

光の回折でわかる あなたの髪の毛は 太い？ 細い？ それとも中くらいかな？

信州大学工学部 山下伊千造、菊地理佳、横井浩史、榮岩哲二

1. ねらい

みなさんは湖の波が杭などの障害物に当たるとその裏側に回り込む様子を見たことがありますか？このように、波が障害物の裏側に回り込む現象を回折と呼んでいます。光も波ですが、波の山と山の距離(波長)は非常に短い(赤い光の波長は $6 \times 10^{-7}[\text{m}]$ ($6/10000 [\text{mm}]$))なので波が回り込む様子を目で見るのは大変むずかしいですね。しかし、小さな隙間や障害物にレーザー光を当てると、後ろにできる回折模様で観察できます。髪の毛を障害物としてレーザー光を当てて後ろのスクリーン上の光を観察すると、髪の毛の真後ろは明るく、また、光がやってこないはずのところにも光の明暗の縞模様ができています。この縞模様を測定することで髪の毛の太さを求めることができます。

2. 用意するもの

- He-Neレーザー、○スクリーン(グラフ用紙)、○ものさし、○巻尺、
○髪の毛を取り付ける紙枠、○髪の毛1本、○セロテープ、○電卓

3. やり方

レーザー、髪の毛を取り付けた枠を置く台、スクリーンが配置されているので、以下の順で測定しましょう。

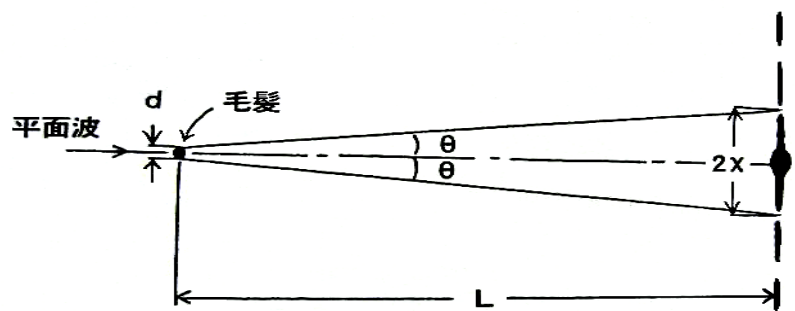


図1

- ① 自分の髪の毛1本を枠にセロテープで貼り付ける。
- ② 髪の毛の付いた枠を台に置いて、レーザー光を髪の毛に当てる。
- ③ スクリーン上の回折模様から図1の $2x$ に当たる長さをものさしで測る。(測った値を半分にして $x [\text{mm}]$ を求める)
- ④ 髪の毛からスクリーンまでの距離 $L [\text{mm}]$ を巻尺で測る。

- ⑤ レーザー光の波長 λ は $0.000633[\text{mm}]$ である。髪の毛の太さ(直径)を d とすると、次の式で求めることができます。

$$d = \frac{\lambda}{\sin \theta} = \frac{\lambda}{\frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}} [\text{mm}], \quad \theta \text{ が小さい場合は } d \doteq \frac{\lambda}{\tan \theta} = \frac{\lambda}{\frac{x}{L}} [\text{mm}]$$

4. わかること

- ① 光でも回折現象を縞模様として観察できること。
- ② 細い障害物ほど回折縞の間隔が広いこと。
- ③ レーザー光の回折現象を使って、小さな物体の大きさを測れること。

[測定例]

髪の毛とスクリーンまでの距離 $L = 2000 [\text{mm}]$ ($2 [\text{m}]$)

最初の暗いところの間隔 $2x = 28.6 [\text{mm}]$

$$x = 28.6 \div 2 = 14.3 [\text{mm}]$$

He-Neレーザーの波長 $\lambda = 0.000633 [\text{mm}]$ ($633 [\text{nm}]$)

$$d = \frac{\lambda \times \sqrt{L^2 + x^2}}{x} = \frac{0.000633 \times \sqrt{2000^2 + 14.3^2}}{14.3} = 0.089 [\text{mm}]$$

髪の毛の太さ(直径) d が $0.089 [\text{mm}]$ ($89 [\mu\text{m}]$) と求まりました。

θ が小さいとして計算すると

$$d \doteq \frac{\lambda \times 2L}{2x} = \frac{0.000633 \times 4000}{28.6} = \frac{2.532}{28.6} = 0.0885 [\text{mm}]$$

