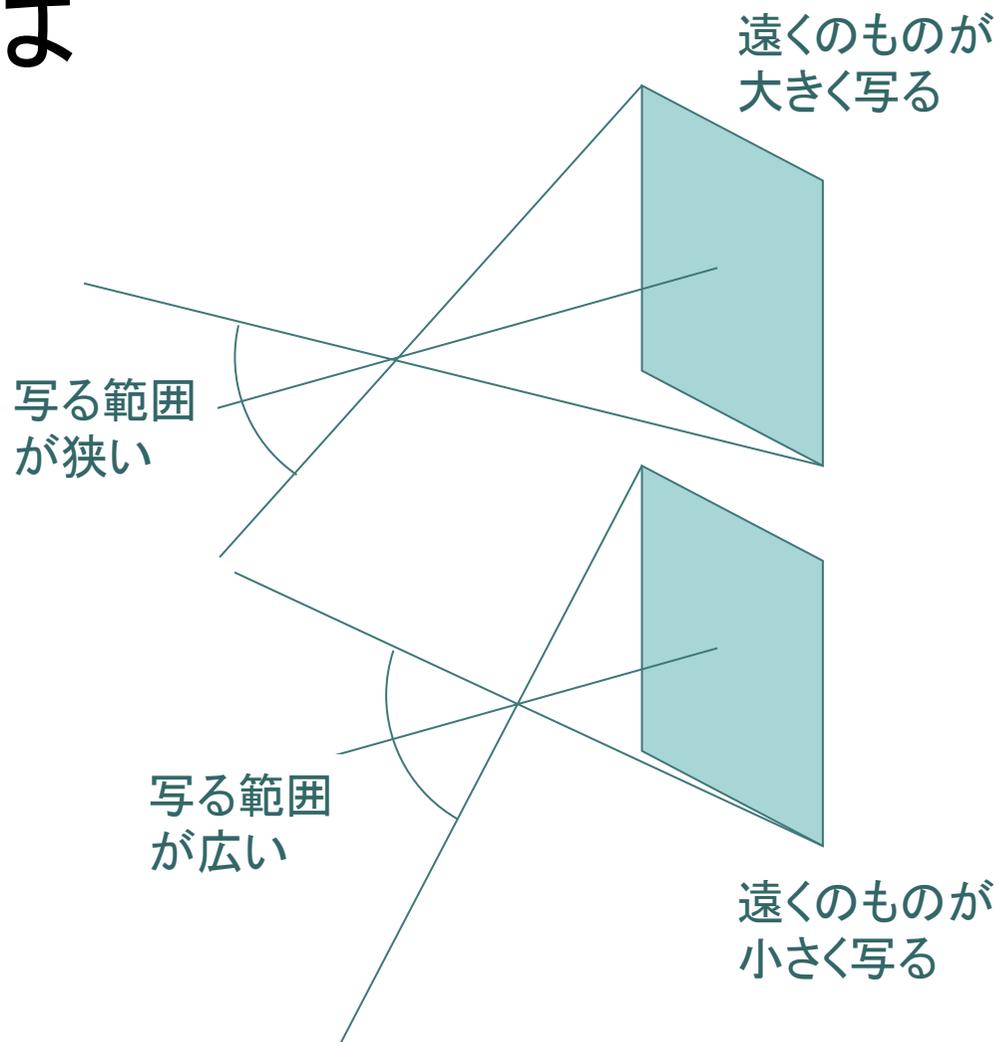
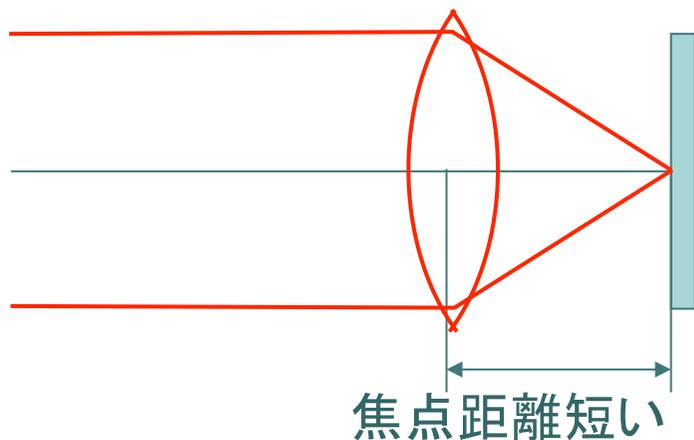
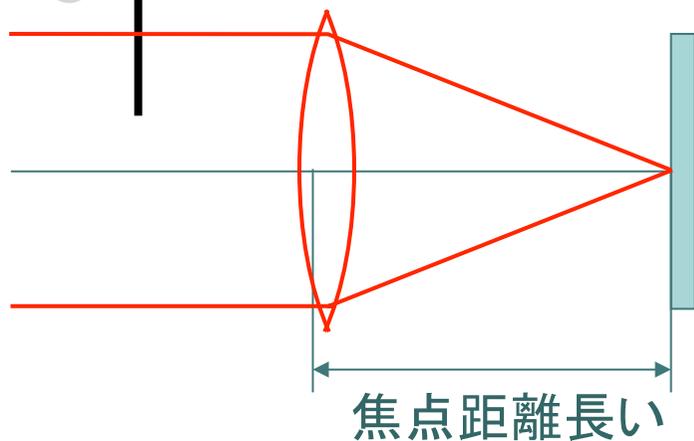




# 画像情報処理

レンズの基礎

# 焦点距離とは



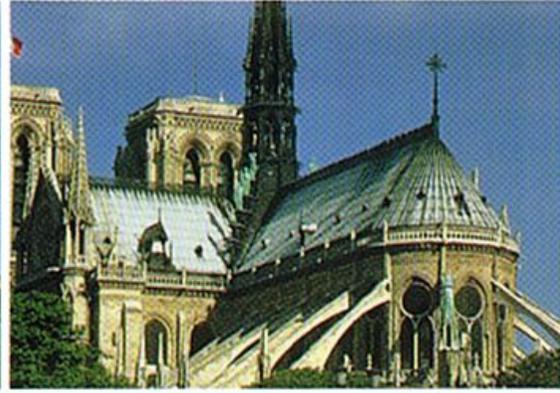
- 焦点距離は画角を決定する
  - 焦点距離と画面の大きさの関係で画角が決まる



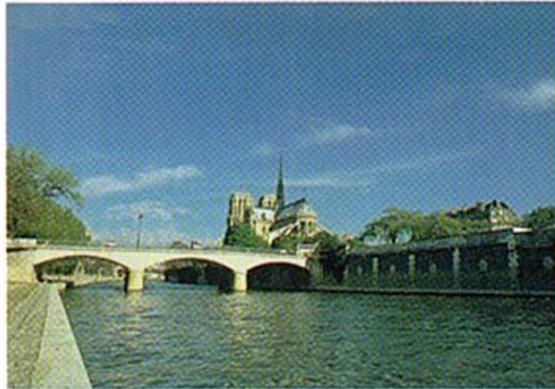
# 画角の 効果



16mm (魚眼)



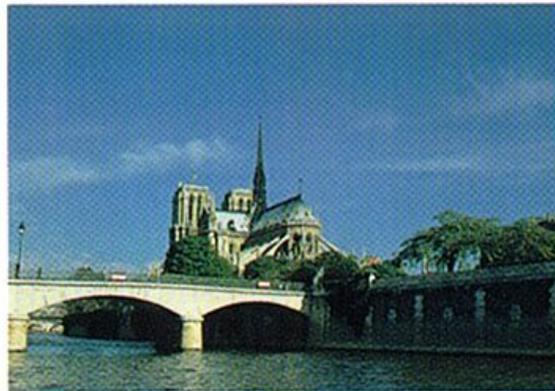
200mm



24mm



400mm

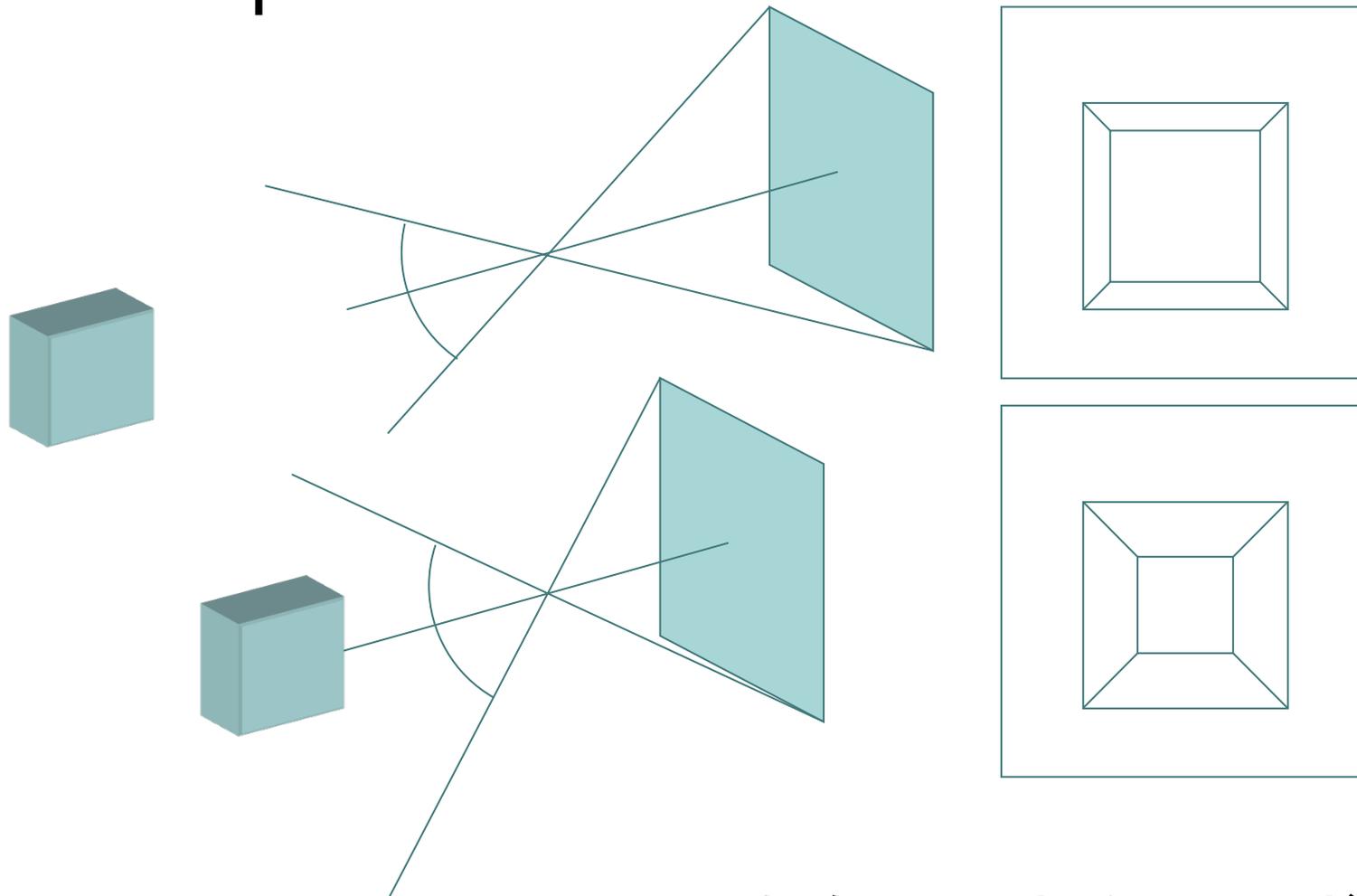


50mm

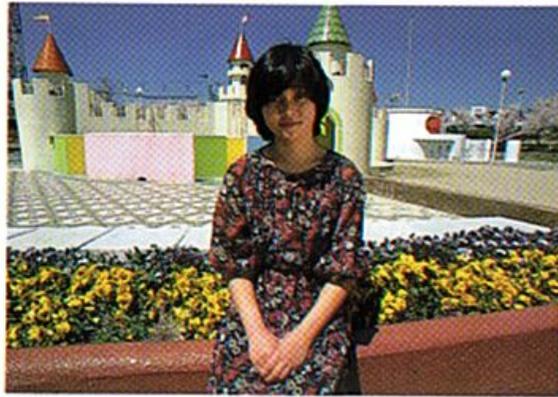


800mm

# ● ● ● | 焦点距離とパースペクティブ



- 同じ大きさに見えても奥行き方向のひずみが違う



17mm



135mm



24mm



300mm

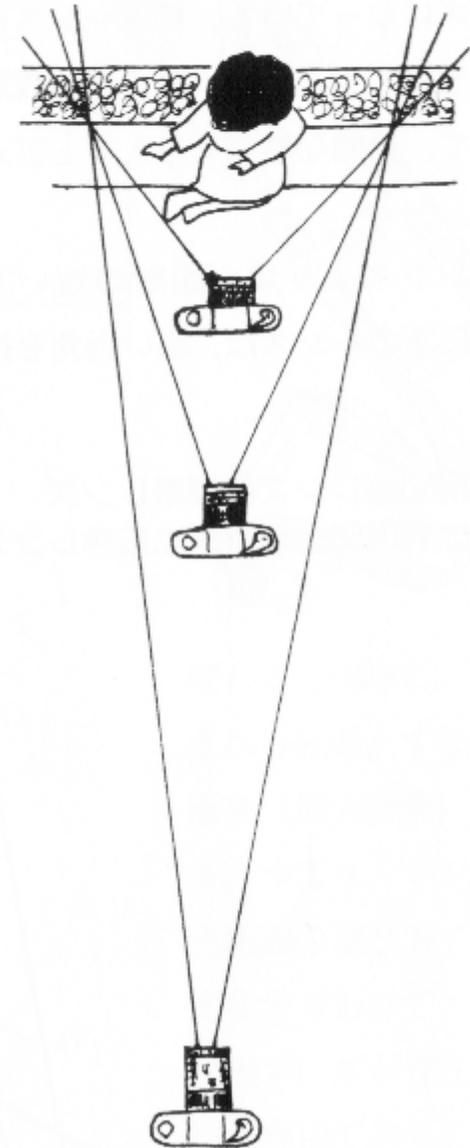


50mm



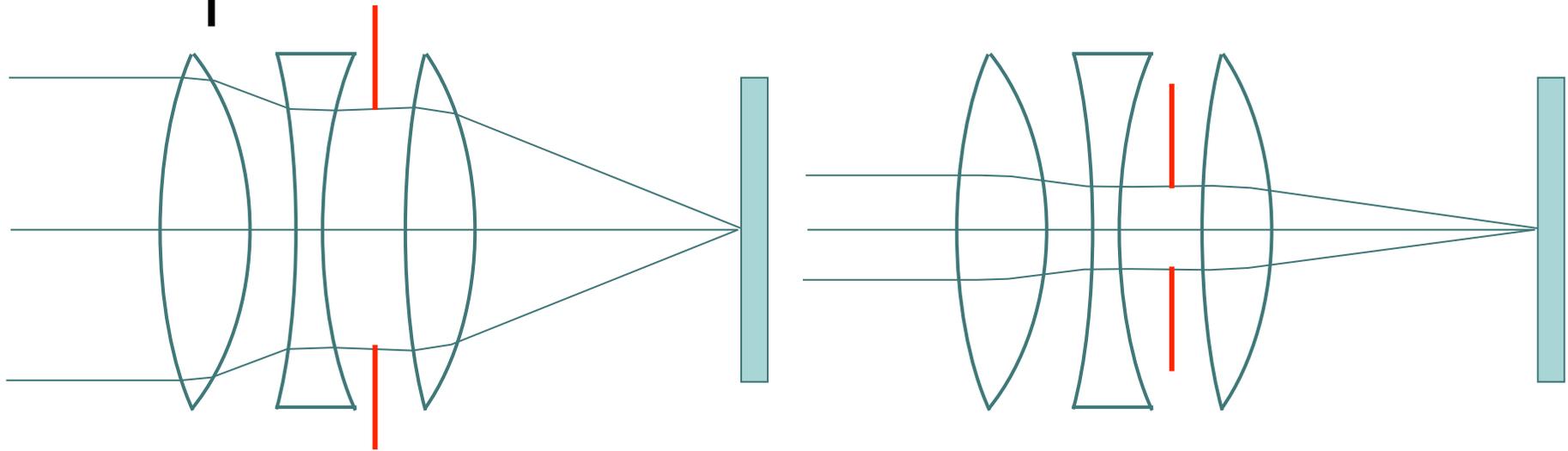
600mm

画角の異なるレンズで、人物を同じ大きさに写す場合のカメラ位置。背景の写り方は、大きく異なる（作例はカラーページ）



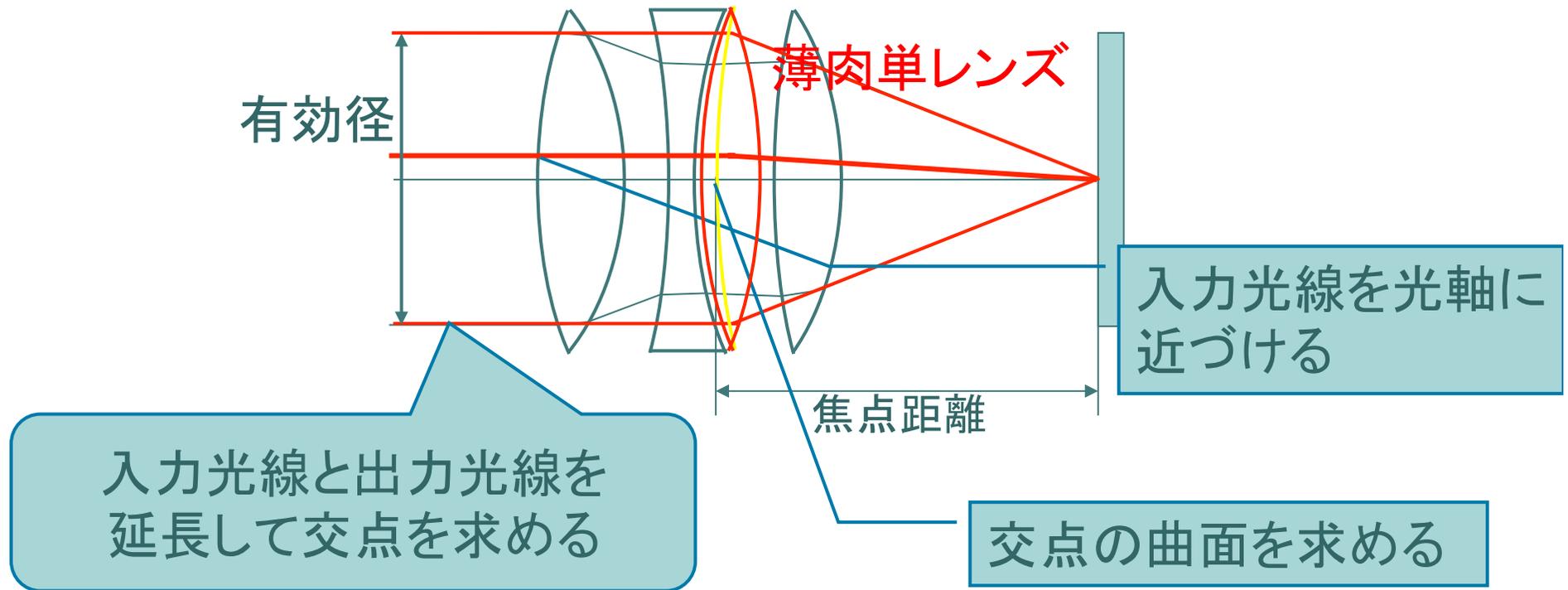
パース効果

# 焦点距離



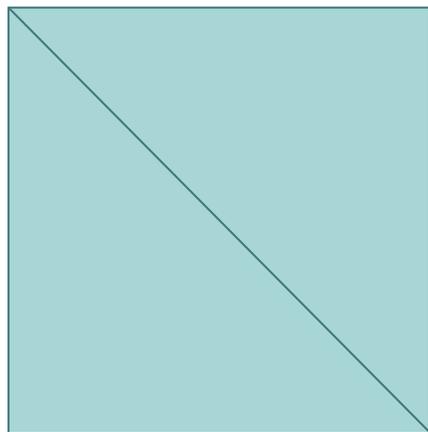
- これら2つの光学系の焦点距離は同じもの？
  - 絞りの設定に関わらず焦点距離は一定である.
- 収差(後述)に依存しない定義
  - 絞りを極限まで絞り込んだ状態で焦点距離を定義

# 焦点距離の定義

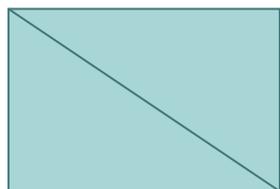


- 焦点距離 = 近軸光線 (入射光線と光軸の距離の極限を取る) で決定

# 焦点距離と画角の関係(1)



中判カメラ(6×6判)  
56mm x 56mm  
対角線長さ 79.2mm



35mm カメラ(135判)  
36mm x 24mm  
対角線長さ 43.3mm

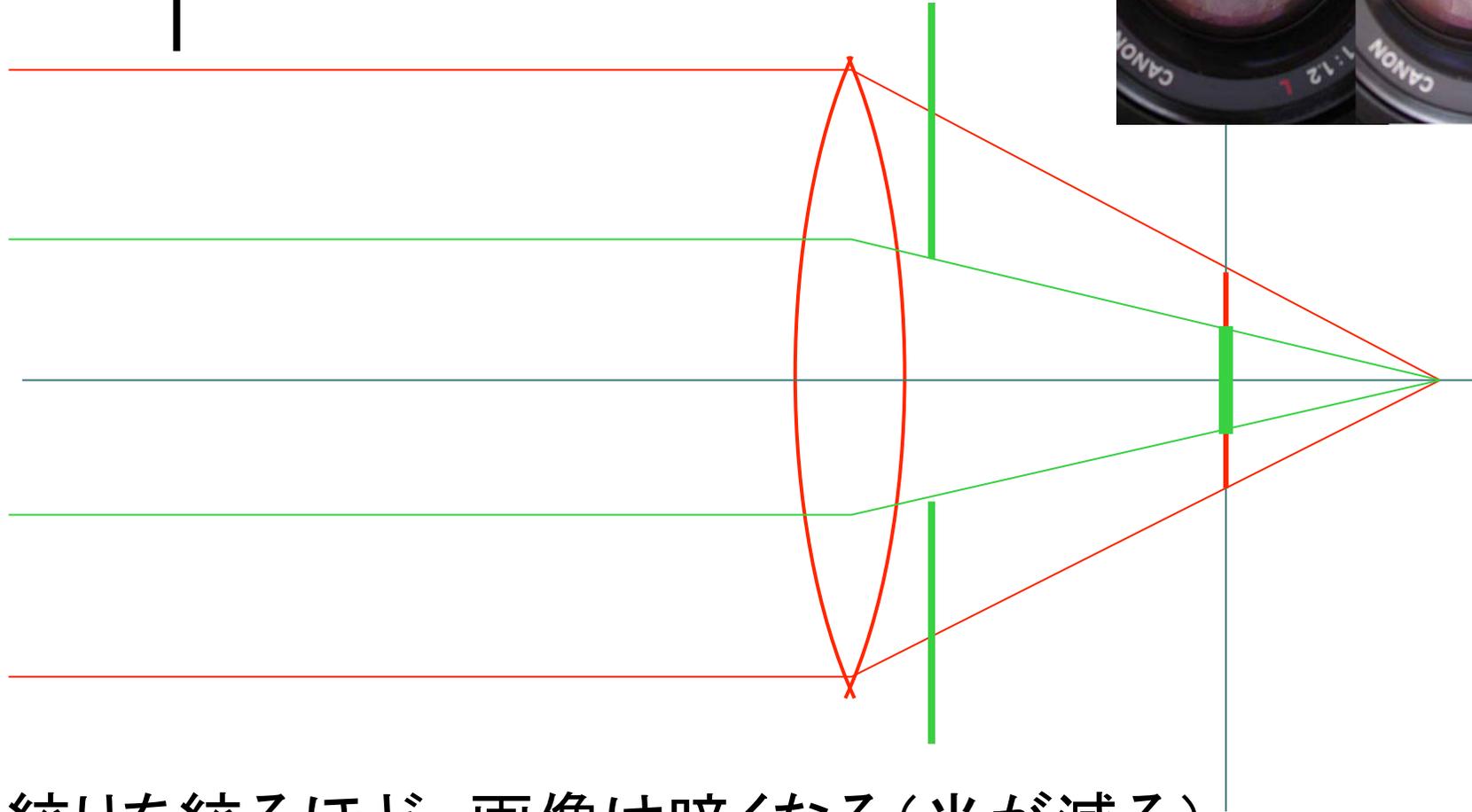


デジタルカメラ (2/3インチ～1/3インチ)  
8.8x6.6mm ～4.8x3.6mm  
対角線長さ 11mm ～6mm

Nikon

- 画面サイズが大きく異なる
  - 標準レンズの画角はおおよそ対角線の長さ

# 絞りととは？



- 絞りを絞るほど、画像は暗くなる(光が減る)
- 絞りを絞るほど、ぼけは小さくなる(ピントが合いやすい)



絞りをいっぱい開いたとき

F1.7 1/1000



中ぐらいの絞り

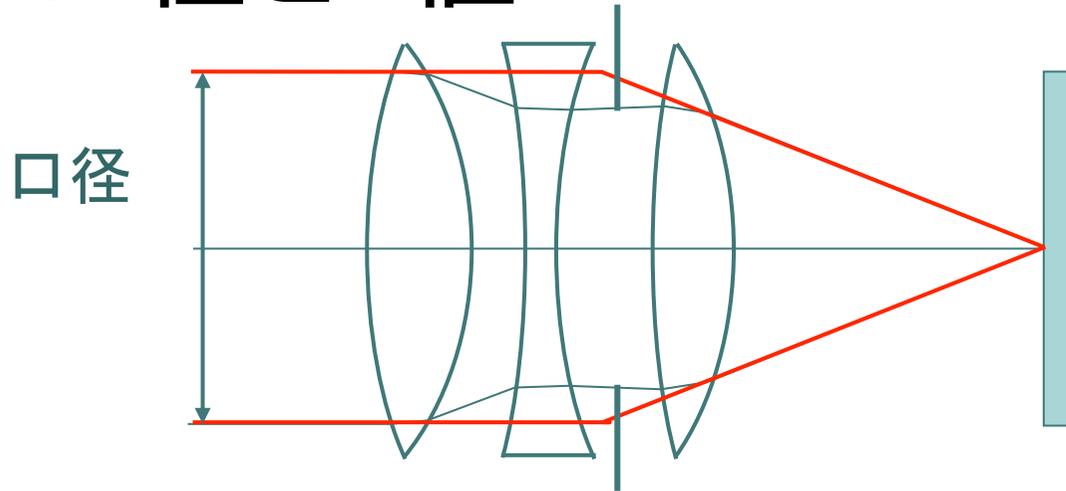
F4 1/160



絞りをいっぱい絞ったとき

F16 1/10

# 口径とF値



- 口径は、絞りの実際の直径ではなく、入射光束の直径である
- $F\text{値} = \text{焦点距離} / \text{口径}$ 
  - F値が小さいほど明るいレンズである
  - F値が2倍 = 明るさが1/4
  - 1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32, 45, 64, ...

# 画像の明るさ(露出)とは

- 適正露出とは
  - 露光量(像面上の明るさと露光時間の積)を一定に保たねばならない
  - 像面上の明るさ:シーンの明るさ, F値
  - 露光時間:シャッター速度
  - 感度:フィルム感度, CCD のゲイン
- 例えば絞りを1段開くと, シャッター速度を倍にする必要がある.

シャッター速度	30	60	125	250	500	1000
絞り値	F11	F8	F5.6	F4	F2.8	F2

# 絞りとシャッター速度の例



- 昔のカメラのうち一部は，露出計を簡略化するために絞りとシャッター速度を同軸に並べていた

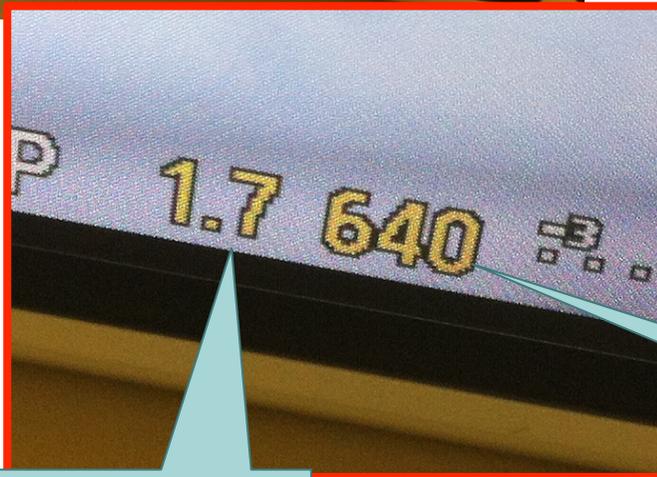
# もちろん現在のカメラでも



絞り(F値)



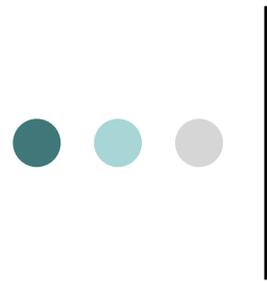
シャッター速度



シャッター速度



絞り(F値)

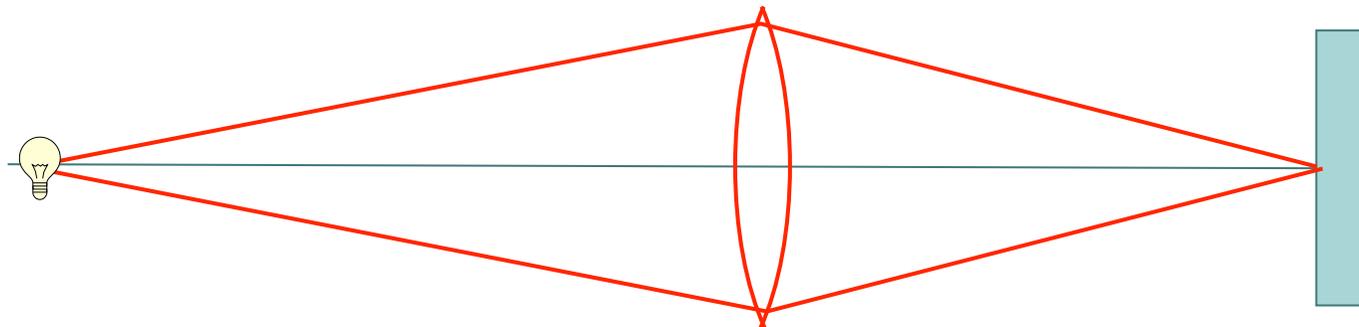


# Quiz

- 絞りを F4, シャッター速度が  $1/250$ 秒に対して
  - 絞りを F4 にしたまま, シャッター速度を  $1/500$ 秒にすると, 画像は明るくなるか, 暗くなるか?
  - シャッター速度を  $1/250$ 秒にしたまま, 絞りを F2.8 にすると, 画像は明るくなるか, 暗くなるか?
  - 絞りを F2.8 にしたとき, シャッター速度をいくらにすると露出はもとと同じになるか?

# ピントが合うとは

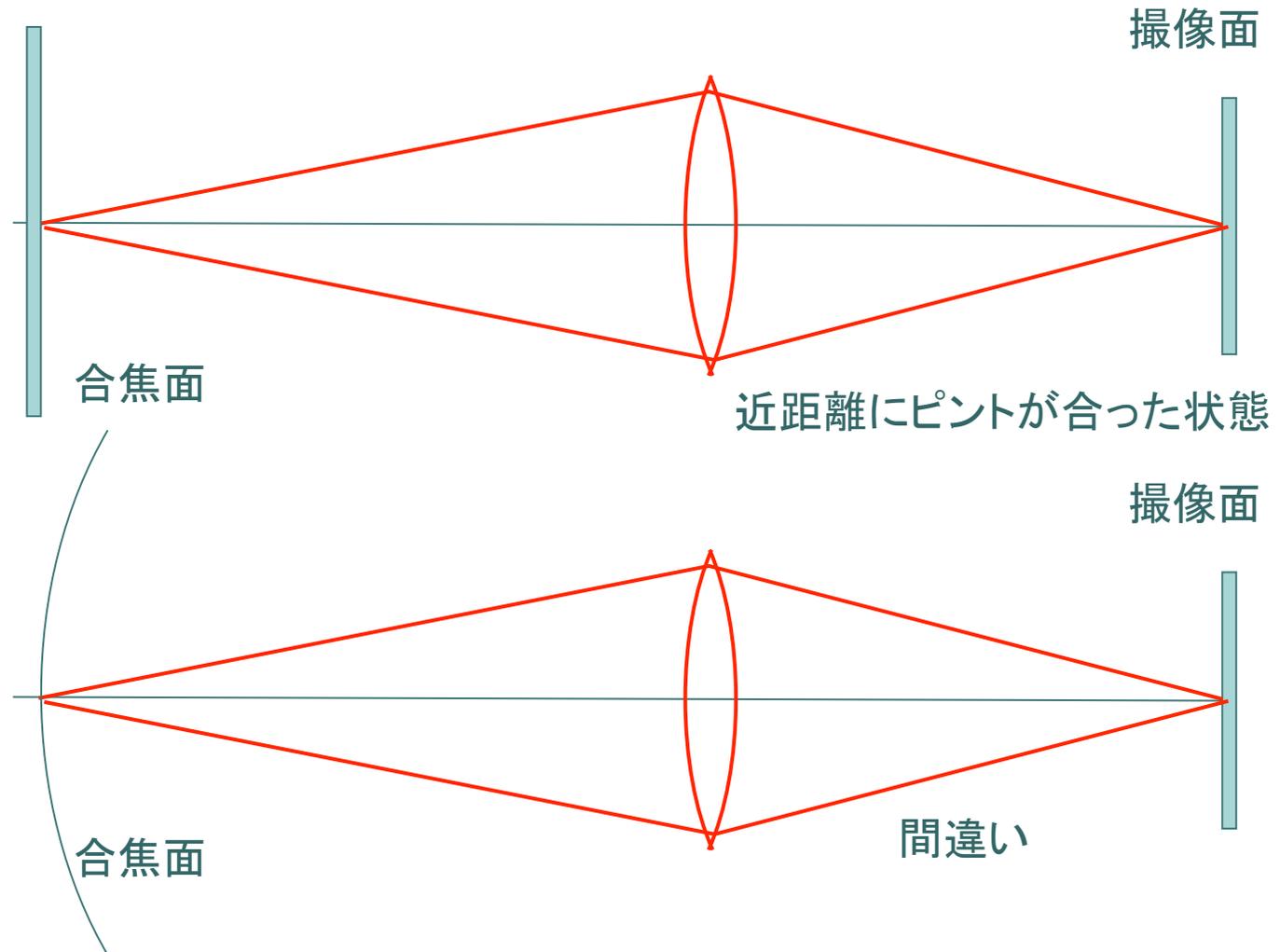
無限遠にピントが合った状態



近距離にピントが合った状態

- 1点から出た光が撮像面上で再び1点となる

# ピントの合う面

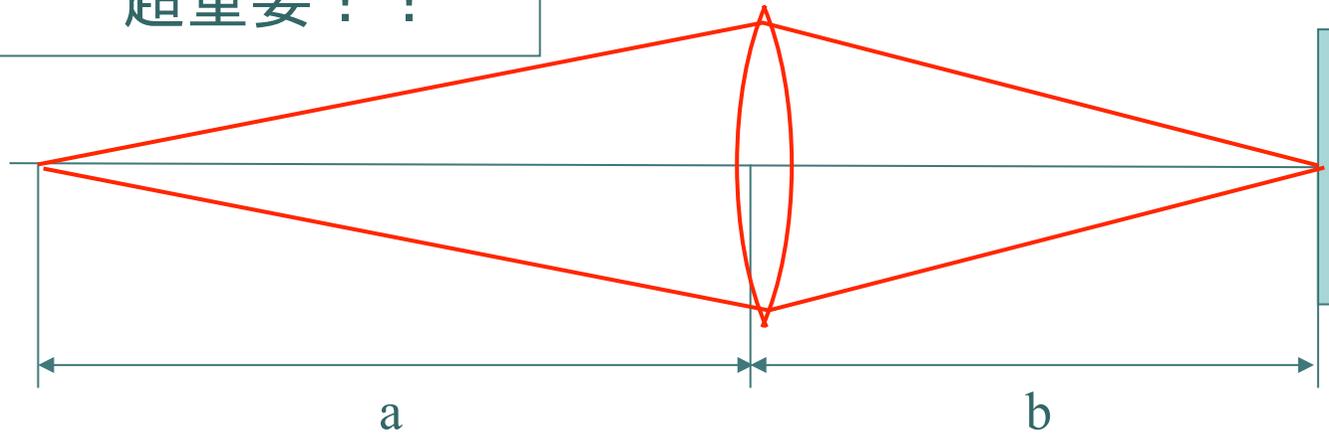
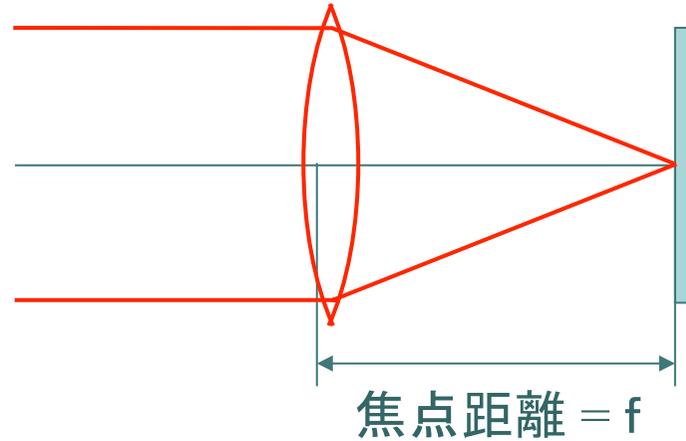


- 撮像面が平面なら合焦面も平面（理想レンズの場合）

# 結像公式(1)

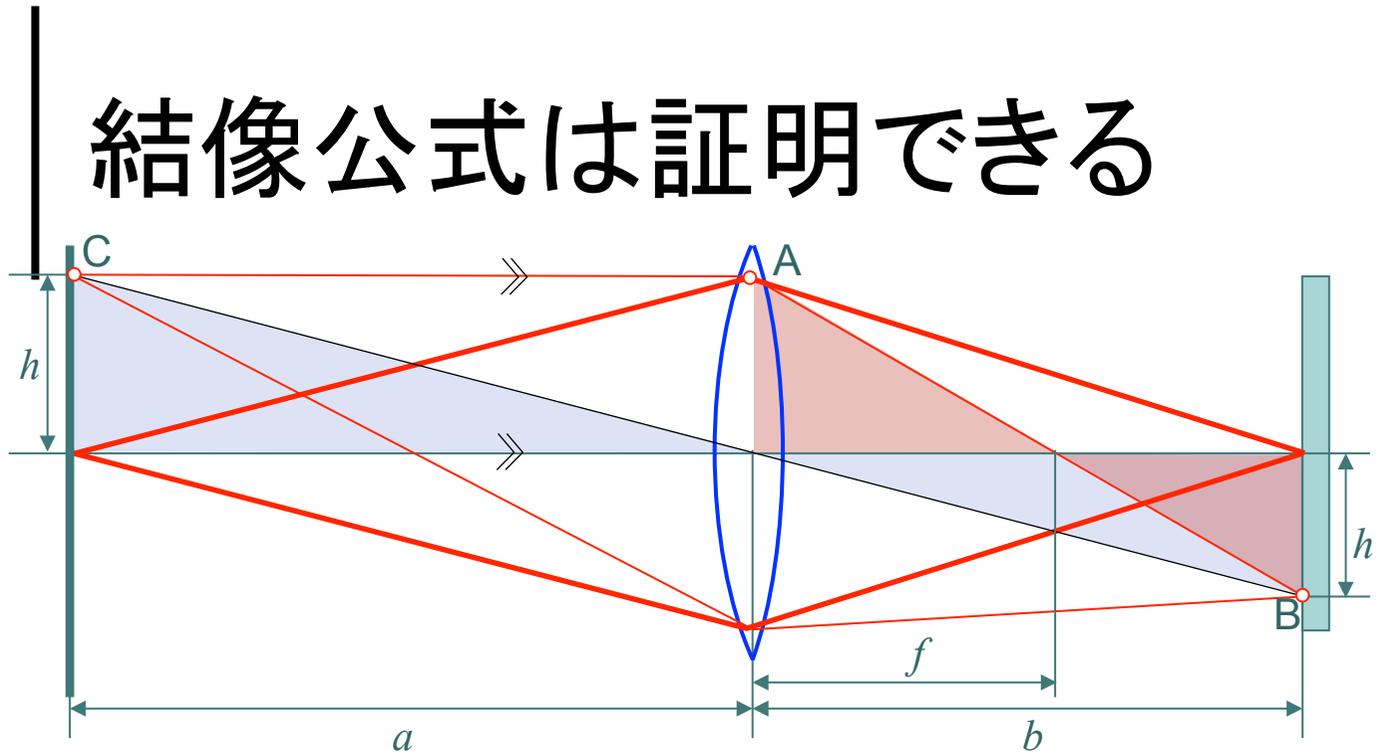
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

超重要！！



- レンズに近接した物体ほど、像は像面の後ろ方向に出来る
  - レンズを撮像面から離すことで近くにピントを合わせる

# 結像公式は証明できる



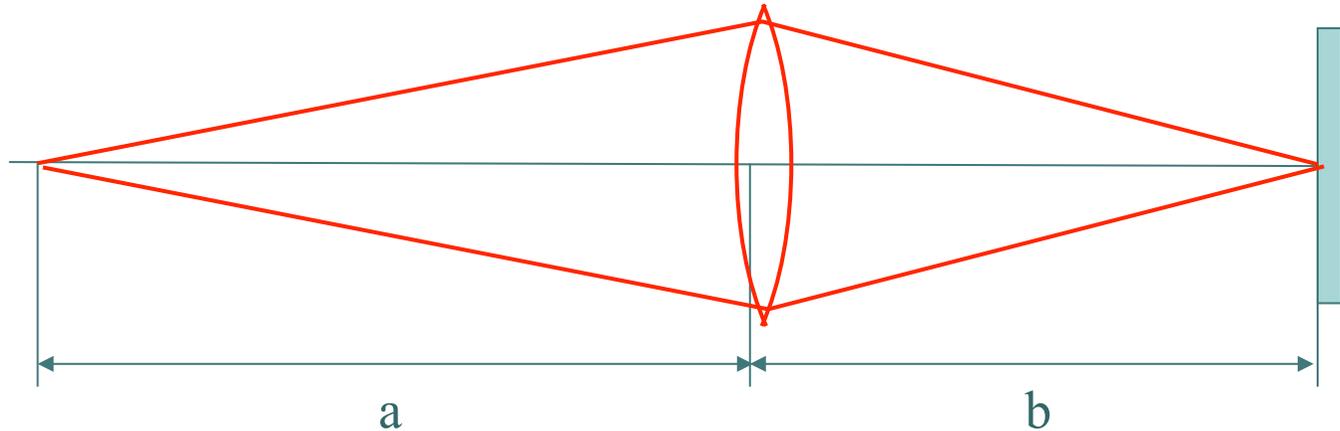
$\frac{h}{a} = \frac{h'}{b}$  から  $h = \frac{a}{b}h'$  を得る. これを  $\frac{h}{f} = \frac{h'}{b-f}$  に代入して

$h$  を消去すると,  $\frac{ah'}{fb} = \frac{h'}{b-f}$  となって自然に  $h'$  も消える.

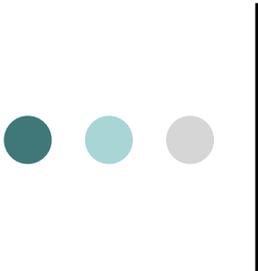
$\frac{a}{fb} = \frac{1}{b-f}$  これを整理すると  $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$  が得られる.

## 結像公式から分かること

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

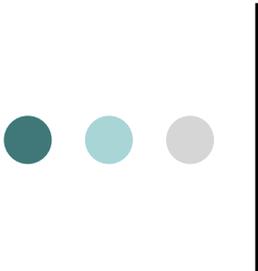


- $b = f$  なら  $a = \infty$ 
  - 無限遠にピントが合っている状態を表す
- $a = f$  なら  $b = \infty$ 
  - レンズは逆向きに使っても同じ焦点距離



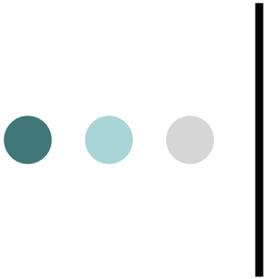
## 練習問題(1)

- 焦点距離 50mm のレンズを 5mm 繰り出したとき, おおよそ何mm 先にピントが合うか



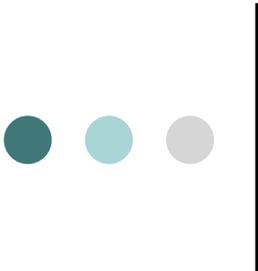
## 練習問題(1)回答

- $1/50 = 1/b + 1/55$ 
  - ゆえに  $b = 550$  (mm)
- 普通のカメラでは, フィルムからの距離を被写体距離と定義する
  - つまり被写体までは  $550 + 55 = 605$ mm
- 主点間隔が無視できない場合, それをさらに加算する必要がある



## 練習問題(2)

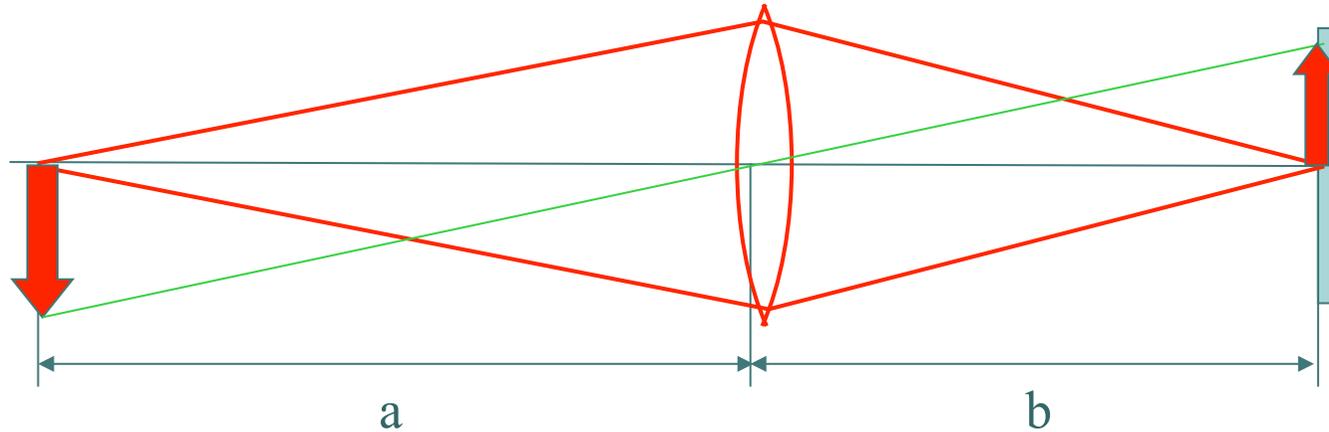
- 10mm レンズで 1m 先にピントを合わせるとき, レンズを何mm繰り出せばよいか
- これが 20mm レンズのときはどうか



## 練習問題(2)回答

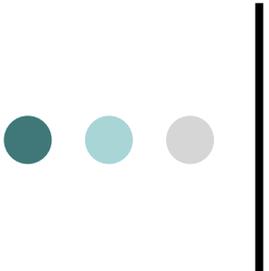
- 距離に対して焦点距離が小さいので、それを無視する
  - $1/10 = 1/1000 + 1/a$   $a = 10.101$ 
    - ・ ゆえに 0.101mm 繰り出せばよい
  - $1/20 = 1/1000 + 1/a$   $a = 20.408$ 
    - ・ ゆえに 0.408mm 繰り出せばよい
  - 焦点距離が長いほど繰り出し量は大きい

# 撮影倍率



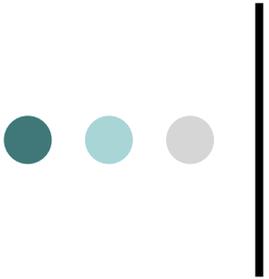
$$\text{倍率 } M = \frac{b}{a}$$

- 被写体と像の大きさの比
- $M=1$  のとき, 等倍という



## 練習問題(3)

- 等倍撮影のとき、レンズの繰り出し量はどの程度になるか？



## 練習問題(3)回答

- $1/f = 1/b + 1/a$ ,  $a=b$  より  $a = b = 2f$ 
  - レンズの焦点距離に等しいだけ繰り出せば等倍となる
  - フィルムと被写体の距離はおおよそ焦点距離の4倍
  - フィルムと被写体は焦点距離の4倍よりも近づけることは出来ない