

レンズの収差についての研究

3年A組 柴田 凌輔

3年A組 鶴崎 桐梧

指導教諭 藤野 智美

1. 要約

私たちは天体の観察に必要な天体望遠鏡の仕組みについて興味を持った。そこでレンズが作り出す像の仕組みについて実験を行ったところ、レンズを2枚組み合わせる際に「像のぼやけ」が発生することに気づき、その要因として「レンズの収差」という現象に巡りついた。本研究では、この収差を確認し、定量化を試みた。

キーワード 凸レンズ、凹レンズ、レンズの公式、レンズの収差、屈折

2. 研究の背景と目的

天体望遠鏡は、レンズを複数枚重ねた仕組みからできている。その仕組みに興味をもった私たちは、自作の望遠鏡を目指し、レンズを通る光が作り出す像の仕組みについて研究を行なった。

た公式から算出した理論値と比較した。なお、実験は光学台を用いて行い、スクリーンを動かして、像がはっきりと映し出される位置を測定した。なお、レンズの焦点距離(f)については、事前に測定を行なった。

<結果>

凸レンズ、凹レンズ共に理論値と実験値の誤差はほとんどなく、この公式を利用してレンズが作る像の位置を算出できることが確認された。

3. 研究内容

3.1 実験1 1枚のレンズが作る像

<実験内容>

1枚のレンズが作る像の位置や倍率は、以下のレンズの公式によって表される。

凸レンズ1枚・・・ f

凹レンズ1枚・・・ $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f}$

a : 光源からレンズまでの距離

b : レンズから像までの距離

f : レンズの焦点距離

実験①では、光源からレンズまでの距離(a)を変化させたときのレンズから像までの距離(b)を測定した。この測定値を前述し

3.2 実験2 2枚のレンズが作る像

次に、天体望遠鏡や顕微鏡の仕組みとして用いられている、複数枚のレンズの組み合わせによって作られる像について実験を行なった。なお、実験は光学台を用いて行い、スクリーンを動かして、像がはっきりと映し出される位置を像の位置とした。

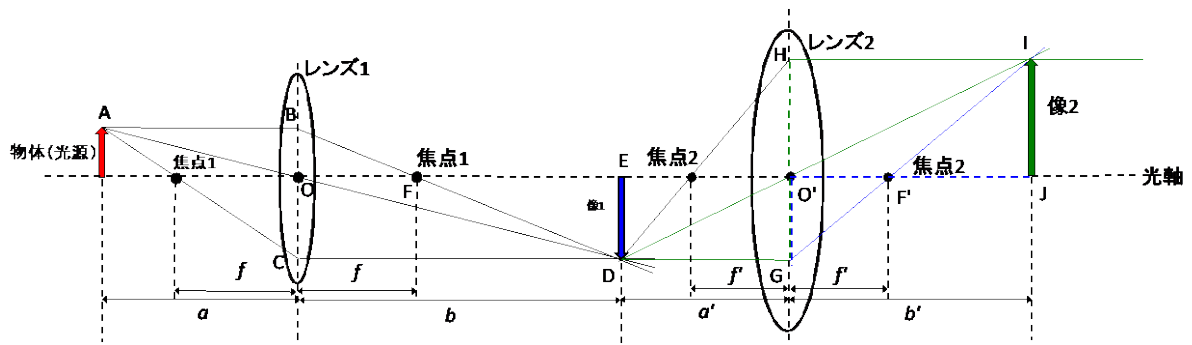


図 1

<実験内容>

- ①図 1 のように、実験 1 で作成した像に対して焦点距離(f')がわかっているもう一枚のレンズ 2 を配置する。
- ②レンズ 1 によって作り出された像 1 をレンズ 2 に対する物体とし、レンズ 1 と物体までの距離(a)を 1cm ずつ移動させた際の、像 1 とレンズ 2 の間の距離(a')、レンズ 2 と像 2 の間の距離(b')について測定した。
- ③レンズ 2 についてもレンズの公式が成り立つものと仮定し、レンズ 2 と像 2 の間の距離(b')について理論的に算出した値と実験値を比較した。

$$\text{レンズ 2} \cdots \frac{1}{a'} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{f'}$$

<結果>

- ・図 2 のように、レンズ 2 が作り出す像がぼやけることが観察された。



図 2

- ・レンズ 2 と像 2 の間の距離(b')について、理論値と実験値に一定の誤差を確認した。

3.3 レンズの収差

実験 2 の結果について参考文献を調べたところ、「レンズの収差」という概念にたどりついた。収差とは、レンズや反射鏡によって像を作る際に、一点から出た光線の束が完全には一点に集まらず、像のぼやけや歪みを引き起こす現象である。今回は収差のうち、以下の 2 種類を取り扱った。

・軸上色収差

光の波長によって屈折率が異なるため、焦点が合わない現象(図 3)。

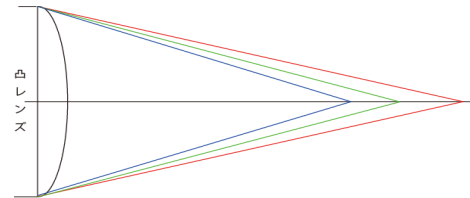


図 3

・単色収差

光の入射する場所によってレンズの曲がり具合が異なるため、単色光を用いても焦点にずれが生じてしまう現象(図 4)。

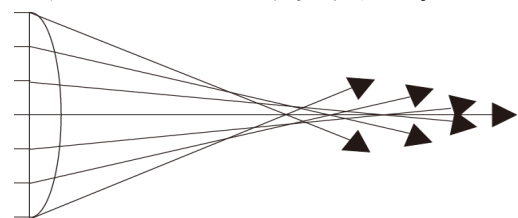


図 4

3.4 実験3 軸上色収差の確認

両凸レンズに様々な色の光のレーザーを同じ位置、同じ角度で照射し、レンズを通過した後の光の道筋を観察した。

<実験内容>

赤色、青色のレーザーの光を両凸レンズの光軸に平行になるように照射し、色ごとの経路の違いを確認した。

<結果>

図5のように赤と青のレーザーの光の経路に差が見られ、軸上色収差が確認された。

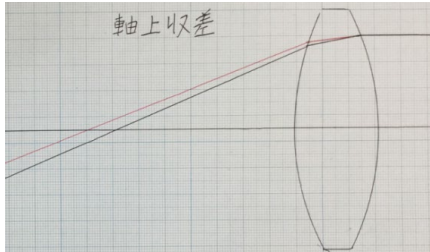


図5

3.5 実験4 単色収差の確認

<実験内容>

単色収差の定量化を試みるために、レンズの上端から下端にかけて、光軸に平行になるように緑色のレーザーを配置し、入射位置を光軸から2mmずつずらしたときの光の経路を記録した。記録結果から、屈折した光と光軸が交わる点とレンズの中心までの距離を計測した。

<結果>

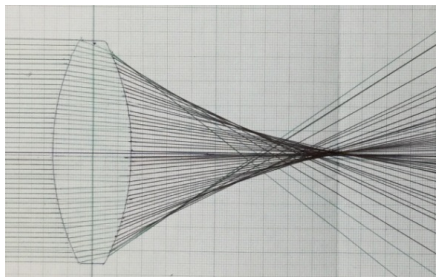


図6

図6のように、光軸から離れると交点ま

での距離が短くなる傾向が見られた。

・図7のように、光軸に近い場所からの入射光のデータにはばらつきが見られた。

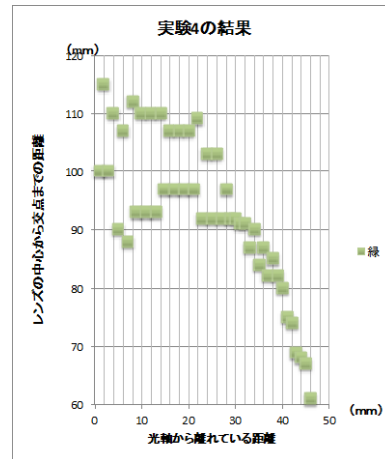


図7

4. 今後の展望

図7のデータの解析を行い、データがばらついている部分についての検証を行いたい。それらの考察をもとに、レンズの収差の定量化を行いたい。

5. 参考文献

[1] 潮 秀樹「よくわかる光学とレーザーの基本と仕組み～光の性質とその応用～」

[2] 前田 護治「光の基礎から応用先端技術まで未来をひらくフォトリソをマスターする」

[3] 斎藤 晴司「絵と光学基礎のきそ」
http://www.enjoy.ne.jp/~k-ichikawa/iRay_LensAberration.html

6. 謝辞

今回の研究にあたり、ご指導くださいました顧問の藤野先生、ありがとうございました。