

ピンホールの開け方について

ピンホール最適孔径

ピンホールカメラのピンホールの大きさはどのように決まるのか？

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。

「話題源 物理」にピンホールカメラについての話が載っており、そのなかに「ピンホールの最適孔径」についての記述がありました。これは、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」に掲載した「ピンホールカメラの最適孔径」によるものでした。

牧野正恭氏は、ピンホールカメラの最適孔径を次式により示しています。

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

: ピンホール直径
f : 焦点距離
λ : 光の波長

この式が正しければ、数値を当てはめ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（λ）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。可視光の波長は780～380nmですから単純に平均して580nmを用いればよいのでしょうか？ ちなみに光の三原色の波長は、赤：700nm、緑：546nm、青：436nmで、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ります。つまり、可視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ということです。

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（λ=623nm）を代入したものとほぼ合致していました。

PINHOLE RESOURCE				牧野氏の関係式（λ=623nm）
焦点距離(mm)	inch	換算	mm	ピンホール最適孔径 [mm]
50	0.0102	→	0.250	0.250
75	0.0126	→	0.309	0.306
90	0.0138	→	0.338	0.335
120	0.0160	→	0.392	0.387
150	0.0181	→	0.443	0.432

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

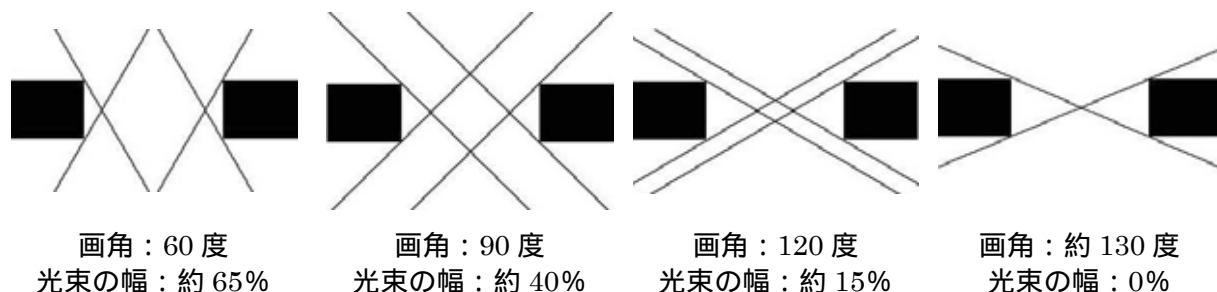
ピンホールを作製する素材が厚いと入射光の一部がカットされ光量が低下する。

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.pinholeresource.com/>)

ピンホールを作製する方法

よく使われるピンホールの素材としては、次のものが挙げられます

身近にある素材 アルミ缶（約 0.15mm） アルミ箔（0.012～0.015mm：製品に表示）

市販されている素材 銅箔・真鍮箔（0.01、0.03、0.05、0.08、0.10mm）

	<p>5×5cm 位の銅箔(またはアルミ箔)を用意します。</p>		<p>裏返して、出たバリを爪等でつぶします。</p>
	<p>人差し指の第一関節に親指を当てるようにして銅箔をはさみます。</p>		
	<p>必ず片手で銅箔の隅を持ちます。このように持つと、針を刺したときに多少力が入っても銅箔がしなり、不用意に穴を大きくしてしまうことを防ぐことができます。</p>		
	<p>両手を密着させるようにして手のブレを防ぎます。</p>		
	<p>両手は作業台（机）等に置き、動かないようにした方が安定して作業できます。</p>		
	<p>銅箔を持った手と針を持った手が離れているとちょっとした動きでピンホールがダメになってしまうことがあります。</p>		
	<p>針先をピンホールに入れたら、針を回しピンホールの形を整えます。</p>		
	<p>穴が小さい場合は少し力を入れ、針を回しながら大きくしていきます。</p>		
	<p>ある程度の穴が開いたら、ピンホール周辺のバリを紙やすり（2000 番）で削り取ります。 銅箔を紙等の上でピンと張った状態で押さえ、紙やすりの端を使い削ります。バリがあるときには多少の引っかかりがありますので、それがなくなるまで削ります。</p>		
	<p>片面が終わったら、裏返して同様にバリを削ります。</p>		
	<p>倍率 15 倍以上のルーペで大きさ・形を確認しながら、ピンホールを仕上げていきます。</p>		
	<p>穴の大きさは、下の目盛付スライドガラスとルーペを使って測ります。</p>		

ピンホール作製の材料と道具

銅箔 0.01mm

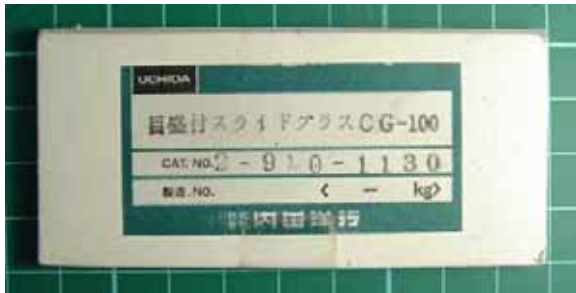


銅箔の場合は、アルミ箔より硬いのでつぶしたバリをサンドペーパー（2000番）で削り落とすことが可能です。

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）

