

3Dデータを活用した精密な陶磁器製品製造技術の開発

戦略・デザイン科 依田慎二
研究企画課 永石雅基
環境・機能材料科 秋月俊彦

要 約

陶磁器材料を3Dデータどおりに直接切削加工する新しい陶磁器製造技術を確立できれば、型を利用した既存の製造技術では難しい装飾品やホビー製品など精密で複雑な形状の製品を加工することができるとともに、オーダーメイド製品の効率的な製造にも対応可能である。このような目的を達成するため、本研究では、陶土を使用した陶磁器素材の検討と、最適な切削条件を設定するため加工試験を行った。

キーワード 3Dデータ、モデリング、切削加工、オーダーメイド、小ロット製造

1. はじめに

陶磁器製食器の市場は減少しており、今後も社会環境などの要因から市場は厳しい状況である。このことから、県内の陶磁器産業は高付加価値製品の開発による新規市場開拓が重要となる。高付加価値製品の創出には、伝統的資源の活用や既存製造技術に加えて、新しい発想や製造技術に注目した製品開発が必要である。本県の陶磁器業界では3D技術を活用した新しい製品開発に取り組んでいる企業が多くなってきており、デザイナーからの3Dデータによる製品化の依頼が増加するなど、3Dデータを扱うことのできる産地としての認知度が向上している。しかし、製品の製造は既存の型を利用した陶磁器製造技術に依存することから、緻密なために形状の再現ができないものや、割型が複雑で作製できない形状など、3Dデータによる製品化の要望には対応することができないものもある。より多くの製品化の要望に対応するためには、3Dデータどおりに素材を直接加工して再現できる新しい陶磁器製造技術の確立が必要である。

現在、多くの産業で採用されているNC加工機で材料を直接切削加工する技術は、型の製作が難しい製品やオーダーメイド、小ロットの製造に対して有効であり、製品精度においても優れている。本県の陶磁器産

地の持っている伝統的な資源である陶土を基本原料として、NC加工機で切削可能な素材を開発し、精度よく加工することができるよう技術開発を行うことで、新たな製造技術による高付加価値製品の開発が可能になる。したがって、本研究では、3Dデータどおりに陶磁器材料を直接切削加工する新しい陶磁器素材と切削加工技術について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 素材とワークの開発

2.1.1 ワークの作製

樹脂を配合した陶土を切削加工するためには、通常の陶磁器生地と比較して厚さのあるワークを作製する必要があるため、20mm以上の厚さのあるワークの作製方法を検討した。

2.1.2 原材料と強度の検討

天草陶土を乾燥させた材料を切削加工すると、生地が簡単に割れてしまうため、切削時のヒビや欠けを防止するためにアクリル系樹脂の添加を試みた。また今回は、天草陶土を含め以下の3種の陶土について検討を行った。

(1)天草陶土：肥前地区で利用している陶土であり、産地の特徴を活かすことができる。

(2)透光性陶土：天草陶土と比較して透光性のある陶土である。

(3)焼成腰の強い陶土：変形しやすい形状の製品、寸法精度を必要とする製品に対応できる。

強度を確認するための加工試験は、CAMソフトにC&Gシステムズ製Craft MILL、NC加工機は(株)岩間工業所製モデリングマシンMM1000を使用した。

2.2 切削加工技術の確立

2.2.1 製造する製品に対応した加工条件の設定と企業との共同開発

複数の企業と共同研究を実施することで、企業の要求する製品に対応した試作品開発を行った。

2.2.2 製造工程の整備

企業との共同研究による6製品の試作品作製を行うことで、3Dデータ作製から焼成までの一連の製造工程を、それぞれの製品ごとに整備を行った。

3. 結果及び考察

3.1 素材とワークの開発

3.1.1 ワークの作製

従来の陶磁器製造技術である鑄込み成形(図1)で行った。鑄込み口を26mmとして、鑄込み口手前までを吸水しないよう加工することにより170×115mm厚さ27mmのワーク(図2)を安定して製造することができた。

3.1.2 原材料と強度

天草陶土、透光性陶土、焼成腰の強い陶土の3種の陶土に対して、アクリル系樹脂を1%程度添加することで、加工試験の結果、欠けやヒビなどの欠点も無く



図1 鑄込み成形によるワーク作製



図2 作製したワーク

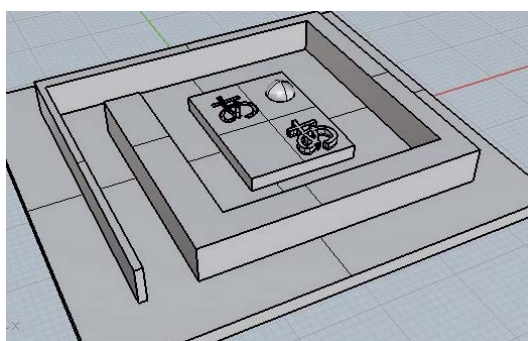


図3 切削加工試験に用いた3D形状データ



図4 加工試験をした試作品

3Dデータどおりに試作品を作製することができた(図3及び図4)。また、加工後の取扱いについても繊細な形状が壊れることなく扱える強度を持つことも確認できた。さらに切削加工においては、エンドミルの形状、加工工程、仕上げ代、エンドミル回転数、送り速度、平面方向ピッチ及び垂直方向ピッチの条件設定が重要であることが分かった。

3.2 切削加工技術の確立

3.2.1 製造する製品に対応した加工条件の設定と企業との共同開発

複数の企業との共同研究による試作品を図5～図10に示す。



図5 陶磁器製造業の試作品
(アクセサリー1)



図6 陶磁器製造業の試作品
(アクセサリー2)



図7 陶磁器商社の試作品
(アクセサリー3)



図8 陶磁器商社の試作品
(社章)



図9 陶磁器商社の試作品
(フィギュア)



図10 陶磁器製造業の試作品
(表札)

以上のように、試作品の製造において、
(1)オーダーメイドに対応した製品例である「表札」は、できるだけ少ない工具を利用して短時間で切削加工できる方法を開発した。

(2)高精度で精密な製品例である「フィギュア」や「アクセサリー」は、3Dデータの再現性を重視して、両面加工に対応した複雑な加工工程を開発した。

3.2.2 製造工程の整備

製造工程の一例として、フィギュア（昆虫）の作製を以下に示す。

(1) 3Dデータの作成

完成後の3Dデータを準備する。

3Dデータは、インターネット上で自由に利用できるデータをダウンロードしたもの（図11）を利用した。このデータを切削加工の方向、焼成による縮小や変形を考慮して分解および変形を行い、エンドミルの大きさや切削の深さを考慮してワーク内に収まるよう配置する。（図12）

(2) 切削加工データの作成

この昆虫フィギュアに使用したエンドミルは、荒削りに直径 6mm半径 3mmのボールエンドミル、仕上げ切削に直径 3mm半径 1.5mmのボールエンドミルと直径 1mm半径 0.5mmのボールエンドミルの3本を、最適な回転数と送り速度、切削ピッチを指定して

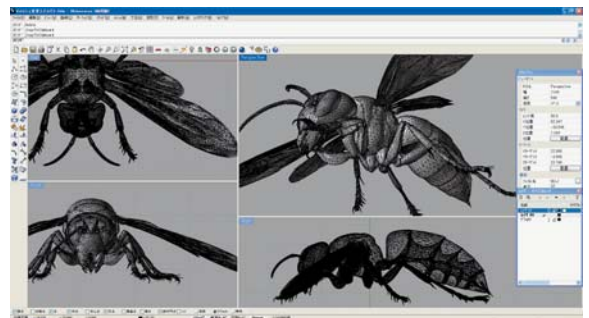


図11 スズメバチの3Dデータ

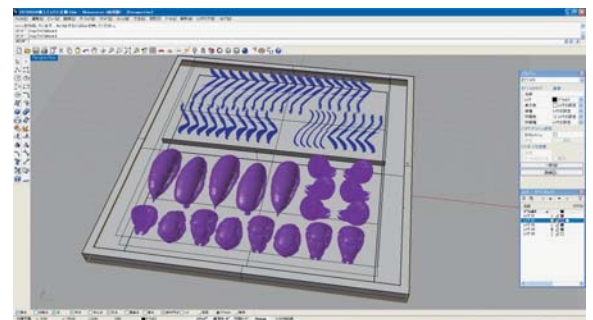


図12 ワークへの加工データの割付

CAMソフト（Vero Software Limited VISI）で加工データの作成を行った。（図13）

(3) ワークの切削加工

NC加工機は（株）岩間工業所製モデリングマシン MM700R-5を利用した。

ワークの片面を切削加工後、位置あわせをして裏面

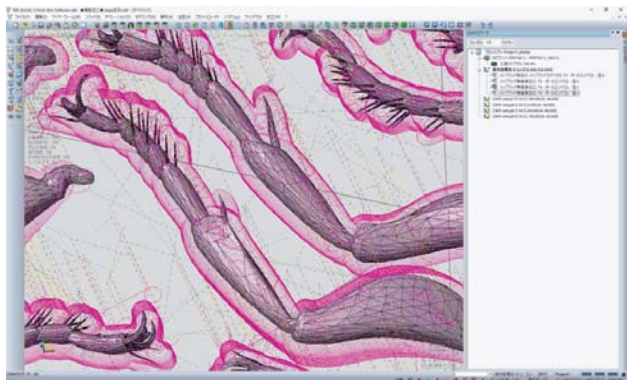


図13 CAMソフトの画面



図14 エンドミルの軌跡を示している

の加工を行っており、図12のデータを両面で約16時間の切削を行った。(図14)

(4)焼成と組み立て

両面を切削加工した生地(図15)は、3Dデータ作成時に焼成による変形が少なくなるようデータの修正がされていることから、無釉のまま棚板に並べて1300度還元で焼成した。

焼成後の組み立て(図16)は再焼成が可能な東亜合成株式会社製アロンセラミックDで接着した。このことにより、接着後の上絵による加飾も可能となる。



図15 両面を切削加工した生地



図16 焼成後の組立

4. まとめ

- (1) 陶磁器生地では、有機バインダとその添加量が強度及び切削加工時のカケや割れに対する発生度合いに及ぼす影響を検討した結果、適正な有機バインダと、その添加量が絞り込めた。また、得られたバインダ添加条件で天草陶土、透光性陶土、焼成腰の強い陶土の3種類の陶磁器生地が開発できた。
- (2) 切削加工技術開発では、開発した陶磁器生地を用いて、企業との共同研究によりフィギュアやアクセサリー等の作製を行った。その中で厚みが0.5mm以下の薄い形状や毛髪のように細い形状など、既存の陶磁器製造技術では作製することが難しい、複雑で精密な造形を反復して行うことが可能となった。また、オーダーメイド製品への適用例として表札をとりあげ、想定される納期や価格が現実的である事が確認できた。以上のようにNC加工機による陶磁器生地の切削加工という新たな製造技術を開発できたことから、陶磁器製品の新たな市場開拓を提案したい。

文献

- 1) 永石雅基、依田慎二、「3Dデータを活用した精密な陶磁器製品製造技術の開発」、平成27年度長崎県窯業技術センター研究報告、64、35-37(2016)