

複数測定戦略による三次元測定機の測定信頼性向上に関する研究

加工技術課 吉田 勉、森本英樹

1. 緒言

三次元測定機を用いて、高精度な寸法・形状測定を行う際、その測定不確かさ（ID 測定誤差）を把握することは重要なことである。しかしながら、その不確かさを正確に算出することは困難を極める。本研究では、測定不確かさが実験的に算出できる方法として ISO 規格で検討*¹⁾ されている、複数測定戦略方法による不確かさ算出について検討を行っている*²⁾。

本年度は、歯車の歯型形状測定について検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験方法

測定に用いた歯車は、JIS B 1702-1 規格で N5 等級（旧 JIS 1 等級）に規定されている、モジュール（M4）歯数（Z）15 の精密平歯車（小原歯車工業㈱製 型式 MSGB4-15）であり、歯型形状は、転位係数 0 の並歯となっている。歯車の歯が 15 あるうちの 4 歯について、歯形の測定を行った。

歯車中心軸が三次元測定機の X、-X、Y、Z の各機械座標軸に平行となるよう姿勢を変えながら歯車を測定機に設置した。

図 1 に、歯車の歯形測定の概略図を示す。図に示すように、歯厚中心線を中心に歯車中心軸方向に 0.75mm 間隔で測定箇所を変え、計 5 箇所について、サンプリング間隔 0.1mm でタッチプローブのスタイラス先端球を歯型表面に接触させ、歯型形状の測定を行った。

歯車の測定にあたっては、姿勢を変えることができるようクランプ用治具を作成した。この治具を用い、実験では、歯車中心軸の三次元測定機機械座標軸に対する傾きが 0.1mm/100mm 以内となるようアライメント調整を行い、歯車を設置した。また、測定速度（1 mm/sec）・測定方向が一定となるよう、パートプログラムを作成し、自動測定で測定を行った。

また、その他測定環境、三次元測定機及びタッチセンサなどの詳細については、下記に示すとおりである。

（測定条件）

- ・精密測定室
温度 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 湿度 $50 \pm 10\%$
- ・三次元測定機
(株)ミットヨ HYPER KN807
空間測定精度 $U3=2.0+2.0L/1000 \leq 3.0 \mu\text{m}$ 以下
- ・タッチプローブ
(株)レニショー TP200
- ・ボールスタイラス 先端直径 2 mm 長さ 22 mm

測定された歯型形状データは、基準円を中心に $\pm 0.8 \text{ M}$ の範囲で最適なフィティングを行い、歯型形状誤差の算出を行った。

このようにして得られた歯形形状誤差を、分散分析することにより、測定不確かさ（U）を実験的に算出した。

分散分析では、繰返しによる不確かさ（U_{rep}）、測定姿勢の相異による不確かさ（U_{geo}）を各々算出し、

U_{rep} と U_{geo} を合成し、包括係数 k（k = 2）を掛けることにより、測定不確かさ（U）を求めた。

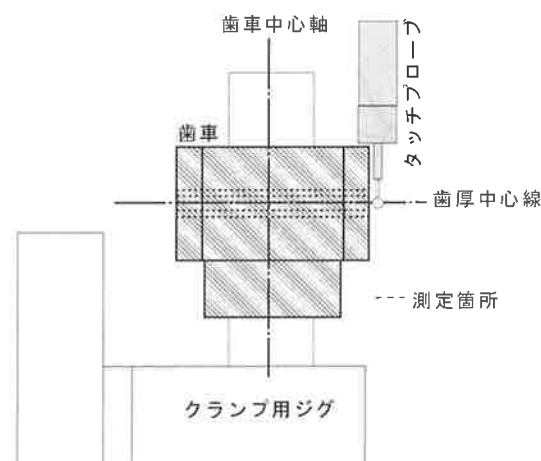


図 1 歯車測定概略図

3. 実験結果

複数測定戦略により、実験的に算出された測定不確かさ評価結果を表 1 に示す。

また、測定不確かさ算出結果を検証する目的で、歯形形状を歯車測定機で測定を行った。その結果も合わせて表 1 に記す。なお、歯車測定機には、大阪精密機械㈱製 型式 CLP 35 を用いた。

表2 複数測定戦略による測定不確かさ算出結果

歯No	測定項目	三次元測定機による測定			歯車測定機による測定結果(μm)
		校正值(μm)	U2(μm)	U6(μm)	
1	左歯型誤差	3.850	0.663	0.300	2.700
1	右歯型誤差	3.500	1.363	0.645	1.400
5	左歯型誤差	3.850	1.363	0.526	3.000
5	右歯型誤差	3.850	0.812	0.387	1.300
9	左歯型誤差	3.900	0.990	0.469	2.700
9	右歯型誤差	3.950	1.139	0.516	1.700
13	左歯型誤差	3.600	1.343	0.635	2.600
13	右歯型誤差	4.000	0.712	0.327	1.700

表中の校正值は、全測定結果の平均値を示しており、U2、U6は、それぞれ、1つの測定値に対して算出された測定不確かさ、校正值に対して算出された測定不確かさを示している。

表から、歯車測定機による測定結果に対する三次元測定機による校正值の偏差が、測定不確かさ(U6)を一様に超えており、算出された測定不確かさ(U6)は、明らかに過小評価となっていることがわかる。したがって、複数測定戦略によって求めた測定不確かさは、信頼性に乏しい結果となっている。

このことから、三次元測定機でN5等級の歯車の歯型形状を測定した場合、複数測定戦略で規定されている分散分析では抽出できない、一定のバイアス誤差が測定結果に加わって検出されていると推察される。

4. 結言

複数測定戦略手法により、N5等級の平歯車(M4 Z15)の歯形測定を三次元測定機を用いて測定を行

い、測定不確かさについて検討を行ったところ、複数測定戦略により算出された不確かさは、過小評価であり、信頼性に乏しいことが確認された。このことから、複数測定戦略に規定の分散分析では抽出できない、バイアス誤差が測定結果に加わり、測定値として検出されていると推察された。

「参考文献」

- (1)「ISO15530 持ち回り測定報告」, 平成19年度知的基盤部会計測分科会会議資料
- (2)「三次元測定機における測定信頼性向上に関する研究」, 中橋秀記ほか, 平成19年度若い研究者を育てる会研究論文集

終わりに、本研究推進にあたって、歯車測定機による測定評価を実施するなどのご協力をいただいた、大阪精密株式会社の関係者の方々に対する感謝の意をここに記す。

A Study on the Uncertainty by Multiple Measurements for the Purpose of the Improvement of the Measuring Reliability with CMM(Coordinate Measuring Machine)

Tsutomu Yoshida, Hideki Morimoto

Abstract

As the causes of the uncertainty in measurement with CMM, the geometric errors of CMM and probing errors, the environment of measuring, form errors and roughness and the strategy of measuring exist. For the purpose of estimating the total uncertainty, those causes should be evaluated or calculated. But, it is too difficult to estimate it, because they affect each other complicatedly. As the evaluating method of the uncertainty in measurement with CMM, the multiple measuring strategy (ISO 15530-2,6) are to be described. In this paper, the uncertainties in measurements of the gear (class N5) with CMM were estimated by the method of multiple measurements strategy. It was found that the calculated uncertainties in measurements of the flank geometry errors by multiple measurements about the gear would be not accurate and low-estimated.