

生活の中の物理学 (2022)

Physics in Everyday Phenomena

第6回 2022/10/31

第2章 力学 回転運動

第3章 流体

真貝 寿明

Hisaaki Shinkai



上田次郎風に決めた著者

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

レポート課題締め切り本日22:59

前回のミニッツペーパーから

オリオン座流星群曇っていて見れませんでした。残念です

この授業の課題は考えるのが楽しいです

鳥のように人間は跳べるのか

Early Flight (b&w, silent, 16mm) Vintage Films

鳥のように人間は跳べるのか

A black rectangular title card with white text. The text is centered and reads "Early Flight" in a large, serif font, with "SILENT FOOTAGE" in a smaller, all-caps serif font below it.

Early Flight
SILENT FOOTAGE

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

(1'36")

前回のミニッツペーパーから

宇宙飛行士はただただ宇宙に行きたいという気持ちの人や、宇宙で活動してみたいという気持ちの人など、様々な人がいると思うのですが、その中でも物理が好きという人が多いのではないかと思います。



宇宙飛行士に、 転職だ。



データで見る宇宙飛行士応募者選抜
についてはこちら

募集についてはこちら



4. 応募資格

次のすべての条件を満たす者。

- (1) 2021年度末(2022年3月末)の時点で、3年以上の実務経験を有すること※1。
- (2) 以下の医学的特性を有すること。
 - 身長 149.5-190.5cm
 - 視力 遠距離視力 両眼とも矯正視力1.0以上
 - 色覚 正常(石原式による)
 - 聴力 正常(背後2mの距離で普通の会話可能)

※1: 修士号取得者は1年、博士号取得者は3年の実務経験とみなします。

	実施内容
書類選抜	エントリーシート(応募資格、健康診断結果、及び健康状況申告)による審査
第0次選抜	英語試験 【以下は英語試験合格者のみ】 一般教養試験(大学の教養課程相当) STEM分野*の試験(国家公務員採用総合職試験(大卒程度試験)相当) 小論文 適性検査 エントリーシート(志望動機、自分の目指す宇宙飛行士像、業務経験等)による審査 ※STEMとは、Science(科学)、Technology(技術)、Engineering(工学)、Mathematics(数学)の略

第一次選抜	一次医学検査 医学特性検査 プレゼンテーション試験 資質特性検査 運用技量試験
第二次選抜	二次医学検査 医学特性検査 面接試験(英語、資質特性、プレゼンテーション)
第三次選抜	三次医学検査 医学特性検査 資質特性検査 運用技量試験 面接試験(総合、英語、プレゼンテーション)

応募者数 4127名
第0次英語試験合格者 1407名
第0次合格者 205名

(参考)

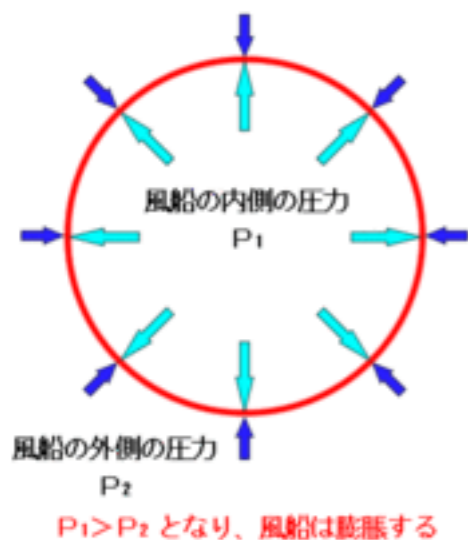
- 男性188名 (91.7%)、女性17名 (8.3%)
- 第0次選抜における英語試験合格者数 1,407名
男性1,113名 (79.1%)、女性292名 (20.8%)、他を選択された方2名 (0.1%)

https://astro-mission.jaxa.jp/astro_selection/

前回のミニッツペーパーから

前に東京ドームでライブに行ったときに、退出時に混んでいて風除室のない扉から出るよう指示されました。そのとき、空気の大きな力で押し出されてこけそうになったのですが、これは室内外の気圧差によるものですか？

また、うちにいる猫二匹ともを反対向けて落としてみると、ちゃんとひっくり返って驚きました。片方がちょっと鈍くさいほうなので、猫らしいところが見れて良かったです。



ドーム球場内は天井を膨らませるため、気圧を0.3%高くしている。

【物理】 Falling Cat problem 教科書 p85

WIKIPEDIA The Free Encyclopedia

Article Talk Read Edit View history Search

Falling cat problem

From Wikipedia, the free encyclopedia

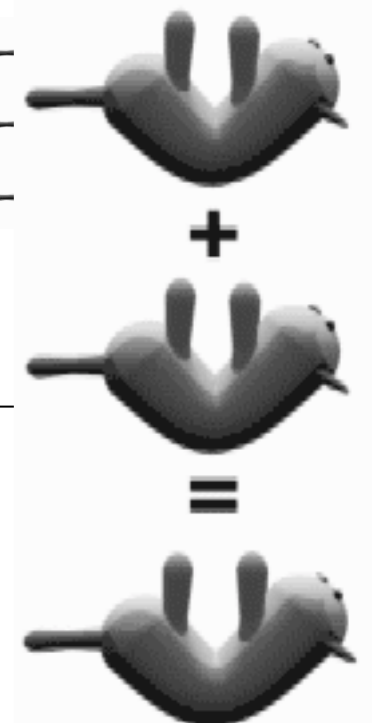
The **falling cat problem** consists of explaining the underlying physics behind the common observation of the cat **righting reflex**: how a free-falling cat can turn itself right-side-up as it falls, no matter which way up it was initially, without violating the law of conservation of angular momentum.

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** (Aftabyan & Tsiotlis 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？)



ドラえもののどこでもドアのクイズが面白かったです！いつもドラえもんの道具が本当にあったらいいのにと子供ながらよく思っていました。近いうちに実現しそうな道具もありそうでワクワクします！

ノンスタイルのネタに物理に関するものが隠れていると思わなかった。いろんな観点から漫才を見ると違う意味でも面白いと思った。

タケコプターが実際に存在すると首だけ取れて飛んでいってしまうという噂をよく聞いたのですが、NONSTYLEの漫才を見て確かにそんなに粘着力あるわけないな...となりました、笑いながら賢くなれました！



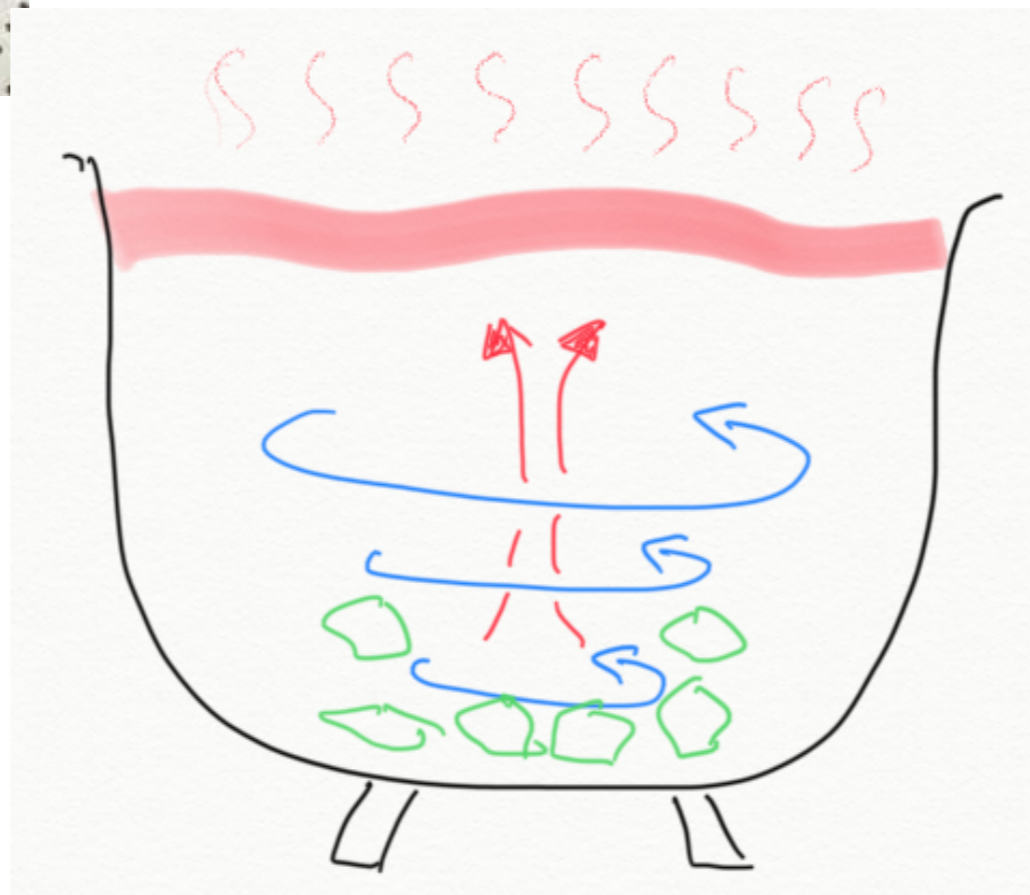
私も昔ドラえもんのタケコプターのラジコンを持っていました。すぐに壊してしまいました。あれは小学生が扱える代物ではありませんね。

計算問題が分かりませんでした。すみません。
ドラえもんがタケコプターで飛ぶおもちゃが可愛かったです。
ちょっとだけ欲しいなと思いました。



前回のミニッツペーパーから

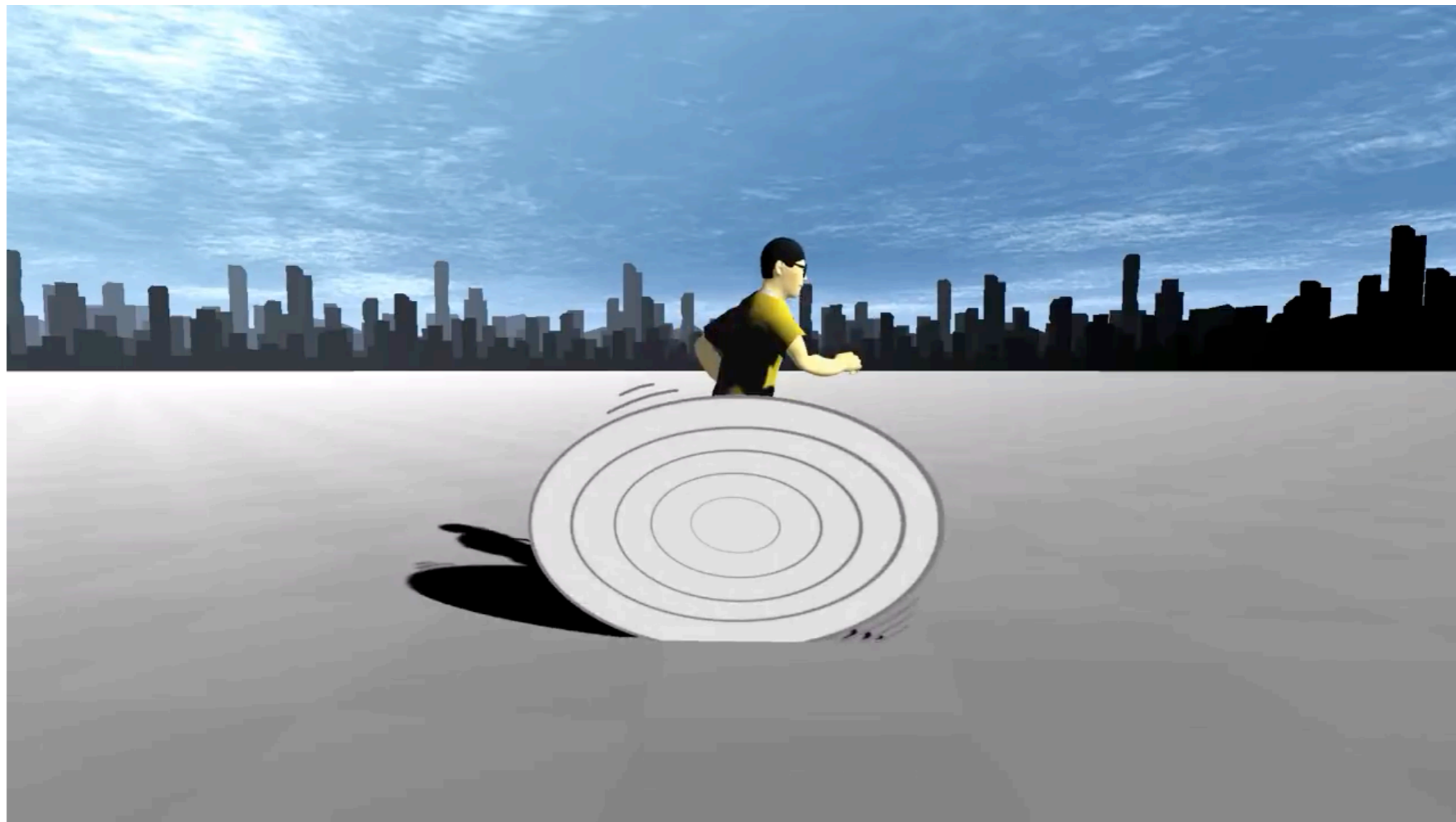
この前みそラーメンを食べ終わった際に残った汁を見つめていたのですが、油滴の下でお味噌汁のもやもやのようなものが下から回ってきて上まで来てまた落ち込んでいくというのを繰り返していたのですが(お箸でかき混ぜて流れを作っていたわけではないです)これはなんなのでしょうか。変な質問ですみません。



たぶんこうなんじゃないか説
具は中央底面に集まる
(冷却下降+回転)
上昇水流が中央部に発生

以前先生が紹介されていたアニメや漫画でよく見る崖から走って飛び出して少し宙に浮いてすぐに落ちてしまうシーン、それを実験したYouTubeの動画を見つけました。とんでもない結果になって、とても面白かったのでURLを載せておきます。

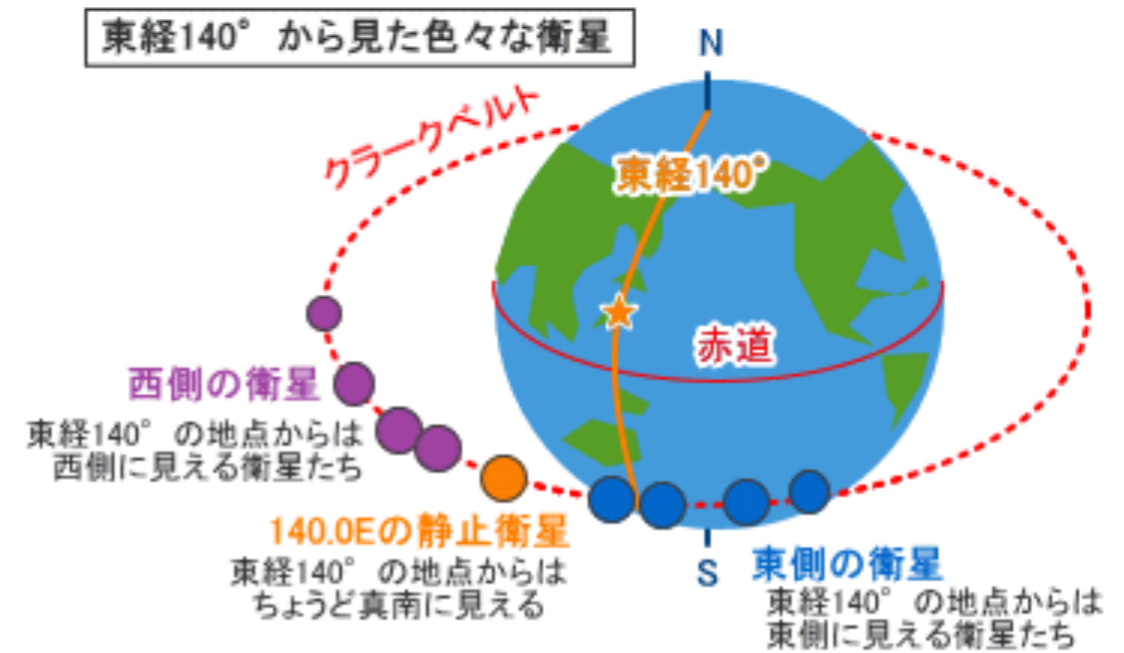
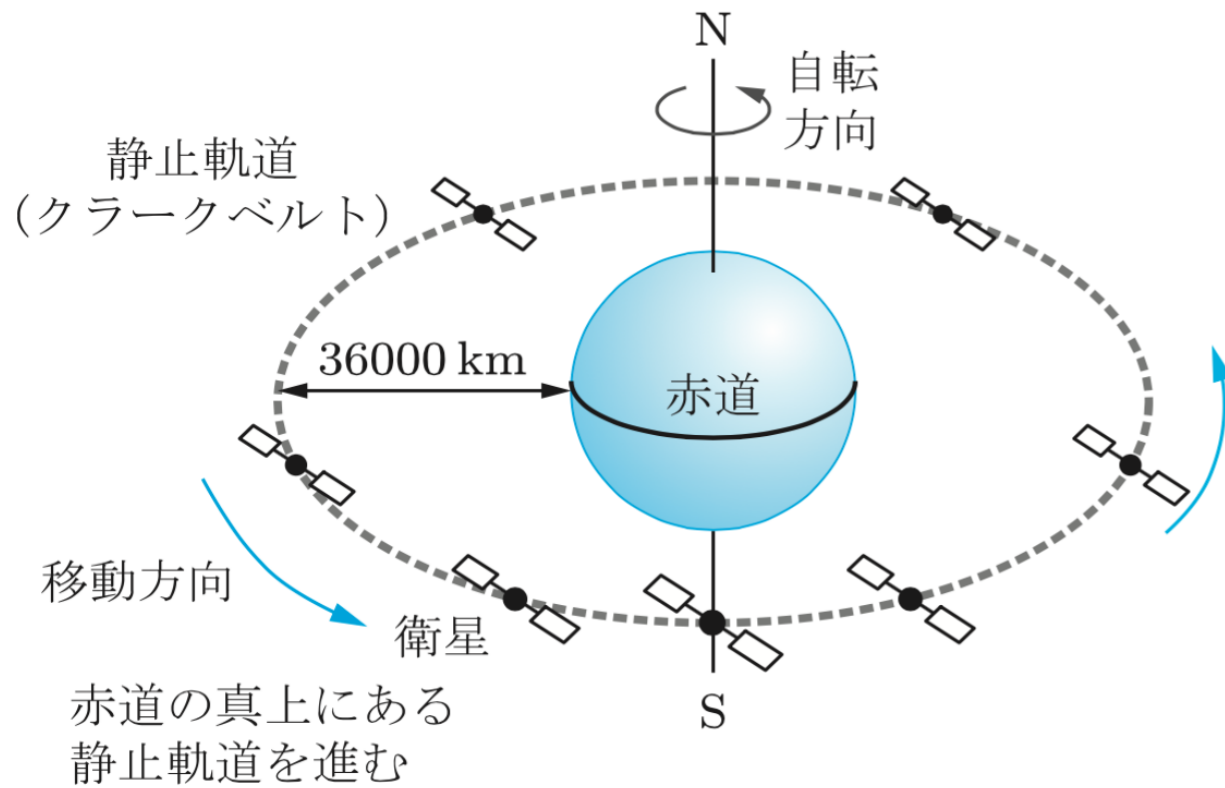
<https://youtu.be/yYbFIHQWe0g>



【物理エンジン】 漫画でよく見る「ぐるぐる足」はどれぐらいの速さ？ **【漫画あるある】**

<https://www.youtube.com/watch?v=yYbFIHQWe0g>

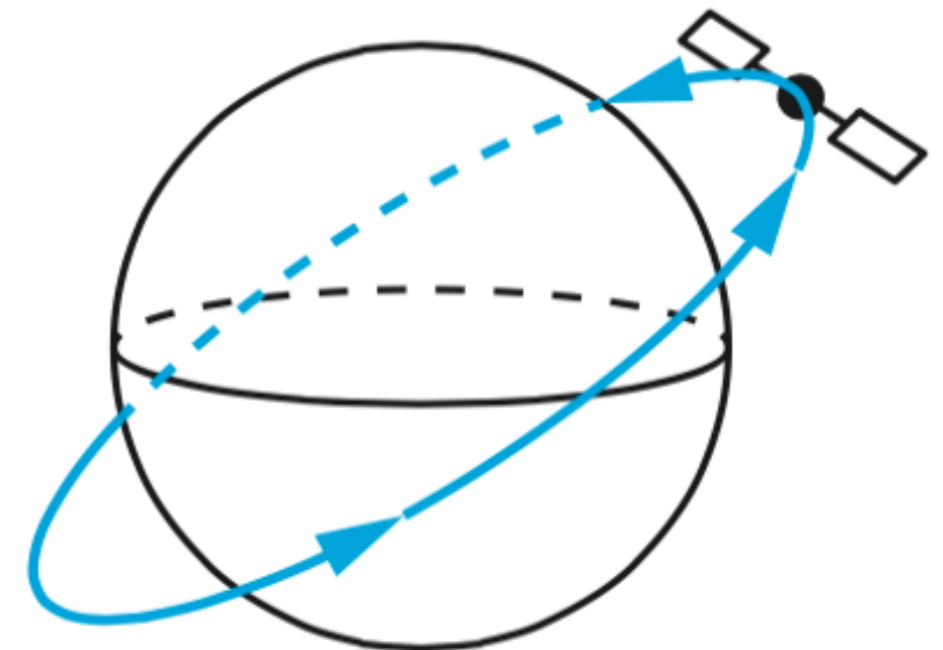
静止衛星とは



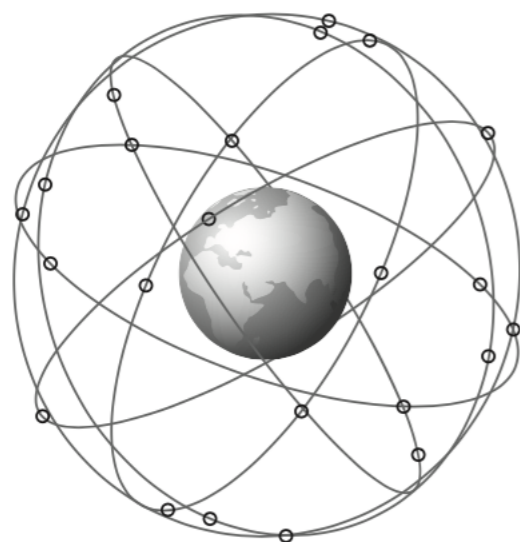
Topic 静止衛星軌道は赤道上空だけ

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。



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。

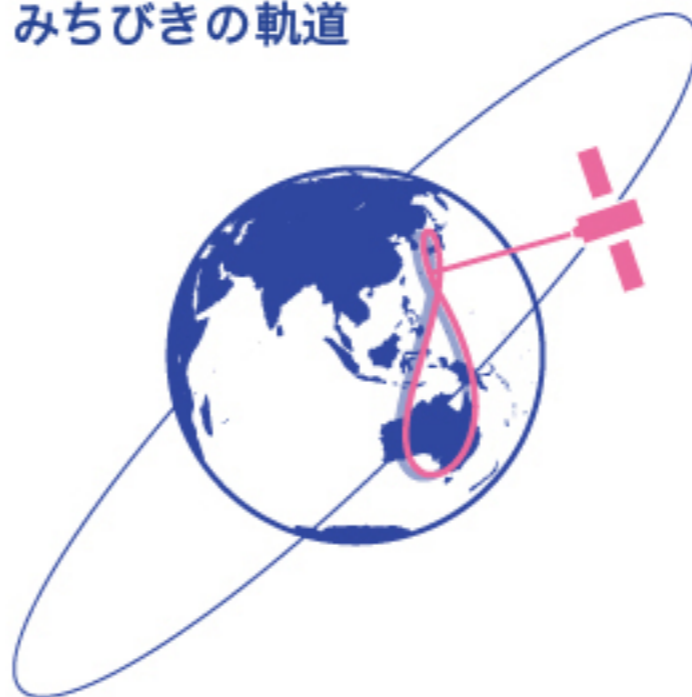


ビルの谷間でも受信できるように
日本の上空に衛星がほしい。
しかし日本の上空に静止させることは
不可能だ。

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。

遠心力、向心力のちがいが分からなかったのでも
今回の授業で理解できスッキリしました。

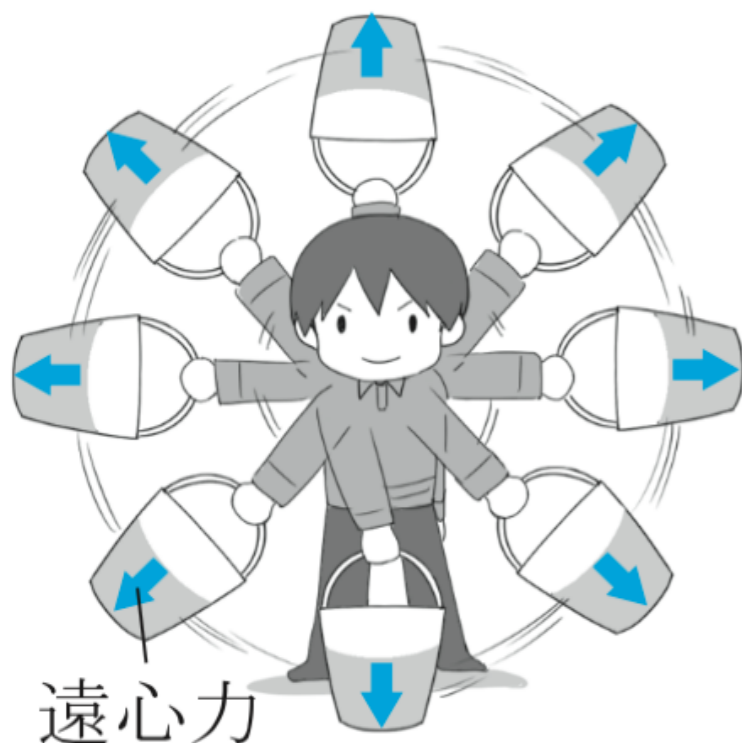


カ7

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。

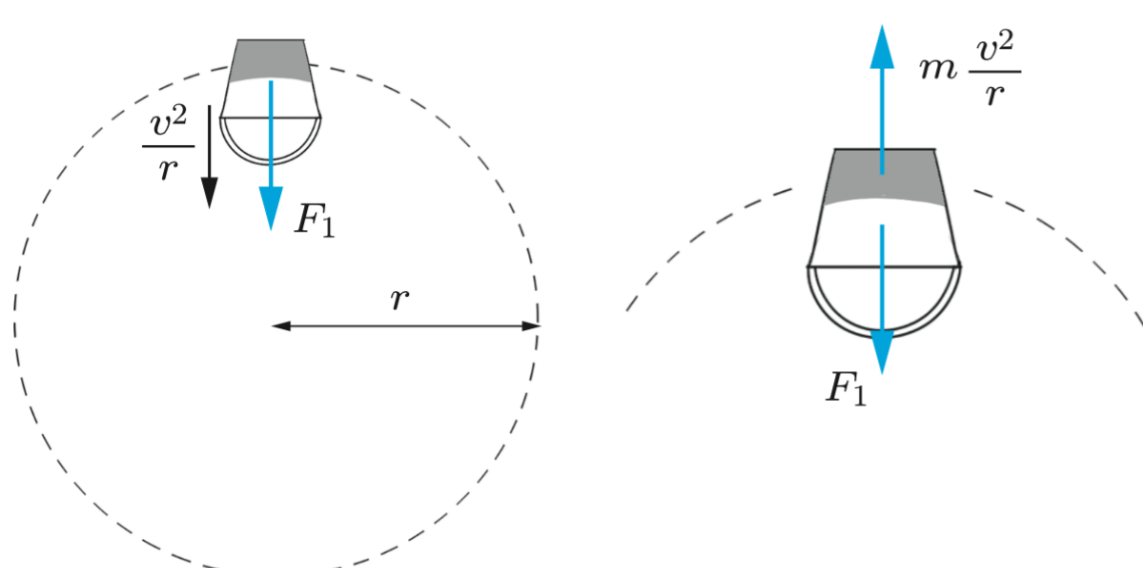
勢い良くまわせば、水はバケツから流れ落ちずにぐるぐる回る。



- **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）



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

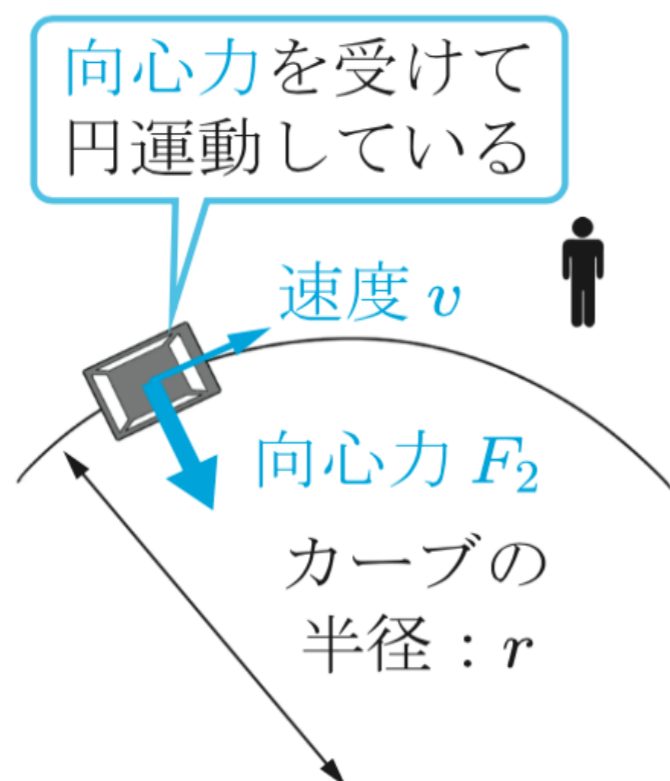
(a) バケツが円運動をしているとみる立場

(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）

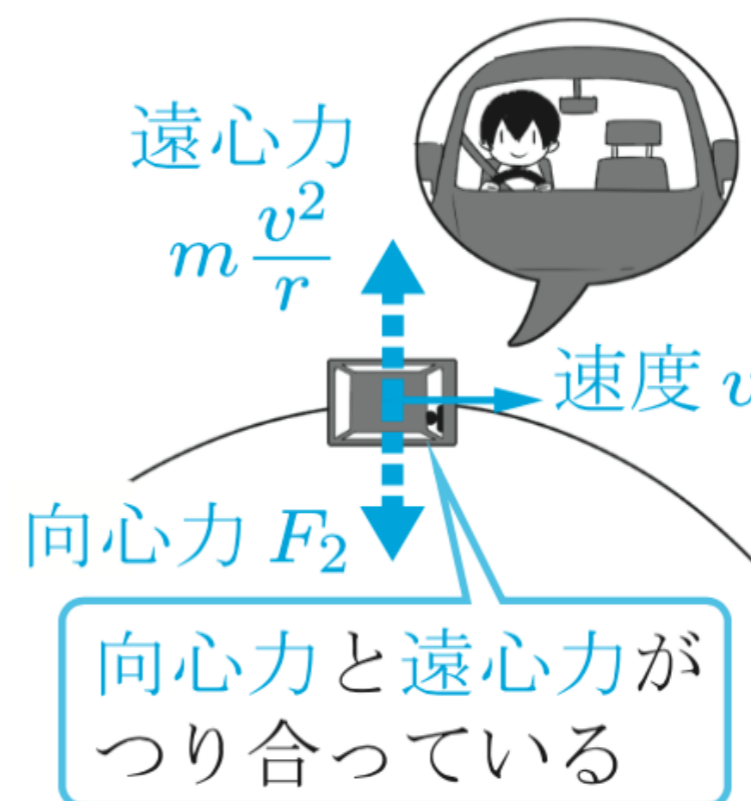
車は円運動



向心力を受けて、
円運動している。

車内の人（加速度系）

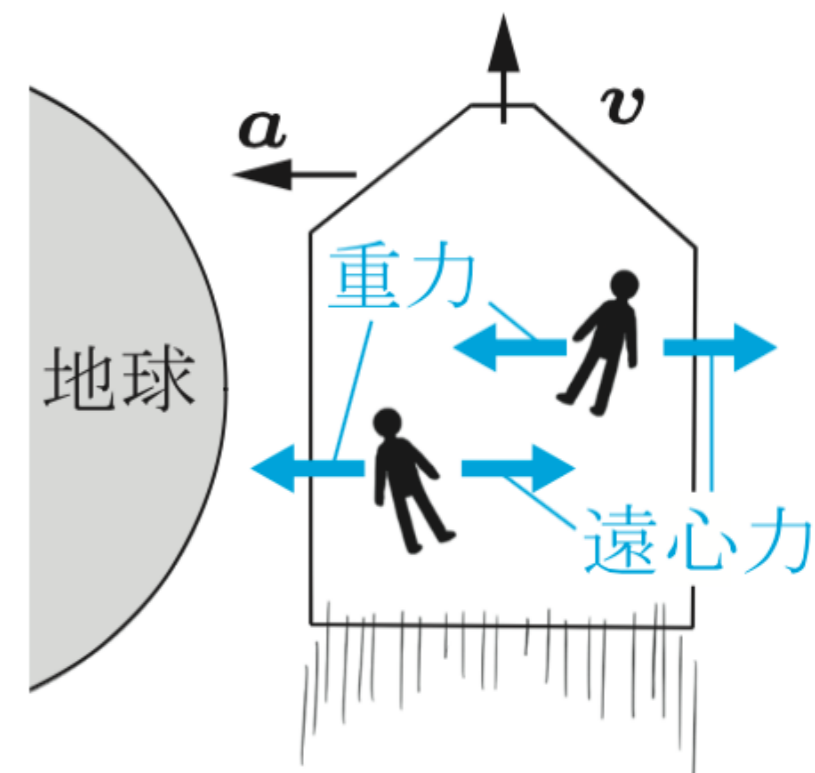
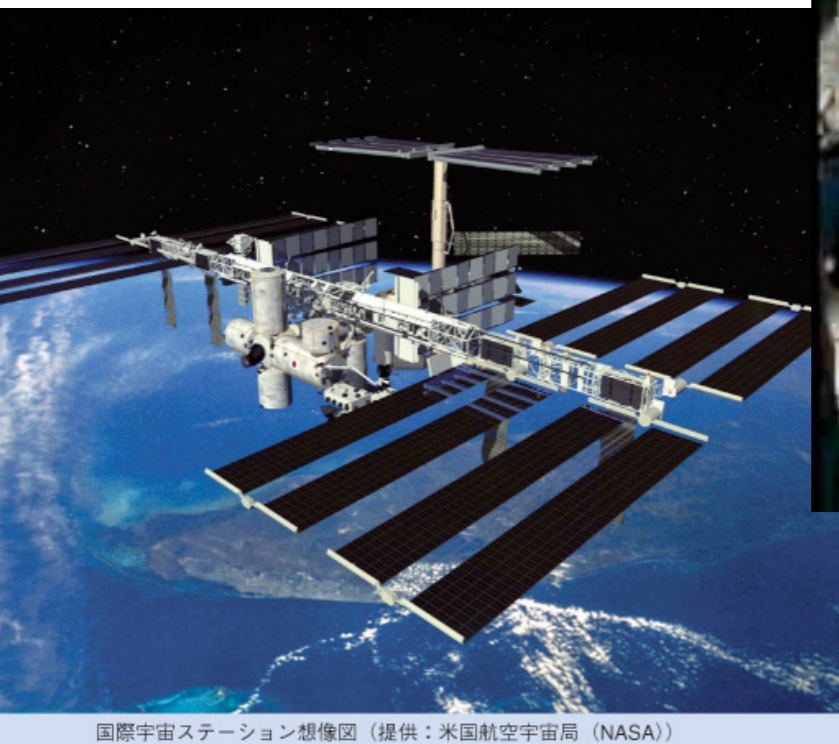
運動なし



向心力と遠心力が
つりあっている。

前回のミニッツペーパーから

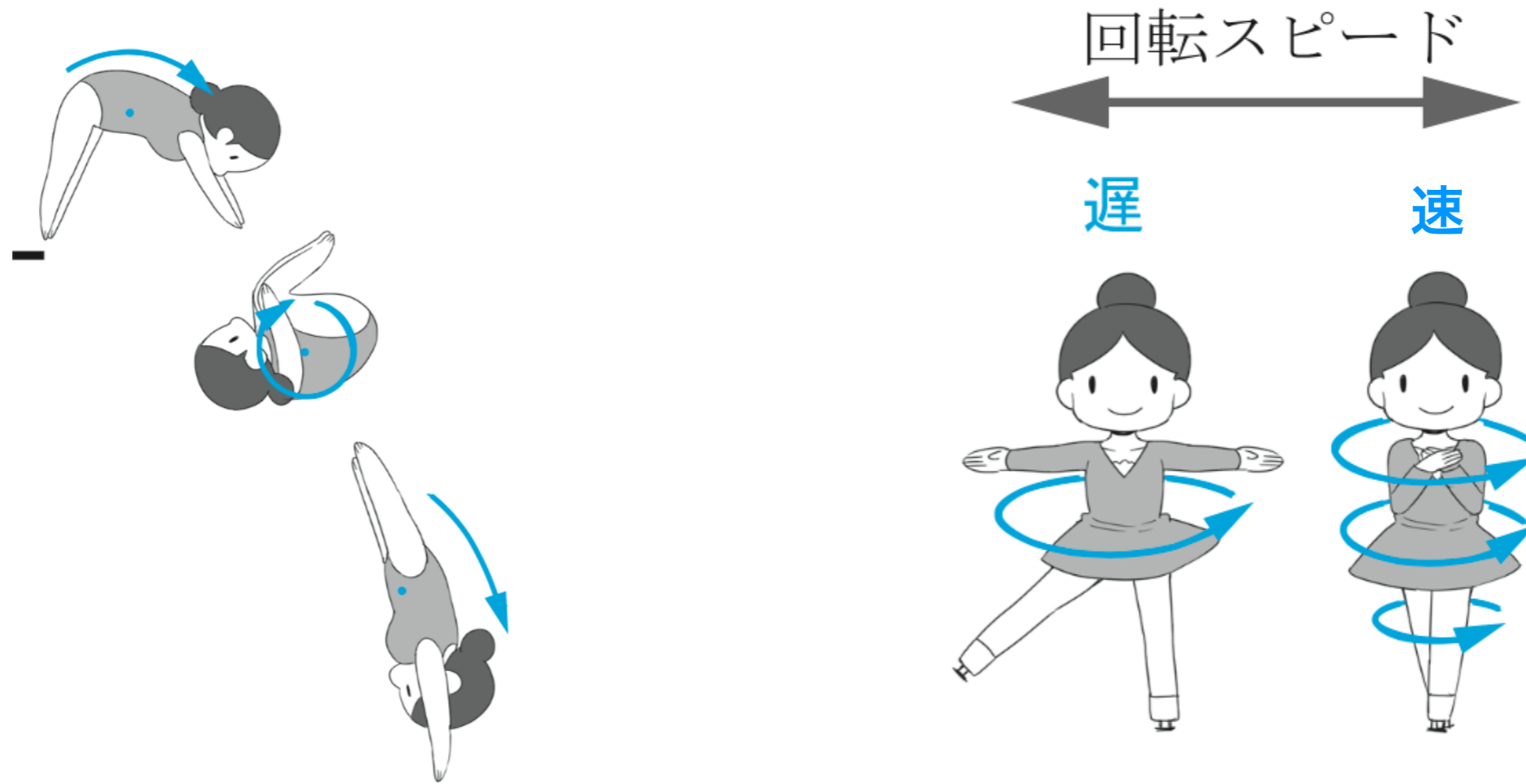
宇宙ステーション内が無重量になる理由？



実際地球の重力の影響を受けているため無重力ではないが、距離が遠く弱くなった地球の重力と、衛星が地球の周りを回っているときに働く外向きの力（重力と真逆）が打ち消しあっているため無重量になっている。

宇宙飛行士は宇宙ステーションと共に地球の周りを回っているが、宇宙ステーション内で見ると浮いているように見える。

角運動量は保存する



宇宙ステーション内で遠心力と重力が釣り合うことで無重量状態になるということは、宇宙ステーションから出たら遠心力は働かないので無重量状態ではなくなるということですか？何かの映画で宇宙空間に投げ出された人が無重量状態のままだったのでふと疑問に思いました。

前々回に宇宙の映画を見ましたが（ゼログラビティ？）

あのふりまわされていた女の人は手を広げるとスピードは遅くなっていましたか？

GRAVITY



Gravity (2013)

<http://www.youtube.com/watch?v=xgGPTa7-vIE>

(start on click, 1:16)

力8 コリオリの力(転向力) = 回転に応じた慣性力

法則 コリオリの力 (転向力)

回転運動をする物体に沿って運動を考えると、慣性力としてコリオリ力が加わる。反時計まわり（時計まわり）に回転する盤上では、運動する物体は進行方向に対して右向き（左向き）に力を受ける。

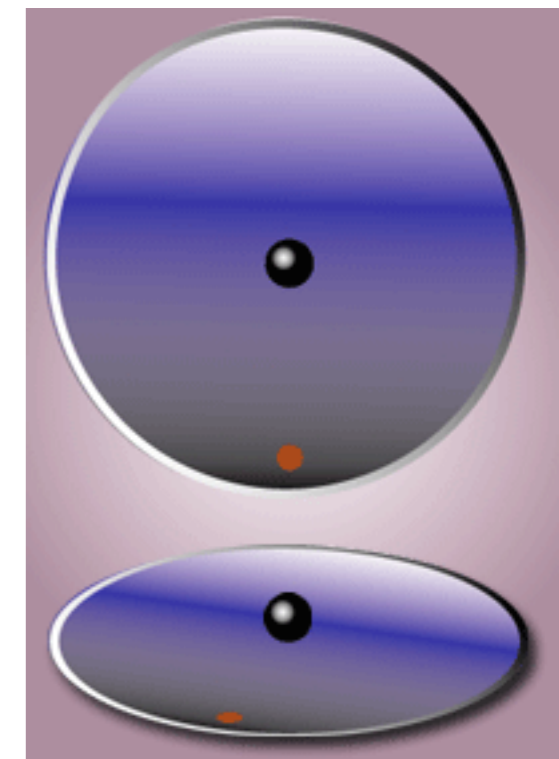
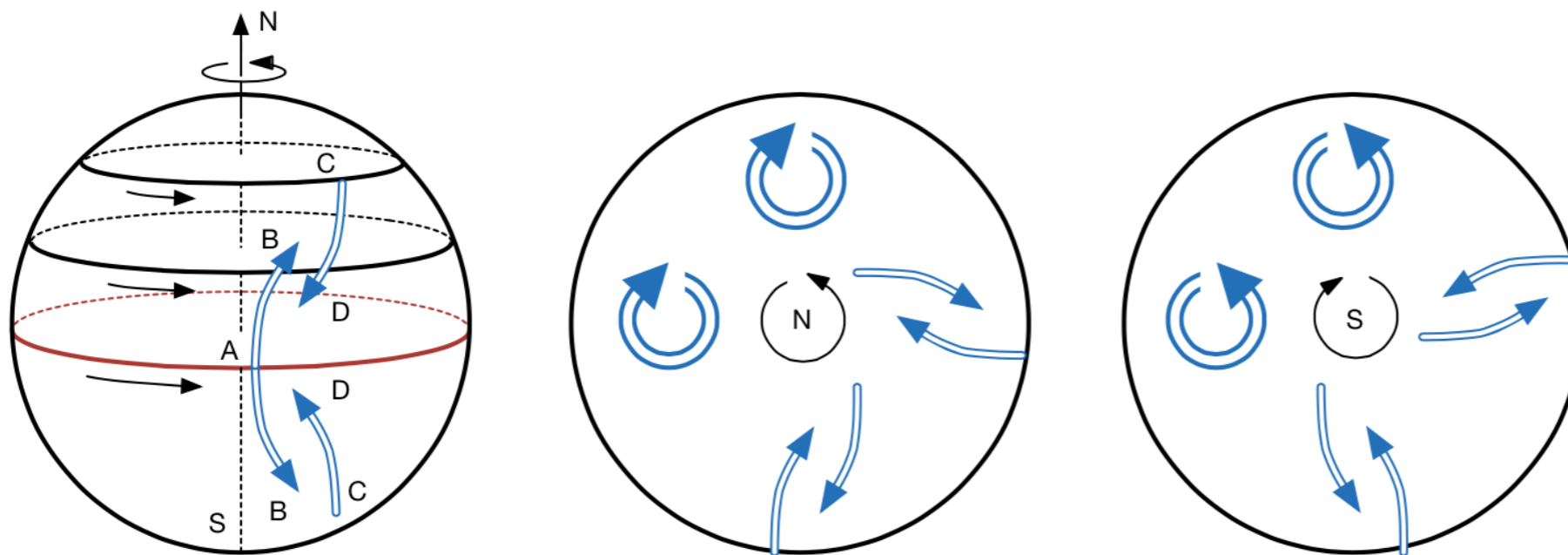


図 2.121 〔左〕回転する物体上で運動すると、回転する速度成分の違いから、物体の運動方向は曲がる。〔中〕北極方向から見た図（左回り回転盤上の運動）。〔右〕南極方向から見た図（右回り回転盤上の運動）。

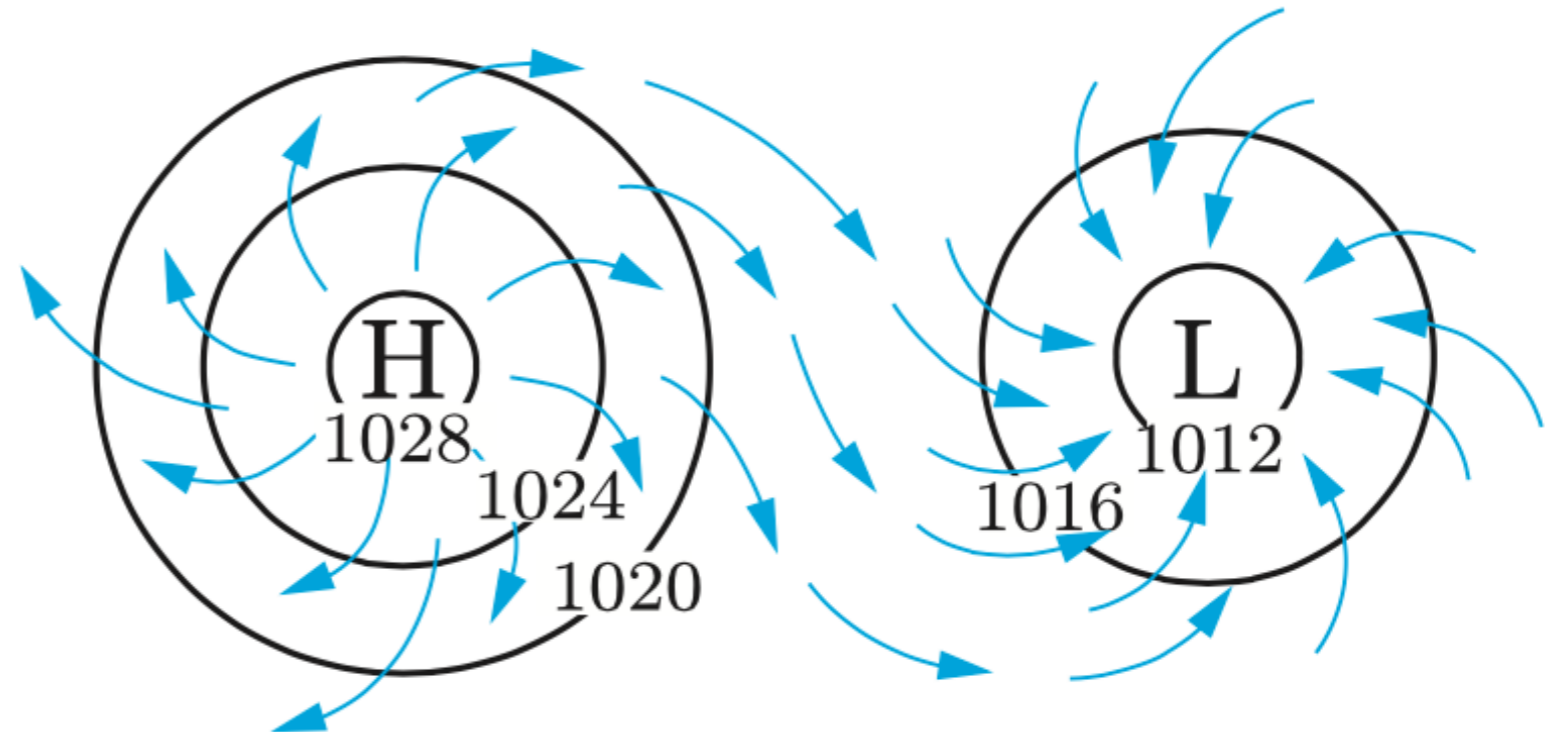
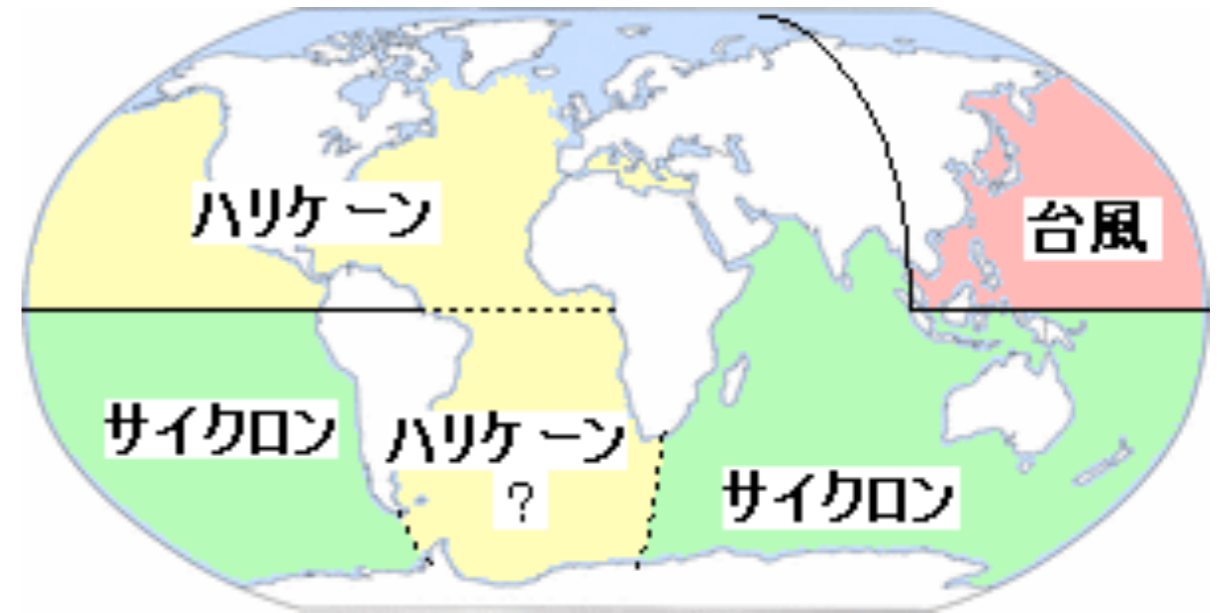
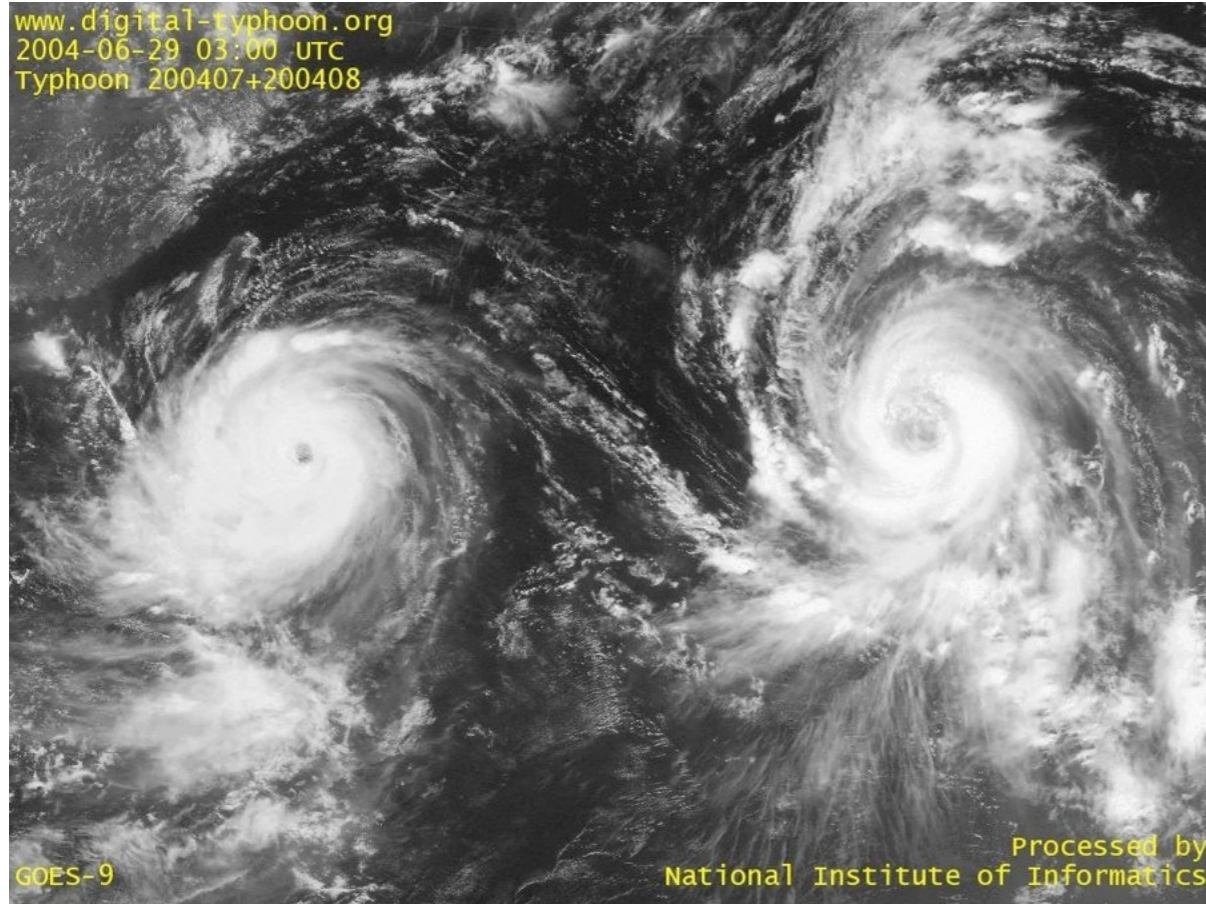


体感型実験装置群「台風」811 台風の科学2-3「コリオリの力」

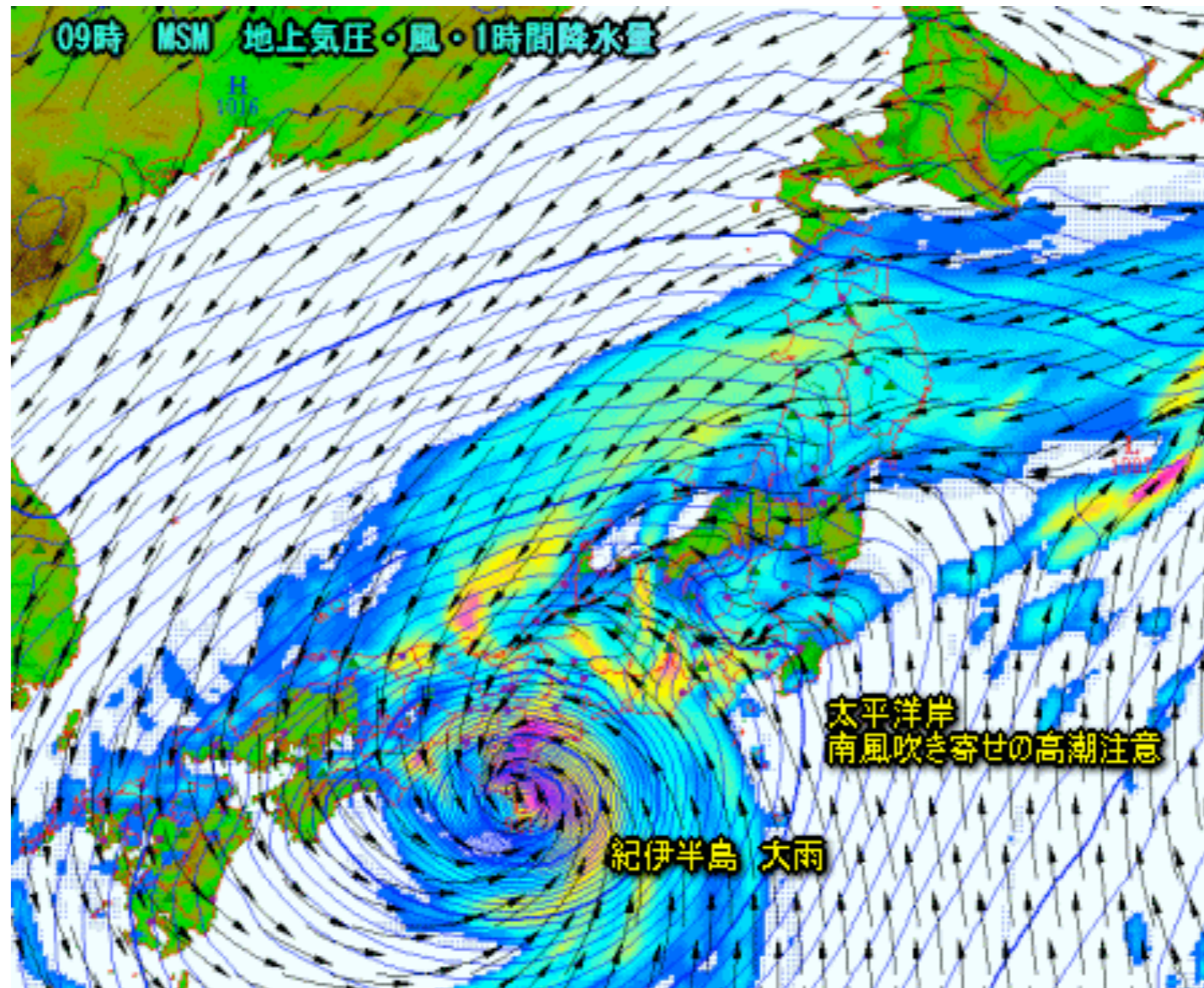
<https://www.youtube.com/watch?v=QLW2Vo2QN6o>

台風はなぜ反時計まわりか？

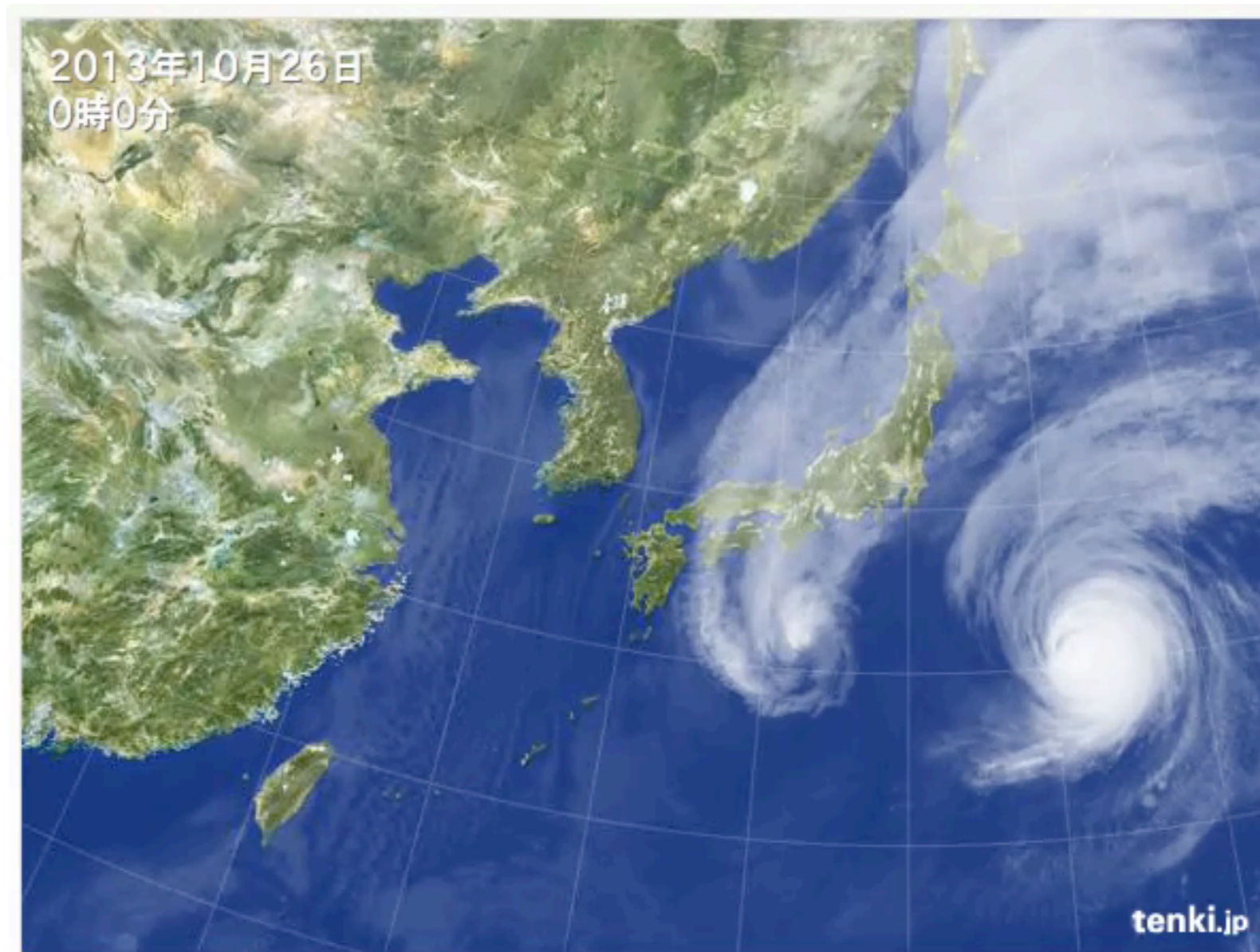
www.digital-typhoon.org
2004-06-29 03:00 UTC
Typhoon 200407+200408



台風はなぜ反時計まわりか？



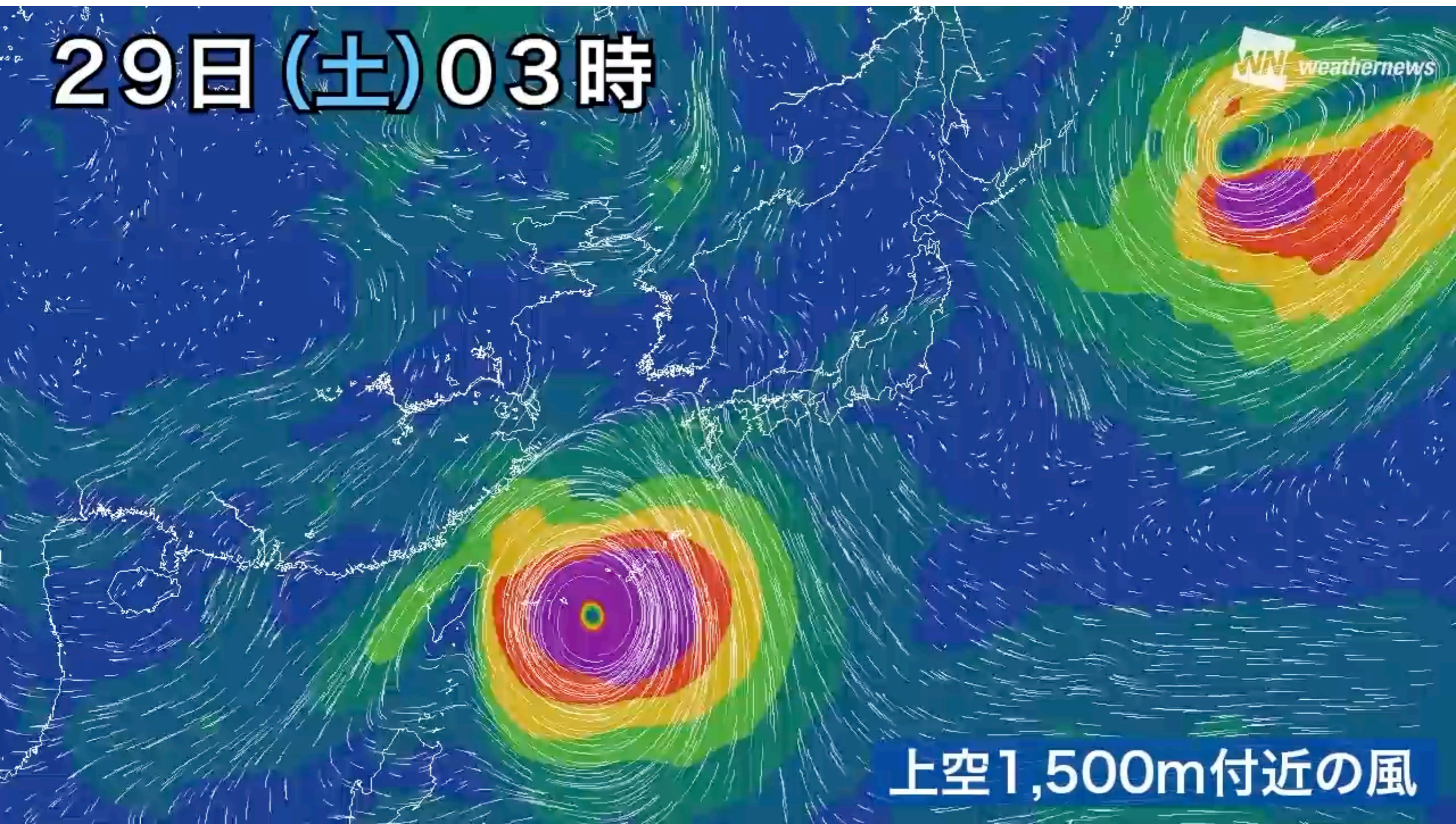
<http://kasayan.naganoblog.jp/e831684.html>



日本気象協会

http://tenki.jp/past/detail/?day=25&month=10&selected_image=satellite&year=2013

29日(土)03時



上空1,500m付近の風

ウェザーニュース

<https://www.youtube.com/watch?v=OaMudtNHd80>

コリオリの力(転向力)の日常生活への影響？

Topic 風呂の栓を抜いて水が回り込む方向

風呂や洗面台に水を溜め，栓を抜いて流れる様子を確認してみよう。「低気圧と同じように吸い込まれていく水は，北半球では，反時計回りになっている」…という説明が書かれている本がよくあるが，コリオリの力はとても弱く，地球規模の運動でようやく出現するものである．風呂や洗面台では，栓の場所や初期の水の回転運動などがその後の回転運動を決めてしまうようだ．洋式水洗トイレの水の流れの向きも構造上のものである．



<https://www.youtube.com/watch?v=vMSbZQ46W14>

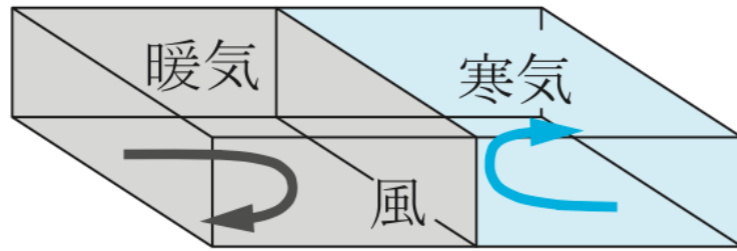


【赤道のハナシ】 #02 『「赤道」実験の真実』

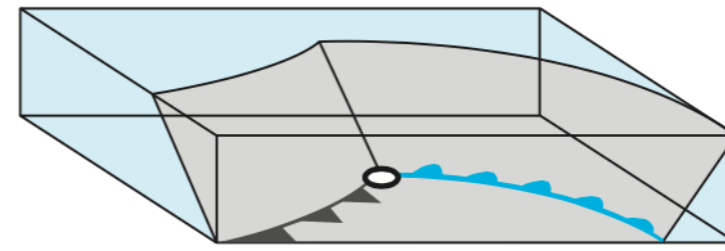
<https://www.youtube.com/watch?v=sqHwSKo6l4k>

温暖前線(hot front)・寒冷前線(cold front)

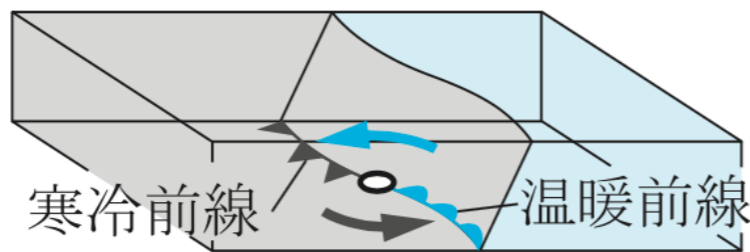
教科書 p108



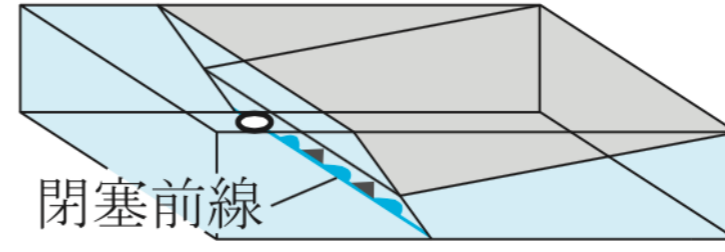
(a) 暖气と寒气



(c) 寒冷前線が近づく



(b) 温暖前線と寒冷前線の発生



(d) 前線が合体し閉塞前線になる

短時間に強い雨

積乱雲

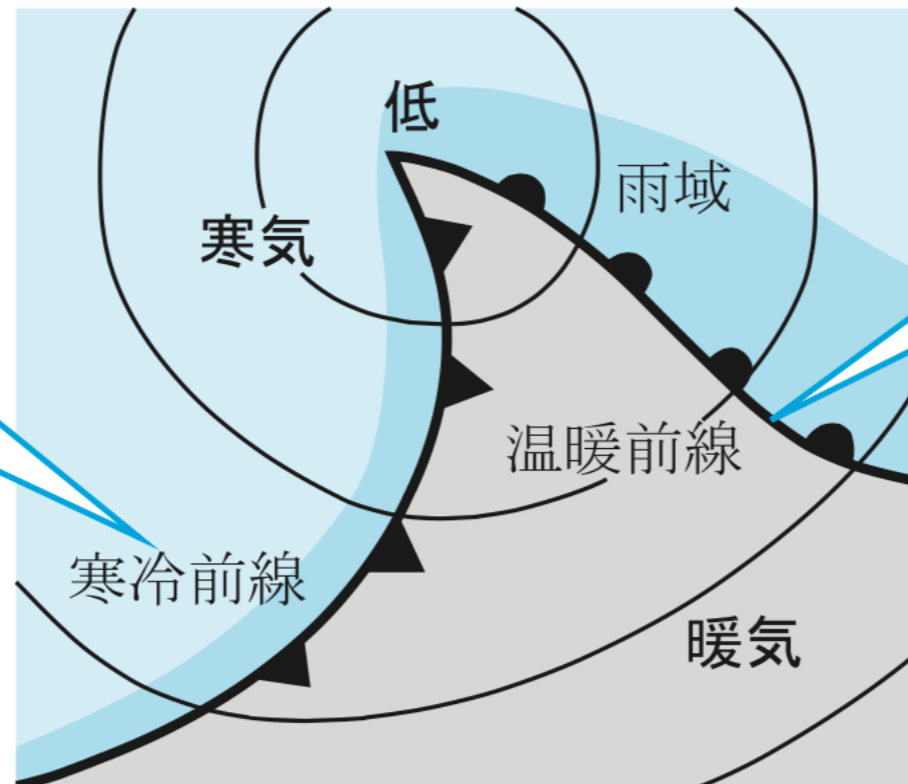
暖气が寒气におされて急上昇

暖气

寒气

寒冷前線

寒气が暖气の下にもぐりこむ



長時間に弱い雨

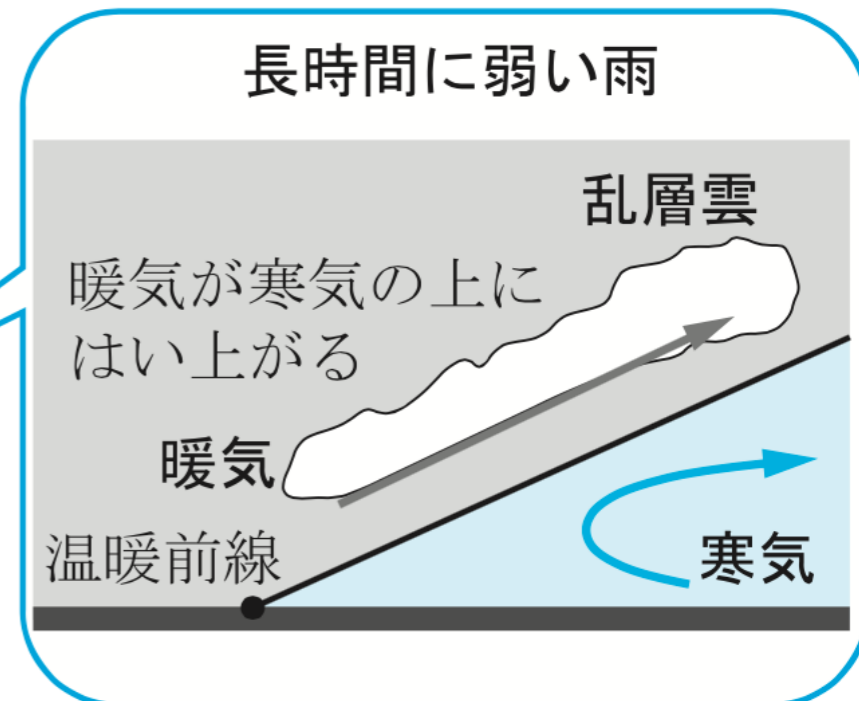
乱層雲

暖气が寒气の上にはい上がる

暖气

温暖前線

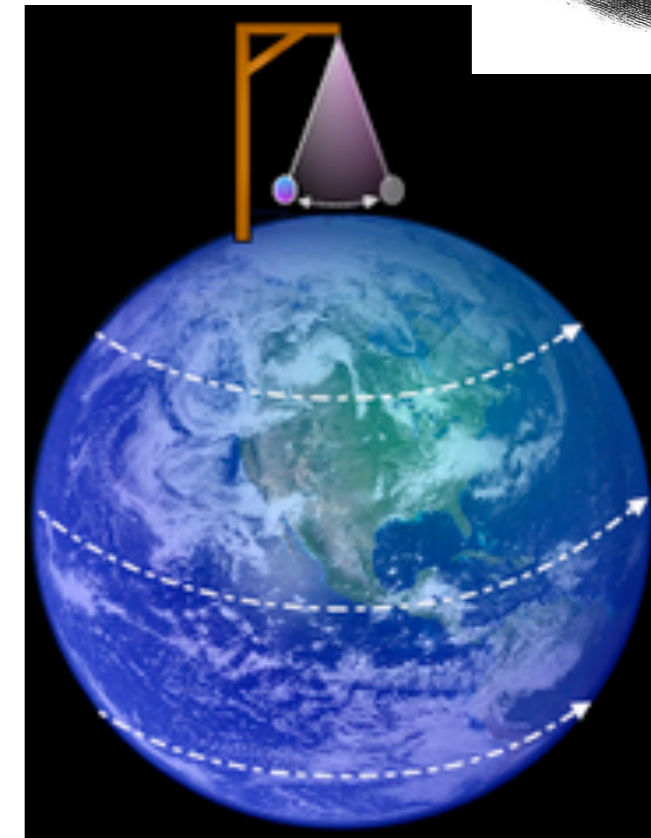
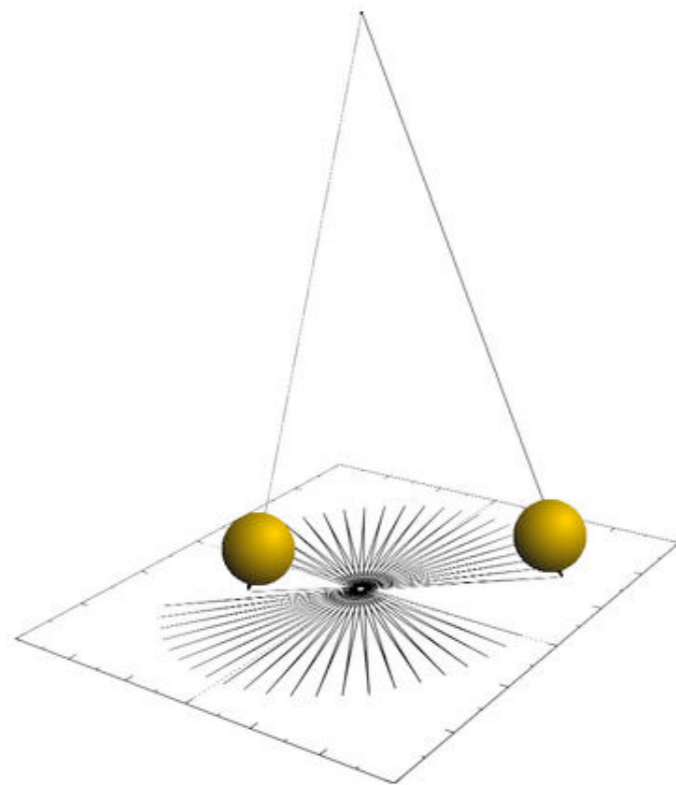
寒气



フーコーの振り子



Foucault pendulum



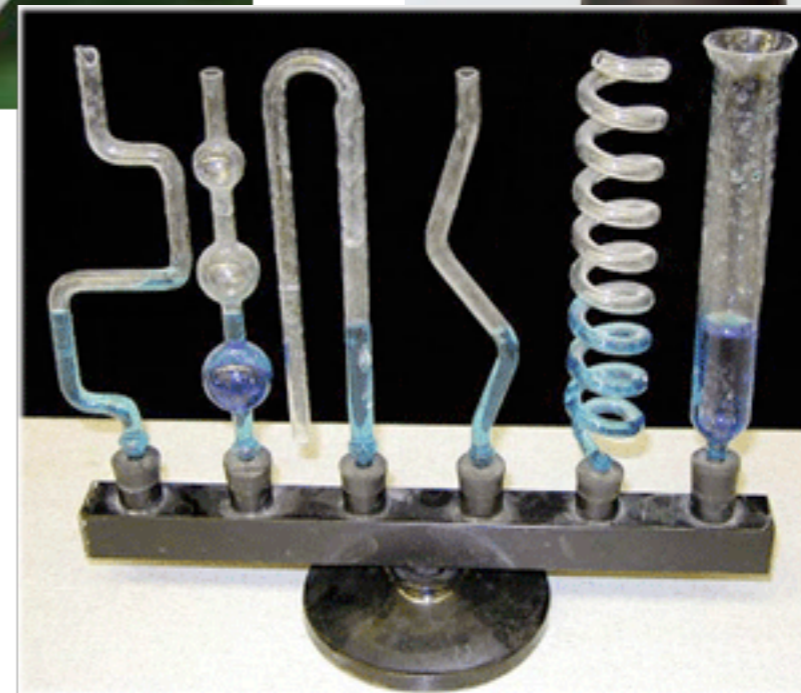
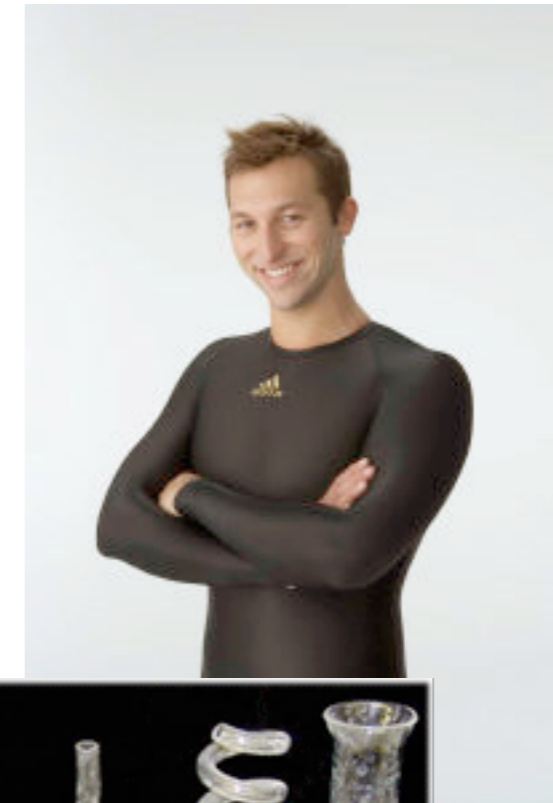
1851年，地球が自転していることを証明した。

フーコーの振り子

Topic フーコーの振り子

地球が自転していることを証明した実験として、フーコーが行った振り子が有名である。長いひもにおもりを付けて長時間振り子を振れさせると、振動方向が見かけ上回転していくという現象である。1851年、パリ天文台とパンテオンにて公開実験が行われ、人々を感心させた。パンテオンの実験では、全長67mのワイヤーで28kgのおもりを吊るしたものが使われたそうだ。回転する原因はコリオリ力である。北半球では右回りに振動面が回転し、1周するのに必要な時間 T は、緯度 θ の地点では、 $T = 24 \text{ 時間} / \sin \theta$ になる。北極点では24時間、赤道上では回転しない。北緯35度ではおよそ41.8時間である。

3. 流体：連続体の性質



○第3章 流体—連続体の運動

91

3.1 圧力—流体がまわりに及ぼす力

92

3.2 浮力—気球はなぜ飛ぶか，船はなぜ浮くか

97

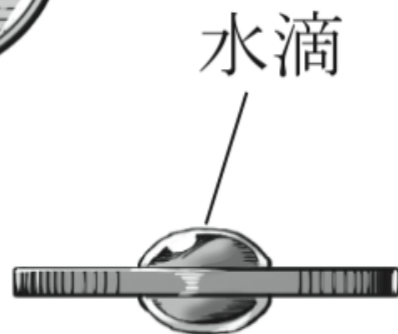
3.3 流体の動き—飛行機はなぜ飛ぶか

100

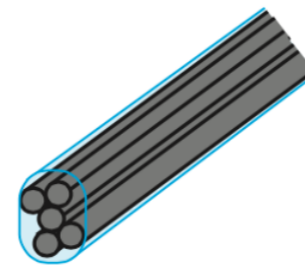
力10

表面張力

表面をできるだけ小さくしようとする液体の性質のこと。

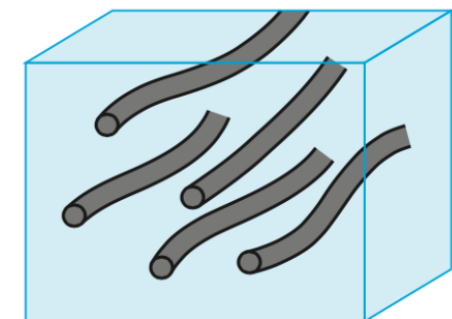


風呂上がりの髪



(a) 表面張力でくっつく

プールの中の髪



(b) 水中ではさらさら

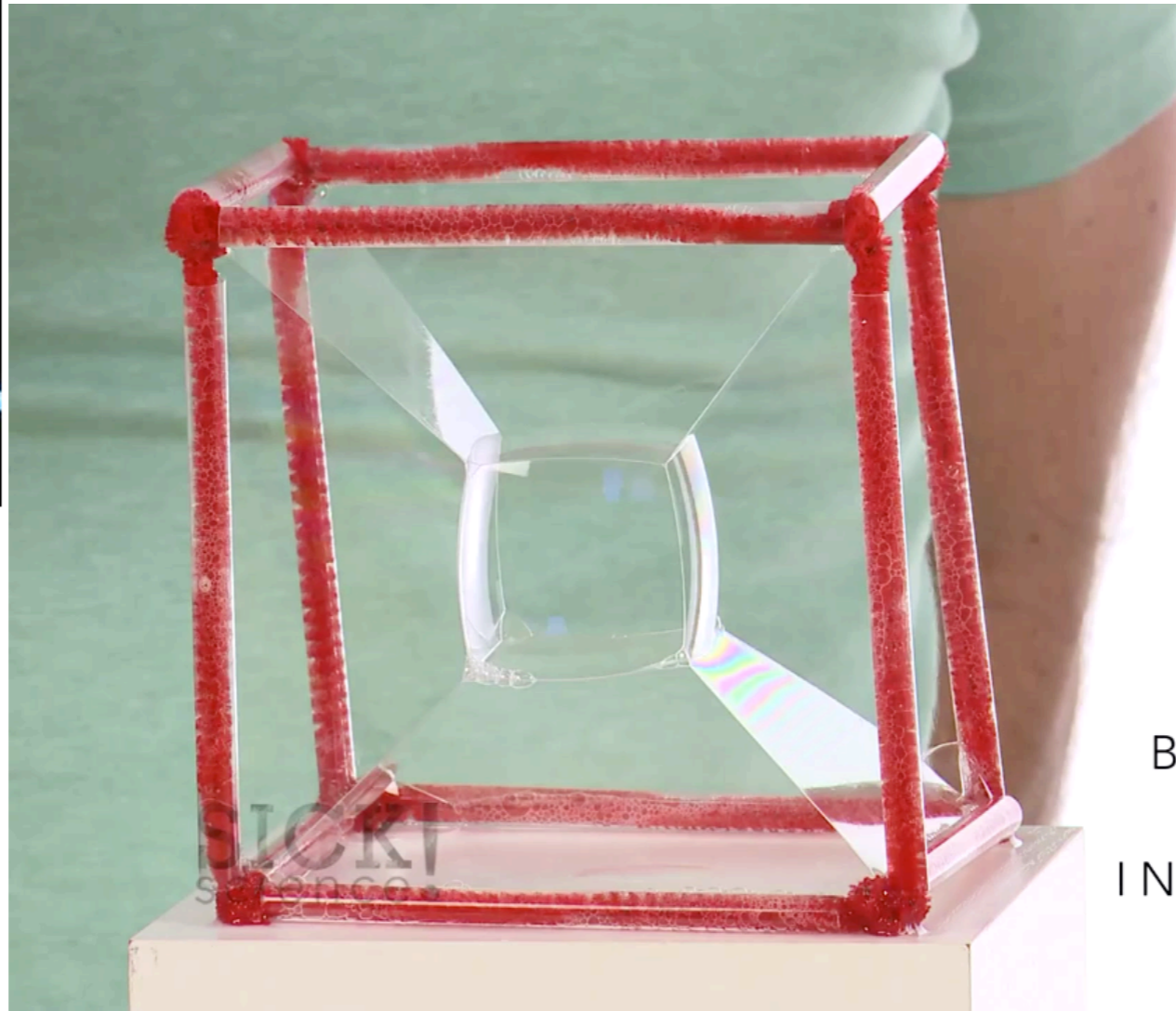
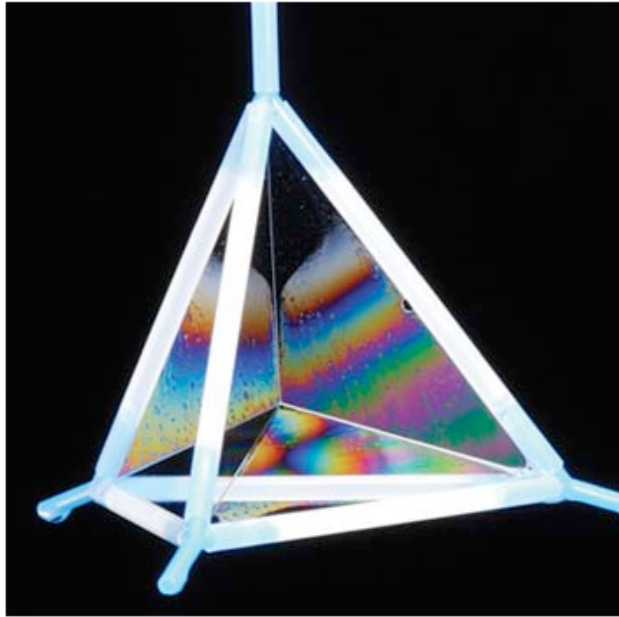
力10

表面張力



表面をできるだけ小さくしようとする傾向を持つ液体の性質のこと。

表面張力



USE A
BUBBLE WAND
TO DROP
A BUBBLE
IN THE CENTER



Square Bubble - Sick Science! #149

<https://www.youtube.com/watch?v=12UIOlzai5M>

表面張力の実験



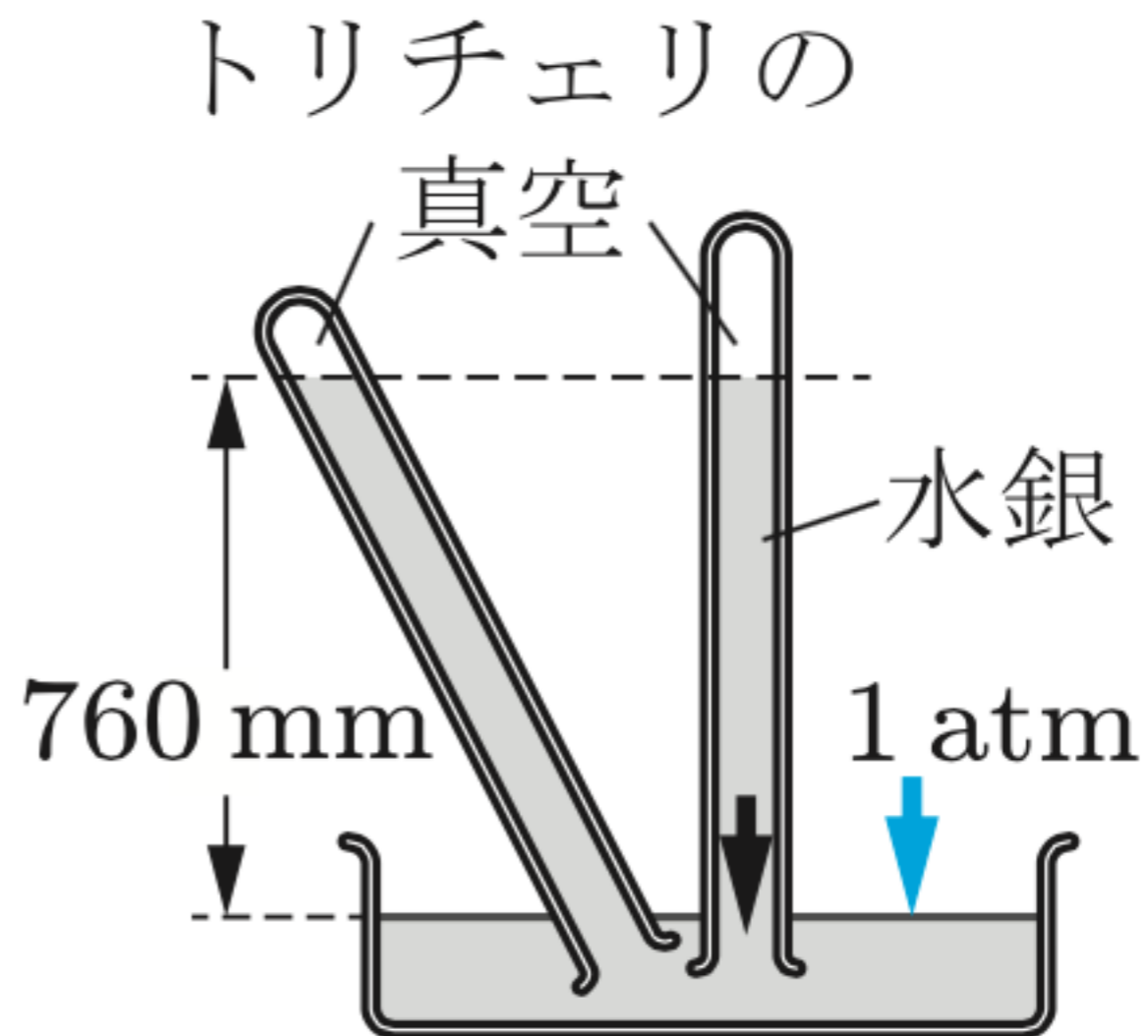
This was so intense. It should be an Olympic Sport 🤔🏆

<https://www.facebook.com/sportbibleaustralia/videos/403130368695772>

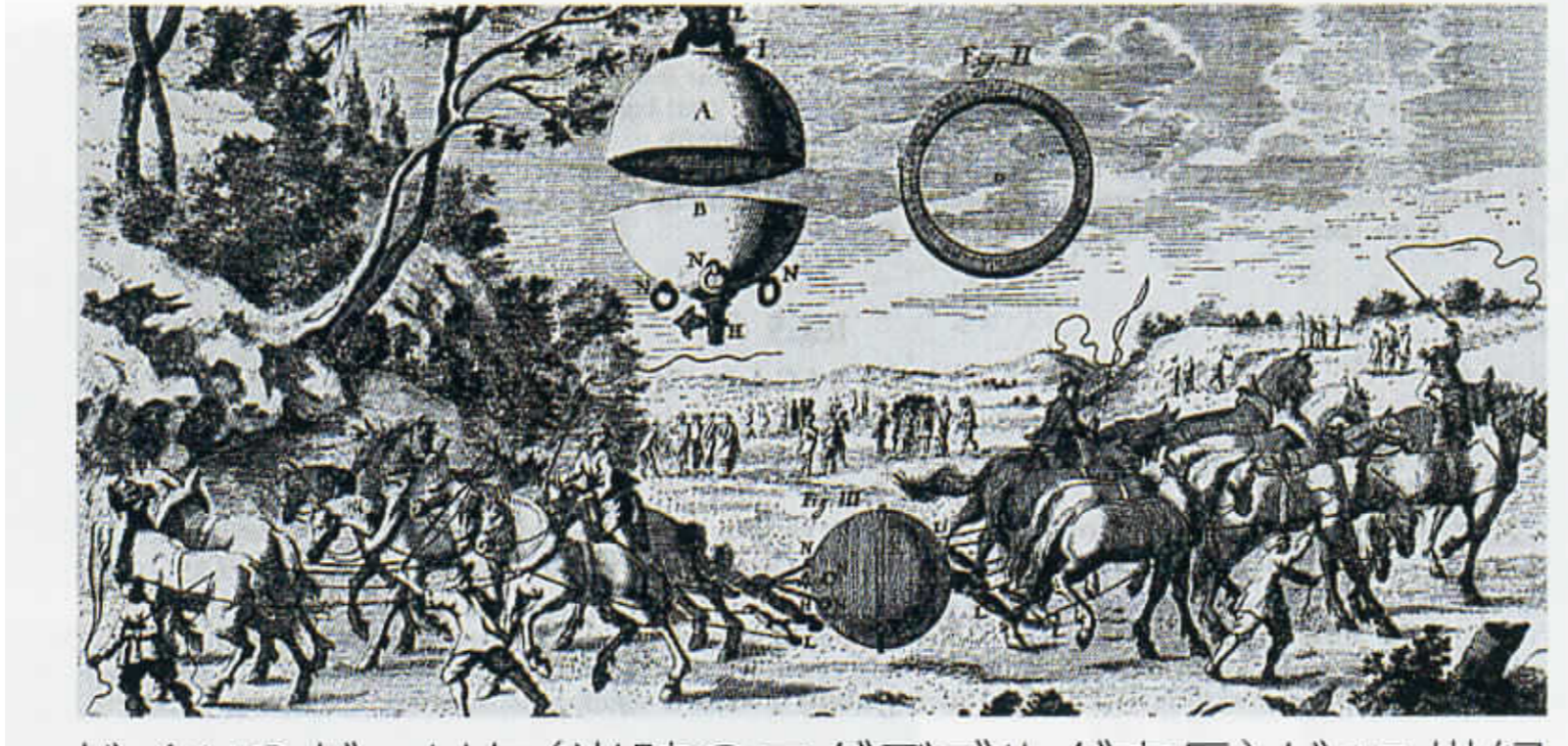
トリチェリの実験



Evangelista Torricelli
(1608-47)



マグデブルグの半球の実験



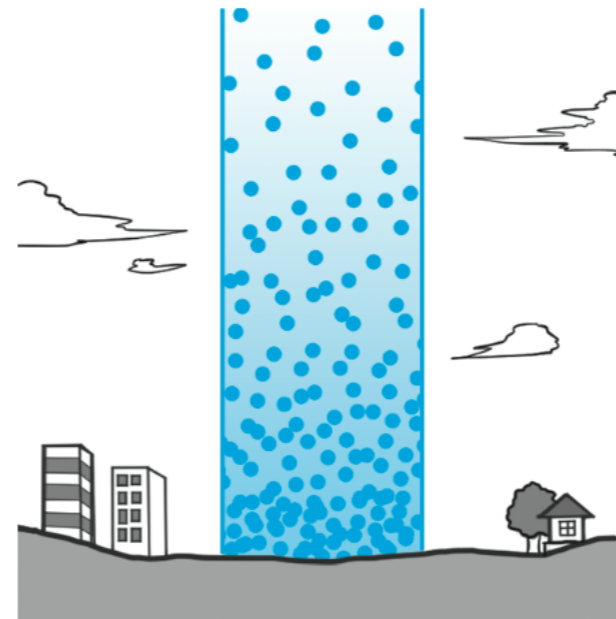
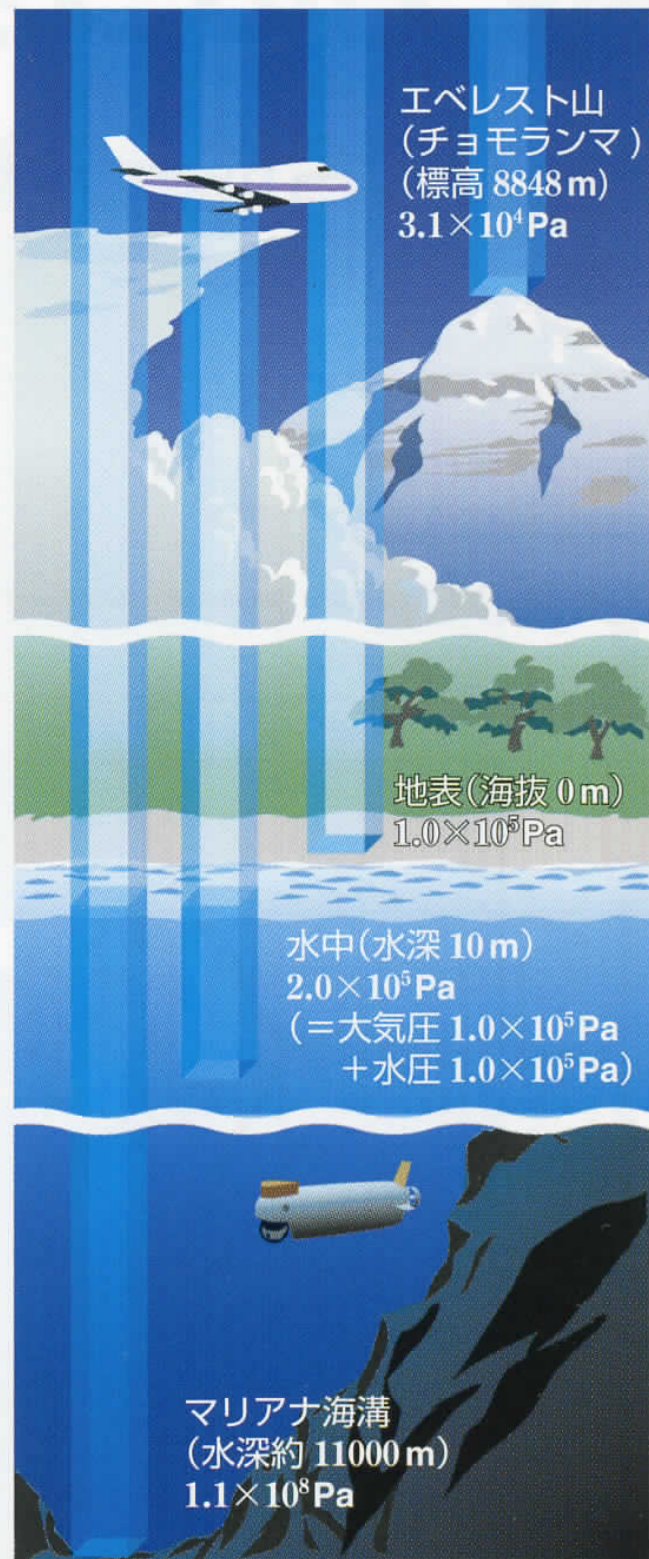
ドイツのゲーリケ（当時のマグデブルグ市長）が17世紀半ばに行った大気圧の大きさを示す実験。2つの金属製半球容器を合わせて中の空気を抜くと、ぴったりくっついて外れなくなった。両側から馬8頭ずつで双方から引っ張ってもなかなか外れない様子が描かれている。

（ちなみに、作用反作用の法則により、片側を固定して馬8頭で引っ張っても同じである。）



圧力

● 大気圧と水圧



定義 圧力

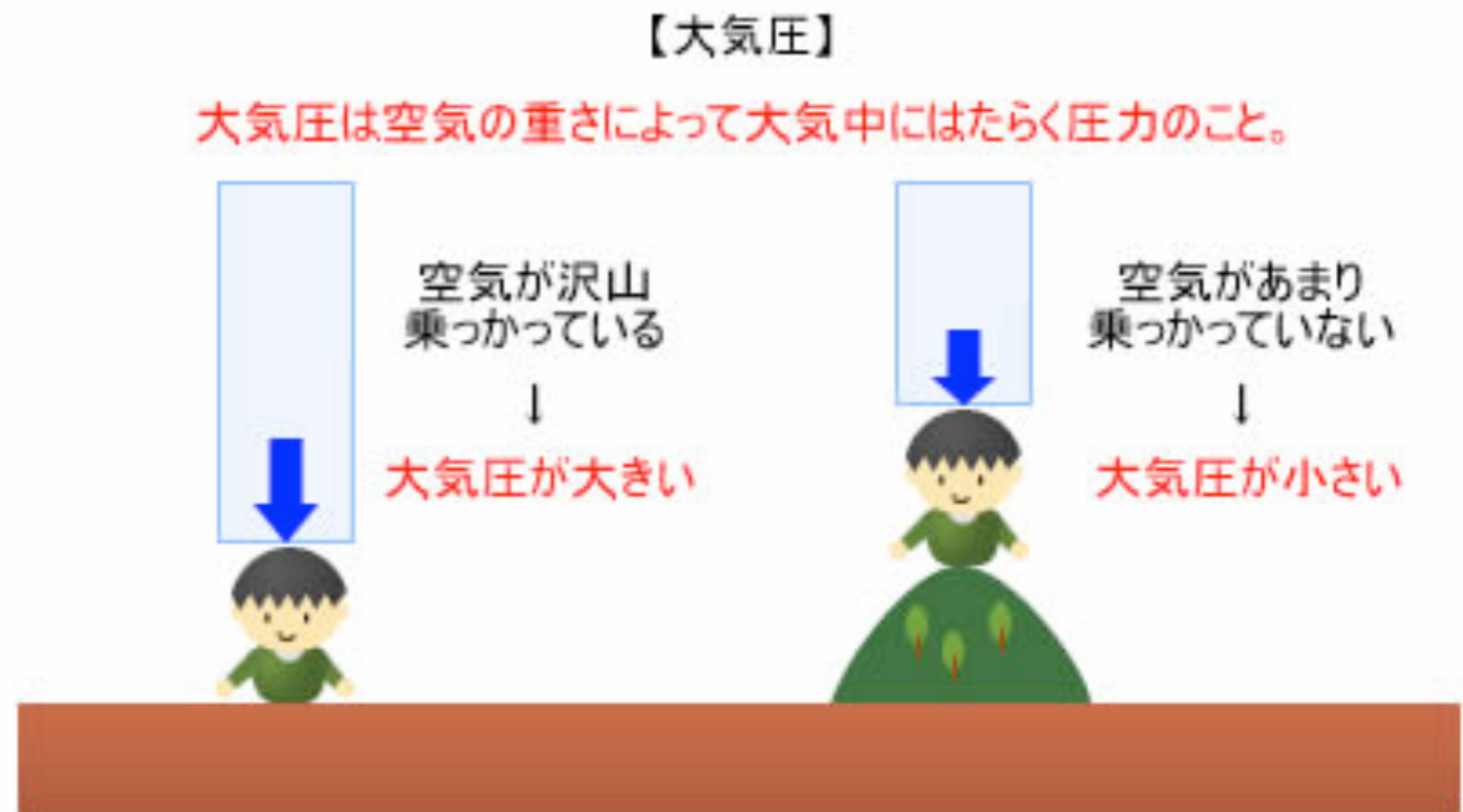
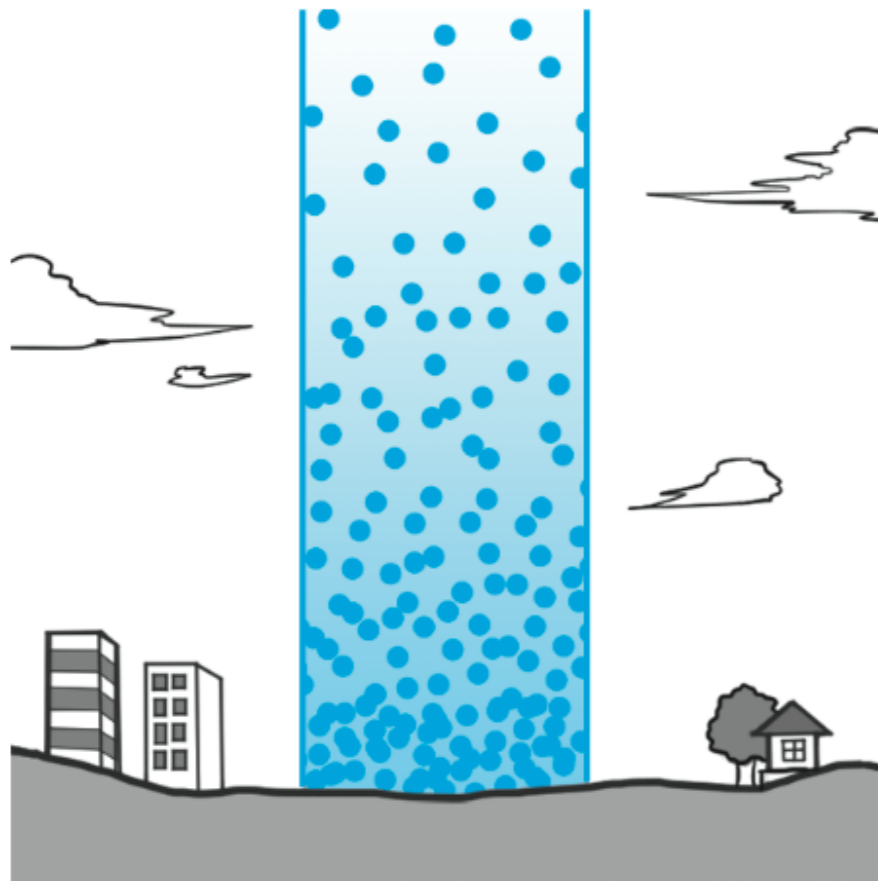
単位面積あたりにはたらく力を圧力 p という。

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\text{加わる力 [N]}}{\text{面積 [m}^2\text{]}} \quad \text{単位は [N/m}^2\text{]} = [\text{Pa}] \quad (3.1)$$

単位は [Pa] (パスカル) である。

大気圧

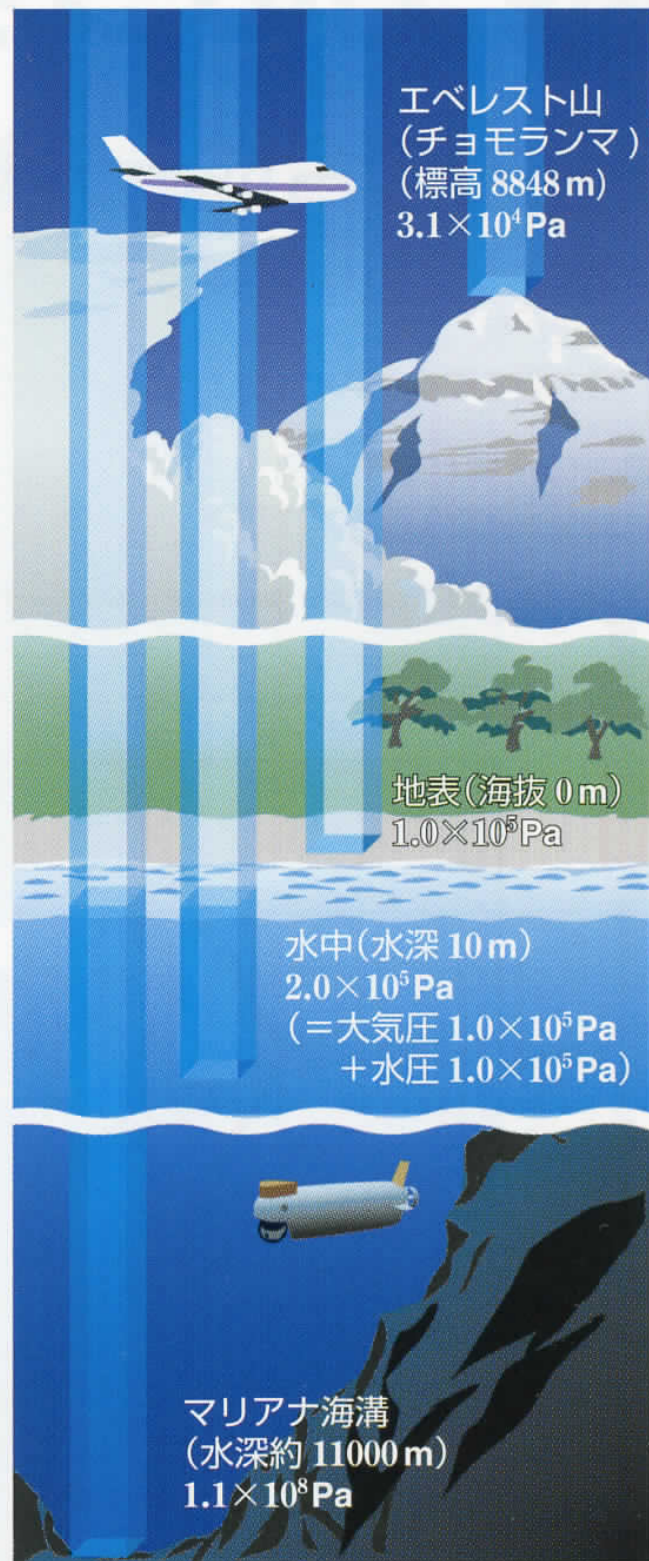
1気圧 = 「親指の爪(1 cm 四方) に1kgくらいの力」



問 3.2 山の上でポテトチップスの袋が膨張する理由は何か。

気圧の単位

●大気圧と水圧



★地表付近の気圧を「1気圧」という。

★水銀柱の高さは、760mmなので、

$$\text{「1気圧」} = \text{「760 mmHg」}$$

★1気圧にほぼ等しい単位として、

$$\text{「1気圧」} = 1.01325 \text{ b (バール)}$$

$$= 1013.25 \text{ mb (ミリバール)}$$

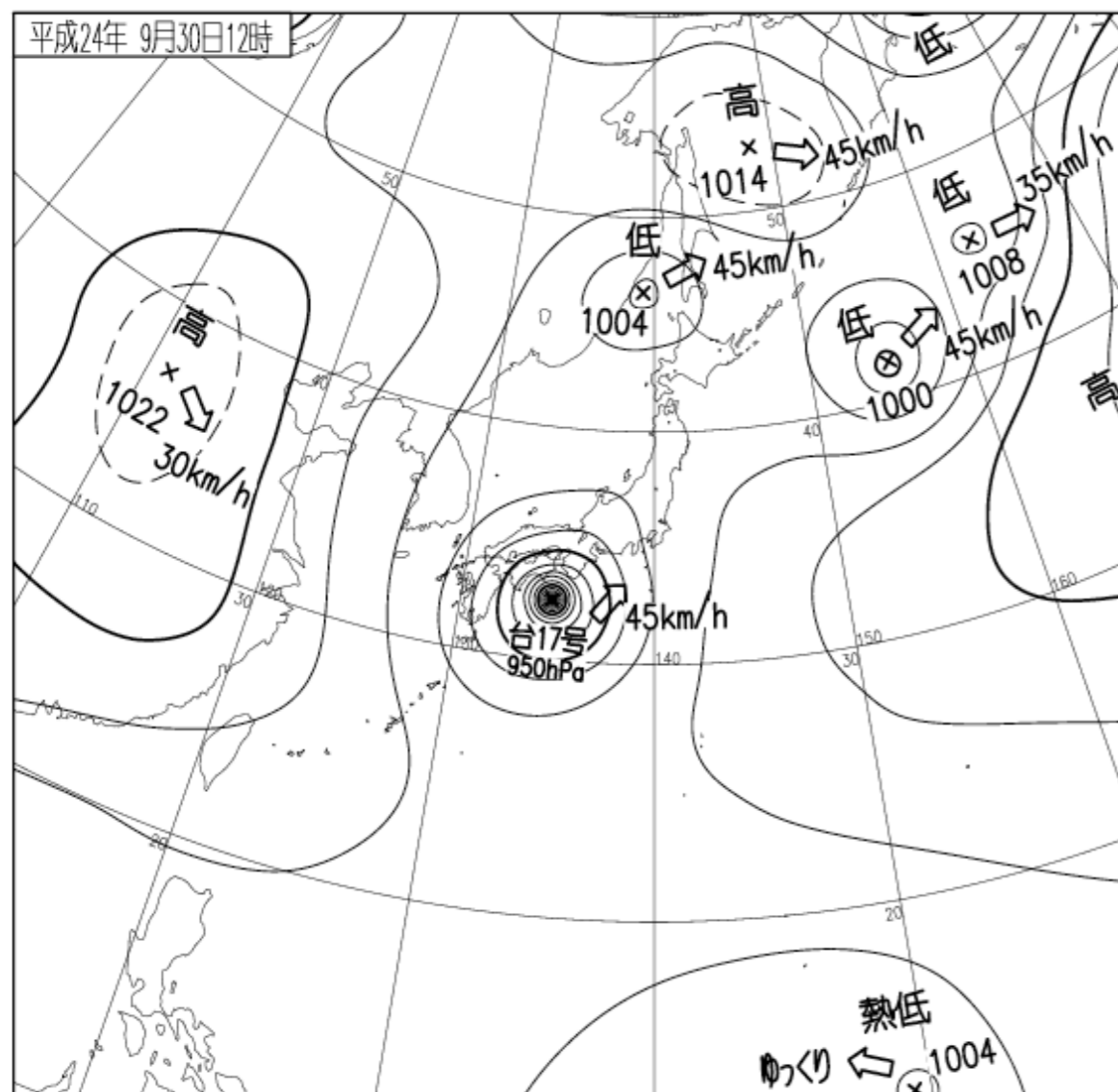
★国際単位系に合わせるため、

日本の天気予報では1992年から

$$\text{「1気圧」} = 101325 \text{ Pa (パスカル)}$$

$$= 1013.25 \text{ hPa}$$

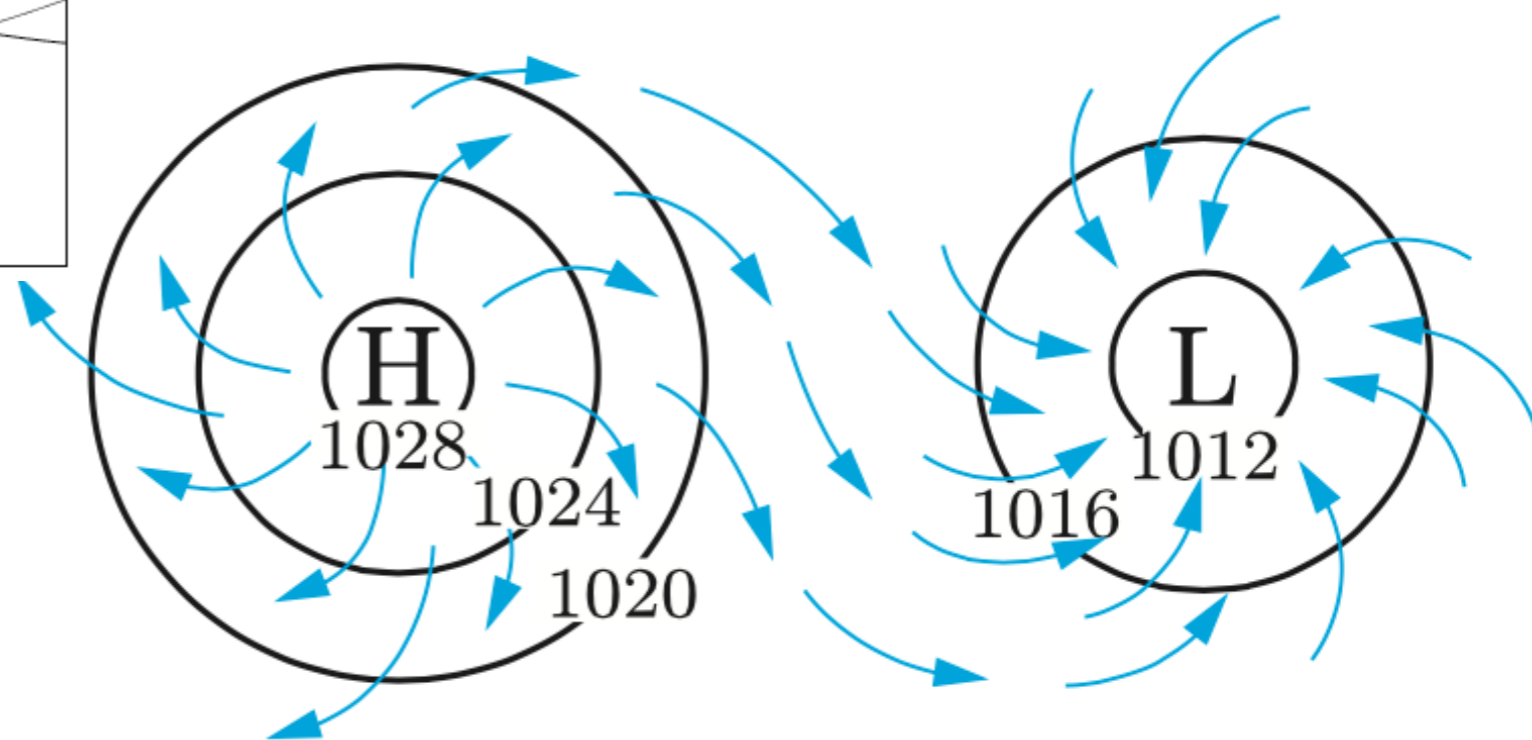
高気圧と低気圧



Topic 高気圧, 低気圧

天気予報の気圧配置でいう高気圧, 低気圧とは, 地表付近での気圧の大小を相対的に述べたものである。地表付近では, 高気圧から低気圧へ大気は流れる (コリオリの力によって, 高気圧から低気圧に向かって風は傾いた経路で流れる)。

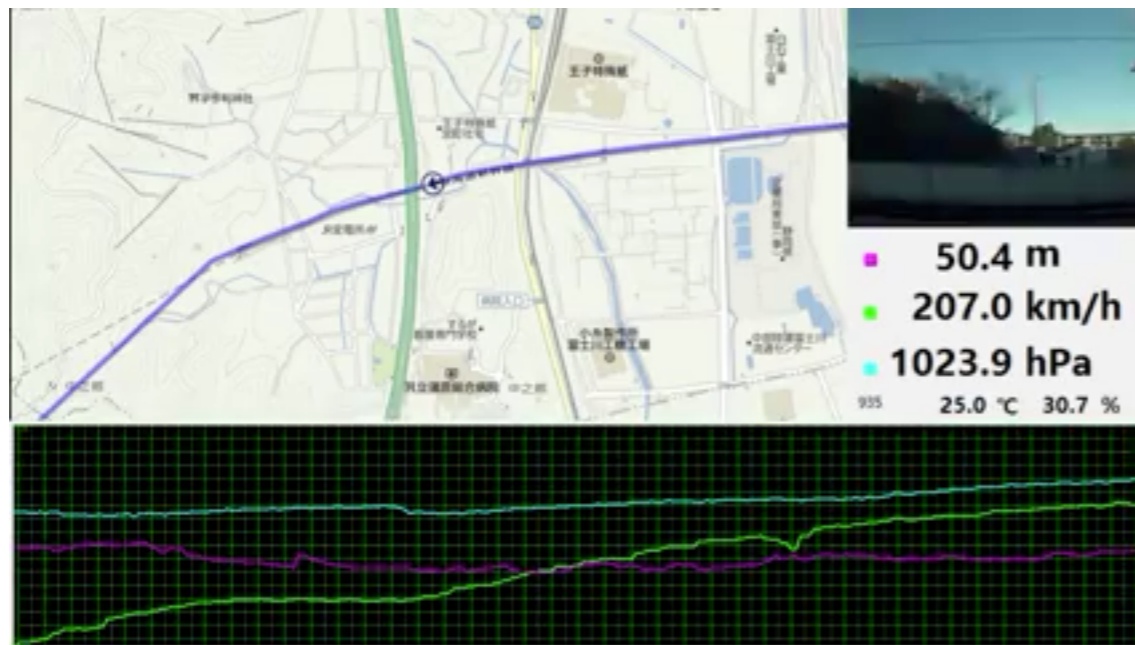
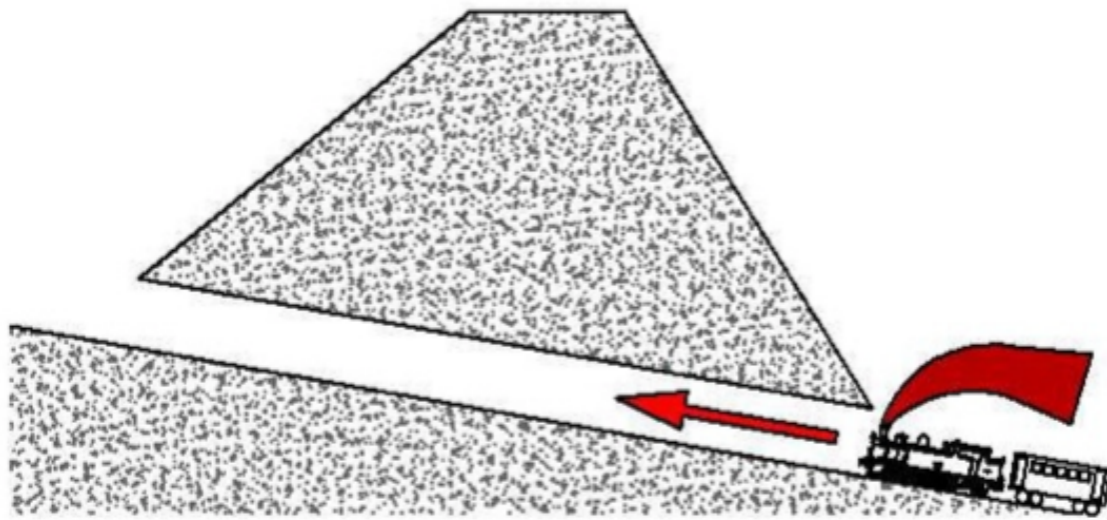
高気圧の部分では, 上空から大気が流れる下降気流になる。下降気流では, 雲が発生しにくいいため好天になりやすい。一方, 低気圧の部分では, 流れ込んだ大気は上昇気流となって上空へ移動するが, 今度は, 雲ができ雨が降りやすくなる。



前回のミニツツペーパーから

電車がトンネルに入る時や飛行機に乗っている時、耳が詰まった感じになるのも気圧のせいでしょうか？もし、そうであれば、対策としては何が有効ですか？

トンネル内は気圧が低い



新幹線の車内気圧を測ってみた。その1【耳ツン現象】

<https://www.youtube.com/watch?v=tRWHqg1uUGs>

<https://mgpn.livedoor.blog/archives/51924322.html>

前回のミニッツペーパーから

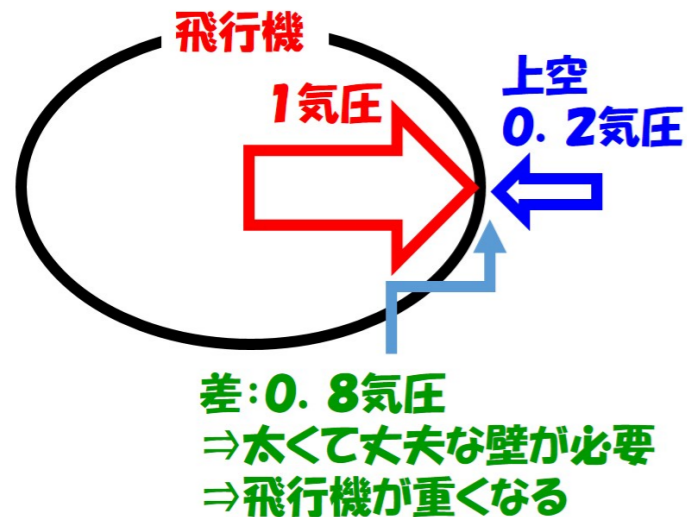
電車がトンネルに入る時や飛行機に乗っている時、耳が詰まった感じになるのも気圧のせいでしょうか？もし、そうであれば、対策としては何が有効ですか？

飛行機内は気圧が低い

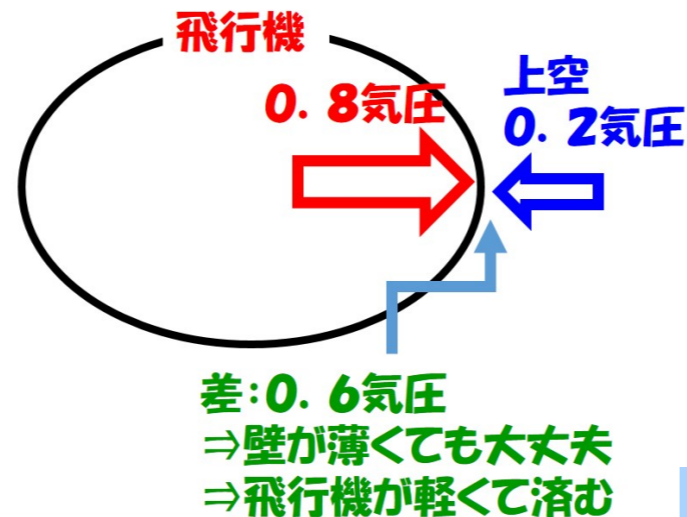
上空 10000mでは、0.2気圧 機内の気圧が高いほど頑丈なボディが必要

機内を 0.8 気圧程度（標高2000m地点程度）に減圧してから離陸する。

機内が1気圧だった場合



機内が0.8気圧だった場合

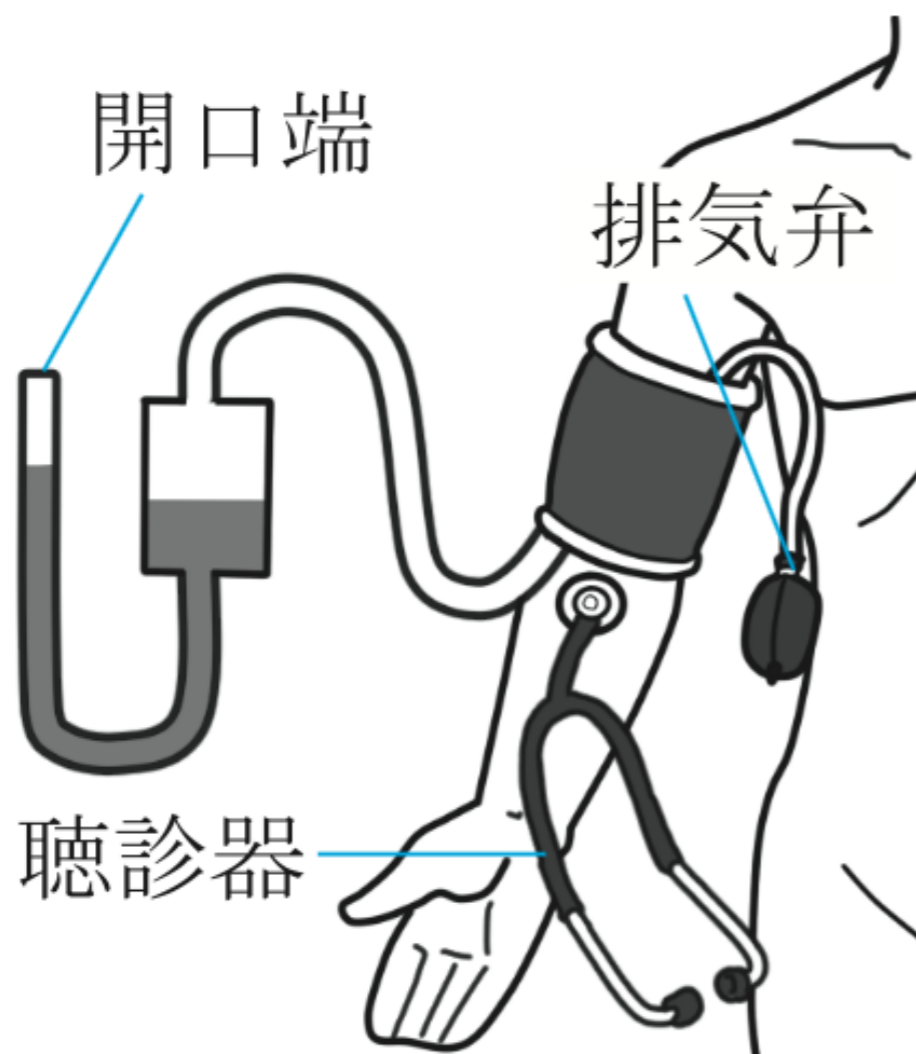


対策

- *唾を飲み込む (耳管を開ける)
- *あくびをする (耳管を開ける)
- *耳栓をする

血圧計のしくみ

血圧 (blood pressure) とは、血管内の血液 (一般には動脈) の圧力のこと。
 心臓の収縮期の血圧を収縮期血圧 (または**最高血圧**)
 拡張期の血圧を拡張期血圧 (または**最低血圧**) と呼ぶ。



圧迫を緩めて脈音がするところが最高血圧
脈音がしなくなるところが最低血圧

単位は永年の慣行から mmHgを使用する。

女性 ↓	肥満 ↑
睡眠中 ↓	午後 ↑ 食後 ↑ 運動後 ↑
入浴 - 適温 ↓	熱い風呂 ↑
適度の飲酒 ↓	過度の飲酒 ↑ 喫煙 ↑
温暖時 ↓	寒冷時 ↑
リラックス ↓	ストレス ↑
麻酔 ↓	カフェイン ↑

前回のミニッツペーパーから

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。

引き戸 28
押し戸 24
わかりません 1



引き戸がよい

富士山の頂上は気圧が~~高い~~ため、ドアが開きにくい。そのため開けやすい引き戸が良い。

引き戸。富士山に行ったときにお菓子の袋が行く前よりも膨張していたため、空気を外に押し出す力が強くなったと考える。押し戸だと空気の圧力によって開く~~こと~~ができないと思う。

引き戸。マンションの玄関の扉が重いと同じ原理？気圧の差が激しいので引き戸でないとは開けられなさそう

引き戸。富士山の山頂は日本で最も高く気圧が最も低いところだと判断できるので、押し戸だと大阪の高い気圧で富士山の低い気圧で周辺の物が壊れるかもしれないから。

富士山の山頂の方が気圧が低いので、扉が開けやすいのは押し戸かもしれませんが、勢いよく扉が開いて危険ではないのかなとも想像できました、。

前回のミニッツペーパーから

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。

引き戸 28

押し戸 24

わかりません 1

押し戸がよい

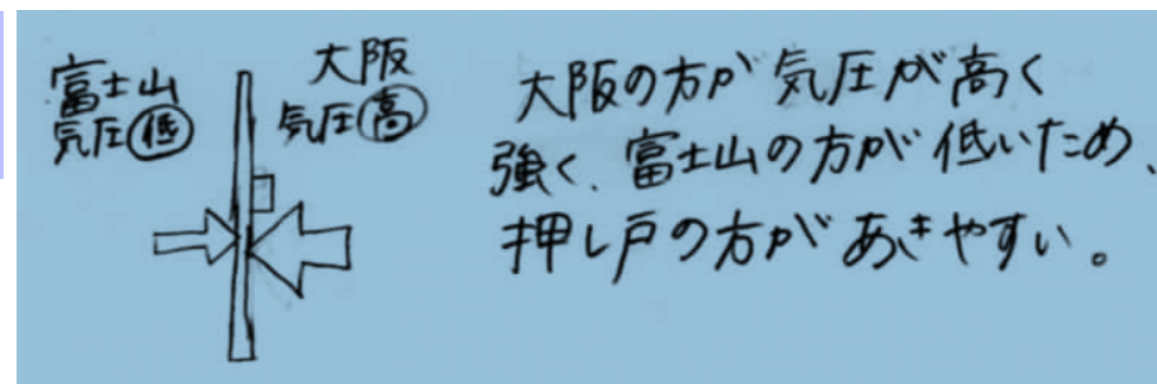


押し戸 気圧が富士山の山頂の方が低いので、大阪から富士山頂に行くなら、気圧の大きさを利用して開けられる押し戸の方が良いと思った。

押し戸 引き戸なら大気圧でドアを開けることができないのではないかな。

ポテトチップスの袋が膨らむ原理と一緒に、内側（大阪側）の気圧が大きくなってドアが勝手に富士山側に押し開けられそう。というかぶっ壊れそう（笑）

押し戸。富士山の山頂のほうが大阪よりも気圧が低く、空気の押す力が弱いのですんなり開くと思います。



気圧は高い方から低い方へと負荷がかかる。大阪と富士山の山頂だと大阪の方が気圧が高いため、引き戸よりは押し戸の方が開ける人間に負担は少ないので押し戸の方がいいと考える。しかし、あまり気圧が違いすぎると逆にドアが勢いよく開いて危険なのではないのだろうかという疑問に思った。

前回のミニッツペーパーから

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。

引き戸 28
押し戸 24
わかりません 1
開けられない 1



開けられないと思う。富士山の気圧が630hPa、大阪の気圧が1004hPa、どこでもドアのサイズが2m×1mとすると、気圧の差は、 $1004-630=374\text{hPa}$ 。どこでもドアは2平方メートル。このことから、 $37400\text{Pa}\times 2=74800\text{N}$ の力が必要であると考え。つまり、約7480Kgである。このことから、引き戸にしても、押し戸にしても開かないと考えた。

2002年センター試験「総合理科」第5問

B

- さとし じゃあ、めぐみはどんなものが欲しいの？
- めぐみ そうね。もう少し現実味があるという意味で、「どこでもドア」なんてあるといいわね。
- さとし あれって、そんなに現実的かなあ。まちがって出口が海の底にでもなっていたら、部屋中が水だらけだよ。
- めぐみ でも便利よ。たとえば、エベレストの山頂に行ってみたいと思ったとき、ここにドアをおいて、パッと開けたらそこがエベレストよ。
- さとし 「そこがエベレストよ」って、ドアを開けたらどうなると思うの？
- めぐみ どうなるの？
- さとし あのね、人やものが自由に出入りできるのだったら、空気だって自由に出入りできるでしょ。もしそうなら、山頂の方がこの部屋より気圧が **ウ** すごい風が起きて、みんな吹き飛ばされてしまうよ。
- めぐみ そうね、エベレストはやめましょう。でも、ちょっとした旅行には便利よ。たとえば、東京から那覇へ行くくらいなら便利よね。
- さとし そんなことないよ。ここに ^(b)今日の天気図があるんだけど、これによると東京と那覇の間の気圧差は 25 hPa もあるよ。
- めぐみ そんなの微々たるものじゃない？
- さとし 計算してごらんよ。ドアの大きさを 1 m × 2 m とすれば、ドアにかかる力は **エ** kg 重にもなるんだよ。
- めぐみ わかったわ。でも、さとしの方こそ夢がないのね。



どこでもドア：行きたいところへすぐ行ける便利なドア。

(藤子・F・不二雄『大長編ドラえもん⑩のび太の日本誕生』)

問 4 文章中の空欄 **ウ** に入れるのに最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **4**

- ① 高いのだから、部屋からエベレストに向かって
- ② 高いのだから、エベレストから部屋に向かって
- ③ 低いのだから、部屋からエベレストに向かって
- ④ 低いのだから、エベレストから部屋に向かって

問 5 文章中の空欄 **エ** に入れる数値として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、ドアにかかる力は気圧差によって引き起こされるものとし、1 hPa は 10 kg 重 / m² とする。 **5**

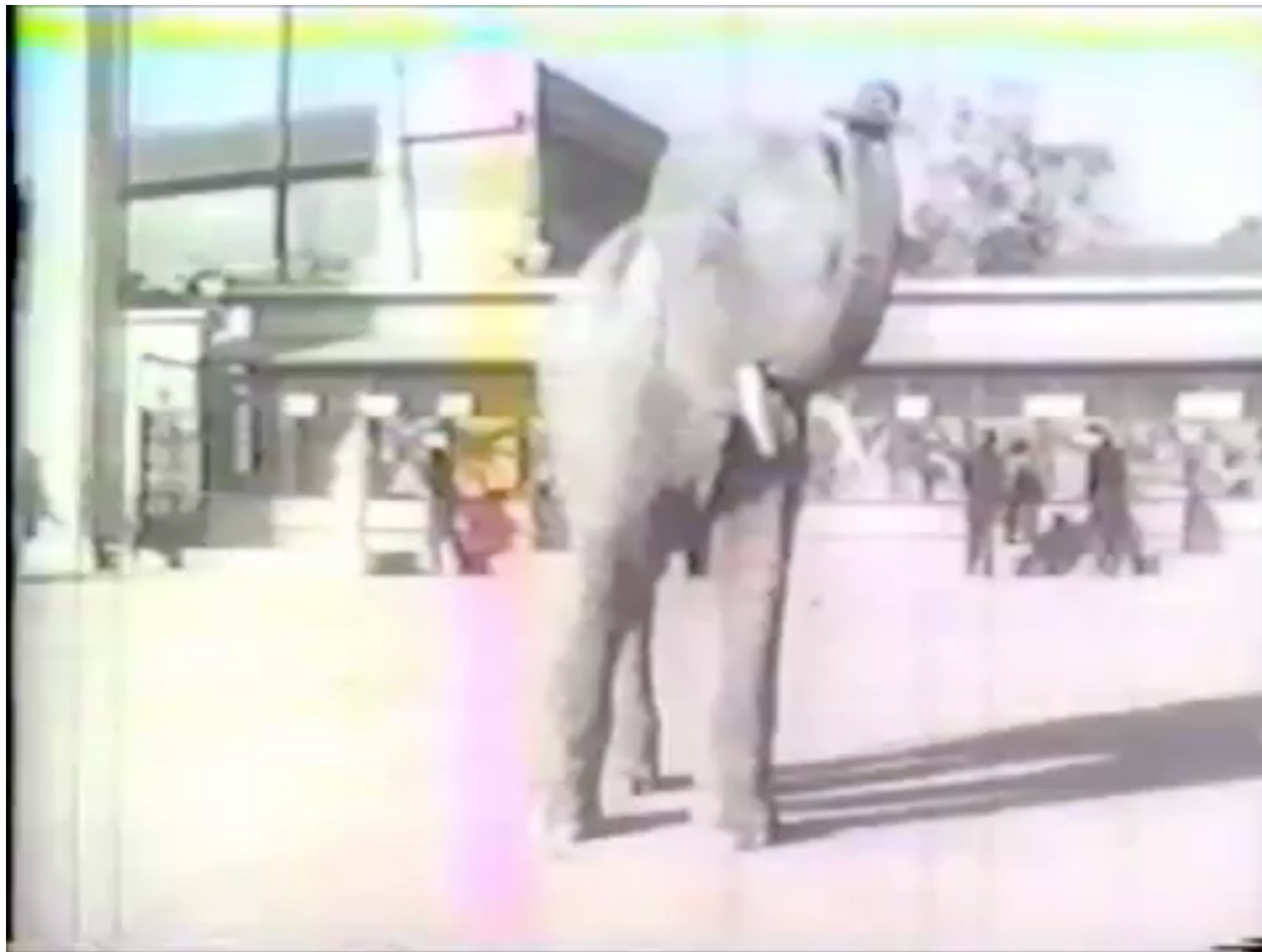
- ① 25
- ② 50
- ③ 250
- ④ 500



前回のミニッツペーパーから

[5-3] 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

「象が踏んでも壊れない」



前回のミニッツペーパーから

[5-3] 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

象の足



足は直径50cmの円

(面積 2000 cm^2)

足4本

体重 5000kg

ハイヒール



1cm角 or 2cm角

(面積 1 cm^2)

足2本

体重 40kg

前回のミニッツペーパーから

ゾウとハイヒール, 踏まれた時に力はどちらが何倍大きいか

- 6.25倍
- 7.9倍
- 8倍
- 10倍 2
- 12.5倍 2
- 16倍 8
- 20倍 3
- 約30倍
- 32倍 21**
- 40倍
- 46倍
- 48倍
- 50倍
- 53倍
- 61.25倍
- 64倍 2
- 3232倍
- 6250倍
- 12500倍
- わかりません

<ハイヒール> 40
 総重力 = 40kg = 400N 5000
 総面積 = $1\text{cm}^2 \times 2 = 0.0002\text{m}^2$
 $400 \div 0.0002 = 2000000$ 10
 <象> 20
 総重力 = 5000kg = 50000N 400
 総面積 = $2000\text{cm}^2 \times 4 = 0.8\text{m}^2$ 500
 $50000 \div 0.8 = 62500$
 $2000000 \div 62500 = 32$
 A. ハイヒールは象の32倍 4

(ヒール)
 $1\text{cm}^2 \times 2 = 2\text{cm}^2$
 $2\text{cm}^2 = 0.0002\text{m}^2$
 $40\text{kg} = 40000\text{g} = 400\text{N}$
 圧力 (Pa) = $400\text{N} \div 0.0002\text{m}^2$
 $= 2,000,000\text{Pa}$
 (ゾウ)
 $2000\text{cm}^2 \times 4 = 8000\text{cm}^2$
 $8000\text{cm}^2 = 0.8\text{m}^2$
 $5000\text{kg} = 5,000,000\text{g} = 50,000\text{N}$
 圧力 (Pa) = $50,000\text{N} \div 0.8\text{m}^2$
 $= 62,500\text{Pa}$
 $2,000,000 \div 62,500 = 32$
 ヒールはゾウの32倍の圧力がある。

正解率 38.2%

約32倍ゾウの方が強い

しっかりとした計算式はわかりませんが、体重がかかる面積がハイヒールの方が象よりずっと小さい分、圧力もハイヒールの方がずっと大きくなるのではないかと思います。

5-3の問題はとても考えた。

正解が分からなくても、考えるということがとても楽しいと思った。

msn 産経ニュース

ニュース

関西版

フォト

トップ 速報 事件 政治 経済 国際 スポーツ エンタメ ライフ 科学 地
エンタメ トピッ

「えっ！わが家、意外と高いかも？」60秒入力⇒不動産無料査定 [PR]

エンタメ

川柳を書く 0

ブログを書く 0

ツイート 3,387

おすすめ 14



いきものかがり山下が足の指骨折…女性にヒールで踏まれ

2013.9.2 09:30 【芸能人ブログ】

男女3人組バンド、いきものかがりのギター、山下穂尊（31）が足の指を骨折していたことが1日、分かった。（サンケイスポーツ）

この日、サンドーム福井で全国ツアーをスタート。公演終了後のツイッターで、リーダーの水野良樹（30）が「山下くんが足の指を骨折してました。立てます、歩けます、ライブはできます」とつぶやいた。骨折理由について「渋谷のスクランブル交差点で女性にヒールで踏まれたらしいです。がんばれ、山下くん」と明かし、エールを送った。

一方の水野は、先月17日に一般女性と結婚して話題になった。



いきものかがりの山下穂尊

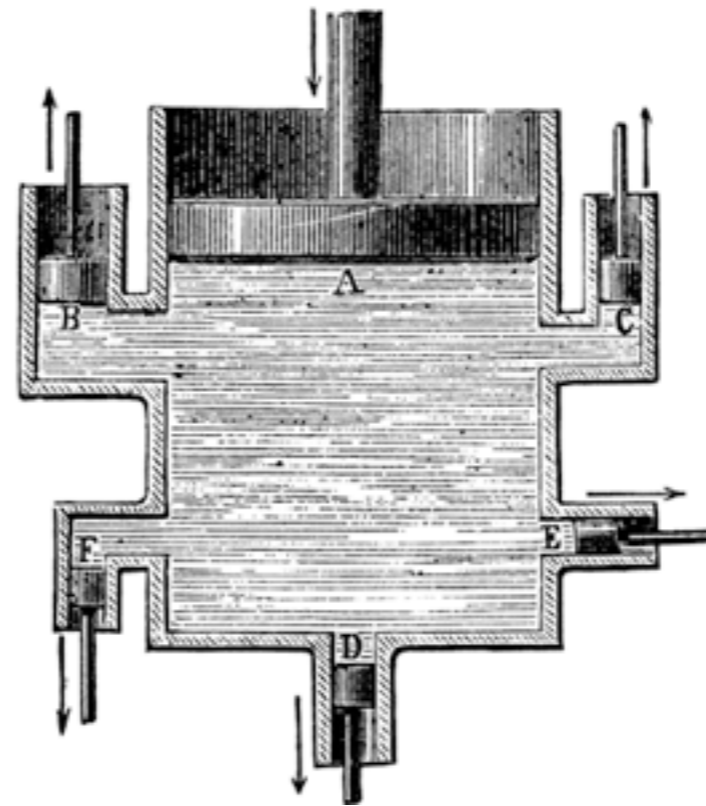
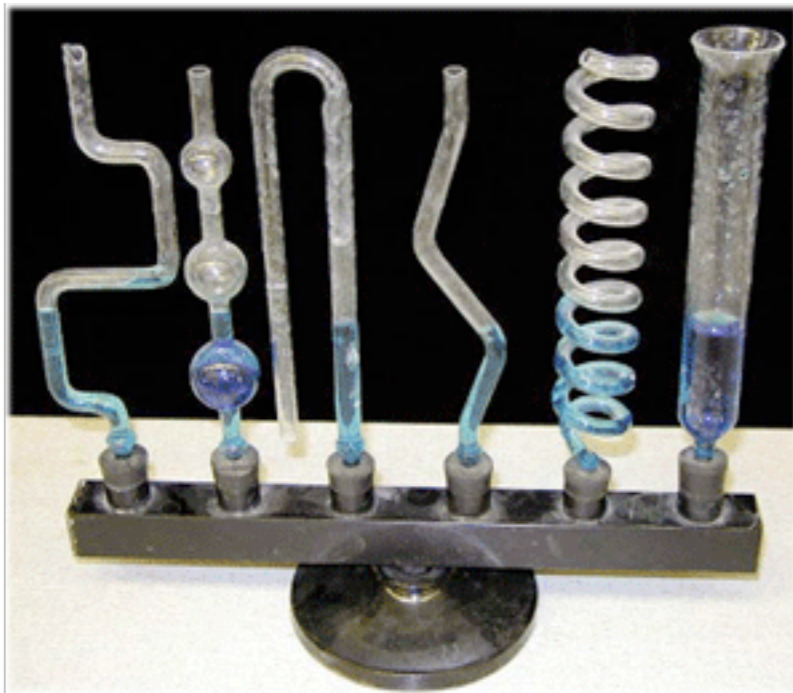
パスカルの原理

法則 パスカルの原理

密閉容器中の静止している流体に、圧力変化を加えると、流体中のあらゆる部分で同じ圧力変化が生じる。



Blaise Pascal
(1623-1662)



パスカルの原理

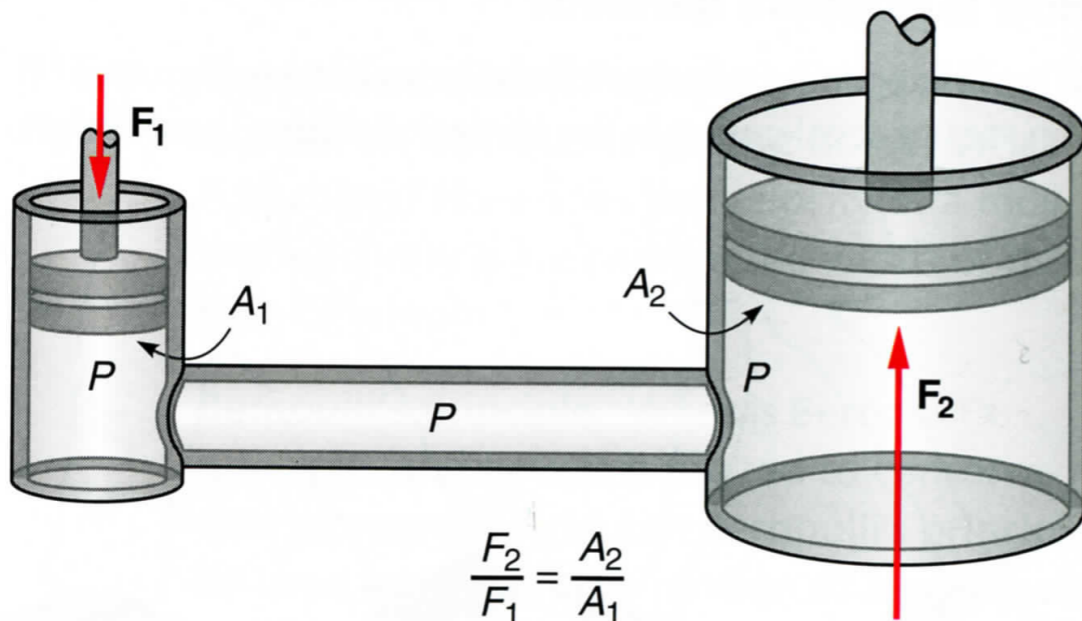
法則 パスカルの原理

密閉容器中の静止している流体に、圧力変化を加えると、流体中のあらゆる部分で同じ圧力変化が生じる。



油圧ジャッキ

教科書 p95



油圧ジャッキ

Topic 油圧ジャッキ

パスカルの原理を使って、重いものを簡単に持ち上げるのが、油圧ジャッキである。図 3.8 のように、大きさの違うシリンダ（面積を $S_1 < S_2$ とする）を動きやすい油でつなぐ。油の圧力はどこでも同じ（ P とする）なので、小さいほうのシリンダを力 F_1 で押すと $F_1 = PS_1$ であり、大きいほうのシリンダは $F_2 = PS_2$ の力で押し出される。 P が同じなので、 $F_2 = \frac{S_2}{S_1} F_1$ となる。つまり、面積比が 5 倍なら、 F_1 の 5 倍の力で押し上げることができる（5 倍長い距離を押し縮めなければならないが）。

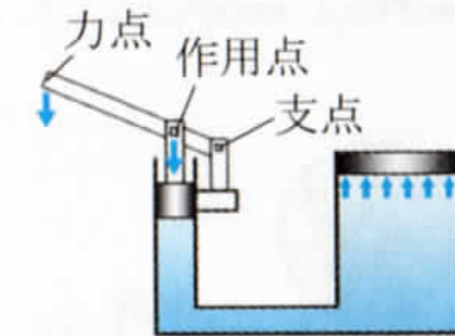
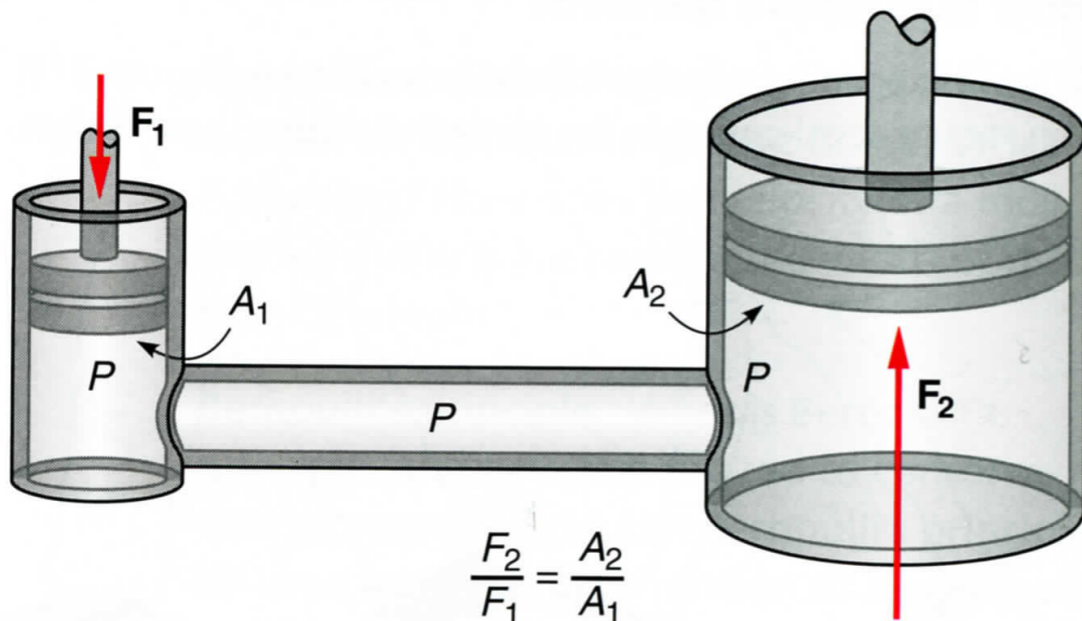


図 3.8 油圧ジャッキ (hydraulic jack) のしくみ



問 3.7 オランダには、ハンス・ブリンカー (Hans Brinker) という少年が、堤防にあいた穴に指をつっこんで塞ぎ、オランダを洪水から救ったという話が伝わっている。本当に指一本で北大西洋全体を支えることができるだろうか。



法則 トリチェリの法則

流体の粘性が無視できるならば，容器に入れた流体の表面の高さが y のとき，容器の底に開けた小さな穴から流出する流体の速度 v は， $v = \sqrt{2gy}$ である．ここで， g は重力加速度である．

実験 9 ストローの高さで水の勢いが変わる

ペットボトルの底付近に穴をあけ，水が飛び出す様子を観察しよう．水がたくさん入っているときは，容器の底を押す圧力（水圧）が高くなるので遠くまで水は飛ぶが，容器の水が少なくなると，飛距離も短くなる（トリチェリの法則が実感できる）．

次に，同じ実験でストローを差し込んでみよう．水の勢いがだいぶ弱くなってしまふ．これは，底から出る水を押し上げる力が，ストロー内の水を押し上げる力にも分散してしまうためである．ストローを深くまで入れたり，水面付近までの深さに入れて，水の勢いを比較してみよう．

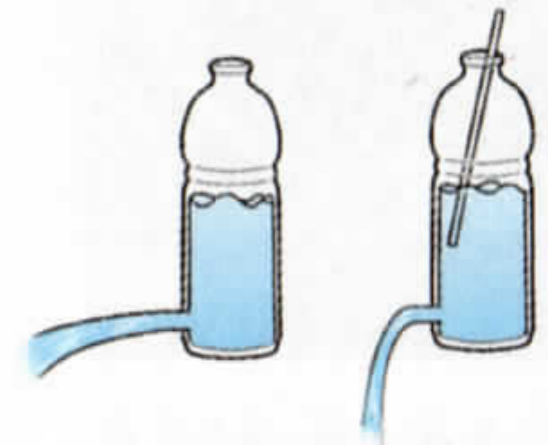
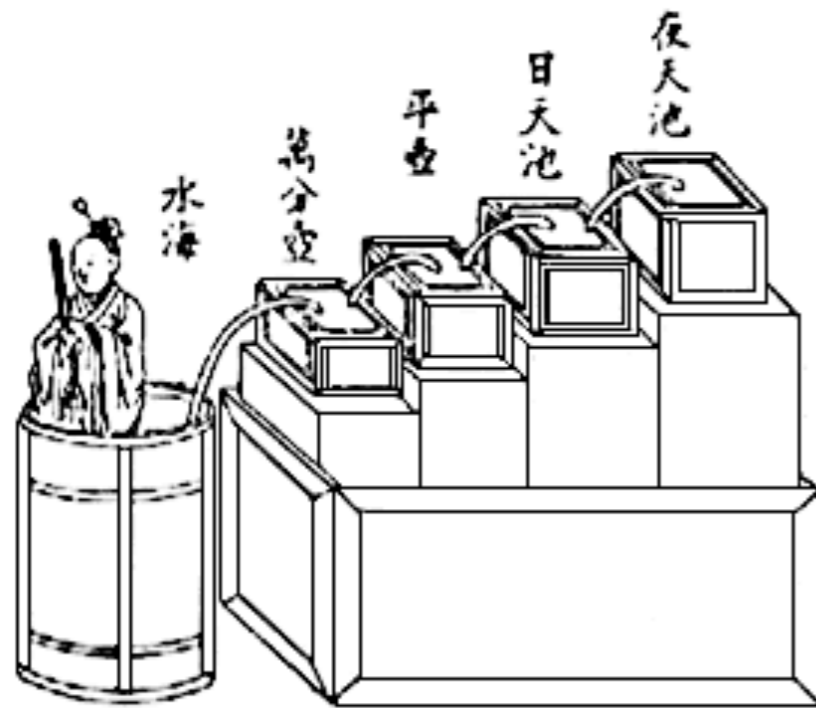


図 3.9

水時計の設計方法について調べよう。



昭和56年12月18日、奈良県明日香村にある飛鳥の集落の西北は異常な興奮に包まれていた。中大兄皇子によって創設された水時計の地設の基壇が発掘されたのである。当時、おそらく飛鳥の都であったこの場所が、1300年ぶりに賑いを取りもどしていた。『日本書紀』にある宮殿、寺院以外の記載、斉明6年五月条の「皇太子、初めて漏刻を造り、民をして時を知らしむ。」を証明できたことは、約半世紀に及ぶ飛鳥の発掘の歴史のなかでも、画期的なできごとであった。

<http://www.asukanet.gr.jp/ASUKA4/mizutokei/mizutokei.html>

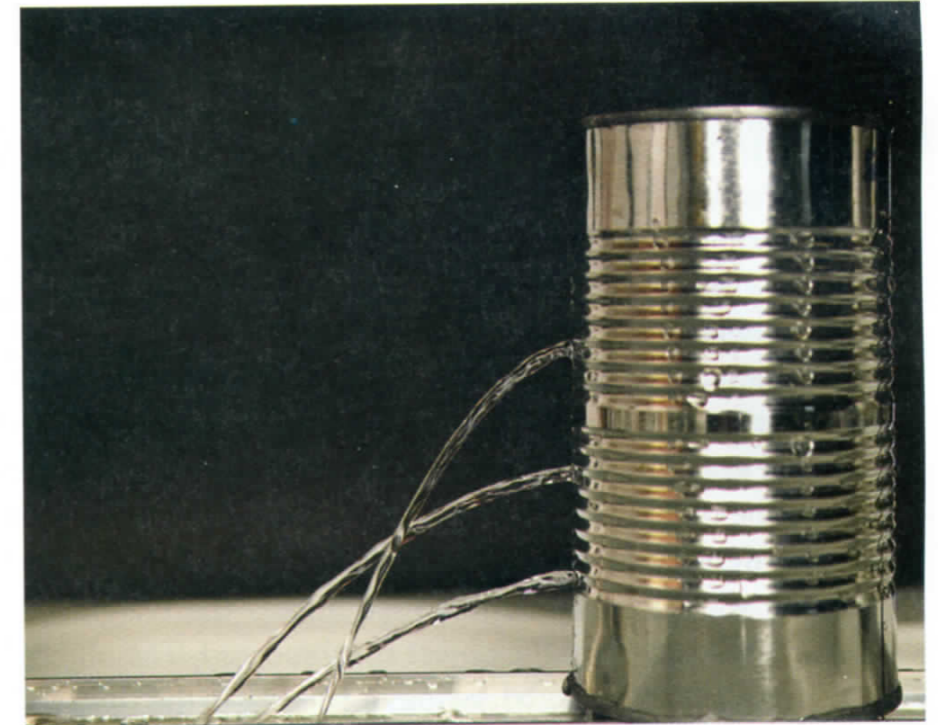


figure 9.15 Water emerging from a hole near the bottom of a can filled with water has a larger horizontal velocity than water emerging from a hole near the top.

2.6.3 水時計の設計

古くから時間を計るために水時計が使われている。容器の底に小さな穴を開け、出てくる水の量で時間を計る仕組みである。容器にたくさん水があると、水自身の重力が水圧に加わるので、穴から放出される水量は多い。したがって、単純な円筒形の容器では、放出される水量から時間を正確に計れない。どのような形状で容器を作れば良いだろうか。

力学的エネルギー保存則から次の法則が導かれる。

法則 2.16 (Torricelli の法則)

流体の粘性が無視できるならば、容器に入れた流体の表面の高さが y のとき、容器の底に開けた小さな穴から流出する流体の速度 v は、 $v = \sqrt{2gy}$ である。ここで、 g は重力加速度である。

高さ y の付近での容器の断面積がほぼ一定で S とする。時間 Δt の間に流体の高さが Δy だけ下がったとき、この間に流出した流体の体積は $S\Delta y$ 、液体の密度を ρ とすれば、流出した液体の質量 m は $m = \rho S\Delta y$ である。失われた位置エネルギーは容器の底面を基準として mgy である。このエネルギーは流出した液体の運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2$ に変化したはずなので、 $mgy = \frac{1}{2}mv^2$ 。したがって、 $v = \sqrt{2gy}$ 。

例題 2.34 半径 R の円柱容器を使って水時計を作る。円柱に等間隔に目盛をつけておくと、容器中の液体の表面が目盛を通過する時間間隔はどのようになるだろうか。

容器中の液体の表面の高さ y の時間変化 $y(t)$ が求められればよい。上記の Torricelli の法則の証明と同じ設定で、高さ y での容器の断面積を $S(y)$ とする。時間 Δt の間に液体の高さが Δy だけ変化したとすると、減少した液体の体積は $S(y)\Delta y$ となる。一方底から流出した液体の体積は、開けた穴の断面積 s と、流出した液体の速度 v を用いて $sv\Delta t$ となる。両者の合計がゼロのはずなので、

$$S(y)\Delta y + sv\Delta t = 0 \quad \text{すなわち} \quad S(y)\frac{\Delta y}{\Delta t} + sv = 0.$$

Torricelli の法則より $v = \sqrt{2gy}$ を代入し、 $\Delta t \rightarrow 0$ の極限をとると、微分方程式

$$S(y)\frac{dy}{dt} + s\sqrt{2gy} = 0 \tag{2.6.50}$$

が得られる。

容器が半径 R の円柱なら、 $S(y) = \pi R^2 = (\text{一定})$ なので、(2.6.50) を変数分離形として解くと、

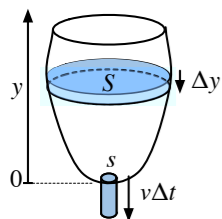
流水の方程式
【Level 2】

トリチェリの定理

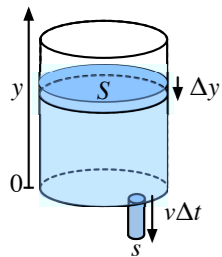
Evangelista Torricelli
トリチェリ (1608–1647)

容器の形状や流体の密度などによらないきれいな結果である。

力学的エネルギー保存則
⇒ 法則 0.27



円柱形の容器の場合



C : 定数.

$$\int dt = -\frac{\pi R^2}{s\sqrt{2g}} \int y^{-1/2} dy \quad \text{ゆえに} \quad t = -\frac{\pi R^2}{s} \sqrt{\frac{2}{g}} y^{1/2} + C.$$

初期条件として、 $t = 0$ で $y = H$ とするならば、 $C = \frac{\pi R^2}{s} \sqrt{\frac{2H}{g}}$ ($\equiv \alpha\sqrt{H}$ とする) と積分定数が決まるので、

$$y = \left(\sqrt{H} - \frac{t}{\alpha}\right)^2$$

となる。したがって、容器中の液面の高さ y は、 t に依存して変化する。上部の方がはやく高さが減ることになる。

例題 2.35 流出する流体の量が時間と共に常に一定になるようにするためにどのような容器の形状にすればよいか。

(2.6.50) 式を $S(y)$ のまま変数分離形として積分形にすると

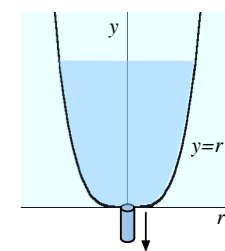
$$\int dt = -\frac{1}{s\sqrt{2g}} \int S(y)y^{-1/2} dy.$$

$S(y)$ の関数形を $S(y) = S_0 y^n$ とおいて調べてみると

$$t = -\frac{S_0}{s} \frac{1}{\sqrt{2g}} \int y^{n-\frac{1}{2}} dy + C = -\frac{S_0}{s} \frac{1}{\sqrt{2g}} \frac{1}{n+\frac{1}{2}} y^{n+\frac{1}{2}} + C$$

となる。これが $t \approx y$ となるためには、 $n + \frac{1}{2} = 1$ とすればよく、 $n = \frac{1}{2}$ と条件が導かれる。ゆえに容器の形状は $S(y) = S_0\sqrt{y}$ とするのが水時計に適していることになる。

いつも同じ割合で液体が流出するためには、容器の半径 r が高さ y と $y \approx r^{1/4}$ の関係をもっていれればよい。



ところで、同じ時計でも「砂時計」は流体とは異なり上記のような解析はできない。粉流体についてはまだ基礎方程式もない状態である。砂時計をつくる時に、どのような砂をどの程度入れるか、という工夫は現在でも経験則によるらしい。



浮力 (buoyancy)

アルキメデスの原理 (Archimedes' principle)

流体中の物体が受ける浮力は、その物体が押しのけた流体の重さ（重力）と同じ大きさである。



浮力 (buoyancy)

アルキメデスの原理 (Archimedes' principle)

流体中の物体が受ける浮力は、その物体が押し出した流体の重さ（重力）と同じ大きさである。



Topic 氷山の一角

氷の密度は、水の密度 $\rho=1\text{ g/cm}^3$ の約 92% である。断面積 S 、高さ h の氷柱があるとき、水中にある部分の高さを d とすると、つりあいの式は、

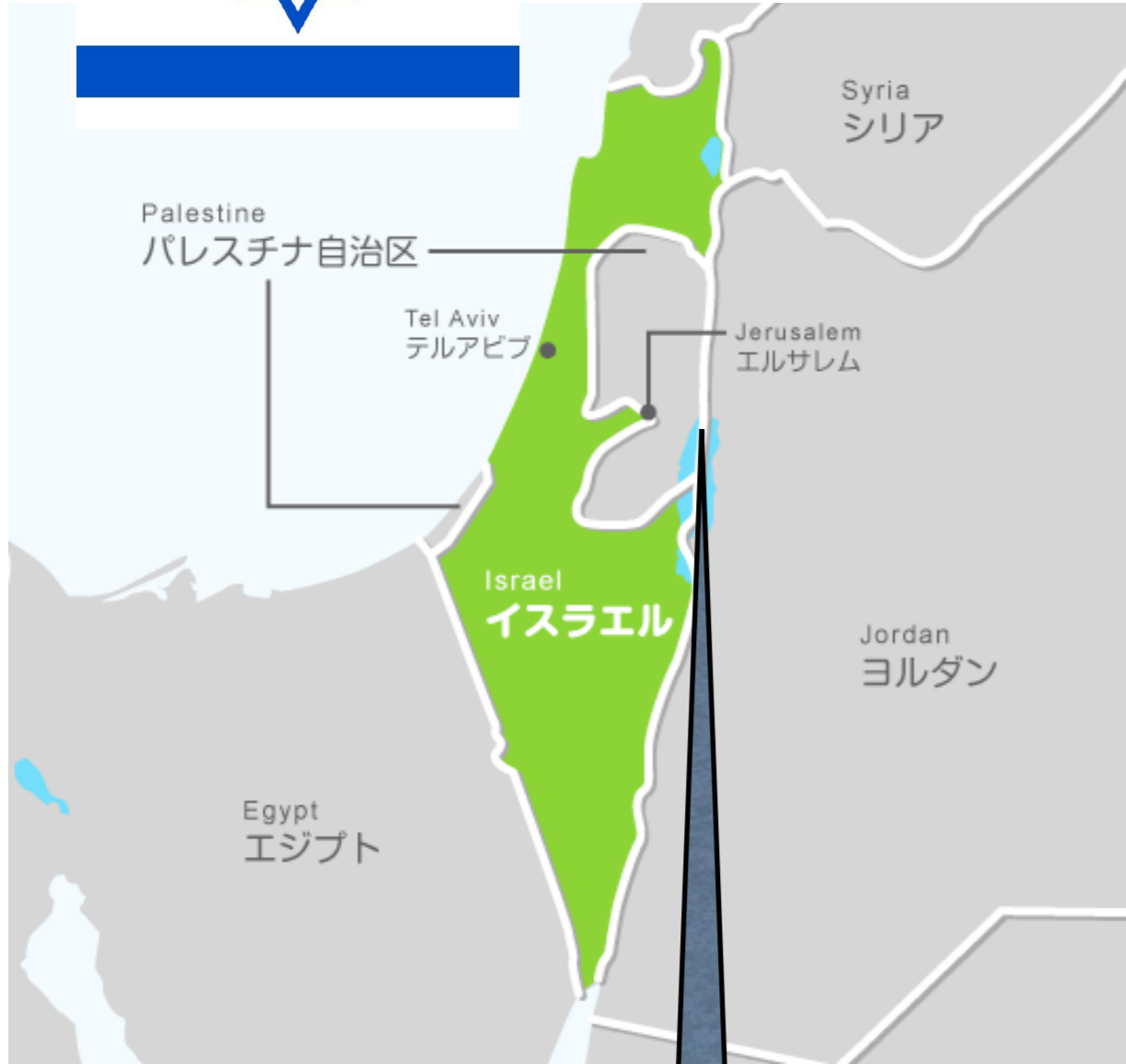
$$0.92\rho Shg = \rho Sdg$$

下向きの力 = 浮力

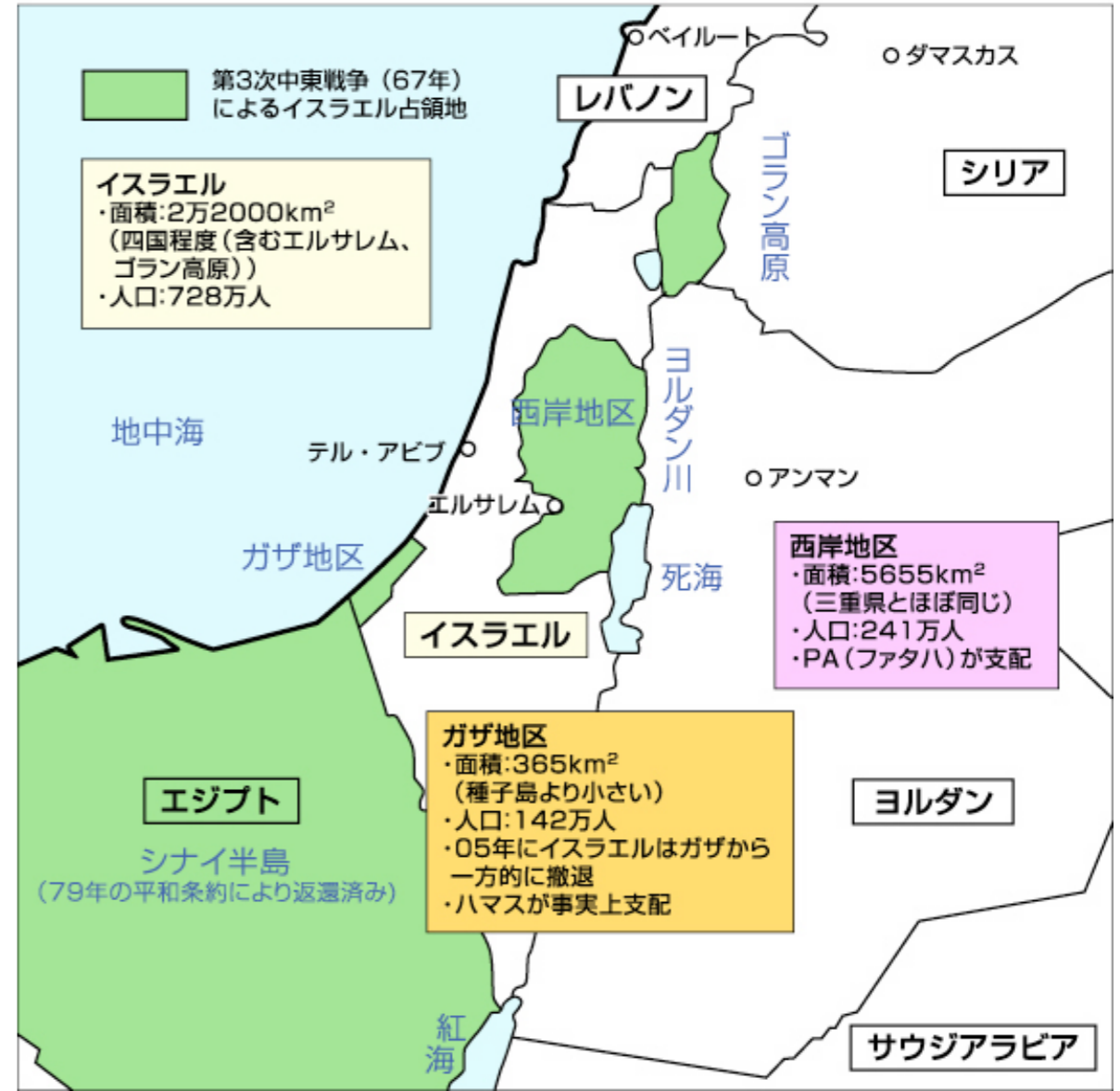
となるので、 $d = 0.92h$ となる。つまり、氷はわずか 8% だけ水面から顔を出す。「氷山の一角」という言葉がよく使われるが、氷山がみえてもその大部分はみえていないということだ。

卵を浮かせる 実験

新鮮な卵は水に沈む。沈んだ状態で水に塩を加えていくと、卵は浮き始める。理由はアルキメデスの原理から明らかだろう。ところで、浮かばせることで全重量はどうなるのだろうか。コップに水を入れて重量を量る。卵も重量を量る。さて、卵をコップ内に浮かばせると、全重量は？



中東和平関連地図



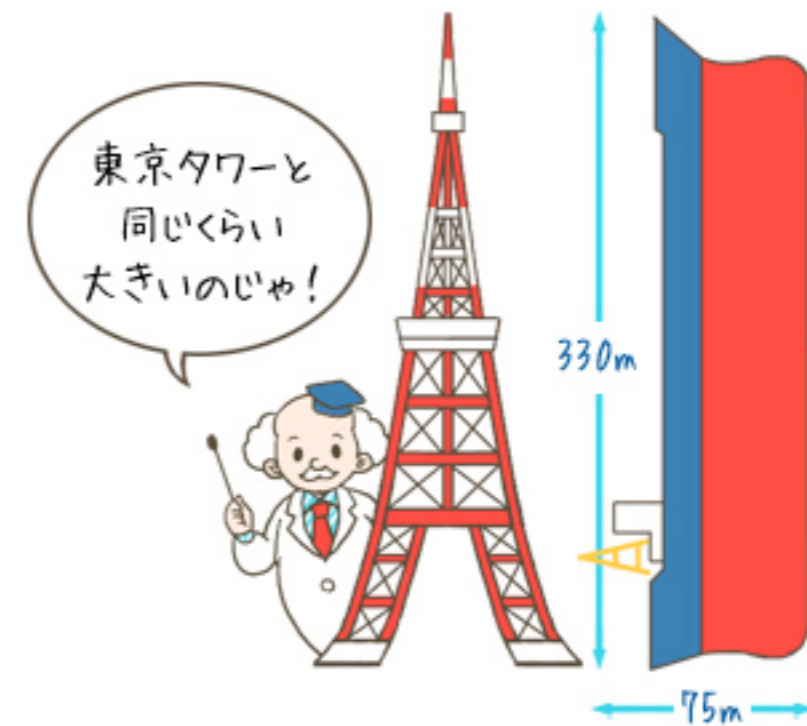
死海
標高 -427m
塩分濃度 30%



船はなぜ浮くか



新潟県 財団法人黒船館蔵



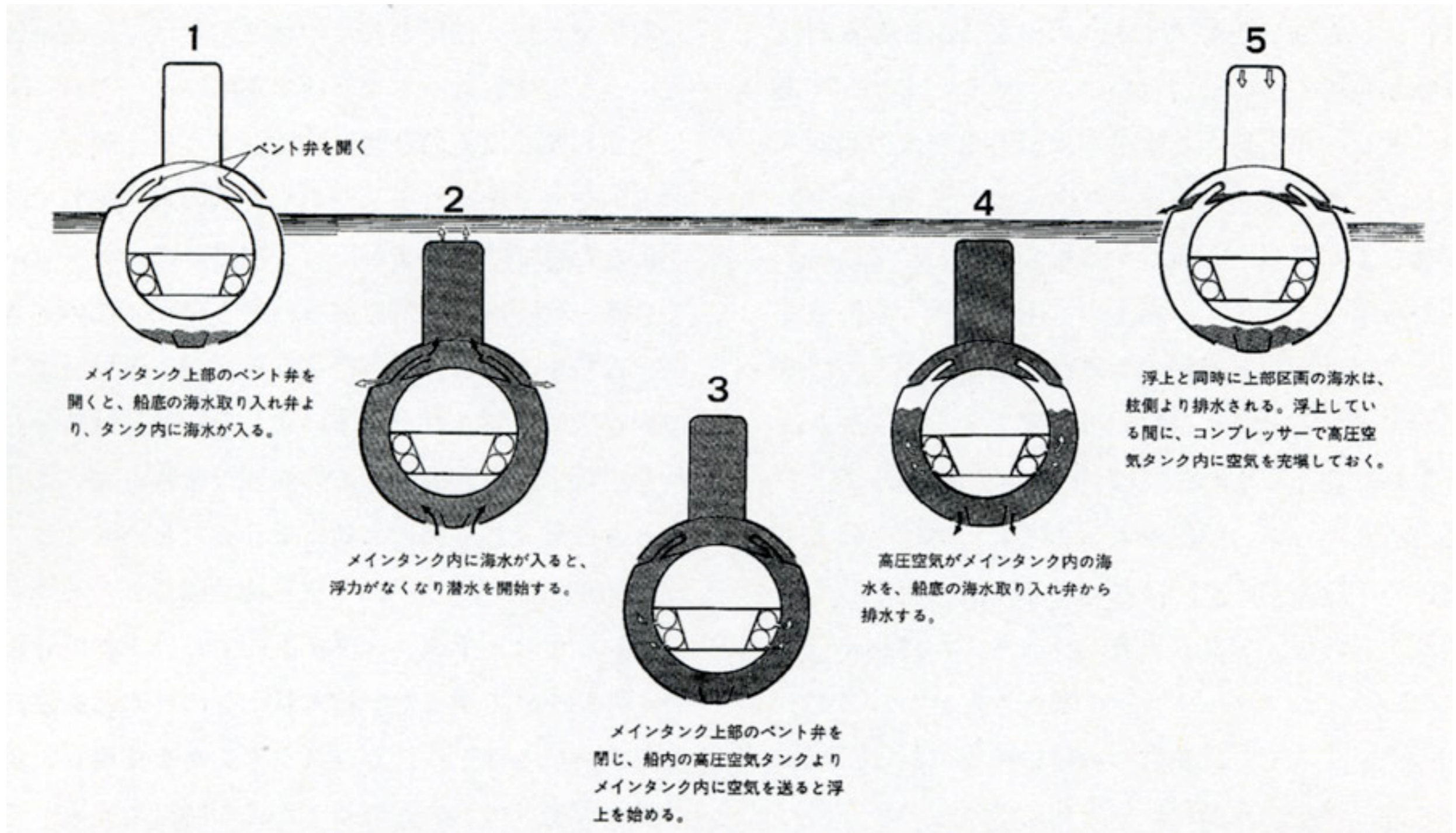
(6) 石油を降ろすと、突然ノッポになる？



タンカーの中には、たくさんの石油を入れることができますが、石油を積んだ時と降ろす時では9メートルも違います。日本から産油国へ行く時には、バラストタンクに海水を入れてバランスをとりながら走っています。

http://oil-info.ieej.or.jp/whats_sekiyu/1-8.html

潜水艦はなぜ潜水と浮上ができるのか

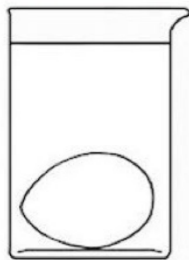


実験 10 卵を浮かせる

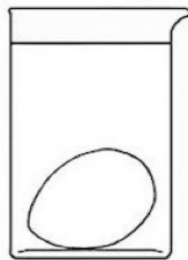
新鮮な卵は水に沈む。沈んだ状態で水に塩を加えていくと、卵は浮き始める。理由はアルキメデスの原理から明らかだろう。ところで、浮かばせることで全重量はどうなるのだろうか。コップに水を入れて重量を量る。卵も重量を量る。さて、卵をコップ内に浮かばせると、全重量はどうなるだろうか？

TESTING EGG FRESHNESS

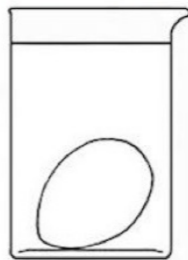
If it floats, toss it!



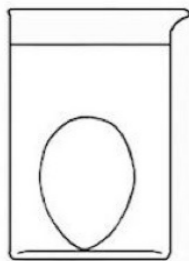
1-3 days



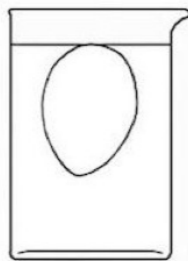
4-6 days



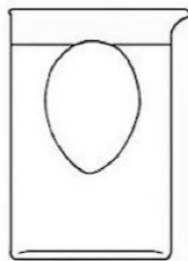
7-9 days



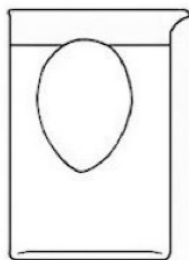
10-12 days



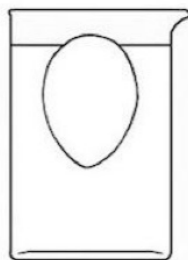
13-15 days



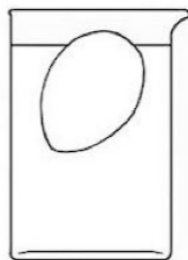
16-18 days



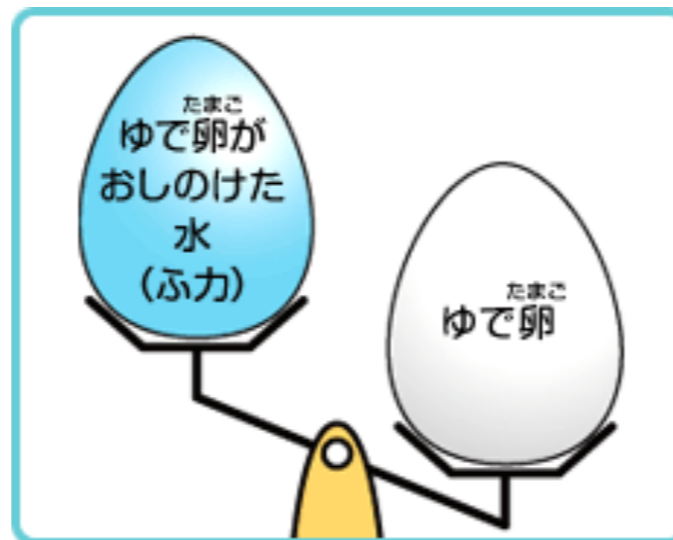
19-21 days



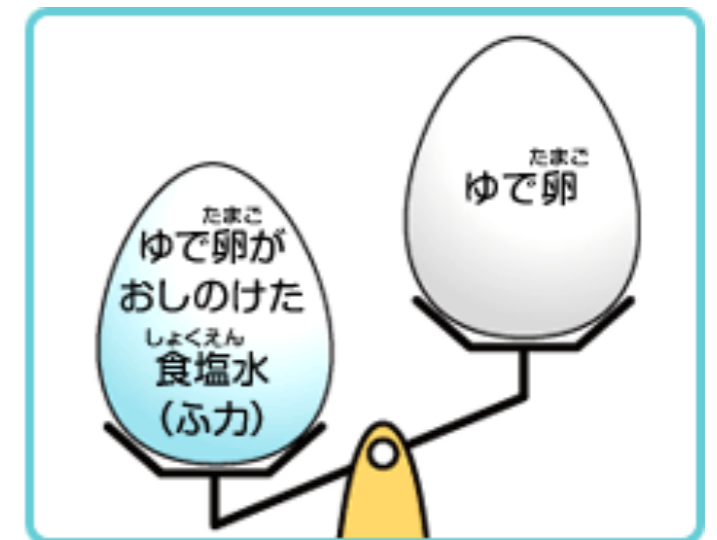
22-24 days



25-26 days



ゆで卵の重さよりもふ力が小さいので
しずむ。



ゆで卵の重さよりもふ力が大きいので
うかぶ。

コラム 16 ピッチドロップ実験

ギネスブックに「最も長期に渡るラボ実験」として認定されているのが、アスファルトの粘性を計測しているオーストラリア・クィーンズランド大学のピッチドロップ実験である。実験の目的は、固体のように見えるアスファルトが実は超粘性液体（ピッチ，pitch）であることを学生に示すことで、1927年に開始された。ピッチを漏斗に注ぎ、落ち着くまで3年間待った後、漏斗の下を切り取り、ゆっくりと液が落ちるのを観察している。最初の1滴は10年後で、2000年11月28日には8滴目が落下した。9滴目は2014年と予想されていたが、2014年4月24日に、ビーカー交換の最中に誤って落ちてしまったという。10滴目は14年後と予想されている。

一方、アイルランド・ダブリン大学トリニティカレッジのピッチドロップ実験は、1944年10月に始まったが、最初の1滴の落下が2013年6月11日に観測され、69年かかった実験としてニュースになった。蜂蜜の200万倍の粘性だという。



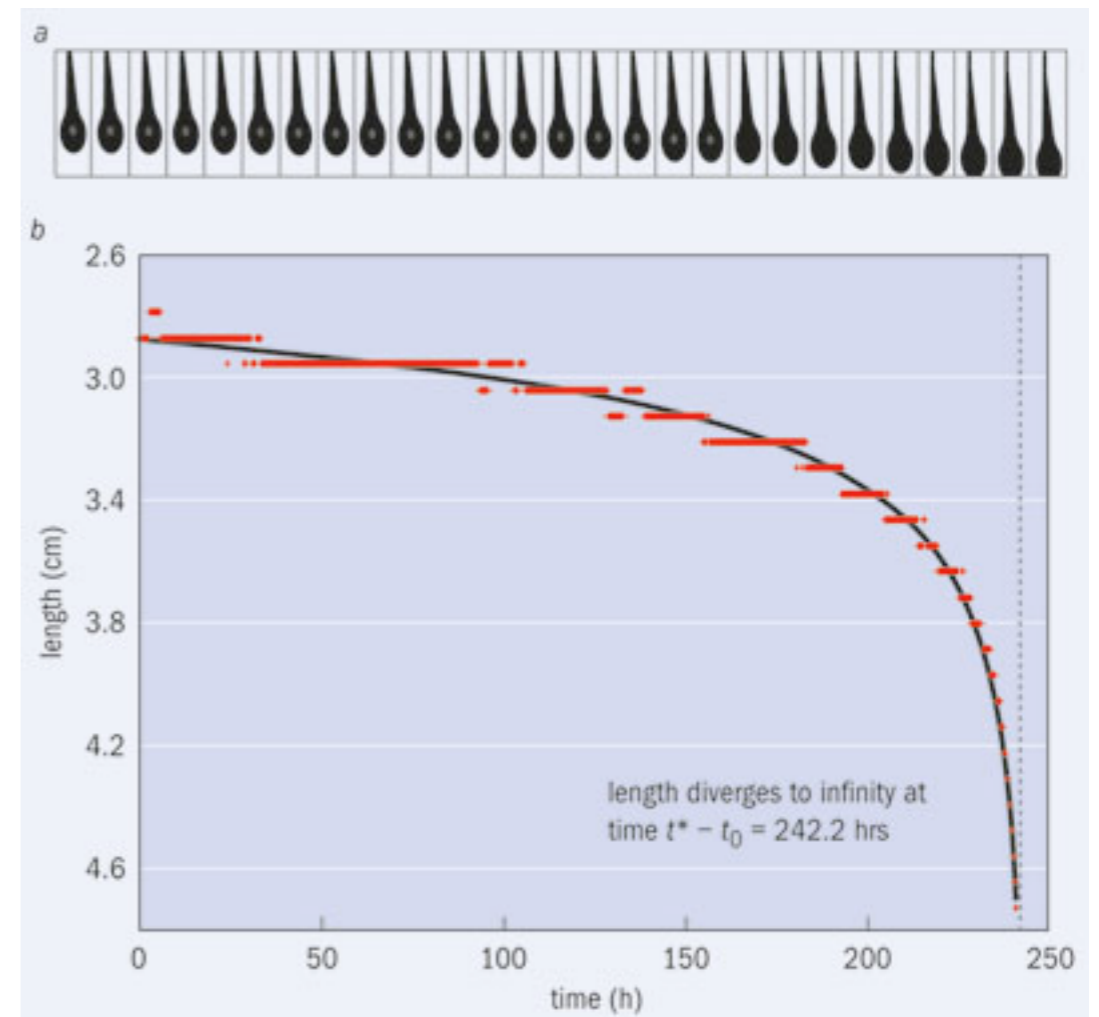
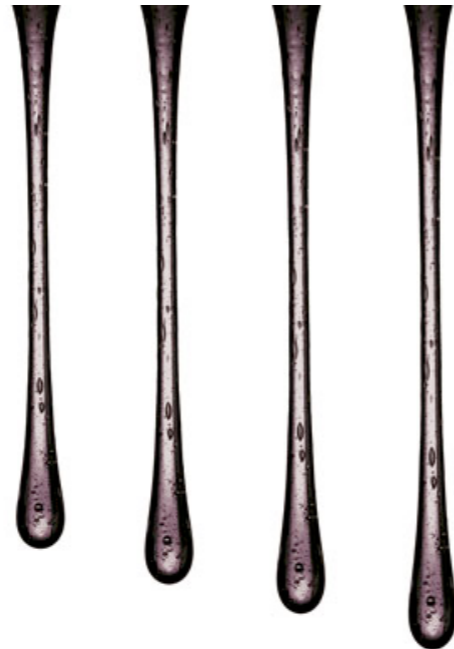
図 3.22 クィーンズランド大学のピッチドロップ実験

69年かかって、1滴落下

The drop heard round the world

2014/5/15

イギリスのTrinity College Dublinのグループが実験した、超粘性液体の落下の動画視聴が、200万回に達したという。（Physics World 2014年5月号）蜂蜜の200万倍の粘性をもつ液体が1滴落ちる瞬間は、1ヶ月前に予言されたように、2013年6月11日に生じた。1944年10月に始まった実験で69年かかった。



$$L = L_1 - L_0 \frac{t^*}{(t + t_0)} \ln \left[1 - \frac{(t + t_0)}{t^*} \right],$$

69年かかって、1滴落下

The drop heard round the world

2014/5/15

イギリスのTrinity College Dublinのグループが実験した、超粘性液体の落下の動画視聴が、200万回に達したという。（Physics World 2014年5月号）蜂蜜の200万倍の粘性をもつ液体が1滴落ちる瞬間は、1ヶ月前に予言されたように、2013年6月11日に生じた。1944年10月に始まった実験で69年かかった。



<http://www.youtube.com/watch?v=vZ5Vm4vABH4>

本日のミニツツペーパー記入項目

〔6-1〕（今日の講義から）

赤道をはさんで北側と南側で洗面台の水が流れ出る回転が違う理由を説明せよ。

〔6-2〕（次回向けのクイズ）

塩水に卵を浮かばせた。全重量は増加？減少？同じ？ 理由も述べよ。

〔6-3〕（次回向けのクイズ）

川の流れて速いのは、A[表面/底]の方、あるいはB[岸に近い/真ん中]であり、川が右にカーブして流れるときにはC[右側/左側]が速い。

〔6-4〕 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）

Google Formから回答

<https://forms.gle/DcR2YCqPP2vNMkbD6>

手書きのものを写真にして添付するのもよい。

出席票を兼ねます。提出期限 1日(火)23:59

生活の中の物理学第6回



レポート課題締め切り本日22:59