

## 『豆電球の星』

### — 星の明るさと距離の模型 —

栗野諭美（岡山天文博物館）

この会報がみなさんのところに届いた頃には、すでに『マンガ 手作りの宇宙』をご覧になった方もいらっしゃるだろう。この『豆電球の星』はその中に掲載されている工作の1つである。詳しい内容は、本を参照していただきたい。また、中でも坂元誠さん（加古川市立少年自然の家）オリジナルのマンガは必見！とにかく笑えます。

#### <そもそも…>

『豆電球の星』の第一の目的は、星の明るさと距離の関係を体験しよう！ということである。ここで、なぜ『豆電球の星』を作ろうと思ったのか？というと、実は私の勤める岡山天文博物館にその模型があるから。この博物館は、実はとても古く、国立天文台岡山天体物理観測所が開所された同年、1960年に観測所および天文学の普及を目的に開館した。驚いたことに、今もその開館当時に作られた模型や展示がかなり残っており、ちゃんと動いている。この『星の明るさと距離の模型』もその1つである。（他にも、ボタンを押すとものすごい音がして動きだす装置-ある出版社の方は「おまけが出てきそう（巨大ガチャガチャ?）」と喜んでいた-や、時代を感じさせる模型や写真など、お宝がいっぱい！？ 詳しく書くときりがないので、省略します。）しかし古いとはいえ、なかなか使える模型なのである。

#### <星の明るさと距離の模型>

岡山天文博物館の展示室に置かれているこ

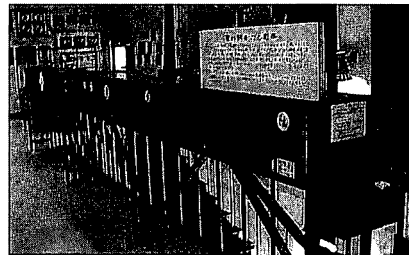


図1. 展示室の『星の明るさと距離の模型』

の模型は、約40×40×600cmの木箱の中に、豆電球を等級と距離の関係に従って並べており、中の豆電球を覗き穴（両目用）から観察する、というモノである。非常にシンプルだが、距離が遠くなるほど豆電球が暗くなっていく様子や、左右の目で交互に見ることによって視差の確認もできる。ただ、何の説明もなく、無言で豆電球の光が順番に点いていくので、一般のお客さんにはわかりにくい。しかしながら、こんな模型は、解説する人がいれば大活躍する。なんと言っても、言葉で説明されるより、見たほうが早いのだ。と言う訳で、このような模型がかんたんに、しかも持ち運べるモノを作れないか？ということで作成することにしました。

#### <準備するもの>

できるだけかんたんに、ということで、身近で手に入るモノを使って工作した。

- ・豆電球（できるだけ小さいもの、麦電球など）とソケット6個ずつ
- ・単3乾電池と電池ボックス（電気スイッチのついたもの）1個

- ・電球などをつなぐリード線 (2m から3m ぐらい)
- ・同じ大きさのダンボール2箱 (つないだときに1m 以上になるもの)
- ・黒紙あるいは黒絵の具・絵の具筆
- ・ハサミ、のり、カッター、ガムテープ

<さあ、作業しよう>

作業の一番のポイントは、すべての電球に加わる電圧を同じにする、ことである。電圧が変わり、もともとの明るさが電球によって違ってしまっは意味がない。以下に作り方を載せる。

- ① 縦長のダンボール箱をつなげて、長い箱を作る。

ダンボールのフタと、側面を一面だけ切り取り、切り取った側面をつなげて、1m 以上の長い箱をつくる。また余ったダンボールで、箱にかぶせるフタをつくる。

- ② ダンボールの中を黒く塗る (または黒い紙を貼る)。

塗った場合は、良く乾かす。

- ③ フタの決まった位置から豆電球をつるす。  
→ 表1 図2 参照

- ④ それぞれの豆電球にソケットをつけ、電池ボックスに並列につなぐ。

ここでは、電池の個体差によって電圧が異なる可能性を考え、1つの電池ボックスに並列つなぎにした。電池ボックスはフタの上に固定すると邪魔にならない。

- ⑤ 正面に両目用の覗き窓をつくり、箱にフタをかぶせて完成!

注意点:

- ・できるだけ隙間から光が入らないように、きれいに組み立てる。
- ・豆電球は小さなものを使った方がよい。
- ・正面から見たとき、豆電球が一直線に並ばないようにする。(重なると比較しにくい)
- ・各豆電球と電池ボックスを結ぶリード線の長さは同じにする。(長さが違うと電圧降下を起こす可能性がある)
- ・壁には蛍光塗料で星座などを書いてもいい。特に背景に星座絵があると、視差の違いを比較するとき、目安にできる。

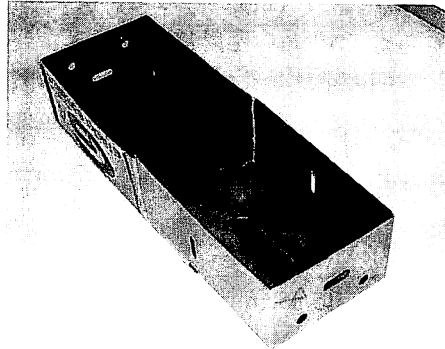


図3. 中を黒く塗った箱



図4. フタの内側

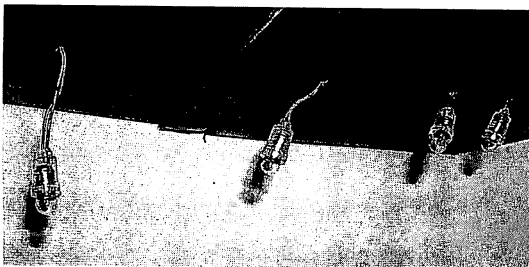


図2. つるした豆電球

<星の明るさと距離の関係>

恒星のみかけの明るさは、恒星の放射するエネルギー量と、その恒星までの距離によって決まる。同じエネルギー量（＝絶対等級が同じ）の星の場合、距離が10倍遠くなると見かけが5等級暗くなるという関係がある。いわゆる

$$5 \log d = m - M + 5$$

M：絶対等級      m：みかけの等級

d：恒星の距離（パーセク）

の式である。すなわち、明るさが1等級暗くなると、距離は約1.6倍（1.585…倍）遠くなるという関係が導かれる。

この関係を使って豆電球を配置していけば良いのだが、その配置例として、例えば1個目の豆電球を10cmの距離に置いてみよう。ここでは6個の電球を置いた場合を考える。

表1. 豆電球の配置例

豆電球	計算値	配置する距離
1 個目	10cm	10cm
2 個目	15.85cm	15.9cm
3 個目	25.12…cm	25.1cm
4 個目	39.81…cm	39.8cm
5 個目	63.11…cm	63.1cm
6 個目	100.03…cm	100cm

\* 1個目の豆電球を置く位置によって、箱の長さを変える、あるいは豆電球の数を調節する必要がある。

<さて、観察>

○ 明るさの比較

完成したら、さっそく豆電球のスイッチを入れて光らせてみよう。覗き穴から覗くと、近い豆電球と遠い豆電球では、格段に明るさが変わっている様子がわかるだろう。デジタルカメラ等で撮影しても、明るさの変化は良くわかる。（ただし、同じ露出で撮影して比較

する。図5）

次に箱の中に、タバコやドライアイスの煙などを充満させて、同じように豆電球を観察してみよう。同じように、箱の中を少し明るくした状態でも観察してみよう。

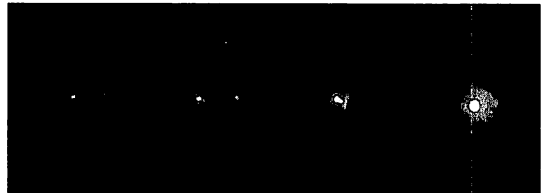


図5. 電球の明るさの違い：右へ行くほど距離が近い

○ 視差の確認

今まで両目で見ていた豆電球を、今度は左右交互に片目で見てみよう。このとき、同じ豆電球を見ているのに、その位置が左右に移動したように見えるはずである。次に、近い電球と遠くの電球による視差の大きさの違いを確認する。背景に蛍光塗料などで絵（星座など）を描いておくと、位置の変化がわかりやすい。

<この模型から学べること>

非常に大雑把な模型ではあるが、距離が遠くなるほど光が弱くなって見える様子を理解することができる。また、箱の中に煙を充満させたり、箱の中を少し明るくしたりすることで、大気汚れや光害の影響によって、（星の）光の見え方が変わってくることも実感できる。

また視差の観察では、視差とは何か？を知るとともに、近い光源、遠い光源によって視差の大きさが異なることを知る事ができる。距離が遠いほど視差が小さくなることを実感し、その原理を体感することによって、視差を用いた計測法や天体の距離への学習へつなげていくことも可能である。

このように、距離を感じることによって、

普段平面として捉えることの多い星空は実は奥行きがあり、宇宙は奥へ広いということを学ぶきっかけになるだろう。

#### <さらに工夫すべき点>

今回この模型を作成して、さらに工夫した方が良いと思われる点をあげる。

##### ○ 観察するにあたって

1. 明るさの変化の違いが、具体的にどれくらいかわからない。
2. 豆電球の光が明るすぎる。
3. 豆電球の光が強いため、近い電球の光の強さの違いがわかりにくい。

##### ○ 作成するにあたって

4. 豆電球へ繋げる電線の配線の工夫がある。

1. について。なかなか光を定量的に測定するのは難しいので、仕方がないかな?とも思うが、もし、明るさと等級の式(ポグソンの公式)への導入も考えるのであれば、具体的な検討が必要である。

2. 3. 4. について。本模型では、1つの電池ボックスに豆電球を並列に繋いでいるので、電球には1.5ボルトの電圧が加わってる。従って、非常に電球は明るくなるが、もっと明るさを押さえた方が距離による見え方の違いはわかりやすい。明るさを押さえる方法として、豆電球を直列に繋げることを提案するが、その場合、すべての電球が同時に光ることになる。同時点灯モデルを作成する場合は、この直列繋ぎをおすすめする。(このとき、電球を目隠しできるモノを用意すれば良いかもしれない?) また、豆電球を電池ボックスに繋げるとき、電球によってリード線の長さがまちまちだと、電圧降下によって電球へ加わる電圧もまちまちになってしまう場合がある。これを防ぐために、リード線の長さは統一した方が良い。

#### <終わりに>

今回、この『豆電球の星』を紹介させていただいたが、これは私達が身近な材料で実践できる天文工作のほんの一例である。「実際に宇宙へ行って観察できないから、宇宙のことは良くわからない。」とか、「天文学は実感がわからない。」といった意見を聞くことがあるが、実際に天文学を研究する上で活用されているさまざまな手段は、日常生活のあちこちに見られる手段であり、けして目新しいことではない。ここで紹介したような模型を使うことによって、身のまわりの便利な手段を再認識し、さらに天文学への応用を考えていくことも、1つの学習法だと考えている。

#### <参考文献>

横尾武夫編, マンガ:坂元誠, 2000, 「マンガ手作りの宇宙—身近な材料で"宇宙"を工作する—」, 裳華房