

精密測定信頼性評価に関する研究（第1報）

丹羽 孝晴、田中 泰斗

Study on accuracy and reliability of measurement (I)

Takaharu Niwa and Taito Tanaka

三次元測定機においては、スタイラス形状、プロービング方法、測定力、測定速度などの条件を測定に応じて選択する。その選択においては、測定結果に影響を与える測定条件や測定戦略の因子とその影響の大きさを正確に把握することは簡単ではなく、測定者の経験や感覚に基づいて測定が行われる場合も多い。

本研究では、円筒度と同軸度を対象として、スタイラスの種類、スキャニング速度と測定力の条件の違いで、測定結果への影響が異なることがわかり、円筒度は測定経路によっても異なることが確認できた。

1. はじめに

当県の平成 26 年の製造業における金属製品と輸送用機械の割合は約 26% を占めており、本県を代表する産業となっている。近年の金属製品や輸送用機械部品の製造においては、製品の高性能化のため、寸法のみならず多くの幾何公差が指示されており、品質の評価も高度化している。

品質評価項目の一つである精密測定では、主に製品の寸法や幾何公差の測定を行うが、測定機器や測定条件、測定戦略（測定手順等）により測定結果が変動することが知られている²⁾。精密測定に広く用いられている三次元測定機においては、スタイラス形状、測定力、プロービング方法、測定速度等の測定条件が測定に応じて選択されるが、測定条件は、操作者の経験や各事業所の品質管理の規格に基づいて選択されており、測定結果に影響を与える測定条件や測定戦略の因子が適切に把握されていない場合がある。近年求められる精密測定の要求にこたえるためには、測定結果に寄与する測定条件や測定戦略の因子を把握し、各測定に適した条件や戦略を選択することが求められる。

本研究では測定条件や測定戦略の違いによる測定結果を変動させる因子を統計的に評価・把握し、精密測定の信頼性向上、及び効率化を図る。

2. 測定方法

三次元測定機では、一般にポイント測定とスキャニング測定と呼ばれる二種類の方法で測定を行う。

ポイント測定は、測定対象に接触した時の座標値を測定し、測定対象から離れて次の測定位置に移動するという、繰り返しの測定方式である。そのため、測定箇所が増えれば増えるほど、測定時間が大幅に増加するデメリットがある。測定時間を短くするために、測定間隔をあけて測定点数を減らす必要があるが、形状の変化を正確に測定できない場合がある。よって既知の幾何形状に対して用いられることが多い。

スキャニング測定は、測定対象に接触し、その形状を倣いながらスタイラスを移動させ、連続的に座標値を測定する測定方法（図 1）である。測定時間は、スタイラスの移動速度に依存し、測定点の数には影響されないため、多くの座標値を一度に取得できる。また、測定点の間隔を細かく設定することができるため、未知の形状測定や、形状の細かな変化を測定（図 2）することが多い。しかしながら、測定時に加わる力として、測定面に対して垂直な方向に働く力に加え、移動方向に向かう力も生じることから、一般に座標値の精度の面ではポイント測定に劣る。

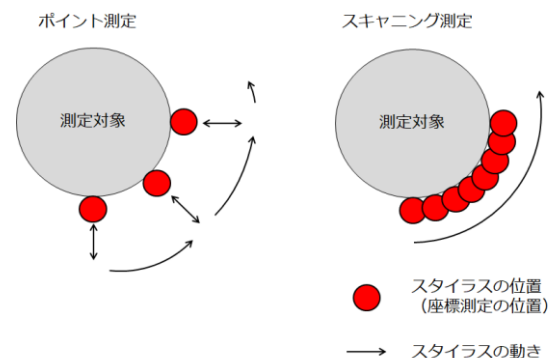


図1 測定方法とスタイラスの動き

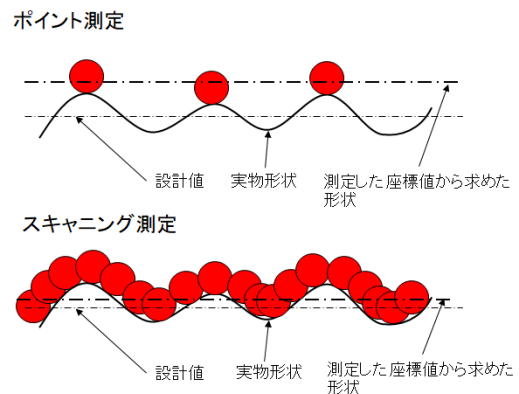


図2 測定方法の違いによる形状の差

3. 実験内容

3.1 三次元測定機

実験には、カールツァイス製 PRISMO ULTRA 9/13/7 (図3) を使用した。また、主な仕様を表1に示す。三次元測定機の設置環境は 20±1℃、湿度 50±5%の恒温恒湿室内である。



図3 三次元測定機

表1 三次元測定機の仕様

三次元測定機	PRISMO ULTRA 9/13/7 (カールツァイス製)
測定範囲	X軸 900mm, Y軸 1,300mm Z軸 650mm
最大許容指示誤差	MPE _P : 0.6μm MPE _{THP} : 1.5μm
プローブ	VAST GOLD

3.2 測定条件

本研究では円筒スコヤ (φ60mm×150mm) を用いて円筒度と同軸度を測定し、その測定結果を検証した。

円筒度とは形状の公差で、幾何学的に正確な形状に対するばらつきを表す。同軸度とは位置の交差で、データムに関連した位置の狂いを表す。

測定は、円セグメント測定とスパイラル測定により行った。円セグメント測定とは、任意の位置で円筒を分割する円断面を測定経路とする測定方法で、スパイラル測定とはらせん状の経路により測定を行う方法(図4)である。

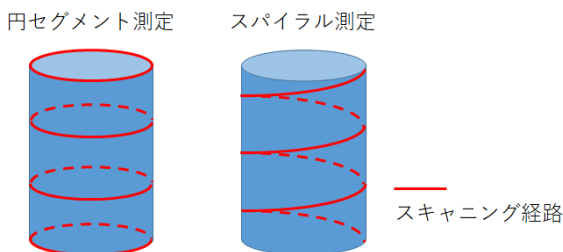


図4 測定経路

表2に測定条件として、スタイラスの種類、スキャンニング速度、測定力を示す。スタイラス球径は、当所でよく使用するものを2種類用意した。測定力は機械の推奨

値である 200mN と 100mN の 2 種類とした。スキャンニング速度は、機械の推奨値である 6mm/s (直径の 1/ 10) と 48mm/s の 2 種類に条件を分け、測定間隔は 1mm とした。なお、測定高さは、スタイラス長さの制限から、高さ 80mm とした。

また、同時にポイント測定を行い、この測定結果を円筒度の参照値とするとともに、同軸度のデータムとして使用した。なお、ポイント測定におけるスタイラス球径は φ5mm、測定力は 200mN とし、円周上を、1 周 1mm 間隔で 189 点、高さ方向を 8mm 間隔で測定した。

表2 測定条件

測定経路	円セグメント測定	スパイラル測定
スタイラス	球径 : φ5mm 長さ : 100mm シャフト径 : φ3.5mm	球径 : φ8mm 長さ : 114mm シャフト径 : φ6mm
スキャンニング速度	6mm/s	48mm/s
測定力	100mN	200mN

4. 結果及び考察

4.1 測定点数の違い

円セグメント測定では、高さが 80mm の円筒を、10 分割し測定を行った。分割は等分とし、分割位置は分割数により異なる。

スパイラル測定では周回数を 1 周から 10 周まで変えて測定した。それぞれの測定点の数を表3、表4に示す。

表3 円セグメント測定点数

分割数	1	2	3	4	5
測定点数	378	567	756	945	1134
分割数	6	7	8	9	10
測定点数	1323	1512	1701	1890	2079

表4 スパイラル測定点数

周回数	1	2	3	4	5
測定点数	205	386	572	759	946
周回数	6	7	8	9	10
測定点数	1134	1322	1511	1699	1887

円セグメント測定による円筒度及び同軸度の測定結果を図5、図6に、スパイラル測定による円筒度及び同軸度の測定結果を図7、図8に示す。

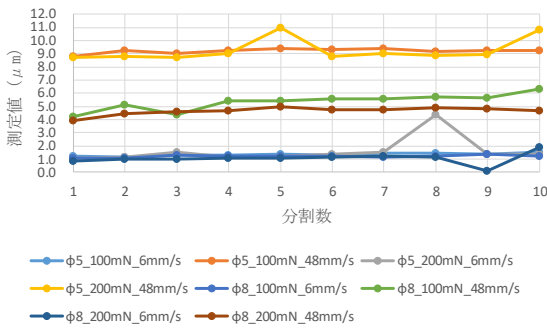


図5 円セグメント測定 円筒度

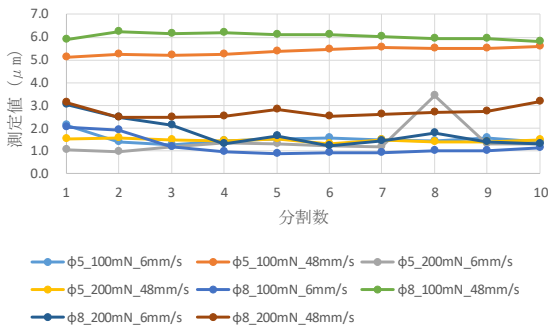


図6 円セグメント測定 同軸度

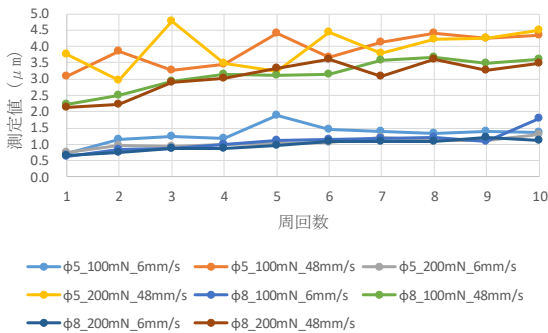


図7 スパイラル測定 円筒度

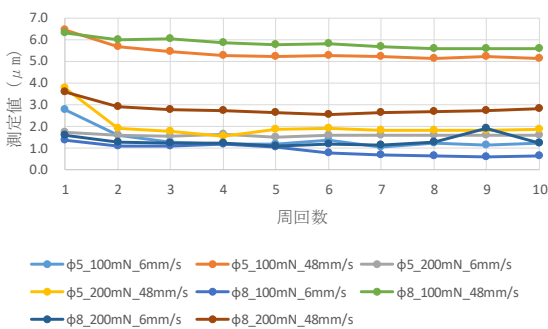


図8 スパイラル測定 同軸度

円セグメント測定の円筒度は、おおむね分割数に関係することなく、安定した値を示した。同軸度は、同じ条

件の中では、分割数が少ない場合、同軸度の値が大きくなるが、分割数が増えるにつれて値が小さくなり、安定していくことがわかった。

スパイラル測定の円筒度は、スキヤニング速度が 48 mm/s の条件の時に値にばらつきが確認できた。同軸度については、円セグメント測定と同様に、周回数が少ない場合、同軸度の値が大きくなり、周回数が増えるにつれて値が小さく、安定することがわかった。同軸度の測定には、評価長さも重要であるが、高さ方向の測定間隔を細かくすることも、安定した測定結果を得るために必要と考えられる。

次に、円セグメント測定とスパイラル測定を比較する。測定点数を同じとするため、円セグメント測定では、円筒を5分割する測定結果を、スパイラル測定では6周回る測定結果を用いた。

4.2 測定経路の違いによる円筒度の比較

円筒度の測定結果について、円セグメント測定、スパイラル測定及びポイント測定の結果を図9、図10に示す。

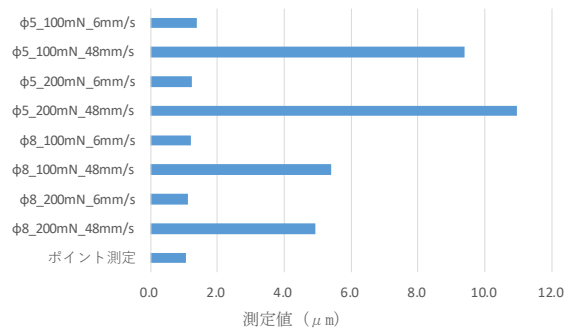


図9 円セグメント測定 円筒度

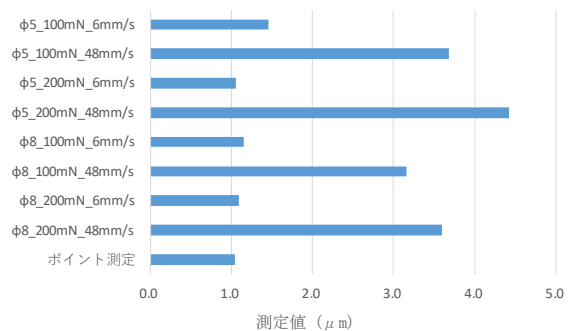


図10 スパイラル測定 円筒度

測定結果より、スパイラル測定のほうが円セグメント測定に比べ、値のばらつきが少ないことがわかった。また、スキヤニング速度は 6mm/s の場合に、スタイラス径には φ8mm の場合に、測定力については 200mN の場合にポイント測定と同等の値を取ることがわかった。

スタイラス径が大きいほどシャフト径も太く剛性があり、測定力は、速度による遠心力や、測定物の表面粗さ

などの影響を受けることなく、測定物に接触し続けることができるため、この結果になったと考えられる。

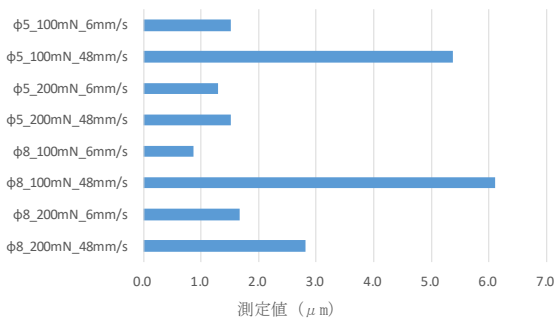


図11 円セグメント測定 同軸度

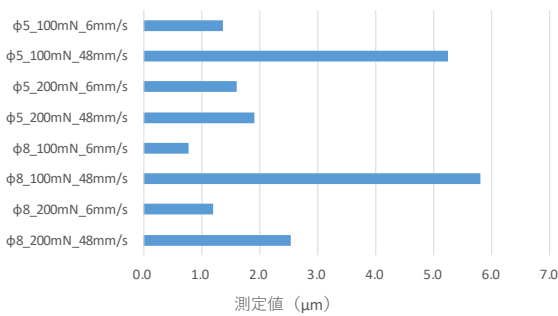


図12 スパイラル測定 同軸度

4.3 測定経路の違いによる同軸度の比較

同軸度の測定結果を図11、図12に示す。同軸度のデータは、ポイント測定の結果としているため、円筒度の測定結果が0に近いほどポイント測定の測定結果と同等の結果を得ることができたといえる。

測定結果よりスキヤニング速度が48mm/sの条件の時に測定結果が大きく外れていることがわかる。また、スタイラス径についてはφ8mmの場合に最も良好な結果が得られた。

円筒度と違い、スキヤニング経路の違いによる大きな影響はなく、測定力についての影響も認められない。

連続的に形状の変化を測定するスキヤニング測定のため、形状の公差である円筒度に、様々な条件が影響を与えたのではないかと考えられる。

5. まとめ

本研究では、スタイラス、スキヤニング速度、測定力の違いで、測定結果に影響が出ることが確認できた。特にスキヤニング速度は測定結果に大きな影響を与えていることがわかった。また、測定経路によっても測定結果への影響が違っていることも確認できた。

今後は、今回評価した公差以外の測定や形状測定に対して、測定経路が測定結果に与える影響の検討を行う。

【参考文献】

- 1) 平成26年工業統計調査結果(確報), 岐阜県
- 2) 木村, 野嶋, 鳥取県産業技術センター研究報告 No.13, pp11-16, 2010