

光ディスク用非球面レンズの設計

中川 治平

中川 Lens Design 研究所

〒214 川崎市多摩区南生田 2-16-8

単レンズの両面を非球面にした光ディスク用の対物レンズに関して多くの特許が願われている。きわめて簡単な構成でありながら多様に設計できるのは、非球面の大きな収差補正能力によるものであり、ベースになる球面レンズを決める理論が確立されていないことによるものであろう。望ましい球面系を決めるために、ペンディングと中心厚を変数とする厚肉単レンズの3次収差係数の式を導き検討した。

第1面の曲率半径 r_1 を $r_1=(n-1)f/nx$, 中心厚 d を kf とおけば, 厚肉レンズの3次収差係数の式を簡潔に表わすことができる。ただし f は焦点距離, n は屈折率である。第2面の曲率半径は $r_2=(n-1)(1-kx)f/(nx-1)$ で表わされる。

3次の球面収差係数 I は, 物点無限のとき

$$I = \{n/(n-1)^2 f^3\} A(x, k) \tag{1}$$

であり, $A(x, k)$ は次のようである。

$$A(x, k) = kx^4 - (n+2)kx^3 + \{(2n+1)k + (n+2)\} x^2 - \{nk + (2n+1)\} x + n \tag{2}$$

コマ収差係数 II は

$$II = \{1/(n-1)^2 f^2\} B(x, k) \tag{3}$$

B は絞り位置によって異なり, 絞りを第1面に置いたとき B_1 , 第2面に置いたとき B_2 とすれば,

$$B_1(x, k) = -kx^3 + (n+2)kx^2 - \{(2n+1)k - (n^2-1)\} x + \{nk - n(n-1)\} \tag{4}$$

$$B_2(x, k) = [-kx^3 - (n^2-1)kx^2 + \{n(n-1)k + (n^2-1)\} x - n(n-1)] / (1-kx) \tag{5}$$

非点収差係数 III は

$$III = \{1/n(n-1)^2 f\} C(x, k) \tag{6}$$

で, C_1 は絞りが第1面に, C_2 は第2面のときとすれば,

$$C_1(x, k) = [-k^2 x^3 + \{(n+2)k - (n^2-1)\} kx^2 - \{(2n+1)k - 2(n^2-1)\} kx + n\{k - (n-1)\}^2] / (1-kx) \tag{7}$$

$$C_2(x, k) = [n^2 k^2 x^3 - (n^2-1)kx^2 - n(n-1)^2 kx + n(n-1)^2] / (1-kx)^2 \tag{8}$$

ペッツバル和 P は次のようになる。

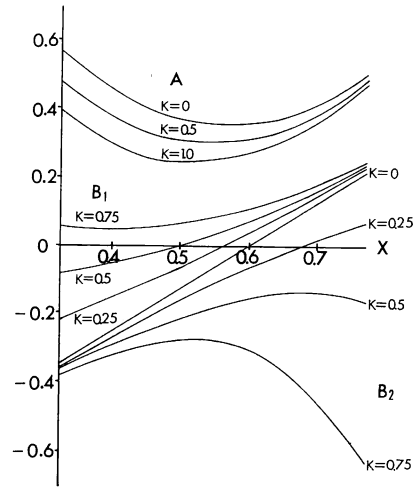


図1 厚肉単レンズのペンディングと A, B_1, B_2 (物点 $\infty, n=1.5$)

$$P = (1-nkx^2) / \{(1-kx)nf\} \tag{9}$$

光ディスク用の対物レンズはアプラナチックなことが必要なので, x すなわち厚肉レンズのペンディングと A および B の関係が重要である。式(2), (4), (5)を用い, いくつかの k に対し x と A, B の関係をグラフにしたのが図1である。 B のカーブは k の値によって大きく変わっているので, 正弦条件を満足させるためには, B_1, B_2 のカーブを同時に見ながら適切な k と x の値の選択が必要である。

k が1に近い値のとき, 3次の球面収差が最良になる x と3次のコマ収差が最良になる x の値とが近くなって好ましいが, k の値の決定には $(1-kx)f$ で与えられる作動距離の制約がある。

$dA/dx, dB/dx$ が0となる x を選べば, NAの小さい光線に関し x の微小変化すなわち r の変化に対して3次収差の変化が小さい。図1からわかるように, この条件も k がある程度大きな値でないとい実現できない。

NAの大きな光線では非球面項の作用を大きくうけるが, 非球面係数はベースの球面レンズの収差によって規定される関係にあるので, 3次収差係数は小さいほうが望ましい。

以上のことを考えて, たとえば $k=0.75, x=0.5258$ を図1より求めて球面系を定めることができる。あとは両面の非球面係数だけを変数にして自動設計にかければ, アプラナチックな光ディスク用非球面レンズの設計が完了する。