

スキャニング測定における測定精度向上に関する研究

Study on the Improvement in Measurement Accuracy in Scanning Measurement.

外径スキャニング測定における測定精度に影響を及ぼす要因の特定 Specification of the Factor which Affects the Measurement Accuracy in Outer Diameter Scanning Measurement

木村勝典・野嶋賢吾

Katsunori Kimura and Kengo Nojima

スキャニング速度と測定力の組み合わせおよび測定軸方向により、測定値への影響が異なることがわかった。最適な測定条件を選択すれば、ポイント測定と同様の測定精度により測定できることも確認した。

The combination of scanning speed, measurement force and the direction of the measurement axis showed that the influences on measured values differed. When choosing the optimal measurement conditions, it was also checked if it could measure with the same measurement accuracy as point measurement.

1. はじめに

近年、国内で生産される製品は高精度な加工を必要としながらも、機能性やデザイン性を求められていることから複雑な形状加工品が増加している。また、これまで加工されてきた製品では、製品開発の短サイクル化により、設計から加工・評価・納品までの期間の短縮化が要求されている。そのような状況において、複雑な形状評価に合った測定方法の見直しや製品の信頼性を確保するための計測評価時間の高速化も求められ始めている。

そこで本研究では、測定時間の短縮化が難しい従来のポイント測定から三次元測定機（以下CMM）を用いたスキャニング測定における測定精度の向上を目指して実施した。測定形状に合った測定方法の見直しを行うとともに、スキャニング測定による測定値への影響や測定精度について検証したので報告する。

2. 測定方法

2.1 測定機器

測定機の概要を表1に、外観図を図1に示す。

表1 測定機の概要

高精度三次元測定機（Zeiss 製）	
型 式	UPMC 550 CARAT（門移動型）
指示精度	(0.5+L /900) μm



図1 CMM外観

2.2 測定方法

測定方法¹⁾として使用したスタイラス、スキャニング速度および測定力を表2に示す。

表2 測定技法

	スタイラス 1	スタイラス 2
スタイラス	φ 5mm L 75mm シャフト径 φ3.5mm	φ 8mm L 114.5mm シャフト径 φ6.0mm
	速度 1	50mm/s
スキャニング 速度	速度 2	10mm/s
	測定力 1	200mN
測定力	測定力 2	100mN

スタイラスは通常最も使用頻度の高い2つのタイプ

を選定した。測定速度については影響度を把握するため、推奨値（直径の1/10）と50 mm/sの2種類とした。そして、測定力については、装置で通常設定できる範囲で2倍の差をつけた。

2.3 測定中のワーク温度及び温度測定方法

測定中の温度測定は、白金測温抵抗体（株式会社チノー製）を用いて行った。ワークの温度は測定室に十分放置してあるため測定室内温度と同等とした。温度計測器はCMM定盤上の測定領域付近に配置し、測定開始時と終了時に温度計測器の表示値を読み取り、その読み取り値の平均値を測定時の温度とした。

2.4 測定対象物

測定対象物は上面から5 mm刻みで異なる円筒面を持っている2種類（S35C、SKS3）の円筒ワーク（外径 約φ100 mm）を用いた。図2に写真を示す。



図2 測定対象物

また、ワーク測定結果の検証を実施するために、校正球（校正值φ29.9981 mm：Retter製以下マスター球）を比較のため測定した。図3に写真を示す。



図3 校正球

2.5 測定対象物の姿勢および座標系の構築

測定方向は図4に示す2つの方向とした。

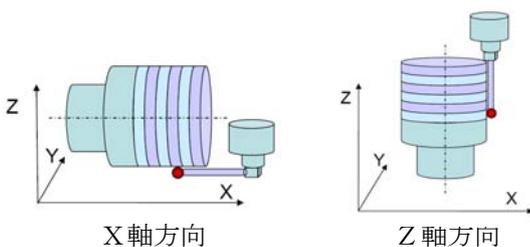


図4 測定対象物の姿勢

また、座標系の構築は、円筒上部面を基準平面として円筒中心を原点、円筒上面の穴A、Bを結ぶ線をX軸とし、軸の方向は、A→Bの方向とした。実際にセッティングした状態の写真を図5に示す。

X軸方向

Z軸方向



図5 座標系の構築

2.6 測定内容

S35C及びSKS3の2種類のワークに対して、以下の測定を実施した。

- 1) 図4に示す2つのセッティング
- 2) 表2に示す2種類のスタイラス
- 3) 表2に示す2種類のスキヤニング速度
- 4) 表2に示す2種類の測定圧力

以上32通りのスキヤニング測定を実施し、スキヤニング測定時のサンプリング数は100点とした。

マスター球の測定も2通りのスタイラス、姿勢、測定力、測定速度にて合計16通りの測定を行った。

また同時にポイント測定も実施し、1周100点程度の測定で、スタイラスはφ5 mmタイプ、測定力は200 mNとした。このデータを参照値とした。

これらの測定は全て3回繰り返した。

3. 測定結果と考察

測定物や円筒面の違いによる測定結果について比較を行った結果、ほぼ同様の結果であったことからS35CでZ=-2.5 mmでの測定結果について述べる。

3.1 直径値

直径値について、X軸方向の結果を図6、Z軸方向を図7に示す。また、図6、7でポイント測定結果と比べて値の大きく異なった2つのデータを除いた結果を再解析結果として図8、9に示す。

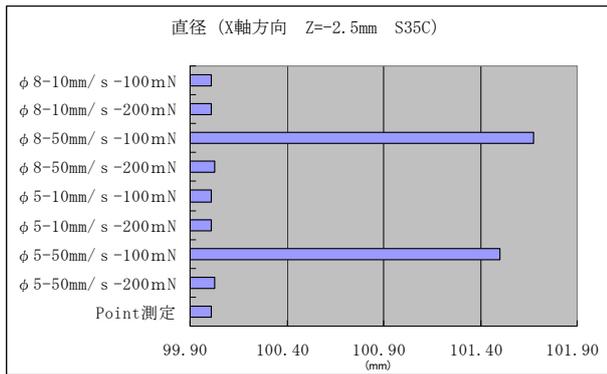


図6 X軸方向の直径値測定結果

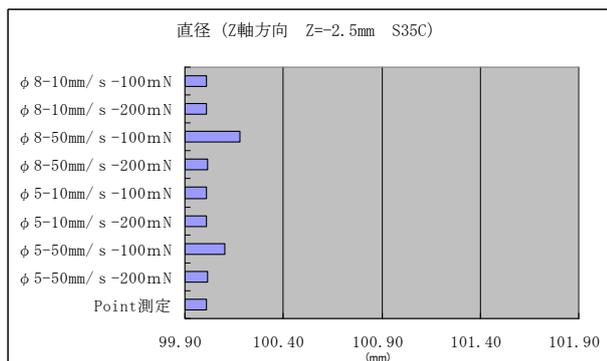


図7 Z軸方向の直径値測定結果

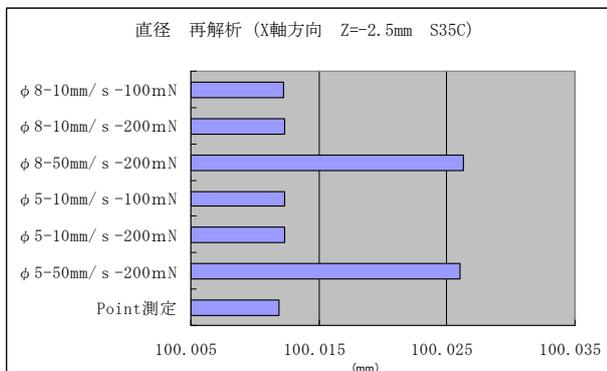


図8 X軸方向の直径値測定結果 (再解析)

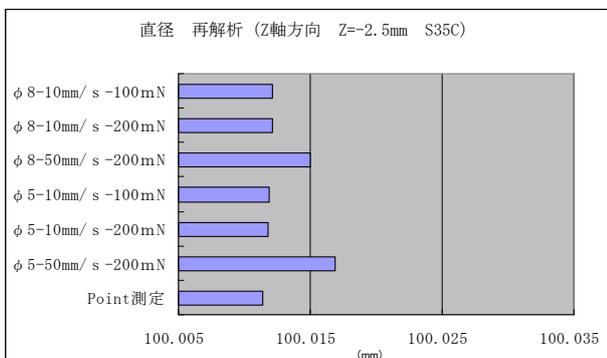


図9 X軸方向の直径値測定結果 (再解析)

直径値については、スタイラスのサイズに関係なく測定速度が速く、測定力が低い条件の結果が悪かった。またその傾向はZ軸方向と比べてX軸方向に大きく現れていた。測定速度については速くても測定力を上げることで、ある程度は測定精度を上げることは出来ることも確認出来た。測定速度が遅い場合はスタイラスのタイプや測定力にほとんど影響を受けることなく、ポイント測定と同等の測定結果を得ることが出来た。この結果から、測定中のスタイラスへの遠心力が影響していると考えられることから、測定速度の設定に注意が必要であることがわかった。

3.2 真円度

真円度について、X軸方向の結果を図10、Z軸方向を図11に示す。

また、図10、11でポイント測定結果と比べて値の大きく異なった2つのデータを除いた結果を再解析結果として図12、13に示す。

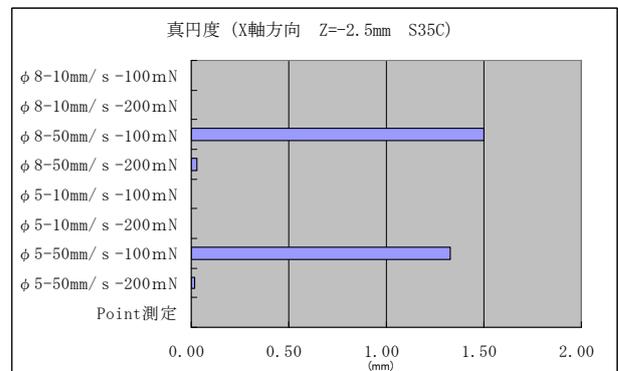


図10 X軸方向の真円度測定結果

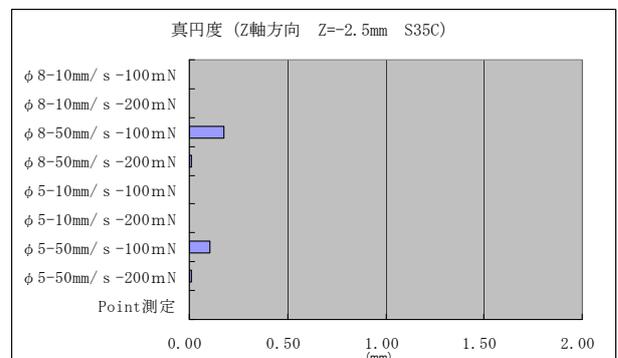


図11 Z軸方向の真円度測定結果

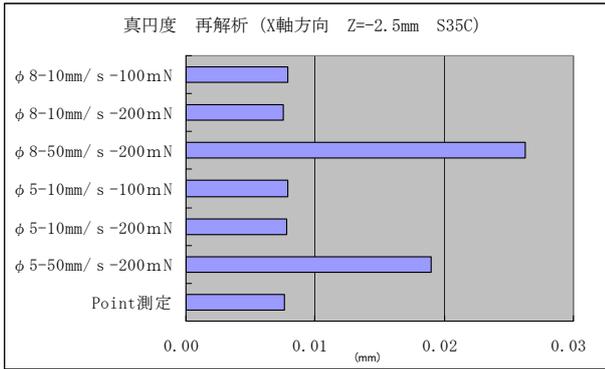


図 12 X 軸方向の真円度測定結果 (再解析)

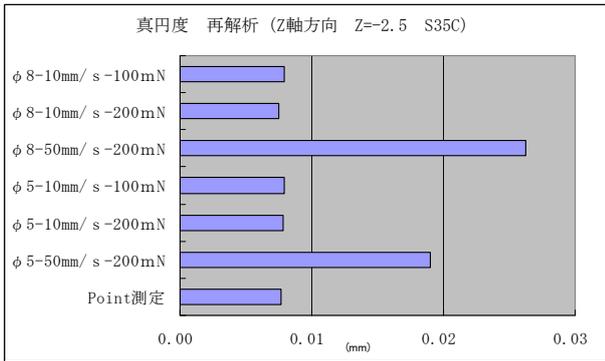


図 13 X 軸方向の真円度測定結果 (再解析)

真円度については、直径値よりも測定条件による測定値への影響が大きく出た。その他の結果は直径値と同様の結果であり、形状評価を行う場合も測定速度と測定力の条件によっては、ポイント測定と同程度の評価が出来ることがわかった。

3.3 中心位置

中心位置について直径値で示した結果と同様に各 X 軸方向の結果を図 14、Z 軸方向を図 15 に示す。

また、図 14、15 でポイント測定結果と比べて値の

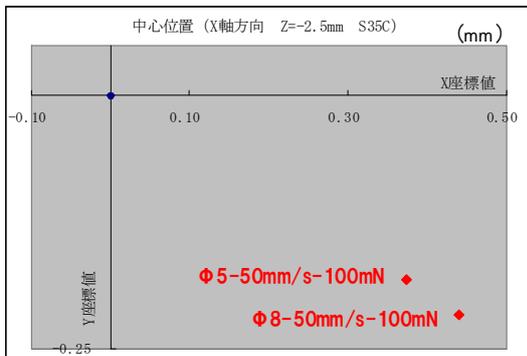


図 14 X 軸方向の直径値測定結果

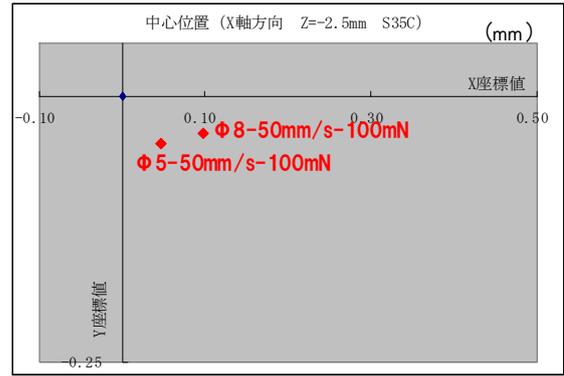


図 15 Z 軸方向の直径値測定結果

大きく異なった 2 つのデータを除いた結果を再解析結果として図 16、17 に示す。

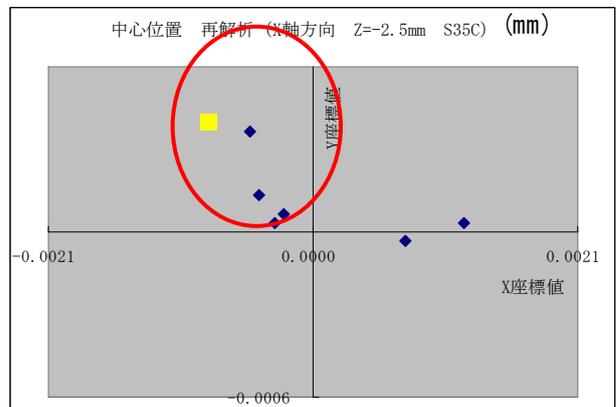


図 16 X 軸方向の直径値測定結果 (再解析)

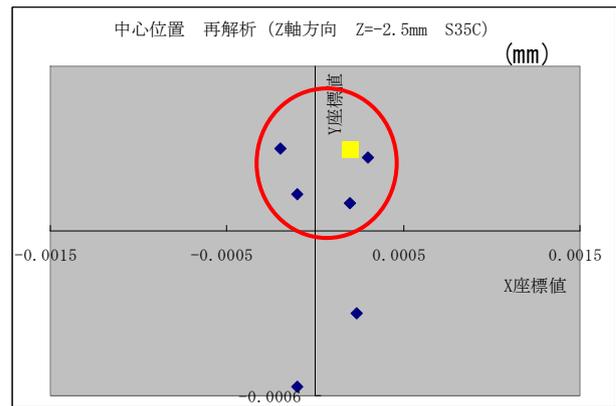


図 17 Z 軸方向の直径値測定結果 (再解析)

中心位置についても、直径値・真円度と同様に測定速度が速く測定力の小さい測定条件ではその他の測定結果と大きく異なっていた。また図 16、17 に示した丸の範囲は□で示したポイント測定結果と測定速度の遅い 4 つの測定条件での結果の範囲を示しており、測定速度を遅くする測定条件ではポイント測

定結果で求めた中心位置と $0.5 \mu\text{m}$ 範囲内に抑えることがわかった。

3.4 マスター球測定結果

マスター球についても同様にスキヤニング測定を実施した結果、円筒ワーク測定と同様の結果であった。そこで、測定速度の変化による測定値への影響の程度を把握するため、測定速度を2条件ではなく5条件（30, 25, 20, 5, 2 mm/s）にて実施した。測定速度の影響が大きかった X 軸方向の直径値の結果を図 18、真円度の結果を図 19 に示す。

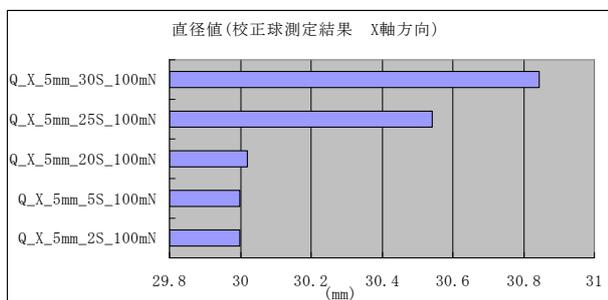


図 18 X 軸方向の直径値測定結果

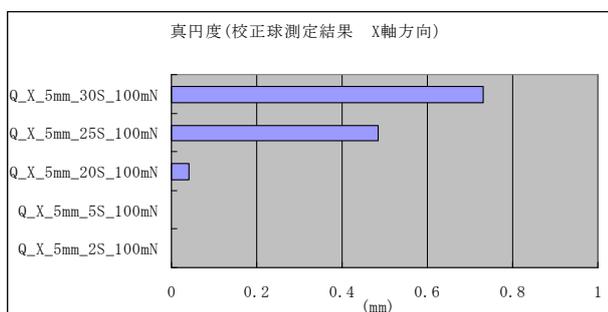


図 19 X 軸方向の真円度測定結果

また、図 19 で値が特に大きかった測定速度 30 mm/s 及び 20 mm/s の 2 つのデータを除いた結果を再解析結果として図 20 に示す。

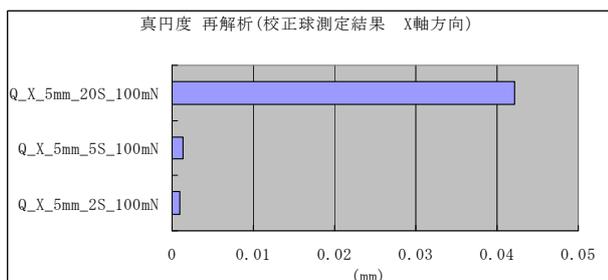


図 20 X 軸方向の真円度測定結果（再解析）

マスター球の測定で実施した測定速度の変化によ

る測定値への影響について、直径値、真円度ともに測定速度を遅くすると校正値に近づいていった。測定速度の影響は比例ではなく、ある速度から急激に測定値への影響が大きくなることがわかった。特に真円度については、5 mm/s 以下の測定速度であればポイント測定と同程度の高精度な測定が行えることがわかった。

4. まとめ

測定結果からはスキヤニング速度が速く、測定力が低い場合の測定値が、その他の測定結果と比較して大きく現れた。円筒ワーク及びマスター球の測定において直径値、真円度、中心位置の全てにおいて同様の結果であった。測定精度を上げるためには測定力を上げて測定速度を遅くする必要がある。ただし、測定速度を遅くすればするほど測定精度が上がることは確認出来なかった。

測定方向については、Z 軸方向の測定に比べて X 軸方向の測定が測定値への影響が大きかった。

中心位置については、大きく中心位置がずれていた 2 つの結果以外はポイント測定で求めた中心位置とほぼ同等の結果であり、 $0.5 \mu\text{m}$ 範囲内に抑えることが出来た。

本研究でのスキヤニング測定条件としては、通常良く使用するスタイラス径を用いて、特に測定速度において大きく異なる条件とし、測定力についても 2 倍の差をつける測定条件を設定した。その結果、測定条件により測定結果に大きく影響を及ぼす要因を特定できると共に、その影響度も把握することが出来た。

使用するスタイラスにより、測定条件において測定方向に加えてスキヤニング速度と測定力の設定によりポイント測定と同等の測定が出来ることが把握でき、実際の測定で十分利用できることがわかった。

謝 辞

本研究は、(独)産業技術総合研究所が実施した計測分科会主催の「CMM スキャニング測定評価」に参加した結果である。この持ち回り測定に参加した以下の機関の方に感謝します。

(独)産業技術総合研究所 大澤尊光 氏、岩手県工業技術センター 和合健 氏、福島県ハイテクプラザ 吉田智 氏、群馬県立群馬産業支援センター東毛産業技術センター 鏑木哲志 氏、栃木県産業技術センター 江面篤志 氏、茨城県工業技術センター 青木邦知 氏、埼玉県産業技術総合センター 宇野彰一 氏、東京都立産業技術研究センター 中西正一 氏、神奈川県産業技術センター 阿部顕一 氏、山梨県工業技術センター 高尾清利 氏、富山県工業技術センター 吉田勉 氏、石川県工業試験場 廣崎憲一 氏、広島県立総合技術研究所東部工業技術センター 佐々木秀和 氏、広島県立総合技術研究所西部工業技術センター 山下弘之 氏、福岡県工業技術センター 竹下朋春 氏、(株)東京精密 荒井正敏 氏、(株)ミツトヨ 阿部誠 氏

文 献

- 1) 知的基盤部会計測分科会形状計測研究会 CMM スキャニング測定評価 Protocol Final(2009)