

# ニュートンリング:J

## (Newton's rings)

### 1. 目的

光の波としての性質である干渉を利用して、ナトリウムランプの単色光を用いてニュートンリングを作り、凸レンズの曲率半径を求める。

### 2. 原理

曲率半径の極めて大きいレンズの凸面とガラス面とを接触させると、接点を中心に同心円の縞模様があらわれる。これがニュートン環 (Newton Ring) で、白色光で見るときは美しく色づき、単色光では鮮明な明暗の縞があらわれる。これはレンズの凸面とガラスの平面との間にできた隙間の内外両面で反射した光線の干渉によるものである。

ガラス平面の上に平凸面を下にしてのせ、上から波長  $\lambda$  の単色光をレンズを通してガラス平面に垂直に投影し、これを上からのぞくと接触点は黒い斑点となり、これを中心とする多くの明暗の同心環が認められる。

図1のように、いまレンズの凸面の曲率半径を  $R$ 、曲率中心を  $C$ 、ガラス平面との接触点を  $O$  とする。接点  $O$  から  $r$  の距離にある点  $A$  における空気層の厚さを  $d$  とすると、 $R$  にくらべて  $d$  は十分に小さいので、入射光は  $A$  点で反射する光と  $B$  点で反射する光は重なるように上方に反射する。この2つの光の間の光路差  $2d$  は  $R$ 、および  $r$  を用いて、

$$2d = \frac{r^2}{R} \quad (1)$$

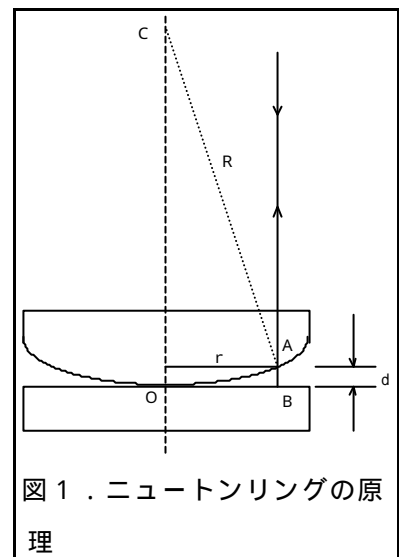
と表される。

2つの反射光が  $A$  点で強め合って明るくなる条件および弱め合って暗くなる条件は、 $m$  を整数とすると、

$$\text{明: } 2d = \frac{r^2}{R} = (2m-1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \text{すなわち} \quad r^2 = (2m-1) \cdot \frac{\lambda}{2} \cdot R \quad (2)$$

$$\text{暗: } 2d = \frac{r^2}{R} = 2m \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \text{すなわち} \quad r^2 = m\lambda R \quad (3)$$

したがって、 $d$  および  $r$  の等しい点は同じ明るさとなり、 $O$  を中心とした環状の干渉縞が見られ、 $m$  が増すにつれて環の半径は大きくなるが、図2のように隣合う縞の間隔はつまっていく。この明環または暗環の半径を測れば既知の単色光の波長  $\lambda$  から凸面の曲率半径  $R$  を求めることができる。



しかし、もっと簡単な求め方は、上の2式のいずれの式よりも求められる関係、すなわち、  
m番目の環の直径を  $D_m$  とすると、

$$D_{m+n}^2 - D_m^2 = 4nR \quad (4)$$

から求めるのがよい。

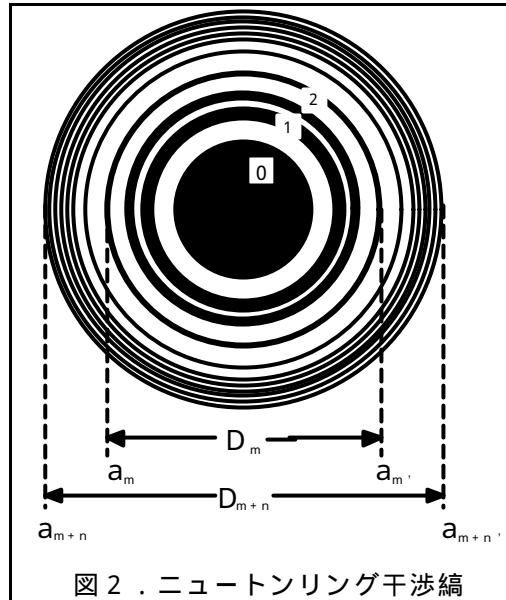


図2 . ニュートンリング干渉縞

### 3 . 装置

ニュートンリング測定器 ( 図3 参照 )

指示台

測微顕微鏡

a 顕微鏡

b 測微尺 ネジマイクロメーター

式

反射鏡 直径60mm、

ハーフミラー ( 反射率60% )

載物台

試料台おおい付き

ニュートンリング板

a 平凸レンズ

b 平面ガラス板

ナトリウムランプ

集光レンズ

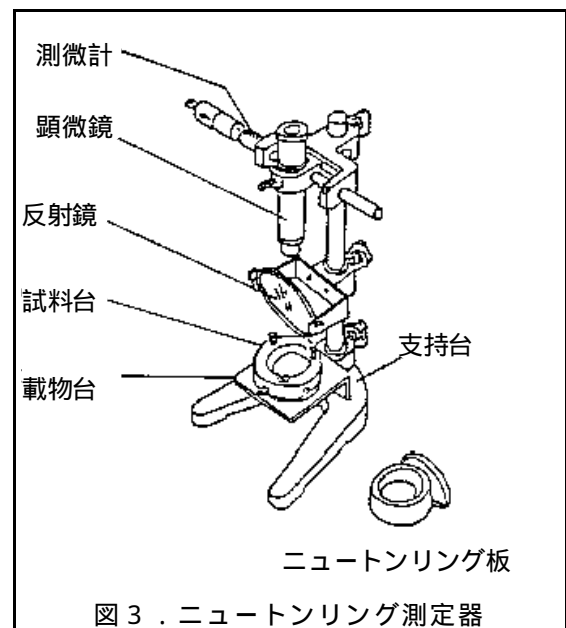


図3 . ニュートンリング測定器

### 4 . 実験

ガラス拭き

平凸レンズおよび平面ガラス板が著しく汚れている場合、洗いさらしたきれいなガーゼにアルコールを少し浸したものでそれらを軽く拭いてきれいにする（通常は必要はない）。そして図1のように平面ガラス板の上に平凸レンズの凸面を下に向けて（ガラス板とレンズの側面についている矢印が向かい合うように）載せ、載物台上の試料台中央に置き、その上にプラスチックのリングをのせて後おおいをかぶせ、おおいを右にまわして試料台に固定する。（このとき3個の調節ネジはできるだけ上にしておく。）

#### 顕微鏡調整

まず鏡筒の位置が測微尺の移動範囲のほぼ中央になるように（ネジマイクロメーターの目盛値が12mmの位置に）する。接眼レンズを左または右にまわし、十字線がはっきり見えるようにしてから鏡筒を上下し、ニュートンリング板のレンズ面と平面ガラスの接する面にピントを合わせる。

#### 反射鏡その他の調整

ナトリウムランプを点灯し、ランプの高さを反射鏡の高さに合わせ、反射鏡の傾きを適当に調節してニュートンリング板を照射し、顕微鏡の視野全体が明るくなるようにする。この状態でニュートンリングが見えるはずであるが、よく見えないときはさらに微調整すること。また、ニュートンリングの中心が十字線の交点にくるように試料台の前後、左右の調整およびおおいに設けた3個の調節ネジで平凸レンズの傾きを調節する。そして、十字線の一本が顕微鏡の移動方向に対し垂直になるように調節する。

#### 測定

ニュートンリングの数は曲率半径によって多少異なるが、40本以上の環が見える。環の中心から順に暗環の番号を  $n = 1, 2, 3 \dots$  とつける。測定は、 $n = 11 \sim 20$  の10本について行う。測微尺のマイクロメーターは逆転するとネジの遊びで誤差を生じるので、ネジを押し込むような方向に動かして測定するのが望ましい。顕微鏡をのぞきながらマイクロメーターを左にまわし、暗環の20番目以上の外側まで動かし、次にマイクロメーターを右にまわし20番目の暗環の中央に十字線の交点を合わせ、マイクロメーターの読み  $a_{20}$  を記録する。順次内側に顕微鏡を動かし、暗環の位置  $a_{19}, a_{18}, a_{17}, \dots, a_{11}$  を読む。さらに中心を越えて、今度は半径の大きくなる方向に  $a_{11}', a_{12}', \dots, a_{20}'$  を読む。 $n$  番目の環の直径  $D_n$  は  $a_n - a_n'$  であるから、横軸に  $n$ 、縦軸に  $D_n^2$  をとったグラフをえがき、最少2乗法でこの直線の傾き  $b$  を求め、

$$R = \frac{b}{4\lambda} \quad (5)$$

からレンズ面の曲率半径  $R$  を計算する。ここで、ナトリウムのD線の波長は  $5.893 \times 10^{-7} \text{ m}$  とする。

1回測定が終わったら、試料台を  $90^\circ$  回転させてもう一度同様に測定せよ。

## 5 . 結果と整理 (例)

表 1 . ニュートンリングの実験結果

環番号	右側の読み ( c m )	左側の読み ( c m )	直径 $D_n$ ( c m )	$D_n^2$ ( c m <sup>2</sup> )
20	16.620	6.920	9.700	94.090
19	16.495	7.035	9.460	89.492
18	16.360	7.155	9.250	84.732
17	16.235	7.285	8.950	80.103
16	16.100	7.410	8.690	75.516
15	15.948	7.550	8.398	70.526
14	15.805	7.690	8.115	65.853
13	15.660	7.830	7.830	61.309
12	15.505	7.980	7.525	56.625
11	15.340	8.128	7.212	50.013

計算

$$X_n = n \quad Y_n = D_n^2$$

として最少 2 乗法から傾き  $b$  を求めると、

$$b = 4.6855$$

となる。したがって、曲率半径  $R$  は

$$R = 1.989 \text{ が得られる。}$$

## 6 . 考察

( 4 ) 式を証明せよ。

曲率半径  $R$  の最大値、および最小値を求め、そのばらつきの原因を考察せよ。