

## フレネルゾーンプレートの焦点

理数科 2 年 兵頭 拓弥 名樂 仁 相原 慶輔  
指導教諭 渡邊 一郎

### 1 はじめに

フレネルゾーンプレート (以下 FZP) は、ニュートンリングと同様の同心円状の線で、光が透過できない部分と透過できる部分に分けている。透過できる部分がスリットの役割を果たし、光が回折する。それらの光が干渉し、光軸上の一点 (焦点) で強め合うため、凸レンズと同じはたらきをする。中間発表までに、FZP の作り方を確立し、光が焦点に集まることを確認したが、焦点距離の実験値は、理論値の  $1/2$  の距離となった。

### 2 研究目的

FZP を用いた光の干渉現象の性質を調べ、実験データから証明する。

### 3 研究方法

- (1) 中間発表における、FZP の焦点距離の理論値と実験値とのずれについて再検証する。
- (2) 理論上の焦点以外にできる複数の焦点について、その原因を探る。
- (3) FZP の性質をより詳しく調べるため、FZP を用いて光の波長を求める実験を行う。

### 4 結果・考察

(1) FZP のスリットの半径について、中間発表では式①で表されたと導いた。ただし、 $r_n$  [m] : FZP の半径、 $f$  [m] : 焦点距離、 $\lambda$  [m] : 波長、 $n$  は自然数である。しかし理論を再検討した結果、式②で表される理論値と実験データがほぼ一致したため、これが FZP のスリットの半径を表す正しい式であると考え、以後の実験は式②を用いることにした。

$$r_n = \sqrt{fn\lambda} \dots \textcircled{1}$$

$$r_n = \sqrt{2fn\lambda} \dots \textcircled{2}$$

$$f_m = \frac{f_1}{m^2} \dots \textcircled{3}$$

$$\Delta = \frac{r_n^2}{2f_m} = m \frac{r_n^2}{2f_1} \dots \textcircled{4}$$

(2) 理論上の焦点距離の内側にも、焦点が複数できることが確かめ

られた。実験データをまとめたところ、式③で表されることがわかった。ただし、 $f$  [m] : 理論上の焦点距離、 $f_m$  [m] : 外側から  $m$  番目の焦点距離、 $m$  は自然数である。これは、 $m$  番目の焦点においては、光路差  $\Delta$  が  $m$  倍になるためであると考えれば④式を用いて証明することができる。

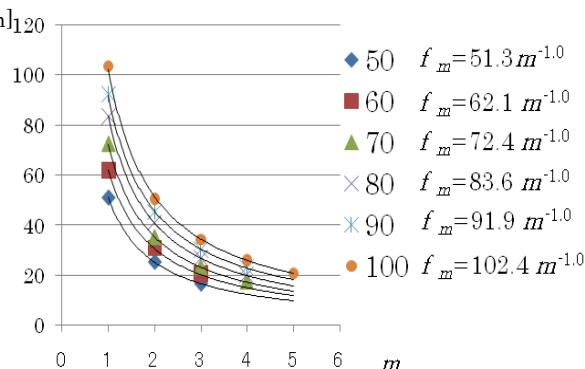


図 1 (2) の結果

(3) 赤色レーザー光 ( $\lambda = 635\text{nm}$ ) 用の FZP にグリーンレーザー光を当て、焦点距離から波長を求めると、 $\lambda' = 534\text{nm}$  となり、グリーンレーザー光の波長  $532\text{nm}$  とほぼ一致した。

### 5 まとめ

手作りの FZP を用いて、任意の位置に光を収束させることが可能となり、その性質についても明らかにすることができた。FZP は X 線顕微鏡などに利用されているが、電波を収束させるフレネルアンテナ等での活用法も報告されている。今後は、我々の生活に身近な可視光線や音波での有効な活用法について研究していきたい。