

光学系の誤差解析入門Webセミナー

Part.1 光学系の誤差解析の基礎

2026年 3月25日

チームオプト株式会社

荒木 敬介

◎ くずれる対称性の範囲による誤差の分類

- ・系の回転対称特性が維持される誤差

面形状誤差のうちニュートン

硝材特性誤差のうち 屈折率誤差、アッベ数誤差、
回転対称屈折率分布誤差

配置誤差のうち 面間隔誤差

- ・系の回転対称特性がくずれる誤差

面形状誤差のうちアス、クセ（非対称成分）

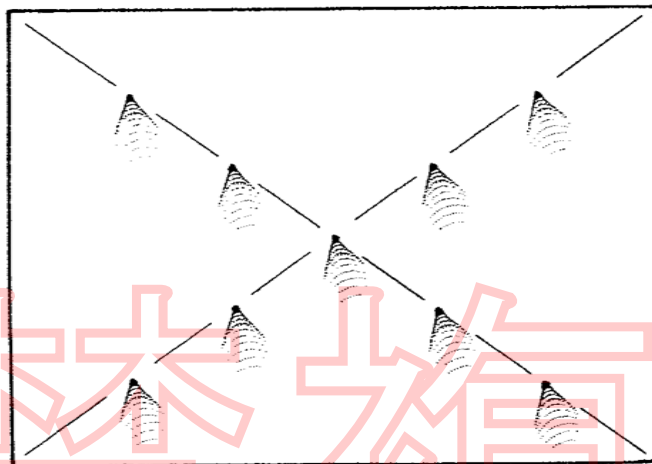
硝材特性誤差のうち 回転非対称屈折率分布、
複屈折分布

配置誤差のうち 偏心誤差（シフト、チルト）
（回転非対称エレメントでは更にローテーション）

偏心コマ収差

$\propto ER^2$

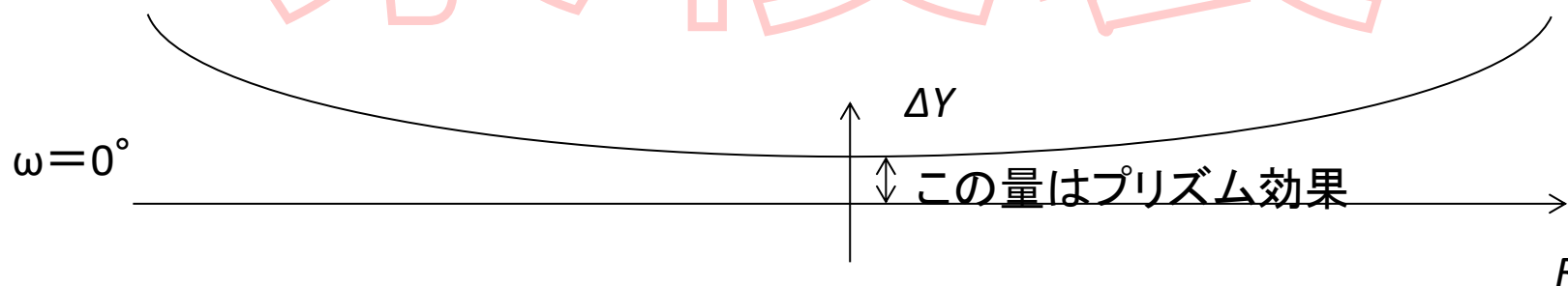
全画面一様に表れるコマ収差(偏心コマ収差)



偏心コマ収差
(スポットダイアグラム)

横収差図:

軸上特性で R の偶関数成分が入ってくることが特徴

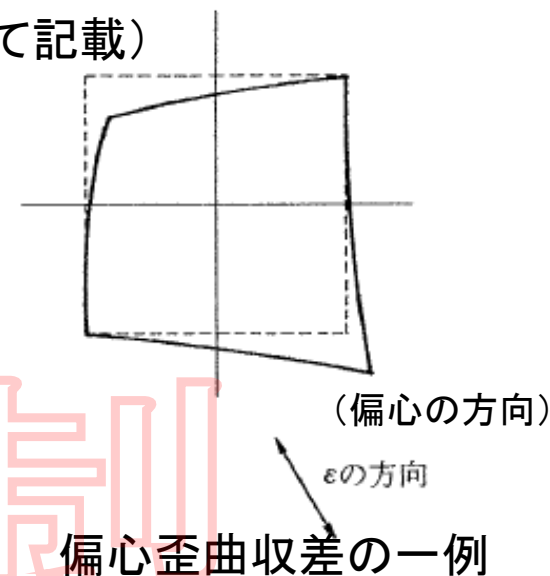
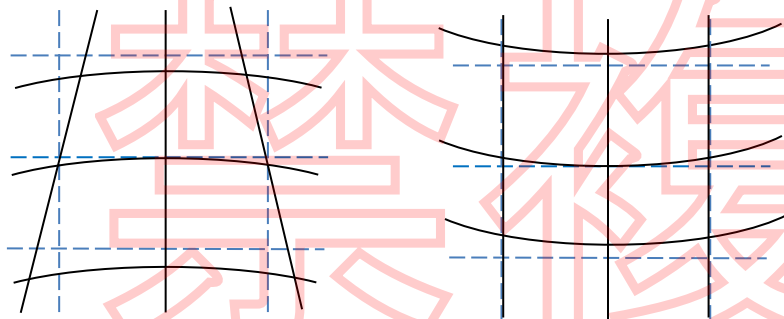


$\propto EB^2$ 非対称な歪曲(偏心歪曲収差)

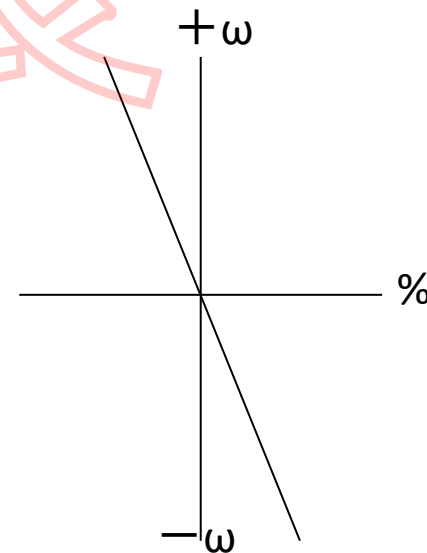
(以下でも収差図はBのかわりによく使われる ω の依存性として記載)

- ・偏心による回転非対称な歪曲を偏心歪曲とよぶ。
そのうち $E\omega^2$ の依存性のものが基本。
- ・プロジェクターでよくみられる台形歪み(キーストン歪み)
も偏心歪曲の一種。

(偏心歪曲 $VE1, VE2$)



- ・歪曲のカーブも $+\omega$ 方向と $-\omega$ 方向で逆向きになる傾き成分を持つが偏心歪曲の特徴。
- ・ ΔY と ΔZ ではカーブの傾きが異なるのが一般だが、
 $\phi_\omega = 0$ の物点に対しては偏心に垂直方向の ΔZ 断面
では対称性で傾きが出ないので通常は偏心方向の ΔY 断面の
カーブのみ実線で描くことも多い。



◎分散の加法性に基づく公差決定の式の基本的考え方

特性値 S は

(S : 焦点距離、球面収差量、MTFピーク値、スポット径RMS・・・等)

特性値を決定するエレメント x_i の関数として

(x_i : 面の曲率半径、非球面係数、面間隔、硝材屈折率、アッベ数・・・等)

一般的には $S = f(x_1, \dots, x_j, \dots, x_n)$ と書ける。

その時、 S の許容偏差 (公差) を T_S とした時、エレメント x_j の公差 T_{x_j} は

$$T_{x_j} = \frac{T_S}{\sqrt{n} \left(\frac{\partial S}{\partial x_j} \right)_0}$$

で与えられる。ここで $\left(\frac{\partial S}{\partial x_j} \right)_0$ は基準値 $(x_j)_0$ のまわりに x_j が変わった時の S の変化率をあらわす。

光学系の誤差解析入門Webセミナー

Part.2 光学系の誤差解析の実際

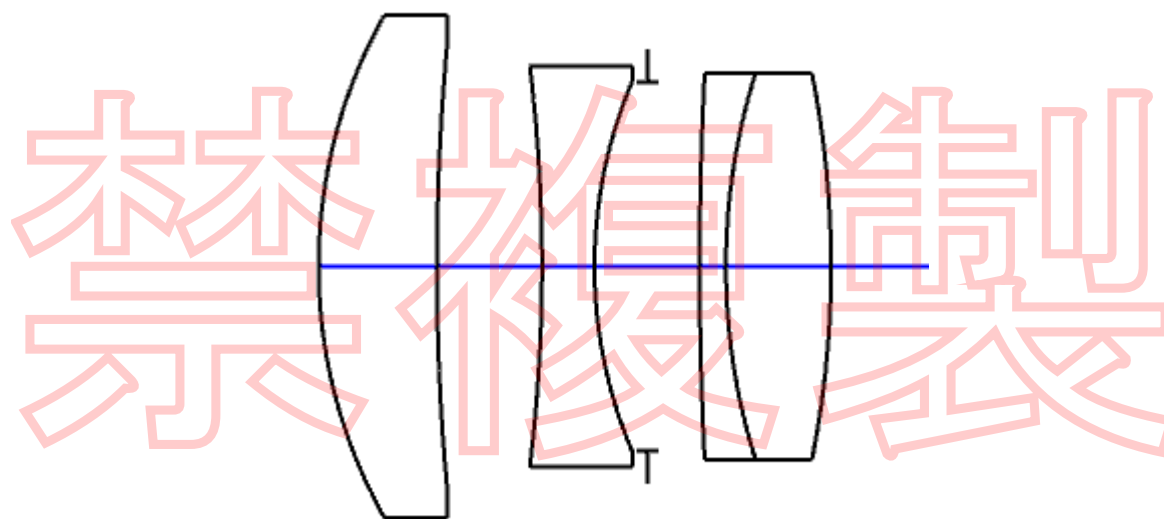
2026年 3月25日

チームオプト株式会社

福島 省

感度解析の下準備

- Tessarと呼ばれる有名な写真レンズを基に感度解析を行います。



Tessar(公差解析用)001.zmx
上記のファイルをロードします。



Tessar(公差解析用)001.zmx

誤差の設定

■ 感度解析用誤差の設定 (公差⇒公差解析ウィザード)

感度解析を行うために必要な設定を行っていきます。今回は下記のように設定します。

面の公差

- ☒ 曲率半径
- ☒ 厚み
- ☐ X ディセンタ
- ☒ Y ディセンタ
- ☒ X ティルト
- ☐ Y ティルト

要素の公差

- ☐ X ディセンタ
- ☒ Y ディセンタ
- ☒ X ティルト
- ☐ Y ティルト

屈折率の公差

- ☒ 屈折率
- ☒ アッペ数 %

オプション

- ☒ フォーカス コンペンセータを使用

Legend:

- オレンジ: レンズの面に関する設定
- ブルー: レンズ単体に関する設定
- グリーン: 屈折率に関する設定
- ライトブルー: その他設定

今回はメリジオナル断面内(レンズ図面内)のディセンタ・ティルトのみを扱います。

上記設定後、OKボタンを押して終了します。

※球面の場合、面ディセンタと面ティルトは同等なので本来はどちらか一方の設定で可



Tessar(公差解析用)004.zmx

感度解析結果

モンテカルロ解析結果の解釈

■ 公差解析 (公差⇒公差解析 Ctrl + T)

感度解析結果の抜粋です。

基準 : 回折 MTF タンジェンシャル (10.0000 cycles/mm)
 モード : 感度解析
 サンプリング : 2
 最適化サイクル数 : 2
 公称値 : 0.85217391
 テスト波長 : 0.6328

感度解析 :

Type	値	最小基準値	変化	値	最大基準値	変化
TTHI 7 7	-0.05000000	0.85204592	-0.00012798	0.05000000	0.85048789	-0.00168602
TEDY 1 2	-0.05000000	0.77388839	-0.07828552	0.05000000	0.77388839	-0.07828551
TETX 1 2	-0.08300000	0.79704071	-0.05513320	0.08300000	0.79704070	-0.05513321
➡ TEDY 3 4	-0.05000000	0.78722226	-0.06495164	0.05000000	0.78722226	-0.06495165
TETX 3 4	-0.08300000	0.72824713	-0.12392678	0.08300000	0.72824713	-0.12392677
TEDY 6 8	-0.05000000	0.81864575	-0.03352815	0.05000000	0.81864575	-0.03352816
TETX 6 8	-0.08300000	0.81426649	-0.03790742	0.08300000	0.81426648	-0.03790742

上記マーク部分(➡)は公称値(設計値のMTF視野平均値)約0.852が、TEDY3 4(第2レンズY方向ディセンタ量-50μm)が発生した際、MTF平均値が約0.787に低下し、公称値との差分が約-0.065であることを示しています。『最小』はマイナス誤差、『最大』はプラス誤差の解析値を示します。