

エポキシ樹脂で重力レンズを作ってみよう

稲田 清夫

〈川崎天文同好会 〒203-0021 東京都東久留米市学園町 1-3-16〉
 e-mail: inada@pluto.dti.ne.jp

「天文月報」(98年11月号)に、「手作り重力レンズのすすめ」という論文¹⁾が掲載され、重力レンズの製作と実験の話が載っていました。「重力レンズを実感する」というこの記事につられて、それに挑戦してみました。ただし論文にあるアクリル棒を削ってレンズを作るという方法は、旋盤などの設備のない者にとっては難しいので、私は石膏でレンズの型を作り、そこに液体のエポキシ樹脂を流して固めるという方法で作ってみました。この方法は、特別な設備がない者でも、工作材料店などで売られている材料を使って簡単に作れるところが良いと考えます。「手作り重力レンズのすすめ」を補うものとして報告します。

1. 等価レンズ

重力レンズでは近いところでは曲がりが大きく、離れたところでは小さいことが特徴です。これと同じような効果を持つレンズを作ったら、重力レンズの効果を簡単に実験することができます。このようなレンズは、等価レンズと呼ばれます。このレンズの設計式の導入は、「手作り重力レンズのすすめ」に詳しいので興味のある方は参照してください。ここでは結果だけを示します。光学レンズの光軸からの距離を r 、レンズの厚みを z とすると、レンズの形状を表す式は、

星(質点)の場合： $z = K_s \cdot \ln r + \text{定数}$

銀河の場合： $z = K_g \cdot r + \text{定数}$

ただし K_s, K_g は比例定数

60 mm 径程度のレンズの場合の K_s は 1.5 ~ 3.0, K_g は -0.3 ~ -0.7 程度の値に設定します。

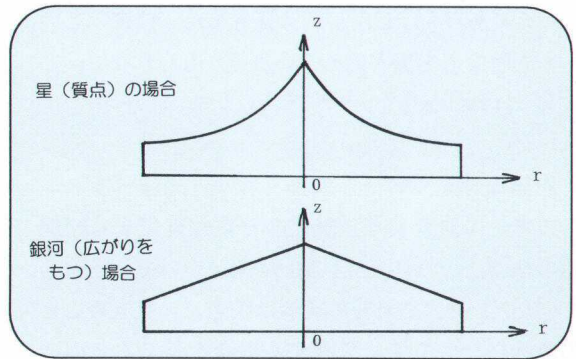


図1 レンズの形状

2. 等価レンズの製作

① 削り治具(じぐ)

レンズの型は加工の容易な石膏で作り、削ってレンズの形状に仕上げます。削り作業には刃型を用います。刃型は、レンズ形状の式から定数 K_s または K_g を適当に設定して、刃形の実寸の設計図を紙に描き、これを 1.0 mm 厚さ程度のアルミ板に貼り付け、ヤスリで削り出します。これを、切れ目をいれたプラスチックパイプに取付けると、削り治具となります。パイプの径は作るレンズの大きさによって決まります。

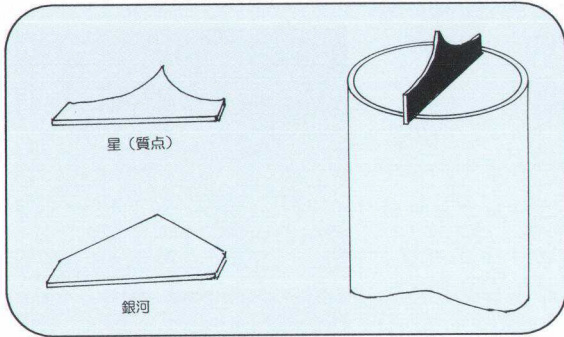


図2 刃型と削り治具

②レンズ型の作成

石膏の型は最初に外枠を作ります。これは削り作業の際のガイドとなります。削り治具の口径のパイプとそれよりひとまわり大きな口径のパイプを使って、その間に石膏を流します。柔らかい石膏は流れ出るので、パイプの底には、ボール紙を丸く切って貼り付けるなどが必要です。外枠が固まったら内パイプをはずして、この中に石膏を充填します。充填した石膏がある程度固まってきたところで、外枠をガイドにして、削り治具を使って回転させながら削り作業を行います。石膏が固くなってしまうと、アルミ刃型での削り作業は難しくなるので、固くならない内に作業をします。

石膏は透水性なので、エポキシ樹脂をそのまま流すと沁みこんで固まり、後の処理に苦労します。メーカーに聞いてもこれが良いという剥離剤は見当たらないのですが、シリコーンゴム^{注1)}を表面に塗布し、薄膜を作ることで比較的に良い結果を得ています。シリコーンゴムは、樹脂の成形用のものが販売されています。指定量の触媒を添加してよく

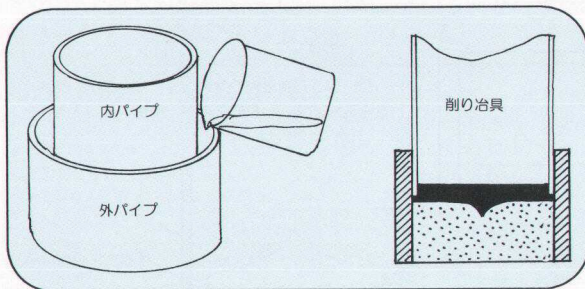


図3 枠の製作と削り作業

攪拌して使います。これは凹部にたまりやすく、粘度もあって、一様に塗布するには苦労します。削り治具を使ってならしてください。

③樹脂の流し込み

エポキシ樹脂は材料店で一般に市販されているので容易に入手できます。試作には、低粘度エポキシ樹脂 Z-1^{注2)}というものを使いました。エポキシ樹脂 Z-1 と透明型硬化剤を 2 : 1 に混合して、石膏の型に流して作ります。液の混合がうまくいかないと、階層となって屈折率が違ってきたり、よく固まらない場合があります。泡を作らない程度に良く攪拌します。ところで、この樹脂の成分のビスフェノール A 型液状エポキシ樹脂は有毒の指定となっていて、皮膚の敏感な人には被害が出る可能性もあります。ビニールの手袋をはめて作業するか、原液の取り扱いや換気には注意が必要です。

④研磨作業

樹脂は1日位経過すると固まります。樹脂が固まったら、石膏の型からはずします。取り出した樹脂レンズは十分固まるまで待って、荒い紙ヤスリ(100番位)からだんだん細かい紙ヤスリ(800番位)へと順次取り替えて磨いていきます。大きな傷がなくなったら、磨き作業に入ります。アクリルの材料店では、アクリル専用の研磨剤^{注3)}が販売されています。これは液体の研磨剤で、布に塗って研磨するものですが、簡単に面を光らせてくれるので有効です。「プラスチック磨きクロス」というのも売られていますが、研磨剤を染み込ませた布で、アクリル研磨剤と同様な効果があります。透明になったら完成です。

注1) シリコーンゴム

東芝シリコーン TSE350 を使いました。硬化剤は CE62 を使い、100 : 1 で配合します。

注2) エポキシ樹脂 Z-1

国際ケミカル(株) Tel 045-811-1028
低粘度エポキシ樹脂 Z-1, 透明型硬化剤

注3) アクリル研磨剤

アクリサンデー(株) Tel 03-3834-0503
商品名: アクリサンデー研磨剤



3. 等価レンズの実験

出来あがった等価レンズで白い紙に小さな黒い点を描いたものを覗くと、それだけで重力レンズ効果の確認ができます。黒い点をレンズの中心に持ってくると丸いリング状となって、いわゆるアインシュタインリングができます。中心からはずれると像は2つに分かれます。レンズを斜めに傾けてやると、アインシュタイン・クロスのような像を作ることができます。ただし、これらの像は虚像ですから、大勢の人に見てもらおうときには、観測者の目の代わりとなるデジタルカメラを用意して、この出力をテレビのビデオ入力につなぎ、テレビ画面で見られるようにするなどの工夫が必要です。せっかくなら黒い点ではなく、ランプを使って小さな孔を照らしてやると、光った像が現われるので実感が出ます。実験用に作った装置を図4に示します。ランプの光量はスライダックまたは抵抗器で適当に変えられるようにします。光源のランプは光ムラがあるので、乳白板で平均化したほうがよいでしょう。光路は覆って余計な光をさけるようにします。像は肉眼でも確認できますが、デジタルカメラを通すと適当に明暗が出て像をひきだててくれます。等価レンズの位置や、カメラの位置を変えると像の大きさが変わり、レンズを斜めに傾けたりすると実際の重力レンズ天体写真にあるような像が得られて、重力レンズを身近に感じさせてくれます。苦労して作る等価レンズは、宇宙への大きな夢を拓かせてくれるに違いありません。

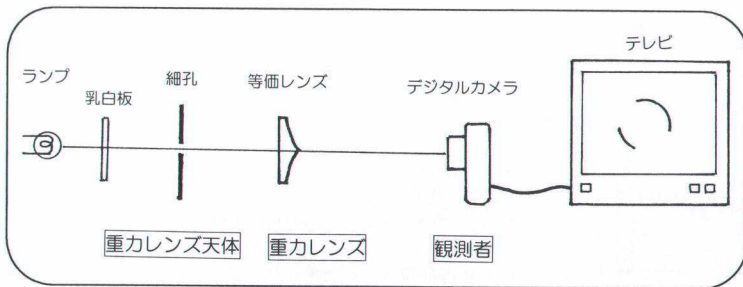


図4 等価レンズの実験装置

さて、ここで使った樹脂の技術は、いろいろな面での活用ができます。シリコンゴムで型取りをすれば、等価レンズのミニコピーが作れます^{注4)}。既成の装置から部品を取り外して成型すれば、エポキシ樹脂部品を作

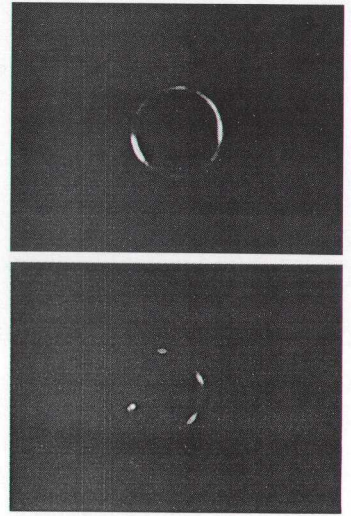


写真1 等価レンズによる像

することもでき、他の装置の部品として使えます。工夫していろいろな成型をすることで、精度や強度をさほどに要求しない装置部品の製作が可能となります。目的によっては、エポキシ樹脂以外にも高強度・精密成形用のポリエステル樹脂などでFRP材の部品の製作もできるので、ちょっとした実験や、試作などには活用できると思います。

なお、本報告をまとめるにあたっては、大阪教育大学の福江 純氏によるご指導をいただきました。感謝いたします。

参考文献

- 1) 横尾武夫・加藤好博・蜂屋正雄・福江 純「手作り重力レンズのすすめ」(天文月報 1998 Vol.91No.11)

注4) 型取り

シリコンゴムを触媒と混合して、流し込む。ゲル化したら取り出す。これにエポキシ樹脂を流し入れると、ミニコピーが作れる。

