

Haptic Device を用いた旋削加工用インタフェースの開発 —特殊剣バイトによる複雑形状の加工—

電気通信大学 ○堀川祐太郎, 電気通信大学大学院 ◎森重功一

要旨

先行研究において、仮想空間内の物体を操作できる力覚提示装置を用いて、直感的に旋削加工用経路データを生成するシステムを開発した。本報では、工具形状によらず適切な経路生成できるシステムを目指し、工具の動作制限に必要なデータを設定する機能と設定したデータを基に適切な干渉回避を行う機能を開発した。開発した機能により、複数の特殊剣バイトを用いた複雑形状の加工を行い、実際に加工できることを確認した。

1. 序論

NC 旋盤による加工は動作プログラムである NC データの作成が必要である。一般的には対話式プログラムを用いて NC データを作成するが、難しい加工の場合には CAM ソフトウェアを用いて NC データを作成する。しかし、CAM を用いて NC データを作成する場合、一般に市販の工具しか対応していないため、特殊な工具を自作しても NC データを作成できない。

本研究では、作業者が直感的に工具経路を生成できる CAM の開発を行ってきた。先行研究で開発されたシステムに任意の形状をした工具および目標形状に対して適切な操作制限を与える機能を付与することで、特殊な形をした自作の剣バイトでも、NC データを生成できるようにすることを目標とした。

2. システム概要

2.1 システム構成

本システムは、HapticDevice (HD) と PC で構成される。HD とは、仮想空間にある物体の操作を可能にするインタフェース機器である。仮想空間内での衝撃や振動などの物理的な力覚を作業者に提示することができるため、作業者の操作を的確に誘導することができる。本研究では、HD として、米国 SensAble Technologies 社製の 3 次元触覚インタフェース PHANTOM Omni を用いた。

開発したシステムを図 1 に示す。PC 内の仮想空間に加工対象となる仮想工作物を構成し、ディスプレイ上に表示される仮想工具を HD で操作して、仮想工作物を旋削する。この作業時の仮想工具の位置データを記録した工具経路データを生成し、NC 旋盤に出力することで、仮想空間での加工を実際に再現できる。

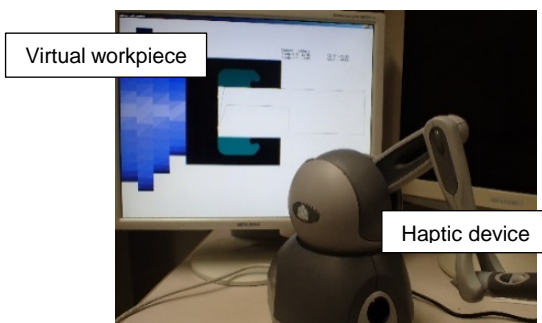


Fig.1 システムの外観

本システムは、Microsoft Visual Studio 2010 を用いて開発した。グラフィックに関する処理については OpenGL などの Application Programming Interface を、力覚の発生など HD に関する処理は SensAble Technologies 社が提供している Haptic Device API を用いて実装している。

2.2 仮想空間における加工の表現

本システムでは、画面上に仮想工具と仮想工作物を描画することで旋削加工を表現している。

仮想工具と仮想工作物の表現に入力データとして CAD で定義した STL データを採用した。STL データを読み込んだ後、2 次元ピクセルデータに変換して工作物を表現している。工具によって切削されたセルを非表示にすることで、切削を表現することができる。また、図 2 のように断面形状を表示しているため、通常見ることができない内部の状況を確認しながら加工できる。

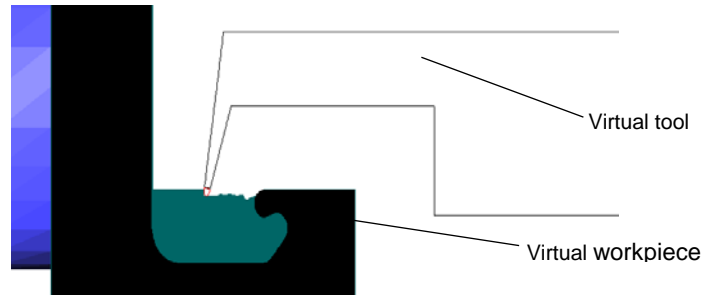


Fig.2 中繰り加工

2.3 力覚の生成

HD による仮想工具の力覚の提示には、proxy と呼ばれる HD と仮想的なばねモデルによって連結されている仮想物体を用いる方法を採用した。本研究では、仮想工具を proxy として扱っている。

proxy は通常、図 3(a) に示すように HD とともに仮想空間内を移動する。図 3(b) に示すように、HD および proxy が、proxy の侵入が制限されている仮想物体内に侵入した際、proxy は仮想物体の表面に留まる。このとき、ばねモデルによって HD に力覚を提示することで、作業者は工具の動きが制限されていることを力覚によって感じ、操作が制限される。

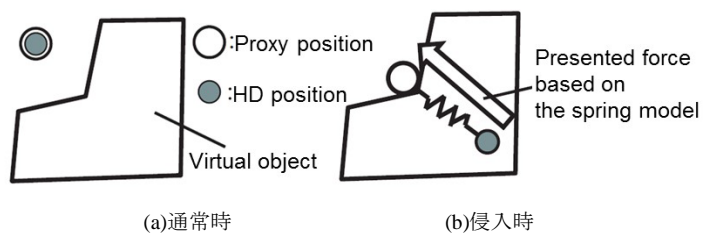


Fig.3 proxy による力覚の提示

3. 特殊工具に対応した機能の拡張

3.1 工具設定インタフェース

本システムでは、仮想工具の設定をするために、図 4 に示すように工具の有効切れ刃と工具送り方向を設定するインタフェースを作成した。

工具の STL データを入力すると、工具の輪郭点が画面上に表示される。作業者が工具輪郭点の始点と終点をマウスで指定することで工具の有効切れ刃部が設定される。設定された有効切れ刃部以外の輪郭は、ワークと接触できない工具シャンク部として定義される。また、キーボードからの入力によって、切削時に工具が移動可能な方向として上下左右の 4 方向を設定することができる。

設定終了後、工具の輪郭データに有効切れ刃の位置と工具送り方向の情報を付与した工具情報ファイルを出力する。再度同じ工具を使う際は、出力した工具情報ファイルを再度使用することで工具の設定作業を省略し、即座に経路データの作成を行うことができる。

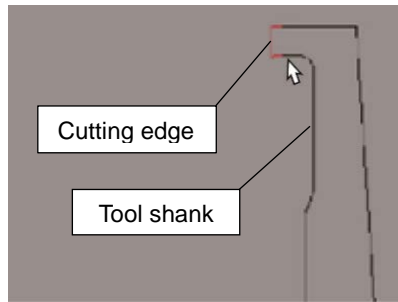


Fig.4 工具設定画面

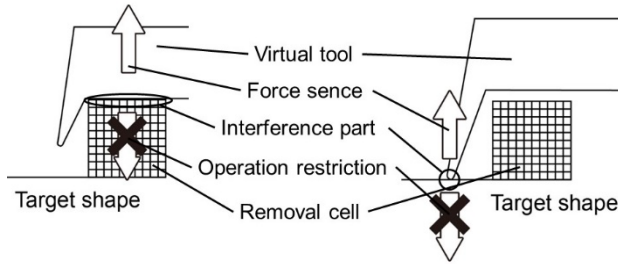
3.2 力覚の援用による操作制限

3.2.1 有効切れ刃を考慮した操作制限

工具を移動させる際に避けるべき動きとして、工具シャンク部と工作物の干渉と目標形状に切り込んでしまうオーバーカットがある。

そこで、工具シャンク部と未切削のセルの間に干渉が起こった際に、図 5(a)のように、進入方向と逆方向の力覚を提示することで、シャンクと工作物の接触を防止する。

また、有効切れ刃部に対しても、図 5(b)のように、目標形状セルとの干渉に対して進入方向と逆方向の力覚を提示することで、目標形状へのオーバーカットを防止する。



(a)シャンク部の干渉防止 (b)オーバーカット防止

Fig.5 力覚による工具操作の制限

3.2.2 工具送り方向を考慮した操作制限

溝入れバイトや突っ切りバイト等の工具は、切削方向に対して垂直な方向に動かすことはできない。そこで、図 6 のように、工具送り方向として設定した方向以外に未切削セルを検知したときに、逆方向の力覚を提示して、移動を制限している。

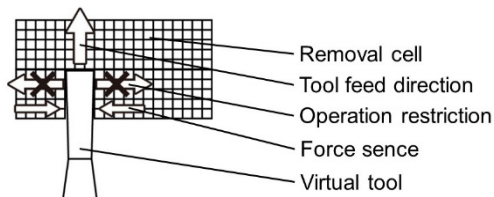


Fig.6 送り方向の制限

4. 加工実験

本実験では、図 7 に示す複雑形状の加工を行うことを目標とし、この加工に対応した特殊剣バイトを作製した。ここでは、図 8 に示す特殊剣バイトを用いた加工について説明する。

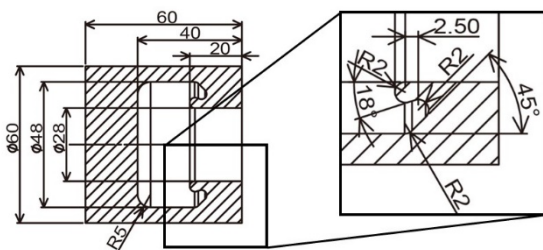


Fig.7 実験に使用した複雑形状

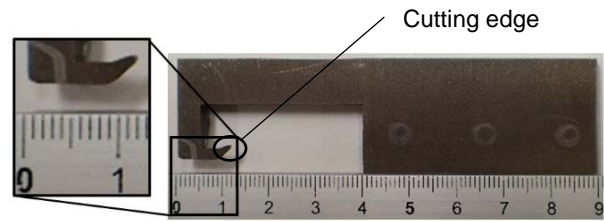


Fig.8 特殊剣バイト

工具には送り方向を設定せず、自由な方向に切り込めることとした。有効切れ刃は工具を送る際の切り込み深さが 1mm 以下になるように設定した。加工する際は、図 10 中 ①のように一定の切り込み深さで切削していった後、②のように目標形状の輪郭をなぞり、削り残しを除去した。

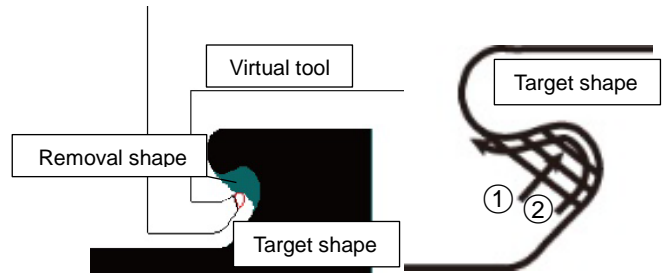


Fig.9 工具経路作成の様子

Fig.10 工具の送り方

工作物には、ポリ塩化ビニル製の円柱を使用した。加工条件は、送り速度 30mm/min、主軸回転速度 500rpm と設定した。加工した工作物の断面を図 11 に示す。

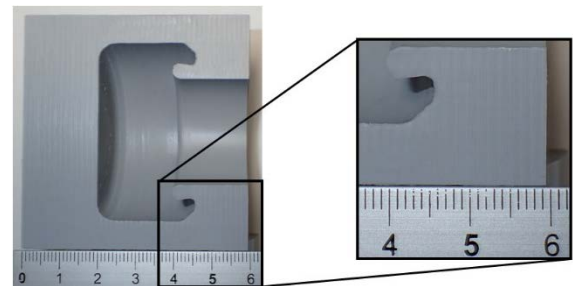


Fig.11 加工結果

作業中は、有効切れ刃を設定して切り込み深さを制限していることから、ほぼ一定の切り込み深さを維持しながら切削することができた。最大で 0.3mm 程度の未切削部分が確認されたものの、オーバーカットは確認されなかった。

5. 結論

本研究では、旋削加工において直感的に経路を生成できる CAM ソフトウェアの開発を目指している。先行研究で開発したシステムに任意の形状に対応する機能を付与することにより、NC データを作成することを目指した。そのために、工具データの設定インターフェースと適切な干渉回避を行う機能の開発を行った。開発した機能の有用性を検証するために、自作した特殊剣バイトを用いて加工実験をすることにより以下の結論を得た。

- (1) 有効切れ刃や、工具送り方向の情報を付与した工具データの作成、および工具データのパラメータを用いた適切な干渉回避を行うことができた。
- (2) システムを用いて特殊形状を有した剣バイトで複雑形状の加工を行い、工具形状および目標形状によらずオーバーカットのない工具経路を作成することができた。