

レーザー変位計型形状計測機の高精度化について

1. はじめに

レーザー変位計型形状計測機は測定に長時間を要するという問題があります。しかし、構造が単純なので、レーザー変位計とXY駆動テーブルとを組み合わせ、ソフトウェアを開発することによって、装置を容易に作製できます。

ただし、起伏のある試料形状をスキャンングする際には、光軸と試料面との傾斜角度が時々刻々と変化するので、レーザー変位計の出力データに影響が出ます。そこで、この計測誤差を補正することによって、レーザー変位計型形状計測機を高精度化することを図りました。ここでは、その手法を紹介します。

2. 実験方法

幾何学的な球の形状を図1のように計測すると、試料面と光軸との多様な傾斜角度に対する高さ座標値が求まります。仮に、この傾斜角度に対するレーザー変位計の計測誤差が存在しないならば、測定形状は球面状となります。この場合、球面形状を除去すれば、形状偏差曲面は完全に平坦になります。実際には、傾斜角度に依存する計測誤差が存在するので、あたかも形状偏差が存在するかのような誤差曲面になります。ここでは、この誤差曲面を多項式により近似する目的で、誤差曲面と近似曲面との残差の2乗和を評価関数とし、評価関数を最小にするように、べき乗形式の近似多項式における係数を探索的に決定しました。係数が15個と大変多いこと、また、次数が4次と高いことから通常の最適化手法では探索が困難と判断し、PSO (Particle Swarm Optimization) を最適化手法として用いました。PSOとは鳥や魚などの食餌行動を模擬したメタヒューリスティックな手法です。

測りたい試料形状のサンプリングデータを獲得した後、次の方法で計測誤差を補正します。サンプリングデータの差分値から傾斜、を近似的に求めます。次に、球の方程式と偏微分から導出した次式に、を代入することによって、その傾斜に対応する座標値X、Yを算出します。

$$X = -R / (1 + Z^2 + Y^2)^{0.5}$$

$$Y = -R / (1 + Z^2 + X^2)^{0.5}$$

ここで、Rは校正で用いたマスター球の半径を表します。そして、近似多項式に上式のX、Yを代入し補正值を求めます。後は、サンプリングデータから補正值を減算するだけです。

3. 実験結果

直径1インチの鋼球において10mm角の領域を拡散反射方式のレーザー変位計型形状計測機で計測しました。次に、鋼球の場所を変えて8箇所測定し、計測データから球面形状を除去した上で、平均した結果を図2に示します。同図においては、カルデラ状のうねりが鮮明です。これを多項式で近似するには、4次程度の次数で十分と判断し、PSOを用いて近似多項式を求めました。この多項式による近似曲面を図3に示します。図2を補正前のデータとし、2章の方法で補正した結果を図4に示します。同図では、カルデラ状のうねりが除去され、ランダムな凹凸のみが見受けられます。ちなみに、補正前は $\sigma = 3 \mu\text{m}$ であり、補正後は $\sigma = 1.4 \mu\text{m}$ に高精度化されました。今後、本手法を指導・相談等で活用する予定です。

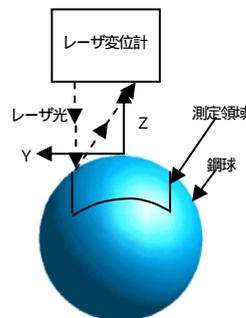


図1 計測の様子

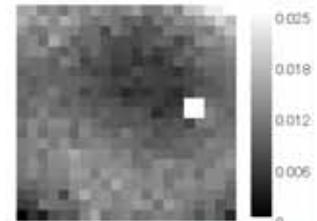


図2 計測誤差

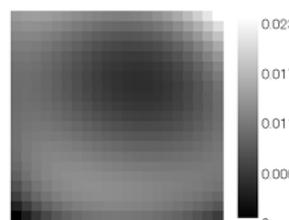


図3 近似曲面

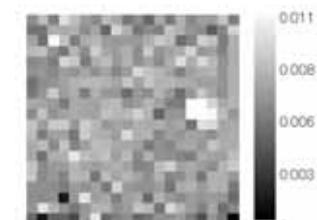


図4 補正後



工業技術部 機械電子室 伊藤 俊治 (0566-24-1841)

研究テーマ：生物模擬手法を用いた形状計測

担当分野：精密測定、粗さ測定、形状測定