

20 オンマシン(機上)計測装置の開発と検証

阿部 剛, 後藤浩二, 安東隆志, 有年雅敏
浜口和也, 東 義隆, 北川洋一, 松本哲也

1 目的

近年、機械部品の小型化、高精度化にともない、厳しい寸法・形状精度が要求されるようになってきている。しかし、加工時に発生する様々な要因のため、要求精度を満たさないケースがある。寸法誤差や形状偏差が大きい場合には、修正加工が必要になる。寸法が大きく、重量がある加工物では、その移動や工作機械への再度取り付けに多大な時間と労力が必要となる。このため、金型、精密機械加工業界では、加工物を取り外すことなく形状・寸法精度を高精度で測定できる機上計測技術に対するニーズが増大している。

本研究では、精密加工の高速・高能率化を目標に、ラインレーザ変位計を使用した機上計測装置の開発を行った。本報では、開発した機上計測装置の基本性能と精度の検証結果について報告する。

2 機上計測装置

2.1 計測システム

本計測装置の構成を図 1 に示す。試作した治具でラインレーザ変位計が NC 工作機械主軸に取り付けられている。ラインレーザ変位計で測定されたデータはコントローラーとデータロガーを介して距離データ群として出力され、PC に保存される。保存された距離データ群はプログラム処理により加工面の 3 次元点群データに変換される。得られた 3 次元の点群データは、座標変換プログラムにより、CAD データと座標系が一致するように変換し、CAD データと比較演算を行うことで、測定誤差を算出する。

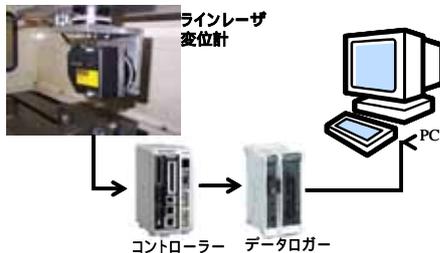


図 1 機上計測装置のシステム構成

2.2 機上計測装置センサ部

機上計測装置センサ部の外観を図 2 に示す。センサ部には三角測量法の原理を使用したキーエンス製の高精度ラインレーザ変位計 LJ-G030 を使用している。ラインレーザ変位計の設置部分は垂直方向と水平方向に回転

する機構を備え、これにより急な斜面や垂直な段差の測定を可能にしている。機上計測装置は、治具に取り付けられた磁石で NC 工作機械主軸部に固定する。

ラインレーザ変位計は、約 44,000 点/秒で、データ取り込み可能で、あらかじめ準備した NC プログラムによって、NC 工作機械を自動運転させながら測定を行う。これにより加工物に対して非接触スキャン測定(微い測定)が可能になる。

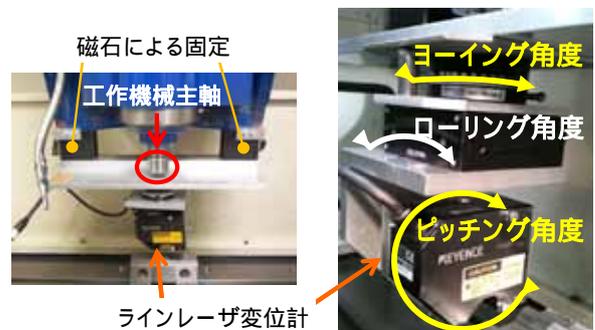


図 2 機上計測装置センサ部の外観

2.3 データ処理の流れ

測定時におけるレーザ変位計の座標系を図 3 に示す。最初に得られる距離データ群は、計算処理により YL と ZL の 2 次元断面データに変換される。これに、NC 工作機械のテーブル送り速度とレーザ変位計のデータ取得時間から算出されるレーザ変位系の位置情報 X_m 、 Y_m 、 Z_m を付加して、3 次元の点群データが算出される。

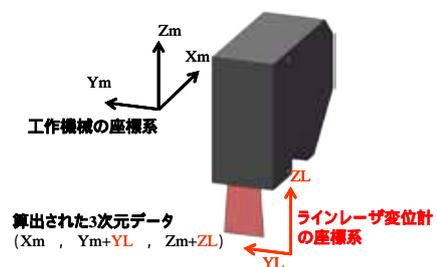


図 3 測定時におけるレーザ変位計の座標系

3 測定実験と精度検証

本研究では、高速切削加工機(東芝機械 ASV-400)を加工実験と機上計測実験に、三次元測定機(カールツァイス PRISMO5 SA)を実験結果の精度検証のため

に使用した。20mmの精密ゲージを三次元測定機で測定したデータとの比較を行った。三次元測定機により精密ゲージを測定した結果、真円度は1mm以下であった。このため、簡易比較には3次元CADで作成したデータを使用した。図4に実験の様子と図5に測定結果を示す。

図5に示すように、測定誤差は、6.75mm (RMS)であった。測定データの波形を見ると誤差の成分は短波長であり、測定データのノイズ成分を小さくするためにはローパスフィルタが必要であることが分かった。そこで、すでに実用されている表面粗さの規格から、位相補償フィルタを用いてノイズ成分の低減を試みた。

4 位相補償フィルタと精度検証

位相補償フィルタ¹⁾とは入力されたデータを長波長成分と短波長成分とに分離するフィルタであり、フィルタリングによって位相遅れ発生しないものである。位相補償フィルタによって振幅が50%に減衰する正弦波信号の波長をカットオフ値といい、位相補償フィルタの特性はカットオフ値によって決定される。位相補償フィルタの重み関数は、正規(ガウス)分布の式に一致し^{co}のカットオフ値を持つ重み関数 $s(x)$ は以下で表現できる。

$$s(x) = \frac{1}{al_{co}} e^{-\rho \left(\frac{x}{al_{co}}\right)^2} \quad (1)$$

x : 重み関数の中央からの位置

co : 輪郭曲線フィルタのカットオフ値

=0.4697 (波長 co を50%減衰させるときの係数)

以上の原理に基づいた信号処理プログラムを作成してフィルタリングを行った結果を図5中に示す。

フィルタリングを行った後の測定誤差は4.78mmとなり、短波長のノイズ成分が除去され、一定の効果は確認できた。しかし、三次元測定機の測定結果と比較しても誤差は大きくなっている。

誤差の原因のひとつとして、円筒部の勾配が増大する部分の影響およびラインレーザ変位計のスポット幅が有限であることが考えられる²⁾。図6に模式図を示すようにラインレーザ変位計は、スポット幅 d のレーザ光を測定対象に照射し、その散乱光を受光素子で受けている。光の強さは正規分布になっており、輝度のピーク C を測定値としている。しかし、測定対象の表面性状により、レーザ光のスポット幅の端部 A または B で輝度のピークが発生する可能性がある。この時、ラインレーザ変位計は、測定値を図中 a または b と認識し、測定誤差 ϵ_1 または ϵ_2 が発生する。今後は、ラインレーザ変位計固有の誤差の発生原理をモデル化し、誤差補償を行っていく必要がある。

5 結論

(1) 測定した結果、表面性状に起因する短波長の測定誤差が確認できた。

- (2) 位相補償フィルタを用いてフィルタリングを行った結果、測定誤差を軽減させることができた。
 (3) 勾配が大きくなる部分で測定誤差が大きくなることを確認した。

本技術実用化に向けた、今後の技術課題である。

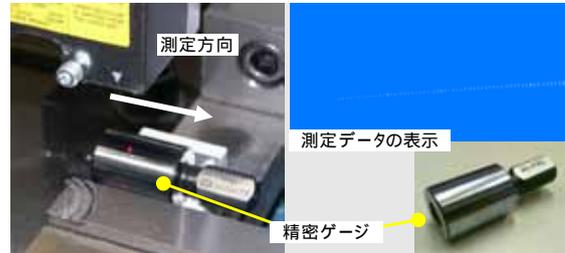


図4 測定状況

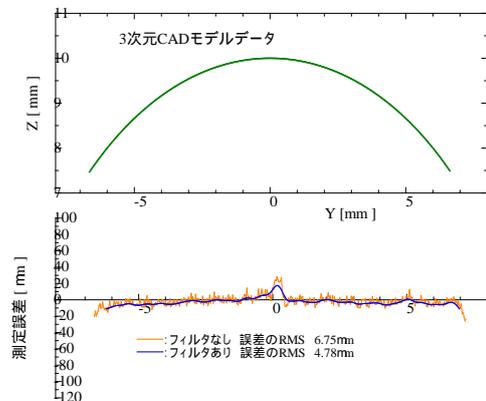


図5 精密ゲージ測定結果のフィルタリング前後の比較

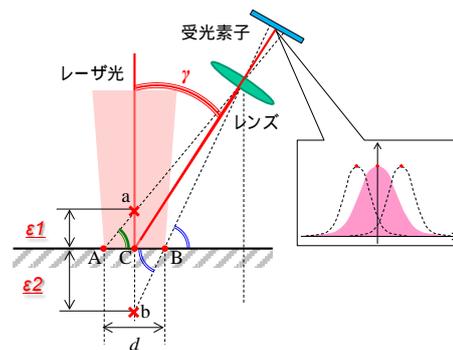


図6 スポット幅に起因する誤差要因

参考文献

- 1) JISB0632 : '01 GPS-表面性状：輪郭曲線方程式-位相補償フィルタの特性 (日本規格協会)
- 2) 中川平三郎、廣垣俊樹、梶章宏、喜田義宏、垣野義昭：自由局面のポイント計測に適したレーザスタイラスの機上操作制御、精密工学会誌、69-10、(2003)、1423-1427
(文責 阿部 剛)(校閲 福地雄介)