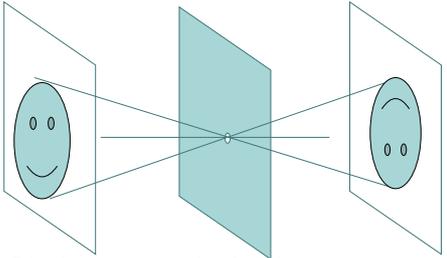
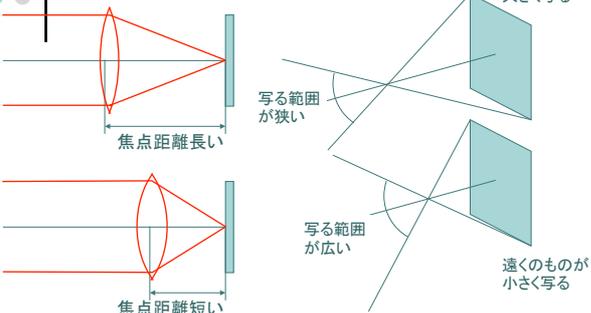


## ピンホールカメラ



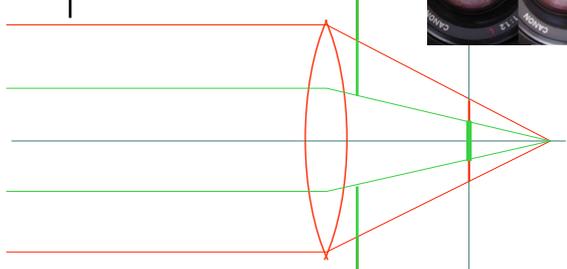
- 小さな「針穴」を通して像が出来る
  - 被写体と像の間には厳密な幾何学的関係が成立している(光の直進性より)
  - 実際には像が暗すぎてほとんど使われない

## 焦点距離とは



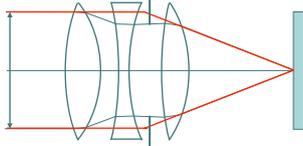
- 焦点距離は画角を決定する
  - 焦点距離と画面の大きさの関係で画角が決まる

## 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)

## 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

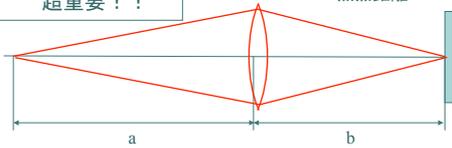
## Quiz

- 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?

## 結像公式(1)

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

超重要！！

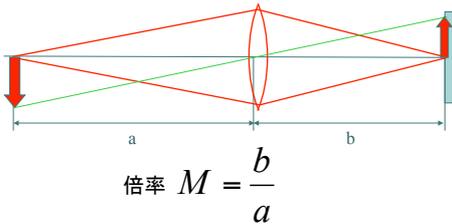


- レンズに近接した物体ほど、像は像面の後ろ方向に出来る
  - レンズを撮像面から離すことで近くにピントを合わせる

## 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
  - $1/50 = 1/b + 1/55$ 
    - 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

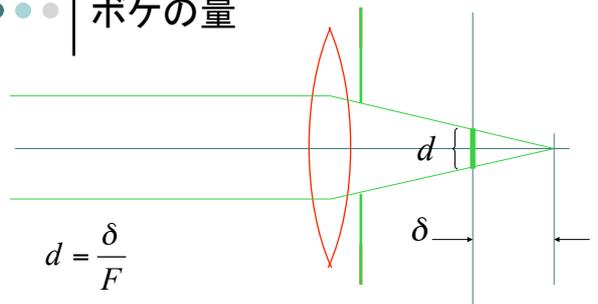
## 撮影倍率



$$\text{倍率 } M = \frac{b}{a}$$

- 被写体と像の大きさの比
- $M=1$  のとき、等倍という

## ボケの量



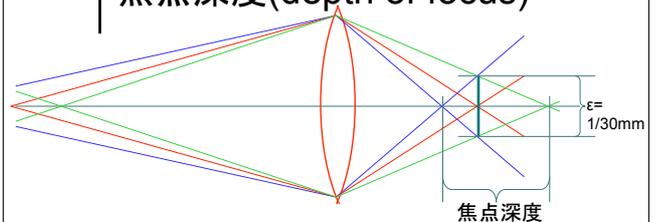
$$d = \frac{\delta}{F}$$

- 像面(フィルム面)上のボケの径を錯乱円径と呼ぶ
  - 錯乱円 = circle of confusion
  - F値と、像の深さ方向のずれδによって決まる

## どれぐらいならぼけて見えないか

- 肉眼の分解能
  - 5', 1', 40", など諸説(条件による)
  - 例えば 2' としたとき、30cm 先で 0.17mm のものが分解する
  - 対角線長さ 300mm の物体に対しては、1/1700 の分解能
- 写真では
  - 対角線の 1/1000~1/1500 が1つの基準
  - 許容錯乱円径(εで表す)と呼ぶ
  - permissible circle of confusion

## 焦点深度(depth of focus)



- 焦点深度=許容錯乱円径以下のぼけを生じる像面でのピントの深さ
  - 近似的に焦点深度は  $2 \cdot F \cdot \epsilon$  となる
    - $\epsilon < f$  のため

### ● ● ● 被写界深度(depth of field)

被写界深度

- 被写界深度 = 焦点深度に対応する被写体側のピントの深さ

### ● ● ● 比例設計

過焦点距離

過焦点距離

- 比例設計: 画角, F値は同一
  - 焦点距離, 被写界深度, 焦点深度, は比例

### ● ● ● なぜデジタルカメラはピントが合いやすいのか

- 縮小率 1/4~1/8 の比例設計
  - 被写界深度が4~8倍
- 小さいものが写しやすい
  - 等倍でも被写体の大きさは 1/4~1/8
- 近くのものにピントが合わせやすい
  - 繰り出し量が 1/4 でも 1/4 の距離にピントが合う
  - 同じ距離にピントを合わせる場合, 繰り出し量は 1/16~1/64 で済む

### ● ● ● CCD(電荷結合素子) charge coupled device

- 静電効果により電子を移動させるデバイス
  - 受光素子に限らない技術
  - CCD とは, 電子の移動方法(画像の読み出し方法)に関する名称
- フォトダイオードが発生した電子をCCDにより移動

ビデオカメラの CCD

マイクロレンズ

光

移動

電子

### ● ● ● インターライントランスファ型

フォトダイオード

垂直転送 CCD

受光部

出力回路

水平転送 CCD

- 最もポピュラー
- メカニカルシャッター不要
- 高速シャッターが可能

1. インターライントランスファ型CCD (IT-CCD)

### ● ● ● スミア

- 電荷の転送中(読み出し中)に入射した光が読み出し方向に尾を引くこと

## スミアの発生

○ 遮光の不完全や、フォトダイオードから転送チャンネルへの電荷の漏れ出しによる

1. インターライントランスファ型CCD (IT-CCD)

## X-Y アドレス型撮像素子

それぞれの「スイッチ」に用いられている素子の名称が撮像素子の名称となる (例えば CMOS 型 FET が使われている場合、CMOS センサと呼ばれる)

CMOSセンサの基本構成

JFET 素子

## シャッターによる動体歪

図5-42 フォーカルプレーンシャッターの動体歪み

○ 画面内の露光時間の差により物体の形状がひずむ

## 3板式カメラ

各プリズムの界面には「干渉フィルタ」が蒸着により構成されている。干渉フィルタは異なる屈折率の透明物を所定の厚みで重ねることにより、波動光学的に光を反射・透過するので、入射光は波長ごとに反射率が決まり、残りの光エネルギーは透過する。

- エネルギーのムダがなく、感度が高い
- 色再現性が高い (画素ごとに着色する必要がないため、良いフィルタが利用できる)

## 1板式

原色フィルタ (Bayer 配列)

補色フィルタ

○ CCD の各画素に着色

- 原色フィルタ
  - 自然な色再現 ×感度が低い(ノイズが多い)
- 補色フィルタ
  - 感度的に有利 計算により R,G,B値に変換

## オンチップレンズ

ビデオカメラの CCD

マイクロレンズ

光

電子

移動

写真 1 CCD オンチップマイクロレンズ外観 SEM 写真

A SEM micrograph of an external view of a CCD on-chip micro-lens.