

縞走査位相検出法による非球面鏡の 形状誤差測定

小野 明

(株)東芝 生産技術研究所

〒235 横浜市磯子区新杉田 8

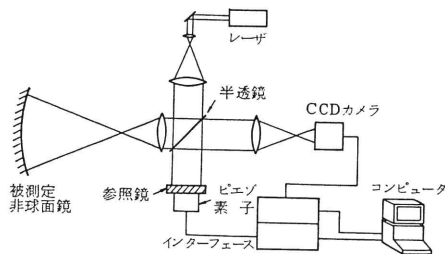


図1 開発した測定方法の実験装置

1. はじめに

非球面鏡の検査ではコンピュータホログラム法¹⁾が一般的であるが、ホログラム作成に多大な労力を必要とする。また縞走査位相検査による方法が数件提案^{2,3)}されたが、光学系が複雑という問題点があった。そこで今回通常の球面測定用位相検査光学系⁴⁾で奥行の深い非球面が検査可能なアルゴリズムを考案したので報告する。

2. 測定原理

装置概念を図1に示す。非球面からの物体光と参照光を干渉させ、結像レンズで干渉縞を CCD カメラの感光面に投影する。CCD カメラからの画像信号はコンピュータに入力される。CCD カメラからの画像信号の読み出し周期 T の間に参照鏡はピエゾ素子により $\lambda/8$ 移動し、干渉縞の位相は $\pi/2$ ずつ変化する。任意の1画素の中央の座標を (X, Y) 、参照鏡の移動速度を v 、干渉縞のビジビリティを γ 、物体光波面を $W'(x, y)$ 、画素のサイズを x 方向に a 、 y 方向に b とし、元のレーザー光の強度分布 $I_0(x, y)$ は1画素内均一とすると、画素からの信号 $E_i(X, Y)$ は下式で与えられる。

$$E_i(X, Y) = ab T I_0(X, Y) + \frac{\sqrt{2}\lambda}{4\pi v} \gamma I_0(X, Y) \times \int_{Y-b/2}^{Y+b/2} \int_{X-a/2}^{X+a/2} \cos 2\pi \left\{ W'(x, y) + \frac{i-1}{4} \right\} dx dy \quad (1)$$

ここで $W(x, y)$ は非球面が設計値どおり作られ、光軸上に正しく置かれたと仮想したときの物体光波面、 $W_e(x, y)$ は非球面の位置決めによる見かけの波面歪、形状誤差による波面歪を $\varphi(x, y)$ とすると、

$$W'(x, y) = W(x, y) + W_e(x, y) + \varphi(x, y) \quad (2)$$

と書ける。 $W_e(x, y)$ と $\varphi(x, y)$ は $W(x, y)$ に比べて変化率が非常に小さく1画素内で一様とみなせ、積分の外に出せるので、 $E_1(X, Y) \sim E_4(X, Y)$ から $W_e(X, Y) + \varphi(X, Y)$ を次式のように算出できる。

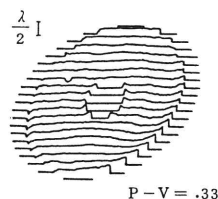


図2 測定結果例

$$W_e(X, Y) + \varphi(X, Y) = \frac{1}{2\pi} \arctan \frac{C(X, Y) \cdot \{E_4(X, Y) - E_2(X, Y)\}}{C(X, Y) \cdot \{E_1(X, Y) - E_3(X, Y)\}} * \frac{-S(X, Y) \{E_1(X, Y) - E_3(X, Y)\}}{+S(X, Y) \{E_4(X, Y) - E_2(X, Y)\}} \\ C(X, Y) = \int_{Y-b/2}^{Y+b/2} \int_{X-a/2}^{X+a/2} \cos 2\pi W(x, y) dx dy \\ S(X, Y) = \int_{Y-b/2}^{Y+b/2} \int_{X-a/2}^{X+a/2} \sin 2\pi W(x, y) dx dy \quad (3)$$

仮想非球面の位置や姿勢を計算機内で変化させつつ、式(3)より $W_e(X, Y) + \varphi(X, Y)$ の全画素にわたる標準偏差を計算して、その最小値を求める。このとき、仮想非球面と被測定非球面の位置が一致し、 $W_e(X, Y) \doteq 0$ と推定され、正味の $\varphi(X, Y)$ が求まる。

3. 測定結果

以上のように $\varphi(X, Y)$ を求め、形状誤差測定を行なった結果が図2である。測定値は直径 204 mm、焦点距離 609 mm の放物面鏡である。用いた CCD は 100×100 画であり、最大干渉縞密度は $25 l/r$ であったので、1画素に $1/2$ フランジ入っている。この比率でいけば 2,500 画素のリニア CCD では $825 l/r$ の縞密度まで解析できることになる。

文 献

- 1) A. Ono, et al.: Appl. Opt., **24** (1985) 560.
- 2) T. Yatagai, et al.: Opt. Eng., **23** (1984) 357.
- 3) Y. Cheng, et al.: Appl. Opt., **23** (1984) 4539.
- 4) J. Bruning, et al.: Appl. Opt., **13** (1974) 2693.