

CAD・CAM/NC加工シミュレーションによる高速高精度加工

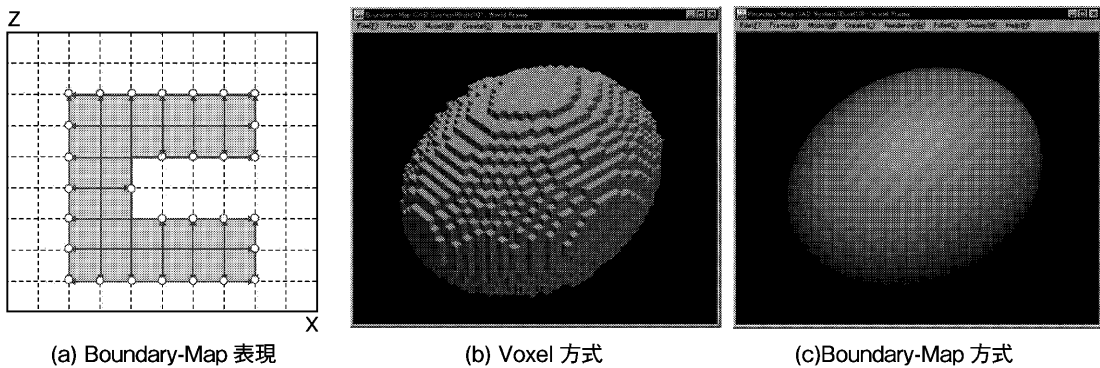


図1 Boundary-Map モデル表現例

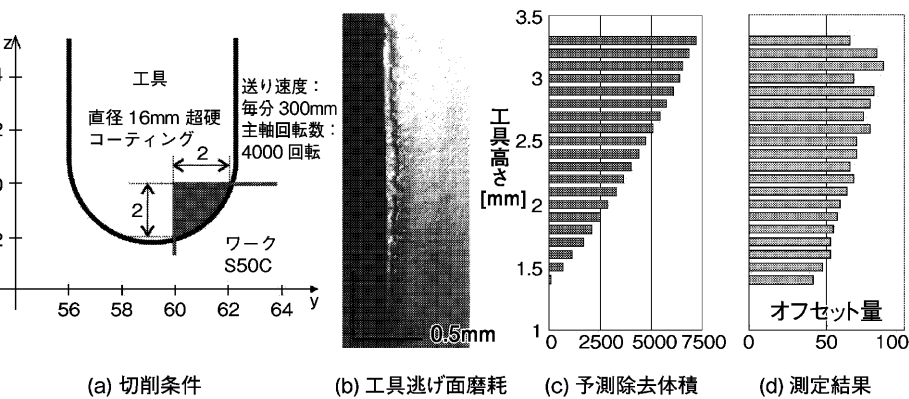


図2 工具磨耗の予測シミュレーション

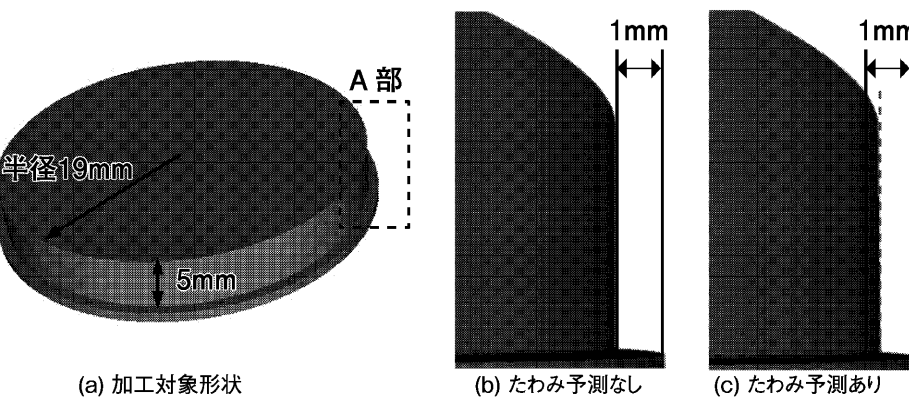


図3 工具たわみの予測と幾何形状への反映

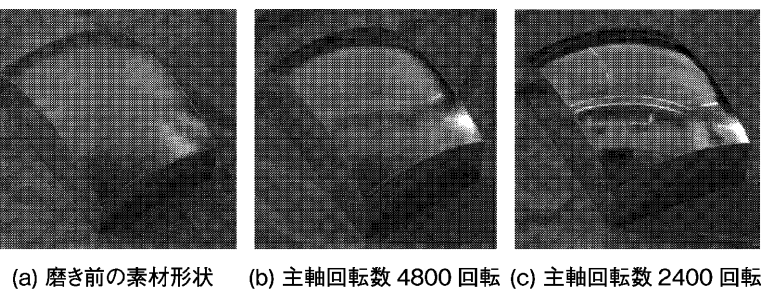


図4 バリ取り加工例

一方で、要素技術開発と並行して、MCに関わる全てのメーカーと研究機関とが密に連携を取り、これらの垣根を越えたオールジャパンでの取り組みが必須な時代となっている。これからも日本の工作機械が世界のマザーマシンを維持できるよう、日本の技術革新に期待したい。

現在用いられているコンピュータ利用設計・製造（CAD・CAM）システムの形状モデルはポリゴンベースで表現され、複合加工や多軸加工を含め高速高精度加工の実用化に貢献してきた。一方、NC加工シミュレーションでは除去処理による微細な形状変形をポリゴンで表現することが難しいため、素材形状を微少な立方体（Voxel）で表現する離散モデルが提案された。

しかし、形状精度を向上するためには膨大なデータ量を必要とし、当時のコンピュータで扱うにはメモリ容量が不足していた。そこで、少ないデータ量で

NC加工シミュレーターは切削加工をする前に加工後の形状の確認や、治具などとのリアルタイムでの干渉チェックが可能であり、切削加工の工程集約に貢献している。提案するB-Map形状モデルはNC加工シミュレーションシミュレーション

高精度NC加工シミュレーターの開発

2002 年

精度NC加工シミュレーターの開発を行った。また、単位時間当たりの除去体積計算が可能ことから、切削負荷の一定化や切削負荷が少ない工具経路の生成など、NC加工プログラムの最適化処理機能を開発した。

実際の加工表面の性状はNC装置の制御方式により生成されるサーボデータ（補間周期当たりの移動指令）に依存するため、加工表面性状を表現することが困難であった。そこで、NC加工シミュレーションの入力データを工具経路ではなく、サーボデータを用いることで、機械特性による要因を加工後の表面性状に表現できる高精度なNC加工シミュレーターを開発した。最近では工具経路の最

オンマシン自動磨き加工用5軸CAMシステムの開発

2018 年

この成果を受け、シミュレーション結果を工具経路またはサーボデータにフィードバックすることで、高速高精度加工が可能なシステムの開発に取り組んだ。これら加工誤差の予測と補正に関する研究は、実用化に向けて複数の研究機関で進められている。近年は切削加工負荷を用いて工具経路や切削パラメータの最適化を図る機能が商品化され、現場で活用されている。

また、図3(a)は円筒の外周を半径方向に1mm等高線切削加工した後の形状を、図3(b)は側面A部の幾何形状を拡大したものでたわみ予測なしの場合、図3(c)はたわみを考慮した例である。同図から、たわみにより1mm切削できていないことがシミュレーション後の形状に反映されていることがわかる。

この成果を受け、シミュレーション結果を工具経路またはサーボデータにフィードバックすることで、高速高精度加工が可能なシステムの開発に取り組んだ。これら加工誤差の予測と補正に関する研究は、実用化に向けて複数の研究機関で進められている。近年は切削加工負荷を用いて工具経路や切削パラメータの最適化を図る機能が商品化され、現場で活用されている。

た際に発生するバリは熟練工でも予測が難しく、バリ取りに時間を要している。そこで、NC加工シミュレーションによりバリを予測し、そのバリを自動的に除去するオンマシン自動バリ取り用インテリジェントCAMシステムの開発を開始した。

バリの発生要因は多数あるが、まずは切削方向や工具回転方向、単位時間当たりの除去体積などをパラメータとして、バリ予測の基本的なアルゴリズムを開発している。また、発生したバリの場所を認識し、これらの領域のバリをブラシで除去するための工具経路を自動生成するアルゴリズムの開発を並行して行っている。

今後の展望

車のボディープレス用金型など、大型の金型加工では磨き加工は必須であり、職人的な高度な経験と技術を要し、全工程の長期化の大きな要因となっている。一方、近年は工作機械の主

切削時に必ず発生するバリの除去はいまだ加工における問題点のひとつである。量産される部品などは自動化が進んでいるが、金型など複雑な形状を加工し

MCに関わる要素技術は機械構造や制御方式はもとより、構造材料、ツール、センシング技術やCAD・CAM技術、IoT（モノのインターネット）技術など多岐にわたり、各要素技術の革新がMCの進歩に反映されてきている。今後のMCの展望を考えた時、複

Boundary-Map形状モデルによるCAD/CAMシステムの開発

1994 年

高精度に形状表現可能な形状モデルとして、図1 Mapで表現した表示例で（a）に示すXYZ平面上の直交格子に基づく格子線分と形状表面の内外の交点情報を含め、XY、YZ平面も含めて形状表現する「Boundary-Map形状モデル（B-Map）」を提案し、CAD・CAMシステムに適用した。

NC加工シミュレーションに基づく高速高精度加工制御システムの開発

2006 年

この成果を受け、シミュレーション結果を工具経路またはサーボデータにフィードバックすることで、高速高精度加工が可能なシステムの開発に取り組んだ。これら加工誤差の予測と補正に関する研究は、実用化に向けて複数の研究機関で進められている。近年は切削加工負荷を用いて工具経路や切削パラメータの最適化を図る機能が商品化され、現場で活用されている。

図4(a)は表面粗さ(Ra)が1.78μmの条件でカスプ高さ5μmを残した半円球素材形状で、ブラシの切り込み量は0.2mm、磨き回数は50回、送り速度は毎分1200mmで走査線工具経路を用いて磨き加工を行ったときの素材を、図4(b)、(c)はそれぞれ主軸回転数を毎分4800回転と2400回転に変えて磨き加工を行った結果例を示しており、磨き加工後のRaはそれぞれ1.14μmと0.208μmとなり、磨き加工ができていないことがわかる。この成果を受けて、現在は凹凸が混在した複雑な形状について研究を継続している。

た際に発生するバリは熟練工でも予測が難しく、バリ取りに時間を要している。そこで、NC加工シミュレーションによりバリを予測し、そのバリを自動的に除去するオンマシン自動バリ取り用インテリジェントCAMシステムの開発を開始した。

マシニングセンター（MC）は工作機械の要素技術や加工技術の高度化とデジタル化を両輪に著しく進化を遂げている。日本のMCはいまだ世界のマザーマシンとして世界一のポジションを維持している。筆者は大学時代に経験した数値制御（NC）装置の開発をきっかけに、メーカーでNC装置の開発を経験した後、一貫してMCの高速高精度加工に関わる研究を行ってきた。ここでは、これまでの研究の取り組みについて紹介する。

沼津工業高等専門学校
制御情報工学科
教授

藤尾 三紀夫