

砂糖水の濃度による屈折率の変化

川田知代 斉藤くるみ
細井百合子 松本紗智

【概要】

私たちは、京都大学のオープンキャンパスで、果物の糖度を調べる際に使った「屈折率」に興味を抱き、砂糖水の濃度による屈折率の変化を調べ、それをもとに、さまざまな水溶液の砂糖の濃度を調べることにした。私たちは屈折率と濃度は比例すると考え、実験方法をインターネットで調べ、実際に屈折率を測定した。だが、理論値(インターネット上のデータ)とは大きな差が生じ、比例関係を導き出すことはできなかった。そこで、新たに実験方法を考え、屈折率を測定した。すると、多少の誤差はあったものの、ほぼ比例になった。そのグラフを使用し、屈折率を測定することで、マッチ・三ツ矢サイダーの砂糖の濃度を推測した。だが、光を通さない物質の屈折率を測定することは不可能であるため、また新たな測定方法を考えなければならぬという課題が浮かび上がった。

We got interested in refractive index which was related to the instrument which we used at Kyoto University's Open Campus, and we decided to measure the differences of the refractive index according to the concentration of sugar, and guess sugar concentration. We hypothesized that the refractive index is in proportion to the concentration, examined the way to measure on the Internet, and measured the refractive index. But the differences between the data we measured and the actual data became very large, and the refractive index we measured isn't in proportion to the concentration. So we changed the method and measured the refractive index again. The refractive index is almost in proportion to the concentration, and there aren't many differences. After that, we measured the refractive index of Match and Mitsuya Cider, and guessed the sugar concentration. However, substances through which light cannot pass can't be measured using this method. So this is the problem we must solve in the future.

【研究動機】

私たちは、京都大学のオープンキャンパスで、果物の糖度を調べるために、「糖度計」という器具を使った。糖度計は、「屈折率」を利用して、糖度を測定する器具である。そのことを知り、私たちは「屈折率」に興味を持ち、砂糖の濃度による屈折率の変化を調べようと思った。

【屈折率とは】

直進する波が異なる媒質の境界で進行方向の角度を変える割合を屈折率という。

【研究目的】

砂糖水の濃度（以下全て質量%）による屈折率の変化を調べる。調べた値を基準とし、さまざまな水溶液の砂糖の濃度を屈折率により決定できるか検討する。

【仮説】

屈折率を測定することにより水溶液中の砂糖の濃度を決定することができる。

入射角を i 、屈折角を r とすると、
屈折率 $n = \sin i \div \sin r \quad \dots (1)$

【実験器具】

〈実験Ⅰ〉

2L ビーカー
まち針 4本 (長さ 4cm 直径 0.5mm)
画用紙(八つ切り)
分度器
砂糖水(上白糖を使用)
発泡スチロール (300× 905mm)

〈実験Ⅱ〉

STC グリーンレーザーポインター
まち針 4本 (長さ 4cm 直径 0.5mm)
方眼紙(280× 400mm)
発泡スチロール (300× 905mm)
プラスチック容器
(21.8×14.7×3.9cm)
砂糖水(上白糖を使用)

〈実験Ⅲ〉

STC グリーンレーザーポインター
まち針 4本 (長さ 4cm 直径 0.5mm)
方眼紙(280 × 400mm)
発泡スチロール(300×905mm)
プラスチック容器
(21.8×7.1×3.9cm)
マッチ(大塚製薬)
三ツ矢サイダー(アサヒ)

【実験方法】

実験Ⅰ：①画用紙の下に板状の発泡スチロールをしき、その上に砂糖水を入れたビーカーを画用紙と発泡スチロールにのせ、ビーカーの底に合わせた円を書く。
②①で書いた円の近くに一本、針を垂直にさし、ビーカーと少し離れたところにも一本、針を垂直にさす。
③反対側から見て、②でさした二本の針が重なって見え、かつ離れたところに針を一本、垂直にさす。
④三本の針が重なって見え、か

つ③でさした針から少し離れたところに、最後の針をさす。
⑤針をさしたところを図1のように線で結んで、円の半径とその線が交わったときの角度をそれぞれはかる。
⑥ $i=i'$ 、 $r=r'$ となっていることを確認し、(1)式より屈折率を計算する。

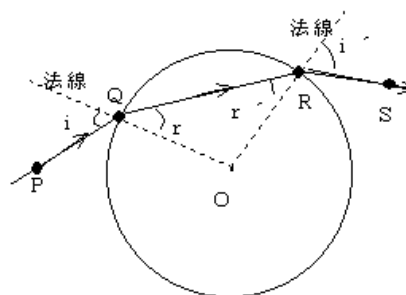


図1 ビーカーを用いた測定方法

実験Ⅱ：①板状の発泡スチロールの上に置いた方眼紙に溶液を入れた容器の両端に合わせた線を引く。
②レーザー光を入射し、上から観察して光が通る道筋に4本針をさす。
③図2のように線を引き、入射角と屈折角を測る。
④ $i=i'$ 、 $r=r'$ となっていることを確認し、(1)式より屈折率を計算する。

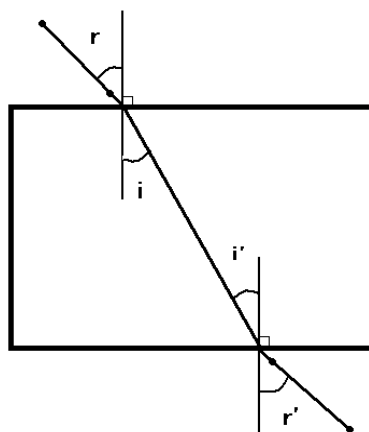


図2 プラスチック容器を用いた測定方法

実験Ⅲ：①砂糖水をマッチ、三ツ矢サイダーに変え、実験Ⅱと同様の方法を用いて屈折率を測定し、実験Ⅱのグラフより、砂糖の濃度を推測する。

【実験結果】

実験Ⅰ：各濃度による値は表1に示す。また、その値をもとに作成したグラフを図3に示す。
理論値と相当ずれた値が出た。

表1 砂糖水の屈折率 [実験Ⅰ]

濃度(%)	屈折率 n
0	1.34
5	1.38
10	1.36
15	1.37
20	1.40
25	1.43
30	1.40
35	1.49
40	1.41
45	1.44
50	1.47

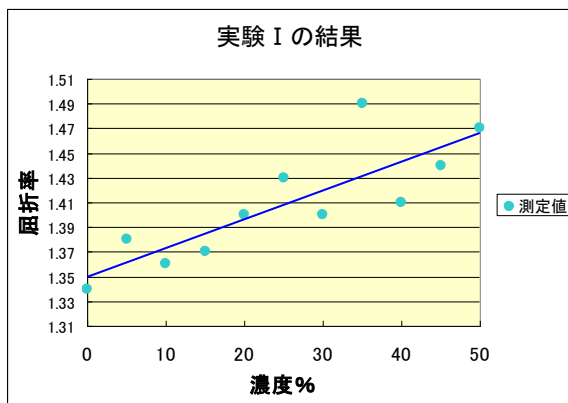


図3 砂糖水の濃度と屈折率 [実験Ⅰ]

★グラフの近似直線
 $n: y=0.0023x+1.35$
 理論値: $y=0.0017x+1.33$

実験Ⅱ：各濃度による値は表2に示す。また、その値をもとに作成したグラフを図4に示す。
 近似直線の近くに値が分布した。30%では差が0.03あった。

表2 砂糖水の屈折率 [実験Ⅱ]

濃度(%)	屈折率 n
0	1.34
5	1.34
10	1.34
15	1.35
20	1.36
25	1.36
30	1.35

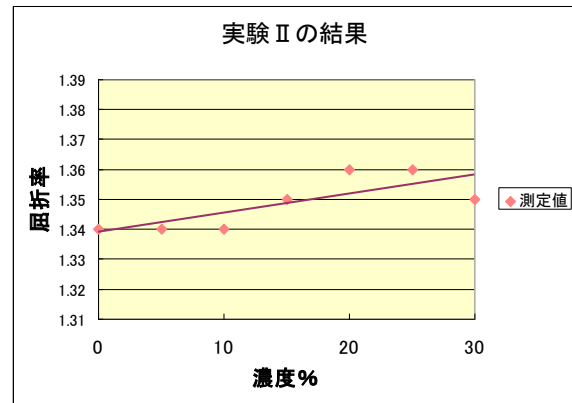


図4 砂糖水の濃度と屈折率 [実験Ⅱ]

★グラフの近似直線
 $n: y=0.0006x+1.3389$
 理論値: $y=0.0016x+1.3321$

実験Ⅲ：マッチの屈折率 n は 1.35 であり、三ツ矢サイダーの屈折率 n は 1.35 であった。この値と実験Ⅱのグラフより、砂糖の濃度はともに 19% と推測できる。一方、記載値は、マッチでは 9.8%、三ツ矢サイダーでは 11% であった。推測した値と記載値には大きな差があった。

【考察】

実験Ⅰ：大きな差が生じた原因は、実験に使用した2L ビーカーのガラスが分厚かったこと、本当に針が重なって見えているのか分かりにくかったことにあると考え、実験Ⅱに移行した。

実験Ⅱ：実験Ⅰに比べると差は小さくなった。30パーセントでは、砂糖が溶けきれていなかったため、差が大きくなったと考えられる。

実験Ⅲ：推測した値と記載値には大きな差があったが、これは、まだ正確なデータを得ることができないことが原因だと考えられる。また、測ることのできる物質が限られているので、また新たな測定方法を模索する必要がある。

【結論】

屈折率は濃度に比例することを、簡易測定により、確認することができた。しかし、屈折率を用いて、濃度を測定することが可能であるかどうかはまだわからない。ただし、光を通さない物質は、私たちが使用した方法では測定することが難しい。

【感想】

この研究を通し、屈折率に関する理解をますます深めることができた。一番大変だったのは、実験がなかなかうまくいかず、実験方法を何度も考え直さなければならなかったことである。だが、試行錯誤した結果、最終的には比例関係を導き出すことができた。しかし、そこからマッチと三ツ矢サイダーに含まれている砂糖の濃度を推測することはできなかったことは残念である。また、私たちの用いた方法では、光を通さない物質の屈折率を測定することは難しい。その点でまだまだ研究途中であり、後輩に新たな方法を考え測定するなどして、この研究を深めてもらいたい。屈折率を測定することで、将来、水質検査などもできるようになるのではないかな。

【参考文献】

<http://www.nararika.com/butsuri/jikken/hikari/kuritsu.htm>
http://www.iajapan.nite.go.jp/jcss/pdf/ko-ukaib_f/JCT22301-01.pdf#