

作品名 自転車の石跳ねに関する研究
所属 岡山県立岡山一宮高等学校

学年2 氏名 大枝 俊介
阿部 将也
中尾 友斗

1.研究の要約

自転車で登下校している際、石を踏んでその石が跳ねて、ガードレールに当たった。その現象を石跳ねと名づけ実験を行った。石跳ねを起こすことのできる装置を作製した。再現性を上げるために石の代わりに正二十面体のさいころを、自転車のタイヤの代わりに手押し車のタイヤを回転させて実験を行った。この実験で、タイヤ内部の空気圧、タイヤの幅の中心からの距離、さいころのタイヤとの接触部分などの条件が見つかった。これらの条件がこの現象に影響を与えると分かった。

2.研究動機と目的

自転車で登下校している際、石を踏んでその石が跳ねて、ガードレールに当たった。この現象を石跳ねと名付け、石跳ねの発生率に影響を与える要因に興味を持った。本研究では石跳ねの発生率を上げるための条件を明らかにし、石跳ねの発生によって起きる、交通事故を抑止することを目的としている。

3. 方法

3-1 材料

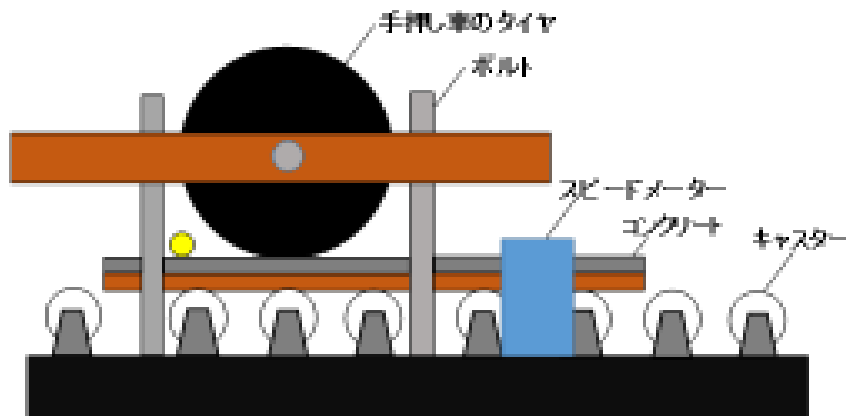
- ・手押し車のタイヤの半径18cm、幅8cm
- ・地面の土台(横91cm縦9、0cmの木材にコンクリートを流し込み、反対側に幅1、3cm溝を2本掘る)
- ・正二十面体のコンクリートに見立てたいころ 半径 一辺13mm
- ・ボルト4本
- ・空気圧計(エアゲージ ピットBK 6781)
- ・キャスターを24個
- ・10mmドリル(モデル6010N)
- ・スピードメータ
- ・木材

上記の材料を用意し、実際の石跳ねを再現した

* 各材料を用いた理由

- ・手押し車のタイヤを用いたのは、タイヤの幅の中心からの距離が自転車よりも測りやすいため
- ・コンクリートの土台を用いたのは、実際の地面の摩擦力を再現するため
- ・正二十面体のさいころを用いたのは、実験の効率を上げ、土台から落下するのを防ぎ、再現性を上げるため
- ・スピードメータを用いたのは速度を一定にするため
- ・ボルトを用いたのは、コンクリートにかかるタイヤからの圧力を一定にするため
- ・キャスターを用いたのは、コンクリートが動く際に進行方向にぶれずに進むようにするため
- ・ドリルを用いたのは、タイヤの回転数を一定にするため

3-2 実験装置



実験装置を図式化したもの

3-3 実験方法

タイヤはその場で回転するように設置する。ドリルを用いてタイヤを回転させることで土台であるコンクリートが進み、石と見立てた正二十面体のサイコロを踏むという仕組みである。



石跳ねの定義

タイヤがさいころを踏んで、水平方向に初速度が発生して、さいころが飛んだとき、石跳ねが発生したとする。

市販の自転車のタイヤ内部の空気圧は300kPaが最大であり、本研究で使用した手押し車のタイヤ内部の空気圧は170kPaが最大である

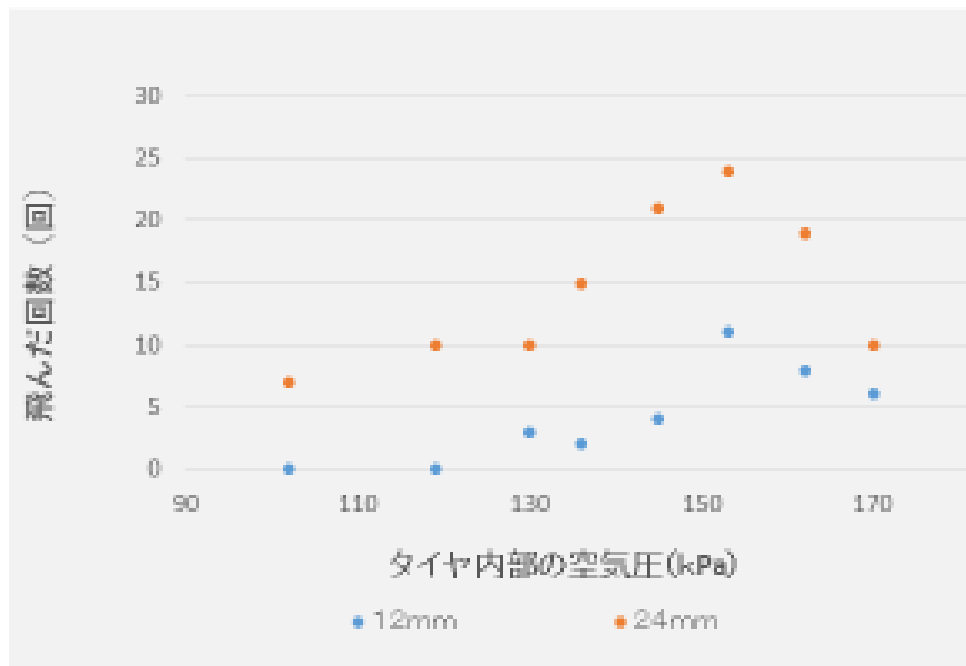
実験1

タイヤ内部の空気圧を変えることでさいころの飛ぶ確率が変わるのか実験した。この実験では、さいころの飛ぶ確率が高いタイヤ内部の空気圧を見つけるために、タイヤの幅の中心からさいころまでの距離を12mmと24mmの2パターンで固定し、タイヤ内部の空気を170kPaを100%とした。そして162kPa(95%)、153kPa(90%)、145kPa(85%)、136kPa(80%)、130kPa(77%)、119(70%)、102kPa(60%)と8分割し、各項目50回ずつ実験を行った。

仮説

タイヤ内部の空気圧は高い(まう)がさいころに与える力が大きくなるため飛ぶ確率が高くなる。

結果



タイヤ内部な空気圧と飛ぶ回数
タイヤからさいころまでの距離を12mmと24mmにした
タイヤ内部の空気圧を8分割した

考察

150kPa(90%~85%)前後が最も飛ぶ回数が多い  石跳ねが起こる確率が高い空気圧

空気圧が170 kPa(100%) のときには空気圧が高く、石がタイヤにくいにまずさいころが飛ばない。また、空気圧が低いとさいころがタイヤにくいに当たっても反発する力が弱いため石が飛ばない。153 kPa(85%) が一番飛ぶ確率が高い空気圧である。

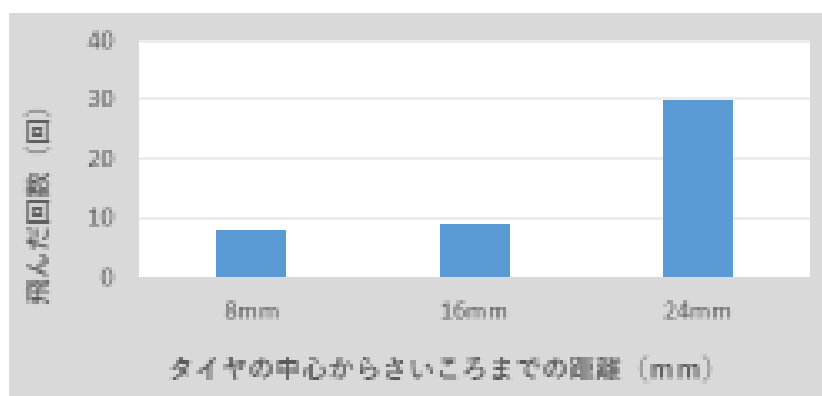
実験2

タイヤの幅の中心からさいころまでの距離を変えることで飛ぶ確率は変わるのかについて実験した。タイヤ内部の空気圧は170kPaで一定とし、タイヤの中心からさいころまでの距離を24mm、16mm、8mmの3分割してそれぞれ50回実験を行った。

仮説

さいころの当たる位置がタイヤの幅の中心から遠いほうが水平方向の分力が大きくなるため飛ぶ確率が高くなる。

結果



タイヤの中心からの距離と飛ぶ回数
タイヤ内部の空気圧は170kPaで一定

グラフのように、**24mm**のときに30回と一番飛んでいることがわかる。

タイヤの幅の中心から遠いほうがさいころの飛ぶ確率は高い****

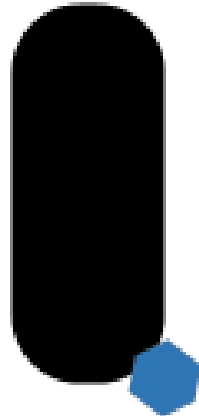
考察

さいころの当たる位置がタイヤの幅の中心から遠いほうが水平方向の分力が大きくなるので、石跳ねが起きる確率が高い。

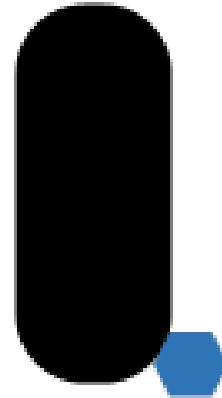
実験3

タイヤとさいころの接する部分を接触面積が異なる角と面にして実験を行った。実験の条件として、タイヤ内部の空気圧は1番飛ぶ確率の高い144.5kPaで固定して行い、タイヤの幅の中心からの距離を24mm、16mm、8mmにして実験を行った。各項目50回ずつ実験を行った。

角が当たる



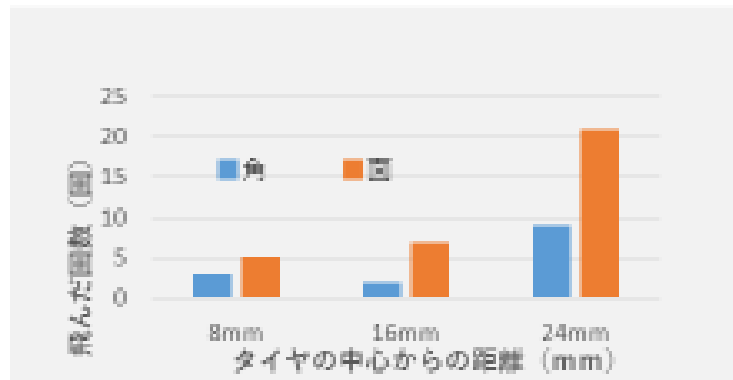
面が当たる



仮説

さいころの接触面積が小さいほど角がタイヤの溝に引っかかりやすいので角に接した時の方が面に接した時よりさいころが飛ぶ確率が高い。

結果



タイヤとさいころの接する部分と飛ぶ回数
の関係
タイヤ内部の空気圧は144.5kPaで一定

面で踏む方が飛びやすい

考察

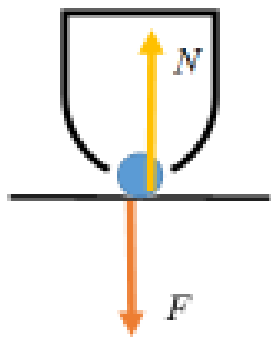
タイヤがさいころを踏んだ時、面のほうがさいころの重心を通る、鉛直方向の直線に近い。そのため鉛直方向の力が大きくなるので飛ぶ確率が高い。

4. 結果

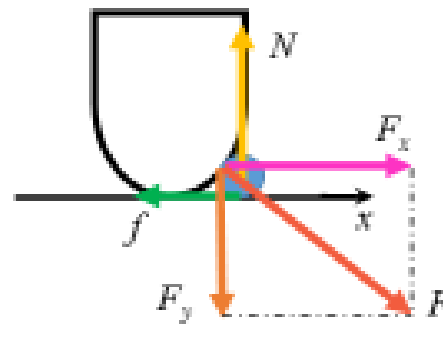
石跳ねが発生する確率が高い要因として、タイヤ内部の空気圧が153kPa (90%)だということ、タイヤの幅の中心からの距離が離れていること、タイヤとさいころの接触部分が面であることがあげられる。このことからタイヤ内部の空気圧を最大にするという呼びかけをすることで、石跳ねによる交通事故を抑制できる

5. 考察

飛ばない ($N = F$)



飛ぶ ($F_x > f$)



さいころが飛ばない場合は、タイヤがさいころを押す力(F)と垂直抗力(N)とがつりあうので飛ばない。飛ぶ場合は、タイヤがさいころを押す力を分解した時の垂直方向の力(F_y)と垂直抗力(N)とがつりあう。しかし分解したときの水平方向の力(F_x)がさいころと地面との摩擦力(f)より大きくなったとき飛ぶのではないかと考えた。

6. 展望

実際の石跳ねの現象ではタイヤ、石、地面には動摩擦力が生じるため摩擦を考慮する必要がある。また、石跳ねが起こる時にタイヤが石に与える力や石がタイヤに与える力などを測定し、理論的に石跳ねを説明したい。さらに、石跳ねの現象を簡略化して理論式を作りたい。

7. 感想

私たちの実験は先行研究がないため、1から土台を作り、実験装置や測定方法など多くのことに手間取った。しかし多くの予備実験を繰り返す中で、石跳ねが起きる場合と起きない場合の傾向がわかり、謎が解明されていく楽しさを感じることができた。今後ともこの石跳ねについて、探究し続けたい。