

## — 経常研究 —

# 3次元シミュレーションを用いた製品開発プロセスの支援技術に関する研究

研究開発科 桐山 有司  
陶磁器科 依田 慎二、山口 英次  
研究企画課 久田松 学

## 要 約

本研究は、陶磁器産業の新製品開発プロセスの省力化、短期化、コストの低減を図るため、3次元シミュレーション技術を用いた新製品開発プロセスの効率化支援を目的としている。今年度は、既設のNC加工機での予備実験及び3次元スキャナ、3次元CAD、3次元プリンタの導入による製品開発プロセスについての検討を行った。その結果、既設のNC加工機はφ6mmのエンドミル、ピッチ0.1mmの条件で加工精度は十分満たしていたが、エンドミルの交換、位置合わせなど全て手動であるため作業効率に課題があった。3次元スキャナ、プリンタ、CADについても必要条件の0.2mmの精度を満たしており、操作も容易で実利用に適した装置であることが確認できた。

キーワード：陶磁器、石膏型、見本作製、3次元入出力装置、NC加工機

## 1. はじめに

### 1.1 研究の背景と現状

本県の主要産業である陶磁器産業は、長引く経済の低迷と市場の二極化により年々製造出荷額が減少している。

これまでの陶磁器製品の製品開発プロセスは、商社からの商品サンプルや図面、スケッチなどをもとに窯元がデザインをして石膏型製造業が製作した原型を用いて試作見本を製作している。その試作見本をもとに、商社と窯元で製品化の検討が行われており、形状などの変更があった場合は、再度同様の工程が行われている。そのため企画段階から開発まで多くの時間やコストが掛かっており、開発経費の負担が厳しい昨今では新しいデザインの製品開発が難しい状況にある。このことは当該産業の大きな課題であり、企業からの強い要望もあることから喫緊の対応が必要であるため、本研究を実施するに至った。

### 1.2 研究の目的

大手企業や他県でも既に3次元加工装置を導入した様々な研究がなされている。本研究は3次元スキャナ、3次元CAD、3次元プリンタの導入による、3次元のシミュレーション技術を用いて「高精度、低コスト、

短時間」の試作見本の作製とそのための製品開発プロセスの最適化を目的としている。

本研究では、データの入力から出力までの、一連の工程としてのデータ管理と、実物の立体サンプルとして手に取って確認できる試作見本の作製技術について検討を行う。

## 2. 方法

### 2.1 NC加工機によるデータ加工の予備実験

平成21年度に導入を予定している3次元NC加工機の仕様の検討のため、既に導入している3次元NC加工機を用いて加工精度や加工方法などについて検討した。既存の3次元NC加工機は、平成4年度に導入した装置で、主にワックスを切削して原型や捨て型の加工に利用している。今回はこのNC加工機の加工方法や加工精度について予備実験による検討を行った。

3次元NC加工機の予備実験では、ワックスを材料に蒲鉾型の形状を加工した（図1）。加工条件は2種類の形状のエンドミルで、ボールエンドミル（刃の先端が球状になっているもの）と、フラットエンドミル（刃の先端が平らになっているもの）を使用した。両エンドミルをそれぞれX方向とY方向に移動させて加工させるため、254mm×127mm×77mmのワックスの塊から、

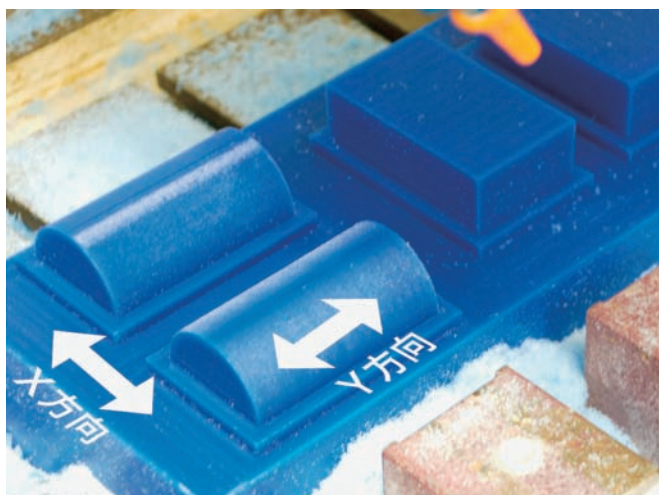


図1 3次元NC加工機による加工

50mm×100mm×25mmの4つの立方体を削り出して、それぞれの違いによる加工精度への影響について検討した。エンドミルのサイズは、当初φ4mmを想定していたが、エンドミルの長さが、加工サイズの深さ方向に足らなかったため、ボールエンドミル、フラットエンドミルともにφ6mmの径のものを使用した。

## 2.2 3次元入出力装置の導入と開発プロセスの検討

3次元スキャナ、3次元CADのアプリケーション、3次元プリンタを導入して、3次元のシミュレーション技術を用いた製品開発プロセスについて検討した。

3次元スキャナは、(株)ローランドDG社のLPX-600を導入した(図2)。3次元スキャナは、スキャンする対象をセットする回転テーブルと取り込み装置の位置合わせが自動で調整できるようなボックス型の装置である。導入した装置はボックス型のため取り込む対象のサイズが限られているというデメリットはあるが、スキャンの度にテーブルと装置の位置合わせやキャリブレーションの設定などの調整が不要であるため、より取り込み作業が簡易にできるものである。

3次元プリンタは、Zコーポレーション社のZ printer 310 Plus Systemを導入した(図3)。3次元プリンタは、加工が容易で有害な廃液などの廃棄物の処理が不必要であること、後処理が必要な補助材が不要なことなどを主な選定理由とした。

3次元CADソフトはライノセラスを導入した(図4)。3次元CADソフトについては、多様なデータフォーマットを取り扱うことができ、操作が解りやすいものであ

ることや、将来陶磁器関連企業などがソフトを導入する際に、比較的安価であることなどを条件とした。

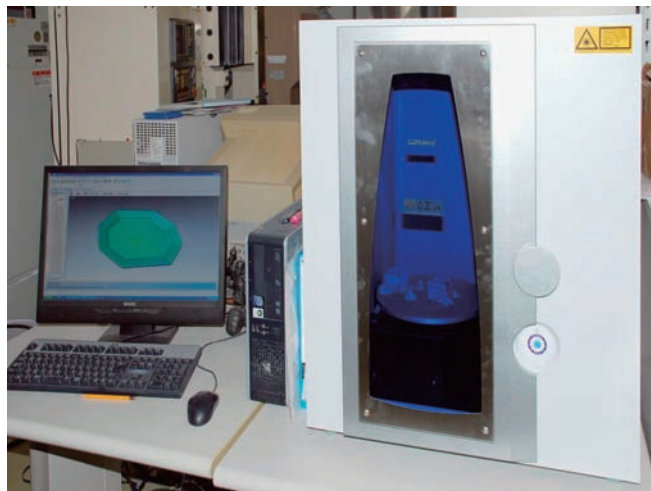


図2 3次元スキャナ



図3 3次元プリンタ

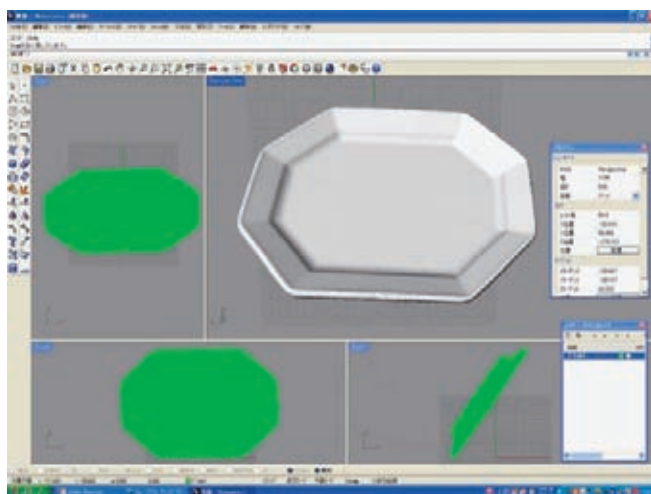


図4 3次元CADソフト画面

### 3. 結果と考察

#### 3.1 NC加工機によるデータ加工の予備実験

既存の3次元NC加工機の加工精度などを確認するため実験を行った。既存のNC加工機の加工精度は最小φ0.5mmで、加工範囲は600mm×300mm×300mmのサイズまで加工ができるものである。今回の実験では0.1mmの送りピッチで仕上げ加工を行った。

曲面の加工結果を図5に示す。図5は蒲鉾型の頭頂部のマイクロSCOPEで観察した拡大画像である。図が示すように、フラットエンドミルでは溝状の切削治具の軌跡が顕著に見られた。溝の幅は送りピッチと同等の0.1mmであった。ボールエンドミルでの加工では表面が極めて滑らかな仕上げであった。ボールエンドミルではディンプル状の軌跡が見られた。今回はφ6mmのエンドミルの径で加工ピッチは0.1mmで加工したが、曲面部分では、フラットエンドミルでは切削治具の溝が入るためボールエンドミルの方が適しており、エッジ部分や平面の切削には面を平滑に削るフラットエンドミルが適していることが解った。加工方向についても加工面の形状によって適した加工軸を選ぶ必要があると考えられる。これらのことから、加工する面の形状によって使用に適したエンドミルの先端形状を選ぶ必要があり、荒加工、中加工、仕上げ加工に応じたエンドミルのサイズ、加工ピッチおよび加工方向の設定が必要であることが確認できた。

これらの予備実験の結果、加工工程ごとのエンドミルの交換やその都度行わなければならない位置合わせなどの手動での作業による精度や作業効率が損なわれることが明確となった。このことから、導入する装置

にはオートツールチェンジャー機能が不可欠である。

#### 3.2 3次元入出力装置の導入と開発プロセスの検討

今回導入する装置は、製品の取り込みから加工、立体物の出力までのプロセスにおいて、データの精度保持、実物を立体で確認できるシステムを目的としており、加工精度については、入力から出力まで0.2mmピッチの加工精度を前提としてシステムを検討した。

3次元スキャナでは、簡単な形状から複雑な形状まで取り込む実験を行った。取り込みの精度は0.2mmで、いくつかの方向から取り込んだ画像を専用のソフトで張り合わせるもので、張り合わせの作業はある程度自動で処理できるが、陰になる部分がスキャンできずデータが欠如するため、そのデータの補正には時間を要した。

3次元CADソフトでは、3次元スキャナで取り込んだデータの加工とデータの新規作成に取り組んだ。取り込んだデータは簡単に拡大縮小、自由変形ができ、皿や飯碗などのサイズ展開やプロポーシヨンの変形などに利用できることが確認できた（図6）。

3次元プリンタは、最大で21cm角の立方体まで造形できるもので、造形時間が短時間でできることや、石膏粉末の中で造形するため形状を固定する補助材料が全く不要であるなどのメリットがある。造形後の表面は粉状になっており強度も弱いが、造形後、水を含浸させると全体が硬化するため、粉状の表面を磨いて仕上げることもできた。造形品は0.08mmの積層ピッチで造形できるため、精度についても試作見本を立体として確認するには十分であり、実際に見本を手にとって確認できるため、今後の利用も大いに期待できる。

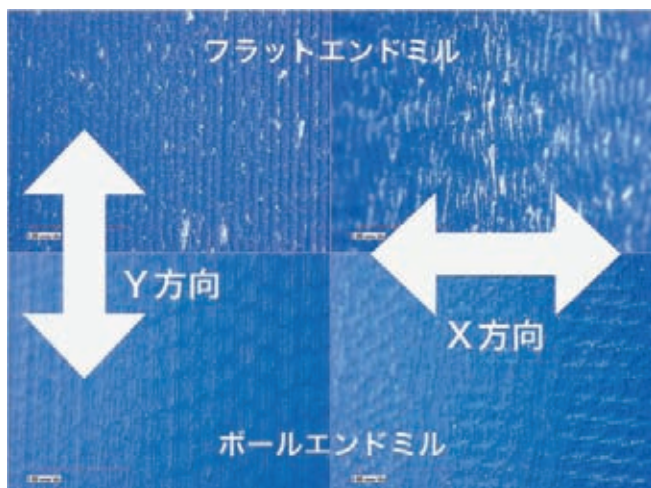


図5 加工表面の拡大画像



図6 3次元CADソフトで展開した製品見本

#### 4. まとめ

今年度は、製品開発プロセスにおける3次元プロセスの導入のために、予備実験および装置の導入を行った。今回解ったことは下記の通りである。

- (1) NC加工機は、工具のサイズφ6mm、ピッチ0.1mmで十分な仕上げ精度が確認できた。
- (2) 工具の交換、位置合わせは手動ではかなり困難で効率に課題があるため、導入するNC加工機には、オートツールチェンジャーが必要である。
- (3) 3次元スキャナは、取り込み精度が0.2mmであり条件を満たしているが、対象物に陰になる部分がある

場合、データの補正に時間を要した。

(4) 3次元CADは、取り込んだデータ、作成したデータを容易に拡大縮小、変形することができた。

(5) 3次元プリンタは、0.08mmの積層ピッチで造形できるため、試作見本を立体として確認するには精度も十分であり、実際に原寸の見本を手にとって確認できた。

次年度は、NC加工機を導入して直接石膏型（捨て型）の自動加工について実利用のための検討を行う。また、全体の3次元装置による開発プロセスの確立のため、開発のための精度、コスト、期間などのファクターについての最適化に取り組む予定である。