

# O<sub>nline</sub> W<sub>ork</sub> S<sub>hop</sub>

## ピンホール作製テキスト



## 2-1. ピンホールの最適孔径

ピンホール写真の解像度を上げるためには、ピンホールを通過した光の直進性により像が描かれるのだからピンホールを小さくすればするほど像の解像度は上がるような気がする。しかし、光にはさまざまな性質がありそう簡単にはいきません。光の性質としてよく知られているものとして「反射」「屈折」が挙げられますが、そのほかにも「回折」「干渉」「偏光」などがあります。

ピンホールで問題になるのが「回折」です。これは、光の波動的な性質で、光がさえぎられた端で回り込むように広がる現象をいいます。ですから、スリット（狭い隙間）やピンホールを通過した光の端では直進するのではなく広がってしまうのです。

このことについて、牧野正恭氏（兵庫県立猪名川高等学校）が共立社「科学の実験 1976年5月～6月号」に「ピンホールカメラの最適孔径」と題してピンホールの大きさについて掲載しています。それによると、ピンホールカメラの最適孔径は次式により求めることができると解説しています。

$$\phi = \sqrt{2f\lambda}$$

$\phi$  : ピンホール直径                       $\lambda$  : 光の波長  
 $f$  : 焦点距離

この式に焦点距離と光の波長を代入すれば、最適なピンホール径を求めることが出来るのですが、問題が1つあります。光の波長（ $\lambda$ ）に入れる数値をどのようにしたら良いかということです。太陽光の波長は780～380nmですから単純に平均すると580nmとなりますが、関係式から分かるように同じ焦点距離であれば波長が長くなるとピンホール最適孔径が大きくなることから、太陽光のように波長に幅がある場合、長波長の側に偏らせる必要があるのではないかと言うことです。

ピンホールカメラやピンホールを販売している「PINHOLE RESOURCE」というサイトに各焦点距離に合ったピンホールの孔径が記述されています。この孔径はどのように算出しているのかはわかりませんが、上記関係式に赤と緑の波長の平均値（ $\lambda=623\text{nm}$ ）を代入したものとほぼ合致していました。このことにより、波長を623nmとして計算することにいたします。

PINHOLE RESOURCE (掲載値)				上式 ( $\lambda=623\text{nm}$ )
焦点距離 [mm]	inch	換算	mm	最適孔径 [mm]
50	0.0102	→	0.250	0.250
75	0.0126	→	0.309	0.306
90	0.0138	→	0.338	0.335
:	:		:	:

上式の $\lambda$ （光の波長）に623nmを用いた場合、焦点距離と最適孔径の関係は下表のようになります。

焦点距離 [mm]	10	20	40	60	80	100	125	150	200
最適孔径 [mm]	0.11	0.16	0.22	0.27	0.32	0.35	0.40	0.43	0.50

## 2-2. 周辺光量の低下

周辺光量の低下の原因には、次のことが考えられる。

### 1. 入射光の形状

ピンホール（形状：円形）を通過した入射光は、中央部では円形をしているが、周辺になるに従い扁平し光量が低下する。

### 2. 焦点距離（ピンホールと感光媒体との距離）

感光媒体（印画紙・フィルム）が平面の場合、周囲の方がピンホールからの距離が長くなるため光量が低下する。

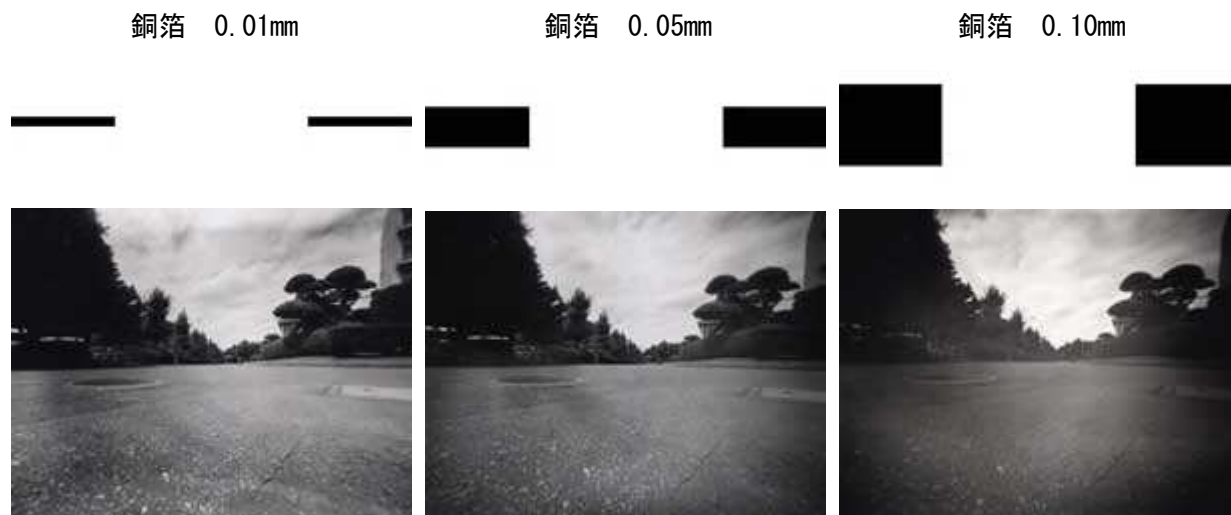
### 3. ピンホール素材の厚み

ピンホールを作製する素材が厚いと入射光の一部がカットされ光量が低下する。

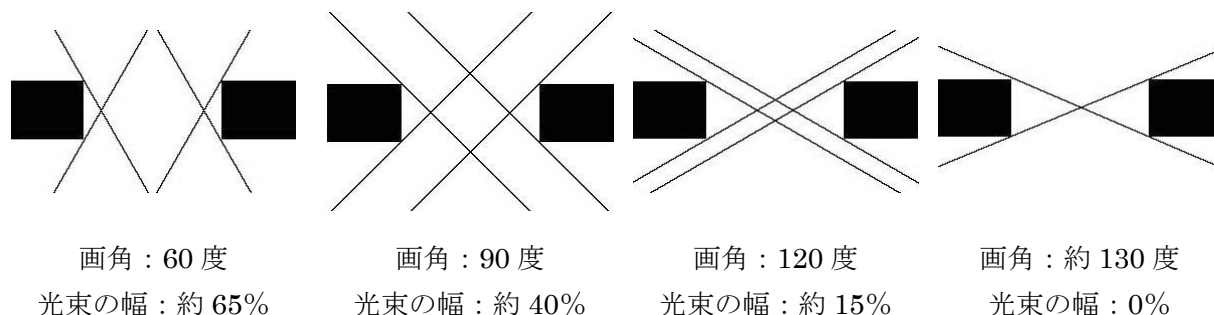
## 使用機材

4×5 インチカットフィルム、焦点距離 50mm、ピンホール直径 0.24mm、画角 114 度（対角線）

ピンホール（銅箔）：0.01mm、0.05mm、0.10mm



## 入射角度による光量の低下



## 参考文献

東京法令出版株式会社 「話題源 物理」 編集代表 伊平保夫  
「PINHOLE RESOURCE」 (<http://www.pinholerresource.com/>)

## 2-3. ピンホール作製の材料と道具

### 銅箔 0.01mm

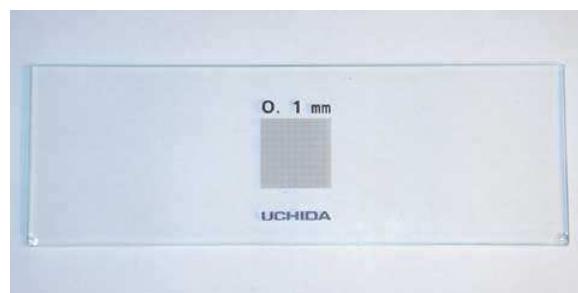


銅箔の場合は、アルミ箔より硬いのでつぶしたバリをサンドペーパー（2000番）で削り落とすことが可能です。

この銅箔は、千葉ニュータウンにあるジョイフル本田（ジョイフル2）で購入しました。池袋の東急ハンズでも売られています。

### 目盛付スライドグラス

スライドグラスの中央に 0.1mm 方眼が印刷されている。15倍ルーペを使えば、目盛の 1/10 (0.01mm) まで目測で測定できる。



### ルーペ（15倍以上の倍率があると見やすくなります）



ミニ顕微鏡（10倍）



ルーペ（15倍）



ルーペ（30倍）焦点調節付

### ライトボックス（あると作業しやすくなります）

