

ティー・イー・エム 結像光学系設計初級2セミナー

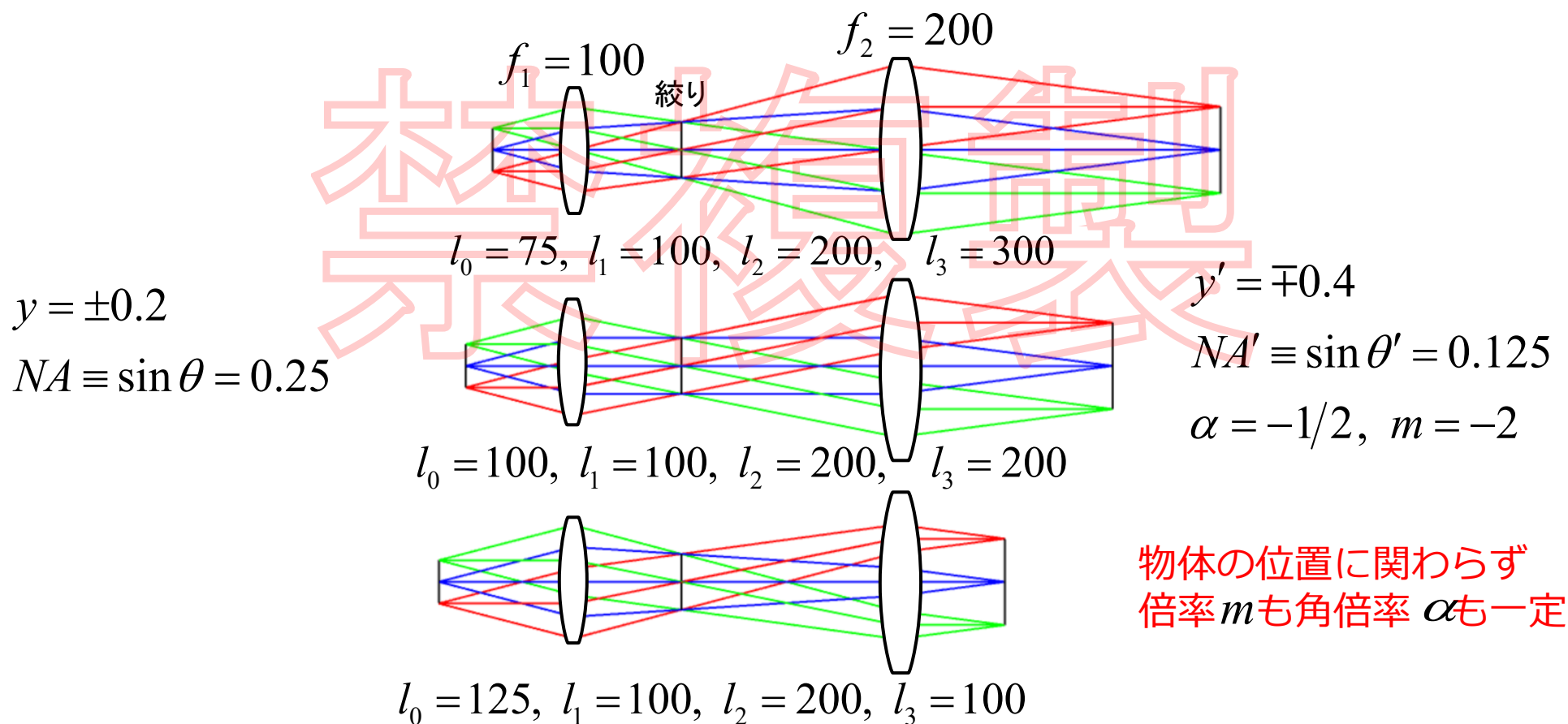
2026年7月29日

チームオプト株式会社

宮前 博・春本祐子・村田安規

1-4-2. アフォーカル系の倍率

アフォーカル系であっても物体位置、像位置が有限距離になる場合もある。この場合倍率 m は角倍率 α の逆数となる。角倍率は物体位置に依らず一定なので、倍率も一定になる。言い換えれば物体位置又は像位置が光軸方向に移動しても倍率は変わらず一定である。下記の例ではいずれも $\alpha = -1/2$, $m = -2$ となる。アフォーカル系を有限距離で使う時には、必然的に物体側でも像側でもテレセントリックな光学系になる。



2-2-5. 球面収差、コマ収差の補正

球面系では $1/r_1$ の2次関数としての判別式は

$$K = \left(\frac{2n+1}{n-1} \right)^2 - 4 \left(\frac{n}{n-1} \right)^2 \left(\frac{n+2}{n} \right) = \frac{-4n+1}{(n-1)^2} < 0$$

非球面をいれないと球面収差係数 S_I はゼロにできない。

コマ収差係数 S_{II} をゼロにする条件は

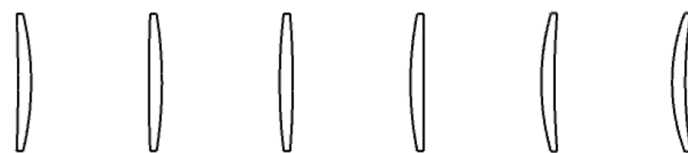
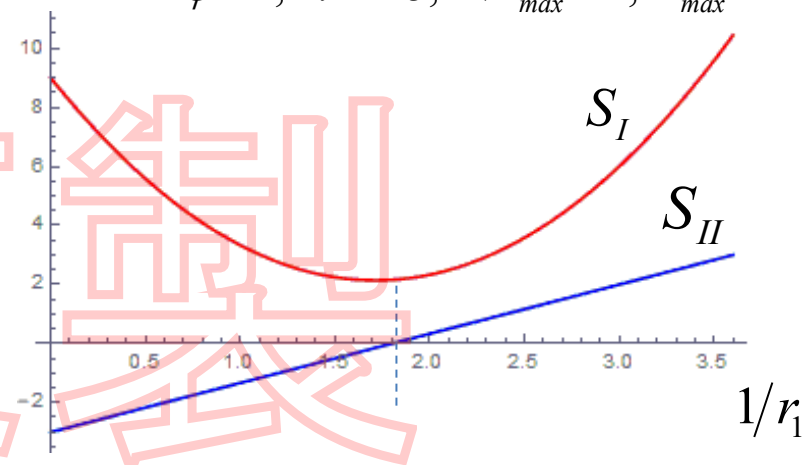
$$r_1 = \frac{n^2 - 1}{n^2 \varphi} \quad r_2 = \frac{n^2 - 1}{(n^2 - n - 1)\varphi}$$

$$n = 1.5 \quad \frac{1}{r_1} = 1.80\varphi \quad \frac{1}{r_2} = -0.20\varphi$$

凸平レンズに近い形状になる。

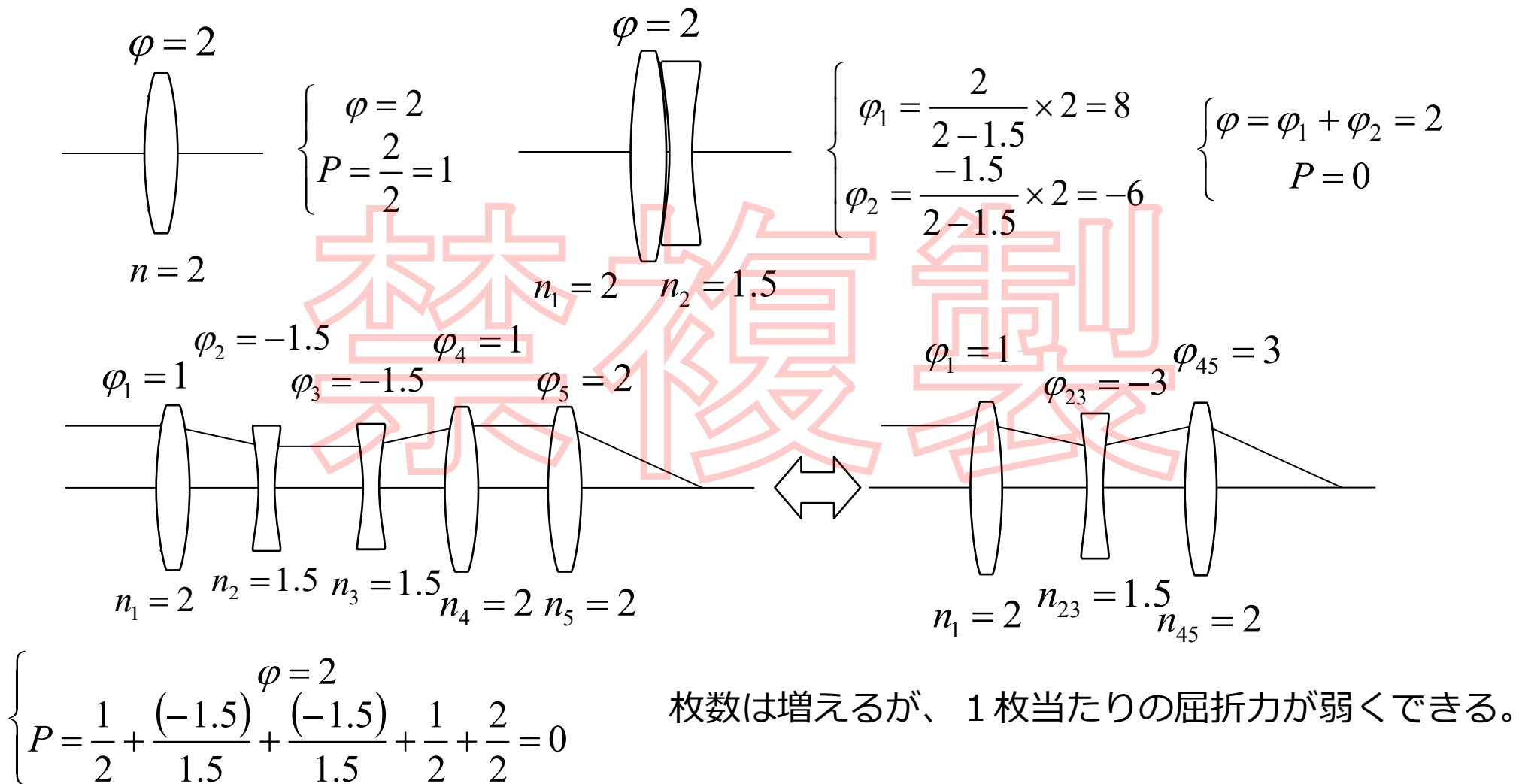
非球面を使えば、 S_I のグラフを上下に動かすことができ S_I 、 S_{II} を共にゼロにできる。

$$S_I, S_{II} \quad \varphi = 1, n = 1.5, NA'_{max} = 1, \bar{Y}'_{max} = 1$$



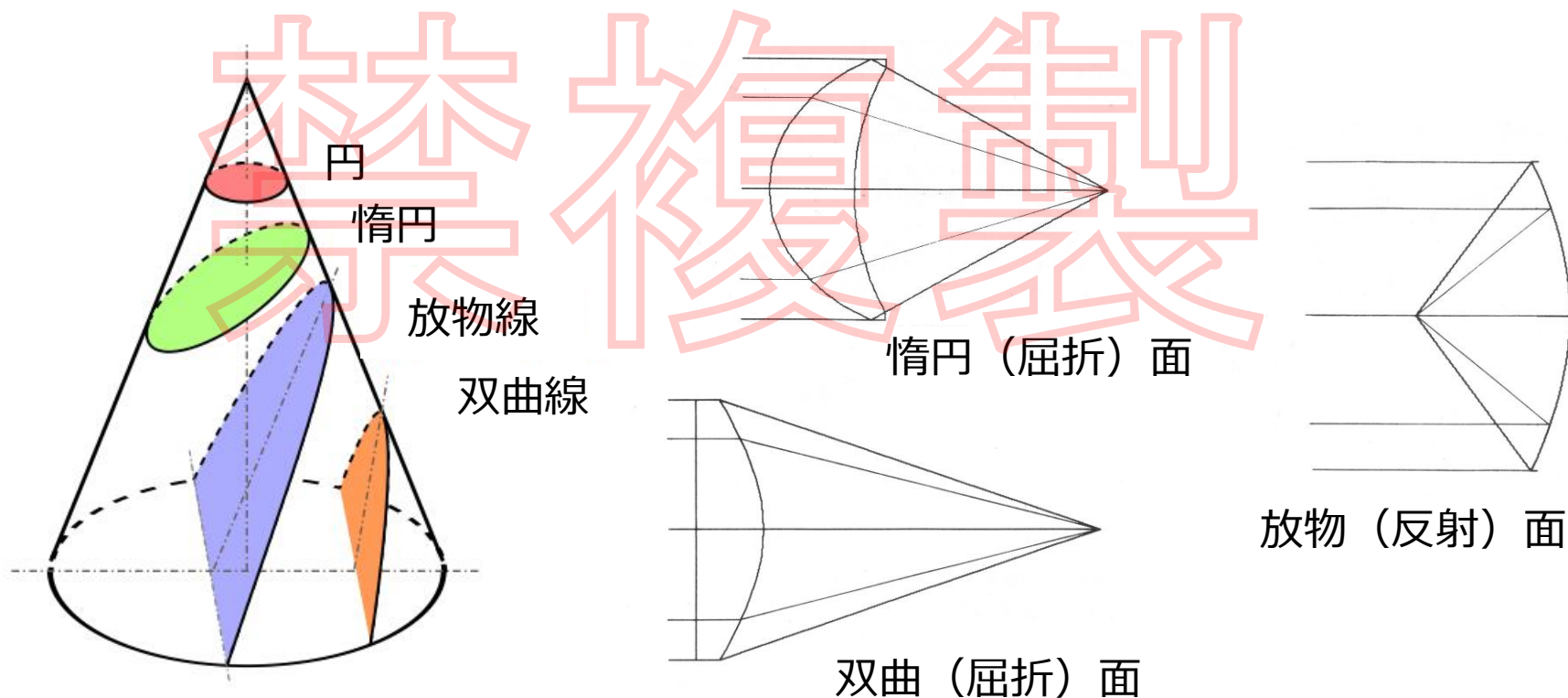
薄肉レンズの球面・コマ収差係数

2-4-8. ペッツバル和の補正例



2-5-1. 円錐曲面

最も典型的な非球面として「円錐曲面」がある。下記のような円錐の断面で作られる「円錐曲線（円、楕円、放物線、双曲線）」の主軸（楕円の場合2つある）を光軸にとり、光軸に関して回転させることでできる曲面である。円錐曲面を使うことで、軸上に限れば、球面収差のない結像が可能となることが知られている。

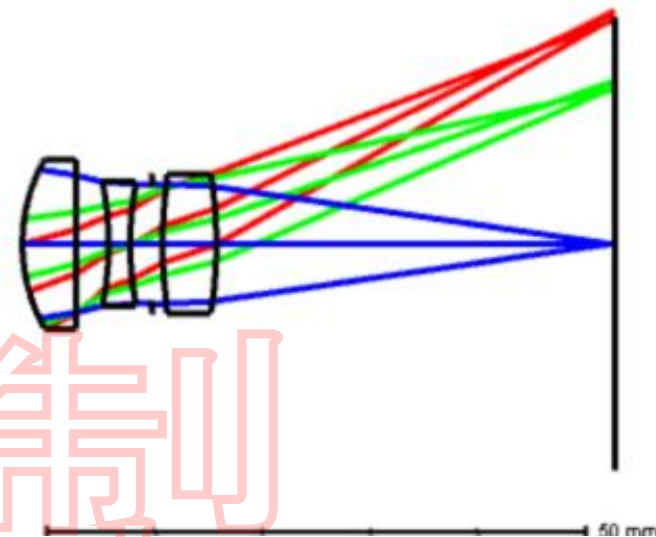


⑤コマ収差補正1

トリプレット⑤コマ収差補正スタート

▲	タイプ	オペランド1	オペランド2					目標値	重み	現在値	寄与率
1	EFFL ▼		2					50.000	1.000	50.000	1.013E-0
2	TOTR ▼							55.000	1.000	55.000	8.258E-0
3	AXCL ▼	1	3	0.000				0.000	1.000	6.996E-04	2.899E-0
4	BLNK ▼										
5	TRAY ▼		2	0.000	0.700	0.000	1.000	0.000	0.000	-0.743	0.00
6	TRAY ▼		2	0.000	0.700	0.000	-1.000	0.000	0.000	-0.557	0.00
7	SUM ▼	5	6					0.000	1.000	-1.299	100.00

▲	面タイプ	コメン	曲率半径	厚み	材質	コーティン	クリア半径
0	物 標準 ▼		無限	無限			無限
1	標準 ▼		15.899 V	5.000	S-BSL7		7.856
2	標準 ▼		無限 V	3.000			6.475
3	標準 ▼		-28.943 V	2.000	S-FTM16		5.757
4	標準 ▼		28.943 V	2.000			5.533
5	絞 標準 ▼		無限	1.000			5.532
6	標準 ▼		39.711 V	5.000	S-BSL7		5.535
7	標準 ▼		-39.711 V	37.000 M			6.415
8	像 標準 ▼		無限	-			21.000

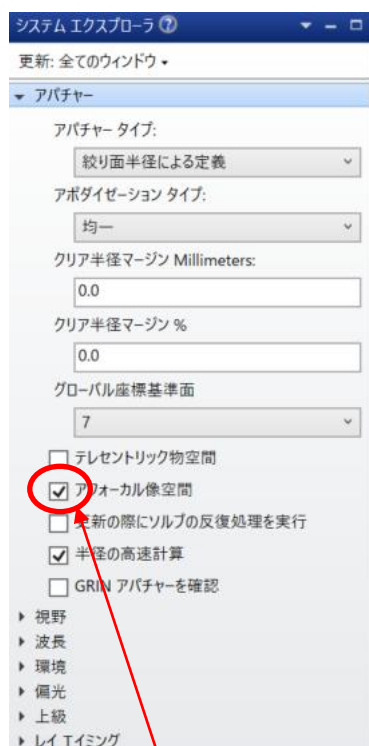


最適化前にエコ硝材名に変更

レンズ形状の制約を外す

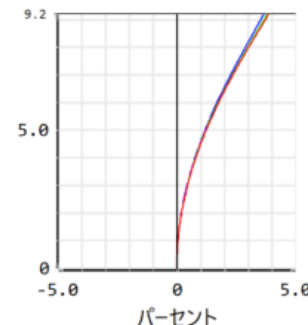
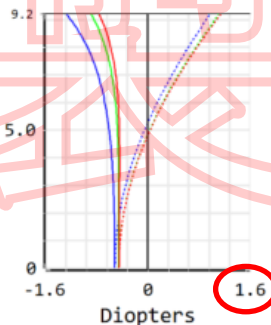
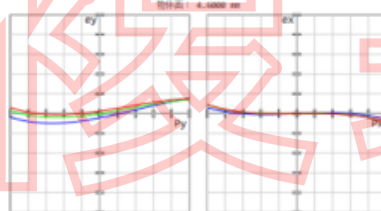
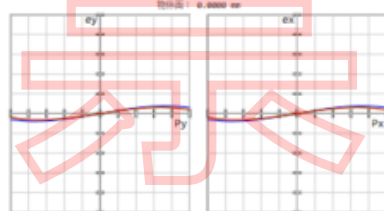
アフォーカルモード

ケルナー型アイピース 正追跡



アフォーカル像空間
評価モード

面	タイプ	コメント	曲率半径	厚み	材質	コーティング	クリア半径
0	物	標準	無限	5.4787			9.2000
1	(アパチャー)	標準	無限	4.0000	N-SK16		10.1000 U
2	(アパチャー)	標準	-25.9700	19.40...			10.1000 U
3	(アパチャー)	標準	28.1096	5.0000	N-SK16		7.1000 U
4	(アパチャー)	標準	-11.6100	1.5000	SF5		7.1000 U
5	(アパチャー)	標準	-43.2807	9.4000			7.1000 U
6	絞	標準	無限	3.0000			2.5000 U
7	像	標準	無限				0.0000 U



像面スケール
への換算式

$$D(\text{diop.}) \equiv \frac{1000}{U(\text{mm})} = \frac{1000\Delta}{f^2}$$

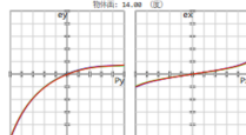
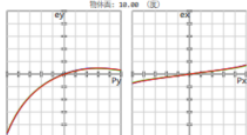
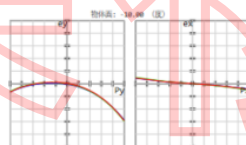
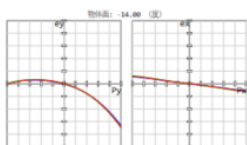
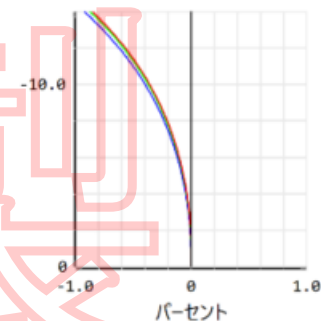
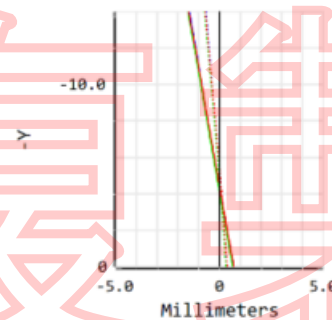
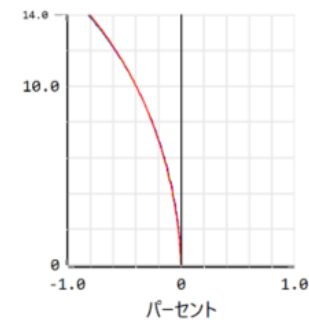
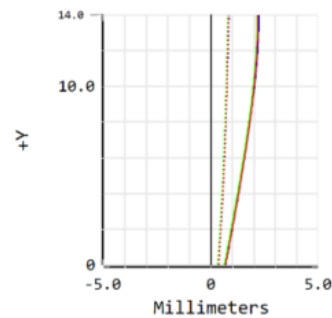
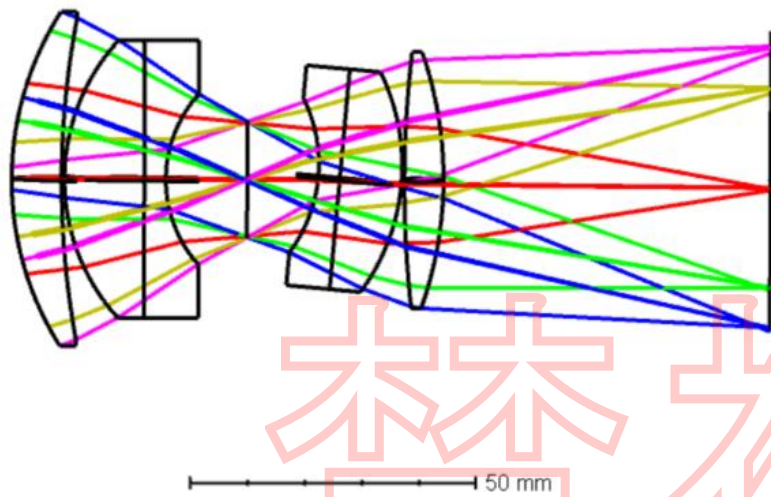
$$f = 25\text{mm}, \quad \Delta = 1\text{mm}$$

$$\rightarrow D = 1.6(\text{diop.})$$

換算スケール 8mr (×25mm=0.2mm)

偏心系の扱い（１）

ダブルガウス偏心後



波長→
視野：

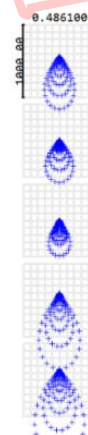
-14.00 (度)

-10.00 (度)

0.00 (度)

10.00 (度)

14.00 (度)



DOUBLE GAUSS
2023/09/12
最大スケール：1000.000 μm

横収差図

Zemax
Zemax OpticStudio 17.5