

レーザー干渉計の不確かさ算出手法の開発

○徳田 祐樹^{*1)}、中西 正一^{*1)}

1. はじめに

近年、光学機器の高性能化を背景に、機器に使用される平面レンズ及び球面レンズ、非球面レンズにおいて高精度な加工技術が求められている。一方で、加工技術の向上のためには、計測技術の確立も同様に必要であり、ナノメートルオーダーの垂直分解能を有するレーザー干渉計が活用されている。しかし、三次元座標測定機（CMM）を代表とした他の一般的な形状測定機では、不確かさ付きの算出による検証が成されているのに対し、レーザー干渉計では、原器の加工精度や段差ゲージの実測による検証に留まっている。これは、レーザー干渉計においては、不確かさの算出手法が確立されておらず、測定時にどの程度の測定誤差が生じ得るのかを把握できていないことが原因である。本研究では、レーザー干渉計の不確かさ算出手法を開発することによって、測定の信頼性向上及び高度化を図る。

2. 不確かさ要因と算出方法

不確かさの算出には、実測値の標準偏差を使用するタイプ A と、理論的に算出した標準偏差を使用するタイプ B の 2 種類が存在する。タイプ A では、表 1 に示す 20 種類の曲率半径の球面ゲージを、3 種類の F ナンバーの原器を使用して 36 回の繰り返し測定を行い、発生する測定値のバラツキを標準偏差として算出する。タイプ B では、レーザー干渉計の測定機構の中で起こり得る不確かさの要因として①レーザー光源の波長の変動、②位相シフトの空間的不均一による収差、③ピエゾ素子の非線形性、④測定対象物の初期設定ずれ、⑤基準原器の干渉計への設置ずれ、⑥振動による影響、⑦基準原器の真球度、を起因とした理論値を推察する。

表 1. タイプ A の測定条件

ゲージ半径 R[mm]	測定原器の F ナンバー		
	F0.75	F1.5	F3.3
0.5	F0.75	F1.5	F3.3
0.6			
0.75			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.75			
5.0			
6.0			
7.5	F1.5	F3.3	
10.0			
12.5			
15.0			
20.0			
25.0			
30.0			
37.5			
40.0			
50.0			

3. 結果・考察

タイプ A で測定した、ゲージの曲率半径と繰り返し測定時の標準偏差の関係を図 1 に示す。グラフより、曲率半径が 2.5mm 以上のゲージでは、原器の F 値によらず標準偏差が 4nm 以下であり、測定結果のバラツキが小さい傾向を示した。一方で、曲率半径が 0.75mm～2.5mm のゲージにおいては標準偏差が増加した。このことから、曲率半径の小さいゲージでは、干渉計においてリトレースエラーと呼ばれる誤差が生じているものと考えられる。タイプ B の理論的な推察結果においては、②位相シフトの空間的不均一による収差と⑦基準原器の真球度による不確かさが最も大きい結果となり、これらの現象を起因とした不確かさを低減することで、測定精度の向上が可能であると考えられる。

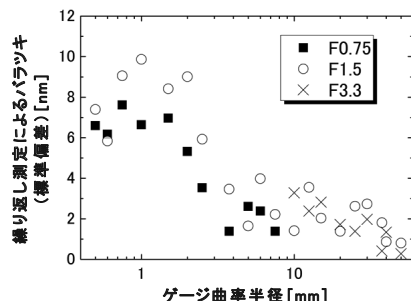


図 1. タイプ A の不確かさ

表 2. タイプ B の不確かさ

不確かさ要因	不確かさ [nm]
①レーザー光源の波長の変動	0.06
②位相シフトの空間的不均一による収差	12.90
③ピエゾ素子の非線形性	0.06
④測定対象物の初期設定ずれ	0.75
⑤基準原器の干渉計への設置ずれ	0.56
⑥振動による影響	0.00
⑦基準原器の真球度	34.55

4. 今後の展開

今後は、高精度計測技術の確立に向け、リトレースエラー算出法の開発に取り組む。

*1)高度分析開発セクター