

人工虹スクリーンの改良

Improvement of artificial rainbow screen

原田建治, 酒井大輔, 原田康浩, 桑村進, 曾根宏靖, 亀丸俊一

Kenji Harada, Daisuke Sakai, Yasuhiro Harada, Susumu Kuwamura, Hiroyasu Sone, and Shun-ichi Kamemaru

北見工業大学情報システム工学科, 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地

Department of Computer Science, Kitami Institute of Technology,

165 Koencyo, Kitami, Hokkaido 090-8507, Japan

Abstract

Demonstrative teaching materials that reproduce natural phenomena are very popular among children. An artificial rainbow is one of the most popular teaching materials. In using an artificial rainbow, we found a few points that needed improvement. Presenting the rainbow on blue drawing paper is proposed. Ensuring the safety and portability of the artificial rainbow is discussed. A scientific demonstration of the improved artificial rainbow is also reported.

Keywords: scientific demonstration, natural phenomenon, rainbow, artificial rainbow, glass beads

1. はじめに

虹, 夕やけ, 蜃気楼など, 自然現象を題材にした理科実験への子どもたちの関心は高い. 人工的に虹を観察できる人工虹スクリーンの教材は, 内川英雄氏, 浜崎修氏らにより考案されて以来¹⁾, 人気の高い理科実験教材となっている. 実験に必要な材料は, 黒い模造紙, 虹ビーズ(直径が0.2~0.3 mm程度の透明なプラスチックまたはガラスのビーズ), スプレー糊, 新聞紙等であり, 虹ビーズは理科教材屋で購入することができる. 簡単な材料で実験できるため, 北見工業大学においても2005年度から小学生向けのおもしろ科学実験に, 『虹を作ろう』のテーマで実験を実施してきた. 本学では, 実験やものづくりを通じて子供たちの科学への興味を喚起することを目的として, 2000年度から夏休み期間におもしろ科学実験を開催している. 毎年500名以上の小中学生が『ロボットを作ろう』, 『ス

ライムを作ろう』など20以上のテーマの中から, 1つまたは2つの実験に参加している. とりわけ, 『虹を作ろう』のテーマは身近な自然現象を題材としており, 光の反射・屈折や, 色のしくみなどを興味深く学べる効果的な実験テーマの1つであるといえる. 『虹を作ろう』のテーマでは, 様々な色の光を合わせると白色光となることや, 逆に白色光を様々な色の光に分けられることを, 子どもたちに検証させることに主眼を置いている. そのため, 赤色, 緑色および青色のLED光源を用いて白色光を作る実験や, プリズムおよびアクリル球を用いて白色光を分光する実験を, 人工虹スクリーン作製前に実施している.

人工虹スクリーンの実験においては, 大きな人工虹をみんなで作製し, 観察するのが一般的な方法である. 本学のおもしろ科学実験においては, 参加者全員が楽しみながら人工虹スクリーンを作製し, 作品を安全に持ち帰れるように

改良を重ねてきたので、本論文にて実践報告する。また、出前授業等に用いることができる可搬型人工虹の試作およびデモンストレーションを実施したので、それについても報告する。

2. 虹の原理と人工虹スクリーン

虹の原理を図1に示す。図1のように雨粒に太陽光が入射するとき、光が屈折する。そのとき、雨粒における分散によって、色によって屈折角が異なる。短波長の青色の光による雨粒の屈折率は、長波長の赤色の光によるものより高いため、前者の屈折率が後者のものより大きくなる。それぞれの色の光は、雨粒の内部で反射され、再度屈折し、いろいろな色に分かれて出射される。よって、空中にたくさんの雨粒があるとき、太陽光を背にしてきれいな虹を観察することができる。しかしながら、自然の虹は様々な気象条件が重ならないと観察できない。一方、人工虹スクリーンは自然の虹と同様の原理を用いて、人工的に虹を観察できる装置である。人工虹スクリーンは、図1に示す雨粒をプラスチックビーズやガラスビーズに置き換え、太陽光の代わりにハロゲンライト等を用いることにより、場所や時間を選ばずに観察できる利点がある。B4サイズの画用紙を人工虹スクリーンとして用いた場合の真上から見た配置例を図2に示す。ビーズは黒い画用紙や模造紙にスプレー糊を使って固定される。人工虹に使用するプラスチックビーズやガラスビーズの屈折率は雨粒のものに比べて大きいいため、図1に示す虹の観察角度 θ は自然の虹の 42° (赤色光の場合)よりも小さくなる。観察者は30~40 cm程度虹スクリーンから離れ、その1 m以上後方にハロゲンライト等の点光源を設置して観察することで、およそ 25° の視半径の虹を観察できる。視半径は光源の位置に依存し、光源が遠い場合は視半径は小さくなり、光源が近い場合は視半径が大きくなる。しかし、光源と観測者

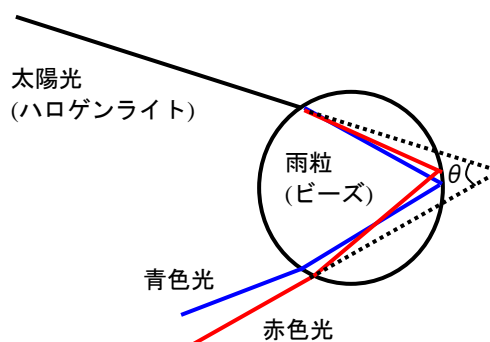


図1 虹の原理

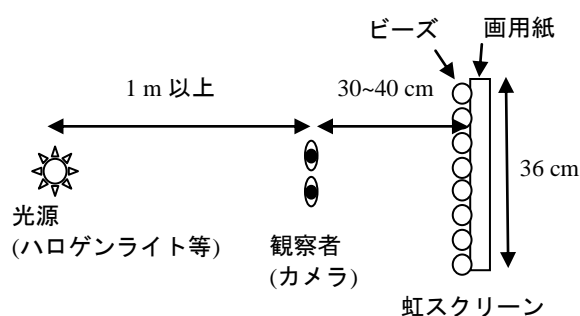


図2 人工虹スクリーンの配置例

の距離が近すぎる場合、観測者の影が虹スクリーンに大きく映りこむため、虹を観察できなくなる。このように、人工虹は図2で示した程度の、手狭なスペースでも観察できる大きな利点を有している。また、画用紙のサイズを大きくすると、観察者はその分だけ画用紙から離れて大きな虹を観察することができる。人工虹を観察する最適な位置は、使用するビーズの屈折率や光源の距離にも依存するが、画用紙のサイズ(横幅)と同じ距離だけ虹スクリーンから離れて観察するのがおおよその目安となる。例えば、横幅1 mの大きな画用紙を用いて虹スクリーンを作製した場合、虹スクリーンから1 m 離れると、スクリーン全面に大きな虹を観察できる。

以上のことから、人工虹スクリーンは虹や色のしくみ、反射・屈折や分散などの光の性質を、屋内でも楽しく学習できる効果的な実験教材であるといえる。

3. 人工虹スクリーンの改良点

人工虹スクリーンは、簡単に人工虹を観察できる画期的な実験教材であるが、我々のこれまでの実践において、さまざまな改良すべき点が明らかとなった。我々が検討した改良すべき項目は、

- ・見た目を自然の虹に近づける
- ・より楽しみながら実験できる教材にする
- ・安全性を向上する
- ・取り扱いやすさを向上する

の4点である。

従来の人工虹スクリーンは、前節で説明したようにガラスビーズを固定するスクリーンとして、黒画用紙または黒模造紙が使用されていた。背景が黒いため、コントラストの高い虹が観察できる。ここでは、実際の空の色に近い青色の画用紙の使用を検討し、自然の虹のように観察できるように工夫した。また、画用紙に絵を描画することで、より楽しみながら実験に取り組めるように改良した。人工虹スクリーンは構造上、手で触ったり振動させたりすると簡単にビーズが落ちるため、ビーズが目に入る恐れがあるなどの安全面での問題があった。さらに、大人数で観察できる大型の人工虹では、作製後の保管や可搬が困難という問題があった。そこで、ビーズが落ちずに、簡単に可搬できるよう改良を検討した。

4. 改良した人工虹スクリーンの実践報告

改良した人工虹スクリーンを、おもしろ科学実験および出前授業にて実践したので報告する。

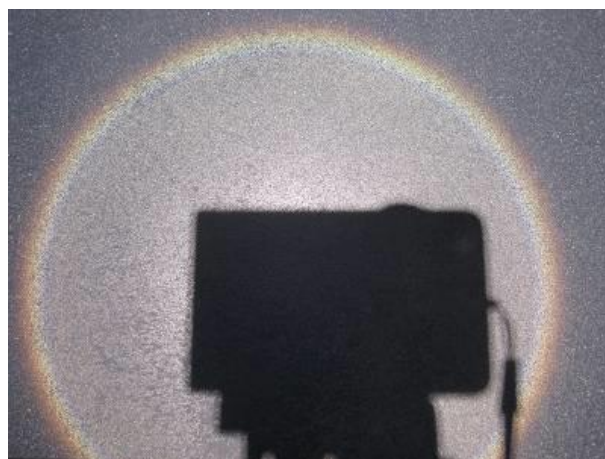
1) 青色画用紙の使用

人工虹は、虹の色を高コントラストで観察できるように、一般的に黒い模造紙（もしくは黒い画用紙）が用いられている。我々は、実際の空の色に近い青色の画用紙の使用を検討した。

図 3(a),(b)に黒画用紙と青画用紙を用いた場合の人工虹スクリーンの観察例を示す。虹スクリーンとなる画用紙に、スプレー糊を用いてガラスビーズを固定し、光源には一般的なハロゲンライトを使用し、同じ露光条件下でデジタルカメラを用いて虹スクリーンから 30cm の距離で撮影を行った。図 2 と同様の観察配置となるように、デジタルカメラの後方からハロゲンライトを照明して撮影した。よって、中央部分には、観測者に相当するデジタルカメラの影が黒く写りこみ、周りにガラスビーズにより分光された虹が円状に観測される。このとき、ハロゲンライト、ガラスビーズ、デジタルカメラの成す角度(図 1 の θ に相当)はおよそ 19° であった。



(a) 黒画用紙を用いた人工虹



(b) 青画用紙を用いた人工虹

図 3 人工虹スクリーンの比較

図 3(a), (b)を比較すると、青画用紙を用いた場合、黒画用紙に比べて背景の輝度が上がるため、若干コントラストが低下するが、十分に鮮明な人工虹を観察できることが確認できる。この結果を踏まえて、本学のおもしろ科学実験において、青画用紙の使用を試行した。実験時に、参加した小学生に黒画用紙と青画用紙を自由に選択させたところ、ほとんどの児童が青色画用紙を選び、青画用紙の人気の高さが覗えた。実際に青画用紙を用いて作製した人工虹は、背景が青色であるため、見た目が自然の虹に近くなった。このことから、人工虹スクリーンの実験において、青画用紙を使用することは有効であるといえる。

2) 絵の描画

より楽しみながら人工虹スクリーンを作製に取り組むことができるように、B4サイズの画用紙に好きな絵を描かせた。色鉛筆では鮮明な絵が描けないため、チョークを使用した。図 4 に白、青、黄、赤などの色のチョークを用いて画用紙に描画している様子を示す。心配そうに後ろから保護者が見守る中、楽しそうに絵を描いている様子が覗える。間違っただけの場合は、消しゴムを使って簡単に消すことができる。

なお、チョークの代わりにクレヨンを使用しても、同様に鮮明な絵を描くことができる。青画用紙を選んだ児童には、青空のイメージで、太陽、雲、家などを自由に描かせた。また、黒画用紙を選んだ児童には、宇宙のイメージで、月、星、宇宙人などを自由に描かせた。図 5 に青画用紙に描画した絵の一例を示す。図 5 のように、人工虹をより美しく観察するために、画用紙の中心部にはなるべく絵を描かないことが望ましい。このように、青画用紙を用い、さらに絵の描画を行うことで、児童が楽しみながら実験に取り組むことができることを実践により確かめられた。



図 4 画用紙に絵を描いている様子



図 5 チョークを用いた描画の一例

3) 虹ビーズを落とさないための工夫

虹ビーズは、画用紙が曲がることにより床に落ちてしまう。そこで、画用紙が曲がることを防ぐため、本教室では厚い画用紙が用いられた。本実験においては、黒画用紙は、ミュージズ社製のホワイト&ブラックボード(B4サイズ、厚さ1mm(型番WB)), 青画用紙は、ミュージズ社製のバックボード(あさぎ・ぐんじょう、B4サイズ、厚さ1mm(型番BK-509))を用いた。

絵を描いた後は、大きく広げた新聞紙の上に画用紙を置き、スプレーのりを均一に吹き付けた。その後、ガラスビーズをふりかけることにより、人工虹スクリーンを完成させた。スプレーのりの吹き付けは、大学生の補助スタッフが担当した。ガラスビーズは、あらかじめコップに入れて手に付かないようにしておく。図 6 のように、画用紙をトレーの中に入れて、ガラス

ビーズをふりかける。トレーを用いることで、余ったガラスビーズの回収と再利用が容易となり、ビーズが床に散らばる心配がない。完成後は、太陽光に見立てたハロゲンライトを背に人工虹を観察させた。図7に観察例を示す。厚い画用紙を用いたため、画用紙の両端を手で持つことで、ガラスビーズが手につきにくく、画用紙が曲がることもない。子供たちは、虹が架かった自分の絵を見て、非常に満足そうであった。また、晴れている場合は、実際の太陽光を背に人工虹が観察される。図8に太陽光による人工虹スクリーンの観察の様子を示す。図8の中央に示すような、デモンストレーション用の大きな人工虹スクリーンをあらかじめ作製しておく、大勢の児童が同時に観察できる。

人工虹は、作製後に画用紙に触ったり振動したりすることにより、ガラスビーズが落ちる問題がある。落ちたガラスビーズが誤って目に入る等、安全面での問題があった。そのため、おもしろ科学実験において、作製した人工虹を持ち帰ることが困難であった。そこで、テープ付きのクリアポケット(透明フィルムケース)に画用紙を入れることで持ち帰れるように対応した。クリアポケットに入れることにより、少々触れてもガラスビーズはほとんど落ちない。若干落ちたガラスビーズもクリアポケット内にとどまるため、手に付いたり、目に入ったりする心配がなくなり安全性が向上した。

4) 可搬型人工虹

人工虹スクリーンは、図8で示したようにサイズが大きいほど大勢で同時に大きな虹を観察することができる。出前授業等で観察する際には、大きな人工虹スクリーンを持参することが望ましいが、持ち運びが困難である。そこで、折りたたみが可能な可搬型の人工虹スクリーンを試作した。画用紙として、ミュージズ社製のバックボード(あさぎ・ぐんじょう, A3サイズ,



図6 ガラスビーズをふりかける様子



図7 人工虹スクリーンの観察の様子
(ハロゲンライトによる観察)



図8 人工虹スクリーンの観察の様子
(太陽光による観察)

厚さ1 mm (型番 BK-509)) を4枚使用した。4枚の画用紙を用いて1つの虹スクリーンを作製後、使用した画用紙は別個にクリアポケットに収めておく。そのため、ガラスビーズが床に落ちたり、手に付いたりする心配がない。これら

の A3 画用紙が入ったクリアポケットの端同士をセロハンテープで貼り合わせることによって、これを A1 サイズの人工虹として使用できるとともに、A3 サイズに折りたたむことができる。実際の可搬型人工虹を図 9(a), (b)に示す。折りたたんだ際には、図 9(a)のように可搬可能な A3 サイズとなり、広げる際には、4 辺の中央部分を大型のクリップで留めることにより、がっちり固定でき、図 9(b)のように、そのまま黒板やホワイトボードに設置して大きな虹を観察できる。図 9(b)の破線は虹スクリーン裏側をセロハンテープで貼り合わせている箇所を示す。中央から左側は、簡単に折りたためるようにセロハンテープを使用していない。



(a) 折りたたみ時



(b) 観察時

図 9 可搬型人工虹

実際に、2011 年 11 月に函館の高校での出前授業において可搬型人工虹のデモンストレーションを実施した。本学から函館までは数百 km の移動距離があるが、列車で容易に持ち運びができた。デモンストレーションにおいては、可搬型人工虹を組み立てるところから生徒に観察させた。大人数で同時に観察することができ、

非常に好評であった。

5. おわりに

本論文においては、人工虹スクリーンの改良およびその実践について報告した。次の 4 項目について、人工虹の改良を施し、おもしろ科学実験および出前授業にて実践した。

- ・見た目を自然の虹に近づける
- ・より楽しみながら実験できる教材にする
- ・安全性を向上する
- ・取り扱いやすさを向上する

青色画用紙を使用することで、従来の黒画用紙に比べてコントラストが若干低下するものの、より自然に近い色合いの人工虹が観察できるようになった。また、チョークで画用紙に絵を描くことにより、楽しみながら実験に取り組むことができることを実践で確かめられた。さらに、厚い画用紙を用いて人工虹スクリーンを作製し、完成後にクリアポケットに入れることで、ビーズが手についたり、目に入ることがなくなり、安全に人工虹を持って帰れるようになった。出前授業等に用いることができる可搬型人工虹の試作およびデモンストレーションについても実践し、取り扱いの容易さが実証できた。

人工虹スクリーンは、安価かつ魅力的な実験教材であり、今後も改良を重ね、出前授業やおもしろ科学実験等にて実験を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 内川英雄, 浜崎修, 国田徹也: 「人工虹の研究」第 12 回東レ理科教育賞受賞作品集 (1980).

(受理 2012 年 1 月 23 日)