

LER-002-2009

# 光学仕様勉強会資料

## Vol. 1 (#1-6)

2009/03/19

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. **焦点距離とFナンバーについて** 3  
株式会社モリテックス
2. **歪曲について** 13  
CBC株式会社
3. **周辺光量について** 25  
株式会社タムロン
4. **分光透過率とシェーディングについて** 34  
興和株式会社
5. **レンズの主要点** 44  
HOYA株式会社
6. **レンズの公式** 55  
株式会社モリテックス

**Confidential**

JIA Lens Working Group

# 第1回 レンズ仕様勉強会

2008年10月31日

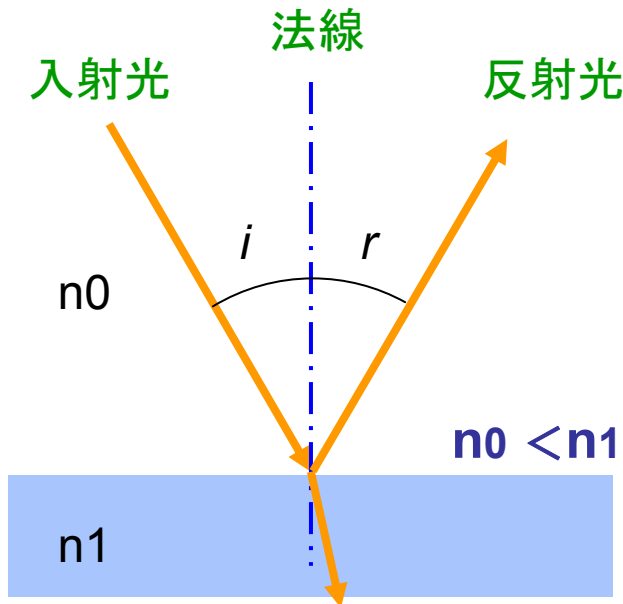


## 焦点距離とFナンバーについて

株式会社モリテックス  
さいたま事業所 MMLグループ  
渡辺康一

光は均一媒質中では直進するが、異なる媒質との境界面で向きが変わる

# 反射 : Reflection



屈折率refractive indexと  
反射率reflectanceの関係 ( $i = 0$ )

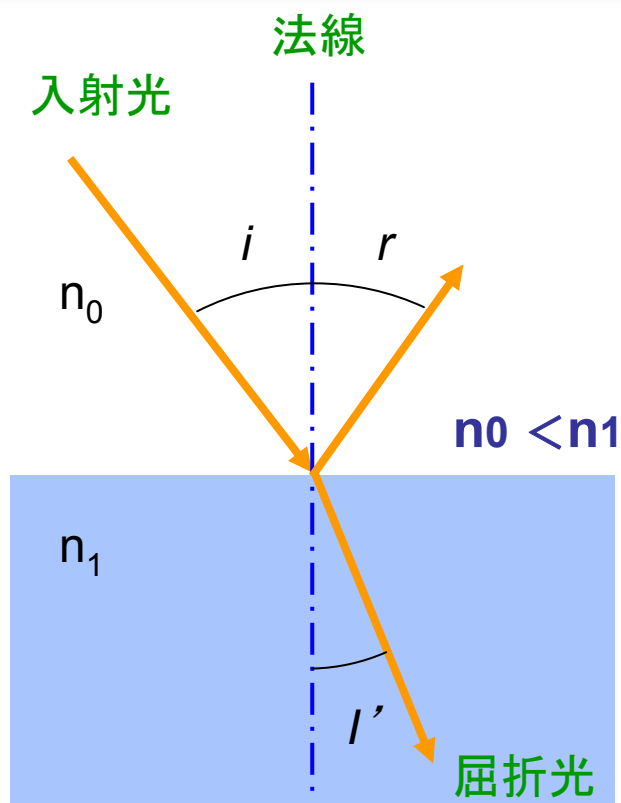
垂直入射時の反射率  $= (n_0 - n_1)^2 / (n_0 + n_1)^2$

屈折率(n1)	反射率R
1.5	4.0%
1.6	5.3%
1.7	6.7%
1.8	8.2%

入射角angle of incidence  $i$ と 反射角angle of reflection  $r$ が等しい

反射の法則

# 屈折 : Refraction



入射角 angle of incidence  $i$  屈折角 angle of refraction  $i'$  とすると  
 $n_0 \sin i = n_1 \sin i'$  の関係が成立する

屈折の法則又はスネル(Snell)の法則という

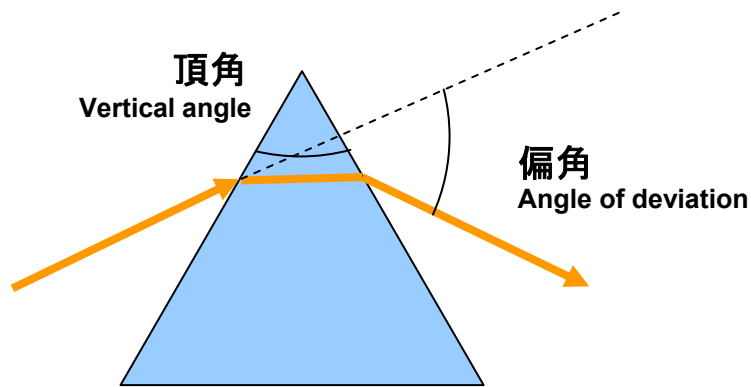
各種物質と屈折率 refractive index

物質名	屈折率
真空	1.00
水	1.33
エタノール	1.36
石英ガラス	1.46
水晶	1.54
サファイヤ	1.77
ダイヤモンド	2.42

# プリズムとレンズ

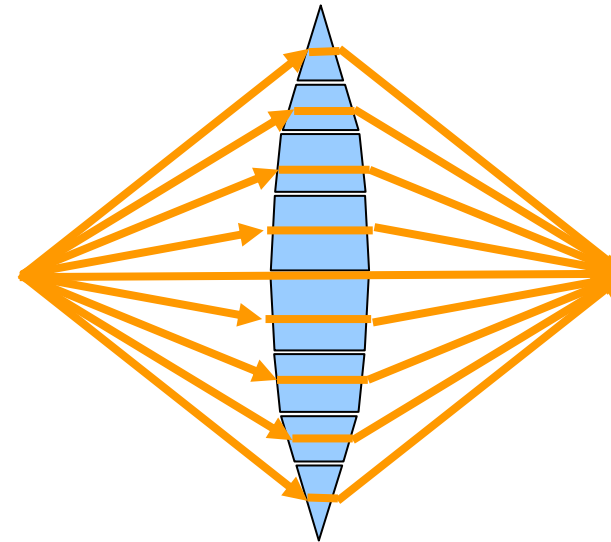


## プリズム



空気とガラスの境界面で屈折が起き、出射光は曲げられる

## レンズ



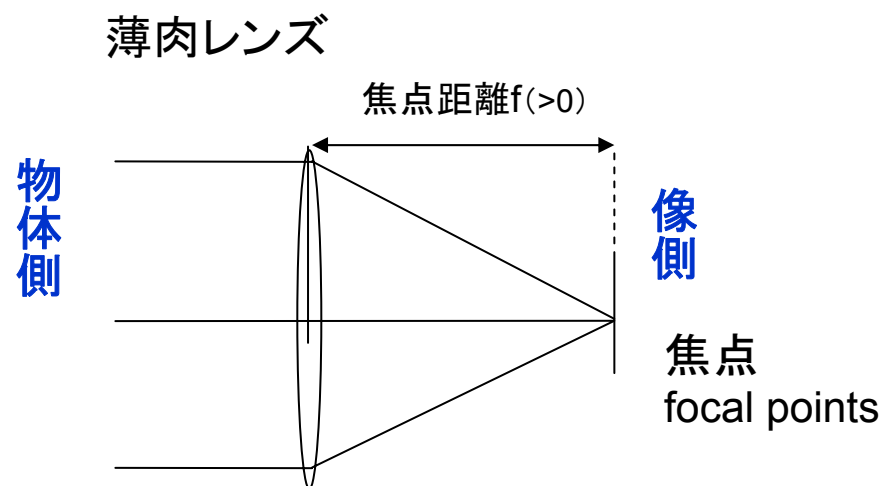
レンズは頂角の異なるプリズムの集まりと考えることができる

周辺ほど偏角が大きい

# 焦点距離 : Focal length



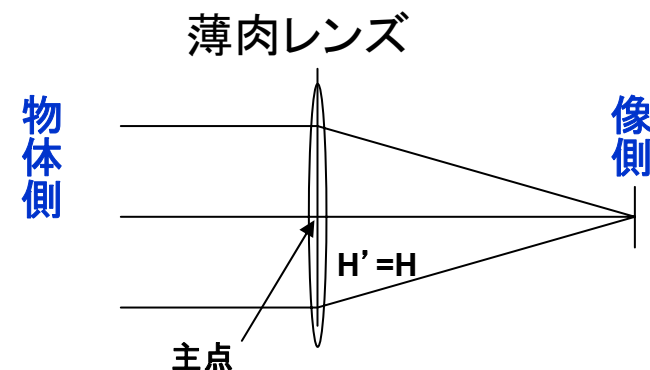
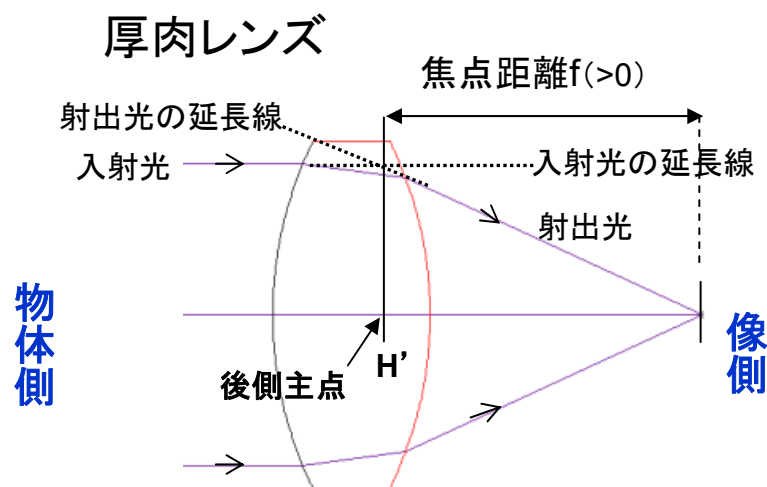
光軸に平行な光線がレンズに入射し、その屈折作用で、光線が1点に集まる点を焦点と呼ぶ。薄肉レンズとした場合、その中心から焦点までの距離を**焦点距離** focal lengthと呼ぶ



# 主点: Principal points



光軸と平行にレンズへ入射する光線の延長線と、レンズから屈折して出てくる射出光の延長線の交点から光軸に垂線を下ろしたときに光軸と交わる点を主点principal pointsと呼ぶ。

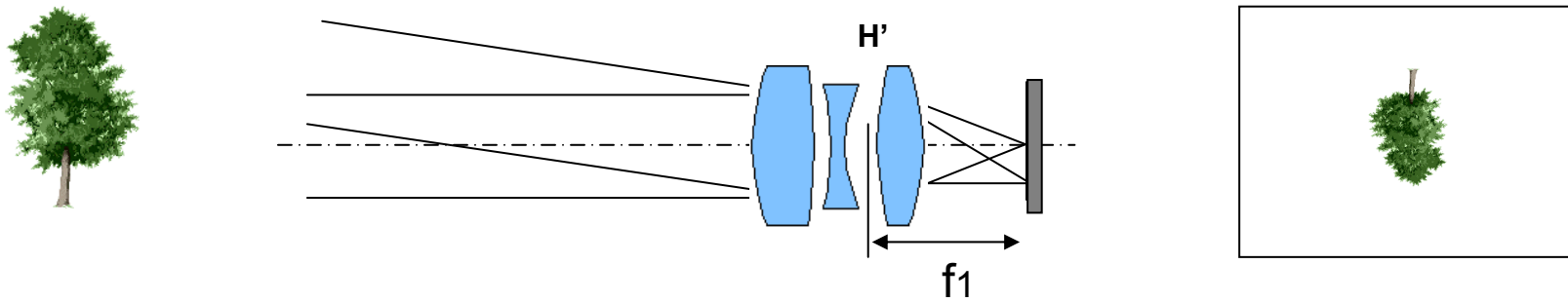




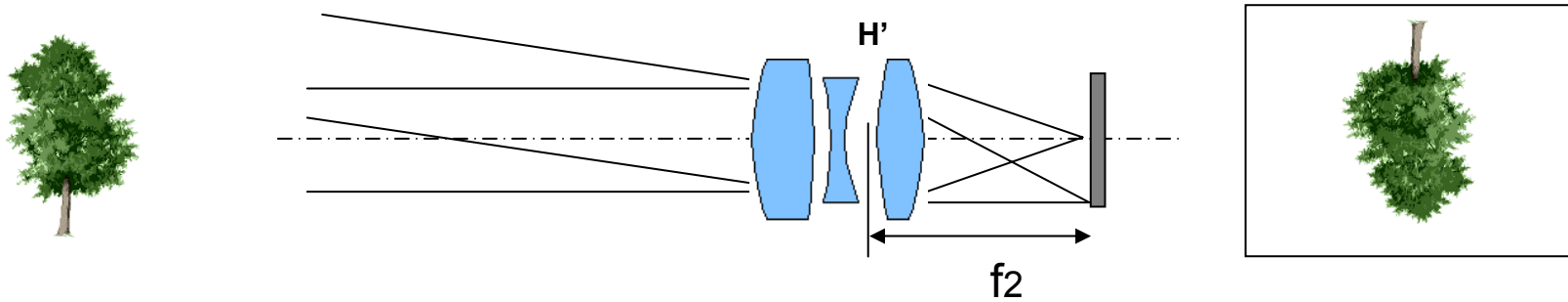
# 焦点距離と像の大きさ



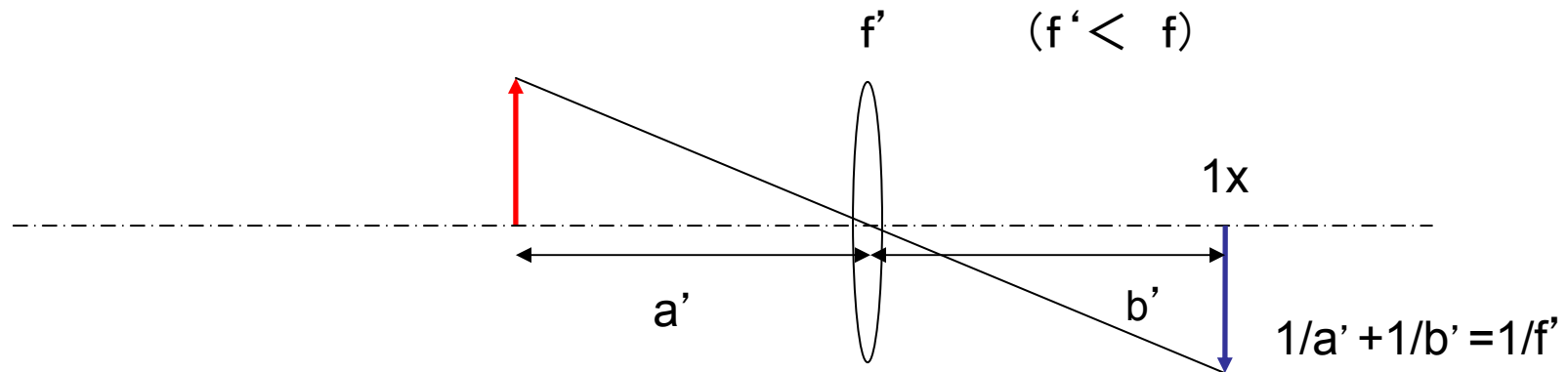
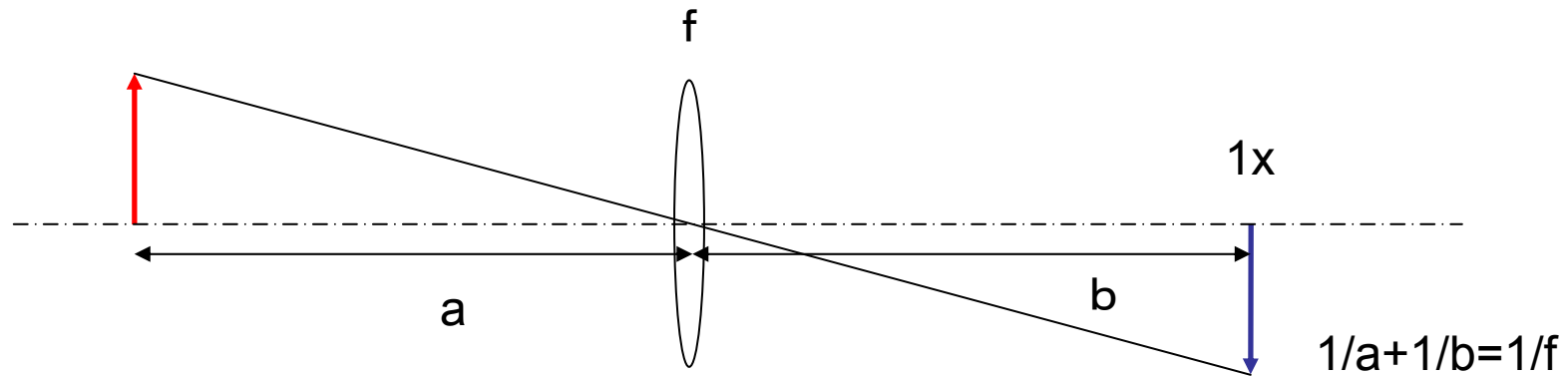
焦点距離が短い場合



焦点距離が長い場合



# 有限系での焦点距離と倍率 magnification

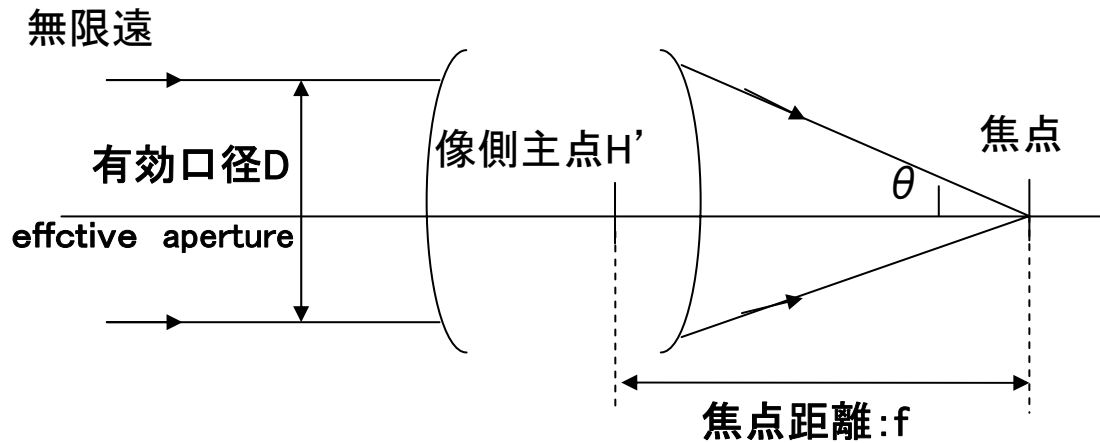


倍率  $m = b/a = b'/a'$  焦点距離が関係しない

# Fナンバー : F-number



Fナンバーは像の明るさ(照度 illuminance)を表す量  
 $F\text{ナンバー} = 1/(2\sin \theta) = f/D$



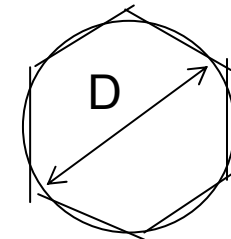
Fナンバー

$$Fno(\infty) = 1/(2\sin \theta)$$

$$= f/D$$

面積 S

$$S = \pi (D/2)^2$$



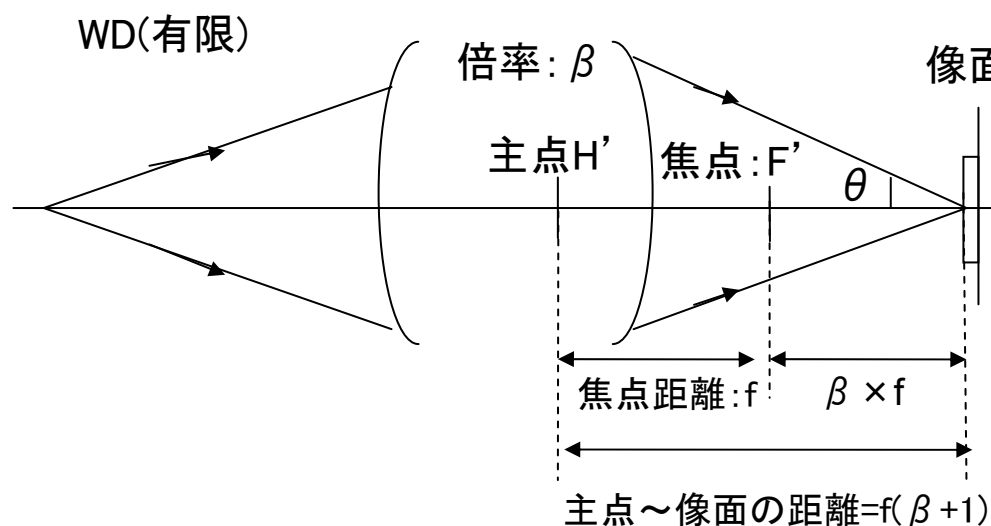
Fナンバーが2倍の場合、Dは1/2となり、面積が1/2<sup>2</sup>となるので明るさは1/4

レンズのFnoと明るさの関係

Fno	1	1.4	2	2.8	4	5.6
明るさ	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32

円形開口で無い場合、レンズの開口と同じ面積の円の直径が有効口径

## 有効Fナンバー : Effective F-number



有効Fナンバー

$$\text{有効Fno} = 1 / (2 \sin \theta)$$

$$\doteq \text{Fno}(\infty) \times [1 + \beta]$$

※上記式は、薄肉系で考えた値である。

厚肉系では、若干誤差が生じます。

JIA Lens Working Group  
第2回 レンズ仕様勉強会

2008年11月21日

*Dream Together*



CBC GROUP

*Confidential*

# 歪曲について

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

©2008 CBC Company, All rights reserved

**computar**

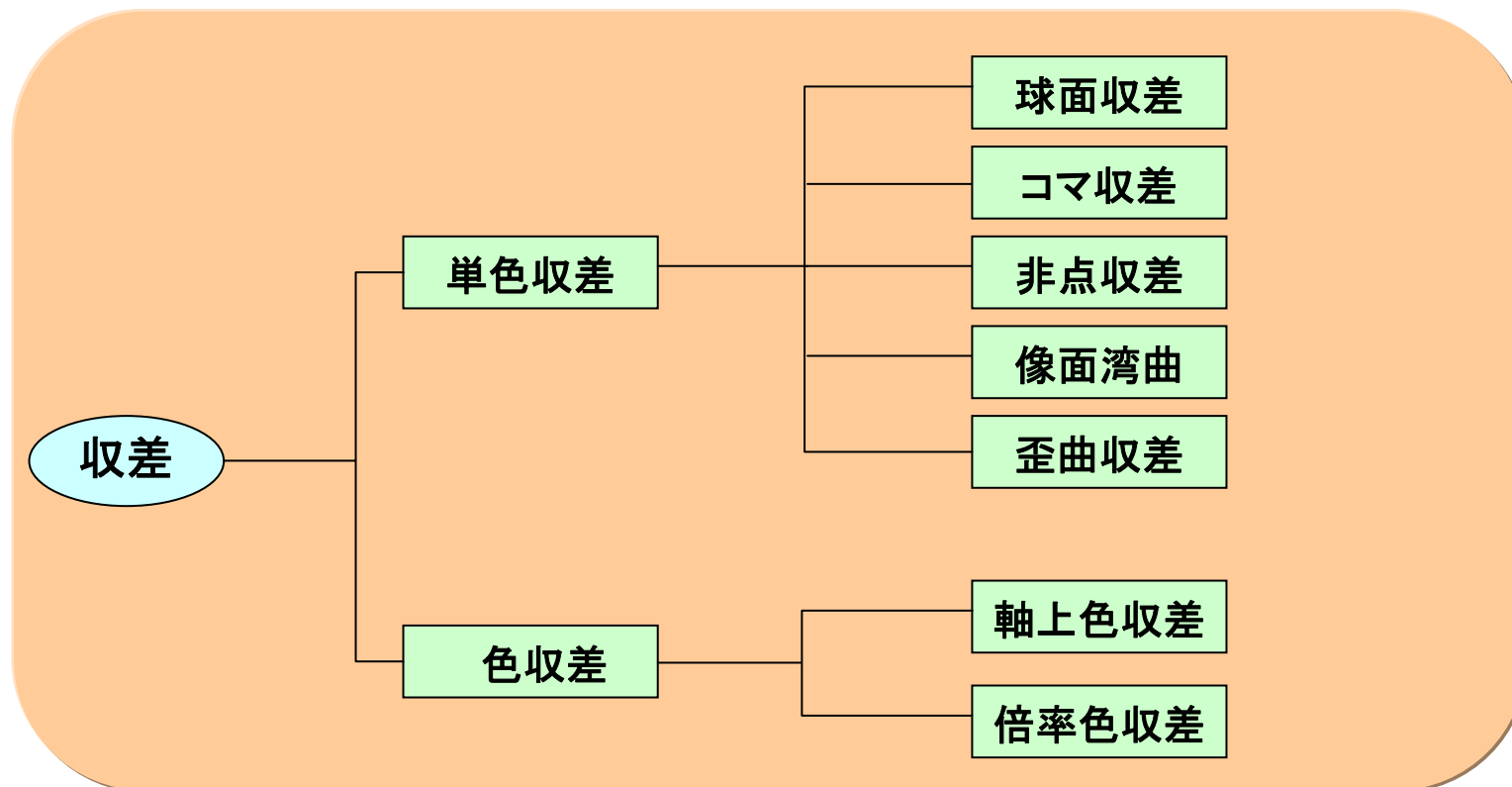
- 光の基本性質  
「物体の1点から出たあらゆる光線はレンズを通過した後、  
像面の1点に集まる。」

ところが、厳密にはこの性質は成立しません。

- 物体の1点から出た個々の光線は、レンズの表面でスネルの法則に従った屈折を生じ、像面では、ある範囲に散らばってしまいます。レンズにはこのように像がボケる現象がつきまといます。そのほかにも、レンズには物体と像の形が相似形にならない現象や色のにじむ現象が起こります。

これらの現象を称して収差と呼びます。

- 収差はあらゆるレンズに多かれ少なかれ存在し、レンズの直径や像の大きさによって大きく変化します。  
収差は以下のように分類できます。



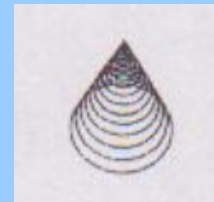
# スポットダイヤグラム

Confidential

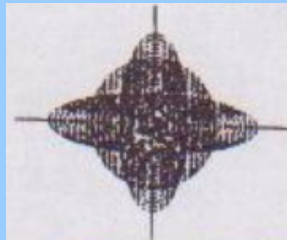
・代表的な例を下記に示します。



球面収差



コマ収差



非点収差



像面湾曲収差



- 歪曲・・・像が歪む現象

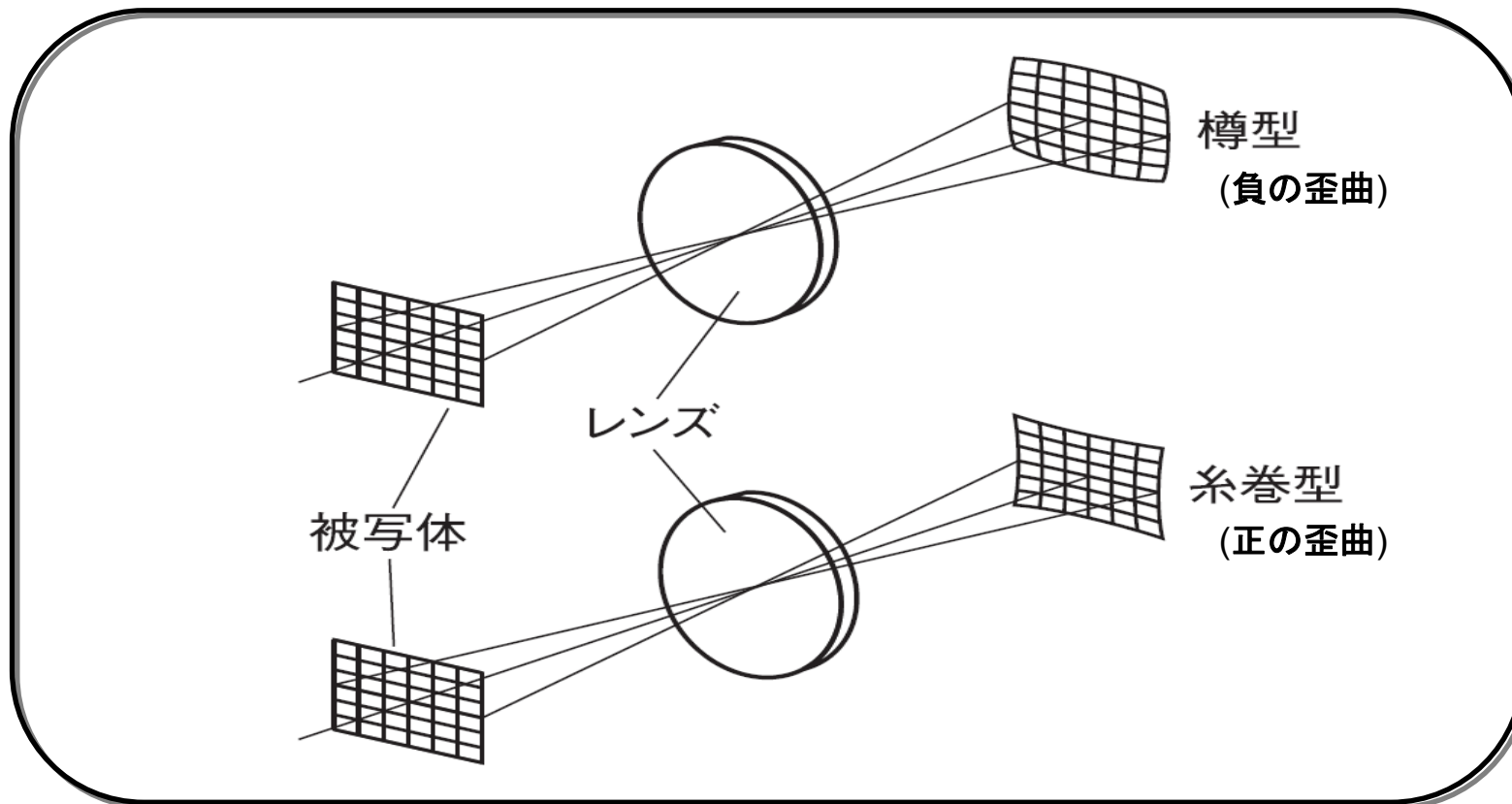
物体と像は本来、相似形であることが理想とされています。しかし画面周辺にいくと像が縮んだり伸びたりして、物体と像の相似性が崩れることがあります。

これが歪曲収差(ディストーション)です。

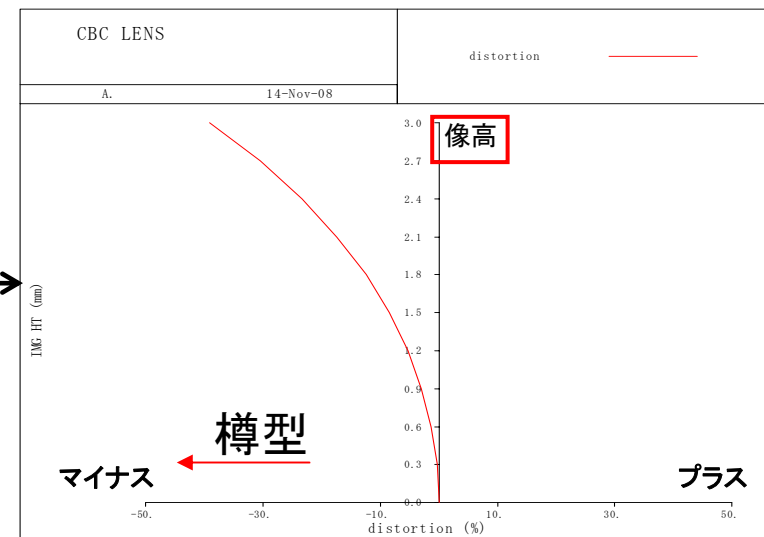
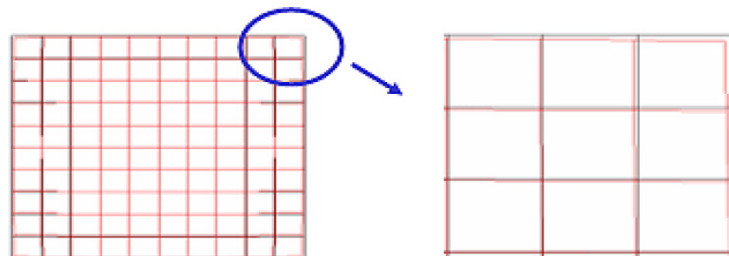
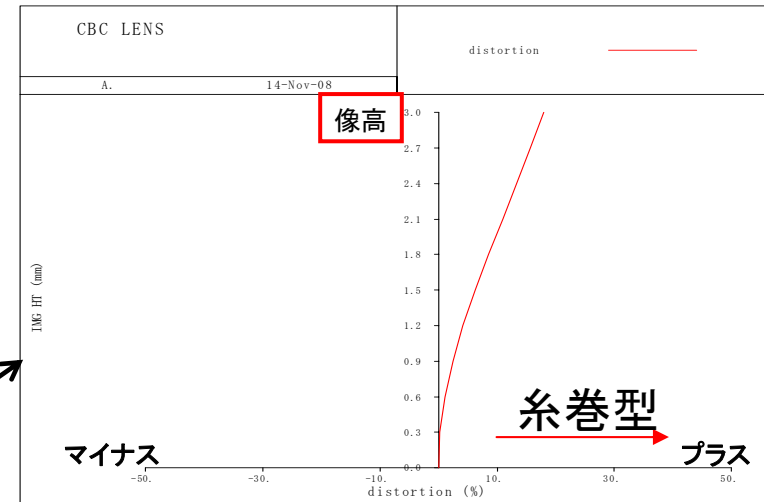
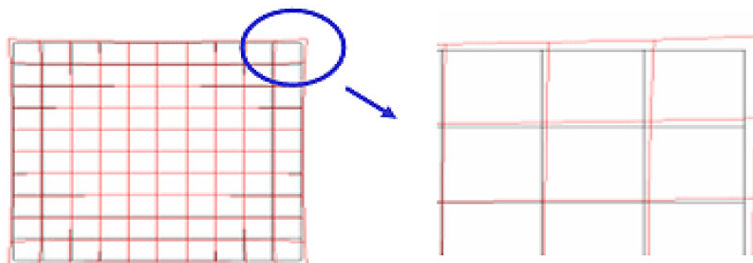
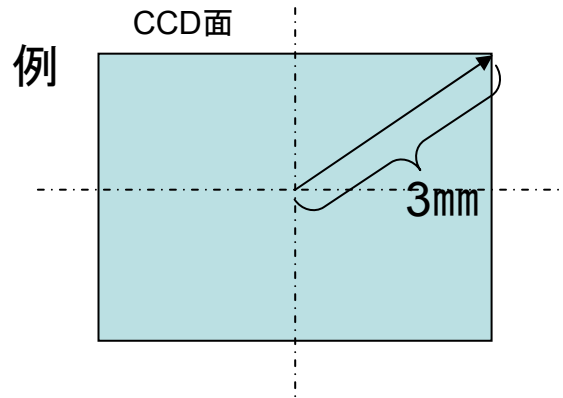
# 歪曲収差のパターン

Confidential

- 樽型    ・画面周辺ほど像が縮む現象
- 糸巻型    ・画面周辺ほど像が伸びる現象



# 歪曲収差図



※赤線: 実際の像高

※黒線: 理想像高

# ディストーション

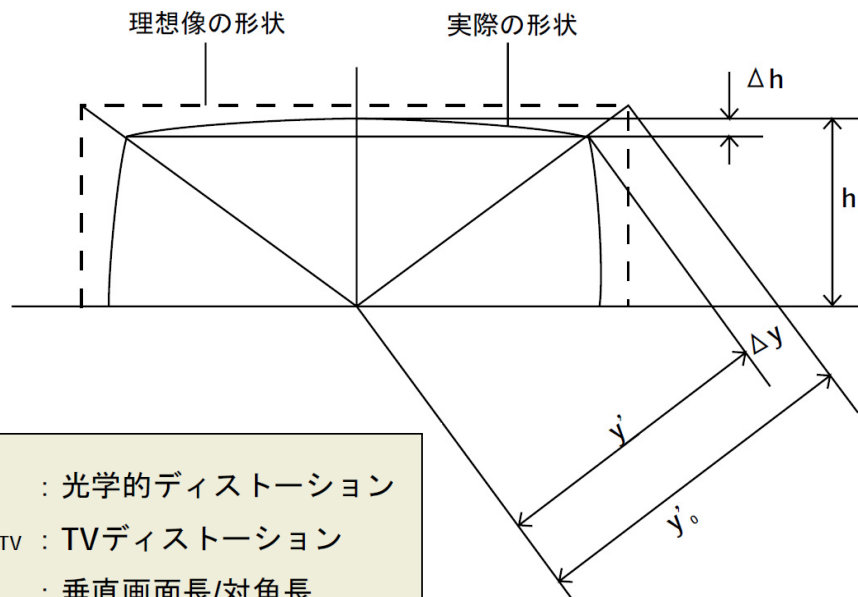
Confidential

歪曲量は像の大きさの変化の理想像高に対する百分比で表す。

$$D = \frac{y' - y'_0}{y'_0} \times 100 \%$$

$Y'_0$ : 理想像高

$Y'$ : 実際の主光線像高



D : 光学的ディストーション  
 $D_{TV}$  : TVディストーション  
m : 垂直画面長/対角長

Dの値が正ならば糸巻型  
Dの値が負ならば樽型

TV画面の場合は異なる定義の歪曲量を使用する。

$$D_{TV} = \frac{\Delta h}{2h} \times 100 \%$$

$$D_{TV} = \frac{1}{2} (1 - m^2) D$$

m = 0.6とすると

$$D_{TV} = 0.32D$$

TVディストーション( $D_{TV}$ )は  
光学的ディストーション(D)の  
1/3以下となることが多い

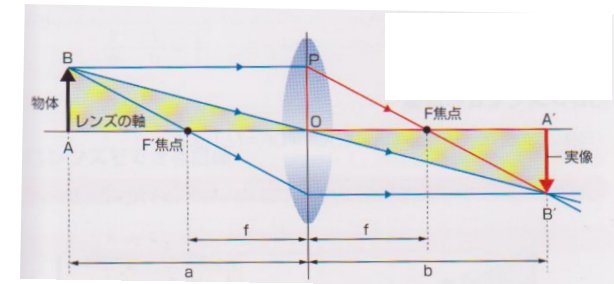
# 理想像高

Confidential



- 理想像高とは  
物点が有限距離のとき

$$\text{理想像高} = \text{物体高さ} \times \text{倍率}$$

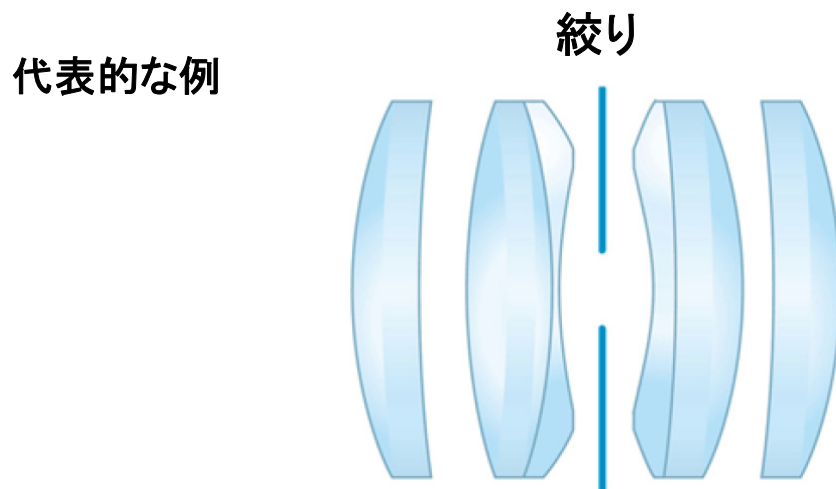


$$\text{倍率} = b/a$$

物点が無限遠のとき

$$\text{理想像高} = f \times \tan \theta \quad (f: \text{焦点距離}) \\ (\theta: \text{画角})$$

- 歪曲収差は、絞りをどの位置に置くかによって変化します。



同じレンズを 2枚置いて、その間に絞りを置くことによって、歪曲収差を補正することができます。

これは、光源側で生じた歪曲収差を、絞りを通った後のレンズが打ち消すため、歪曲収差が目立たなくなるためです。このように、絞りを中心に前と後で同じような構造のレンズを配置したカメラレンズを対称型レンズといいます。

また、非球面レンズを使って歪曲収差を補正することも可能です。

# 歪曲収差の補正

Confidential



- 歪曲収差は画角の3乗に比例します。
- レンズの有効径には関係ないため絞りを絞っても関係ない

収差量の開口絞りと視野角度および像高の依存性

収差	開口絞り経	視野角	像高
コマ	$\phi^2$	$\theta$	$y$
非点収差	$\phi$	$\theta^2$	$y^2$
像面湾曲	$\phi$	$\theta^2$	$y^2$
歪曲	—	$\theta^3$	$y^3$
色	—	—	—

- 収差には球面収差, コマ収差, 像面湾曲, 非点収差, ディストーション, 軸上色収差, 倍率色収差がある。
- 歪曲収差とは画面周辺にいくと像が縮んだり伸びたりして、物体と像の相似性が崩れる現象。
- 歪曲収差には、樽型と糸巻型の二つに大きく分けることができる。
- 歪曲量は像の大きさの変化の理想像高に対する百分比で表し、値が正ならば糸巻型, 値が負ならば樽型。
- TVディストーションは光学的ディストーションの1/3以下となることが多い。
- 歪曲収差は画角の3乗に比例し、絞りを絞っても改善されることはない。



# JIA Lens Working Group 第3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



## 周辺光量について

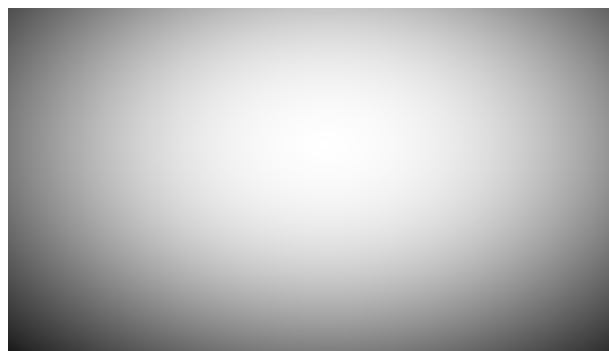
**CONFIDENTIAL**

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。

## 周辺光量とは？

周辺光量とは、光軸中心と周辺の明るさの比(%で表す)

周辺光量減少とは、光軸の中心が最も明るく、中心から離れるに従って暗くなる減少の事。



### <周辺光量の課題>

1. 画面周辺から周辺までが均一な光量でないと、画像処理に問題が発生する。
2. メガ、HDTV等では、周辺光量減少が目視レベルでも判別でき、視聴上の問題が発生する。

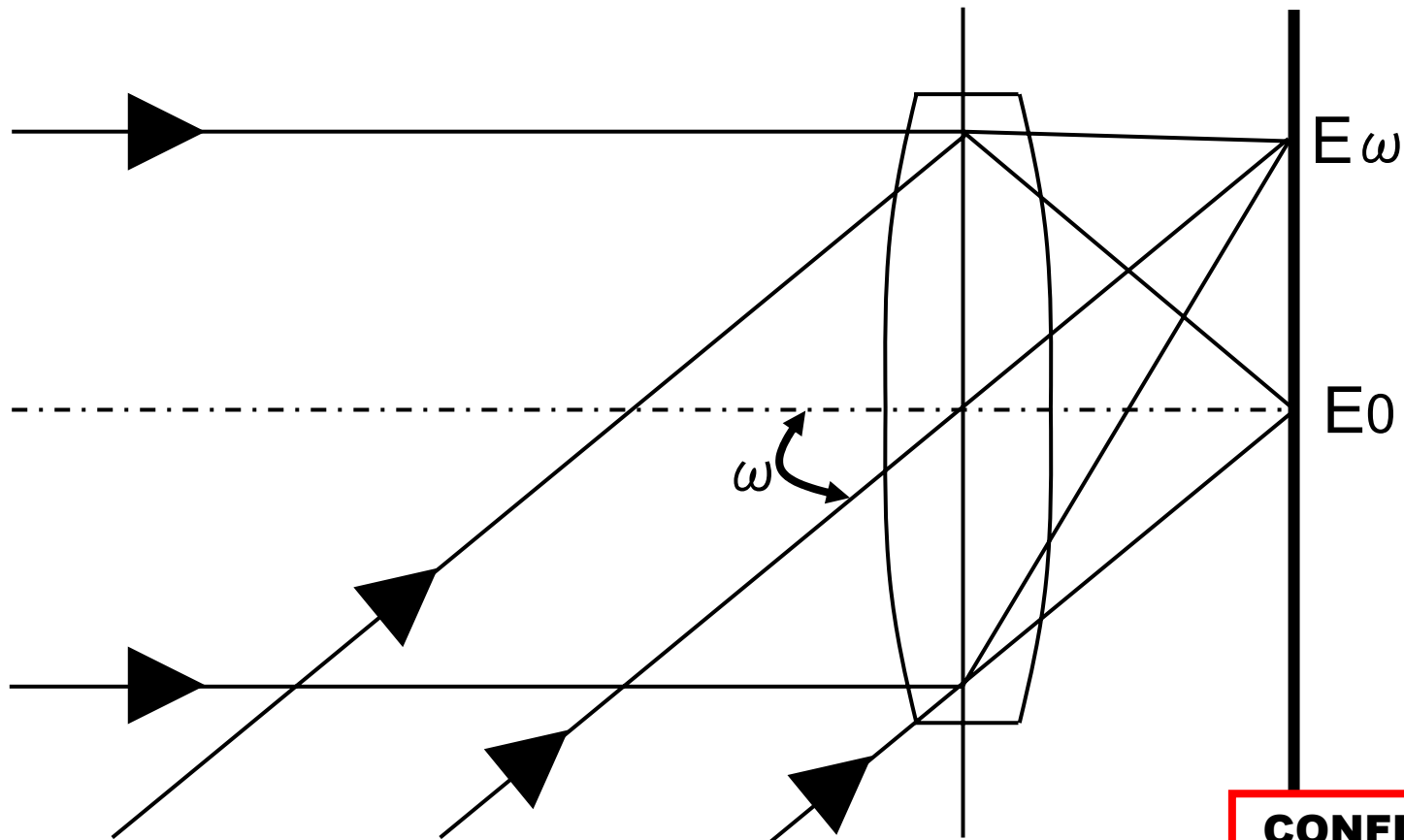
Etc...

**CONFIDENTIAL**

# $\cos^4 \omega$ 則による周辺光量の低下

入射瞳に $\omega$ の角度で入射する軸外物点の像は、 $\cos^4 \omega$ に比例して暗くなる。

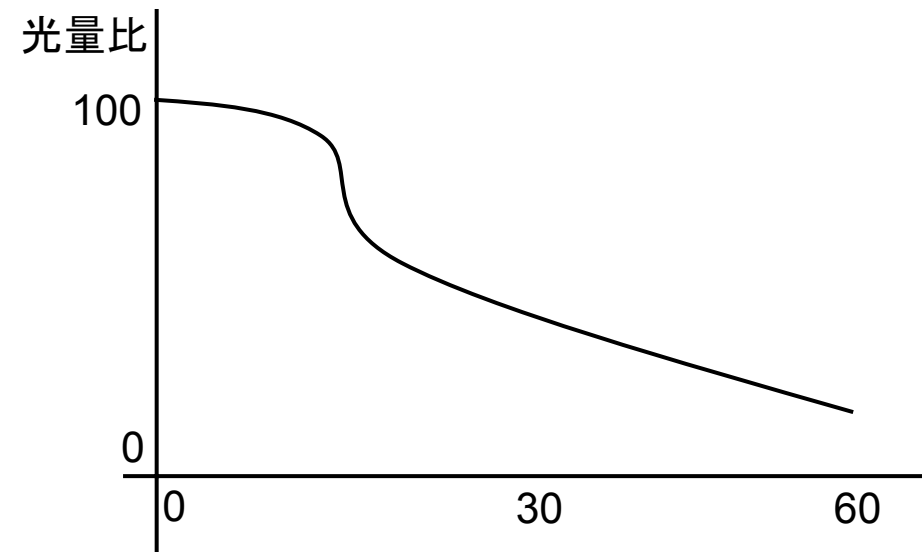
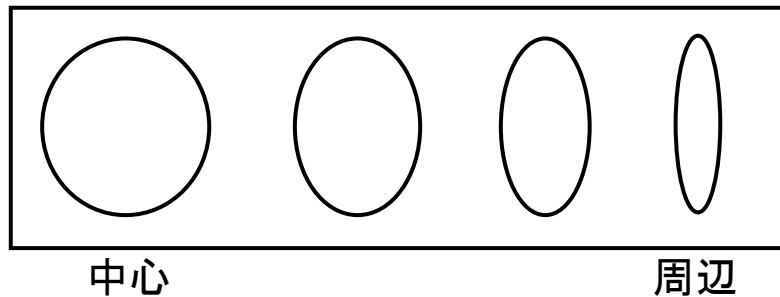
$$E_{\omega} \propto E_0 \cdot \cos^4 \omega$$



**CONFIDENTIAL**

# 口径食(ベネッティング)

レンズ鏡筒による周辺光のケラレのこと。絞り値Fナンバーを大きくする(絞り込む)ほど口径食の影響は小さくなる。



開口効率→絞りのところで100%光線を通すような状態(理論上)

**CONFIDENTIAL**

周辺光量を向上させるために基本となるのは  
「 $\cos^4 \omega$  測」と、「開口効率」。バランスが重要。

硝材・レンズ枚数は大きく影響しない。

**CONFIDENTIAL**

## 周辺光量を向上させるには？

方法：「 $\cos^4\omega$  測」は画角で決まる。

画角が広く(広角)なればなるほど周辺光量が下がる。

つまり画角を望遠系にでは、周辺光量の減少が目立たない。

広角系では法則上、 $\cos \omega$ の影響が大きい。

**CONFIDENTIAL**

## 周辺光量を向上させるには？

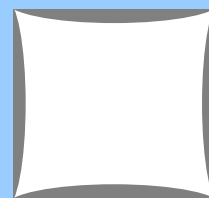
方法：(像面で)樽型ディストーションを増加させて周辺光量を向上させる。

逆に(像面で)糸巻型ディストーションが増加すると周辺光量が減少する。

FA・マシンビジョンレンズではディストーションを増加させる事はできない。監視レンズ広角系で、この方法を利用可能。



周辺光量が向上する



周辺光量が減少する

**CONFIDENTIAL**

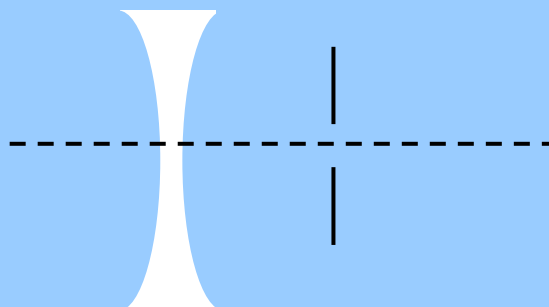
## 周辺光量を向上させるには？

方法：開口効率を良くする為に、絞りの前に凹レンズを置く。  
これによって、瞳収差が発生し、周辺光量を向上させる事ができる。  
(軸外の入射瞳が大きくなる。)

瞳の収差＝収差で絞りの像が歪んで見える

レトロフォーカスタイプ(凹レンズ先行型)のレンズでは  
これによって周辺光量を増やしている。

レトロフォーカスは広角系レンズが多い。



**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 第4回レンズ勉強会

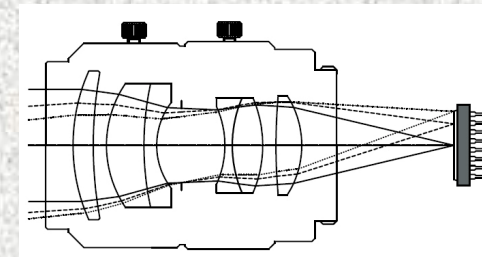
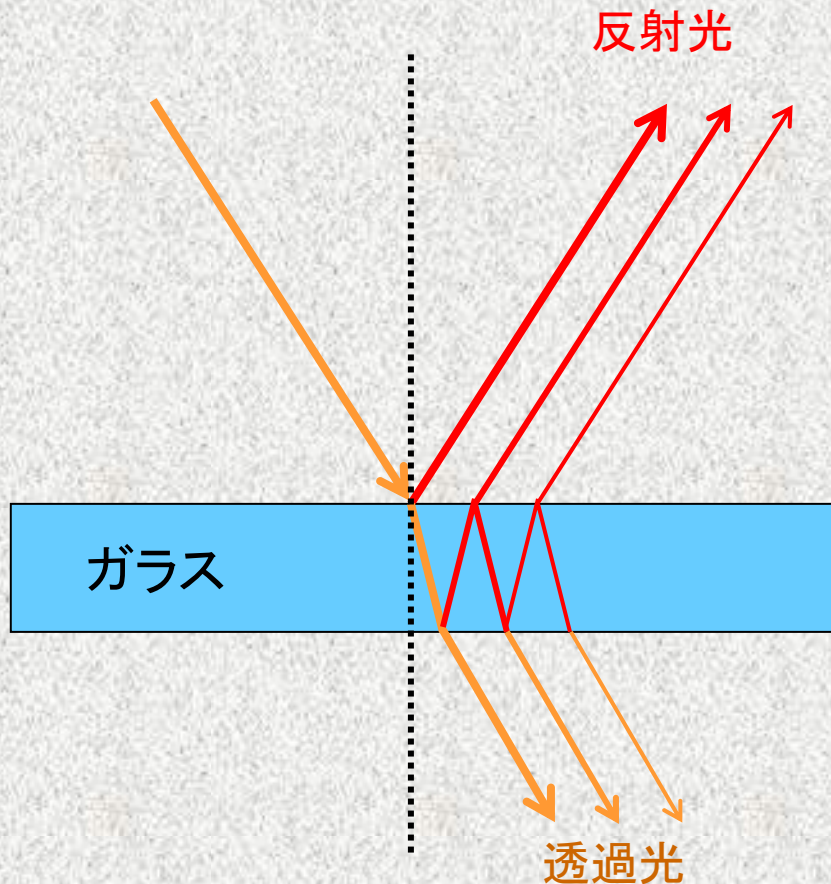
## 分光透過率とコーティング について





# ガラス表面の反射①

レンズにコーティングが必要な理由・・・



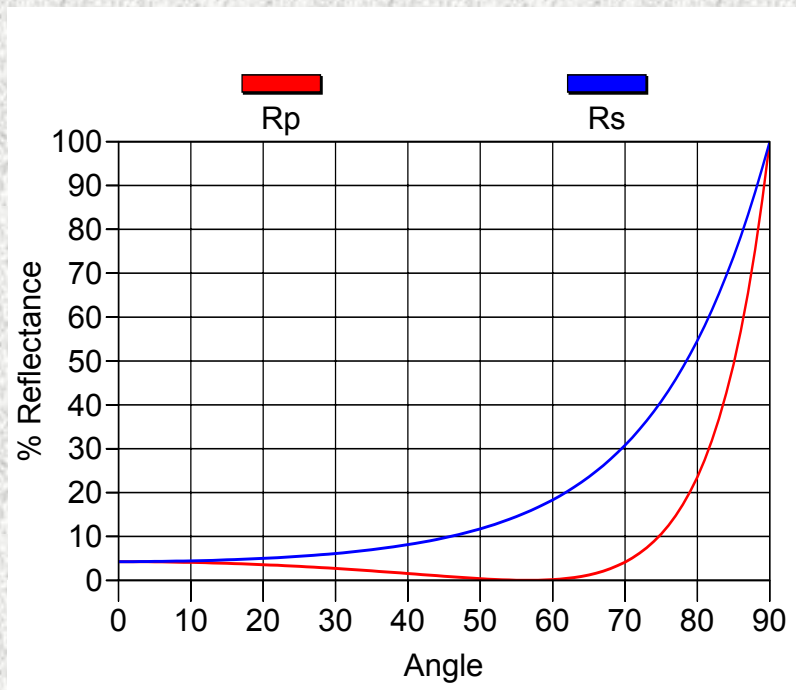
1面あたり約4%の反射。

透過率 =  $0.96 \times 0.96 \times \dots$  (面数分)

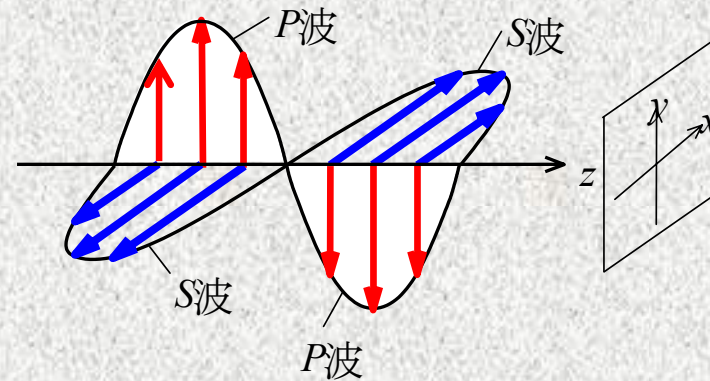
8面の場合、透過率 =  $0.96^8 = 0.72$

# ガラス表面の反射②

レンズにコーティングが必要な理由・・・



表面反射率の入射角度依存性

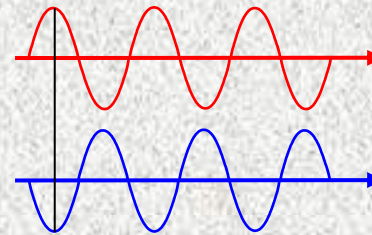
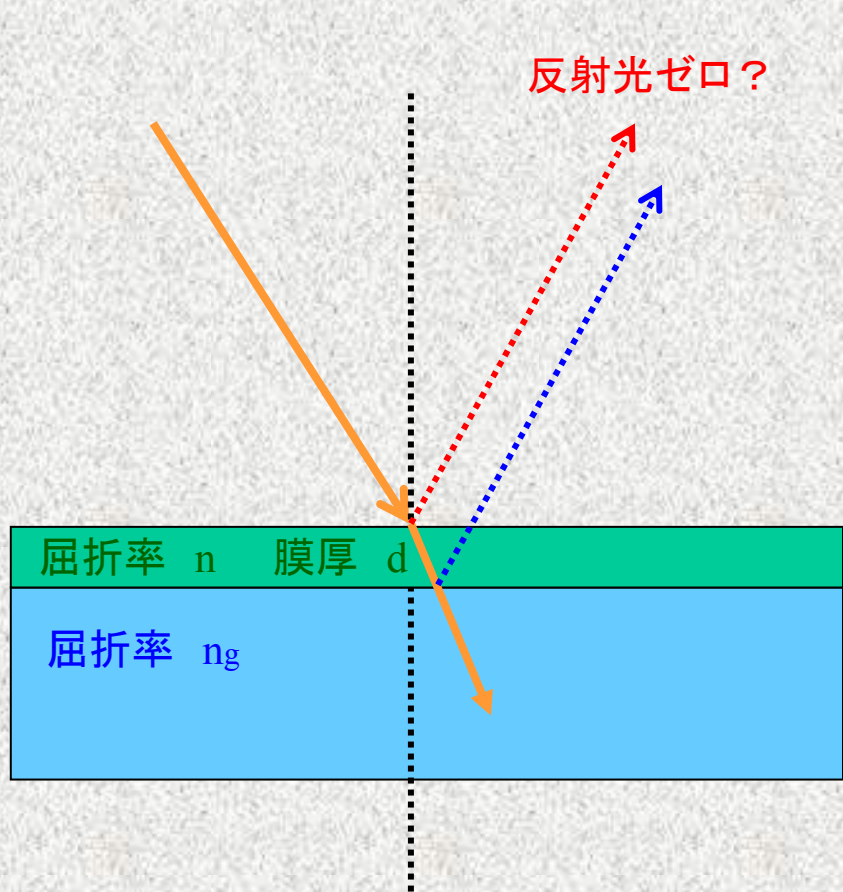


## コーティングの役割

- ・レンズの透過率を高め明るい画像を得る。
- ・レンズのゴーストやフレアを防ぐ。

# 反射防止膜(単層)①

## 表面反射を抑えるコーティング



波の重ね合わせにより  
反射光を打ち消す。

## 反射率ゼロの条件

光学的膜厚

$$nd = \lambda / 4 \times (2m+1)$$

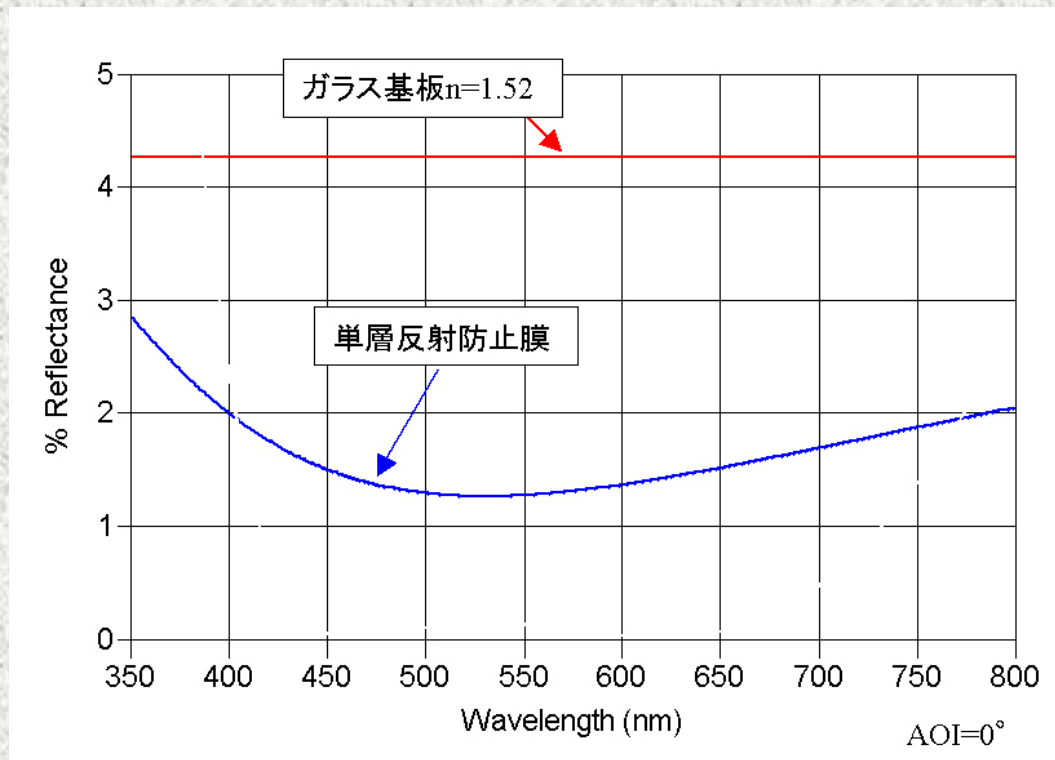
$$m = 0, 1, 2, \dots$$

$$n = \sqrt{n_g}$$



## 反射防止膜(単層)②

### 表面反射を抑えるコーティング



実際には下式を満たす材料がない

$$n = \sqrt{n_g}$$

$$n_g = 1.52 \quad n = 1.23$$

$$\text{MgF}_2 \quad n = 1.38$$

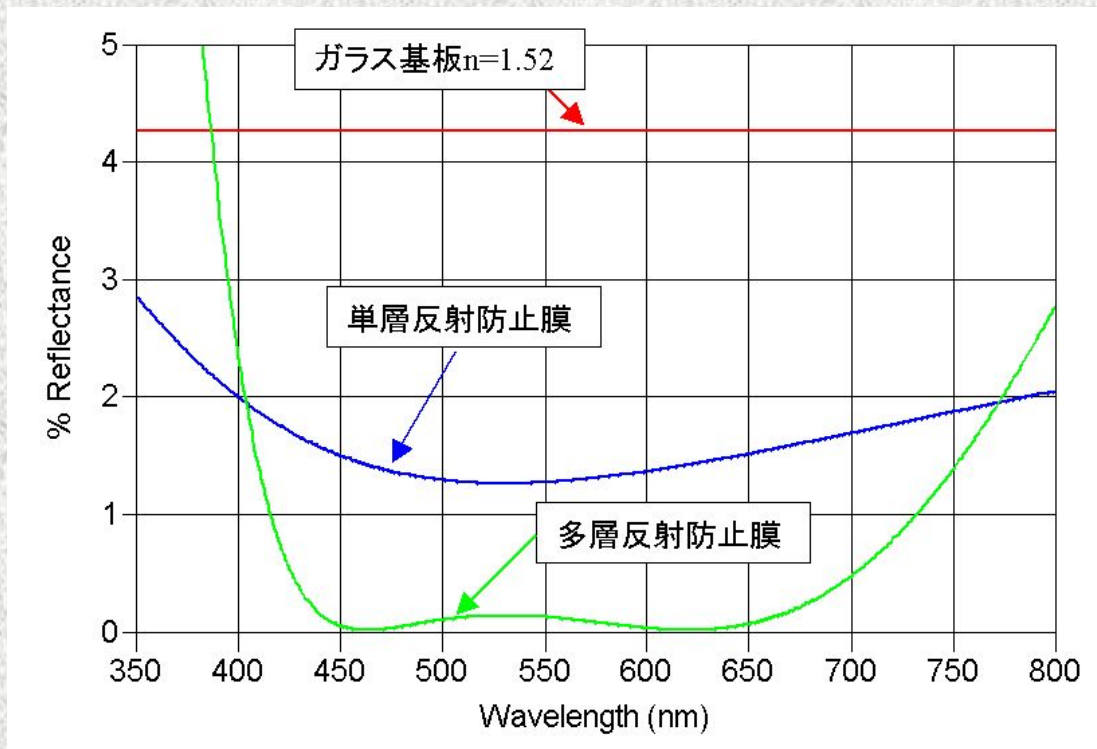
- ・反射率はゼロにはならない。(単層)
- ・波長によって反射特性が異なる。

(膜厚により中心波長を変えることができる。)



# 反射防止膜(多層膜)

## 表面反射を抑えるコーティング



中心波長の違いにより  
アンバー、マゼンタ、ブルー  
など種類がある。(単層)

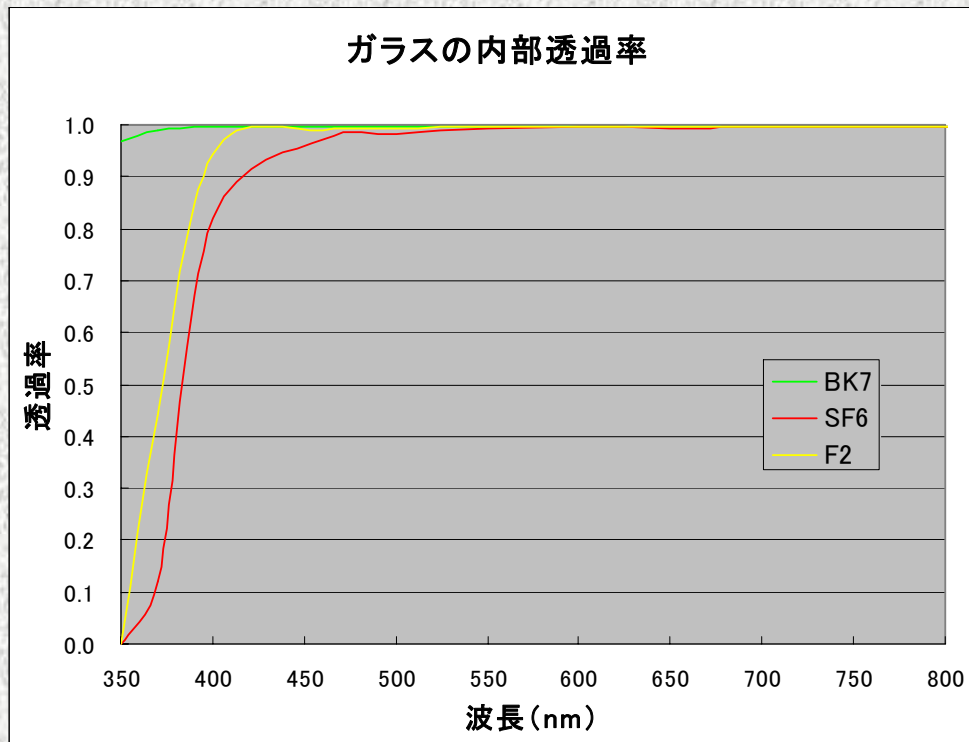
透過率を高めた多層膜もある。

レンズの仕様により様々な  
コーティングが使用される。



# レンズの分光透過率

## ガラスの内部透過率



ガラス厚10mm

ガラスの種類によって透過率が変わる。  
レンズは数種類以上のガラスを使用する。

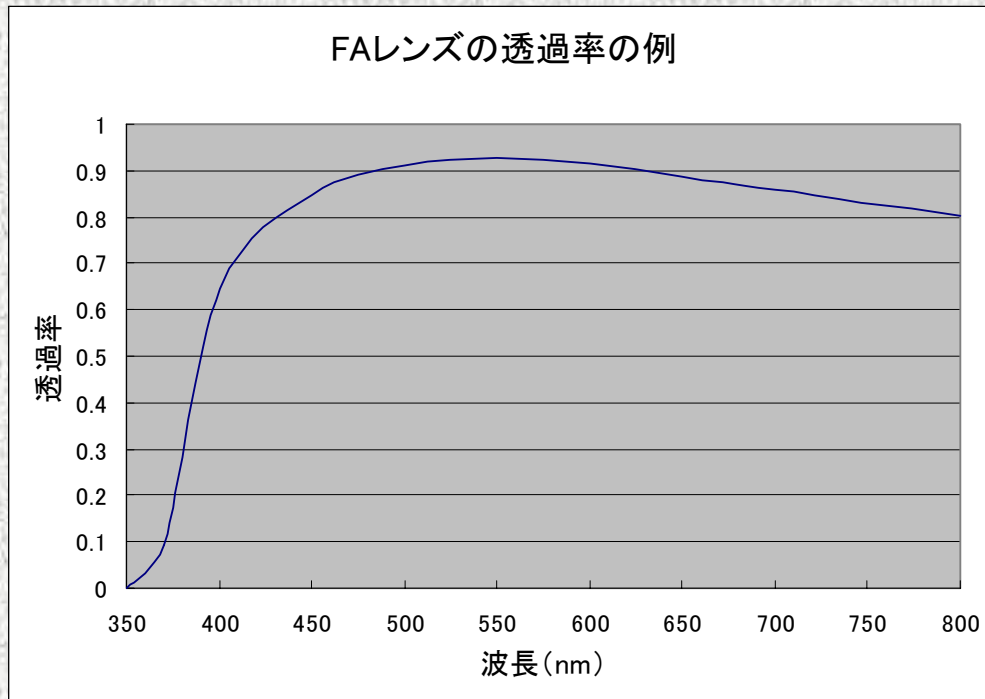
コーティングとガラスの内部透過率が  
レンズの分光透過率の要素となる。





# レンズの分光透過率

## 実際のレンズの透過率の例



全面単層コーティングのレンズの例。

一般的にレンズは、

350～400nmの紫外域の透過率悪い。

単層コートレンズは、

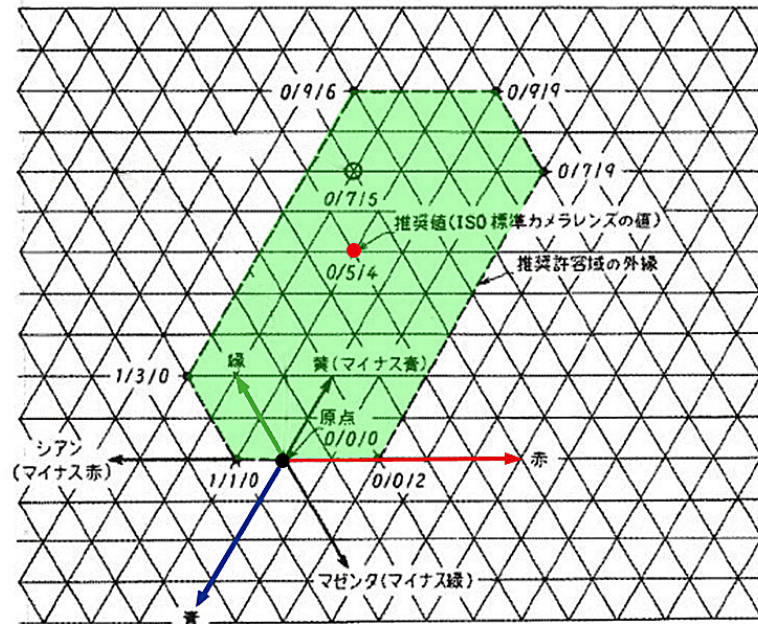
700～1000nmの透過率が比較的高い。



# レンズの分光透過率(参考資料)

## JIS B7097

### ISO色特性指数(ISO/CCI)による 写真撮影用レンズの色特性の表し方

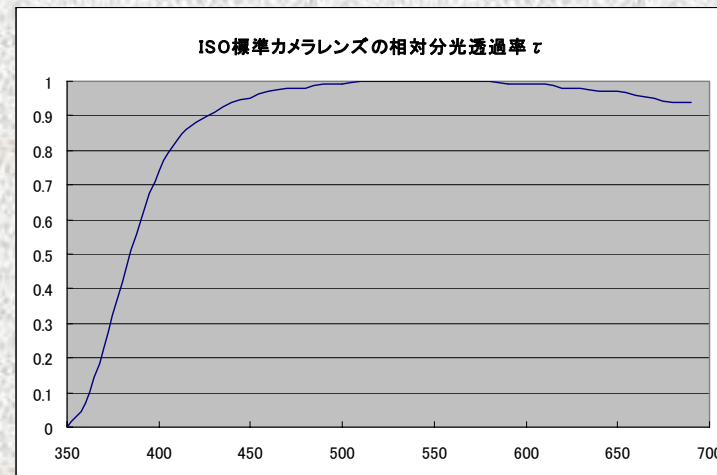


### ISO色特性指数

(カラー・コントリビューション・インデックス)

レンズがカラー写真の色に与える影響の指数

青/緑/赤 = 0/5/4



参考:

カラーコード:ドイツ工業規格DIN 5422

旧ANSI/CCI → ISO/CCI

「光学技術コンタクト Vol20 No4」



## 分光透過率とコーティング まとめ

- ・コーティングにより反射を防いで透過率を向上
- ・単層、多層、様々なコーティングがある
- ・分光透過率は、コーティング,ガラス内部透過率で決まる
- ・ISO色特性指数により写真への色の影響を表す手法もある



**Confidential**

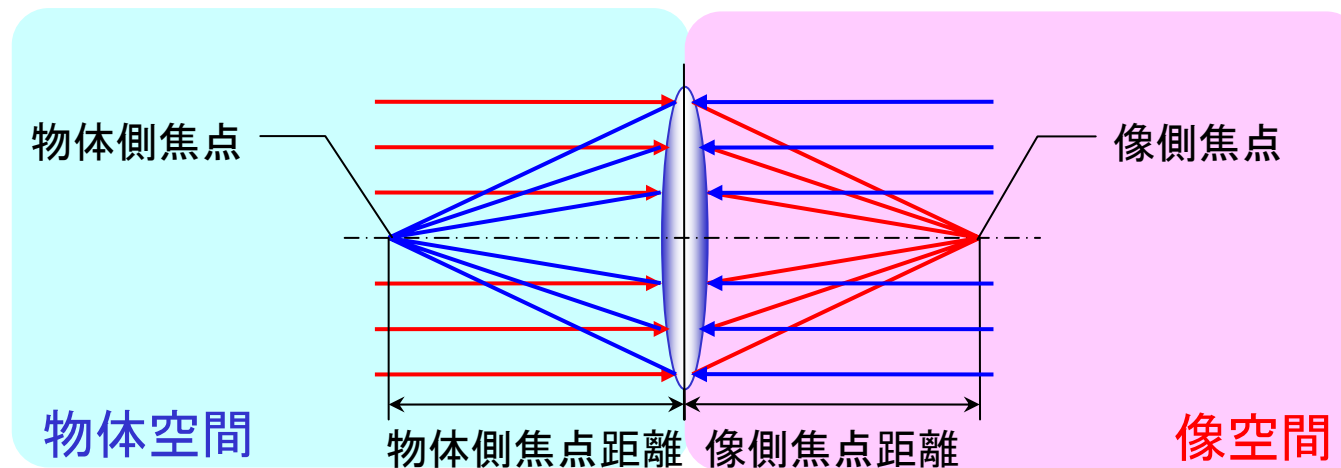
**PENTAX**

# JIA Lens Working Group 第5回レンズ勉強会 『主要点』について

HOYA株式会社PENTAXイメージング・システム事業部  
セキュリティ営業部 国内営業グループ  
今泉邦治  
2009.2.27

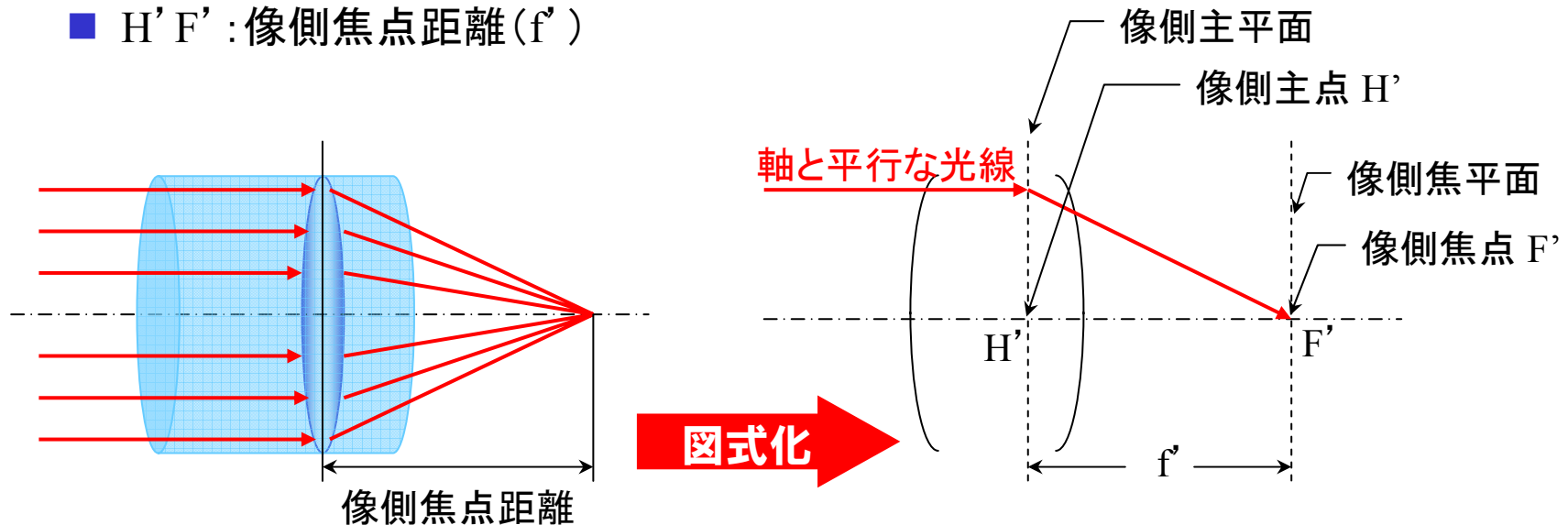
## 焦点と焦点距離

- 薄肉の凸レンズに平行光を入射させた場合
  - 光軸上の一点に集光 ⇒ 焦点
  - レンズの中心から焦点までの距離 ⇒ 焦点距離
- レンズの右側を像空間、レンズの左側を物体空間と定義
  - 像空間の焦点: 像側焦点、物体空間の焦: 物体側焦点



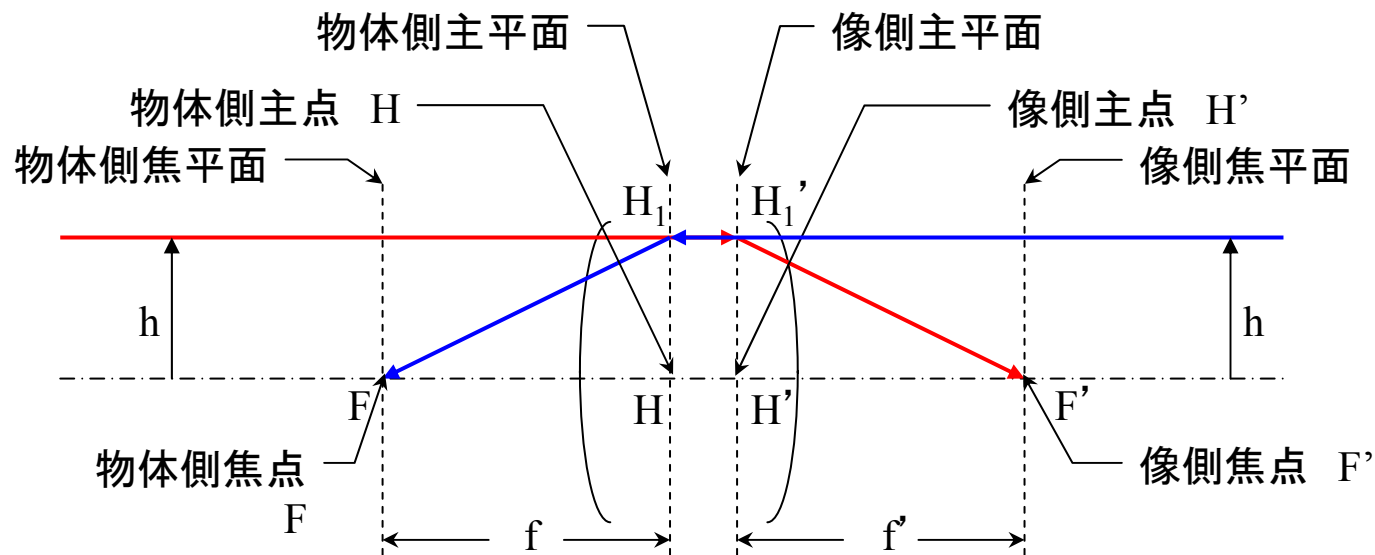
# 主点、主平面(1)

- 複数のレンズをひとつのレンズとみなし、光学系を単純化して検討する場合に「主点」という考えが役立つ
- 光軸と平行な光線束が左より入射、軸上の $F'$ で交差するとき
  - 光軸との交点  $F'$  : 像側焦点
  - 平行光束と $F'$ を通る斜光線との交点を通り、軸に垂直な面 : 像側主平面
  - 像側主平面と光軸との交点  $H'$  : 像側主点
  - $H'F'$  : 像側焦点距離( $f'$ )



## 主点、主平面(2)

- 右側から平行光束が入射する、物体空間側も同様に定義
  - F: 物体側焦点、H: 物体側主点、f: 物体側焦点距離
- 物体空間、像空間ともに光軸からの距離hで入射させたとき、それぞれの主平面を切る点( $H_1$ 、 $H_1'$ )の光軸からの距離は等しく、 $HH_1 = H'H_1'$ で互いに共役

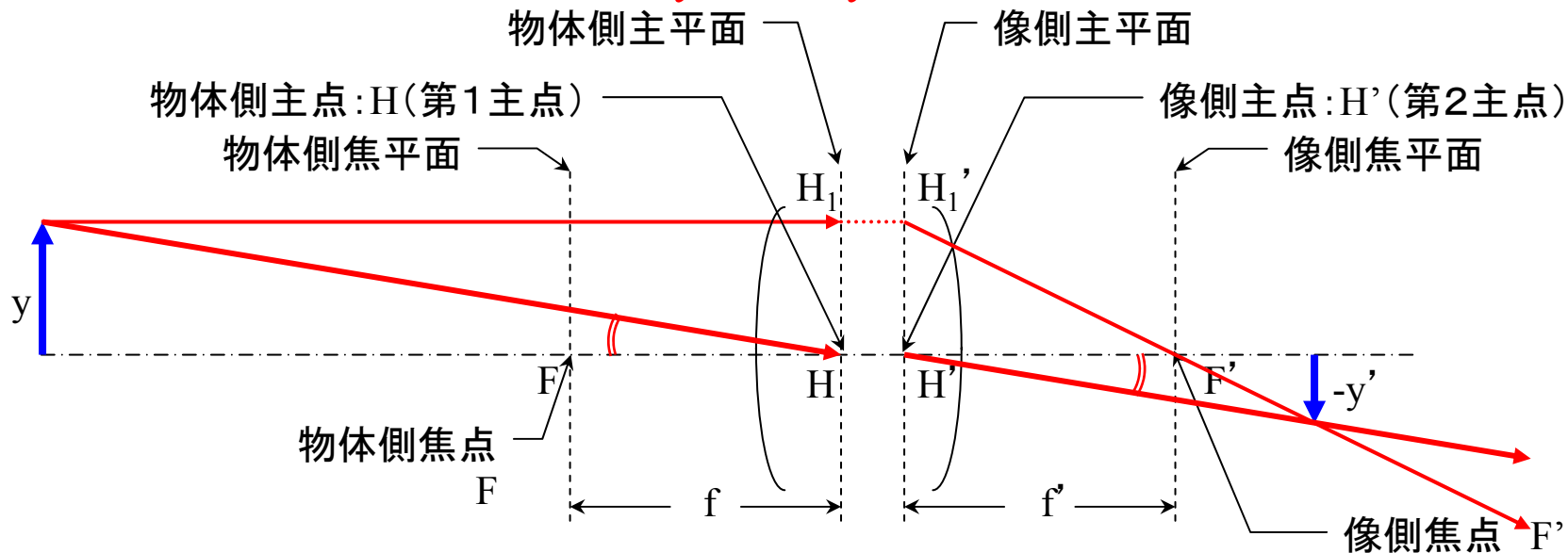


## 物体と像との関係を作図する

### □ 主点には以下の重要な性質がある

- ① 光軸に平行に物体側主平面に入射した光は、像側主平面の同じ高さから焦点に向かって射出される
- ② 物体側主点に向かって入射した光線は、像側主点から同じ角度で射出される

これにより物体： $y$ と、像： $y'$  の関係を作図で求めることが出来る

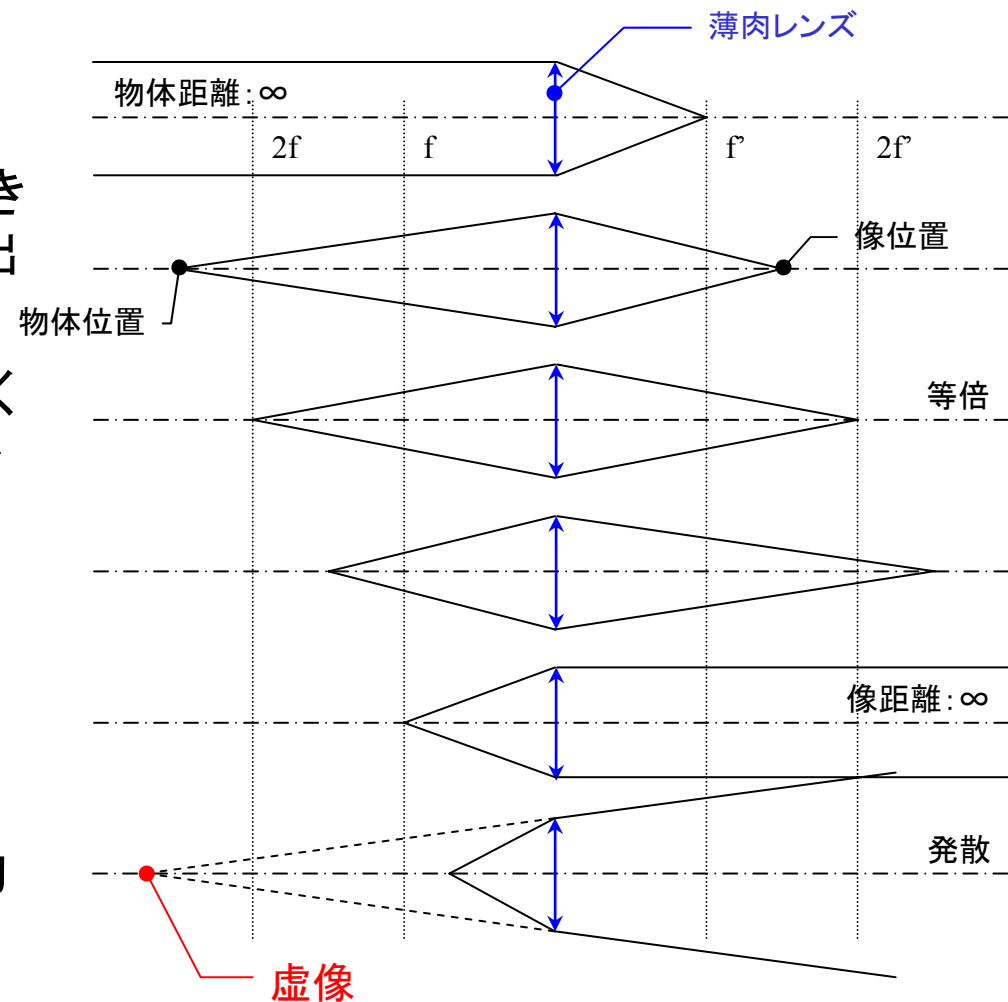




## 物体と像の関係

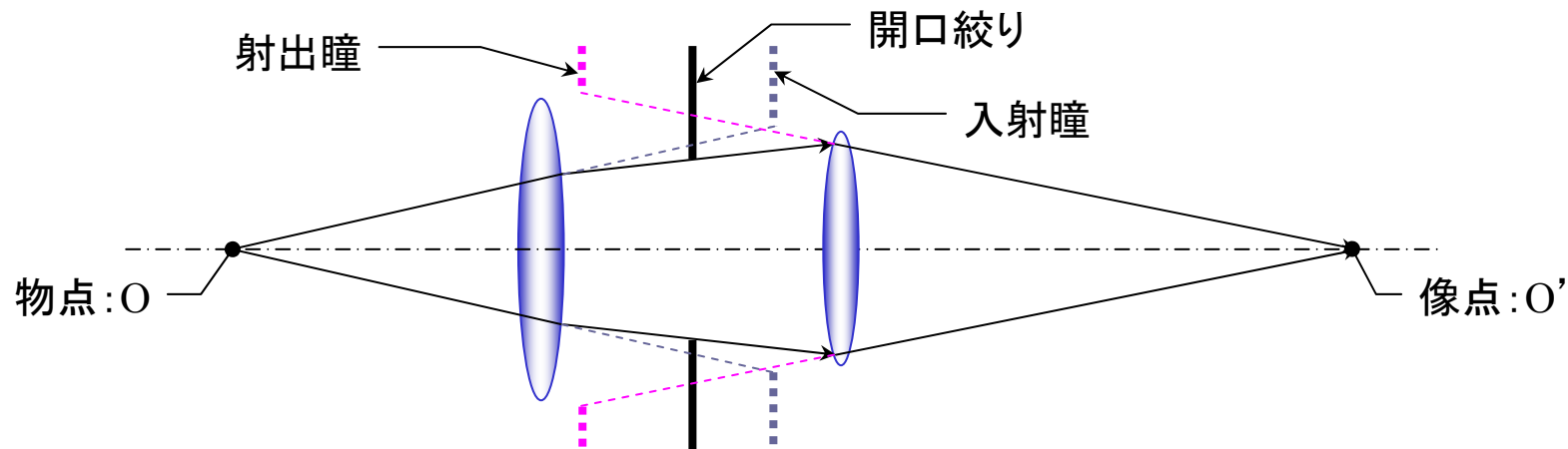
### □ 物体をレンズに近づける

- 物体が $\infty$ の位置にあるときは、焦点 $f$ の位置に像が出来る
- 物体が $2f$ の位置まで近づくと、像も $2f$ に出来、等倍となる
- 物体が $f$ の位置に来ると、像は $\infty$ の位置に出来る
- さらに物体を近づけると発散してしまい、像は像空間には出来ず、虚像として物体空間に出来る



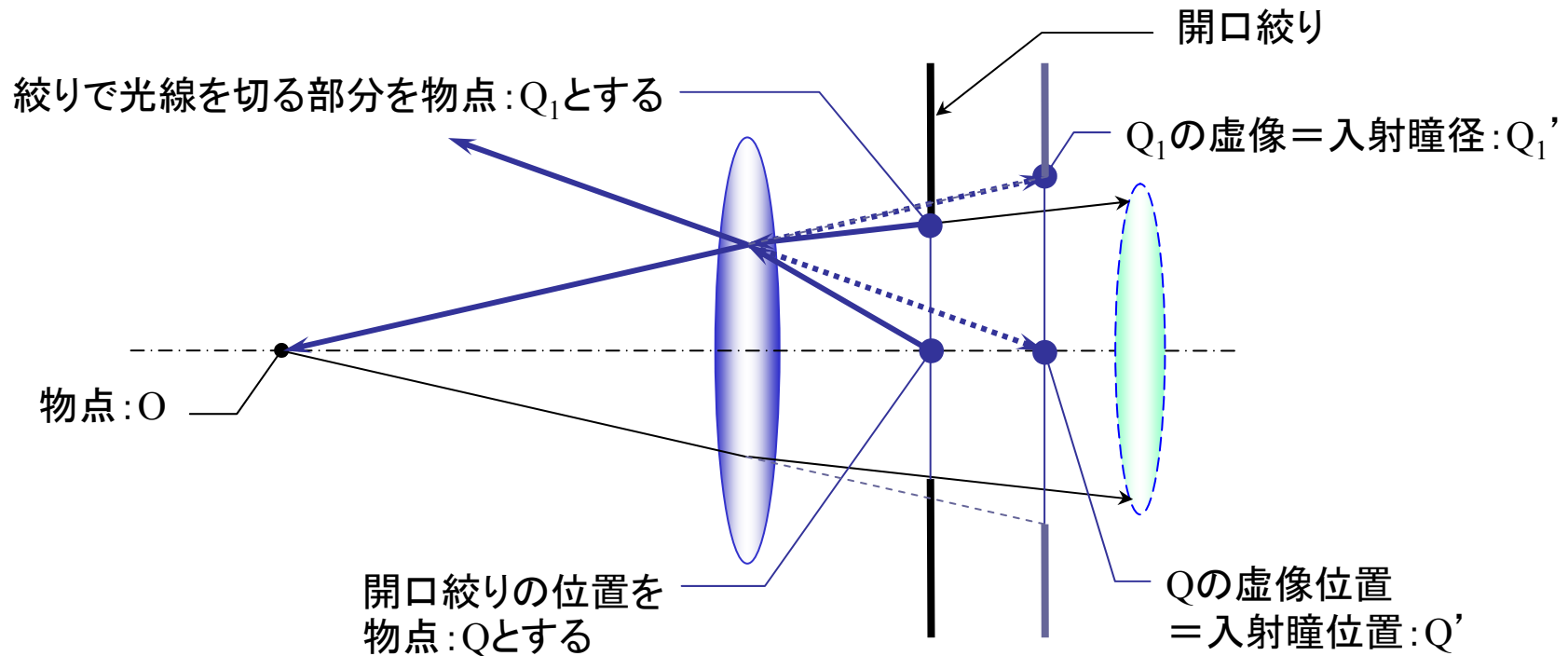
## 入射瞳と射出瞳

- 入射瞳位置と入射瞳径がわかることで...
  - 物体空間での画角の作図が可能
  - ハウジング設計や装置設計の検討が出来る
  
- 射出瞳位置と射出瞳径がわかることで...
  - 像空間で像に入射する光線の角度がわかる
  - シェーディングに対するレンズの良し悪しの検討が出来る



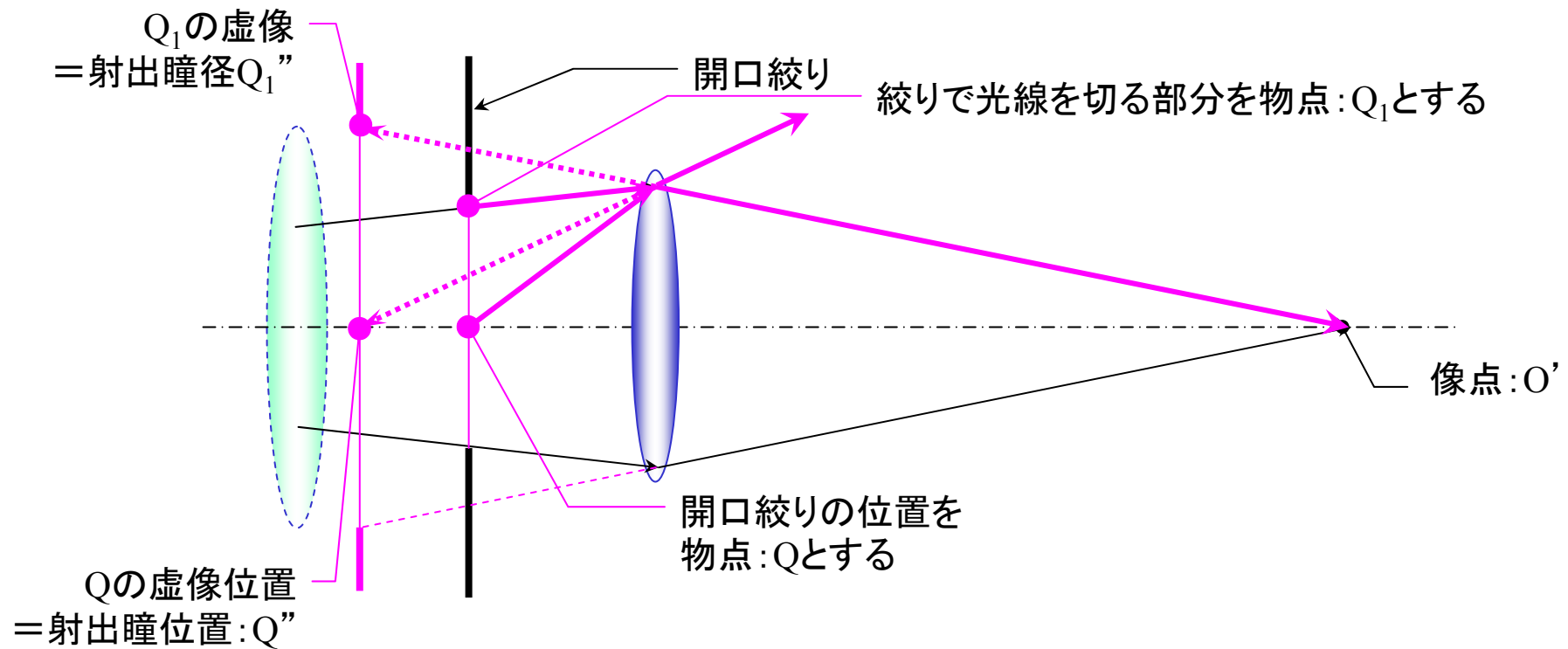
## 入射瞳位置と入射瞳径

- 入射瞳は開口絞りの前側にある光学系で作られる絞りの像のこと



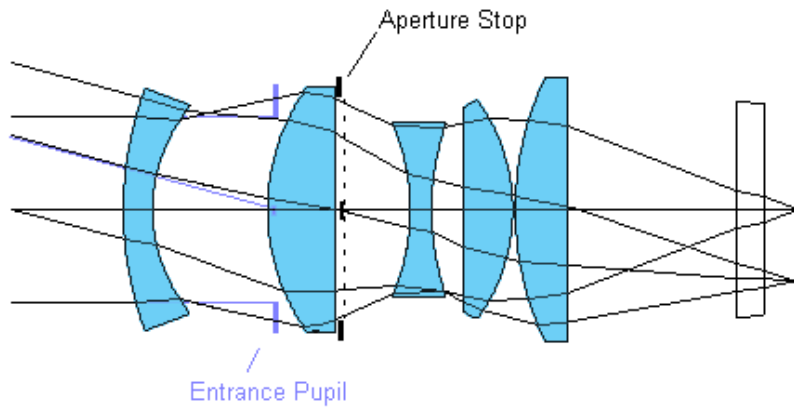
## 射出瞳位置と射出瞳径

- 射出瞳は開口絞りの後ろ側にある光学系で作られる絞りの像のこと

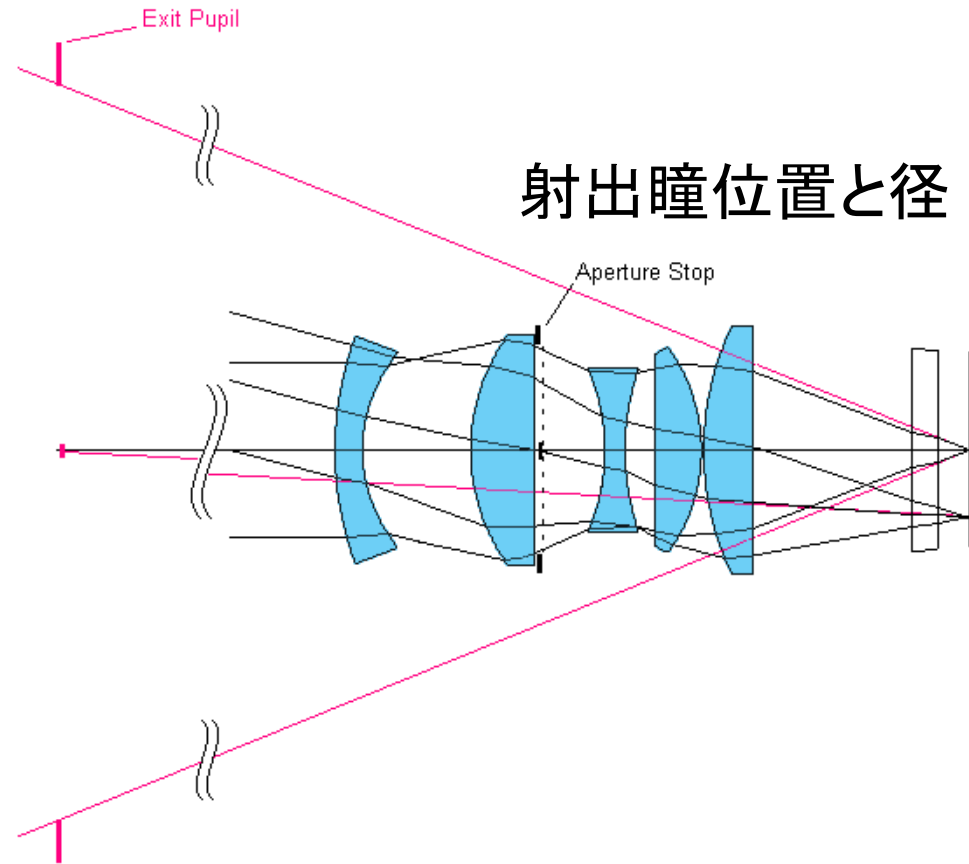


# 入射瞳と射出瞳 実例

## 入射瞳位置と径



## 射出瞳位置と径



## レンズの主要点まとめ

- 焦点、主点、主平面は像空間、物体空間それぞれに存在
- 物体側主点、像側主点はそれぞれ共役関係にある
- 焦点と主点がわかると、物体と像の関係が作図できる
- 入射瞳は開口絞りの前側にある光学系で作られる絞りの像のこと
- 射出瞳は開口絞りの後ろ側にある光学系で作られる絞りの像のこと

次回以降の勉強会にてニュートンの式などから  
主要点を含めた具体的な計算方法がお分かりになると思います・・・

- 参考文献、出典
- ✓ 幾何光学:三宅和夫 著
- ✓ CANON TV OPTICS II :キヤノン(株)

## JIA Lens Working Group レンズ仕様勉強会



### 第6回 レンズの公式について

- ▶ ガウスの結像公式について
- ▶ ニュートンの公式について
- ▶ 物点と像点の関係
- ▶ レンズ繰出し量
- ▶ 縦倍率と横倍率
- ▶  $F_{no}$ と有効 $F_{no}$ について

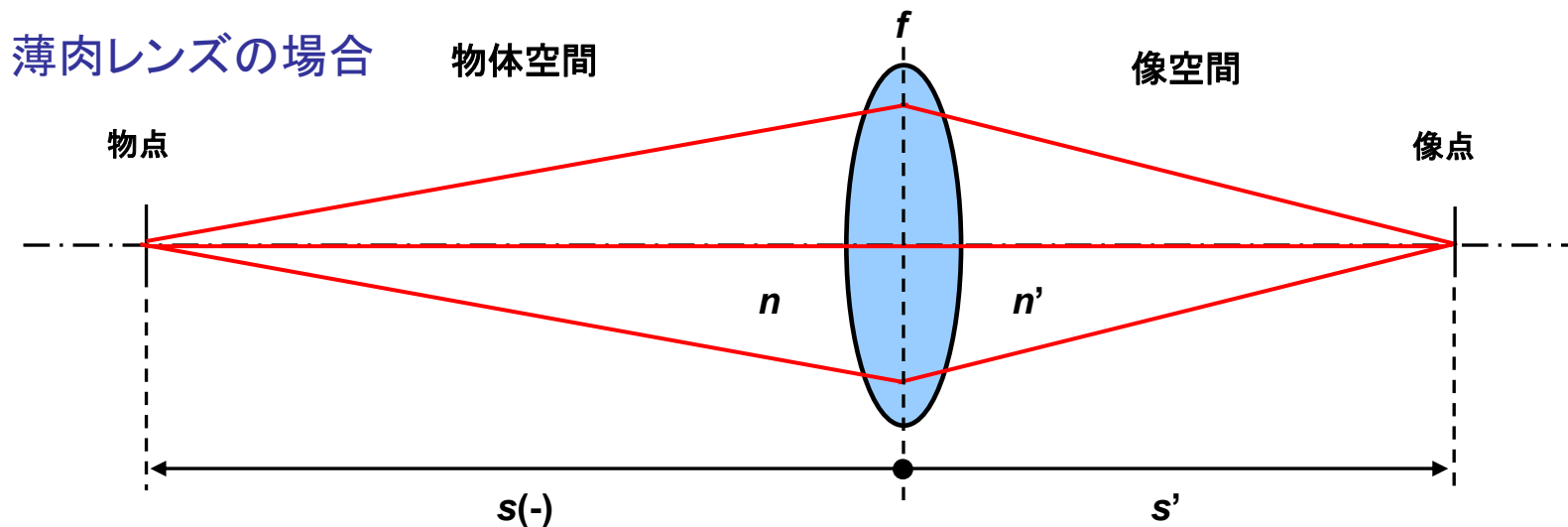


2009年3月18日

株式会社モリテックス  
さいたま事業所 MMLグループ  
渡辺康一

# レンズの公式(ガウスの結像公式)

Confidential



ガウスの結像公式

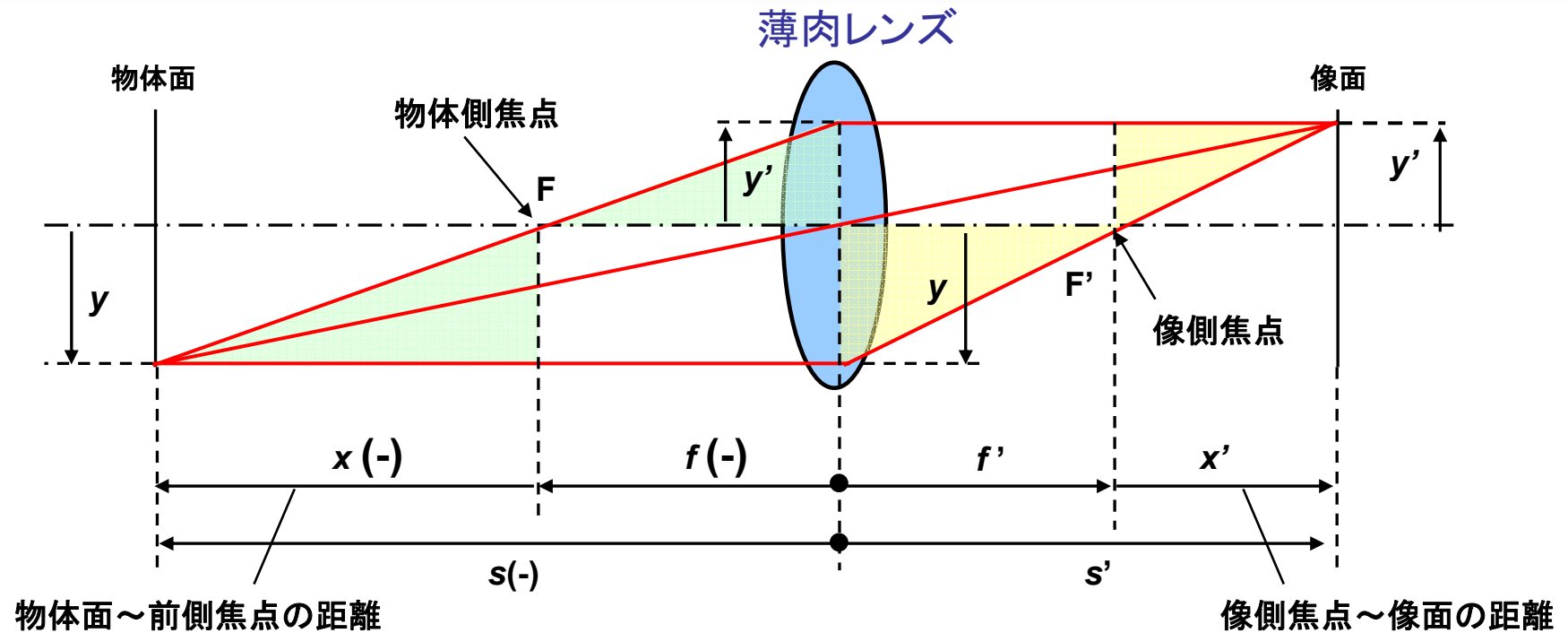
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \quad s' = \frac{fs}{(f+s)}$$

数式の符号は、レンズから右→+ 左→-にとる 56



# ニュートンの公式

Confidential



三角形の相似関係より倍率の式を得る

$$\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f'}$$

ニュートンの公式

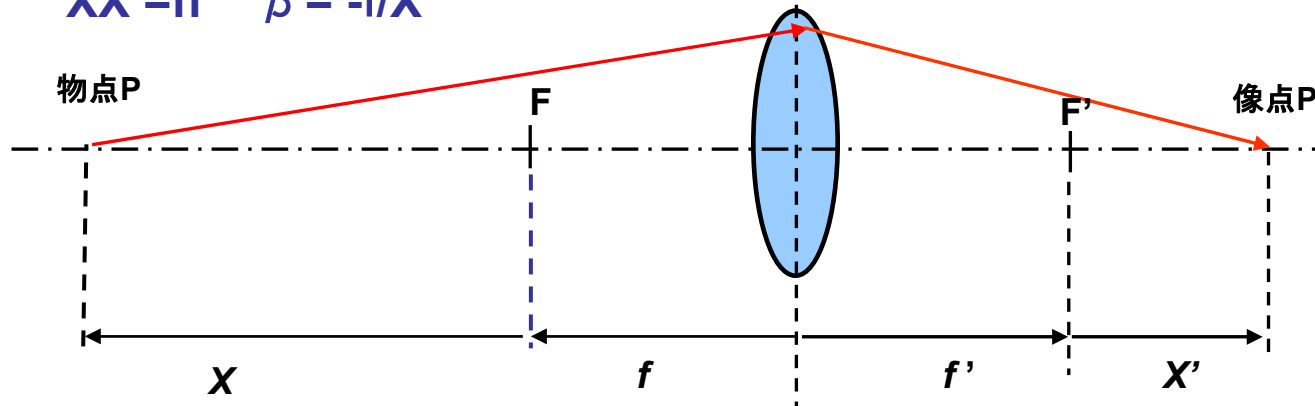
$$xx' = ff'$$

# 物点と像点の関係

Confidential



$$XX' = ff' \quad \beta = -f/X$$



(Xにより場合分け)

$$X \rightarrow \infty \quad X' \rightarrow 0 \quad \beta = 0$$

$$X < f \quad X' < f' \quad \beta > -1$$

$$X = f \quad X' = f' \quad \beta = -1 \quad \text{等倍結像 共役距離最小}$$

$$X > f \quad X' > f' \quad \beta < -1$$

$$X \rightarrow 0 \quad X' \rightarrow \infty \quad \beta = \infty$$

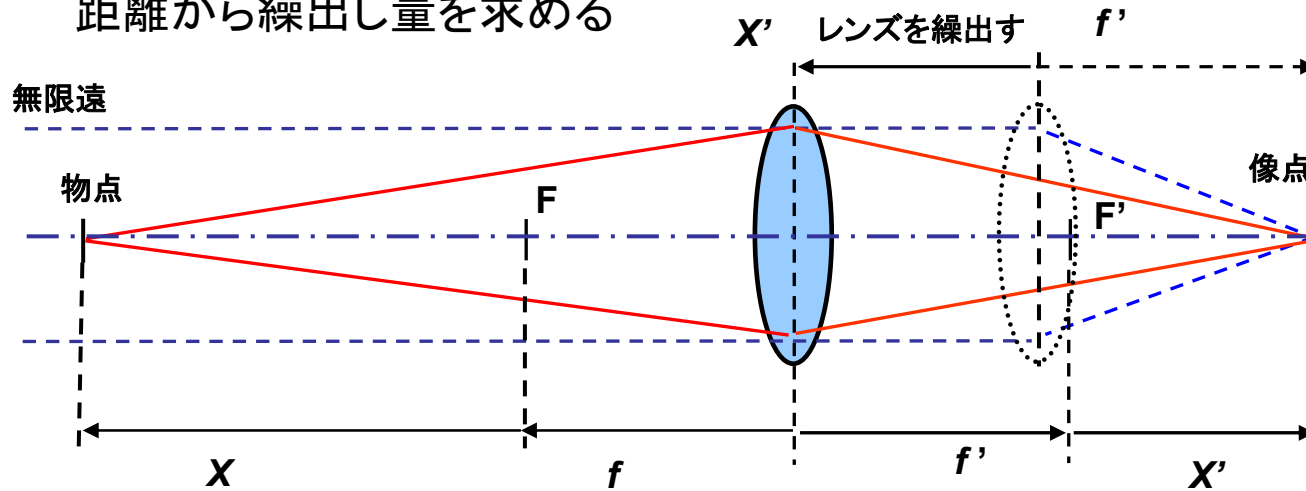
$$X > 0 \quad X' < 0 \quad \beta > 1 \quad \text{虚像}$$

# レンズ繰出し量

Confidential



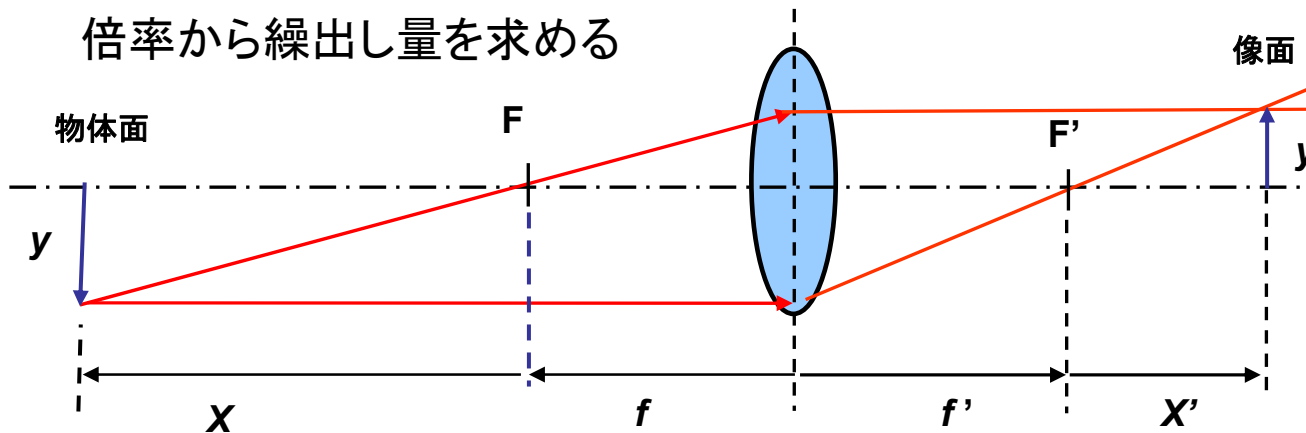
距離から繰出し量を求める



薄肉レンズ

$$\text{繰出し量 } X' = \frac{ff'}{X}$$

倍率から繰出し量を求める



$$\text{倍率 } \beta = \frac{y'}{y} = -\frac{f}{X}$$

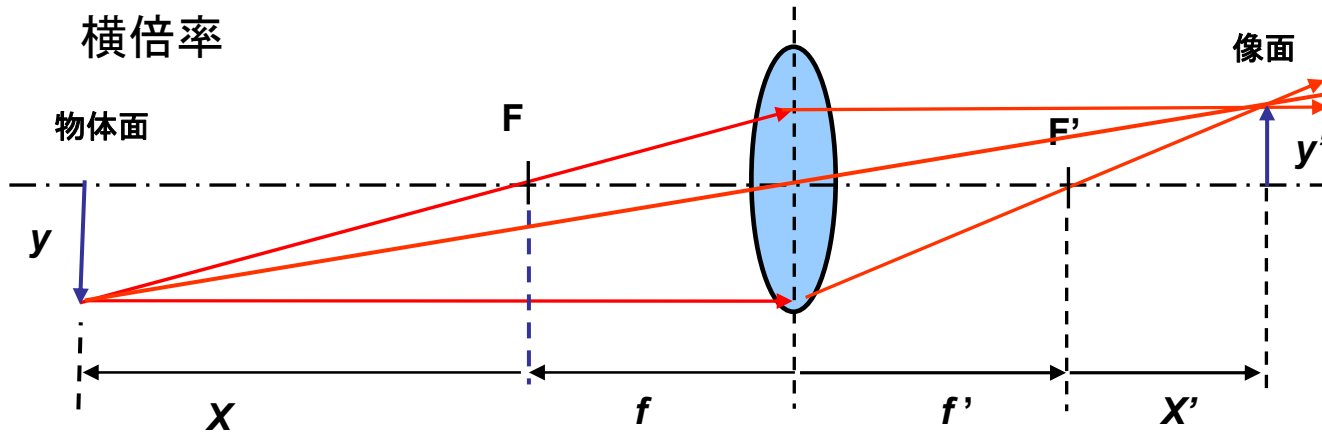
$$\text{繰出し量 } X' = \frac{f}{X} f' = -\beta f'$$

# 縦倍率と横倍率

Confidential



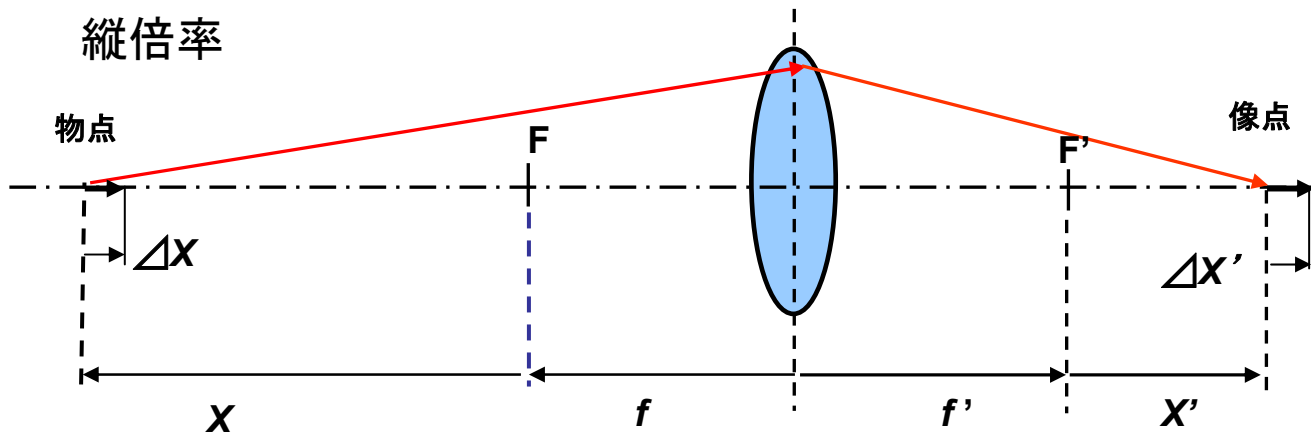
横倍率



薄肉レンズ

$$\text{横倍率 } \beta = \frac{y'}{y} = -\frac{f}{X}$$

縦倍率



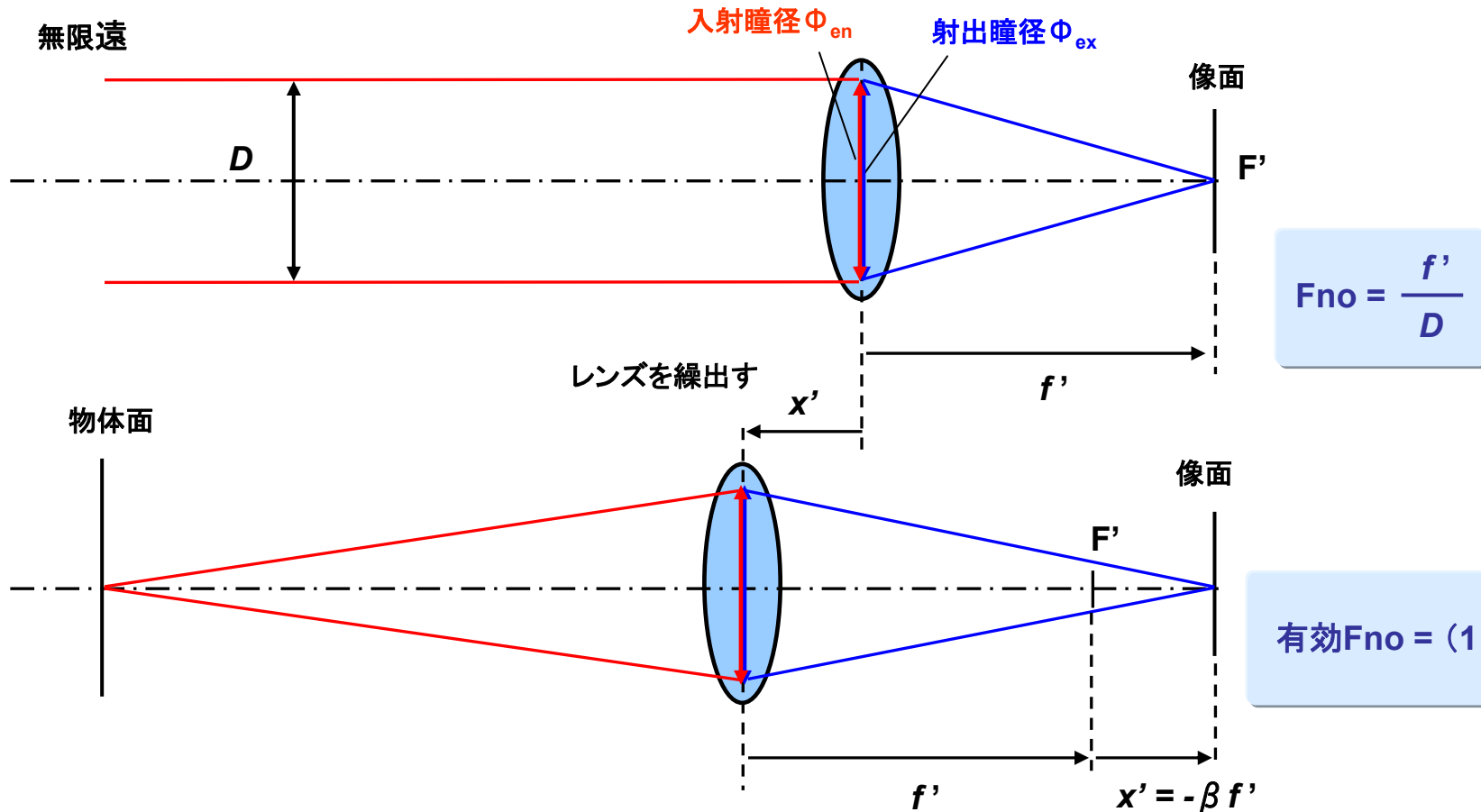
$$\begin{aligned} \text{縦倍率 } \alpha &= \frac{\Delta X'}{\Delta X} \\ X' + \Delta X' &= \frac{ff'}{X + \Delta X} \\ \Delta X' &= \frac{-ff' \Delta X}{X(X + \Delta X)} \\ \frac{-ff'}{X(X + \Delta X)} &= \left(\frac{f}{X}\right)^2 = \beta^2 \quad (\Delta X \rightarrow 0) \end{aligned}$$

# Fnoと有効Fno $\Phi_{en} = \Phi_{ex}$ の場合

Confidential



薄肉レンズ  $\Phi_{en} = \Phi_{ex}$  瞳倍率  $\beta_p = \Phi_{ex} / \Phi_{en} = 1$

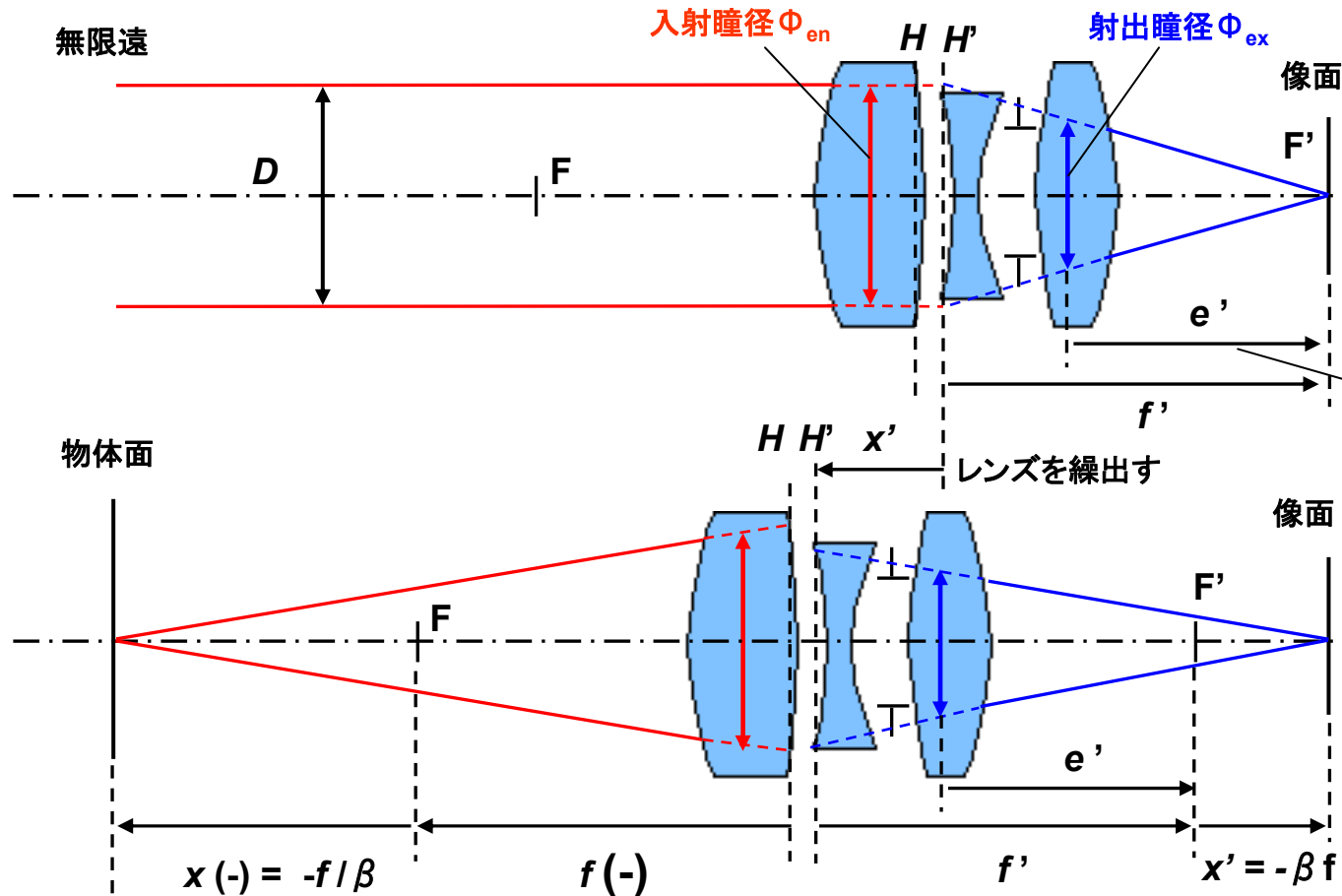


# Fnoと有効Fno $\Phi_{en} \neq \Phi_{ex}$ の場合

Confidential



厚肉レンズ  $\Phi_{en} \neq \Phi_{ex}$  瞳倍率  $\beta_p = \Phi_{ex} / \Phi_{en}$



$$Fno = \frac{f'}{D} = \frac{f'}{\Phi_{en}} = \frac{e'}{\Phi_{ex}}$$

$$= \frac{f'(e'/f')}{\Phi_{ex}} = \frac{f' \beta_p}{\Phi_{ex}}$$

射出瞳位置からの距離

$$\text{有効Fno} = \frac{(e'+x')}{\Phi_{ex}} = \frac{(e'+x') Fno}{e'}$$

$$= \left(1 + \frac{x'}{e'}\right) Fno = \left(1 + \frac{-\beta f'}{f' \beta_p}\right) Fno$$

$$= \left(1 - \frac{\beta}{\beta_p}\right) Fno$$

## レンズの公式 まとめ

Confidential



- ▶ ガウスの結像公式:  $1/s' - 1/s = 1/f$
- ▶ ニュートンの公式:  $xx' = ff' = -f^2 = -f'^2$
- ▶ レンズ繰出し量:  $x' = ff'/x = -\beta f'$
- ▶ 縦倍率と横倍率の関係:  $\beta^2$  に比例
- ▶ Fnoと有効Fnoについて: 有効Fno =  $(1 - \frac{\beta}{\beta_p})Fno$

- この資料の知的所有権はJIIA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 JIIA, 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】

JIIAについては:

JIIA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](mailto:y-yamaguchi@toshiba-teli.co.jp)

**Confidential**