

研究班番号【 90 】  
物質から考えるコマの持続時間

物理班:玉井 裕雄、小野 直、加賀 友、糸田 充穂

### Abstract

We focused on the frictional force acting between the top and the floor and the mass of the top, and studied the duration of rotation. It was thought that the smaller the coefficient of friction, the shorter the duration, and the larger the mass, the shorter the duration. In order to investigate the duration depending on the magnitude of frictional force, an experiment was conducted in which the same top was spun on three types of floors with different frictional forces. In addition, in order to investigate the duration depending on the size of the mass, we also conducted an experiment in which two tops with different masses were rotated on the same floor. As a result of the frictional force experiment, the smaller the coefficient of friction, the shorter the duration. From this result, it was possible to express the generalized formula  $y = \{(9.65/x - 0.26)\} + 58.8$ . In addition, the results of experiments on mass showed that the larger the mass, the longer the duration.

### 要約

私たちは、コマと床との間にはたらく摩擦力とコマの質量に着目し、回転の持続時間について研究した。摩擦力が小さくなるほど持続時間が短くなり、また、質量が大きくなるほど持続時間が短くなると思った。摩擦力の大小による持続時間を調べるために、同じコマを摩擦力の異なる3種類の床の上で回す実験を行った。また質量の大小による持続時間を調べるために、質量が異なる2つのコマを同じ床の上で回す実験も行った。摩擦力に関する実験の結果は、摩擦力が小さいほど持続時間は短くなった。この結果から、一般化された式  $y = \{(9.65/x - 0.26)\} + 58.8$  と表すことができた。また、質量に関する実験の結果は、質量が大きいほど持続時間は長くなった。

## 1. はじめに

私たちは、LC物理班の「形から考える最高の独楽」(2020)より、コマの回転の持続時間はコマの形状によって変化するとわかった。そこからコマの回転の持続時間はコマを構成する物質によっても変化するのではないかと考え本研究に至った。物質と持続時間の関係を一般化することにより、コマに限らず回転するものにその性質を当てはめ、改良することができるというのが本研究の意義である。そこで、コマと床との間にはたらく力とコマの質量の2つに着目し研究を進めた。コマが回転する際に、軸と床との間で発生する摩擦力が大きいほどコマが回転しにくくなり、逆に摩擦力が小さいほどコマが回転しやすくなると思った。動摩擦力の公式  $F' = \mu' N$  より垂直抗力  $N$  が一定のとき動摩擦力  $F'$  の大きさは軸と床との間の動摩擦係数  $\mu'$  によって変化する。よって軸と床との間の動摩擦係数  $\mu'$  が小さければコマは回転しやすくなるため、回転の持続時間が長くなり、大きければ回転しにくくなるため、持続時間が短くなると思った。次に、コマの形状を円柱と見立てて、円柱の慣性モーメントの基本の公式  $J = MR^2$  より、コマの半径  $R$  を固定することで、コマの質量  $M$  が小さいほど慣性モーメント  $J$  が小さくなる。したがって、コマが回転しやすくなり、持続時間が長くなる。逆に質量  $M$  が大きくなり慣性モーメント  $J$  が大きくなると、コマが回転しにくくなり持続時間が短くなると思った。このように、回転の持続時間を摩擦力と慣性モーメントの2つの観点で仮説を立てた。

## 2. 研究手法

### 《実験1》

図1:実験の風景  
実験1では摩擦力の大小による回転持続時間の違いを調べ



る。

①質量33.7gのプラスチックのコマを用意する。

②三種類の体育館1階の石の床(摩擦係数0.35)、体育館2階の木の床(同0.60)、体育館3階のゴムの床(同0.90)の3つを用意する。

③それぞれの床の上での回転持続時間を調べる。(それぞれの床で、試行回数40回)

《実験2》

実験2ではコマの質量の大小による回転持続時間の違いを調べる。①質量33.7gのプラスチックのコマと質量70.2gの鉄、木製のコマを用意する。

②体育館3階のゴムの床を用意する。

③それぞれの床の上での回転持続時間を調べる。(それぞれの床で、試行回数40回)

いずれの実験においても試行する人は変えずに手で回転させた。なお、回転持続時間は床にコマがつき始めてから完全に動きが止まるまで、とする。

摩擦係数はwebページ①より参照

### 3. 結果

《実験1》

石の床での持続時間の平均は170秒。木の床での持続時間の平均は87.5秒。ゴムの床での持続時間の平均は74秒であった。これは仮説と違う結果になった。

《実験2》

プラスチックのコマで計測した持続時間の平均は74秒。木・鉄でできたコマの持続時間の平均は149秒であった。これらの値は質量比と同じように、約1:2であることがわかった。これは仮説通りであった。

### 4. 考察

摩擦係数に対する回転持続時間を一般化された式  $y = \{(9.65/x - 0.26)\} + 58.8 \cdots$  (※) と表すことができ、摩擦係数による持続時間の変化は分数関数のグラフによって持続時間が摩擦係数に反比例する形で表される。ただし、 $x < 0.26, x > 0.9$  の範囲においては実験外の摩擦係数の値となるため、あくまで  $0.26 < x \leq 0.9$  の範囲が持続時間と摩擦係数の関係において信憑性のある範囲となる。

質量の大きいコマは、回し始めにはそのモーメントを動かすため大きな力が要求されるが、モーメントの値が大きいため回り続ける力が大きくよく回る。

### 5. 結論

摩擦力によるコマの回転時間を求める式を作ったことで、ある摩擦係数による持続時間を限られた範囲で一般化できた。今後はこの範囲を増やすため、様々な摩擦係数のもとで実験を行う。質量の大きなコマと小さなコマでは大きなコマのほうが持続時間が大きい。今後は、様々な質量のコマを回すことでこの考察を一般化する。

### 6. 参考文献ならびに参考Webページ

①優しい実践 機械設計講座 <http://kousvoudesignco.dip.jp/rikigaku11.html> 7/6

②東京電機大学エネルギー研究部 「慣性モーメントとは？」

<http://www.sg.dendai.ac.jp/s1g-energy/contents/blog/inertia/inertia.html> 6/27

③高津高校 LC物理班 井上貴弘 ほか (2020) 「形から探る最高の独楽」

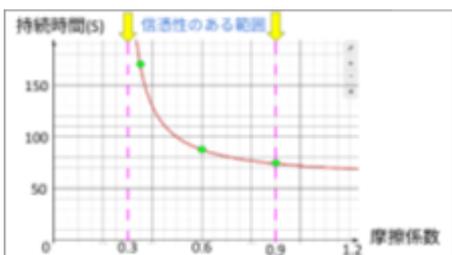


図2:(※)のグラフ