

スリンキーの運動について

牛田 祐貴 奥谷 純平 原 昂佑

【概要】

私たちは小さい頃に「スリンキー」というバネのおもちゃで遊んだことがある。「スリンキー」とは、鉄をバネ状に加工したもので、それは階段や坂を下らせることができるのだが、なかなかうまく下らせることができない。そこで、それをうまく下らせるために階段や坂、バネなどをどうすればいいのかと思って実験を行った。すると、階段においてうまくバネを下らせるには、硬いバネ(金属)で階段の段差は低くして、速さを一定にすること。そして、坂においては柔らかいバネ(紙)を用いるとうまく下るとわかった。

We had played with the toy of the spring "Slinky" in our childhood. It is made of iron like the spring and it cannot descend quite well though the stairs and the slope can be descended in it. So we experimented to make it descend well on the stairs and the slope.

As a result, we found it important to use a hard(metal) spring with a lower height of the stairs to keep the speed constantly and use a soft(paper) spring on the slope.

【研究動機】

私たちは小さい頃に「スリンキー」というバネのおもちゃで遊んだことがある。「スリンキー」とは、鉄をバネ状に加工したもので、理科の波動の実験で縦波や横波を表現するために使われる。また、それは階段や坂を下らせることができるのだが、なかなかうまく下らせることができない。そこでうまく下らせるために階段や坂、バネなどをどうすればいいのかと思い実験してみようと思った。

【仮説】

私たちは今回、「スリンキー」の運動について次のような仮説を立てた。

階段をうまく下れない理由は、階段の段差から得た位置エネルギーが運動エネルギーと前に進むエネルギーになるので、そのエネルギーが積み重なっていくことで前に進む距離がずれていくからだと考えた。つまり、高さによって前に進む距離を調べて

いけばうまく下らせることができるはずである。

坂道の運動について、私たちはボールなどが転がるのと同じように等加速度運動をするのではな

いかと考えた。つまり、バネが坂道を下るときに、位置エネルギーはバネが伸びる運動エネルギーに変わり、1回ごとにバネの着地点の間隔が増えていくはずである。

階段と坂道での運動において、バネの材質によっての違いがあるのではないかと考え、バネの材質が硬いほうが動きもより一定となりうまく下らせることができると予測を立てた。

【実験器具】

・スリンキー (金属)

質量 (g)	280.8
半径 (cm)	3.5
高さ (cm)	5.6
巻き数	90

・手作りスリンキー (紙)

質量 (g)	29.2
半径 (cm)	3.5
高さ (cm)	3.1
巻き数	90

・厚面用紙
・ものさし
・分度器
・木の板

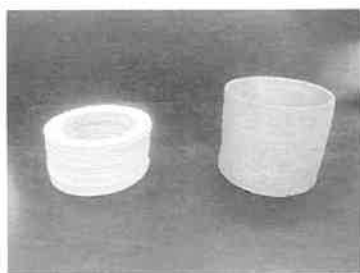
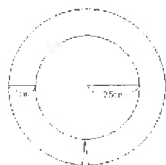
- ・スタンド
- ・ジョイント
- ・ゴム製のシート
- ・スポンジ製のシート
- ・水平器
- ・デジタルカメラ

【研究方法】

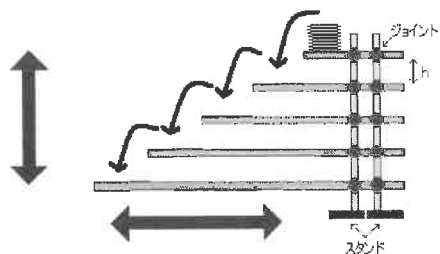
まず、材質による違いが比べられるように紙製のバネを作成する。

- ①画用紙に金属のバネと半径が同じ3.5 cmで紙の幅が1 cmのドーナツ状の円を金属と同じ巻き数(90巻)の分を書いて切っていく。
- ②切った円に切れ込みを入れて張る面積ができるだけ小さくなるように螺旋状につなげていく。

※バネの一巻きの図 ⇒

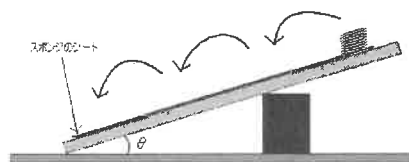


実験①：階段において



上図のような装置を作成し、調節可能な段差($h = 10 \text{ cm}$ 、 15 cm 、 20 cm)において金属、紙のバネを下らせる。これをビデオに撮り、そのときのバネが動いた幅、時間を測定する。

実験②：坂において



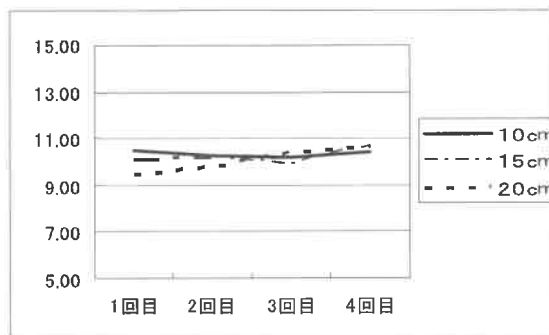
上図のような装置を作成し、金属、紙のバネが運動できる範囲 θ を調べる。そしてその θ の範囲においてバネを下らせてこれをビデオに撮り、そのときのバネが動いた幅、時間を測定する。

(ここで、幅とは一回転したときのバネの中心から中心までの距離である。)

【実験結果】

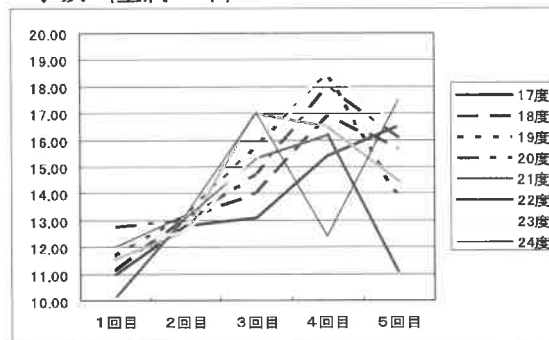
下のような結果となった。グラフは一回反転するときの移動距離を示してある。

↓階段〈金属バネ〉



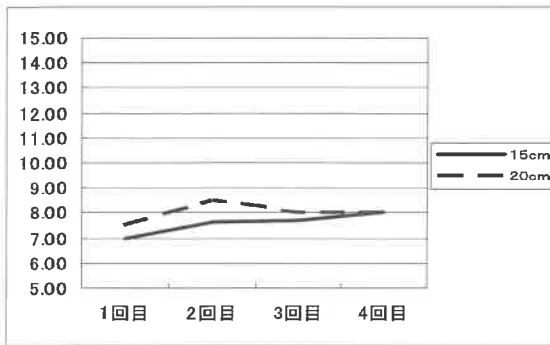
段差を変化させてもバネが進んだ距離はほとんど変わらなかった。バネが階段を下る速さは段差を高くするにつれて速くなっていった。

↓坂〈金属バネ〉



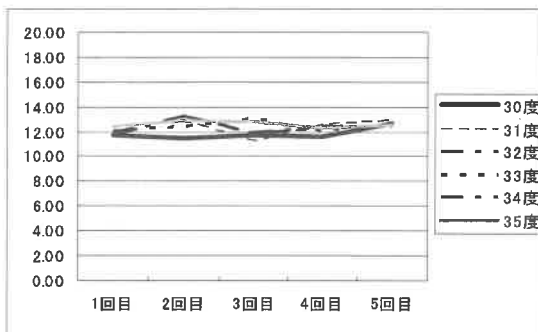
17度～24度まで坂道を下る運動を行うことができた。角度を増やすにつれ、バネが下る速さが速くなった。バネが進む距離が17 cmあたりを越えると次のバネが進む距離が減少する傾向が見られた。

↓階段〈紙バネ〉



段差10cmでは階段を下らなかつた。バネが進む距離も階段を下る速さも変化はほとんどなかつた。紙のバネは金属と違って反転の大きさが小さく、しなりすぎてしまうため、階段にこすれていた。

↓坂〈紙バネ〉



30度～35度まで運動を行うことができた。角度による速さの変化もほとんどなく、金属バネで見られたような減少もなかつた。

【考察】

実験①（階段）について

・金属バネ

初めに前に進む距離が増加していくと仮説したが、その距離が変化しなかつたのは、バネが落下するときに働くエネルギーと反転運動に使われるエネルギーは別の物だったので下に働くエネルギーは増え続けるが反転に使われるエネルギーはほとんど一定であったからと考えられる。

・紙バネ

紙バネが段差10cmで階段を下ることができなかつたのは、10cmの位置エネルギーでは次の階段に進むための運動エネルギーが得られなかつたからだと考えられる。紙バネの速さがほとんど

変わらなかつたのは、紙は軽いため、下るときに空気抵抗を受けたからではないかと考えられる。

実験②（坂）について

・金属バネ

金属バネの着地点の間隔が17cmほどまで増加し、それを超えるとバネが進む距離の増加量が減少した原因は、バネが伸びすぎると進みながらバネの弾性力によって引き戻されるので、ある程度以上は進まなくなりその限界が17cmあたりなのではないかと考えられる。

・紙バネ

紙バネが坂道を下らせた金属バネと違って進んだ距離がほとんど変わらなかつたのは、金属バネのようにエネルギーの変換をうまく行うことができないので下る距離を伸ばすようなことができなかった、そして階段を下らせたときと同様に金属バネよりも空気抵抗を受けやすく、それが速さの増加を妨げたのではないかと考えられる。

【結論】

●階段で一定な運動を続けるには…

材質が柔らかいバネ（紙）においては、次の段に移るための十分な運動エネルギーを確保するための位置エネルギー（階段の高さ）が必要であり、また、段差を高くしたとしても次の階段に移るときに十分な反転運動をする力が得られなく階段に当たってしまい、うまく運動が行われない。

硬いバネ（金属）においては、十分な反転運動をする力が得られるのでエネルギーの変換効率がうまく行われるが、その分下る速さが増えすぎるので階段の段差は低くして、速さを一定にすることが必要である。

また、結果から幅は10cm程度で進むため、一般的な階段の1段の間隔が10cmのような階段は普通ありえない。よって、一般的な階段で一定の運動をし続けるには、バネの直径を階段に合わせて大きくしたりすれば可能であると考えられる。

●坂道で一定な運動を続けるには…

材質が硬いバネ(金属)においては、どの角度においてもバネの動く幅の変化が大きく見られたので好ましくなく、柔らかいバネ(紙)がどの角度においてもほぼ一定であったので柔らかいバネが適している、その中でも速さが一定となることが必要である。

【感想】

今回の実験では、今までこのような研究が行われていたというデータが全くなかったので、自分たちで実験器具や研究方法などを考えることが難しかった。また、実験器具を作る際にいろいろな工夫を考えたり、意見を出し合ったりといい経験ができ、また自分たちが立てた仮説とは全く違う実験結果も得られたのでおもしろかった。

僕たちだけでは具体的な計算方法を見つけることはできなかったが、いろんな条件においてのデータが得られたので、スリンキーはこのような動きをするのだ、ということがわかったのでよかった。

【引用文献】

フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』
紙製スリンキーの作り方
(<http://homepage1.nifty.com/rekisha/sub0305.com>)