

凸レンズがつくる実像を探るⅡ

熊本県立宇土高等学校 科学部物理班 2年 吉村 泰河 ほか4名

1 はじめに

昨年5月、科学部の活動中、レンズの焦点距離を調べていたとき、光源に使った電球の像がレンズの近くに立体的に浮かび上がって見える2つの像（副実像とよぶことにした。）を発見した（写真1）。虚像と異なり、スクリーンに映すことができ、実像の特徴をもっていた。昨年は、平凸レンズや照度計、光度計を用いて測定・検証し、この副実像がレンズ付近に（図1）実在することを突き止め、出現のしくみを作図した。今年は、片面を反射防止膜でコーティングしたレンズを使い、どのように光が反射して像が現れるかを解明した。その結果、副実像は、レンズの表面で光を反射するのではなく、レンズ内部で光を反射してできることがわかった。

2 研究の目的

昨年解明できていなかった作図の実証を行い、物体の位置を大きく移動させても副実像の位置や大きさの変化は小さいという疑問を、焦点距離の異なるレンズで解明し、法則性を見つけ出す。また、立体的に見えるしくみを調べることにした。

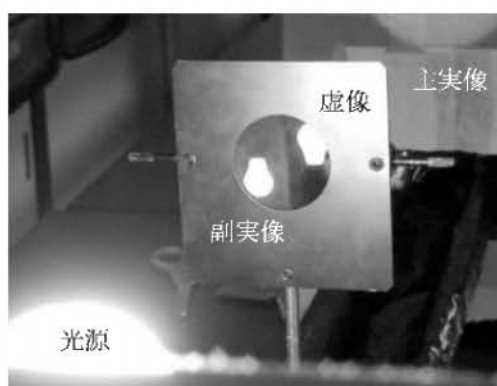
3 研究の方法

今回は、残りの疑問であった「浮き上がってみえる謎」や「副実像と焦点距離の関係」、「作図の実証」に挑むため、副実像は「表面反射」や「内部反射」による結像と考え、両面コートレンズ、片面コートレンズ、焦点距離の異なるレンズを購入して測定することにした（片面コートレンズは販売されておらず、特注で製造してもらった）。

4 研究の結果・考察

(1) 昨年の主な研究成果

- ・レンズ同様に、平凸レンズの前後でも倒立の「副実像」が現れた。
- ・基準電球の光量を求めることができただけでなく、基準電球をもとに他の電球の光量も求められることがわかった。
- ・像を直視した場合に比べ、スクリーンに映した場合の光量が弱く見える原因を、主実像の光量を光度計で測定することで定量的に示すことができた。



【写真1】光源側から見た副実像の様子



【図1】主実像と副実像の位置関係

(2) 両面コートレンズによる副実像の観察・測定

反射防止膜両面コートレンズを用い、副実像を光源側、スクリーン側から観察する。

【結果・考察】 反射防止膜によって、光源側、スクリーン側のどちらから観察しても副実像は

消え、出現しないことから副実像は反射による像であることがわかった。(実際には400nm以下の波長による青色の結像がうっすらと観察できる。)



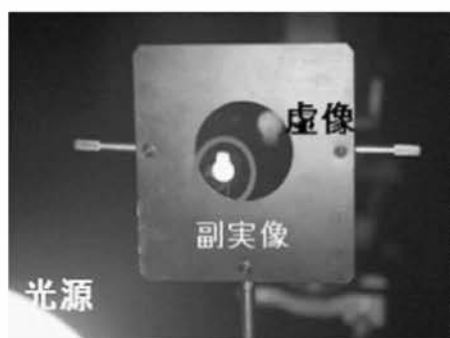
【写真2】両面コートレンズによって副実像が消えるようす

(3) 片面コートレンズ(特注レンズ)による副実像の観察

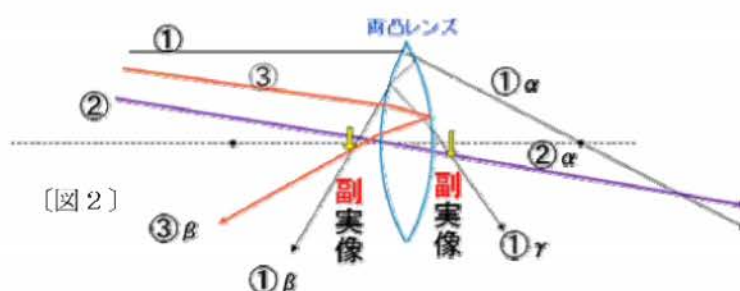
次に、片側に反射防止膜が付いたコートレンズを用い、副実像を観察する。

【結果・考察】

凸面鏡として映っていた虚像が消えたことから、反射防止膜(コーティング面)によって表面反射が抑えられたことがわかる。また、副実像の消失は内部反射によって抑えられたためと考えることができる。よって、反射防止膜によって表面反射、内部反射が抑えられたことがわかった。図2は、観察結果をもとに出現のようすを示した。



【写真3】片面コートレンズを光源側(左)とスクリーン側(右)に置いたときのようす



(4) ノーコートレンズによる焦点距離と副実像の位置の関係性

「物体の位置が移動しても、副実像の位置や大きさの変化は小さい」ことから、焦点距離によって副実像の位置がどう変化するかを調べた。その結果、副実像の位置は焦点距離に比例することがわかった。

(5) 光度計による各コートレンズの透過量の測定

各コートレンズを用いて主実像の光量から、副実像の光量を算出した。凸レンズは集光するため単純ではないが、およそ3.6%の光量で副実像を結像しているといえる。また、この結果から表面反射率と内部反射率が同じであることもわかった。消えかかった副実像をよく観察すると、うっすらと同じ色(青色)の副実像が二重にずれて見えることから、立体的に浮かび上がって見える不思議な現象は主に「球面収差」によるものだと判明した。

5 最後に

反射を繰り返すことで見られる「副虹」と同じように、レンズにも反射を繰り返すことで見られる「副実像」が存在することを裏付けた。ここまでこの副実像が見落とされてきた背景には、反射を抑えるコーティングの技術が上がり、コートレンズが普及したことなどが考えられる。様々な視点から全ての疑問を解決し、副実像の結像のしくみの全容が明らかにできた。