

3次元曲面金型の設計加工技術

小林 政義, 三戸 正道, 飯田 憲一

Designing and Processing Technology for Three Dementional Curved Surface Mold

Masayoshi KOBAYASHI, Masamichi MITO, Kennichi IIDA

抄 録

3次元曲面金型は複雑な形状を有していることから、金型の製作に多大な時間を費やしており、金型製作期間の短縮が最大の課題となっている。

本研究では、CAD/CAM、3次元座標測定機を用いてデザイナー・製品設計者のデザインイメージを早期に数値化し、デザイン・製品設計から金型設計・加工に至るまでのデータの一元化を図り、更なるろう模型用のワックスを用いて、簡易な方法で金型を評価する方法を開発し、各工程でのミスやロスの防止とトライ成形と修正作業の減少により、金型の製作期間短縮と製造コストの低減を図った。

1. はじめに

近年、製品のラインアップの縮小やモデルチェンジの期間延長という背景から、金型産業も従来のような量的拡大は望めず、納期の短縮、コスト低減の要求がますます強くなっていく傾向にある。

3次元曲面金型は複雑な形状をしており、デザイナー・製品設計者のデザインイメージを図面等に正確に盛り込むことが難しく、デザイナー・製品設計者と金型設計者、NC情報作成者との形状理解の不一致が生じやすい。また金型製作者側が金型を評価するためのトライ成形装置を所有していることが少ないことから、金型の加工後に金型を発注者側に持込み、トライ成形を行った後に金型の修正作業を繰り返す。従って金型の製作期間が長引き、製作コストの増大となっているのが現状である。

本研究では、金型設計者が製品設計段階から参画して3次元モデリングを行い、製品モデルから3次元座標測定機を用いてNC加工用データを作成し、デザインイ

メージの早期数値化と、ろう模型用のワックスを用いた金型の簡易な評価方法の開発により、金型製作期間の短縮と製造コストの低減を図った。

2. 試験方法

本研究では、3次元曲面を有する学童用イスの木材プレス用金型を対象にCADを用いて3次元モデリングを行い、3次元座標測定機で製品モデルの寸法・形状測定、NC加工用データの作成を行った後にNCフライス盤で金型の加工を行った。また3次元曲面金型の簡易な評価試験として、ロストワックス用金型を対象に金型の設計・製作と評価試験を行った。

2.1 学童用イスの木材プレス成形用金型の製作
学童用イスのデザインイメージ作成から金型の設計、加工終了までの工程の流れを図1に示す。

2.1.1 CADによる3次元モデリング

製品モデルを製作する前に、デザインイメージを基に CAD を使用して製品の曲面形状、質感の検証をディスプレイ上で行った。CAD システムは GRADE を使用した。3 次元モデリングの手順は、製品形状を幾つかの面の合成で製品の 3 次元サーフェスモデルを作成し、寸法、形状の確認とともに、各断面の曲率と各面のつなぎ部分の滑らかさを、断面の法線方向のベクトル表示で確認した。写真 1 は、3 次元サーフェスのベクトル表示例である。

ワイヤーフレームでサーフェスモデルを作成した後、CAD のシューティング、回転機能を用い、色、光源、反射の状態を変えて質感、量感の確認を行い、視覚による意匠決定を行った。写真 2 は光源を上側にしてシューティングを行ったものである。

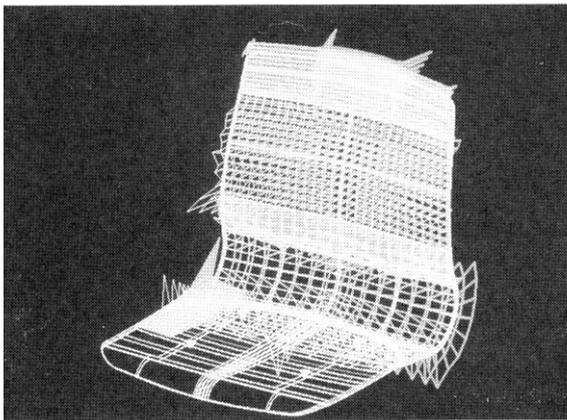


写真 1 サーフェスモデルのベクトル表示

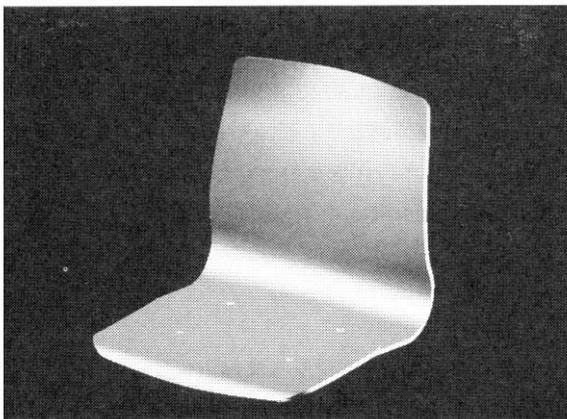


写真 2 シューディング

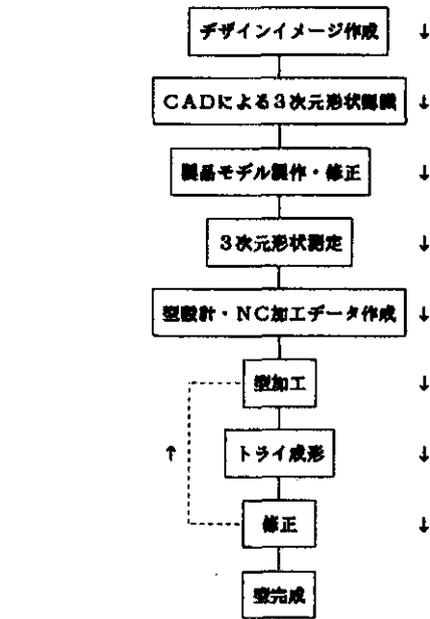


図 1 金型製作工程

2.1.2 製品モデルの製作

前述の CAD による製品形状に関するシミュレーションはディスプレイ上の視覚による意匠決定であり、最終形状を決定するには、実際に手で触れてみてその質量感や触感を得る必要がある。そのために実体モデル（製品モデル）を製作することが必要であり、前述の CAD データを利用して、NC フライス盤で加工後、ヤスリがけ、パテ盛り等で不具合な箇所の修正を手作業で行い、最終製品モデルを製作した。

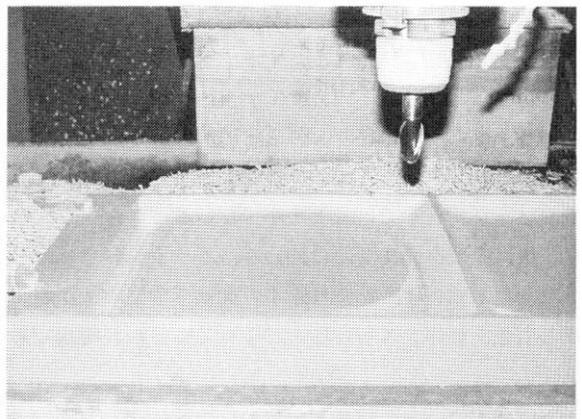


写真 3 製品モデルの NC 加工

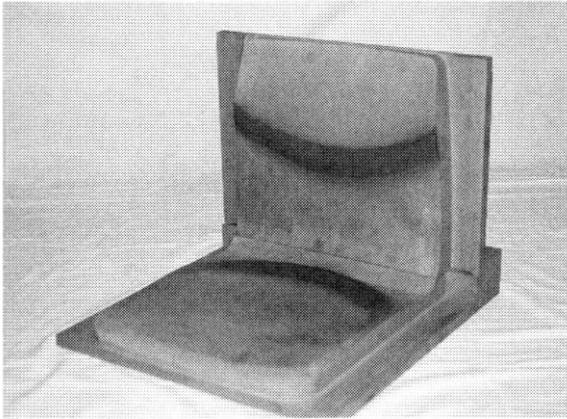


写真4 製品モデル

2.1.3 3次元座標測定機による形状測定と金型のNC加工

製品モデルから金型のNC加工用データを作成するためには、製品モデルの形状を測定しなければならない。表1に本研究で開発した3次元座標測定機の形状測定項目を示す。3次元曲面の測定は、輪郭形状測定の項目を使用する。輪郭形状の測定方法は、3次元座標測定機のX・Y・Z軸のうちどれか1軸を固定し、測定プローブを測定物に平行にスライスするように移動して測定する。3次元座標測定機で形状を測定するには、先端が球状をした測定プローブを測定物に接触させて測定するために、結果的には測定プローブの中心座標値の移動を読み込むことになる。しかし図2の例で示されるように、図の左側の場合では測定プローブの左下側の点Eで接触し、中央部では右下側の点Dで接触しており、単純に測定プローブの中心座標値にプローブの半径値をオフセットして形状を求めるわけにはいかない。

そこで今回開発した輪郭形状測定の方法は、測定位置の近傍4点(C1, C2, C3, C4)の座標値を最小二乗法で直線近似して得た直線AA'を求め、次に測定プローブの中心C1を通り、直線AA'と垂直に交わる直線BB'を求める。点C1から測定プローブの半径値分、直線BB'のB'方向にオフセットした点Dが求める形状の真の値とした。写真5は製品モデルのイスの座る部分を3次元座標測定機で測定している様子で、写真6は測定結果の図形表示である。製品形状データをCAMデータ用に変換してフロッピーディスクに書き込み、NC加工用プログラムを作成した。本試験に用いた3次元座標測定機は、データのラッチ機能がないので、連続測定の場合

は測定プローブを低速で移動させ、測定ピッチの近傍でデータの取り込みを行った。

写真7, 写真8はNCフライス盤による金型の加工, 写真9はプレス成形を行った学童用イスの製品である。

1. 点座標 (傾斜補正)
2. 点列ピッチ
3. 点の極座標
4. 円 (円弧) の中心座標と半径
5. 2円間のピッチ
6. テーパー部の傾斜と2直線の交点
7. 溝の中心
8. 輪郭形状

表1 3次元座標測定機の測定項目

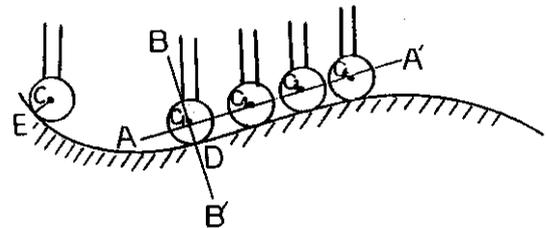


図2 輪郭形状の測定

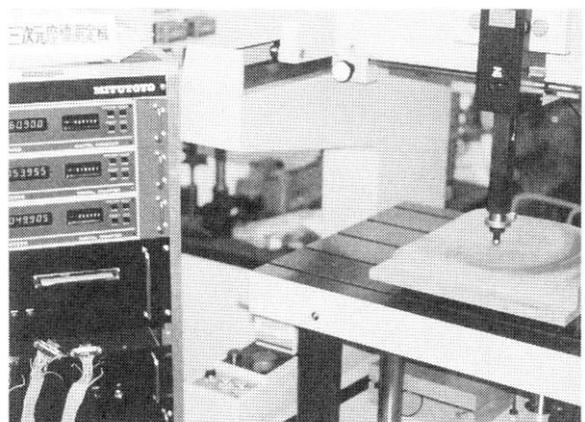


写真5 製品モデルの測定

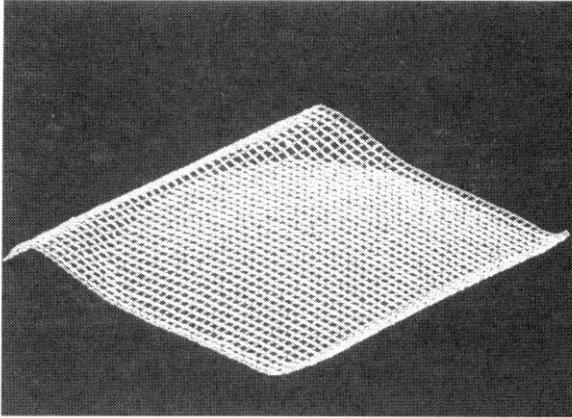


写真6 測定結果の表示



写真9 製品

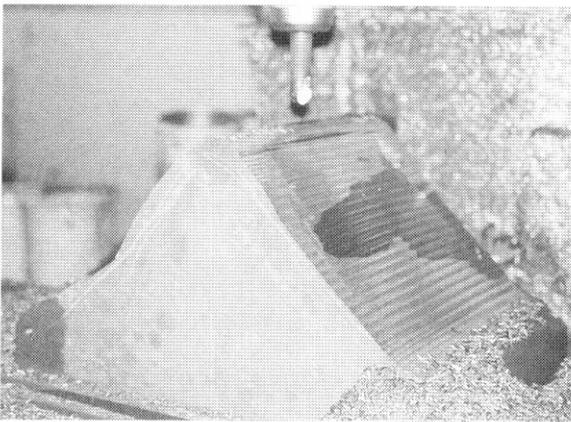


写真7 荒加工

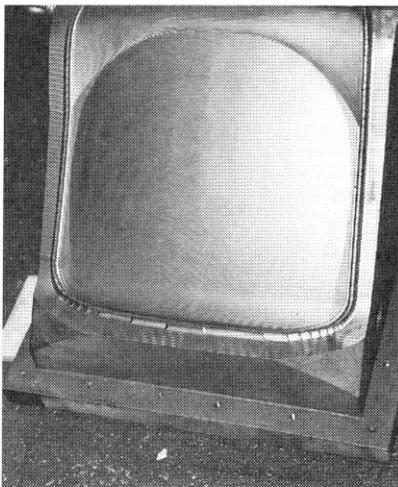


写真8 仕上げ加工

2.2 ろう模型用ワックスを用いた金型の評価試験

金型の製造工程では加工終了後、即座に発注者側に納品されることは少なく、何度かトライ成形と修正を繰り返した後に納品される。金型の製造企業がトライ用の射出成形機やロストワックス成形機等の設備を備えているところが少なく、発注者側の設備を使用してトライすることから、金型の評価と修正に多くの時間を費やしているのが現状である。そこで、本研究では、図3で示される形状のロストワックス用金型の設計・製作を行い、更に、ろう模型用のワックスを用いて、簡易な方法で金型を評価する試験を行った。図3において、①は中子、②は外型、③はろう模型部である。

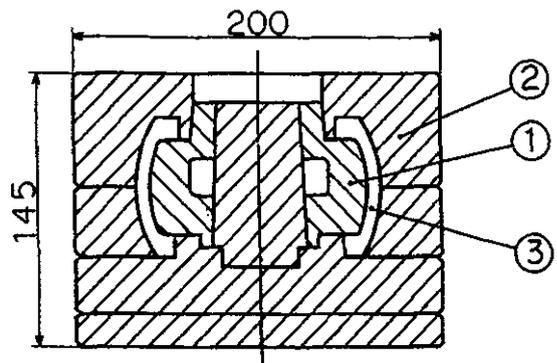


図3 ロストワックス金型

2.2.1 金型の設計・製作

金型の中子は図4で示される球面形状を有しており、ろう模型から中子を取り出すことができるように、図5で示されるように2°の勾配で6分割の中子形状とした。中子は、そのままの形状では加工できないので、図6で示される取り付け治具を製作し、6分割の中子を取り付け治具に固定した後、NC旋盤で外径の球面部の加工を行った。

金型の外型は加工しやすいように5層の構造とし、1層ごとに加工した後、5層をひとつに固定し、NC旋盤で内径の球面部の加工を行った。

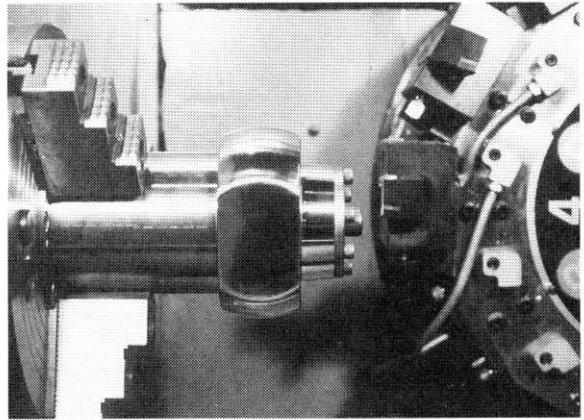


写真10 中子のNC旋盤加工

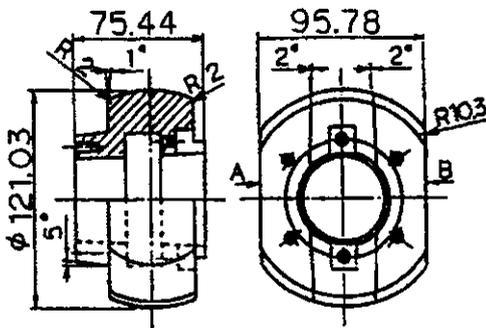


図4 中子の形状

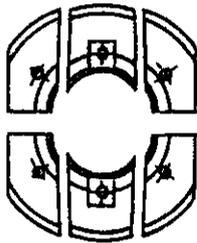


図5 6分割の中子

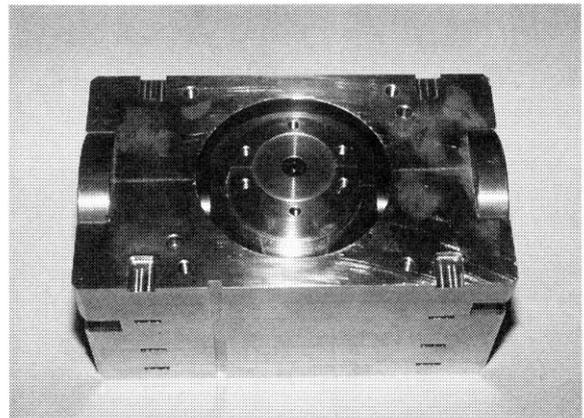


写真11 ロストワックス金型

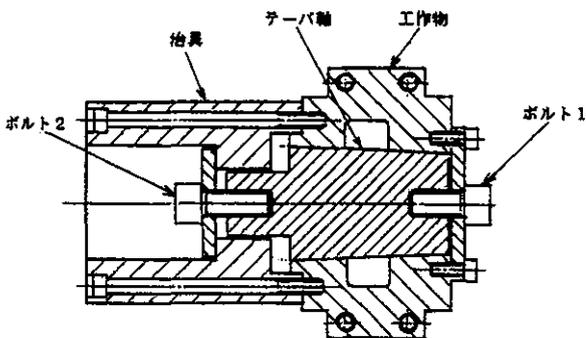


図6 取り付け治具

2.2.2 金型の評価試験

ろう模型用のワックスを用いて、金型の簡易な評価試験を行った。試験方法は液状のワックスを写真12のように圧入器で金型に注入し、自然冷却後、外型、中子を分解し、ろう模型を取り出し、金型の評価を行った。圧入器は空気が金型に入らないように、圧入器の中央部から空気を抜く構造とし、ろう模型が最も良い状態に仕上がるように、ワックス、圧入器、金型の温度を変えて試験を行った。

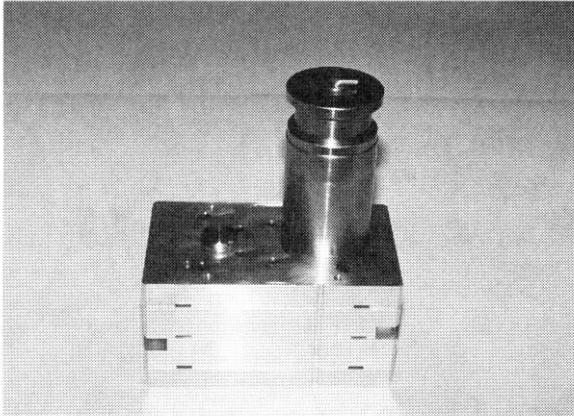


写真 12 金型の評価試験



写真 13 ろう模型

3. 試験結果

デザインイメージを基に、3次元CADを使用して曲面形状、質感、量感の検証をディスプレイ上で行うことにより、高品質な製品の設計と複雑な3次元曲面金型の曲面作成の迅速化が図られた。

3次元座標測定機による形状測定では、曲面、円、点列等の連続測定が可能となり、製品モデルからNC加工用データ作成の迅速化が図られた。本研究で製作した木材プレス用金型は、金型のオス、メスの曲面、輪郭が正確に加工されており、製品のバリやひずみの発生が少なく、製品の2次加工の省力化が図られた。

ろう模型用のワックスを用いた金型の評価試験では、

ワックス及び金型を約70℃に余熱した状態が最も良好なろう模型を製作することができた。70℃以上になると離型材が流れて、ろう模型の離型が悪くなったり、ワックスの収縮によりろう模型に亀裂が生じた。また70℃以下の場合、ワックスの流れが悪くなり、ろう模型にしわが生じたり、ろう模型の表面の光沢の減少が生じた。

4. まとめ

金型設計者がデザイン段階から参画してデザインイメージを早期に数値化することにより、デザイナー・製品設計者、金型設計者、NC情報作成者のいずれも形状理解が容易になり、かつ同一の認識がもてるようになった。今後はデザイナー・製品設計者、金型製作者に3次元CADシステムの導入が進むものと考えられるが、製作期間の短縮とコスト低減のためには、異なる3次元CAD間のデータの共有化が必要であると考えられる。

3次元座標測定機を利用した曲面測定により、製品モデルから金型の設計が可能となった。今後は金型と製品形状の測定を行い、製品の形状、材質による縮み、バックラッシュ等のデータを蓄積する予定である。

ろう模型用のワックスを用いた簡易な金型の評価方法の開発により、金型の製作者側はあらかじめ自社で金型の評価を行うことが可能となり、トライ成形と修正に要する作業の短縮が図られた。

本研究を進めるにあたり、種々の試験に協力して下さいました、(有)上田木型技研の上田俊郎氏と日立造船情報システム(株)の荒木洋一氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 型技術協会編；型技術便覧（1989）
- 2) 福井雅彦編；型技術，VOL.7（1992）