

単色虹と虹スクリーン

鳥取大学附属中学校 浜崎 修

1. はじめに

虹は、水滴がつくる美しい天然現象であるが、物理的にこの現象を扱えば、屈折・反射の幾何光学のみならず、光の干渉の問題としても興味深いものがある。

レーザーとガラス円柱でつくる単色虹、およびプラスチックビーズを一層に並べて作った虹スクリーンを紹介する。

2. 虹の見える原理

図1は、透明な円柱（球の断面）に真横から入射した光線が、内部で1回だけ反射して外にでてくる場合の経路を示す。そのときの経路の変化（散乱角 θ ）は、下の式で表される。

$$\theta = 2i - 4j + 180^\circ \quad \dots(1) \text{ 式}$$

i : 入射角 j : 屈折角

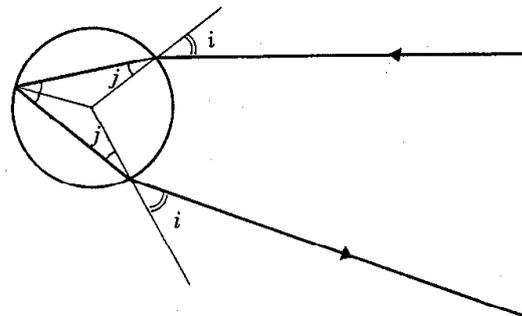


図1 円柱を通る光線の経路

また図2は、14本の位相のそろった平行光線が、円柱の上半分に入射したときの散乱の様子を示している。その散乱角は円柱への入射位置によって異なるが、ある角度より内側に限られる。特に図2の**l**の方向に集中するので、その方向（虹角と呼ばれている。ちなみに、水滴で出来る天然の虹は、屈折率は1.33で、虹角が 42° となる）にその波長の虹は見える。

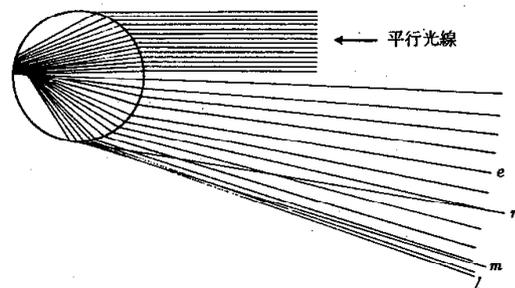


図2 円柱を通る14本の平行光線

そして、波長の異なる光線の合体である自然光では、色分解されて、いわゆる七色の虹が観察されるわけである。

3. 単色虹と過剰虹

さらに図2で、散乱角が等しい光線**l**と**m**、**e**と**n**は、それぞれその互いの位相が合えば光を強め合い、逆の位相になれば弱め合うので、干渉縞をつくる（写真1は、虹スクリーンに、レーザー光を照射して、その反射光をスクリーンに写したもの）。この干渉縞は、天然の虹でも条件がよいときには、七色の虹の下方に同心円状の縞模様として観察ができ、過剰虹と呼ばれている。

これらの現象は、図3のような装置でレーザー光とガラス円柱を使って実験室で詳しく観察できる。この実験装置ではさらに、球の内部で2回反射して外部にでてくる副虹も観察できる。副虹は自然界では、主虹の上方に2本目の虹として見えることがあるものである。なお、干渉縞の幅は、図2を丁寧に製図してみると明らかであるが、球の半径によって異なる。

これらの実験め結果は、(1)式をもとにコンピュータでシミュレートでき、「自然界を科学理論で記述する楽しさ」を味わうことができる教材でもある。ぜひ科学クラブなどで挑戦してほしい。

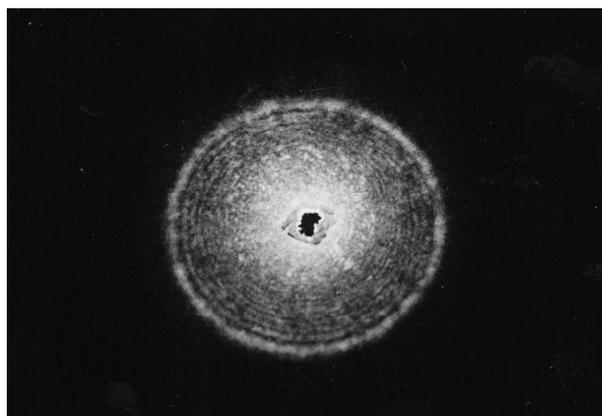


写真1 レーザー光による単色の虹

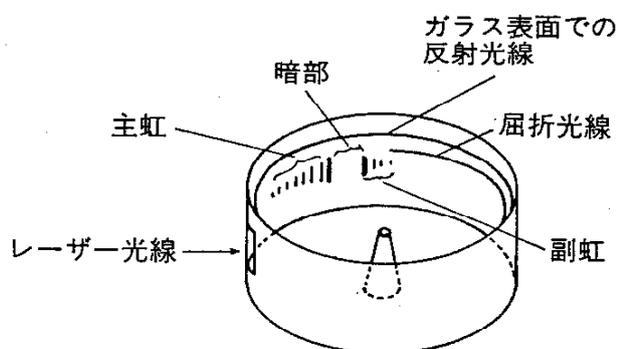


図3 ガラス円柱にレーザー光をあてる実験

4. 虹スクリーンの製作

虹スクリーンは、内川英堆名城大学教授が中心となって開発したものである。

「室内で虹を見ることはできないものであろうか」と考え、試行錯誤の結果、微細な真球形のビーズ（直径0.3mm）を敷きつめることで、虹をつくることに成功した（写真2）。

以下、この「虹スクリーン」の製作法を紹介する。

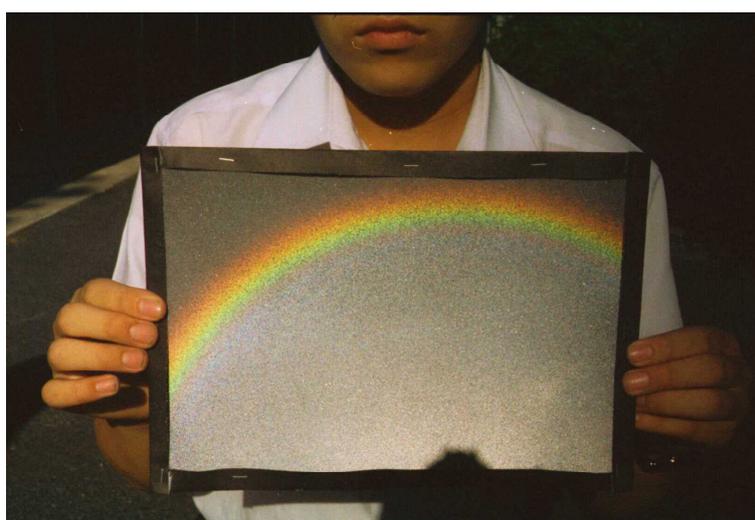
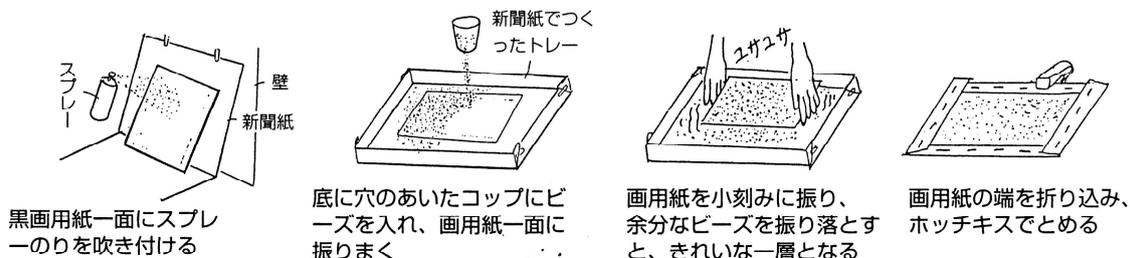


写真2 虹スクリーン

○準備品

プラスチックビーズ (約 40g), 黒画用紙 (B4 判大), スプレー糊 (3 M社の77スプレーのり), トレー (撒くビーズの受け皿。新聞紙を折って作ってもよい。), コップ (同じものを2つ用意し, 1つには, 底に, 熱した釘で15くらいの穴を空けておく)

○製作法



(1) 黒画用紙の周囲を折る

黒画用紙の周囲 1cm を折り込み, もとの通りにのばしておく。これは, スクリーン補強の棧となり, 同時に剥がれたビーズが床などに落ちないようにするためのものである。

(2) 黒画用紙にスプレー糊を吹き掛ける

スプレーは, 起こしたままで 30cm くらいの距離から吹き掛けたほうがムラなく糊が塗れる。

(3) ビーズを黒画用紙一面に振りかける

トレーのなかに糊のついた黒画用紙を横たえ, ビーズを入れたコップで, おしみなく厚めにビーズを一面に振りかける。ビーズがのっていないところが少々あっても気にしないでいい。

(4) ビーズを一重の層にする

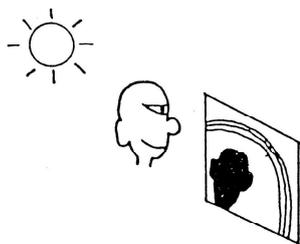
ビーズのついた黒画用紙を寝かせたまま両手でトレーを持って, 左右にはげしく揺らすと, ビーズのきれいな一重層ができる。そのあと黒画用紙を立てて, 余ったビーズを振り落とす。なるべくすきまなく並べたほうが, 反射の光量が増すのできれいな虹ができる。

(5) 折り返し部分をホチキスで止める

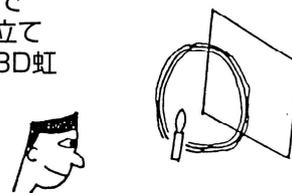
黒画用紙の折り目にそって折り返し部分を折り, ホチキスで止める。これで, 虹スクリーンは出来上がり。

(6) 虹を見る

(1) 太陽や光源を背にして、スクリーンに自分の頭の影をうつすようにする



(2) 薄暗い部屋でろうそくを立てると見える3D虹



太陽光, うす暗い室内ならOHPやスライドプロジェクターなどを光源として, 虹スクリーンに自分の頭の影が映るようにすると, きれいな虹が観察できる。クラスの

人数分の虹スクリーンを並べると大きな虹が見える。また、ペンライトやロウソクなどの小さな点光源を使うと幻想的な立体的な虹が見える。

5. おわりに

虹スクリーンは、簡単にでき、しかも、天然の虹よりくわしく虹が観察できる。眺めるだけでも楽しいが、「どうして、虹ができるのか」といった疑問を持たせるよい教材と考える。

文 献

- 内川英堆・浜崎修・国田徹也，人工虹の研究，第12回東レ理科教育耳授賞作品集，1981
- 浜崎修，過剰虹の実験とマイコンによる計算，日本物理教育学会誌 31 - 4，1981
- 左巻・滝川編著，たのしくわかる物理実験事典，東京書籍，1998
- 足利裕人編著，つくる科学の本，シータスク，2001

ビーズの入手法

ビーズは特殊な用途に用いるもので一般には手に入りにくい。興味を持たれたかたは下記，または著者浜崎までメールにて連絡下さい。

●浜崎修 メール：syuu.hamasaki@nifty.ne.jp

○プラスチック虹ビーズ・・・屈折率 1.55 虹角 19°

中村理工工業 03-3833-0741

虹ビーズ 700g 2500円

虹シートセット 6500円

○ガラス虹ビーズ・・・屈折率 1.51 虹角 22°

品名:ニュー虹ビーズ

型番:M-6 直径約0.3mm ガラス製 体裁:ポリ試薬びん入り 内容:1kg

定価:1本 2000円()web上で1,600円?)

株)シータスク UnDigital事業部(黒澤 淳 kurosawa@c-task.co.jp)

TEL 03-5964-6800 FAX 03-5964-6801

〒173-0024 東京都板橋区大山金井町48-7

<http://www.c-task.co.jp>

楽天市場 UnDigital科学博物館 OPEN!! (<http://www.rakuten.co.jp/undigital/>)

※なお，ガラスビーズは，道路に描く交通標識のペンキの中に混ぜられています。近所に，道路交通標識を描く会社があるはずです。尋ねてみて下さい。少量なら分けてもらえるでしょう。ただし規格がいろいろあるので，丸くなかったり，大きさが違っていたりするかも知れません。いろいろ調べるのも面白いでしょう。