

# 機上計測を用いた超精密金型部品の高効率切削加工技術の研究 —(サブテーマ)マシニングセンタの機上計測機能の開発—

大塚裕俊\*・水江宏\*・秋国元\*\*・嶽正好\*\*・丸山祐治\*\*\*

\*機械・金属担当\*\*\*(株)テオリック\*\*\*E-jidai

## Study on End-milling Hardened Steel for Molds Using On-machine Measurement System

-Development of On-machine Profile Measurement System Used for MC-

H.OHTSUKA\*・H.MIZUE\*・G.AKIKUNI\*\*・M.DAKE\*\*・Y.MARUYAMA\*\*\*

\*Mechanics and Materials Division\*\*Teoric Cooperation\*\*\*E-jidai Cooperation

### 要 旨

精密金型部品等の切削加工法の合理化については、工程集約を実現すると同時に高精度化が期待できる機上計測機能を備えたマシニングセンタ(MC)が注目されている。本研究では、実用的な機上計測機能を備えたMCにより、精密金型部品の効率的加工を実現することを目標として開発を実施した。機上計測システムはMCとそのNC制御装置、HOST PCからなり、レーザプローブを非接触測定装置としてMC機上で精密測定を行うものである。本研究ではそのハード・ソフトのシステム構築と基本的な計測機能の検証を実施した。

### 1. はじめに

精密金型部品等の切削加工法の合理化については、工程集約を実現すると同時に高精度化が期待できる機上計測機能を備えたマシニングセンタ(MC)が注目されている。しかし複雑形状や高精度部品、微細加工部品に対してはまだ実用化に至っていないのが現状である。本研究は、 $\mu\text{m}$ オーダーまで測定可能な機上計測機能を備え、かつ高硬度材料について同程度の高精度加工を可能とするMCを開発するものである。

とりわけ金型の切削加工では、工具摩耗の影響等により設計値との誤差が生じるため、加工後の形状測定を機上で行うことは有効である。また修正加工への応用<sup>1)</sup>も可能となる。本研究では、まずMC・レーザプローブ・HOST PCよりなるハードのシステム化を行い、 $\mu\text{m}$ オーダーの高精度測定を目標として機上計測用ソフトを開発し、円測定など基本形状の計測機能について検証を行う。

### 2. システムの構築(ハード)

機上計測システムは、MCとそのNC制御装置およびHOST PCからなり、レーザプローブを用いて機上測定を行う。その諸元について Table 1に示す。また各要素の結合について Fig.1に示す。MC・NC制御装置とHOST PCはLANおよび専用カウンターボードによって接続され、MCの動作情報や位置情報をHOST PC上に取得することができる。レーザプローブの制御指令やフォーカス時の位置情報(測定値)も同様にHOST PC上で処理され

る。

Table 1 Hardware specifications

	Specifications
工作機械 (マシニングセンタ)	安田工業(株)製 YBM640V 可動範囲 600×400×350mm 最大主軸回転数 40000rpm 主軸電動機定格 AC11kW NC制御装置 Fanuc 30iM
非接触測定装置 (レーザプローブ)	三鷹光器(株)製 MP-3 分解能 0.01 $\mu\text{m}$ 軸方向測定範囲 10mm レーザスポット径 1 $\mu\text{m}$ CCDカメラ内蔵型
HOST コンピューター	本体 Dell Precision 390 OS: Windows XP Professional CPU: Intel Core(TM)2 Duo processor E6600 (2.4GHz)

### 3. システムの構築(ソフト)

Fig.1の要素結合図にも示されるように、MCの位置情報とZ方向の測定値は最終的にHOST PCに集められ、機上計測用統合ソフトで処理される。Fig.2にHOST PC上の同ソフトの操作画面を示す。

まず円・四角形・溝幅などの基本形状を対象として機上計測機能の構築を行うが、いずれにおいても対象の正確なエッジ検出が必要である。すなわち正確性や処理速度の向上を念頭にして Fig.3のようなアルゴリズムによりエッジ測定用の測定プログラムを作成した。これは粗測定と精密測定(測定間隔が1  $\mu\text{m}$  未満のオーダー)の

2段階にわたることで処理速度の向上をはかるものである。

実際の測定は、レーザプローブのオートフォーカス(A F)がONとなった時のレンズ位置情報(Z値)をリニアスケール値として読み込むことで行われる。対象のエッジ部ではZ値が急激に変動するので、Z値が閾値を外れる時をエッジと判定する。場合によっては他の判定法も併用

する。

Fig.4(上)はレーザプローブユニットをMC主軸にチャッキングした状態である。MCテーブル奥にユニットの格納室があり、測定時には通常のATCの要領により主軸上で交換することができる。Fig.4(下)は実際にエッジ測定を実行している際の対物レンズ付近の近影である。

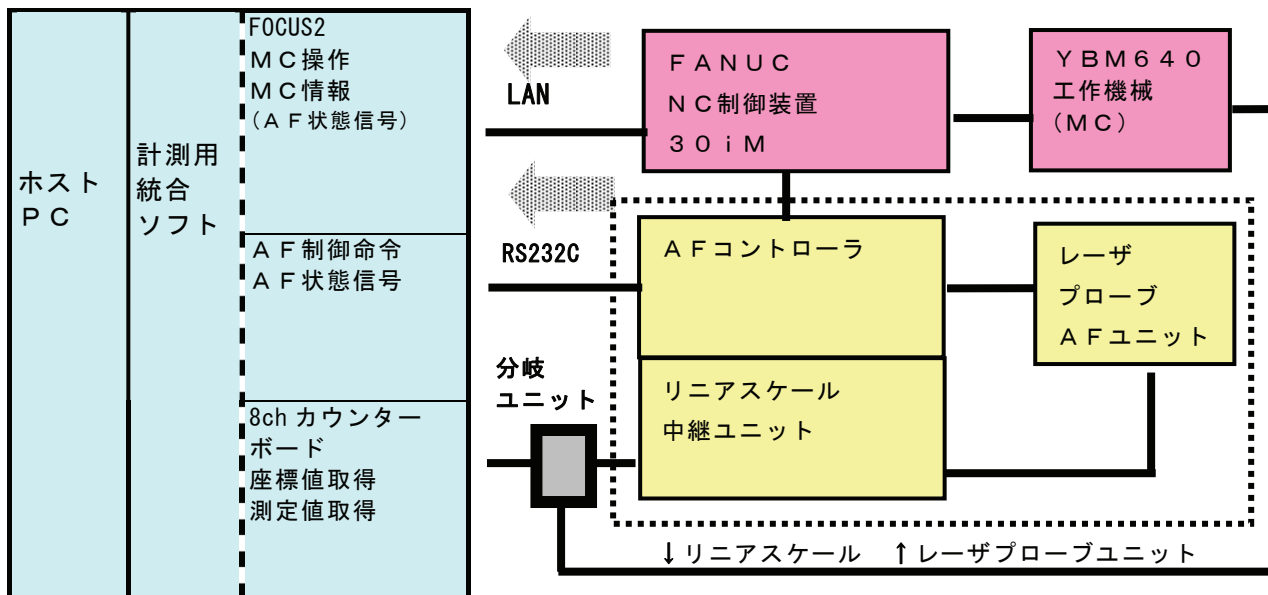


Fig.1 Developed on-machine measurement system

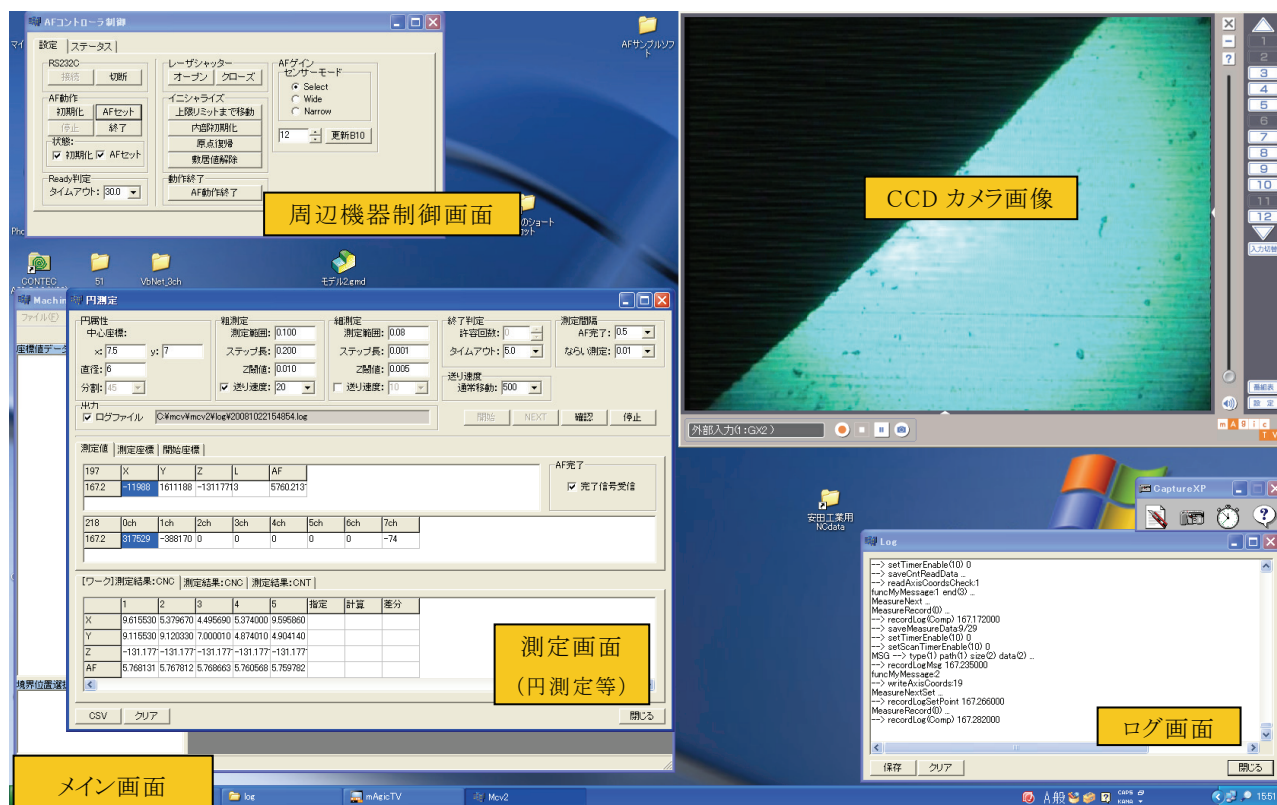


Fig.2 Operating display for the on-machine measurement system(Host PC)

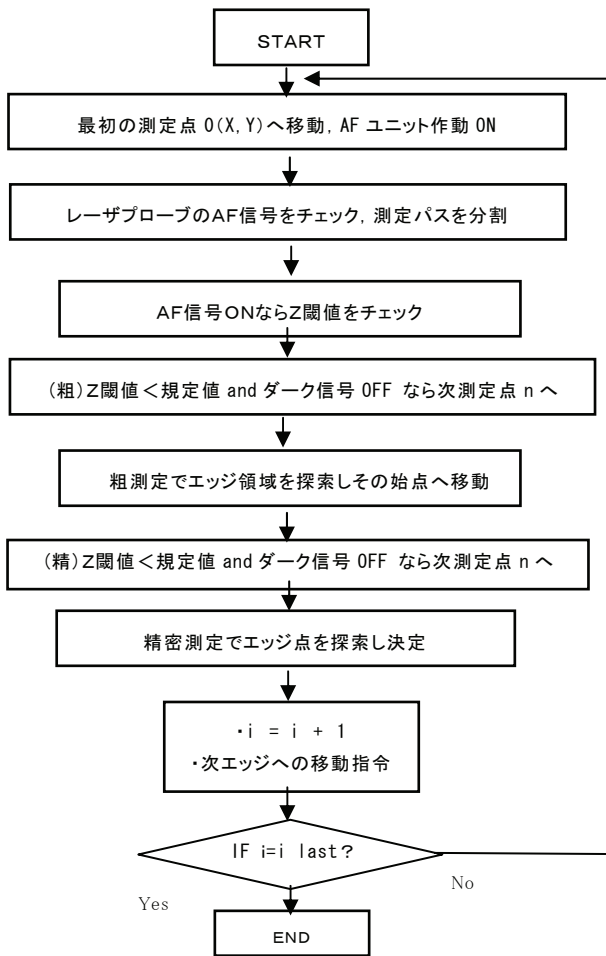


Fig.3 Algorithm for edge detection in measurement

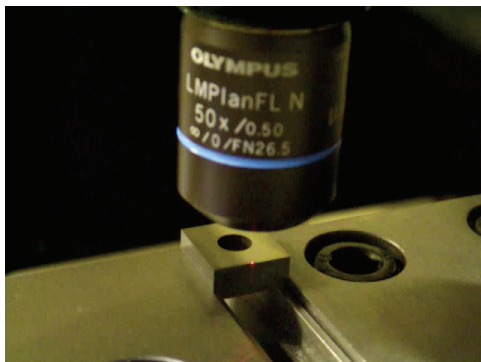
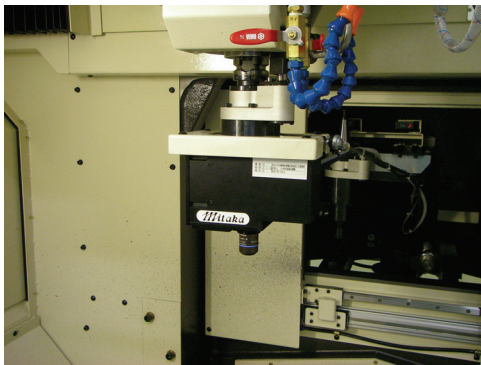


Fig.4 Laser probe unit mounted and operated on the MC

Table 2 Experimental results(circle measurement)

	standards (mm)	measurements (mm)	measurement points
center X	7.5	7.4960 ( $\Delta = -0.0040$ )	
center Y	7.0	6.9961 ( $\Delta = -0.0039$ )	
radius	3.0	3.0009 ( $\Delta = +0.0009$ )	

#### 4. 計測機能の検証

開発されたエッジ検出のプログラムをもとに円形状(穴形状)の測定を行い、計測機能の検証を行った。円測定のマクロプログラムは、円周上の5点のエッジ測定を行って円の直径等を算出するものである。繰返し測定(繰返し誤差 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以内)による平均値を Table 2に示す。これによれば、中心位置は $4 \mu\text{m}$ 、半径の測定値は $1 \mu\text{m}$ 以内の誤差となっている。よって開発されたソフトによりほぼ正確なエッジ測定が可能となっていることがわかる。またこれにより他の基本形状の測定も可能となる。なお測定精度への表面品質の影響の改善、測定時間の短縮、操作ソフトウェアの機能向上などが今後の課題である。

#### 5. おわりに

実用的な機上計測機能を備えたMCによる精密金型部品の効率的加工技術について研究開発を実施し、次の結果を得た。

- (1) レーザプローブを用いた精密測定機能をもつ機上計測システムについて、そのハード・ソフトのシステム構築を行った。
- (2) 測定アルゴリズム構築によりレーザプローブによる対象のエッジ検出機能の向上をはかった。また測定機能の検証を円測定について行い、目標とする $\mu\text{m}$ オーダーでの測定が可能であることがわかった。

#### 参考文献

- (1) 垣野義昭, 井原之敏, 岩崎嘉徳, 松原 厚, 大坪寿: 除去加工用修正加工システムに関する研究(第1報), 精密工学会誌, 59, 10(1993) 1689.

#### 追記

本研究は、平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業によって実施しました。