

## 1 2) 陶磁器の焼成変形予測と修正技術に関する研究

副島 潔

陶磁器のデザインプロセスにデジタル技術を利用するための諸問題を解決する研究を行っているが、陶磁器には焼成時に変形を起こすという独特の問題がある。この焼成変形をコンピュータ利用解析技術(CAE)により予測する手法について、昨年度まで研究に取り組んだ。

本年度は、この予測技術の精度を向上させると共に、変形予測に基づき焼成後に求める形状を得るための修正を自動的に行う技術について研究した。

### 1. はじめに

本研究は、陶磁器が焼成される過程でおこる変形を、CAE (Computer Aided Engineering) 技術を利用したシミュレーションにより予測し、予測に基づいて意図する形状を焼成後に得るために必要な修正を自動的に行う技術と連携させ、テスト段階でのロスを低減し、意図したデザインに忠実な製品の実現を可能にしようとするものである。

昨年度まで、変形を予測する研究を行った。陶磁器の焼成変形を考慮しつつ最終的に得たい形状(元データ)とするためには、変形予測の結果と元データを比較し、焼成後に元データと一致するよう、変形予測と逆方向に修正する必要がある。この作業を自動的に行うことが可能であれば、デザインから製造に至るプロセスにおいて、試作テストを大幅に低減することが可能となる。

類似の研究は、金属板をプレス成型する際に、プレスされた板が元に戻ろうとする「スプリングバック」と呼ばれる現象に対応したものがある。スプリングバック量と方向を予測し、元形状と比較して、「見込み形状」と呼ばれる、変形と逆側に修正した形状を生成するものである。

### 2. 研究内容

#### 2-1. 焼成変形予測技術の高度化

研究機器としてデジタル計測と評価ソフトウェアを導入した。測定精度は前年度までの機材では $\pm 0.2\text{mm}$ 程度であったが、本年度導入した機材では $\pm 0.04\text{mm}$ へ向上した。実際に試作したテストピースの詳細な測定結果と元形状の比較評価を正確に行うことが可能となっ



図1 デジタイザ Solutionix 社製 Rexcan III.

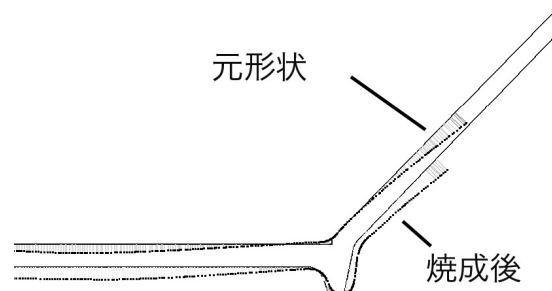


図2 元データと焼成物の測定結果比較

ため、変形予測に使用するパラメータの精度を向上させることができた。

#### 2-2. 焼成変形予測に基づく修正技術の研究

焼成後に目的の形状が得られるよう、FEM解析で予測された変形と元形状を比較し、元形状を予測される変形と逆方向に変更した形状(見込み形状)を生成する方法について研究した。このモジュールはマテリアライズ社(ベルギー)製ソフトウェア「3-matic」上で動作するもので、マテリアライズ社の協力により完成した。これは元形状のIGESデータ(a)と、FEM解析用にメッシ

変換した STL データ (a'), FEM 解析による変形予測後の STL データ (b) の 3 つを比較し、変形予測を行った結果の STL データ (b) から元形状の STL データ (a') を軸にして対称位置に変換したメッシュデータ (c) を生成し、さらに元形状の IGES データを細密な STL に変換した形状を a-c 間の位置関係に従ってモーフィング変形を行った細密な STL データ (c') を生成するものである。図 6-11 はこのモジュールを用いて自動作成したデータを比較したものであるが、非常に良く一致していた。変形予測に対処した見込み形状を、基本カーブをマニュアル操作で変更して制作しなければならなかった。

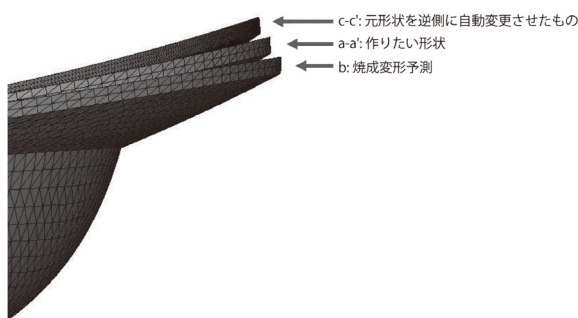


図3 3matic による自動修正

基本カーブを編集して形状を再制作することは、当初の形状を作る作業とほぼ同じものであり、効率的ではなかった。また、すべての部位において適切に変形を行うことは困難であり、適切に対応しきれない箇所も残っていた。

このモジュールを使用することで、すべての部位にわたって予測された焼成変形に対応した逆側の変位を与えた見込み形状を自動的に得ることができるようになった。

### 3. 結果と考察

以上の研究の結果、従来は経験に基づいた不確実な予測と対処しかできなかった陶磁器の焼成変形問題について、試作焼成を行うことなく対応が可能になった。一連のサイクルは1時間程度で終了することが可能で、今まで試作のために焼成を終えるまで1週間程度必要だったことを考慮すれば、飛躍的に短時間で、より高い信頼度で予測と修正対応ができるようになった。こ

れはデザインプロセスにおいても飛躍的な短縮である。

視覚的に変形の傾向と変形量を確認することが可能で、変形が大きいと予測される部位を特定した上で、変形予測の結果に応じて必要最小限に肉厚を増し、解析を繰り返すことにより、大きく重量を増すことなく目的の形状に近づけることが出来る。変形量が過大であれば、製品化が困難であることを判断する指針にもなる。従来のように不必要に厚みを増す必要がなくなり、試作から製品に至るまでの原材料ロスを節減することにもつながる。消費者からは重い食器が嫌われ、「軽い食器」が求められることが多くっており、この要求にも応えやすくなる。

この変形予測と修正技法は、CAD/CAM 技術を利用した石膏型の直接切削製作法と組み合わせることで、元の形状に対する修正を成型のための型に正確に反映させることができるため、製品の精度向上も期待される。

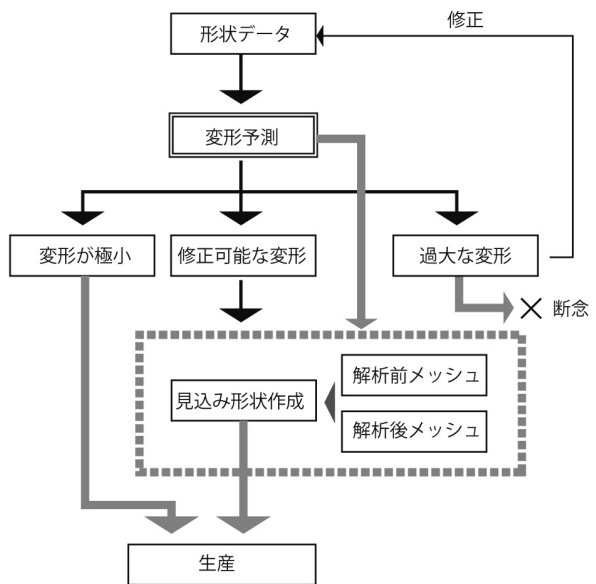


図4 焼成変形予測とデザインフロー