

機上計測による長さ測定誤差の比較

機械・加工科 副主任研究員 渡邊孝康

質問はメールにて事務局までお気軽にお問い合わせください。
問い合わせ先：福島県ハイテクプラザ 企画連携部産学連携科
e-mail : hightech-renkei@pref.fukushima.lg.jp

1 背景

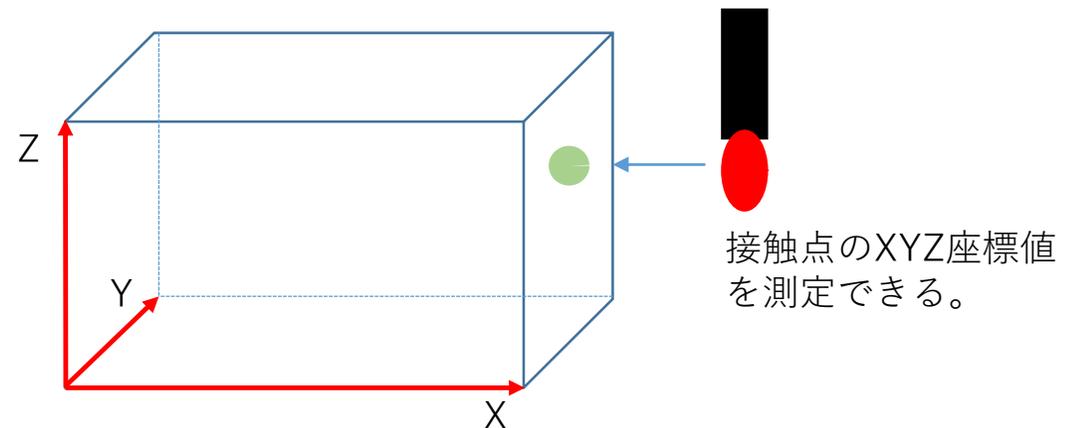
机上計測とは・・・

加工を行った機械上で工作物の寸法等を計測する作業のこと

例) マシニングセンタでは主軸に位置を測定するためのタッチプローブを装着し、**接触点の座標を計測することができる。**

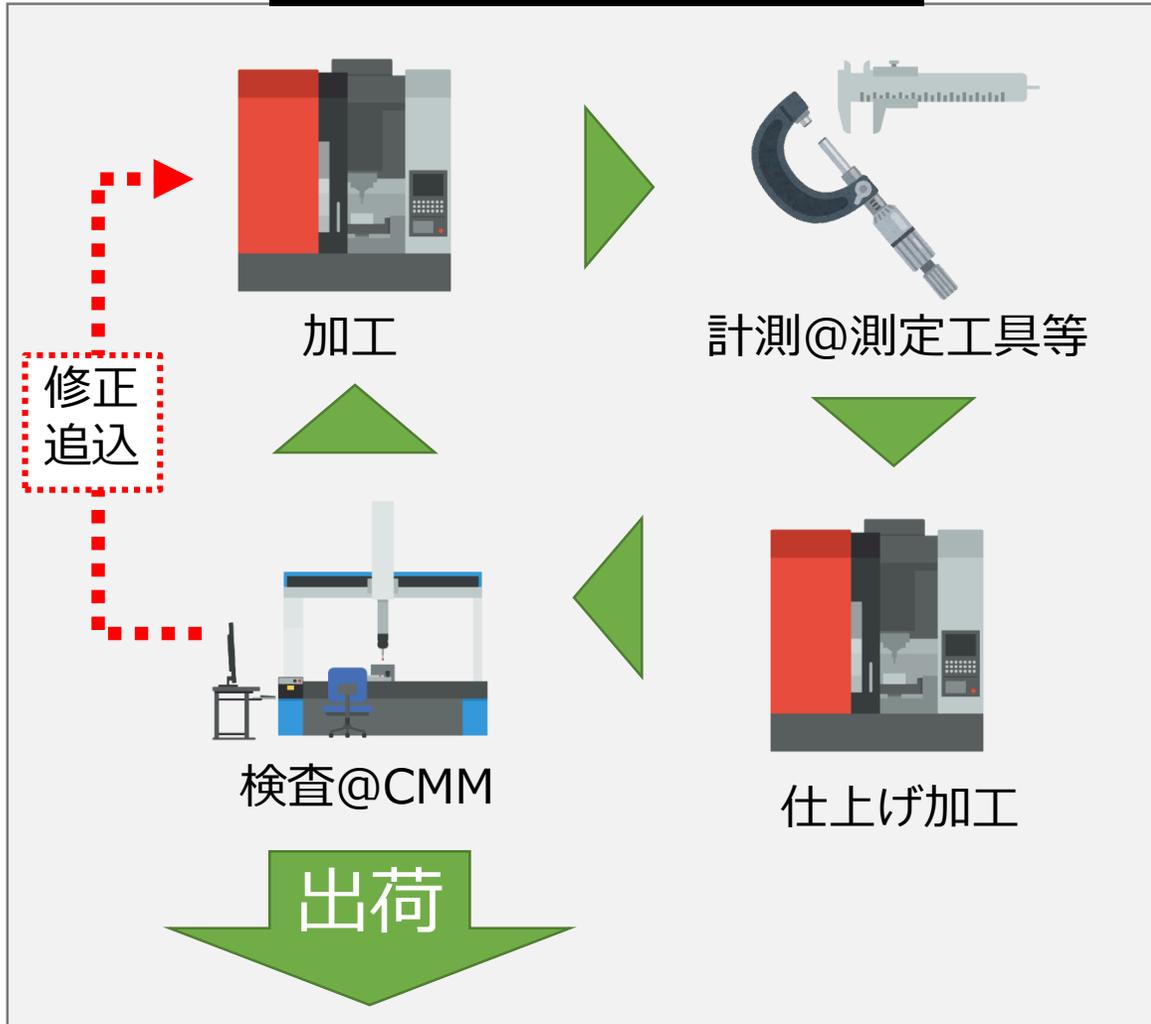


例 ハイテク3軸MC タッチプローブ

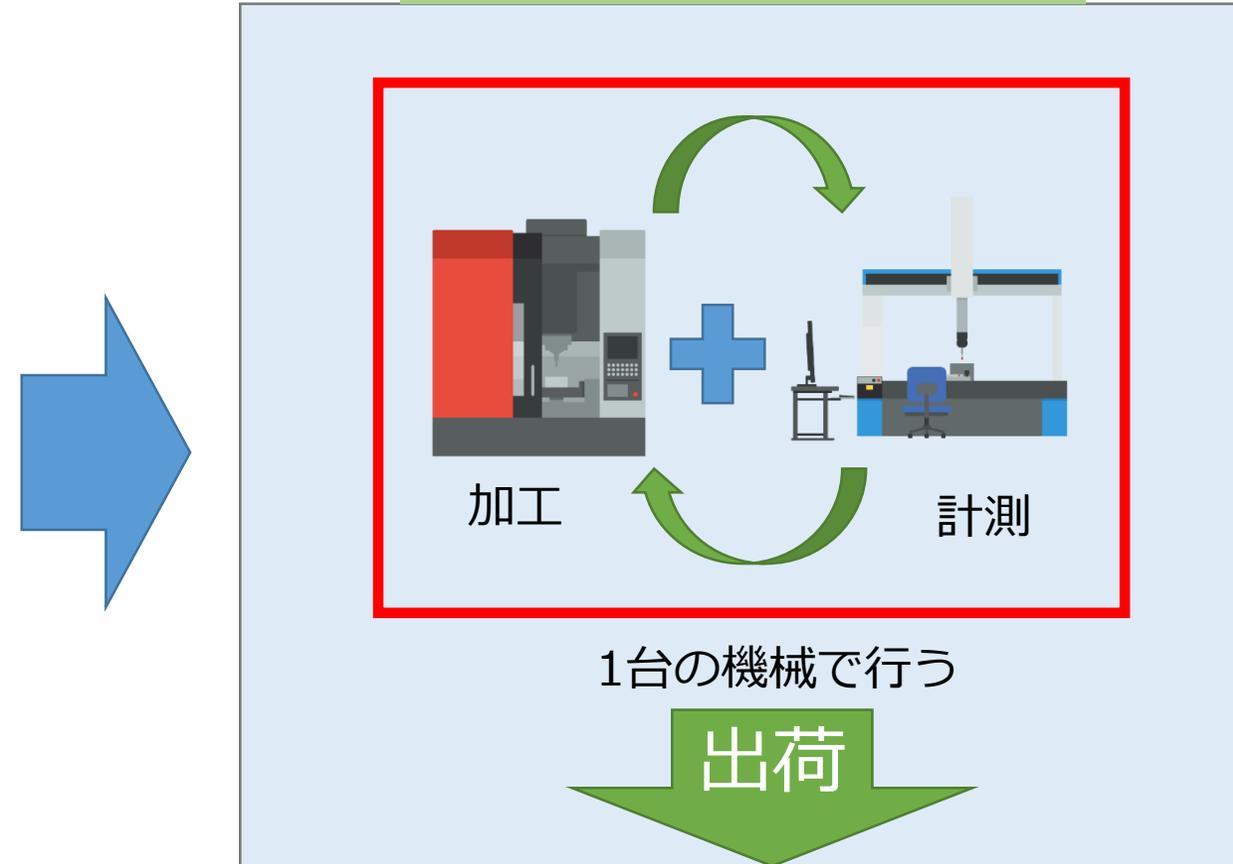


1 背景 各メーカーの提案する効果

従来の工程の例



機上計測を活用



効果

- ・ 段取りの短縮
- ・ 機上で測定検査、判定
- ・ 修正や追い込み加工が精確に

2 課題 マシニングセンタ+タッチプローブ測定の 精確さ（値の正しさ）と精密さ（繰り返し範囲）が不明

机上測定による許容長さ測定誤差 $? \pm ? / 1000 L [\mu\text{m}]$
例 三次元座標測定機の場合 $1.7 + 3 / 1000 L [\mu\text{m}]$

【1】加工機の機械精度

- ① 静的精度
- ② 各軸位置決め精度
- ③ 繰り返し位置決め精度

etc.



例 5軸MCの場合
・直線軸位置決め精度 $\pm 1\mu\text{m}$
・直線軸繰り返し精度 $\pm 1\mu\text{m}$ 等

【2】測定プローブの影響

- ① 繰り返し精度
- ② 方向特性
- ③ チップ径補正量

etc.



例 5軸MC タッチプローブの場合
・繰り返し精度 $0.35\mu\text{m}$

【3】その他の要因

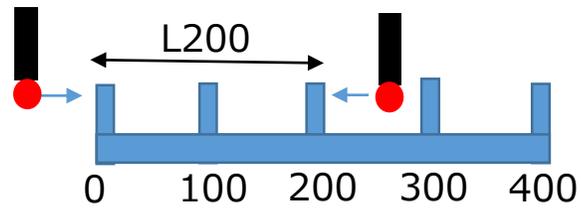
- ① 設置方法
- ② 温度
- ③ 測定条件
 - ・方向
 - ・接触速度

etc

3 実験

基準器（寸法の明らかな端度器）を3軸MC, 5軸MC、三次元測定機のX軸、Y軸に平行に設置して測定

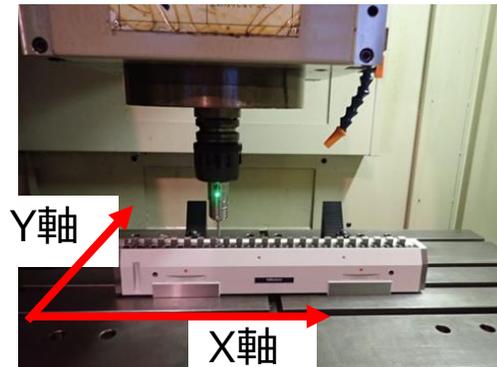
◆測定方法 模式図



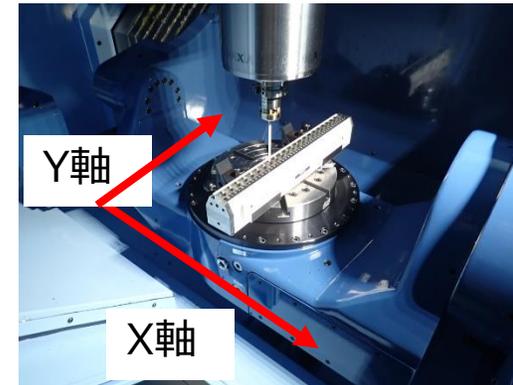
◆基準器（チェックマスタ）



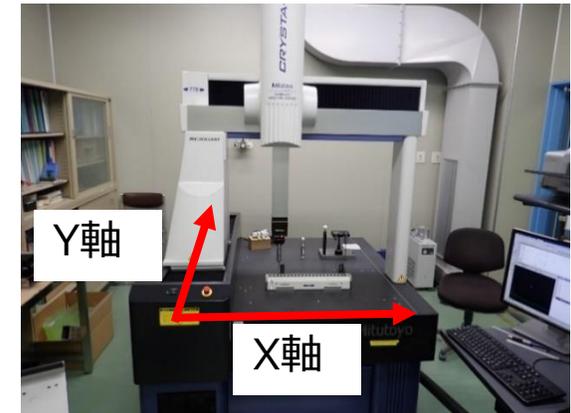
◆3軸MC



◆5軸MC



◆3次元座標測定機



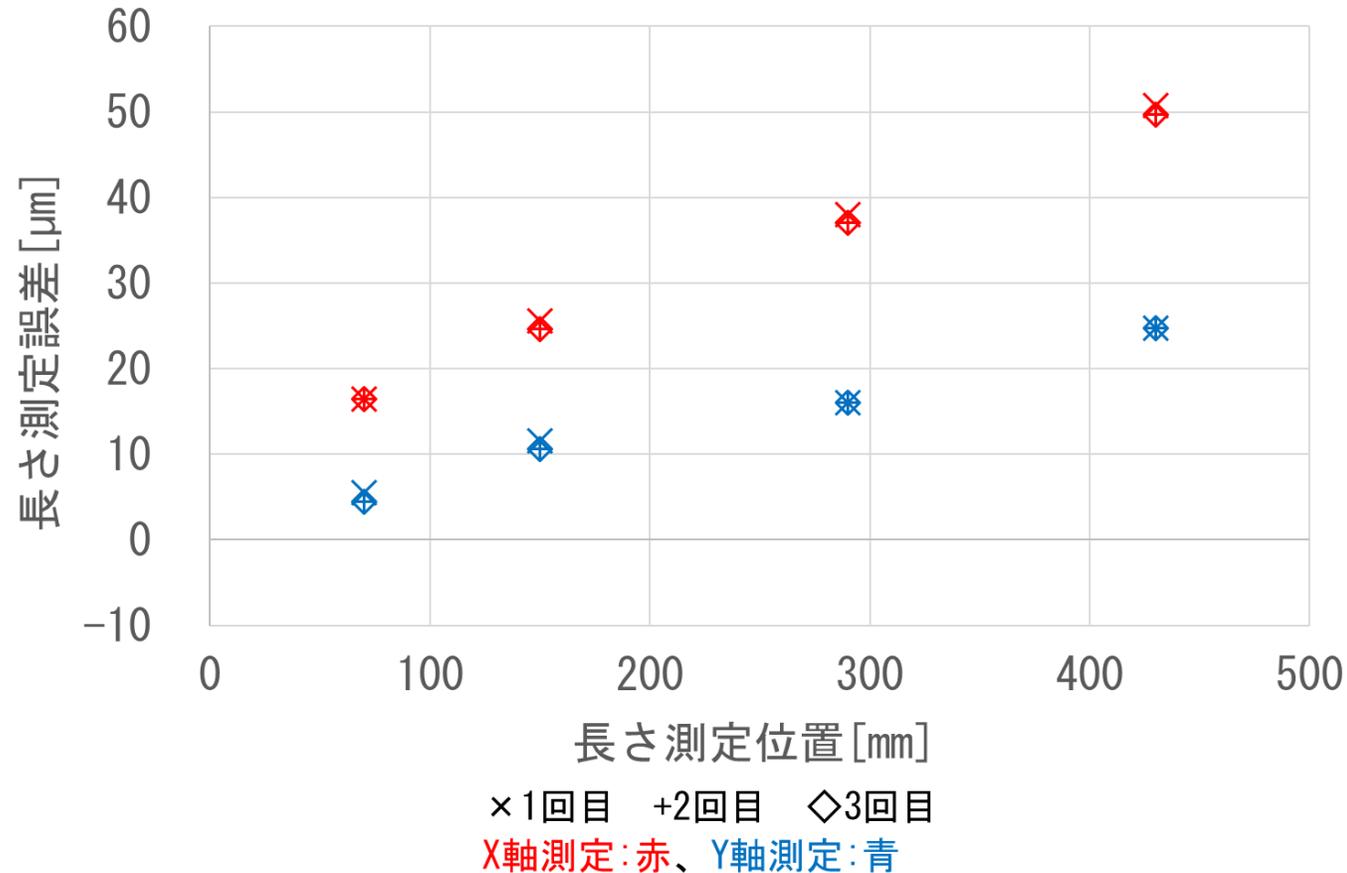
3 実験

使用した装置及び測定条件等の比較

項目	3軸MC	5軸MC	CMM
メーカー	三菱重工M-V5B	松浦機械製作所 MX-520	ミットヨ CRYSTA-Apex776S
制御器	FUNACSeries18-MA	MATSUURAG-TECH31IB	不明
直線軸位置決め精度	±0.003[mm]/全長	±0.001[mm]/全長	不明
直線軸繰返し精度	±0.0015[mm]/全長	±0.001[mm]/全長	不明
移動量検出方法	ロータリーエンコーダー	リニアスケール (ハイデンハイン)	リニアスケール
プローブ	BIG POINTMASTER	レニショー OMP400	SP25M
プローブ検出方式	通電式	ストレインゲージ	レーザ変位
プローブ繰返し精度[μm]	±1	0.35	不明
測定動作	手動	自動	自動
測定時室温[℃]	9.2	17.0	20.3
測定最大許容誤差[μm]	不明	不明	1.7×3/1000L

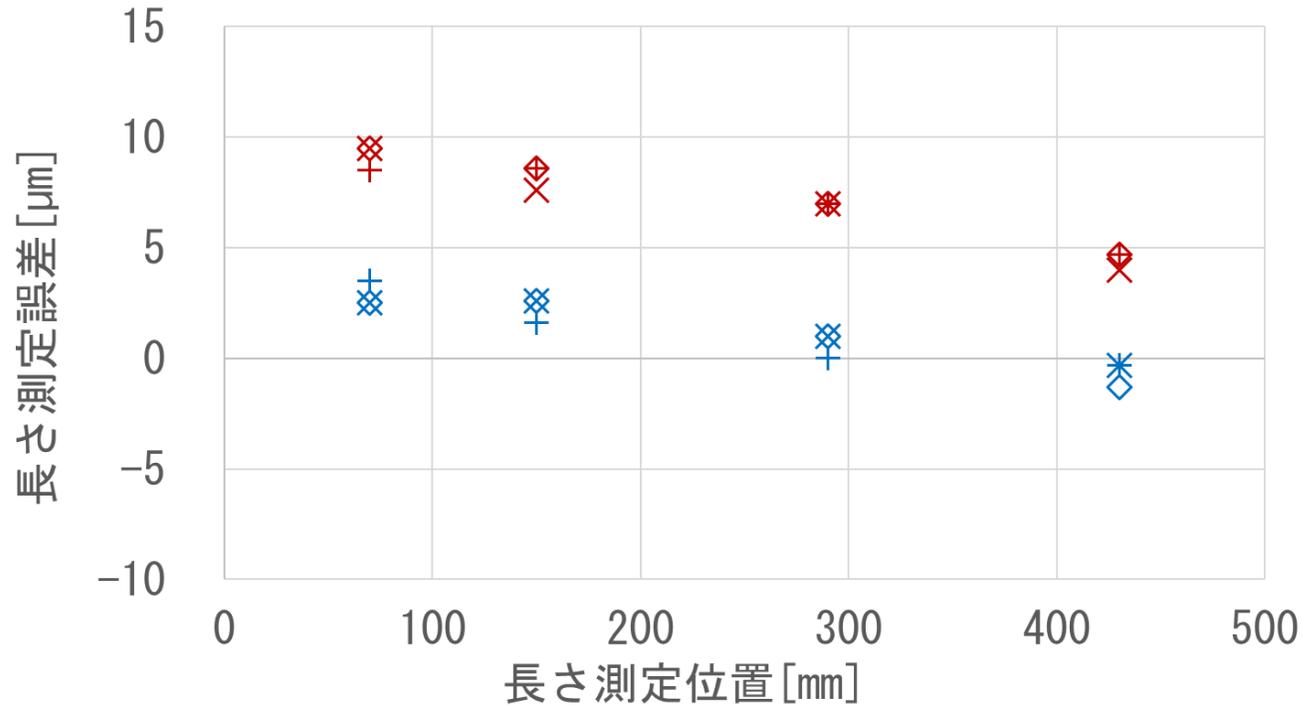
4 結果 3軸マシニングセンタの測定

- 長さ測定誤差は 測定長さと比例して増加、最大はX軸430mmで50 μ m
- X軸よりもY軸のほうが誤差は小さい
- 繰返し範囲は1.0 μ m



4 結果 5軸マシニングセンタの測定

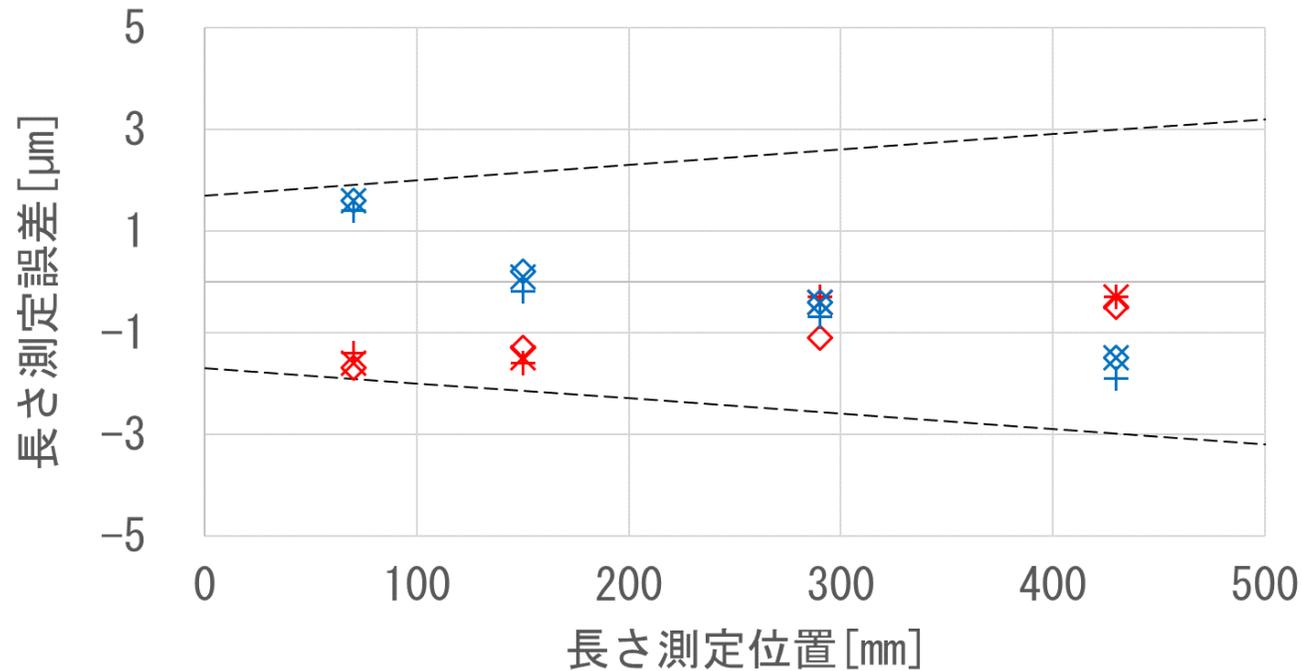
- 長さ測定誤差は 測定長さとは比例しない。最大はX軸70mmで10 μ m
- X軸よりもY軸のほうが誤差は小さい
- 繰返し範囲は1.0 μ m



× 1回目 + 2回目 ◇ 3回目
X軸測定: 赤、Y軸測定: 青

4 結果 CMMの測定

- ・メーカの示す許容測定誤差の範囲内
- ・繰返し範囲は $0.8\mu\text{m}$
- ・X軸、Y軸で差はない

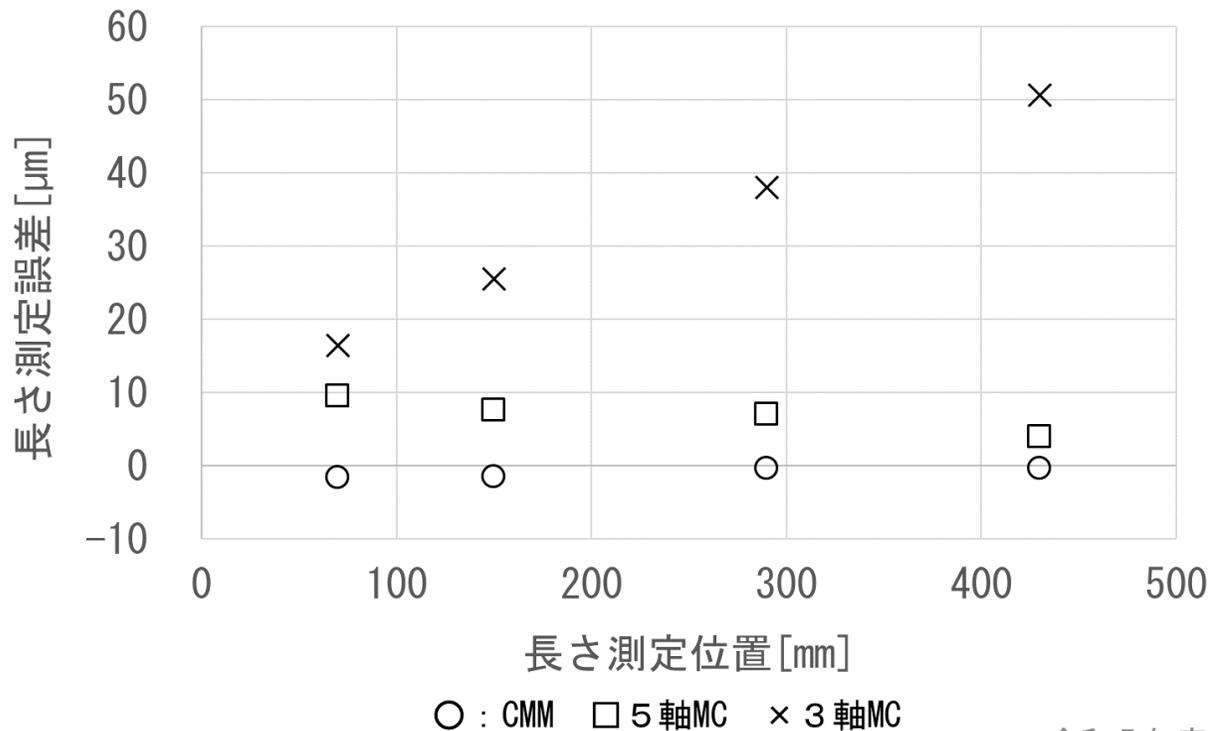


×1回目 +2回目 ◇3回目 ---CMM 許容測定誤差E0
X軸測定:赤、Y軸測定:青

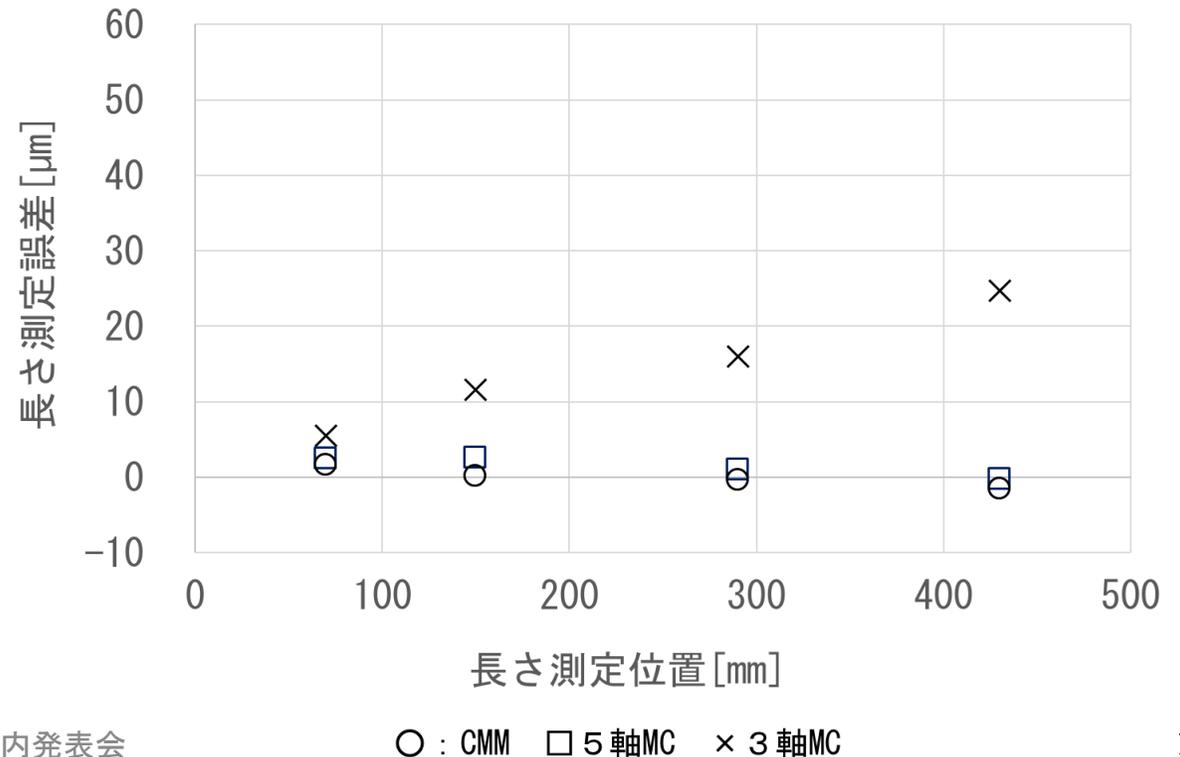
4 結果 各機械の比較結果

- ①長さ測定誤差は CMM、5軸MC、3軸MCの順に小さい
- ②3軸MC、5軸MCともX軸よりもY軸のほうが誤差は小さい
- ③長さ測定誤差の繰返し範囲は5軸MC, 3軸MCともに1.0 μm

X軸 測定結果の比較

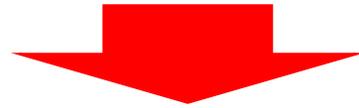


Y軸 測定結果の比較

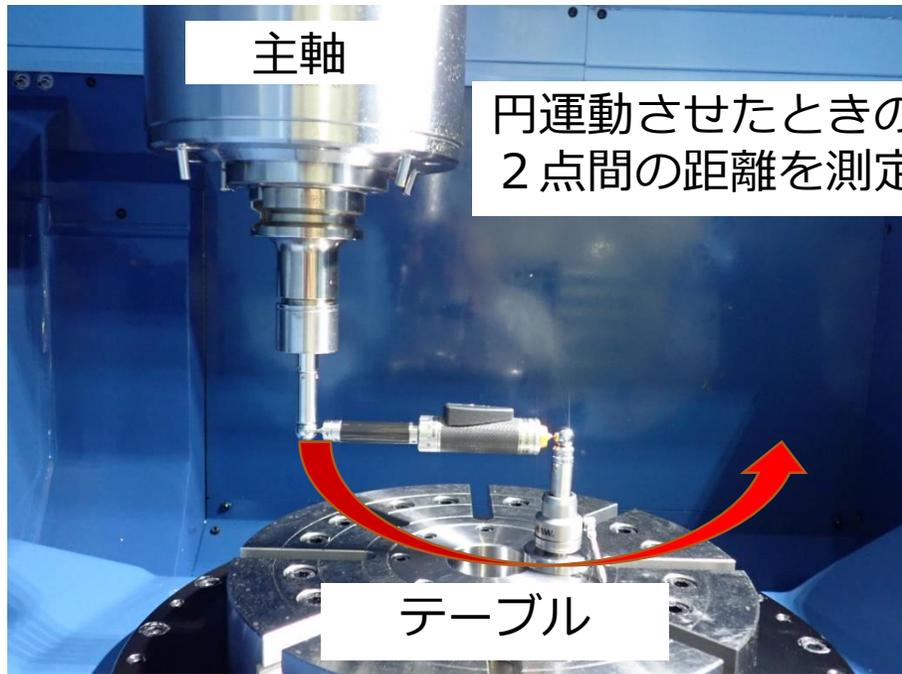


5 考察 マシニングセンタのボールバー試験

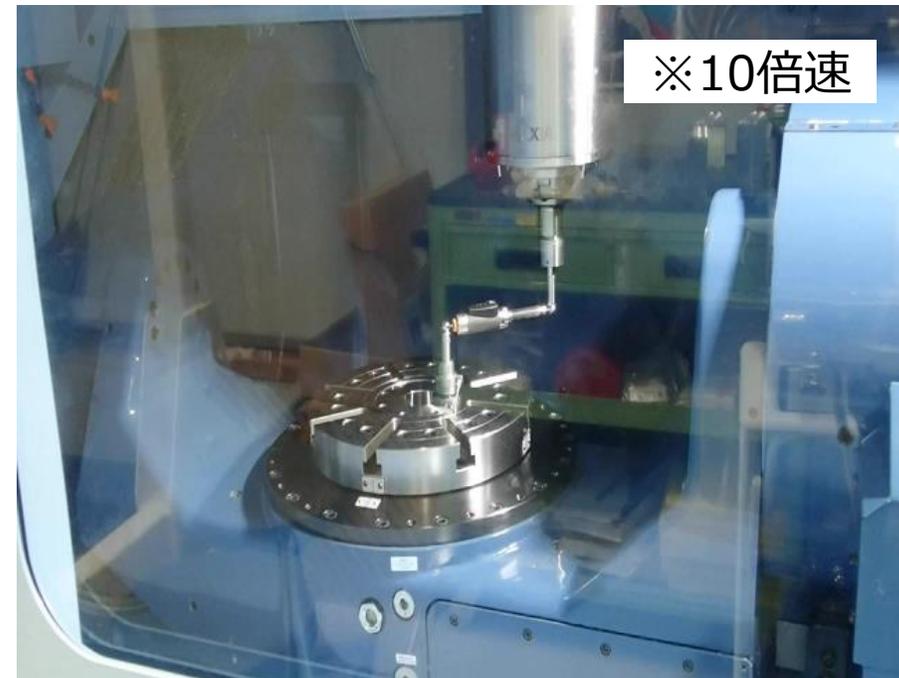
ボールバー試験は、工作機械で時計回りと反時計回りに円運動を行い、運動精度を調べる試験



XY平面で試験しX軸とY軸の誤差の差の違いの原因調査



ボールバー試験方法



測定時の動画

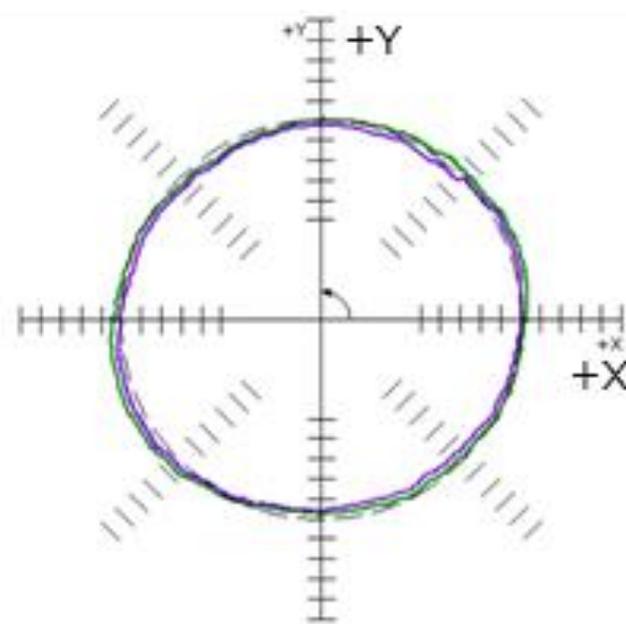
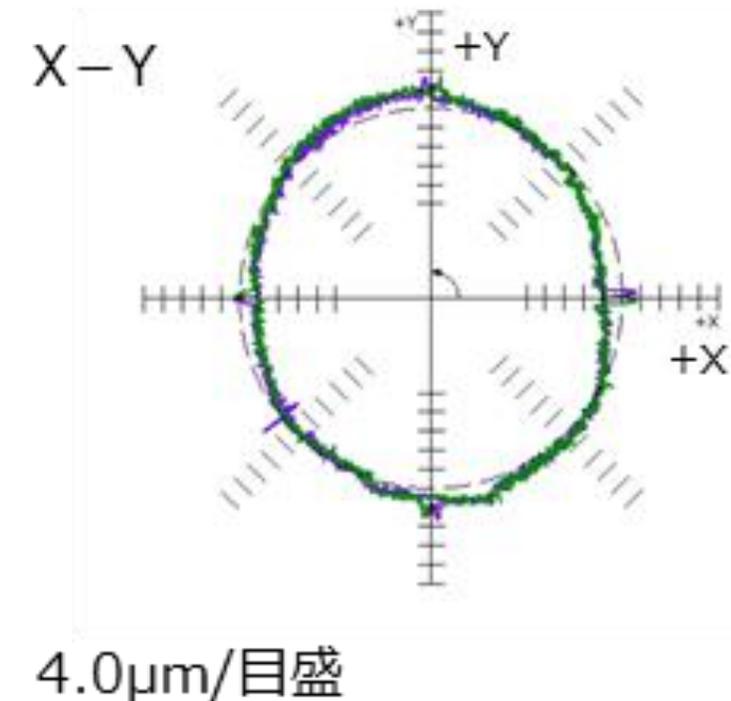
5 考察 ボールバー試験

- 3軸MC、5軸MCともX軸の真直度がY軸に比べ大きい
- 傾向は長さ測定誤差の比較と一致
- 長さ測定誤差には機械の運動精度が影響する

3軸MC

5軸MC

表 ボールバー試験結果



項目	3軸マシニングセンタ		5軸マシニングセンタ	
	X軸	Y軸	X軸	Y軸
真直度	-1.1	0.1	-1.1	0.0
+周期偏差	0.8	0.8	0.4	0.7
-周期偏差	1.0	1.1	0.4	0.4
真円度	13.1		5.3	
中心オフセット	44.2	14.7	-1.8	-1.4
+ガタ	0.8	0.4	1.2	-0.6
-ガタ	0.6	-0.6	-0.3	-1.0
+反転突起	6.9	3.2	-0.1	0.8
-反転突起	3.3	3.1	0.6	0.3
+バックラッシュ	0.5	0.8	-0.3	0.0
-バックラッシュ	1.2	0.9	-0.2	-0.5

まとめ

- 長さ測定誤差は、CMM、5軸MC、3軸MCの順に小さかった。
- 3軸MCは最大の長さ測定誤差がX軸の430[mm]で51[μm]だった。
- 5軸MCは最大の長さ測定誤差がX軸の70[mm]で10[μm]だった。
- 3軸MC及び5軸MCの長さ測定誤差の繰返し範囲は1.0[μm]だった。
- 3軸MC及び5軸MCともY軸に比べX軸の測定誤差が大きかった。
- ボールバー試験の結果、長さ測定誤差は機械の運動精度が影響する。