

5 軸マシニングセンタ精度測定用 R-test 装置の試作

学生 F (B4) 指導教員：井原之敏

Prototypes of R-test device for measuring accuracy 5-axis machining center
Student F

1. 緒 言

近年のマシニングセンタは技術の発展とともに高精度な加工を必要とされ、従来のX, Y, Z軸の3軸制御を基本として、A, B軸などの回転2軸を加えた5軸制御の需要が増えている。本研究ではISO/DIS10791-6:2012に三つの変位計を組み込んだ測定器として示されているR-test装置（通称）について、機械の軸とセンサを一致させる向きにも設置できるよう設計・製作し、実際に測定を行なった。

2. ISO/DIS10791-6

現行 ISO10791-6:1998 とはマシニングセンタの送り速度、主軸速度及び、補間運動の精度に関する規格である。現在 5 軸マシニングセンタにも適用できるように修正をしている ISO/DIS10791-6:2012 がある。この規格では旋回 2 軸が主軸側にある 5 軸制御機は A、旋回 2 軸がテーブルにある 5 軸制御機は B、主軸とテーブルに旋回軸がある 5 軸制御機は C の記号が最初についている。

3. R-test

この測定装置は3つの変位計と1個の基準球で構成され、変位計は球の中心を向くように設置されており、変位計の出力から球の3次元の位置を算出する。また、ボールパー測定と比較して一度に多くの情報を取得できる。

イタリアFIDIA社・スイスのETH Zurichの測定装置がほぼ同時に発表された。現在、オランダIBS社の測定装置が商品化されている。

4. 試作装置

本研究では測定装置が2つの設置姿勢をとることができるように新設計した。E姿勢(Fig.1)・J姿勢(Fig.2)とする。E姿勢は、FIDIA社・IBS社の装置と同様の姿勢である。3つのセンサの変位を幾何学的に演算し、機械のXYZ方向の変位に変換を行なう。また、3つのセンサの接触点が球中心より下にあるため、主軸との干渉が少なく測定範囲が広い。J姿勢は、各変位計を機械のXYZ軸に平行に取り付けることにより、1つのセンサと機械軸とがほぼ1対1に対応する。主軸との干渉のため測定範囲が90°までという制限が発生する。

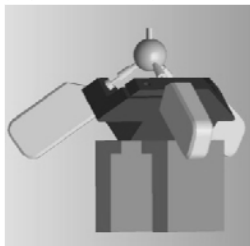


Fig. 1 E setting

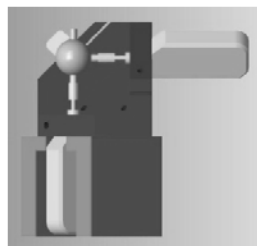


Fig. 2 J setting

今回試作した装置では接触式変位計として計測範囲が12mm、システム精度が $\pm 0.2\mu\text{m}$ のHEIDENHAIN製MT1281を3本。変位計の先端に平面タイプの測定子を用いる。PCにデータを取り込むためのインターフェイスにHEIDENHAIN 製EIB741、基準球に真球度が $0.13\mu\text{m}$ 以下の1インチ鋼球を用いる。

5. 実験方法

C軸中心と主軸側の球中心、B軸中心と主軸側の球中心を一致させるためダイヤルゲージを用いて、芯出し作業を行なう。測定方向はISO/DIS10791-6:2012 BK1・BK2に明記されている半径方向・接線方向・軸方向で行なう。

E姿勢では工作機械の軸と3つのセンサを一致させるために座標変換を用いる。工作機械の座標系をX, Y, Z, センサの変位量を u, v, w とし、1つの変位計をZ軸方向から見てX軸と重なる向きに設置したときの座標変換を示す

$$\begin{aligned} X &= u \cos \varphi \cos \theta + v \sin \omega \sin \varphi \cos \theta \\ &\quad + w \cos \omega \sin \varphi \cos \theta - v \sin \theta \cos \omega \\ &\quad + w \sin \omega \sin \theta \\ Y &= u \cos \varphi \sin \theta + v \sin \omega \sin \varphi \sin \theta \\ &\quad + w \cos \omega \sin \varphi \sin \theta + v \cos \omega \cos \theta \\ &\quad - w \sin \omega \cos \theta \\ Z &= -u \sin \varphi + v \sin \omega \cos \varphi + w \cos \omega \cos \varphi \end{aligned}$$

6. 実験結果と考察

XYC同時制御BK2の半径方向(Fig.3)と接線方向(Fig.4)の結果を示す。

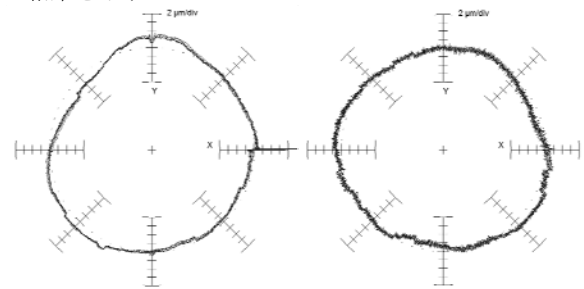


Fig. 3 Radial direction Fig. 4 Tangential direction

上記の図には各設置姿勢でのCW・CCWそれぞれ2つずつ、計4つのデータを示している。両者とも4つのデータがほぼ一致しており、設置姿勢での差異がないことからユーザは2つの設置姿勢から選択して使用できることができる。また、対象機についてXYC軸の同時制御での半径方向の結果から円の変形や突起・くぼみがある。この誤差を明確にするため同時2軸制御のボールパー測定を用いて原因を追及した結果、XY直進軸にあることがわかった。