

異常値を低減した光触針式変位センサの実用化—成果報告

1 はじめに

光触針式変位センサで表面性状を測定する場合は、表面の性状の違いにより変位信号の測定感度が異なるため、変位信号から変位への変換が困難である。しかしながら我々が提案している異常値低減方式¹⁾では、0点のみは表面性状によって変化しない。従って0点検出方式が採用できる。0点は測定面が対物レンズの焦点位置であるので、対物レンズをオートフォーカスさせることによって求めることができる。これまでオートフォーカスアクチュエータには、一般的に piezo 圧電効果を応用した位置決め素子の PZT を使用されてきた。しかしながら PZT は凹凸の小さな輪郭測定（プロファイル測定）には対応できるが、凹凸の大きな形状測定を行うためには駆動ストロークが不十分となる。また価格も試作センサ本体部の2倍以上となり、実用化をするときの大きな障害となることが予想される。本研究では PZT に代わる長ストロークで低価格なオートフォーカス用アクチュエータを開発し、それを用いた光触針式変位センサを製作する。

2 新しいオートフォーカスアクチュエータの特徴

新しいオートフォーカスアクチュエータに求められる性能は、

- ① 対物レンズの垂直移動時の真直度の高精度化
- ② 駆動ストローク $\pm 0.5\text{mm}$
- ③ PZT より高い共振周波数、20Hz 以上
- ④ 小型で低価格

である。これを満足するものとして考案したのが、両端単純支持の板ばねと駆動に永久磁石とコイルを用いた VCM (ボイスコイルモータ) を使用したアクチュエータである²⁾。VCM はコイル、永久磁石および磁路であるヨークから構成され、フレミングの左手の法則により駆動される。この構造であれば、片持ちばねと異なり対物レンズを垂直方向に、長いストロークを移動させることができ、また必要とする部品構成を考えると小形でコストを大幅に下げることが可能である。図 1 に VCM 式アクチュエータの構想図を図 2 に製作したアクチュエータの外観を示す。このアクチュエータの特徴は、上下移動のときに横揺れを起こすことが考えられるので、板ばね二枚を重ね合わせて両端を固定したものを一対として、それを 2 組使い、一方を上部にもう一方を下部に固定している。

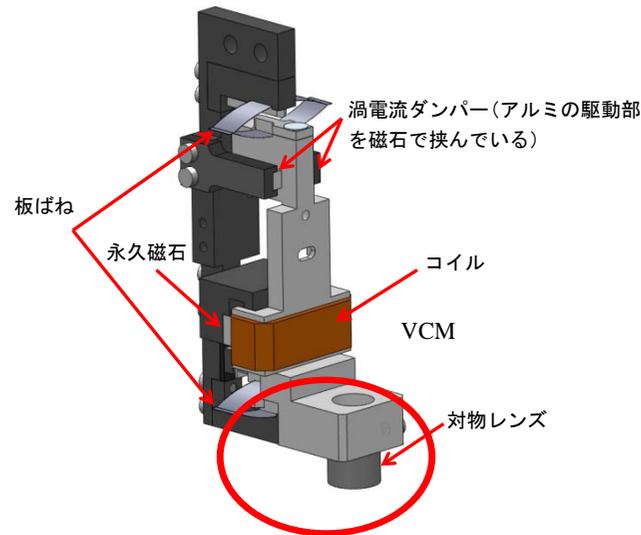


図 1 VCM 式アクチュエータの構想図

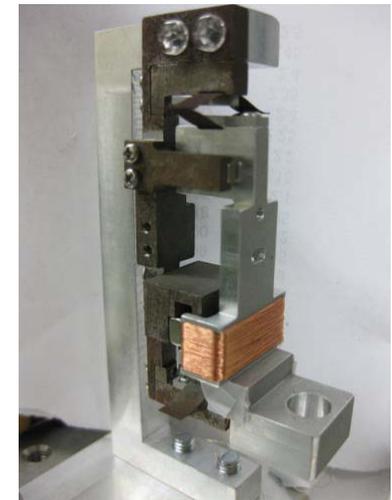


図 2 製作したアクチュエータの外観

3 アクチュエータの性能

ばねのストロークはPZTの5倍の1mm(±0.5mm)が得られ、寸法は95mm×75mm×52mmまで小型化ができた。アクチュエータの真直度測定および周波数特性は、真直度が0.7mmの移動距離に対して板ばねに直交する方向で0.3μm、水平な方向で0.7μmとなり輪郭形状測定に十分適用できる値であった。共振周波数はPZTの1.4倍の21Hzが得られた。価格は部品構成を考えると、PZTの1/5から1/10になると予想される。

4 測定システムと測定結果

今回製作したアクチュエータと製作が完了しているセンサ本体部を一体化した。また対物レンズのオートフォーカス制御はPID制御を用いるが、今回はPID係数の変更が容易なデジタルPID制御を採用し、制御演算にはマイクロチップ社製PICのdsPIC-30F3013を使用した。センサに使用する対物レンズは、重量との精度のバランスを考慮してNA(開口数)0.53(0.5g)、作動距離1mmを採用した。また光源は波長658nmの半導体レーザを使用した。図3に測定面をステップ状に4μm変化させたときの、VCMアクチュエータのステップ応答を示す。出力は入力に追従しオートフォーカス制御が働いていることが分かる。図4に輪郭測定システムを示す。この測定システムを用いて、研削加工面を測定したときの輪郭曲線の結果を図5に示す。上から順に従来の光学式センサ、開発したセンサ、触針式測定機の結果である。開発したセンサの輪郭曲線のPa値は触針式結果の2倍近いが、従来式に比べるとスペックル除去効果の大きいことが分かる。

5 おわりに

スペックルノイズを低減した変位センサとVCM式オートフォーカスアクチュエータから構成される輪郭形状測定センサを製作し、輪郭測定を行った。その結果NAが0.53と低いにもかかわらずスペックルノイズを低減することができ、触針式粗さ測定機に近い輪郭曲線が得られた。

参考文献

- 1) 深津拓也, 柳 和久: 光触針式輪郭測定センサの楕円照射化による異常値補正効果, 精密工学会誌第71巻第12号(2005)1590-1594
- 2) 上村亮介, 深津拓也, 楊 明: VCMと板ばねを用いたオートフォーカスアクチュエータの開発, 精密工学会春季大会(2012)

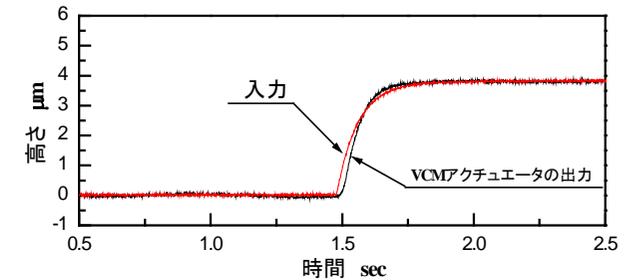


図3 ステップ応答の結果

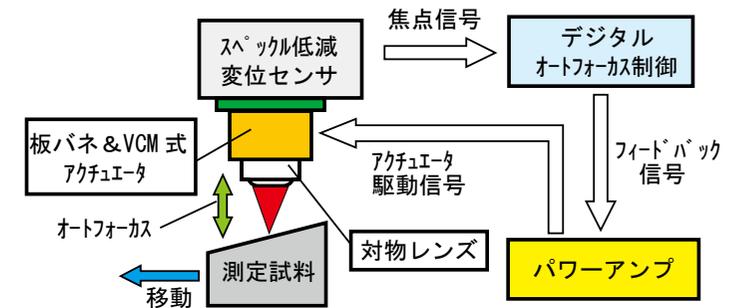


図4 測定システムの構成

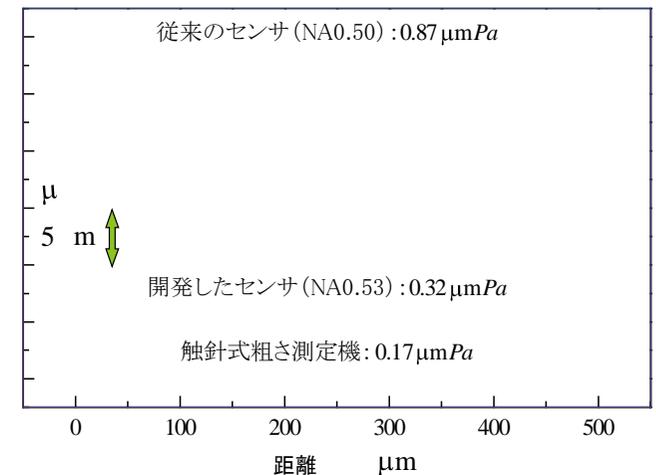


図5 研削加工面の測定結果