

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第5回 2024/10/21

第2章 力学：保存則という考え方 回転運動

真貝 寿明

Hisaaki Shinkai



<https://www.oit.ac.jp/is/shinkai/mukogawa>

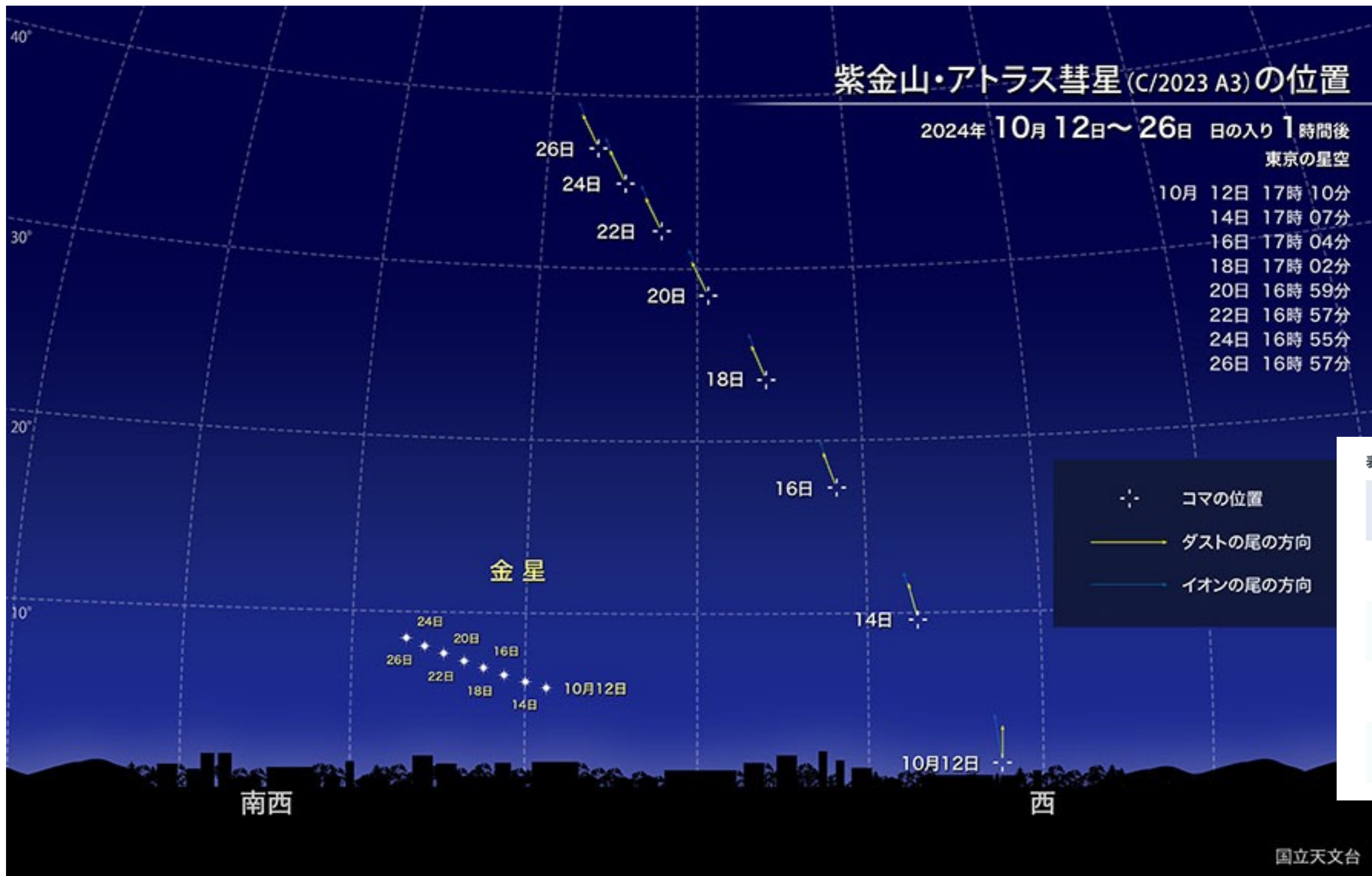
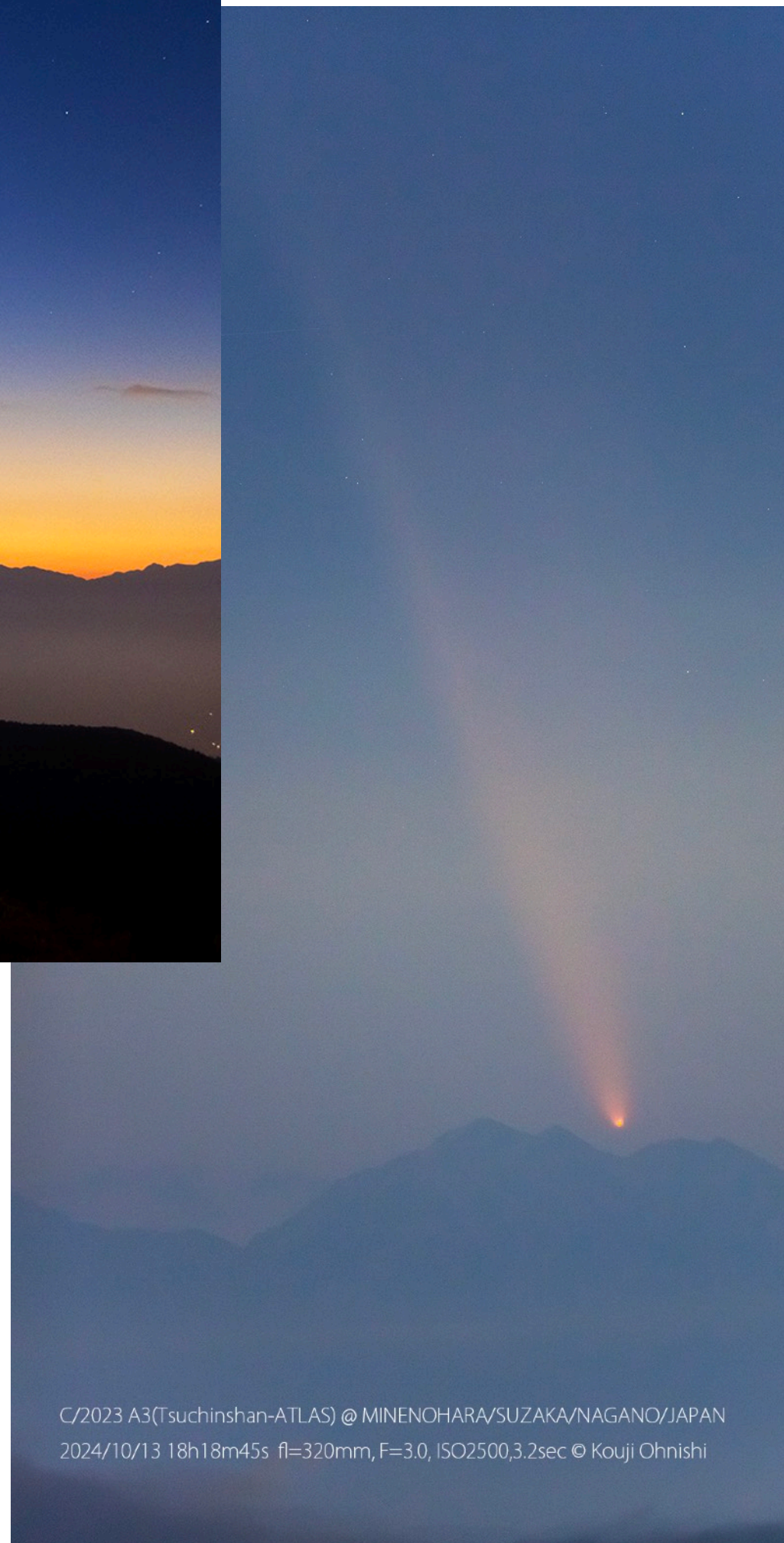


表1 紫金山・アトラス彗星の位置と明るさ (日の入り1時間後、東京の場合)


日付	時刻	方位と地平高度	明るさ
10月12日	18時09分	西1度	1.5~2.5等
10月13日	18時08分	西5度	1.5~3等
10月14日	18時06分	西10度	1.5~3等
10月15日	18時05分	西14度	1.5~3等



C/2023 A3(Tsuchinshan-ATLAS) @ MINENOHARA/SUZAKA/NAGANO/JAPAN
2024/10/13 18h13m04s FUJIFILM GFX100S II fl=110mm(F=2), F=2.5, IS640,2sec © Kouji Ohnishi


C/2023 A3(Tsuchinshan-ATLAS) @ MINENOHARA/SUZAKA/NAGANO/JAPAN
2024/10/13 18h15m00s fl=24mm, F=2.8, ISO 1600,4.0sec © Kouji Ohnishi

C/2023 A3(Tsuchinshan-ATLAS) @ MINENOHARA/SUZAKA/NAGANO/JAPAN
2024/10/13 18h18m45s fl=320mm, F=3.0, ISO2500,3.2sec © Kouji Ohnishi

 大西 浩次
★お気に入り・3日前・🌐

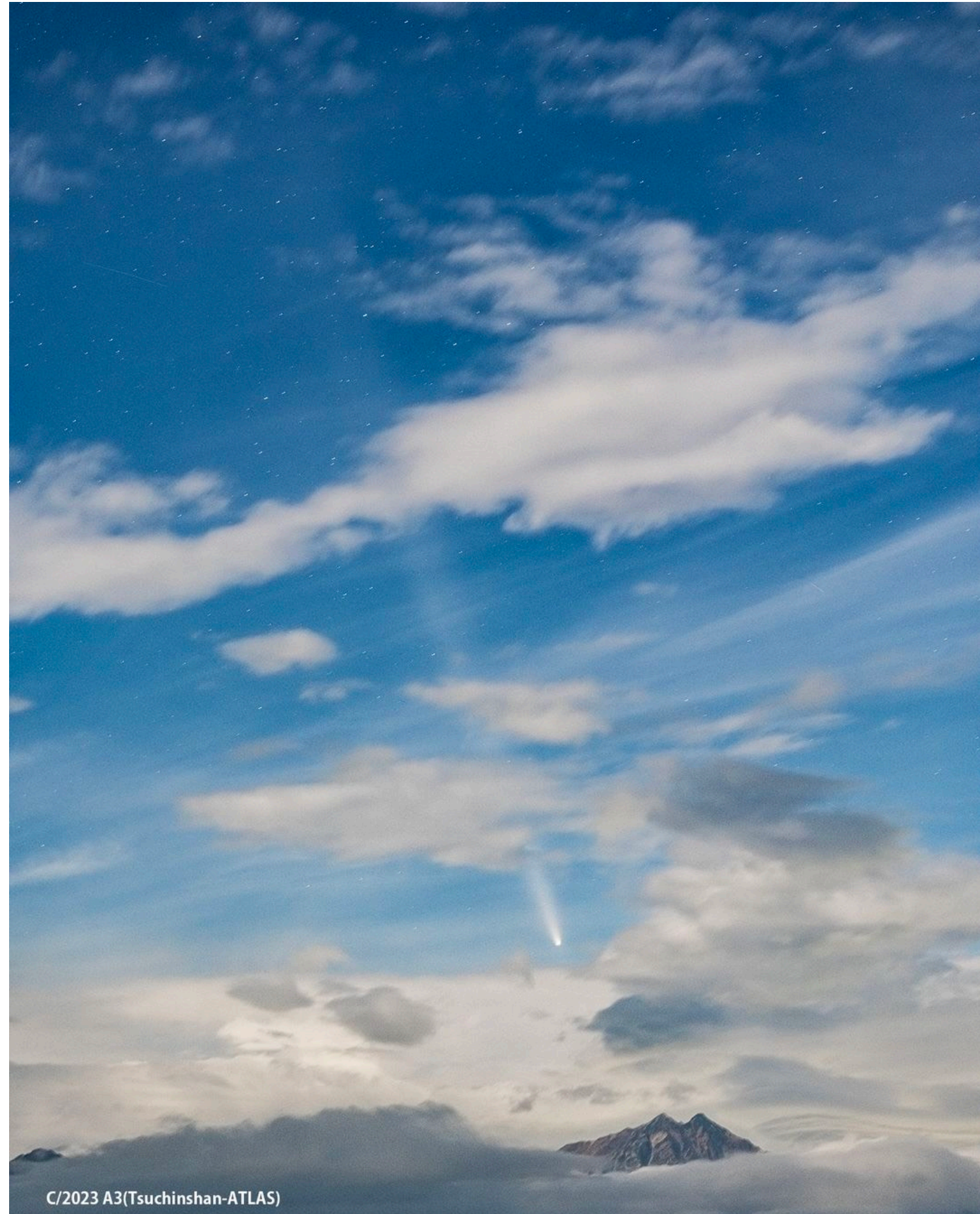
#今日の星景写真 2024年10月14日
「夕暮れの空の紫金山・アトラス彗星 I」
撮影:2024/10/13
#須坂市

夕暮れの空に金星が輝いていた。
その右横に #紫金山・アトラス彗星 が輝いているはずだ。
薄明の中、目を凝らすとなにか見える。
見えるはずがないと思いつつ、
望遠鏡のファインダーで彗星を探すと
その天体が彗星だとわかる。
気づくと肉眼で長い尾がみえる
ああ、いつの間にか、大彗星となっていたんだ！


 大西 浩次
★お気に入り・3日前・🌐

#今日の星景写真 2024年10月14日
「夕暮れの空の紫金山・アトラス彗星 II」
撮影:2024/10/13
#須坂市

夕暮れの空 #紫金山・アトラス彗星 が輝いていた。
気づくと肉眼で長い尾がみえる！
ああ、いつの間にか、大彗星となっていたんだ！
PS:尾の長さ、肉眼では20°超えと見えたが、
写真では10°弱。強い残照の中での見え方の違いか？



C/2023 A3(Tsuchinshan-ATLAS)
 @ OGAWA/NAGANO/JAPAN 2024/10/15 18h38m43s
 FUJIFILM GFX100S II f1=110mm(F=2), F=3.2, ISO=3200,5sec
 © Kouji Ohnishi

 **大西 浩次**
 ★ お気に入り · 20時間前 · 🌐

#今日の星景写真 2024年10月16日
 「紫金山・アトラス彗星の長い尾」
 撮影:2024/10/15
 #小川村

#紫金山・アトラス彗星 が長い尾を見せている。
 昨日速報で紹介したが、
 これは、別のカメラで撮影したもの。
 20度を超える尾があるのだろう。
 週末以降が楽しみだ。



C/2023 A3(Tsuchinshan-ATLAS) @ OGAWA/NAGANO/JAPAN 2024/10/15 18h32m45s FUJIFILM GFX100S II f1=110mm(F=2), F=3.2, ISO=2000,8sec © Kouji Ohnishi

 **大西 浩次**
 ★ お気に入り · 20時間前 · 🌐

#今日の星景写真 2024年10月16日
 「紫金山・アトラス彗星のビームが照らす鹿島槍ヶ岳」
 撮影:2024/10/15
 #小川村

#紫金山・アトラス彗星 が長い尾を見せている。
 よく見ると、コマからビームのような細い尾が見えている。
 #アンチテール と言われているが、「#ネックライン構造」だろう。
 このビームが #鹿島槍ヶ岳 に当たる (いや、月あかりだ)。

10月21日-22日 極大

オリオン座流星群

★2024年は条件 **悪**

★1時間に10個

(昨年予報は, 20個/時間)

もとは, ハレー彗星



<https://planetarium.konicaminolta.jp/stariumnavi/starguide/hoshizora/20171021.html>

課題

- 課題タイトル 寺田寅彦『〇〇〇』を読んで
- 内容を簡単にまとめた後、自身で考えたこと（調べたこと・研究したこと）を述べよ。
（絶賛する必要はない。寺田のコメントに異論があれば、そのようにレポートして欲しい。）



提出手順

- A4用紙3-4枚程度。手書き・PC印刷どちらも可。表紙は不要。（手書きの場合は写真撮影したものを提出）
- 必要であれば、図や表を添付してよい。（上記のページ枚数に含める）。
- 〆切は、**10月31日（木）22:59**
Google Classroom の課題として提出。
- 提出ファイルの名前は、「P 大日 XXXXXXXX 〇〇〇〇」の形式とすること。（XXXXXXXは学籍番号、〇〇〇〇は氏名）とすること。本文中にも学籍番号と氏名を記入すること。
- 参考とした文献（web ページ含む）などがあれば、**必ず**記すこと。剽窃行為が認められる場合は評価を下げます。（参考文献から引用するのは構いませんが、引用範囲は必ずそう明記すること。）

前回のミニッツペーパーから

遠心力を利用すれば、開けてしまったジュースを
こぼさず振ることができるとは、思ったのですが どうでしょうか
(パックジュースを開ける前に振りたりのに いつも忘れています)



振るという動作は往復運動ですね。遠心力で一方向に力を加えることができますが、往復させるには逆方向の力が必要です。中身がこぼれないようにするのがたいへんかと思います。

人間は遠心力にさらされ続けるとどうなるのか？

重力にさらされ続けても生きていますね。

宇宙服なしで宇宙に放り出されると、人体は^{勢いよく}破裂するのですか？
私は、人を構成する分子がバラバラ崩れて離れるイメージでした。

分子がばらばらに飛び散るなら破裂では？

雪だと、氷が追って芝生だとせんせん追まはないのに、
人工芝だとすべりのほのぼの。

芝生は抵抗力があり、人工芝は抵抗力が少ない。

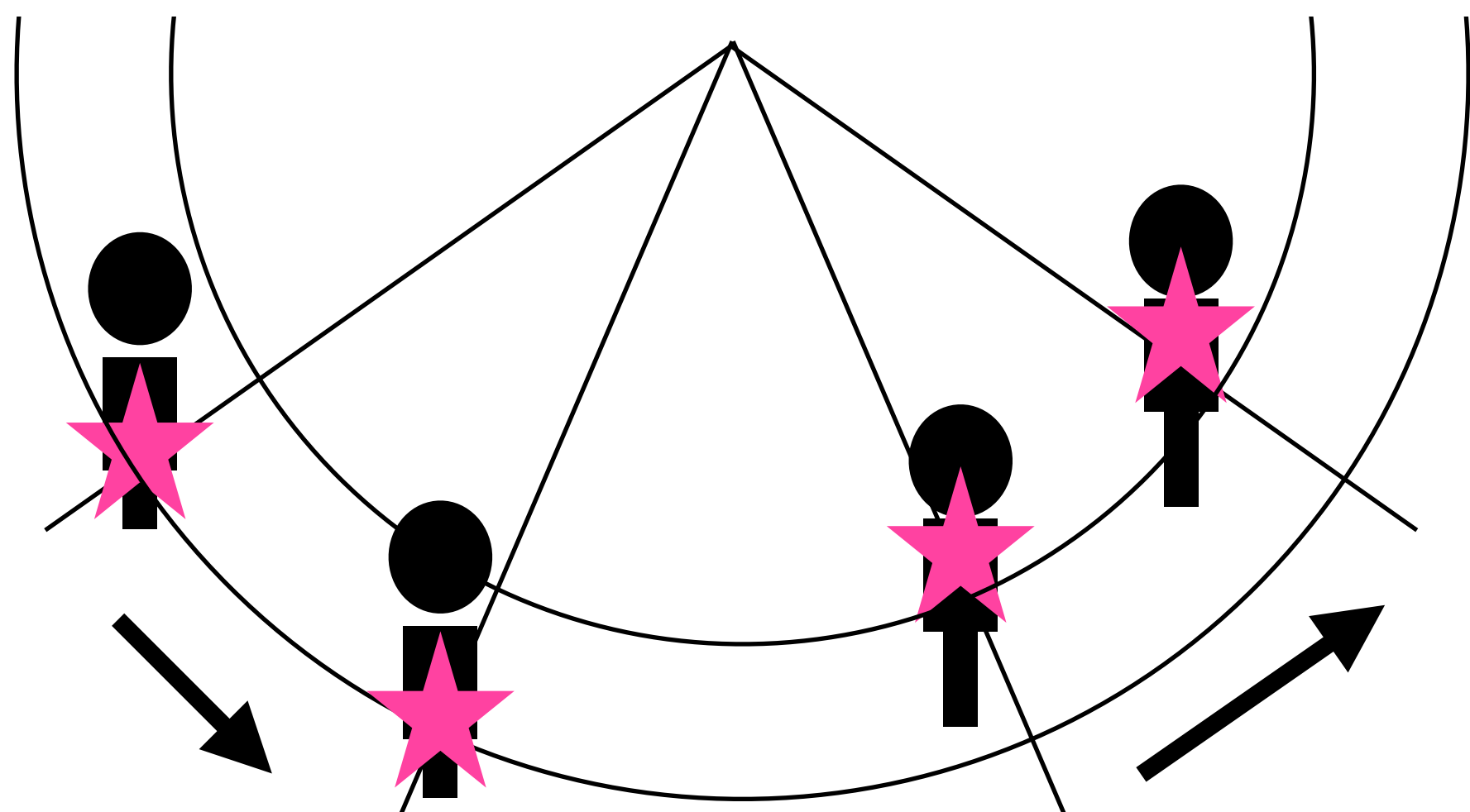
きっと、人工芝は同じ材質で、同じ方向に、同じ高さで芝もどきが植えられているからでは？

前回のミニッツペーパーから

この前、久々にブランコを立ちこましよるとして、
おぼろげに思い出してました。

ブランコの立ちこまをもう一度上手にこまおろすには、
物理学的にその仕組みを教えてほしいです。

ブランコは、支点の摩擦で止まってきます。動かす続けるためには
スピードアップが必要。そのためには、下がる時に足を曲げて重心を
低くして位置エネルギーを下げ、上がる時に次の準備のために
足を伸ばす。



10 = 回しの物理的リコッパが気にならな

①	②	③	④	⑤
金裏=>0	金表=>1	金横=>5	金縦=>10	金斜=>昇級

ニュートンは空気抵抗が空気中
実験してと想像するが、どうして
「物が落ちる速度は同じ」という
結論にたどりついてなのか？
それとも式など理論上導き出して
のどしどしなのか？

理論が先行するのはアインシュタインから。
ニュートンは実験結果や過去の文献から
数学的な仮定と試行錯誤を繰り返しました。

前回のミニッツペーパーから

ゲームのようには
衝撃波を出すことは可能か。
また可能ならどのぐらいの力が必要か。

Maho Beach, St. Maarten Island

<https://www.youtube.com/watch?v=GqVjD3nBSQg>

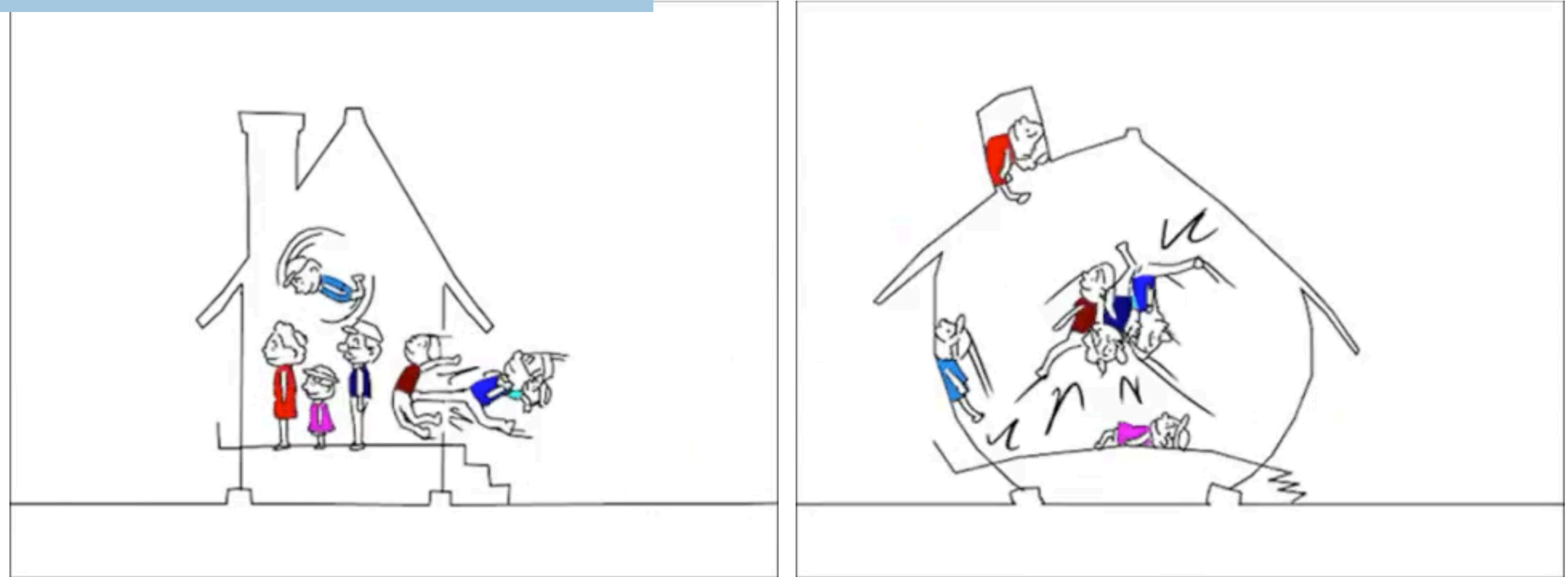
衝撃波？



前回のミニッツペーパーから

サザエさんの「インディング」の裏を見れておもしろかったです。

今日も楽しい授業でした。



ニュートンのゆりかごが面白くて好きです。身の周りで使われているものが知りたいです。

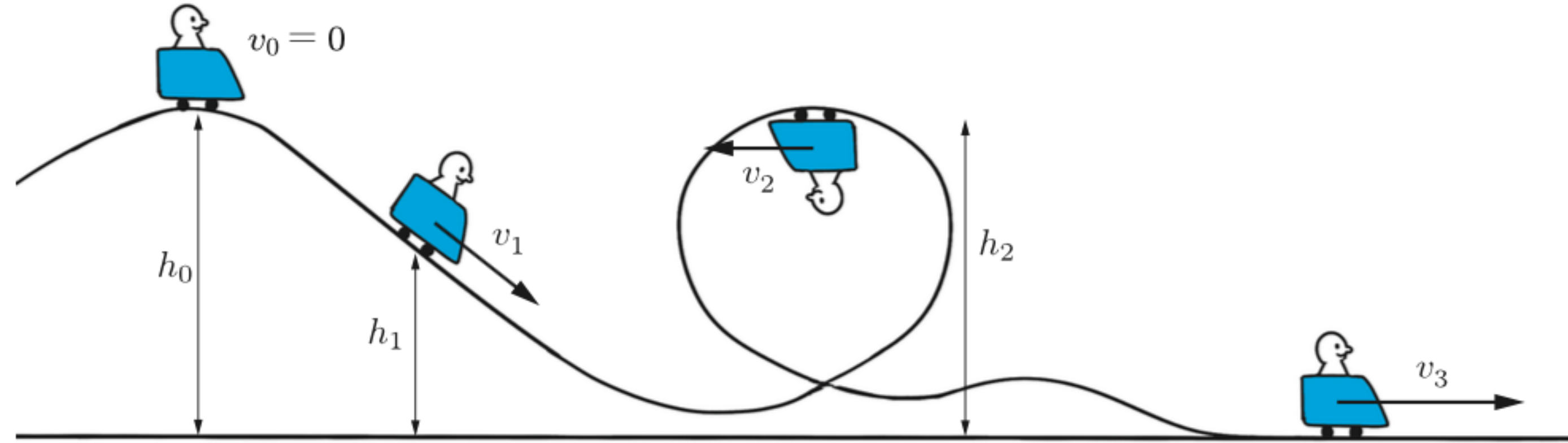


○第2章 力学—つりあいと運動	25
2.1 速度・加速度—「いつ・どこにある」：運動を決める基本ツール	26
2.2 いろいろな運動・いろいろな力—名前を聞けば想像がつく運動状態	33
2.3 運動の法則—力を加えると、生じるのは加速度だった	48
2.4 重力による運動—リンゴの落下から惑星運動まで	58
2.5 保存則という考え方—世の中には保存する量がある	67
2.6 回転する運動—遠心力は見かけの力	75

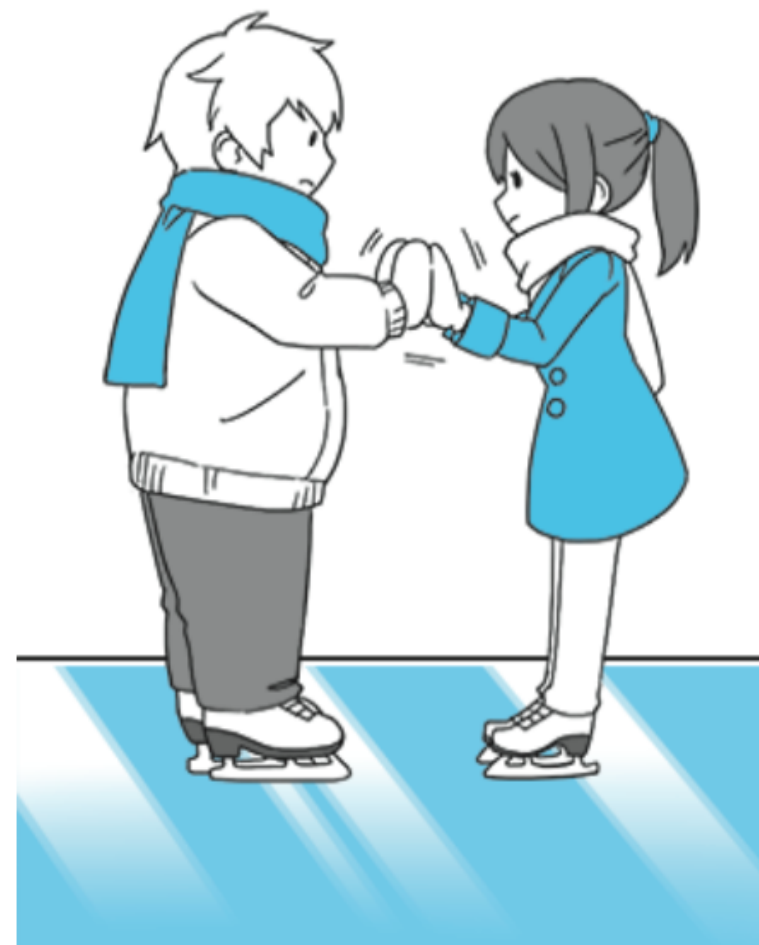
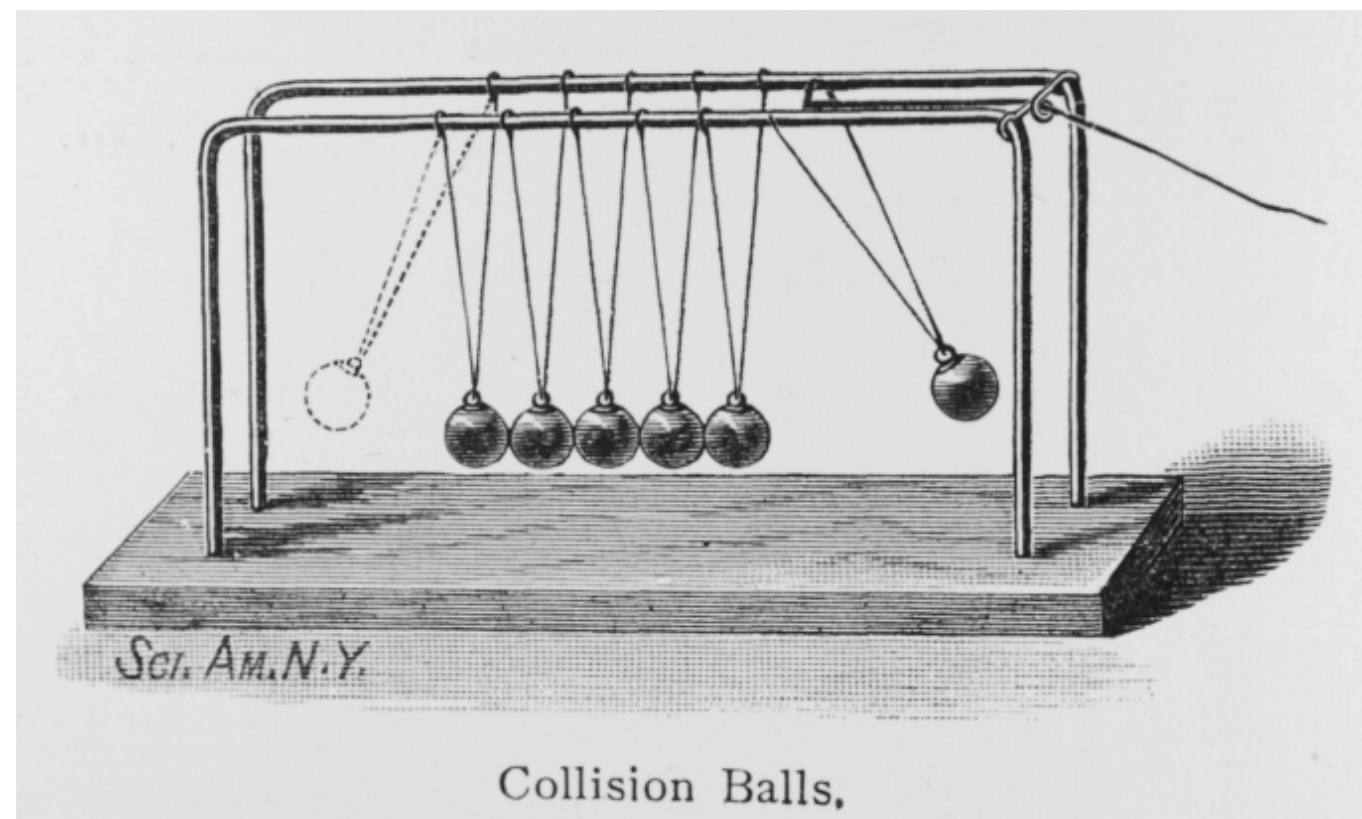
* エネルギー保存則

$$mgh_0 + 0 = mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = 0 + \frac{1}{2}mv_3^2$$

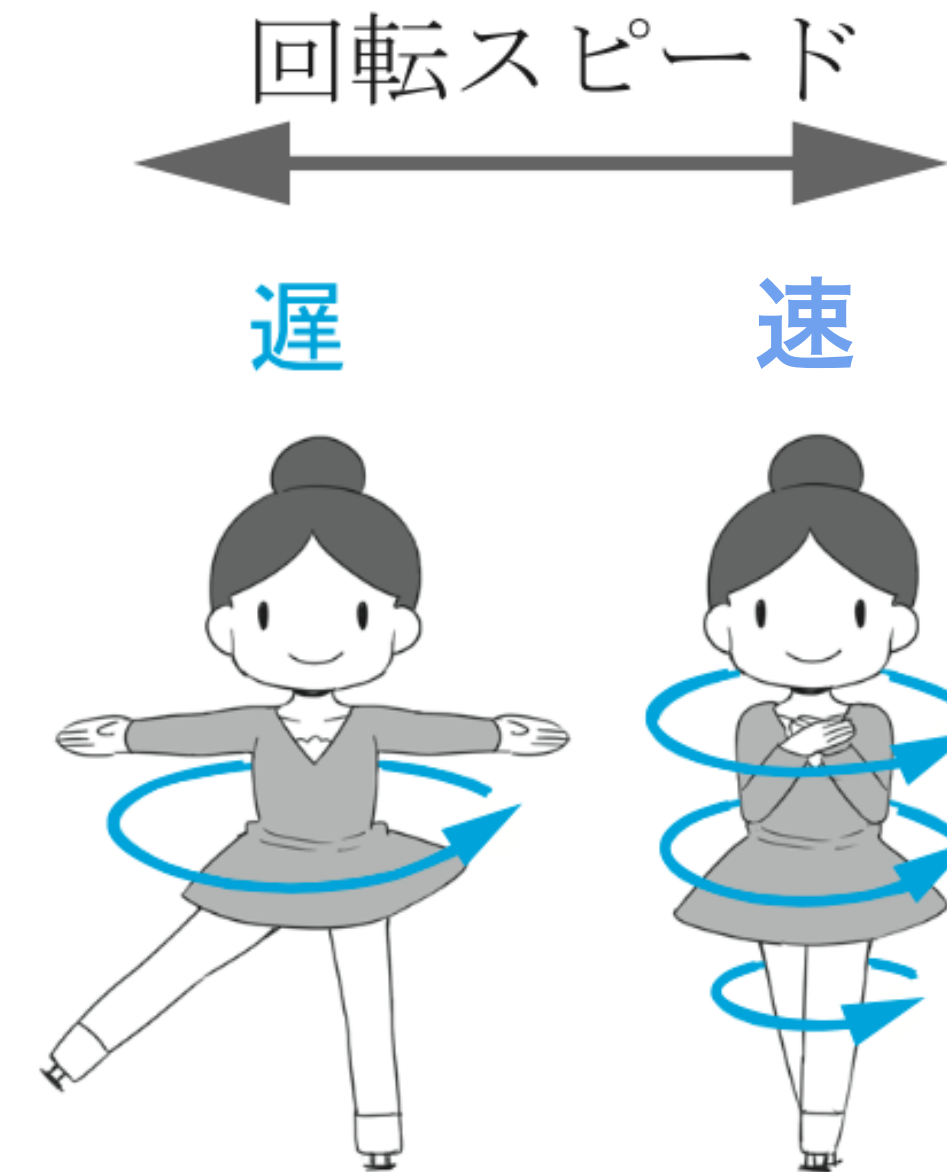
位置エネルギー + 運動エネルギー = 一定



* 運動量保存則



* 角運動量保存則



前回のミニッツペーパーから

〔4-1〕 運動を考えるとき、運動方程式と保存則（エネルギー保存則・運動量保存則など）の2つの考え方があるが、これらの違いは？

○ > 運動方程式は時々刻々の運動で保存則は総量は常一定という考え

○ 運動方程式 → ある1つの時点における運動の状態を示す
保存則 → ある時点ともう1つの時点、2つの状態を表す式

時々刻々

○ 運動方程式は時々刻々の運動を行う
保存則は「総量が一定」となる物理量がある。

△ 運動方程式が時々刻々の運動で
保存則が総量一定の運動である。?

△ 運動方程式は物体の加速度の話で、物体の質量に反比例した加速度が生じる。
保存則は物体が互いに力を及ぼしあうとき、運動量の和が保存される。

これでは
運動量保存則だけ

仕事(work) = 力 x 動いた距離

定義 仕事・仕事率

- 力 F [N] を加えて、その方向に、物体が x [m] 移動したとき、仕事を

$$W = Fx \quad (2.50)$$

仕事 [J] = 移動方向の力 [N] × 移動距離 [m]

と定義する。仕事の単位は、[J] (ジュール) である。

- 単位時間あたり (1 秒あたり) の仕事を仕事率という。単位は [W] (ワット) である。

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad \text{仕事率 [W]} = \frac{\text{仕事 [J]}}{\text{時間 [s]}} \quad (2.51)$$

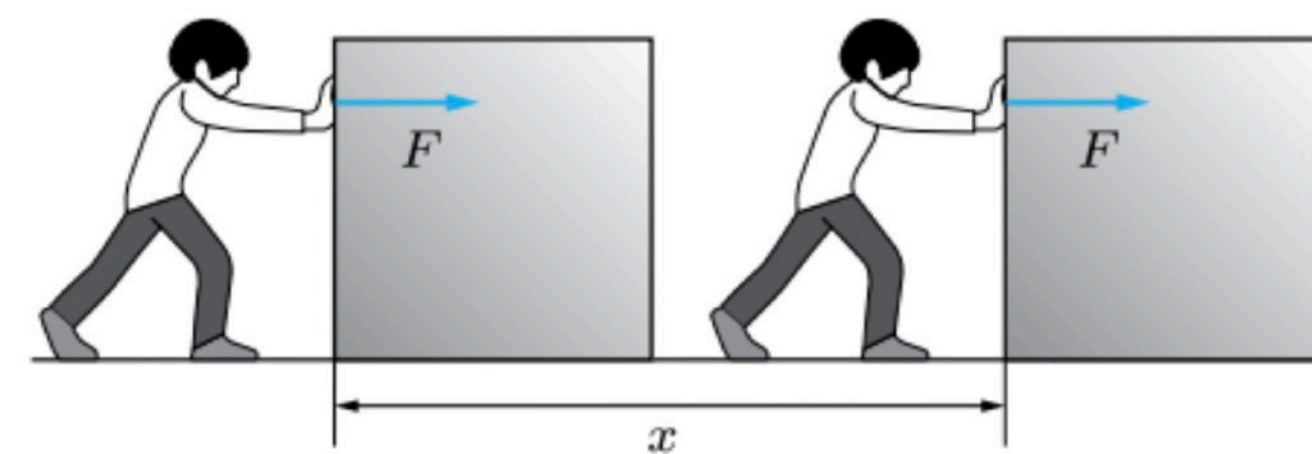
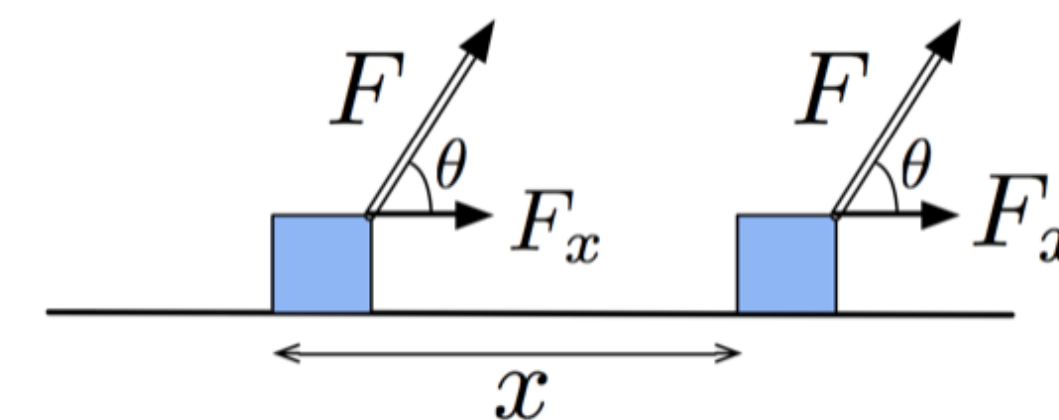


図 2.87 力の向きに移動する場合の仕事は $W = Fx$

力の向きと異なる方向へ移動するときの仕事は $W = F_x x$



エネルギー(モノを動かす能力)

エネルギーは保存する

公式 重力による位置エネルギー

質量 m [kg] の物体が、高さ h [m] にあるとき、

$$E_P = mgh \quad (2.53)$$

の量を重力による位置エネルギーという。 g は重力加速度である。エネルギーの単位は、[J] (ジュール) である。

定義 運動エネルギー

質量 m [kg] の物体が、速度 v [m/s] で動いているとき、

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.54)$$

の量を運動エネルギーという。

法則 力学的エネルギー保存則

重力だけがはたらくとき、位置エネルギーと運動エネルギーの和は一定値で保存する。すなわち、

$$E_P + E_K = (\text{一定})$$

$$(\text{位置エネルギー}) + (\text{運動エネルギー}) = (\text{一定}) \quad (2.55)$$

となる。これを力学的エネルギー保存則という。

$$mgh_0 + 0 = mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = 0 + \frac{1}{2}mv_3^2$$

位置エネルギー + 運動エネルギー = 一定

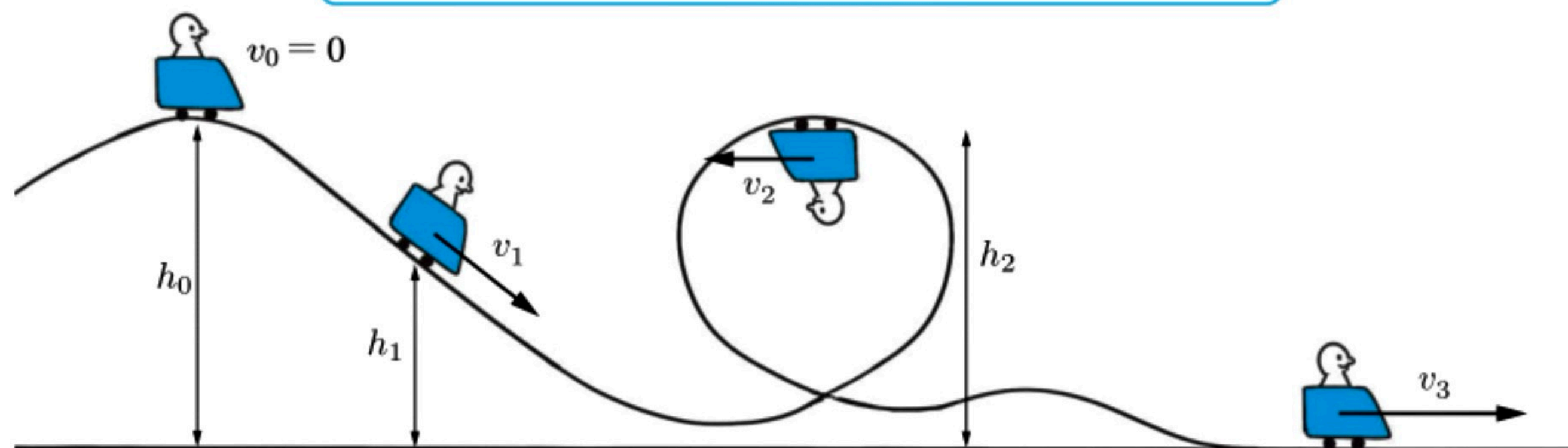


図 2.90 ジェットコースターの速さは、最初の高さだけで決まる

コラム 15 最も短時間で転がり降りる曲線の形は？

エネルギー保存則は、ある高さ H から転がり始めたボールは、地面に到達したときには、どんなルートを取ったとしても、速さ v が同じ値 $v = \sqrt{2gH}$ になることを示している。しかし、坂道の形状によって、地面に到達する時間は違ってくる。どんな形状の坂道が最短時間でボールを地面に到達させるのだろうか。

この問題は、**最速降下線問題**とよばれ、ヨハン・ベルヌーイ (Johann Bernoulli, 1667–1748) が、1696 年に「世界中の数学者への挑戦状」として提示した問題である。この問題は、微分方程式を解く必要があるが、その答えは美しく、**サイクロイド曲線**といわれる曲線になる。これは、自転車のタイヤの一点にライトを付けて、タイヤの動きとともにライトが描く軌跡と同じ曲線である。

この挑戦状には、出題者本人を含め、兄のヤコブ (Jacob Bernoulli, 1654–1705)、ライプニッツ (Leibniz, 1646–1716)、ロピタル (de l'Hopital, 1661–1704) のほかに匿名者の計 5 名がサイクロイドであることを証明した。匿名で応募したのはニュートン (Newton, 1642–1727) だったが、ベルヌーイはニュートンと見抜いていたという。

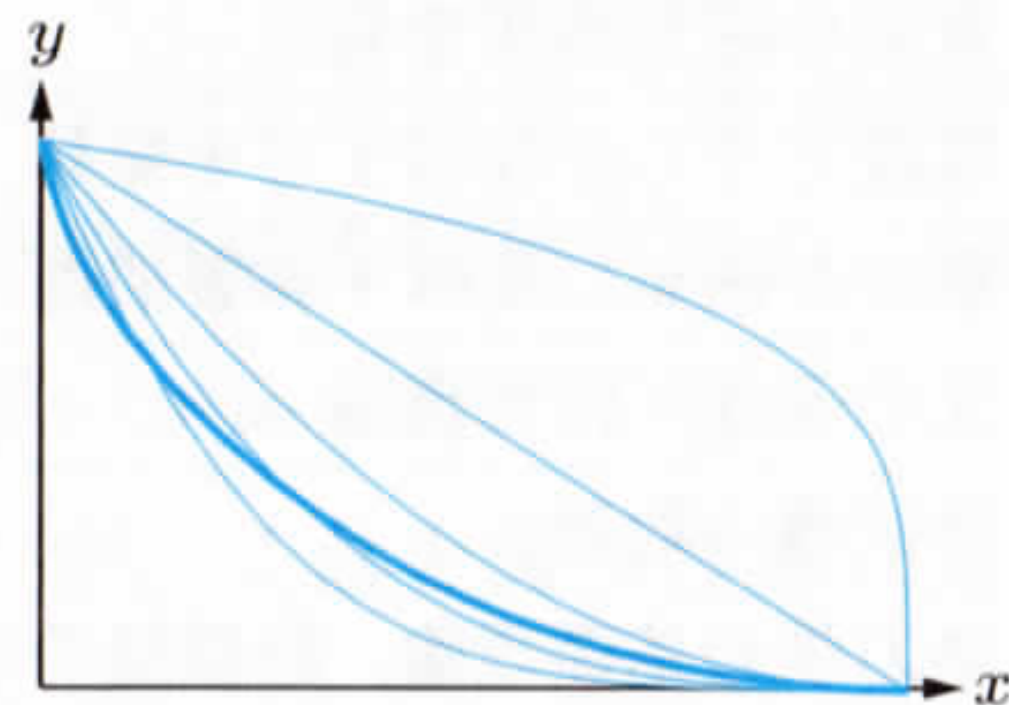
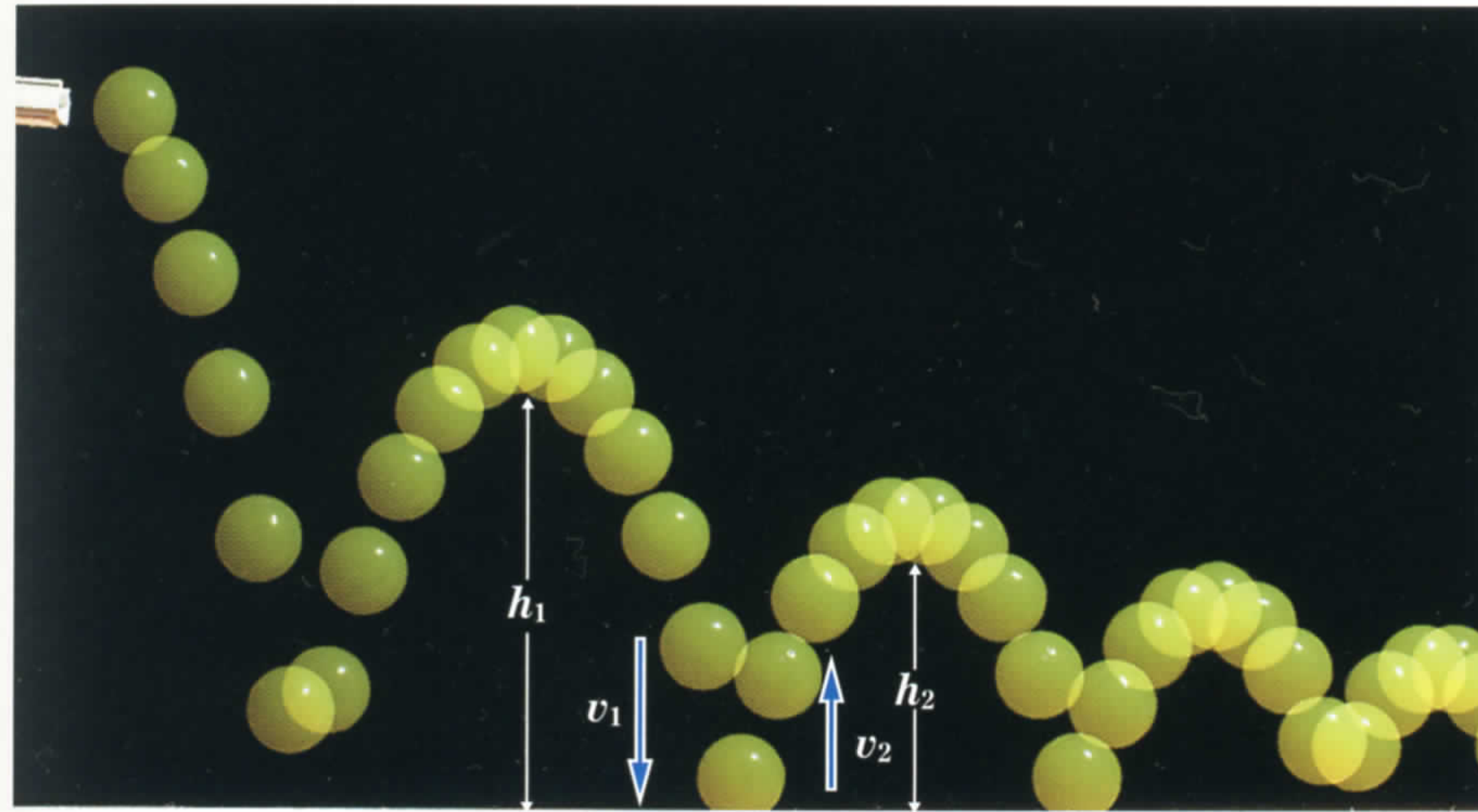


図 2.124 ボールが最短時間で転がる曲線 同じ高さから地面の一点へ結ぶ曲線はいろいろ考えられるが、一番短い時間でボールが転がるのは、図の太線で示したサイクロイド曲線である。

摩擦があると、エネルギーは保存しない

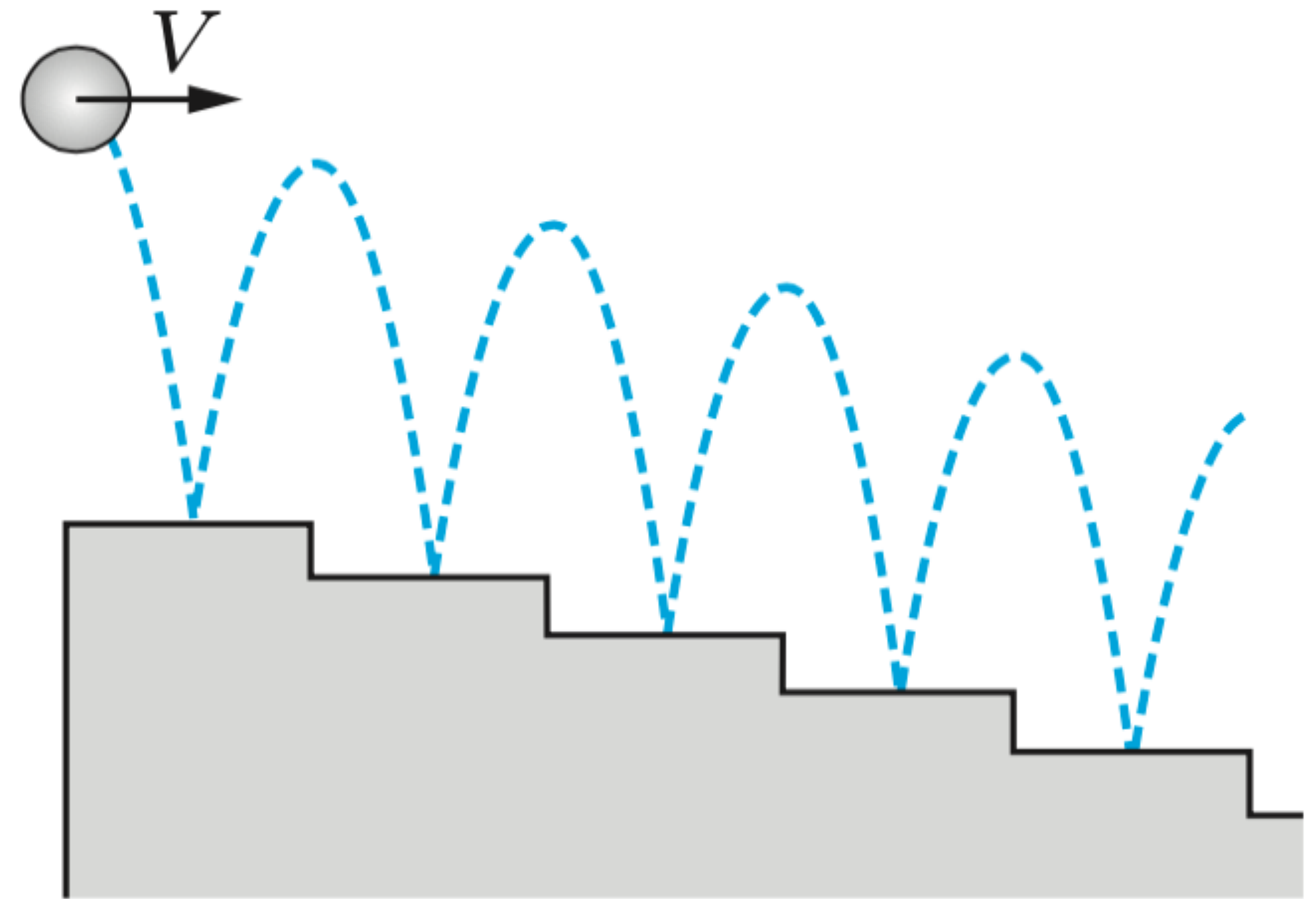
バウンドするボールはだんだん高さが低くなる

● ゴムボールのバウンド



ボールは衝突の前後で速さ v が e 倍になる。はね上がる高さは v^2 に比例するので $e = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$ となり、 h_1 、 h_2 から反発係数が求められる。

(数研出版 物理図録)



階段下降するときは、うまく調整できれば段差の分だけ最高点も低くなり、運動が継続する。

運動量 = 質量 × 速度

定義 運動量・力積

- 質量 m [kg] の物体が、速度 v [m/s] で動いているとき、運動量を次のように定義する。

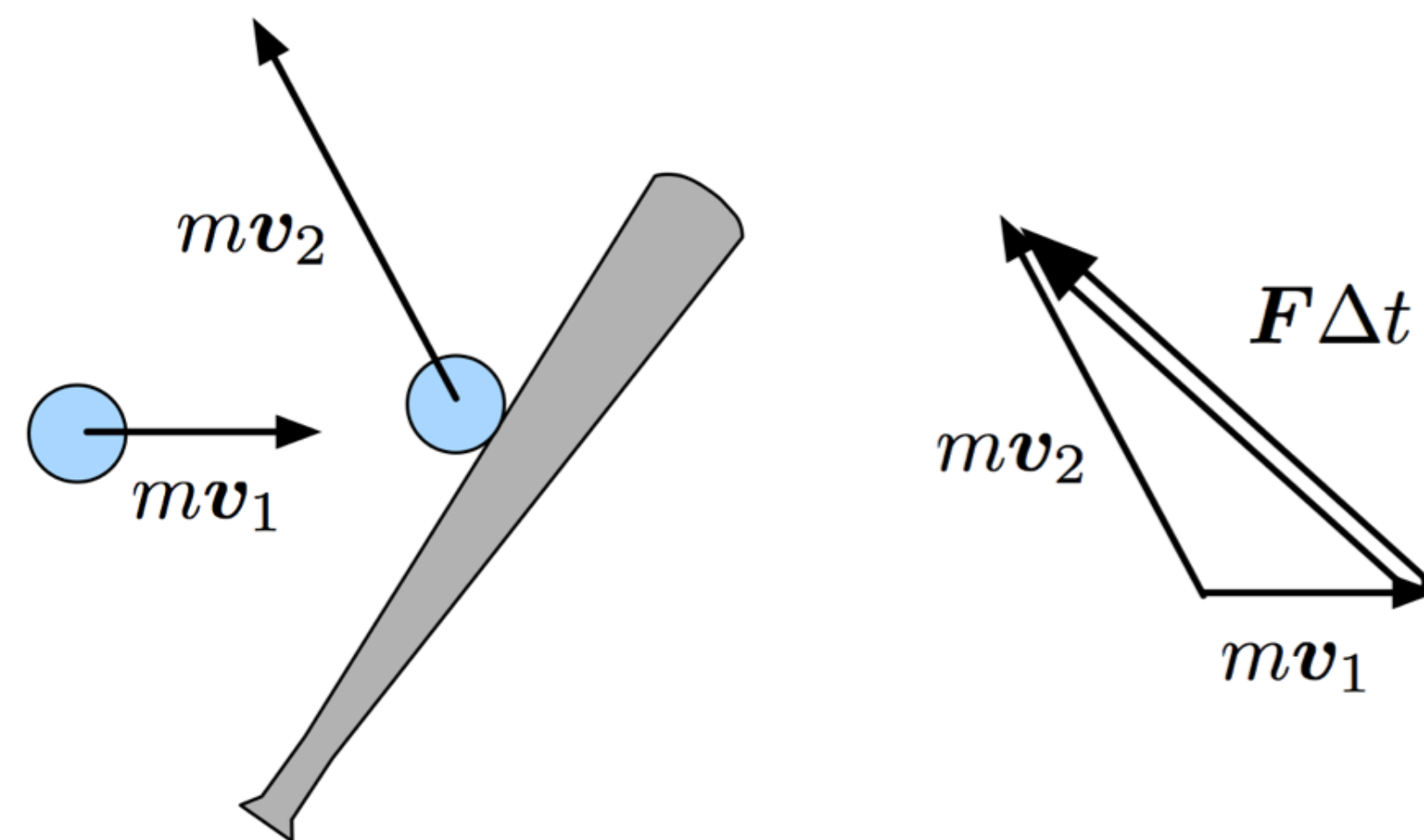
$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad (2.57)$$

$$\text{運動量 [kg m/s]} = \text{質量 [kg]} \times \text{速度 [m/s]}$$

- 物体に一定の力 F [N] を時間 Δt [s] だけ作用させたとき、力積を次のように定義する。

$$\mathbf{I} = F\Delta t \quad (2.58)$$

$$\text{力積 [Ns]} = \text{力 [N]} \times \text{時間 [s]}$$

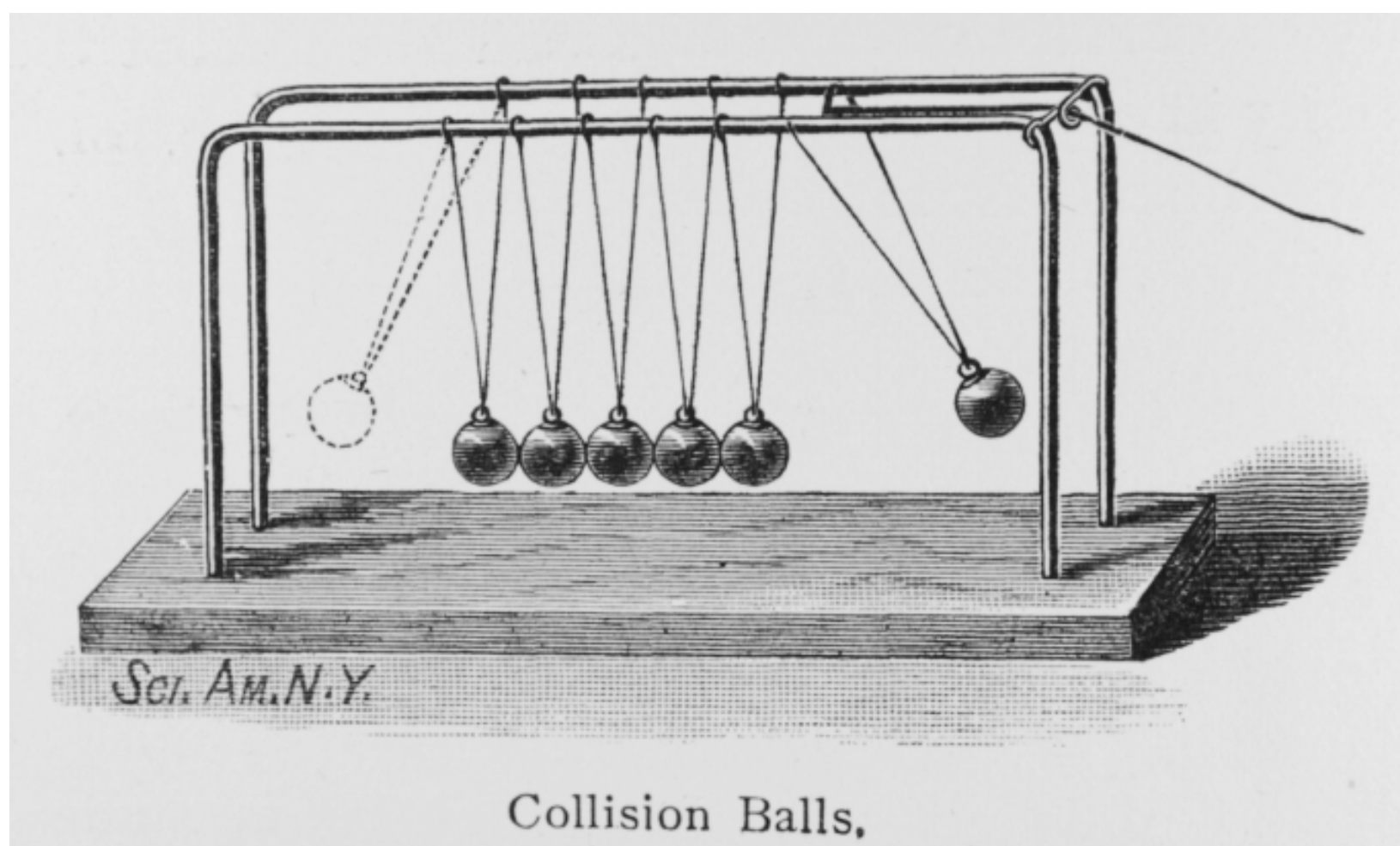


運動量保存則(作用反作用の帰結)

法則 運動量保存則

二つの物体が互いに力を及ぼしあうとき(すなわち、衝突、合体、分裂、貫通するようなとき)、その前後で、2物体の運動量の和は保存する。

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B \quad (2.61)$$



Newton's Cradle

Topic ニュートンのゆりかご

「ニュートンのゆりかご」とよばれる実験装置がある。2個のボールをぶつけると反対側から2個のボールが飛び出し、3個のボールをぶつけると反対側から3個のボールが飛び出す。運動量保存則である。

運動量保存則(作用反作用の帰結)

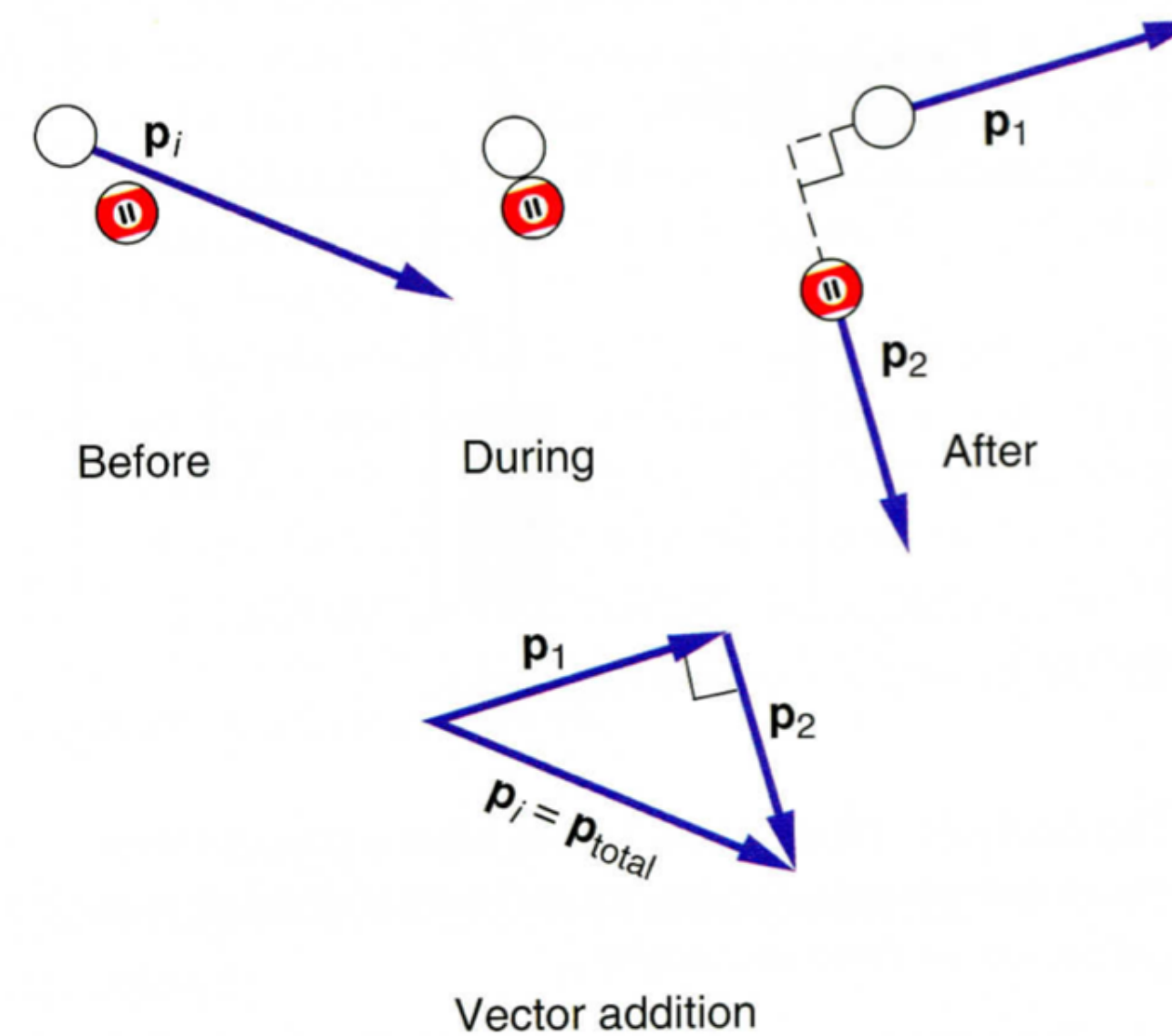


figure 7.20 The momentum vectors of the two balls after the collision add to give the total (initial) momentum of the system. The paths of the two balls are approximately at right angles after the collision.

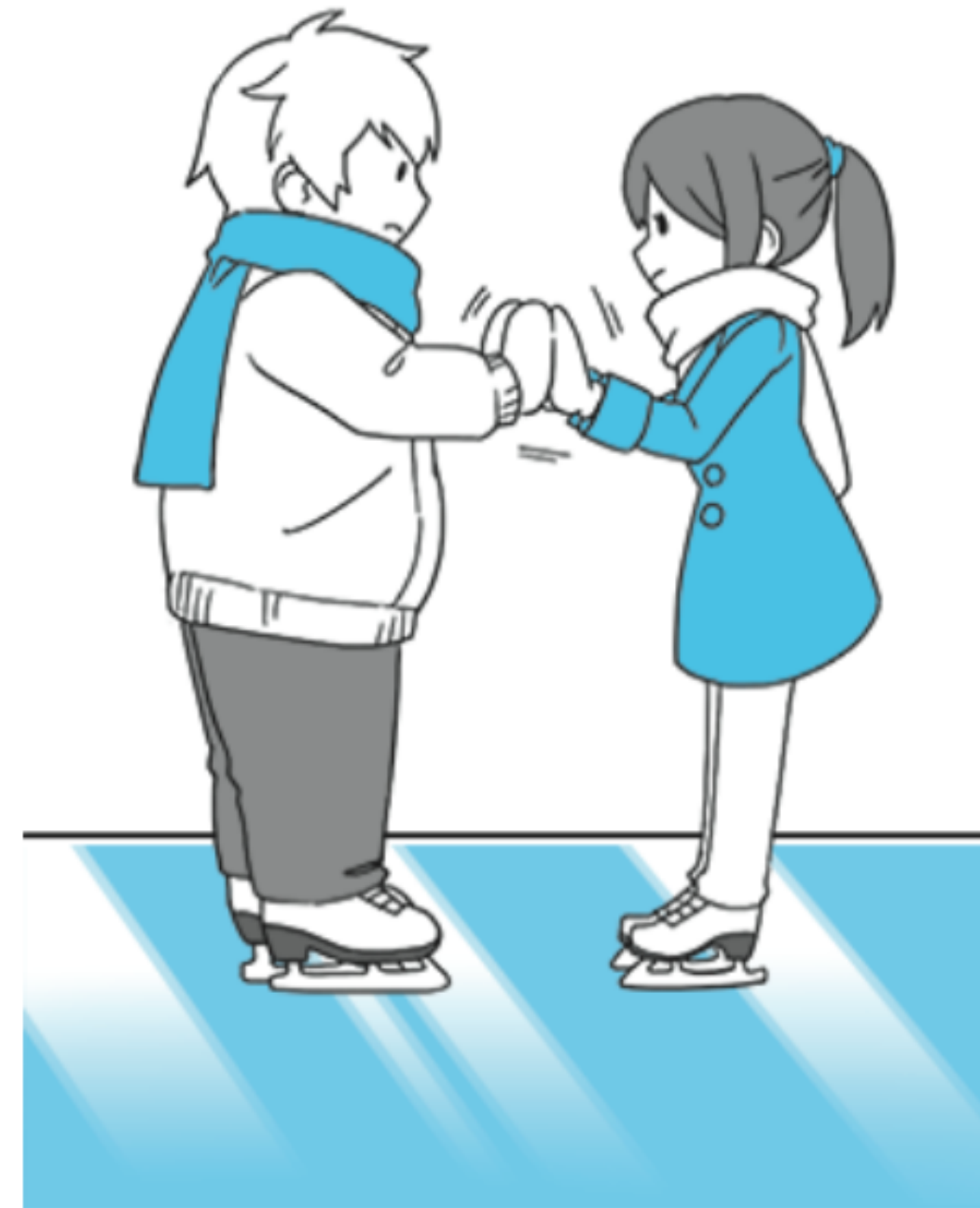
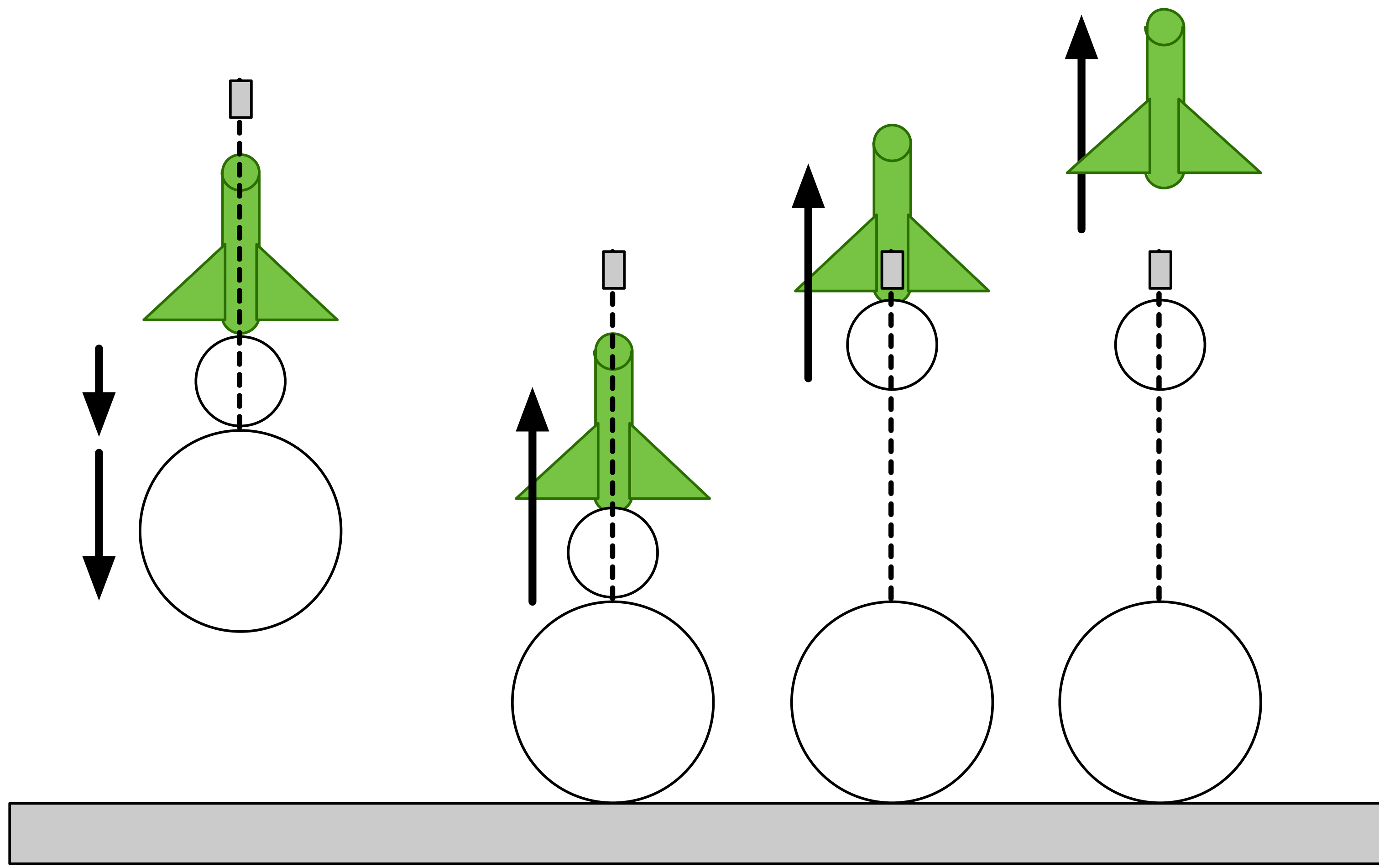


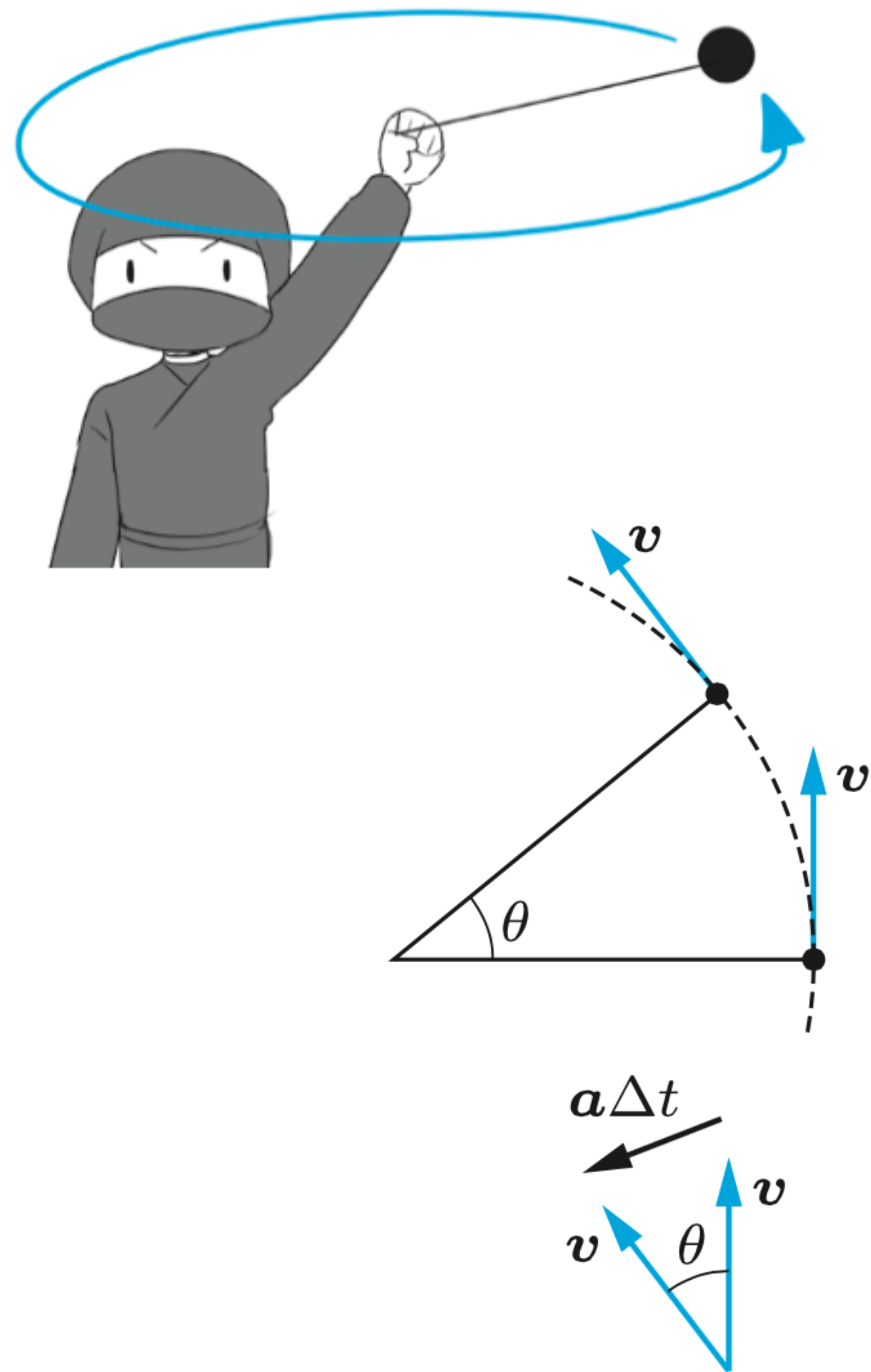
図 2.23: 〔左〕ビリヤードの球の衝突前後で, 全運動量は保存する. 〔右〕体重の違う氷の上の 2 人が互いに力を入れて押すと?

すっとびロケット発射実験



運動9

円運動



公式 円運動と向心力

円運動をしている物体には、円の中心方向に向心力がはたらいていることになる。物体の質量を m 、回転速度を v 、回転半径を r とする。

- 円運動するための中心方向の加速度を向心加速度という。

大きさは幾何学的に、 $\frac{v^2}{r}$ となる。

- したがって、向心力の大きさは、 $F = m \frac{v^2}{r}$ となる。

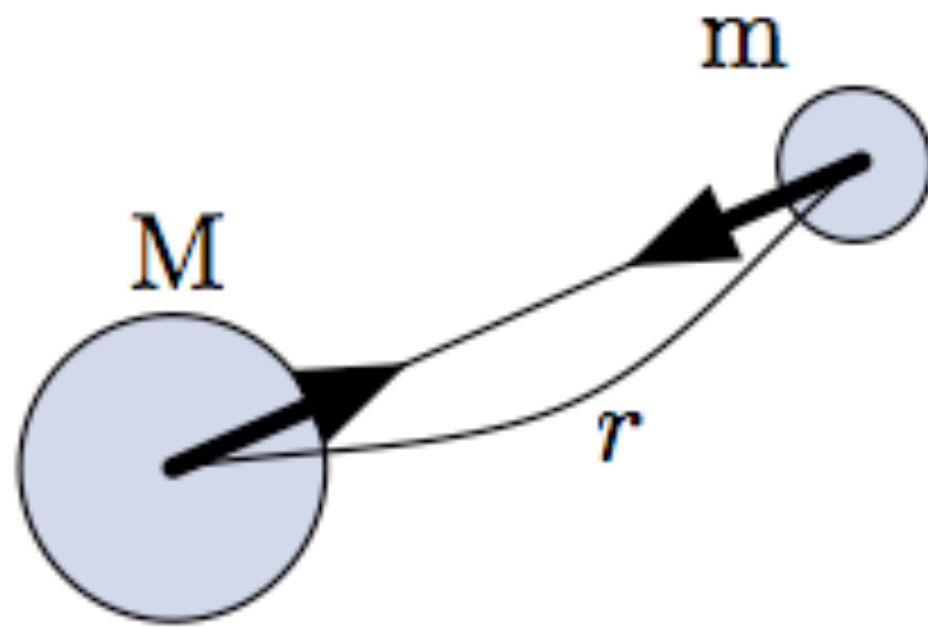
- 円運動しているときは、物体にはたらく力の総和が向心力になっていて、運動方程式は次式になる。

$$m \frac{v^2}{r} = \text{中心方向の力の和} \quad (2.64)$$

円運動を一周するのに要する時間を**周期**といい、 T [s] で表す。円周は、 $2\pi r$ だから、

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

地球半径をぎりぎり円運動



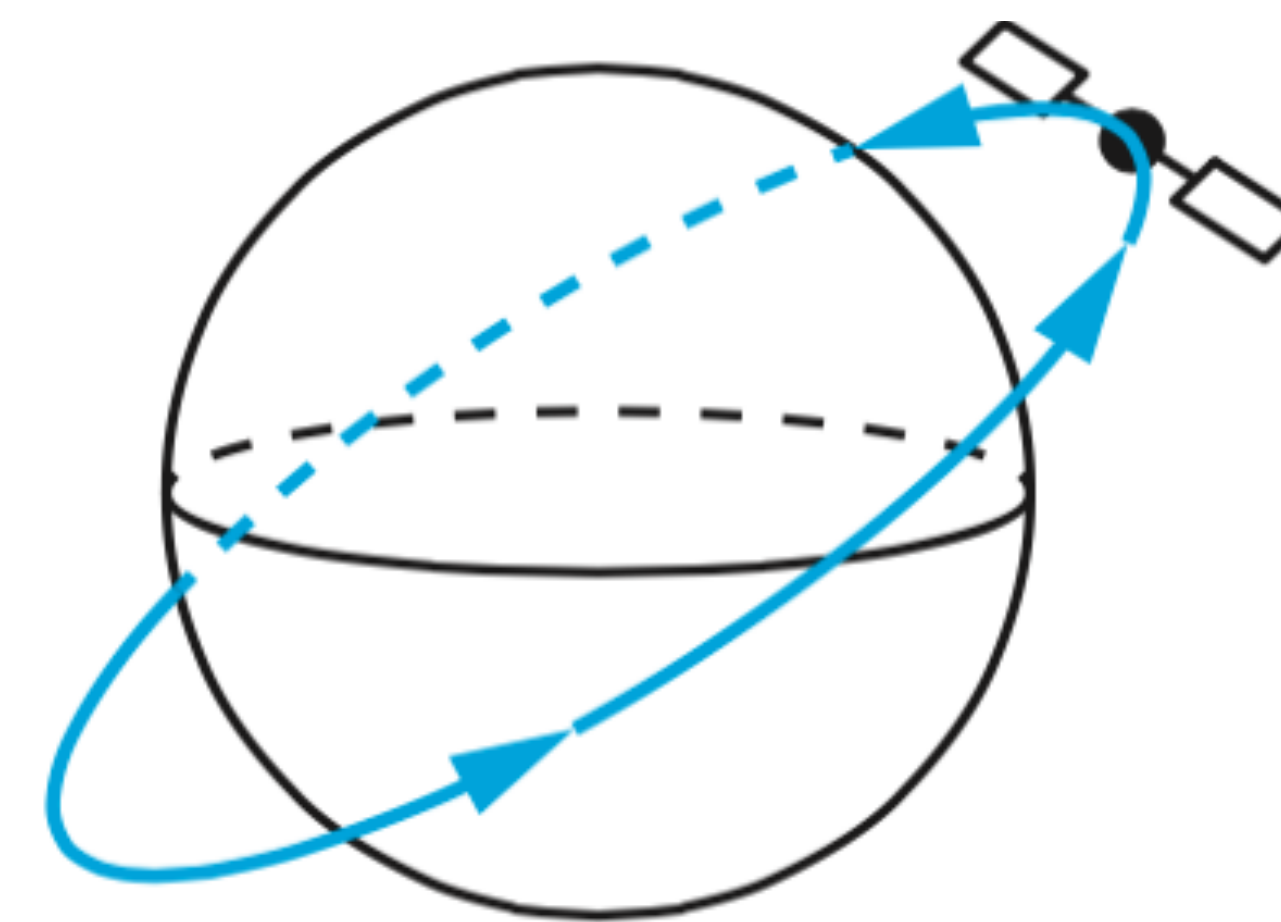
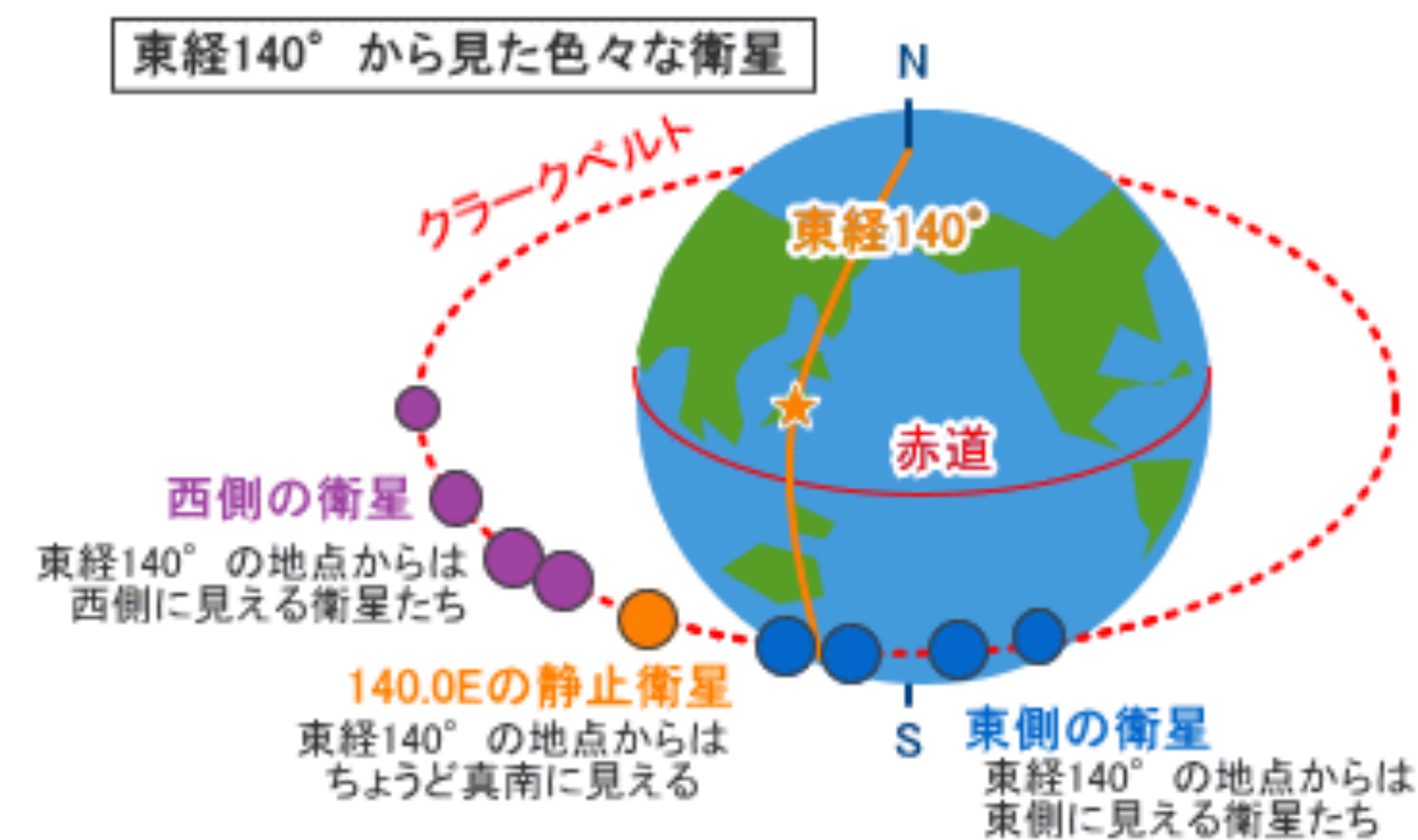
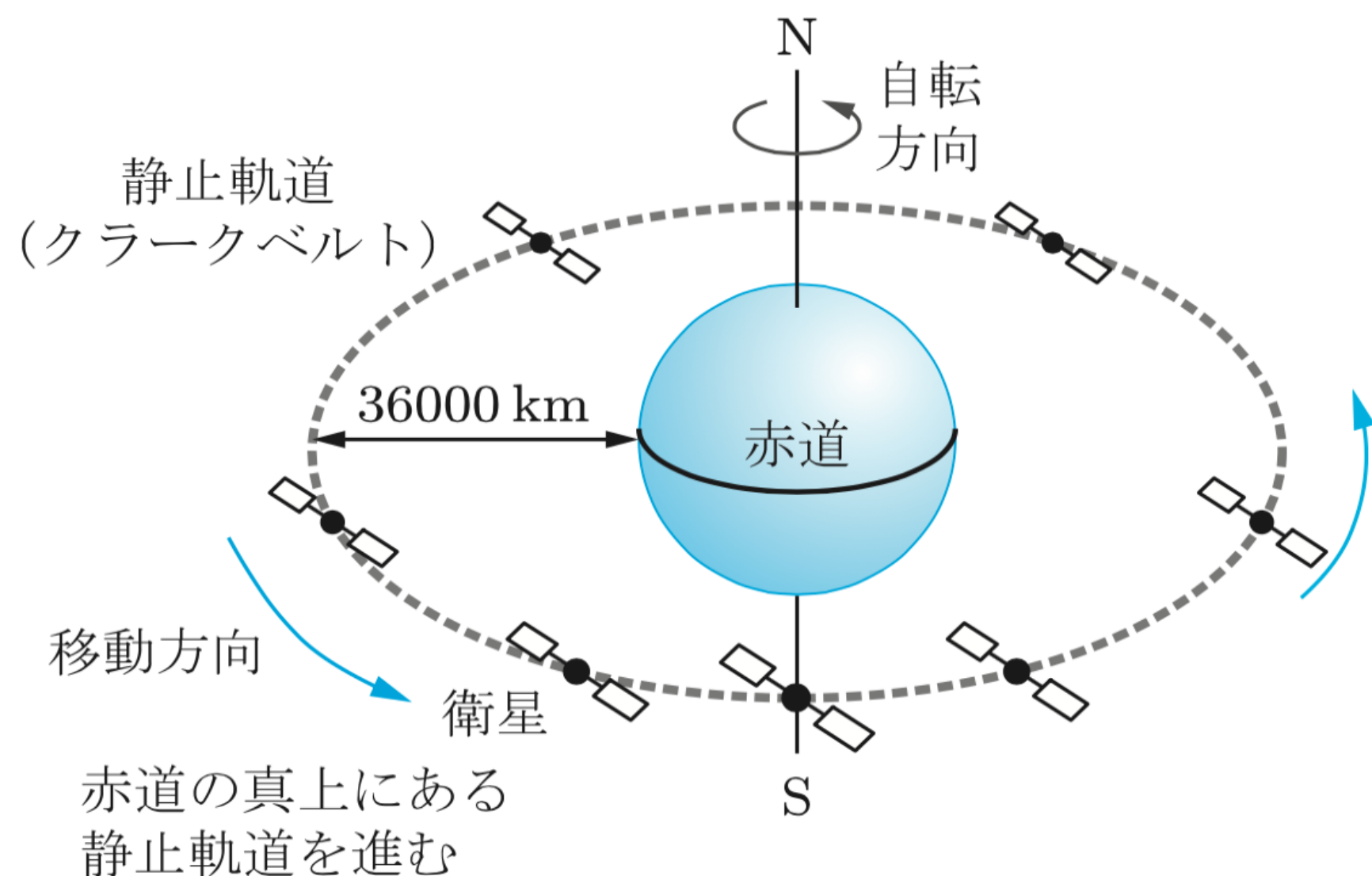
Topic 地球半径をぎりぎり円運動

地球表面の重力 mg が向心力となって、地球半径 R をぎりぎり円運動しているロケットを考えよう。円運動の式は、

$$m \frac{v^2}{R} = mg$$

となるので、 $v = \sqrt{gR} = 7.90 \text{ km/s} = 28400 \text{ km/h}$ となる。この値を第 1 宇宙速度ともいう。この値での 1 周に要する時間は、約 85 分になる。この速さ以上でボールを投げれば、地面に落ちずに地球を一周することになる（速度が大きければ楕円運動をする）。

ちなみに、地球の重力圏を脱出するのに必要な初速度は第 2 宇宙速度（脱出速度）とよばれ、 $v_2 = \sqrt{2gR}$ の値になる。地球の場合は、 $v_2 = 11.2 \text{ km/s}$ である。



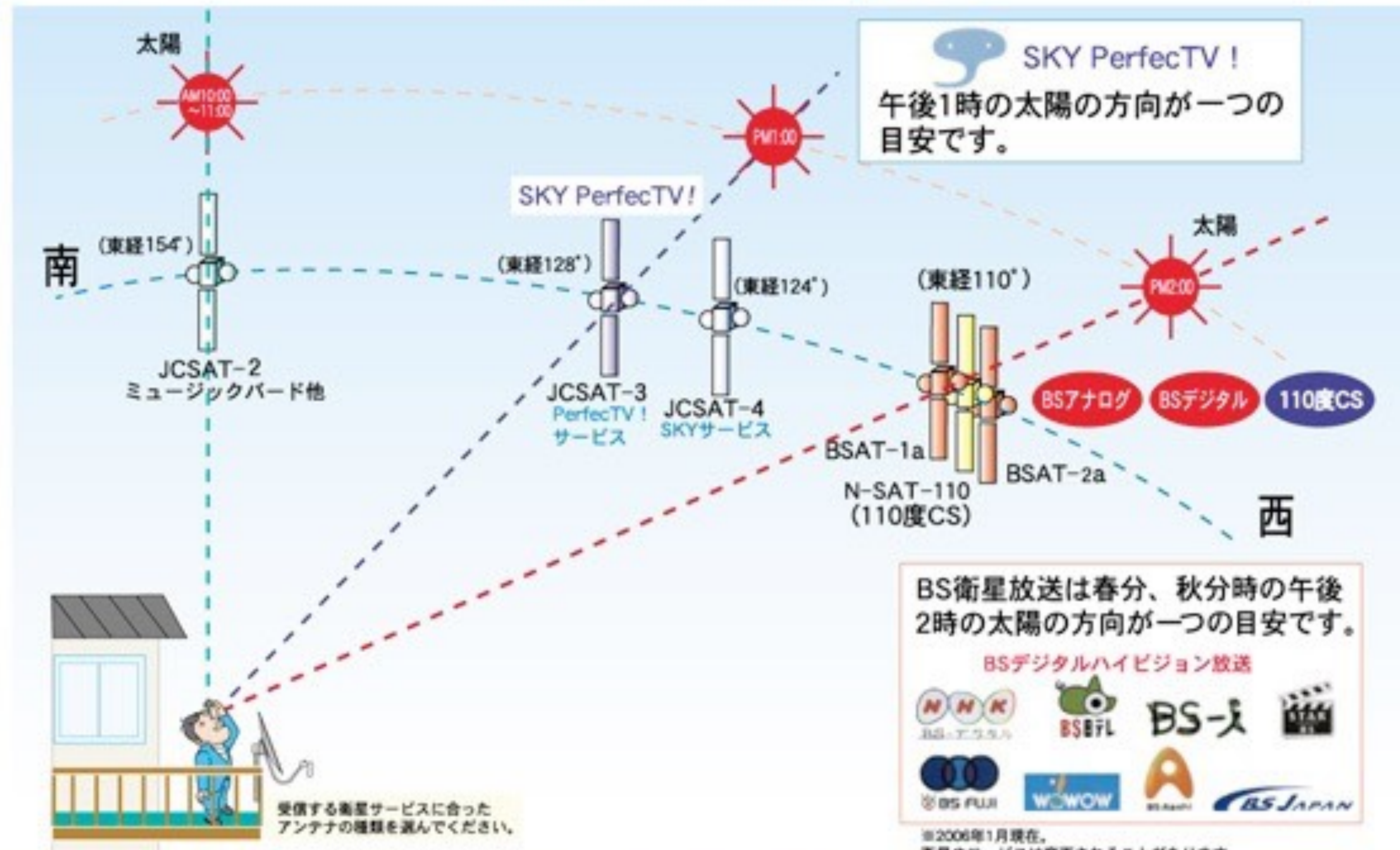
Topic 静止衛星軌道は赤道上空だけ

地球からの万有引力は常に地球の中心方向にはたらくため、人工衛星の軌道は地球中心を含んだ大円になる。赤道上空以外では、必ず緯度が増えることになり、上空に静止させておくことができない。

BS/CS デジタル放送のアンテナは赤道上空の東経 110 度方向（春分の日午後 2 時の太陽の方向）に向ける。CS 放送は東経 124 度あるいは 128 度方向（春分の日午後 1 時の太陽の方向）に向ける。どちらも衛星のある方向である。

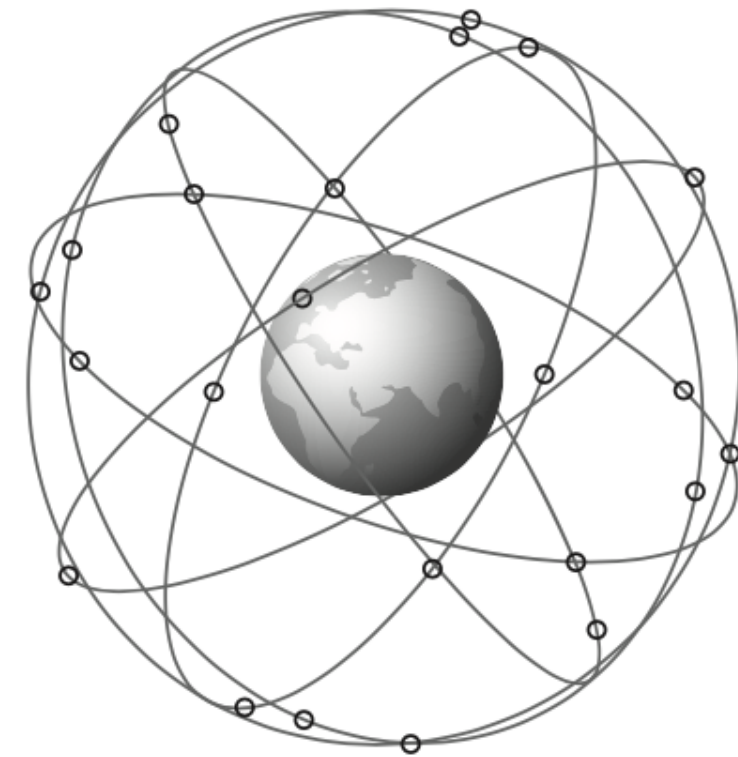
静止衛星の方角へ向ける衛星テレビのアンテナ

衛星配置図



GPS (Global Positioning System)

3機以上から電波を受信できれば、3点測量で位置がわかる。
4機以上から電波を受信できれば、高度までわかる。



ビルの谷間でも受信できるように
日本の上空に衛星がほしい。
しかし日本の上空に静止させることは不可能だ。

8の字を描く衛星を7機打ち上げる

GPSの精度は、数m から 数 cm へ

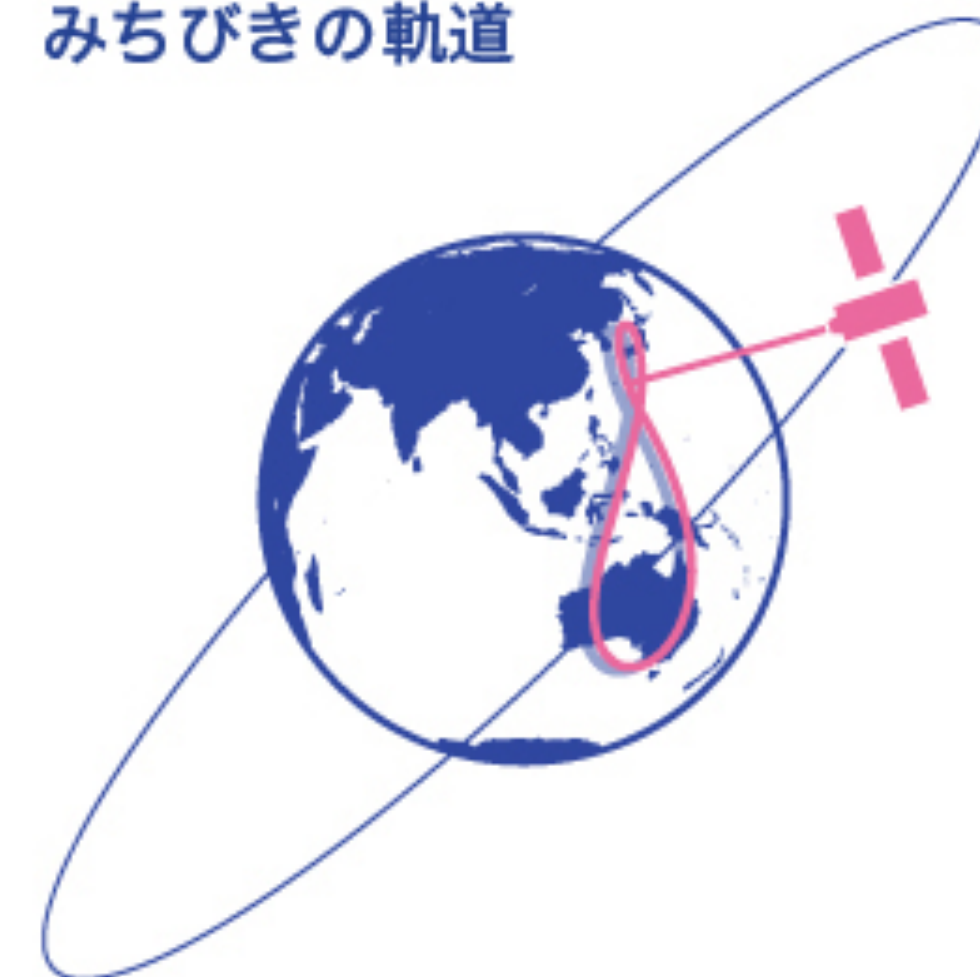


みちびき(準天頂衛星システム)
GPSと一体運用可能なみちびきで位置情報を高精度測位

更新情報

- 2018年11月02日
[映像] 「みちびき」サービス開始映像
- 2018年11月02日
[Special Contents] 11月1日、「みちびき」サービス開始記念式典を開催
- 2018年11月01日
[お知らせ] 「みちびき」によるサービス開始について

みちびきの軌道



力7

見かけの力:遠心力

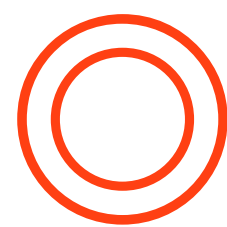
法則 遠心力

回転運動している人の立場で考えると、回転の外向きに遠心力を受けるように感じる。その大きさ F は、物体の質量を m 、回転の速さを v 、回転半径を r とすると、 $F = m \frac{v^2}{r}$ となる。

- 遠心力のように、見ている人の立場によって、あったりなかったりする力を**慣性力**という。

ブランコ

空中ブランコ



遊園地の空中ブランコ



カ7

見かけの力:遠心力



例 1 水の入ったバケツを上下に円運動させる。

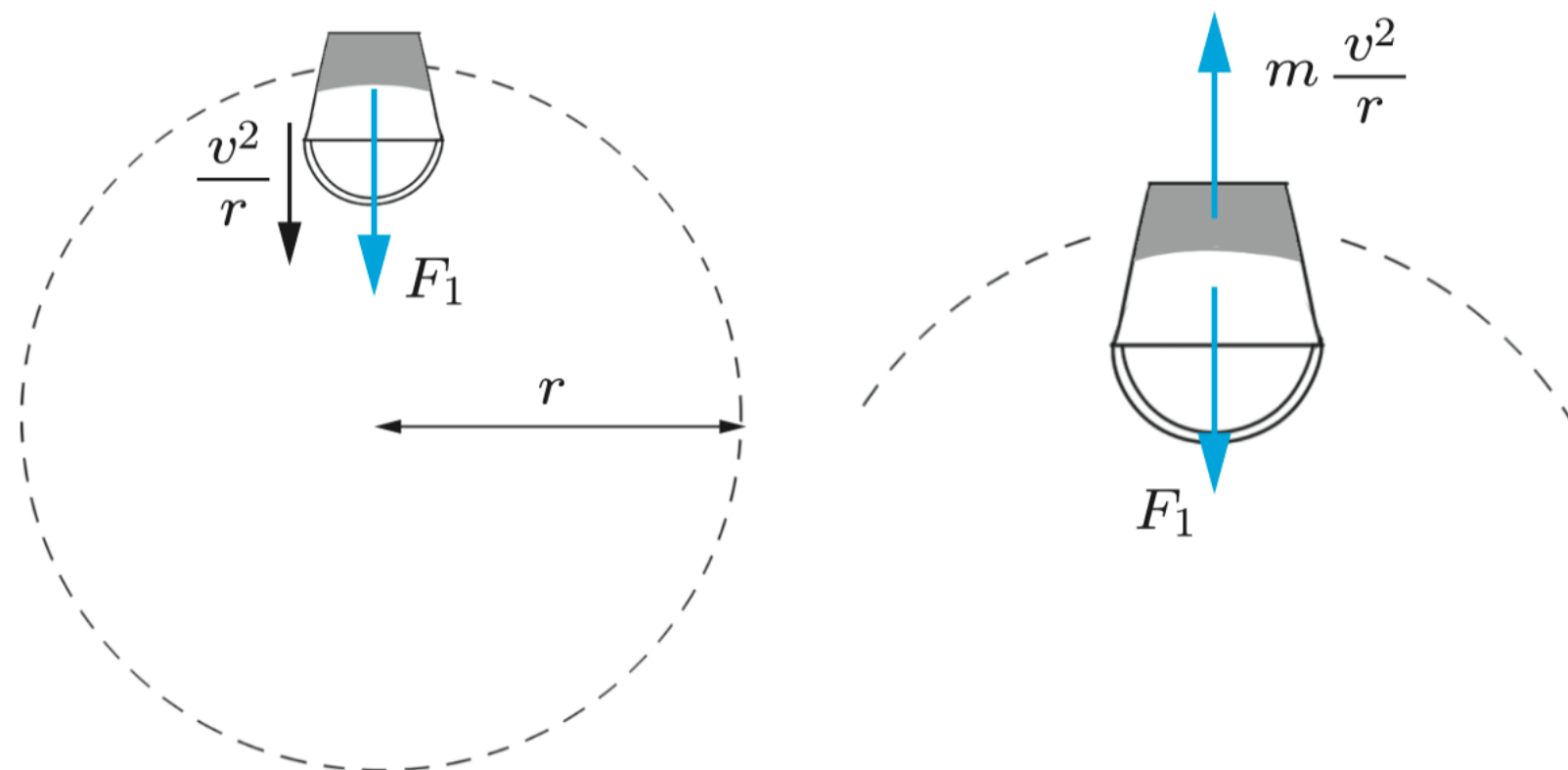
勢い良くまわせば、水はバケツから流れ落ちずにぐるぐる回る。

- **バケツを眺めている人の立場**では、水はバケツと共に円運動をしている。はたらいている力は、人がバケツを回す手の力 F_1 である。だから運動方程式は

$$m \frac{v^2}{r} = F_1 \quad (2.66)$$

- **バケツ内の水の立場**では、水はバケツ内に静止している。バケツは中心方向に向心力 F_1 で引っ張られているが、水はその中で静止しているので逆向きに力（遠心力 $m \frac{v^2}{r}$ ）がはたらいてつりあっている、と考える。だから、運動方程式は（つりあいの式であり）

$$m \cdot 0 = F_1 - m \frac{v^2}{r} \quad (2.67)$$



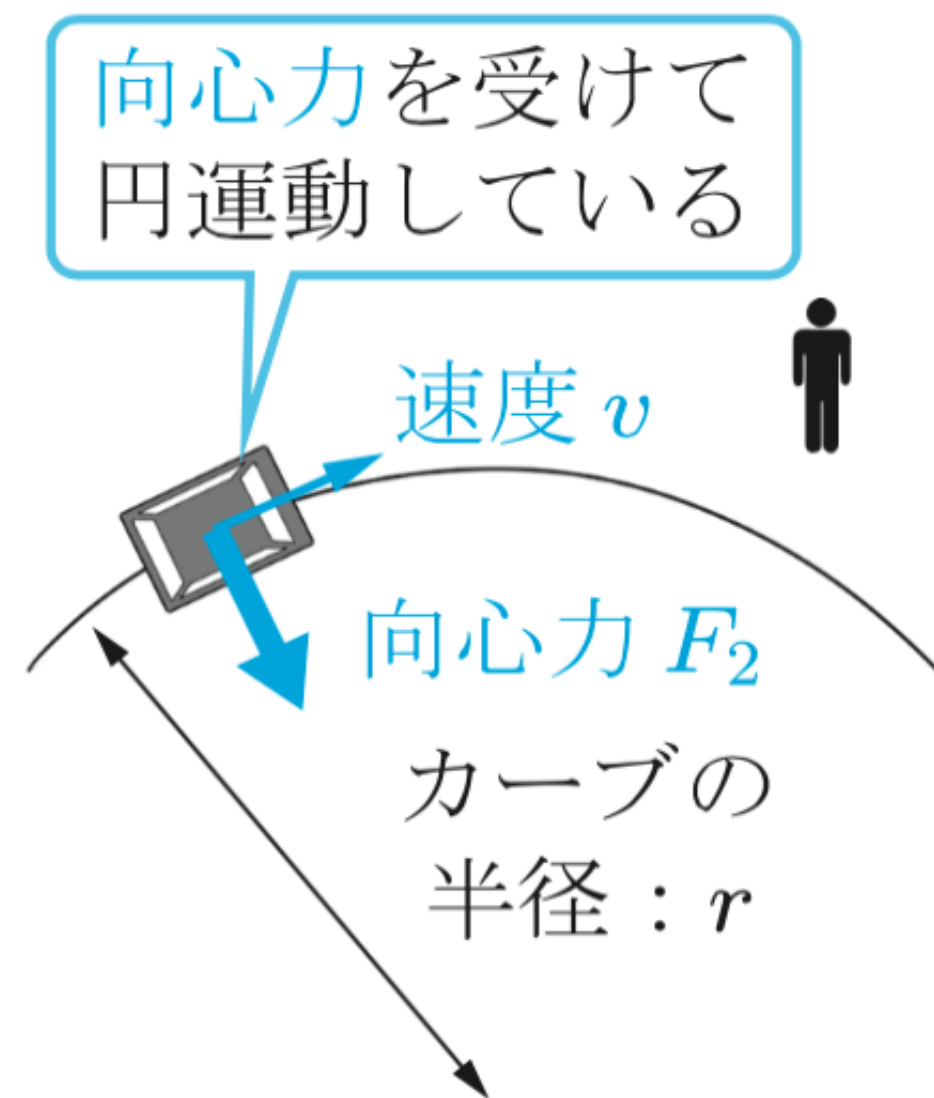
(a) バケツが円運動をしているとみる立場

(b) バケツとともに運動している立場

車がカーブするとき, どちらに力がかかる?

外から見る人 (静止系)

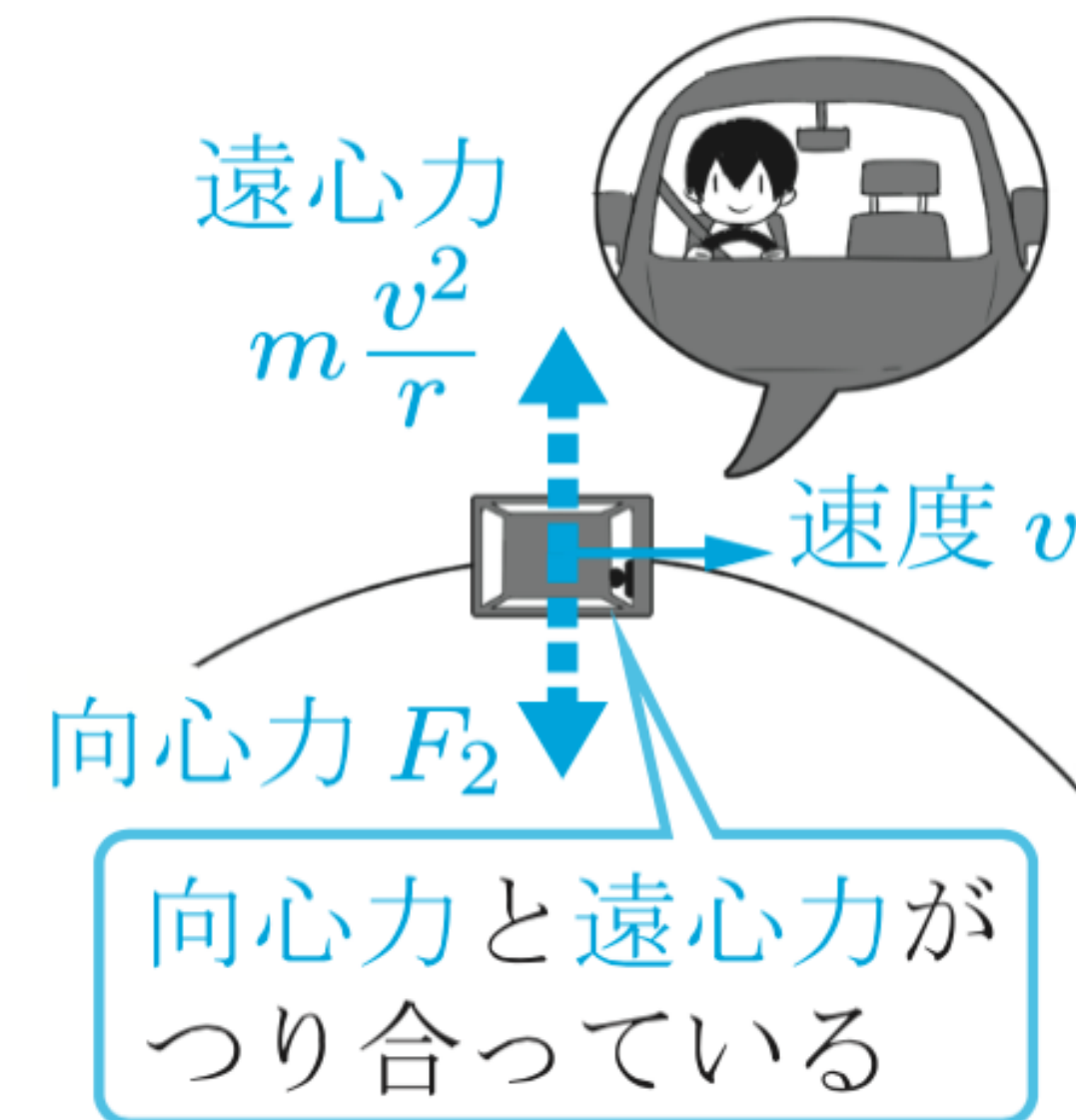
車は円運動



向心力を受けて,
円運動している.

車内の人 (加速度系)

運動なし



向心力と遠心力が
つりあっている.

車がカーブするとき、どちらに力がかかる？

Topic 線路のカーブは斜めに敷設される

列車や自動車がカーブを曲がる時には車両や乗客は外向きに遠心力を受けるので、バランスが崩れやすい。鉄道線路では、カーブでは外側がやや上になるように傾きがつけられてレールが敷設され、カーブを走行する列車の重力と遠心力の合力がレールを押し方向になっている。

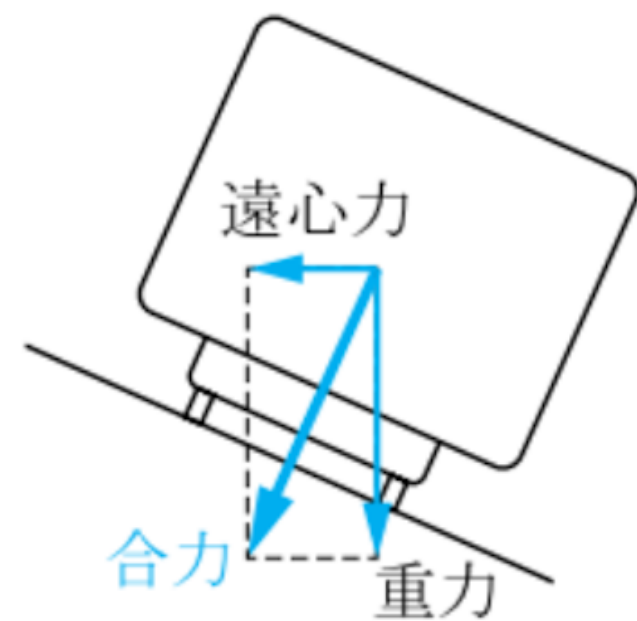
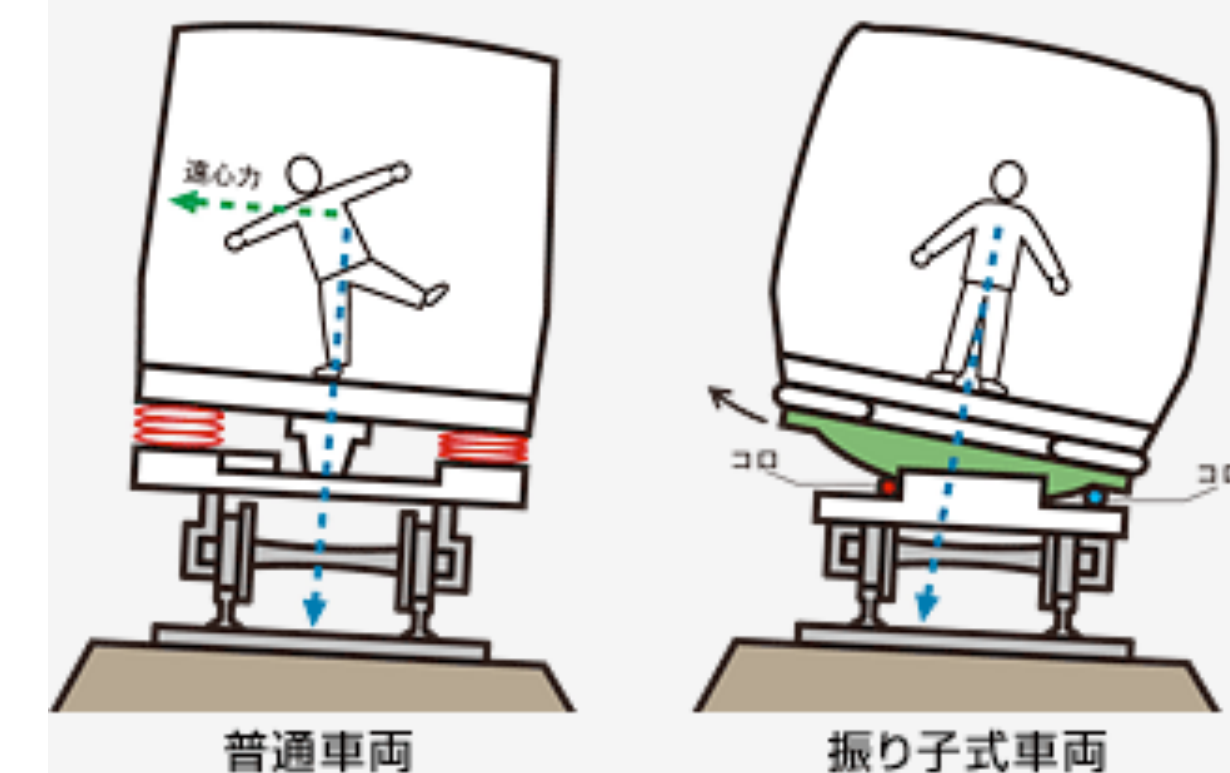


図 2.106 重力と遠心力の合力がレールを押し方向になれば、列車は安定する

振り子式車両でスピードアップ



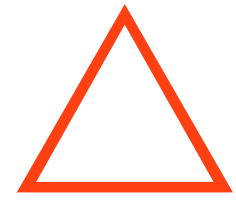
スピードアップを実現した振り子式車両のメカニズム



<http://www.toretabi.jp/train/vol08/01.html>

<http://www.katomodels.com/start/guide/item/56/catid/10>

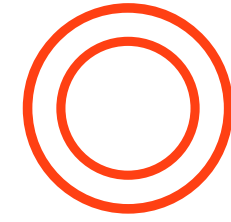
遠心力を利用した身の回りのもの



洗濯機

洗濯機

洗たく機

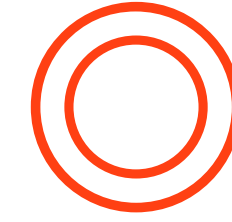



洗たく機の脱水

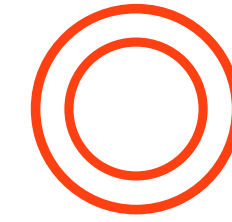
洗濯機 (脱水時)

洗濯機の脱水機能

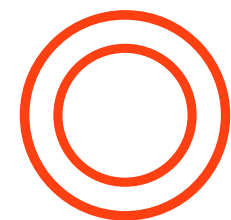
洗濯機の脱水



レタスの水切り 

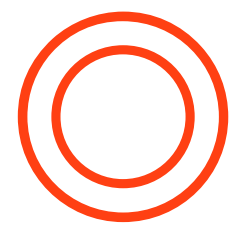



野菜の水切り、(サラダスピナー)




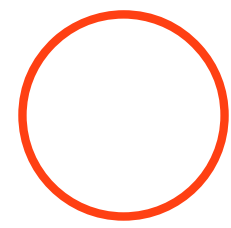
ミキサー? (蓋が壊れたときは、混ぜる材料が振散って大変なことがあります。)

遠心力を利用した身の回りのもの



公園のあれ 

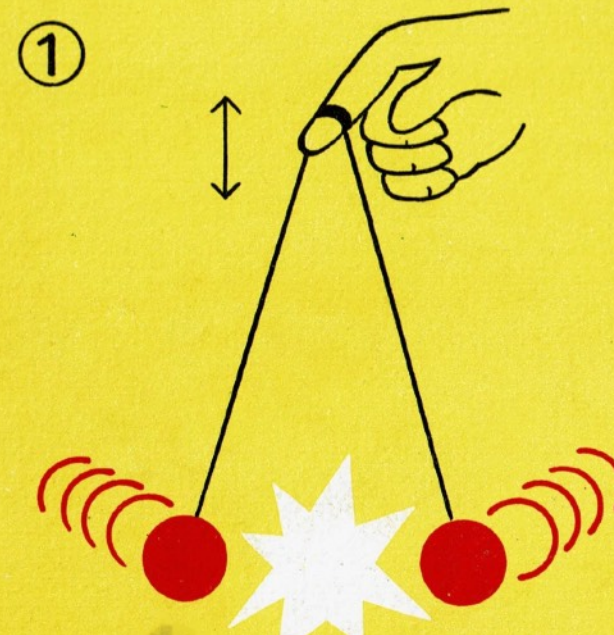
公園にあそびたい回す遊具 

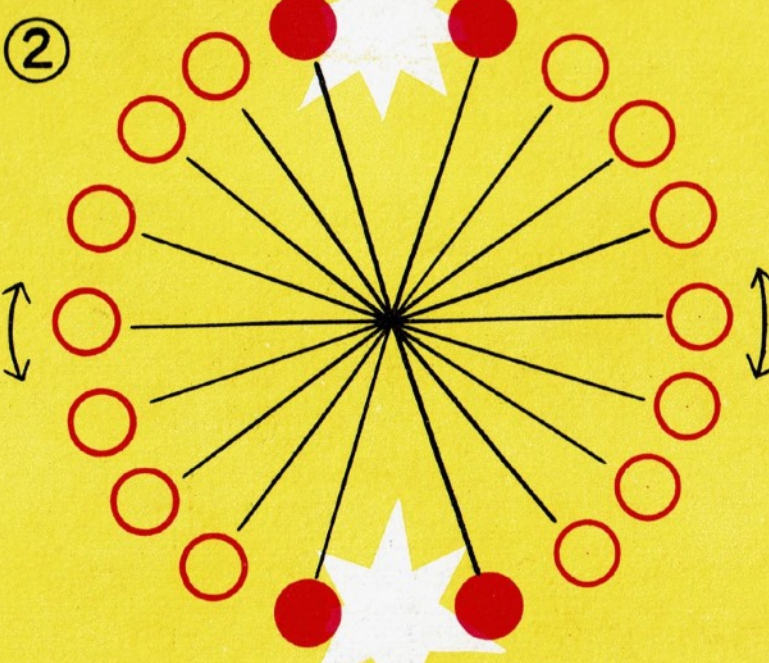


アメリカクラッカー

〈遊び方〉

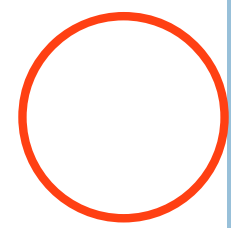
屋内や人やガラスのそばで遊ばない様に注意して下さい

① 

② 

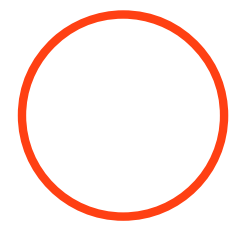
図のようにして軽く上下に動かすと球がぶつかりあいます

強く上下に動かすと円をえがいてはね上り、上と下でぶつかりあいます



ハンマー投げ

ハンマー投げの道具

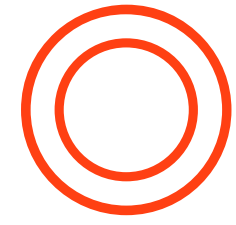



陸上競技の「ほうかん投げ」とか「円はね投げ」

砲弾投げ


砲弾は投げないで

遠心力を利用した身の回りのもの




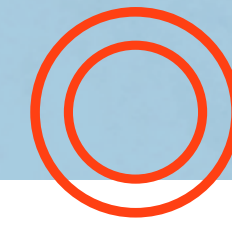
・残り少なくなったマヨネーズ等を振り
遠心力で出かす




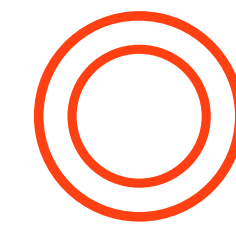
・お風呂で手をグルグルまわると、うみを巻く。 

・ラケットでボールを保持できるとある。グルグル技術でボールをキープできる。

・台風(?) 



傘を回ると水滴が外へ飛ぶ。

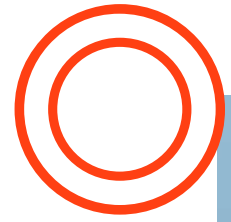


道具じゃないんだけど、
ピザまわし



Hand tossing a pizza at Nick-N-Willy's

遠心力を利用した身の回りのもの



調剤薬局でぬり薬を器にきれいに入れるための機械が遠心力を使ってる。



遠心分離機



【2015年カタログ商品】

【品番】

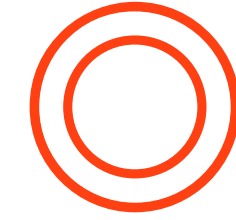
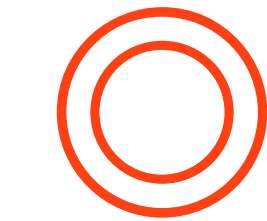
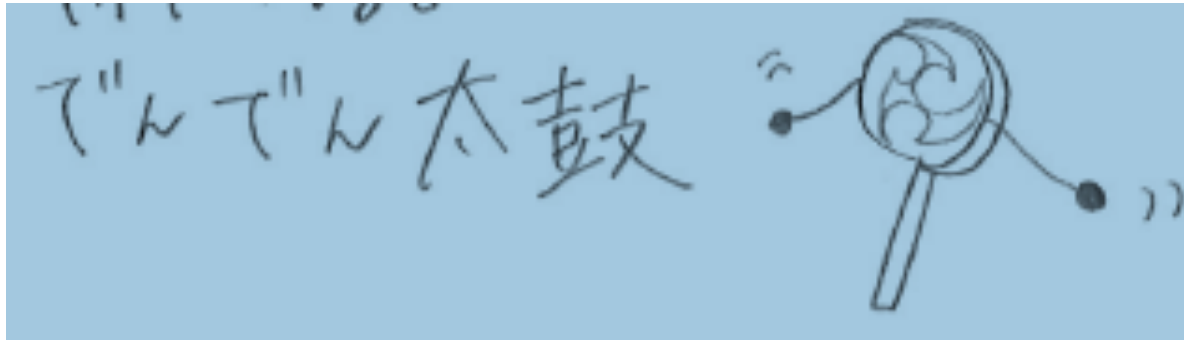
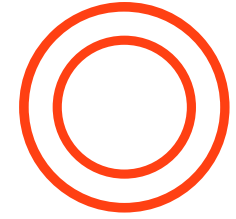
KN-100F

【仕様】

●混練容量：10?100g ●サイズ：W300×D360×H425mm ●重量：約23kg ●電源：AC100V 50/60Hz ●付属品：指定軟膏容器アダプタ ●誰が使用しても同じスピードで、同じ品質の軟膏調剤ができ、調剤作業の軽減とミスの防止に役立ちます。 ●フリーバランス機能搭載で10?100gのミックス時はバランス調節の必要がありません。

注文番号	タイトル	(定価)販売価格 (税別)	
	数量	単 位	
23-6692- 00-01	軟膏混練機 マゼリータ KN-100F 軟膏容器メ ーカー：純正容器・シンリョウ		(¥780,000) ¥738,462
		1 個	カートに入れる

遠心力を利用した身の回りのもの



バター製造過程

生乳や牛乳などから遠心分離により、乳脂肪分を分離します。乳脂肪分35～40%に調整した原料がバター



昔ながらの製造方法で作られるバター



よつ葉乳業株式会社
チャンネル登録者数 2110人

チャンネル登録

81



共有

オフライン

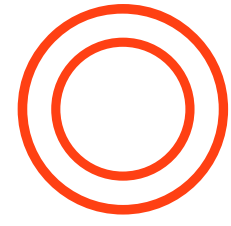


18,881 回視聴 2015/11/30

バターの製造は、今では効率的な連続式（原料クリームからバターをつくる一連の流れをすべて機械で行う製法）が主流ですが、オホーツク北見工場では、チャーンと呼ばれる巨大な立方体が特徴の装置を用いる、伝統的なバターづくりを行っています。チャーンの中にクリームを入れて回転させ、人が直接機械を操作しながらバターをつくっていくため、手間暇がかかり、熟練を必要とする技術でもあります。

<https://www.youtube.com/watch?v=WD1clk-vRRI>

遠心力を利用した身の回りのもの



いかを干す機械



干物干し機 角太郎



(天日干しシシャモ 600匹~800匹/台)

AC100Vモーター搭載の回転式
干物乾燥機

特徴：小魚のいわし・シシャモ
の天日干しに最適です。

価格 7万円



干物干し機 丸太郎SP付

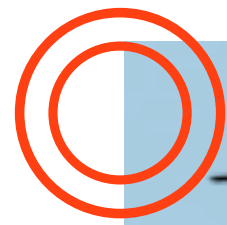
AC100V、3Wモーター搭載の回
転数可変干物乾燥機

特徴：ホッケ、アジ、秋刀魚、天
日干し魚、干物作りに最適です

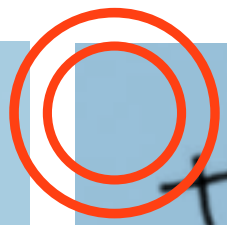
参考価格 10万円



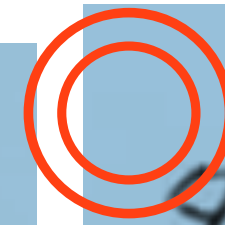
遠心力を利用した身の回りのもの



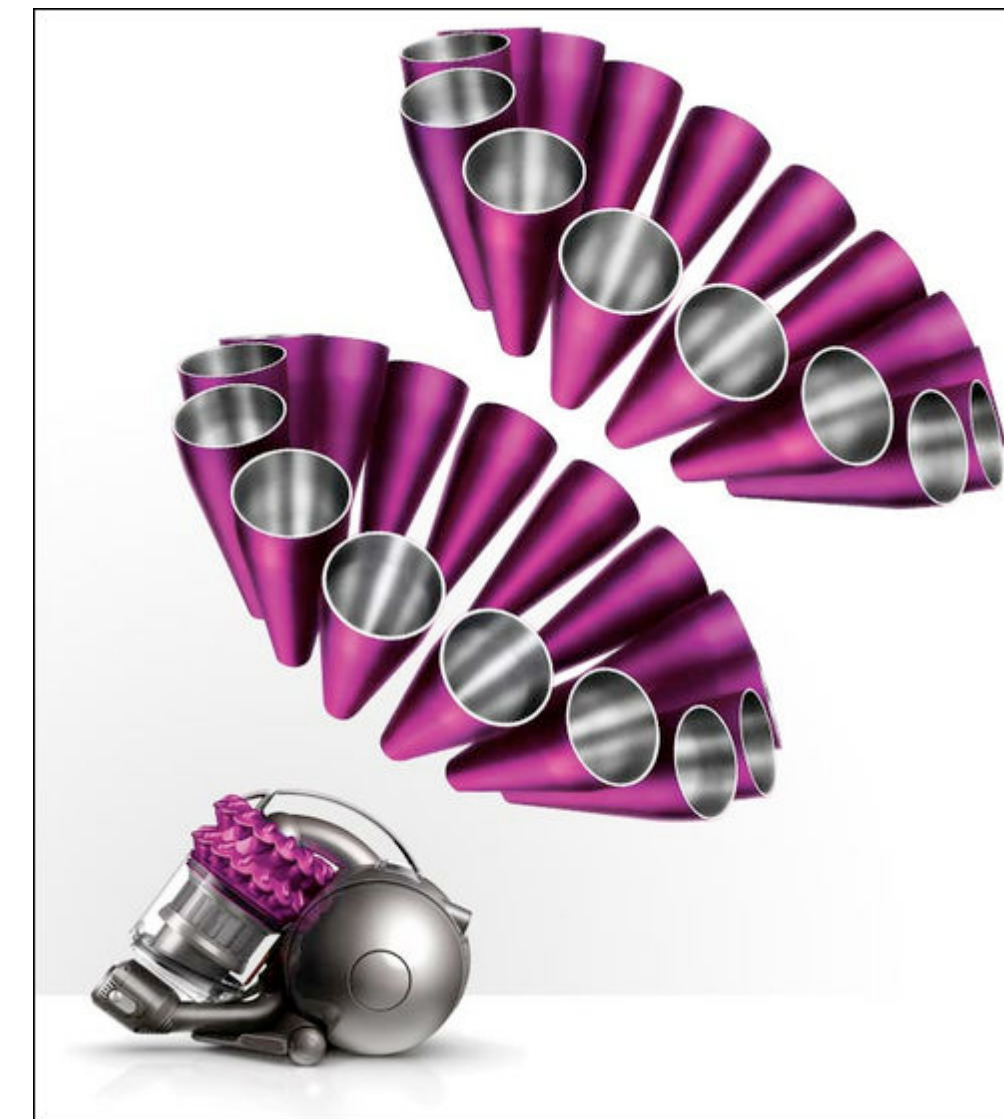
サイクロン掃除機



サイクロン
そうじき



ダイソンの掃除機



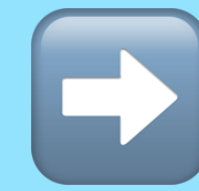
Dyson Cyclone CM JPNversion

http://www.youtube.com/watch?v=uqbyj_VNCgw

千葉県 Rさんからの出題

エアコンをつけたまま
左にカーブすると...

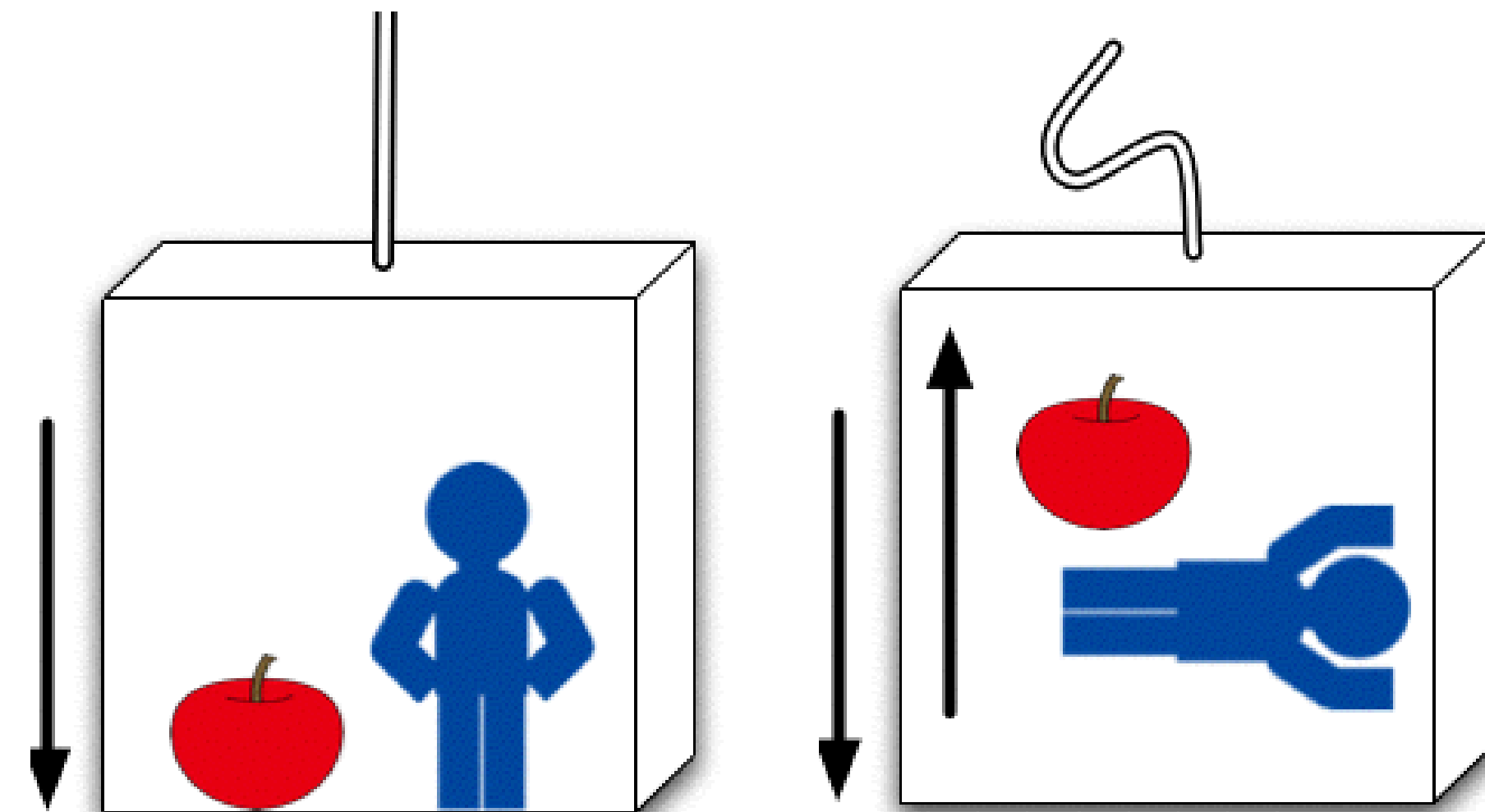
風が右に曲がる時と
左に曲がる時がある



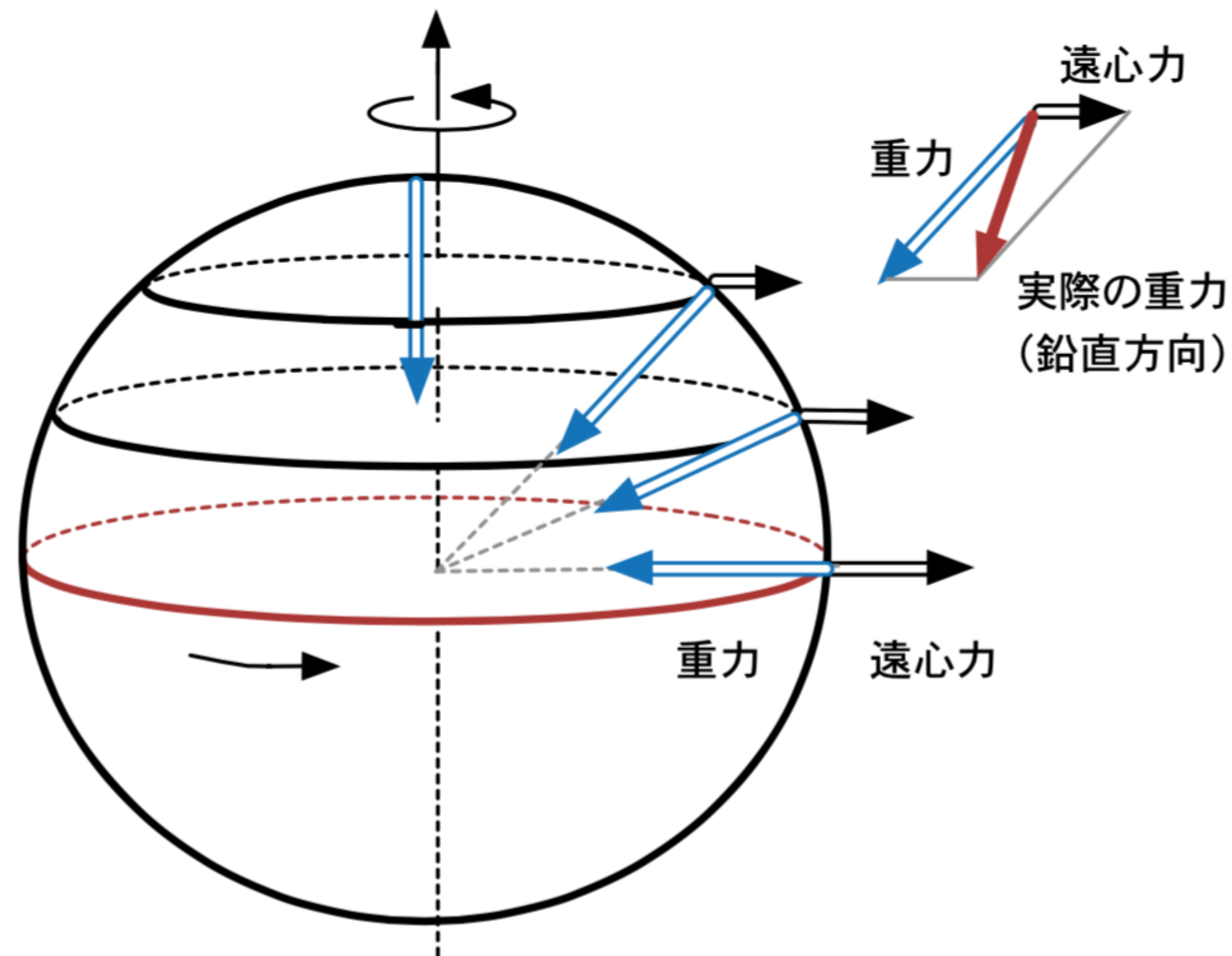
一般化して、「慣性力」

法則 慣性力

加速度 a で動いている人の立場で運動を考えるときには、物体（質量 m ）の運動には、その加速度と逆向きに大きさ $-ma$ の慣性力を加えて考えないとつじつまが合わない。遠心力は慣性力の一つである。



地球の遠心力

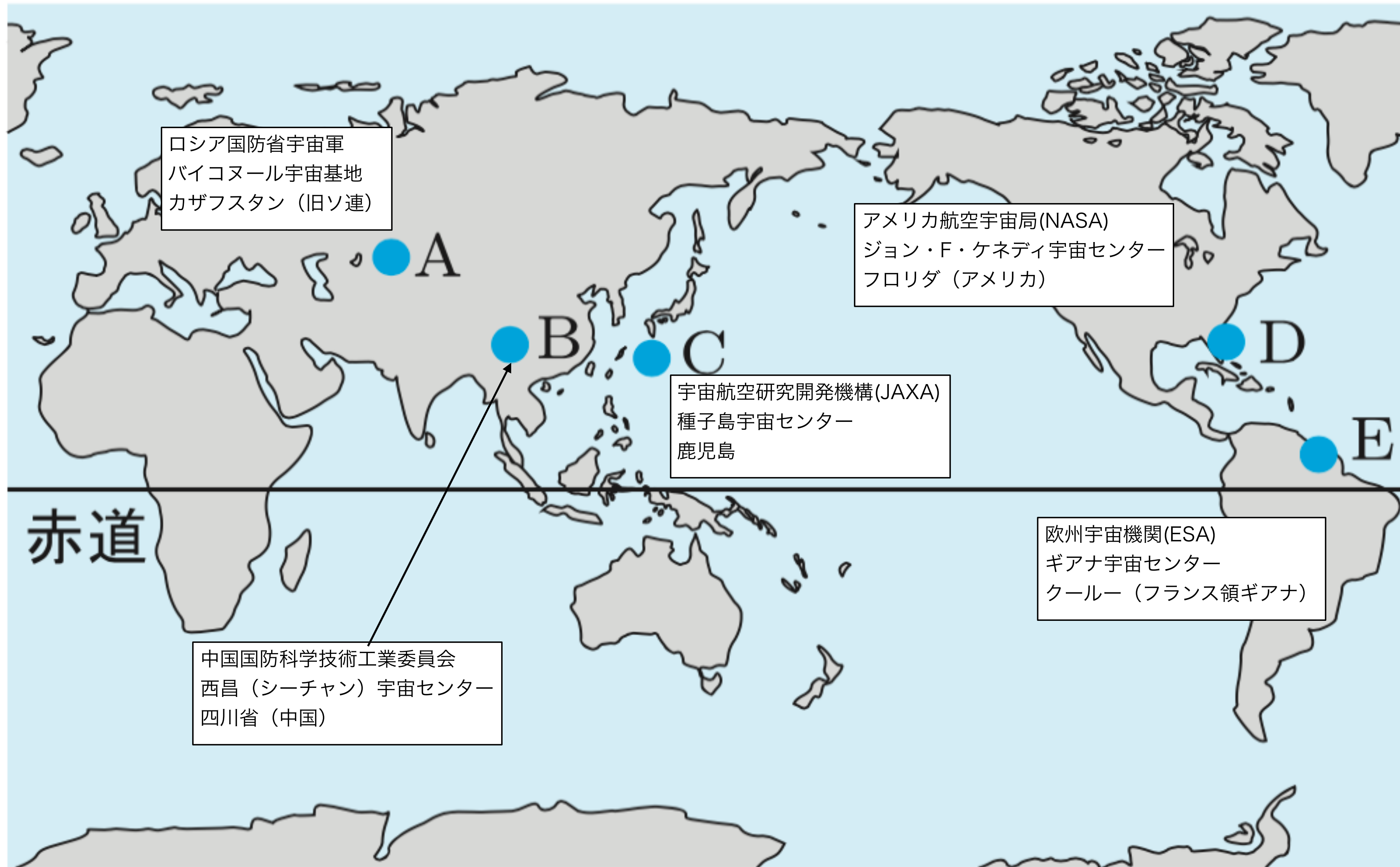


リンゴの落ちる方向は、
地球の中心向きではない。

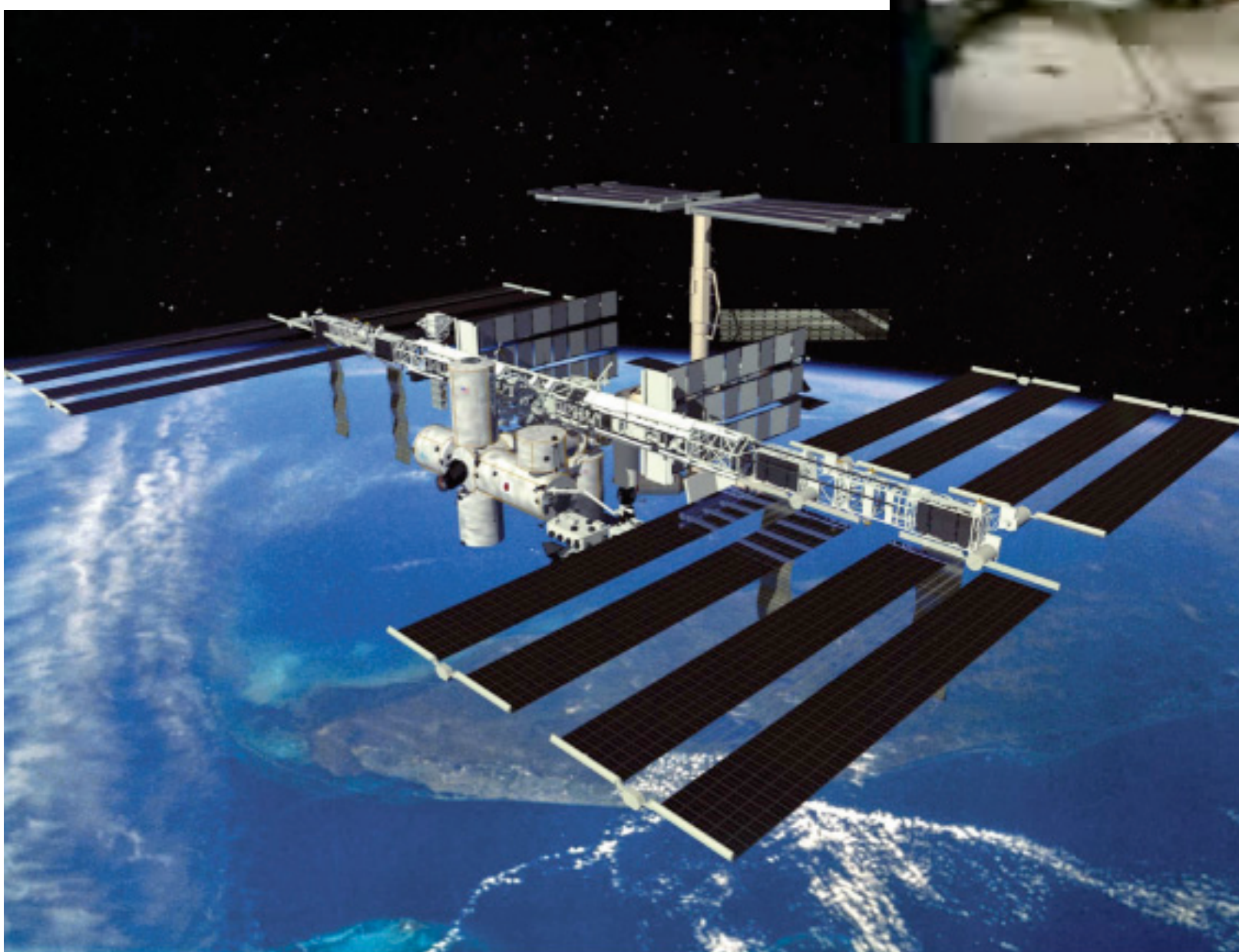
問 2.32

遠心力の大きさを考えて、北極点と赤道上で体重計に乗ると、違いは何%生じるだろうか。

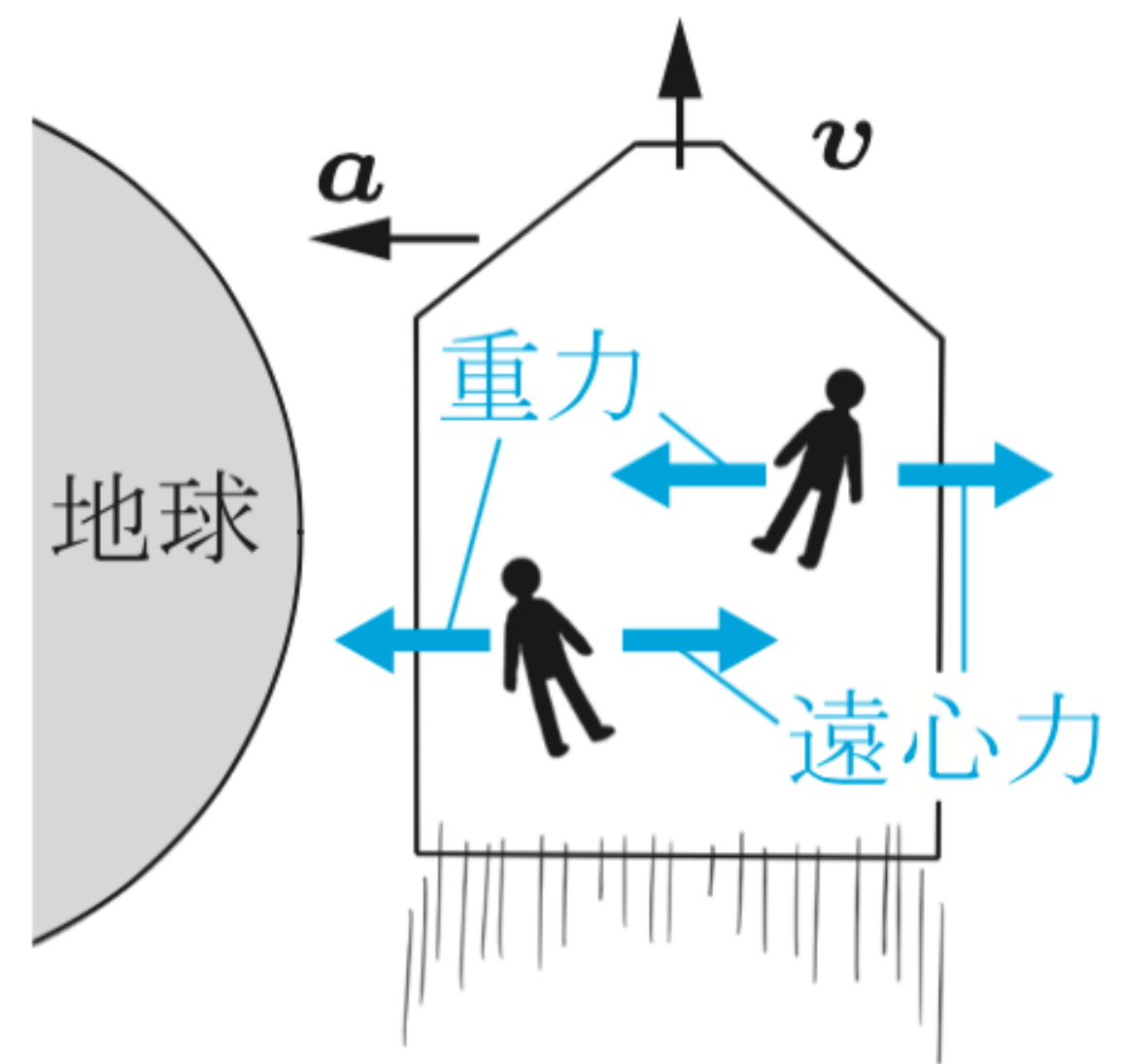
ロケット発射場はなるべく赤道近くに



宇宙ステーション内が無重量になる理由？



国際宇宙ステーション想像図 (提供: 米国航空宇宙局 (NASA))



- 無重量状態
- × 無重力状態

無重量状態をつくることは可能か？



無重力体験 ～アメリカ～



ボーイング727による宇宙体験・無重力体験飛行がアメリカ・ラスベガス、ケネディースペースセンターなどで楽しめます。

天井や壁を歩いてみたり、スーパーマンのように宙を飛んだり、水球になった水を飲んだり(?)... などなど。楽しみ方は、自由！無重力状態でどんな事を試してみますか？

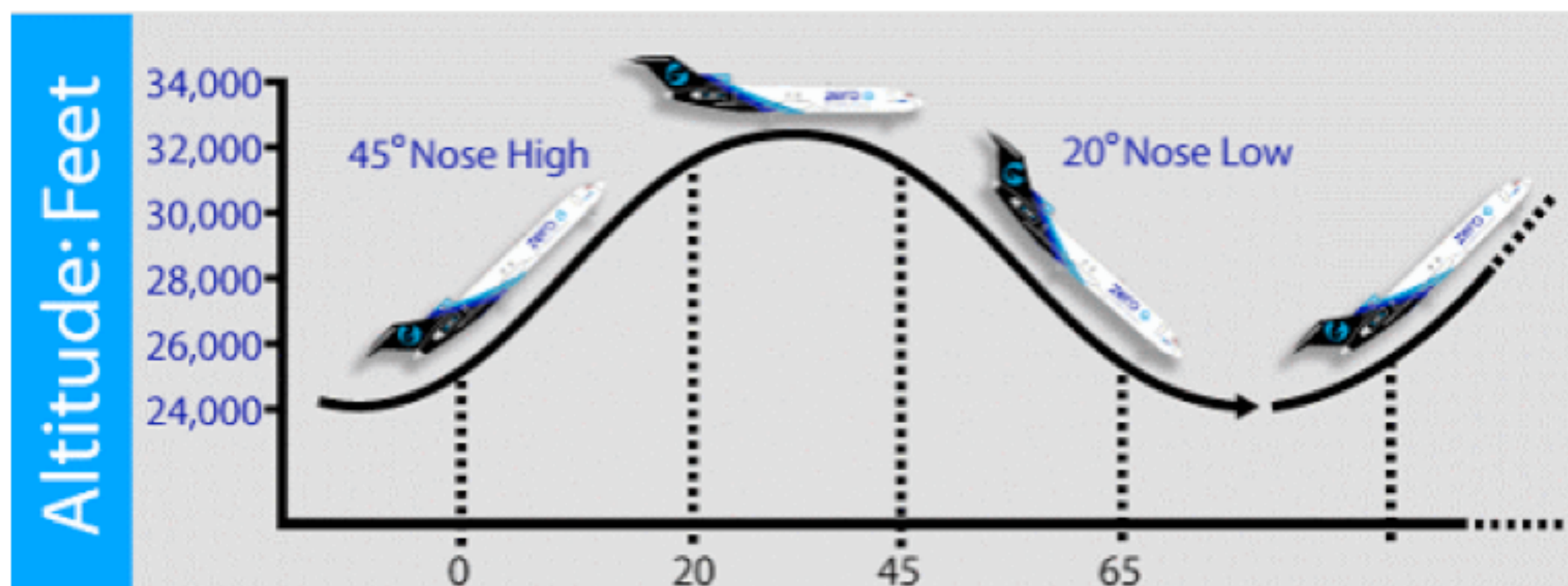
このプログラムでは、無重力体験のみでなく火星や月の重力も体験できます。

無重力体験・概要

高度24,000ft (約7,315m) から45度の角度で34,000ft (約10360m) まで地上の1.8倍 (1.8G) の重力を感じながら、一気に上昇し、その後下降します (パラボラテック飛行)。この時に無重力を25-30秒程度お楽しみいただけます。

30秒という時間は短いようですが、通常スカイダイビングでのフリーホールの時間 (バンジージャンプの5回分より長い) 時間とほぼ同じです。無重力の間は、スーパーマンになったように空を飛ぶなど思い思いにお楽しみ下さい。



また、このプログラムでは、10回の無重力が予定されていますが、それ以外に3回の月 (地球の1/6) や2回の火星 (地球の1/3) の重力も同じフライトでお楽しみいただく予定です。



http://www.ctn-japan.com/tracon/space/zerog_us.html

前回のミニッツペーパーから



[4-3] ゆでた卵は、ゆでていない卵よりも回転する。その理由は？



生  ← 黄身と自身それぞれの運動がある
or  1つのかたまりとしての運動
↑ 2つの運動の方が大きいから回りやすい？

?

中身が固まっているゆでた卵は、重心が「はなれ」が、生の卵は中身に円運動がはたらくため、重心がぶれることによって、回転しにくい。



 → 液体だてあるころはさう (きろんとお速くない?)
 → ある程度の固さがあると加速しやすい

内身が遠心力で外側よりよるから、生玉子は茹玉子より回転しにくい。  

ゆでていない卵は中身が動くから、

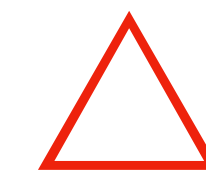
中身が液体から固体に変化するから？

ゆでていない状態だと、中の黄身が固まっているため、重心が安定しているから。反対に生卵は中身が揺れるため、外側の反対の動きをするから？



密度が高いから。

表面が熱によって変化できるから？
重心が変化？



黄身の状態しか違いが分からないので、それが理由だと思ったけれど、どのように作用して回転数に影響するのか？

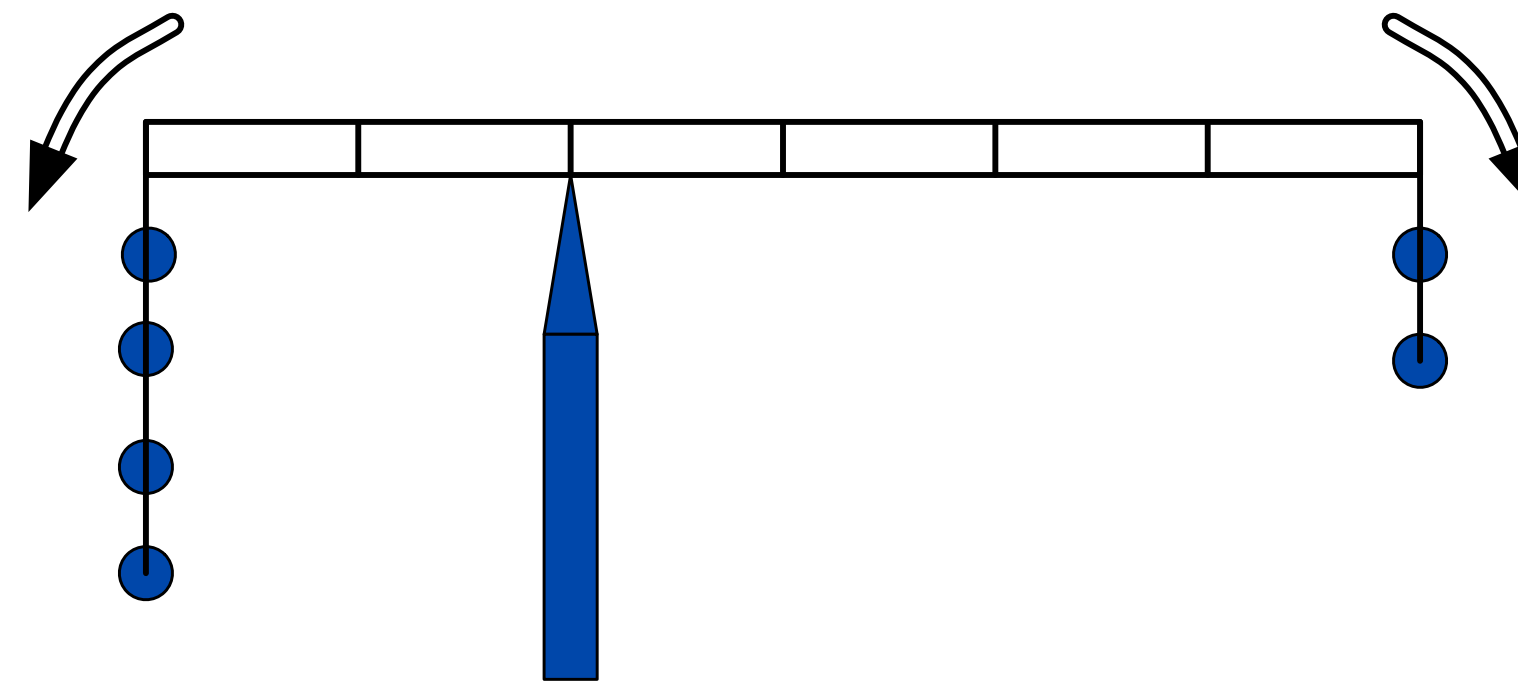
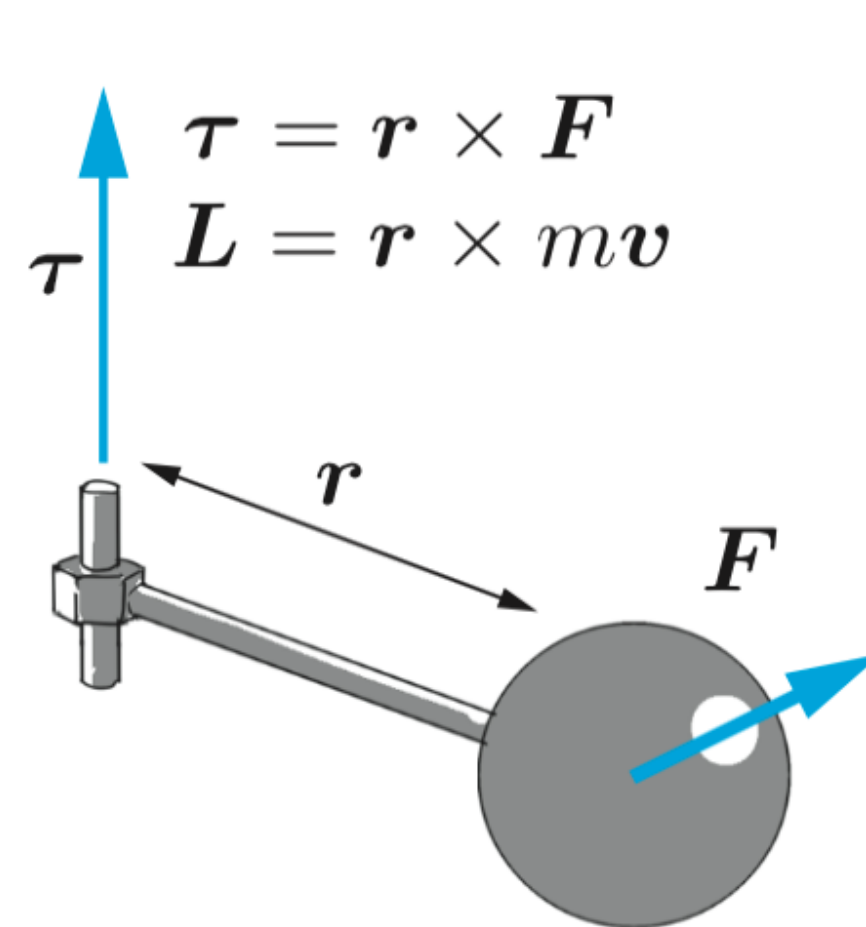
トルク = 回転させようとする力

トルクと角運動量

回転運動させようとする力をトルク，回転運動の運動量を**角運動量**という。

$$(\text{トルク } \tau) = (\text{回転半径 } r) \times (\text{力 } F)$$

$$(\text{角運動量 } L) = (\text{回転半径 } r) \times (\text{運動量 } mv)$$

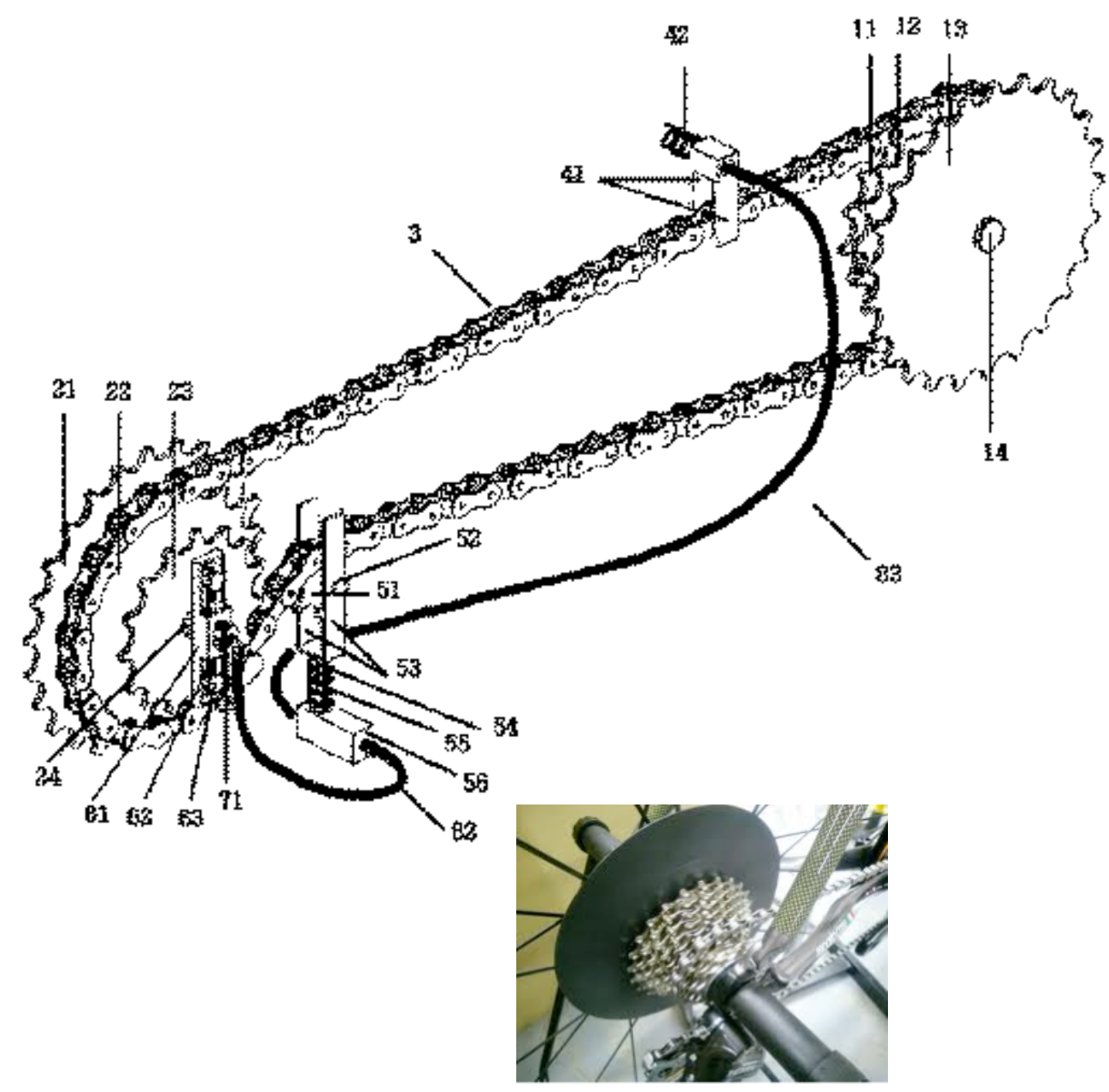


トルク (torque) は、
回転モーメントとも呼ばれる

トルク = 回転させようとする力



工具



自転車のギア比

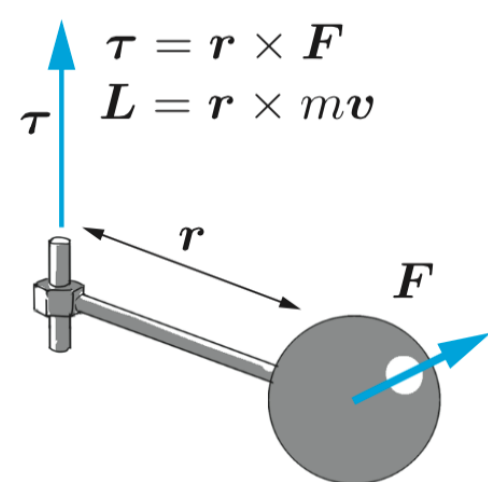
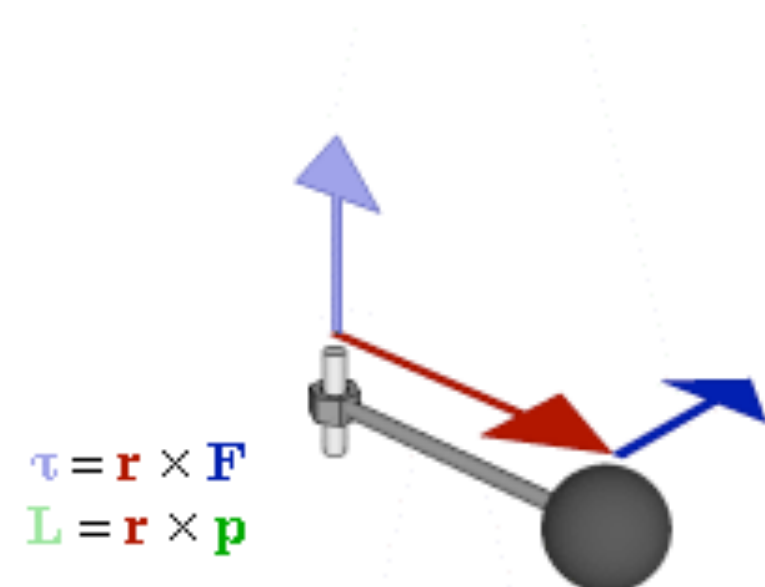
角運動量 = 回転運動の運動量

トルクと角運動量

回転運動させようとする力をトルク，回転運動の運動量を**角運動量**という。

$$(\text{トルク } \tau) = (\text{回転半径 } r) \times (\text{力 } F)$$

$$(\text{角運動量 } L) = (\text{回転半径 } r) \times (\text{運動量 } mv)$$



トルク = 回転させようとする力
角運動量 = 回転している運動量

ケプラーによる惑星の運動法則

Johannes Kepler
(1571-1630)



ケプラーによる惑星の運動法則 (1609年, 1619年)

- 第1法則 楕円軌道の法則**
 惑星は太陽を1つの焦点とする楕円軌道を描く。
- 第2法則 面積速度一定の法則**
 太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間に描く扇形の面積(面積速度)は、惑星それぞれについて一定である。
- 第3法則 調和の法則**
 惑星の公転周期 T の2乗と、惑星の描く楕円の長軸半径(長軸の長さの半分) R の3乗の比 T^2/R^3 は、惑星によらず一定である。

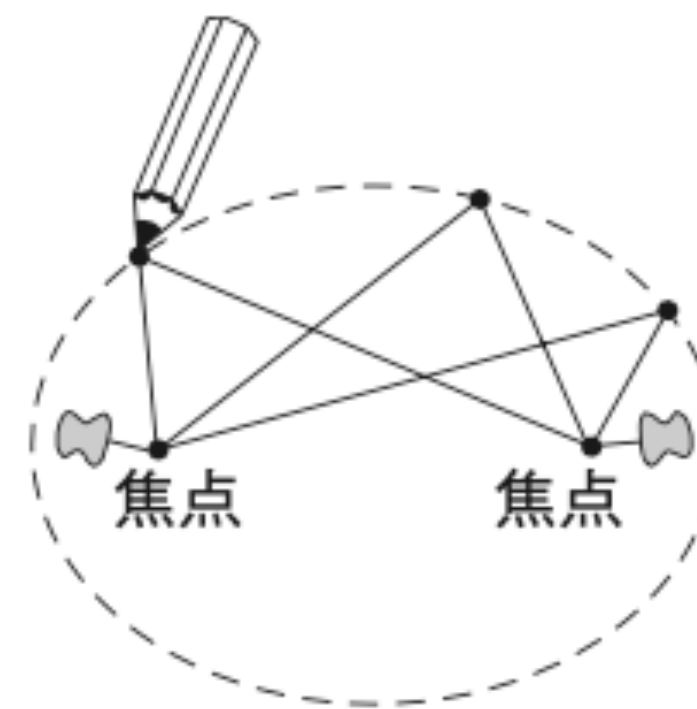
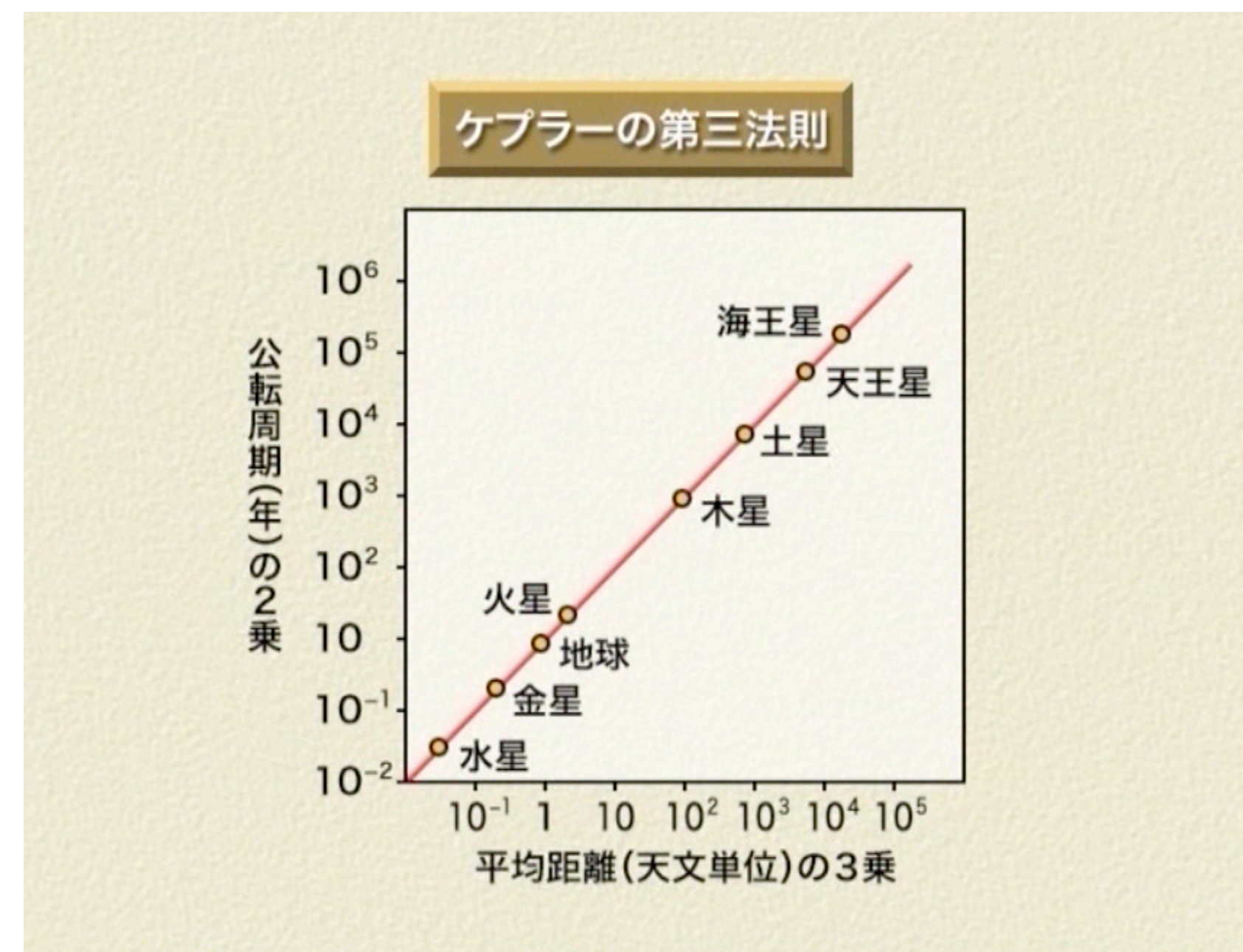
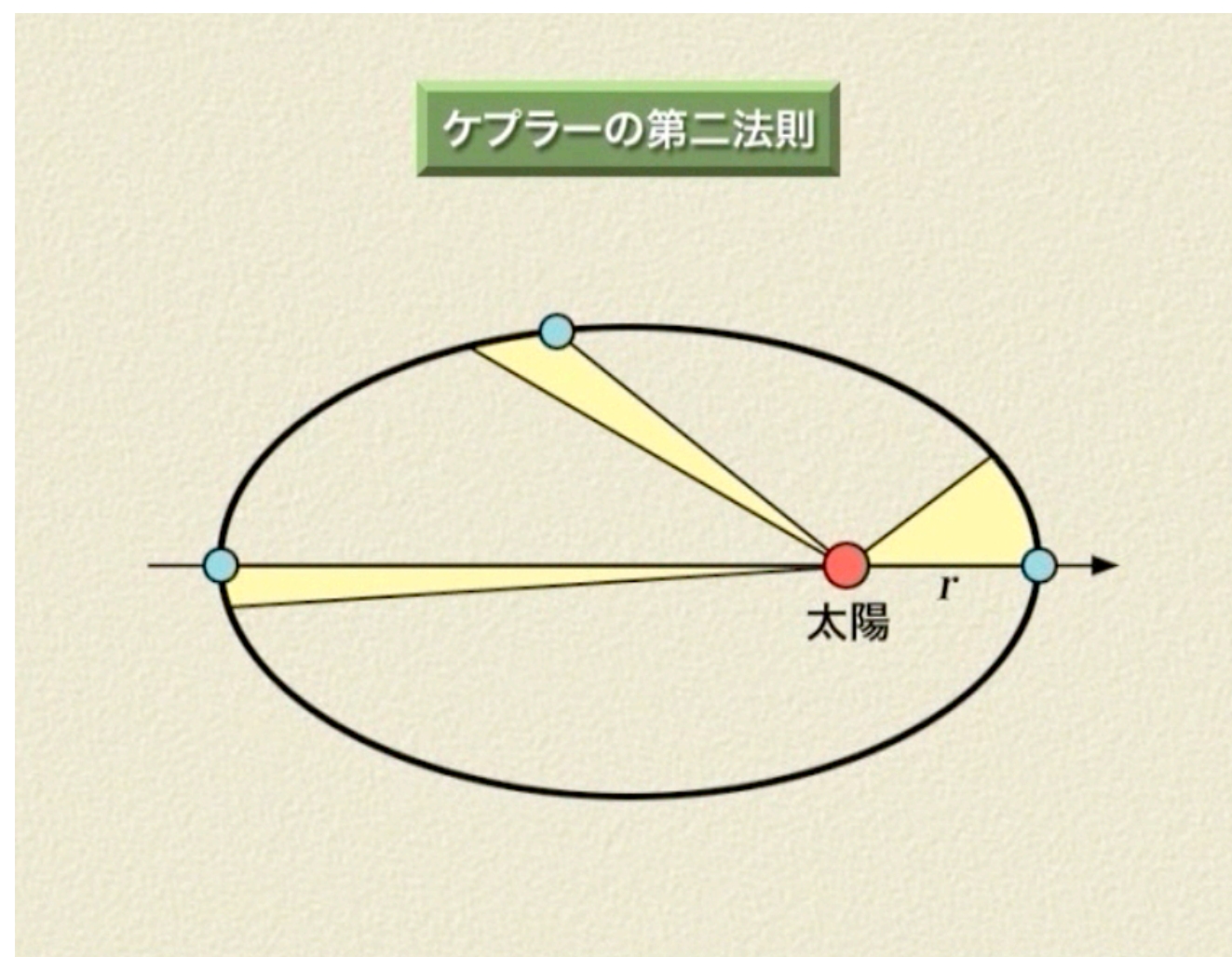
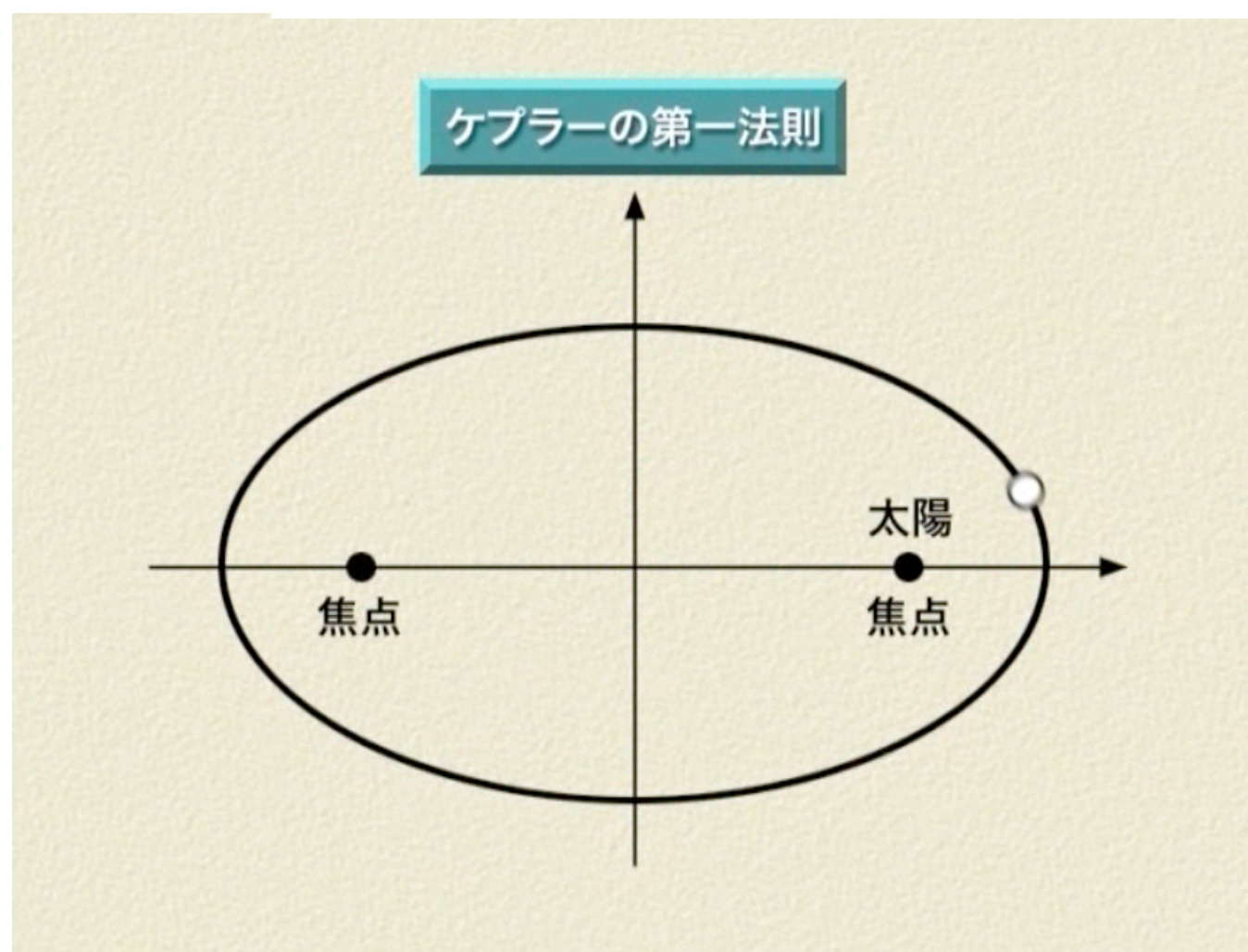


図 2.13 楕円は2つの焦点から糸を張り、ペンで一周すると描ける形である。焦点が1つに重なっていけば円になる。円は特殊な楕円である。



教科書 p83

実験 7 回転する椅子で足をつけずに回転する

角運動量保存則は、初めに回転がなければ、その後もずっと回転がないことを示している。回転できる椅子に座っている人が、後ろを振り向くときには、足をつけて回すことが必要だ。足をつけずに回転する方法はあるだろうか。試してみよう。

教科書 p84

実験 8 よく回り続けるコマ

CD 盤の中央にビー玉をつけるとコマになる。安定して長い時間回り続けるようにするには、トルクを大きくすればよい。CD 盤におもりを貼り付けておくと、安定して回るようになる。おもりの位置を中心付近、端の部分と変えてものをつくり、比較してみよう。

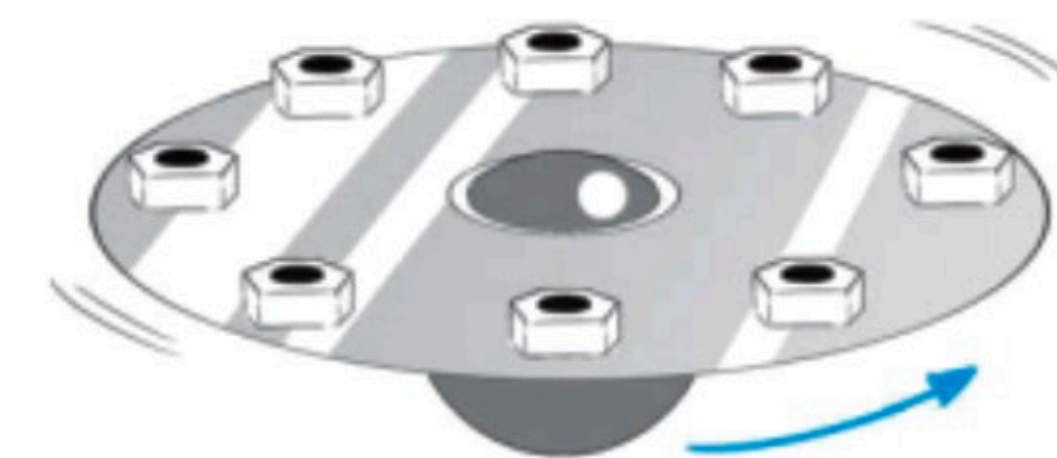


図 2.119 角運動量大きいコマ



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

Main page
Contents
Featured content
Current events
Random article
Donate to Wikipedia

Interaction
Help
About Wikipedia
Community portal
Recent changes
Contact Wikipedia

Toolbox
Print/export

Languages
العربية

Article [Talk](#)

[Read](#) [Edit](#) [View history](#)

Falling cat problem

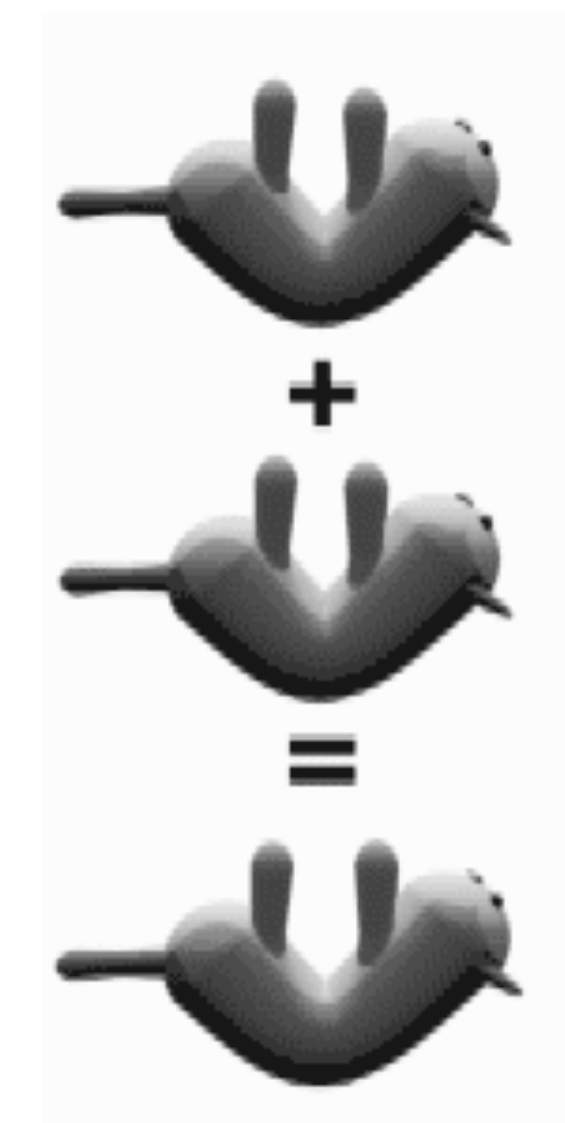
From Wikipedia, the free encyclopedia

The **falling cat problem** consists of explaining the underlying [physics](#) behind the common observation of the [cat righting reflex](#): how a free-falling [cat](#) can turn itself right-side-up as it falls, no matter which way up it was initially, without violating the law of [conservation of angular momentum](#).

Although somewhat amusing, and trivial to pose, the solution of the problem is not as straightforward as its statement would suggest. The apparent contradiction with the law of conservation of angular momentum is resolved because the cat is not a [rigid body](#), but instead is permitted to change its shape during the fall. The behavior of the cat is thus typical of the mechanics of deformable bodies.

The solution of the problem, originally due to ([Kane & Scher 1969](#)), models the cat as a pair of cylinders (the front and back halves of the cat) capable of changing their relative orientations. [Montgomery \(1993\)](#) later described the Kane–Scher model in terms of a [connection](#) in the configuration space that encapsulates the relative motions of the two parts of the cat permitted by the physics. Framed in this way, the dynamics of the falling cat problem is a prototypical example of a [nonholonomic system](#) ([Batterman 2003](#)), the study of which is among the central preoccupations of [control theory](#). A solution of the falling cat problem is a curve in the configuration space that is *horizontal* with respect to the connection (that is, it is admissible by the physics) with prescribed initial and final configurations. Finding an optimal solution is an example of [optimal motion planning](#) ([Arbyan & Tsai 1998](#); [Xin-sheng & Li-qun 2007](#)).

In the language of physics, Montgomery's connection is a certain [Yang-Mills field](#) on the configuration space, and is a special case of a more general approach to the dynamics of deformable bodies as represented by [gauge fields](#) ([Montgomery 1993](#); [Batterman 2003](#)), following the work of Shapere and [Wilczek \(Shapere and Wilczek 1987\)](#).



猫が着地できる理由は何か？

(角運動量保存則に違反していないか？)

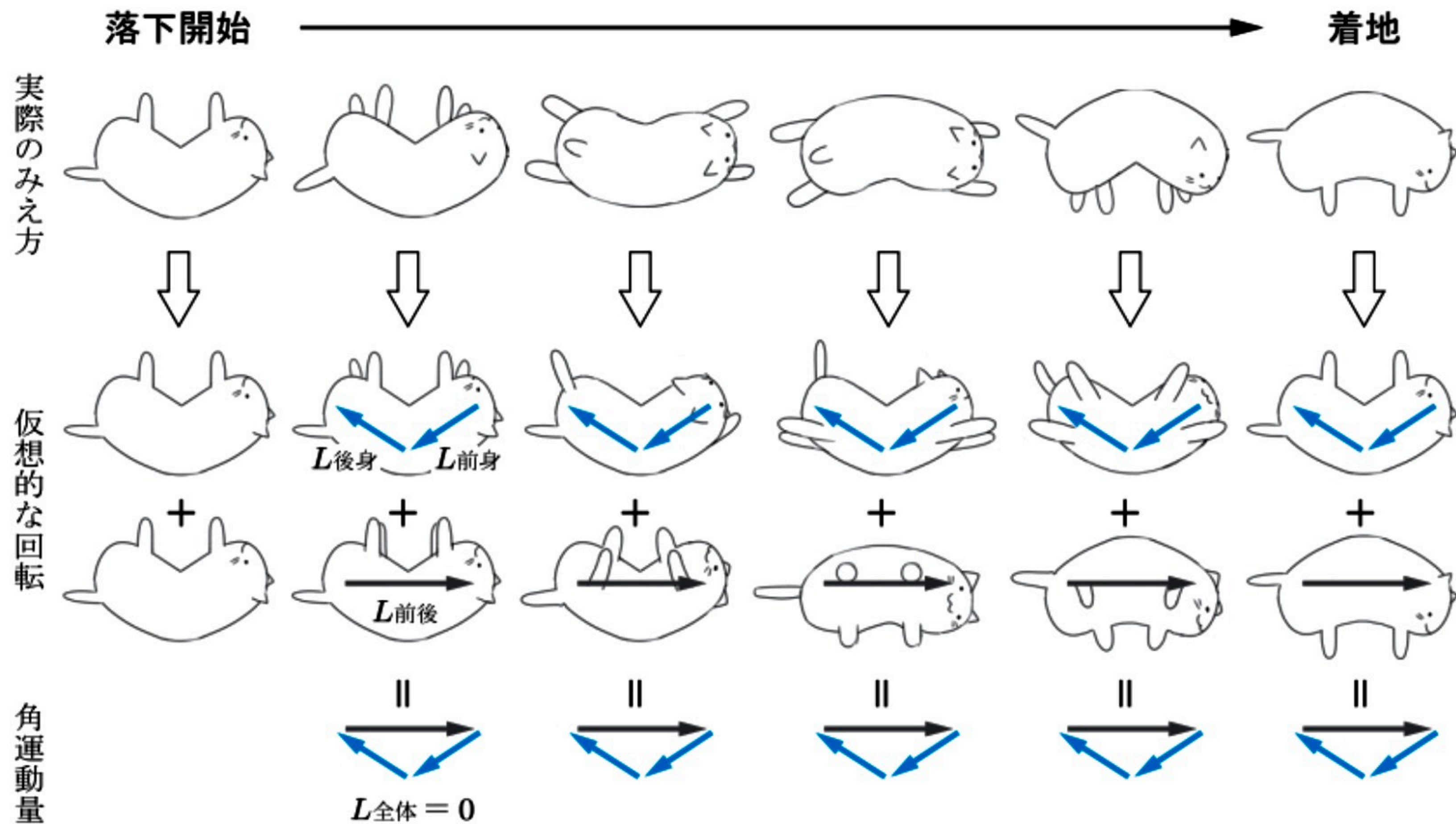
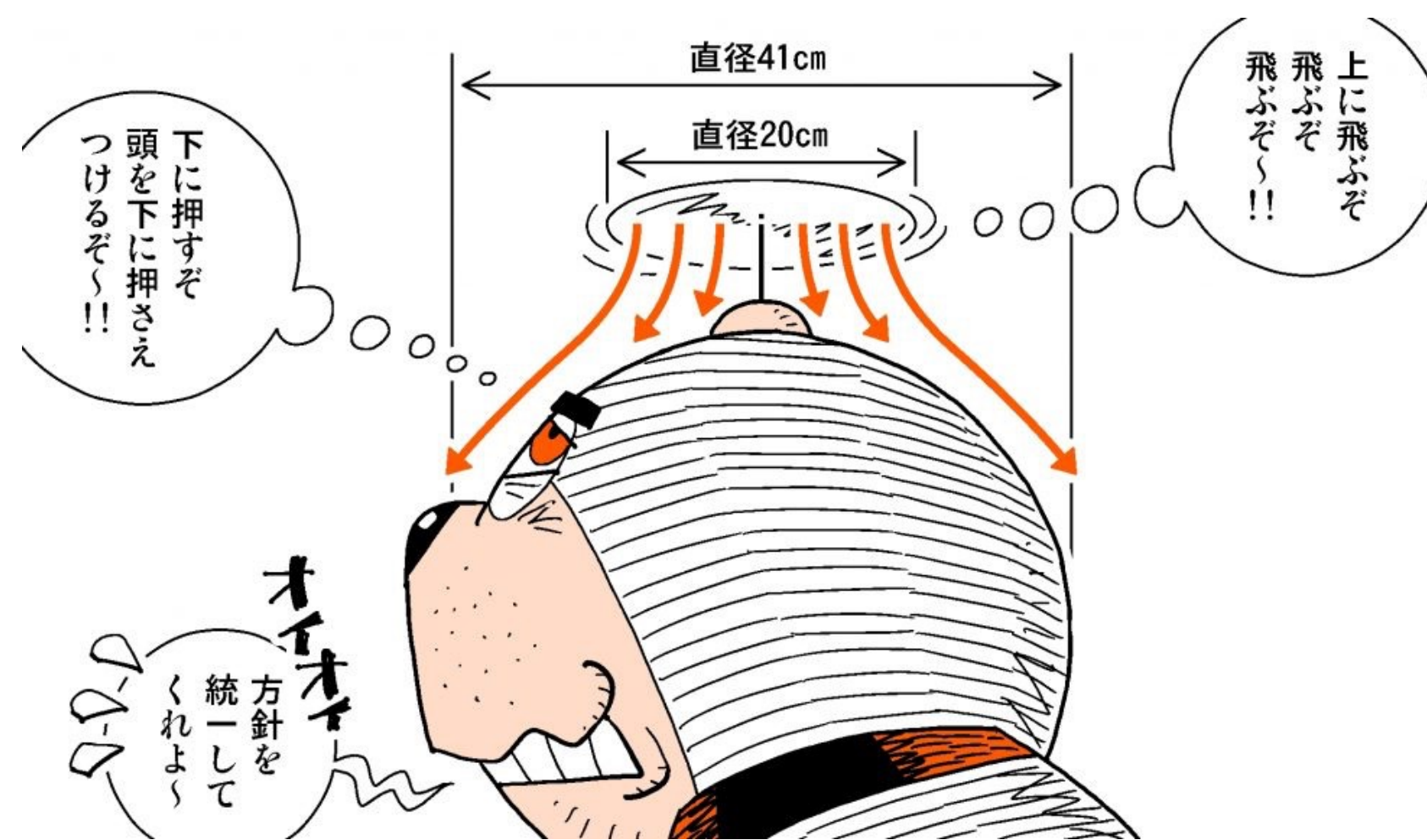


図 2.120 猫の落下問題の解決 図は左（落下開始）から右（着地）への時間変化を示し、上段は、実際の猫の体勢である。2 段目と 3 段目は、猫の回転を分解して示した図である。猫は「く」の字に体を曲げ、前身と後身でそれぞれ体を回転させる（2 段目の図）ことで、全体の角運動量をゼロにしたまま水平軸方向の回転（3 段目の図）を得ていた。最下段は、すべての回転ベクトルの合成がどの瞬間でももとに戻る（すなわち、和はゼロに保たれている）こと、すなわち全角運動量はゼロのままに保たれていることを示している。

タケコプターは可能か

問題点 1 :

上昇しようとする力と、風によって下へ押しつける力が相殺する。



空想科学研究所 <https://www.kusokagaku.co.jp/info/630.html>



ドラえもん 藤子限定 タケコプター ドラえもんカラー

3,959円 +送料520円

39ポイント(1倍)

39ショップ

amax 楽天市場店



バンダイスピリッツ PROPLICA タケコプター (ドラえもん) [代引不可]

2,500円 +送料550円

25ポイント(1倍)

翌日配達 39ショップ

ソフマップ楽天市場店



問題点 2 :

角運動量保存則により、体がプロペラと逆回転を始める

タケコプター欲しい



タケコプターは可能か

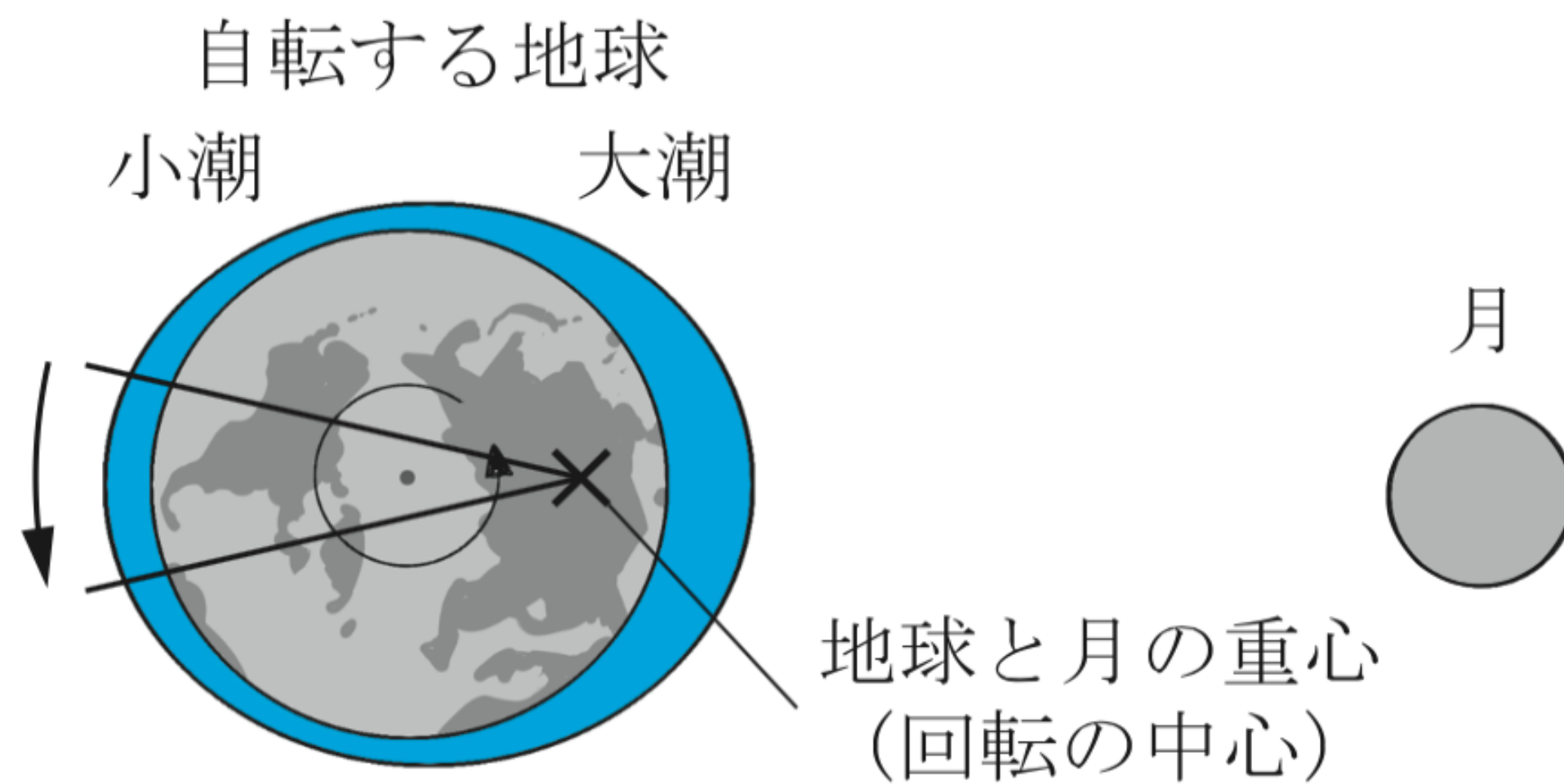
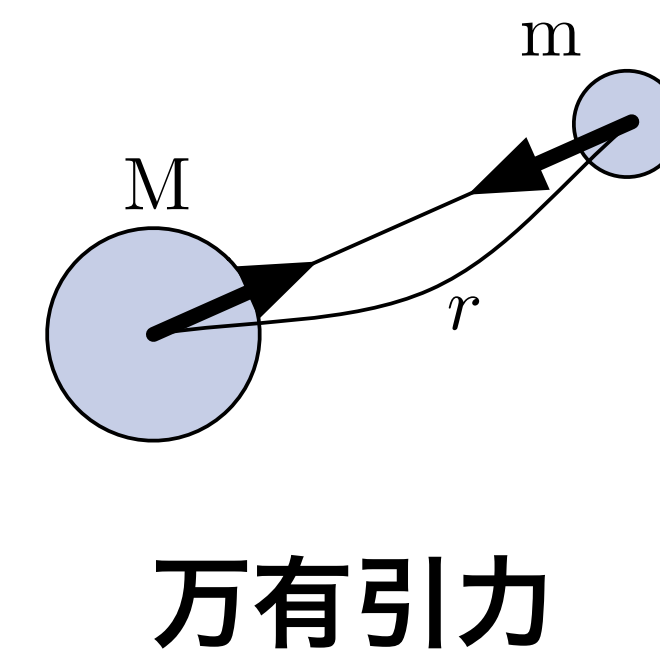
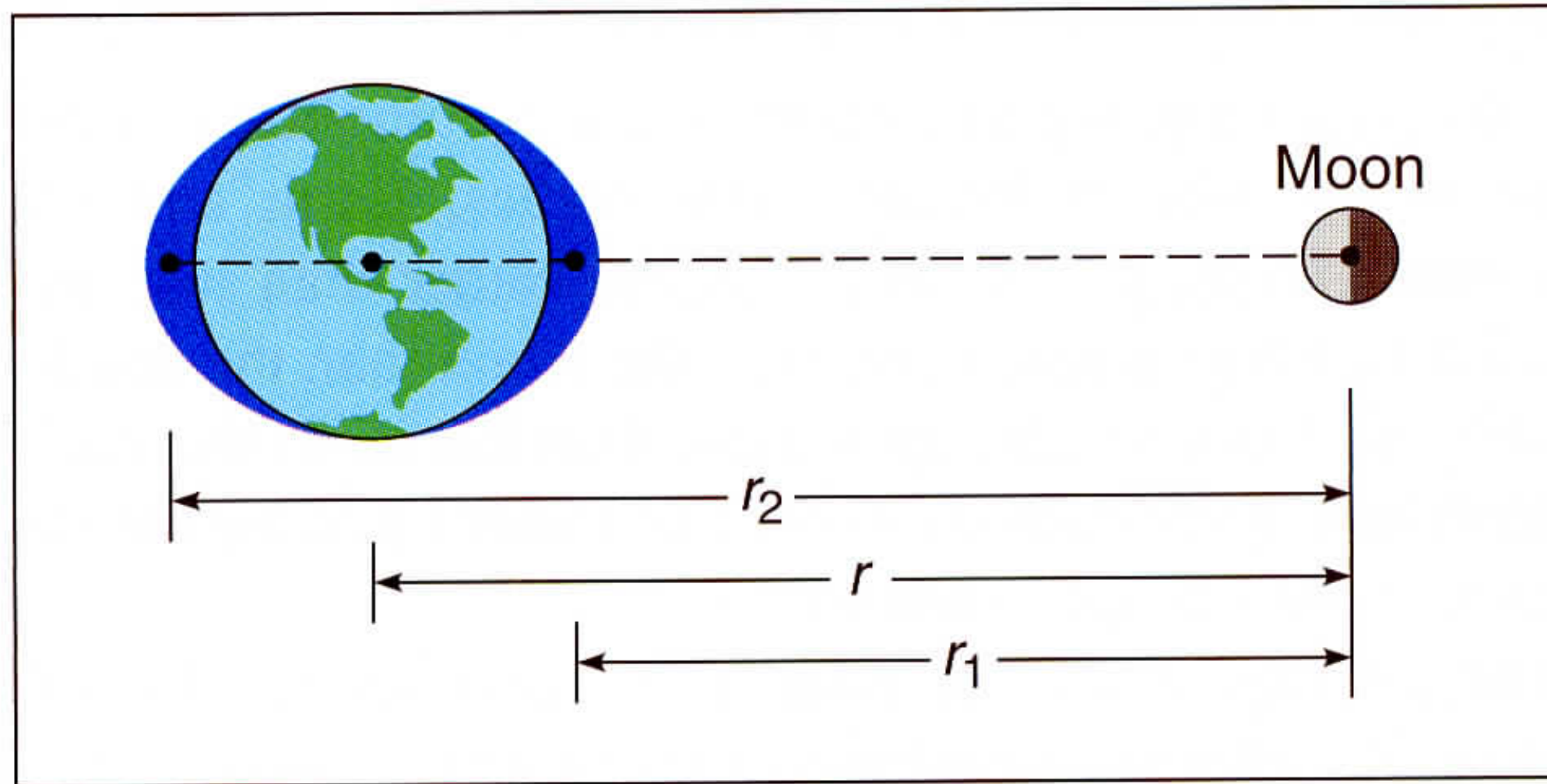


タケコプターで飛び上がるドラえもん。プロペラのサイズは頭をはみ出るほど大きくなければならないし、2重のプロペラは逆回転で全角運動量をゼロにする工夫がされている。手を添えると下向きの風が折り返して上向きを加速する。狭い自宅よりも大学のゼミ室の方が気流が安定している。あくまでも、物理教材のビデオの撮影。

<https://www.facebook.com/hisaaki.shinkai/posts/4174800462535205>

Doraemon jumps up with a bamboo copter. The size of the propeller must be large enough to stick out of the head, and the double propeller is devised to reduce the total angular momentum to zero by rotating in the reverse direction. When you add your hand, the downward wind turns back and accelerates upward. The airflow is more stable in the university seminar room than in a small home. We are shooting a video of physics teaching materials, not playing with.

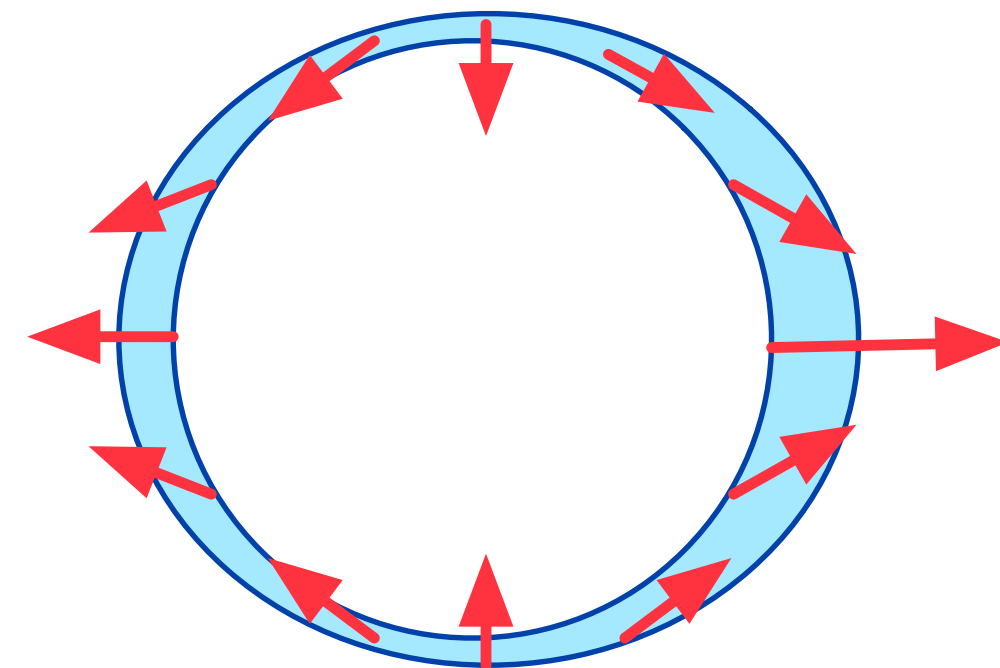
潮汐力(tidal force)



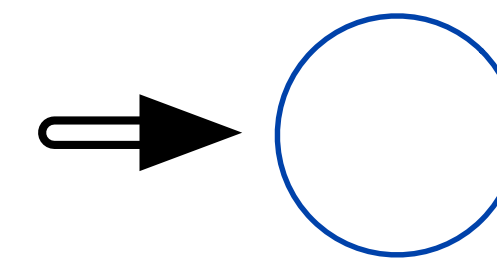
潮の満ち引きの原因は月の重力

なぜ月の反対側でも満潮？

地球



月



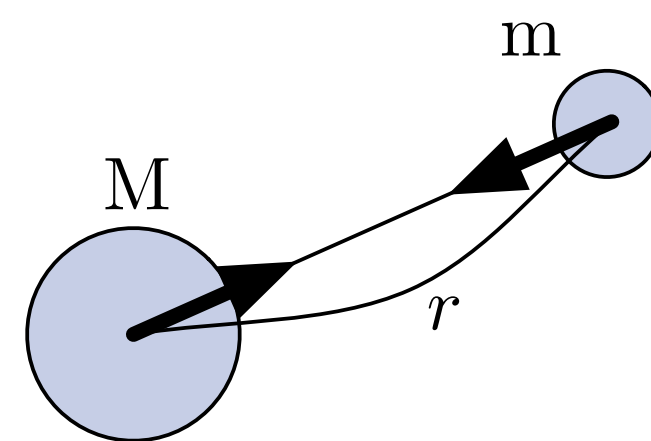
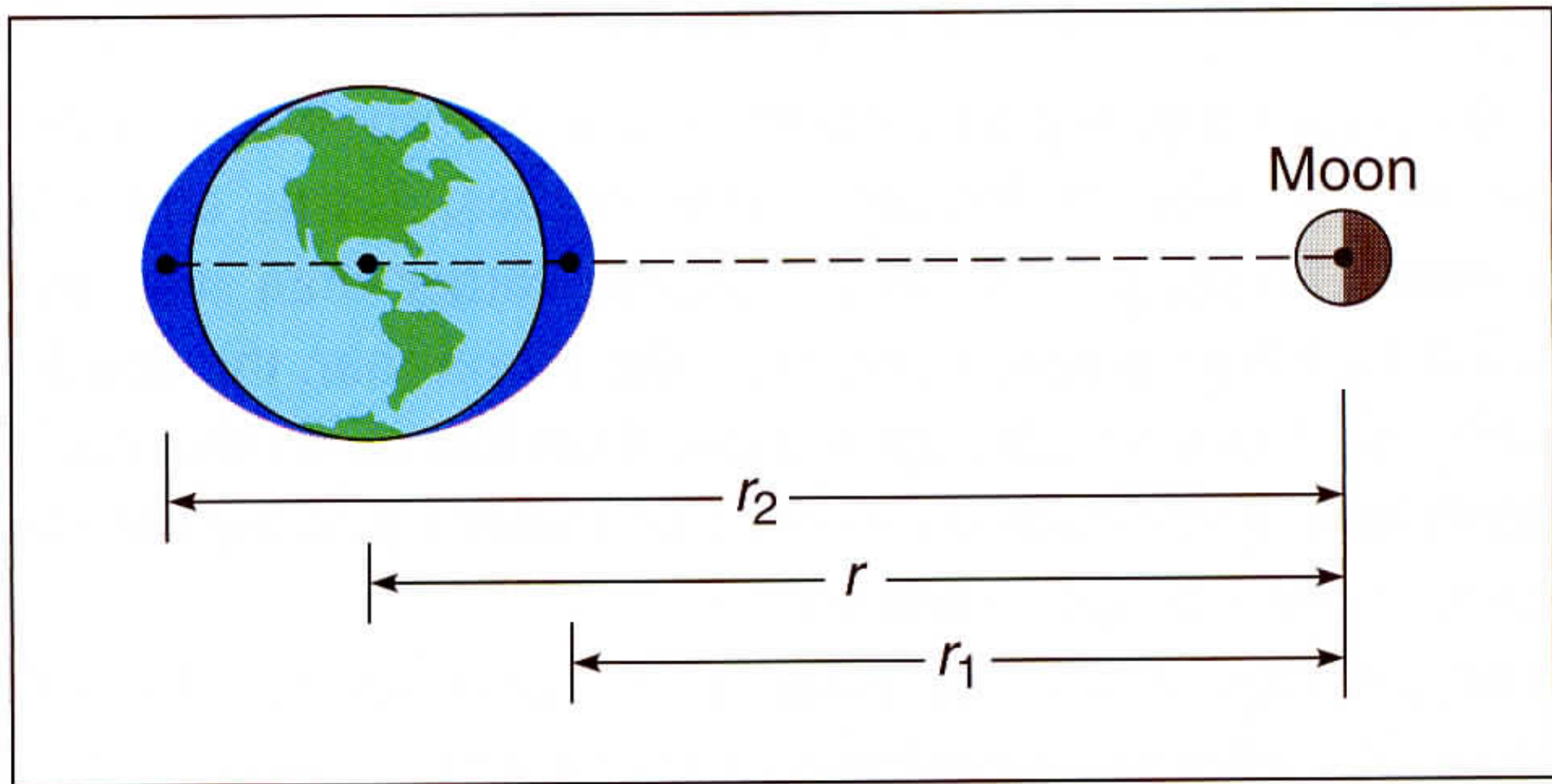
潮汐力+遠心力 で、**月と反対側にも満潮が生じる**

(もっと正確には、回転座標系にある地球上でのコリオリ力を使う説明に)

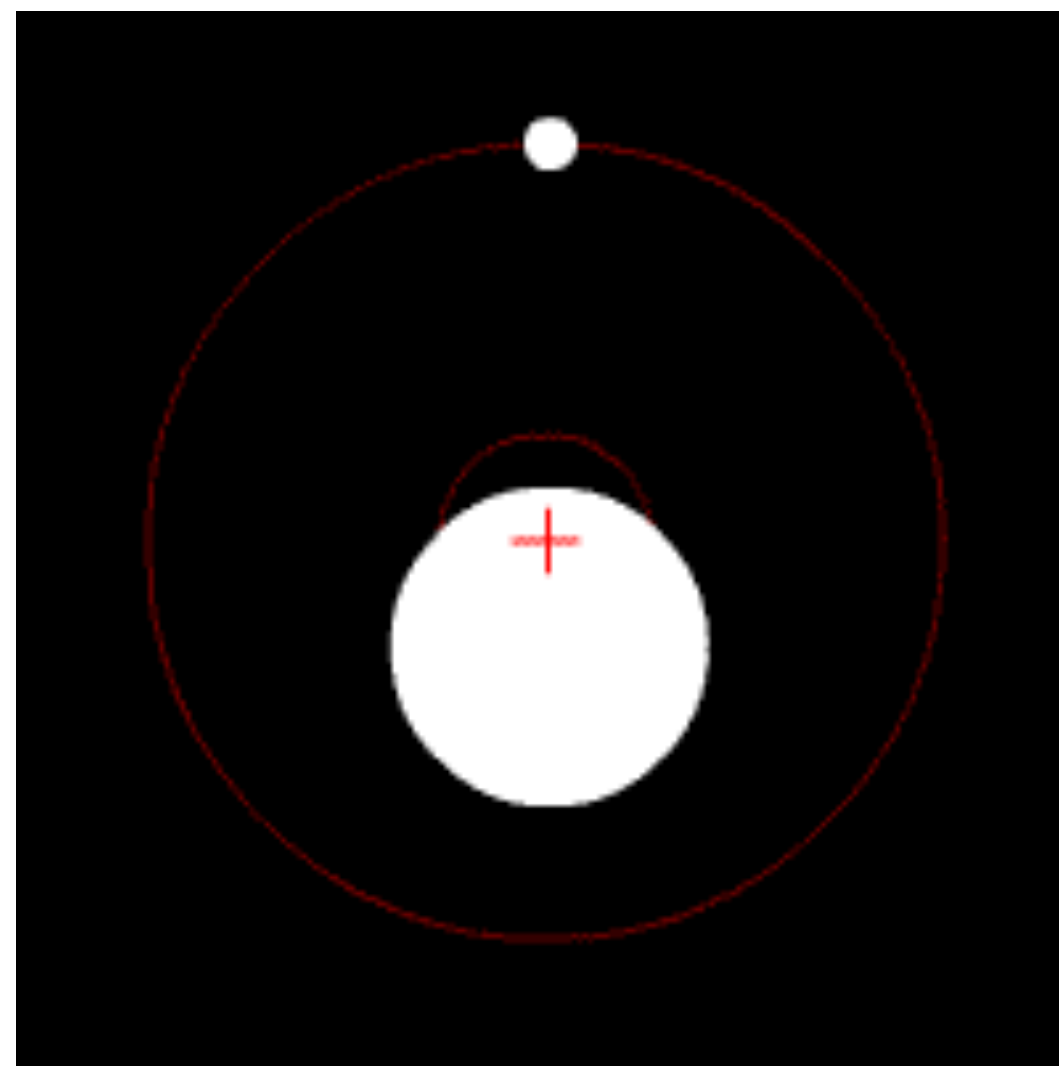
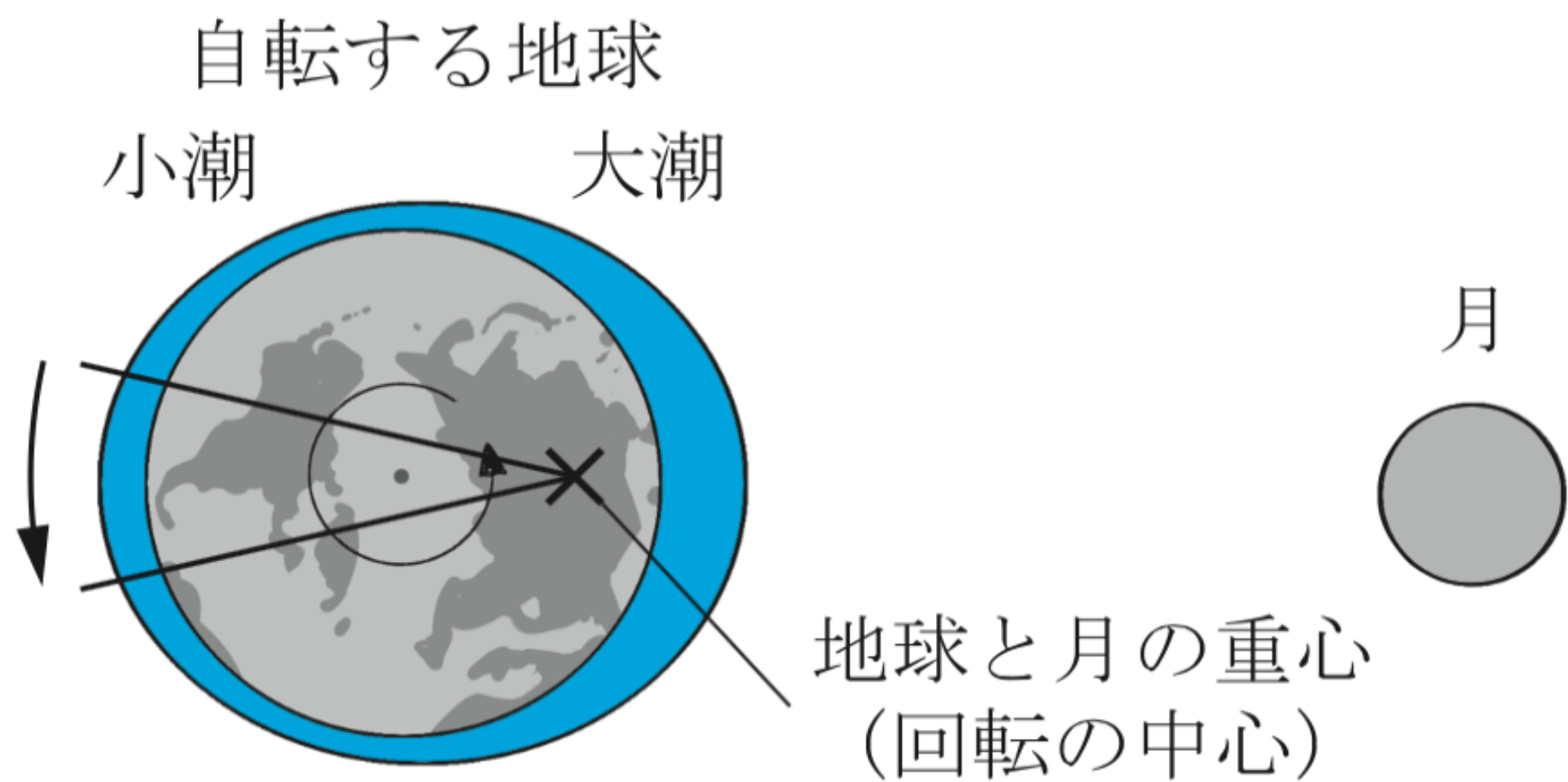
半径
6400km

半径
6400km
質量 6×10^{24} kg

潮汐力(tidal force)



万有引力



[5-1](本日の講義から)

国際宇宙ステーションで、宇宙飛行士が無重量状態となる理由を説明せよ。

[5-2](次回向けのクイズ)

どこでもドアで大阪から富士山の山頂へ行く。

気圧の違いを考えると、ドアは引き戸がよいか、押し戸がよいか。理由も。

[5-3](次回向けの計算)

ハイヒールvsゾウ 踏む圧力は何倍違うか？

圧力は、総重力÷総面積 で定義される

1cm角 (面積 1 cm^2)

足2本

体重 40kg

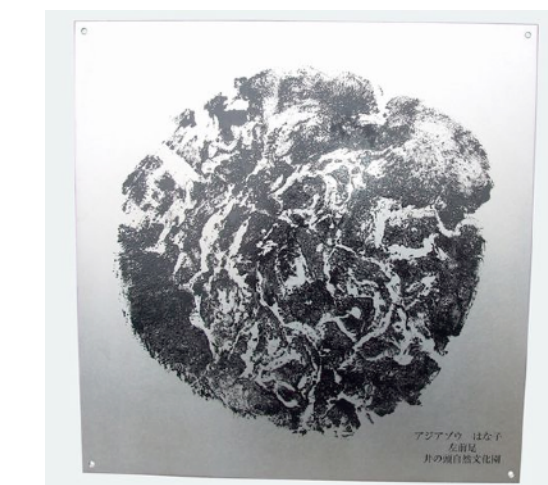


足は直径50cmの円

(面積 2000 cm^2)

足4本

体重 5000kg



[5-4]通信欄。(講義で取り上げて欲しい疑問・要望・連絡事項など、何かあれば)