異なる表面粗さを有する被測定物の 高精度三次元測定機によるスキニング測定 High precision CMM scanning measurement for the work with a different surface roughness

○学 藤岡 拓寛（九州大） 正 黒河 周平（九州大） 松川 洋二（九州大）

Takuhiro FUJIOKA, Kyushu University, Motooka 744, nishi-ku, Fukuoka
Syuhei KUROKAWA, Kyushu University
Yoji MATSUKAWA, Kyushu University

Key Words: Coordinate Measuring Machine(CMM), Scanning measurement

1. 緒言

三次元測定機（CMM : Coordinate Measuring Machine）は互いに直交する X, Y, および Z 軸を利用して多種多様な製品の自動・高速三次元座標測定を行うことができる機器であり、その用途の広さから製造業での導入が拡大している。それに伴い、幅広い測定対象に対する高精度測定の要求が高くなってきており、さらなる性能の向上が求められている。しかし三次元測定には、測定機自身や測定環境などに起因する様々な不確かさ要因が存在し、測定結果に大きな影響を与えることが考えられる。不確かさ要因の中でも、被測定物の形状誤差や表面粗さが測定対象の広範囲化により問題となる。特に、接触式プローブでのスキニング測定では、スキニングスピードなどのスキニングパラメータと被測定物の表面粗さが測定結果に大きな影響を与えている。この問題を解決するには、表面粗さとスキニングパラメータの関係性の解明が必要不可欠となる。

そこで、本研究では高精度三次元測定機を使用し、均一な表面粗さを有するいくつかの被測定物のスキニング測定を行うことで、被測定物の表面粗さとスキニングパラメータの関係を確認し、測定結果への影響を調査した。

2. 実験装置

使用した三次元測定機の外観写真と機械座標系を図 1 に示す。本研究では超高精度測定が可能な三次元測定機（Mitutoyo 社製 LEGEX776）を使用し実験を行った。使用した接触式プローブのスタイラス直径は 4 mm とした。

Fig. 1 Coordinate Measuring Machine and machine coordinate system

3. 被測定物

本研究では直径 50 mm, 長さ 250 mm の円筒形状の工作物が均一な表面粗さを有する様に旋削加工を施した。表 1

に工作物の加工条件を示す。今回はコーナ半径 0.8 mm の工具を使用し、送り量を変更することで、A, B, C の 3 種類の異なる表面粗さを有する工作物を作成した。

Table 1 Cutting condition

Workpiece	A	B	C
Corner radius [mm]	0.8	0.8	0.8
Feed [mm/rev]	0.36	0.51	1.5
Theoretical roughness [μm]	20.25	40.6	351.56

4. 表面粗さとスタイラスチップの関係

図 2 にスタイラスチップと表面粗さの関係を図示した。工作物の表面をスキニングした際にスタイラスチップ中心の包絡線は図 2 に示すような形状になる。その中心座標が描く包絡線の最大幅は式 (1) から求めることが出来る。式 (1) より、スタイラスチップ中心の挙動は、スタイラスチップ直径と旋削時の送り量に依存することが分かる。したがって、前章で示した被測定物のスキニング測定を行うことで、異なる表面粗さがスキニング測定結果にどのような影響を与えるか調査することが出来る。

$$\text{包絡線最大幅} = \frac{\text{スタイラスチップ直径}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\text{スタイラスチップ直径}}{2}\right)^2 - \left(\frac{\text{送り量}}{2}\right)^2} \quad (1)$$

Fig. 2 Relationship between surface roughness and envelope curve by stylus tip scanning

5. スキニング測定

前章で示した工作物の母線の中心付近 30 mm の範囲を工作物の軸方向にスキニング測定した。サンプリング間隔は 0.01 mm としている。

5-1. 繰り返し性の確認

スキニング測定の繰り返し性について検証する。図 3 にそれぞれの工作物に対してスキニングスピードを 1.0 mm/s, 押し込み量を 0.3 mm として、測定を 10 回繰り返したデータを示す。横軸が X 軸方向、縦軸が Z 軸方向の変位

である．また表 2 にばらつきを示す．本研究では，ばらつきとして，10 個の測定データの内，1 つのデータを基準として，基準からのそれぞれデータの差分の平均値を取っている．図 3 に着目すると，包絡線の最大幅に対する相対的なばらつきが見られた．また，表 2 に着目すると，それぞれの工作物において差分によるばらつきの値はすべて近いオーダーを示しており，被測定物の表面粗さの大きさに起因する，ばらつきの大きさの違いは見られなかった．

(a) Workpiece A

(b) Workpiece B

(c) Workpiece C

Fig. 3 Repeatability of scanning measurement

Table 2 Dispersion of scanning measurement

Workpiece	A	B	C
Dispersion [μm]	1.78	0.73	0.76

5-2. スキャニングスピードの変更

スキャニングパラメータを変更し，測定結果に表れる影響を調査した．図 4 にそれぞれの工作物に対してスキャニングスピードを 1.0 mm/s, 3.0 mm/s, 7.0 mm/s, 10.0 mm/s と変化させて測定したデータを示す．横軸が X 軸方向，縦軸が Z 軸方向の変位である．この時，押し込み量は 0.3 mm としている．(a)に着目すると，繰り返し性の検証時と同様なばらつきがみられた．次に，(b)に着目すると，スキャニングスピードを増加させることで，表面粗さの山の部分を測定する際に，Z 軸方向への変位が増加していることが分かった．最後に，(c)に着目すると，(a)と同様なばらつきに大きな変化が見られなかった．

以上の結果から，工作物 B に関しては，スキャニングスピードの変化が測定結果に影響を与えていることが確認できる．その原因について考察するために，Y 軸方向の変位について着目した．図 5 に工作物 B を測定する際のスキャニングスピードの変更に対する Z 軸方向および，Y 軸方向の変位を示す．図 5 に着目すると，スキャニングスピードが遅い時には Y 軸方向に周期的な変位が発生し，速くなると変位が減少することが分かる．これは，スキャニングスピードが遅い時は，表面粗さの影響でスタイラスチップが Y 軸方向に変位していることが考えられる．一方，スキャ

ニングスピードが増加することで，表面粗さの谷の部分を十分に捉えることが出来ておらず，さらに山の部分でスタイラスチップが跳ねていることが考察される．

(a) Workpiece A

(b) Workpiece B

(c) Workpiece C

Fig. 4 Change of scanning speed

(a) Scanning speed 1.0 mm/s (b) Scanning speed 10.0 mm/s

Fig. 5 Displacement of y-axis and z-axis for Workpiece B

6. 結言

今回は，測定物表面粗さとスキャニングパラメータの関係性を調べ，測定結果への影響を調査した．その結果，得られた知見を以下に示す．

- 1) 表面粗さの大きさに起因する，スキャニング測定の繰り返し性の違いは見られなかった．
- 2) 工作物 B に関しては，スキャニングスピードを増加させることで，表面粗さの山の部分で Z 軸方向への変位が増加した．
- 3) スキャニングスピードが遅い場合には Y 軸方向への周期的な変位が見られ，速くなると減少した．

以上より，表面粗さのスキャニング測定への影響を検証し，スキャニング測定の高精度化への可能性が示された．

文 献

- 1) 大澤尊光，高辻利之，佐藤理，ものづくり産業を支える高精度三次元形状測定，Synthesiology, vol.2 No.2, (Jun.2009), pp.101-112