

§ 11 写真撮影で回折格子をつくる

1. 目的

写真のフィルムを使って回折格子を作成する。

ここで作った回折格子は、§ 24「回折格子による光の回折」の実験で使用する。

2. 理論

回折の理論は、テキスト P172 の § 45 回折格子を参照。

3. 方法

回折格子は、通常平面性の良いガラスやアルミ鏡面膜などの表面に、平行で等間隔な細い溝を物理的につけて（傷をつけて）作成する。本実験では白黒のネガフィルム上に白と黒のパターンを撮影して、回折格子として用いる。

(1) 原図のセット

回折格子の原図はコンピューターで作成した白黒のパターンを用いる。原図を蛍光灯照明のついた撮影用ボードに貼る。撮影後のフィルム上で、格子数が 1 cm あたり約 200 本程度になるように、カメラと原図の距離を決める。格子数が予定数になっていないと回折実験が行えないわけではないが、ただ写してから格子数を調べるのではなく、撮影倍率を考えて、フィルム上で 1 cm あたりおよそ何本の回折格子になるかを考えながら撮影に望むことが大切である。

レーザー光線のおおよその波長はあらかじめ調べておくこと。（ここでは赤色のレーザー光線を用いる。）§ 24「回折格子による光の回折」では、ペン型の小型レーザーを光源に用いるので、レーザー本体に表示されている波長を確認しておくこと。

注) レーザー光線は目に入ると網膜を傷つける恐れがあるので、十分に注意すること。

(2) 原図の撮影 ミニコピーフィルムで、原図を撮影する。ミニコピーフィルムとは文献を複写する目的で作られたフィルムで、感度は通常のフィルムに比べて非常に低いが、解像度とコントラストが高く、今回の実験のように白黒のパターンを解像度高く撮影するには適している。

写真撮影を行う際には、フィルムの感度を考慮してカメラによる露出を適正に決めなくてはならない。最近のカメラではフィルムを入れると自動的に感度が設定され、露出の決定もカメラが自動的に行うようになっている。さらに、ピントの調整も自動で行うカメラが主流になってきているが、この実験では、露出はカメラについている露出計で測定し、手でシャッタースピードを絞り設定する。また、ピンとも手動で合わせる。

なお、今回作成した回折格子は § 24「回折格子による光の回折」で各自が自分のフィルムを使って実験するので、各グループの人数分のフィルムを作成しておくこと。

a. フィルムの感度

フィルムの感度は ISO の値で示すことが多い。ISO の値が大きいほど感度がよい。つ

まり、少ない光量で撮影ができる。通常よく使われるフィルムは ISO100 や ISO400 などである。ISO400 のフィルムの方が ISO100 のフィルムより感度がよく、暗いところや動きが速いものを撮影するのに適している。一般に、フィルムは感度が高いと解像度が低く、反対に感度が低いと解像度が高い性質にある。このため、使用目的によってフィルムの種類を選択する。

今回使用するミニコピーフィルムの感度は ISO6 と通常のフィルムに比べて非常に低いが、解像度とコントラストが高い。

b. 露出

写真機では適切な露出をフィルムに与えなければいけない。露出を決める要素は、露出時間（シャッタースピード）とレンズの絞りである。

【露出時間（シャッタースピード）】

シャッタースピードは、カメラのつまみに 1,2,4, …、60… のように表示されている。この数値は、シャッタースピードの分母を示している。例えば、60 分の 1 秒のシャッタースピードは単に「60」と表記されている。60 に目盛りを合わせてシャッターを切ると、1/60 秒間フィルムに光があたる。露出時間を 2 倍にするためには、30 分の 1 秒に設定するので「30」にダイヤルを合わせる。フィルムの感度の数値が 1/2 になれば露出時間（シャッタースピード）は 2 倍にする。

【絞り】

レンズについている機構で、レンズを通る光の量を調節する。ピントの合う範囲と解像力にも影響を与える。絞りの値は、調節用のリングを回転して変える。リングには…5,6,8,11… のような数値が並んでいる。f 8.0、f 11 のように絞り値の前に f をつけて表記する。数値が小さいと通過する光量が多く、大きいと少なくなり、絞り値が 1.4 倍になるとレンズを通過する光の量が 1/2 になるように目盛られている。光量が 2 倍、あるいは 1/2 倍になる絞り値の変化量を 1 絞りと呼ぶ。

【露出】

フィルムに当たる光の量（露出）は、露出時間と絞り値の組み合わせで決まる。同一の露出を与える露出時間と絞り値の組み合わせは 1 つではない。例えば、シャッタースピード 1/60、絞り f8 で適正露出のとき、同じ露出を与える組み合わせは (1/30,f11) (1/25,f5.6) … のように多く組み合わせがある。どの組み合わせで撮影するかは、撮影対象、目的によって変える。

c. 露出の決定

適正露出を調べるためには露出計（専用露出計あるいはカメラ内部の露出計）を用いる。ミニコピーフィルムの公称感度は ISO6 であるが、今回の撮影対象では感度を高めに設定し (ISO32)、露出計の内蔵されているカメラで露出時間と絞りを調べ、撮影するカメラに設

定する。

実際の撮影では、適正な露出（露出時間・絞り値）を中心に露出を増減して撮影し（階段露出）、現像後この中から調子の良いものを選ぶ。今回は絞り値を固定し、シャッタースピードを、適正值を中心に上下2段階ずつ計5枚撮影する。

d.三脚への固定とピント合わせ

今回使用するフィルムの感度は低くシャッタースピードが遅いため、露出中にカメラが動かないように三脚を使用する。また、シャッターを切ったときに手の動きが伝わってカメラが振動しないように、レリーズを使って撮影する。

ピントは丁寧に合わせる。印刷物などをピントと合わせるときに原図に密着させて置く、合わせやすい。ピントとカメラの振動は、回折格子の性能に直接影響を与える。

（3）フィルムを現像する

a.現像薬品の準備

フィルムの現像には、現像液、停止液、定着液を使う。

現像液、定着液は処理能力（処理本数）に応じて繰り返し使用が可能である、処理能力の残っている薬品は貯蔵されているので、これを使用する。すでに処理能力（処理本数）が切れた場合は廃棄するので、この場合は、現像液・定着液用の粉末を、薬品の使用説明にそって溶かし、保管用タンクに入れておおき。停止液は酢酸の水溶液を使用時に希釈する（現像タンク1杯分程度の水に、10～20cc程度入れる）。

ミニコピーフィルムの現像には「コピナール」、一般の白黒フィルムの現像には「マイクロファイン」を用いる。定着液にはどちらも「フジフィックス」を用いる。現像液、定着液には処理能力（処理可能な本数）が記載されている。使用した際には処理した本数を紙に貼って記録し、残りの処理本数がわかるようにすること。処理能力が切れた液は廃液タンクに捨てること（流しに捨ててはいけない）。

b.フィルムの準備

撮影が終わったフィルムは、暗室中で現像タンク用のフィルム巻きに巻きつける。これは、完全暗黒中で行う。したがって、明かりをつけた状態で練習用フィルムを用いて練習しておくこと。

フィルム巻きをタンクに入れて蓋をした後は通常の明るいところで現像処理をする。

c.現像・停止・定着処理

【フィルムの種類と現像時間】

現像時間は、フィルムの種類、液温、処理済本数によって異なるので、現像液の袋に記載してある指示を見て決める。

・ネオパンSS

現像液の温度を、薬品の使用説明で指示してある温度範囲にする。一般のフィルムは白から黒までの階調がよく出ているネガを作ることが大切であるから、現像温度と処理済の

本数に応じて時間を細かく決める。袋の表を参考に、現在の液温から標準の現象時間を決め、さらに処理済の本数時に応じた延長時間を加える。

- ・ ミニコピーフィルム

ミニコピーフィルムでは、現像時間を処理本数に応じて細かく変える必要は無いが、液温を指示温度に近づけ、現像時間も指示時間内で決める。

【現像】

現像液をタンクに注ぎ、完全に注ぎ終わった時点から時間を測定し、規定時間後に完全に現像液を排出し終わるようにする。排出中も現像は進行しているので、規定時間後から排出を開始しないようにする。

液を注入した直後は、フィルムに気泡がつくことがあるので、タンクを上下させて軽く机でたたく。現像中は、定期的に攪拌（フィルムを巻きまわす）を行い。現像ムラができないようにする。

【停止】

停止液を注ぎ、よく攪拌後排出する。停止時間のように正確に管理する必要は無い。

【定着】

定着液を注ぎ、現像と同様に気泡を取り、定期的に攪拌する。規定時間になったら排出する。定着時間は現像時間のように、正確に管理する必要は無いが、液の疲労に応じて定着時間も長くする必要がある。処理済の本数が増えてきたときには、5分ほど経過してから定着液を入れたままタンクの蓋をあけ（この段階では光をあてても感光しない）、フィルムの状態を観察する。フィルムがまだ透明になっていないときは、蓋を閉めて定着を継続する。

【水洗い】

蓋を開けたタンクに、5～10分ほど水を流し続け、水洗いを行う。水洗いが終わったら、クリップでフィルムをつるし、スポンジで表面の水滴を吸い取って乾燥させる。

4. 撮影や処理条件の記録と液の廃棄

- ・ 撮影条件、現像処理の液温や時間など、実際に行った操作は必ずデータとして記録すること。
- ・ 現像液、定着液は容器に紙を貼って処理済本数を記入すること。また、処理能力を超えた現像液と定着液は、廃液用タンクに入れ、下水には流さないこと。

5. 撮影フィルムの保管

撮影したフィルム状態を見て、よいもの（ピント、コントラスト）を選び、実際にレーザー光線にあててみて、回折光の状態を確認してみるとよい。ここで作成したフィルムは§24の「回折格子による光の回折」で用いるので大事に保管する。