

25 カチカチ振り子の秘密

1 研究の動機

昨夏、東京の科学技術館で開催された『青少年のための科学の祭典』に参加しているいろいろなブースで体験したり製作したりする中で、興味深かったテーマの一つに“ビー玉衝突実験器を作ろう”というものがあつた。時間がなくて製作はできなかったが、でき上がりの作品を目にし、ビー玉の動きがおもしろくて見入ってしまった。

東急ハンズでも同じような置き物を見かけたこともあり、リズムカルな玉の動きには何か規則があるのか、自分でも身近な材料で作って実験してみたいと思った。また、偶然本の中でも目にとまり、いろいろな方法でビー玉の動きを探してみたいと思った。

2 実験準備

- (1) ビー玉(小: 5色各1個、中: 1個、大: 1個)、スーパーボール(小: 5色各1個、大1個)、ペットボトル(500ml)、細い丸棒2本、白色手ぬい糸、白画用紙、色画用紙(水色と黒)、セロハンテープ、定規、分度器、はさみ、サインペンを用意する。

- (2) 同じ大きさの5色のビー玉と細い棒、白糸、ペットボトルで(図1)のようなカチカチ振り子を作る。この際、倒れにくくするため

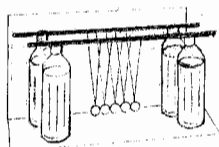


図1

ペットボトルの空容器に水を入れておく。また、ビー玉を丸棒につるした後、ビー玉が真横から見て水平になっているか、真上から見て一直線上に並んでいるか確認する。(図2)

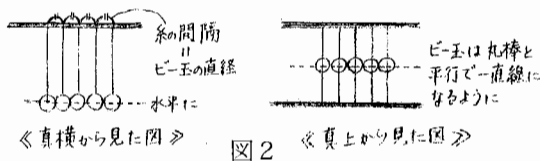


図2

- (3) スーパーボールについても同様にして実験装置を作る。

- (4) 白い画用紙で簡易分度器を作る(20、30、45、60、80度を記入)。

- (5) 実験装置は水平な所に置き、ビー玉やスーパーボールの動きをよりわかりやすく観察するため、後ろに黒色の色画用紙、下に水色の色画用紙を置く。

3 研究方法

- (1) 実験1…ビー玉で作ったカチカチ振り子の動き方を調べる。

- ア 右端のビー玉1個を糸をピンと張った状態で持ち上げて手を離し、となりのビー玉に当ててビー玉の運動を観察する。

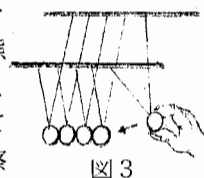


図3

- イ ビー玉に当てるビー玉の数を2個、3個、4個と変化させ、アと同様に実験し、運動の様子を観察する。

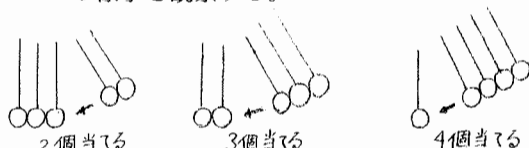


図4

- ウ 簡易分度器を利用して(図5)のように右端のビー玉を持ち上げる高さを20度から90度まで変えて、ビー玉の反復運動を観察する。

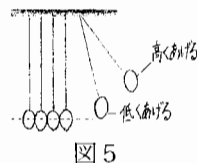


図5

- (2) 実験2…実験1と同じ要領で、スーパーボールで作ったカチカチ振り子の動き方を調べる。

- (3) 実験3…ビー玉を手で押さえた場合の動きを調べる。

- ア 5個のうち真ん中のビー玉を指で押さえ、右端のビー玉を当て、動き方を調べる。
イ アと同様に真ん中のビー玉を指で押さえ、

右の2個を当ててみる。

ウ 5個のビー玉のうち真ん中の3個を押さえて、右端のビー玉を当ててみる。



図6

(4) 実験4…5個のビー玉のうち当てる右端のビー玉の大きさを直径20ミリ及び直径25ミリに変えて、動きを調べる。(最初につけたビー玉の直径は12ミリ)

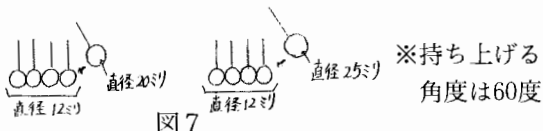


図7

(5) 実験5…大きなビー玉(直径25ミリ)を1個入れ、入れる位置も変えて動きを調べる。(図8のA～Eの場合の運動の様子)

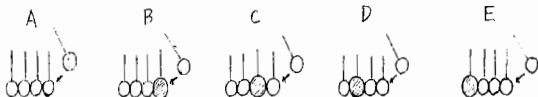


図8

(6) 実験6…実験5と同じ要領で、大きいビー玉と同じ大きさ(直径25ミリ)のスーパーボールに変えて動きを調べる。

(7) 実験7…両側のビー玉を60度の角度まで持ち上げて、残りのビー玉に当たった時の運動の様子を観察する。

4 実験結果

(1) 実験1より、当てるビー玉の動きをまとめると(表1)のようになる。

	1	2	3	4	5
A 5を当てる	○	×	×	×	○
B 4と5を	○	○	×	○	○
C 3と4と5を	○	○	○	○	○
D 2と3と4と5を	○	○	○	○	○

(動くものは○ 動かないものは×)

更に、5個のビー玉の動きを図にまとめると下の(図9)のようになる。いずれも規則正しい運動が観察できた。ただし、ビー玉の往復運動はだんだん振幅が小さくなり、やがて止まってしまう。(図9)

①②③④⑤	①②③④⑤	①②③④⑤	①②③④⑤
①→②③④⑤	①②③④⑤	①②③④⑤	①②③④⑤
①②③④⑤	①②③④⑤	①②③④⑤	①②③④⑤
A	B	C	D

当てるビー玉を持ち上げる角度を変えて実験した結果は(表2)のようになった。

角度	0度	20度	30度	45度	60度	80度	90度
反復運動の回数	0	8回	9回	13回	17回	15回	8回

(表2)

当てるビー玉の角度が60度までは、角度の変化に伴って(高さが高くなるにつれて)反復運動の回数も増えたが、80度と90度では減ってしまった。また、80度と90度は、ビー玉に当てるのが意外に難しかった。

(2) ビー玉ほど長続きしなかったものの、スーパーボールでもビー玉の時と同様の動き(規則正しい反復運動)が観察できた。

しかし、スーパーボールを持ち上げる角度を30度に(高さを低く)した時反復運動は2回で終わってしまい、60度に(高さを高く)した時でも5回で終わってしまって、あまり変わらなかった。

(3) 実験3の結果は、次のようになった。

ア 左端のビー玉がはね上がり、2回ぐらいで止まる。

イ 左の2回のビー玉がはね上がり、2回で止まる。

ウ 左端のビー玉がはね上がり、1回で止まる。

(4) 実験4の結果は(表3)のようになった。

当てるビー玉の直径	20ミリ	25ミリ
動くビー玉の数	1個～2個	2個～3個
どこまで上がるか	12ミリの時より高い	20ミリの時より高い

表3

(5) 実験5では、右端が大きなビー玉の時に、左端のビー玉がいちばん大きく動いた。逆に左端が大きなビー玉の時は、そのビー玉はほとんど動かず、全体の振幅もいちばん小さかった。

また、大きなビー玉を2～4番目に入れた時は、運動の様子が複雑になった。

大きなビー玉の位置によって運動の様子は変化するが、その位置と運動の変化に規則性

は見られなかった。しかし、他の実験と同様に、次第に5個そろって同一方向に反復運動をしがて止まる。

- (6) 実験6のスーパーボールに変えた場合は、運動の様子が複雑で結果が一定にならなかった。しかし、次第に5個そろって同一方向に反復運動をしがて止まるのは、実験5や他の実験と同じだった。

- (7) 左右から1個ずつビー玉を当てた場合当てたビー玉のみ両側ではね返る反復運動をする。(図10)

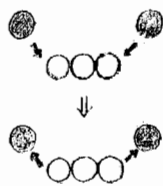


図10

5 わかったこと、考察

- (1) 実験1のアとイより、カチカチ振り子は当てたビー玉と同数のビー玉が反対側からはじかれ、それが戻ってとなりのビー玉に当たりまた反対側からはじかれるという、規則正しい反復運動をくり返すことがわかった。

- (2) スーパーボールのような弾力性のあるものは、反復運動はするものの長続きせず、カチカチ振り子の素材としては適さない。

- (3) 実験1のウより、当てるビー玉を高く持ち上げるほど反復運動は長続きするが、あまり高くても上手に長く運動できなくなる。60度程度が長くきれいに反復運動するのに適しているのではないかと考えられる。

これは高さが高すぎるとビー玉に当たるまでの距離が長くなり、正確にビー玉の中心に当たるのが難しくなるからではないだろうか。

また、高さを変えても運動の規則性は変わらないことがわかった。

- (4) 実験2で、スーパーボールはビー玉の時と比べて反復運動を観察しづらかったのは、スーパーボールに様々な方向によくはねるとい性質があるからだと考えた。

また、反復運動が長続きしないのも、シューズに衝撃を吸収するためにゴムが使われるように、スーパーボールにもビー玉と比べ衝撃を吸収する力があるからではないかと考えられる。

- (5) 実験3は興味深い実験で、私は指で押さえた箇所があるので力が伝わらずビー玉は動かないと予想していたが、実験1同様、規則正

しい運動をしたのでびっくりした。ただし、指で押さえたことにより、やはり反復運動をする力が伝わりづらく(減少しやすく)なっていることがわかった。

- (6) 実験4の当てるビー玉の大きさを変えた場合、直径が倍になればあてる力も倍になり動くビー玉の数も倍になって、ビー玉の大きさと動くビー玉の数に比例関係が成り立つと予想したがそうならなかった。しかし、当てるビー玉の大きさが大きくなると当てる力も大きくなり、動くビー玉の数もふえることがわかった。

- (7) 実験5から、規則正しい反復運動をさせるためにはビー玉の大きさが等しくないといけないことも確かめられた。

- (8) 実験6のように素材の異なったものを合わせて使用すると、運動の様子がバラバラで結果が一定でなかった。

規則正しい反復運動をさせるためには、玉の大きさが等しいことに加え素材も同じでなければいけないことがわかった。スーパーボールのようなものは弾力性があり、玉を当てた時に形が変形して力がうまく伝わらないのだろう。

- (9) 実験7では、両側からビー玉をあてた場合、あてたビー玉のみ両側ではね返る反復運動をすることがわかった。これは、右端のビー玉を当てた力が左端に伝わり、左端のビー玉をビー玉をあてた力が右端のビー玉に伝わった結果と考えられる。よって、当てるビー玉の数を2個、3個…と両端で同じ数ずつふやしていけば同じような結果になると考えることができる。

- (10) 実験によってカチカチ振り子の動き方は違うが、動きが小さくなると共に次第に5個そろって同一方向に反復運動をし、やがて止まる様子がみられた。

動き続けようとしているように見えるものでも空気の摩擦抵抗や糸の摩擦が妨げとなって、やがては停止してしまうのではないかとと思う。これは「慣性の法則」によるものなのだろうかと思った。

6 反省、感想

- (1) 思ったよりも、カチカチ振り子を作るのに手間どってしまった。5個のビー玉やスーパーボールを一直線上に棒と平行につるすのが難しかった。完成した時は嬉しかったが、実験で反復運動が思うように続かなかったり、写真を見てビー玉の位置が微妙にずれていたりとといったことから作り直しをした。二度目に作る時、ビー玉のついた糸を丸棒につける際に、中央のビー玉から位置を決めていくとうまくいった。
- (2) きれいな反復運動を長く行うようにするには、ビー玉(同じ素材)の大きさが同じであることと、ビー玉がまっすぐに並んでいて高さもそろっていることが大事だと思った。
また、ビー玉やスーパーボールの色を変えることにより動きの様子がわかりやすくなってよかったと思う。
- (3) 実験によっては規則性が見つからないものもあったが、ビー玉の位置と動き方の関係をもっとくわしく調べてみたいと思う。