

流動性を用いた衝撃吸収

滋賀県立彦根東高等学校物理B班 奥田貴久 小倉脩翔 村上生織

〈動機〉

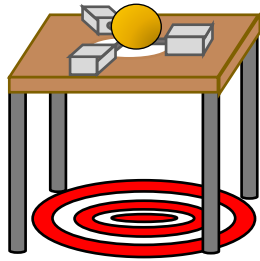
先行研究から球内に水を入れると跳ねにくくなるのが分かっている。それをエレベーター事故などに活用できないかと考え、衝撃を最も吸収する条件を調べることにした。

【図1】エレベーターの衝撃吸収



〈実験方法〉(i - 使用物一覧) 【図2】実験装置

- ・ピンポン球(以下球)
(容積約30ml)
- ・ソレノイド・定規・カメラ
- ・蛍光増白剤(以下粉)
- ・ブラックライト
- ・電源装置



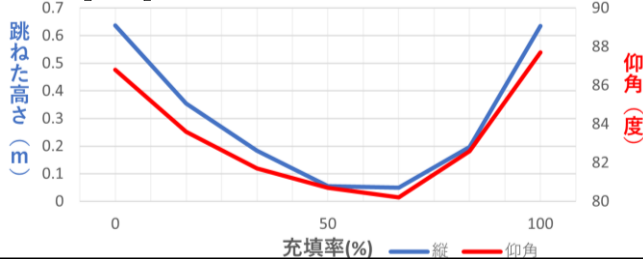
〈実験方法〉(ii - 実験手順)

- ① 粉と水を0g～30gまで5g刻みで入れたものをそれぞれ用意する。
- ② これらを台から落下させ、最初に跳ねた高さの最高点と一回目の落下地点から二回目の落下地点までの距離を記録する。
- ③ ②を一つの条件につき30回ずつ繰り返し、それぞれの平均の値をその条件下での結果とする。
- ④ ③で得られた結果から、着地後の跳ね返る角度を落下後は斜方投射運動と仮定して計算で求める。

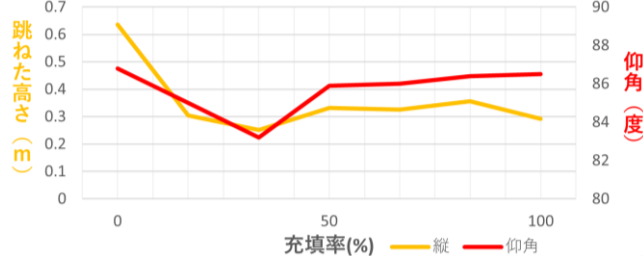
〈仮説〉

先行研究より球内に水を半分まで入れたときに最も衝撃を吸収しているの、鉛直方向にかかるはずの力が水平方向に分解したと考えられる。そのため、粉を入れたときも球内に半分まで入れたときに最も跳ねる高さが低く、水平方向の移動距離が長くなると考えた。

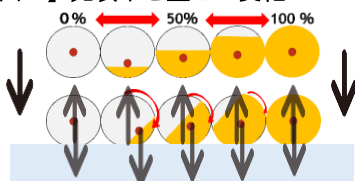
【図3】水を入れて落下させた場合



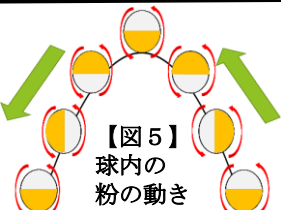
【図4】粉を入れて落下させた場合



【図6】充填率と重心の変化



【図5】球内の粉の動き



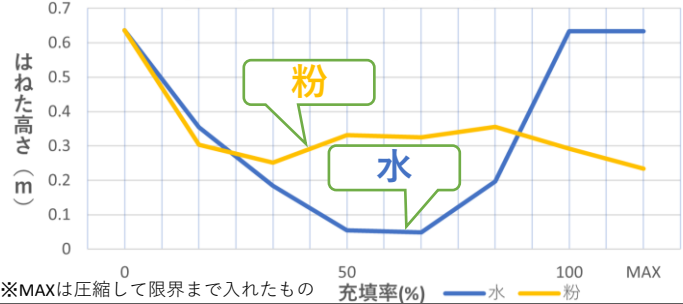
〈実験結果I (図3, 図4, 図5)〉

- ・水は先行研究と同じ傾向が見られ、跳ねた高さと仰角が同じような傾向を取っているため、先行研究の回転による影響が確認できた。
- ・粉は仮説に反して、充填率が約40%のときに跳ねた高さが最も低くなったが、跳ねた高さが低くなった時に仰角も小さくなったので、先行研究のように中の粉が回転することの影響を受けていると考えた。
- ・球内の様子を観察すると、図5のように充填率関係なく中の粉が張り付きながら球自体が回転している。

〈考察I〉

図6のように、充填率が0、100%のときには重心が球の中心にあるのでまっすぐ跳ね上がり、跳ねる高さが高くなる。一方で充填率が低いときは球の重心が中心から大きくずれ、衝突時に落下時の僅かな回転により粉が一方に偏り、それによって垂直抗力とのモーメントで回転が生じる。その回転により低い角度で横方向に飛び、跳ねる高さが低くなると考えられる。

【図7】水と粉のはねた高さの比較



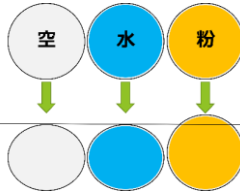
〈実験結果II (図7)〉

水を入れたときは跳ねた高さが再び大きくなったが、粉は小さくなったのちほぼ一定になった。MAXが更に低くなったことから、粉は重心のズレだけが影響しているわけではない。

〈考察II〉

図8のように空のときや水を入れたときには衝突の前後で弾性変形を起こすが、粉を多量入れると、次第に底面の粉が固まっていき、球と粉とが塊のようになり、弾性変形を起こさなくなることによって、粉は跳ねる高さが低くなったあとに横ばいになり、少し低くなっていていっていると考えられる。

【図8】球の性質変化



〈考察まとめ〉

- I 少量の粉を入れたときは球の重心が大きくずれ、垂直抗力とのモーメントが働き、球に回転が生まれ、低い角度で飛び、跳ねる高さが低くなる。
- II 多量の粉を入れると底の粉が固まり、球自体の材質が変わったようになり、跳ねる高さに影響を与える。

〈今後の展望〉

1. 落下中に回転があるときの研究。
2. 球内に水と粉を混ぜたものを入れたときの研究。

〈参考文献〉

- ・ 2020年度彦根東高校物理A班課題研究 ピンポン球内の液体の動きを用いた衝撃吸収の方法について
- ・ 2021年度彦根東高校物理A班課題研究 液体の動きを用いた衝撃吸収について