技術レター

次世代工作機械に求められる高度要素技術に関する研究調査

石川　淳[*]　相田　収平[*]　木嶋　祐太[*]　樋口　智[**]　須藤　貴裕[**]
本田　崇[**]　片山　聡[***]　宮口　弘明[****]

A Survey Report of Advanced Mechanical Components Technology for Next Generation Machine Tool

ISHIKAWA Atsushi[*], AIDA Shuhei[*] , KIJIMA Yuta[*] , HIGUCHI Satoru [**],
SUTOH Takahiro[**] ,　HONDA Takashi[**] , KATAYAMA Satoshi[***] and　MIYAGUCHI Hiroaki[****]

1. 緒　　言

製造業における国際競争が高まる中，日本の工作機械業界においては高速，超精密，多軸・複合といった高付加価値をもたらすための新たな要素技術を取り入れた，次世代型ともいうべき工作機械の開発が活発におこなわれている。

本研究調査では，新潟県における，こうした次世代工作機械の研究開発推進を目的として，県内メーカの競争力を強化維持する上で必要となる要素技術や生産技術について調査をおこなった。

2. 研究調査の内容

2.1　県内関連企業の調査

概して大型工作機械を特徴とする県内工作機械メーカにおいては，高精度化に対する発熱対策と機上ワーク計測を課題のひとつとして掲げるメーカが多い。熱対策については工作機械の永遠の課題であり，現状，熱電対に代わる適当なセンサが存在しないことから，熱変位を相殺するような構造設計技術やこれまでの経験的な設計を補完するためのシミュレーション技術の活用が必要であると考える。

また，航空宇宙産業の進展が見込まれていることもあり，多軸加工・複合加工技術についての必要性を感じているメーカもある。

工作機械を使用する側である，機械加工メーカを対象に，課題となる加工技術について調査をおこなった結果，高速切削，高硬度材切削，難削材切削，無人加工，5 軸加工，鏡面切削などが回答として目立った。

高硬度材切削については，工具メーカから最近 cBN 工具が盛んに製品化されてきていることもあり，これまで困難であった 60HRC 以上の鋼材加工に対しての可能性が出てきたことも多数の回答があった背景にある。

無人加工については段取り替えレスという観点から 5 軸加工につながるところもある。この 5 軸加工については，すでに取り組んでいる企業もあるが，一般的にはこれからの加工技術であり，加工の高精度化，高能率化などにおいて有効な手段となる可能性があり，県内企業においても興味が高まっているものと考える。

鏡面切削については，現状切削において達成可能な面粗さは 0.3～0.5μmRz といわれており，人間の目で識別不可能となる面粗さ 0.1μmRz 以下を実現するには加工機械や工具，加工条件など解決すべき課題は多い。特に要求の厳しい金型加工において，みがきレスというのは現実的でなく，むしろ面粗度のばらつきを押さえ，みがき工程の負荷を低減するための切削実現に向けた取り組みが現実的であろう。

[*] 下越技術支援センター
[**] 研究開発センター
[***] 中越技術支援センター
[****] 上越技術支援センター

2.2　5 軸加工・複合加工について

県内企業調査などから，本研究調査事業における対象技術のひとつとして，「5 軸・複合加工技術」に着目した。

5 軸加工は一般的な 3 軸加工に回転 2 軸を付加して切削加工をおこなう技術であり，複合加工は旋削機能にミリング，ドリリング機能を付加して加工をおこなう技術である。いずれもワンチャックで加工を完了させることで，大幅な工程短縮と省スペース化をはじめ，段取り替え数や治具数の大幅削減が可能となり，高能率加工が実現できるほか，従来困難であった複雑形状部品も高精度に加工できる，工具干渉を適切に回避できる，工具寿命を延長できるなど多くのメリットがあげられている。

本報では，複合加工に関して，旋削とミリングを組み合わせたターンミリング加工について簡易な試験加工システムを構築し，切削加工試験をおこなった結果について報告する。

2.3　ターンミリング加工試験

2.3.1　ターンミリングについて

一般的なバイト工具による旋削加工では，切屑は連続型となり，これが被削材や工具に絡まり，加工面品位の低下をまねくことから，旋削加工において切り屑処理は重要な課題である。一方，バイトの代わりにエンドミルなどの回転工具を用いると，切り屑が細かく分断され，さらにエアブローなどを併用することにより，切り屑処理が格段に向上することは容易に想像できる。また，加工系に熱が蓄積しにくいことから，航空機部品に用いられるチタン，インコネルなどの耐熱性難削材の加工に適用できる可能性も考えられる。

本研究調査では，NC 汎用旋盤に市販の高速スピンドルを取り付け，回転工具を用いた旋削加工の試験を行い，加工条件による加工面粗さの比較を行った。

2.3.2　加工試験内容と結果

試験に使用した機器を表 1 に，加工の状態と加工パラメータを図 1 に示す。また，試験条件を表 2 に示す。工具の送り量，切り込み量，回転数を一定とし，そのほかの加工パラメータの違いによる加工面粗さの比較を行った。

図 2 に白色光干渉顕微鏡（日本 VEECO 製 wyko NT3300）により測定した（測定エリア 0.9mm×1.2mm）加工面状態を示す。いずれの条件においても工具 1 刃ごとのツールマークが確認できる。

ボールエンドミルを用いた場合の工具角度による加工面の違いを条件 1 と 2 で比較した。条件 1 では，ワークに対して工具が面直となるため，工具の切削速度がゼロとなる中心刃近傍を使用して切削している。一方，条件 2 ではワークに対して工具を傾けて加工しているため，ある一定の切削速度で加工している。面内最大高さ粗さ Rt について，条件 1 では Rt=24.39μm，条件 2 では Rt=7.79μm であり，工具をワークに対して傾けた加工の方が良好な加工面粗さが得られることがわかる。

スクエアエンドミルを用いた場合の工具角度の影響については，条件 3 では Rt=12.67μm，条件 4 では Rt=58.48μm となり，工具をワークに対して面直な姿勢で加工した方が加工面粗さを向上できることがわかる。

工具とワークの軸芯オフセットの影響について調べた条件 3 と条件 5 の比較では，Rt=12.67μm（条件 3），11.36μm（条件 5）となり，スクエアエンドミルを用いてワークに対して面直な姿勢とした場合，工具の軸芯をワークの軸芯からオフセットした方が加工面粗さが良好になることがわかる。

ワークの回転数による影響を調べた条件 5 と条件 6 について比較する。この加工法によるワークの回転速度の違いは正面フライス加工における工具 1 刃あたりの送り量の違いと等価であり，加工面粗さに多大な影響をおよぼすと考えられる。条件 5 および条件 6 の加工では 1 刃あ

表 1　使用機器

旋盤	大日金属工業株式会社製　DL-53 主軸回転数　16～1600min^{-1}
高速スピンドル	株式会社ナカニシ製　NR-3060S+EM-3060 最大出力　350W 最大主軸回転数　60,000min^{-1}
被削材	アルミニウム合金　A5052　φ30mm　丸棒

表 2　加工条件

条件	ワーク回転数	送り量	切込量	工具回転数	軸芯オフセット	工具角度	工　具
	min-1	mm/rev	mm	min-1	mm	deg	―
1	200	0.2	0.25	50000	0	90	ボールエンドミル（2枚刃R3超硬）
2						105	
3						90	スクエアエンドミル（2枚刃φ6ハイス）
4						105	
5					-3	90	
6	16					90	

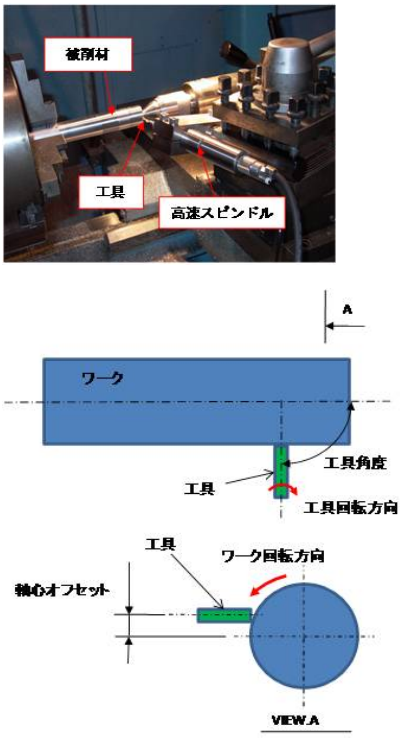

図 1　加工の状態と加工パラメータ

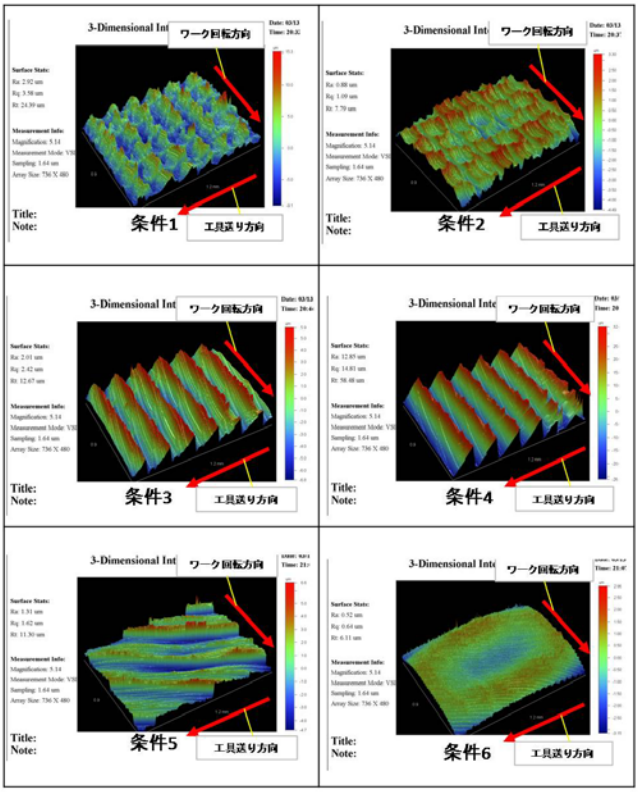

図 2　加工面の状態

たりの送り量はそれぞれ 1.89×10^{-4}mm/tooth, 1.51×10^{-5}mm/tooth であり約 10 倍程度異なる。

加工面粗さを比較した場合，Rt=11.36μm（条件 5），6.11μm（条件 6）となり，条件 6 において大幅に向上していることが確認できる。この結果から，さらに高速なスピンドルを用いれば，ワークの回転数が比較的高速なままでも，条件 6 と同様な加工面粗さが得られると考えられる。

3. 結　　言

(1)　県内関連企業の調査ならびに産業界の動向などから，5 軸･複合加工技術を中心に研究調査をおこなった。

(2)　5 軸･複合加工に関して，県内企業においては，概して一歩遅れている感があるものの，加工機械，加工技術そのものが，いまだ未成熟かつ付加価値技術としての可能性を大きく秘めていると判断し，本県工作機械関連技術の高度化を担うものとして，人材育成を含めた技術蓄積が急務であると考える。