



(c)『Fly in the sky』 大場典子

針穴写真マニュアル

日本針穴写真協会
Japan Pinhole Photographic Society

目 次

針穴写真 作品	2～4
ピンホールカメラの原理	5～6
印画紙使用の針穴写真、フィルム使用の針穴写真	7～8
撮影方法、露出計アプリ	9
デジタルカメラ使用の特徴	10
現像(ネガ現像・反転現像)	11～12
針穴写真の特徴	13～14
ピンホールの作製	15
ゾーンプレートの説明	16
ホルガ改造ピンホールカメラの作製方法	18～19
書籍紹介・Webページ紹介	22
市販ピンホールカメラ	23

針穴写真

科学技術が進歩した現在では、誰でも簡単に写真を撮影することができます。性能の良いデジタルカメラが普及し、シャッターボタンを押さえさえすれば撮影でき、コンピュータ(またはプリンタ)に接続すればすぐに鑑賞することができます。また、フィルム使用のカメラでも撮影後、写真屋さんへ持って行けば、1時間後にはきれいにプリントされた写真を手にすることができます。しかし、どのような仕組みで記録され、写真になるか知っている人は少ないのではないのでしょうか。

写真技術が発明されてから、現在のような優れたデジタルカメラ、フィルム、現像シス

テム等が登場するまでには、多くの研究者の努力があったに違いありません。写真の原点とも言われるピンホール写真は、カメラの構造も簡単で、自作や改造が容易にできます。さまざまなアイデアを盛り込んだピンホールカメラは、レンズを使用するカメラとは趣の異なる、すばらしい写真を提供してくれるでしょう。このような魅力あるピンホール写真をとおして、写真の歴史やエピソードを知るとともに、写真の原理も理解していただければと思います。また、「ものづくり」の楽しさ、アイデアを具現化することのむずかしさ、知識の大切さを少しでも感じていただければ幸いです。

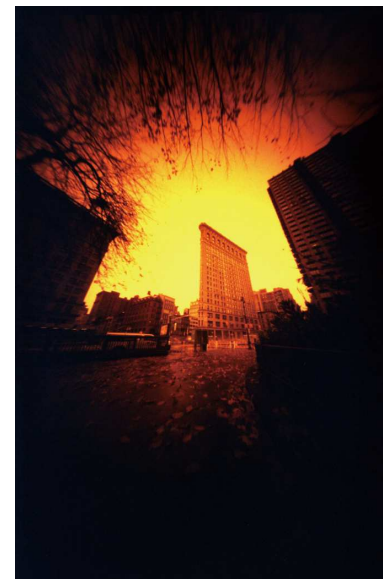
日本針穴写真協会

作 品



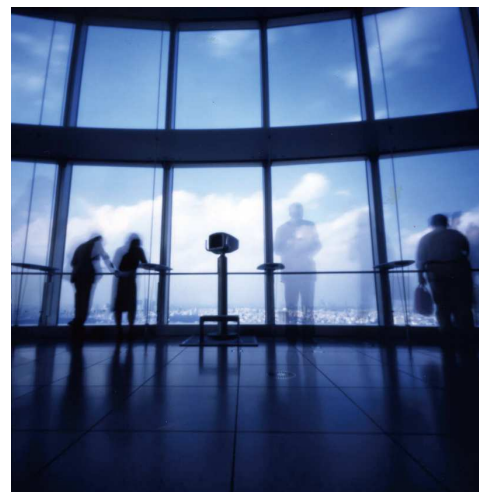
『柵越しのエッフェル塔』

田所美恵子



『フラットアイアンビル マンハッタン』

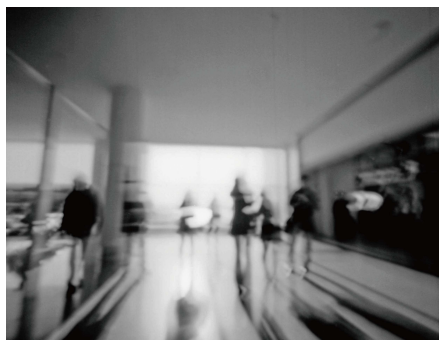
xiao_shan



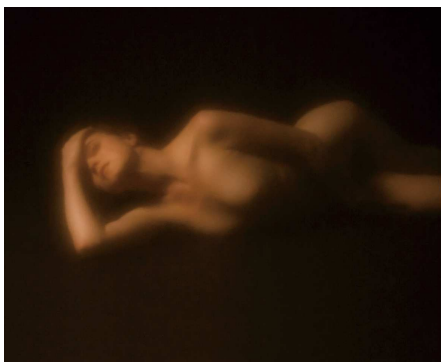
『宙へ』 鈴木彩百



『Walking』 坂 博史



『行き交う人々』 seiichi•koeda



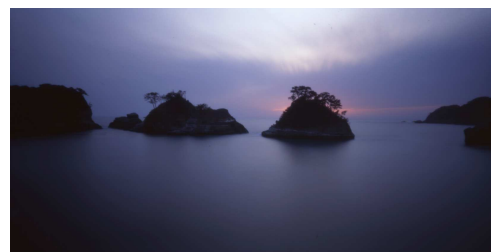
遠藤 優 (ゾーンプレート)



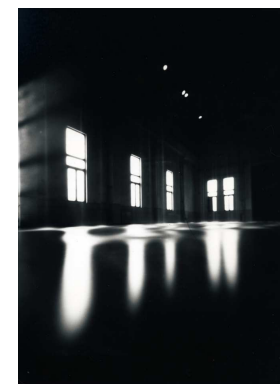
『平和祈念像』 佐々野 慈音



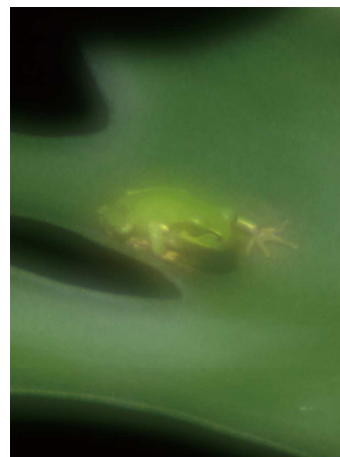
『庭のおきて』 弦間 佐和子



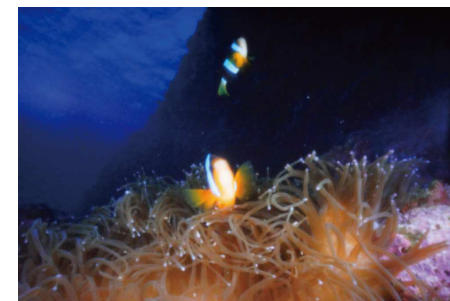
『堂ヶ島』 坂田 祐次



『光に溶けた水音』 古宮 由紀



『ビカクシダの上のアマガエル』
竹田 辰興 (ゾーンプレート)



『WPPD2018の水中写真』 菊地 豊

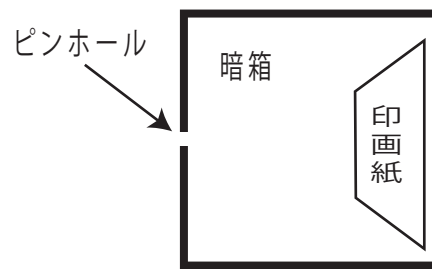


上野 道弘

ピンホールカメラの原理

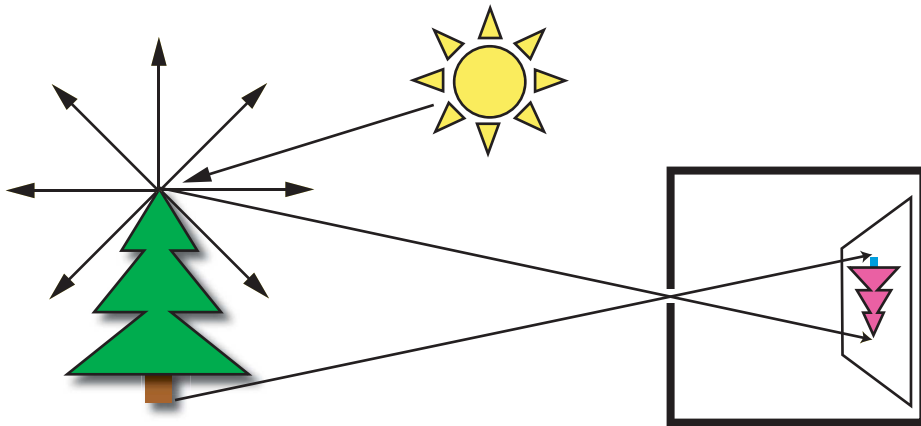
ピンホールカメラの構造は？

ピンホールカメラの構造はいたって簡単で、光の入らない箱(暗箱)にピンホールを付けただけのものです。この中に、感光媒体である印画紙やフィルムを入れて撮影します。



なぜ写真がとれるの？

被写体に光が当たると、その光は様々な方向へ反射し散乱します。被写体のある一点から反射した光のうちピンホールを通過した光だけが印画紙上に到達し小さな点として残ります。レンズを使用したカメラと違って、一度に多くの光が入りません。このため、撮影には長い時間がかかります。また、ピンホールが小さいとはいえ、ある程度の大きさがありますので普通の写真のような解像度(鮮明さ・細かさ)は得られません。そのかわり、レンズを使っていないので焦点というものではなくピンボケにはなりません。手前のものから遠方まで同じ解像度で写すことができます。



ピンホールってなに？

ことばのとおり、針であけたような小さな穴を言います。焦点距離にもよりますが、通常は直径約0.3 mm程度のピンホールを使います。

ピンホールカメラの原理

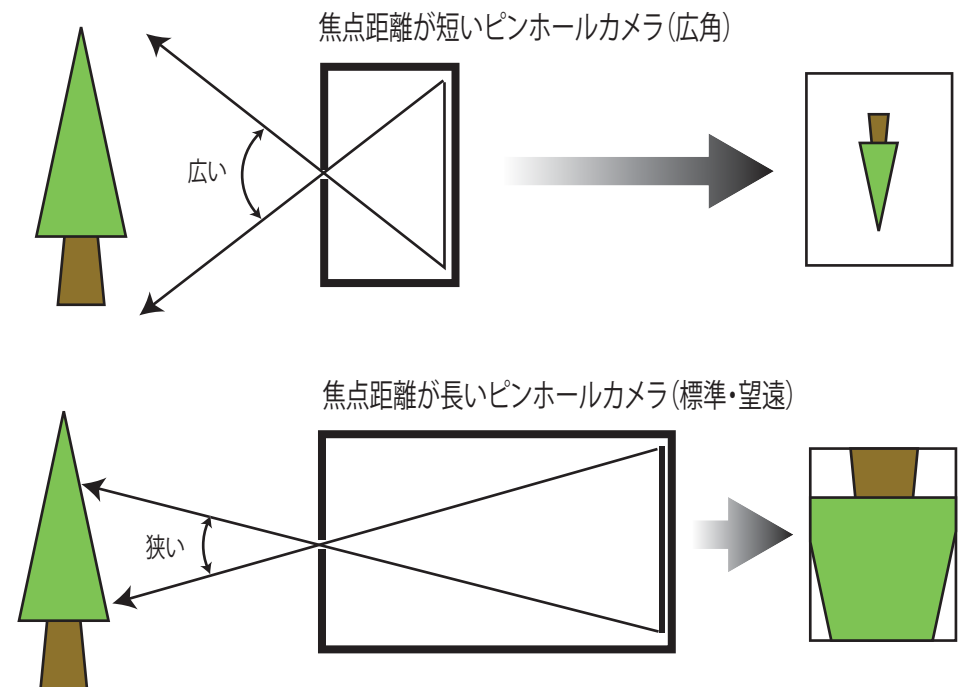
解像度は上げられないの？

ピンホールを小さくするほど鮮明な画像になりそうですが、実はそうではありません。光の特徴の一つに回折現象というのがあり、穴を小さくしすぎるとこの影響が大きくなって、かえって解像度を下げる結果となってしまいます。

解像度を上げるためには、感光媒体である印画紙やフィルムの大きいものを選ぶと、より鮮明な画像を得ることができます。また、感光媒体の性質として、印画紙と比べてフィルムの方が階調がなめらかになります。

焦点距離と画角の関係は？

ピンホールカメラでは、印画紙からピンホールまでの距離を焦点距離としています。焦点距離が短ければ広角(広い範囲が写る)、長ければ標準または望遠(狭い範囲が写る)となります。



撮影に必要なもの

・印画紙 いろいろ種類がありますが、重要なのは、次の2点です。

1. ポリエチレンコート 現像時、水洗時間が短くて済み、自然乾燥でも印画紙の紙自体がぬれないためカールすることなく扱い易い。
2. 2号印画紙 印画紙には1号～5号までありますが、写真専門店でもたいてい2号～4号印画紙しか置いてありません。この号数はコントラストの違いで1号(軟調)～5号(硬調)となっています。印画紙はラチチュード(明暗の差)が狭いので、光量が多い日(快晴や晴れ)などに撮影すると、非常にコントラストの強い硬調な画像になってしまいます。これを緩和するためになるべく軟調の印画紙を使用します。

あると便利な道具

- ・露出計 露光時間は、撮影の経験を重ねるごとに勘が身に付くようになりますが、その日の天候や屋内・屋外により光量は結構異なるものです。正確な光量を測定すれば失敗を回避できます。
- ・三脚 撮影は長時間露光になりますので、カメラを置くか三脚を使用することになります。自作のピンホールカメラですと、三脚穴がない場合がありますが、カメラ本体に三脚穴がなくても、カメラを三脚に固定する方法を工夫すれば、十分に活用できます。
- ・タイマー 露光時間が長い場合、100円ショップ等で売られているキッチンタイマーやストップウォッチがあると露光時間の測り間違えを防止できます。
- ・ダークバック カメラに印画紙を装填する作業は暗室で行いますが、外に出かけて撮影する場合や暗室が使えないときには、ダークバックの中で印画紙を交換します。

フィルムを感光媒体とする場合、ISO100の感度のフィルムでも印画紙に比べ約20倍の感度があります。感度が高い分、露光時間を短縮できますが、カメラの遮光性に十分配慮する必要があります。また、印画紙に比べなめらかな階調(グラデーション)を得られますが、暗室の安全光でも感光するため、現像段階でネガの濃淡を目で見て調節することはできません。

下の2枚の写真は同じピンホールカメラで撮影したものです。コントラストの違いを比較して見てください(印画紙は平面の状態撮影し、フィルムの方は湾曲させて撮影しているため、画角・ゆがみに違いがあります)。

撮影時の天候は、雲が多かったものの、直射日光が差し込み光量はかなり多い状態でした。このように光量が多い場合には、印画紙での撮影ではコントラストが強くなり明るいところは白く飛んでしまい、暗いところは黒くつぶれてしまいます。下の写真では、空や地面の写り方に違いが見られます。

フィルムは感度の異なる様々な製品が市販されており、屋外はもちろん、室内や夜景など様々なシーンを撮影できます。露光時間を調節すれば、動きのある被写体(人、乗り物など)をどの程度画像に残すかを調整することも可能です。

カラー写真の自家現像は、機材やコストの面でなかなか手が出ないものです。カラーフィルムで撮影した後、写真店の現像に出すことで、カラーの針穴写真を簡単に楽しむことができます。



フィルムによる撮影



印画紙による撮影

撮影は慎重に行いましょう。被写体にカメラを向け、画角(上下方向・左右方向)を確認し、露光時間を決めシャッターを開けます。自作のピンホールカメラ(特に紙製)は軽いものが多いので、風があるときには、カメラに重石をするなどして動かないようにしましょう。

露光時間

普通の写真を撮影する時には、カメラが自動的に絞りとシャッター速度を決めてくれるので露出を気にすることなく撮影ができますが、ピンホール写真の撮影では状況に応じて露出時間を求めなければなりません。カメラ用の露出計ではピンホールカメラのF値が大きすぎる(光量が少ない)ため直接露光時間を求められるものはほとんどなく、測定後換算して求めることになります。もしスマートフォンをお持ちであれば、F値が大きくても直接露光時間を求めることができる無料の露出計アプリがあります。

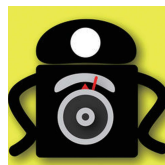
Android用 (Light Meter)

反射式、入射式の測光が可能で、F値、ISO値、シャッター速度を任意の値で追加出来る。反射式測光時に画面をズームすることで測光範囲を変えられ、画面タッチにより測光ポイントも指定出来る。ダウンロードは、Playストア(アプリのサイト)で、「露出計」で検索して、右のアイコンをクリックします。



iPhone用 (針穴露出計)

ピンホールカメラ用に作られた露出計アプリで、フィルムのISO感度とカメラのF値を設定し、被写体に向けて測光します。また、表示された露光時間がそのままタイマーとして機能します。ダウンロードは、Google(検索サイト)で、「針穴露出計」で検索して、右のアイコンをクリックします。



フレア

ピンホールカメラに強い光が差し込むと、フレア(光が筋状に写りこむ現象)が画像に入ってしまいます。フレアの発生を防止するには、まず逆光での撮影を避けるようにしてください。少なくとも、画面に直接太陽などの強い光が写りこまないようにします。どうしても逆光になる場合には、ピンホールに直射日光が当たらないように気をつけて撮影します。しかし、時には発生したフレアが効果的な演出をしてくれることもありますので、意図的に逆光で撮影したり、太陽を画面に入れて撮影したりしてみることもおもしろいと思います。

デジタルカメラの進歩には目を見張るものがあります。特に、ISO感度は、カメラ史上経験のないものとなっています。ISO感度は光に対する反応性を数値化したもので、フィルムの場合、100、400、1600程度ですが、デジタルカメラの撮像素子(CMOSイメージセンサー)は、数万は普通で、10万を超えるものもあります。これは、暗いところでの撮影を可能にするのですが、見方を変えれば、レンズをピンホールに変えても十分に撮影ができるということになります。また、カメラに手振れ補正機能が内蔵されたものもあり、ピンホールでも手持ち撮影ができる域に達しています。

デジタルカメラにピンホールを装着するには、デジタルカメラのボディキャップの中心にドリルで穴をあけ、そこにピンホールをつけるだけでデジタルピンホールカメラとなります。ピンホールは市販のものもあるので、だれでも簡単にデジタルピンホールカメラを手にすることができます。

撮影はオートモードでも良いですが、プログラムモード等でISO感度を高く設定すれば、屋内においても手持ち撮影することができます。また、レンズを使った通常撮影よりかなり暗くなりますが、撮影時に液晶モニターで構図を確認することもできます。また、デジタルカメラのイメージセンサーは、フィルム・印画紙に比べるとフレアが出やすいですが、液晶モニターはこのフレアも表示するので、フレアの有無の確認、または意図的にフレアを表現の一つとして取り入れることも可能です。

このように説明してくると、デジタルピンホールカメラは万能のピンホールカメラのようですが、決してそうではありません。カメラのイメージセンサーの特性によるようですが、斜めから入る光に対しては反応があまり良くありません。画角90度以上になると、周辺光量の著しい低下や色むらが発生する場合があります。超広角の撮影には向いていません。また、レンズとピンホールの解像度の違いにより、画素数が多くても35mmフルサイズのイメージセンサーでは、通常の鑑賞レベルは四切サイズ程度までとなります。サイズの大きなイメージセンサーも存在しますが大変高価で現状では使用できません。針穴写真においては、表現方法に合わせてカメラを自作したりしますが、高機能の一眼レフデジタルカメラは構造が複雑でカメラ自体を改造することも困難です。特殊な表現方法ではありますが、多穴、ブレンダーのような連続した多重撮影や感光体(フィルム・印画紙)自体を変形(湾曲等)させての撮影もできません。

針穴写真の醍醐味の一つとして、身近な素材を使って創意工夫をすることにより、写真表現の幅を飛躍的に変えることができることを考えると、その魅力を断念し利便性をとるかの選択とも言えるのではないのでしょうか。

デジタルピンホールカメラの長所・短所を挙げてみましたが、フィルム・印画紙の入手が難しくなっている状況を考えると、撮影意図、被写体、撮影状況等を限定すれば、デジタルピンホールカメラの可能性は大きいと言えるでしょう。

現像に必要なもの(最低限)

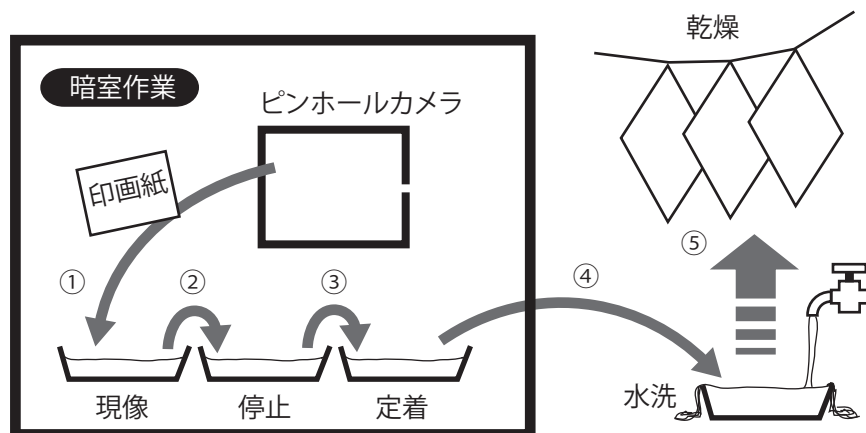
薬品: 現像液、停止液、定着液

道具: 現像バット(3枚)、ピンセット(3本)、安全光電球

ネガ現像

基本的に現像は暗室で行いますが、真っ暗に出来る場所があればOKです。押入れ、お風呂、トイレなどで現像されている方もいるようです。

- ① 撮影した印画紙を安全光(オレンジ～赤色)のもとでカメラから取り出します。印画紙は、安全光にはほとんど感光しないように作られています。
- ② 現像は20℃、90秒が基準です。印画紙を現像液に入れます。このときすばやく印画紙の全体を液につけ、最初の10～20秒位は印画紙を動かして現像ムラにならないように注意します。
- ③ 像がちょうど良い濃さになったら、停止液に移します。停止液には30秒位つけます。現像液を洗い落とすように行います。停止液は、酢酸等で中和する働きにより現像を止めます。酢酸の匂いが苦手な方は、クエン酸でも構いません。また、ポリエチレンコート紙の場合、水でもほとんど問題ありません。
- ④ 定着液に移して30秒位経過したら、光を当てても大丈夫です。ただし、すぐに定着液から出さずに3～5分くらい浸けておいてください。
- ⑤ 定着が終わったら、流水で10分位水洗します。
- ⑥ 印画紙を洗濯バサミ等で吊るし、自然乾燥させます。以上で、ネガの完成です。



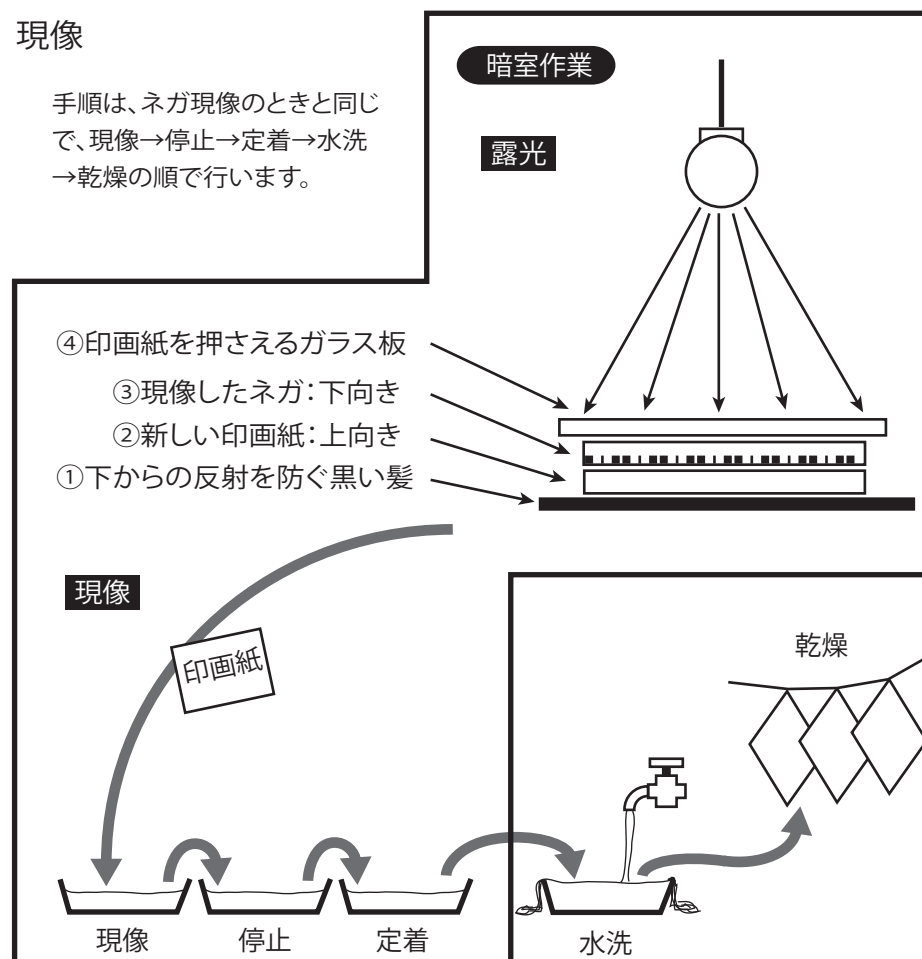
露光

現像してできたネガを反転させてポジを作ります。手順は次のとおりです。

- ① 黒い紙を置きます。
- ② その上に、未感光の(新しい)印画紙の表を上にして置きます。
- ③ その上に、ネガを像が出ている面を下にして重ねます。
- ④ さらに、印画紙が密着するようにガラス板またはアクリル板でおさえます。
- ⑤ 光源は白色電球を使い、印画紙から30 cm以上はなして上から光を当て露光します。
- ⑥ 露光時間は、ネガの濃度によりますが、0.5～2秒程度です。

現像

手順は、ネガ現像のときと同じで、現像→停止→定着→水洗→乾燥の順で行います。



針穴写真の特徴



パンフォーカス

焦点がないので近景も遠景も解像度は同じになります。



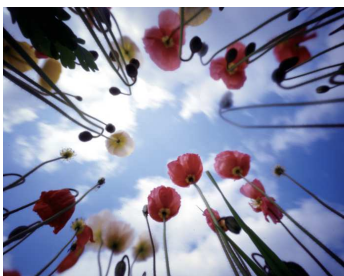
長時間露光

動きの速いものは写らなくなります。



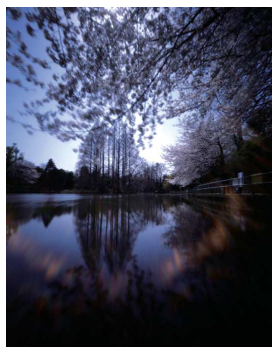
トンネル効果

周辺光量が低下することで中心部分の被写体が引き立ちます。



アングルの自由度

ファインダーがないこともあり、地面に直置きするなど自由に撮影できます。



フレア

画面に太陽が入るとフレアが発生し作品を引き立てることがあります。



ポラロイド

ポラロイドでの撮影もできます。



フォーマットの自由度

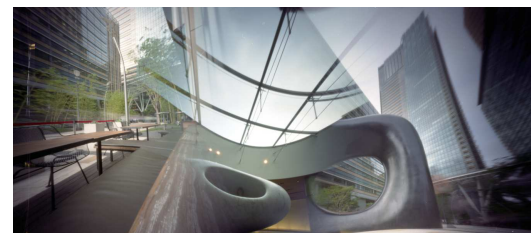
カメラが自作出来ますので自由なフォーマットにすることが出来ます。



夜景

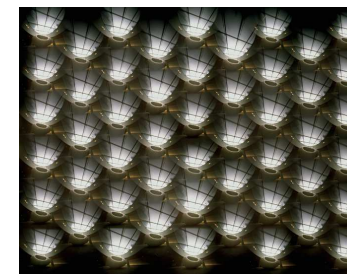
時間をかければ、夜景も撮影出来ます。

針穴写真の特徴



多重撮影

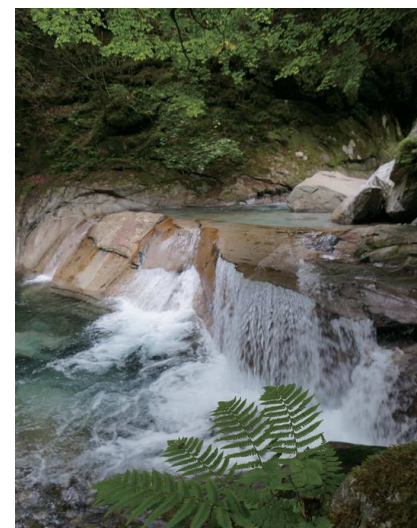
多重撮影も簡単に出来ます。一つの画面にいくつかの被写体を写しこみイメージを表現出来ます。



多孔

ピンホールをたくさん開けて、被写体によるパターンの違いを楽しむことが出来ます。

針穴写真の写り方



このような場所で撮影すると

針穴写真

針穴写真だけを見るとその違いが分かりにくいものですが、左のような場所で撮影すると、右のように写ります。長時間露光による効果の他、コントラスト、色調にも違いが見られます。

ピンホールの作製

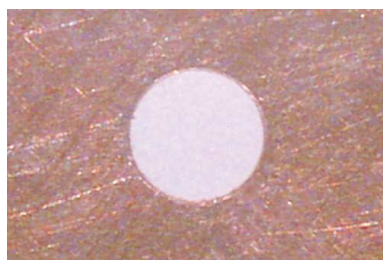
材料 よく使われるピンホールの素材としては、次のものが挙げられます。

身近にある素材 アルミ缶 (約0.15mm)、アルミ箔 (0.012~0.015mm)
市販されている箔素材 銅箔 (0.01、0.03、0.05、0.08、0.10mm)
真鍮箔 (0.01、0.03、0.05、0.08、0.10mm)

アルミ缶は、ある程度の厚さがあるので孔を開けてからヤスリがけをして薄くするのが通例ですが、その厚さを測ることはできません。アルミ箔は、どの家庭にもあり安価ですが、素材のアルミ自体がやわらかく作業がしにくく、バリを除去するためのヤスリがけができません。銅箔か真鍮箔 (厚さ0.01~0.05mm) は、ある程度の硬さがあり扱い易く、ヤスリがけも可能です。ヤスリがけには2000番程度の細かい紙やすりを使用します。銅箔や真鍮箔は東急ハンズ等のDIY店で売っています。



0.01mm厚の銅箔
(0.01×100×1000mm) ¥650



銅箔にあげた直径0.30mmのピンホール

道具 針 (待ち針、きぬくけ針)、紙やすり (2000番)、ルーペ (15倍以上)

あとと便利な道具 目盛り付スライドグラス (0.1mm方眼が印刷されている)



左が30倍
(焦点調節あり)

右が15倍のルーペ



目盛り付スライドグラス

ピンホールの大きさ

焦点距離により最適孔径が異なります。ピンホールが小さいほど解像度が高くなるように思われますが、必ずしもそうではありません。光は穴の端を通過すると広がるという性質 (回折) があり、焦点距離が長くなるほどこの影響が大きくなるからです。

焦点距離 [mm]	8	30	50	70	100	130
最適孔径 [mm]	0.10	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40

ゾーンプレートの説明

ゾーンプレートは、基本的に図1のように黒と白 (透明) のゾーンが同心円上に配置された構造をしています。ピンホールの直径は0.2~0.4mm程度の大きさですが、ゾーンプレート全体の大きさはその5~10倍程度のものが使われます。光が通過するのは透明なゾーンだけですが、ピンホールよりも多くの光を取り入れることができるので、短時間での撮影が可能です。

光の性質として、何も無いところでは光は直進しますが、屈折や反射により光路が変わることはよく知られています。これらに加え回折という現象もあります。回折は、図2の概念図のように光の進行方向に遮光物があった場合、その遮光物の縁を通過した光が遮光物を回り込むように広がる現象です。

ゾーンプレートは、この回折現象を利用して光を焦点に集めることができます。焦点があるので、感光体 (フィルム・印画紙等) までの距離を調節できるようにしたカメラに取り付け撮影します。しかし、ピントを合わせて撮影してもかなりのボケが生じます。図3の概念図に示すように、ゾーンプレートを通じた光がすべて焦点に集まるわけではありません。緑の矢印はゾーンプレートの中心を回折しないで直進した光 (ピンホールと同様)、青の矢印は回折して焦点に集まった光で、ゾーンプレート特有の鮮明な像を結びます。赤の矢印は回折により広がった光で非常に弱いので画像への影響はほとんどありません。黒の矢印はゾーンプレート外側の透明部分を回折しないで直進した光で、全体的なボケの要因になっているものと考えられています。より鮮明な像にするには、焦点に集まらない光の多くをレタッチソフトで除去することが必要です。

ゾーンプレートを作成する方法としては、ゾーンプレートを紙に大きく作図したものをカメラで撮影して、フィルム上に焼き付けて作成します。まず、焦点距離、ゾーン数を決め、各ゾーンの幅、ゾーン数、全体の大きさなどを数式により求めます。フィルム上では白と黒が反転したネガとなるため、作図はあらかじめ白黒を反転したゾーンプレートを描き、コントラストの高いフィルムを使って撮影します。フィルム上で適切な大きさになるように撮影しなければなりません。このように作成には高度な技術が必要とされます。



図1 ゾーンプレート

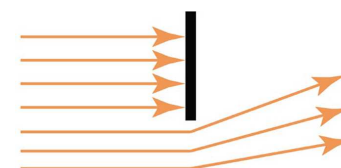


図2 光の回折現象

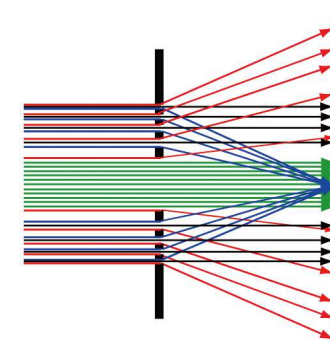
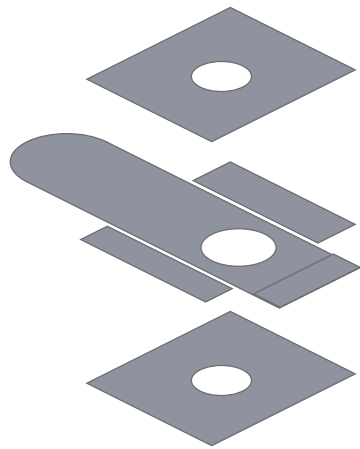
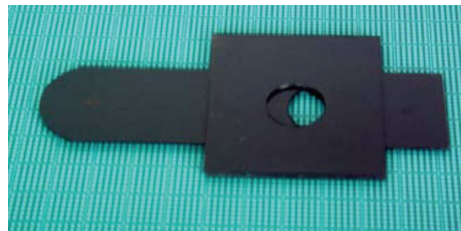


図3 透過光の光路

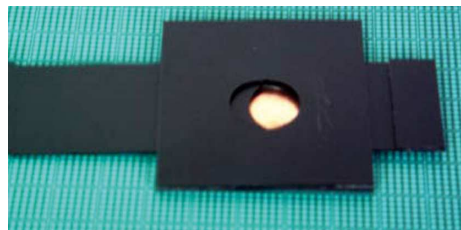
シャッターユニットを作る



↓
PP板を設計図通りにカットし、
両面テープで張り合わせる



↓
シャッターユニットに
ピンホールを貼り付ける



三脚穴を付ける



↓
ドリルでカメラ本体に
穴を開ける

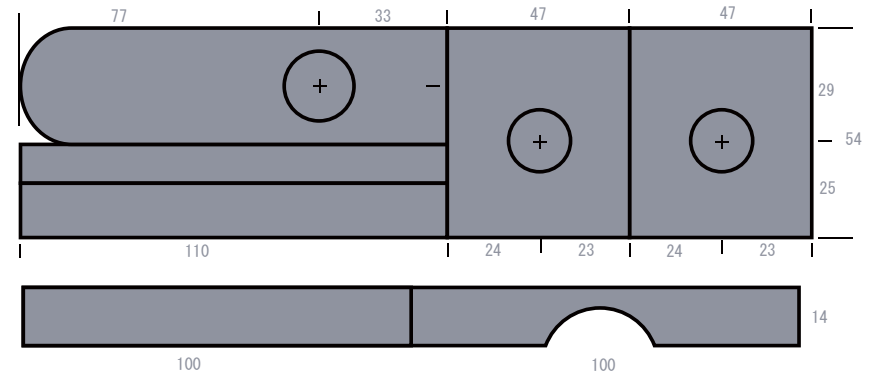


↓
1/4inch爪付ナットをボンド
(G17)で接着後、ホットボン
ドで全体を固定する



↓
シャッターユニットをカメラ本体
に両面テープで貼り付ける

シャッターユニット・ストッパー設計図



↓
裏蓋の赤窓に遮光の
ためのテープを貼る



↓
シャッターのストッパーを
両面テープで貼り付ける



完成!!

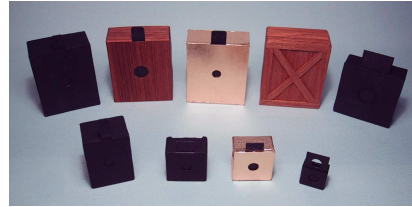
手作りピンホールカメラ



110フィルム



チェキ (ポラロイド)



ミニチュアカメラ

手作りピンホールカメラ



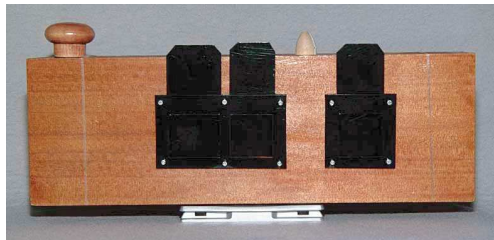
6×8 inch



8×10 inch



太陽黒点撮影用カメラ



ブローニー判パノラマカメラ
マルチフォーマット (66,612,618)



ブローニーパノラマ (624)

ワークショップ作製カメラ



紙箱カメラ
(印画紙: キャビネ判、4×5inch)



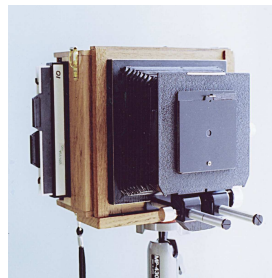
100ft缶多重撮影カメラ (35mm)



ブローニー判 (69)



二眼レフ改造



4×5 inch



木製45カメラ (4×5inch)

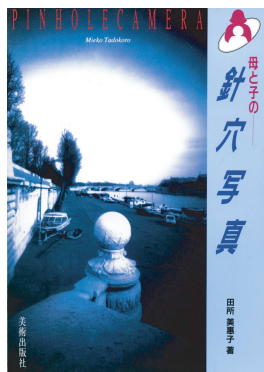


ホルガ改造カメラ (ブローニー判)

書籍紹介

技法書

「母と子の針穴写真」 田所美恵子著



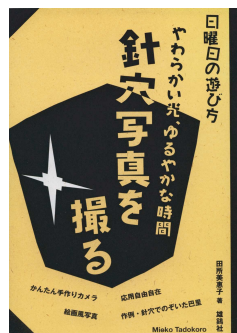
写真や図を多く使って、針穴カメラの作り方を解説しています。

美術出版社
¥1,900

「針穴写真を撮る

—やわらかい光、ゆるやかな時間—

田所美恵子著



針穴カメラの作り方の他、針穴写真の歴史等も載っています。

雄鶏社
¥1,460

Webページ紹介

Webページ

pinhole photography by Miko Tadokoro: <http://www.5a.biglobe.ne.jp/~m-tado/>

Pinhole Camera by m-naka: <http://m-naka.jp/>

AYAMO'S GALLERY 地球のうたたね: <http://www.009.upp.so-net.ne.jp/ayamo/>

七ちよめのピンホール写真: <http://3rd.geocities.jp/ta14hi/pinhole/pinhole2-index.htm>

みずぐちよういちろうの Photo Gallery: http://homepage.mac.com/yoichirom/PhotoGallery_index.html

Ryu Yano Photo Works: <http://www.ryuyano.com/>

アトリエ凡龍 (atelier bonryu): http://bonryu.com/atelier_bonryu

光と穴の創造: <http://pinhole410.com/>

Blog 針穴の風景: <http://pnhole.sblo.jp/>

はりあなのところ: <http://hariana.exblog.jp/>

みずたまり: <http://pond.exblog.jp/>

PINHOLEGRAPHY: http://blog.livedoor.jp/pinhole_lomo/

ピンホール写真展の準備: <http://anagame.exblog.jp/>

ぷーたろの戯言: <http://otyakubosi.sakura.ne.jp/otyakubosi/>

素顔花花: <http://tonton6.blog105.fc2.com/>

Yoshiko's Pin-Photo note: <http://pin-photo.at.webry.info/>

針穴人【harianabito】: <http://harianabito.blog44.fc2.com>

哲のphoto box: <http://abcpicture.exblog.jp/>

市販ピンホールカメラ

Zero Image

URL: <http://www.zeroimage.com/web2003/EntryPage/entryFrameset.htm>



様々なタイプの木製ピンホールカメラおよびアクセサリを製造販売する香港のピンホールカメラメーカーです。35mmフィルム、ブローニーフィルム、カットフィルム (4×5 inch) \$85~225

Pinhole Blender

URL: <http://www.pinholeblender.com/>



Pinhole Blenderを開発・製造販売するアメリカのメーカーで、3つの針穴を使ってパノラマ・コラージュに仕上げる斬新なカメラです。フィルムサイズはブローニーフィルムと35mmフィルムを使用する2タイプがあります。

SHARAN
Mini Classic Camera Collection

URL: <http://www.sha-ran.co.jp/>



クロ35 (クロサンゴ)

シャランはさまざまなピンホールカメラの開発・製造販売を行ってきたメーカーで、ユニークな発想、地道な開発や企業努力により、その性能と価格において、大変リーズナブルな製品となっています。また、ピンホール写真関連の雑誌やイベントにも積極的な活動を展開しております。

A Power

URL: <http://www.doctor-and.com/>

ドクター・アンドのイーパワーは、トイカメラ&ピンホールカメラの総合企業です。Zero Image社やPinhole Blender社の日本代理店の他、ポラロイド製品やHOLGAなど幅広い商品を揃えています。特にHOLGAを改造してピンホールカメラの作製をお考えの方向けに、格安のジャンクHOLGAも扱っています。