

CMMの 都市伝説

Coordinate
Measuring
Machine

vol.4



産業技術連携推進会議
知的基盤部会 計測分科会
形状計測研究会

目 次

| | |
|-----------------------------|----|
| 第1章 はじめに | 1 |
| 第2章 そばにいてもいいの | 2 |
| 第3章 まるいのはお好き? | 6 |
| 第4章 短いと困るの | 10 |
| 第5章 あなたはおしろい派?それとも・・・ | 14 |

第1章 はじめに

「CMM の都市伝説」第4部をお届けします。

この冊子は、製造業で不可欠な三次元測定機（CMM）の使い方について、もっともらしく伝承されたり、当然と思われたりしている「都市伝説」を、疑いの目を持って検証した結果をまとめたものです。

産業技術連携推進会議 知的基盤部会 計測分科会 形状計測研究会に参加している公設研究所のメンバーが、機関ごとに一つの章を担当して執筆しました。協力頂いた方々へこの場を借りてお礼申し上げます。

取り上げたテーマには新しいものもありますし、すでに取り上げたテーマを別の機関

で別の機種で再検証したものもあります。その多くに絶対的な解はありません。この冊子を読んで、今まで気にしていなかった事項に疑いの目を持って、皆さんもぜひ自分の装置で確かめてください。

この冊子が皆さんの計測技術の向上に役立つことを期待しています。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
計量標準総合センター（NMIJ）
工学計測標準研究部門
幾何標準研究グループ

第2章 そばにいてもいいの 暖機運転の必要性と測定者の熱について

静岡県工業技術研究所 柳原 亘

1. はじめに

寸法や形状の精密測定に使用される三次元測定機（CMM）は、温度管理された恒温室に設置されることが推奨されています。部屋に人が出入りする時の外気の侵入や人の体温などによる多少の温度変動はありますが、恒温室は空調設備により温度が一定に保たれています。

CMMを起動させると、原点復帰の移動や測定機内部の電気回路などによる熱が僅かに発生します。そのため、恒温室であっても、測定機の温度を安定させるため、電源を入れた後 30～60 分程度の暖機運転をするように推奨されています。ここでは恒温室内におけるCMMの暖機運転の有無が測定結果に与える影響について検証しました。

また、測定中はなるべく人が測定機の周りにいない方がよいと言われています。測定中に人が測定機の周りにいる場合といない場合で、どの程度測定結果に違いがあるのかも併せて検証しました。

2. 実験内容

2.1 測定機の概要

使用した測定機は、(株)ミットヨ製の CNC マイクロコード H503 (図1) で、概要を表1に示します。測定機は、温度 20 ± 1 °C、湿度 55 ± 10 %の恒温室に設置されていま

す。測定機に温度補正機能は付いておらず、測定機の外側カバーに断熱効果の高い木製カバーを使用し、本体に供給するエアの温度を 20 ± 1 °Cに制御することで、測定機の温度を一定に保っています。



図1 測定機の外観

表1 測定機の概要

| | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| 測定範囲 | 500(X)×300(Y)×300(Z) mm |
| 測定精度 | 各軸：(0.5+1.5L/1000) μm 空間：(0.8+2L/1000) μm ※Lは任意2点間の寸法(mm) |
| 使用プローブヘッド | 高精度プローブHTP-S 測定力：0.1～0.3 N 繰返し精度：σ≤0.5 μm |

2.2 温度測定について

白金測温抵抗体温温度センサを、CMMのX、Y、Z軸スケール近傍（3箇所）、定盤上、測定ワーク、そして測定機本体近傍の環境温度、計6箇所に取り付け（図2）、温度測定を行いました（ブラックスタックサーモメータを使用。表示分解能 0.0001 °C）。X、Y、

Z軸スケールに関しては、センサをスケールに直接付けることは困難であるため、スケール近傍の部材上に取り付けました。

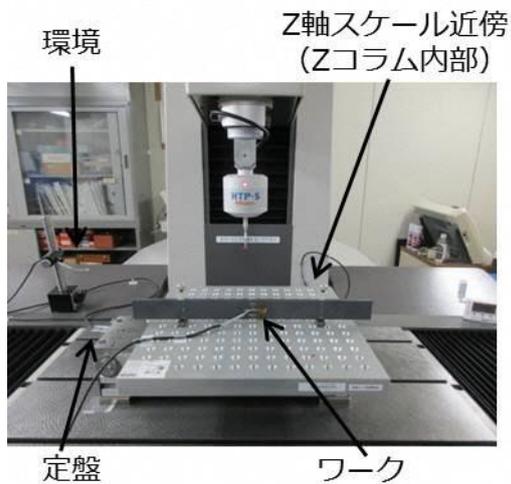


図2 温度センサの取付け

2. 2 暖機運転による影響の検証方法

CMM を起動させた直後にプローブ校正, 続けてブロックゲージの長さ測定を行い, 後は3時間にわたりブロックゲージの測定を5分間隔で繰り返し行いました. プローブはスタイラス径 4 mm の下に突き出したものを使用しました. 寸法測定の手順は, 始めにブロックゲージ端面で端4点, 中央1点の計5点により基準面を作成し, その法線を+X軸としました. 次に側面の2点で直線を測定し, それをZ軸方向としました. そして上面でも直線を作成し, それぞれの直線を上記の面に投影した, 2つの直線の交点を原点としました(図3). 最後に, ブロックゲージのもう片方の端面の中央を1点測定し, その点から基準面に下ろした垂線の長さを寸法値としました. この寸法測定プログラムは約2分で終了するものです. 温度変化によるワークの熱膨張を避けるため, 低熱膨張性のブロックゲージ 400 mm (材質: ネクセラ, 熱膨張率: $0.00 \pm 0.02 \times 10^{-6} / K$) を使用し

ました. X, Y, Z 軸スケール各々の温度変化と測定結果の関係を検証するため, 図4のようにワークを4姿勢に置いて測定しました. Y 軸と Z 軸各々の一方向による測定は寸法が測定範囲に収まらないため行いませんでした.

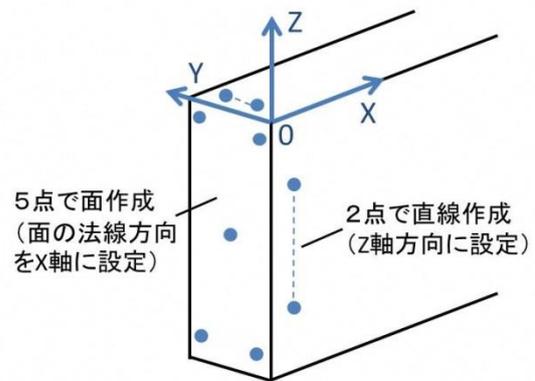


図3 座標系の設定



(a) 姿勢 X

(b) 姿勢 XY



(c) 姿勢 XZ

(d) 姿勢 XYZ

図4 ワークの姿勢

2. 3 人の熱による影響の検証方法

恒温室に人が全くいない場合と, CMM本体の手前に測定者が一人いる場合において, 2. 2 と同じ寸法測定を行いました. ワーク

を置く姿勢は図4の(d)姿勢 XYZ とし、測定は5分間隔で1時間行いました。人がいない場合については、測定プログラムとワークをセットして、人が部屋を出て無人になってから2時間経過した後に測定を開始しました。人がいる場合については、測定中かつ測定と測定の間も測定者一人が常に測定機の前に立った状態で行いました。

3. 検証結果

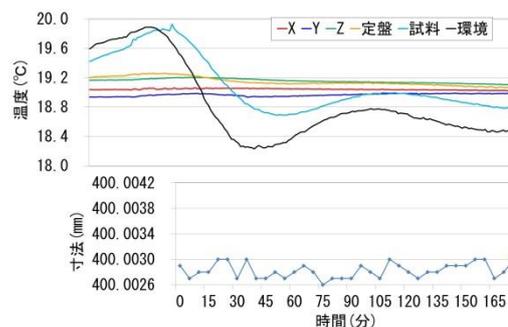
3.1 暖機運転の影響の検証結果

各姿勢における測定結果と、その際の温度測定結果を図5に示します。

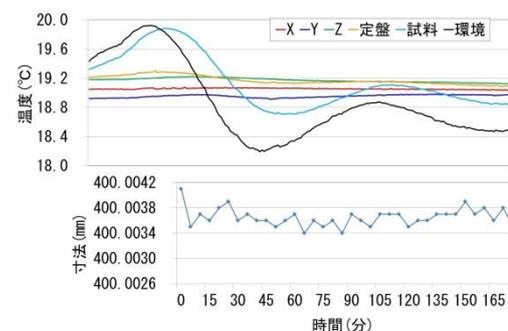
姿勢 X、XY、XZ、XYZ での、測定開始直後から3時間のブロックゲージの測定値の変化は、 $0.4\ \mu\text{m}$ 、 $0.7\ \mu\text{m}$ 、 $0.5\ \mu\text{m}$ 、 $0.8\ \mu\text{m}$ と、いずれも測定機の精度の範囲内に収まっています。姿勢 XY と姿勢 XYZ においては、測定機起動直後の寸法値の下降が大きい傾向となりました。今回の検証では、Y 軸スケールの測定が関係すると僅かではありますが暖機運転が測定結果に影響することが分かりました。

温度測定結果については、測定機起動直後から環境温度は変動しており、それは測定機が起動して本体や制御器が熱をもったことによって空調が働いたためと考えます。それに伴って、X、Y、Z のスケール温度も僅かに変化し検証時間の中で徐々に安定していききました。

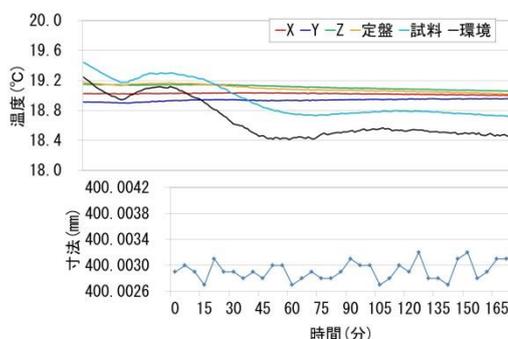
各姿勢における寸法測定結果と温度測定結果の明確な相関は見出せませんでした。今回の検証から、X、Y、Z スケールによって暖機運転の影響が異なることが分かりました。



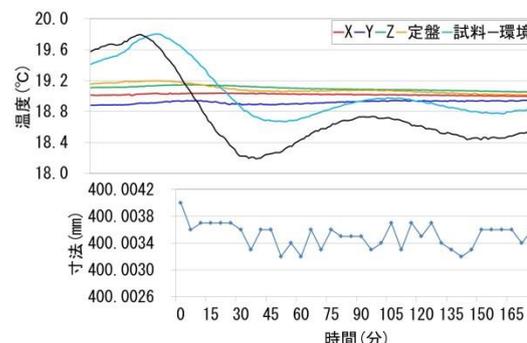
(a) 姿勢 X



(b) 姿勢 XY



(c) 姿勢 XZ



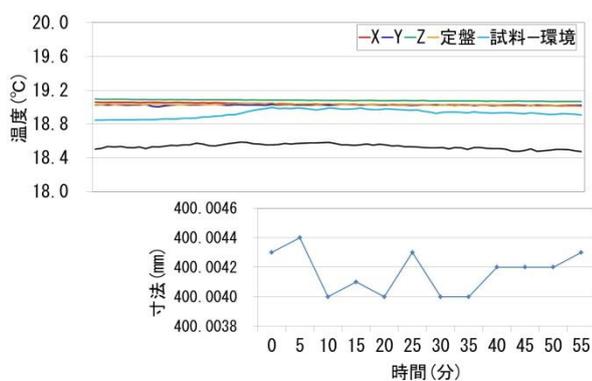
(d) 姿勢 XYZ

図5 暖機運転における検証結果

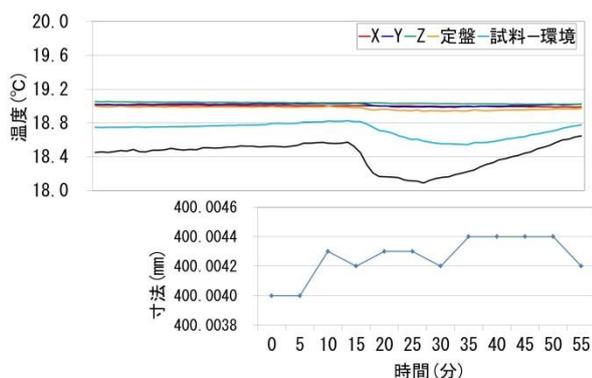
3. 2 人の熱の影響の検証結果

寸法測定結果と、その際の温度測定結果を図6に示します。人がいない場合と人がいる場合で、寸法結果はどちらも 0.4 μm の範囲内に収まっており、顕著な違いは見られませんでした。温度測定結果についても、環境温度では人がいる場合に僅かな変動が見られましたが、X、Y、Zスケール温度については違いは見られませんでした。

今回の検証から、複数人が測定機の周りを囲むような特別な状況ではなく、測定機付近に測定者一人という通常の使用状況であれば、測定中に人が測定機の周りにはいる場合といない場合で測定結果に違いはないことが分かりました。



(a) 人がいない場合



(b) 人がいる場合

図6 人の熱における検証結果

教訓

- CMMの恒温室における測定について、暖機運転がある場合とない場合では、測定機の精度範囲内の測定値の変動はありますが、精度範囲を超えた大きな違いはありませんでした。これは測定機や恒温室の環境によっても違うと思われるので、各々の環境で検証した方が良いでしょう。安全の観点からは、推奨どおり30~60分程度の暖機運転をした方が良いでしょう。
- 恒温室における測定について、測定機付近に測定者一人という通常の使用状況であれば、測定中に人が測定機の周りにはいる場合といない場合で測定結果に違いはありません。

第3章 まるいのは好き？

CMM と真円度・円筒形状測定機による測定結果の比較

滋賀県東北部工業技術センター 藤井 利徳

1. はじめに

三次元測定機（以下、CMM）は広い測定空間を測定用プローブが移動し、高精度なリニアスケールにより座標値を取得する構造であることから、測定物の大小にかかわらず、寸法や幾何形状の測定に汎用的に用いられています。丸穴や丸棒の直径や真円度、円筒度を測定することも多々ありますが、測定対象の方向によってプローブの向きを変更できたり、穴や棒の一部の座標値から演算により値を算出することができ、手間のかかるアライメント作業がほぼ不要です。測定物の形状の制約をあまり気にせず利用できる利点があります。

一方、同じ丸穴や丸棒の真円度や円筒度を測定する機器として、真円度・円筒形状測定機があります。こちらは回転テーブル上に測定物を載せ、測定物を回転させながら一方向からプローブを押し当てることで真円からの形状偏差の測定を行います。精密な回転テーブルと高分解能の変位検出器を備え、高精度な形状偏差の測定を実現できる利点があります。ただし基本的には断面が円形の測定物について、測定器が想定する方向に機械的にアライメントして設置する必要があります。これを容易にするため、多くの製品では自動的に調芯および傾斜調整を行う機能を実装しています。

これら2つの測定機を比較しますと、「CMMは汎用機である一方、専用機に比べると測定精度が良くないのではないか」という疑問が生まれます。

今回は円形状を評価対象とし、CMMと真円度・円筒形状測定器とによる測定結果を比較し、それぞれの測定機の特徴について考察することにしました。

2. 実験方法

2.1 使用機器

実験に用いたCMMは（株）ミットヨ製Bright900、プローブシステムはレニショー製PH9であり、図1に写真、表1に主な仕様を示します。



図1 実験に用いたCMMの外観

表1 実験に用いたCMMの仕様

| メーカー/型式 | ミットヨ/Bright 900 | |
|---------|-----------------|---------|
| 測定範囲 | X | 900 mm |
| | Y | 1000 mm |

| | |
|----------|-------------------------|
| Z | 600 mm |
| 最大許容指示誤差 | 4+4L/1000 μm |

真円度・円筒形状測定機は(株)ミットヨ製ラウンドテスト RA-2100AH で、図2に写真、表2に仕様を示します。



図2 実験に用いた真円度・円筒形状測定機の外観

表2 実験に用いた真円度・円筒形状測定機の仕様

| | |
|----------|-------------------------------|
| メーカー/型式 | ミットヨ/ラウンドテスト RA-2100AH |
| テーブル有効径 | ϕ 235 mm |
| 測定可能直径 | ϕ 2~300 mm |
| 最大積載重量 | 30 kg |
| テーブル回転精度 | 0.02+3.8H/10000 μm |

2. 2 測定物

測定には、丸穴検査用ピンゲージ ((株)アイゼン製、呼び寸法 5 mm, 25 mm) を用いました。それぞれの公称真円度は、0.3 μm , 0.5 μm 以下でした。図3に写真、表3に仕様を示します。

2. 3 測定方法

CMMでは、測定するピンゲージをバイスではさみ、定盤に対して円筒軸が垂直、平行、45度になるように治具等を用いて固定しました。タッチプローブの角度は、ピンゲージの円筒軸と平行になるよう設定しました。使



図3 測定に用いたピンゲージ

表3 ピンゲージの仕様

| 呼び寸法 [mm] | 真円度 [μm] |
|-----------|-----------------------|
| ϕ 5 | 0.3 以下 |
| ϕ 25 | 0.5 以下 |

用したプローブは先端径が ϕ 6 mm、長さ 100 mm です。測定点数については、1断面につきピンゲージの全周を4, 36, 120点、および、半周を4, 18, 60点の6通りとしました。ピンゲージの全長を3分割、または6分割してそれぞれの断面について円要素を測定し、その測定点全てから演算により円筒度を算出しました。なお、測定結果は3回測定した平均値としました。表4に、測定条件のまとめを示します。

真円度・円筒形状測定機による測定では、ピンゲージを回転テーブルに固定した後、自動調芯、傾斜補正を行った後、ゲージ全長を3分割、および、6分割して、それぞれ真円度を測定し、またそれら全てのデータを用いて円筒度を算出しました。表5に、測定条件のまとめを示します。

3. 実験結果

表6に、CMMで測定した ϕ 25 mmのピンゲージの円筒度を示します。測定条件の違いに関わらず、ほぼ5 μm 以下と測定機の

表 4 CMM による測定条件

| | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 使用プローブ長さ | 100 mm |
| 使用プローブ直径 | φ 6 mm |
| 断面測定数 | 3 または 6 断面 |
| 測定物角度 (ピンゲージの円筒 軸と定盤との角度) | 垂直 平行 45° |
| 測定範囲 | 全周, 半周 |
| 1 断面あたりの 測定点数 | 4, 36, 120 点(全周) 4, 18, 60 点(半周) |

表 5 真円度・円筒形状測定機による測定条件

| | |
|---------|---------------|
| 接触子 | φ 1.6 mm, 超硬製 |
| テーブル回転数 | 6 rpm |
| 断面測定数 | 3 または 6 断面 |
| 測定倍率 | 10000 倍 |
| 測定点数 | 7200 点(全周測定) |
| フィルター | 無し |

カタログ仕様内に入っていましたが、ピンゲージの円筒度誤差に比べると大きな値となりました。また、1 断面あたりの測定点数、および、断面数が多くなるほど円筒度の値が大きくなる傾向がありました。一方で、測定物の方向の違いについては、明確な差が確認できませんでした。なお、φ5 mm のピンゲージの円筒度測定結果についても同様の傾向でした。

表 7 に、真円度・円筒形状測定機で測定したφ25 mm のピンゲージの円筒度を示します。それぞれ 0.693 μm, 0.588 μm と CMM に比べて良好な円筒度が得られました。

4. 考察

高精度の穴検査用ピンゲージを CMM および真円度・円筒形状測定機で測定した結果、

表 6 CMM での円筒度測定結果

| 断面数 | 測定点数 | 円筒度[μm] | | | | | |
|-----|-----------|---------|------|------|------|------|---------|
| | | 全周 | | | 半周 | | |
| | | 垂直 | 水平 | 45° | 垂直 | 水平 | 45° |
| 3 | 4点 | 2.60 | 1.81 | 2.00 | 1.97 | 1.17 | 1.25 |
| | 36点(18点) | 3.76 | 2.95 | 2.95 | 2.91 | 1.88 | 2.38 |
| | 120点(60点) | 4.17 | 3.94 | 3.66 | 3.87 | 2.99 | 3.08 |
| 6 | 4点 | 1.80 | 2.30 | 2.44 | 2.26 | 1.07 | 1.25 |
| | 36点(18点) | 3.57 | 2.95 | 3.37 | 3.26 | 2.21 | 2.96 |
| | 120点(60点) | 5.31 | 4.56 | 4.39 | 3.72 | 2.69 | 3.21 |
| | | | | | | | 4 μm 以上 |
| | | | | | | | 3~4 μm |
| | | | | | | | 2~3 μm |
| | | | | | | | 2 μm 以下 |

表 7 真円度・円筒形状測定機での円筒度測定結果

| φ 25mm | 測定断面数 | |
|---------|-------|-------|
| | 3 | 6 |
| 円筒度[μm] | 0.693 | 0.588 |

それぞれの測定機の精度がそのまま結果として表れました。CMM で誤差が 0.5 μm 以下の校正済みのピンゲージを測定した結果、円筒度は数 μm となりました。実験に用いた CMM の指示精度は $4 + (4L/1000) \mu\text{m}$ と長さ独立項の値が大きく、より高精度な CMM であれば異なる結果になると考えられます。また測定点数が多くなるほど、円筒度の数値が増大する傾向が認められました。

一方、タッチプローブの角度の影響については、明確な傾向は認められませんでした。

CMM は、先にも述べたように、測定物の形状の制約が少なく、汎用的に利用できる利点があります。たとえば、大きな測定物の側面から突き出た円筒部を測定する場合、プローブの角度を変えて円筒全周を測定したり、プローブは下向きのまま半周だけを測定したりすることで、円筒度を得ることができます。その際、プローブの角度などの条件を変更しても、測定結果は装置の精度内から大きく外れることはありませんでした。

このように、CMM による丸穴や丸棒の測

定に関して、装置の精度内で測定物の形状等に制約されることなく汎用的に測定できることは、大きな利点として挙げられます。

5. 検証実験

高精度のピンゲージを CMM で測定した結果は、ピンゲージの仕様の真円度よりかなり大きな値となりました。この原因について、タッチプローブおよび CMM 本体のいずれの影響が支配的かについて実験的に検証を行いました。

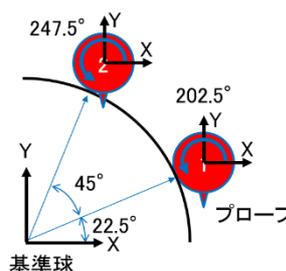
CMM のプロービング性能を検証する性能評価法規格として JIS B7440-5 (2013)

「(前略) - 座標測定機 (CMM) の受入検査及び定期検査 - 第 5 部: シングル及びマルチスタイラス測定」が規格化されています。今回の検証では、この規格を参照して「基準球を 25 点で測定して最大許容プロービング誤差 (MPE_p) を算出する方法」を応用しました。25 点の測定点のうち、基準球の赤道部を測定する 8 点を用い、基準球との半径差を算出し、評価に用いました。

さらに、実験に用いた CMM に付属するタッチプローブシステムは、CMM の Z 軸周りについて首振り角度 (B 軸) を -180° から 180° の間で 7.5° 刻みで回転させることができます。今回は、タッチプローブを CMM のマイナス Z 方向に固定したままで B 軸について 0°, 45°, 90°, 135°, 180° の 5 方向に設定し、基準球を測定しました。これにより、CMM 本体とタッチプローブについて、Z 軸周りの位相を変化させて基準球の測定を行うことができます (図 4)。

図 5 に、横軸に CMM の XY 面上における基準球の赤道面での位相角度を 0° ~ 360° の範囲で、縦軸に測定点 8 点について最小

・首振り角度 0° の場合



・首振り角度 45° の場合

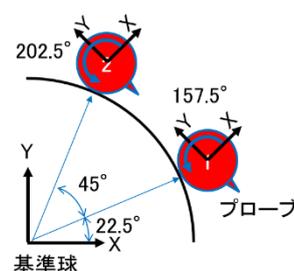


図 4 プローブと CMM の位相を変える実験の説明

二乗円からの偏差をプロットしました。グラフから 67.5° と 247.5° あたりに 2 つのピークがある「M 字型」の誤差が認められます。B 軸の首振り角度を変更しても、実験に用いた CMM のプロービング特性は XY 面内における測定方向の影響の影響が支配的であることがわかりました。

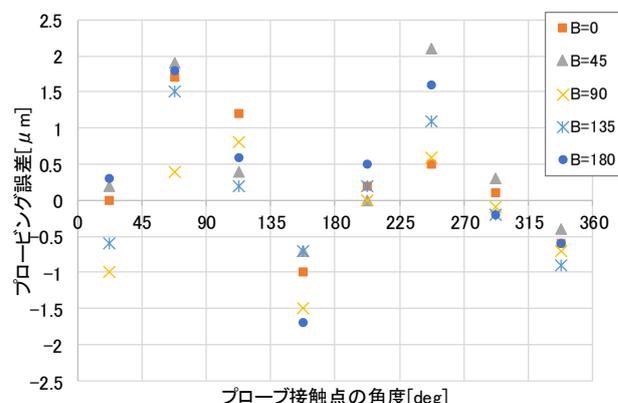


図 5 プローブと CMM の位相を変えた実験の結果

教訓

- ・ CMM よりも真円度測定機の方が高精度に形状偏差を測定できます。
- ・ ただし汎用機の便利さは捨てがたく、特に測定物のアライメントは簡単です。
- ・ CMM で真円度を測定する場合でも、タッチプローブの誤差が支配的とは限りません。

第4章 短いと困るの

同軸度測定における軸直線の長さ

岐阜県工業技術研究所 丹羽 孝晴

1. はじめに

三次元測定機（以下、CMM）は、長さ評価だけでなく幾何公差の評価についても多く用いられています。そして精度のよいCMMで測定すれば、幾何公差の評価についても値に問題がないと認識される方、「図面で指示されている幾何公差を測定して欲しい」と測定依頼に来られる方、また「この部分は重要であるから幾何公差で指示しなければ」と、加工方法や測定方法を十分に考慮されていない設計図面をもってこられる方から測定依頼を受けた経験はないでしょうか。

測定依頼の中で、データムと同軸度0.00と指示されている図面（図1）を見ますが、データムや指示されている軸直線が径に対して短い場合があります。一般に、「データム軸直線を安定させるには、直径の1.5倍以上の軸長が必要¹⁾」とされています。

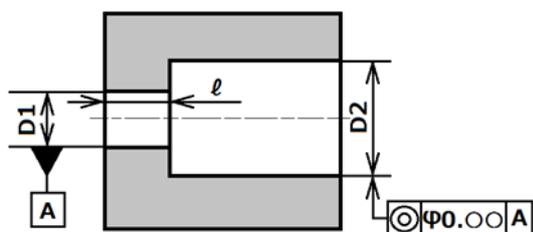


図1 同軸度公差の図示（参照図）

そこで今回は、同じ円柱での同軸度をデータム軸直線の長さを変えながら測定し、同軸度の測定における円柱の直径とデータム軸直線長さとの関係について検証しました。

2. 検証内容

2.1 CMM

検証に使用したCMMは表1に示すとおりです。門移動型の測定機を使用しました。

CMMは20±1℃湿度50±5%仕様の恒温恒湿室内に設置されており、各測定は24時間以上の十分な温度慣らし時間を設けた後で測定しました。

表1 CMMの概要

| | |
|----------|------------------------------------------------|
| CMM | PRISMO ULTRA 9/13/7 (カールツァイス製) |
| 測定範囲 | X軸 900 mm Y軸 1,300 mm Z軸 650 mm |
| 最大許容指示誤差 | MPEe : 0.6+L/500 μm |
| プローブ | VAST GOLD |
| スタイラス | TCM508011150 (itp 製) 測定球径 8 mm 長さ 150 mm |

2.2 測定方法

今回の検証には、形状の良いワークの例として円筒スコヤ(φ60 mm×150 mm)を、形状の悪いワークの例として鋼棒(φ20 mm×270 mm)を測定しました。

同軸度評価は、まず基準位置を決め、基準位置と基準位置からの距離が直径(以下、D)の2倍の高さで作成される円筒を評価用の

円筒とし、その軸直線を同軸度評価に用いました。「データム軸直線を安定させるには、直径の1.5倍以上の軸長さが必要」かを確認するため、基準面からの距離が0.1D毎の高さで円筒を作成し、その円筒の軸直線をデータム軸直線としてそれぞれ同軸度を評価しました。十分なデータム軸直線の長さとして、円筒の高さが2Dになるまでを測定範囲としました。

円筒の測定方法は、同一平面上で中心から90°毎に回転させた位置の4点を点測定し、指定した軸長さの位置に移動して同様に4点を測定した計8点を円筒を測定しています(図2)。

最後に、同軸度の評価の代わりに使えるか

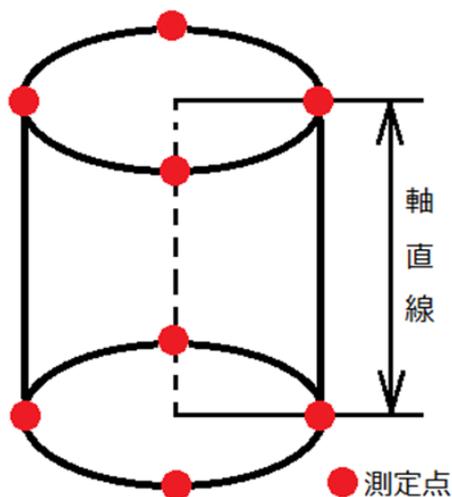


図2 円筒の測定例

の検証として、0.1D毎の位置で測定した円と基準位置からの距離が2Dの位置で作成した評価用の円筒で、同心度についても評価しました。

3. 検証結果

3.1 円筒スコヤ

円筒スコヤはφ60 mmのため、高さを6 mm毎に増加させて測定しました。評価用の円筒の高さは120 mmとなります。

円筒スコヤでの測定の様子を図3に、測定結果を図4に示します。円筒スコヤの測定結果より、データム軸直線の長さが0.5D以上になると、同軸度の評価の実測値が、安定した値を示していることがわかります。同心度については、どの測定位置で評価しても、安定した値が出ていることがわかります。

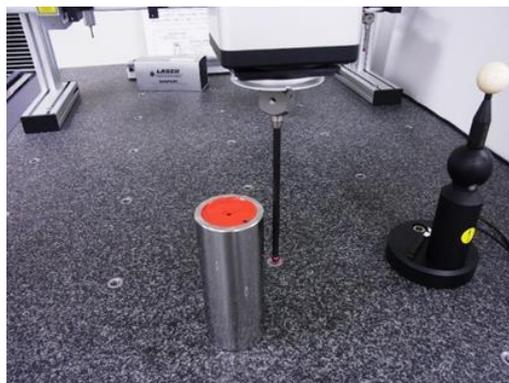


図3 円筒スコヤの測定風景

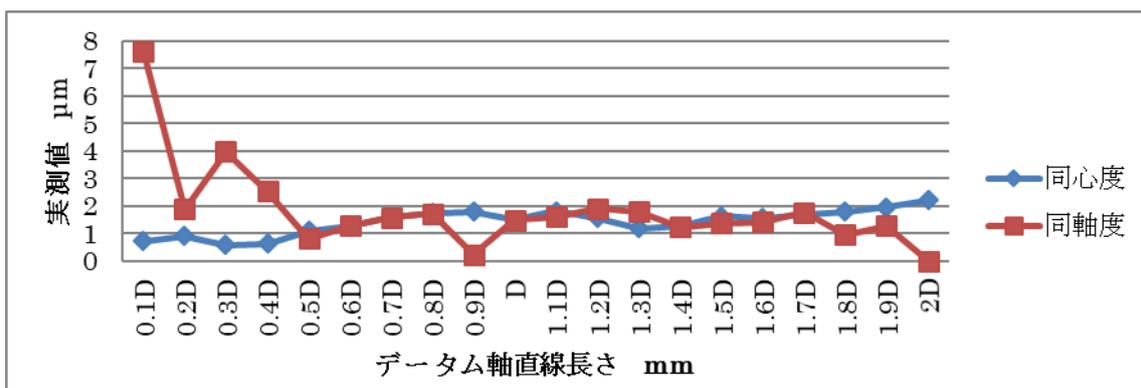


図4 円筒スコヤの測定結果

3. 2 鋼棒

鋼棒はφ20 mm のため、高さを 2 mm 毎に増加させて測定しました。評価用の円筒の高さは 40 mm となります。

鋼棒は、細長い形状のため(図 5)、データム軸直線を十分にとることができたため、鋼棒を上段、中段、下段と 3 つに分けてそれぞれ測定しました。上段の測定は、まず基準位置を決め、2D の高さで評価用の円筒を作成しデータム軸長さを変更させながら同軸度と同心度の評価をしました。中段の測定では、基準位置を上段の基準位置より 30 mm 下げた位置とし、2D の高さの円筒との同軸度と同心度の評価、下段も基準位置は中段の基準位置より 30 mm 下げた位置とし、上段、中段と同様の評価を行いました(図 6)。

鋼棒の上段での測定結果を図 7、中段での測定結果を図 8、下段での測定結果を図 9 に示します。鋼棒の測定結果より、鋼棒の上段、中段、下段のどの測定位置に対しても、データム軸直線の長さが 0.5D 以上になると、同軸度の評価の実測値が、安定した値を示していることがわかります。同心度については、どの測定位置で評価しても、安定した値が出ていることがわかります。



図 5 円筒の測定風景

4. おわりに

今回は、同軸度の測定における円柱の直径とデータム軸直線の長さの関係について検証しました。

鋼棒の測定結果より、データム軸直線の長さが短い場合と長い場合で、大きな実測値の差を確認することができました。短くなるほどその差は大きくなっていき、長くなると測定値が安定していくことから、データム軸直線の長いほど安定した評価ができることがわかります。また、精度管理がされている円筒スコヤを用いて、同様の事象が得られるかの確認を行いました。鋼棒の測定結果のよりはデータム軸長さが短くても安定した値を示しましたが、鋼棒の測定結果と同様にデータム軸直線の長さがより短くなっていくと、不安定な値を示してしまっているため、データム軸直線の長さが安定な測定値を示すこととの関係があることがわかりました。

今回の測定結果では、データム軸直線を安定させるには直径以上のデータム軸直線が必要だということがわかりましたが、より安全に確実な測定を求めようとするのであれば、一般的に言われている内容である「データム軸直線を安定させるには、直径の 1.5 倍以上の軸長が必要」ということとなります。

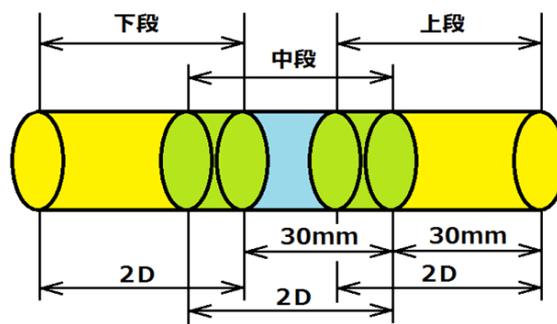


図 6 鋼棒の測定状況と測定位置

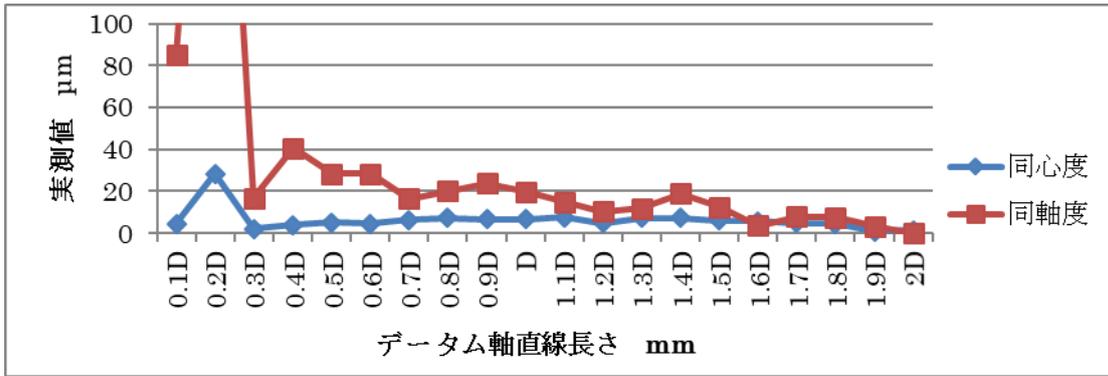


図7 鋼棒（上段）の測定結果

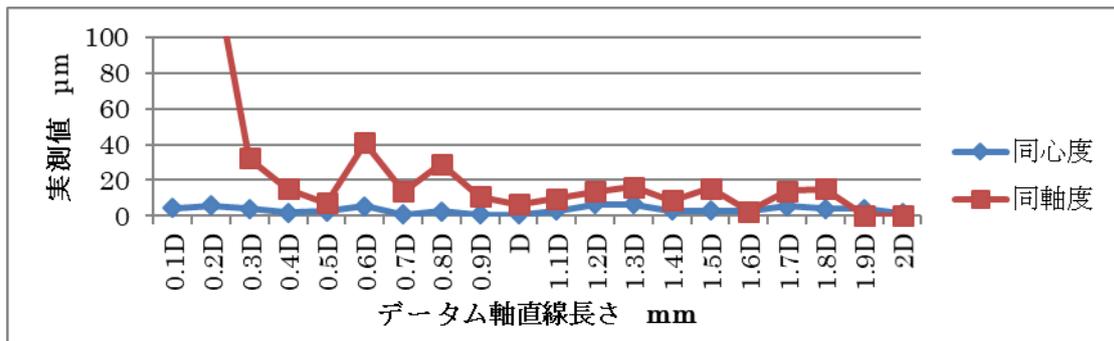


図8 鋼棒（中段）の測定結果

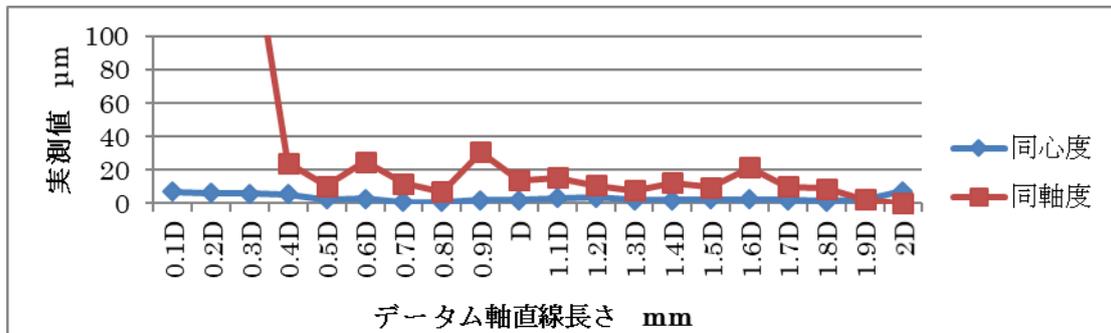


図9 鋼棒（下段）の測定結果

教訓

- 同軸度の測定には、測定物の径とその長さを確認すること。
- データム軸直線が直径の1.5倍以上とれないときは、同軸度として適切な結果が出ないことがあること。
- 直径よりデータム軸直線が短くなる場合

は同心度で評価してもよいのかを確認すること。

【参考文献】

- 1) 中村哲夫, 現場で役立つ 幾何公差の測定評価テクニック, 日刊工業新聞

第5章 あなたは おしろい派？それとも・・・

非接触CMMにおける測定設定の影響

(地独) 鳥取県産業技術センター 新見浩司

1. はじめに

非接触CMMは従来の接触式CMMと比較し、短時間で多くの測定点のデータを取得することが可能であることから、製品の俯瞰的な形状評価やリバースエンジニアリングへの利用など、ものづくり現場の中で急速に普及してきました。

しかし光沢面や白色、黒色、自然色の表面をもつ対象物については、正反射によるハレーションや吸光、透過が起こることがあり、装置の標準測定(装置の初期設定による測定)ではデータ取得が困難となります。

この対処法として主に2つの手法が用いられています。1つは白色パウダー状のスプレーを塗布する方法で、塗膜形状がそのまま測定データとなってしまうという課題はあるものの、安定したデータ取得を行うことができます。また塗膜の影響は当センターの研究¹⁾で定量的に把握しており、補正を行うことも可能です。もう1つは装置の測定設定の変更です。当センターで保有している非接触CMM COMET5 11Mにはデータ取得時のスリット光縞境界の読み取り品質を調整するFringe Quality (以下FQ) という設定項目があります。このFQの値を初期設定である最大値10から最小値0まで下げていくと、データ品質は低下しますがデータ取得率を高めることが可能です。スプレー塗布を行いたく

ない対象物には有効な手段ですが、FQ値の変更による測定精度の変化については確認ができていませんでした。

そこで今回はFQ値の測定精度への影響を確認しました。また、FQ値を変更した場合と、スプレー塗布の場合のデータを比較し、標準測定が困難なワークへの対処法としてどちらが有効であるのかというテーマについて検証を行いました。

2. 実験方法

2.1 測定ワーク

検証には、標準測定(以後FQ値=10の測定を指す)でもデータ取得が可能な0級のセラミックブロックゲージ(公称値5mm, 10mm, 15mm, 20mm)を、オプチカルフラット上に階段状に並べてリングングした測定ワークを使用しました。測定ワークの外観を図1に示します。5mmのゲージ面を基準とした各ゲージ面の段差(垂直距離)を評価項目としました。

まず、図2に示す接触式CMMを用いて測定を行い、各段差の値を確認しました。5mmゲージ面上の5点(図3に示すポイント①～⑤)を測定し基準面を作成し、他のゲージについてもポイント①～⑤を測定して、基準面からの垂直距離を求めました。測定結果を表1に示します。



図1 測定ワーク



図2 接触式CMM

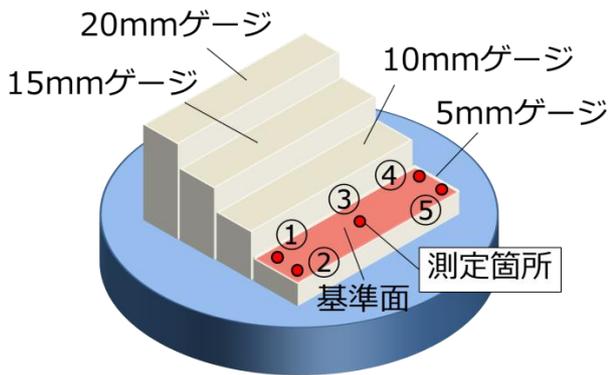


図3 接触式CMMによるワーク測定点

表1 段差測定結果 単位[mm]

| 測定点 | ゲージ段差 | | |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 5 mm ↓ 10 mm | 5 mm ↓ 15 mm | 5 mm ↓ 20 mm |
| ポイント① | 5.0006 | 10.0005 | 14.9999 |
| ポイント② | 5.0005 | 10.0006 | 14.9998 |
| ポイント③ | 5.0004 | 10.0004 | 15.0000 |
| ポイント④ | 5.0002 | 10.0002 | 15.0000 |
| ポイント⑤ | 5.0002 | 10.0004 | 15.0000 |
| 平均 | 5.0004 | 10.0004 | 14.9999 |

各段差はどのポイントにおいても公称値±1 μm 以下であり、大きな偏りもないことが確認できました。

2. 2 評価方法

まず、標準測定 of データを取得し、これを基準として、測定設定の変更とスプレー塗布を行った場合の測定値の差異を検証しました。

検証には非接触CMM (COMET5 11M) を用いました。点群データを取得し、評価ソフトウェア GOM Inspect (V8 SR1) によりカラーマップ表示 (表示範囲±0.02 mm, カラー分割数 10) を行うことにより、ブロックゲージの段差と面性状を比較しました。測定機の仕様を表 2 に示します。

段差の計算は 5 mm ゲージ面の点群データを用いて基準面 (2σ設定) を作成し、各ゲージ面について、接触式 CMM の段差測定箇所付近の任意の 5 点と基準面との垂直距離を計算しました。非接触 CMM による各段差と接触式 CMM による段差との差を段差偏差としました。

表2 測定仕様

| | |
|----------|----------------------|
| 測定機器 | COMET5 11M |
| レンズ仕様 | C150 (155×105×70 mm) |
| 点間平均距離 | 0.038 mm |
| ワンショット精度 | ±0.008 mm |
| 測定温度 | 22 °C |
| 測定ショット数 | 1 |



図4 ポジションA

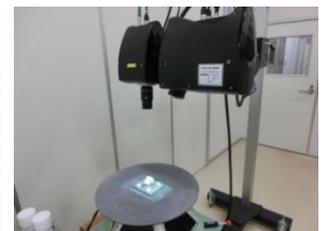


図5 ポジションB

2. 2. 1 標準測定における精度確認

測定設定の影響を検証するにあたって標準測定における繰り返し精度を確認するため、カメラを測定面の法線方向に向けたポジションA (図 4) にて測定を 3 回繰り返し行いました。

また、この 3 回のうちの 1 回目の測定データをすべてのカラーマップの基準データとし

ました。(以下、基準データ)

2. 2. 2 測定設定の影響検証

次にデータ品質に差異が生じるように、測定姿勢を、標準設定では測定が困難となるポジション B (測定面とカメラの向きのなす角が約 30 °)(図 5)に変更後、FQ を初期の最大値 10 から中央値 5、最小値 0 へ変化させ測定を実施しました。

2. 2. 3 スプレー塗布の影響検証

ポジション A にてスプレー塗布を 2, 4, 6, 8 回と変化させながら標準測定を行いました。このとき基準面とした 5 mm のブロックゲージ表面は、スプレー後に洗浄してから測定を行いました。

スプレー塗布は当センターでの研究成果より、ワーク塗装面から 300 mm 離れた状態で、一定速度にて実施しました。

3. 実験結果

3. 1 標準測定における精度確認

段差偏差の標準測定 3 回の結果を表 3 に示します。1 回目の測定に対する 2 回目の測定の差を、図 6 にカラーマップ表示しました。

測定 3 回分の段差偏差の測定バラつきは 5 mm 段差の結果が最も大きく、4 μm 程度となっていることを確認できました。

表 3 標準測定による段差偏差 単位[mm]

| 測定回数 | 5 mm 段差 | 10 mm 段差 | 15 mm 段差 |
|------|---------|----------|----------|
| 1 回目 | 0.000 | -0.003 | -0.005 |
| 2 回目 | 0.003 | -0.002 | -0.004 |
| 3 回目 | 0.004 | -0.005 | -0.003 |

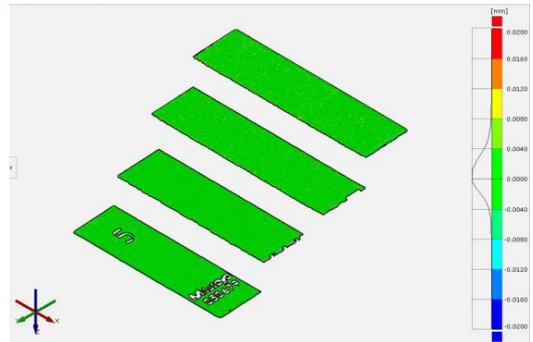


図 6 1 回目に対する 2 回目の偏差カラーマップ

3. 2 測定設定の影響検証

FQ の設定値を変えながらポジション B で測定を行ったときの段差偏差の測定結果を表 4 に示します。また基準データ(前項 1 回目)と FQ 設定値 0 の測定データとの比較カラーマップを図 7 に示します。

表 4 測定設定変更による段差偏差 単位[mm]

| 測定設定 (FQ) | 5 mm 段差 | 10 mm 段差 | 15 mm 段差 |
|-----------|---------|----------|----------|
| 10 | 測定不可 | | |
| 5 | 0.001 | -0.003 | -0.004 |
| 0 | -0.001 | -0.003 | -0.005 |

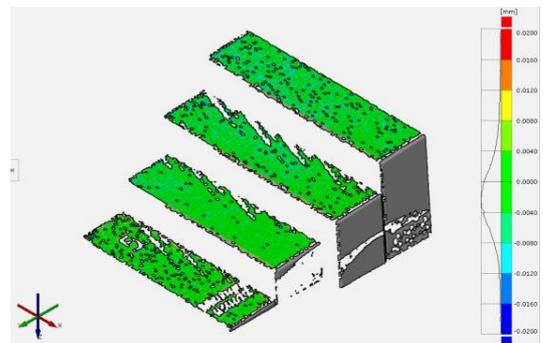


図 7 FQ 設定値 0 のカラーマップ(ポジション B)

FQ が 10 の設定では評価面のデータを取得することができませんでしたが、5 と 0 の設定については、やや欠落はあるものの測定を行うことができました。標準測定と同程度の段差偏差が得られました。また、標準測定における測定バラつきとも同程度でした。

3.3 スプレー塗布の影響検証

測定ワークへのスプレー塗布を行った際の段差偏差を表5に示します。またスプレー未使用で測定した基準データと、スプレー塗布回数2回、8回のデータを比較したカラーマップをそれぞれ図8、図9に示します。

表5 スプレー噴霧による段差偏差 単位[mm]

| スプレー回数 | 5 mm 段差 | 10 mm 段差 | 15 mm 段差 |
|--------|---------|----------|----------|
| 2回 | 0.008 | 0.006 | 0.007 |
| 4回 | 0.012 | 0.012 | 0.013 |
| 6回 | 0.019 | 0.018 | 0.018 |
| 8回 | 0.019 | 0.020 | 0.020 |

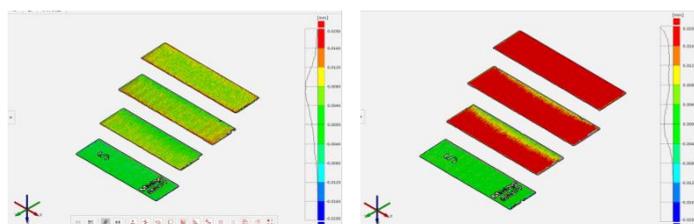


図8 スプレー回数2回

図9 スプレー回数8回

通常のスプレー塗布回数である2~4回においては、段差偏差は10 μm程度の増加という結果となりました。

スプレー回数を増していくと段差偏差が大きくなっていき、6~8回塗布した場合は20 μm程度段差の増加がみられました。また段差の付け根についてはスプレーが乗りづらくなる傾向がみられました。

4. 考察

FQの値を最少にし、標準測定が困難な条件で段差を測定した結果、標準測定に近いデータが取得できることがわかりました。但し、鏡面に近いワークについては直交する別の面からの反射光の影響を受け、誤データとなることがあるので、その点は注意が必要です。

スプレーの影響については通常塗布回数の範囲においてはおよそ10 μm、厚塗り時には20 μm程度の塗膜による段差偏差の増加が見られました。スプレーを噴霧する場合はこれらの影響をあらかじめ見込んでおくことが必要となります。

今回の結果をみると、スプレー塗布よりも測定設定変更のほうが有効に見られますが、実際に使用する測定機の精度に応じてどちらが妥当であるかについては随時検証が必要だと考えられます。

教訓

今回の検証から、標準測定が困難なワークへの対処法である測定設定FQの変更とスプレー塗布の影響を比較したところ以下のことがわかりました。

- ・非接触CMMで光の影響で測定が困難なワークを測定する際は、高精度な測定機であれば測定設定の変更で標準測定に近いデータを得られる可能性が高いです。
但し鏡面に近い光沢をもつワークについては反射光によるノイズに注意が必要です。
- ・スプレー塗布により10~20 μm程度、膜厚の影響があります。但し、データの取得は安定するため、要求精度に応じてスプレーの塗布を検討しましょう。

参考文献

- 1) 木村勝典, 新見浩司: 「鳥取県産業技術センターにおける高精度非接触測定手法に関する研究」, Journal of Japan Society for Abrasive Technology Vol.59 No.7 2015 JUL 384-387

CMMの都市伝説 vol.4

発行者 産業技術連携推進会議 知的基盤部会 計測分科会 形状計測研究会

茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第三

国立研究開発法人産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門

幾何標準研究グループ内 形状計測研究会事務局

発行日 平成30年12月6日

本冊子「CMMの都市伝説 vol.4」の著作権は、産業技術連携推進会議 知的基盤部会 計測分科会 形状計測研究会(以下、「当研究会」とする)にあります。

- ・本冊子の全部または一部について、当研究会に無断で改変・複製・転載等を行うことを禁止します。
- ・引用等を行う場合は、冊子名および研究会名を明示してください。
- ・本冊子の全部または一部の、営利目的での使用を禁止します。

使用許諾、ご不明な点につきましては、形状計測研究会事務局 までお問い合わせください。

(執筆者の所属は、執筆当時のものです。)