

5軸マシニングセンタの精度検査

工学部 機械工学科 精密工学研究室

院生B(M2) 学生E(B4) 学生F(B4) (指導教員 井原 之敏教授)

研究目的

近年、工作機械の多軸制御化により特殊な治具を用いずに複雑な形状の加工、高速かつ高精度な加工、そして加工時間の短縮が可能となり、5軸マシニングセンタの需要はますます増加しています。しかし、現在5軸マシニングセンタの精度検査法として明確に決められたものはありません。そのため本研究では、5軸マシニングセンタの新規提案されている規格などの精度検査試験を行うことを目的とします。

補間運動精度検査

提案中の規格

ISO/DIS 10791-6 BK3
5軸同時制御による円弧運動を用いた円錐台測定試験

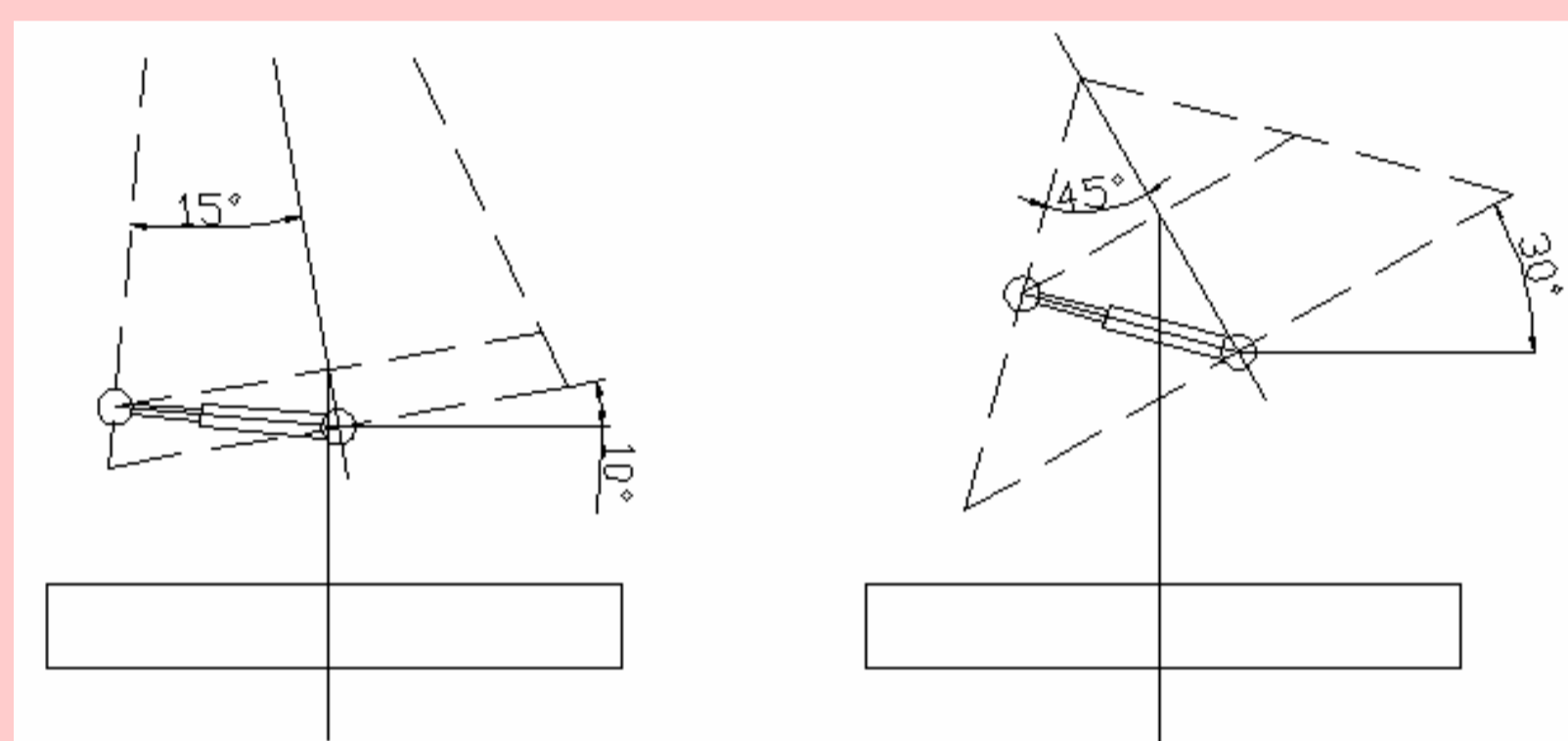
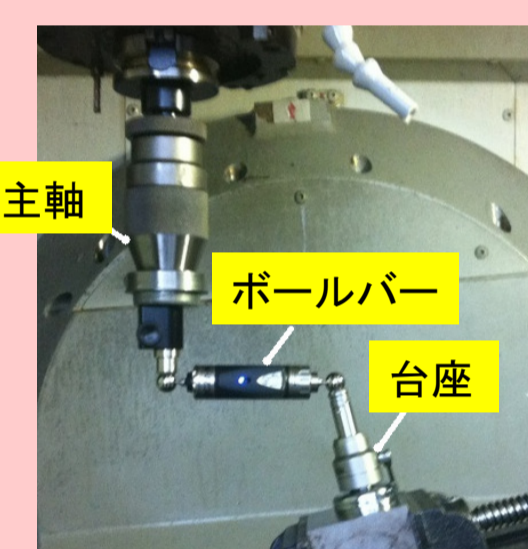


図 ISO/DIS 10791-6 BK3 概略図

寸法	半頂角15°	半頂角45°
円錐台上面の半径 (mm)	96.593	70.711
中心オフセットX (mm)	4.494	35.355
中心オフセットY (mm)	-50	-50
中心オフセットZ (mm)	25.488	61.237

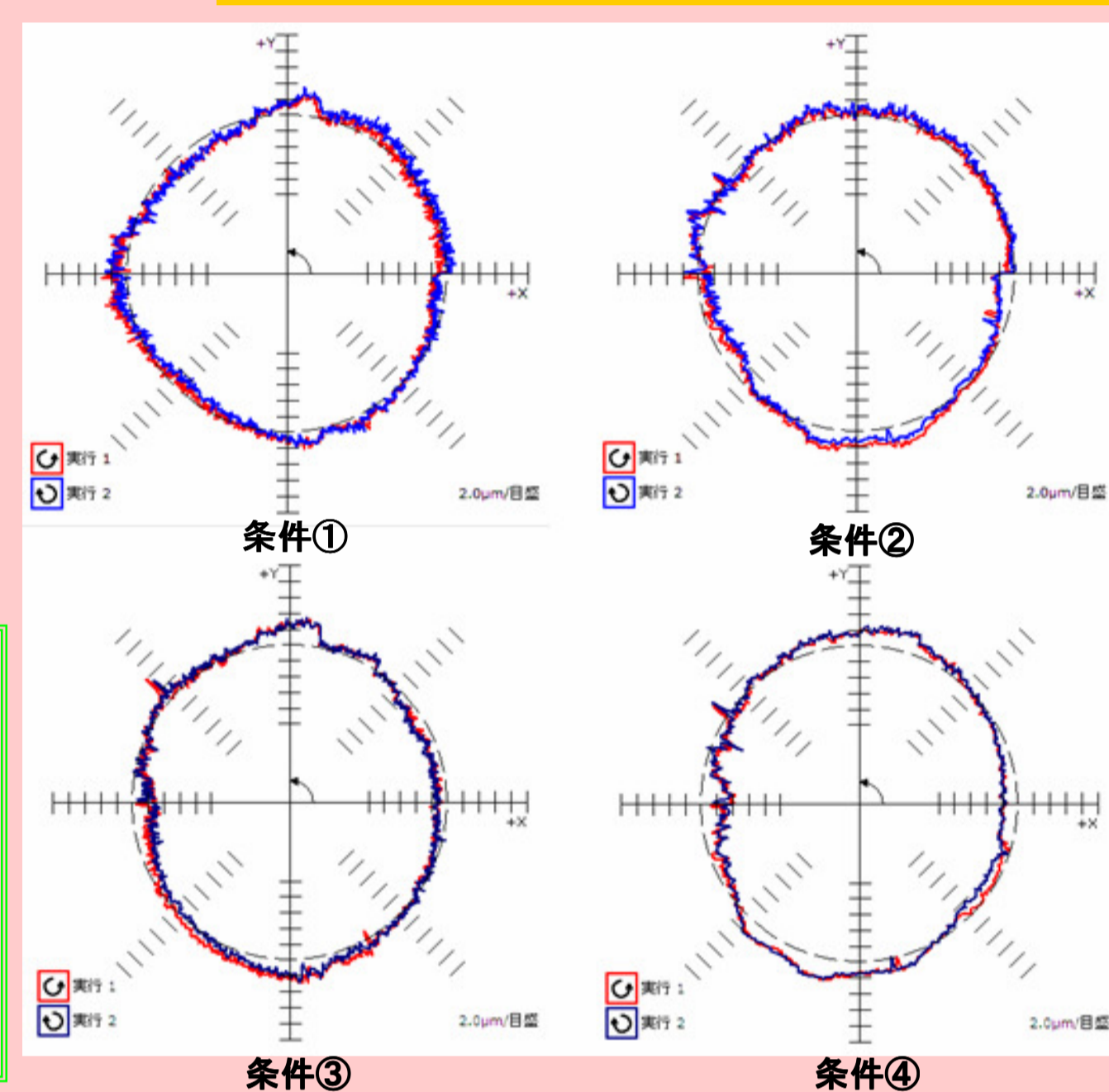


ボールバー

ボールバーの使用方法
テーブルと主軸に球を取り付ける。
円運動させ、その時の主軸とテーブルの相対位置を測定する。
円運動の軌跡の誤差を計算し、真円度を割り出す。

測定結果

工具先端点制御を無しの半頂角15° を条件①半頂角45° を条件②とする。
工具先端点制御を有りの半頂角15° を条件③半頂角45° を条件④とする。



	真円度 (μm)	最適化半径 (mm)
条件①	5.9	100.0169
条件②	6.0	100.0189
条件③	7.6	99.9895
条件④	7.1	100.0404

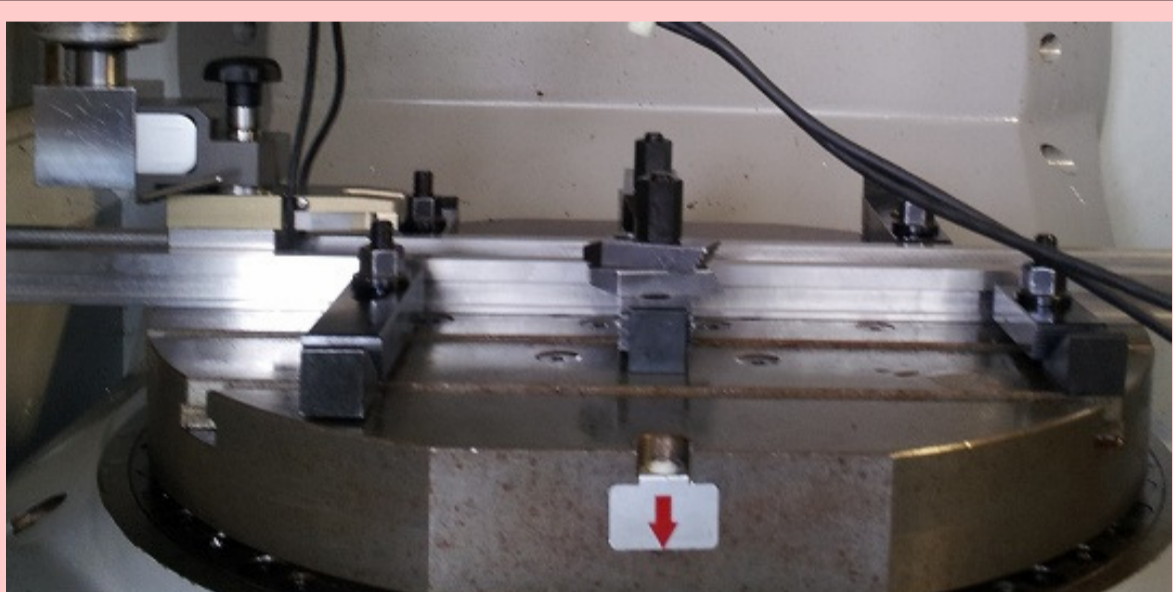
考察

どの図も時計回り、反時計回りの円の軌跡が一致しているため、各軸のバックラッシュの影響が表れていない。

また、真円度は工具先端点制御を使用しないほうが、良い精度がでた。このように結果になったのは、工具先端点制御が、NCに保存されている軸位置のパラメータに依存するため、芯出しの誤差がそのまま真円度に影響を及ぼしたと思われる。

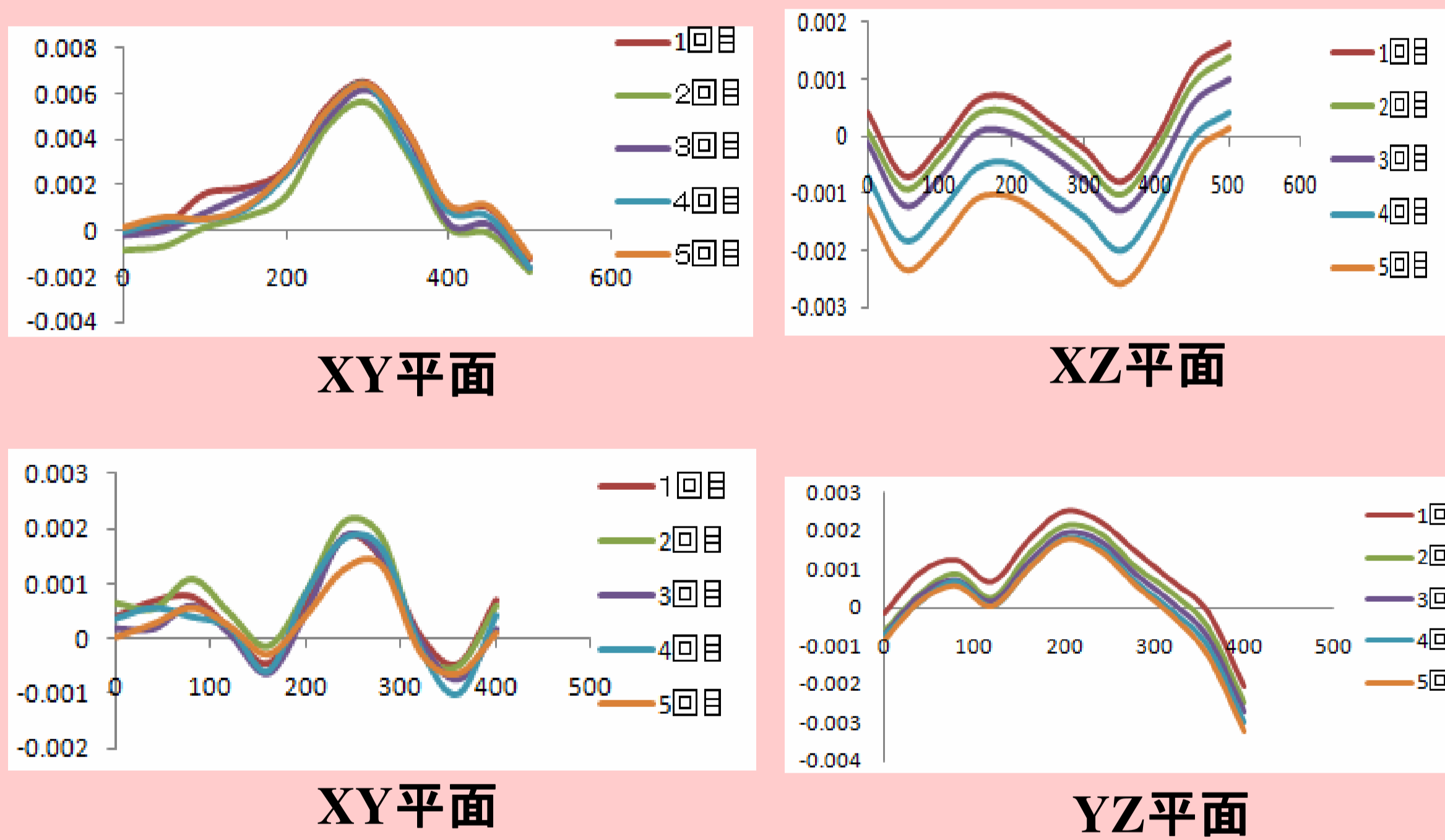
直線運動の真直度

主軸に走査ヘッドを取り付け、測定したい軸と平行にスケールを設置する。直線運動の位置決め精度の測定と同時に進んだため、往復5回、計10のグループにデータを分け、測定を行った。また、X軸方向は測定長さ500mmで行い、Y軸方向はマシニングセンタの可動範囲の限界のため測定長さ400mmで行った。



VM182を用いた測定時の様子(XY平面)

許容値と測定結果



検査規格	ISO	JIS	森精機
許容値(mm)	0.012/500	0.010/500	0.005/500
測定軸	測定平面		測定値(mm)
X軸	XY平面		0.008
	XZ平面		0.003
Y軸	XY平面		0.004
	YZ平面		0.006

考察

グラフに表すと、測定距離200-300付近でグラフが大きく変化している。設置方法あるいは固定方法に問題がありずれが発生したと考えられる。検査を行う際に使用される測定器具の設置や調整は、測定者にかかってくるため、より正確な検査を行おうと思うならば、測定者の手が入らないシンプルな測定方法を選択するのがよいと考えられる。また、測定器具が直線軸や回転軸の中心を合わせる事が容易な測定方法を選択するのがよい。

円錐台加工試験

ISO10791-7
円錐台加工試験

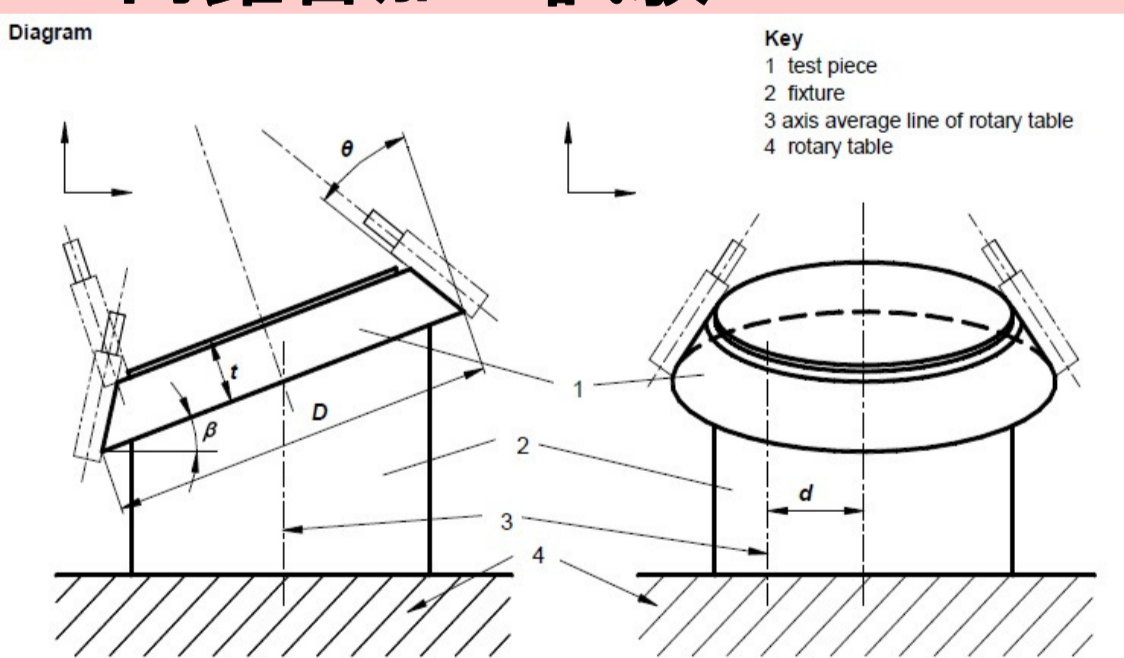


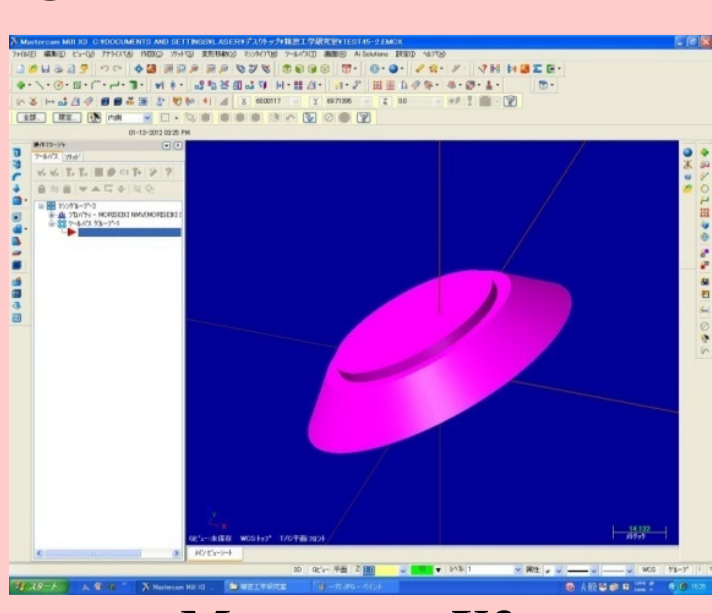
図 円錐台加工試験の概略図

被削材	A2017	
工具	φ20フラットエンドミル	
半頂角(°)	15	45
厚さt(mm)	20	15
傾きβ(°)	10	30
底面半径D(mm)	80	
テーブル中心からのオフセットd	テーブル直径の25%	
主軸回転数(rpm)	5000	
送り速度(mm/min)	500	
切込量(mm)	0.1	

CAMソフト

Mastercam

Mastercamでは工具が次の座標値に移動する際の移動量を増分ピッチとして入力することによりプログラム行数が決定される。



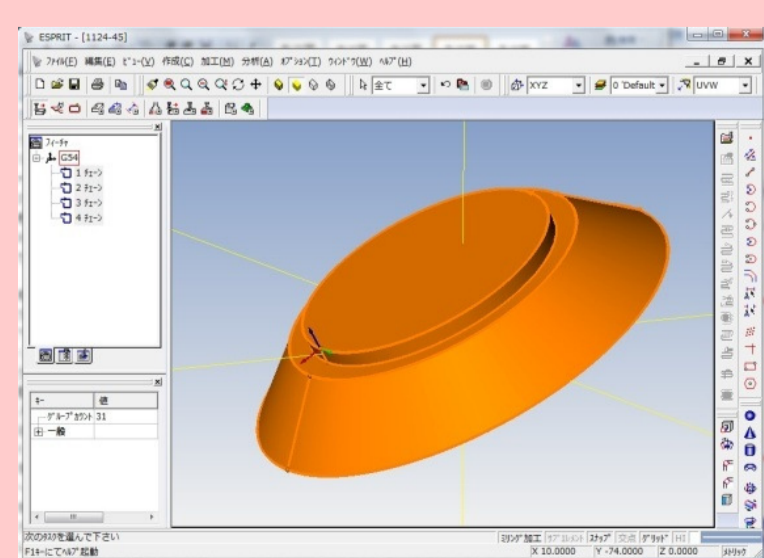
Mastercam X3

位相角0.1°の増分ピッチを算出

プログラム行数はExcelと同じ3600行

ESPRIT

ESPRITでは加工精度の値によってプログラム行数が決定される。

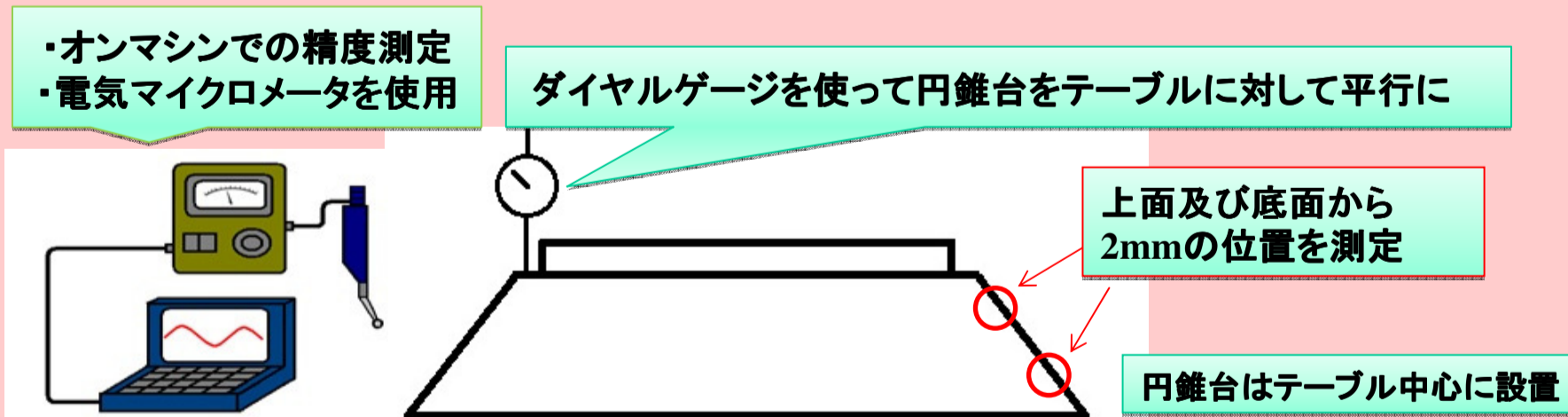


ESPRIT 2011

加工精度1μmを基本の値として設定

プログラム行数は半頂角15°で2007行半頂角45°で1898行

工作精度測定



測定結果

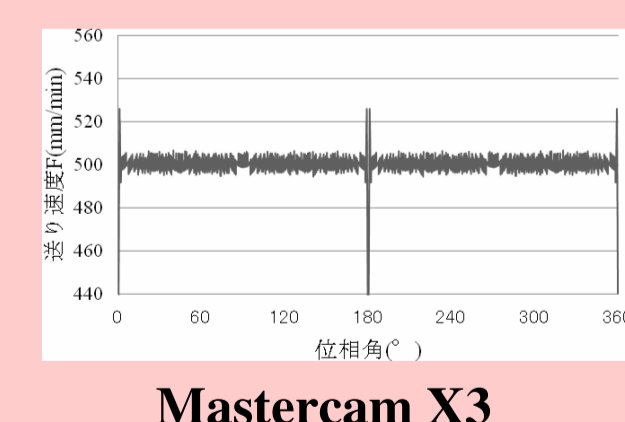
	真円度測定結果(μm)			
	半頂角15°		半頂角45°	
	上面側	底面側	ボールバー	ボールバー
Excel	37.9	26.2	59.3	60.4
ESPRIT	19.9	23.0	49.3	56.9
Excel(TCPあり)	12.3	20.5	55.5	71.3
ESPRIT(TCPあり)	9.9	11.8	17.4	31.3
Mastercam(TCPあり)	9.4	17.7	17.3	27.5

円錐台加工時間

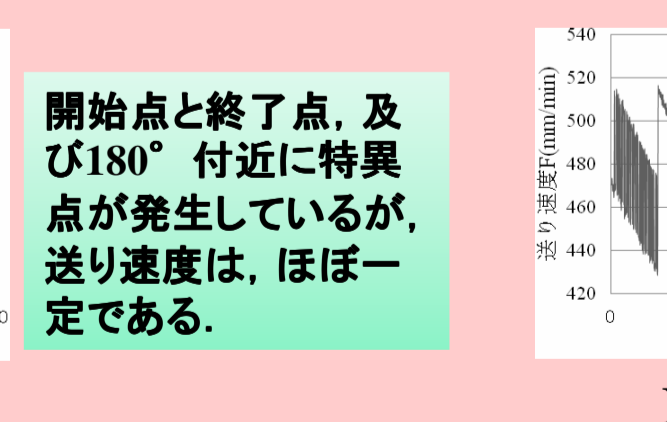
	半頂角15°		半頂角45°	
	理論値(総移動距離)	測定値(円弧長さ)	理論値(総移動距離)	測定値(円弧長さ)
表計算ソフト	00'37"97	00'37"97	00'40"82	00'40"82
表計算ソフト(工具先端点制御あり)	00'37"97	00'37"97	00'40"82	00'40"94
ESPRIT	00'38"10	00'38"10	00'36"63	00'36"81
ESPRIT(工具先端点制御あり)	00'38"10	00'38"10	00'36"56	00'36"80
Mastercam	00'37"81	00'37"84	00'36"53	00'36"80

総移動距離と円弧長さから求めた理論値は近い値となり、測定値もまた理論値に近い値となることが確認できた。

CAMの送り速度

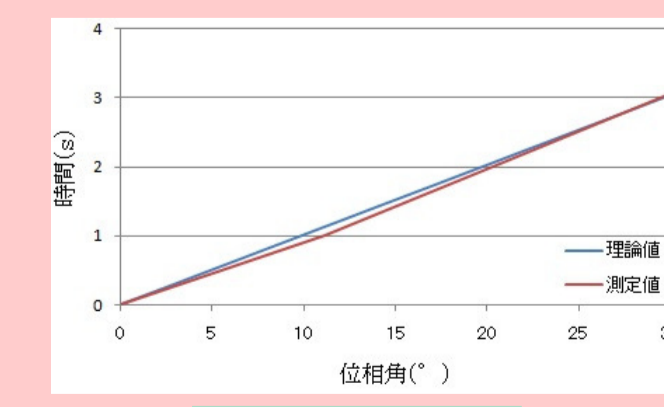


Mastercam X3

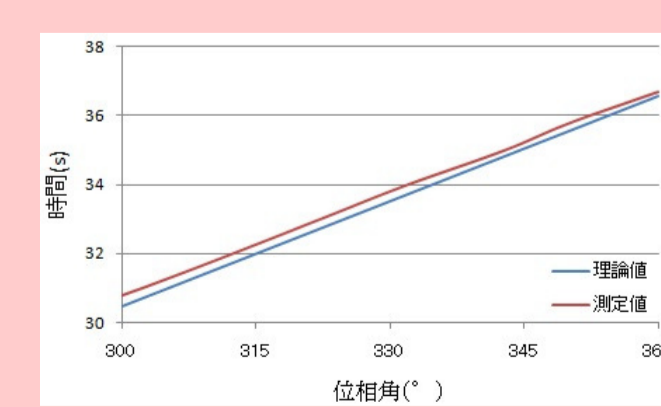


ESPRIT 2011

ESPRITの送り速度



位相角10°のとき実際は11.1°



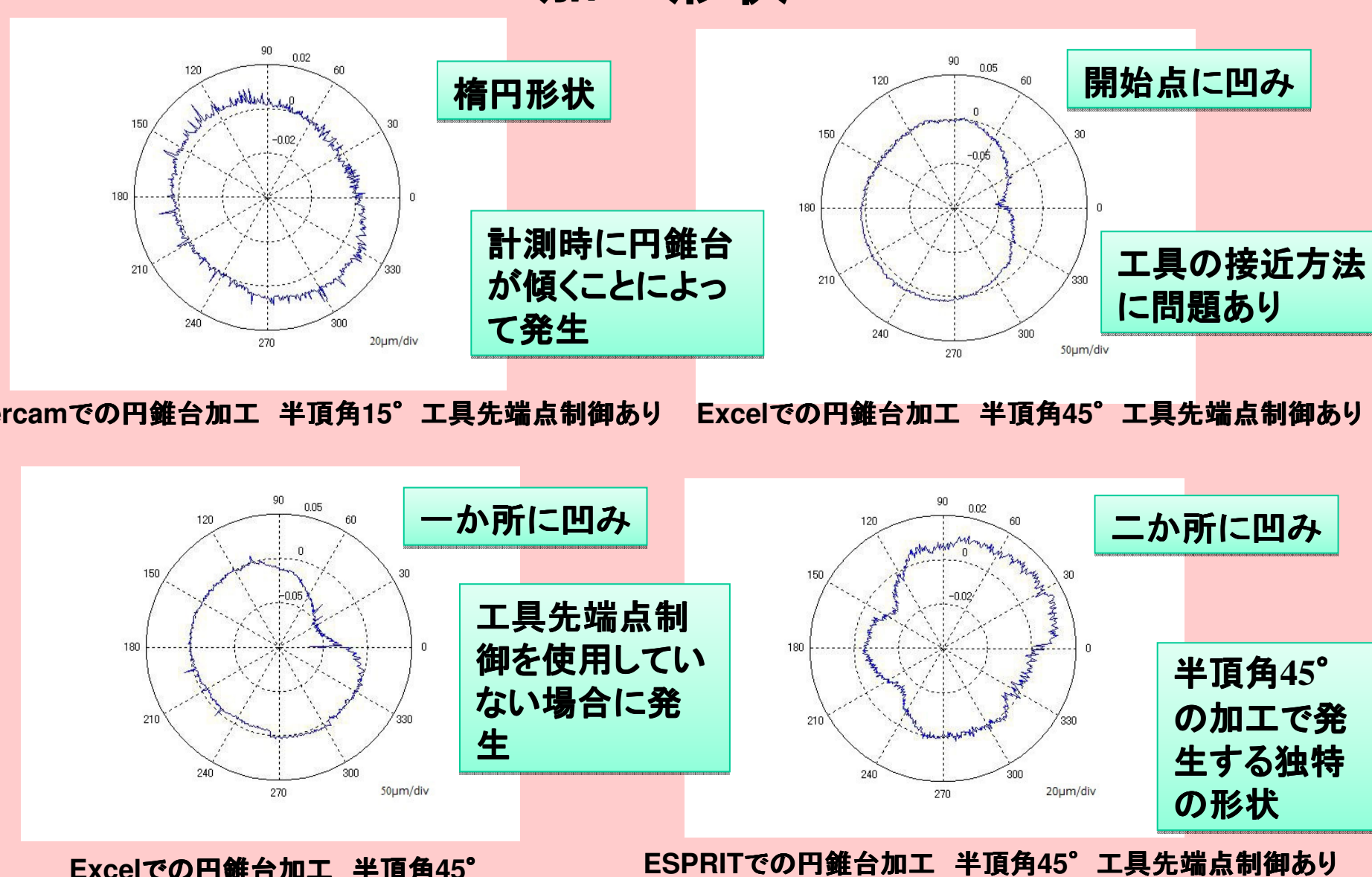
位相角300°のとき実際は302.3°

1秒ごとに座標値を計測し、位相角を算出

指令送り速度500mm/min

送り速度が低下していると思われる位相角30°付近と送り速度が指令値を上回っている300°付近に注目

加工形状



まとめ

本研究では5軸マシニングセンタの精度検査法について研究を行った結果、以下の成果を得た。

- ボールバーを用いて円錐台加工を模擬した補間運動精度測定について、作業手順やNC装置の工具先端点制御の有無による結果の現れ方について確認した。
- 各ソフトウェアで作成したNCコードを使って実加工を行い、ボールバー測定との差異や作業上の問題点を抽出した。
- 2種類のCAMソフトウェアを使って円錐台加工プログラムの作成を行い、CAMソフトウェアの特徴について検証を行った結果、送り速度がある程度一定に保たれていることを確認した。