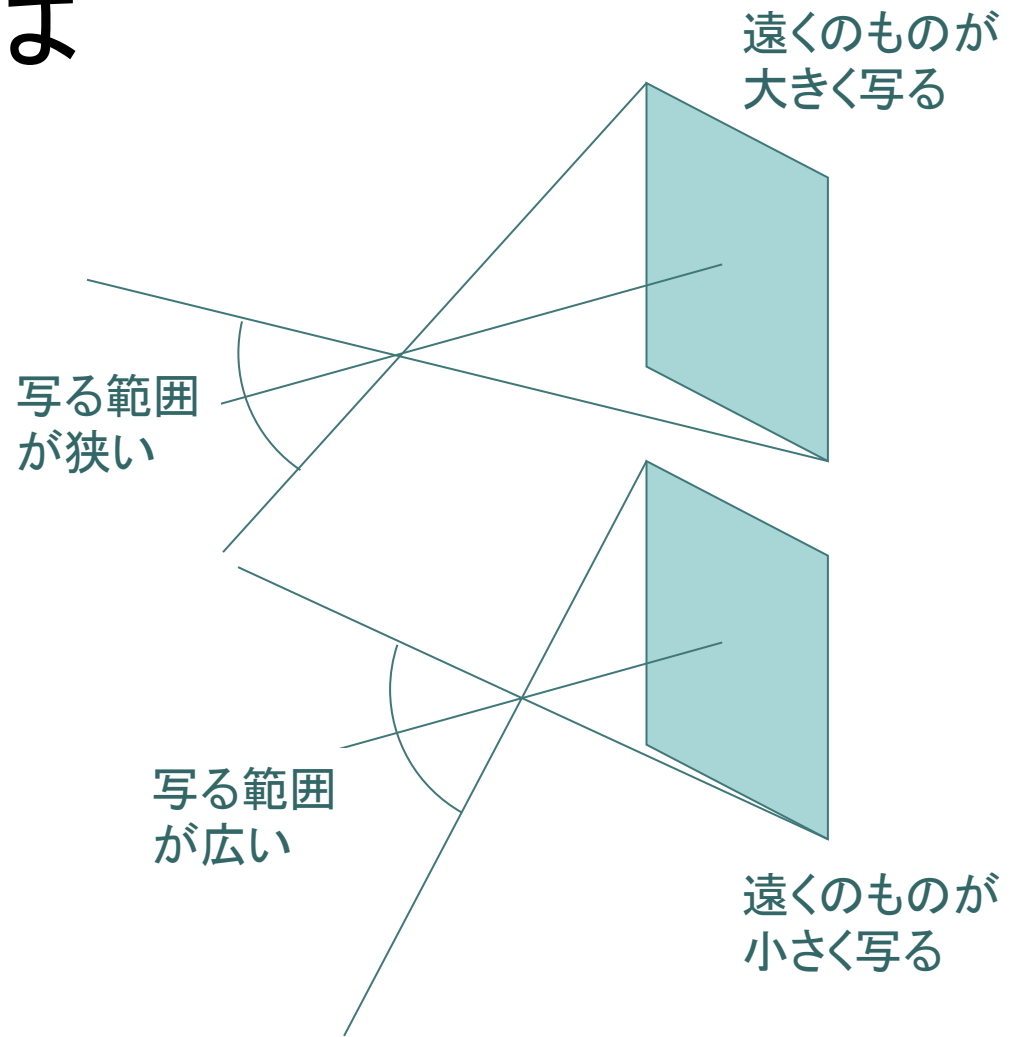
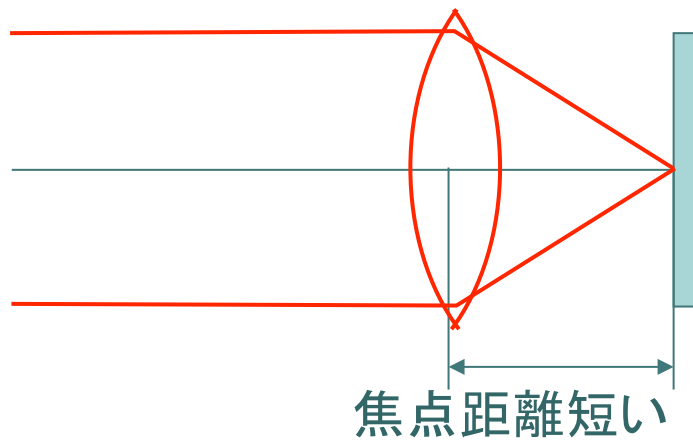
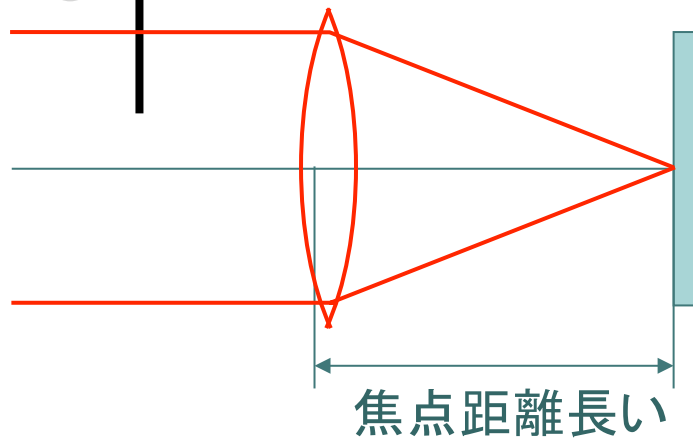




画像情報処理

レンズの基礎

焦点距離とは



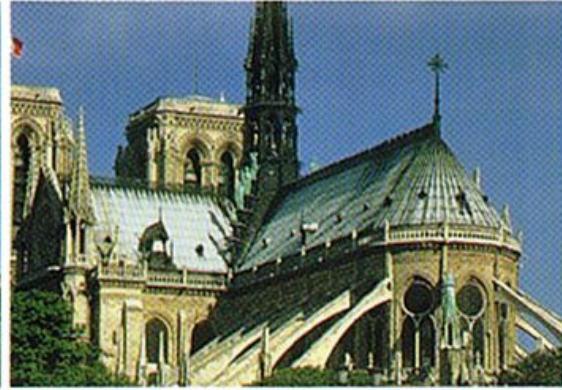
- 焦点距離は画角を決定する
 - 焦点距離と画面の大きさの関係で画角が決まる



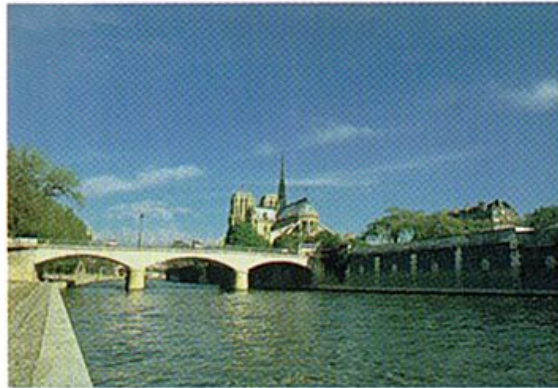
画角の 効果



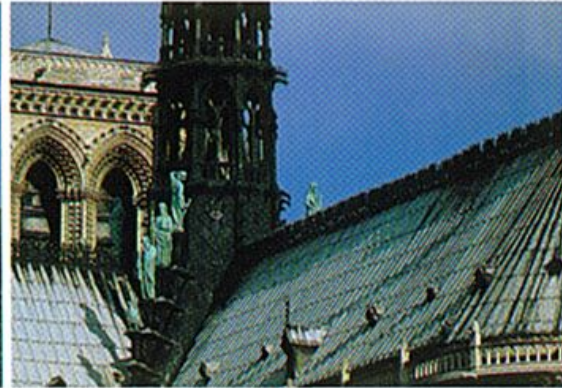
16mm (魚眼)



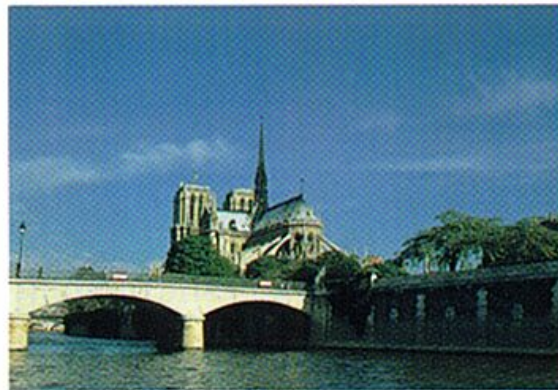
200mm



24mm



400mm

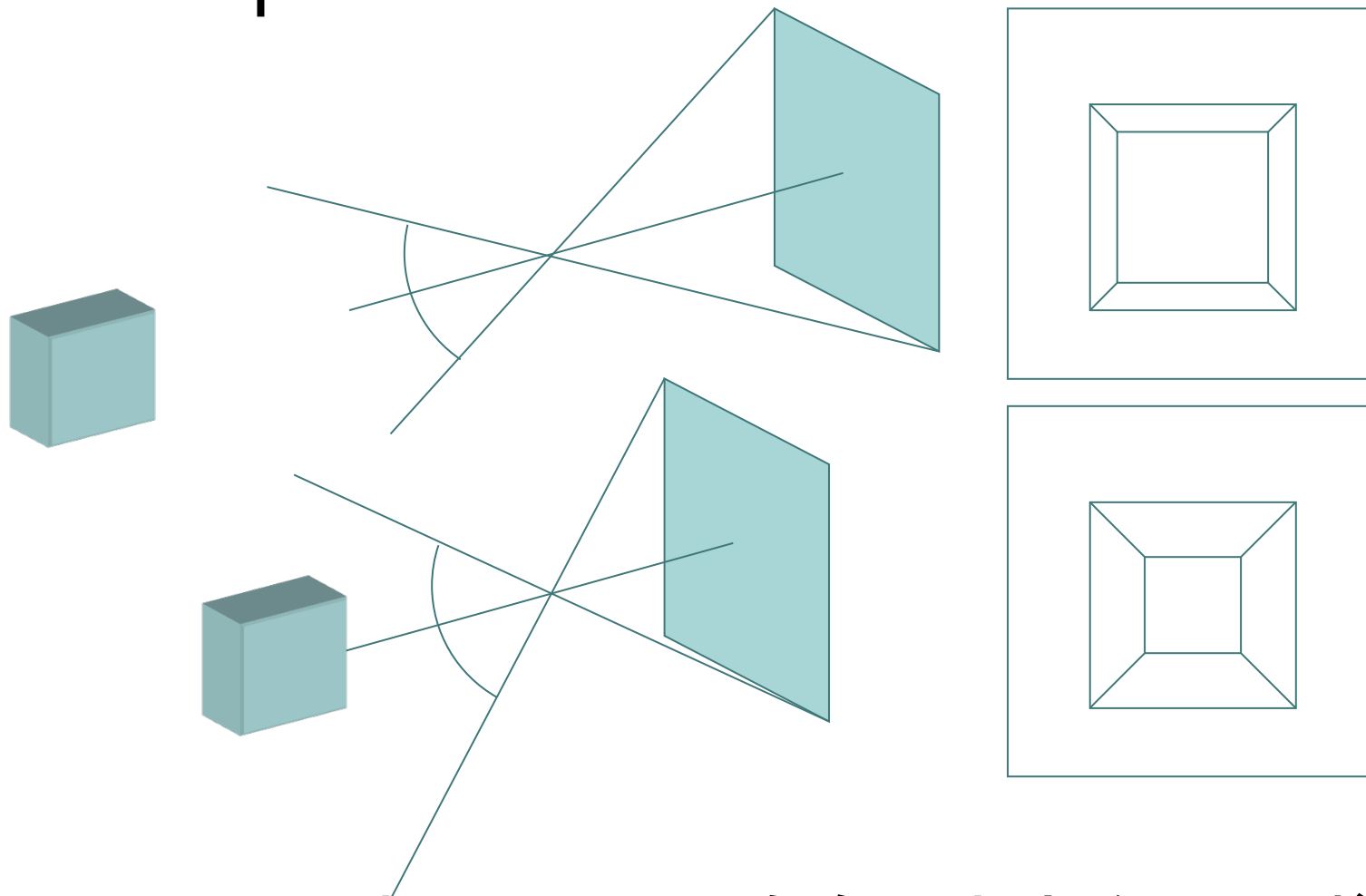


50mm



800mm

● ● ● | 焦点距離とパースペクティブ



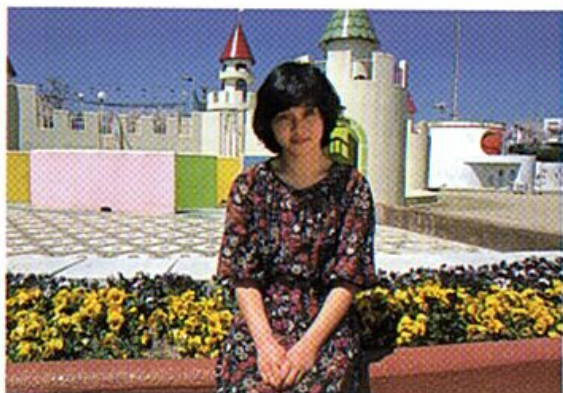
- 同じ大きさに見えても奥行き方向のひずみが違う



17mm



135mm



24mm



300mm

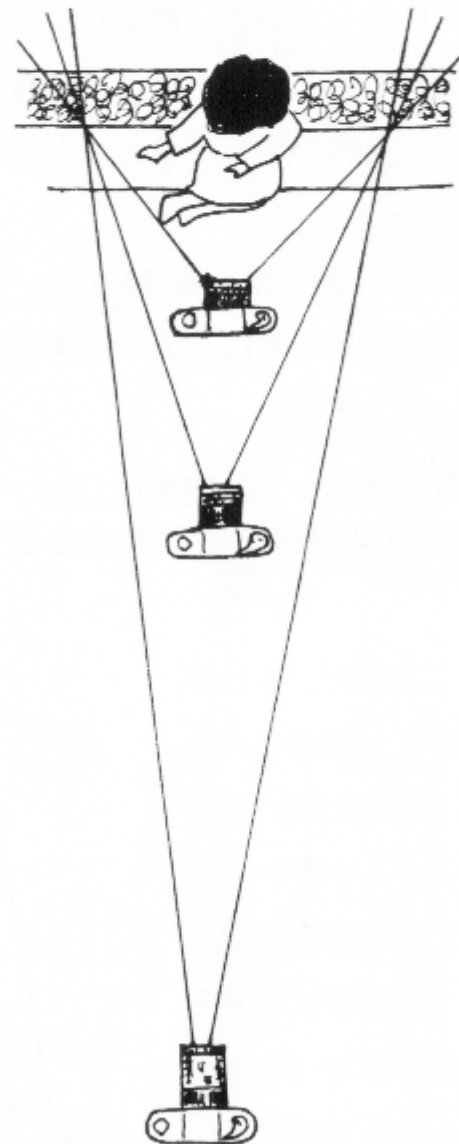


50mm



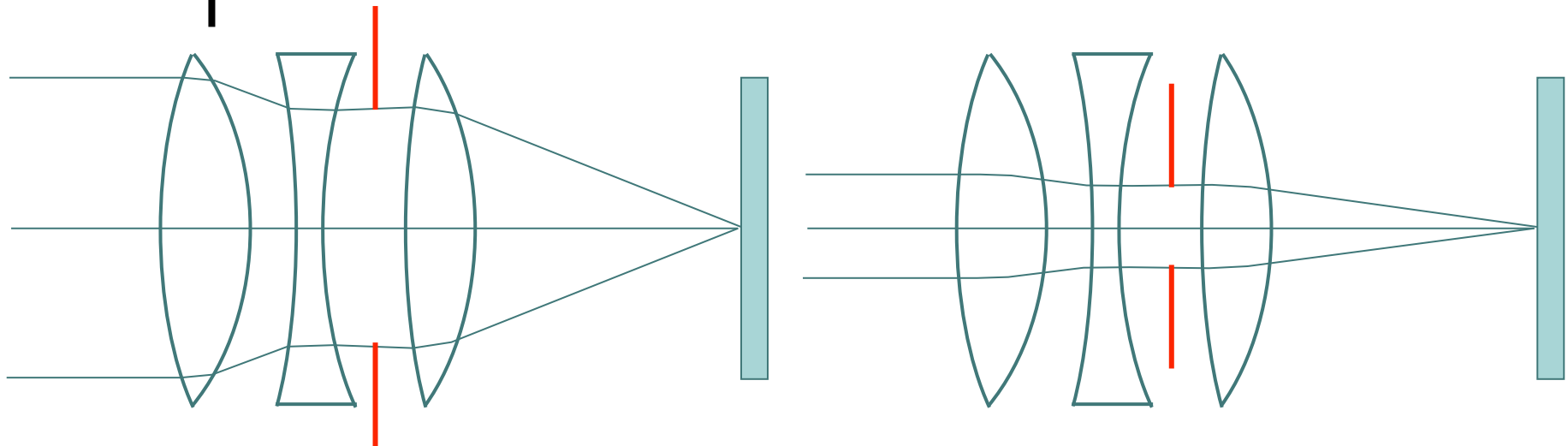
600mm

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）



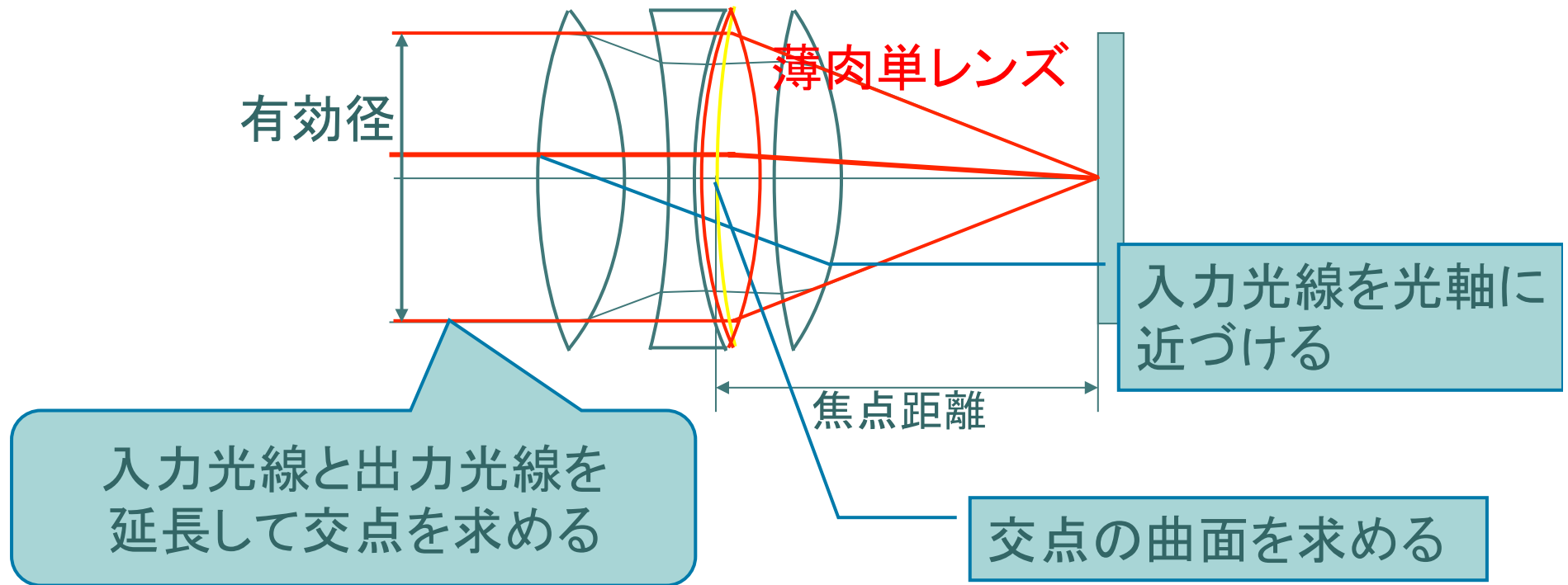
パース効果

● ● ● | 焦点距離



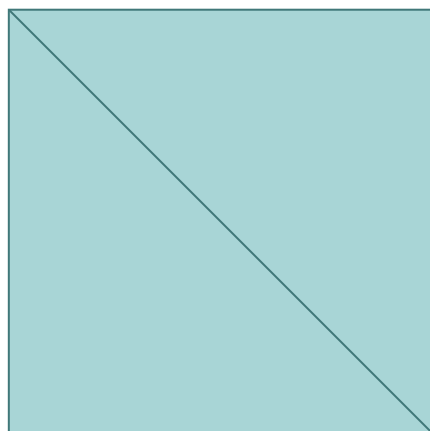
- これら2つの光学系の焦点距離は同じもの？
 - 絞りの設定に関わらず焦点距離は一定である。
- 収差(後述)に依存しない定義
 - 絞りを極限まで絞り込んだ状態で焦点距離を定義

焦点距離の定義

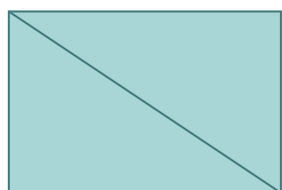


- 焦点距離 = 近軸光線 (入射光線と光軸の距離の極限を取る) で決定

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



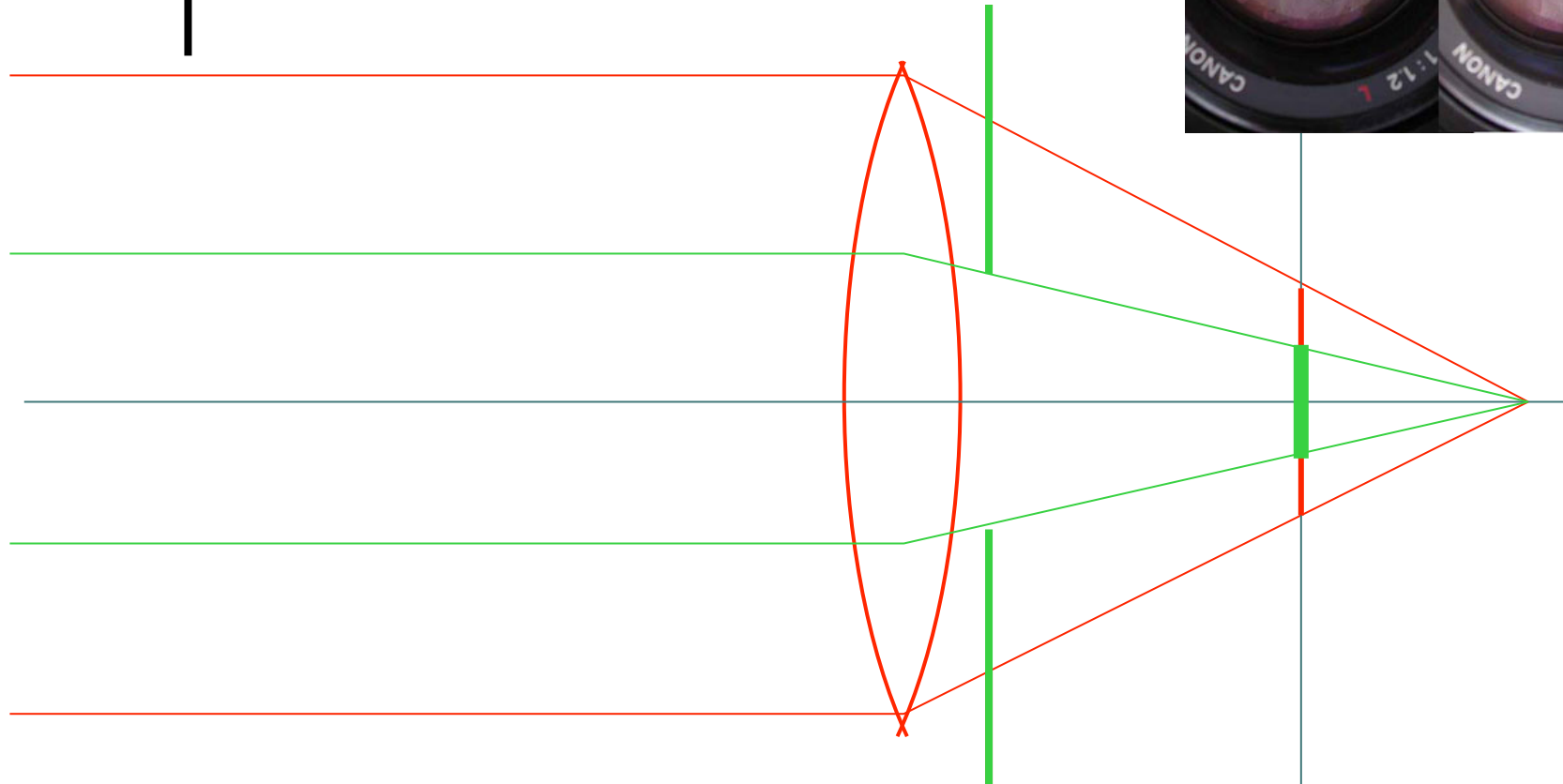
デジタルカメラ (2/3インチ～1/3インチ)
8.8x6.6mm ～4.8x3.6mm
対角線長さ 11mm ～6mm

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)



絞りをいっぱいにしたとき

F1.7 1/1000



中ぐらいの絞り

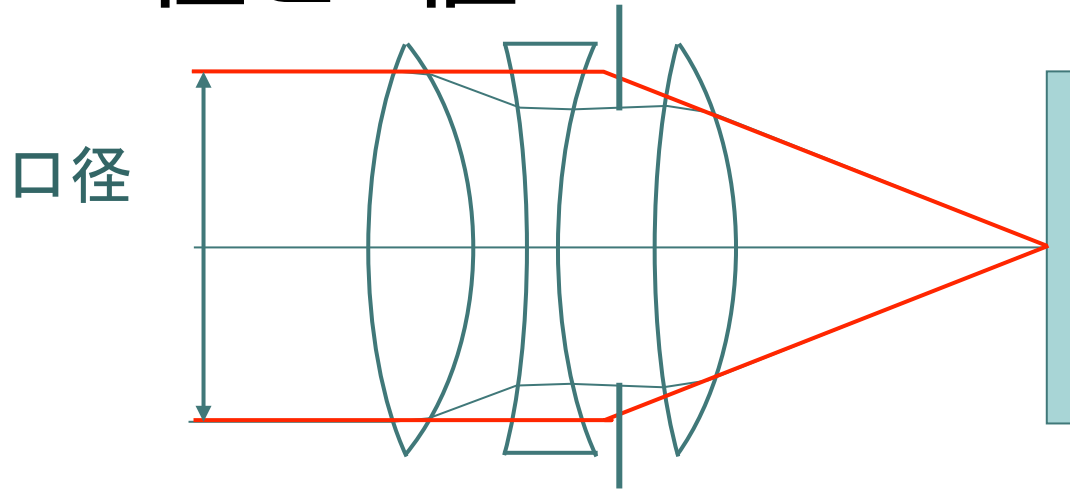
F4 1/160



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

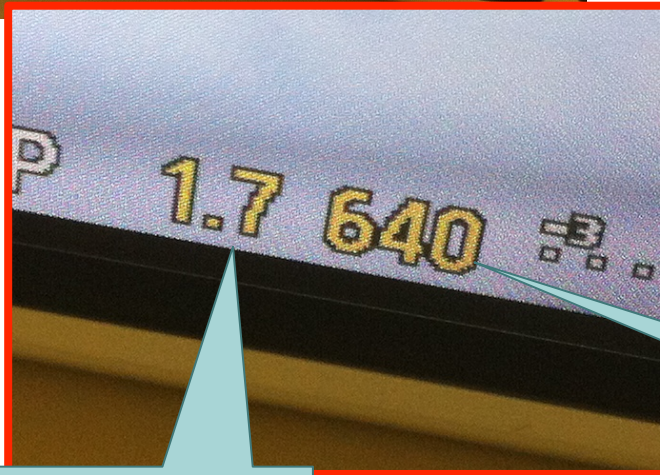


- 昔のカメラのうち一部は、露出計を簡略化するために絞りとシャッター速度を同軸に並べていた

もちろん現在のカメラでも



シャッター速度



絞り(F値)



シャッター速度

絞り(F値)

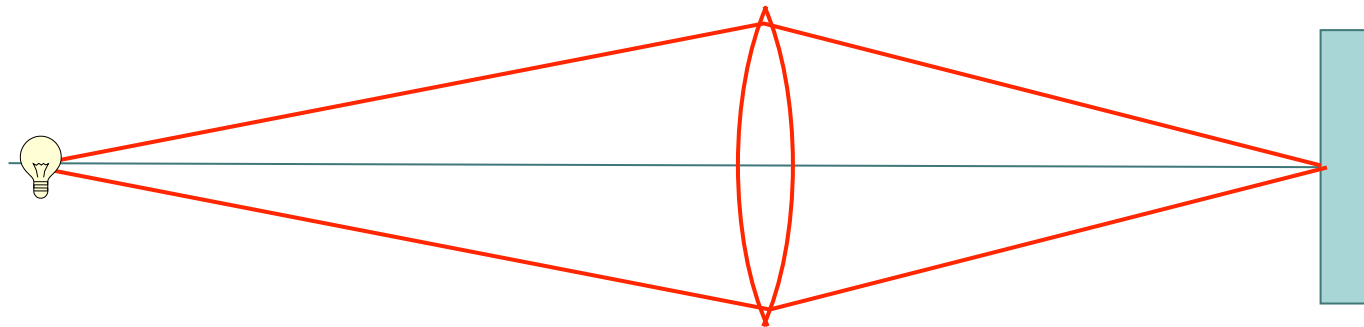
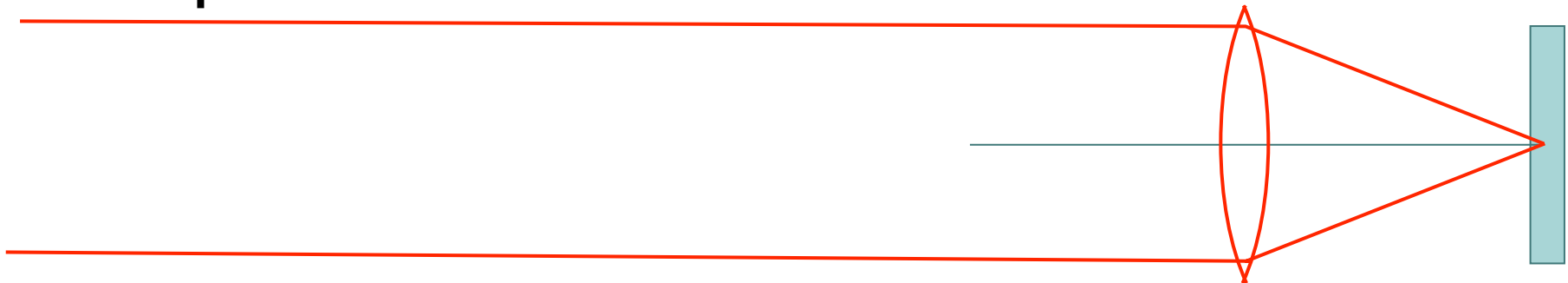


Quiz

- 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

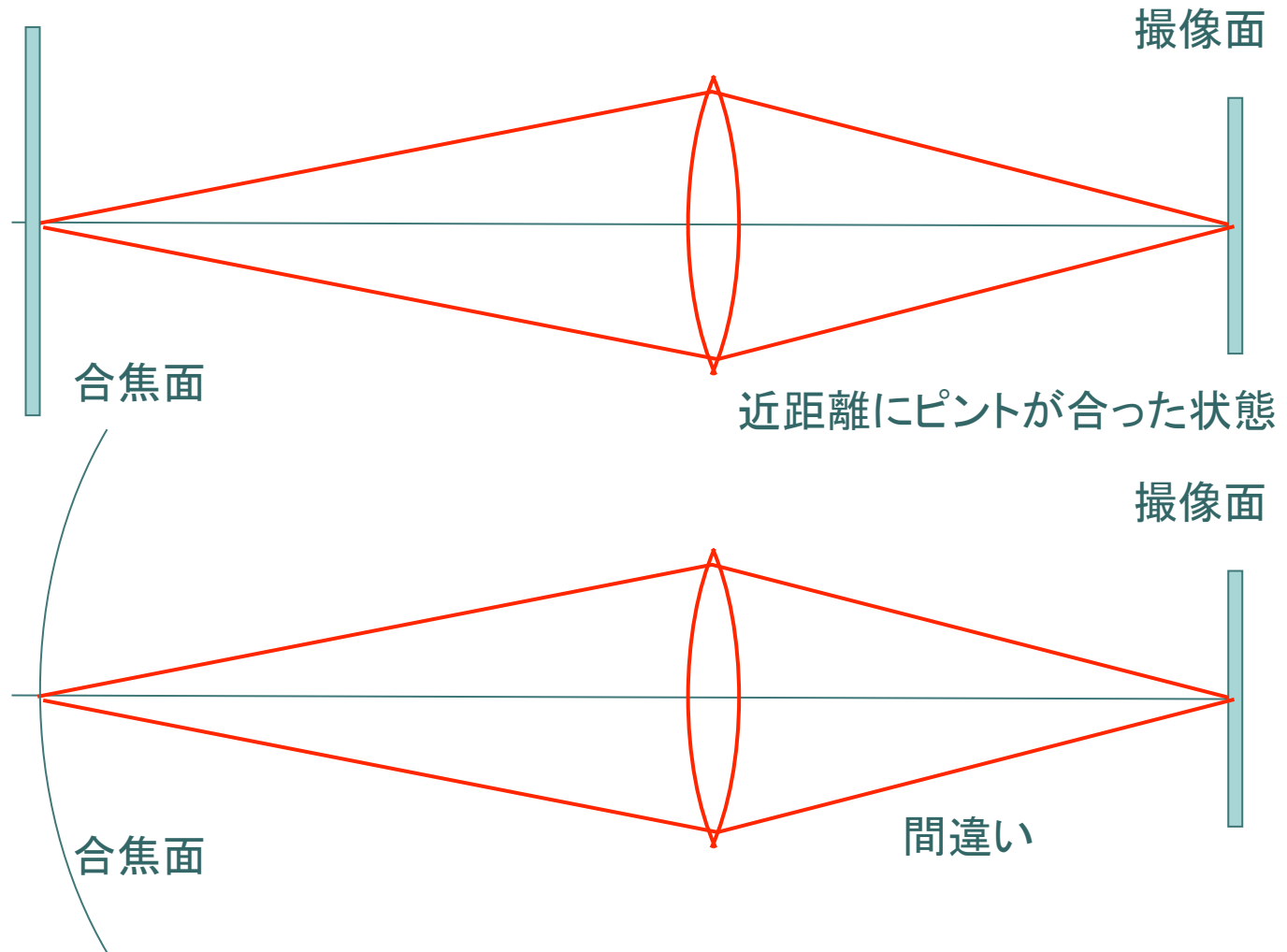
無限遠にピントが合った状態



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

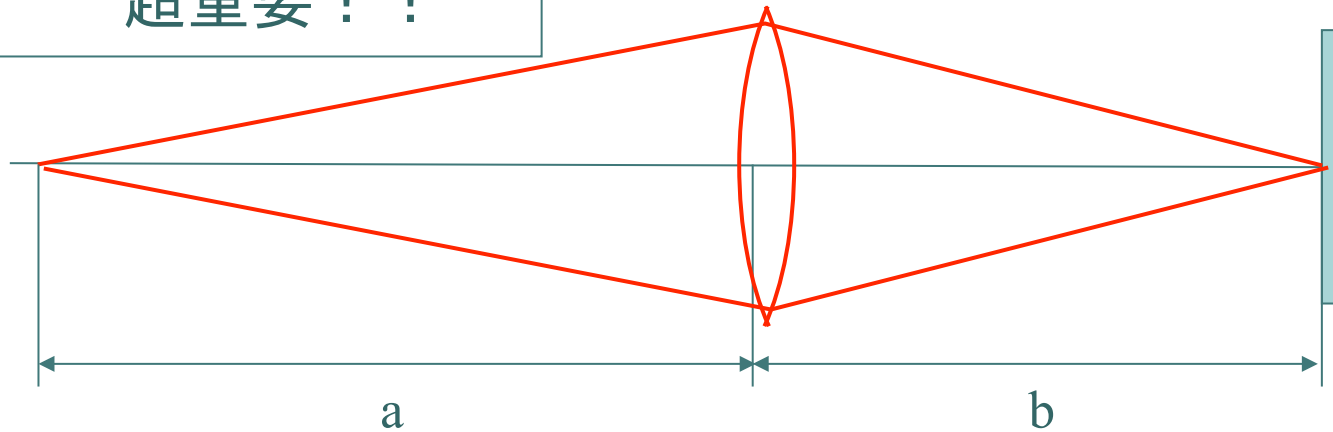
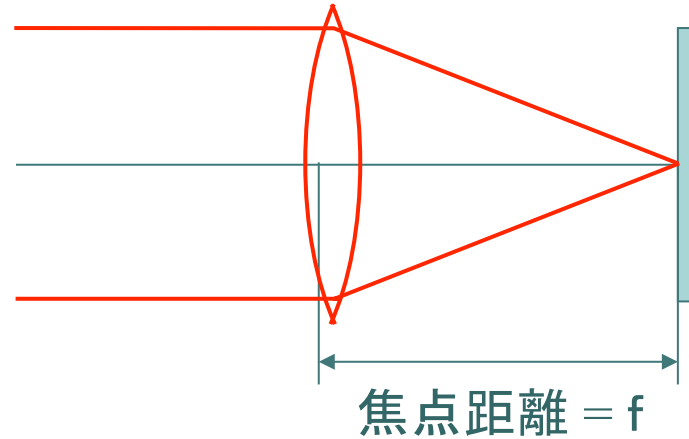


- 撮像面が平面なら合焦面も平面（理想レンズの場合）

結像公式(1)

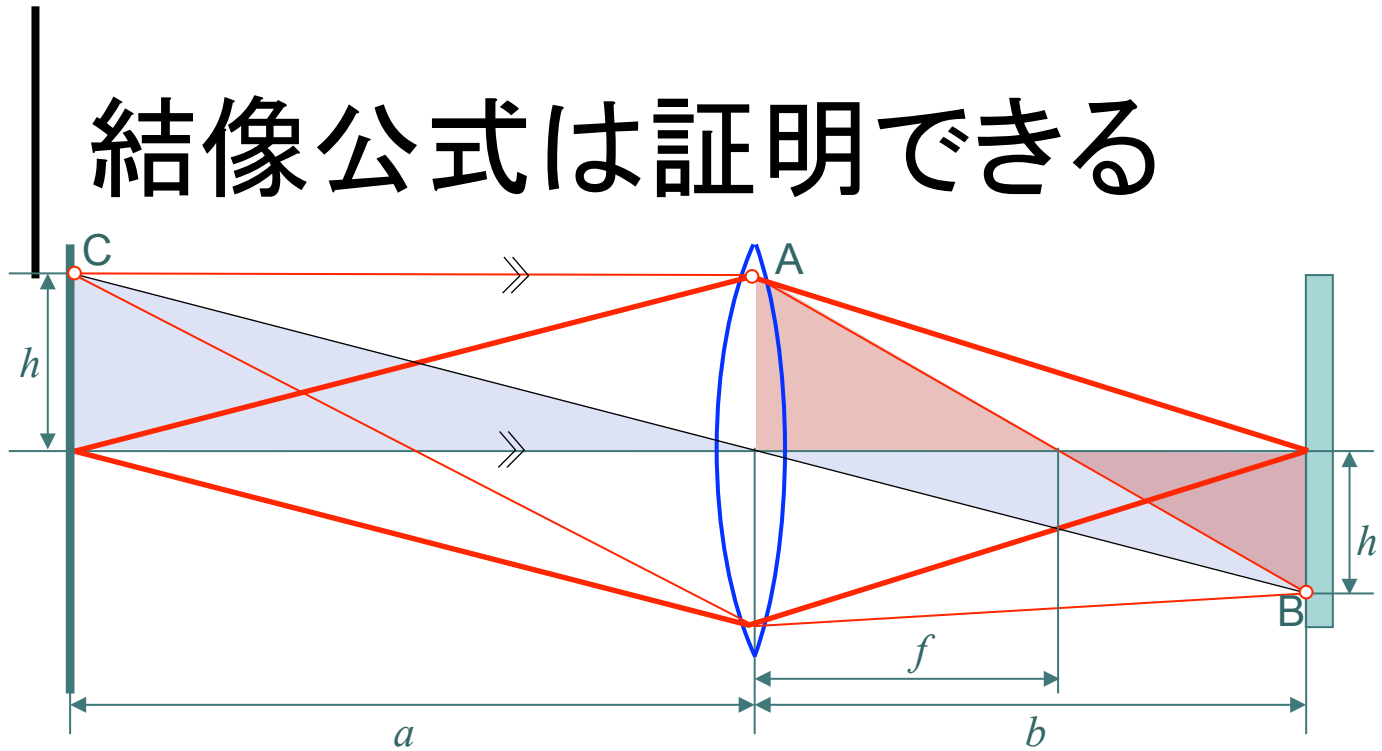
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

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



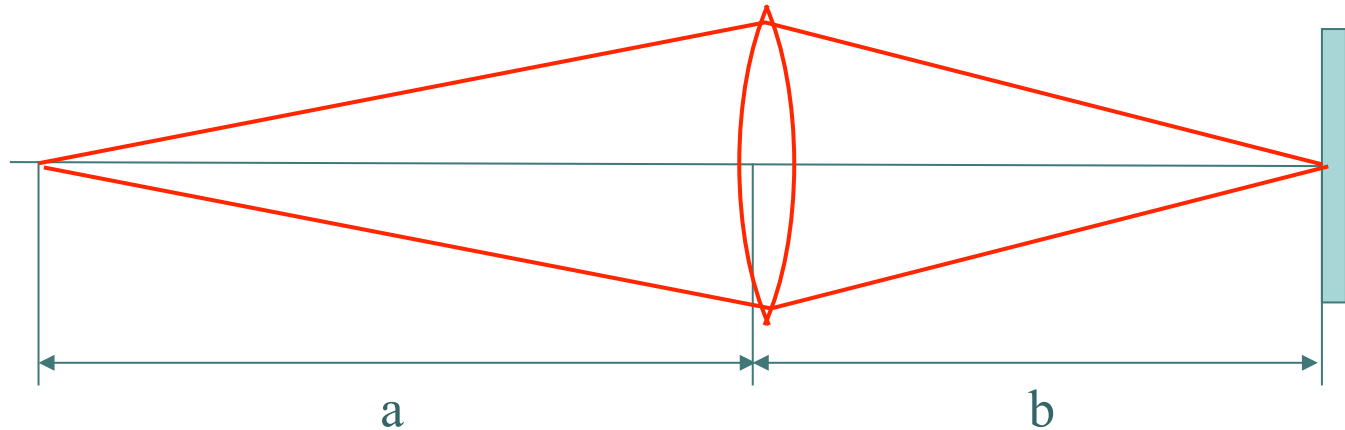
$\frac{h}{a} = \frac{h'}{b}$ から $h = \frac{a}{b}h'$ を得る. これを $\frac{h}{f} = \frac{h'}{b-f}$ に代入して

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)

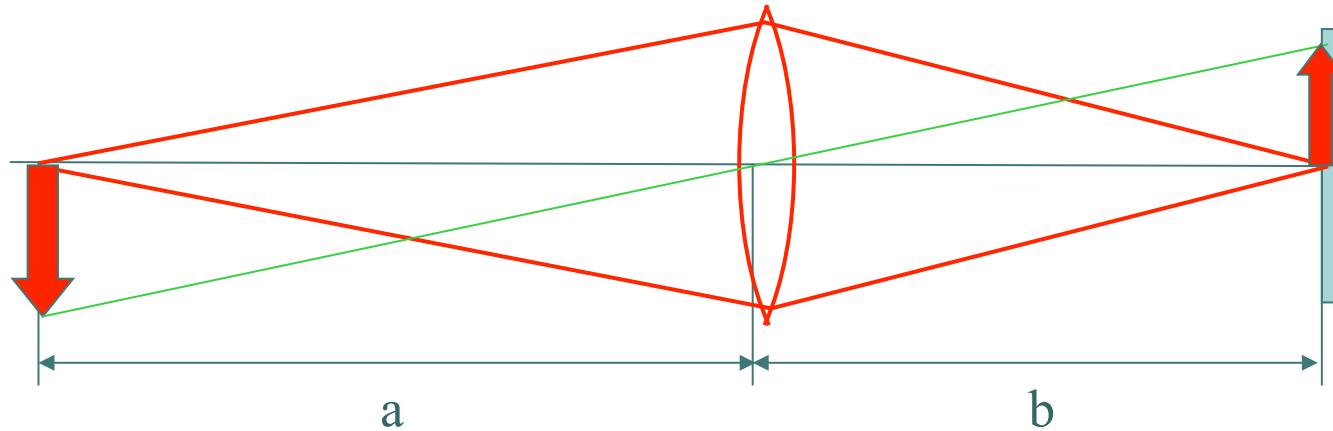
- 10mm レンズで 1m 先にピントを合わせるとき, レンズを何mm繰り出せばよいか
- これが 20mm レンズのときはどうか



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