

CAD/CAMを利用した原型モデルに基づく

製造工程の効率化に関する研究

生産技術部

永倉寛巳

図面等のない実モデルから金型等を製作する場合には、実モデル表面の座標情報を収集し、それに基づく三次元の加工データを作成することが必要になる。平成15年度はデジタルイザーを用いて計測した座標データを基に、そのモデルを三次元CAD上で自動的に作成するシステムの開発を行った。平成16年度は実際のものづくりに重点をおき、自動車用の三次元プレス製品を実モデルとして、前年度に開発したシステムにより自動作成されるCADモデルに対し、CAM機能がスムーズに適用できるか否かを検証した。さらに高速加工に主眼をおき、等高線、走査線、直線補間、円弧・直線補間といった各種加工用のパスを生成し、各種パスにて金型材料NAK55の実加工を行い加工時間、加工精度の検証を行った。その結果、自動作成されるCADモデルに対してCAM機能の活用により、正常なカッターパスが作成され、開発システムが工業用金型の加工に対しても高精度で適用できることが確認された。また実金型加工を行った結果、加工精度の点では両者同程度であるが、直線補間の加工データを使用した場合に比べ円弧・直線補間の加工データを使用した場合は加工時間は80%程度に短縮できることが確認された。

1. はじめに

近年、価値観の多様化から非常に複雑なデザインをした工業製品や工芸品、彫刻品、宝飾品等が多くなってきている。それらの製品は製品形状が非常に複雑なためその形状を図面化することが難しく、直接CADでその形状をモデル化することが困難である。そのため、それらの製造に用いられる金型等の成形用の型は、実モデルを転写することによって作らざるを得ない場合が多い¹⁾。従って図面のない実モデルがスタートとなる製造工程では、実モデル表面の三次元の座標情報を収集し、それに基づく三次元の加工データを作成することが必要となる。

平成16年度は自動車用の三次元プレス製品をモデルとして、前年度に開発したシステムにより自動作成されるCADモデルに対し、CAM機能がスムーズに適用できるか否かを検証した。さらに高速加工に主眼をおき、等高線、走査線、直線補間、円弧・直線補間といった各種加工用のパスを作成し、各種パスにて金型材料NAK55の実加工を行った。そして加工時間、加工精度の検証を行い、実モデルが出发点となる高効率で高精度な製造システムの確立を目指した。

2. モデル計測ならびにCADモデルの自動作成

図1に計測に使用した自動車用のプレス製品



図1 計測モデル及び計測状況

(150×100×25mm)を示す。計測は、株式会社ミツトヨ製の三次元デジタル化システム、レニショーサイクロンを使用し、接触方式でX軸0.2mm、Y軸0.2mmピッチでモデル表面の座標計測を行った。そして、計測した座標データを基に前年度開発したシステムを用い三次元CAD/CAM (GRADE CUBE II) でモデルを自動的に作成した。

図2に測定して得られた点群データを、図3にCAD上で自動作成したサーフェイスモデルを示す。図4は作成されたCADモデルとサーフェイス作成に使用した点群データとの誤差を検証したものである。モデルのほとんどの部分で誤差は1/100mm以内に収まっており、工業用金型モデルに対しても前年度開発したシステムが高精度で対応できることが確認された。

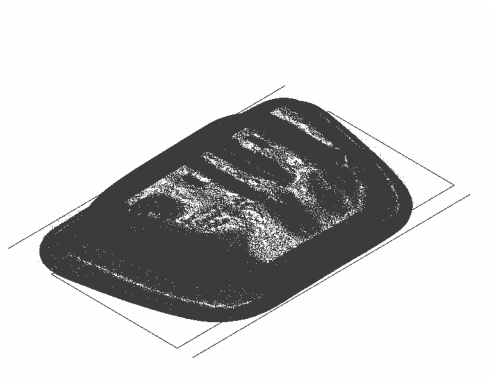


図2 測定点群データ

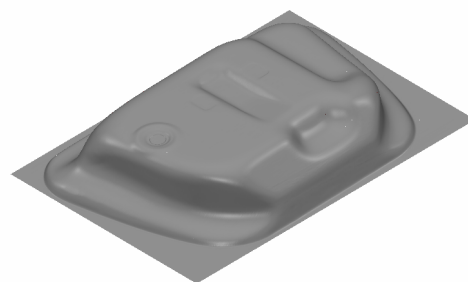


図3 CADサーフェイスモデル

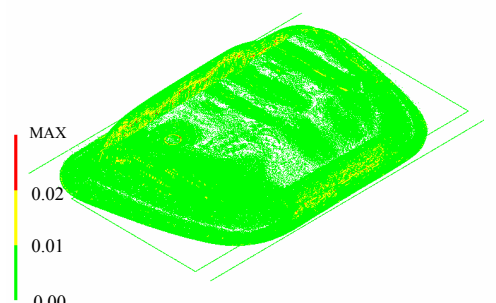


図4 誤差検証

3. CAD-CAM連携検証

自動作成されたCADモデルにゆがみがある場合には、CAMの適用にあたり正常なカッターパスが作成されない、演算そのものが正常に行われない等の問題が発生する。そこで、ここでは自動作成したCADモデルとCAMの連携が適正に行われるか否かの検証を行った。NCパスの計算はGRADE CUBE IIを用いて行ったが、図5は作成したNCデータを用いMetaCutViewにて加工シミュレーションを行ったものである。削り過ぎ、削り残し等の異常パス、不正パスの発生はなく正常なカッターパスが作成されている。従って、自動作成されるCADモデルに対してCAM機能の活用により、加工に必要なカッターパスが正常に作成されることが確認された。

4. カッターパス補間方法による違い

カッターパス補間方法による加工時間、加工精度の違いを検証するため、プラスチック金型用材料NAK55(HRC40)を被削材として高速加工に主眼をおいた実金型の加工を行った。加工に使用した工作機械は碌々産業株式会社製のMEGA360(主軸最高回

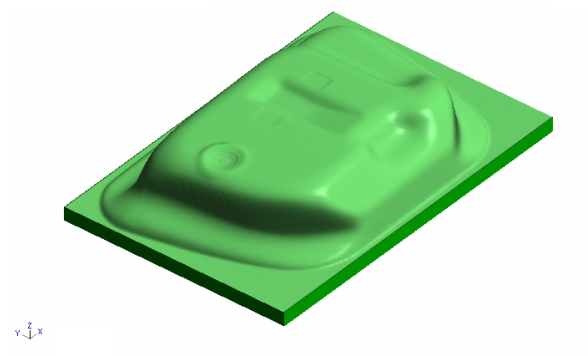


図5 加工シミュレーション

転数 36000min^{-1})である。使用した工具は(Al, Ti)Nコーテッド超硬2枚刃のボールエンドミルである。

加工条件を表1に示す。

それぞれの加工工程における切削ピッチ、仕上げ代は、大荒加工では、Zピッチ 0.35mm 、XYピッチ 2.5mm 、仕上げしろ 0.2mm 、中荒加工では、XYピッチ 0.7mm 、仕上げしろ 0.2mm 、中仕上げ加工では、XYピッチ 0.25mm 、仕上げしろ 0.1mm 、仕上げ加工では、XYピッチ 0.1mm 、仕上げしろ 0mm の条件で

表1 加工条件

加工工程	工具 (mm)	主軸回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)
大荒(等高線)	φ 6	20000	6000
中荒(走査線)	φ 6	20000	6000
中仕(走査線)	φ 3	30000	6000
仕上(走査線)	φ 3	30000	3000



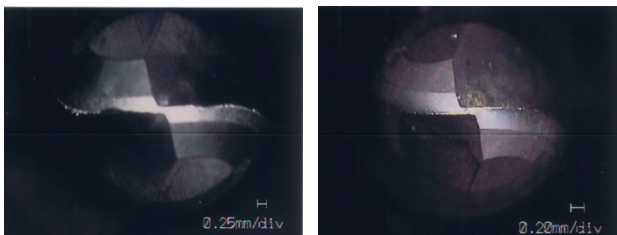
図6 金型加工サンプル

ある。

図6に加工を行った金型を示すが、手前は仕上げ加工において直線補間で加工した金型、後方は円弧・直線補間で加工した金型である。

また、図7に荒加工と仕上げ加工の工具摩耗の状況を示す。左に大荒加工での工具摩耗の状況を、中仕上げと仕上げ加工は1本の工具で加工を行ったが、右はその時の工具摩耗の状況を示す。今回の加工条件においては、大荒加工では切削長315mm程度で工具寿命と判断される摩耗状況を示した。中仕上げと仕上げ加工では合計235mm程度の切削長であるが、切り刃の摩耗幅は0.015~0.02mm程度でありまだ十分に切削を継続できる状態であった。

表2に仕上げ加工での補間方法による加工時間の違いを示す。この場合仕上げ加工での切削長は167mm程度である。直線補間での加工時間に比べ円弧・直



大荒, φ 6, L315mm

仕上げ, φ 3, L235mm

図7 工具摩耗

表2 加工時間の違い

	加工時間
直線補間	1時間23分7秒
円弧・直線補間	1時間6分47秒

線補間での加工時間が16分強短くなっており、円弧・直線補間での加工時間は直線補間の場合の80%程度の加工時間となっている。これは工作機械側では高精度輪郭制御機能により、加工形状、送り速度、工作機械の許容加速度を考慮し滑らかな加減速を実現するため、設定した送り速度をMAXとして、加工中絶えず自動的に送り速度を制御していることに起因している。微小線分の集まりである直線補間時に比べ滑らかな円弧・直線補間時には送り速度の減小割合が小さく、平均加工速度が上昇することが原因と考えられる。また直線補間時に作成される微小線分の加工時間がCNC装置のデータ処理速度より速い場合は、次ブロックの読みとりのための待ち時間が発生するため平均加工速度の低下を招くことになる。加工時間の短縮割合は加工形状の起伏の度合い、加工トレランス（本実験での仕上げの加工トレランスは0.01）により異なってくるが、円弧・直線補間のデータは直線補間のデータに比べ加工時間の短縮には有効であることが確認された。

一方加工面の精度に関しては、外観上今回の加工トレランスでは直線補間に起因する加工面の折れ曲がり等は特に観察されず、直線補間と円弧・直線補間に明確な差違はみられなかった。

5. おわりに

本研究においては実際のものづくりに重点を置いて、自動車用の三次元プレス製品をモデルとして、前年度に開発したシステムより自動生成されるCADモデルに対し、CAM機能がスムーズに適用できるか否かを検証した。さらに高速加工に主眼をおき、等高線、走査線、直線補間、円弧・直線補間といった各種加工用のパスを生成し、各種パスにて金型材料NAK55の実加工を行い加工時間、加工精度の検証を行った。その結果、以下に示す結論が得られた。

(1)開発したシステムにより自動生成されるCADモデルに対して、CAM機能の活用により正常なカッターパスが作成された。開発システムは工業用金型の加工に対しても問題なく高精度で適用できる。

(2)実金型加工を行った結果、本実験で用いた加工モデルの場合直線補間の加工データを使用した場合に比べ円弧・直線補間の加工データを使用した場合には加工時間は80%程度に短縮された。円弧・直線補間のデータは直線補間のデータに比べ加工時間の短縮には極めて有効である。

参考文献

- 1) 棚原靖ら：地域工芸品向けリバースエンジニアリングシステムの研究開発，平成9年度沖縄県 工業技術センター研究報告，pp. 67-73