

交差格子スケールのセルフキャリブレーションに関する研究

A Self-Calibration Method for the Cross Grid Encoder

○学 後藤 渉(京都大) 正 茨木 創一(京都大) 正 松原 厚(京都大)

Wataru GOTO¹, Soichi IBARAKI¹, Atsushi MATSUBARA¹

¹Kyoto University, Yoshidahonmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501

Key Words: Self-Calibration, Cross Grid encoder, Positioning error

1. 緒言

光学部品などの精密金型や電子部品の加工に対する需要の増加を背景として、高精密工作機械、超精密工作機械と呼ばれる NC 工作機械が近年市場に多く投入されている。従来、汎用の工作機械に対し、真直度や直角度といった 2 次元平面上での運動精度を測定するためには、直定規や直角定規といった物理的な基準に対し、変位センサなどを用いて機械の運動精度を測定するのが一般的であった。しかし、高精密工作機械、超精密工作機械に要求される精度に対しては、それ以上の形状精度が保証されている基準(及び測定機器)を準備するのは容易ではなく、このような機械の 2 次元運動精度を検定する手法は確立されていないのが現状である。

交差格子スケール(以下 KGM と略す)は、干渉型のリニアスケールを格子状に組み合わせた構造を持つプレートを用いることで、機械の 2 次元平面上で運動精度を測定することができる光学測定器である。物理的な基準を用いる場合と比べ、高い測定精度を得ることは容易であり、また任意形状の軌跡に対する輪郭誤差を測定できるという強力な長所がある。しかし、KGM においても、格子の配置誤差などに起因する測定誤差が存在し、その大きさは高精密工作機械の運動精度と比較して、決して無視できない可能性がある。本研究では、KGM を用いて特に高精密工作機械の運動精度の検定を行うことを目的とし、KGM の測定精度のセルフキャリブレーション法を提案する。

2. KGM のセルフキャリブレーション法

KGM プレートの格子の配置誤差は、例えば顕微鏡などで直接測定することは不可能ではない。しかし、より簡便に KGM の測定誤差(及び測定対象の機械の運動誤差)を検定するために、測定対象の機械上で、以下の計測を行い、得られた誤差軌跡を比較することでセルフキャリブレーション(自己校正)を行う。

- i) 機械を X 方向, Y 方向に駆動させた時の誤差軌跡を KGM で測定する。このセットアップを View0(基本)と呼ぶ。
- ii) KGM プレートを i) に対し 90 度回転させて設置し、i) と同一の軌跡を機械に与えて測定を行う。このセットアップを View1(回転)と呼ぶ。
- iii) KGM プレートを i) に対し Y 軸の正方向に 5mm 平行移動させて設置し、i) と同一の軌跡を機械に与えて測定を行う。このセットアップを View2(平行移動)と呼ぶ。

ここで、機械の運動及び位置決め誤差の繰り返し再現性は、運動及び位置決め誤差自体、及び KGM の測定誤差に対して十分小さいと仮定する。KGM の測定誤差が存在しなければ、3 つの測定結果は一致する筈である。セルフキャリブレーションの目的は、3 つの測定結果の差を利用して、KGM の測

定誤差、及び機械の運動精度を分離することである。本研究では、文献⁽¹⁾で提案されたアルゴリズムを修正して用いた。

3. 検証実験

提案したキャリブレーション法を用いて、機械を一方方向に動かし、二次元平面上での位置決め誤差及び KGM の測定誤差をキャリブレーションする実験を行った。実験にはリニアモータ駆動で転がり案内の送り系を持つ高精密 NC 工作機械を用いた。

本実験では $Y = 0$ の線に沿って $X = -40, -35, \dots, 40$ で機械を停止させながら動かし、次に $X = 0$ の線に沿って $Y = -40, -35, \dots, 40$ で機械を停止させながら動かししたパスを使用した。

計測したデータから Y 軸方向に沿った指令位置を基準とした XY 平面上での機械の位置決め誤差と、KGM の測定誤差をキャリブレーションした結果を図 1 に示す。図 1(a)は View0(基本)での KGM の測定結果で、指令値からの XY 平面上での誤差が 5000 倍に拡大してプロットされている。図 1(b)、図 1(c)では View0~2 の測定結果から上記のアルゴリズムを用いてそれぞれ機械の位置決め誤差、KGM の測定誤差をキャリブレーションした結果を示す。

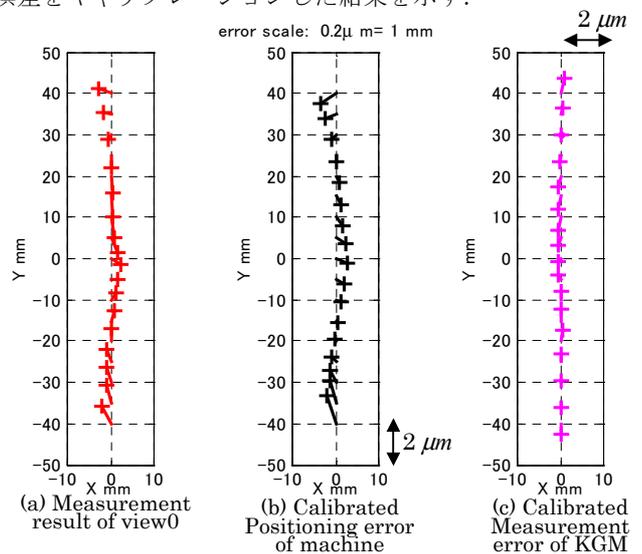


Fig.1 Result of calibration

今後、このキャリブレーション結果が正しいかどうかを検証する必要がある。

参考文献

- (1) Ye, J. Takac, M. Berglund, C.N. Owen, G. Pease, R.F. An exact algorithm for self-calibration of two-dimensional precision metrology stages, *Precision Engineering*, 20-1(1997), 16-32.