

光学設計ノート

光学設計ノート 4 (ver.1.0)

Newton ring について

株式会社 タイコ
牛山善太

Newton ring とは現代でも、レンズ研磨工程、或いは検査においてレンズ表面の品質を簡便に、多くの用途で十分な精度で検査するために大きな役割を果たしている干涉縞のことである。この干涉縞を検査に用いる手法は、その名の通り 18 世紀から実用化されている検査法であるが、堅牢な干涉測定器がレーザの生まれる遥か以前のこの時代に完成され、今日まで成果を上げ続けている事になる。今回はこの Newton ring について考えさせていただきたい。

1. 楔形薄板における干涉

前回は平行な薄板における干涉を考えたが、今回は互いに平行ではない平面で構成された、空気中の屈折率 n の楔形の薄板による干涉を考えよう。

図 1 において S を点光源としてそこから表面上の点 A で硝子に入射・屈折して裏面 B で反射し S' に至る光線と、 S から直接 S' にいたる光線による点 S' 、硝子表面上の点近傍における干涉を考えよう。ここで図 1 の如く、 S から線分 AB に垂線を下し、其の交点を K とする時、 S' における厚さ d が S から、 A 、或いは S' までの距離に比べ十分に小さいとすれば、 KS を光線 AB に直交する波面と考える事が出来よう。であれば光路長を $[]$ で表せば、

$$[SAK] \cong [SS']$$

従って S' における二つの光線の光路差は

$$[SABS'] - [SS'] = (\overline{KB} + \overline{BS'})n \quad (1)$$

また、 B 法線から計った B における入射角、反射角を θ として

2. Newton ring の計算

図 2 において点線の曲線が曲面の物差しとなる基準、所謂原器面である。半径 R で、 O がその曲率中心。実線が半径 R' の被検面を表しその曲率中心は O' である。これらの面はこの座標系の原点で接している。

ここで図 2 の Y 軸下方に光源 S が存在しているとすれば、曲面を部分的に拡大して平面と捉えれば、上述の楔形薄板の場合と同様に考えて干渉縞が ($n=1$ であるが) 原器表面近傍に観察できることが分かる。

さて、原器面上の X 座標 h と Y 座標 d の関係は

$$h = \sqrt{R^2 - (R - d)^2}$$

$$h^2 = 2Rd - d^2$$

d が微小な量であるとしてその 2 次の量を無視すれば

$$d \cong \frac{h^2}{2R} \quad (5)$$

同様に被検面についても

$$d' \cong \frac{h^2}{2R'}$$

半径 R と R' の差を ε と置けば

$$d' \cong \frac{h^2}{2(R + \varepsilon)} \quad (6)$$

(5)(6)式の差をとって

$$\Delta d = d - d' = \frac{h^2(R + \varepsilon - R)}{2R(R + \varepsilon)} = \frac{h^2 \varepsilon}{2R(R + \varepsilon)}$$

$$2\Delta d R(R + \varepsilon) = h^2 \varepsilon$$

$$2\Delta d R^2 = h^2 \varepsilon - 2\Delta d R \varepsilon$$

d と R 等と比較して微小量であるので、上式における微小量の 2 次の項、右辺第 2 項を無視して

$$\varepsilon \cong \frac{2\Delta d R^2}{h^2} \quad (7)$$

となる。

さて、一般的には h が変化していくのに連れて隙間 d が、(この間隔を光が往復する事を考えて、) m を整数として $m(\lambda/2)$ 変化することにより干渉縞が発生するので(7)式において $d = m \lambda/2$ として

$$\varepsilon = \frac{m\lambda R^2}{h^2} \quad (8)$$

と出来る。つまり二つの面の曲率の差は、観測に用いた光源の波長、原器の R 、最大径、そして干渉縞の本数が分かれば計算できる事になる。

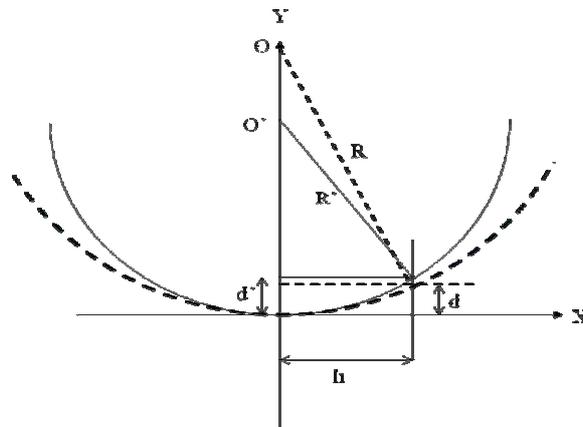


図 2 Newton ring

参考文献

- 1) 辻内順平：光学概論II（朝倉書店、東京、1979）
- 2) M.Born & E.Wolf :Principles of Optics,6th edition(Pergamon Press, Oxford,1993)(草川徹、横田英嗣訳：光学の原理(東海大学出版会,1977)
- 3) 牛山善太：波動光学エンジニアリングの基礎(オプトロニクス社、東京、2005)