

SUPER BALL

井上 教嗣, 川崎 敦貴

要約

スーパーボールの成分によるはね方の違いを調べた。塩酸、硫酸、クエン酸の3種類の酸を用いて、スーパーボールを作成した。作成した3種類のスーパーボールを使って20～300 cmの高さからそれぞれのボールを落とし、跳ね上がる高さを計測した。実験データを用いて弾性係数の計算を行い、縦軸：弾性係数、横軸：落下の高さのグラフを作成した。グラフは、硫酸のものだけが他のグラフと違う変化が出た。その違いがボールの成分によるものなのかどうかは、今回の実験では分からなかった。

Abstract

We aimed to research the difference in the height that SuperBalls made with three kinds of acid bounced back. The acids were Hydrochloric, Sulfuric and Citric. We dropped the balls from heights of 20 ~ 300 cm, and measured the height that each ball bounced back. We calculated the elastic coefficients from experimental data, and made a graph with the axis of elastic coefficient and height dropped. Results showed that the Sulfuric Acid balls graph is very different from all the others, but we are unsure whether or not this is due to the different ingredient of the ball or another reason.

キーワード

日本語 スーパーボール, 弾性係数, 跳ね, 塩酸, 硫酸, クエン酸, ラテックス

英語 super ball, elastic coefficient, bounce, hydrochloric acid, sulfuric acid, citric acid, latex

1. 序論

この研究をやろうと思った理由は、子供の時に遊んだスーパーボールが、どのような時にどのような跳ね方をするのか調べようと思ったからである。スーパーボールについて調べている段階で、家庭でのスーパーボールの作り方をを見つけることができたので、混ぜる酸性水溶液の種類を変えながらスーパーボールを作ることにした。できた数種類のボールの中で最もよく跳ねるものを調べ、その理由について考察しようと考えた。跳ねやすさについては「弾性係数」を用いた。

弾性係数の求め方

物理Ⅱの教科書に掲載されている公式、 $e = \frac{v'}{v}$ を使った。ボールを落とす高さを h 、ボールの質量を m 、重力加速度の大きさを g とすると力学的エネルギー保存則より

$$\text{着地直前の速さ } v = \sqrt{2gh}$$

$$\text{着地直後の速さ } v' = \sqrt{2gh'}$$

$$e = \frac{v'}{v} \text{ より, } e = \frac{\sqrt{2gh'}}{\sqrt{2gh}}$$

$$e = \frac{\sqrt{h'}}{\sqrt{h}}$$

* 今回の実験では、上式 $e = \frac{\sqrt{h'}}{\sqrt{h}}$ を用いて弾性係数の計算を行った。

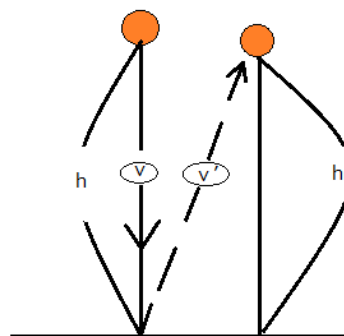


図1. 跳ね返りの様子

2. 本論

<実験方法>

まず、酸の種類を変えながら、実験で使用する手作りスーパーボールを作成した。その後、跳ね上がる高さを計測するための特性のメジャーを作った。

- ・スーパーボールの作成

<準備する物>

ラテックス (天然ゴム)

水

酸性水溶液 (塩酸, 硫酸, クエン酸)

成型用の容器

<作成手順>

- ① ラテックスと水を混ぜる。
- ② ①に酸性水溶液をそれぞれ加える。
- ③ すぐに固まるので容器に入れて成型する。
- ④ 1週間程度乾かす。

*今回の実験では 2 週間乾燥させたボールを使用した。

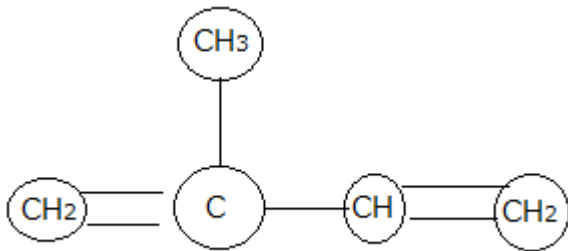
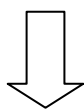


図 2. ラテックスの構造式



硫酸(H₂SO₄)を加える

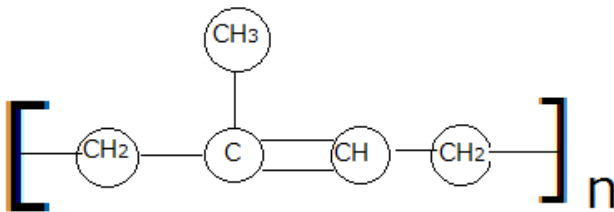


図 3. ゴムの構造式

- ・弾性係数を求める落下の実験

<実験手順>

- ① 20 ~ 300 cm の高さから 3 種類のボールを落とす。
- ② 跳ね上がった高さを測定する。

- ③ ②の結果を用いて弾性係数を計算する。

- ③ 縦軸：弾性係数, 横軸：落下の高さのグラフを作成し, それぞれを比較する。

*同じ高さから 5 回落下させて, 跳ね上がりの高さの平均をとって弾性係数を求めた。



図 4. 高さ計測の様子

<結果>

グラフを作成し, それぞれを比較した結果, どのボールも落とす高さが高くなるほど弾性係数の大きさが小さくなることが分かった。また, 硫酸(H₂SO₄)のグラフだけ他の 2 つのグラフとは異なった変化があった。

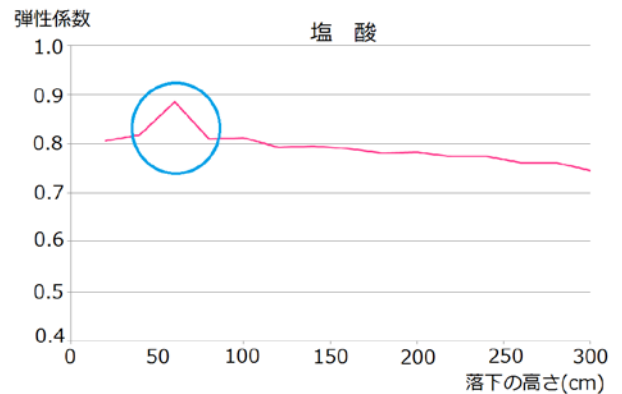


図 5. 塩酸を用いた場合のグラフ

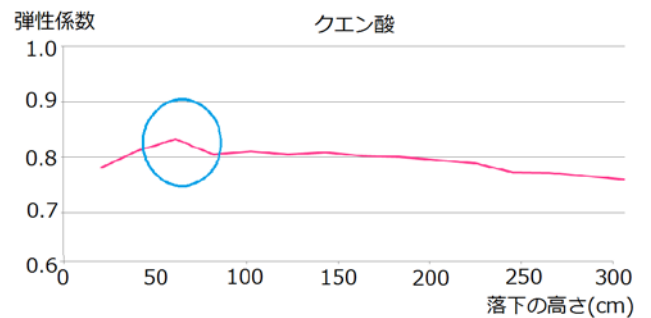


図 6. クエン酸を用いた場合のグラフ

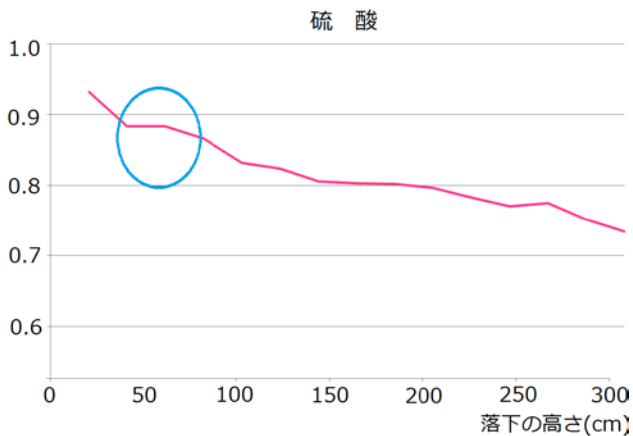


図7. 硫酸を用いた場合のグラフ

* 丸印の部分で図5, 6のグラフ(クエン酸, 塩酸)では、「山」が確認できるが図7のグラフ(硫酸)では「山」が確認できない。

<考察>

3つのグラフ全てが右下がりのグラフになった。これは高さが高くなったので空気抵抗が大きくなって正確な数値が出ていないのではないかと、もしくはスーパーボールの形が綺麗な球形ではないので落とす高さが高くなるにつれて誤差が大きくなったのではないかと考えた。また、手で成形したので大きさが完全に一緒ではなく、そのために、実験で空気抵抗などの影響を受けたのではないかと考えた。

また、塩酸、クエン酸のグラフは60 cmの地点でグラフに山ができた。しかし、硫酸のグラフには山が出来なかった。これは跳ね上がる高さを調べるときに、撮影に用いたカメラの位置がスーパーボールまたはメジャーの目盛の位置と水平になっていなかったのではないかと、もしくは硫酸のスーパーボールの乾き具合や大きさなどが少し他のスーパーボールと違ったのではないかと考えた。

3. 結論

今回の実験での主な問題点は2つあると考える。1つ目は、硫酸(H_2SO_4)のボールのグラフだけ他の2つと異なった結果が出たこと。2つ目は、理論上では高さで変化しないはずの弾性係数が高さによって変化していたこと。この2つについてまとめて今回の実験の結論を考える。

1つ目の硫酸のグラフだけ他のグラフと異なった結果が出たことについて。これはスーパーボールの成分の変化によるものではないと考えた。なぜならば、スーパーボールを成型して乾燥させるとスーパーボールの中の水が蒸発し、スーパーボールが収縮してしまい全てのボールが同じ大きさであるとはいえないからである。このことについてはカッターナイフなどを使って全ての大きさが同じになるように調整したが、完璧に同じ大きさにはなっていなかった。また、スーパーボールだけの問題ではなく跳ね上がる高さを測定する時の機材の設置位置にも問題があった可能性もある。

2つ目の理論上では高さによっては変化しないはずの弾性係数が高さによって変化していることについて。これについては、2つの理由を考えた。1つ目は、高さが高くなると、空気抵抗が大きくなり、落下の速さがより大きく減少しているのではないかと。2つ目は、スーパーボールの形の問題である。スーパーボールを乾燥させる時にスーパーボールの水分が抜け、収縮するので綺麗な球形にならなかった。そのようなボールは跳ね上がる時に鉛直上向きに跳ね上がらなかったために、運動エネルギーは水平方向の成分に分散される。高さが高くなるにつれて、水平方向に向かう運動エネルギーも大きくなってしまう。その分、本来の鉛直方向へ向かう運動エネルギーは減少してしまうため、右肩下がりのグラフになってしまったのではないかと考えた。結果的に今回の実験でスーパーボールの種類によって弾性係数に変化が見られた。だが、この変化はスーパーボールの成分による違いではない可能性が高い。

4. 参考文献

数研出版 教科書『物理II』

5. 謝辞

今回研究に助言を下された戸田先生、中島先生、

TA の山田先生には大変お世話になりました。