

タイトル	コマを使ったトライボロジー実験						
対 象	□専門家 ■大学生 ■中高生 ■小学生 ■未就学児童						
スタイル	■講義・実験ショー □ブース形式 ■参加型						
難 易 度	準備 (素材の入手, 作製のスキル)	簡単	1	2	3	④	5 難しい
	実演・説明 (再現性)	簡単	1	2	3	④	5 難しい
概 要	<p>コマ先端と床との間の摩擦の違いを、コマが回る時間で理解してもらうことを目的とする。材質や潤滑油の有無により、摩擦がどのように変化するか、2つのコマが回る時間を比較することによって理解する。</p> <p>コマ先端と床の材料は鉄や各種プラスチック、セラミックスなどに交換でき、さらに潤滑油やグリースも供給可能である。コマを同時に2個回すことができ、その回転時間を比較することができる。同じエネルギーを与えても、摩擦が大きいと早く回転が止まり、エネルギーロスになることも理解できる。</p> <p>材質や潤滑油の有無によるコマの回転時間を比較して順位をつけ、どのような組合せにすると摩擦が小さくなるか、自分たちで考えながら学習する。</p>						
用意するもの	<p>(1) コマの摩擦についての説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パソコン, プロジェクター, スクリーン <p>(2) 実験 (実習)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コマ実験装置 ・コマ ・ベース ・直流電源 ・ハンディタコメータ ・ペンチ ・記録用紙 						
実験装置の作り方	<ul style="list-style-type: none"> ・実験装置は大別して、シューター部(台座+支柱+モータ台+モータ+駆動軸), コマ, ベースに分けられる(図1)。 ・このうちコマとベースは、ともに複雑な加工が必要であり、児童生徒ならびに学生による自作は難しい。 ・シューター部はまだ最適化されていないが、図1のように台座から2本の支柱を立て、モータが2台載るモータ台をボールブッシュで取り付ける構造にした。モータ台と台座の間の支柱にはコイルばねを入れた。 ・モータ回転軸にはコマを駆動する軸をつなげ、その先端はコマの心棒と勘合するよう、図2に示す構造にした。 ・2台のモータは1台の定電圧直流電源に並列につなげ、片方の回路に速度調節用の可変抵抗器を入れた。 						

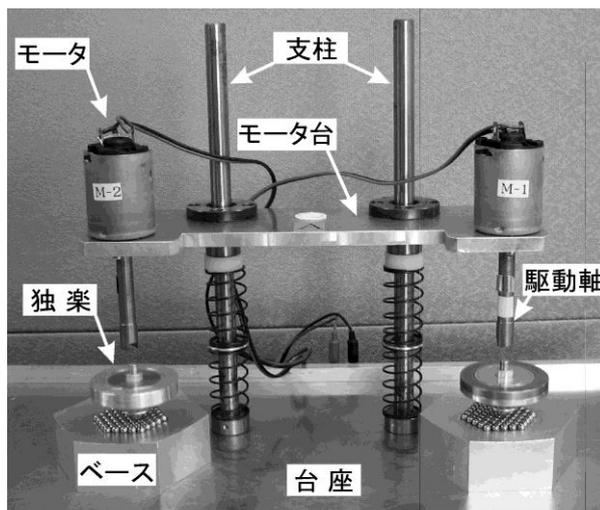


図1 装置の構成

- ・コマは図3に示すような構造で，先端を交換できる．ベースと接する先端部には軸受用球(5/16in)を用いた．コマ本体はアルミ製で，鉄製の錘部の設置位置によって慣性モーメントが異なる2種類($2.1 \times 10^{-5} \text{kgm}^2$, $3.1 \times 10^{-5} \text{kgm}^2$)を製作した．質量はどちらも同じ96gである．
- ・ベースは図4に示すように，緩やかな凹R面上に軸受用鋼球(3/16in)が61個敷き詰められた構造になっている．すなわち，この装置においてコマはベースと3点で接触しており，接触円径も6.9mmあるため，コマを減速させる摩擦トルクが大きい．

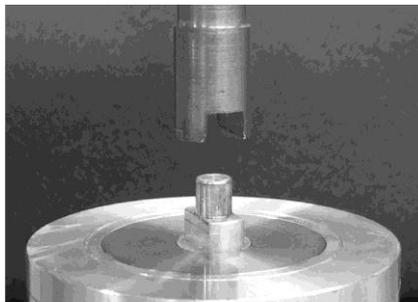


図2 独楽の心棒と駆動軸のはめあい部分

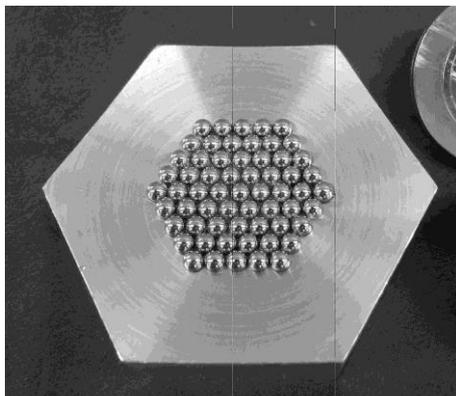


図4 ベースの上面

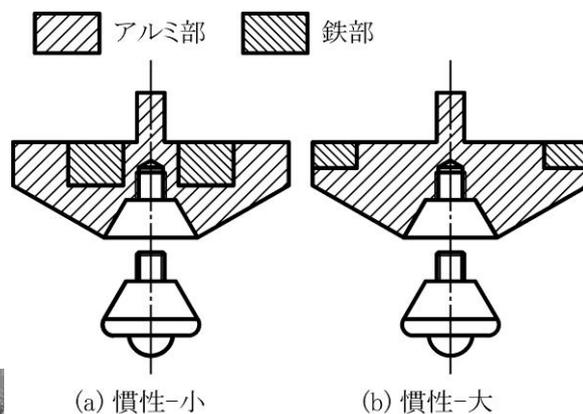


図3 独楽の断面図

実験・実演の手順

(1) 実験準備

- ・2つのモータの回転数をハンディタコメータで測定し，同じ値になるように可変抵抗器で調節する．概ね2000rpm程度にしておく，子供の集中力が切れる前にコマが止まる．
- ・実際に同じ条件のコマを回し，同時に止まることを確認する．

(2) 導入の講義

- ・教員，TA(ティーチングアシスタント，大学生がメイン)の自己紹介
- ・摩擦の基礎的な講義(摩擦の重要性，身近な摩擦現象の解説，コマの原理等)
- ・実験の概要説明(実験場所，実験時間，実験方法等)

(3) 実験方法

- ①まず，すべてが同じ2つのコマを同時に回し，同時に止まることを示す．これは結構難しいが，実験中にこれを求める小学生もいるので必須である．
- ②ベースはそのまま，慣性モーメントの異なるコマを同時に回し，慣性の大きい方が長く回ることを確認する．
- ③慣性の小さい方のコマの先端やベース，潤滑状態などを変えて，摩擦力が小さくなる

組合せなどを調べる。

④それぞれの改善点の効果を見るために、慣性の同じコマで実験してもよい。

⑤これまでに実演した結果の一例を表1に示す。

表1 一般公開における対戦表

慣性-小			慣性-大		
独楽先端	潤滑	戦績	独楽先端	潤滑	戦績
ナイロン	無	●●●●●●●●	ナイロン	無	○○○○○○○○
ナイロン	有	●●●●●●●●	ナイロン	無	●●●●●●●●
テフロン	有	○○○○○○○○	ナイロン	無	●●●●●●●●
ポリプロピレン	無	●●	ポリプロピレン	無	○○
ポリプロピレン	有	○○○	ポリプロピレン	無	●●●

○…勝ち ●…負け ○…引分け

実験結果 と考察	<p>(1) 考察</p> <ul style="list-style-type: none"> ・慣性モーメントの違いを問うた場合、特に小学生男子の正解率が高かった。逆に、高校生の正解率の方が低い場合もあった。どうやら、ベイブレードというオモチャでは、錘を付加して回転時間を長くするようなチューニングを自分でできるらしく、これが効いているものと思われる。 ・台座の球を PTFE にすると、摩擦が小さく長く回ると予想したが、逆の結果になった。摩擦が小さいためにベースの谷部にとどまることがなく、球を乗り越えて走り回るためにエネルギーを消費し、回転時間が鋼球より短くなることもあった。 ・潤滑油を用いると流体潤滑の効果が得られるが、油が周囲に飛び散るため、グリースを用いた。 ・子供がベースやコマ先端を触ることが多いが、皮脂が潤滑性を与えることがあるので注意を要する。ちなみに、トライボロジー学会某氏の鼻の脂は抜群の効果があつた。 ・コマ先端にプラスチックを用いる場合、慣性の違いや潤滑剤による回転時間に有意な差が得られたのはポリプロピレンであつた。
バリエーション	<ul style="list-style-type: none"> ・コマの先端径や初速回転数を変える ・コーティングなども試すことができる
参考文献	是永 敦, 間野大樹: 独楽を用いた子供向けトライボロジー実験, トライボロジスト, 52-10(2007), p.717
費用	1セット(シューター1台, コマ本体2個, 先端12個, ベース4個)で約20万円
詳細問い合わせ先	東京農工大学大学院工学研究院先端機械システム部門 安藤泰久 y-ando@cc.tuat.ac.jp