中小企業における情報技術の導入

（CAD/CAM技術およびインターネットを活用した機械部品加工技術の高度化）

片山　聡*　嶽岡悦雄*　菅家　章*　石井啓貴*

The introduction of information technology in the small and medium enterprise

(The effect of processing information electronicization using Web and CAD/CAM technology)

KATAYAMA Satoshi, TAKEOKA Etsuo, KANKE Akira and ISHII Hirotaka

抄　録

CAD/CAM 技術によって電子化された図面情報をインターネット上で共有する方法について検討し、形状データ確認の際にXVL形式を用いることで、データ容量の大幅な軽減や高精度表示が可能となることを確認した。また、実際の切削過程で発生する情報を加工データ作成者に伝える際、インターネットを介することで、工具軌跡や加工条件が適正かどうか迅速に判断でき、品質の向上や納期短縮の効果が見込まれることを明らかにした。

１．緒言

中国をはじめとする諸外国との競争が激化する中で、県内の製造業が勝ち残っていくためには、品質や精度、納期などにおいて十分な優位性を持つことが必要である。機械部品加工を主たる業務とする企業を例にとれば、加工技術の高度化が必須であるが、さらに高い付加価値を生み出すためにも、情報技術の活用が求められている。

例えば、精密部品加工を行う企業においては、自社内に設置した加工機械だけでは要求を満たすことのできない要素を含む部品加工を受注することがある。そうした場合は、加工の一部を外部に委託しなくてはならないが、従来のような紙の図面を介した情報のやりとりでは、加工条件や加工精度で不具合が発生する度に担当者自身が何度も移動して打ち合わせを繰り返す必要があった。しかし、こうしたプロセスは時間的にも経済的にも無駄であり、これに費やす時間は極力減少させる必要がある。

本研究は、中小企業に情報技術を導入することにより、技術の高度化と生産性の向上を図ることを目的とする。まずCAD/CAMシステムを用いて図面情報を電子化し、インターネットを介して発注側と受注先で情報を共有する方法について検討した。また、実際の加工を行う過程で発生する情報を、インターネットを介して加工データの作成者に伝え、工具軌跡データや加工条件が適正かどうかを迅速かつ正確に判断する方法についても検討した。

２．インターネットを介した図面情報の活用

２．１　ビューワによる形状データの確認

３次元CADにより、図１、２に示すモデルを作成し、異なるCAD/CAM間の形状データ受け渡しに用いられる代表的な中間ファイル形式（IGES 形式、

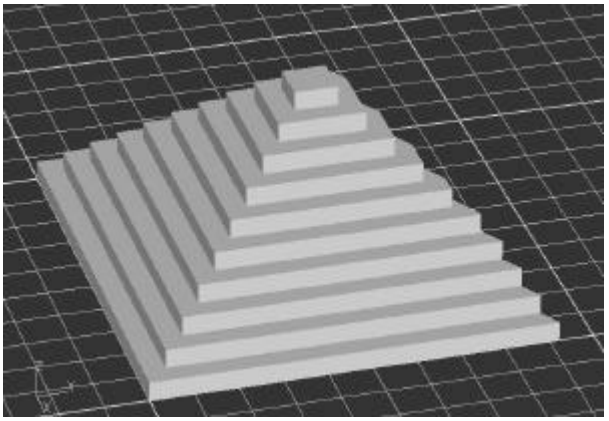


図１　モデルＡ全体図

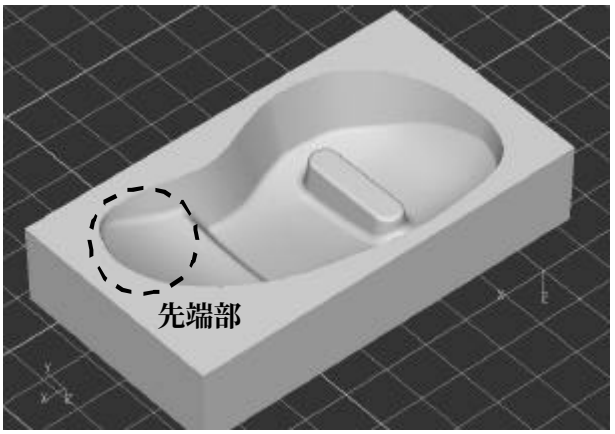


図２　モデルＢ全体図

＊上越技術支援センター

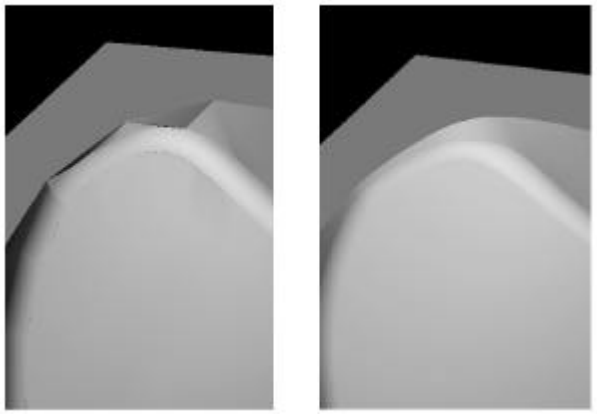
VRML形式、XVL形式）に変換後、データ容量とビューワ（形状表示ソフト）上での表示精度を確認した。なお、表面の幾何形状による影響を調べるため、モデルAは平面のみを用いた形状、モデルBは自由曲面を用いた形状とした。モデルの作成には（株）フォロトン社、図脳RAPID3Dを使用し、各種中間ファイル形式への変換も同ソフトより行った。

表１に中間ファイル変換後のデータ容量を示す。モデルA、Bともに、XVL 形式で最もデータ容量が小さくなっており、オリジナルデータに対し１％以下となっている。また、自由曲面を含むモデルBでは、モデルAに比べて変換後のデータ容量が大きくなっており、特に IGES 形式ではその違いが顕著に現れた。

表１　中間ファイル変換後のデータサイズ

データの種類	モデルA (KB)	モデルB (KB)
オリジナルデータ	1760	1568
IGES形式	385	1183
VRML形式	262	362
XVL形式	4	11

図３に VRML 形式、XVL 形式に変換したモデルB先端部を示す。VRML 形式は Computer Associates International 社の Cosmo Player、XVL 形式はラティステクノロジー社の XVL Viewer を用いて形状を確認した。図３を比較すると、VRML 形式で細部が滑らかに表示されていないことが分かる。これは VRML 形式がポリゴン（多角形平面）を用いて表面を近似するためである。ポリゴンのメッシュを細かくすることで曲面を滑らかに表示できるようになるが、その場合にはデータ容量が大きくなり、実用的でない。



(VRML形式)　　(XVL形式)

図３　モデルB先端部

以上のことから、現状においてはXVL形式がビューワを利用した形状データの確認に適しているといえる。またデータ容量が小さいため、インターネットを介したデータの共有にも適している。ただし、NC データの作成や再設計には正確な幾何・位相情報が必要であり、この場合にはオリジナルデータや IGES 形式を用いねばならない。そのため本研究では、加工サンプルの形状確認および検討にXVL形式、CAD から CAM への形状データ転送に IGES 形式を用いることとした。

２．２　NC加工データの確認

厚さ1.60㎜のアルミニウム平板（A7570）上に、図４に示す形状の穴をボールエンドミルおよびスクエアエンドミルにより 2000 個程度創成する部品を加工対象として、ワコム社のΦSTATION により NC 加工データを作成した。使用工具を表２に示す。

図中Aに示す部分の加工には直径が0.3㎜以下の極小径のエンドミルを使用する必要が生ずるが、通常の回転速度のマシニングセンタでは必要な切削速度を得ることが難しいため、毎分３万回転以上の回転速度を持つ主軸を搭載したマシニングセンタ等を用いることが望ましい。

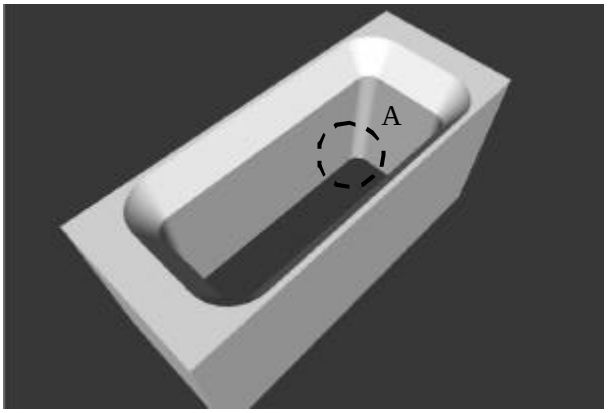


図４　加工対象

表２　工具諸元

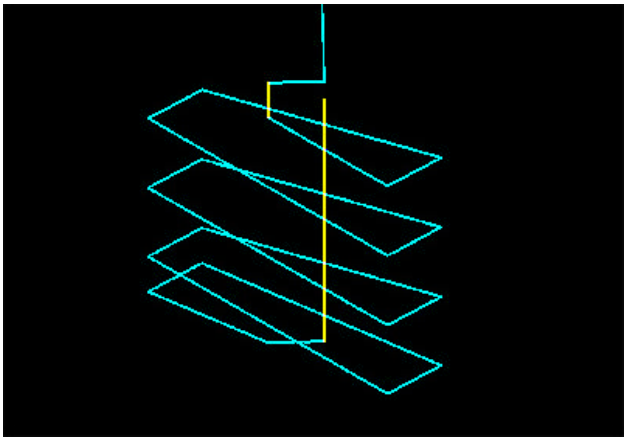
工具の種類	直径 (㎜)	刃長 (㎜)	備　考
ボールエンドミル	1.0	――	2枚刃
テーパエンドミル	――	2.0	テーパ片側30°
スクエアエンドミル	0.3	1.2	2枚刃

各工具による軌跡を生成する上で、留意した点は下記のとおりである。

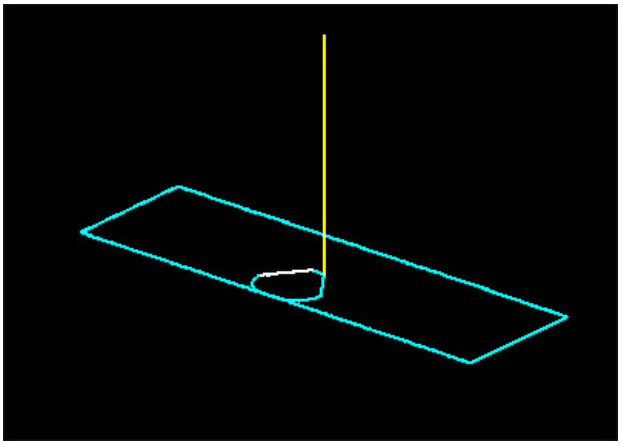
（1）比較的小径の工具を用いることから、切込み深さや一刃当たりの送りの適正化を図り、加工誤差や工具破損の発生を防ぐ
（2）仕上げに用いる直径が0.3㎜の工具においては前工程での削り残し量に十分注意し、特にコーナ部で過度な負荷が作用しないよう配慮する
（3）単純な形状ではあるが、加工個数が約 2000 個と多いため、むだな動きは極力排除し、加工時間の短縮を図る

以上の条件を配慮して、主に等高線輪郭加工、ヘリカル加工などにより工具軌跡を生成した。各工具による工具軌跡の代表的な部分を図６の(a)～(c)に示す。また、表３には各工具を使用した場合の切削条件を示す。

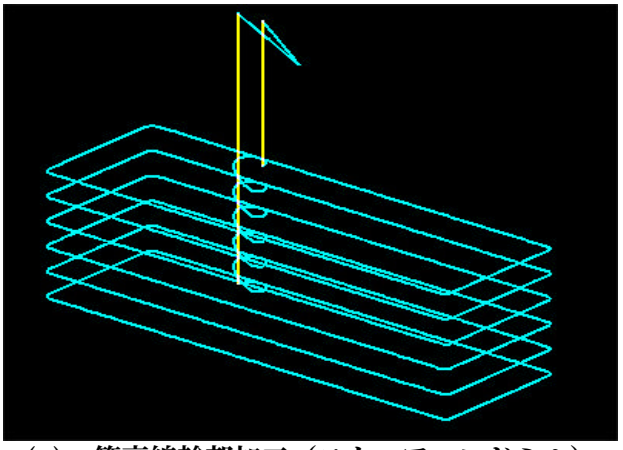
NC加工データの確認にはΦSTATION付属のシミュレータとプロキャスト（株）の CASTSTAR-S を用いた。各工具に対する工具軌跡はサブプログラムとして作成したが、各穴間の移動時間も考慮するため、プログラムを展開して加工時間を確認し、全加工時間の短縮を図った。



(a)　ヘリカル加工（ボールエンドミル）



(b)　等高線輪郭加工（テーパエンドミル）



(c)　等高線輪郭加工（スクエアエンドミル）

図６　工具軌跡

３．切削実験と加工状況の監視方法

実験に使用した加工機械は、空気静圧軸受主軸を搭載した NC フライス盤であり、その最高回転速度は45000min^{-1}である。

本実験では工具とその加工対象が小さく、また主軸回転速度が高いために、正常な加工が行われているかどうかを作業者が感覚的に判断することが難しい。そこで小型の圧電型動力計を用いて切削抵抗を実時間で計測し、その変動を監視することで、正常な切削が行われているかどうかを判断した。また、そこで得られたデータをデジタル化し、インターネットを介して加工データの作製側へ伝送することにより、相互に結果を検討することを試みた。

表３　切削条件

工具の種類	回転速度 (min^{-1})	送り速度 (mm/min)	軸方向切り込み (mm)	備　考
ボールエンドミル	24000	500	0.21	ヘリカル加工　コーナ部で減速
テーパエンドミル	30000	600	0.21	等高線輪郭加工　コーナ部で減速
スクエアエンドミル	45000	420	0.20	等高線輪郭加工　コーナ部で減速

４．切削抵抗の測定と加工状況の把握

４．１　ボールエンドミルによる荒加工

図７に、ボールエンドミルを用いて切削した時の切削抵抗（X軸方向成分）の変動を示す。図には約３周分の切削抵抗の変動が示されている。

主軸が毎分３万回転しており、切れ刃が２枚であるから、断続切削の基本周波数は約 1kHz に達する。図には示していないが、固有振動数の高い動力計を用いていることから、個々の切れ刃による切削抵抗の変動が明瞭に計測されている。

図７から、コーナ部で切削送り速度を減速したことによる切削抵抗の減少（図中ａ）や、実切込み深さが増すことによる切削抵抗の増加（図中ｂ）が明瞭に観察される。これにより、切込みや一刃当たりの送りなどの切削条件が適正かどうか判断できる。また、コーナ部での切削送り速度の制御の必要性があるかどうか、また制御した場合はそれが有効に作用しているかどうかの判断も可能である。

この実験では直線部での切削抵抗の最大値が約 12N 程度である。コーナ部では実質的な切込みの増加に伴って切削抵抗も増加する傾向が見られるが、直線部での最大値を超えることがないことから、切削条件は妥当であると判断される。

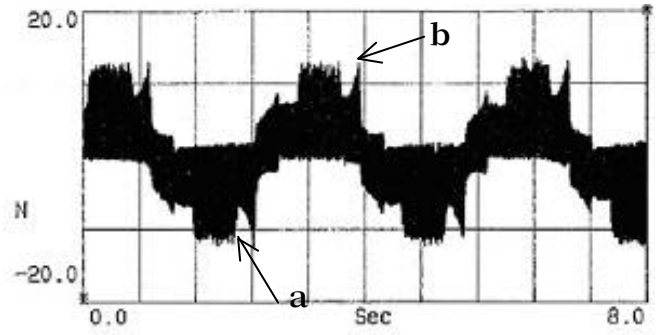


図７　ボールエンドミルによる切削時の切削抵抗波形

４．２　スクエアエンドミルによる仕上げ切削

写真１に、スクエアエンドミルによる加工の状況を示す。図８、９には、ボールエンドミルおよびテーパエンドミルを用いて切削した後、スクエアエンドミルで仕上げ切削した時の切削抵抗の変動波形を示す。

図８にはスクエアエンドミルによる等高線輪郭加工（図６-c）のおよそ１周分の切削抵抗の変動が示されている。図中には示していないが、切削抵抗が作用しているにはコーナ部切削時であり、それ以外の加工部位では切削抵抗が作用していないことがわかる。これは工具の振れや変形、加工テーブルの運動精度など様々な誤差要因のために、あらかじめ想定されたとおりの形状が創成されておらず、一定の

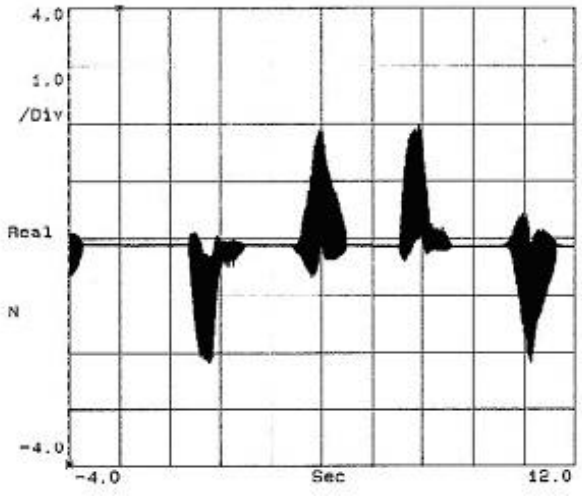


図８　スクエアエンドミルによる切削抵抗の変動

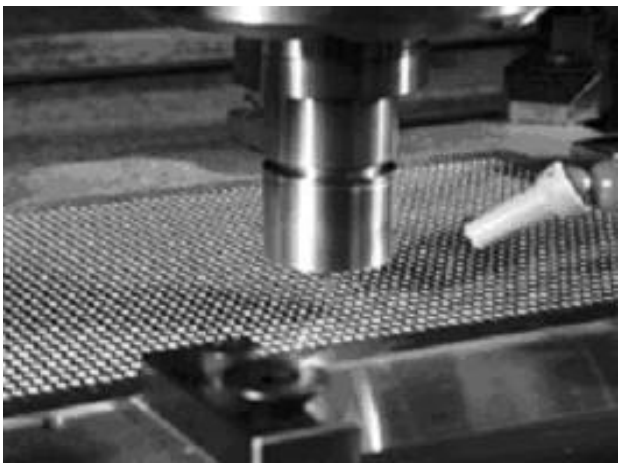


写真１　加工状況

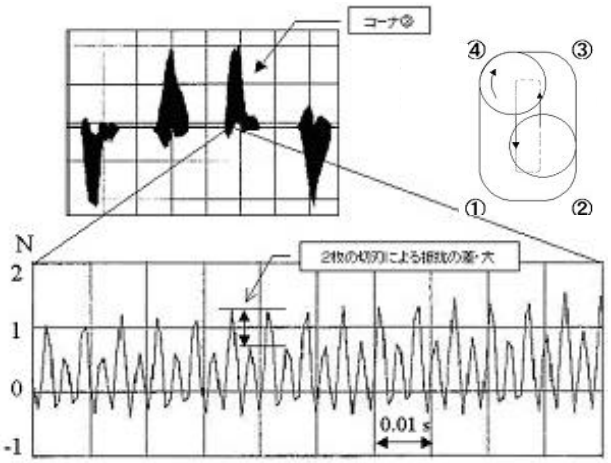


図９　切削抵抗詳細図

仕上げ代が確保されていたにもかかわらず実際には切削が行われなかったことを示している。

こうした状態では前加工面の一部が残ってしまい、完全な仕上げ加工が行われないことになり、高い製品精度や機能を満たすことができない。

そこで、この測定結果をインターネットによりプログラム作成者に送信することにより、不具合の具体的な状況を具体的に伝達した。CAD/CAM システムのオペレータはそれに基づいて NC 加工データや切削条件の変更を行い、再度加工サイドにデータ転送することにより、切削の適正化が図られた。

5．結　言

本研究は中小企業に情報技術を導入することにより、技術の高度化と生産性の向上を図ることを目的とするものであり、精密機械部品の加工を例に、具体的な手法と得られた効果を明らかにした。以下にその具体的な項目を示す。

1）CAD/CAM 技術を用いて図面情報を電子化することにより、インターネットを介して情報が共有でき、企業間における正確且つ迅速な検討が可能となる。

2）形状データを XVL 形式に変換し、それに対応したビューワを用いることで、非常に軽量な形状データを企業間で共有することが可能となる。

3）加工中の切削抵抗の変動を測定し、インターネットを介してそのデータをやりとりすることにより、NC 加工データおよび切削条件の適正化が迅速に行うことが可能である。