

# 虹に関する研究

長野県伊那北高等学校2年理数科

<研究者> 上柳 太一 小木 曾 碧

唐木 翔平 小林 ひかり 小牧 瞭斗

<指導教諭> 勝野 幸広 先生

## 研究の動機

雨が降った後の空に浮かぶ美しく、幻想的な虹には大きな夢を感じる。虹については昔から多くの研究がなされている。ニュートンなど多くの偉大な科学者が魅せられてきた物理の謎に私たちも触れてみたいと思った。さまざまな虹がある中で、虹ビーズを使ってできる虹に衝撃を受けた。屋外で見る虹が自然だった私たちにとってそれはとても新しく、興味を持った。この虹がどうしてできるのか疑問を持ち、それを解明したいと思った。

## 自然にみられる虹について

自然でみられる虹は、太陽光が空気中の水滴で反射・屈折することによって発生する。屈折率は波長によって異なる。波長が長いほど屈折率は小さいため、赤い光は地平面に対して大きな角度で進む。逆に波長が短いほど屈折率が大きいため、地平面に対して小さな角度で進む。そのため、赤い光は虹のもっとも外側に見え、紫の光は虹のもっとも内側に見える。このとき、他の色は屈折率が赤と紫の間の値なので、赤、橙、黄、緑、青、藍、紫、というように赤と紫の間に現れる。

水滴内では図1のような反射が起こっている。

図1のように、入射角を*i*、屈折角を*r*、水滴に入った太陽光が水滴の反対側で反射して水滴を出てくる角度を水の虹角*θ*、屈折率を*n*とすると次式が成り立つ。

$$n = \sin i / \sin r$$

$$\Leftrightarrow \sin r = (\sin i) / n$$

$$\Leftrightarrow r = \arcsin\{(\sin i) / n\} \dots \text{①}$$

また、(図1)より  $\theta = 4r - 2i$

$$\text{①より } \theta = 4 \arcsin\{(\sin i) / n\} - 2i$$

赤、橙、緑、青、藍、紫の水の虹角*θ*を上記の計算式で $0^\circ \leq i \leq 90^\circ$ の範囲で計算すると図2のようなグラフを描く。

グラフより入射角*i*が約 $60^\circ$ の時、水の虹角*θ*は最大値約 $42^\circ$ をとる。また、これは実験によっても確かめることができた。

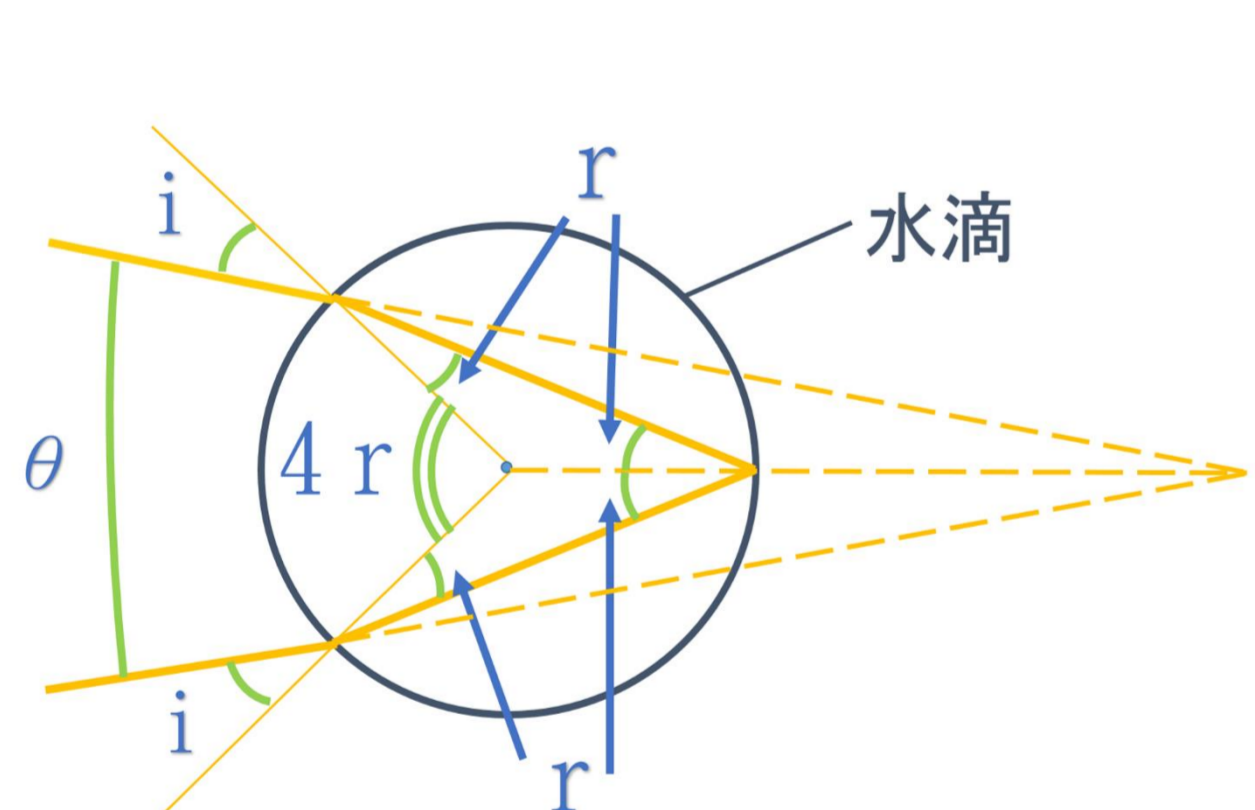


図1

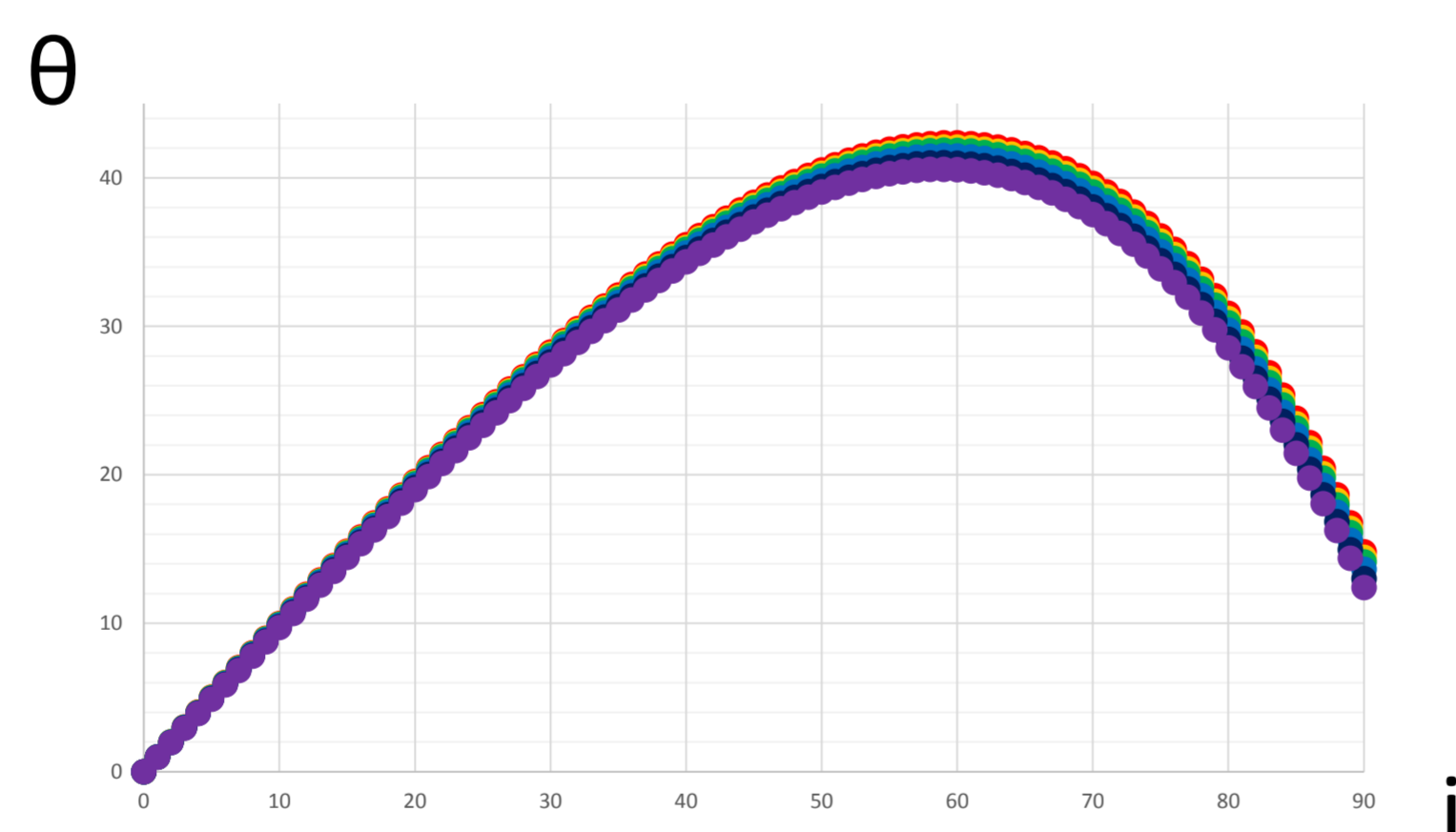


図2

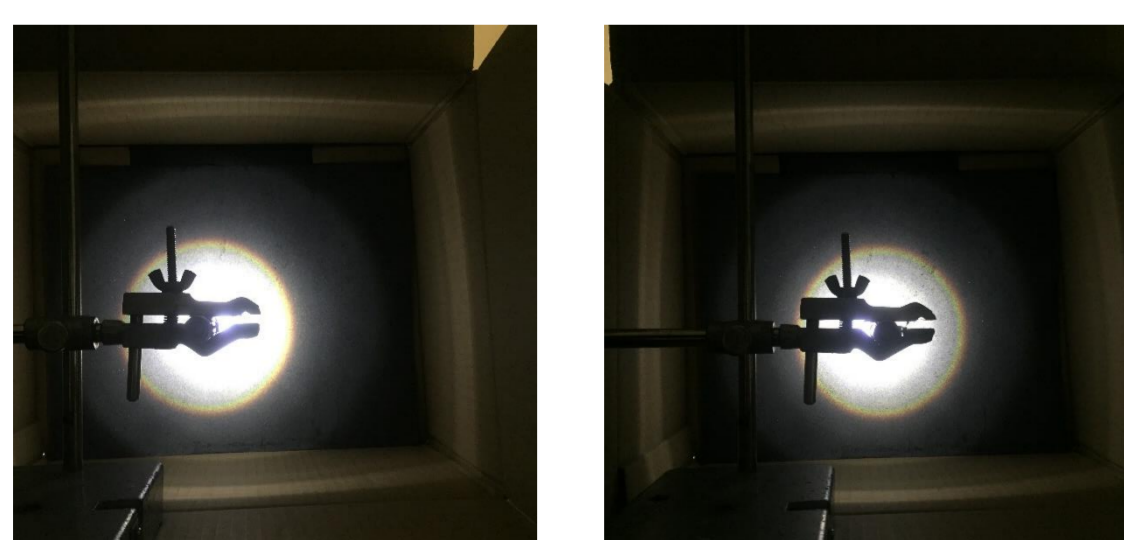
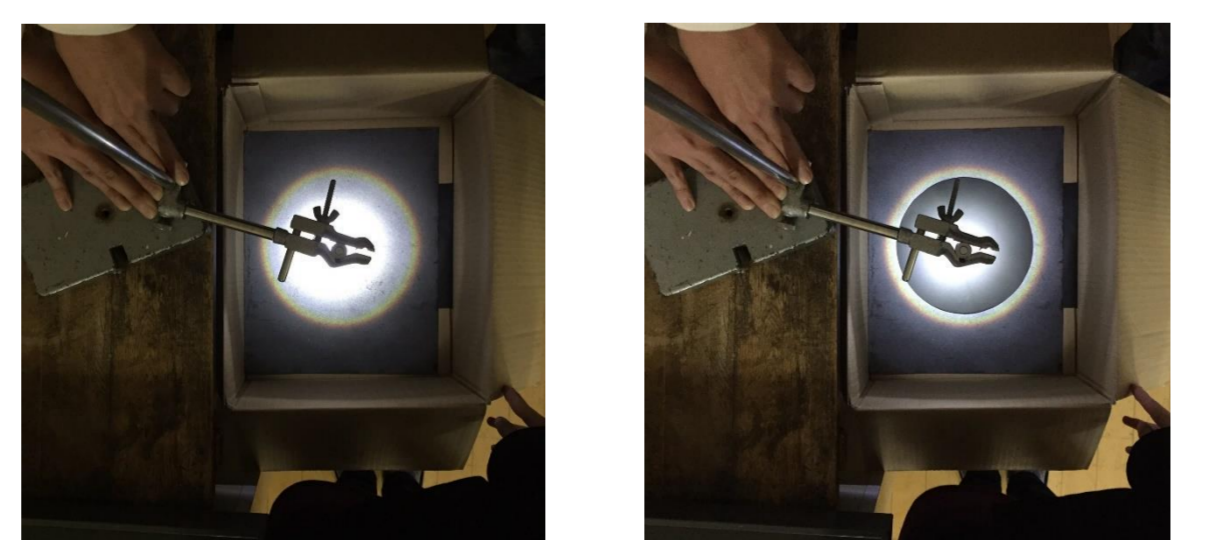


図4



内側を隠さない場合 内側を隠した場合

図5

## 参考文献

- 「これが物理学だ！マサチューセッツ工科大学「感動」講義」  
……ウォルター・ルーイン
- 「ひと」BOOKS 授業 虹の科学 光の原理から人口虹の作り方で」  
……西條 敏美

## 実験

### ●虹角測定実験

水滴内での光の進み方と虹ビーズ内での光の進み方が一致すると仮定し、虹ビーズの虹角を測定する実験を行った。

方法 図のようにカメラ、光源、虹ビーズが一直線上に並ぶように置く。*h*<sub>1</sub>、*h*<sub>2</sub>の値を変化させたときの虹角*θ*の最大値を測定する。自然で見られる虹と同じように光が進んでいると仮定すると、光の進み方は図3のように表される。

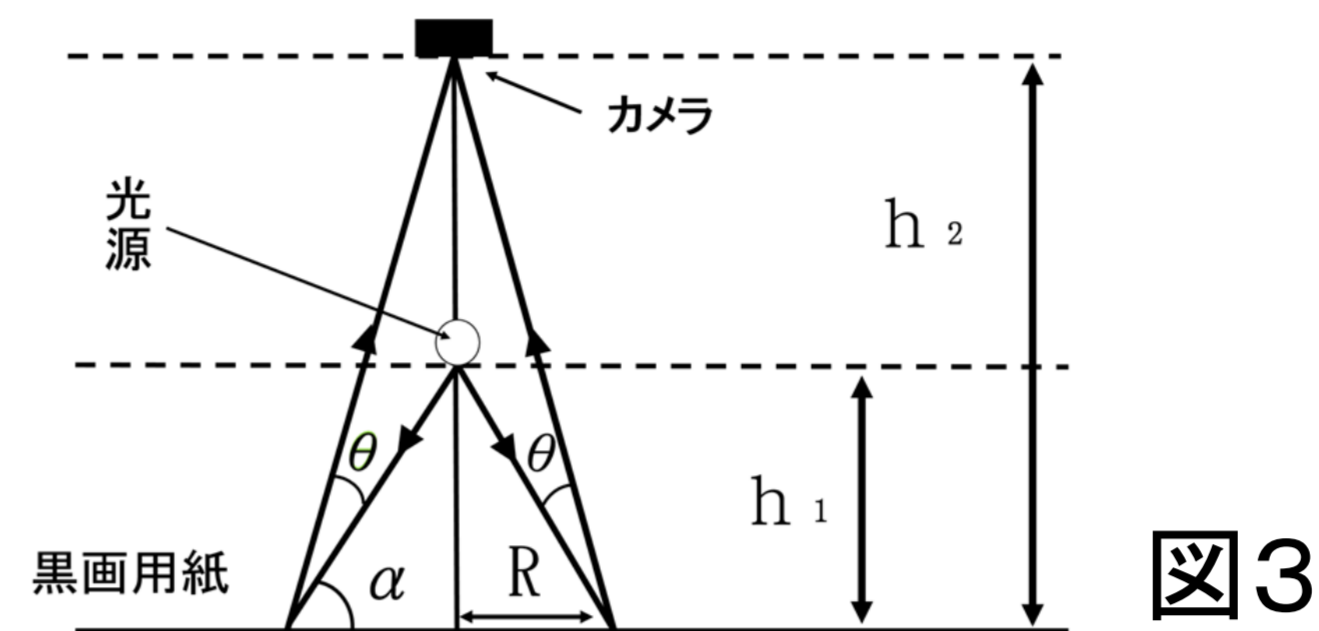


図3

図3のように*α*をおくと、*h*<sub>1</sub>、*h*<sub>2</sub>、*R*から $\tan \alpha$ と $\tan(\alpha + \theta)$ が求められ、そこから $\tan \theta$ が求められる。この値から*θ*を求めると、  
 $\theta = \arcsin\left\{\frac{(h_2 - h_1) \cdot R}{R^2 + h_1 \cdot h_2}\right\}$

したがって、仮説上での虹ビーズの虹角*θ*の最大値(以後、仮虹角*θ*と表記する)が得られる。

水滴内での光の進み方では水の虹角*θ*の最大値は一定である。よって、水滴内での光の進み方と虹ビーズ内での光の進み方が一致するとすれば*h*<sub>1</sub>、*h*<sub>2</sub>の値を変えても仮虹角*θ*は一定になるはずである。

結果 どの*h*<sub>1</sub>、*h*<sub>2</sub>の値においても仮虹角*θ*は約 $17^\circ$ をとり、一定になった。よって、仮虹角*θ*は虹ビーズの虹角*θ*の最大値であると考えられる。つまり、水滴内での光の進み方と虹ビーズ内での光の進み方は一致する。

### ●立体視について

虹ビーズを使ってできる虹を両目で見ると、虹は光源の周りに浮いて見えた。このように見える理由を探る。

方法① 虹角*θ*を一定にして右目に入る光と左目に入る光の進み方の図を作成する。

結果① 右目に入る光と左目に入る光が、画用紙と平行で光源を含む平面上で交差した。そのため光源の周りに虹が浮き上がって見えると考えられる。

方法② 虹ビーズを使ってできる虹を左右それぞれの目の位置から写真を撮り、この2枚を並べて交差法によって見る。交差法とは、右目で左側の写真を、左目で右側の写真を見る方法である(図4)。

結果② 実際に光源の周りに虹が浮き上がって見えた。

### ●虹の内側が明るくなる現象について

虹ビーズを使ってできる虹を見たとき、虹の内側が外側より明るく見えた。このように見える理由を探るため、次の実験を行った。

方法 虹ビーズのついていない黒画用紙を丸く切り取り、虹の内側を隠すようにして置く。この状態で虹をつくり、虹の内側の明るさを虹の内側を隠さない場合と比較する(図5)。

結果 虹の内側の明るさは、黒画用紙で虹の内側を隠した場合のほうが隠さない場合よりも暗くなった。よって、虹の内側が明るくなるのは、虹として見える光の虹角より小さい虹角で屈折・反射した様々な波長の光が混ざって白色光として目に届くからであると考えられる。

### ●まとめ

- ・仮虹角*θ*が $17^\circ$ で一定の値をとることから、仮虹角*θ*が虹ビーズの虹角*θ*の最大値であり、水滴と同じ光の進み方をしている
- ・虹ビーズの虹角*θ*の最大値が水の虹角*θ*の最大値よりも非常に小さいため、光源の周りに小さい虹が浮いているように見える。
- ・虹の内側では様々な波長の光が屈折・反射し、それらが混ざって白色光として目に届くため、明るく見える。