

・2日目

・実験課題

レーザーをピンホール、単スリット、複スリットに通して回折のパターンを測定する

・実験目的

それぞれの回折パターンからピンホールの直径、単スリットそして複スリットの幅を求める。その後、測定値と実際の値の誤差を考える。

・使用器具

ヘリウム－ネオンレーザー

方眼紙

ピンホール(0.2mm、0.4mm)

単スリット(0.2mm、0.1mm)

複スリット(0.2mm、0.1mm)

・実験内容

( i )ピンホール

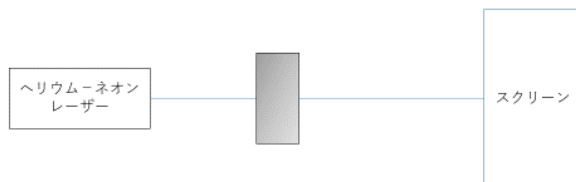


図 2-1 ピンホールを用いた回折実験

図 2-1 の様にレーザーを直径 0.4mm のピンホールに通して、方眼紙に円状の回折縞を出現させた。その回折縞を写真に撮って、真ん中に出来ている一番明るい円の中心からその周りにある 1 番目の暗環との距離とレーザーから方眼紙までの距離を 2 人の観測者がそれぞれ測定した。

$$\sin \theta = 1.22 \lambda / D - (b1)$$

(D:ピンホールの直径(m)、 $\lambda$ :He-Ne Laser の波長(m)、 $\theta$ :回折角)

の関係を用いて、D を求めた。

ここで  $\theta$  が小さい時に  $\sin \theta \sim \tan \theta \sim \theta$  の関係が成立することに注意する。同様の操作を 0.2mm のピンホールでも行った。

また、ピンホールを顕微鏡で観察して、実際のピンホールの直径を調べて、測定値と比較した。

(ii) 単スリット

(i) の実験のピンホールを幅 0.2mm の単スリットに変えて回折縞を発生させた。その縞の写真を撮り、中央の明るい部分の中心と 1 番目の暗い縞の中心との距離を同様に 2 人の観測者が測定した。

$$\sin \theta = \lambda / \omega \quad (b2)$$

(W: スリット幅(m))

の関係式を用いて、W の値を求めた。同様の操作を 0.1mm の単スリットでも行った。

(iii) 複スリット

(ii) の実験の単スリットを幅 0.2mm の複スリットに変えて、回折させた。回折パターンを写真に撮り、1 番目の暗い縞の中心と上に出来た 2 番目の暗い縞の中心との距離 ( $\Delta x$ ) を 2 人の観測者が測定した。また、下に出来た 2 番目との距離も同様に測定した。

$$\Delta \theta = \Delta x / R = \lambda / d \quad (R: \text{レーザーと方眼紙の距離(m)}, d: \text{スリット幅(m)}) \quad (b3)$$

の関係式を用いて d を求めた。

## ・実験結果

(i) ピンホール

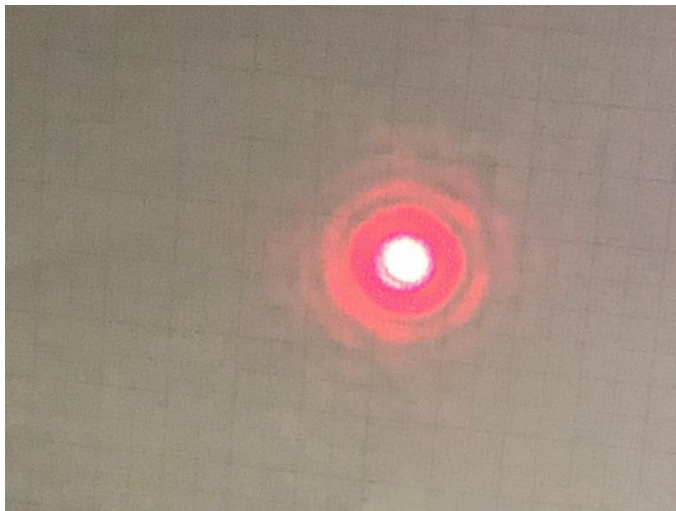


図 2-2 0.4mm ピンホールの回折縞

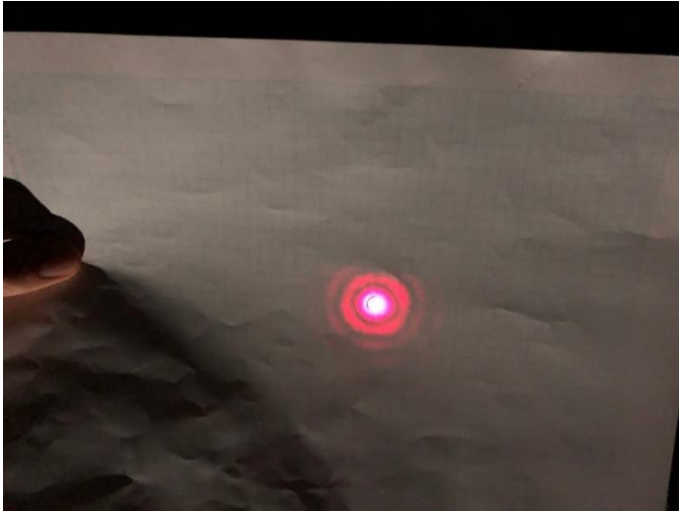


図 2-3 0.2mm ピンホールの回折縞

表 2-1 ピンホールの測定結果

ピンホールの直径(mm)	測定結果(cm)(佐藤)	測定結果(cm)(団野)
0.4	0.5	0.6
0.2	0.9	1.0

レーザーから 195cm の場所で、測定を行ったので、(b1)の式からピンホールの直径 D(mm) はそれぞれ、

$$D(0.4\text{mm ピンホール}) = \frac{1.22 \times 632.8 \times 10^{-9}}{\frac{0.55}{195}} \times 10^3 = 0.274(\text{mm})$$

$$D(0.2\text{mm ピンホール}) = \frac{1.22 \times 632.8 \times 10^{-9}}{\frac{0.95}{195}} \times 10^3 = 0.158(\text{mm})$$

となった。

(ii)単スリット

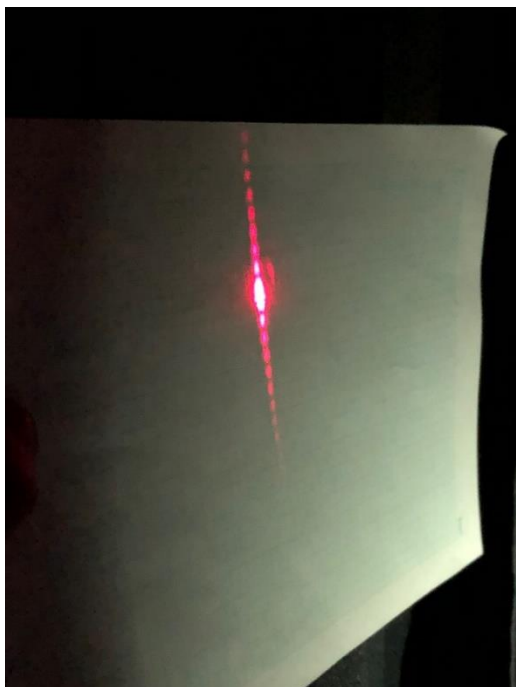


図 2-4 0.2mm 単スリットの回折縞

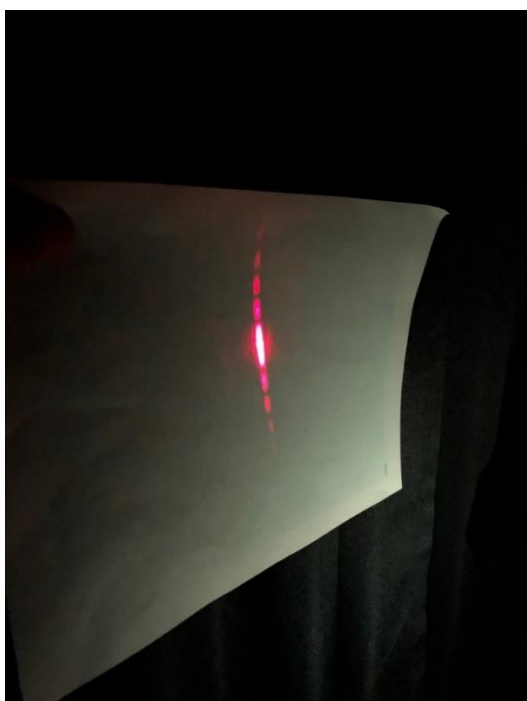


図 2-5 0.1mm 単スリットの回折縞

表 2-2 単スリットの測定結果

単スリット幅(mm)	測定結果(cm)(佐藤)	測定結果(cm)(団野)
0.2	0.8	0.7
0.1	1.4	1.5

先ほどと同様にレーザーから 195cm の場所で測定を行って、(b2)から

$$\omega(0.2\text{mm 単スリット}) = \frac{632.8 \times 10^{-6}}{\frac{0.75}{195}} = 0.165(\text{mm})$$

$$\omega(0.1\text{mm 単スリット}) = \frac{632.8 \times 10^{-6}}{\frac{1.45}{195}} = 0.085(\text{mm})$$

となった。

(iii)複スリット

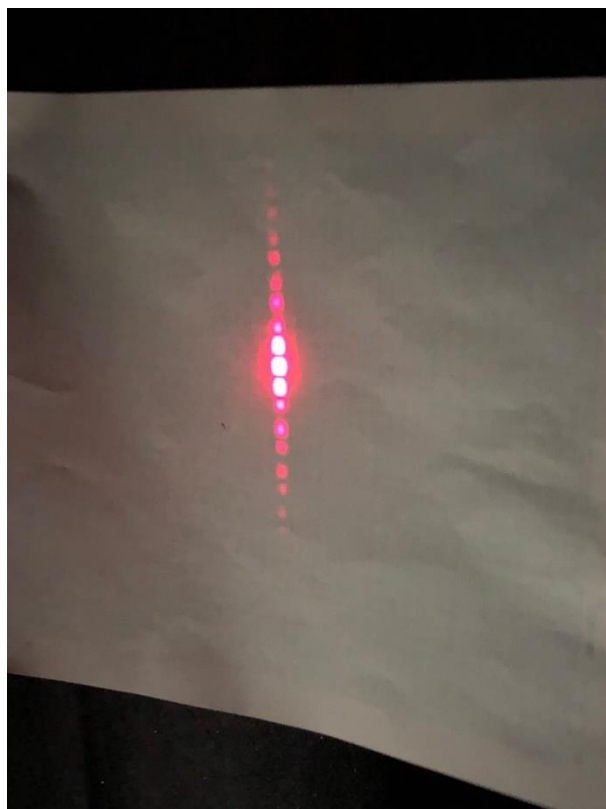


図 2-6 0.2mm 複スリットの回折縞

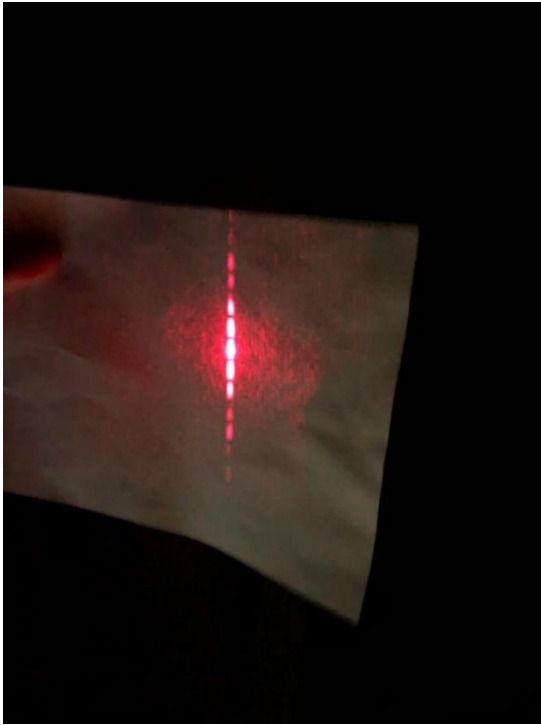


図 2-7 0.1mm 複スリットの回折縞

表 2-3 複スリットの実験結果

複スリット幅(mm)	測定結果(cm)(佐藤)	測定結果(cm)(団野)
0.2	0.7	0.65
0.1	1.4	1.5

(b3)の式を変形すると、 $d=\frac{\lambda}{\frac{\Delta x}{R}}$ から

$$d(0.2\text{mm 複スリット})=\frac{632.8\times10^{-6}}{\frac{0.675}{195}}=0.183(\text{mm})$$

$$d(0.1\text{mm 複スリット})=\frac{632.8\times10^{-6}}{\frac{1.45}{195}}=0.085(\text{mm})$$

となった。

・考察

(i)ピンホール

ピンホールを顕微鏡で観察すると、図 2-9 と 2-10 の様になった。

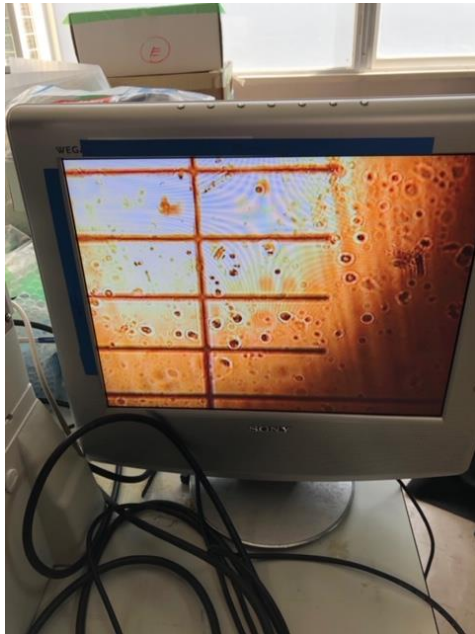


図 2-8 ピンホールの直径を測定する為の物差し(1 メモリで 0.1mm)

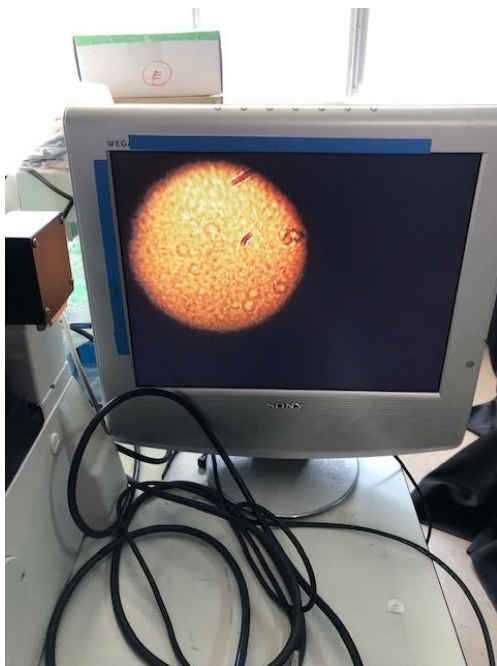


図 2-9 顕微鏡で観察した 0.4mm ピンホール



図 2-10 顕微鏡で観察した 0.2mm のピンホール

図 2-8~2-10 の観察結果から、0.4mm と表記されたピンホールは実際には 0.3mm ほどの大きさしかなく、0.2mm ピンホールは 0.18mm ほどの大きさであることが分かった。測定値はそれぞれ 0.274mm と 0.158mm であったことから、実験はおよそ正確に実行できたと考えられる。

ここで、フレネル回折とフラウンホーファー回折について考える。フレネル回折とはスリット近くで見られる回折現象のことを指して、フラウンホーファー回折は、レーザーとスクリーンの距離  $R$  が十分に大きく、パターンが角度によって決まる回折現象のことである。その境目として  $\bar{R}$  (レイリーの距離) というものがあり、 $R < \bar{R}$  の時、フレネル回折の領域となり、

$R > \bar{R}$  の時、フラウンホーファー回折の領域となる。また、 $\bar{R} = \frac{D^2}{\lambda}$  で与えられて、

0.4mm のピンホールの場合、 $\bar{R} = \frac{(0.4 \times 10^{-3})^2}{632.8 \times 10^{-9}} \sim 0.253(\text{m}) = 25.3(\text{cm})$  となり、0.2mm のピンホール

の場合は、 $\bar{R} = \frac{(0.2 \times 10^{-3})^2}{632.8 \times 10^{-9}} \sim 0.063(\text{m}) = 6.3(\text{cm})$  から、今回の実験ではフラウンホーファー

回折を測定したことになると考えられる。



(ii) 単スリット

0.2mm 単スリットの時の、実験結果は  $\omega=0.165\text{mm}$  となり誤差は  $\frac{0.2-0.165}{0.2} \times 100 = 17.5\%$  となったが、実際の値は 0.2mm よりも小さい可能性があるので、実験は正確に行えたと判断した。0.1mm 単スリットの時は、 $\omega=0.085\text{mm}$  となり、誤差は  $\frac{0.1-0.085}{0.1} = 15\%$  となり同様の理由から正確な実験結果を得られたと考えられる。

(iii) 複スリット

0.2mm 複スリットの時の、実験結果は  $d=0.183\text{mm}$  となり誤差は  $\frac{0.2-0.183}{0.2} \times 100 = 8.5\%$  となったが、実際の値は 0.2mm よりも小さい可能性があるので、実験は正確に行えたと判断した。0.1mm 単スリットの時は、 $d=0.085\text{mm}$  となり、誤差は  $\frac{0.1-0.085}{0.1} = 15\%$  となり同様の理由から正確な実験結果を得られたと考えられる。複スリットの場合、回折模様の中央 3 つが単スリットの回折模様の中央にあった 1 番強い光と同じ明るさに見えた。これは、単スリットの時の強度分布の包絡線上に複スリットの強度分布があるからと考えられる。