

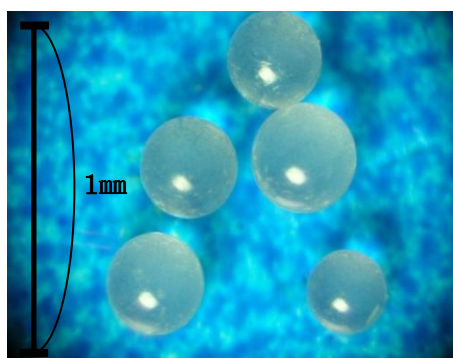
「青少年のための科学実験教育  
モデル事業」：公開テキスト（Ⅱ）  
（平成28年度 NTTドコモ市民活動助成事業）  
「まさつのない装置を  
使った運動の実験」



まさつのない装置のしくみを説明



ホバークラフトでピンをたおすゲーム



微小ビーズを顕微鏡（40倍）で観察



反作用がないため飛べないカエル

名前：

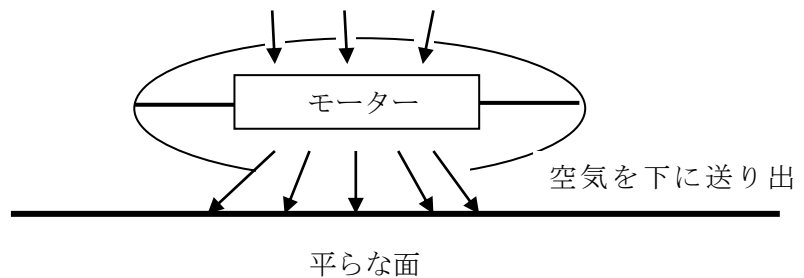
## <グループ実験1. ホバークラフト>

(空気のうすい膜(まく)でまさつをなくす)

・まさつのない状態を作る方法に、空気を流して物体をうかし、物体が直接床の面とふれな  
いようにする方法があります。この装置を“ホバークラフト”といいます。



ホバークラフト



・ホバークラフトを使って机の上で実験をしてみましょう。スイッチを入れるとモーターが回り、空気を机の上  
にふき出して物体がうきます。空気をはさんで物体と机  
の面が向き合うので**まさつはありません**。

・ホバークラフトを少し手で押してやると一定の速度  
で動きます。

・ホバークラフトと机のすき間に、うすいシートを  
ゆっくり通過させてみましょう！

・中の構造(こうぞう)が見えるホバークラフトがあるので、よく観察してください！



ホバークラフトの下側に空気が  
吹き出ている



ホバークラフトを使って、ボーリン  
グのピンを倒(たお)すゲームを  
してみましょう！  
ホバークラフトをゆっくりすべり  
出してください！

### 風船ホバークラフト

- ・うすくて軽い CD 板を使って簡単なホバークラフトを作ることができます。市販のものは 1 個 800 円もします。自分で工夫して作ってみましょう。
- ・CD にプラスチック（アクリル）のパイプ（外径約 18mm、内径約 13mm）を溶剤（ようざい）で固定します。
- ・風船をふくらませたら口のところをねじって、空気を出にくくした状態で、風船の口をプラスチックのパイプにはめます。

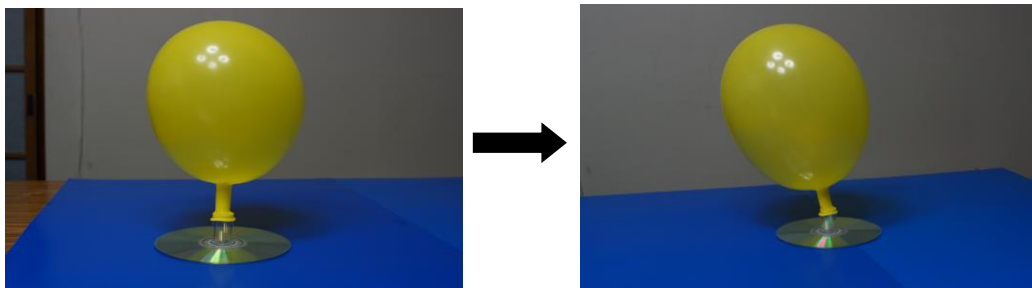


ホバークラフトを作る材料



直径が 1 mm 程度の穴をあけておく

- ・風船を取りつけた CD を机などの平らな面に置き、風船を少しおします。風船はスーッと浮かんで動いていきます。



- ・風船は動くとき、空気による抵抗のためにフラフラと揺（ゆ）れます。そのために等速運動をうまく見ることはできません。そこで少し改良しました。

### <改良風船ホバークラフト>

- ・風船がフラフラしないように、大きなカップラーメンの容器に風船をとじこめます。

・カップラーメンの容器の底に約直径 2 c m 程度の円形の穴をあけます。

・風船を膨（ふく）らませたら、風船の口をねじって空気を出にくくして、左の指でつまんでカップラーメンの容器にあけた穴を通し、右の手の指で受け取ります。



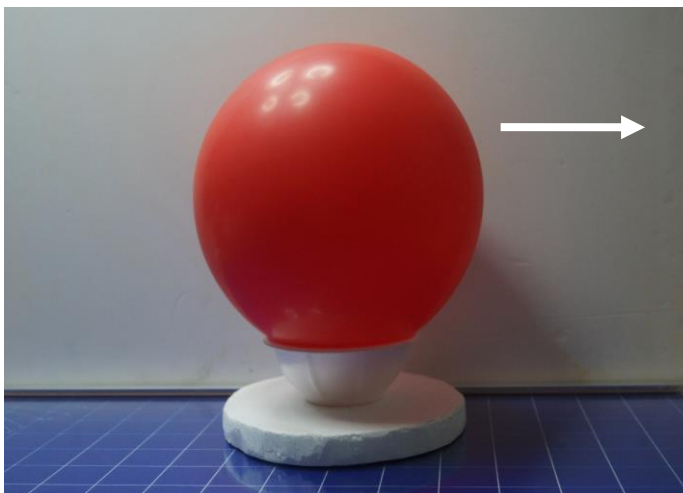
・風船の口を指で開いてプラスチックパイプにはめます。はめたあと、風船のねじりをしてから、カップラーメンの容器と風船全体をパイプにおしこみます（このとき、CD は机の面におさえるようにして空気を逃がさないようにします）。



口のねじりをといた後、容器をパイプにはめこみます



風船が動かないので安定した等速運動が観察できます



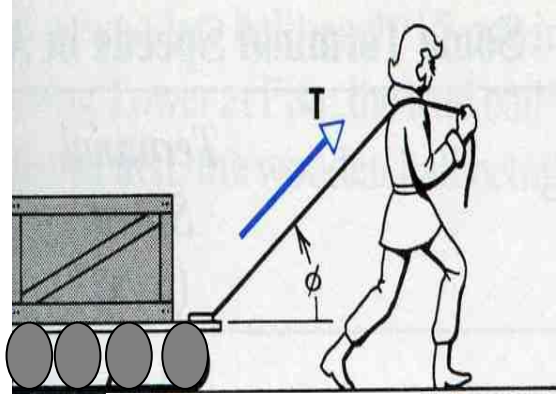
CD のかわりに、軽いスチロールの板（厚み 3cm、直径 25cm）を使い、風船は大型風船を使って、もっと大きな風船ホバークラフトができます！（風船は手漕ぎポンプで膨らませます）

## ＜グループ実験２．コロと微小ビーズを用いるまさつのない装置＞

・昔の人は重い石などを運ぶときに木の丸棒（まるぼう）を引いてコロとして使い、まさつを小さくする工夫をしていました。

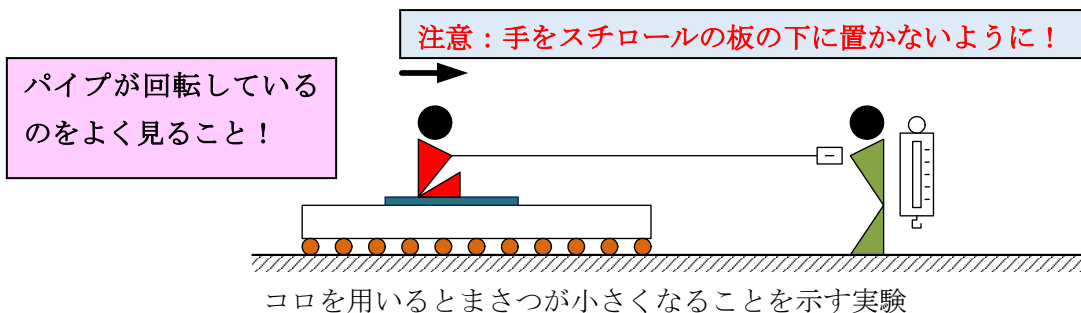
・物体と面の間に回転するものが入るとまさつが小さくなります。

・しかし、**この場合1方向にのみ動き、他の方向には動かせません。**



昔の人のコロの利用

・紙のパイプ（パイプ径約7 c m、長さ1 m）を床に数本敷（し）いて、その上に発泡スチロールの硬い板（厚さ5 c m）をのせ、その上に1人の児童をのせて引っ張ります。



ロープにバネばかりをつないで、動かすに必要な力をバネばかりで測定してみましょう。

児童の体重 =  kg 重 （体重計で測定）

直接床を動かすときの力 =  はかれない？ kg 重

コロを用いたときの動かす力 =  kg 重

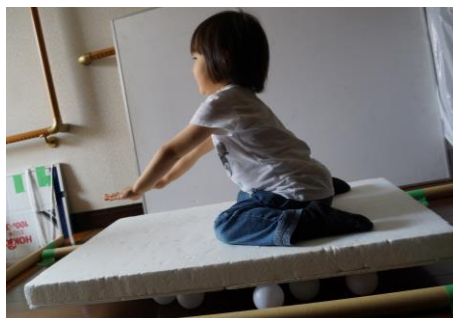
（無理に測定しなくてよいです）

・紙パイプにかえて、プラスチックのかたい、比較的軽いボールをスチロールの下に敷（し）き、スチロールの上に児童がのってみましょう。この場合は、どの方向にも簡単に動かすことができます。





床（ゆか）にかたいプラスチックのボールをしく



ボールの上にスチロールの板を置き、児童がのってすいすい！

- ・手をスチロールの板の下に置かないように！
- ・児童がスチロールの板から落ちないように、スタッフはまわりで補助してください。

### ピンポン球を使う

・微小ビーズを用いてまさつのない装置ができるしくみは、ピンポン球を用いて説明できます。

・ピンポン球の上に大きなお皿（キティちゃんを乗せる）を置いて、押し出してみましょう！ キティちゃんはスーッと動いていきます。



ピンポン球を使い、まさつの無い装置のしくみを説明

ピンポン玉が回転しているのを確認！

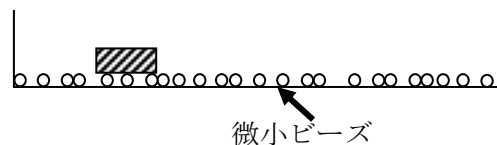
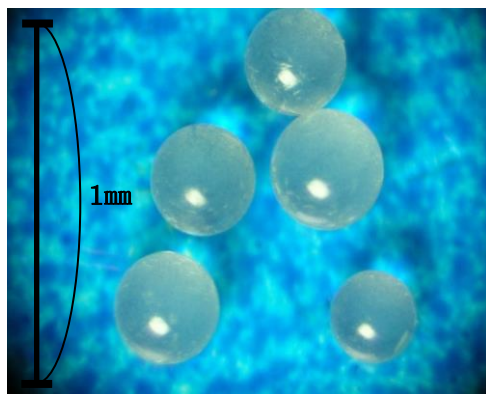
・ピンポン球の数が多すぎる場合、

ピンポン球同士がこすれあって、抵抗が大きくなることを確かめましょう。微小ビーズをまわるときも、単位面積あたりのビーズの数があまり大きくなりないようにまきます。

物体は3点（3つの球）で支えられれば十分なのです。

## 微小（びしょう）ビーズ球を用いるまさつのない運動

- ・平面上に球形の玉をしくと、玉が回転することによってまさつが小さくなることがわかりました。微小ビーズの玉の質量はごく小さいので、玉が回転してもエネルギーをほとんど使いません。
- ・ビーズ板の上に**微小ビーズをまく前と、まいた後で、ガラスシャーレの運動がどう異なるかくらべましょう**。微小ビーズをまいた平面では、まさつがないので運動は続きます。
- ・微小ビーズ（虹ビーズ）の場合、少しかたむけても、ビーズが表面にくっついたままで流れ落ちないことに注意しましょう。
- ・下の写真は微小ビーズの顕微鏡写真（けんびきょうしゃしん）（40倍）です。球形であることに注目してください。球の直径は0.3mm程度です。
- ・微小ビーズはとても小さくほとんど目に見えませんが、目をビーズ板に対してしてななめから見ると少し白く見えます。



**ビーズを顕微鏡で観察する！**

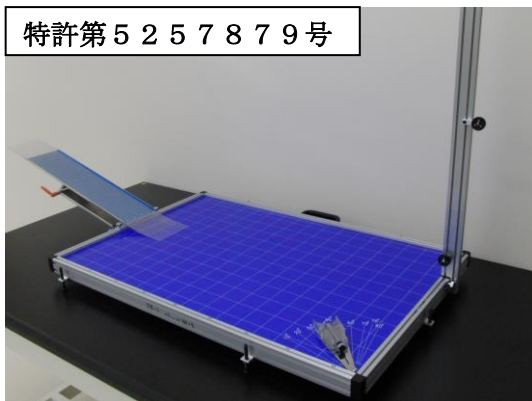
- ・ついでに塩の結晶も観察しましょう。

**※注意：小さな虹ビーズが目や、口に入ってはいけなないので、手でビーズにふれないように注意しましょう。実験中はメガネを付けて下さい。ビーズが手についたらウェットティッシュで手をふき、実験が終わったら、水で手を洗い流しましょう。**

## ビーズ板上で物体を動かす

- ・微小ビーズは理科教材会社ナリカ から虹ビーズ(D20-1406-01) として販売されています。
- ・ビーズ板（微小ビーズをまいた面）上でいろいろな物体を動かして運動を観察しましょう。

特許第5257879号



まさつのない実験装置

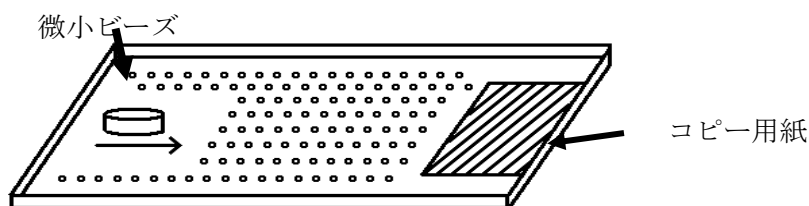


ビーズ振り容器

底が平らで、軽い物なら、何でもビーズ板上を動かすことができます。

### 紙の上ではまさつがあるので止まる

- ・ビーズ板上で物体を押し出します。ビーズ板のはしに紙がしいてあり、紙のところではまさつ力が働き、物体の速度が減少して止まってしまいます。
- ・物体の速度が大きいほど、紙の上で止まるまでの距離が長くなります。



### 手で押し出すかわりに、斜面からはなす

- ・ビーズ板に連結させたプラスチックの斜面（ビーズを静電気で付着）にガラスシャーレをのせ、それをある高さからはなすと、シャーレは速度を持ってビーズ板上におりてきます。シャーレを離す高さによって、速度を変えることができます。



ビーズ板に連結させた斜面



プラスチックの手袋をして、ティッシュを手を持ち、プラスチックをよくこすって静電気を帯びさせます。静電気を帯びた微小ビーズを斜面に付着させます。



### 棒磁石を入れたガラスシャーレが北を向く

- ・小さな棒磁石を底が平らな容器にとりつけてビーズ板の上に置きます。すると磁石の N 極が北の方向に向くように容器は回転します。ごくわずかな力でも目で見えるのが、この装置のすぐれたところです。

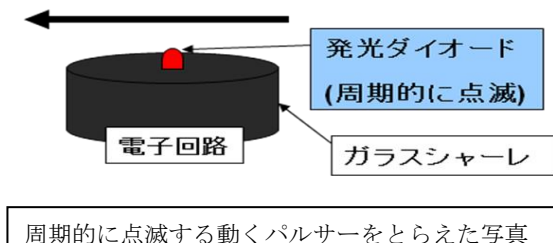
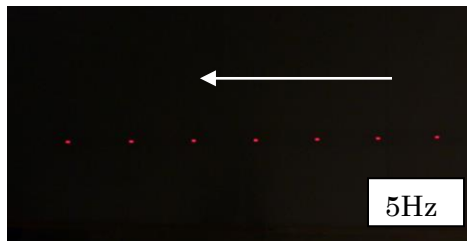


棒磁石の N 極が北を向く

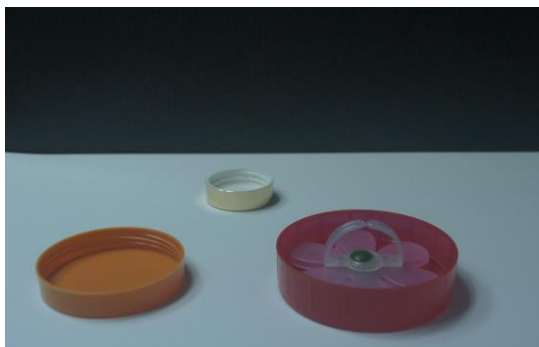
### <グループ実験 3. 慣性の法則>

#### 等速運動

- ・物体に力（まさつ力も）がはたらかない時、物体は最初持っていた速度を持ち続け、等速運動します。これは運動の法則の 1 つで「慣性の法則」と言います。「運動の第 1 法則」とも言うこともあります。
- ・ロケットを宇宙に打ち出したとき、宇宙には（空気がなく）抵抗が全くないので、ロケットのエンジンを停止してもロケットはその時に持っていた速度で宇宙を進みます。



- ・等速運動しているので、光っている点と点の距離が同じになっています。



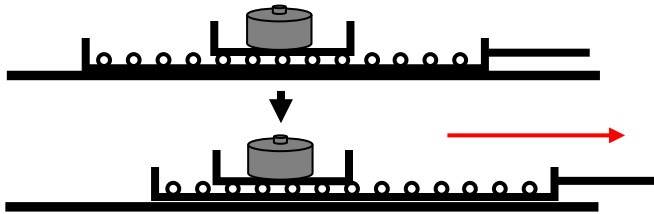
打ち出し器でたたいて、円形の蓋（ふた）の的（ま）をめがけて打ち出します



打ち出し器で円形プラスチックを打ち出し、P.K ゲームを楽しみます

## 静止した物体で見る“慣性の法則”

- ・力が働かなければ、物体はその位置に静止し続けます。これも“慣性の法則”です。

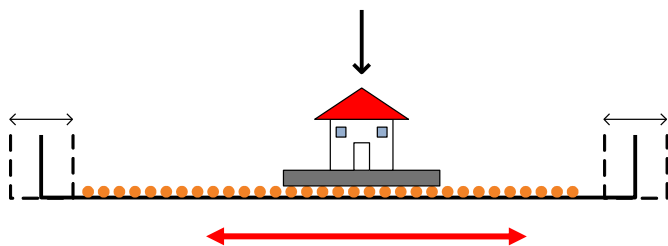


直径の大きなシャーレ

- ・大きなガラスシャーレをビーズ板上において、下のビーズ板を急に水平に移動させてみましょう。この時、ガラスシャーレ自体は動いていないことを示すために、1人の人が指を出して、ガラスシャーレの中心の位置をさしましょう。

- ・底がたいらな重い金属（アルミ板：2 x 10 x 15 cm）を B.B 弾の上に乗せます。その上に家を表す木を置き、それに家の絵をはりつけます。

- ・地震が起こったように、机の上でプラスチックケースを、はげしく左右に、水平に動かしてみましょう。“慣性の法則”により家が乗った金属の板はほとんど動きません。



BB 弾を敷いた平面の上に家の模型を置いて、BB 弾の入った容器を左右に激しく動かします



- ・この実験を BB 弾のないところで行ってみます。まさつによって、プラスチックケースの振動がそのまま家の模型に伝わり、家はすぐに倒れます。

### ＜だるま落としの実験＞

- ・だるまおとしは上の実験と同じ物理現象です。
- ・途中の木を急に強くたたくと、そのみが力を強く受け横に飛び出します。しかし、上には力がおよびません。上は“慣性の法則”で止まっています。
- ・ゆっくり途中の木をたたくときはまさつ力で上の木にも力が伝わり、だるまはくずれてしまいます。

※注意：たたいた木がとび、人に当たるのをふせぐために、ついたてを立てて実験してください。

- ・だるま落としをまさつの少ない面に置いて実験してみます！だるま落としがうまく出来ます。

小さいティッシュの箱をつみあげ、途中の1つの箱を水平にたたいて、それだけを取り出してみましよう！」



だるま落とし



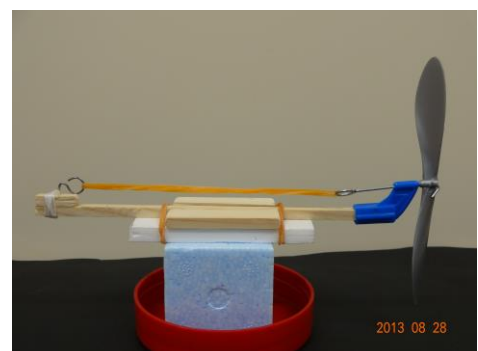
まさつのない面でだるま落としをする

### ＜グループ実験4．力、速度の変化、回転運動＞

#### プロペラ機

- ・輪ゴムの力を利用したプロペラの力はかなり弱く、その推進（すいしん）力でまさつ力に打ち勝って平面を動くことはできません。
- ・しかし、微小ビーズをまいたビーズ板の上はまさつが小さいので輪ゴムプロペラ機でも動かすことが出来ます。

- ・プロペラ機をビーズ板上に放（はな）すと、プロペラの力で速度が



輪ゴムの力で動く小さなプロペラ機（ビーズ板上で動く）

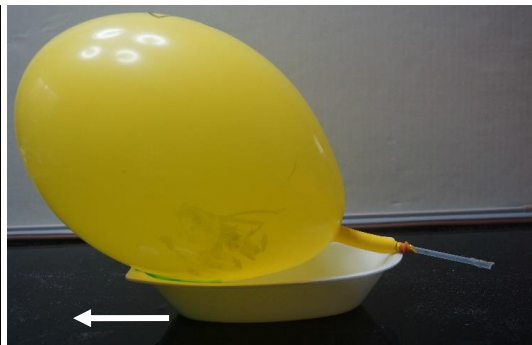
だんだん速くなることを確かめて下さい。ゴムが1本と、2本の場合を比較しましょう。

### 風船から吹き出る空気の力で

・ロケットはガスを高速で吹き出す反作用の力で進みます。風船から空気が吹き出る時の反作用で風船が飛ぶのをみたことがありますね！ その空気をゆっくり吹き出させて、小さな力を作り、その力で風船をビーズ板上でゆっくり動かしてみましょう。



カレー用のトレイにふくらませた風船を固定するために、粘着テープをはる、

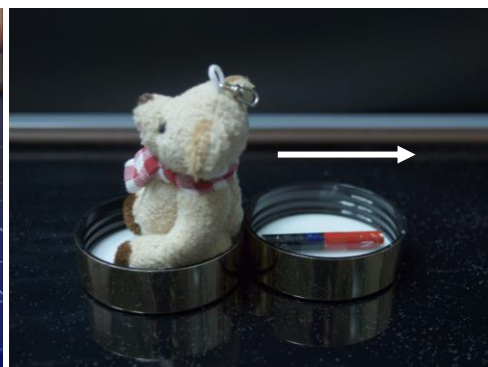
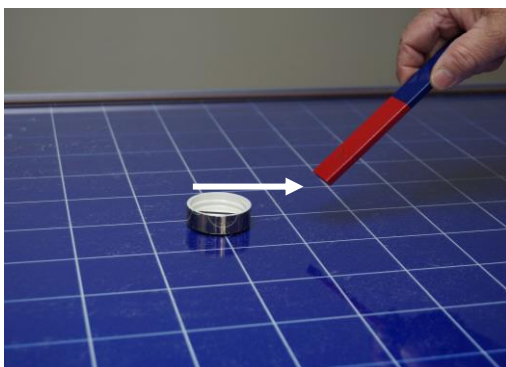


ふくらませた風船から少しずつ吹き出る空気の力で、ゆっくりビーズ板上を動きます

### 磁石に磁石を近づけて引くと速度がだんだん速くなる

・まさつがないのでビーズ板上の小磁石はほかの磁石を近づけるとすぐに動きます。まさつのあるふつうの机の上では、決して見られない磁石の動きを見ることが出来ます。

・大きなU字型磁石を、小さな棒磁石に近づけ、引いてみましょう。小さな磁石の速度はだんだん速くなります。

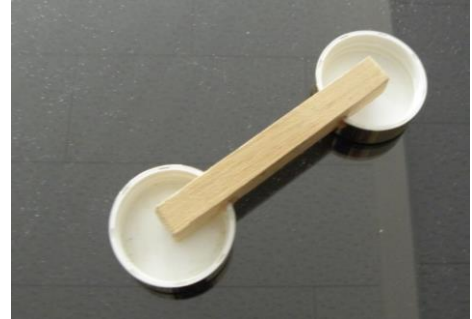


ビーズ板上の棒磁石に反対の極を近づけ引くと、速度がだんだん速くなる

・今度は、磁石を上の方に近づけて、ぐるぐるまわしてみましょう！

## 回転運動

・まさつのないビーズ板上で右下の写真のような物体を回転させましょう。まさつがないので、グルグルと回（まわ）り続けます。次に、回転させると同時に、前方向に進む力を与えてみましょう。進みながら回転する運動を見る事が出来ます。



プラスチックの蓋（ふた）を2個つないだものを回転させる

・通常の実験では、まさつがあるために、このような基本的な現象を目で見ることはできません！！

## スケートの回転

・テレビでよく見るスケートの競技(きょうぎ)の中では、かならずスケーターの回転があります。

・自分で回転を体験するのは、なかなか難しいことです。しかし、このまさつのない装置を使えば、木の人形を用いて、自分が回転したような気分になれます。



まさつのない装置の上で人体の回転運動

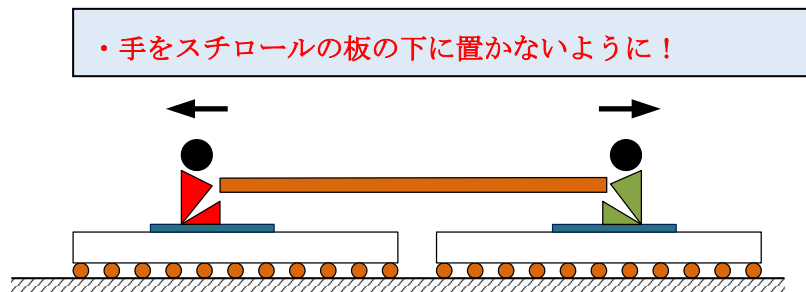
## <グループ実験5．作用・反作用の実験>

### コロを用いて実験

・紙パイプのコロを用い、“作用・反作用”の実験をやってみましょう。そのために、紙パイプの上に厚い発泡スチロールの板をのせ、それに児童2人が乗り、お互いに、



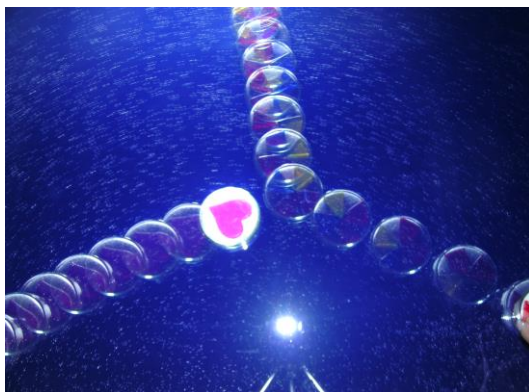
おしたり、引いたりしてみます。自分が相手を押す・引くと同時に、自分も押され・引かれているのがわかります。



コロを用いて、2人の児童が作用・反作用を体験する実験

## 2個の円形磁石で実験

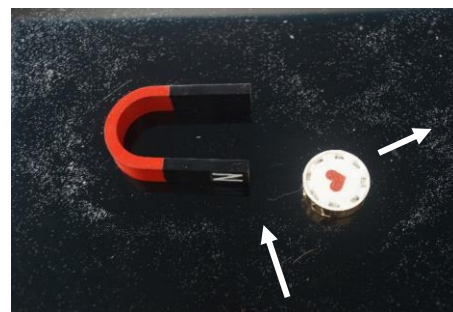
・まさつのない装置の上に円形磁石を静止させます。もう1つの円形磁石に速度を与えて近づけます。すると、お互いに力がはたらき、静止していた円形磁石は動き出し、一方、速度を持って近づいてきた磁石は反対の力を受け、それまでの速度の向きが変わり、また速度の大きさも変化します。このような実験は通常は見ることはできません。まさつのない装置を用いて、はじめて見る事ができるのです。



ストロボ写真法でとった、  
2つの円形磁石を用いる  
作用・反作用の実験

・右の写真のように、U字型磁石をビーズ板の上に置き、それに円形磁石をすべらせて近づけてみましょう。とても面白い動きをします。

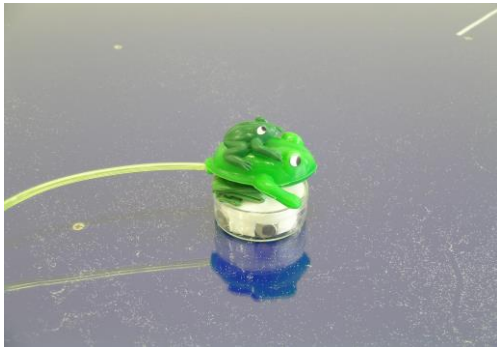
円形磁石は外側がN極となっており、U字型磁石のN極と反発し、S極に引かれます



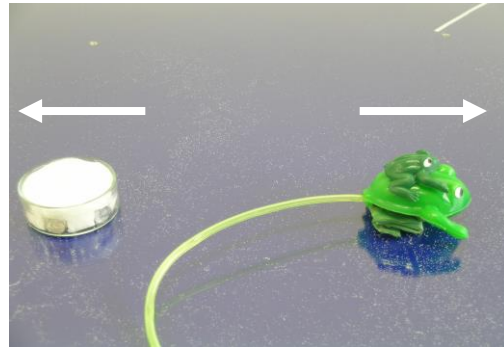
### 飛び出すカエルを用いた実験

・人が地面の上で飛び上がる時、足で地面を押すことで地面から反作用の力を受けて、飛んでいるのです。しかし、地球は大変重いため力を受けても動かないので、目で見ることはできません。今回のまさつの無い装置を用いると、作用と反作用の力の関係を見ることができます。

カエルが飛び上がろうとしシャーレを押すと、ビーズ板上でまさつがないので、シャーレは後ろに動きます。と同時に、カエルはシャーレから反作用の力を受け前に飛び出します。



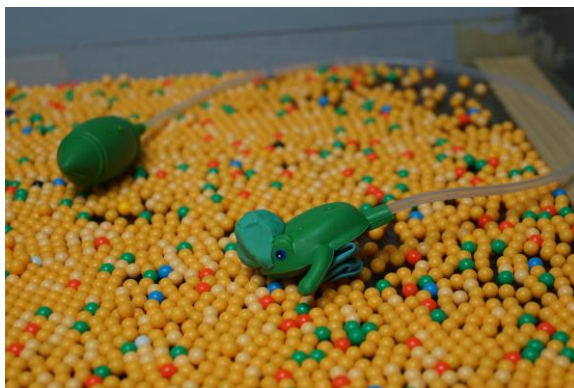
微小ビーズの上にシャーレとカエル



カエルが前に飛び出すと、シャーレは後ろへと飛ばされる

チューブにビーズが付かないように、チューブを左手で持ち上げて、右手で空気を押し出してください！

・BB弾（だん）を敷（し）きつめた大きなケースの中でカエルのジャンプをやってみましょう。この場合、BB弾が回転し、まさつがありません。そのため、いくらカエルがジャンプしようとしても反作用がなく、カエルは前に進むことができません！



BB弾をしいた所では  
反作用がなく、カエルは  
ジャンプして前に進めない

## おもちゃのショベルカーを使って実験

- ・ショベルカーやブルドーザーは地面がでこぼこになっていても平気で動けるようにベルト式のタイヤとなっています。

- ・しかし、地面とタイヤの間にまさがらない状態（たとえば氷の面）では、スリップして動くことができません。

- ・ラジコンで動くショベルカーを操作して、まず、机の上で動かしてみましょう。

次に、BB 弾をまいた所で動かしてみましょう。スリップしてうまく動かすことができないことを確認しましょう。



ラジコンで動くおもちゃのショベルカーが BB 弾をまいた所で立ち往生

注意：児童をあまりショベルカーに近づけないようにしてください！BB 弾がはねて飛んでくることがあります。

- ・まさはじゃまな物ではなく、とても大切です。