業形態が多く見られる一方、若手職人の間では製作対象の2次元形状データ作成をパソコンで行い、そのデータに基づいてモデル切削をNC旋盤やNCルータで行っている形態<sup>1)</sup>も一部で見られる。一方、市場における商品のニーズは単純な2次元形状のものから、人に優しい形状でかつ複雑な3次元形状の加工物が要求されるようになってきている。そのため、従来は高度な加工技術を

有する職人が単品生産で対応してきた。本研究では、この3次元形状製作過程における形状の削り出しに相当する部分のコンピュータ化を行った。

まず、最初に製作を考えている図形情報のデジタル化について検討を行った。装置の概略を表2に示す。金型産業に見られるような高度な機能を有したCAD/CAMは、対象業界である工芸業界においてはなじみが薄く、また製品単価に対して過剰な設備投資とも考えられる。そこで、アニメなどの製作時に利用されるCG（コンピュータグラフィクス）のソフトの中で、フリーソフトもしくは安価なもので操作性の良いものについて検討した。検討ソフトの一覧を表3に示す。その結果、利用できる図形に制限があるものの、使用ユーザの数が多く、コマンド数が少なく操作性が良好、フリーソフトである、の点から六角大王を用いることとした。

六角大王を用いて図形を製作する場合の手順を図2に示す。

六角大王により製作される図形データは、他の

表2 検討したモデル生産システムの緒元

<加工機> モデル加工機 MDX-3 (ローランドディジー(株)製) NCルータ MC22-1 ((株)菊川鉄工所製)	<使用パソコン>	
	項目	性能
	CPU	ペンティアム3 700MHz
	メモリ	192Mbit
	ハードディスク容量	10Gbit

<使用ソフト>			
用途	名称	価格	備考
CAD	六角大王for windows V5.25	フリーソフト	データ作成用
CAD	メタセコイアLE R2.0b	フリーソフト	六角大王データ細分化用
CAM	ミルウイザードJE V1.300	定価49500円	NCルータ用
CAM	MODELA PLAYER V2.70	モデル加工機付属	モデル加工機用

表3 CADとして用いるソフトの検討

名称	出典	長所	短所
六角大王for windows V5.25	Furushima&ともK	操作が簡単、ソフトが軽い	左右対称モデル
メタセコイアLE R2.0b	ミズノオサム	他データ形式の入出力可	操作が比較的難しい
Teddy	五十嵐	操作が極めて容易	Javaで動く、良く落ちる
Blender	Not a Number	統合ソフト	操作が比較的難しい

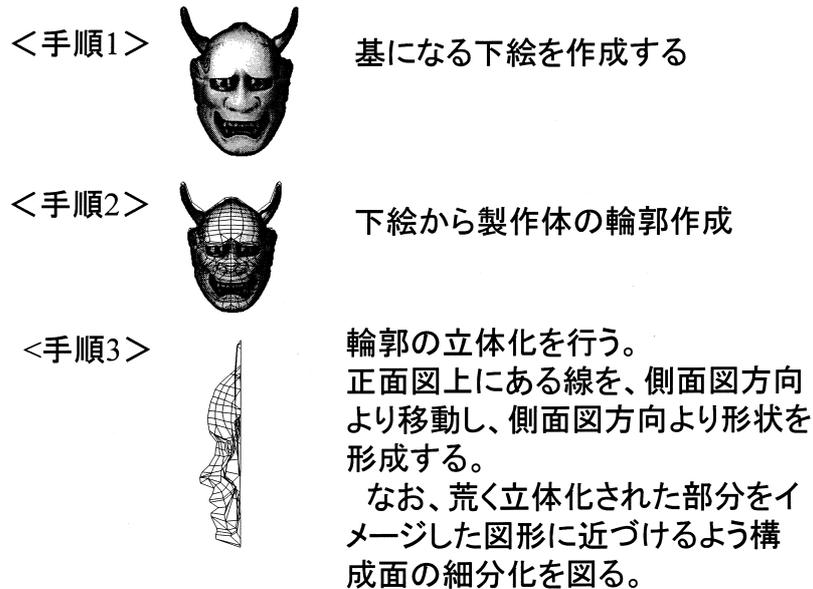


図2 六角大王を用いた立体図形の作成

ソフトでの使用を考慮して3DのDXF形式とした。本実験において作成したモデル図形は、イルカ及び般若面であり、データの大きさはそれぞれ、204Kbit、172Kbitである。

## 2 - 3 モデル加工機での立体形状製作

### 2 - 3 - 1 「イルカ」モデルの製作

パソコン画面上でフリーハンドにより「イルカ」のモデルを作成し、モデル加工機を用いてモデリングワックスを切削する事により立体形状を作成した。作成手順を図3に示す。モデルの加工寸法は長さ65mm、巾30mm、高さ22mmであり、同寸法の直方体の材料から所定の形状に切り出すまでの時間は約12時間であった。

### 2 - 3 - 2 「般若面」モデルの製作

写真ベースの元図をパソコンに読み込み、輪郭をなぞりながら「般若面」のモデルを作成し、モデル加工機を用いてモデリングワックスを切削する事により立体形状を作成した。作業工程を図4に示す。モデルの加工寸法は長さ72mm、巾

55mm、高さ13mmであり、同寸法の直方体の材料から所定の形状に切り出すまでの時間は約14時間であった。

図4に示されるように、仕上がり面においてモデリングの構成面がそのまま反映されているため粗雑感があるが、全体としての形状はイメージ下絵の写真を良好に反映していると考えられる。

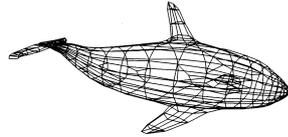
### 2 - 3 - 4 モデル加工機での課題

課題としては、ボールエンドミルを用いて切削を行うため、切刃直径より小さい部分での切削はできない、立体形状を一つの原材料より削り出す場合、表面と裏面との座標原点での一致が工作機械のようにミクロン単位で正確にできず、両面の原点を一致させる手法の考案が求められる、モデル加工機の場合切削用モータ出力が小さいため、一回あたりの切込量が小さいため、形状の生成に時間がかかる、などがあげられる。

## 2 - 4 NCルータによる立体加工

モデル加工機において製作した般若面の形状デ

<手順1>



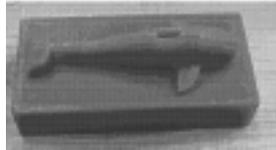
モデルの作成  
(六角大王使用)

<手順2>



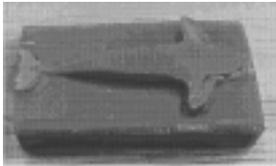
切削領域を設定し、  
モデル加工機での  
荒加工を行う。

<手順3>



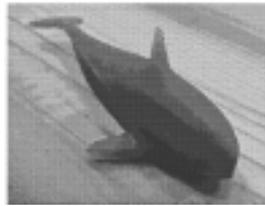
上面の仕上加工を  
行う。  
この後、上面にシリ  
コン樹脂を塗布し、  
ワックスでモールドする。

<手順4>



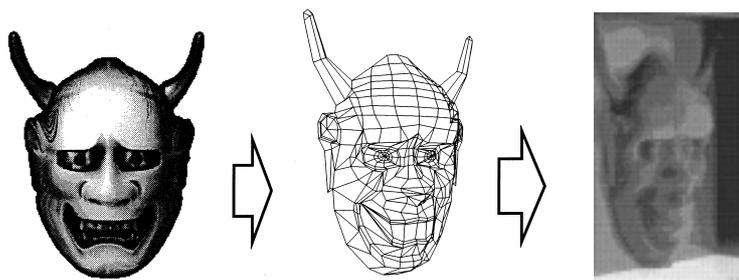
反転の後、切削  
終了後、シリコン樹脂  
面で離型

<手順5>



仕上がり

図3 モデル加工機での立体形状製作



元図  
(写真)

モデルの作成  
(六角大王での製作)

般若面仕上がり

図4 モデル加工機を用いた凸凹の多い形状の加工 (般若面形状)

ータを用いて、NCルータにより実大寸法に近い  
モデル(長さ190mm、巾145mm、高さ35mm)  
の切削を行った。従来おこなわれていた簡単な平

面の組み合わせによる形状の切削とは異なり、複  
雑な面形状の切削を行うため数値データが膨大な  
ものとなる。そのため工作機械には切削データを



図5 NCルータによる般若面切削  
(被削材：MDF)

パソコン介して逐次転送する方式（RS232Cによる通信）を採用した。仕上げるまでに切削時間は約16時間を要した。仕上切削後の型を図5に示す。モデル加工機の場合と同様に全体形状は良好に切削できたと考える。ただ、粗加工時に、直径10mmのストレートのエンドミルを使用し、仕上げに仕上げ代1mmで直径6mmのボールエンドミルを使用したため、一部に粗加工の段差を残した仕上がりとなった。今後の課題と考える。

### 3 まとめ

- 1) 工芸業界において作成される複雑な形状を、インターネット上で入手可能なフリーソフトを活用し、市販のパソコンベースでデジタル化できるシステムを提案した。
- 2) 提案したシステムで作成したデジタルデータ化された立体形状を、モデル加工機を用いて切削したところ製作イメージに近い良好な形状を得ることができた。
- 3) 更に、実際のNC加工機に形状データを転送し製品寸法サイズの切削加工を行ったところ、

る、一部仕上がり形状に粗雑なところが目立つものの、良好な概略を得た。今後の切削条件の改善により、実レベルでの適用が可能と考えられる。

### 謝 辞

形状データを工作機械へ転送するにあたり指導助言をいただきました、技術部機械電子課の後藤主任研究員および田野技師にこの場をかりてお礼申し上げます。

### (参考文献)

- 1) 津田吉治ほか、京都府中小企業総合センター 技法No.19、P77、(1991)