

STEP-NC に基づく現場完結型加工支援システムの開発

北海道大学大学院情報科学研究科 ○荒井 航, 田中文基, 小野里雅彦

要旨

本研究では、加工設計から実加工までの作業を加工現場で行う現場完結型の追加工を実現する加工支援システムを開発した。本システムでは、3D スキャンした追加工対象形状と ISO14649(STEP-NC)に基づいた加工作業記述から、機械加工シミュレーション・加工プログラム生成を行う。

1. 結論

追加工とは、標準部品等の既に加工済みの物に対して用途に合わせ追加の加工を行うものである。実際の追加工までに必要な作業は、図 1 に示す加工設計と加工準備になる。通常、追加工は機械オペレータによる工作機械の直接操作、またはコンピュータと CAD/CAM 等のソフトウェアを利用し生成した加工プログラムによる操作で行われる。図 2 にそれぞれの手法での利点と欠点を示す。本研究では、3 軸 NC 工作機械を用いた 2.5 次元加工を対象に、コンピュータにより安全性・確実性を保証した追加工を現場完結型で実現するための加工支援システムの開発を行う。

2. システム概要

本システムのシステム構成を図 3 に示す。追加工実現のためには、加工設計での追加工対象定義と追加工定義が必要である。本システムでは、これらの情報を 3D スキャンと STEP-NC での加工作業記述により作成する。これらの情報から、機械加工シミュレーションを行い定義した追加工の安全性と確実性を確認する。生成した工具経路は NC 工作機械へ、機械加工シミュレーション結果は機械オペレータへ視覚的情報として出力する。

3. 追加工対象定義

追加工を行う上で必要な情報は、追加工対象形状と工作機械テーブル上での配置である。本システムでは Microsoft 社の Kinect²⁾と 3 次元点群処理ライブラリ Point Cloud Library³⁾を用いた 3D スキャンにより 3 次元点群を取得しそれらの情報を得る。追加工対象定義のフローチャートを図 4 に示す。

3.1. テーブル・追加工対象形状領域認識

テーブル領域の認識は、Kinect により取得した RGB 画像を利用し判別する。RGB 画像により認識した領域の 3 次元点群を利用し、テーブルを表す平面を最小二乗法により求める。工作機械で利用可能な被削材形状の高さは決まっているので、認識したテーブル平面上の上限までの高さに存在する 3 次元点群が追加工対象形状と認識できる。

3.2. 追加工対象形状認識

導出されたテーブルと追加工対象形状の領域を利用し、追加工対象形状を離散・格子空間モデルである Z-map モデル⁴⁾により表現する。Z-map モデルでは、モデルの座標系上で X-Y 平面を格子状に分割し、格子線の各交点で Z 方向への高さデータを保持することで形状を表現する。

3.3. テーブル座標系・追加工対象形状配置関係認識

導出されたテーブル領域のエッジを点群から検出し、テーブル座標系を算出する。追加工対象形状のテーブル上でのワーク座標系は、追加工対象形状領域にて最もテーブル

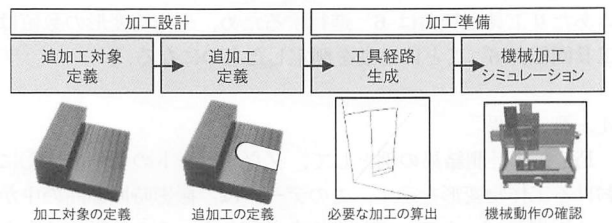


図 1. 追加工に必要な作業

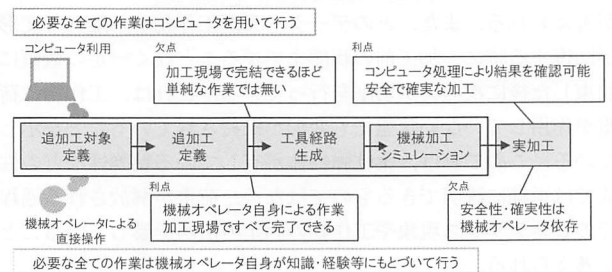


図 2. 従来の追加工

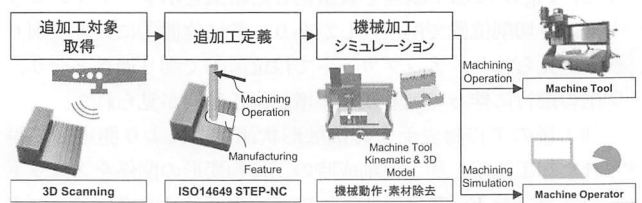


図 3. システム構成

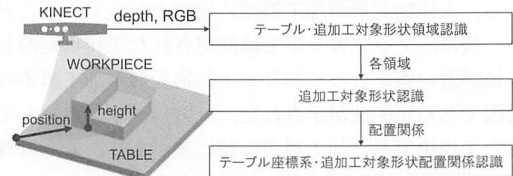


図 4. 追加工対象定義

座標系に近い点を原点とし、各座標軸がテーブル座標系の対応する軸に平行となるよう決定する。

4. STEP-NC に基づく追加工定義

本システムでは現場完結型の追加工実現のために、図 5 に示すような STEP-NC に基づく加工作業記述を行う。

4.1. STEP-NC に基づく加工作業記述

STEP-NC では従来のように機械動作を直接記述せず、オブジェクト指向の概念に基づき加工作業を記述する。加工形状特徴を表現する Manufacturing Feature と加工方法を表現する Machining Operation によって加工に関する情報を表現する。Machining Operation は、工具動作パター

ンを表す Machining Strategy により定義される. 本研究では 2.5 次元加工を対象とし, Manufacturing feature は Two5D manufacturing feature, Machining strategy は Two5D milling strategy に限定する.

4.2. 工具経路生成

Manufacturing Feature での追加加工形状, Machining Strategy での工具動作パターンから工具経路を算出する. Manufacturing Feature を”Slot” (溝削り), Machining Strategy を”Center Milling”とした際の例を図 5 に示す. この場合, Slot の形状特徴の中心を工具が移動する工具経路が生成される.

5. 機械加工シミュレーション

機械加工シミュレーションは, 追加加工対象形状の加工後の形状を計算する素材除去シミュレーションと, 追加加工時の機械動作を計算する機械動作シミュレーションで構成され, 図 6 に示すフローで実行される.

5.1. 素材除去シミュレーション

Z-map モデル化した追加加工対象形状を利用して素材除去シミュレーションを行う. 工具経路情報, 工具情報, 追加加工対象形状情報を利用し, 工具経路の始点から終点において工具のスイープ形状を定義し, その形状内に含まれる高さデータを更新することで素材除去後の形状を導出する.

5.2. 機械動作シミュレーション

機械動作シミュレーションでは, 工作機械の形状情報を表す 3D geometric model と, 機構情報を表す kinematic model を利用する. 3D geometric model は, 工作機械を構成するパーツをメッシュ形状で記述したものである. Kinematic model は, 座標系間の位置関係を 7 つのパラメータで記述する Sheth-Uicker 記法²⁾を用いて位置関係を記述したものである.

6. 実装例

開発したシステムを利用して, オリジナルマインド社 KitMillRD300 を対象に図 7 に示す”Slot”追加加工を行う場合のシミュレーションを行った. 実行環境を図 8 に示す. 追加加工対象形状を図 9(a)に示す. 追加加工対象形状をスキャンし Z-map モデル化した結果を図 9(b)に示す. 機械加工シミュレーション実行結果を図 9(c),(d)に示す. それぞれの結果より, STEP-NC に基づく加工作業記述と 3D スキャンによる追加加工対象形状を利用した, 追加加工結果の確認が可能となったことを示した.

7. 結論

コンピュータにより安全性・確実性を保証した追加加工を現場完結型で実現することを目的として, 追加加工を支援するための STEP-NC に基づく現場完結型の加工支援システムの開発を行った.

参考文献

- 1) ISO 14649-10, 11 Data model for Computerized Numerical Controllers – Part 10: General Process Data (2004), Part 11: Process data for milling (2004)
- 2) <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- 3) <http://pointclouds.org/>
- 4) 近藤司, 岸浪建史, 斉藤勝政: 逆オフセット法を基にした形状加工処理, 精密工学会誌, 54, 5 (1988) 167.
- 5) P.N. Sheth, J.J. Uicker, Jr, A Generalized Symbolic

Notation for Mechanisms, ASME Journal of Engineering for Industry 98 (1971) 102.112.

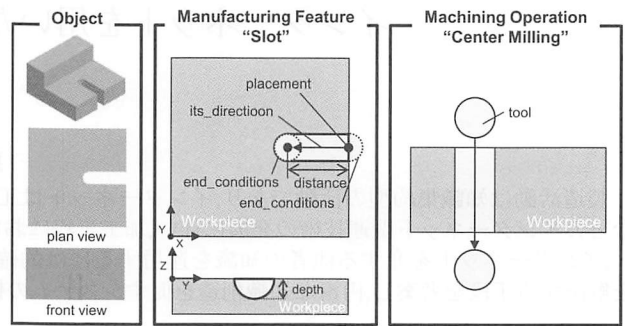


図 5. STEP-NC に基づく加工作業記述例

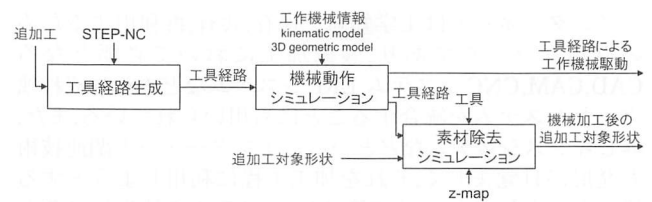


図 6. シミュレーションフロー

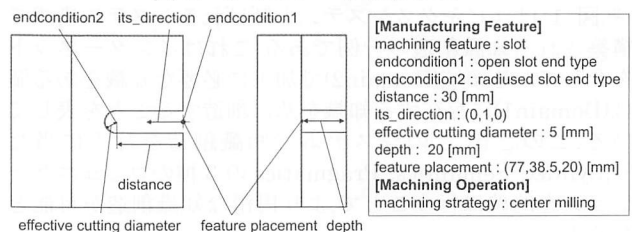


図 7. 定義した追加加工

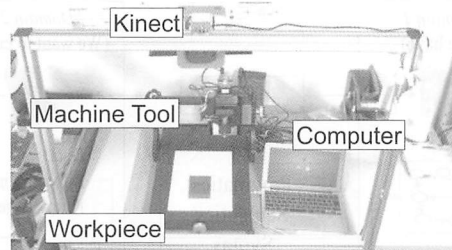


図 8. 実行環境

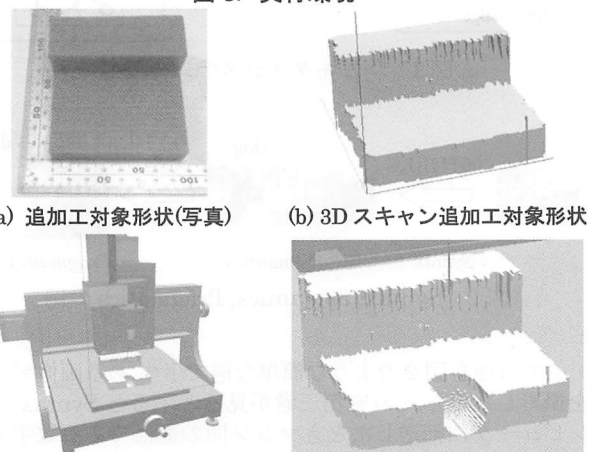


図 9. システム実行結果