

導出シリーズ 第75回 「回折格子型レンズの焦点距離」

回折格子を使った「レンズ」とは

レンズの素材である「ガラス」は、常に透明な材料であるとはいえない。光のある成分(ある波長の光)をガラスが吸収してしまい、レンズを透過することが出来なくなる場合がある。この光では実用的なレンズとならないことになる。素材を透過する場合に避けられないこの事実をクリアすることができる方法がある。回折格子による干渉を利用する方法である。

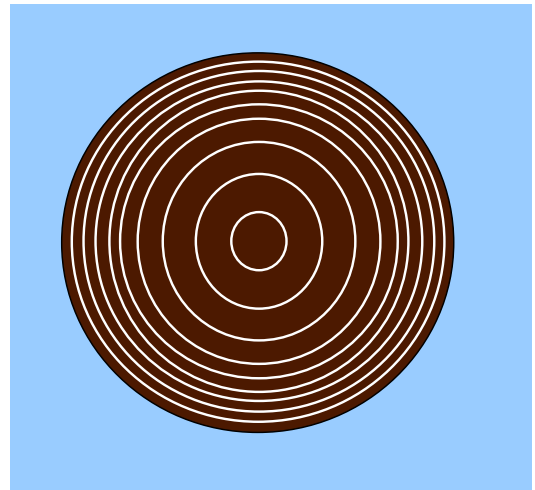
具体的な「回折格子型」レンズ

回折格子型レンズの構造から考えてみよう。

このレンズは、右図に示すような「同心円状に作られた回折格子」である。その格子間隔が同心円の半径が大きくなるにつれて狭くなるように作られている。

この回折格子型レンズの格子間隔をどのように決めればよいかを考えてみよう。

回折格子による干渉では、特定の方向に強めあったり、弱めあったりする現象が現れる。このときに適用される公式は $d \sin \theta = m \lambda$ (m は整数) である。このレンズを真横から見た図を次に示す。



「回折格子型」レンズの焦点距離を求める

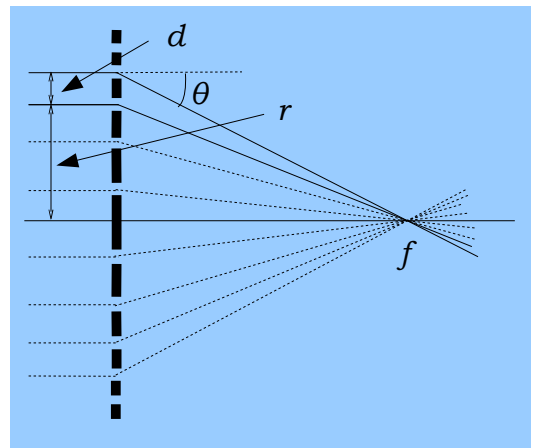
レンズの中心から r 離れた位置の格子間隔を $d(r)$ とする。このとき、この回折格子による1次回折光が焦点 f に集まるようにすればよい。

公式 $d \sin \theta = m \lambda$ (m は整数)を適用すると $d(r) \sin \theta = \lambda \dots \textcircled{1}$ が成立する。

また、焦点距離 f とレンズの中心からの距離 r の間には $\tan \theta = \frac{r}{f} \dots \textcircled{2}$ の関係が成立する。

このとき、焦点距離 f とレンズの中心からの距離 r には、 $f \gg r$ の関係が成立する(焦点距離に比べて、レンズの半径は小さい)。よって、 $\theta \approx 0$ となるので、 $d(r) \theta = \lambda$ 、 $\theta = \frac{r}{f}$ であるから、

$d(r) = \frac{f \lambda}{r}$ となるように、格子間隔を作ればよい。



「回折格子型」レンズは、「単色光」にのみ有効なレンズである。

この結果を見ると、回折格子型レンズの場合、波長が異なる光を使った場合、波長により焦点距離が大きく変化することになる。したがって、レンズとしては単色光(単一の波長の光)にのみ利用可能である(波長が異なる光では同一焦点距離とはならないため)。これは、大きな欠点ともいえるが、シグナルとなる光に対して波長の異なる周辺光の影響を排除できるという利点にもなるのだ。