

1 2. 鹿威し持続的運動の検証

静岡県立浜松北高等学校物理・化学部

1 年 石津尚樹 大西雄大 川本裕太 山本隆正

1 鹿威しとは？

鹿威しとは主に竹で作られており、日本庭園などでよく見かけられ、竹の中に水が溜まってゆき水が一定の量を超えると筒が傾いて水がこぼれる。そのあと、また水が溜まりこぼれる。この動作を繰り返すものである。



2 研究動機

鹿威しの筒はいつも同じ動きををすると思っていたが、筒に落下する一定の時間あたりの水の量や支点の位置、重りの質量などによって色々な動きになるのではないかと考え調べることにした。

3 研究方法

(1) 方法

「重り」「支点の位置」「筒に落下する一秒間あたりの水の量」を変えて実験し、それを観察し記録に取る。

(2) 器具の紹介

鹿威しの筒部分は塩ビパイプ、支柱は木材、支点にはアルミの棒を使用している。重りの水を入れるのは 300ml のペットボトルで、水をいれたあと塩ビパイプ側のペットボトルのキャップにつなぐ仕組みになっている。

- ・塩化ビニールパイプ
- ・アルミ棒(支柱として使用)



全体図



- ・土台、支柱



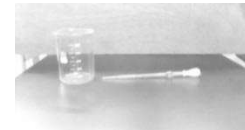
- ・ペットボトル (重り)



- ・スタンド



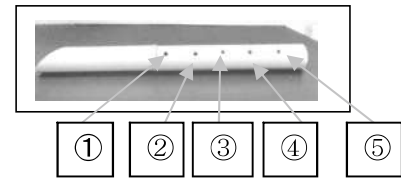
- ・ビーカー、スポイト



* 「重り」とは
筒の右側につけたペットボトルに水を入れたもの

＊ 「支点の位置」とは

鹿威しの筒の側面には穴が開いており、そこに棒を差し込むことで支点となる。支点の数字は筒の先端から順に「①、②、③、④、⑤」と表す。



4 結果

(1) 生じた運動

下記の表から、「一周期の運動（鹿威しが傾くたびに水がこぼれる運動）」の他にも「二周期の運動」（鹿威しが二回に一回大きく傾き、その時水がこぼれる運動）があることが分かった。

表Ⅰ 水の勢い（一秒間あたりに筒に落ちる水の量）：20秒間で1ℓ（50mℓ／s）

支点の位置 おもり	①	②	③	④	⑤
100mℓ	×	×	一周期	×	×
200mℓ	×	×	×	一周期	×
300mℓ	×	×	×	一周期	×

表Ⅱ 水の勢い（一秒間あたりに筒に落ちる水の量）：10秒間に1ℓ（100mℓ／s）

支点の位置 おもり	①	②	③	④	⑤
100mℓ	×	×	一周期	×	×
200mℓ	×	×	一周期	×	×
300mℓ	×	×	×	一周期	×

表Ⅲ 水の勢い（一秒間あたりに筒に落ちる水の量）：5秒間に1ℓ（200mℓ／s）

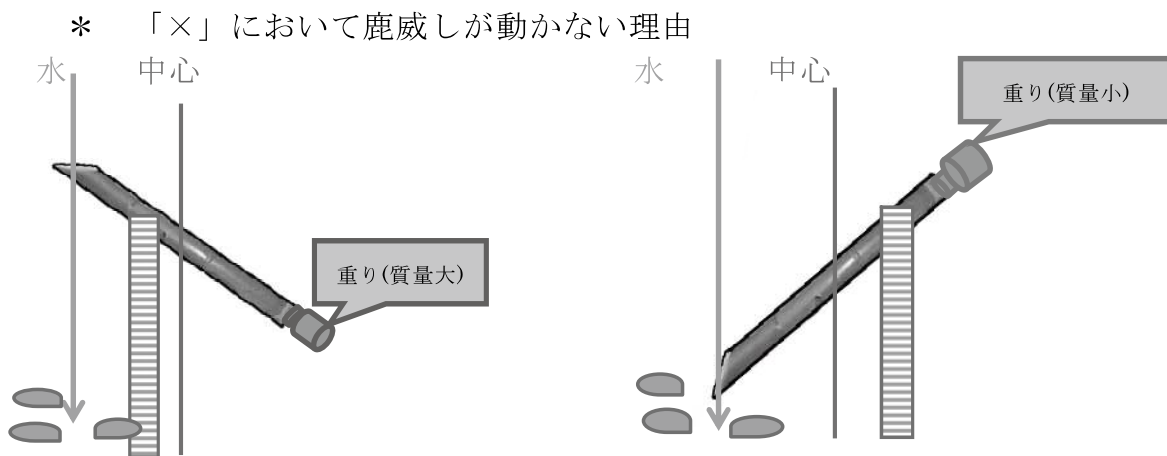
支点の位置 おもり	①	②	③	④	⑤
100mℓ	×	×	二周期	×	×
200mℓ	×	×	一周期	二周期	×
300mℓ	×	×	×	一周期	×

＊ 重りとして使ったペットボトルに入れた水の量を mℓ と表した。

＊ 「×」は水を落としても鹿威しが動かないということを表している。（理由は数行下に記載）

その後、二周期の運動の条件の値（支点の位置や重りの質量、水の勢いなど）をその値の周辺で細かく変化させてみたところ、「二周期と三周期の混ざった運動」（二回に一回水がこぼれる運動と三回に一回水がこぼれる運動が繰り返し起こる運動）や「カオスの運動」（連続する動きに規則性のない非周期的な運動）もあることが分かった。

そこで、これらの動きについて詳しく調べることにした。

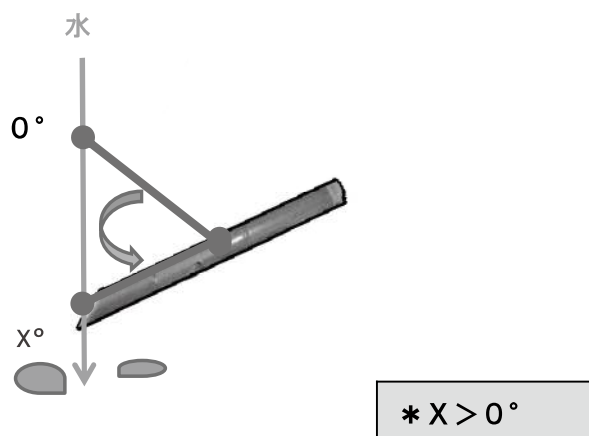


左側の図は、支点の位置が鹿威しの先端に近い、もしくは、重りの質量が大きいなどという理由で、鹿威しに入る限界まで水を入れても鹿威しが傾かない場合である。

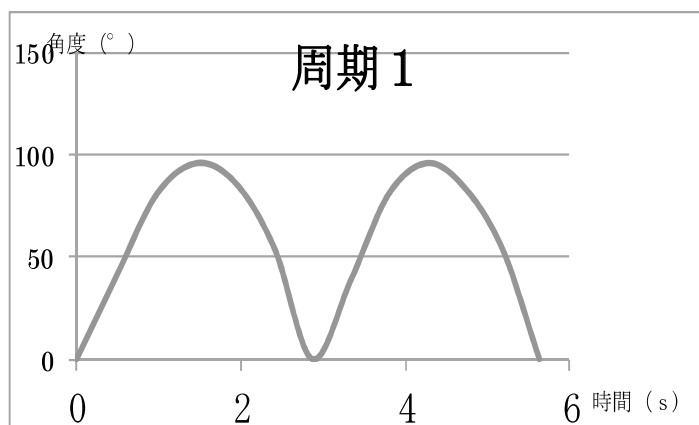
右側の図は、支点の位置が重り側に近い、もしくは、重りの質量が小さいなどという理由で、鹿威しに水を入れなくても始めから鹿威しが傾いて、戻らなくなってしまう場合である。

(2) 運動の様子

* グラフ中の「角度」は水が入ってない状態（動いていないとき）の筒の安定した位置から、水が入ってどこまで動いたかの角度である。

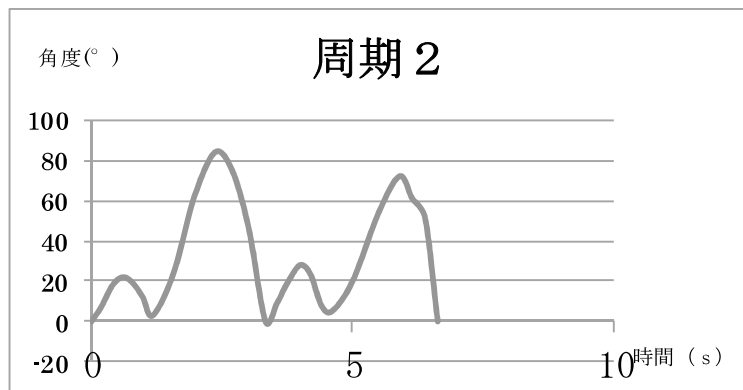


ア 一周期



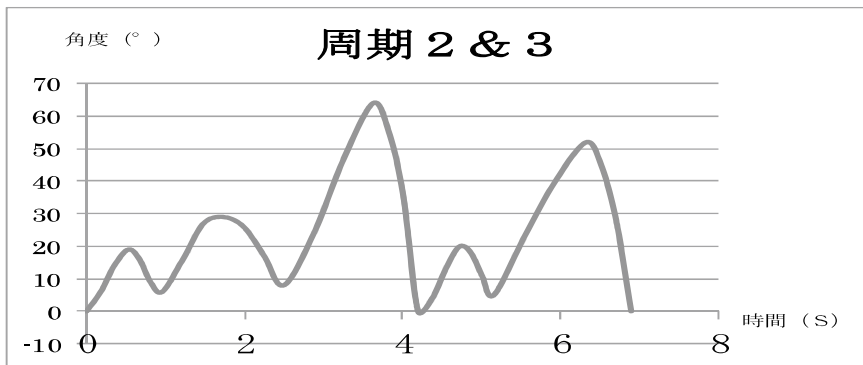
一周期の運動は、通常の鹿威しの運動である。同じ運動が繰り返され、最も傾いたときの角度もほぼ一定である。

イ 二周期



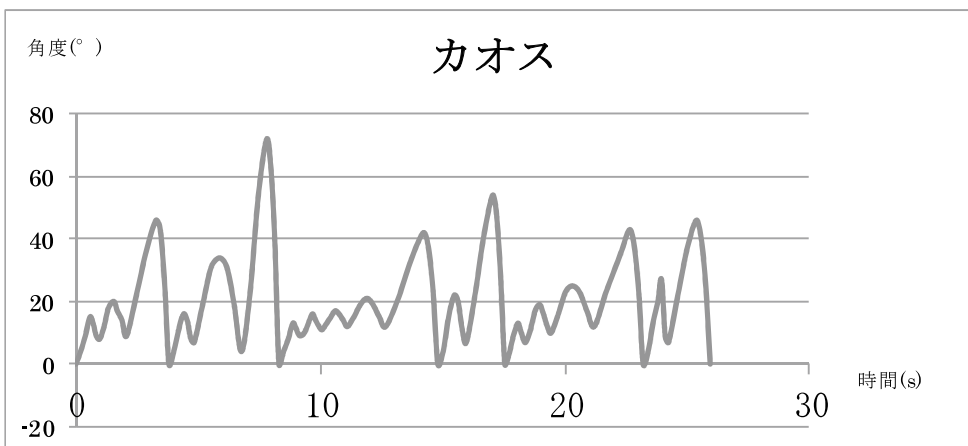
鹿威しが二回に一回大きく傾き、その時水がこぼれる運動。角度 0° から 0° に戻るまでの時間はほぼ等しい。

ウ 二周期と三周期の混ざった運動



二回に一回水がこぼれる運動と三回に一回水がこぼれる運動が繰り返し起こる運動。角度が 0° から 0° に戻るまでの時間は一定ではない。

エ カオス（非周期的な運動）連続する動きに規則性のない非周期的な運動



この運動は左から三周期、三周期、五周期、二周期、四周期、二周期である。このあとも二～五周期の運動が不規則に繰り返される。

5 考察

(1) 一周期の理由

一周期の場合は通常の鹿威しと同じなので記載しない。

(2) 二周期の理由

次のように考えられる。

- ① 水が入る。
- ② 入った水（測定した結果 36.8m l）にかかる重力と、入るときに筒にあたる水が及ぼす力によって鹿威しが少し傾く。
- ③ 少し傾くことによって水が当たらなくなり、その時点ではまだ大きく傾くために必要な水の量が入っていないため、もとに戻る。
- ④ もとに戻るとまた水が入り（このとき 69.5m l）大きく傾くのには十分な水の量になるため通常の鹿威しと同様に大きく傾き水が出る。

(3) 二周期と三周期の混ざった運動について

最初は2 & 3の周期的な運動だと推測した。しかし、角度が 0° から 0° に戻るまでの時間を正確に測った所鹿威しが大きく傾いてから、もとの位置にもどるのにかかる時間が異なっていたので、周期的ではないと考える。したがって、この二周期と三周期の混ざった運動のグラフはカオス（非周期的な運動）である可能性が考えられる。また、周期の角度0の地点での筒に入っている水の量により二周期になるか三周期になるかが決定すると思われる。

6 まとめ

鹿威しの筒の動きは、筒に落下する一秒間あたりの水の量や支点の位置、重りの質量により変化することが分かった。筒の動きとしては通常の一周期の運動にくわえて、二周期、二周期と三周期の混ざった運動、カオスなどがある。その動きは筒が 0° に戻った時の筒の中に残った水の量が大きく関係すると思われる。

7 課題

今回の研究では一周期、二周期、二周期と三周期の混ざった運動、カオスについて研究したが、三周期などについては調べることができなかった。理由としては、三周期は他の周期よりも水が筒に衝突するときに及ぼす力などの調節が難しいからだと思われる。これからは水が筒に衝突するときに及ぼす力などの調節を重点的に研究していき三周期の動きを明らかにしてゆきたい。また、二周期と三周期の混ざった運動はカオスの可能性があるかと推測した為、今後研究していきたい。