

[研究ノート]

## デカルトと虹の研究

阿部竜太郎<sup>1</sup>・菊地永一郎<sup>1</sup>・高橋正雄<sup>2</sup>

1 平成 23 年度電気電子情報工学科卒業生

2 基礎・教養教育センター 物理系列

A study for rainbow and Descartes

Ryutaro ABE<sup>1</sup>, Eiichiro KIKUTICH<sup>1</sup>, and Masao TAKAHASHI<sup>2</sup>

## Abstract

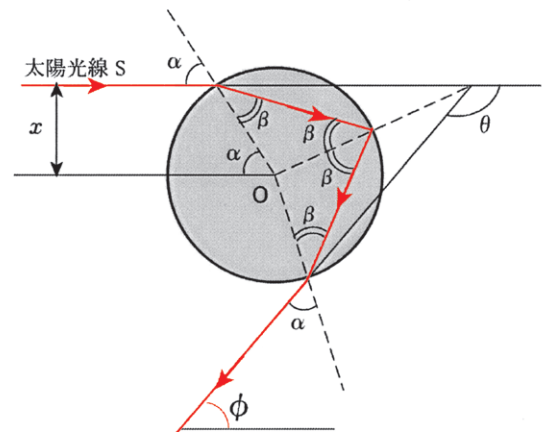
We have examined the experiment of a rainbow that was performed by Descartes in the 17th century. Descartes irradiated a spherical glass filled with water with a sunbeam to observe the reflection and refraction of the light; the spherical glass was regarded as a drop of water. By comparing the course of the light and the result obtained by geometric consideration, Descartes concluded that a rainbow is the natural phenomena produced by the reflection and refraction of the light in a drop of water.

Keywords : Rene Descartes, Rainbow, The reflection and refraction of a light

17 世紀に活躍したフランスの哲学者ルネ・デカルト (Rene Descartes) は、虹の研究においても画期的な研究成果を残している。虹は古代アリストテレスの時代から哲学者らの研究対象となっていたが、長い間非常に思弁的で理解しづらい解釈しかなかった。デカルトは、幾何学的・数学的に虹という自然現象を分かりやすく説明したために一躍脚光を浴びたのであった。

デカルトは、球形のガラスに水を張りこれを大きな水滴に見立て、水平に太陽光線を当てて様々な角度からこれを観察した。結果は、観察者とガラス球となす角度が 42 度のときに虹が見える、というものだった。そしてこの角度を虹角とした。その後彼はなぜ 42 度に虹が見えるのかを数学によって求めた。デカルトが提唱した虹角の幾何学的な説明の概略を以下に記す。

図 1 は、球形の水滴に太陽光線 S が入射したときにどのように散乱されるかを模式的に示したものである。図の左方向から差し込んだ太陽光線 S は、水滴表面で、角  $\alpha$  で入射し角  $\beta$  で屈折する。水滴の中へ進行した太陽光線 S は、その後反射をし、水滴表面でもう一度屈折して、図の

図 1 虹角  $\phi$  の算出方法

左下方向へと射出される。このとき水滴の影響により、本来進むはずだった進路から散乱角  $\theta$  だけ曲げられている。私達が虹を視認する際に見上げる角は

$$(\text{虹角}) \phi = 180^\circ - \theta \quad (1)$$

で定義される。簡単な図形の計算から

$$(\text{虹角}) \phi = 4\beta - 2\alpha \quad (2)$$

となることがわかる。水滴表面では

$$\text{屈折の法則: } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (3)$$

が成り立つ。 $n$  は水滴の屈折率である。デカルトは、 $n = 1.33$  の水滴に様な平行光線を照射するとき、虹角が 42 度の付近の角度に屈折光が集まることを示した。

デカルトの考察を再確認するために、今回の実験では（ガラスの厚みも含めて）半径  $a = 7.0$  cm の金魚鉢に水を満し、これを水滴に見立てた。図 1 の中に表示した  $x$  を使うと衝突パラメータ  $x/a$  は、入射角  $\alpha$  と次の関係がある。

$$\text{衝突パラメータ: } \frac{x}{a} = \sin \alpha \quad (4)$$

変数  $x$  を与えると (4) 式から入射角  $\alpha$  が計算でき、水の屈折率  $n = 1.333$  を与えれば (3) 式から  $\sin \beta$  が求められる。その逆関数として  $\beta$  を得ると、(2) 式から虹角  $\phi$  が算出できる。

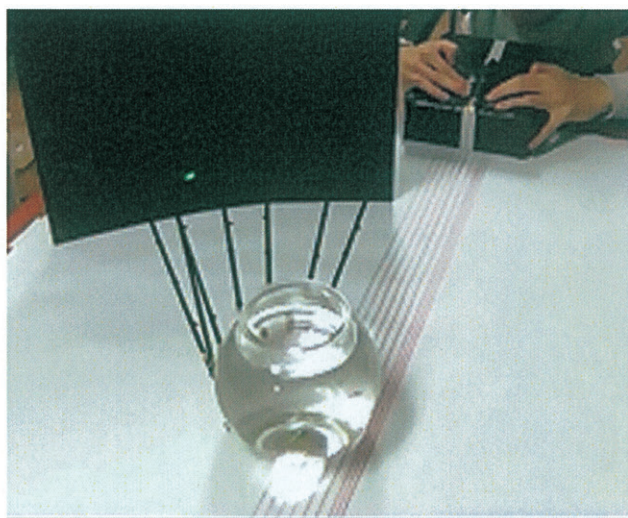


図2 実験のようす

本実験では、図 2 に示すように、水滴にみたてた金魚鉢に緑色レーザーポインタで光を照射し、散乱された光を黒い板で受け止めた。この光線を図 2 の右方向へと徐々に移動させていくと、散乱角が変化するため散乱された光も移動する。このとき光源を 1cm ずらすごとの散乱光の角度をプロットし、記録していく。光源をずらしていく際は、光線がはじめ金魚鉢の中心に当てていた光線と平行になるよう、細心の注意を払った。

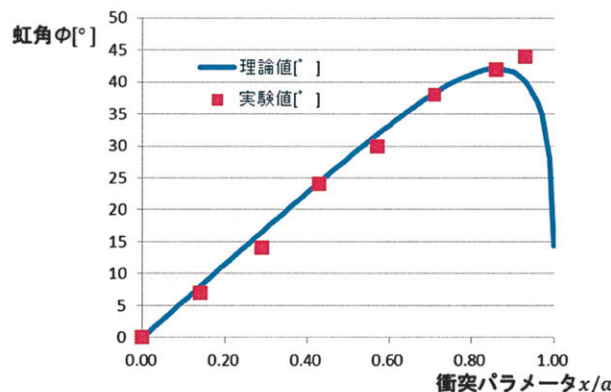


図3 衝突パラメータ  $x/a$  と虹角  $\phi$

図 3 に測定された虹角  $\phi$  と算出された虹角  $\phi$  を衝突パラメータ  $x/a$  の関数として示す。衝突パラメータの関数として、虹角  $\phi$  がピークをもつ箇所が散乱光の強度が最大になるので、虹として観測される角度である。実験結果は、 $x/a$  の関数としての虹角  $\phi$  をよく説明するが、計算上はピークを取るはずの  $x/a \approx 0.86$  でのピークをきちんと観測できなかった。この理由として、金魚鉢のガラスの厚みを無視していることが考えられる。

レーザー光もない時代に、光の行路の実験と考察を試みて虹の本質を見抜いたデカルトの偉大さを改めて感じた。

#### 参考文献・参考資料

- 1) 西條敏美：『虹—その文化と科学—』（恒星社厚生閣、1999）。
- 2) 高橋正雄・渡辺雅俊・阿部俊也：物理教育 Vol. 54, No. 2, pp. 83-86 (2006)。
- 3) 東海テレビ子ども向け科学番組「くりびつ！」（2011年2月6日放送）神奈川工科大学広報誌 KAIT・No. 162（2010年度卒業式号）p. 27 に紹介記事。
- 4) NHK 教育テレビ高校講座・物理「光と虹」（2005年10月7日放映）神奈川工科大学広報誌 KAIT・No. 138（2005年秋号）p. 28 に紹介記事。