

ばねが反発係数に与える影響

茨城県立日立第一高等学校 太田光星, 小松翔真, 藤咲祐樹

1. 研究背景

物体をばねの上に落下させたとき、床に落とした時より高く跳ね上がると考えられる。そこで私たちは、ばね定数を変化させていけばこの跳ね上がり高を高くできると予想した。ばね定数を変化させることによって元の高さより高く跳ね上がらせることができればその物体を無限に跳ね返らせることができ、永久機関を作成できると考えた。しかし、実際には熱力学の基本原則から永久機関の作成が不可能であるとされているため、このような現象は起こり得ないと考えられる。そこで、物体の跳ね返りの度合いを表す反発係数に着目し、ばねが反発係数に与える影響について興味を持ち、この実験を行った。

2. 研究方法

以下の2種類の実験をし、研究を行った

実験1 ばね及び板の上に反発させた際の反発係数を算出する

実験2 ばねの最大沈み込み長を求める

実験1

床を基準に1[m]の高さからばねの上に鉄球を落とす。その様子をスマートフォンのカメラを用いて撮影することで、鉄球が跳ね上がった高さを計測し、反発係数の定義式(図1参照)を用いて反発係数を算出する。ばねの上部にはペットボトルキャップの上半分をカットした物を接着した。そのばねを木板の上に設置し、アクリルパイプの中に通した。(図2参照)今回は、ばね定数の異なる13種類のばねを用いて実験を行った。(k=0.5~65)。またばねを用いたときと用いなかった時の反発係数の比較のため、ペットボトルキャップを上部に接着した木板に落下させばねを用いた時と同様に反発係数を算出する。

実験2

実験1のばねを使用した実験においてばねの最大沈み込み長を計測した。

$$e = -\frac{v_b}{v_a} = \sqrt{\frac{h_b}{h_a}} \quad \begin{array}{l} h_a: \text{落下させた距離} \\ h_b: \text{跳ね返った高さ} \end{array}$$

図1 反発係数eの算出式

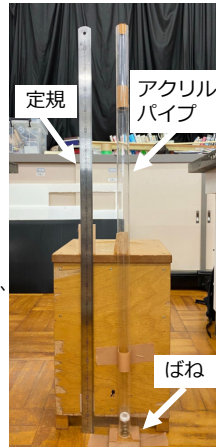


図2 実験装置俯瞰図

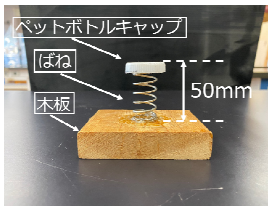


図3 ばね使用時の装置下部拡大図

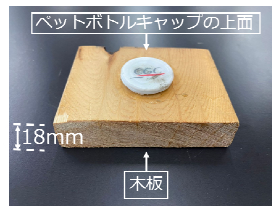


図4 ばねなしの時の装置下部拡大図

3. 実験結果

実験1の結果は図5、実験2の結果は図6のグラフのようになった。

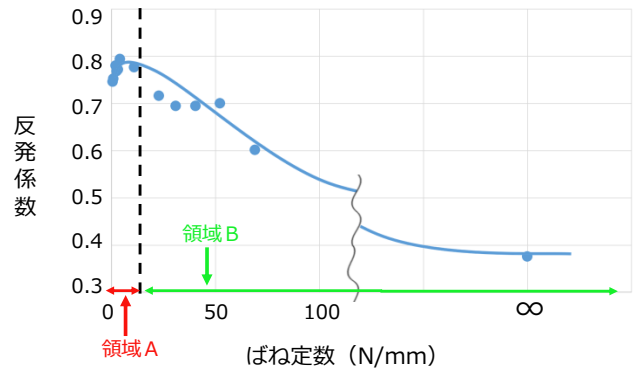


図5 ばね定数と反発係数の関係

反発係数はばね定数が大きくなるにつれて増加から減少に転じた。反発係数が増加している範囲を領域A、減少している範囲を領域Bとする。また、ばねを用いた時と用いなかった時では、ばねを用いた時の方が反発係数は大きくなった。

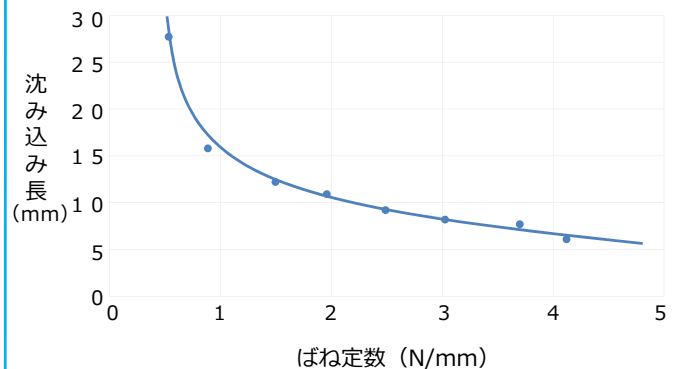


図6 沈み込み長とばね定数の関係

ばね定数が大きくなっていくにつれて沈み込み長は短くなっていった。ばね定数が10以上のばねにおいてはカメラで判別できるほどの沈み込みは観測できなかった。

4. 考察

ばねを使用した実験では鉄球の持つ運動エネルギーをばねが保存し、鉄球を押し返す際に保存したエネルギーを鉄球に返すことで、ばねを使用しなかった時よりも高く跳ね上がったのだと考えられる。図5に示した、領域Aにおいて反発係数が大きくなるのは、ばね定数が小さいと鉄球が持つエネルギーを保存しきれなかったり、ばね定数を増やすことで保存することができエネルギーが増え、その分、鉄球が高く跳ね上がるからだと考えられる。領域Bにおいては、実験2より沈み込みはほとんど観測されなかった。極端な沈み込み長の減少によって、ばねが蓄える弾性エネルギーが減少し、これを鉄球の運動エネルギーに戻すことができなくなるため、反発係数は小さくなっていったと考えられる。また今回の実験で計測された反発係数の最大値は1以下であったため、研究動機で述べたようなばねを用いた永久機関の作成は不可能であると考えられる。また、落下させる小球の質量を変化させることで反発係数が最大となるばねのばね定数が変化すると考えられる。

5. まとめ

今回の研究では、ばね定数を変えることによって反発係数は一度増加し、その後減少するという推移をたどることが分かった。落とす物体の質量を変えてもばねを用いたときの反発係数とばね定数の関係は同じようになると考えられる。また、ばねを用いたときの反発係数は、ばねの沈み込み長に大きく影響されていることが分かった。

6. 今後の展望

今回の実験ではすべての実験で同じ質量の小球を使用した。しかし、落下させる物体の質量が反発係数に影響を与える可能性も考えられるため、今後は異なる質量の物体を落下させ、その影響について研究していきたい。

7. 参考文献・謝辞

- 1) スーパーボールの反発係数 ZTV
<http://www.ztv.ne.jp/urnzpaqe/231.pdf>