

LER-003-2009

光学仕様勉強会資料

Vol. 1 (#7-10)

2009/11/10

一般社団法人 日本インダストリアルイメージング協会
標準化委員会 レンズ分科会

- | | | |
|----|----------------------------|----|
| 1. | テレセントリック光学系について
CBC株式会社 | 3 |
| 2. | 球面収差とコマ収差
株式会社タムロン | 15 |
| 3. | 非点収差と像面湾曲
株式会社モリテックス | 21 |
| 4. | 色収差
株式会社モリテックス | 27 |

Confidential

JIA 第7回 レンズ仕様勉強会

2009年5月26日

Dream Together



CBC GROUP

Confidential

テレセントリック光学系について

CBC株式会社

Electronics Technology Company

イメージ&インフォメーションテクノロジーディビジョン

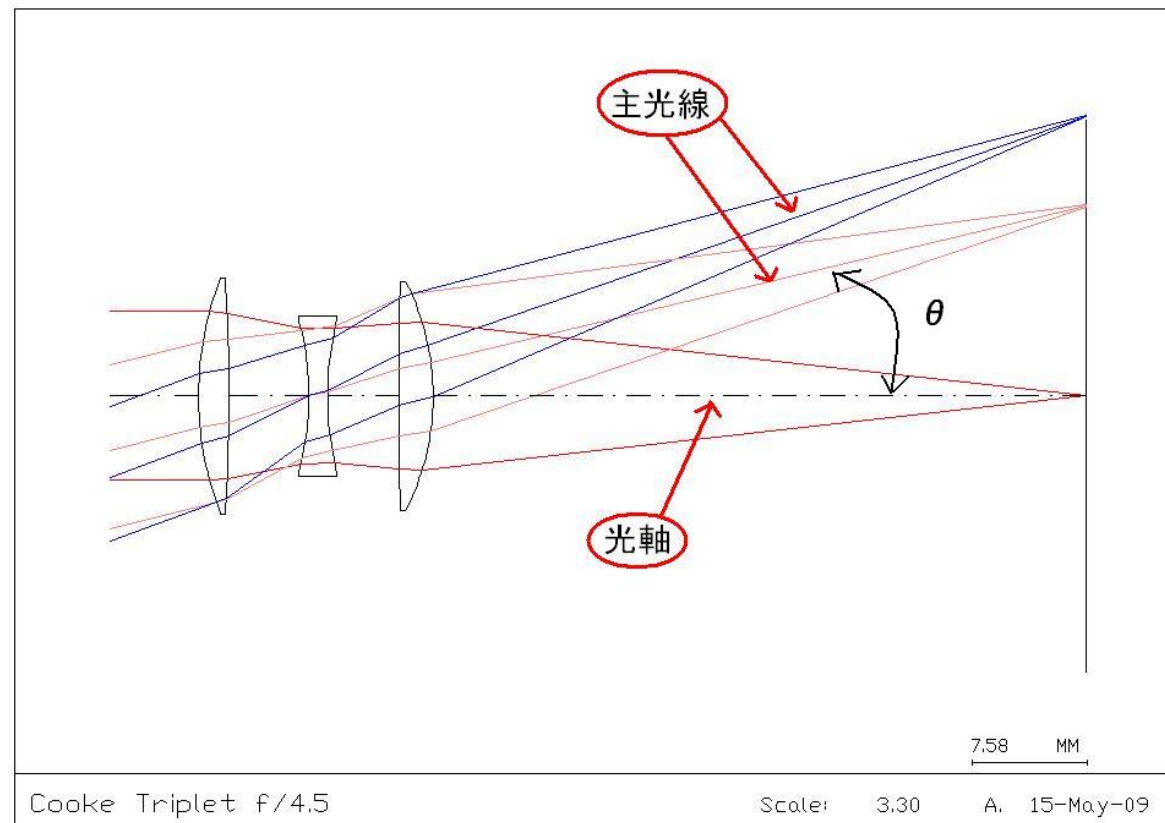
Optronicsグループ

CBC Co., Ltd.

- 入射瞳、もしくは射出瞳のどちらかが無限遠に位置する光学系。
- 従って、光軸と主光線が平行の関係となる。

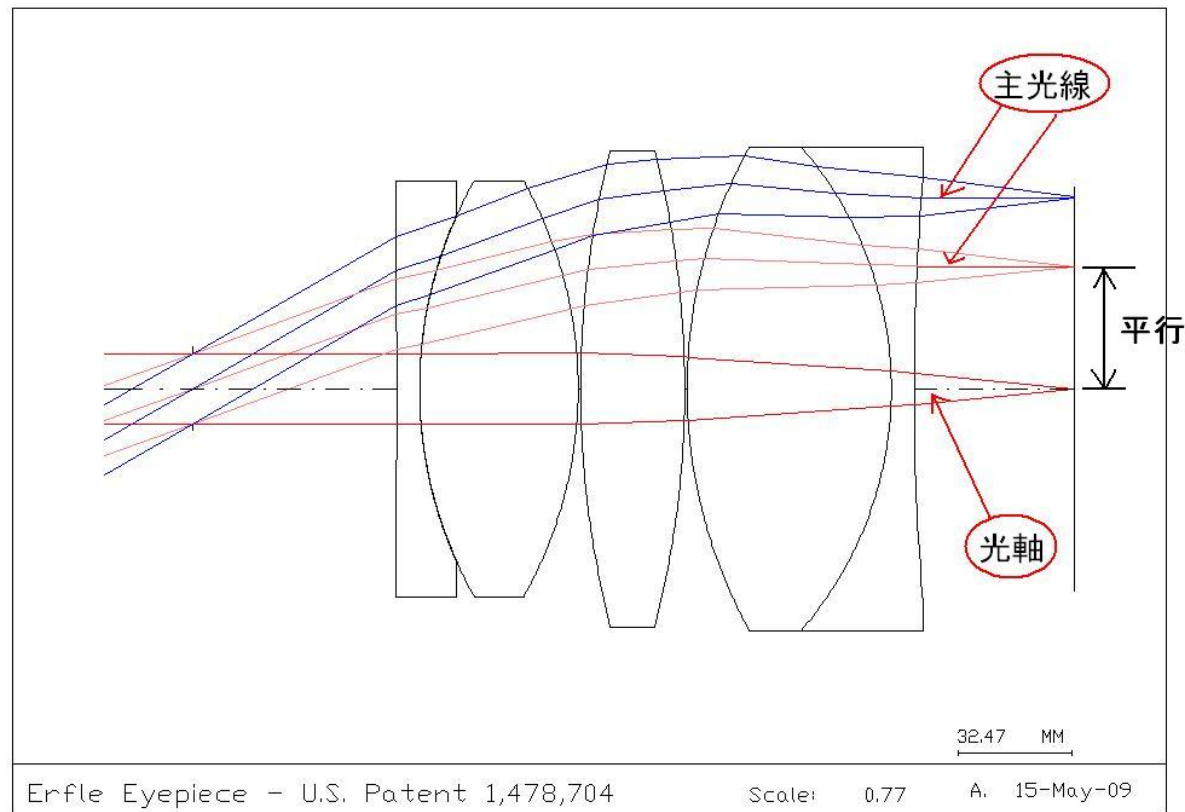
- 例 トリプレットレンズ

主光線と光軸が平行ではない。



- 例 U.S. Patent 1,478,704

主光線と光軸が平行。



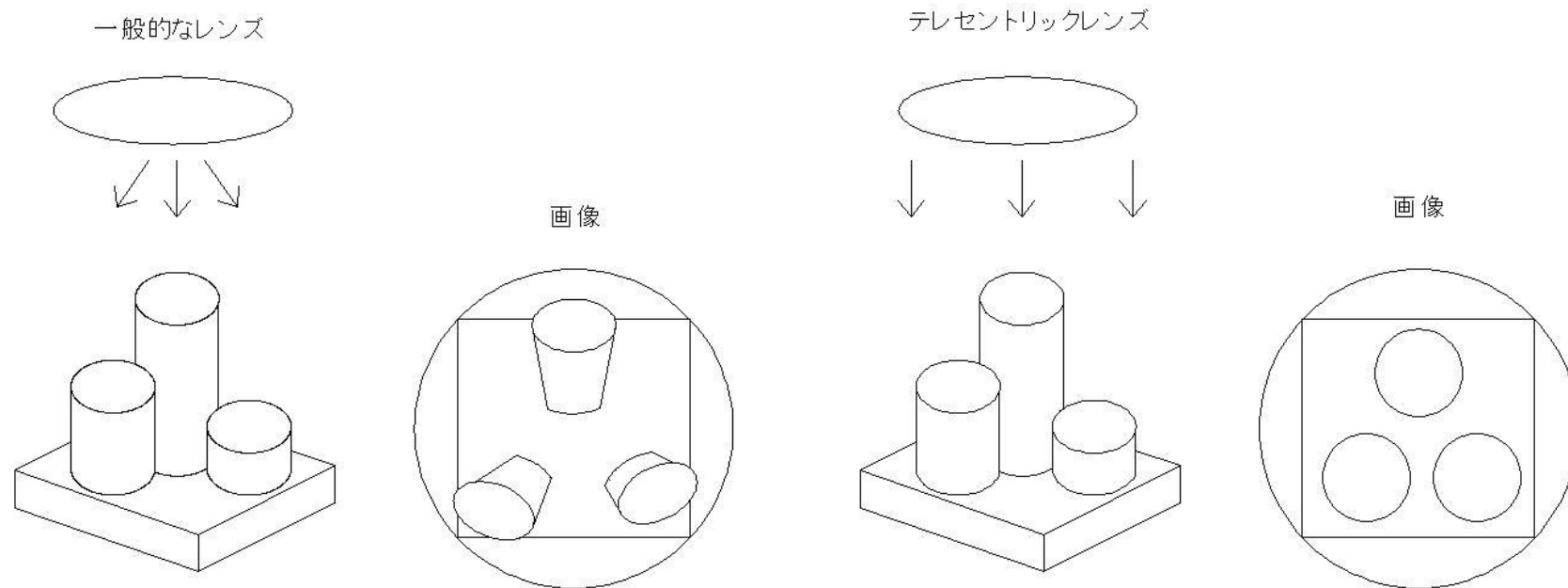
- 物体側テレセン・・・入射瞳位置が無限大。
物体側の主光線が平行。
- 像側テレセン・・・射出瞳位置が無限大。
結像面側の主光線が平行。
- 両側テレセン・・・入射 & 射出瞳位置が無限大。

- 被写体の高さに関わらず、同じサイズに映る。 …(A)
- ピント合わせの誤差があっても倍率は変化しない。 …(B)
- 像側テレセンの場合、射出角度がゼロ度となる為、CCDでのシェーディング特性が良い。

テレセントリックの利点

Confidential

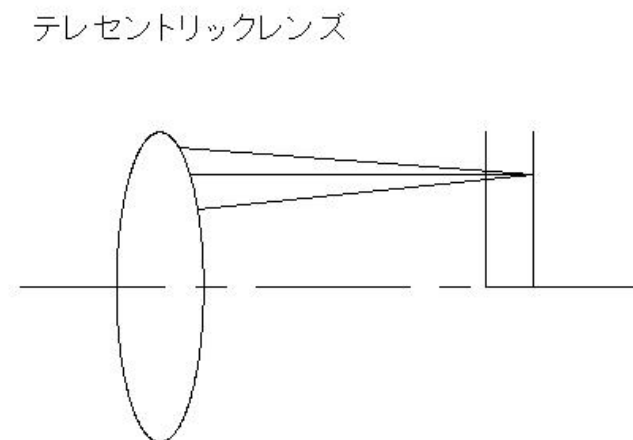
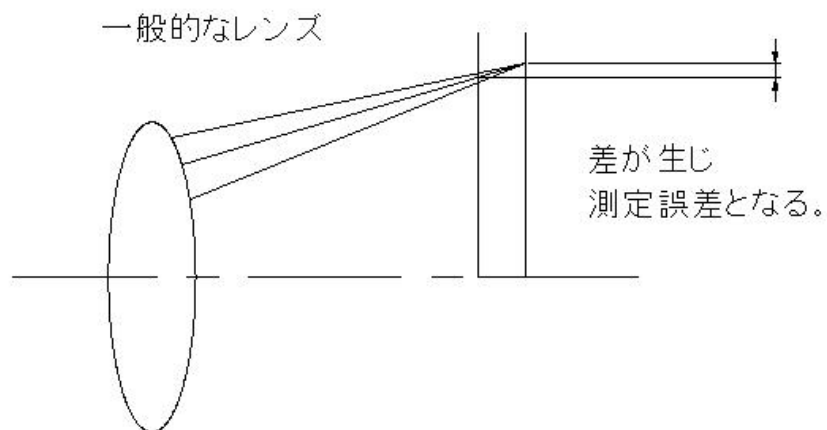
(A) 被写体の高さに関わらず、同じサイズに映る。



テレセントリックの利点

Confidential

(B) ピント合わせの誤差があっても倍率は変化しない。



- 物体側テレセンの場合、被写体サイズよりもレンズ径を大きくする必要があり、装置を大型化しなくてはならない。
- 一般的にテレセンにするには、非球面化や球面レンズの枚数を増やす為、高コストになる。
- 汎用品が少なく、単価が高い。(一品一様の為)

- ステツパレンズ
- 顕微鏡の対物レンズ
- CCD撮像素子用の撮影レンズ
- FA用レンズ
- 照明装置
- etc

- テレセントリック光学系とは、光軸に対して主光線が平行となる光学系の事を言う。
- 入射瞳、もしくは射出瞳位置が無限大となる光学系である。
- 用途により、物体側、像側、両側など使い分ける必要がある。

- 光学入門
著者：岸川利郎 発行：オプトロニクス社
- 光技術総合辞典
オプトロニクス社編集部
- 社内資料 その他

JIA Lens Working Group 第8回 レンズ仕様勉強会

TAMRON®

産業の眼を創造貢献するタムロン



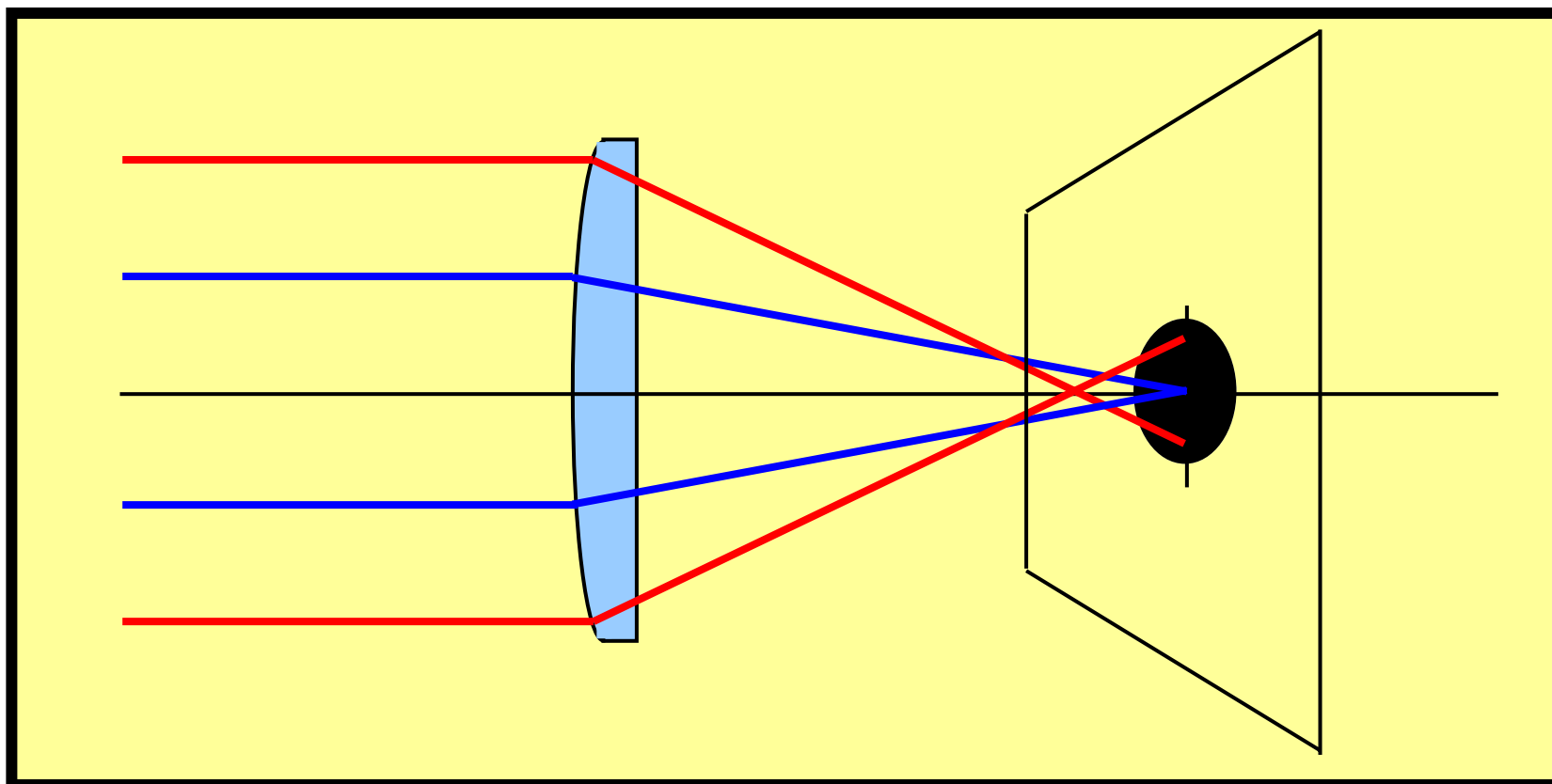
球面収差とコマ収差

CONFIDENTIAL

本書類はCONFIDENTIAL扱いの書類であり、機密情報を含んでおります。
弊社の許可なく、本書類をJIAメンバー以外の第三者に開示する事はできません。
本書類の取り扱いには十分ご注意願います。

球面収差とは？

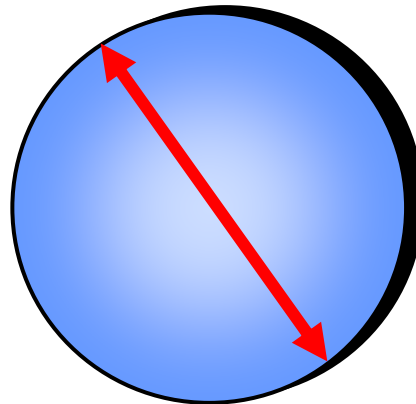
光が1点にまとまらない現象



CONFIDENTIAL

有効径と球面収差の関係

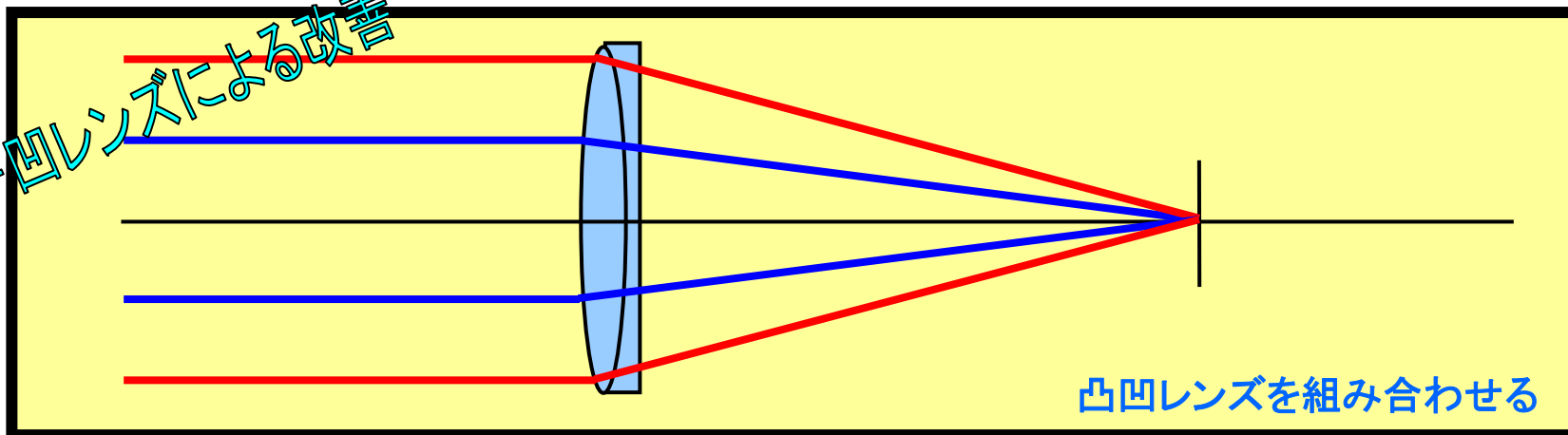
球面収差の像広がり → レンズ直径に対して3乗比例の関係
→ レンズの直径を小さくすれば良い



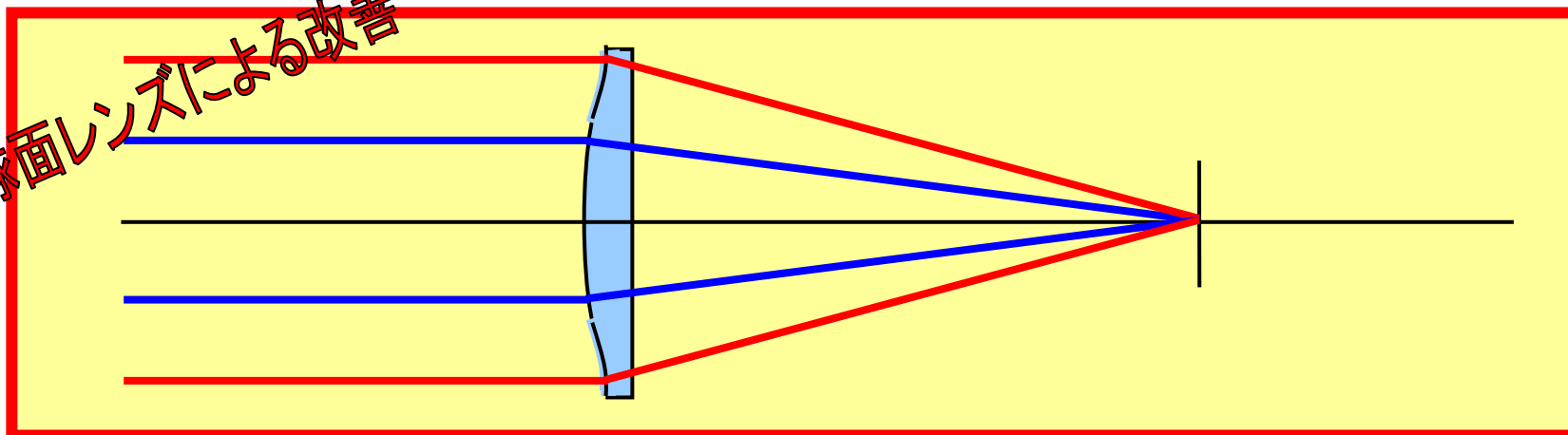
CONFIDENTIAL

球面収差 改善方法の例

凸+凹レンズによる改善



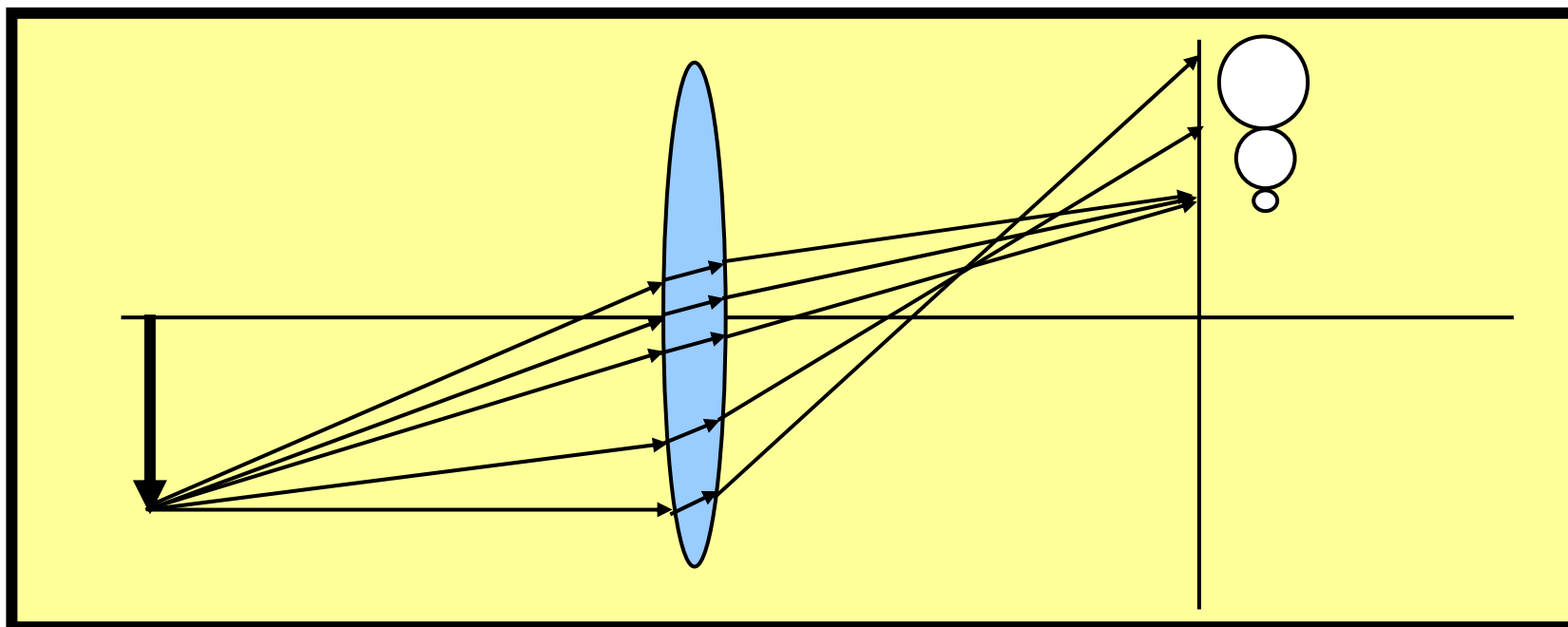
非球面レンズによる改善



CONFIDENTIAL

コマ収差とは？

彗星の尾のように見える



CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

本書類はCONFIDENTIAL扱いの書類であり、機密情報を含んでおります。
弊社の許可なく、本書類をJIIAメンバー以外の第三者に開示する事はできません。
本書類の取り扱いには十分ご注意願います。

JIA Lens Working Group レンズ仕様勉強会



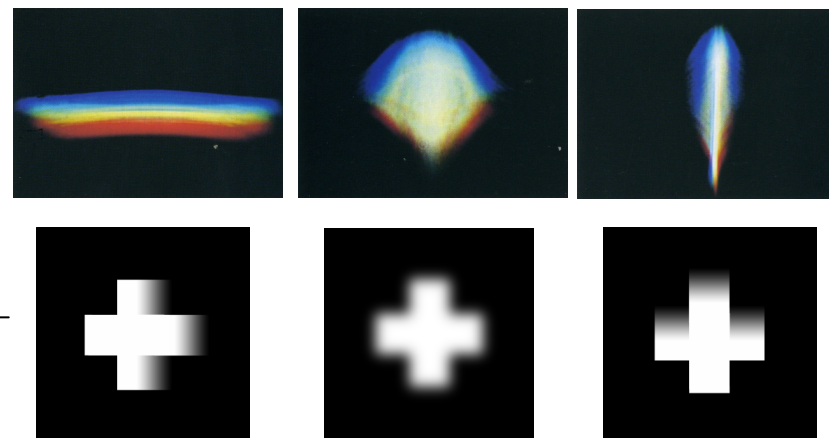
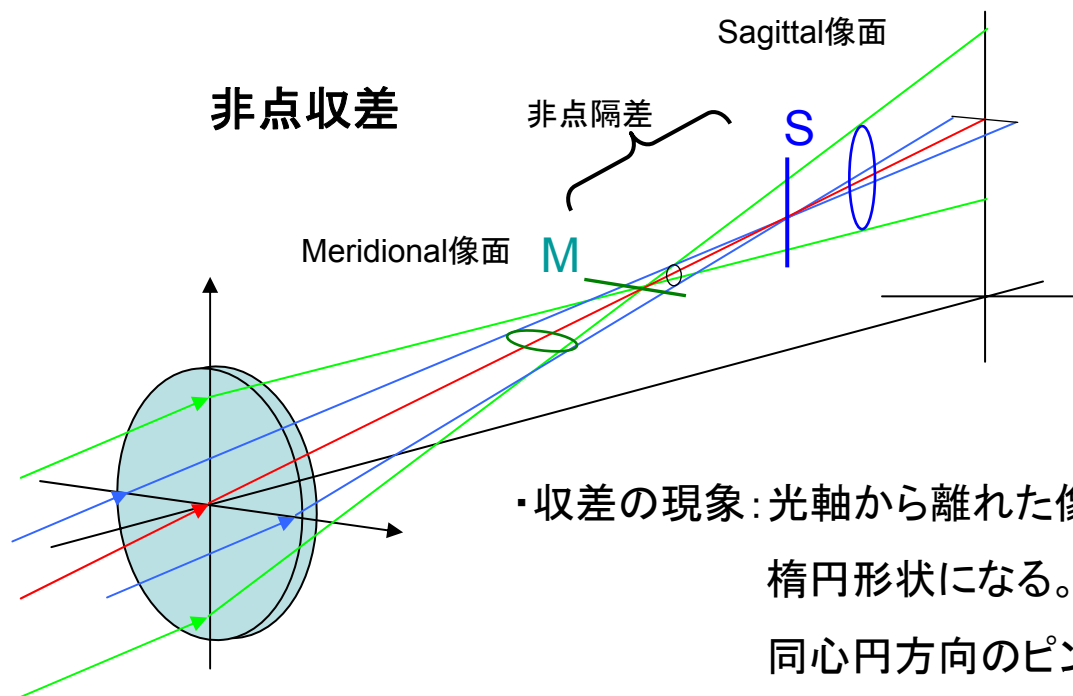
第9回 非点収差と像面湾曲



2009年9月18日

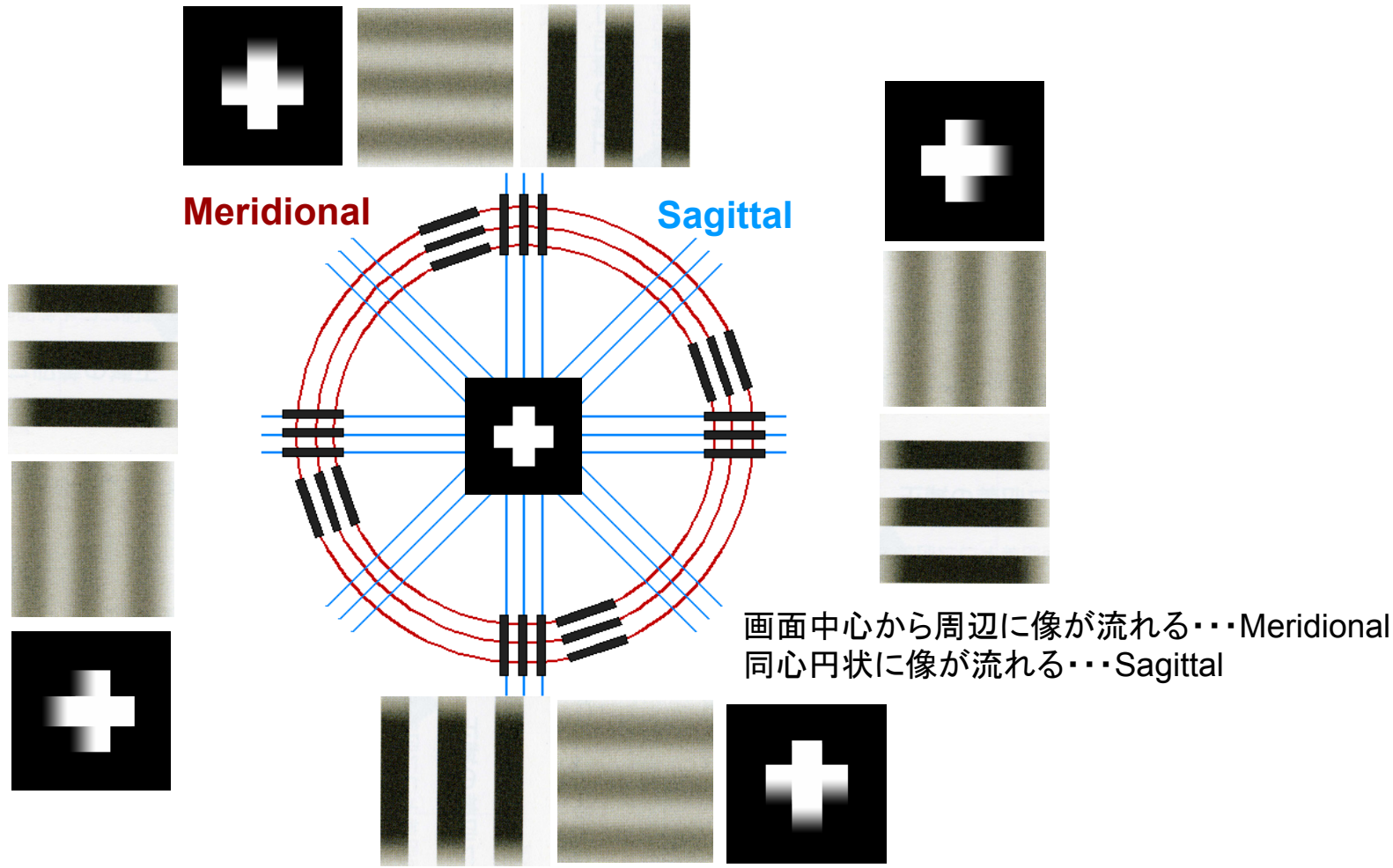
株式会社モリテックス
MVS事業部 MMLグループ

非点収差 : Astigmatism



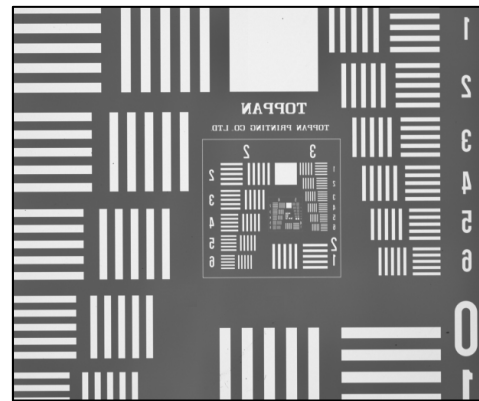
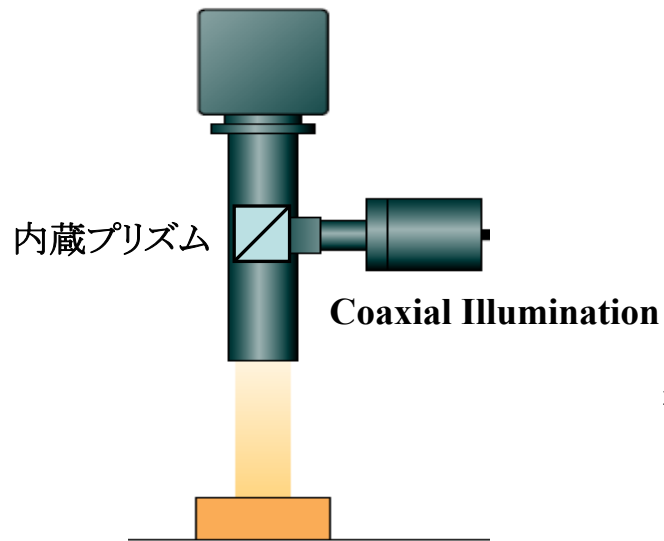
- ・収差の現象 : 光軸から離れた像が接線方向や半径方向に広がった線や楕円形状になる。解像力チャートを見た場合、放射方向と同心円方向のピント位置が異なる。
- ・発生原因 : レンズのSagittal方向とMeridional方向の曲率が異なるため結像面が一致しない。非点収差は画角の2乗に比例し、レンズの有効径に比例して大きくなる。画面中心は発生しない。
- ・解消策 : 絞ると深度が深くなるので目立たなくなる。

サジタルとメリディオナル方向の違い

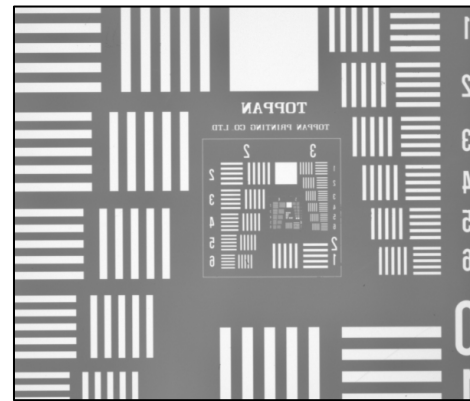
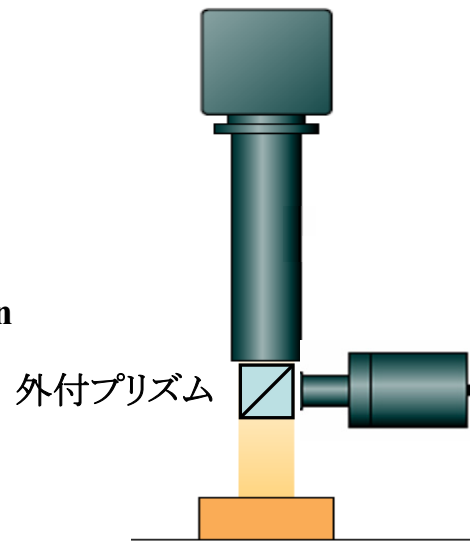


非点収差の発生(特殊な例)

ハーフミラーによる非点収差



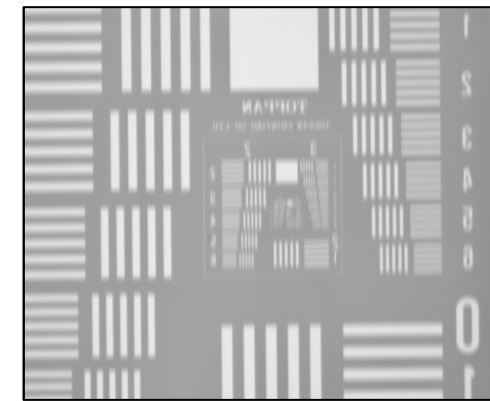
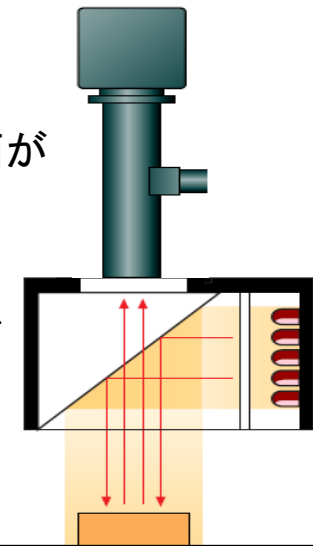
発生しない



発生しない(球面収差に注意)

傾いた平行平面があると発生

45° ハーフミラー

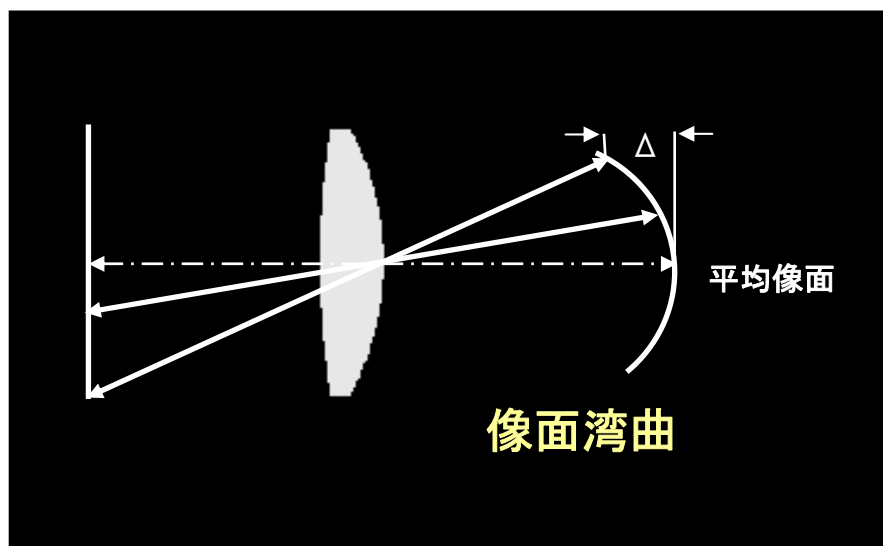


画面全域に発生する

像面湾曲 : curvature of field



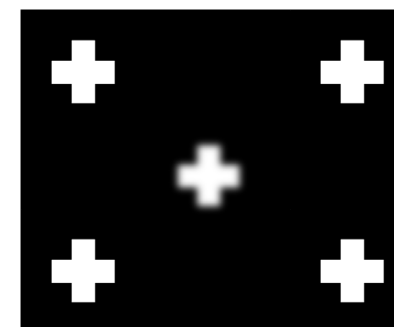
- ・収差の現象 : 像が平面上に結像せずに湾曲し、光軸を離れるにしたがって近軸像平面から離れる収差
- ・発生原因 : レンズの硝材・形状による。像面湾曲による湾曲量は画角の2乗に比例し、レンズの有効径に比例して大きくなる。
- ・解消策 : ペッツバル和を出来るだけ少なくなるようレンズ設計する



中心ベスト



周辺ベスト



ペッツバル和: Petzval Sum



- ペッツバル和・・・像面湾曲の度合いを端的に表す簡単な関係式
光軸付近の像面の曲がり具合を表す

$$P = \sum_{k=1}^k \frac{1}{n_k f_k}$$

P: ペッツバル和

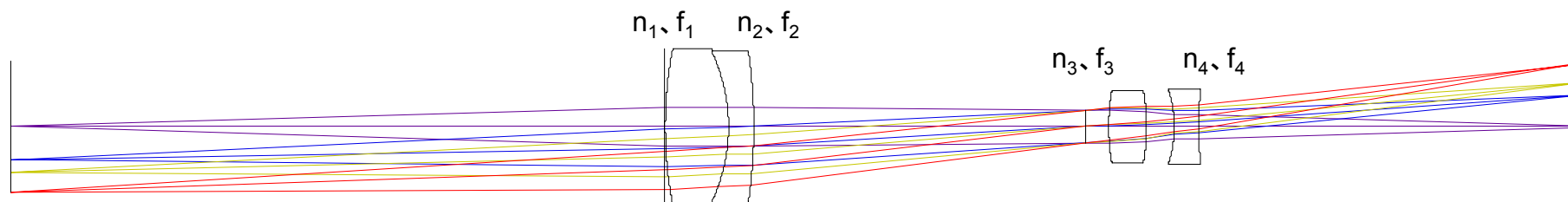
焦点距離の符号

n_k : k番目のレンズの屈折率

凸レンズ: プラス

f_k : k番目のレンズの焦点距離

凹レンズ: マイナス



対策

- 屈折率は必ず正の値をとるため、結像レンズの場合ペッツバル和を小さくするために、凸レンズだけでなく凹レンズも使用しなければならない。

JIA Lens Working Group レンズ仕様勉強会

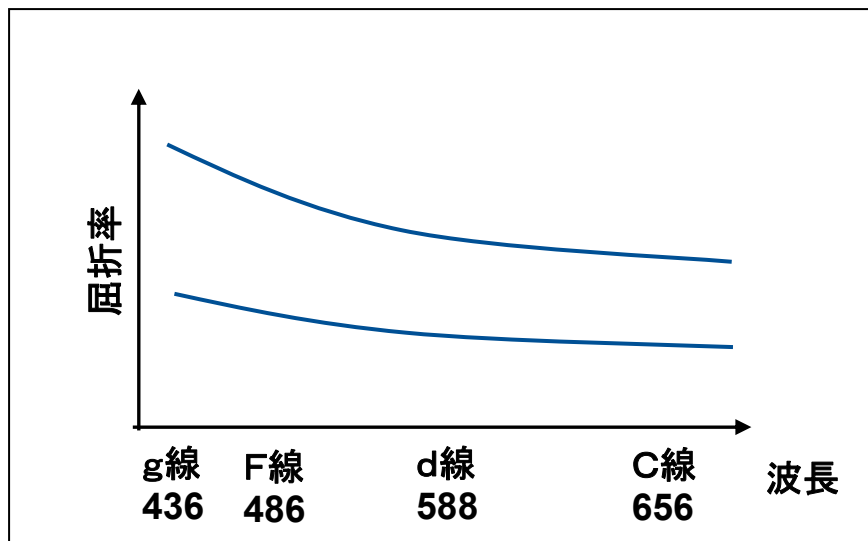
第10回 色収差



色収差 Chromatic aberration

光学系の結像状態が、光の波長により変化する収差

光学材料の波長による屈折率の変化

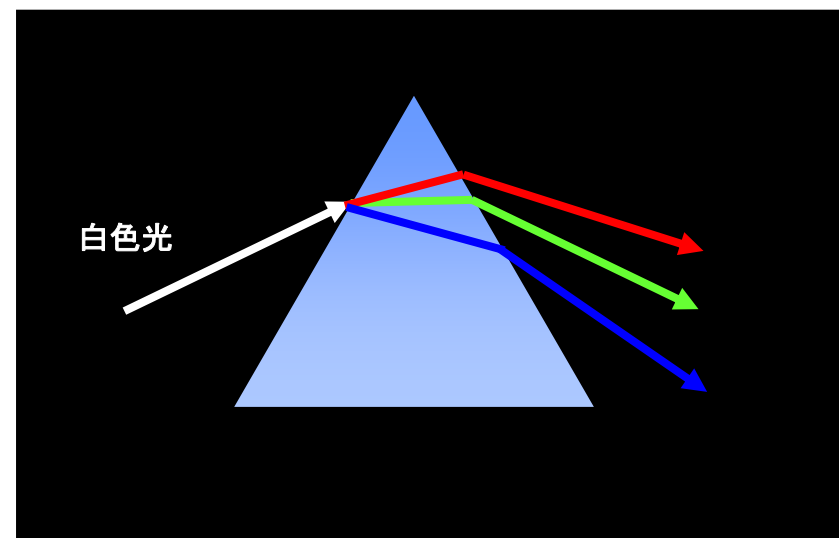


光学材料: ガラス、プラスチック、結晶等

波長によって屈折率が変化する現象: 分散

グラフの形状は殆どの材料で一定、異なるものは異常分散

プリズムによる色分解



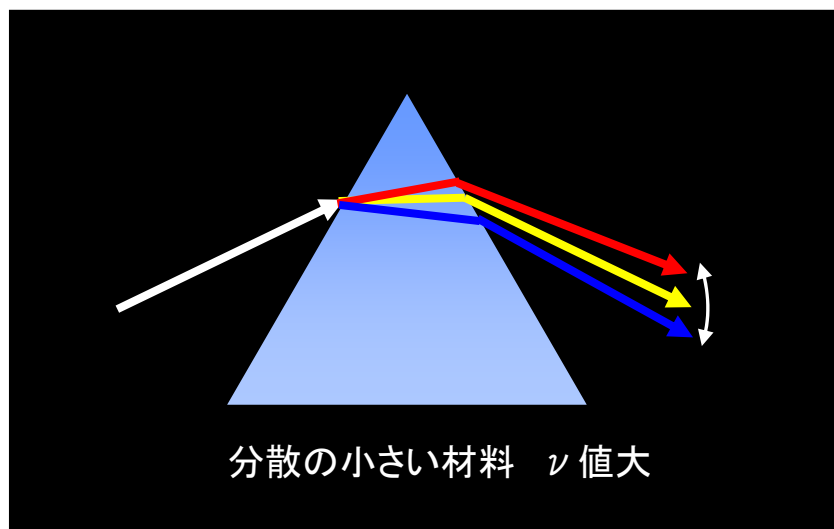
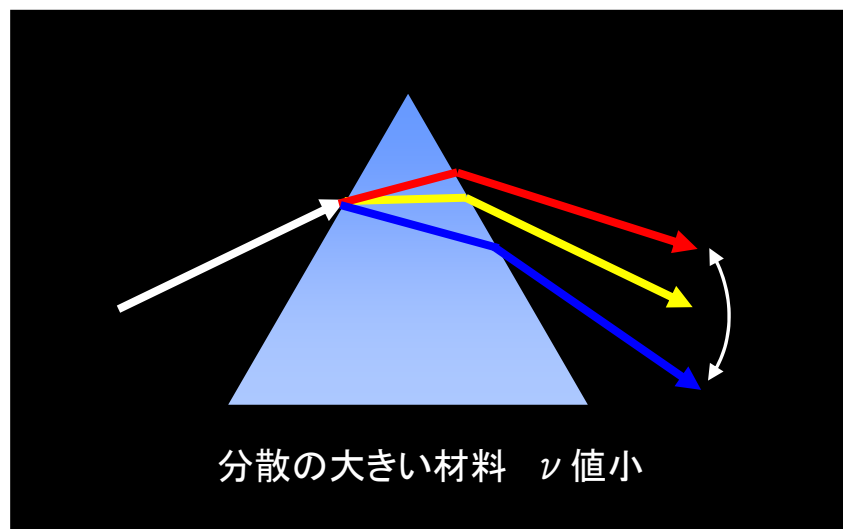
波長により屈折する角度が異なる

分散Dispersionとアッベ数Abbe number

アッベ数 $\nu_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

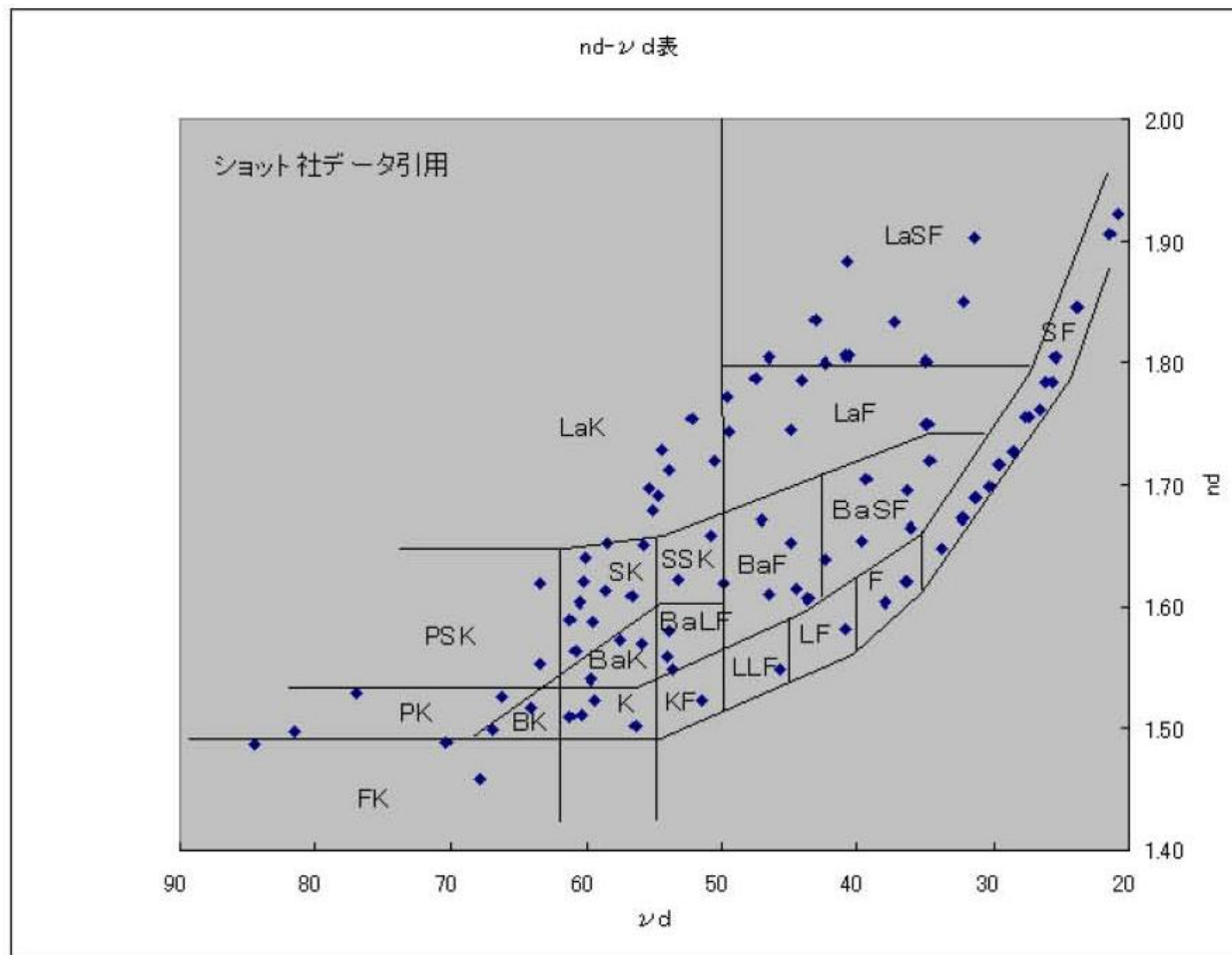
$(n_F - n_C)$: 主分散

プリズムによる色分解

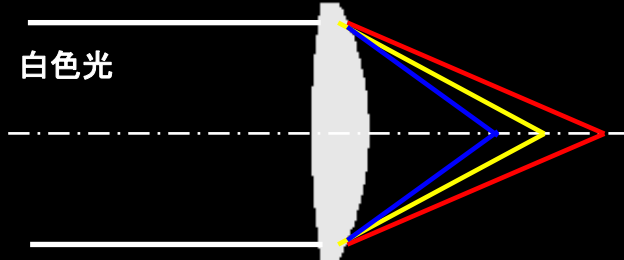


光学材料の分散の大小により色収差量が変わる

光学ガラスの種類

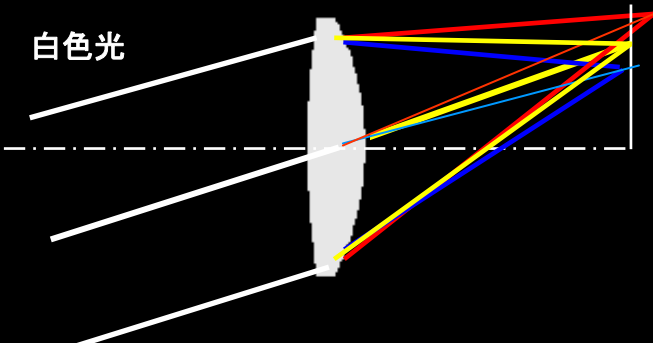


軸上色収差と倍率色収差



軸上色収差(縦色収差)
Longitudinal chromatic aberration

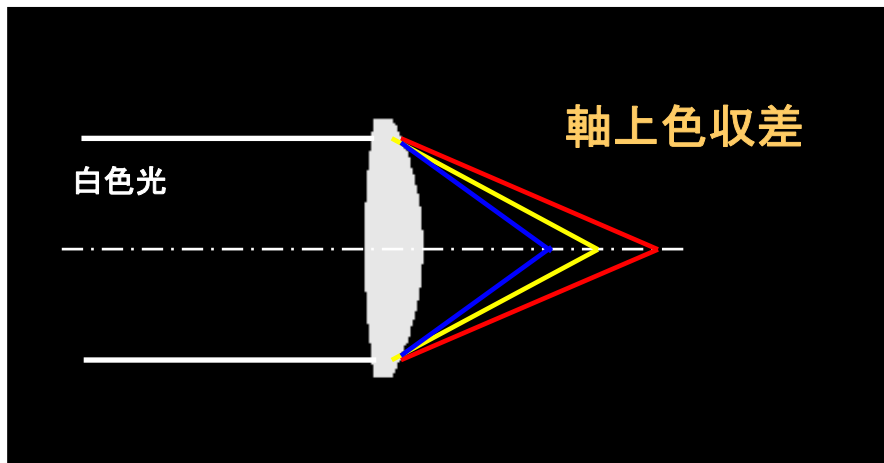
色によって結像位置が異なる現象
 波長による焦点距離の違い



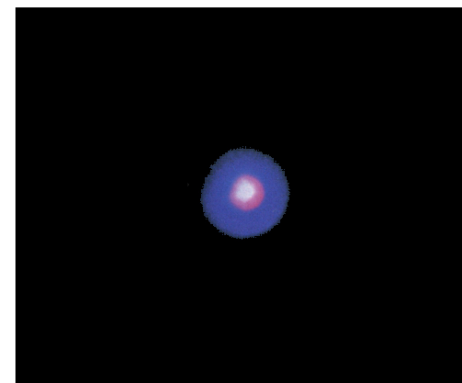
倍率色収差(横色収差)
Lateral chromatic aberration

色によって像の大きさが異なる現象
 波長による横倍率の違い

軸上色収差の見え方



スポット像

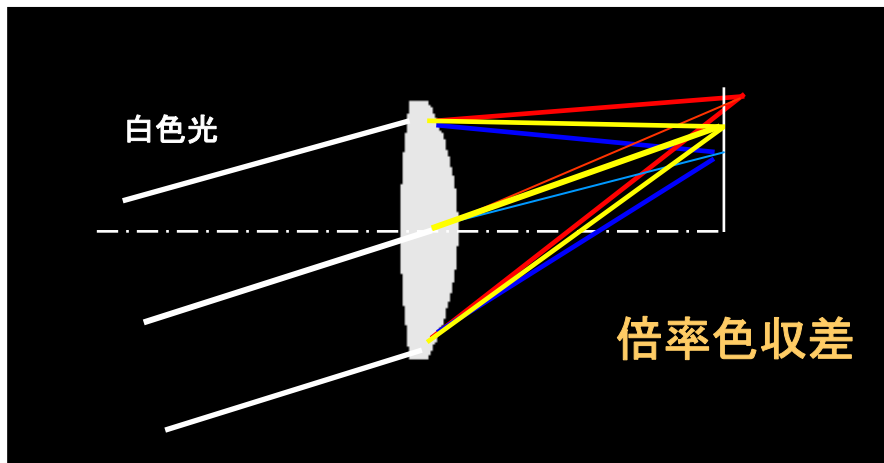


主に中心で発生

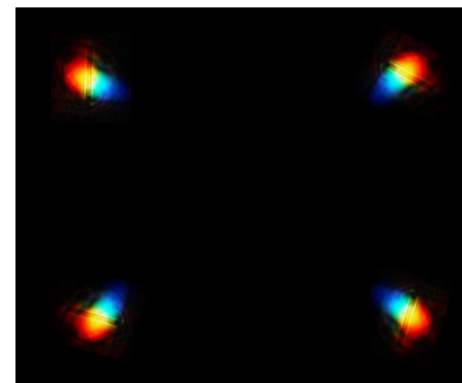
カラーカメラで観察した場合、色にじみを認識できる
 白黒カメラで観察した場合、ボケにしか認識できないが
 色を変えると、結像位置が変化するので、認識できる



倍率色収差の見え方



スポット像



主に画面周辺で発生

カラーカメラで観察した場合、色ズレを認識できるが
白黒カメラで観察した場合、ボケにしか認識できない



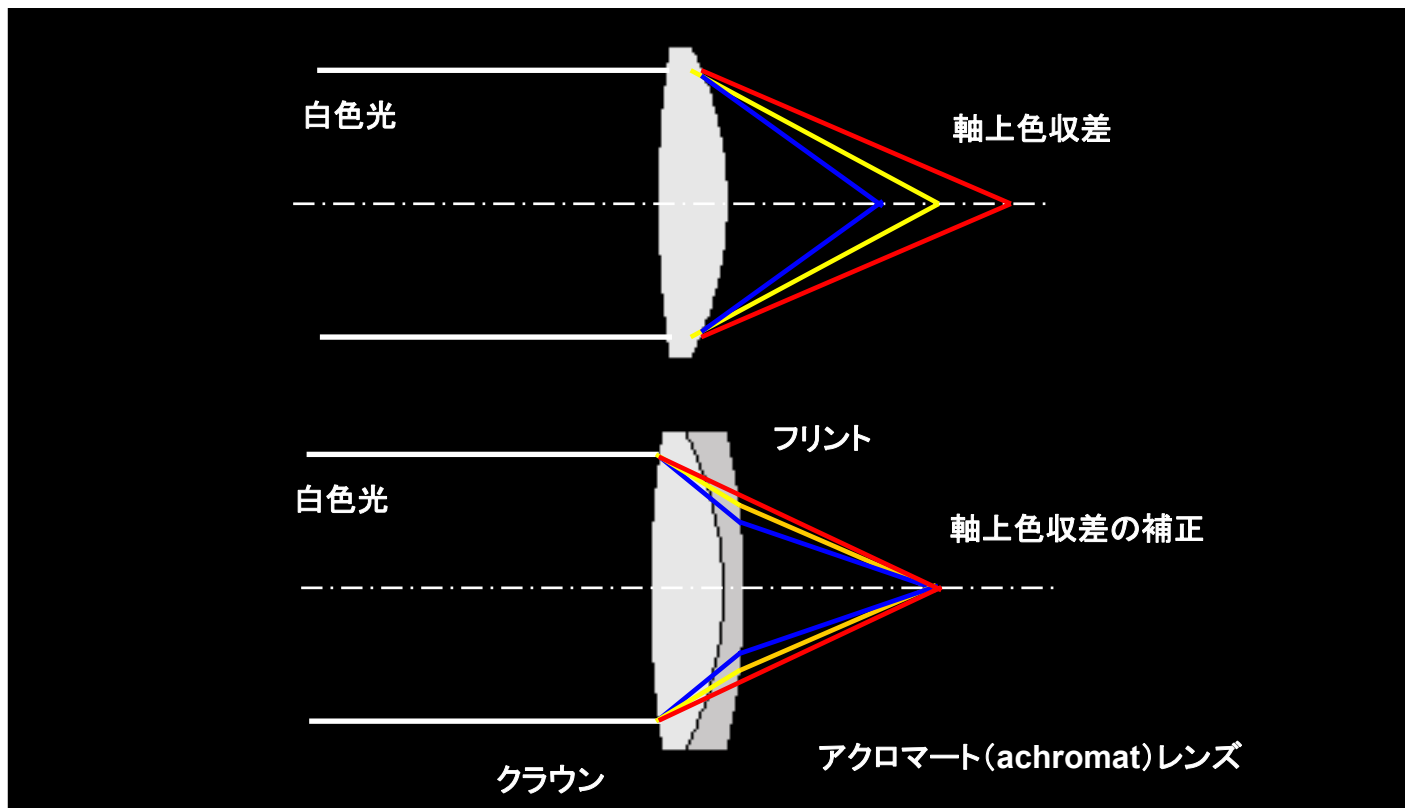
カラーカメラの場合



白黒カメラの場合

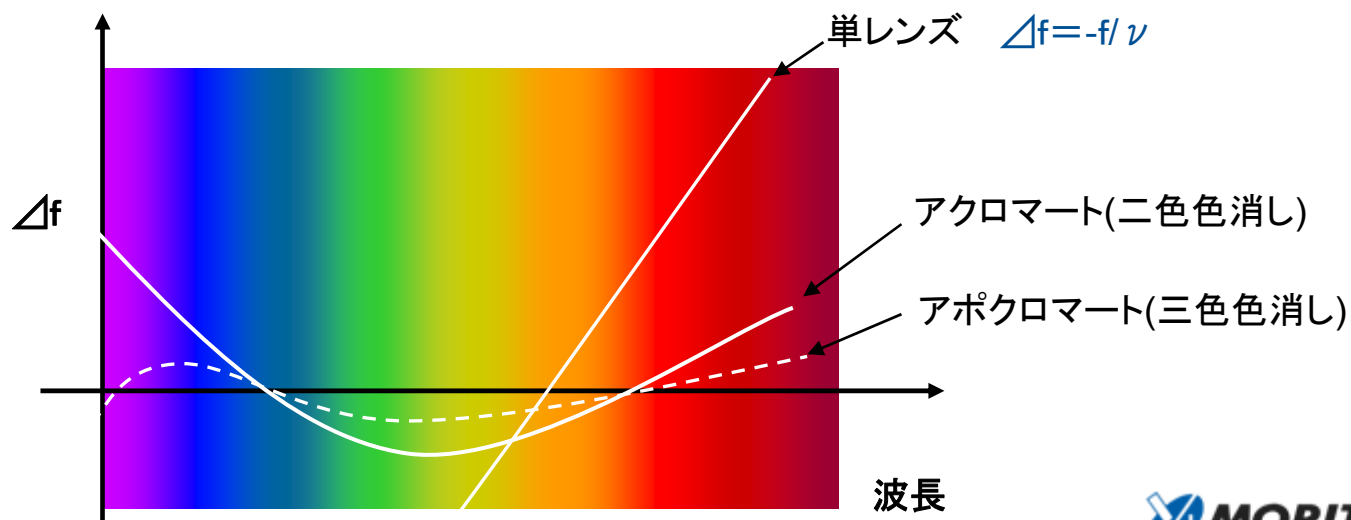
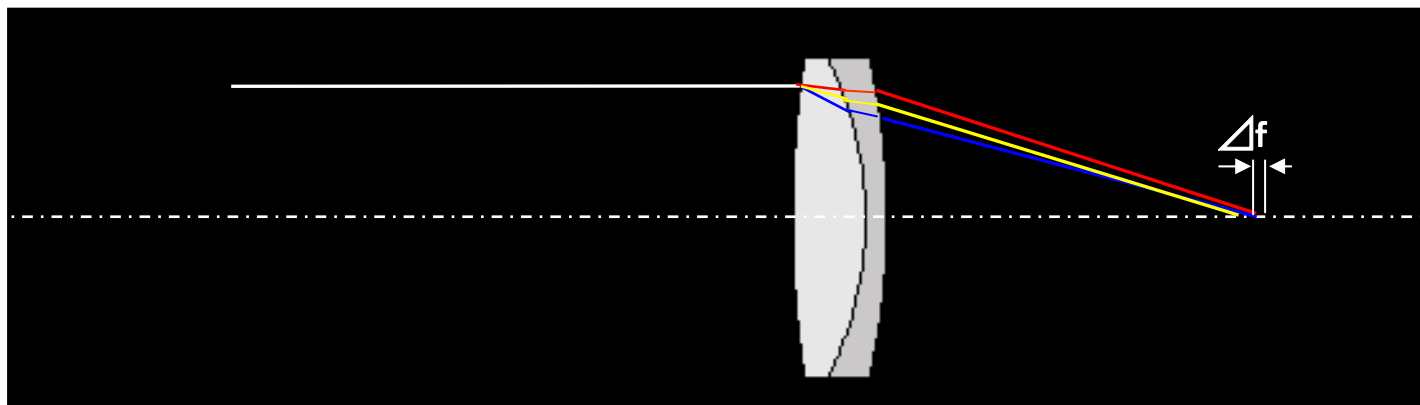
軸上色収差の補正

クラウンガラスとフリントガラスによる軸上色収差の補正

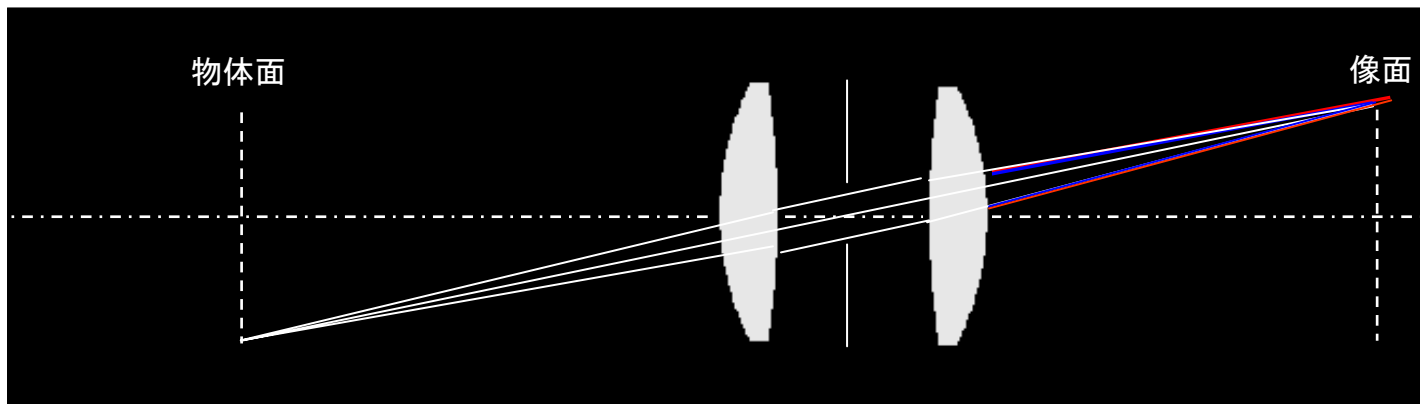


2種類のガラスを用いることで軸上色収差を補正することができる
薄肉密着レンズの色消し条件 $1/(\nu_1 \cdot f_1) + 1/(\nu_2 \cdot f_2) = 0$

色収差補正の状態



倍率色収差の補正



絞りに対して対称の構成とすることで、互いに打ち消しあい
倍率色収差を補正。
凸レンズのみでは、軸上色収差が残る。

色収差とは

- 色収差とは、波長(色)により光学系の結像状態が変化する収差。
- 色収差には軸上色収差(縦色収差)と倍率色収差(横色収差)がある。
- 軸上色収差: 波長(色)により結像位置が変化する収差。

分散の異なる材料で、凹レンズ凸レンズの組み合わせ必要

広い波長範囲で色収差を軽減させるには、異常分散材の使用が効果的
絞ることで、改善される

- 倍率色収差: 波長(色)により像の大きさが変化する収差。

絞りに対して対称の構成により、凸レンズのみでも補正できる。

- この資料の知的所有権はJIJAに帰属しますが、掲載した内容については、作成した各社にあります。
The intellectual property of this document is held by JIJA, but the contents' properties are held by respective companies.
- 本資料に掲載の商品、仕様等の名称は、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。
All brand names and product names are trademarks or registered trademarks of their respective companies.

【お問合せ先/ Contact Us】

JIJAについては:

JIJA事務局

<http://www.jiia.org>

レンズ分科会については:

主査 山口 裕 (東芝テリー(株))

y-yamaguchi@toshiba-teli.co.jp

Confidential