

# 複合加工機による高精度加工技術に関する研究

Studies on High Accurate Machining by Integrated Machine Tools

## 複合加工機の精度検査事例

Case Study of Accuracy Testing on an Integrated Machine Tool

加藤 明・鈴木好明

Akira Kato and Yoshiaki Suzuki

加工機の精度は、加工品の形状精度に影響を与えるが、近年普及してきた複合加工機は、機械精度の評価事例が少ない。そこで、複合旋盤の精度検査の可能性について検討を行い、ボールバーによる円運動精度検査試験が複合旋盤においても有効であることがわかった。

### 1. はじめに

工作機械の精度は、加工品の形状精度に影響を与える。そのため、工作機械の精度検査は、加工品の精度管理の上で重要である。

日本工業規格において、工作機械の機種別に精度検査方法が規格化されている。例えば、JIS B 6131 の規格群は、数値制御旋盤およびターニングセンタについて、JIS B 6336 の規格群はマシニングセンタの精度検査の規格であり、NC 旋盤やマシニングセンタは、これらの規格に準じた精度検査試験が行われている。また、これまで筆者らは、マシニングセンタの運動精度に関して、検討してきた<sup>1)</sup>。

一方、近年製品の機能向上やコスト低減の観点から、部品の複雑形状化が進んでいる。複雑形状部品は、一般的に円筒や角柱などの基本形状の集合体である。そのため、従来の代表的な工作機械である旋盤やマシニングセンタでは、単独での加工が困難であり、複雑形状部品の加工は複数の加工機を用いて製作されている<sup>2)</sup>。複数の加工機による製作は、段取り替えに伴う取り付け精度への影響や作業時間の増加が課題となるため、複雑形状の加工に適した、複合加工機の導入が進んでいる。

複合加工機は、複雑な形状の加工が可能となるような軸構成となっており、累積誤差の観点から、機械精度がマシニングセンタやNC 旋盤に劣ると考えられる。

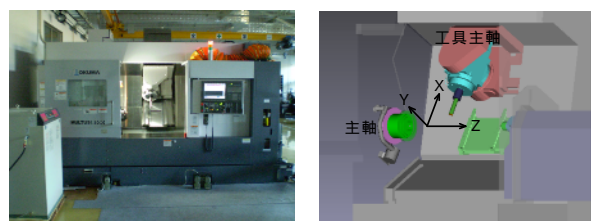
しかしながら、複合加工機の精度検査試験については、日本工業規格では未だ規格化されていないこともあり、複合加工機の精度に関する検証は事例が少ない。また、検証事例も主にマシニングセンターベースの複合加工機で行われており、複合旋盤を用いた機械精度の検証は十分でない<sup>3)</sup>。

そこで、複合旋盤の精度検査の可能性について検討するため、当センターが保有する複合旋盤について精度検査を行ったので、事例を報告する。

### 2. 精度検査事例

#### 2.1 複合加工機

精度検査を行った複合加工機の外観と軸構成を図1に示す。この複合加工機は、(株)オークマ製複合旋盤 MULTUS B300 C900 である。本機では、Y 軸ストロークを延長するために X 軸が鉛直方向より 30 度傾いて、XY 平面を形成している。



(a) 外観 (b) 軸構成

図1 複合加工機

## 2.2 精度検査の方法

一般的に複合加工機の精度として、真直度や主軸の振れなどの項目についての検査が行われている。しかし、複合加工機の動的運動精度については、通常の検査項目として行われていないのが現状である。

そこで本報告では円運動の精度を検査した。円運動は、複数の軸が運動に加わり、各軸の送り速度も変化する。そのため、位置決め精度、幾何精度、サーボ系の性能について、同時に検査を行うことができる。

使用した検査装置はレニショー(株)製QC10 ボールバーシステムである。ボールバーは、NC 工作機械の円弧または円運動の幾何学的偏差を測定することで、コントローラまたはサーボ駆動機構の精度を検出する装置である<sup>4)</sup>。

検査方法は次のとおりである。

- 1)測定器本体は長さ100 mmのトランスデューサであり、両端に直径10 mmの鋼球が取り付けられている。一方の球を機械の主軸にマグネットベースを用いて固定し、他方の球を複合旋盤の工具主軸に取り付けた。
- 2)NC プログラムを作成し、主軸を固定し、工具主軸に円運動を行わせた。このとき、ボールバーは工具主軸の動きに合わせて、マグネットベース側の球を中心に回転した。また、ボールバーの回転中の運動半径値の変化(ボールバーの伸縮)を、パーソナルコンピュータに記録した。

検査の概要を図2に、検査の様子を図3に示す。検査条件は、XZ平面上の円運動(ただし、X軸は鉛直から30度傾斜)であり、運動半径は100 mm、機械の送り速度は1000 mm/minであり、時計回りに回転させながら、検査を行った。

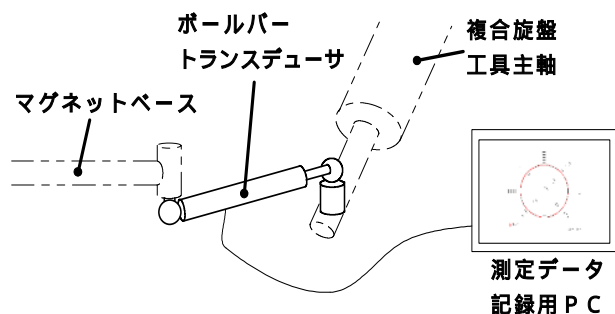


図2 検査の概要



図3 検査の様子

## 2.3 円運動精度検査結果

ボールバーによる円運動検査結果を図4に示す。この図では、測定されたデータ(実円経路)を実線で、測定結果を基に計算された円運動(平均実円経路)を破線で示した。なお、図4では円運動の中心が、XZ軸の原点と重なるよう、オフセットしてある。

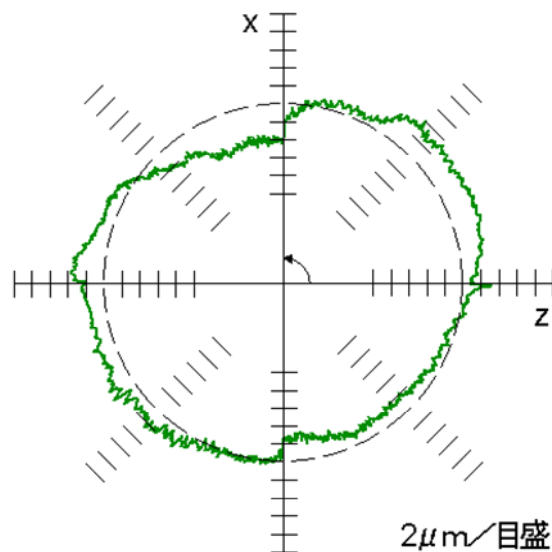


図4 測定結果

図4より、以下のことが分かる。

### (1) 円運動半径

平均実円経路による円運動の半径は、100.004 mmであった。設定半径よりも大きな経路となったが、後に述べるバックラッシュおよび象限突起の影響によるものと推測する。

### (2) 真円度

真円度は9 μmであった。この値も、バックラッシュ

および象限突起の影響によるものと推測する。

### (3) バックラッシと象限突起

バックラッシがある機械では、時計回りの測定結果が図5のように、象限切り替え点で、段差が生じる。軸の運動が反転する点で、バックラッシにより反転の遅れが生じるためである。

また、CNC装置がバックラッシ補正を行う機械において、補正遅れがある場合は、測定結果が図6のように、象限切り替え点で、突起を生じる。バックラッシによる段差と、サーボ反応時間遅れ後のバックラッシ補正による回復段差のためである<sup>5)</sup>。

ボールバースystemに付属するソフトウェアの解析結果は、バックラッシはX軸方向約3 $\mu\text{m}$ 、Z軸方向約2 $\mu\text{m}$ 、象限突起は約X軸方向約1 $\mu\text{m}$ 、Z軸方向約2 $\mu\text{m}$ であった。今回の測定結果は、バックラッシと象限突起が合成されたものと考えられ、バックラッシの影響が大きいX軸方向には段差が、バックラッシ補正遅れの影響が大きいZ軸方向には象限突起が現れたと推測する。

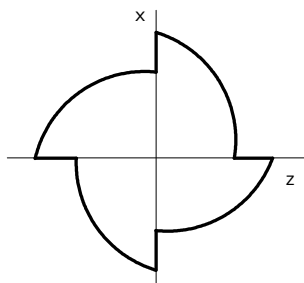


図5 バックラッシが存在する機械の一般的な測定結果 (測定方向：時計回り)

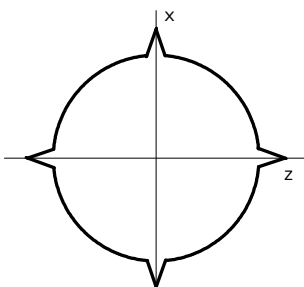


図6 バックラッシ補正の遅れが存在する機械の一般的な測定結果

## 3. おわりに

複合加工機の円運動精度検査を行い、精度検査試験の可能性を検討した結果、以下のことがわかった。

- 1) 複合旋盤において、ボールバーによる円運動精度検査試験が可能である。
- 2) ボールバーによる精度検査試験により、複合旋盤のバックラッシ、象限突起および円運動精度が評価可能である。

## 文献

- 1) 鈴木好明, 加藤明; マシニングセンターの運動精度に関する研究, 鳥取県産業技術センター研究報告, 6, P.79-82(2003)
- 2) 垣野義昭; 複合加工機(TMC)の現状と将来, ツールエンジニア, 1, P.23-27(2005)
- 3) 茨城創一, 澤田昌広, 松原厚, 森雅彦, 櫻原圭蔵, 垣野義昭; ボールバーを用いた複合加工機のミリング主軸旋回軸の動的運動精度測定法, 精密工学会誌, 73(5), P.583-587(2007)
- 4) レニショー; QC10 ボールバーユーザーズガイド, (2002)
- 5) 日本規格協会; 数値制御による円運動精度試験, JIS B 6190-4 工作機械試験方法通則-第4部, (2008)