

ニュートンリングの研究Ⅱ

～安価で精度の高い波長測定装置を目指して～

熊本県立宇土高等学校 科学部物理班 森俊太郎ほか4名

要旨

昨年、重ねたスライドガラスに生じる光の干渉現象に興味を持ち、干渉光の模様から曲率半径を求められるニュートンリング装置の存在を知った。この装置を用いてレンズの曲率半径Rを求めたところ、大きなばらつきがあることを確認した。埃の混入等を考慮し、新たに装置(ナリカ NR-MN、R=10m)を購入して調べてみたところ、暗環の半径の実測値rを $r = \sqrt{m\lambda R}$ (暗環の公式)に代入して曲率半径Rを求めたところ、測定精度が比較的に高くなった。そこで、"沈み"のみ生じたとするならば接点は0.26μm程度(約半波長)沈んだことになり、"歪み"のみ生じているならば、R=18.6mが得られ、メーカー値から大きく外れることになる。そこで、"沈み"と"歪み"両方が起こっていると考え、これらに影響しない環半径の規則性(環間隔定数Cと定義)を見つけ、このC値を用いれば、曲率半径Rが求められることを突き止めた。今年もこの研究をさらに継続し、測定精度の検証や、C値のさらなる有用性を調べ、ニュートンリング装置は、曲率半径Rが正確に求められ、安価で精度の高い波長測定になり得ることを実証することとした。実験方法として、新たにHe-Neレーザー(波長632.8nm;赤)を光源として用い、Na-D線で求めた曲率半径と一致するかを調べる。また、明環と暗環から求める曲率半径の誤差や、環には幅があるため、その環の内側・中央・外側の精度、環の本数の違いによる精度等を検証する。

動機、目的

昨年、スライドガラスを重ね指で押さえたときに生じる光の干渉現象に興味を持ち、同じ原理のニュートンリング*に興味を持った。そこで、装置はナリカ製NR=MN(曲率半径R=10)、光源はNa-D線を用い、曲率半径Rを求めた。その結果、Cを用いた計算は精度が高いことがわかった。次に我々はNa-D線以外の光源にもCを適用することができるのではないかと仮説を実証すべく本研究を行うことにした。

*ニュートンリング(ニュートン環、Newton's rings)とは、平面ガラス板にわずかに曲がった平凸レンズを重ね光を当てたとき、両者の間に薄い空気層による光の干渉によって観察される同心円状のリングのこと。教科書等には、m次の暗環の半径rは、 $r = mR$ で表され、波長λ等を代入すると、曲率半径(球面の半径)Rが求まるとされる。大学の学生実験としてもよく利用されている。



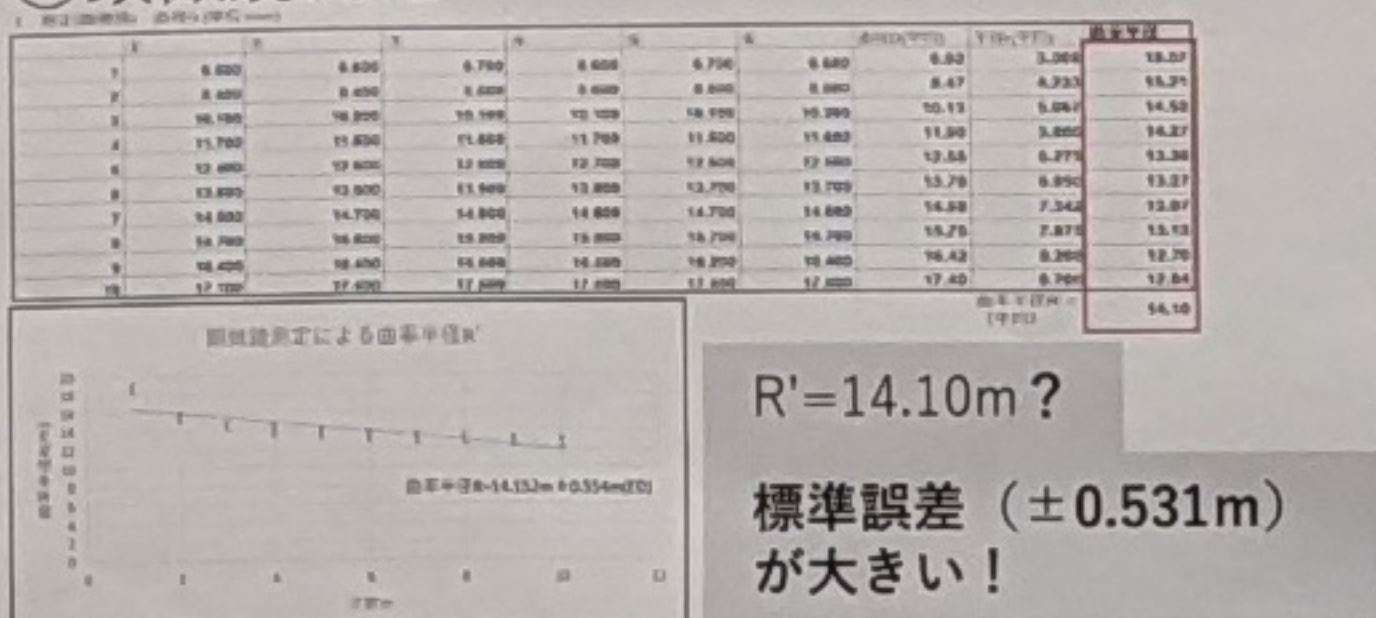
ニュートンリング装置

昨年度までの研究

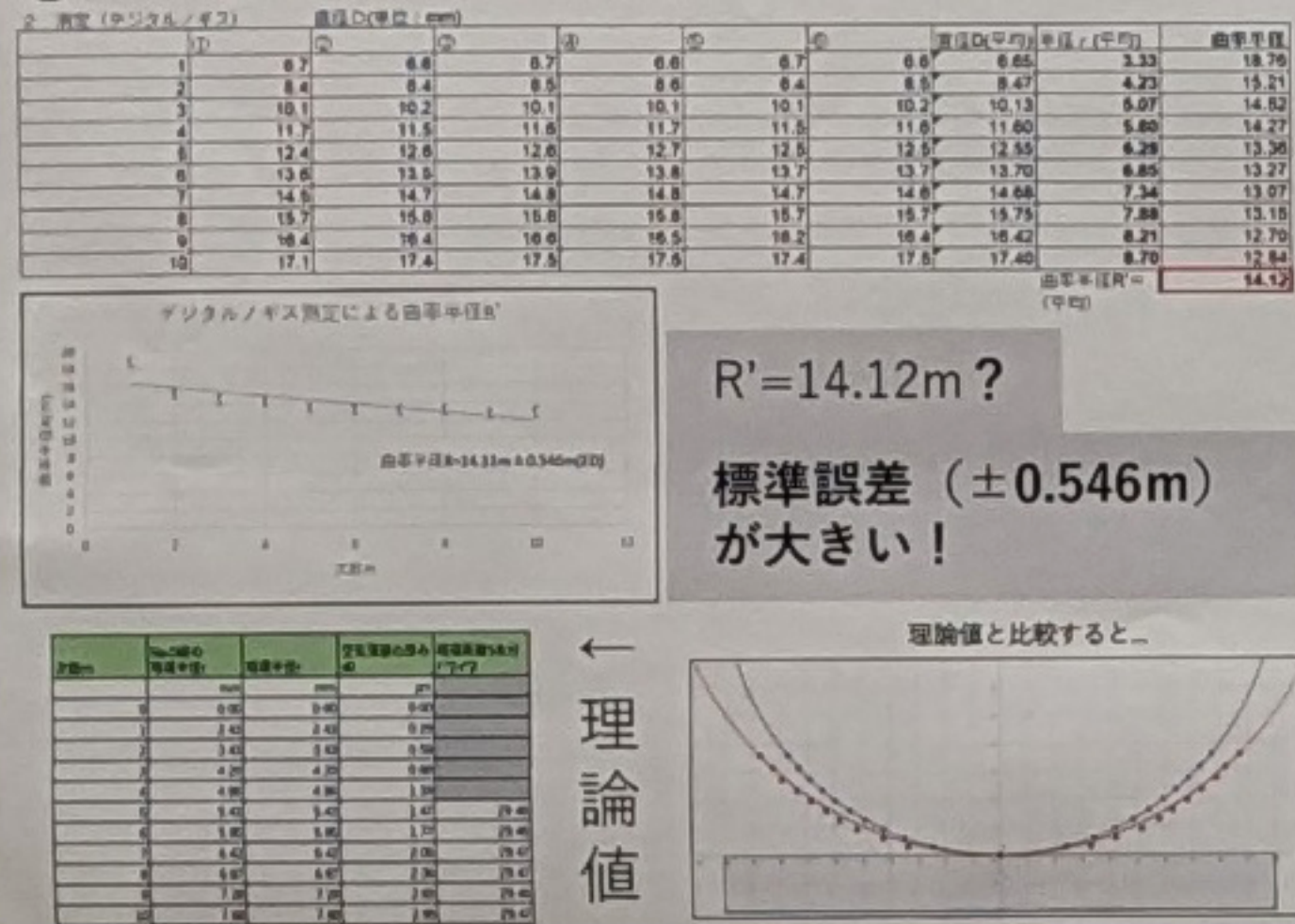
【曲率半径Rを求める】

班員が暗環半径を測定し直径を出し従来式で算出

①顕微鏡測定



②デジタルノギス測定

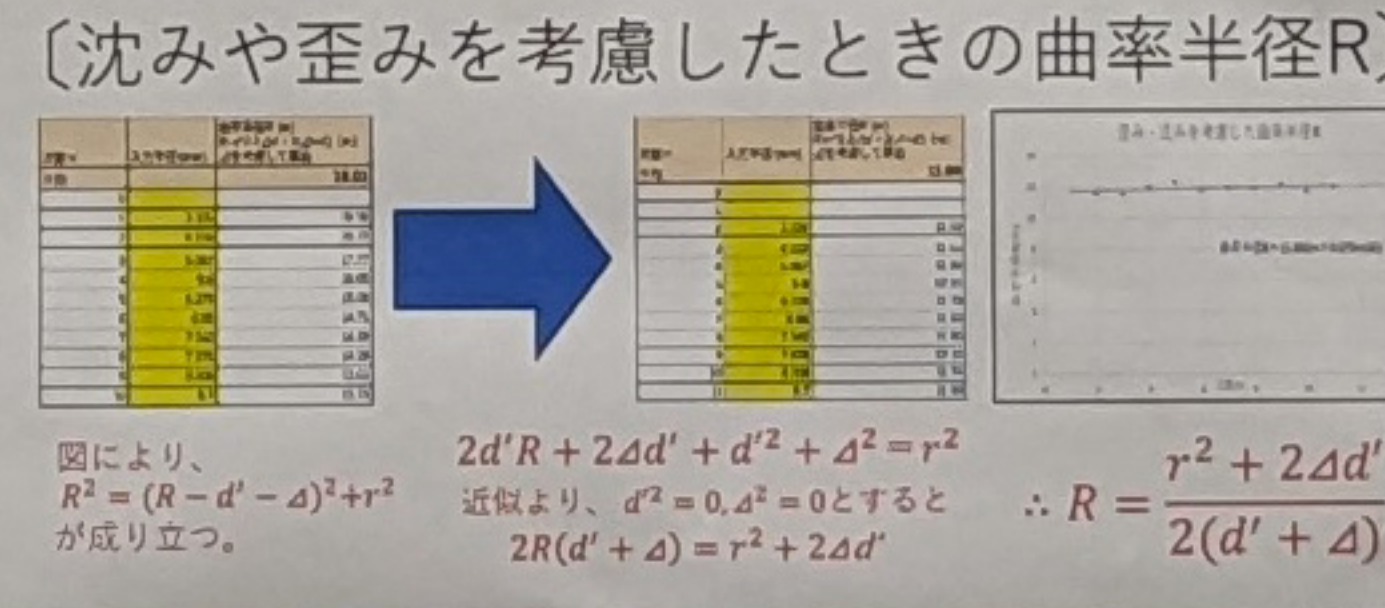
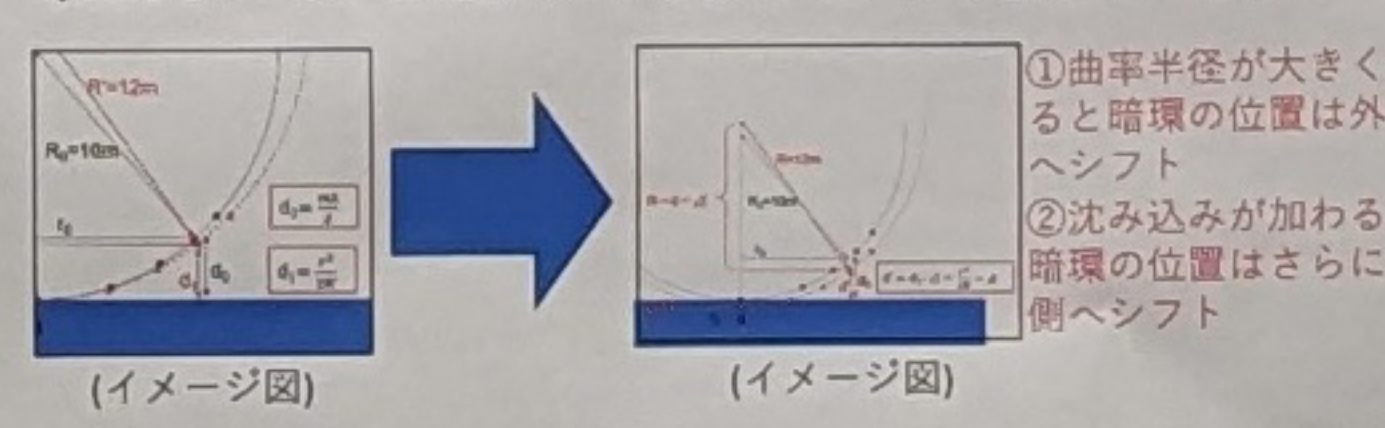


【結果をもとに考察】

測定のミスではなく、何か根本的な要因があるのでは?

1. ニュートンリング装置における誤差の可能性
①(取扱いによる)
レンズを外すと空気中の埃やごみが挟まってしまう
→新たに購入した装置を使用し、外さずに使用している。
②(二本木*)の先行研究によると、
ねじ止めの圧力によって、レンズのわずかな歪みや、平板ガラスが沈んでしまうため、重要なように固定すべき、と書かれている。
→レンズの歪み等が原因の可能性、大!
2. 1次の暗線が出現していない可能性
沈み込みによって次数mがずれてしまっている?
図により、 $R^2 = (R-d'-a)^2 + r^2$
近似より、 $d'^2 = 0, a^2 = 0$ とすると
 $2R(d' + a) = r^2 + 2ad'$
 $\therefore R = \frac{r^2 + 2ad'}{2(d' + a)}$

【圧力による歪みや沈みを可視化する】



【歪みや沈みが生じて曲率半径が変化しても、求める方法を考える】

$r = \sqrt{m\lambda R}$ ①より、
 $m + n$ 番目の暗環半径rは、 $r = \sqrt{(m+n)\lambda R}$ ②
①②より、 $r^2 - r'^2 = m\lambda R$ と置けることから、
 $r^2 - r'^2 = (m+n)\lambda R$ ③
ここで、 $C_n = \sqrt{m\lambda R}$ と置く。Cは、暗環の本数n及び、波長λ、曲率半径Rで定まる定数であることがわかる。また、Cは、 $C_n = \sqrt{r^2 - r'^2}$ と置ける。このことから、最低、半径の2点がわかれば曲率半径Rが求められる。
このC_nを、環間隔定数と呼ぶ

