

最近の技術から

非球面レンズの偏心測定

坂木 泰三・森田 展弘・多田 武

(株)リコー研究開発本部 〒233 横浜市港北区新栄町 16-1

1. はじめに

最近の光学機器の高性能化、コンパクト化の強い要求により光学系も厳しい仕様が要求されてきている。このような要求に対して非球面レンズの使用が有望視され、加工、評価技術が確立されつつある。特に、コンパクトカメラの分野では、レンズ枚数の低減や、ズーム比がより大きくかつ、明るい光学系を狙いとして非球面レンズの採用が活発に進められている。レンズの非球面化を可能にしたのは、ガラスモールドなどの加工技術¹⁾、計測技術^{2,3)}の進歩によるところが大きい。ところで、非球面レンズには本文で述べるように光軸と非球面軸が定義でき、両軸がずれる(このずれを非球面レンズの偏心と定義する)と光学的性能の低下を生じる。また、高精度にレンズを組み付けるためには、レンズの姿勢を計測しながら位置決めをし、接着剤で固定する組み付け方法⁴⁾(以下これを空中接着と呼ぶ)が採用されている。特に、この組み付け方法に使われるレンズの偏心精度は厳しい。そこで、我々は簡単な構成で片面非球面レンズの偏心測定ができるシステムを開発したので概要を紹介する。

2. 測定原理

2.1 偏心の定義

非球面が球面と異なるところは非球面軸が存在するところであり、以前から非球面軸の傾きを偏心として評価する考え方が報告されている²⁾。我々も、片面非球面レンズの偏心を図1のように考えた。非球面の近軸曲率中心をP1とすれば、球面の中心P2とを結ぶ線を球面レンズと同様に光軸とすることができる。この光軸に対する非球面軸の傾き角 θ_R を偏心と定義した。

2.2 測定原理

図1に示すように非球面軸が傾いているレンズを光軸で回転させると光軸外では光軸方向の変位 δ が生じる。非球面の近軸曲率中心P1を原点とする座標系を図1

のようにとると、非球面軸が傾いていない非球面は

$$X-R = \frac{cY^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2Y^2}} + E_4Y^4 + E_6Y^6 \dots \quad (1)$$

R: 近軸曲率半径, c: $1/R$, k: 円錐定数, E: 係数で表される。非球面軸の傾きはP1を中心にした回転であるから、非球面上の点(X, Y)は非球面軸の傾きが θ_R のとき

$$\begin{pmatrix} Xa \\ Ya \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_R & -\sin \theta_R \\ \sin \theta_R & \cos \theta_R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \quad (2)$$

で表される点(Xa, Ya)にあることになる。したがって、非球面軸の傾き θ_R は光軸方向の変位 δ の関数として求めることができる。カメラ用非球面レンズの例を図2に示す。この図のように一般的なカメラレンズで問題となる非球面軸の傾きの範囲では両者はほぼリニアな関係にある。そこで、

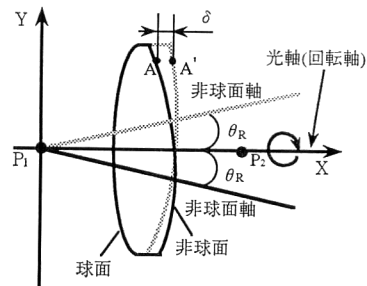


図1 偏心測定原理

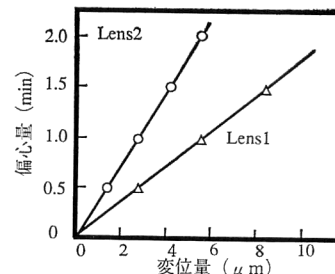


図2 光軸方向の変位 δ と非球面軸の傾き θ_R との関係

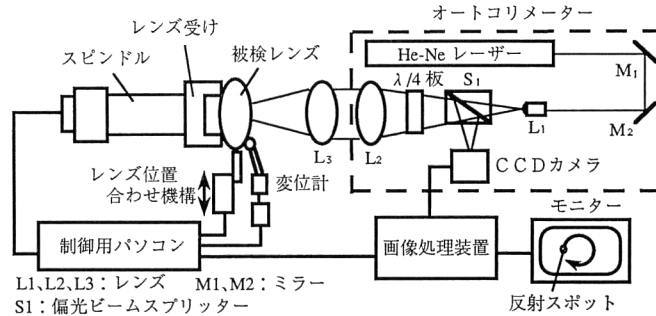


図3 偏心測定システム

$$\theta_R = \delta / \beta \quad (3)$$

で表される係数 β を測定対象の非球面レンズについて求めておけば変位 δ から偏心 θ_R を求めることができる。

3. 偏心測定システム

3.1 偏心測定システムの構成

図3に偏心測定システムの構成を示す。被検レンズは球面側をスピンドルに取付けられたレンズ受けに取付けられる。レンズ受けとスピンドル回転軸との同軸度は高精度に調整されているので、球面の中心はスピンドル回転軸上に自動的に設定される。右側の鎖線で囲まれた部分はオートコリメータを構成しており、非球面の近軸曲率に合わせて交換できるレンズ L_3 とともに近軸曲率中心のスピンドル回転軸からのずれを検出する。このずれ量と方向を CCD カメラで検出し、レンズ位置合わせ機構によりずれ修正をすることで、スピンドル回転軸と光軸を一致させる。そこで、変位計（ここでは電気マイクロメータ）により光軸方向の変位 δ を検出する。

3.2 測定精度

図3のシステムにおいて、変位計で観測される変位データには非球面レンズの偏心による変位とともに、スピンドルの振れ、スピンドル回転軸と光軸の合わせ誤差、レンズの形状誤差も含んでいる。スピンドルの振れは再現性があるので、あらかじめ測定して補正する⁵⁾。また、スピンドル回転軸と光軸の合わせ誤差は CCD カメ

ラで検出し補正する。この補正は測定精度の向上とともに、レンズ位置合わせ機構によるずれ修正の要求精度を下げることができるため測定時間の短縮にもなる。レンズを回転しながらサンプリングされたデータについて、以上の補正を行った後、調和解析により1回転で1周期を持つ成分のみを抽出すれば、アスなどの形状誤差成分を含まない変位 δ を求めることができる。ところで、係数 β は測定感度を表し、値が大きいくほど測定精度が向上する。本システムでは係数 β が $5 \mu\text{m}/\text{分}$ で 2 秒の精度を得た。

4. ま と め

コンパクトカメラ等で多用される非球面レンズの実用的な偏心測定法を提案し、簡易な測定システムを開発した。

文 献

- 1) 内田 泰：“光学機器計量化の切札非球面モールドレンズ”，日経ニューマテリアル，7月1日号（1991）10-29.
- 2) 小川治男，大川金保，野沢龍介，小林正敏：“非球面レンズの偏心測定と評価の現状”，第16回光学シンポジウム講演予稿（1991）pp. 23-24.
- 3) 新井則一：“光学部品の非球面計測”，O plus E, 3(1990) 115-121.
- 4) 浅野俊雄：“レンズ工学の理論と実際”，光学技術コンタクト，20（1982）33-43.
- 5) 藤井賢一：“密度標準物体の形状の精密測定”，ナノメートル計測制御研究部会第24回定例会資料（1992）p. 6.

（1993年10月6日受理）