

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第2回 2024/9/30

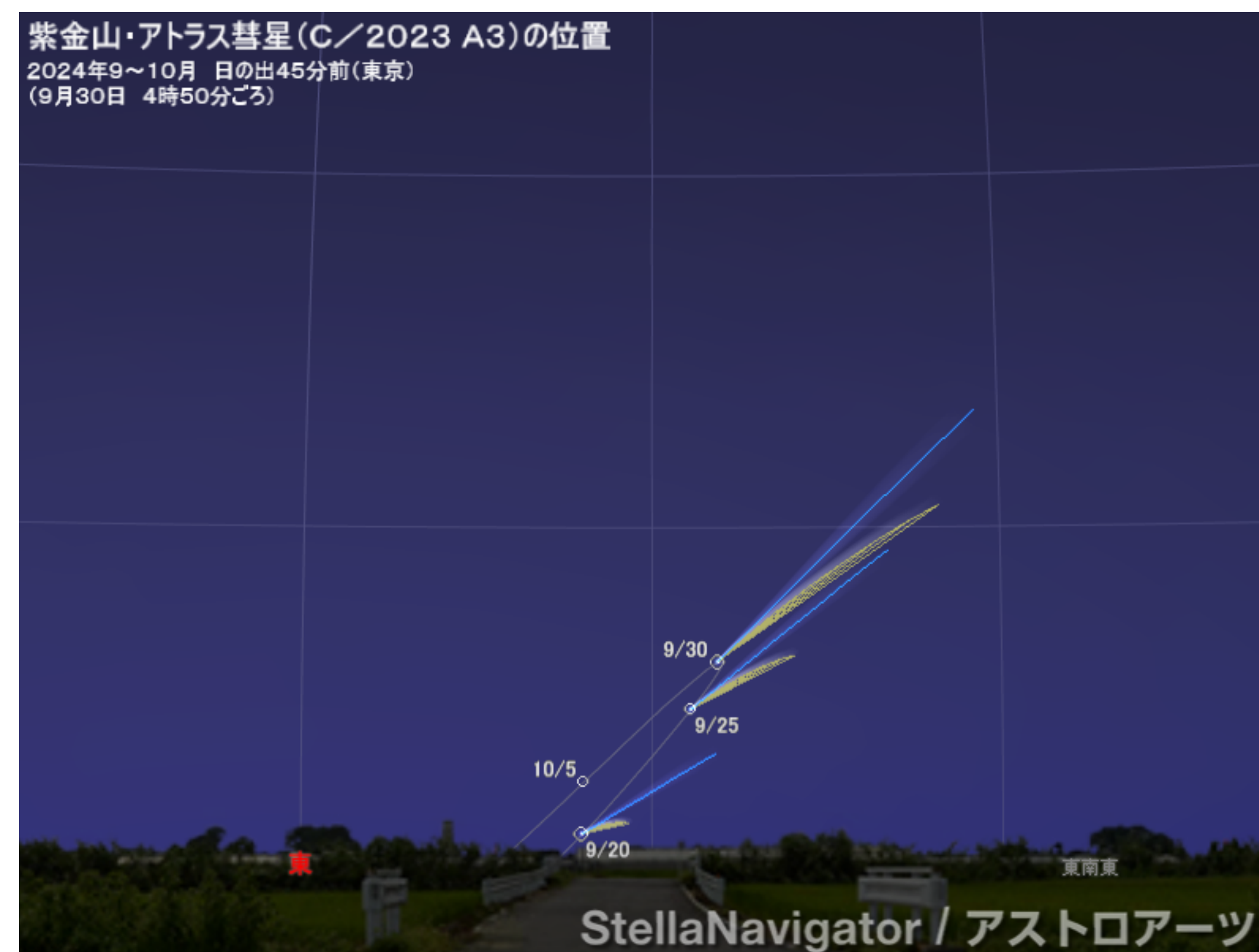
第2章 力学



真貝 寿明
Hisaaki Shinkai

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

2023年1月に中国・紫金山天文台と南アフリカのアトラス望遠鏡によって発見された非周期彗星である「紫金山・アトラス彗星 (C/2023 A3; Tsuchinshan-ATLAS)」が接近している。9月28日に太陽に最接近し、この数日前から10月初めごろまで明け方の東の低空に姿を現す。当初は1等級前後まで明るくなると予想されていたが、9月中旬までの観測を元にした予想では3等級前後になるとみられている。日の出45分前の高度が約5度以下と非常に低い。10月中旬は夕空に見えるようになる。



神戸新聞ホーム > 社会

紫金山・アトラス彗星、10月中旬が見頃 明石市立天文科学館の館長が撮影成功

2024/9/26 20:17



社会 明石



https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/13282_ph240900



<https://www.kobe-np.co.jp/news/society/202409/0018164680.shtml>

きぼうがよく見える日時
9月29日(日) 19:18頃から

① 記号の見方



この予報をシェア

きぼうがよく見える日時
10月1日(火) 19:18頃から

① 記号の見方



この予報をシェア

きぼうがよく見える日時
9月30日(月) 18:30頃から

① 記号の見方



この予報をシェア

きぼうがよく見える日時
10月2日(水) 18:30頃から

① 記号の見方



この予報をシェア

前回のミニッツペーパーから

(1-1) 「物理」という科目、高校で習いましたか？

習っていない	10
「物理基礎」まで	11
「物理」まで/習った	5

物理基礎を習いました。もう忘れかけています。

① 物理学は習っていませんが
地学を習いました。

(1-1) 物理基礎は習ったが、理系科目が
全部詰め込んだのでとても苦労しました。

(1-2) 上のように、とにかく苦手では
(分野によって(は)興味があるときもありました)

前回のミニッツペーパーから

(1-2) 「物理」に対して、どんなイメージを持っていますか？

むたむたに難しい計算を
させられるというイメージ

計算が多いイメージ

難しい計算が多いイメージ

テストで点がとりやすいイメージです。理解がしやすいです。

難しくても、でも生活の中で必要不可欠な科目。

数や計算が多くてきて、難しいイメージを持っています。

だいぶ苦しめられてましたね。

物理に対して、生活の中で特に役立つ考え方であるが、学ぶには少し難しいように感じている。

公式(コリシ)、問題には解法を(主として)暗記して取り組んで、面白みも
なかった。

「物理」は苦手な難しいイメージがありますが、一言で「物理」と言っても、
いろいろ命けられることにおどろきました。

物理とは何か

数学を使って自然を解明しようとする学問
より少数の法則で解明しようとする学問

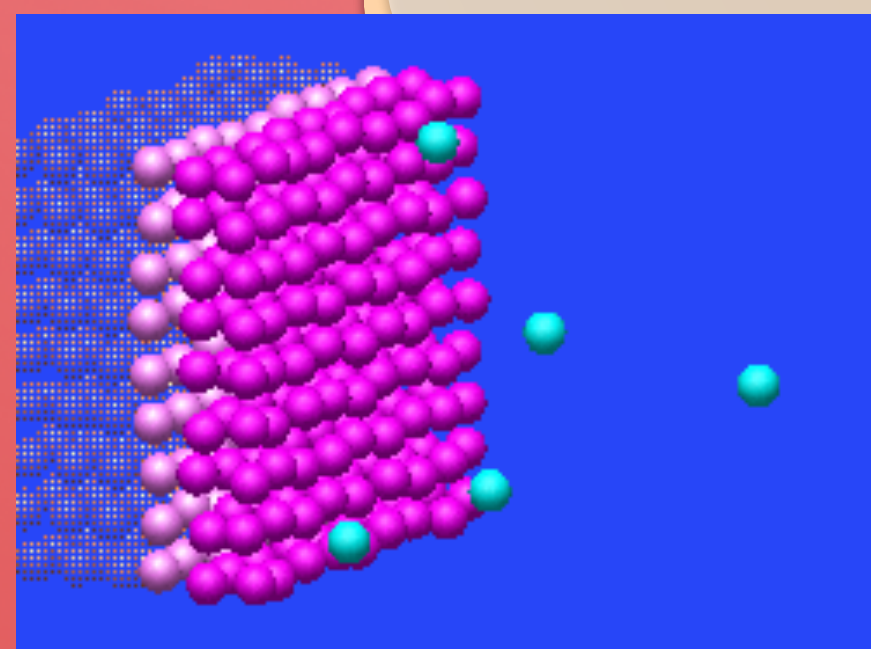


相対性理論

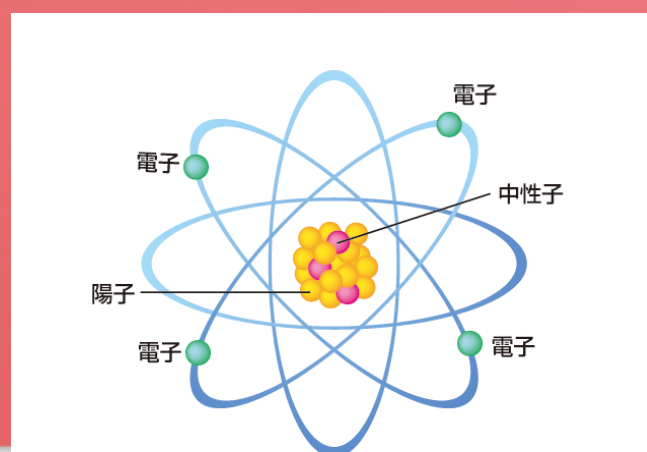


Newtonの運動方程式

エネルギー保存則,
運動量保存則, 角運動量保存則



量子論 (量子力学)



Sの科学 Yの科学

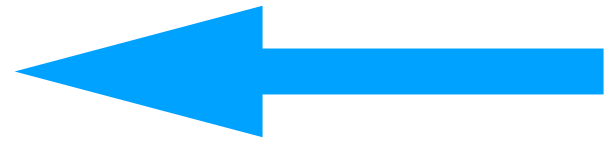
Sの科学

- physics **s** 物理
- mathematics **s** 数学
- statistics **s** 統計学
- genetics **s** 遺伝学

Yの科学

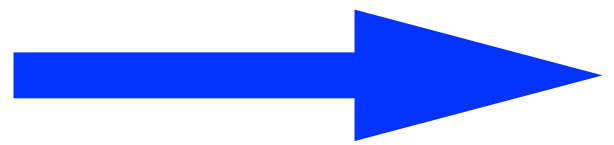
- astronomy **y** 天文学
- economy **y** 経済学
- biology **y** 生物学
- archaeology **y** 考古学
- anthropology **y** 人類学
- sociology **y** 社会学

体系化の学問
対象物の性質を理論で説明



発見の学問
対象物を分類し記載

相対性理論



ブラックホール
膨張宇宙
重力波

前回のミニッツペーパーから

(1-3) この講義に期待すること

苦手な物理が"少しでも好きになれたら、興味を持てるようになる"といいと思います。(星には少し興味があります★)

私は1人暮らしで、Newsを見ることが少ないので、物理に関するNewsも知ることを楽しみにしています。

高校物理とはちがって、素朴な疑問にフォーカスした、毎日少し豊かにできるような講義を期待しています。

今まで考えたことのない生活の中の不思議を知りたいです。

計算だけでなく、3次元での単位の知識や生きているうえで知ることが得になるような面白いことを求めたいです。この講義もそんなことを知りたくて。

日常で起こる様々な出来事が起こっている理由を知りたい。(虹等)

日常生活の中で不思議に思ったことを解決してほしい。(虹がなぜできるかなど)

この講義を通して物理学のおもしろさを体感できるようになりたい。

身近に起こる自然現象を論理的に理解できるようにしてほしいです。娘、子の「なぜ」に答えられたいと思います。

「なぜ」生活の中の疑問の解決が「できると書いてほしい」です。日常生活で発見した科学をたくさん賞文で考えてほしいです。

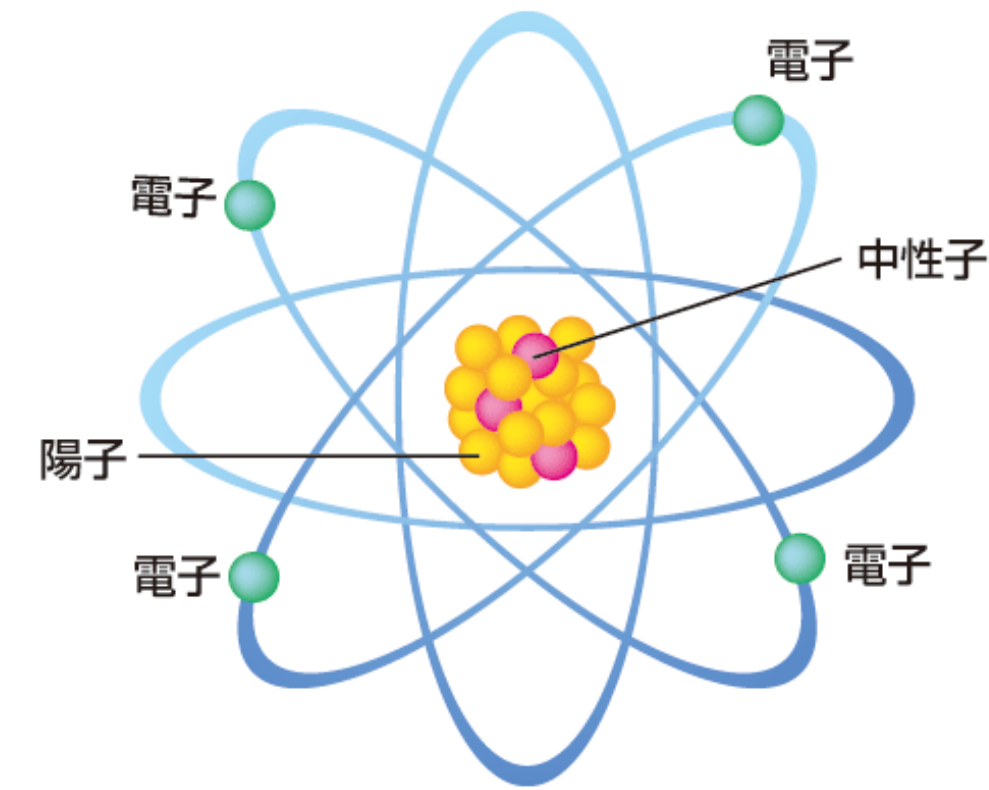
ライブにあたりようか学へのネットコースターは役に立つと怖いという内容が集まっています。

前回のミニッツペーパーから

(1-3) この講義に期待すること

原子の内部構造について

いは疑問に思ふことは本当に
時間には存在しているのかです。



台風がどのように発生し、消滅し、進路がどのように予測されるのか、誰が
どのように事前をつけているか知りたいです。

温暖前線(hot front)・寒冷前線(cold front)

コラム 21 温暖前線・寒冷前線

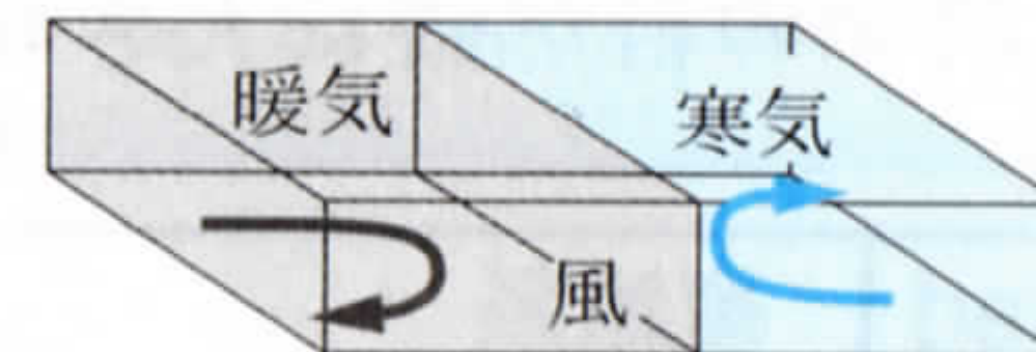
天気図は、各地の気象台が測定した気圧、風向、風力の情報から、大気の等圧線を描くことで得られている。天気図に登場する前線について説明しよう。

暖かい空気（暖気）と冷たい空気（寒気）が混ざっている場所で天気が急変する場所が前線である。

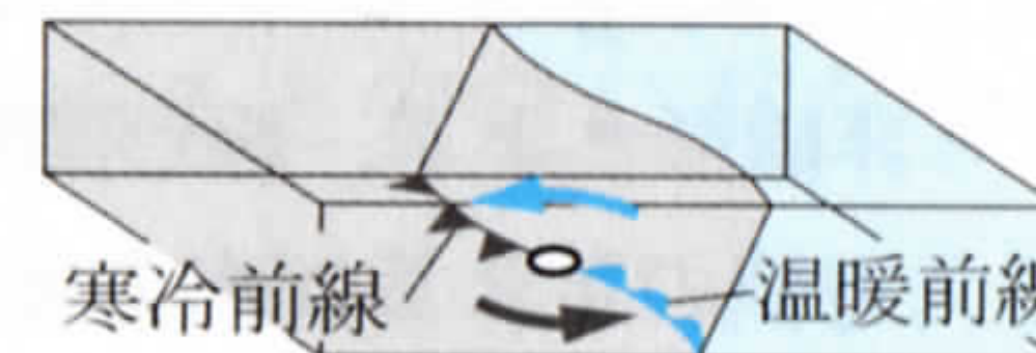
まず、暖気と寒気が接したとしよう。暖気のほうが密度が薄いので寒気の上に重なりあうことになる。このように空気が動き始めると、コリオリ力（2.6.4 項）によって回転を始める。寒気も暖気も（北半球では）進行方向右側に力を受けて回転するため、接触面は反時計まわりに回転を始める（図 3.37(a)）。

地上では寒気が進んでくるところ（寒冷前線 (cold front)）と、暖気が寒気の上に乗り上げ始めるところ（温暖前線 (warm front)）が生じる。どちらの前線も反時計まわりに動く（図 3.37(b)）。

寒冷前線の上空では暖気が急上昇して積乱雲が生じる。積乱雲は短時間に強い雨を降らせるので、寒冷前線の通過後は天気が悪くなる。温暖前線がやってくる前には、暖気は緩やかに寒気の上に昇り乱層雲をつくる。この雲は穏やかな雨を

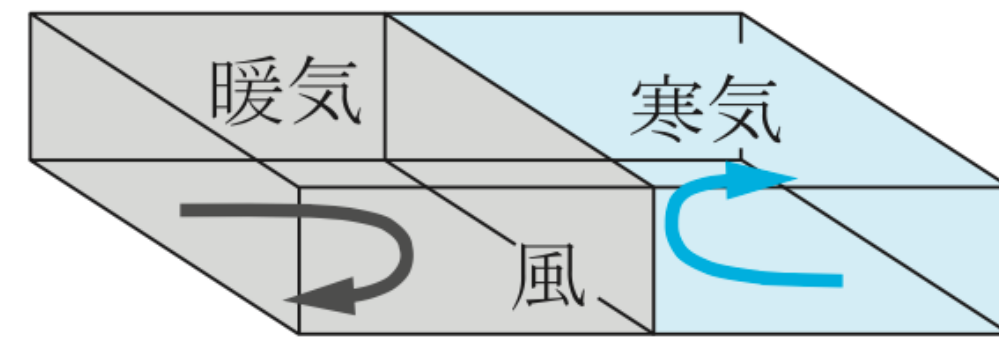


(a) 暖気と寒気

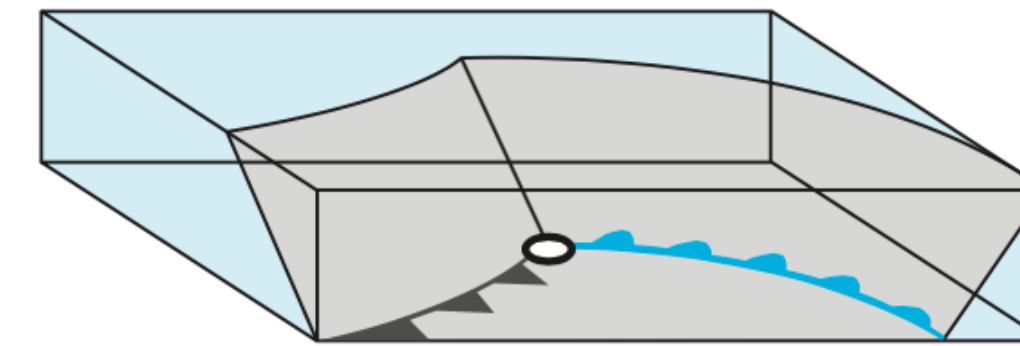


(b) 温暖前線と寒冷前線の発生

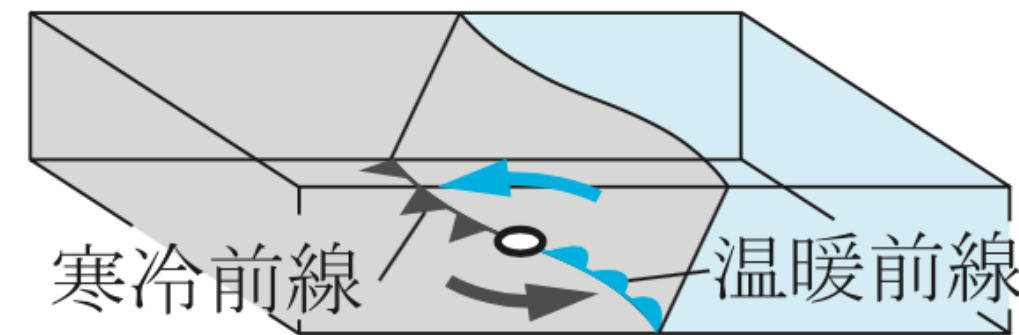
温暖前線(hot front)・寒冷前線(cold front)



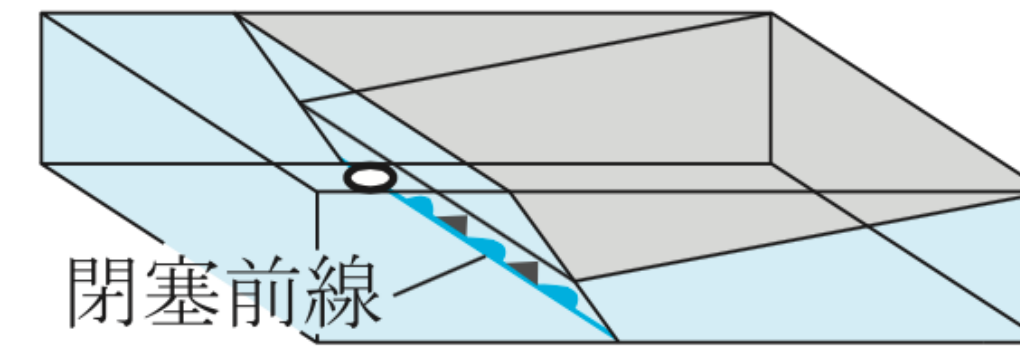
(a) 暖气と寒气



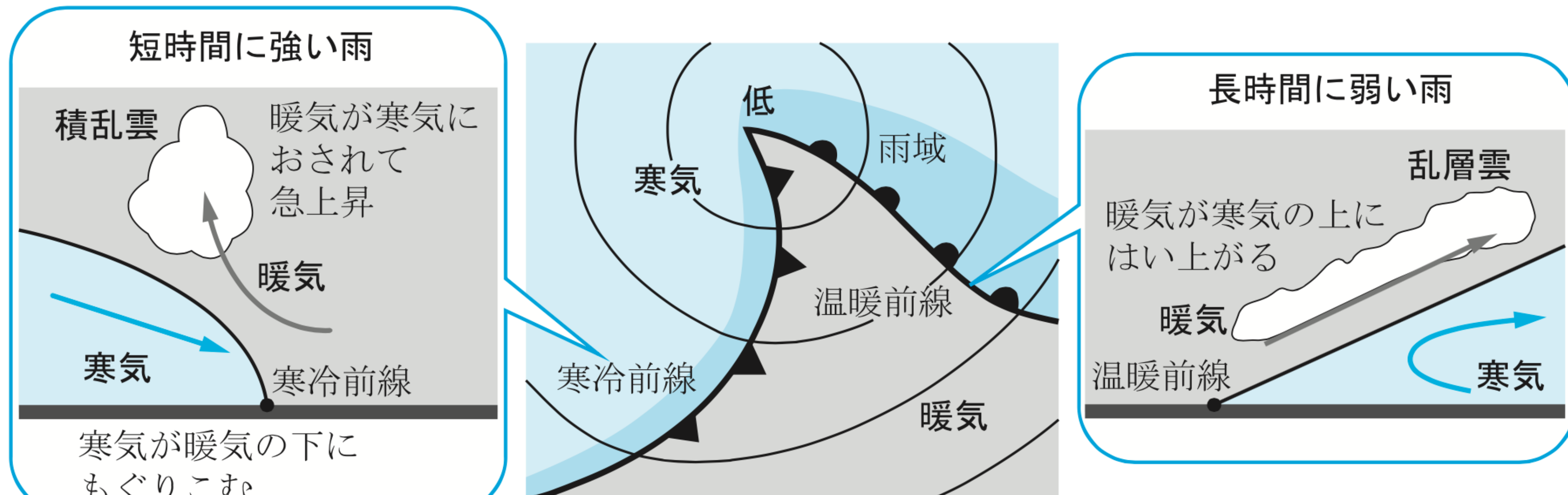
(c) 寒冷前線が近づく



(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



前回のミニッツペーパーから

(1-3) この講義に期待すること

身近にある当たり前すぎて分からないもののしくみを知りたい。例えば、電子レンジのしくみ、物質内での熱の伝わり方など。
今疑問に思っているのは、レンジで食品を温めるとき、ラップを一部はがしてお皿に密着させると皿のその部分だけが熱くなりすぎないのはなぜか、ということです。



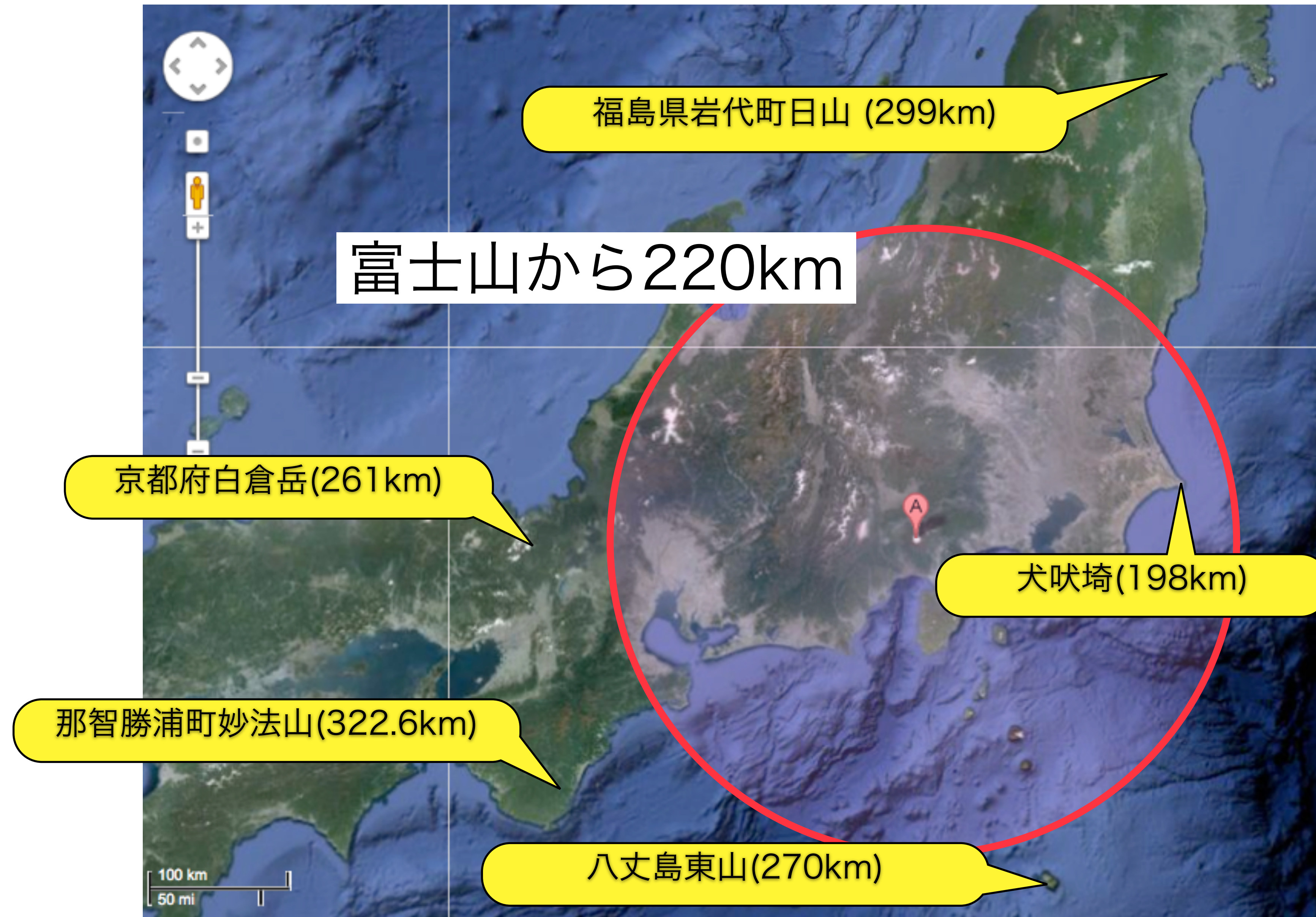
押しているが、
石は動かないので
仕事をしたことにはならない ← このことがいまだによくわかっていない

仕事 (Work) = 力 (Force) X 動いた距離

$$W = Fx$$

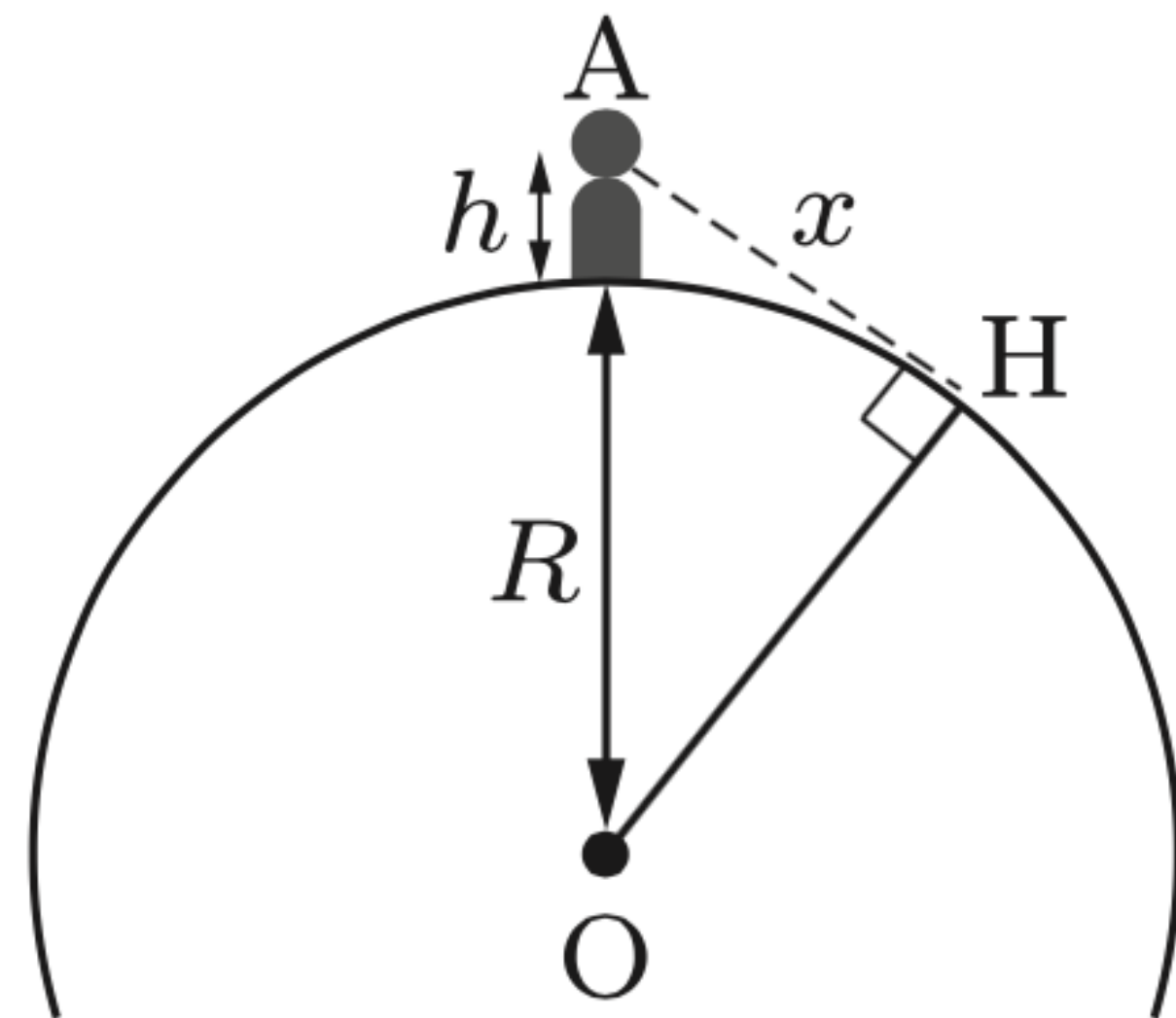
ネットボールの中身を一番早く出し分けられる振り方が知りたいです。

富士山から水平線までの距離を計算すると220km. しかし、それより遠くから富士山を見ることが出来る理由は何故か.

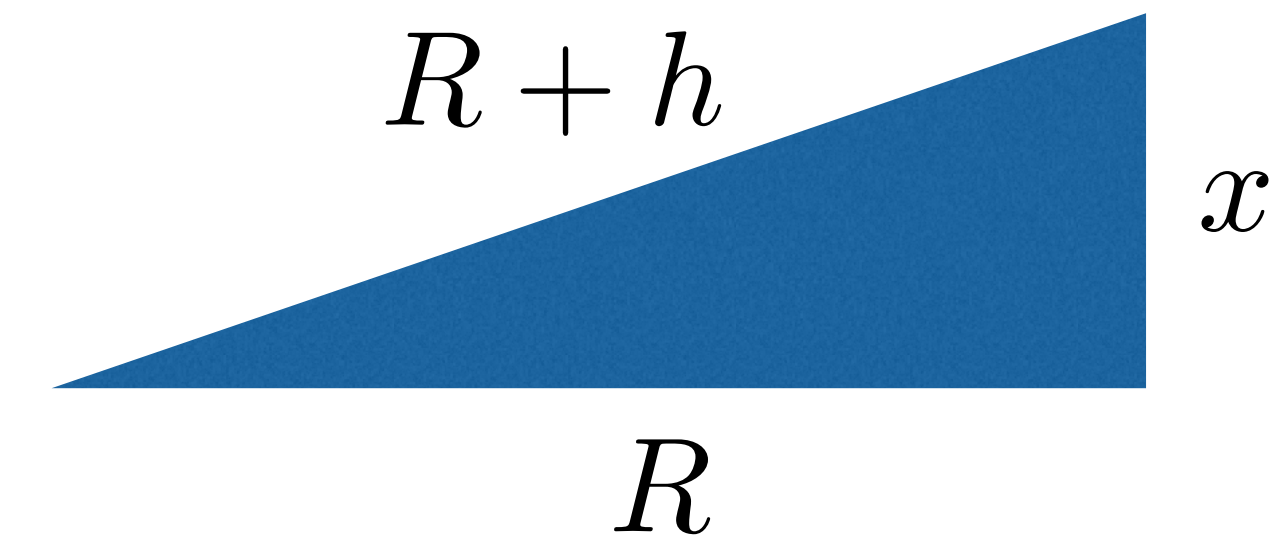


地平線までの距離はどれくらい？

- 目線が、高さ $h=1.5$ [m] のとき、地平線までの距離 x は？



地平線までの距離を x とする。直角三角形 OAH を考える。地球の半径 R は、 $R = 6380$ km.



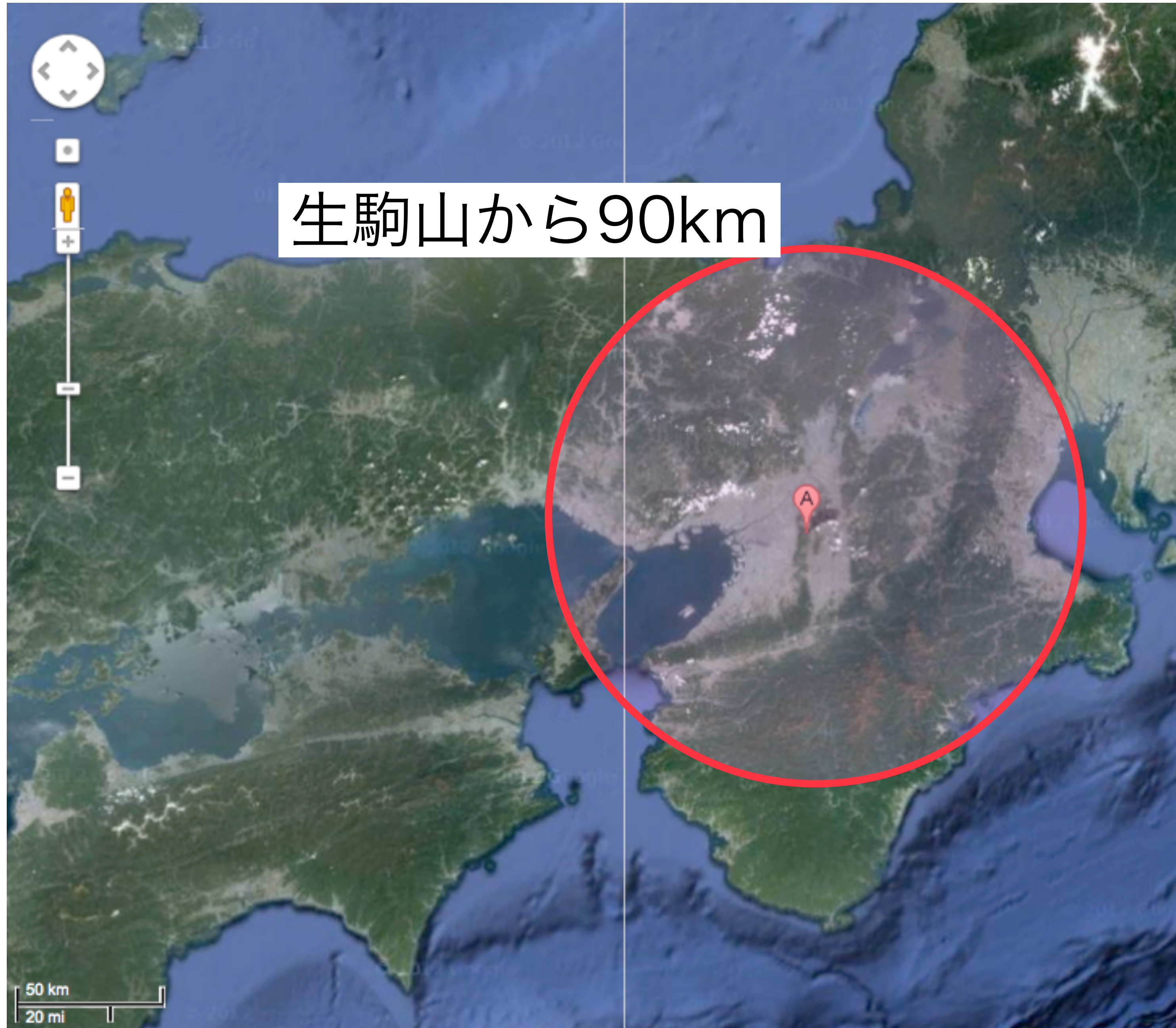
$$(R + h)^2 = R^2 + x^2$$

- $h=1.5$ m のとき、 $x=4$ km
- $h=300$ m のとき、 $x=60$ km

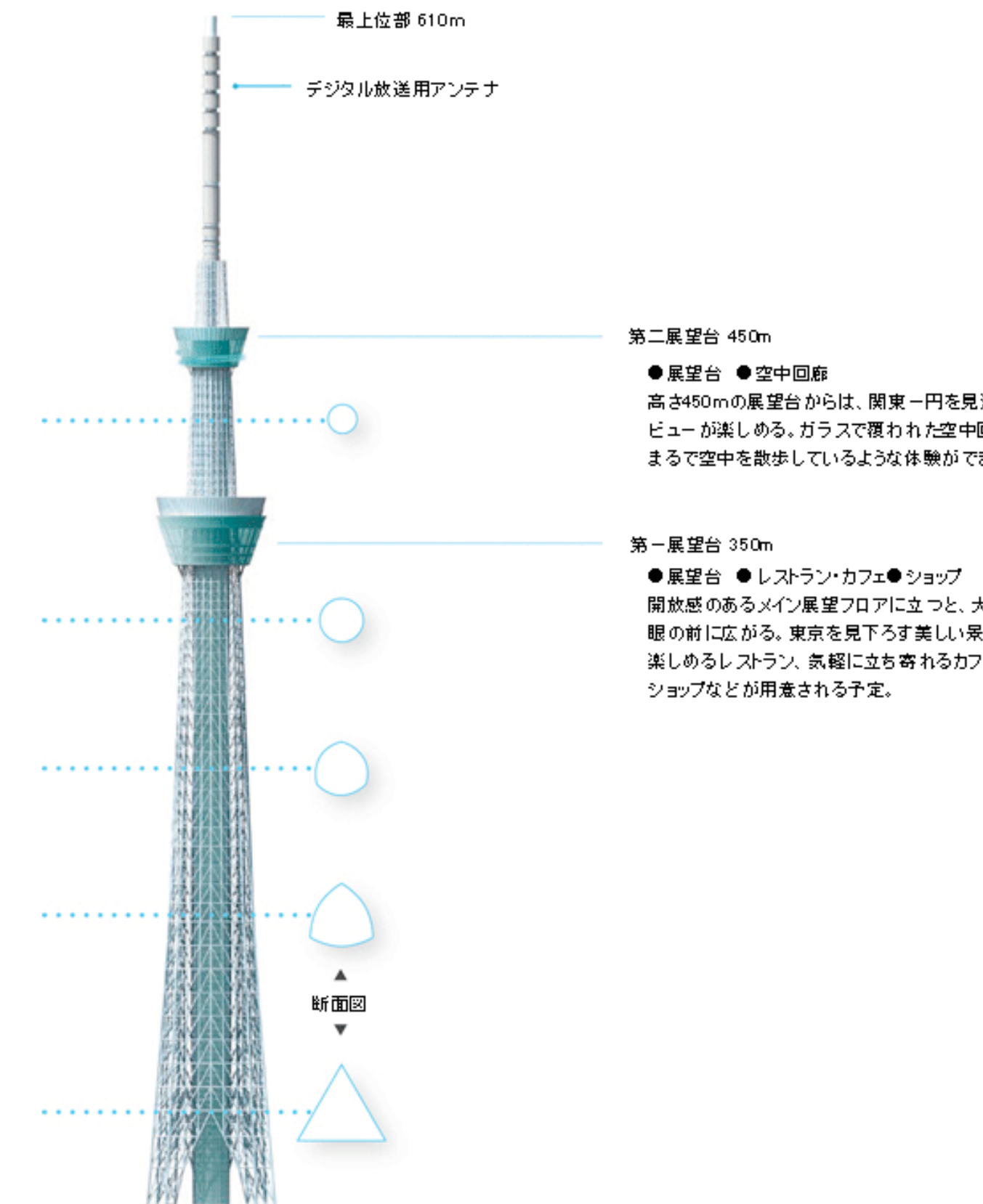
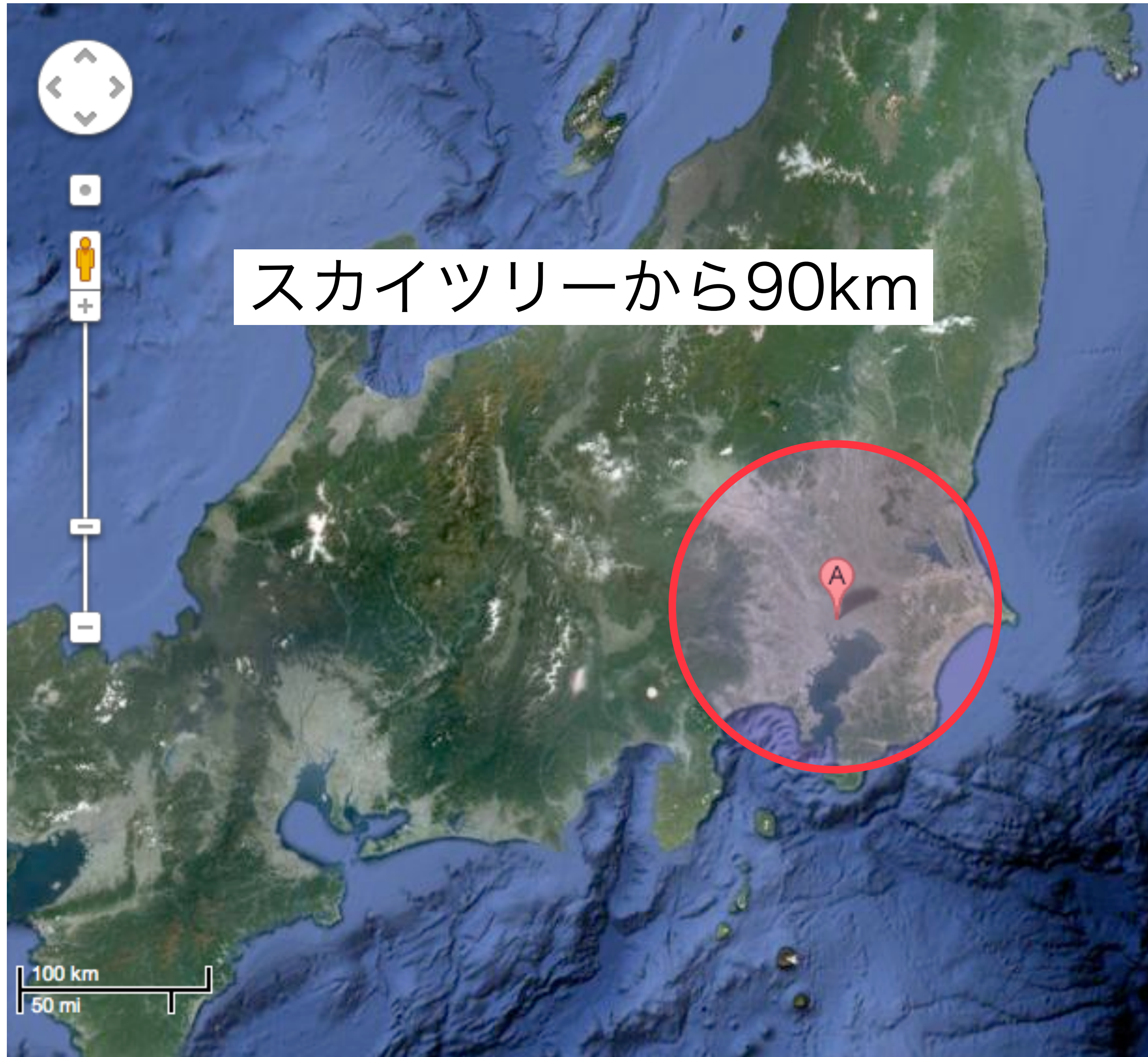
ハルカスから60km



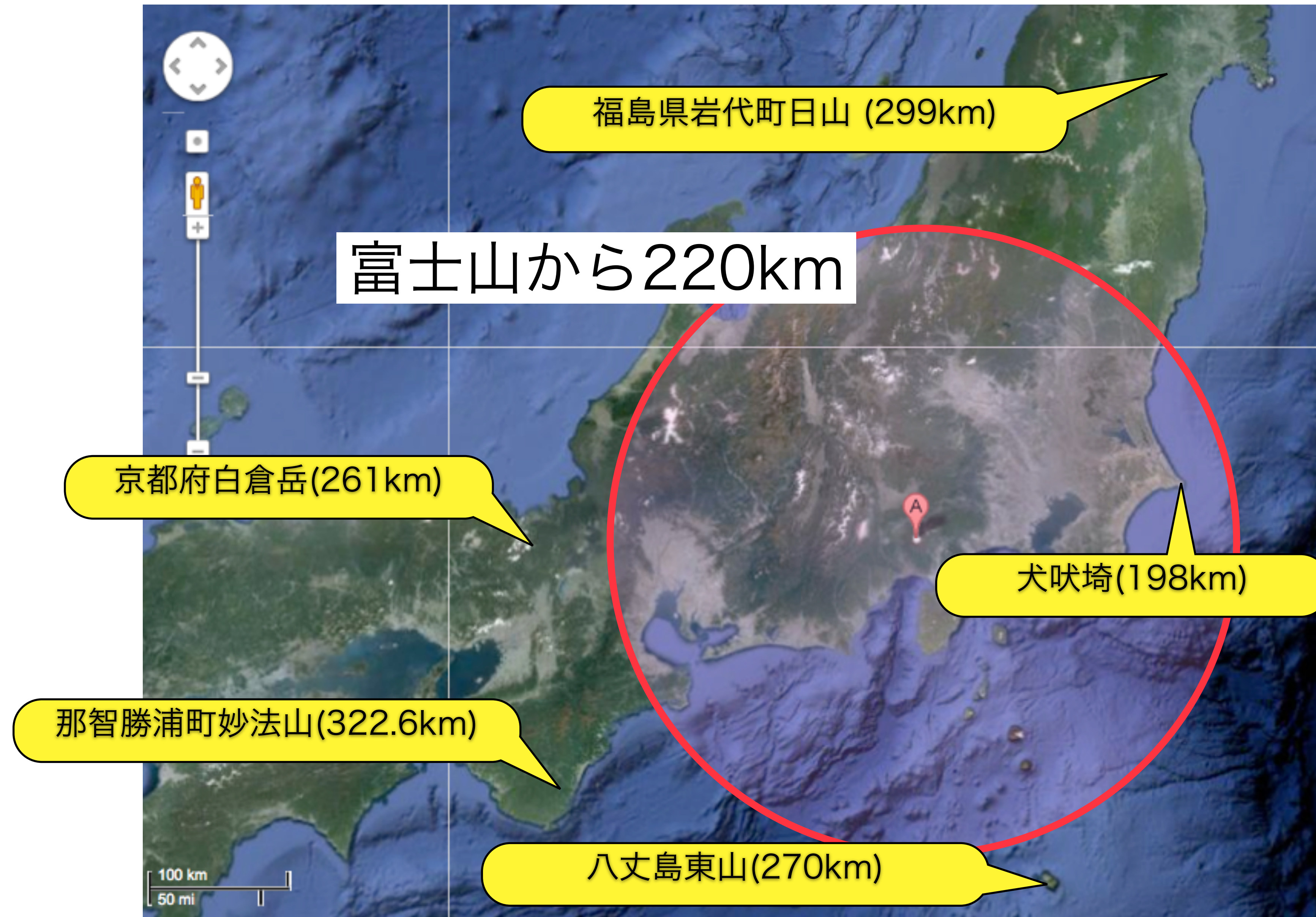
1. 物理を学び始める方へ 》 1.4 距離を測る



1. 物理を学び始める方へ 》 1.4 距離を測る



富士山から水平線までの距離を計算すると220km. しかし、それより遠くから富士山を見ることが出来る理由は何故か.



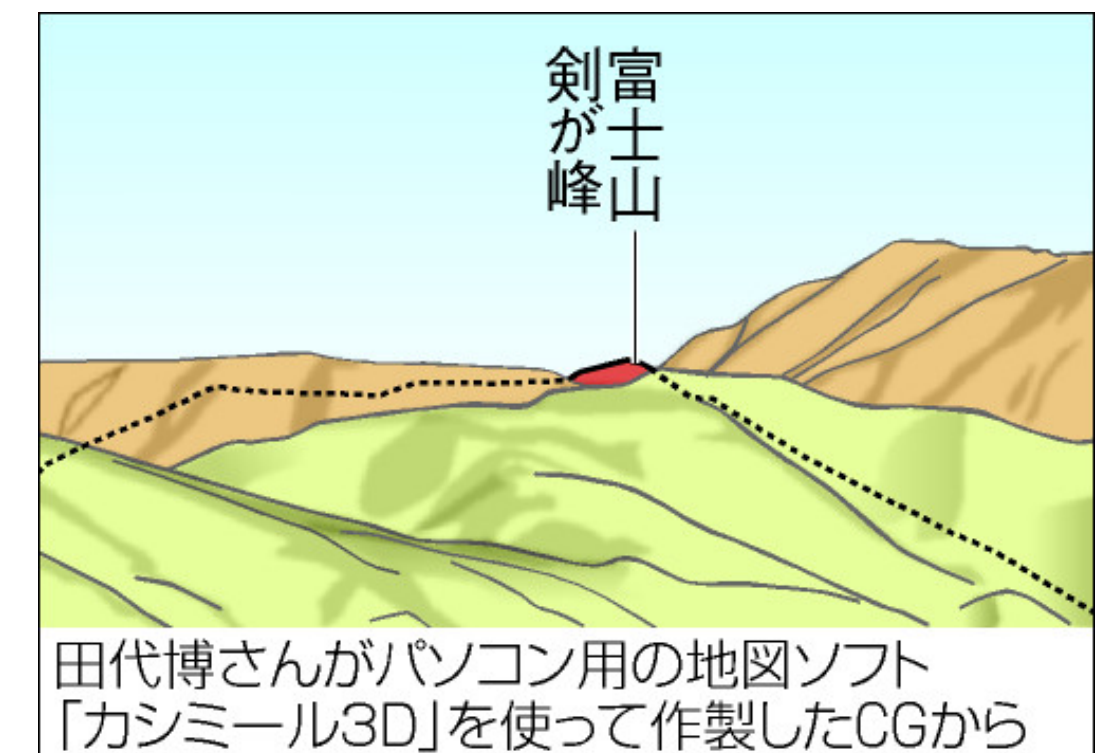
Mt. Fuji from Kyoto photographed

【朝日新聞】富士山が見える西側の限界とされる京都府からの山頂の撮影に奈良県天理市の住職新林正真さん（45）が成功した。滋賀県境の標高915メートル付近の尾根で、富士山頂までの距離は約261キロ。「ちょうど木の隙間からピンポイントに見える場所があった」という。

21日午前5時20分ごろ、滋賀県にある白倉岳の南側の尾根（京都市左京区）から500ミリの望遠レンズで撮影した。富士山研究で知られる田代博・明治大非常勤講師によると、この場所は長年、真西方向から富士山が撮影できる限界とされてきたが、木々が邪魔になるなど撮影困難な場所とされ、成功例の報告はなかったという。

田代さんは「わずかではあるが、確かに山頂の剣が峰が確認できる。画期的なことだ」と話す。

今回の撮影で、富士山は20都府県で撮影されたことになるという。北で遠いのは福島県の日山（富士山から299キロ）、東は千葉県犬吠埼（同198キロ）、南東は八丈島の三原山（同271キロ）で、南西の和歌山県の色川富士見峠（同322・9キロ）が最も遠いという。



なぜ地平線として計算された距離より遠方で富士山が観測できるのか？

心に染まる悠久の地・熊野
和歌山県 那智勝浦町

英語 (English) | 韓国語 (Korean) | 中国語 (Chinese)

サイト内検索

文字サイズ変更 標準 大 最大

サイトマップ TOPへ戻る

サイトの現在位置 トップ ⇒ 観光情報 ⇒ 見どころ ⇒ [富士山が見える最遠の地](#)

更新日付 2012年4月25日 更新

[印刷用ページを開く](#)

富士山が見える最遠の地

ここ那智勝浦町から、富士山が見えました。

以前は下記のとおり妙法山から富士山が撮影され、この地（妙法山富士見台 322.6 km）が最遠とされていましたが、2001年9月、妙法山より西に位置する色川小麦峠（色川富士見峠）から富士山が撮影されました。その距離322.9 km。
現在は、この色川小麦峠（色川富士見峠）が富士山の見える最遠の地とされています。



妙法山（標高749m）から楠本弘兒氏撮影



妙法山富士見台東屋から富士山

前回のミニッツペーパーから

富士山から水平線までの距離を計算すると220km. しかし, それより遠くから富士山を見ることが出来る理由は何故か.

220km以上離れていて

夜の星のように、天候などの条件がそろえば山頂が見えるときもある？

気候や周囲の建物による影響.

富士山のある場所の土地自体が低くおいてるから、他の場所からでも見えるようになってる。

富士山が他の建物より高いから。

何リえば、よく身長が大きい人が小さい人を採るときに、小さくて採せないときがあるが、逆に小さい人が大きい人を採るのは簡単なのと同様に、富士山より小さな山からは富士山を見ることが出来るのだと考えた。
高低差が関係しているのではないか。

前回のミニッツペーパーから

富士山から水平線までの距離を計算すると220km. しかし, それより遠くから富士山を見ることが出来る理由は何故か.

遠くから見えるその場所の標高が高い. 高さ? すぎるものがないから.

富士山が見えている場所の土地が高い.

観測地点の標高が高い → 見出しが良く, すぎるものがないため?

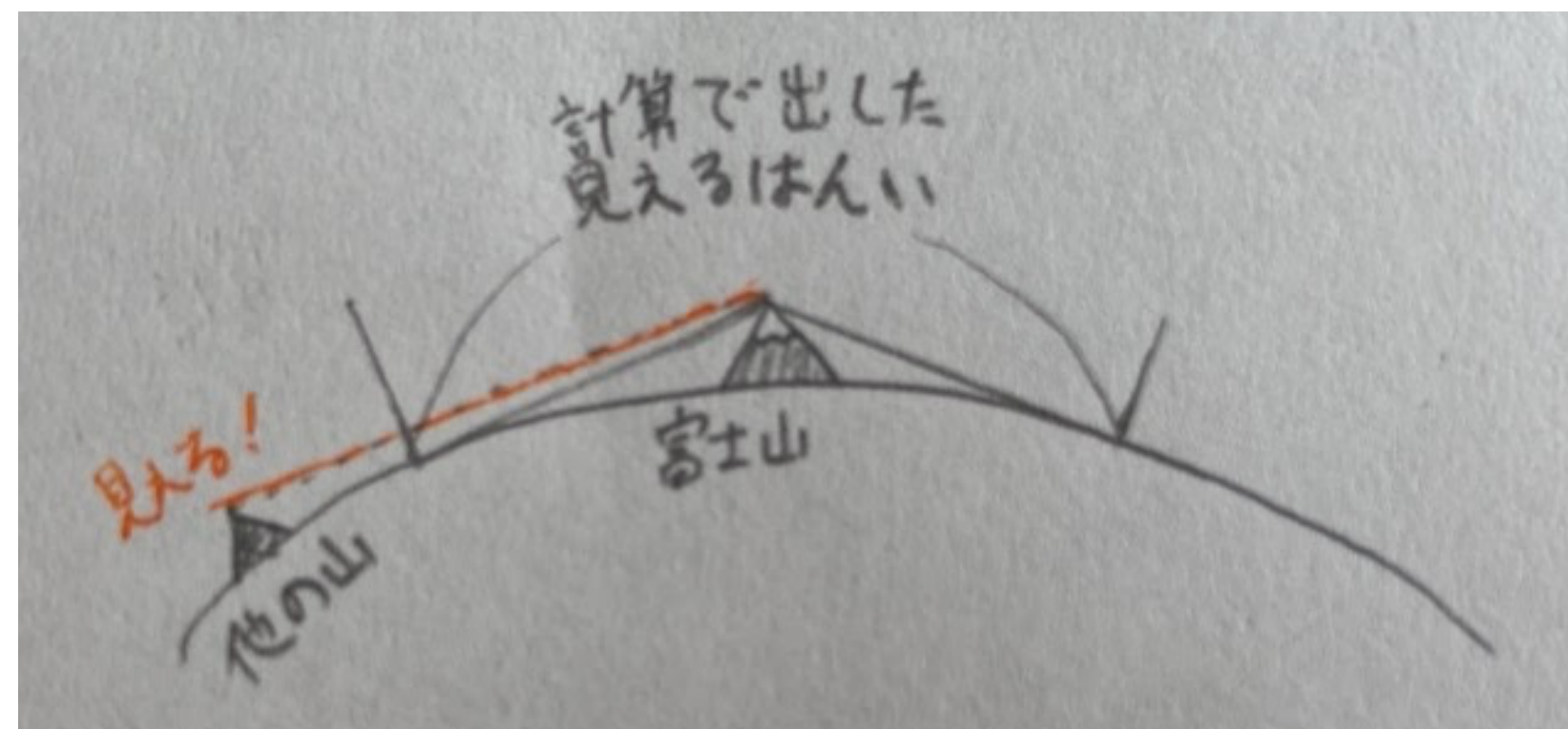
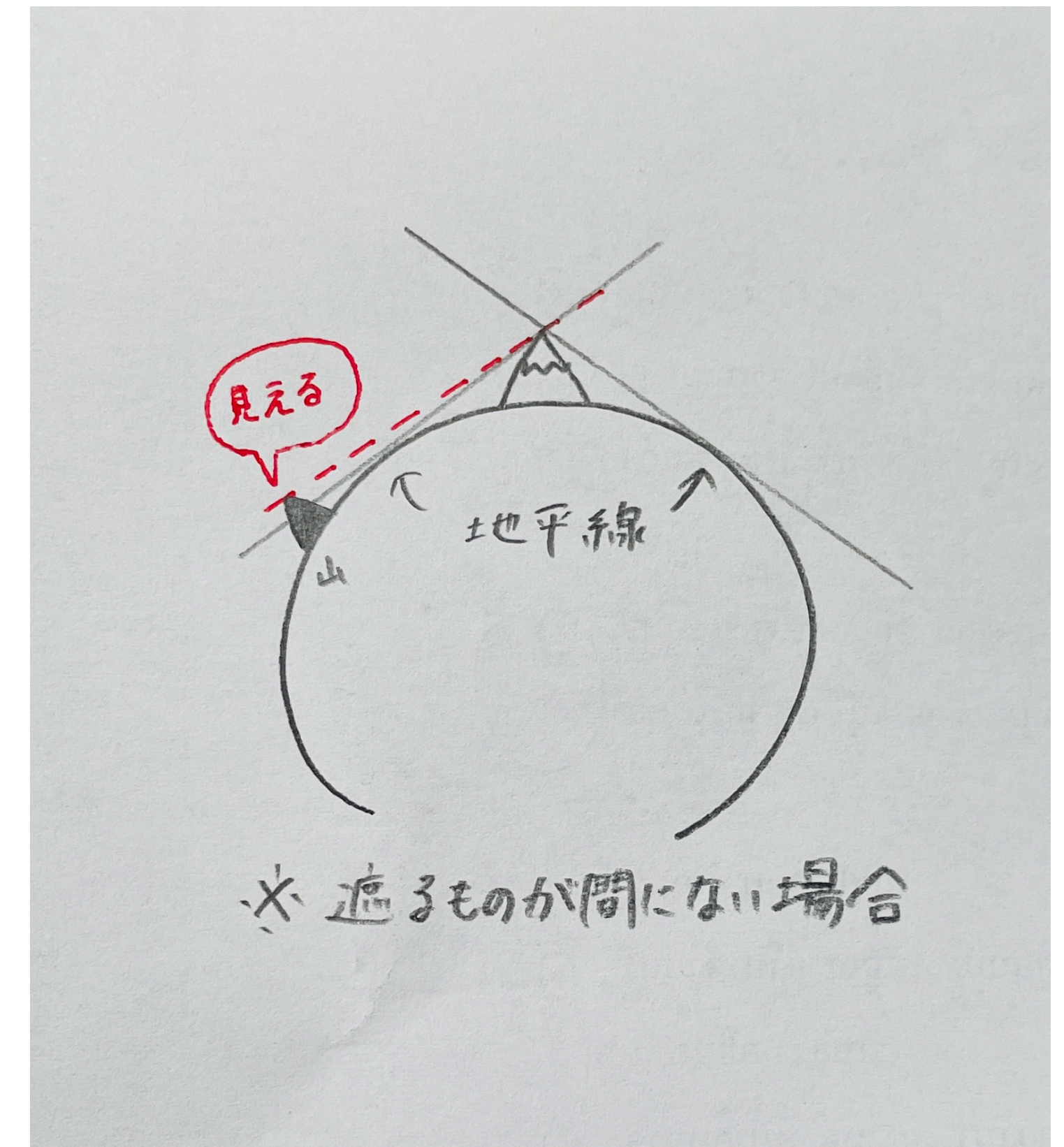
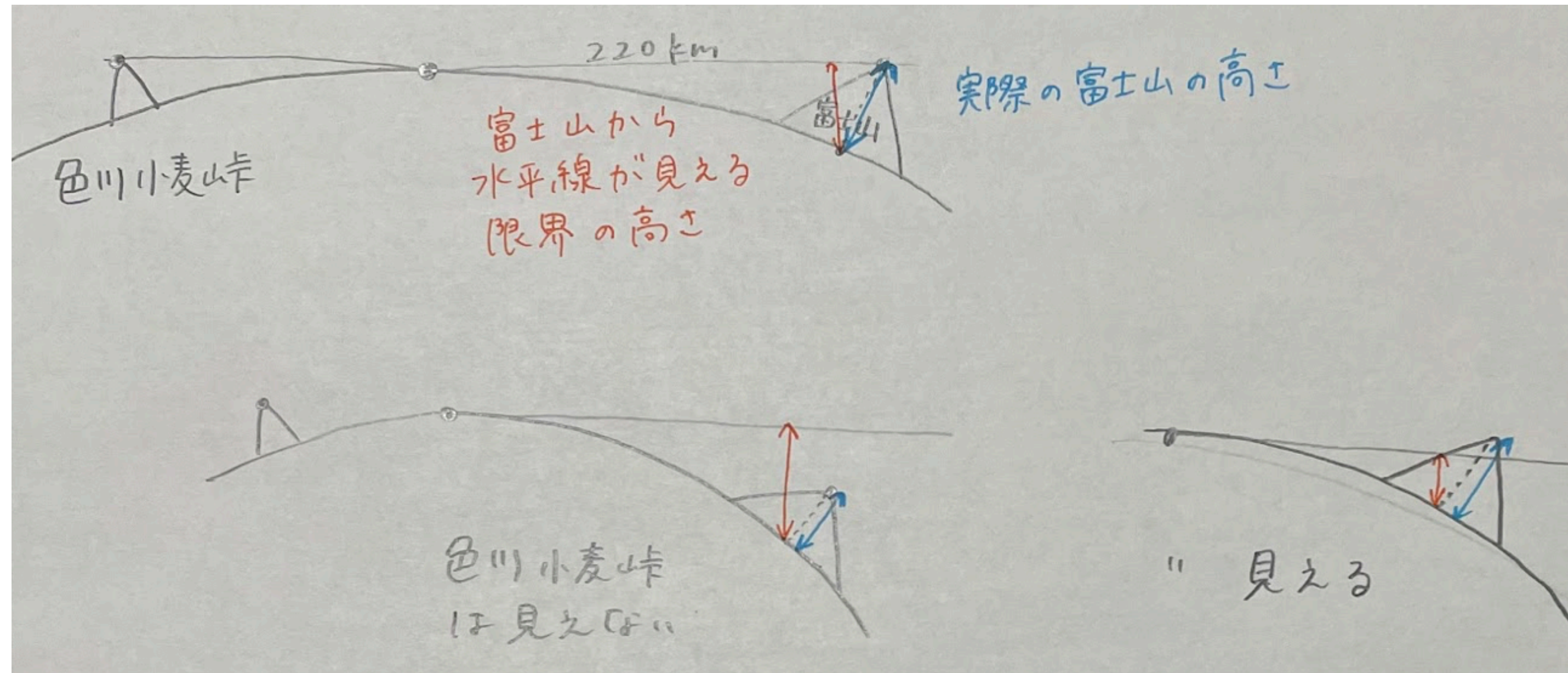
高さは、地面から富士山の山頂までなので、観測者の立地条件や環境によって作用されるため。計算での月は、観測者が富士山の地面と同じ高さの場合だ"と思いました。そのため、220kmより遠い所から見える人は200m以上の高さが無い"と思いましたが。

周りが平坦であり、その地点が見れる範囲が220kmであり、富士山が地平線と出ているため、富士山を見ることが出来る。

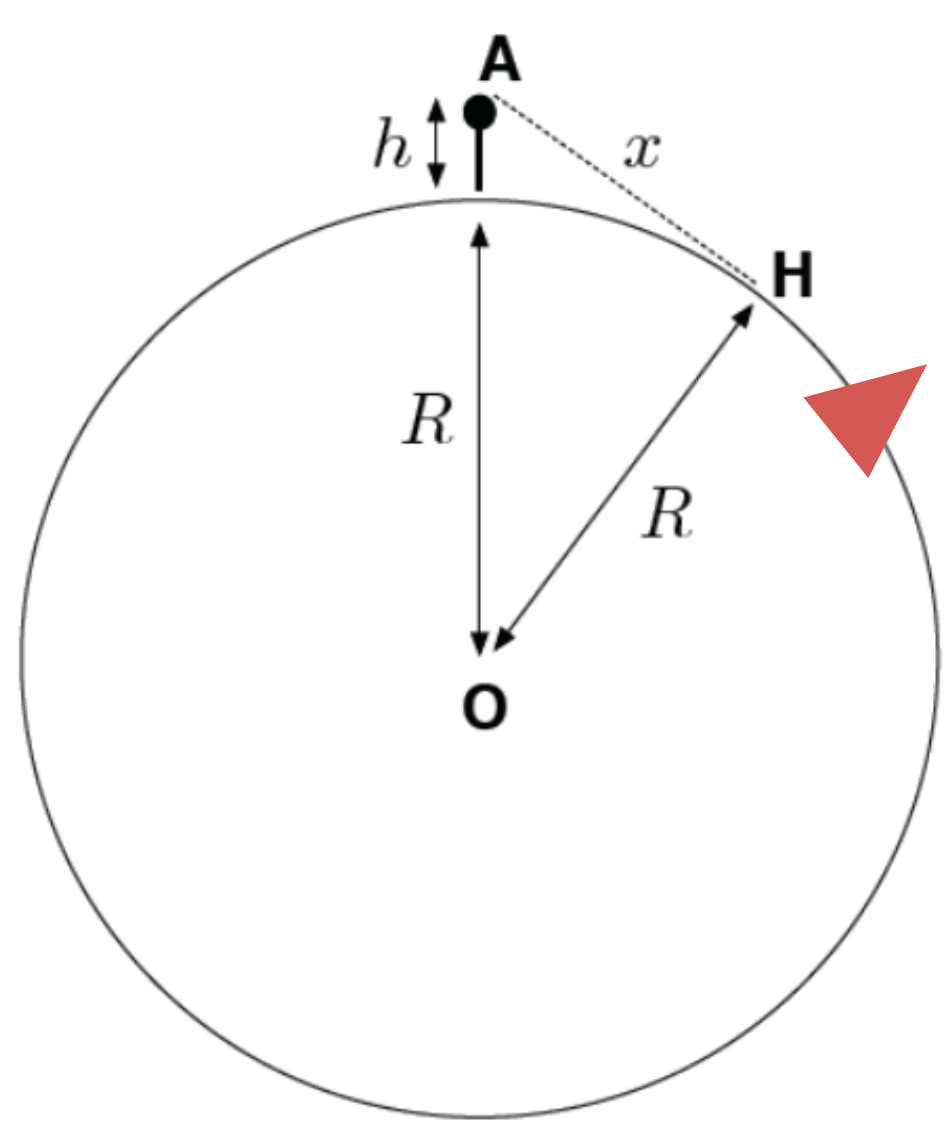


前回のミニッツペーパーから

富士山から水平線までの距離を計算すると220km. しかし, それより遠くから富士山を見ることが出来る理由は何故か.



なぜ地平線として計算された距離より遠方で富士山が観測できるのか？



京都府白倉岳(261km)

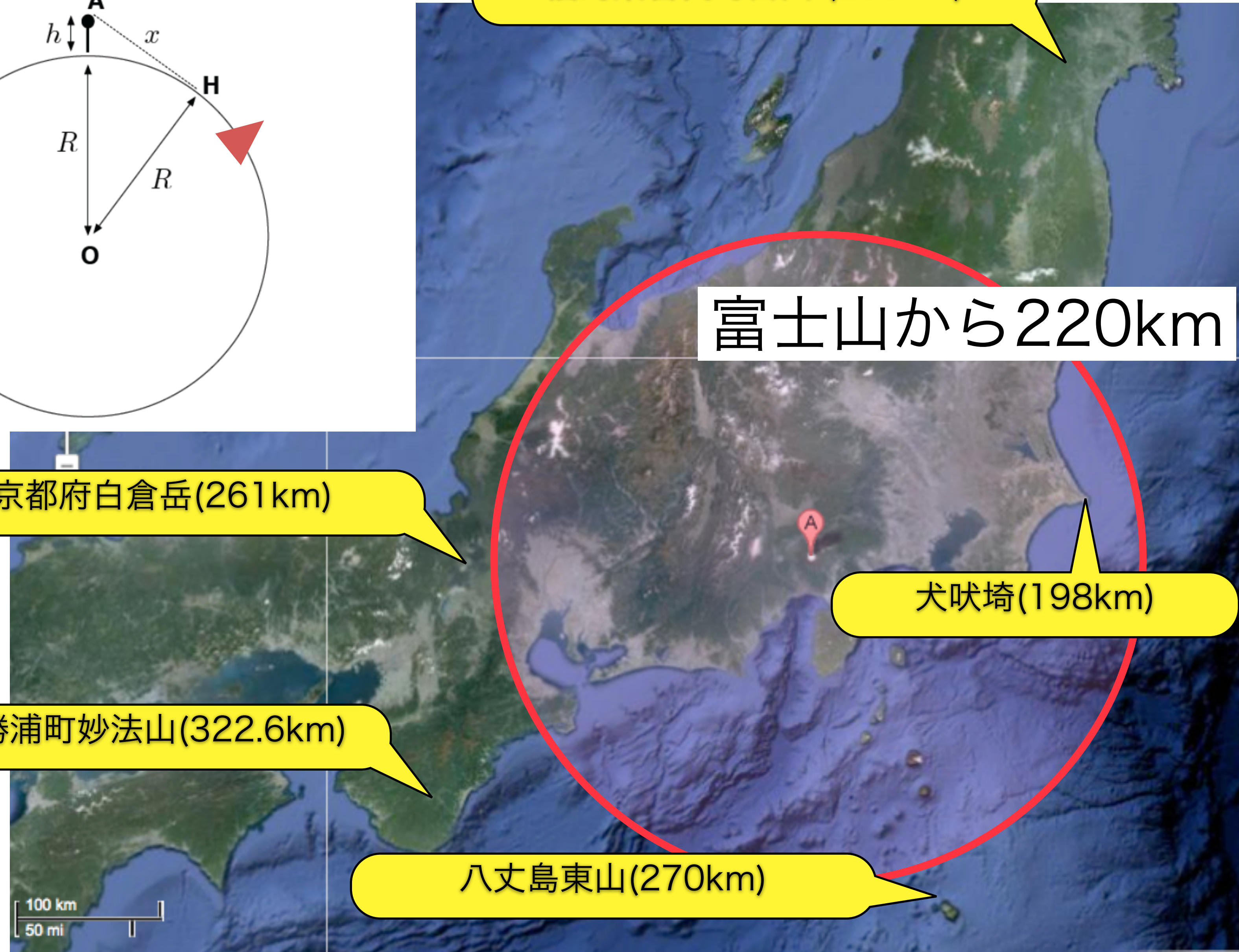
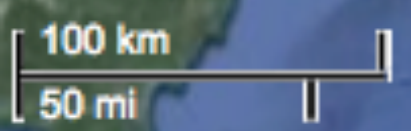
那智勝浦町妙法山(322.6km)

福島県岩代町日山 (299km)

富士山から220km

犬吠埼(198km)

八丈島東山(270km)



日月火水木金土 の順はどうして？

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
第1日	土	木	火	日	金	水	月																	
第2日																								
第3日																								
第4日																								
第5日																								
第6日																								
第7日																								

表 3: 七曜の順序決定の一説. 天動説では, 天球上を動く速さから, 土星がもっとも遠くにあり, 月がもっとも近くにある. 遠い順にならべると「土木火日金水月」. 24時間ごとに順に割り当てていくと...

天球上を動く速さが遅いものの順に

土, 木, 火, 日, 金, 水, 月

それぞれの神様が1時間ごとに順に支配する

毎日一番はじめとなる神様で曜日を呼んだ

60年で一巡する干支（えと）

		甲	乙	丙	丁	戊	己	庚	辛	壬	癸
		きのえ	きのと	ひのえ	ひのと	つちのえ	つちのと	かのえ	かのと	みずのえ	みずのと
子	ね	1984		1996		2008		1960		1972	
丑	うし		1985		1997		2009		1961		1973
寅	とら	1974		1986		1998		2010		1962	
卯	う		1975		1987		1999		2011		1963
辰	たつ	1964		1976		1988		2000		2012	
巳	み		1965		1977		1989		2001		2013
午	うま	2014		1966		1978		1990		2002	
未	ひつじ		2015		1967		1979		1991		2003
申	さる	2004		2016		1968		1980		1992	
酉	とり		2005		2017		1969		1981		1993
戌	いぬ	1994		2006		2018		1970		1982	
亥	い		1995		2007		2019		1971		1983

表 4: 十干十二支による干支と，西暦の対応。

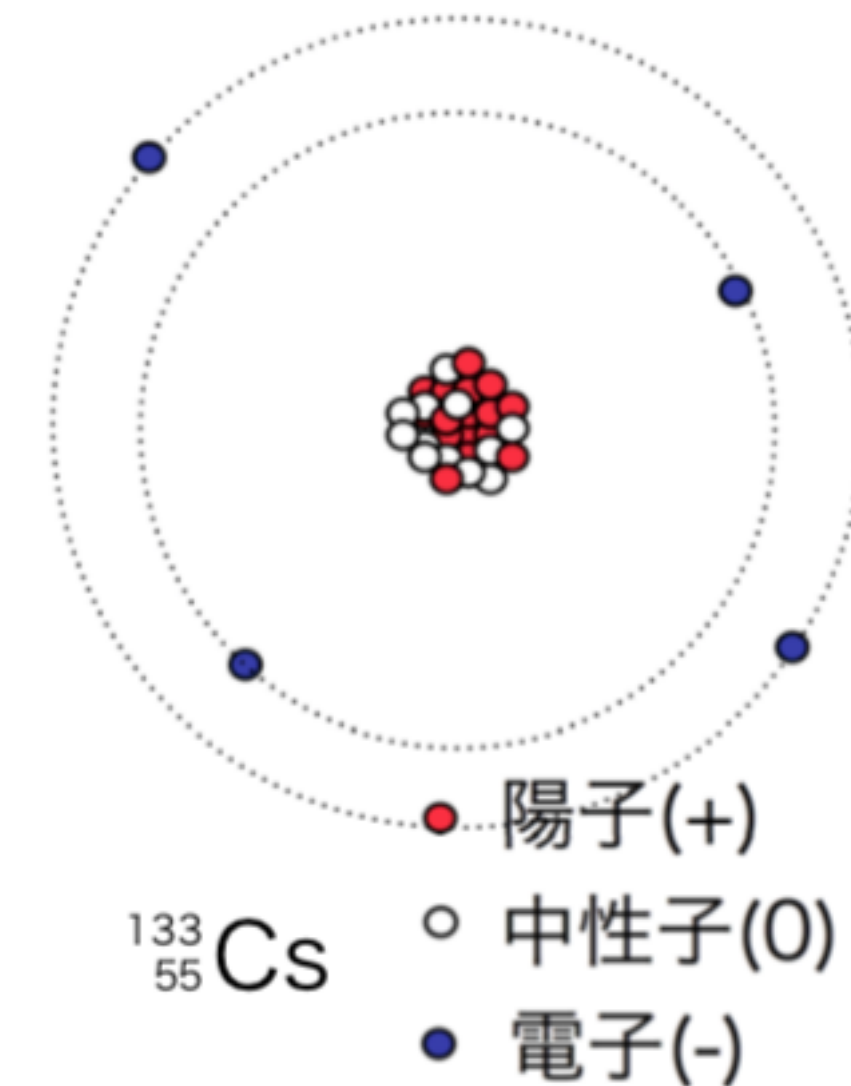
「きのえいぬ」はあるが，「きのえうし」はない。

1秒の精密な定義

1956 年以前には、地球の自転をもとにして 1 秒の長さを決めていた。

しかし、地球の自転速度は潮汐摩擦などの影響によって一定ではないことが判明し、1956年には地球の公転をもとにするように改められた。

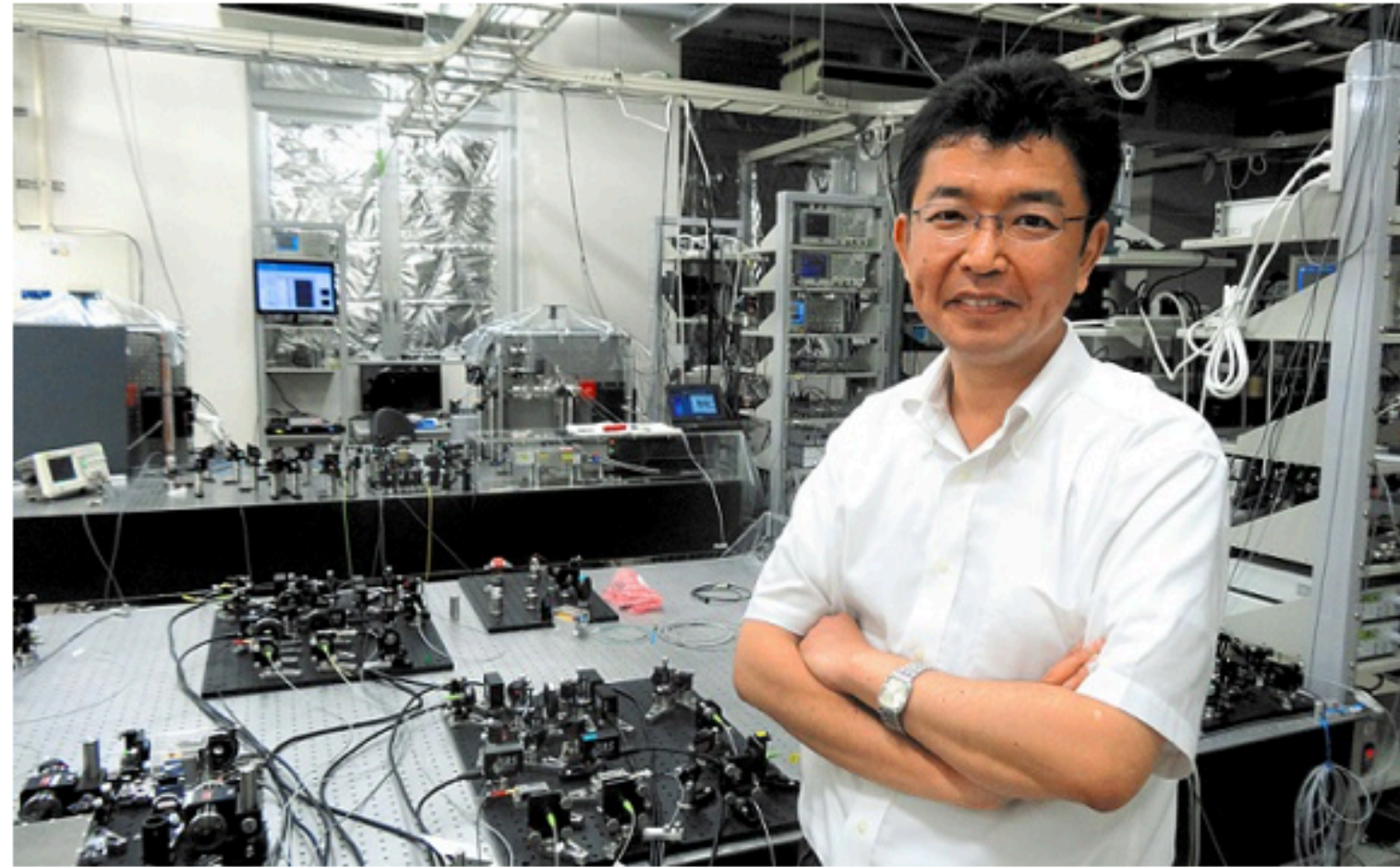
より正確な定義とするために、現在では、セシウム原子が放つ放射光の周期を使う。



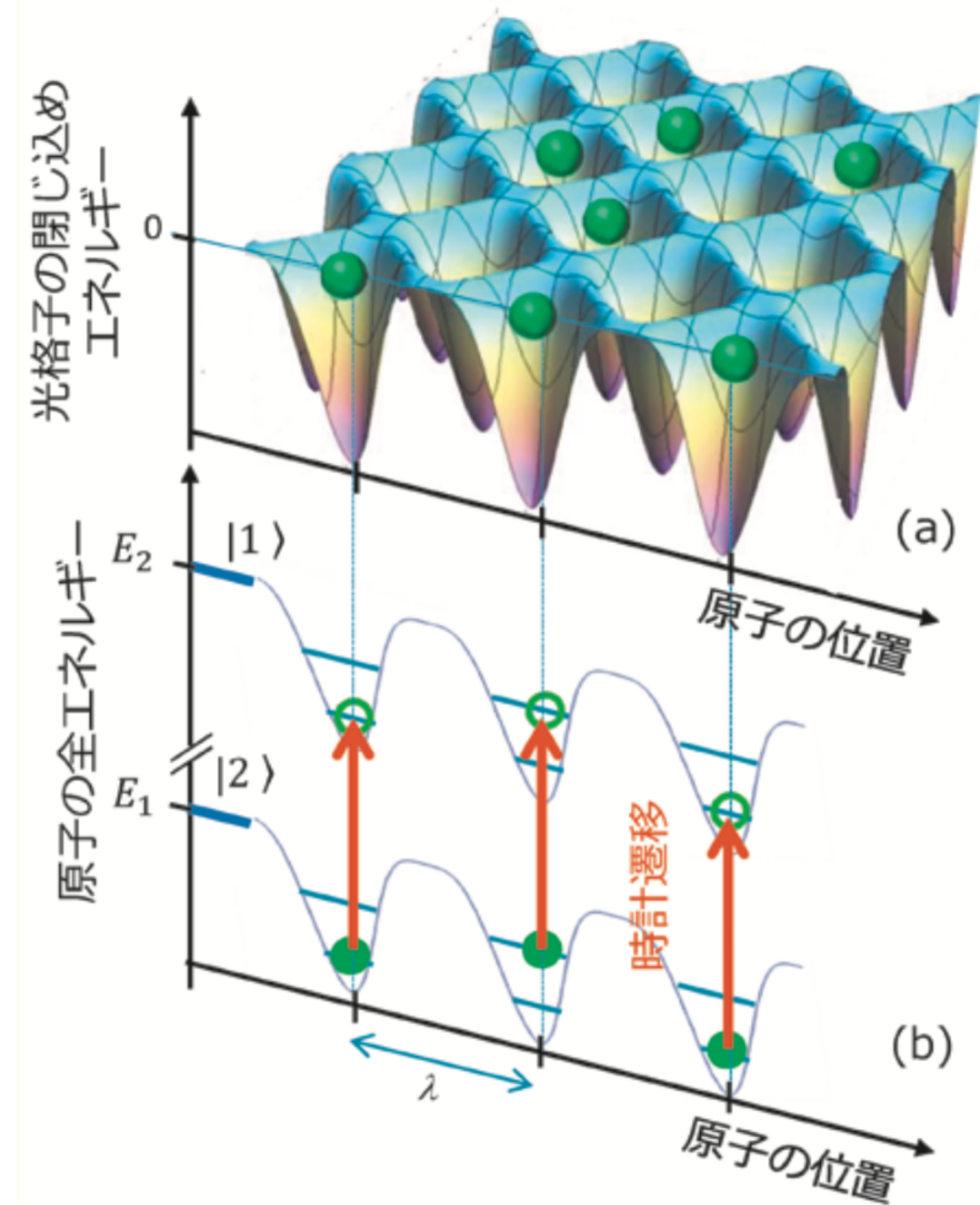
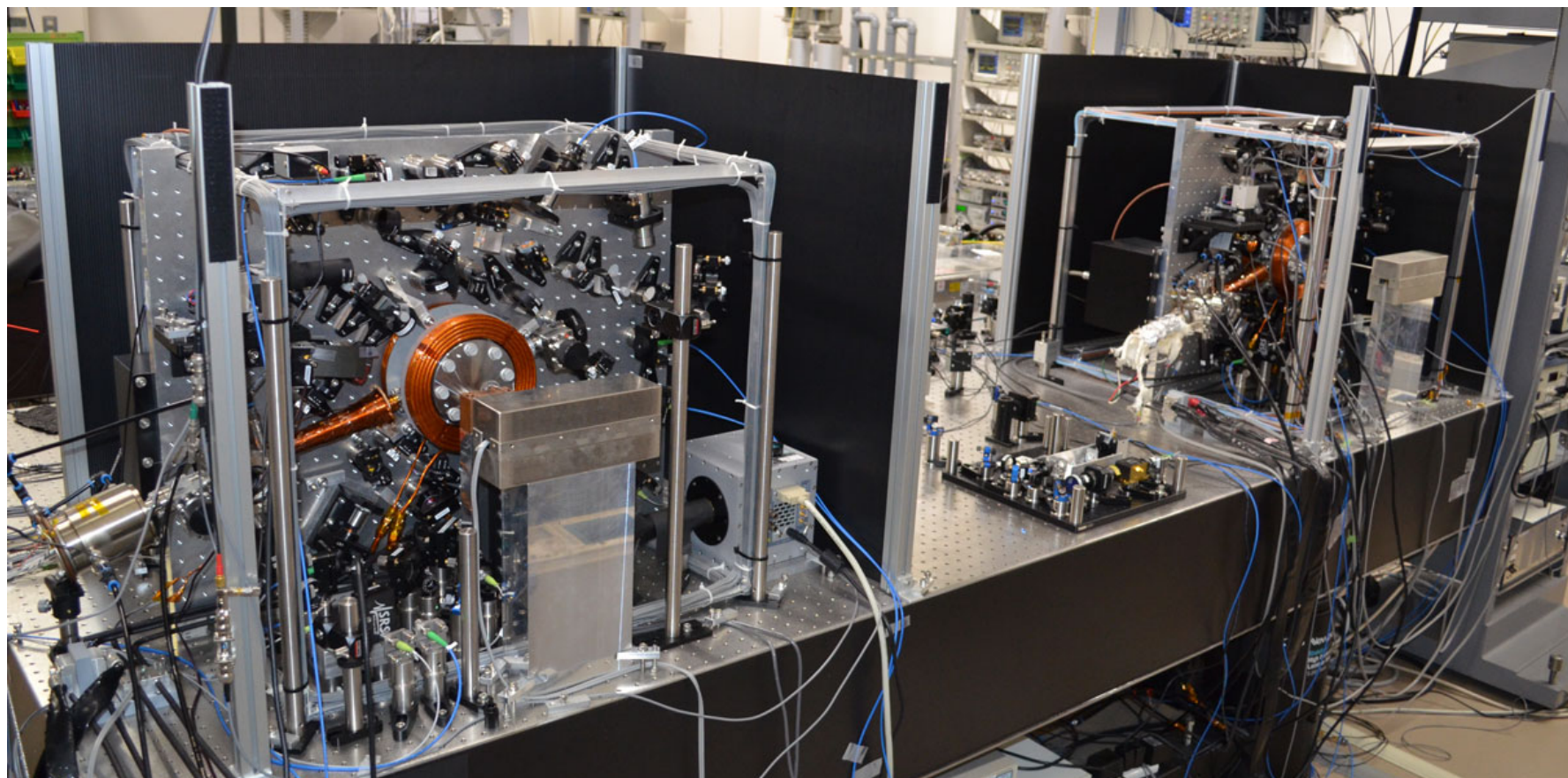
セシウム 133 原子の基底状態の 2 つの準位間の遷移に対応する

放射の 9192631770 周期 = 1秒

セシウム原子時計は 10^{-16} の精度



光格子時計を開発した香取秀俊東京大学教授
兼理化学研究所招聘主任研究員 = 2013年7月
31日、田中郁也撮影



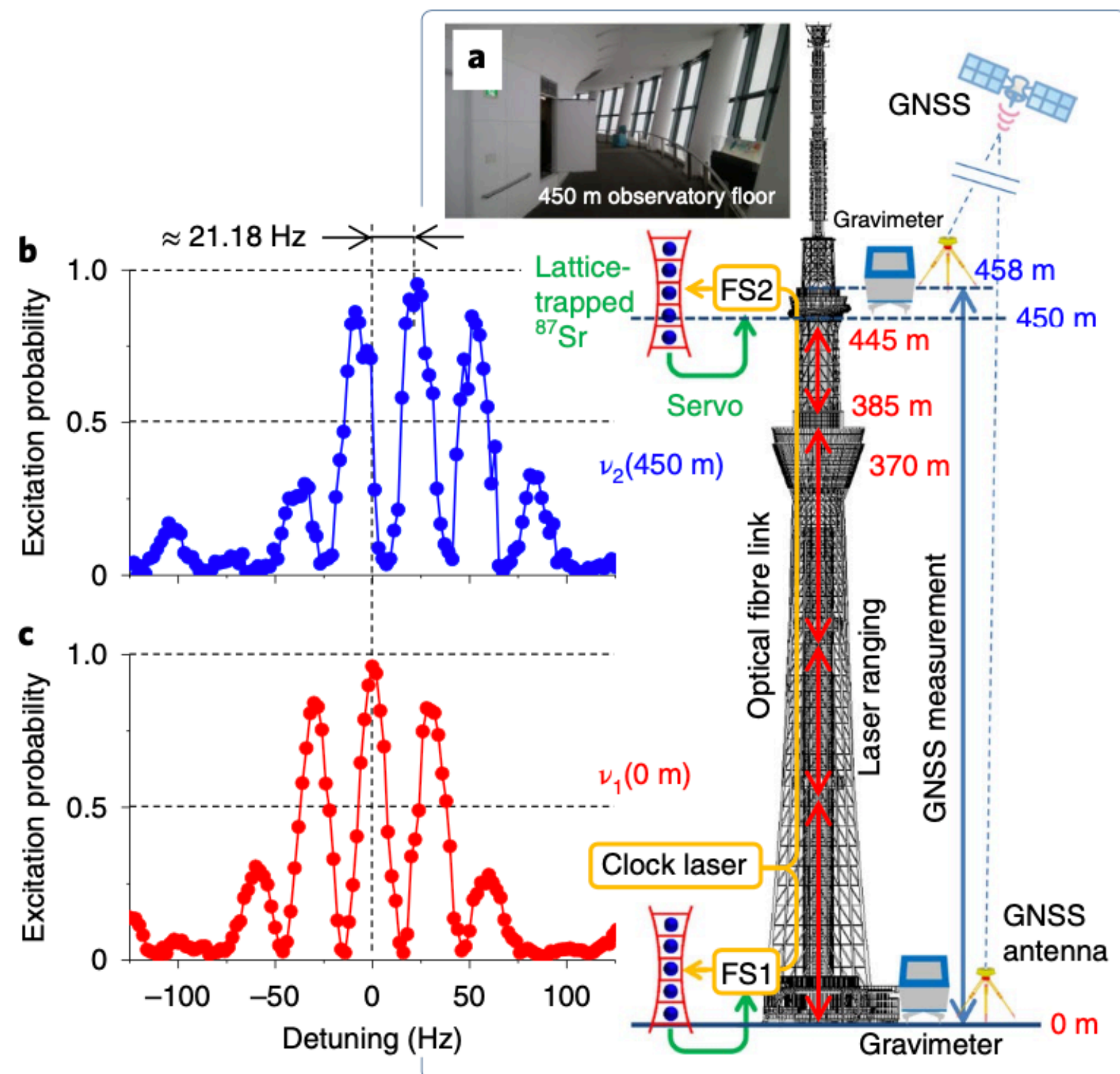
10⁻¹⁸ の精度を実現
(300億年ですれは1秒以内)

スカイツリーの上下で時間の進み方が違う

アインシュタインの相対性理論によれば、
重力の強いところでは時間の進み方が遅くなる

地上と450mの展望台に光格子時計を設置して検証

図 6: 東京スカイツリーでの一般相対論検証実験の概要。地上階と展望台に設置した2台の可搬型光格子時計を光ファイバーでつなぎ、周波数比較を行った。一方、2台の時計の標高差を従来の測量手法（GNSS 測量およびレーザー測距）によって計測した。時計遷移を分光して得られたスペクトルでは、標高差 450 メートルに相当する約 21 ヘルツの周波数シフトが観測された。



Nature Photonics, 14 (2020) 411



Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks

Masao Takamoto^{1,2}, Ichiro Ushijima³, Noriaki Ohmae^{1,2}, Toshihiro Yahagi⁴, Kensuke Kokado⁴, Hisaaki Shinkai⁵ and Hidetoshi Katori^{1,2,3}✉

スカイツリーの上下で時間の進み方が違う

アインシュタインの相対性理論によれば、
重力の強いところでは時間の進み方が遅くなる

地上と450mの展望台に光格子時計を設置して検証

1週間の計測。平均して、差が

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = (49337.8 \pm 4.3) \times 10^{-18}$$

レーザー測距では

$$\frac{g\Delta h}{c^2} = (49337.1 \pm 1.4) \times 10^{-18}$$

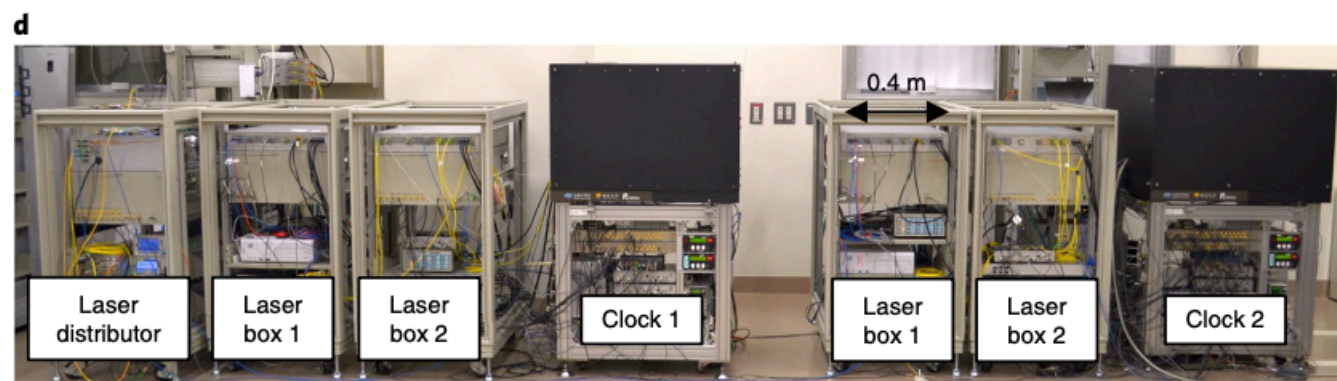
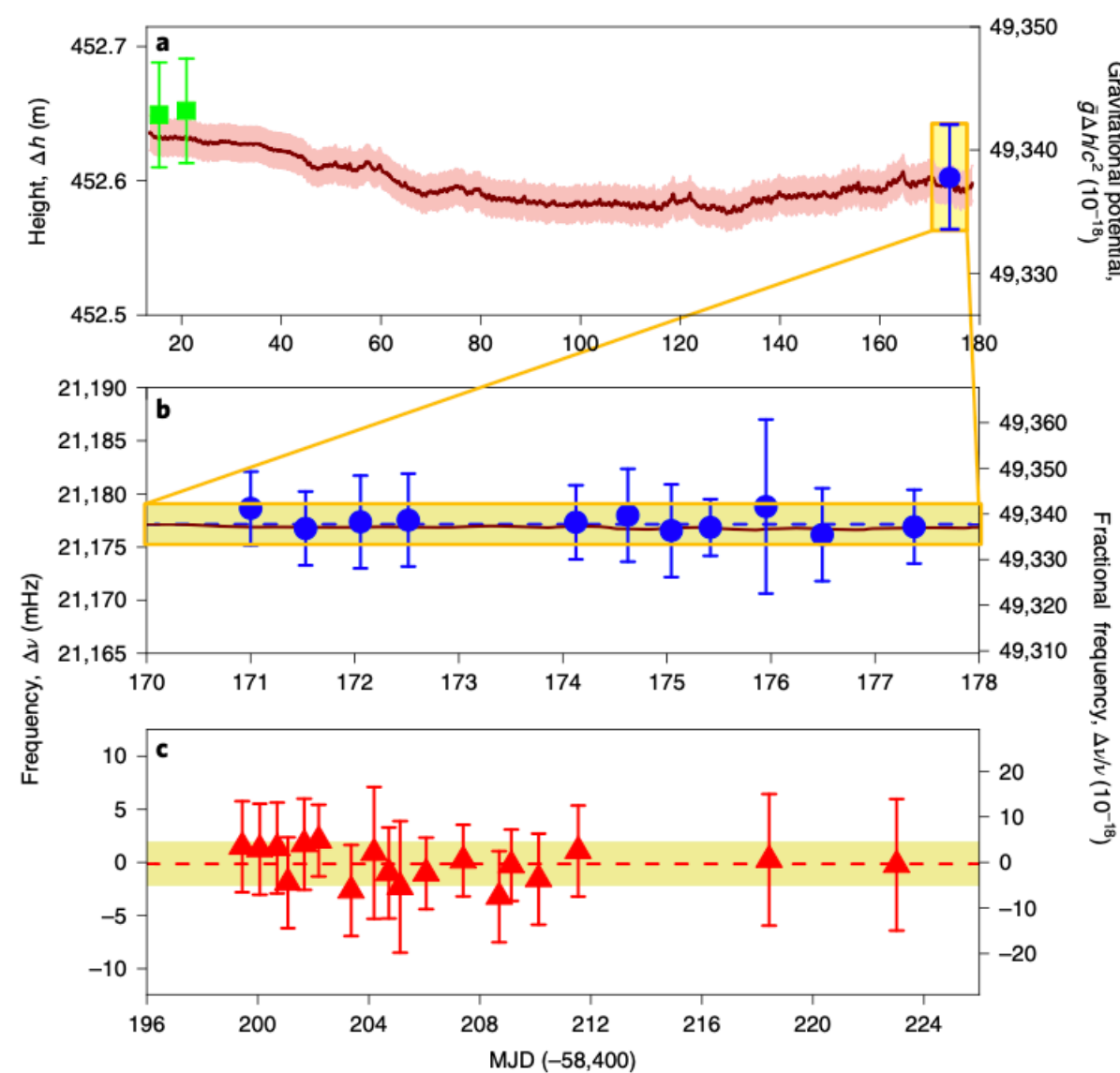
相対性理論の正しさを

$$(1.4 \pm 9.1) \times 10^{-5}$$

の精度で検証したことになる

LETTERS

NATURE PHOTONICS





Physics Today 2020 July

冷蔵庫サイズの時計で、高度差450mを ±数cm で測定できる。

光格子時計の社会実装に向けた大きな一歩。今後、地殻変動や火山活動の監視など、相対論的測地技術の実用化が期待される。

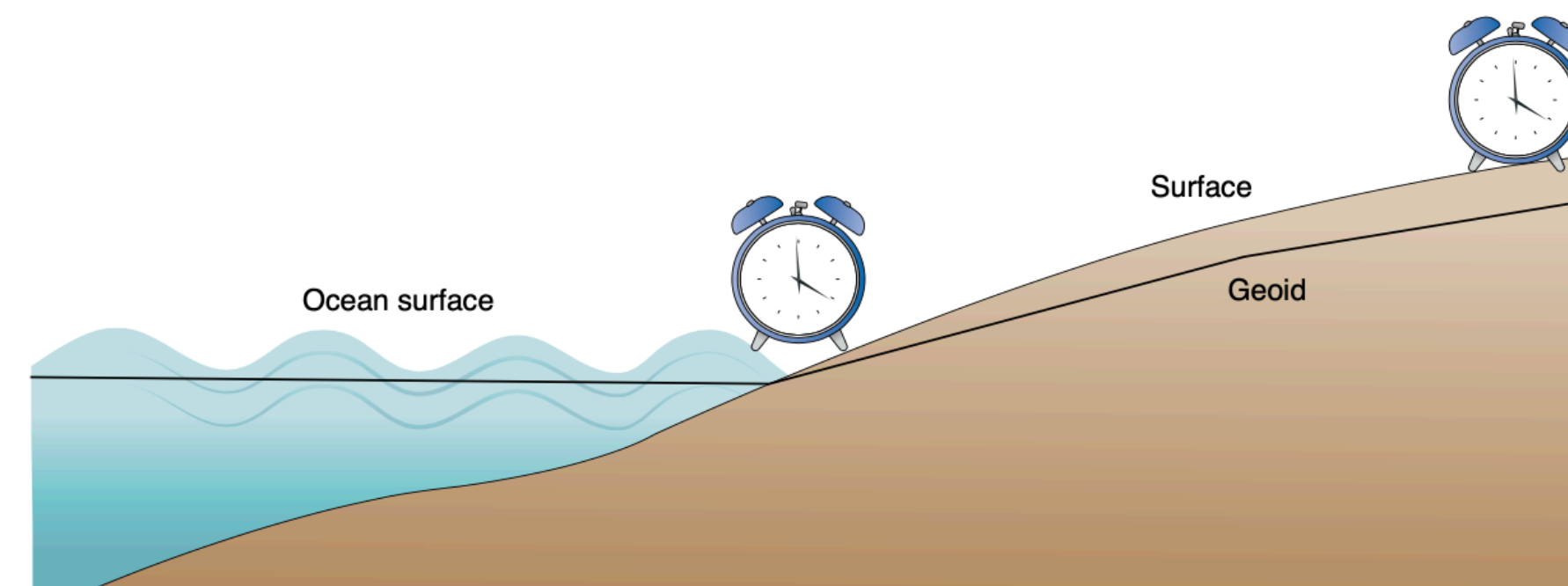


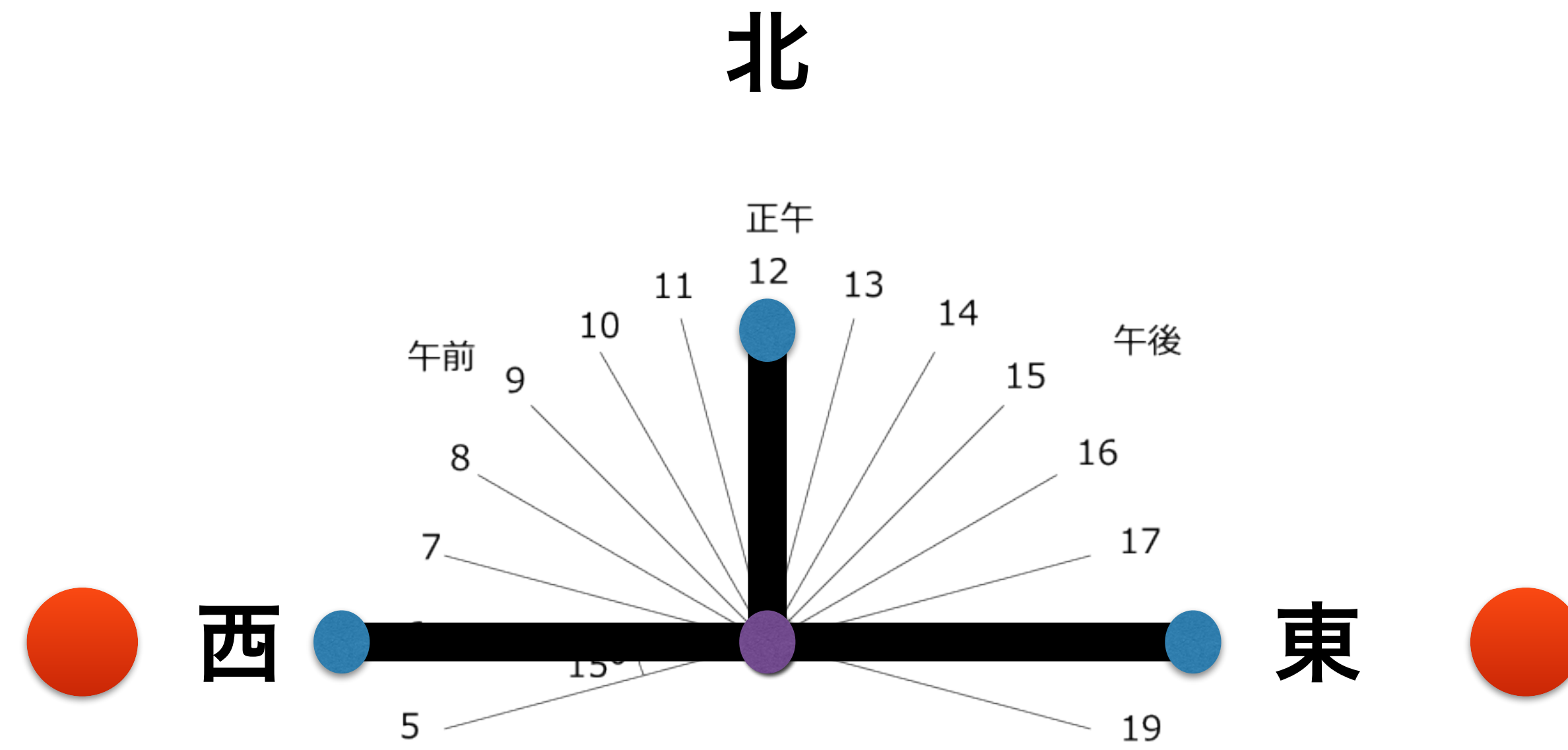
Fig. 1 | Illustration of how in the future relativistic geodesy might be done with clocks. The geoid is an equipotential surface of the Earth's gravitational potential, indicated by the black line. While the mean ocean surface is closely aligned with the geoid, the surface of land can significantly differ. Placing one clock at sea level and one at an inland location allows to determine the geoid height via a frequency comparison between the clocks.

K.Bongs & Y.Singh, Nature Photonics 14 (2020) 408

日時計 (sundial)

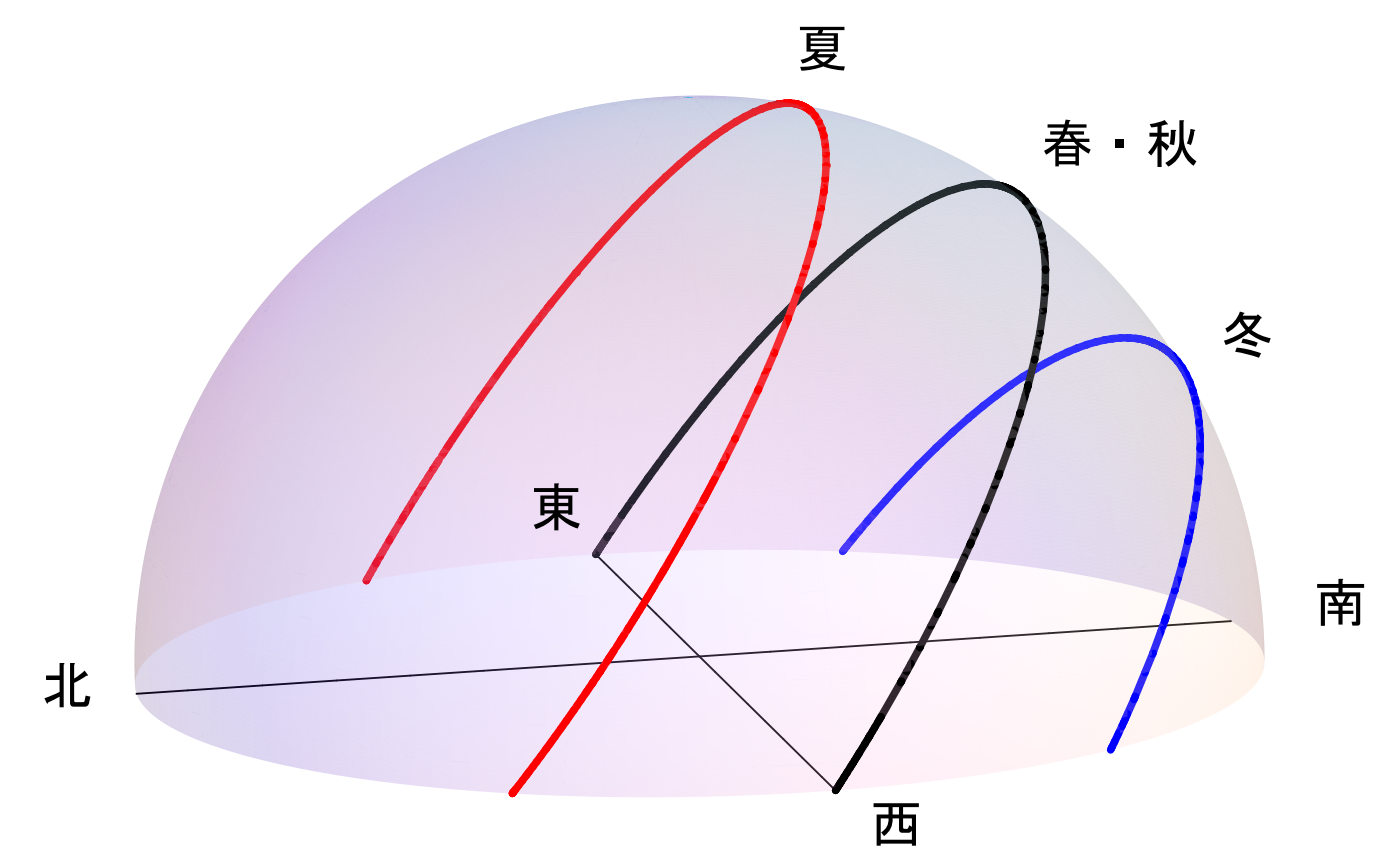


日時計の影はどう動く？

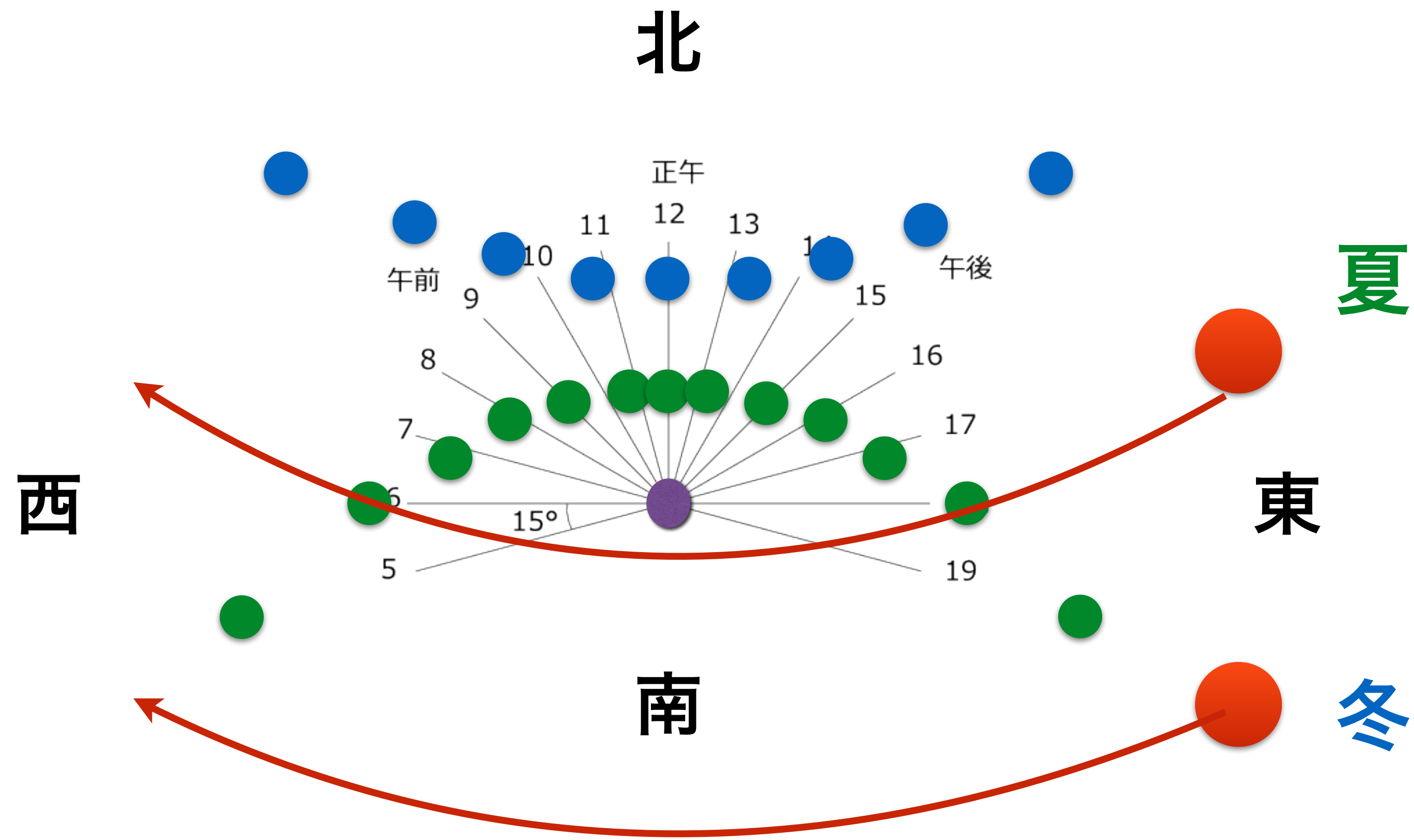


南

問題：季節ごとに正確に影を描くと？

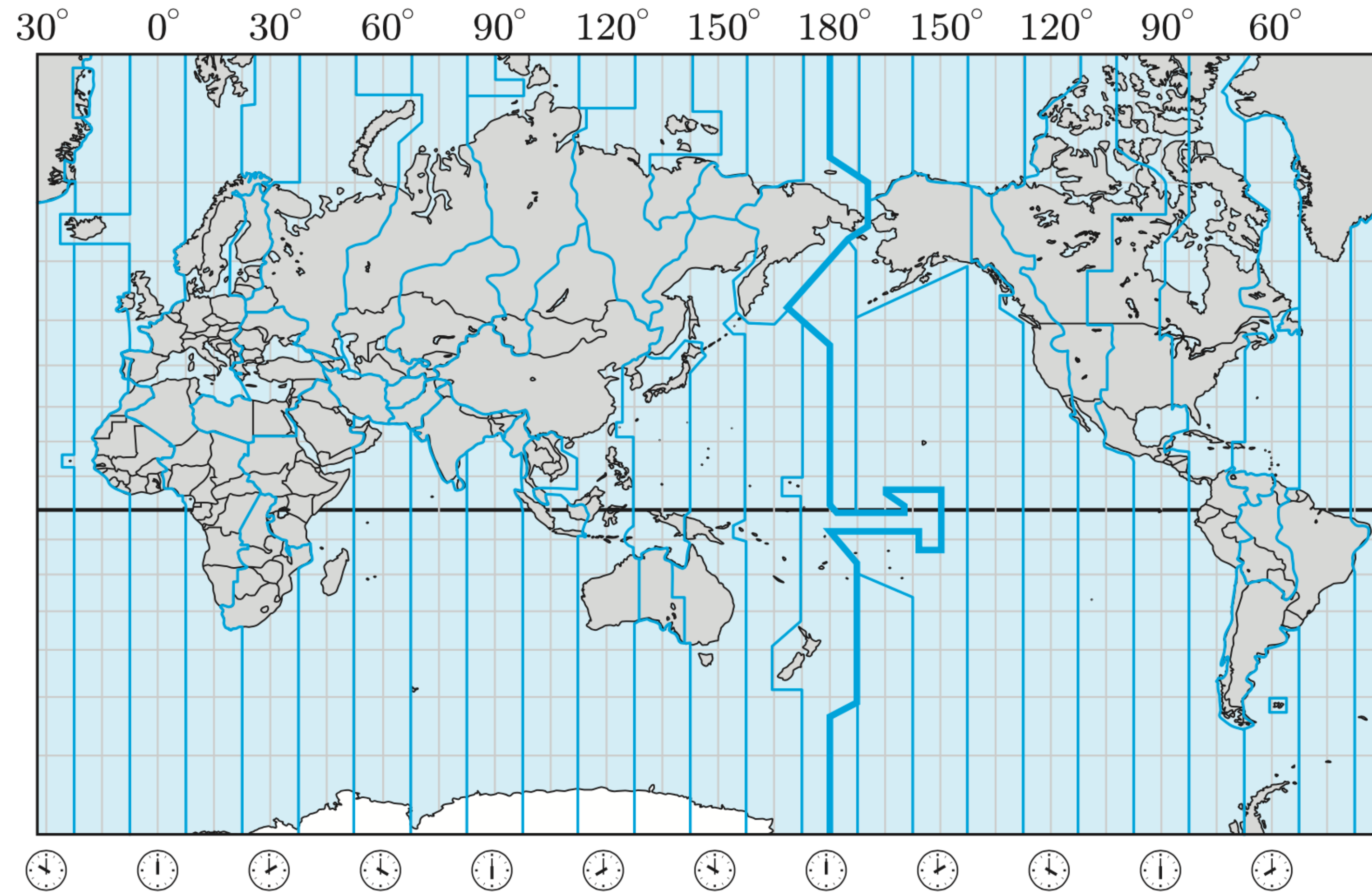


日時計の影はどう動く？



問題：季節ごとに正確に影を描くと？

時差ボケは東に移動する方がつらい

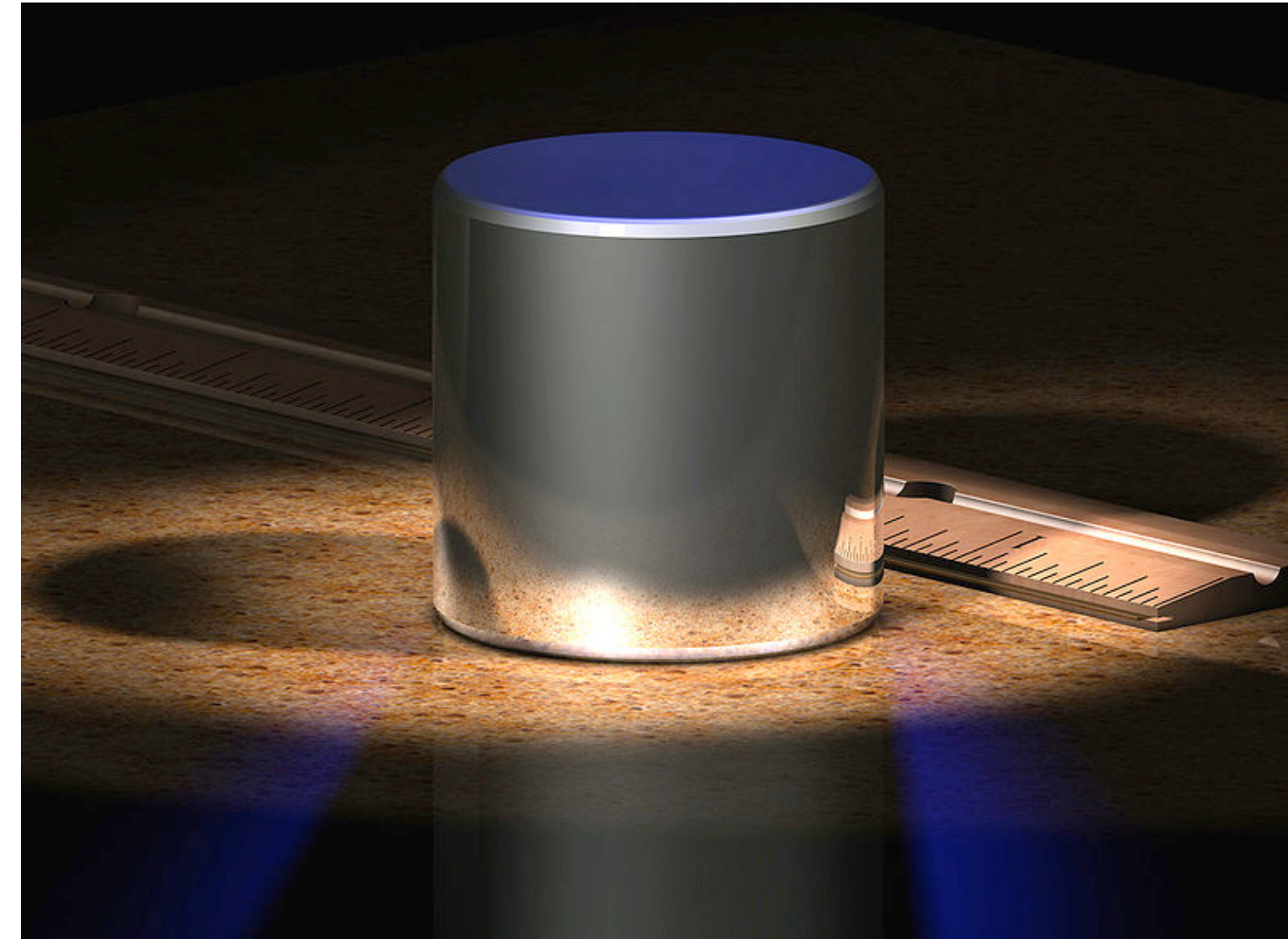


日本12時出発

- a) 10時間かけてアメリカ(+8) : 体感22時 = 現地朝6時
- b) 10時間かけてヨーロッパ(-8) : 体感22時 = 現地14時

1 kg の定義

- 当初の定義
1 kg = 水 1リットルの質量
- 1799年
白金(プラチナ)製の原器
- 1889年～
白金90%イリジウム10%
製の原器



国際キログラム原器

日本に原器は4つ。
産業技術総合研究所にあり。

2019年5月からは、キログラムはプランク定数の値を正確に

$6.62607015 \times 10^{-34}$ Js (ジュール・秒) と定めることによって設定されている。

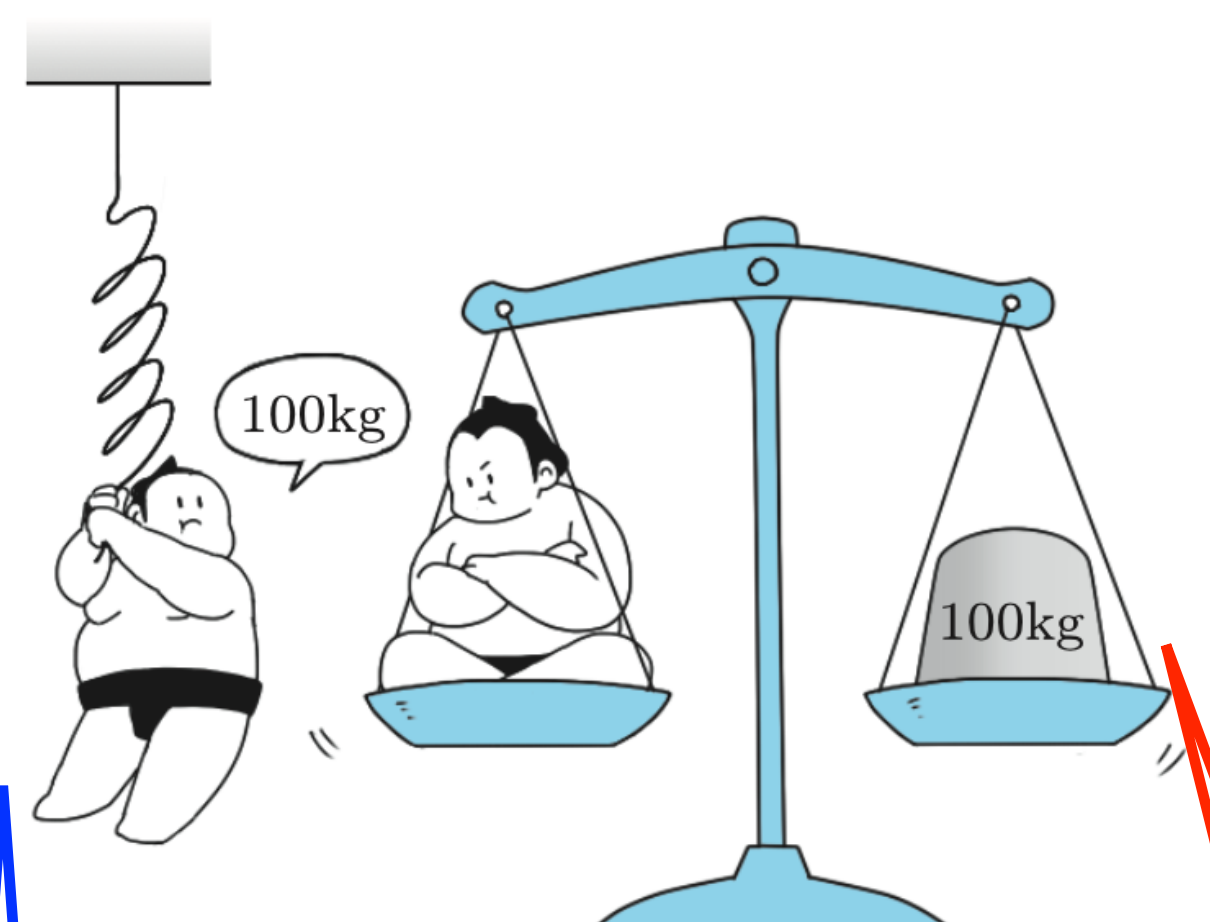
「重さ」と「質量」の違い

重さ (重量, weight) 単位 [kgw] [N]

物体に加わる重力の大きさ
無重量状態では, ゼロになる

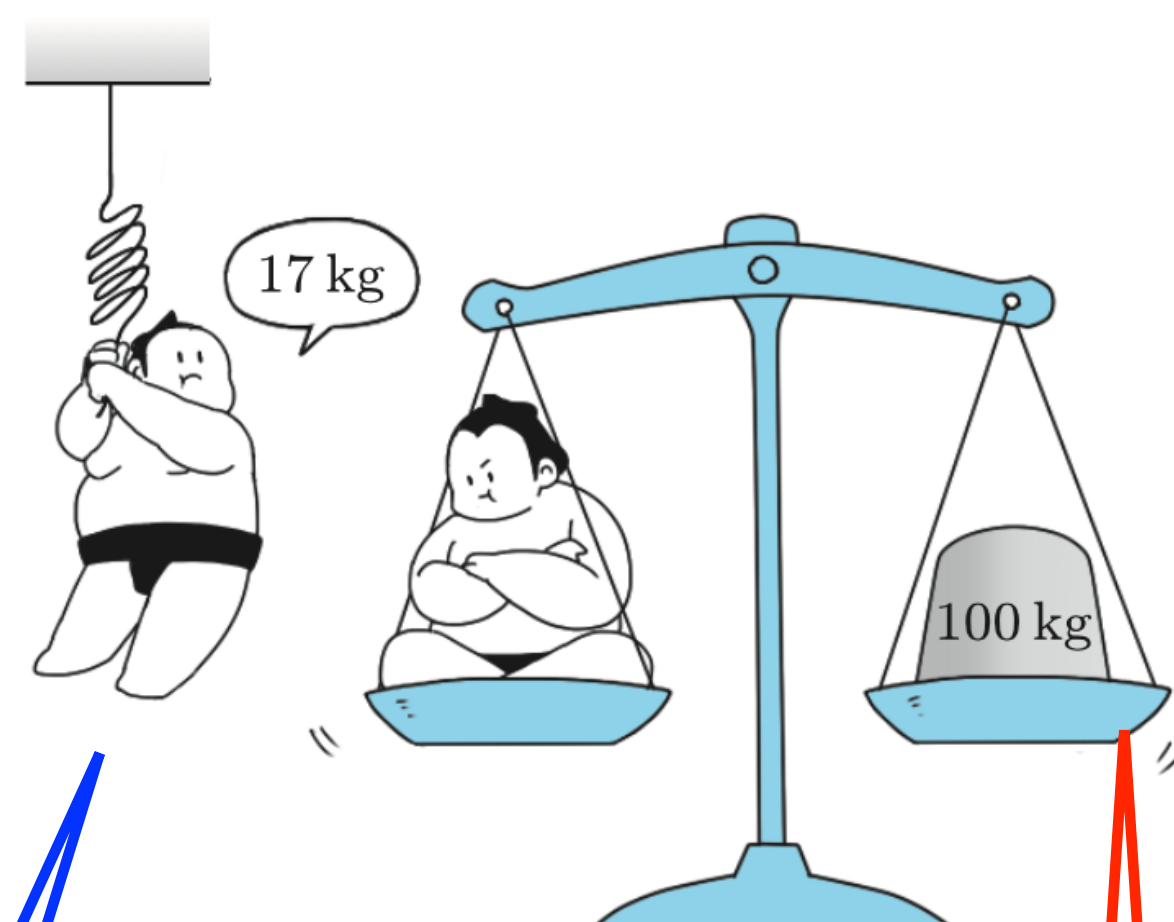
質量 (mass) 単位 [kg]

物体を構成する物質の量
ゼロになることはない



(a) 地球の重力での体重測定

地球上で



(b) 月の重力での体重測定

月面上で

ばねばかりは **〇〇** を測る

天秤は **〇〇** を測る

国際単位系 (SI: The International System of Units)

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
明るさ	カンデラ	cd

1マイル = 1.6 km
 1ヤード = 91.4 cm
 1フィート = 12インチ
 = 30.5 cm
 1インチ = 2.54 cm

摂氏 1°C
 華氏 1°F

容積

1バレル=36ガロン=163.7 L
 1ガロン=4.55 L(英), 3.78 L(米)
 1パイント=588mL(英), 473 mL(米)
 1オンス=28.4 mL(英), 29.6 mL(米)

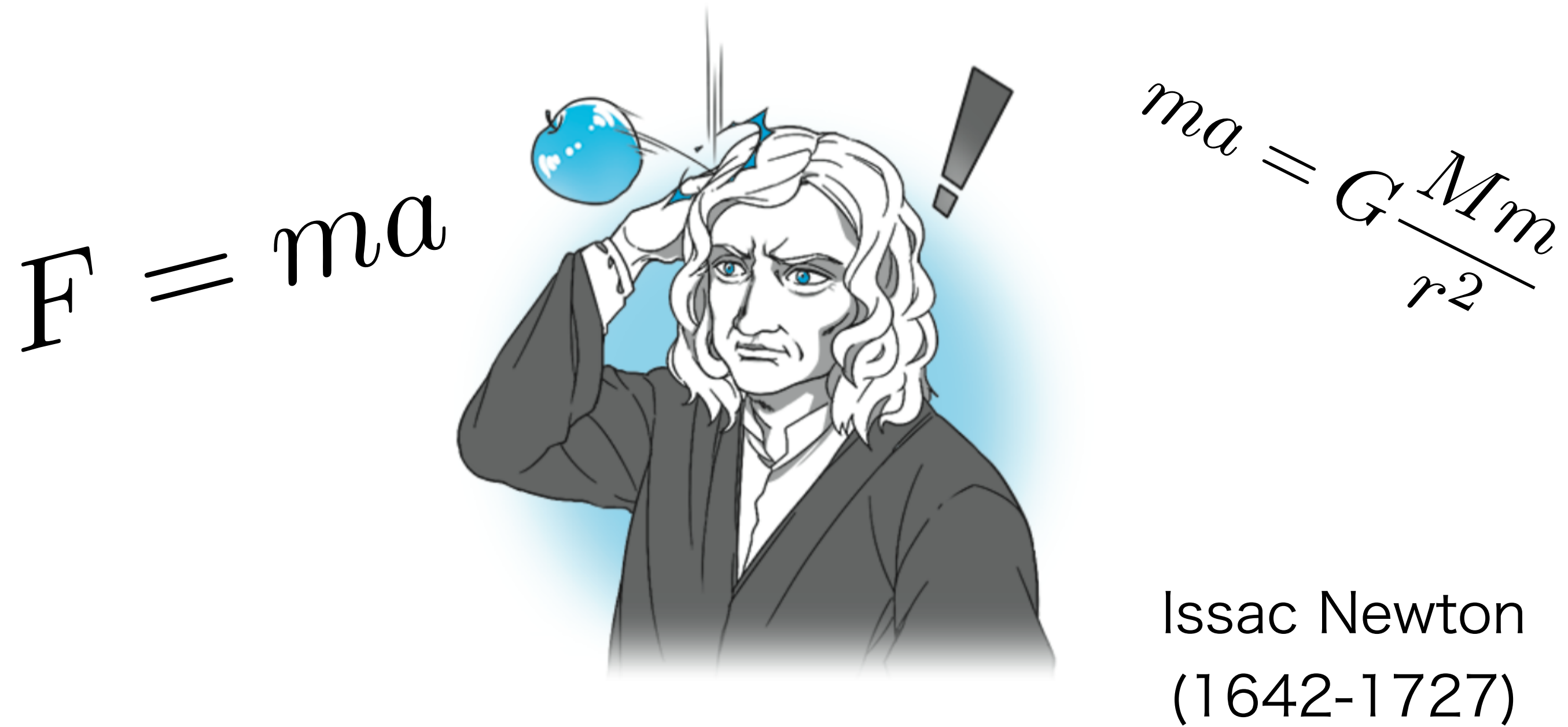
温度の単位 [°C] [F] [K]

- 摂氏, °C (セルシウス氏, 摂修)
水の融点を0, 沸点を100とする
- 華氏, F (ファーレンハイト氏, 華倫海)
氷と塩化アンモニウムの混合物で約 -18 °C, 人間の体温を96とする.

$$\text{(摂氏温度)} = \text{(華氏温度} - 32) \times 5/9$$

- 絶対温度, K (ケルビン)
-273 °C=0 K, 1度幅は°Cと同じ.

$$\text{(絶対温度)} = \text{(摂氏温度)} + 273$$



●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

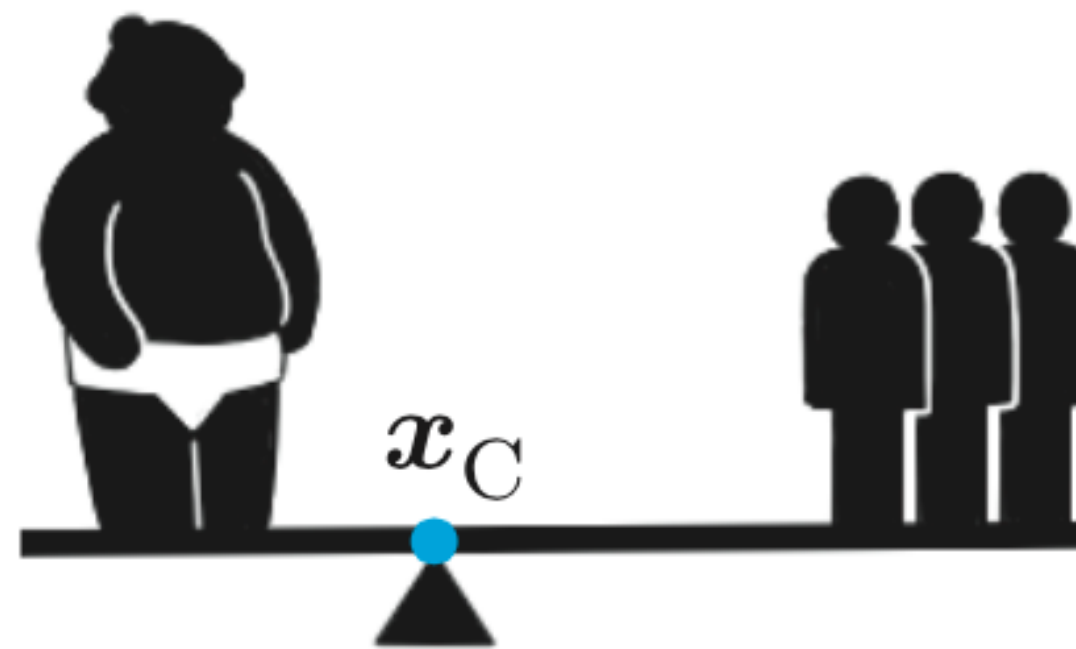
重心 (center of mass)

= モノの重さの中心

= 全体の重さが、その1点にあると考えてよい場所

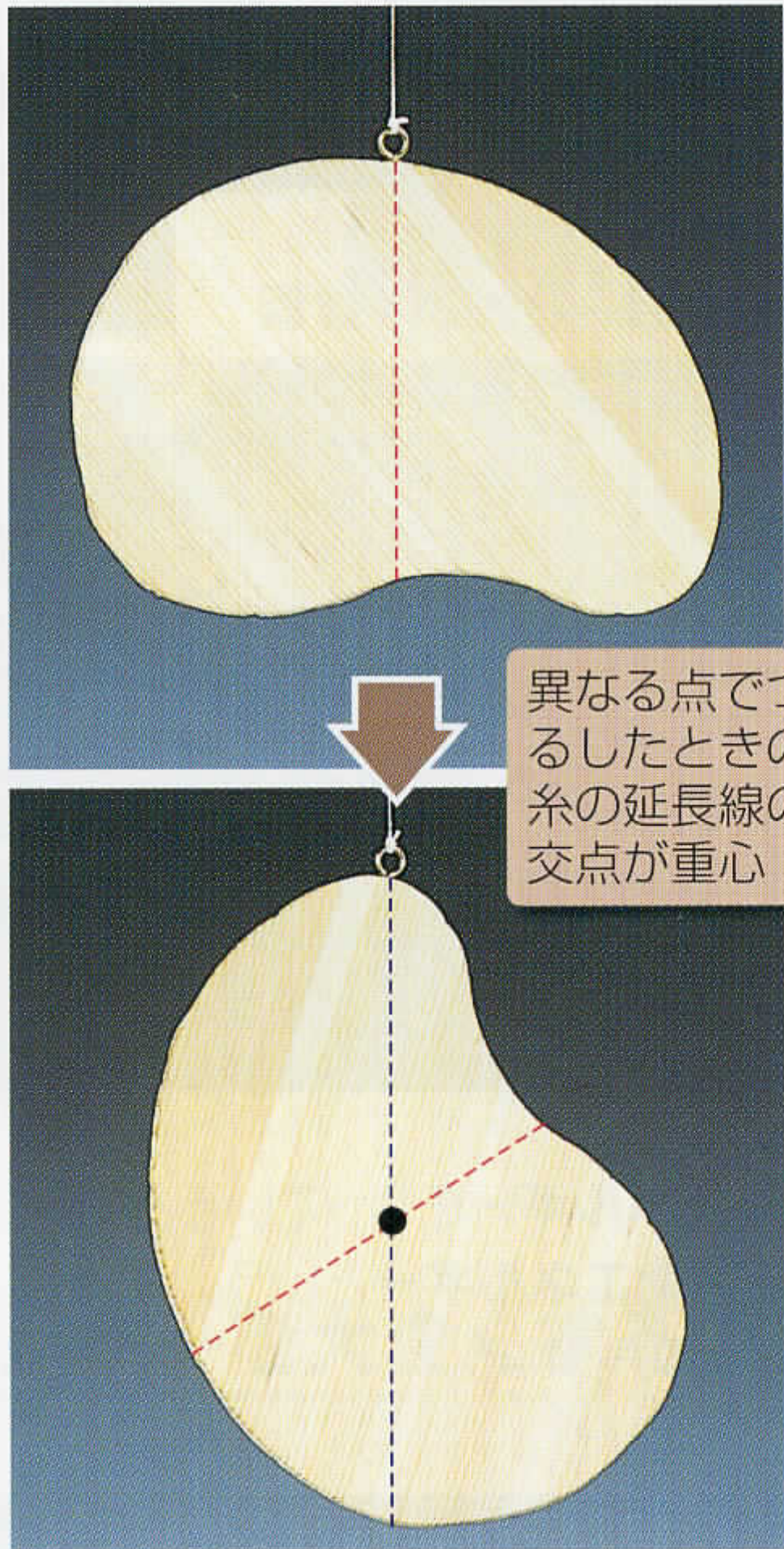
2つの物体があるとき、質量 m_1 が位置 x_1 、質量 m_2 が位置 x_2 にあるとすれば、重心の位置 x_C は、

$$x_C = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \quad (2.26)$$

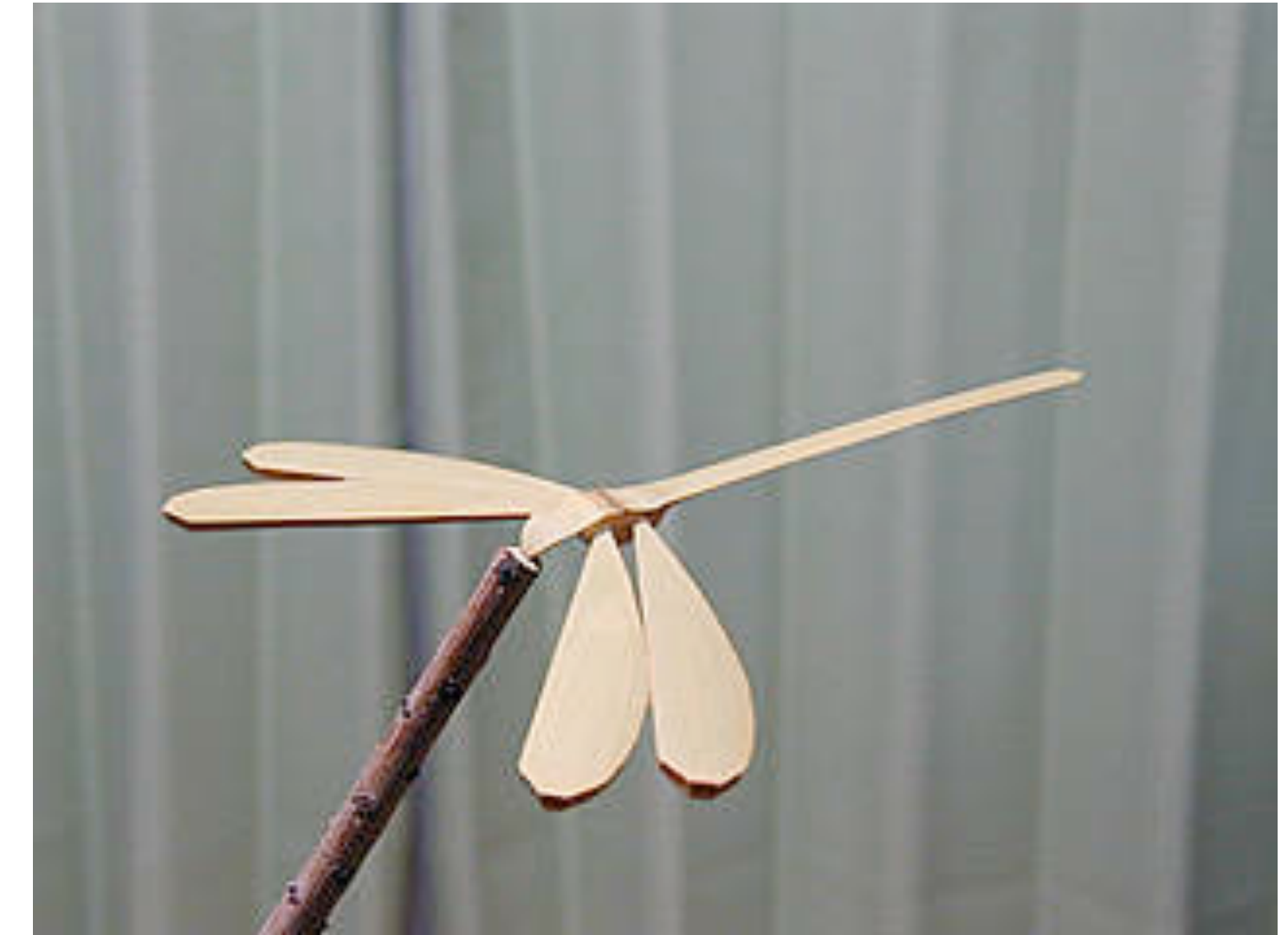
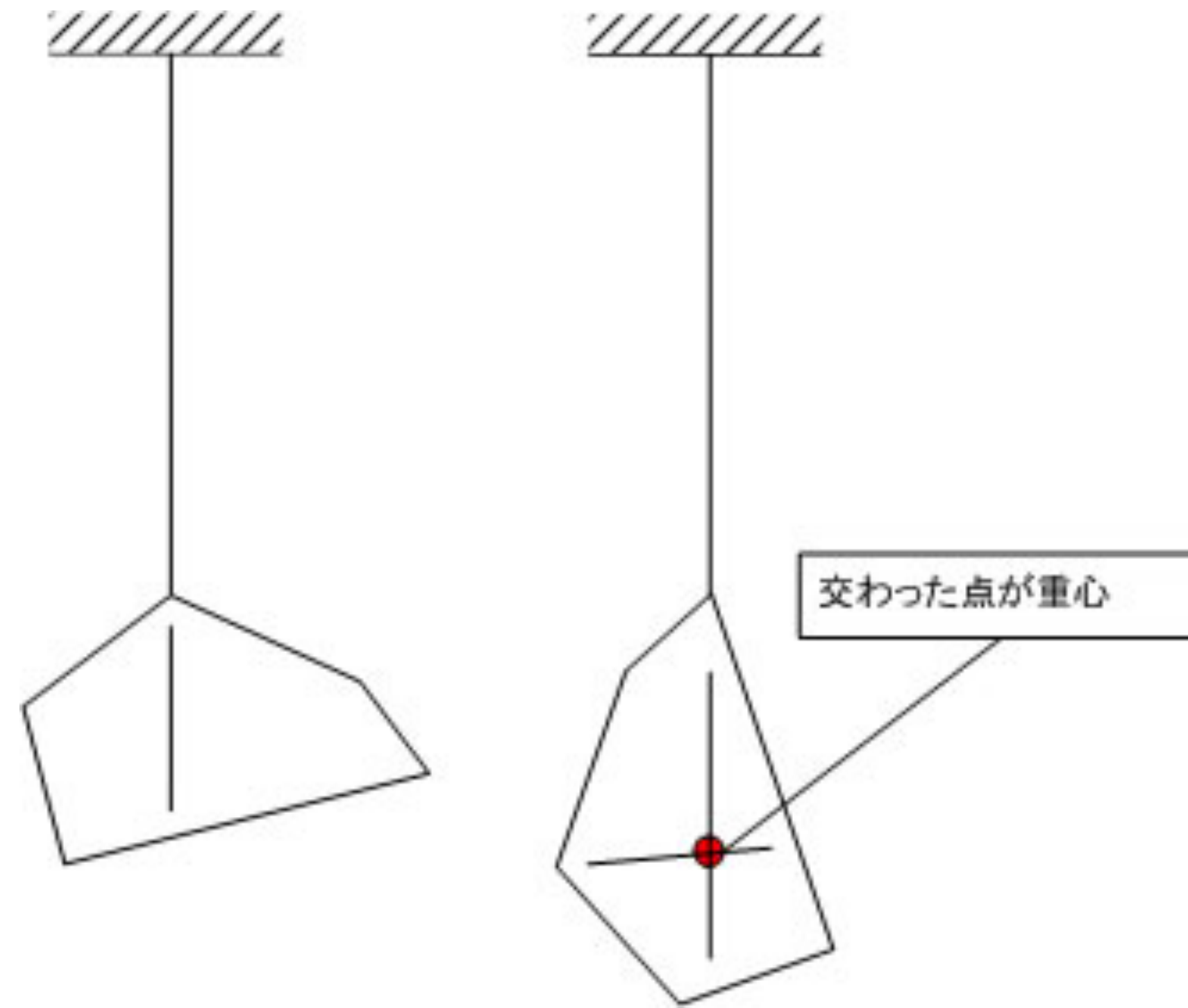


重心 (center of mass)

● 重心の求め方



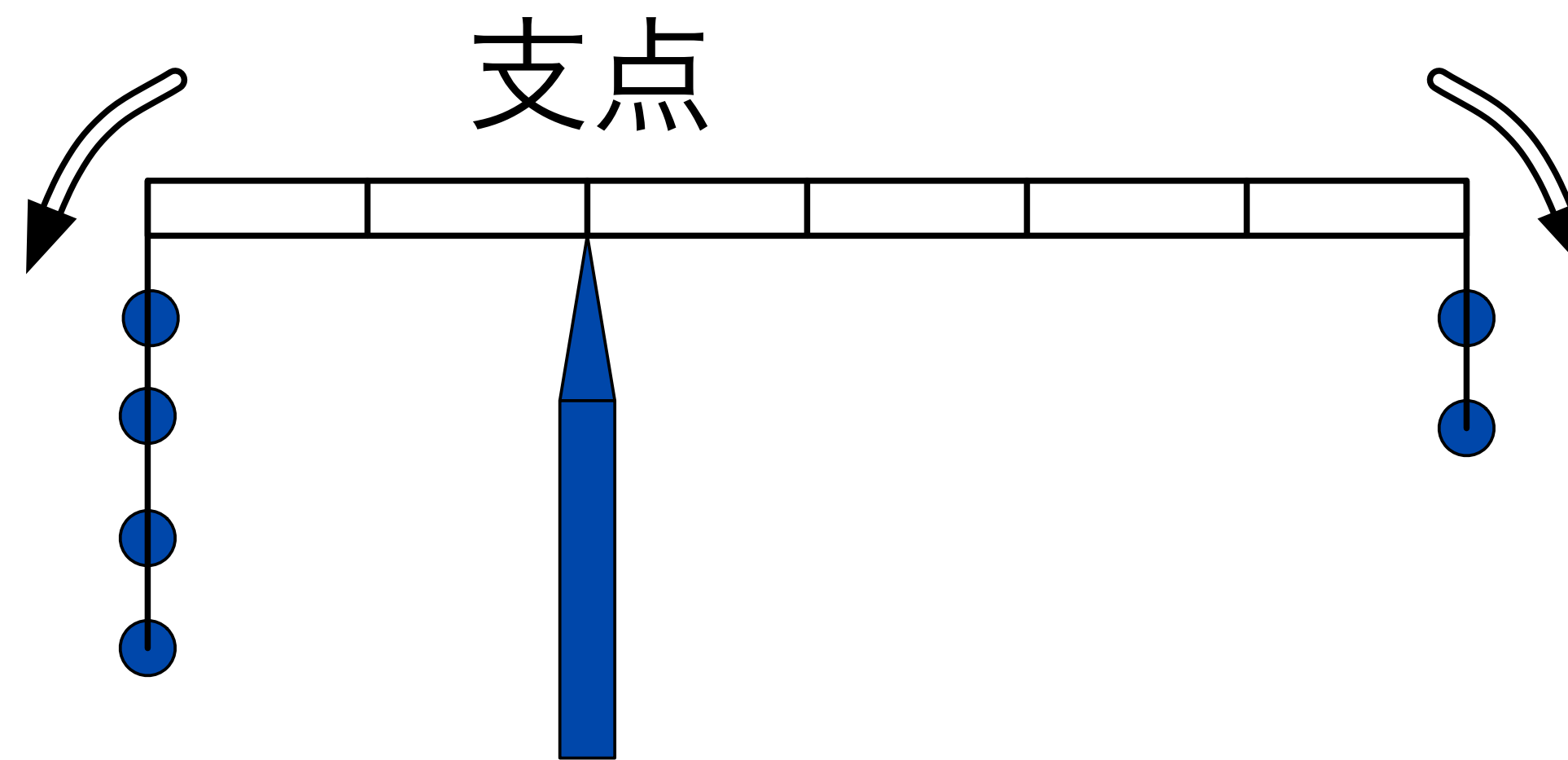
剛体を糸でつると、重心は糸の延長線上にある。



力のモーメント (torque)

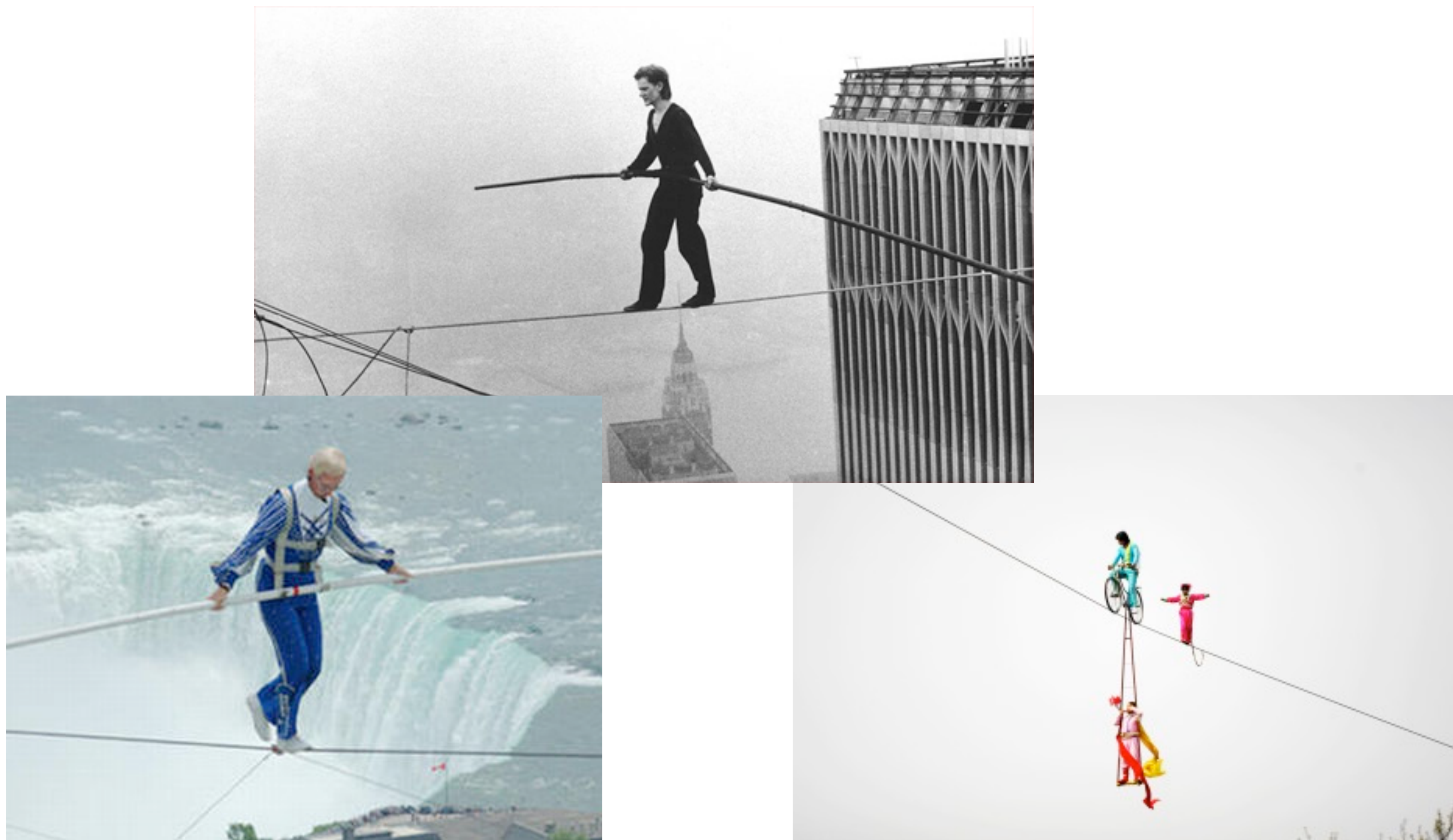
= 回転させようとする力

= (支点からの長さ) × (重さ)



右回りのモーメント = (長さ) 4 × (おもり) 2

左回りのモーメント = (長さ) 2 × (おもり) 4

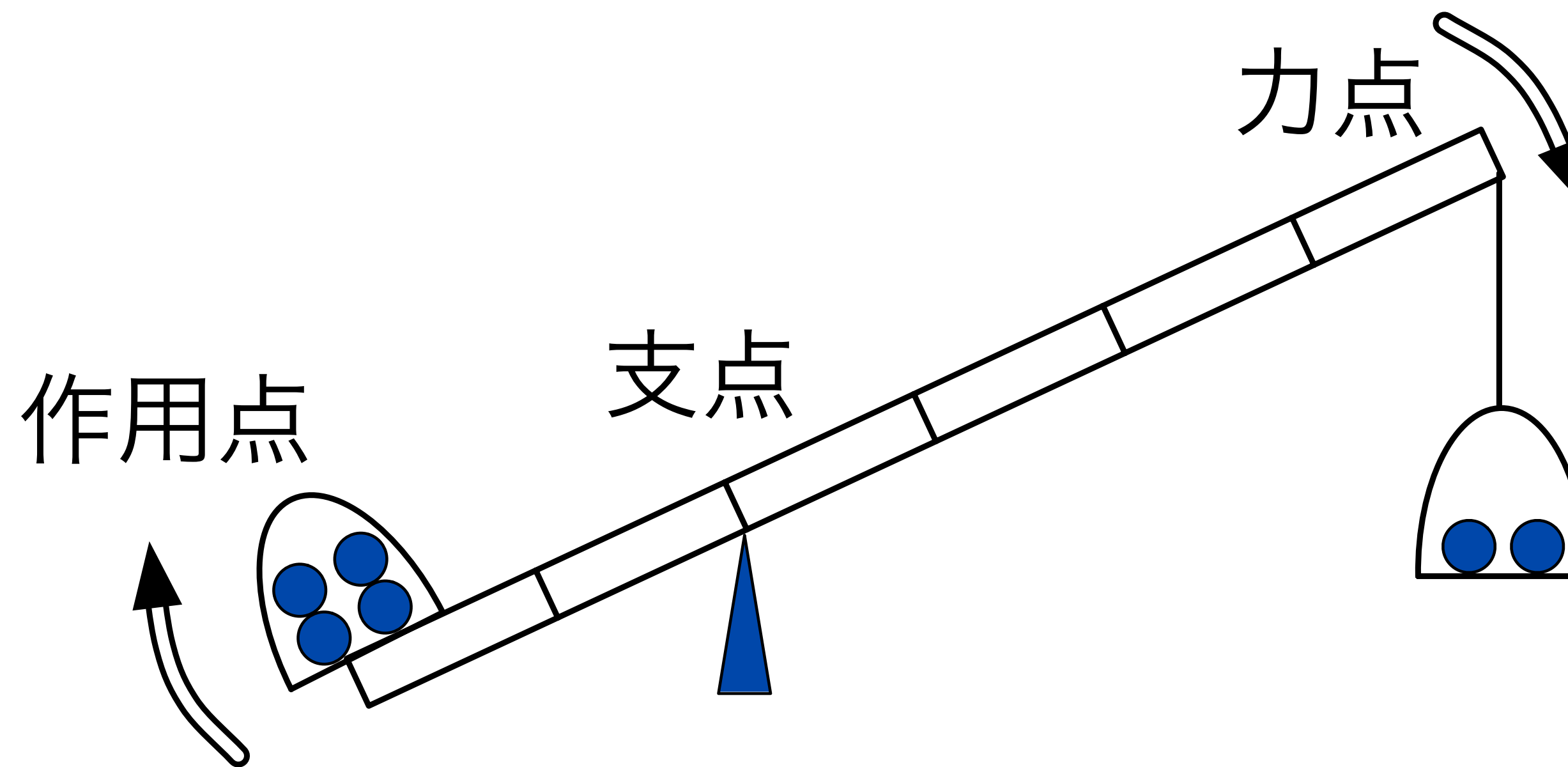


長い棒ほど，回転させるのに大きなモーメントを必要とする。

→ 長い棒を持てば，自分自身が回転せず制御しやすい。

てこの原理 (torque)

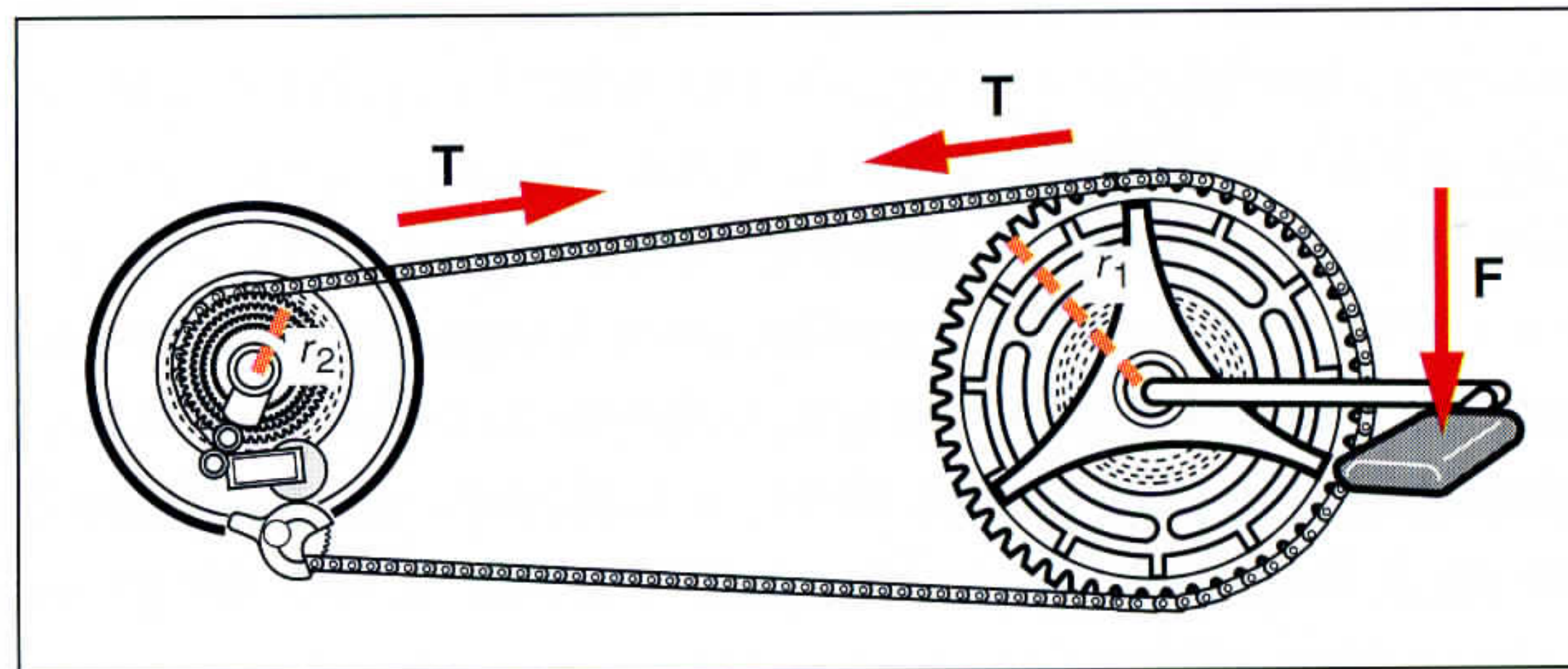
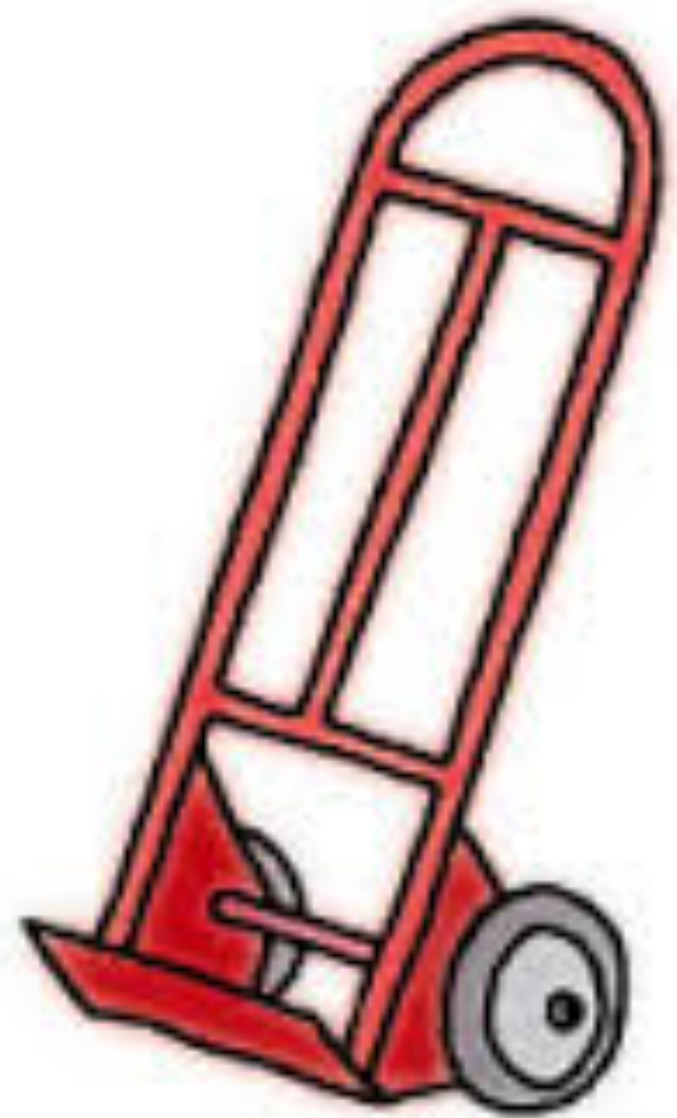
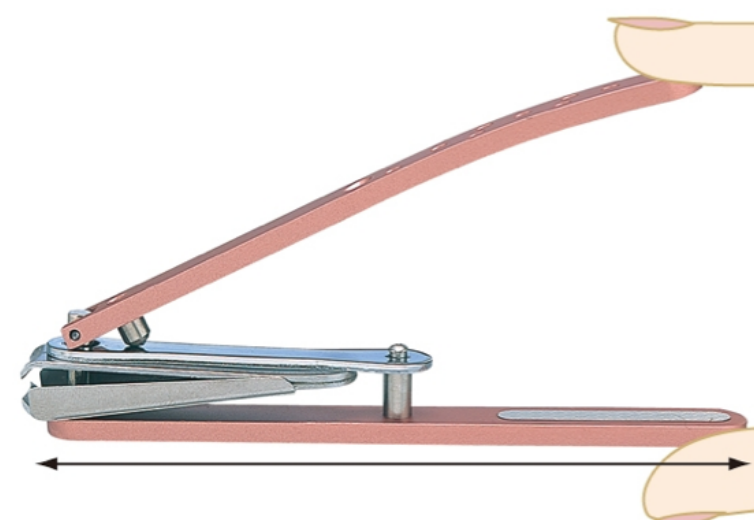
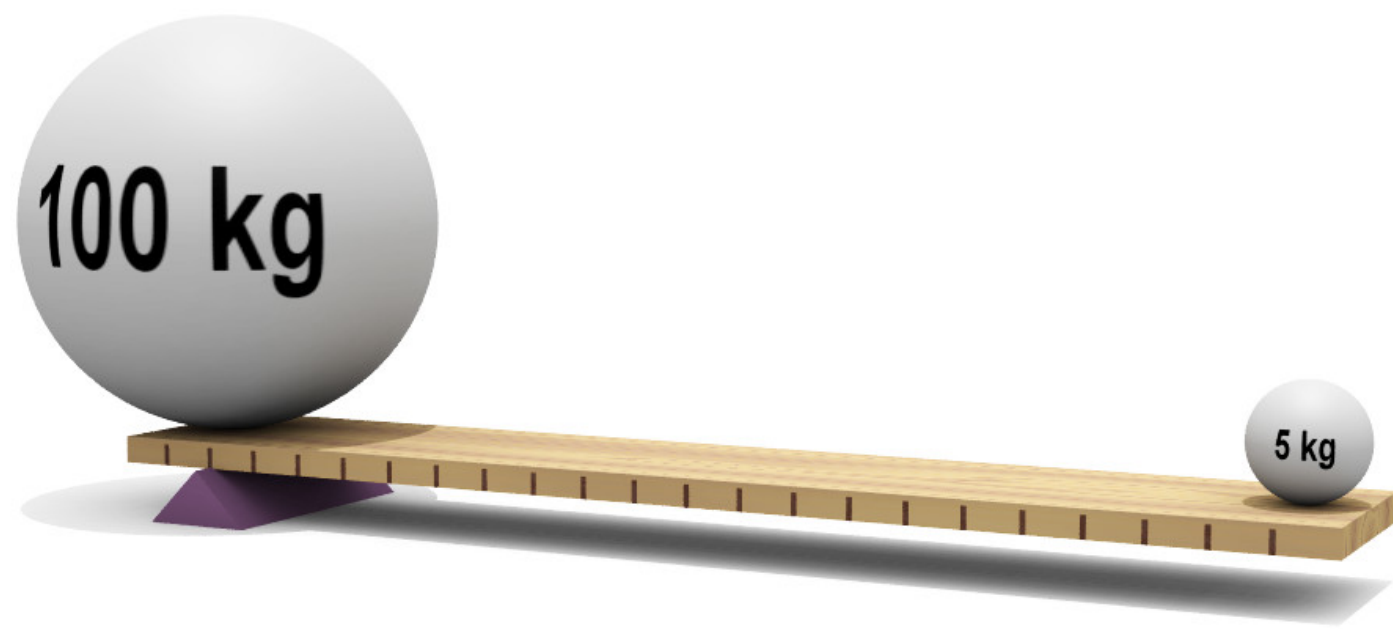
$$\begin{aligned} & (\text{力点から作用点の長さ}) \times (\text{力}) \\ = & (\text{支点から作用点の長さ}) \times (\text{力}) \end{aligned}$$



$$\text{右回りのモーメント} = (\text{長さ}) 4 \times (\text{おもり}) 2$$

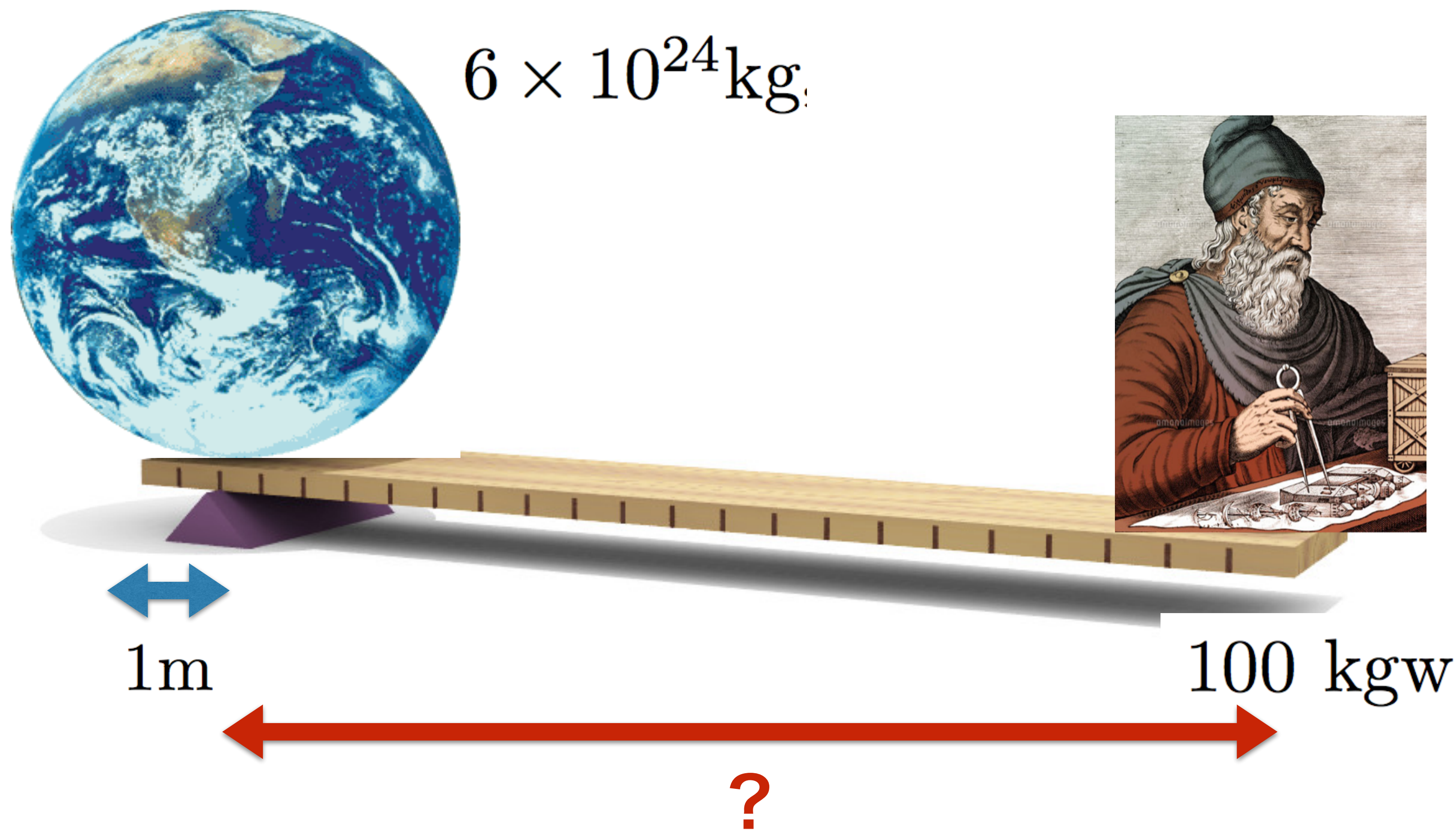
$$\text{左回りのモーメント} = (\text{長さ}) 2 \times (\text{おもり}) 4$$

てこの原理の応用



A force applied to the pedal produces a torque on the pedal wheel. This torque produces a tension in the chain that exerts a smaller torque on the rear-wheel sprocket due to its smaller radius.

「支点さえあれば、私は長い棒を使って地球を動かすことができる」



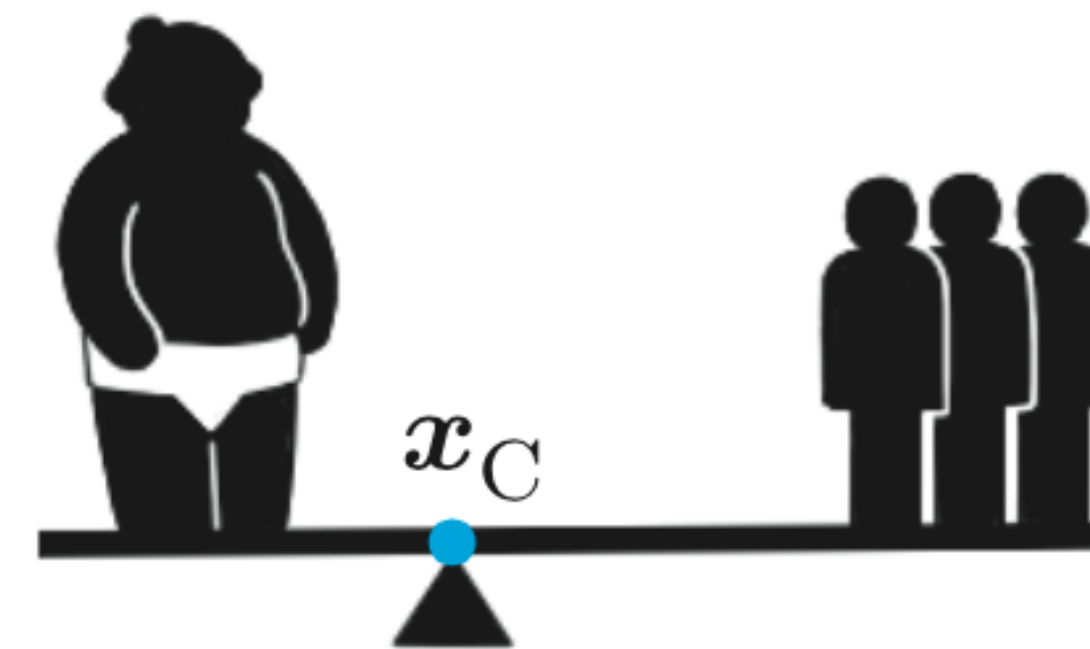
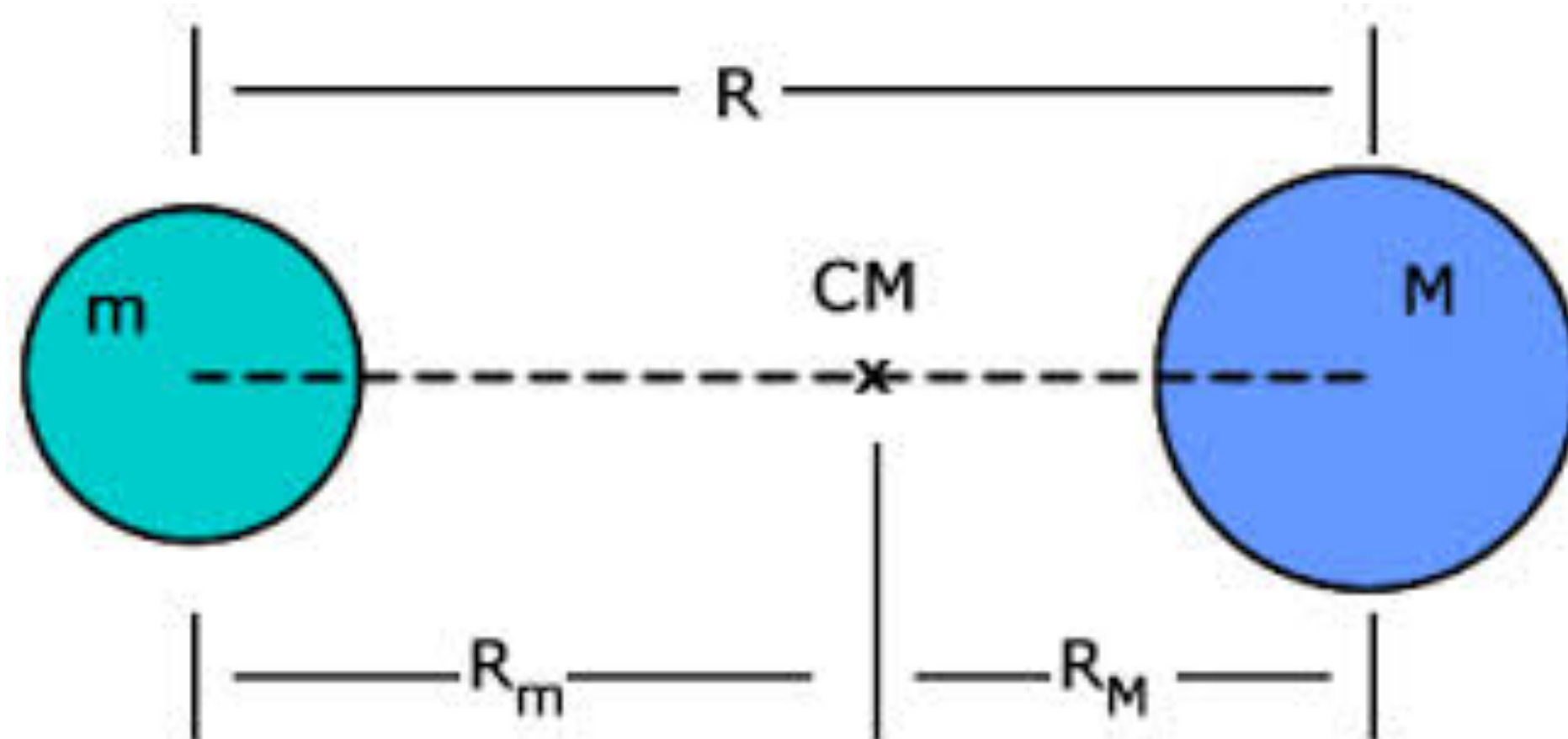
重心 (center of mass)

= モノの重さの中心

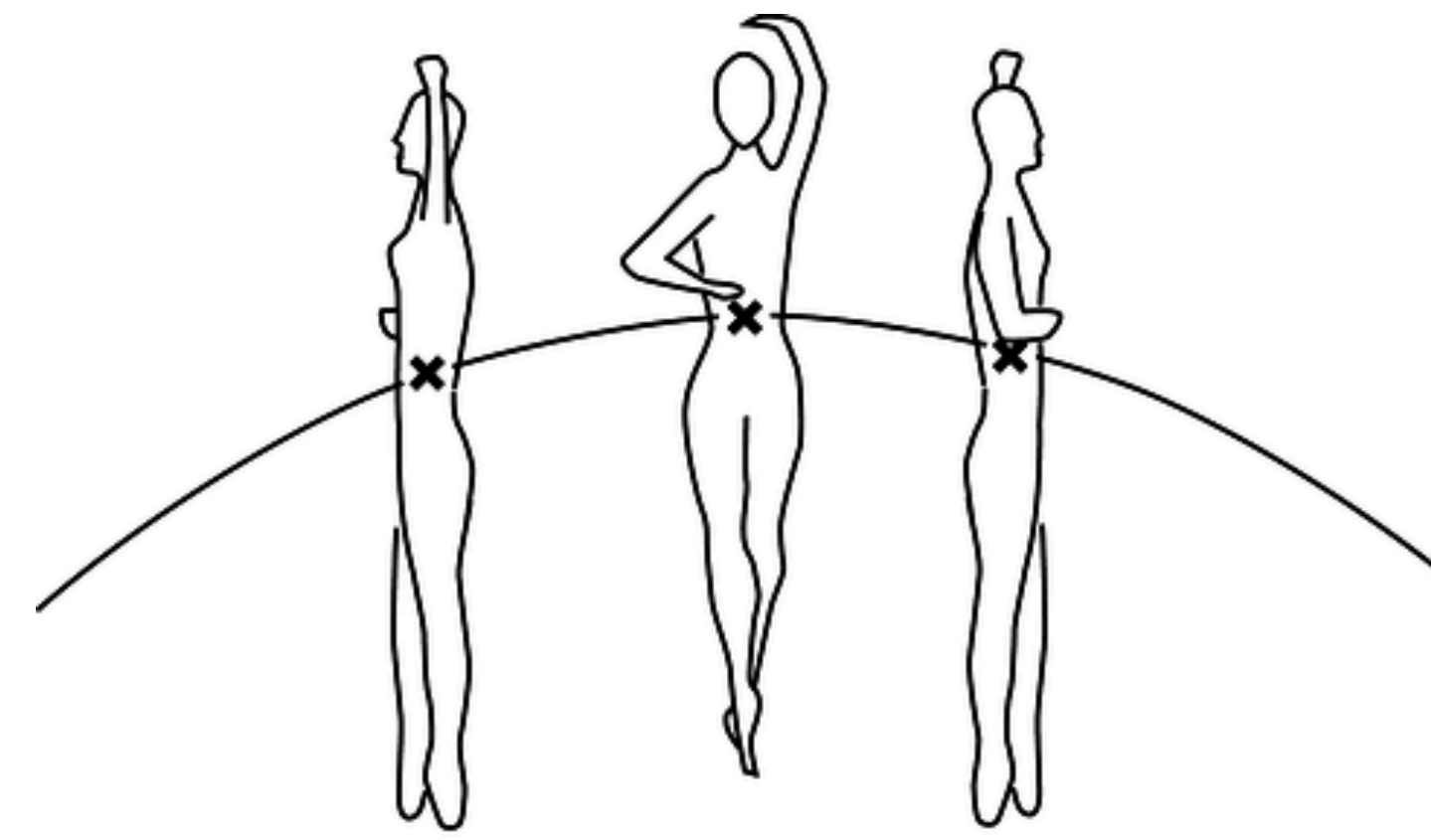
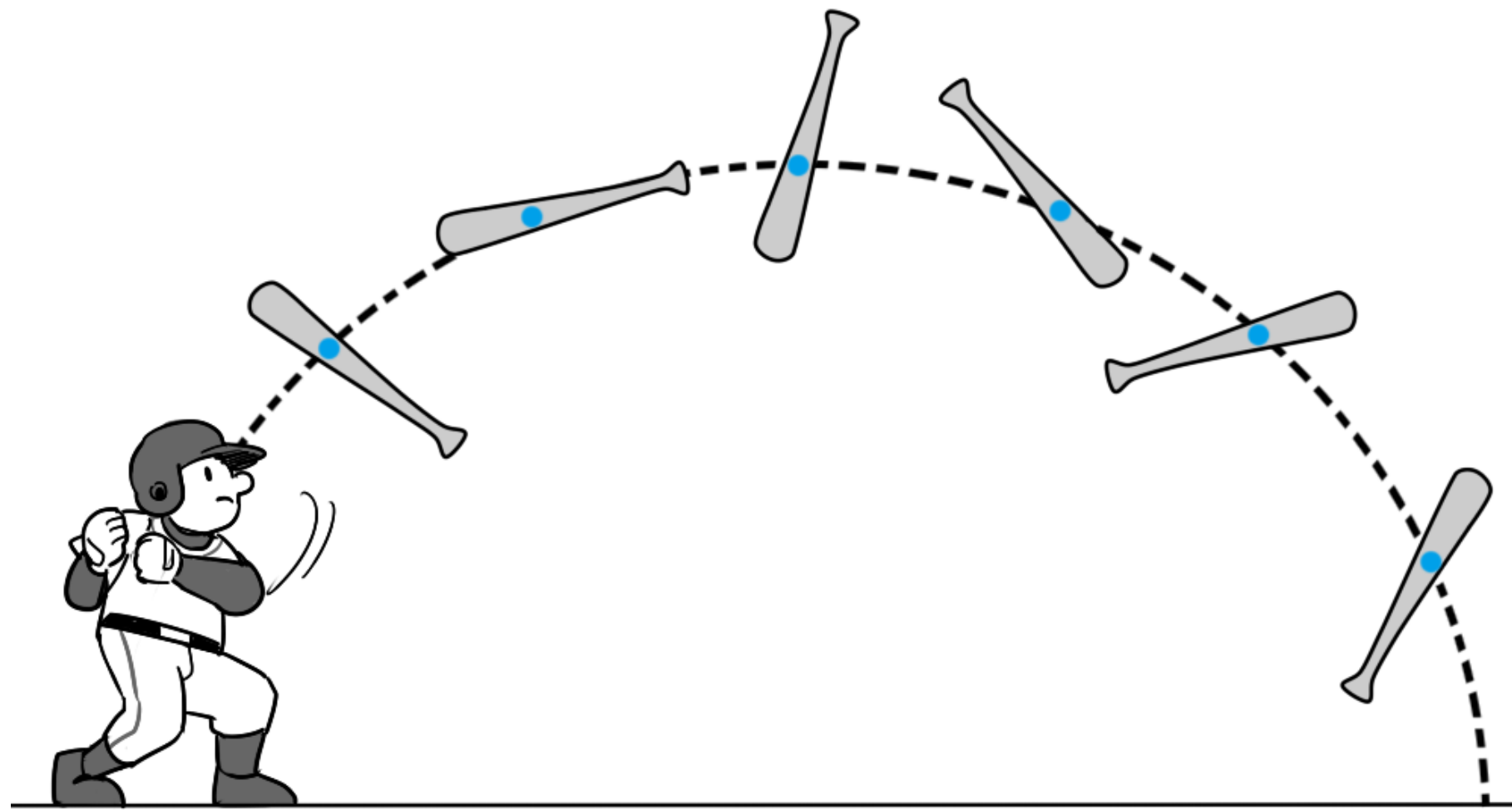
= 全体の重さが、その1点にあると考えてよい場所

2つの物体があるとき、質量 m_1 が位置 x_1 、質量 m_2 が位置 x_2 にあるとすれば、重心の位置 x_C は、

$$x_C = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \quad (2.26)$$



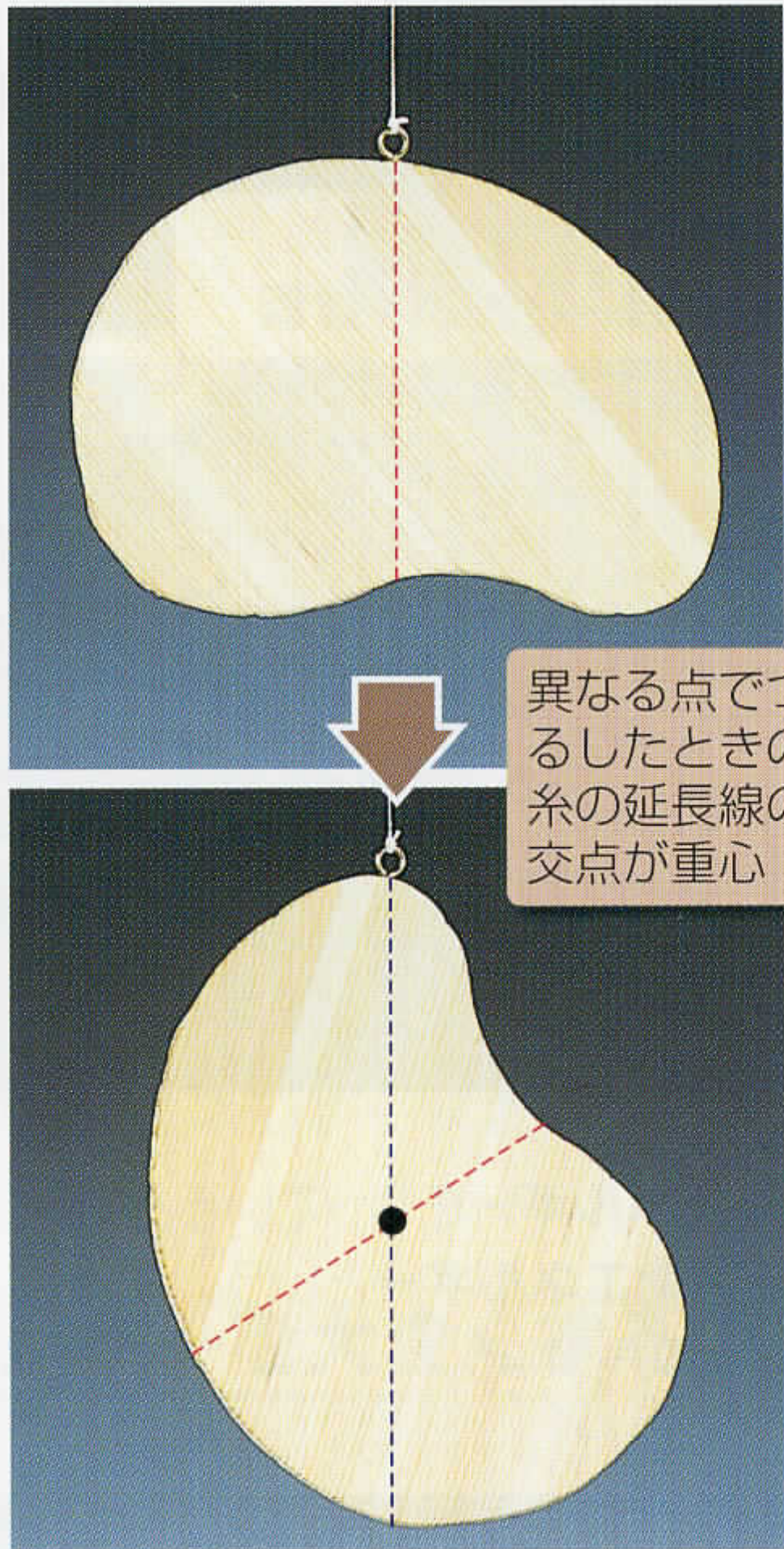
重心 (center of mass)



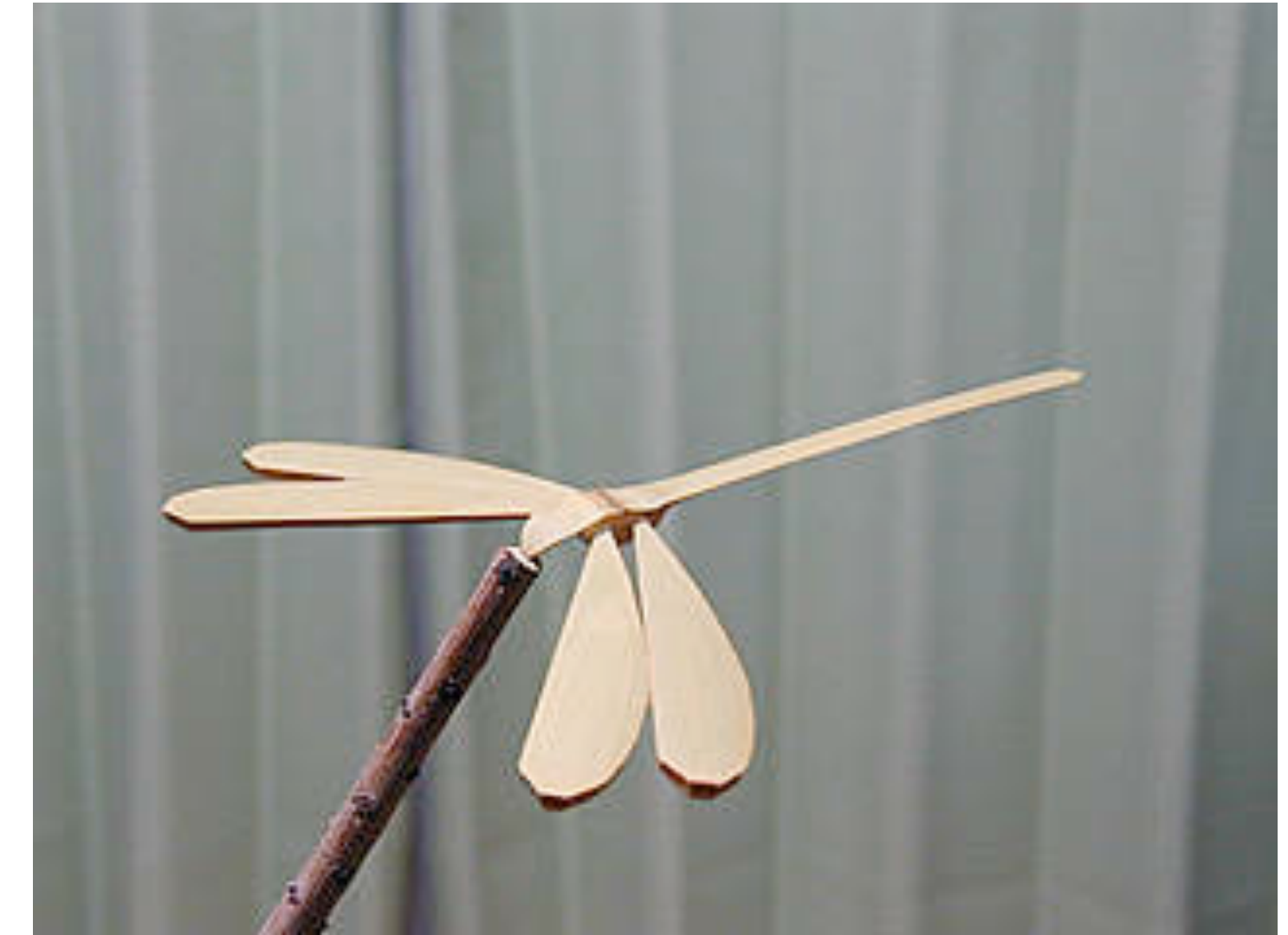
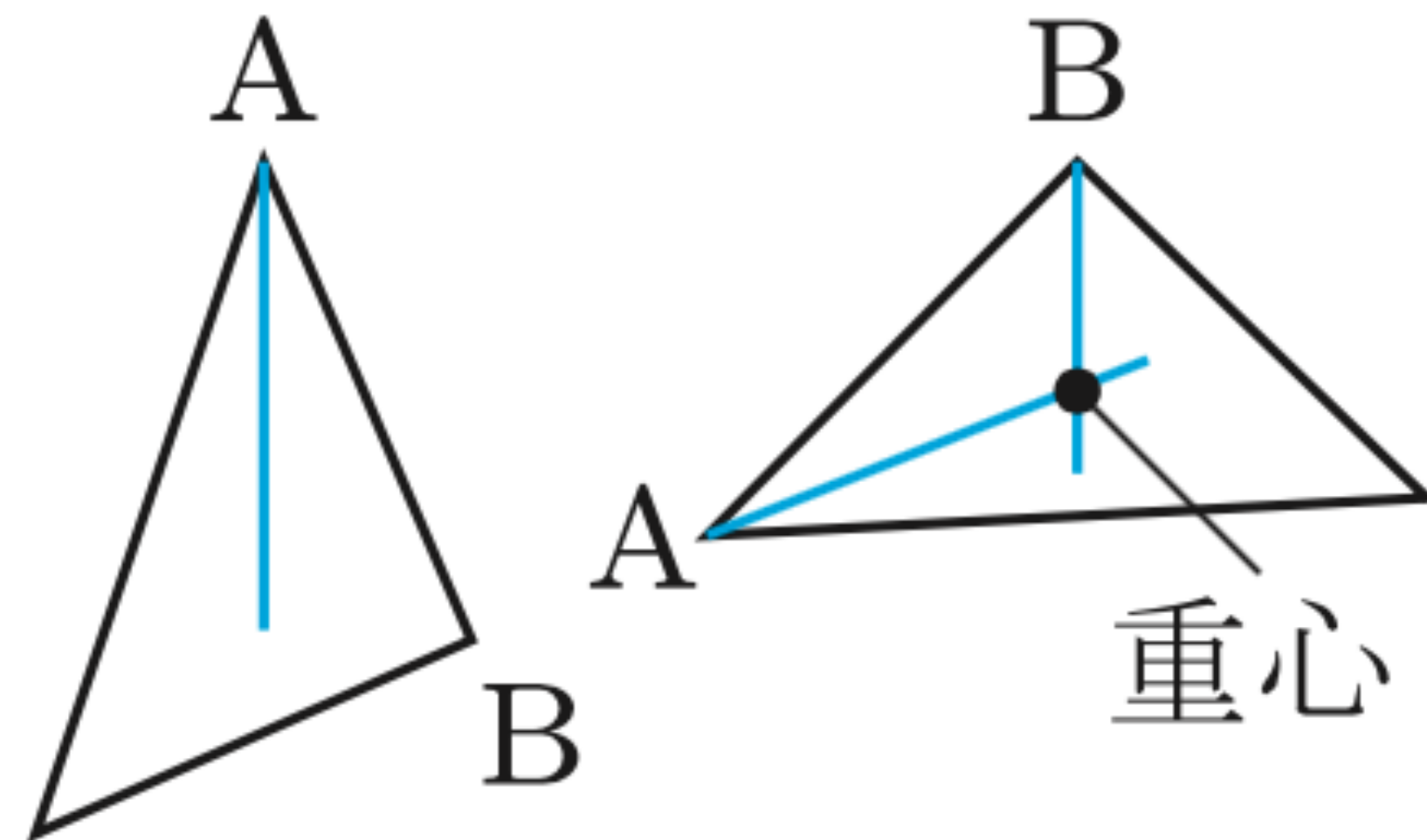
—x— center of mass

重心 (center of mass)

● 重心の求め方



剛体を糸でつるすと、重心は糸の延長線上にある。



日本のへそ（西脇市の主張）



「日本のへそ」西脇市

西脇市には、東経135度・北緯35度の交差点があり、ここが「日本列島の中心」に当たることから、「日本のへそ」のまちとしてPRしています。

東経135度と北緯35度の交点。経緯度で日本列島をみたとき、そこはまさに日本の中心にあたります。わたしたちは日々日本の中心に立つ喜びを感じています。



令和5年1月17日
総務省

統計トピックスNo.135

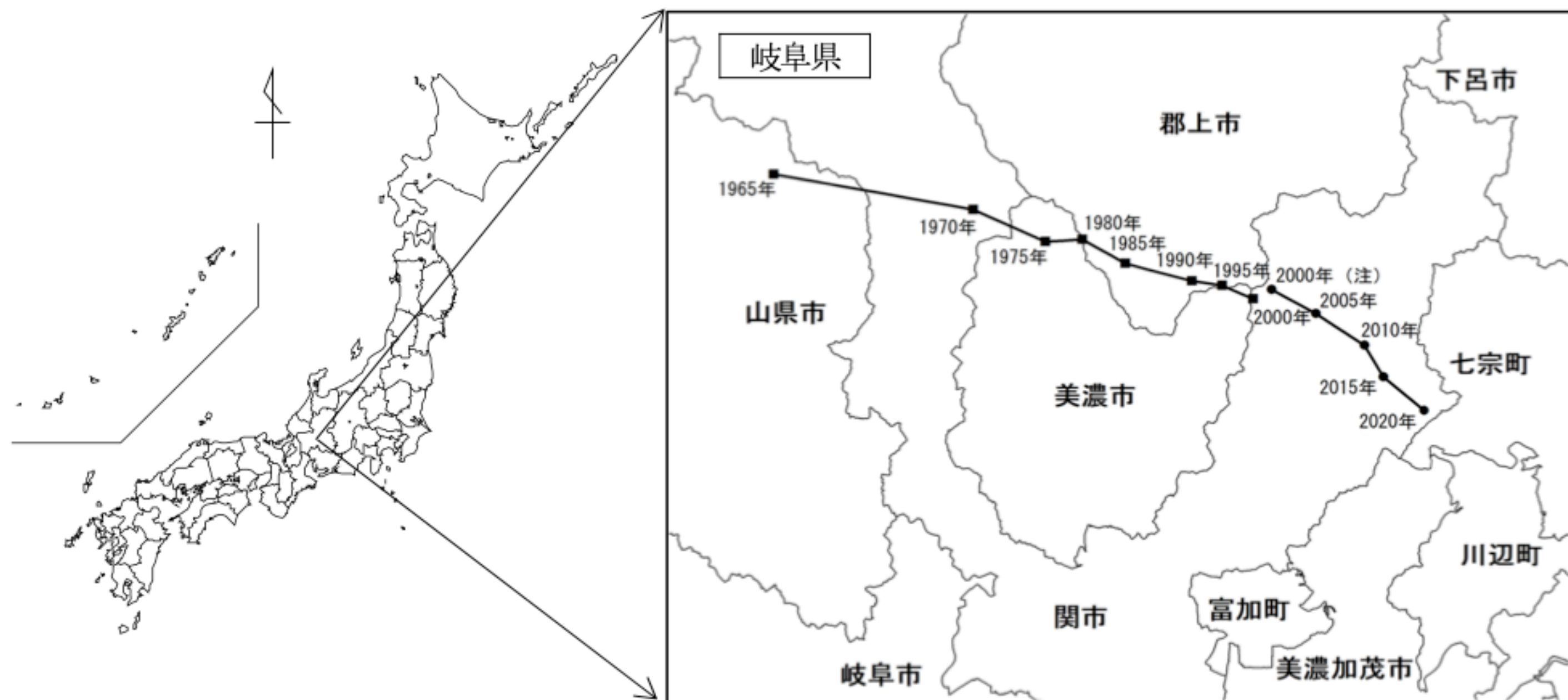
我が国の人口重心 - 令和2年国勢調査結果から -

人口重心とは、人口の一人一人が同じ重さを持つと仮定して、その地域内の人口が、全体として平衡を保つことのできる点をいいます。

国勢調査では、全数調査の利点をいかし、市区町村よりも小さい単位である町丁・字等や基本単位区（全国で約200万）別の集計を行っており、細かな地域分析を行うことにより、公共施設の適切な配置などの行政施策などに活用されています。

今回、令和2年国勢調査に基づく基本単位区別の人口を用いて、全国及び都道府県の人口重心について取りまとめましたので、御紹介します。

図1 我が国の人口重心の推移（1965年～2020年）



(注) 2005年から人口重心の算出方法を変更しており、2000年～2005年の移動距離を算出するため、2005年以降の算出方法により遡及計算したものの

図2-1 首都圏の各都県の人口重心の移動方向（2015年～2020年）

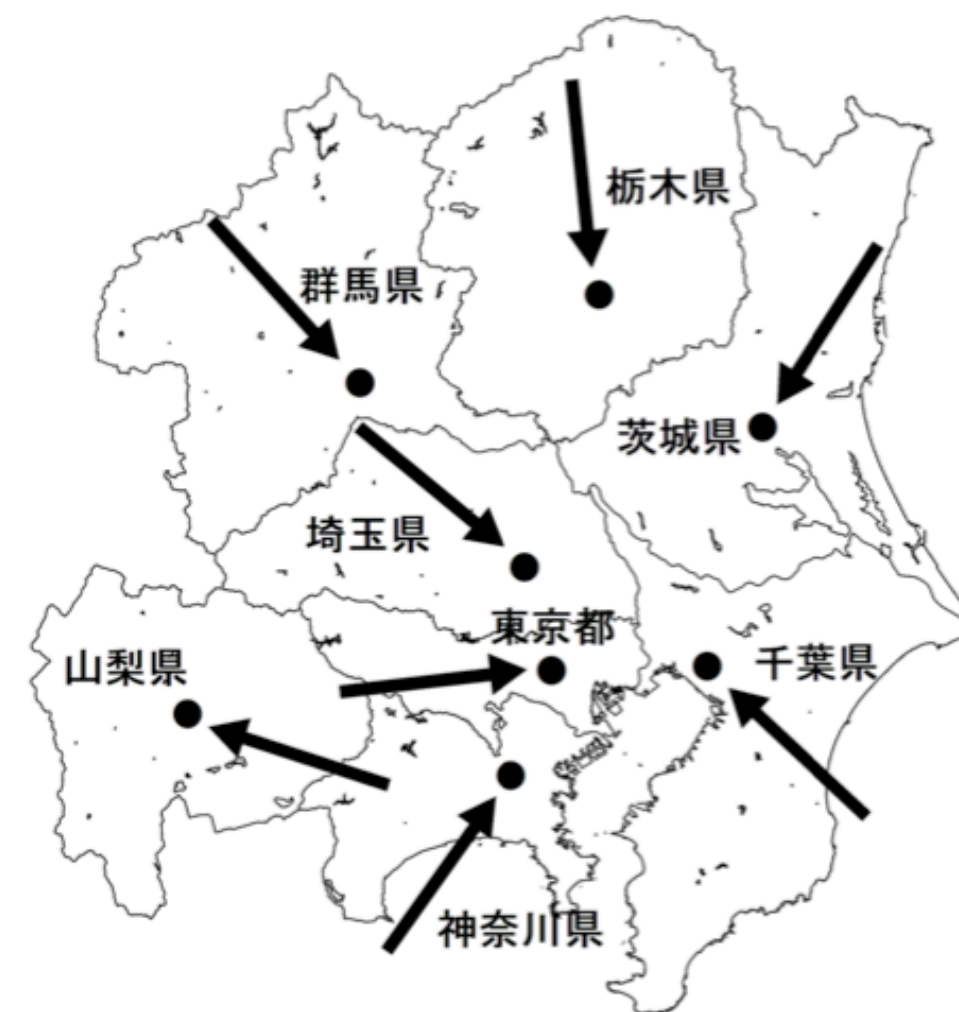


図2-2 近畿圏の各府県の人口重心の移動方向（2015年～2020年）



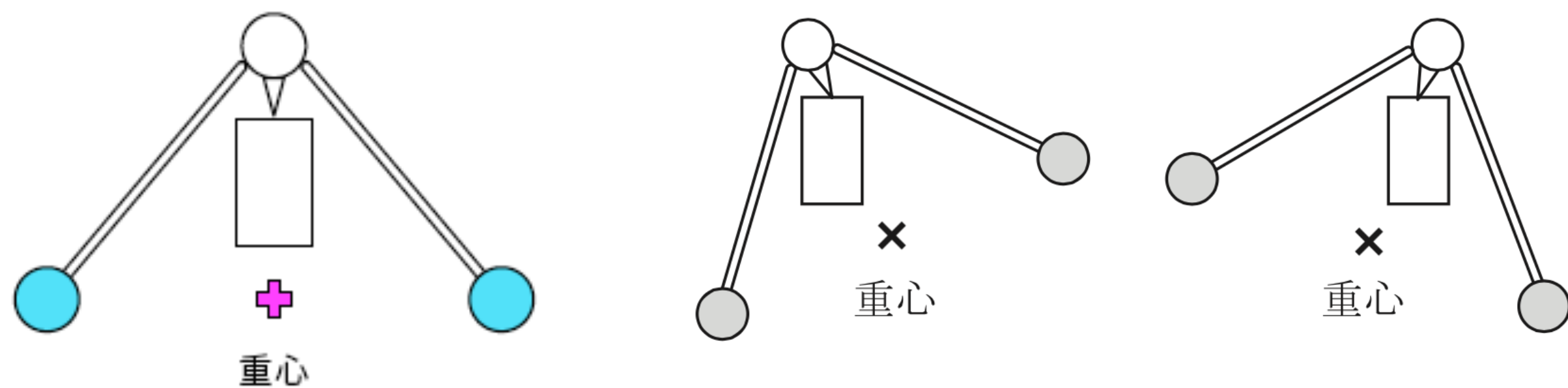


図 3: 傾いたやじろべえの重心

図 2: やじろべえの重心

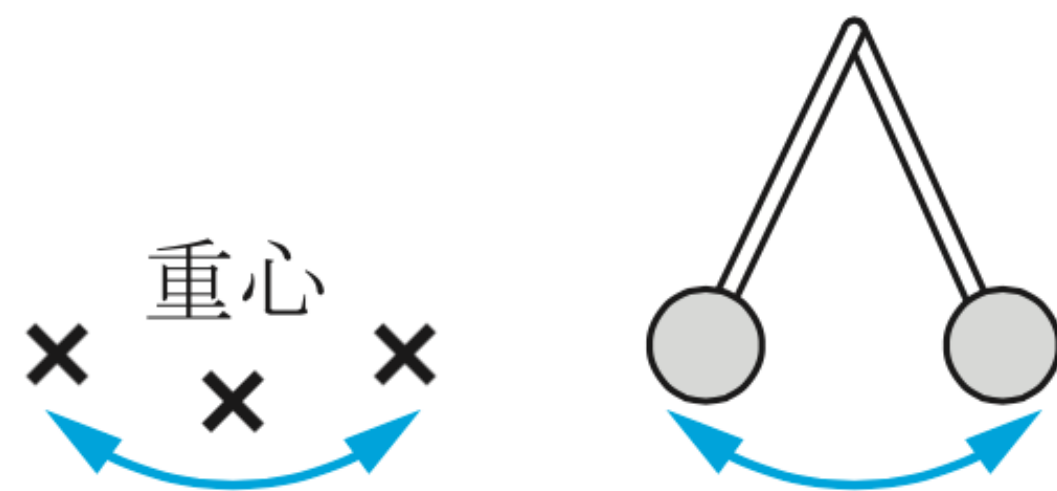


図 4: 左右に振れる様子は, 振り子と同じ.

私のイチ押し!

科学工作

このコーナーでは、工夫して改良を重ねた秘蔵の科学工作を紹介しします。やった人でないとわからない工夫・コツも満載です。ものを作り、実験する、実験に参加する楽しみと終わった後の満足感……、そんな理科の探検を楽しみましょう。

第 8 回 バランス遊び

真貝 理香
SHINKAI Rika

1.びっくり簡単! バランス遊び

まずは、350 ml (最も一般的な 66 mm 直径) の空のビールやジュースのアルミ缶に 100 ~ 150 ml の水を入れ、平らなテーブルや床の上で「斜め」に立ててみてください。あれれ!?



図 1 斜めに立った缶

工作コーナーなのに、糊も不要、トリックもなし! 缶は、実に簡単に立ちます。

次に、缶が倒れないように注意しながら、そっと回転させてみましょう。缶は斜めに自立した状態をキープしたまま、起き上がりこぼしのように回って止まり、まるで手品のような光景がくり広げられます。

これは、アルミの缶底は通常、斜めに成型されているため、床と接触する 2 点の幅の上に重心

るべえはどんぐり工作の定番ですね(図 2)。一般的なやじろべえは、図 3 のような形をしています。支点より重心が下にくるように、左右の腕の部分、中央の支点より長く下部に作ることがポイントです。



図 2 どんぐりのやじろべえ

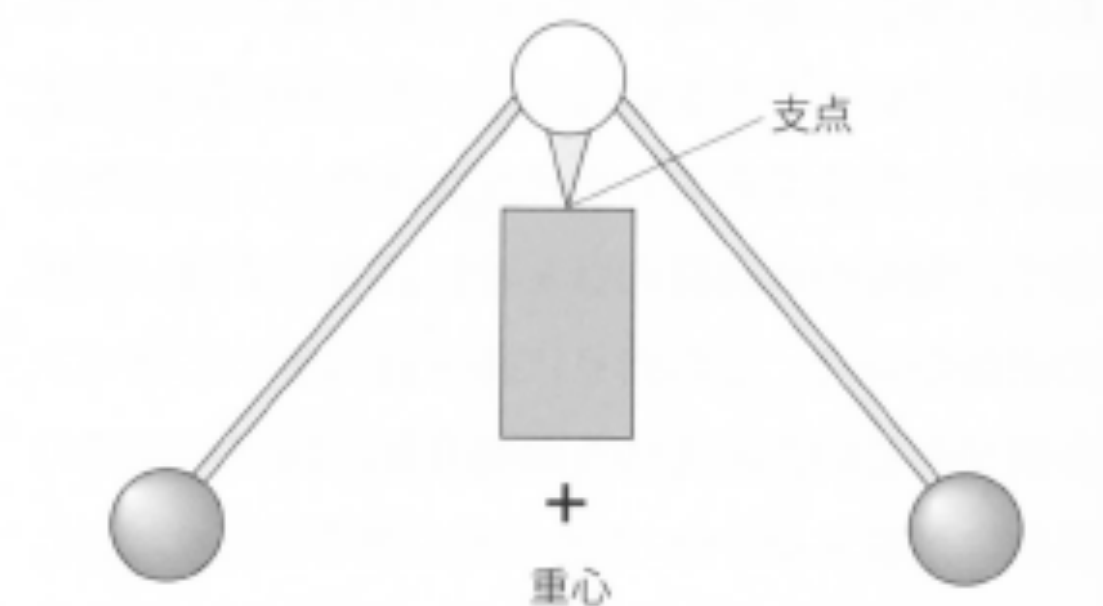


図 3 やじろべえ概念図

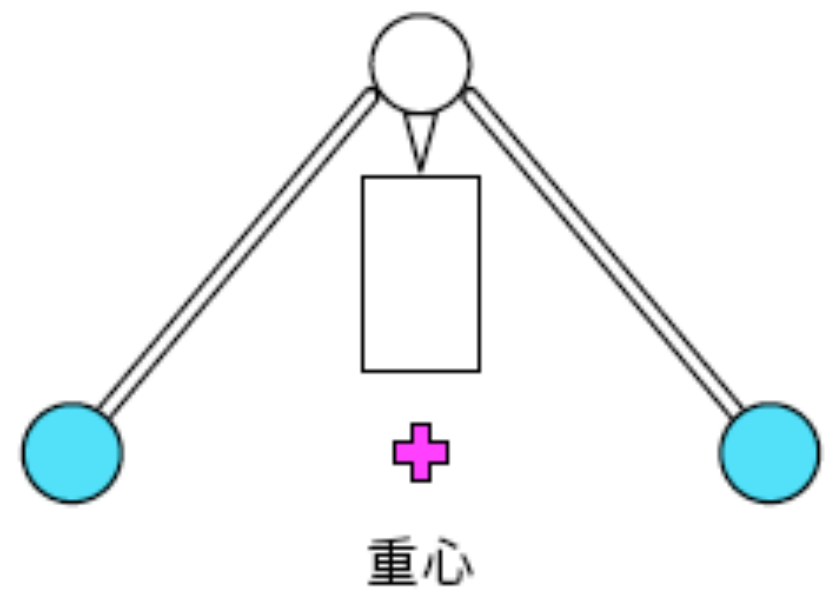


図 2: やじろべえの重心

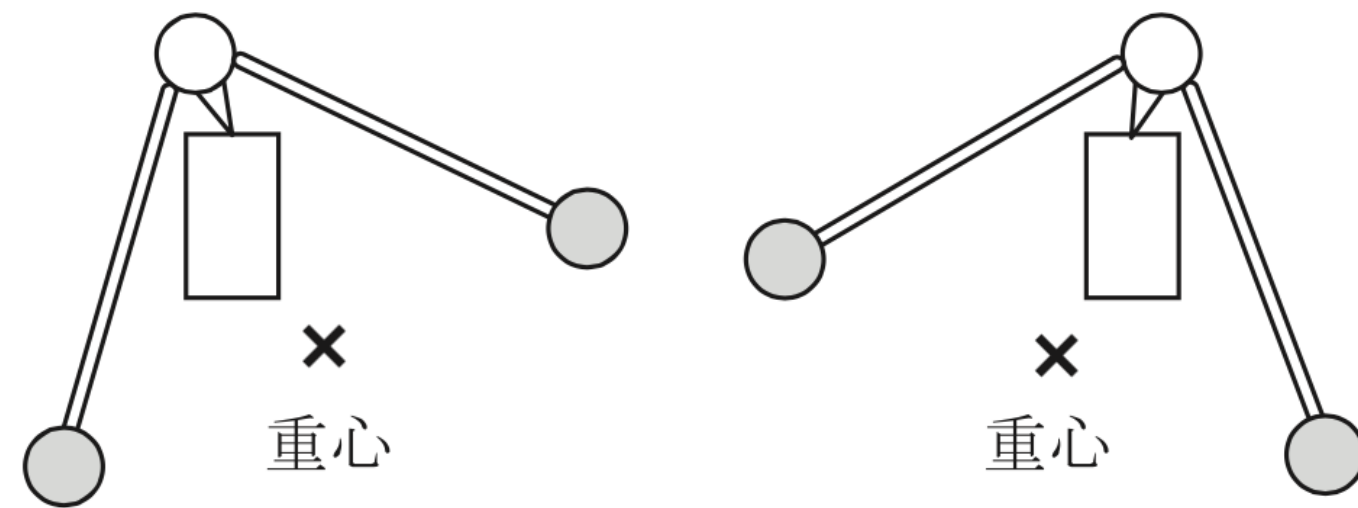


図 3: 傾いたやじろべえの重心

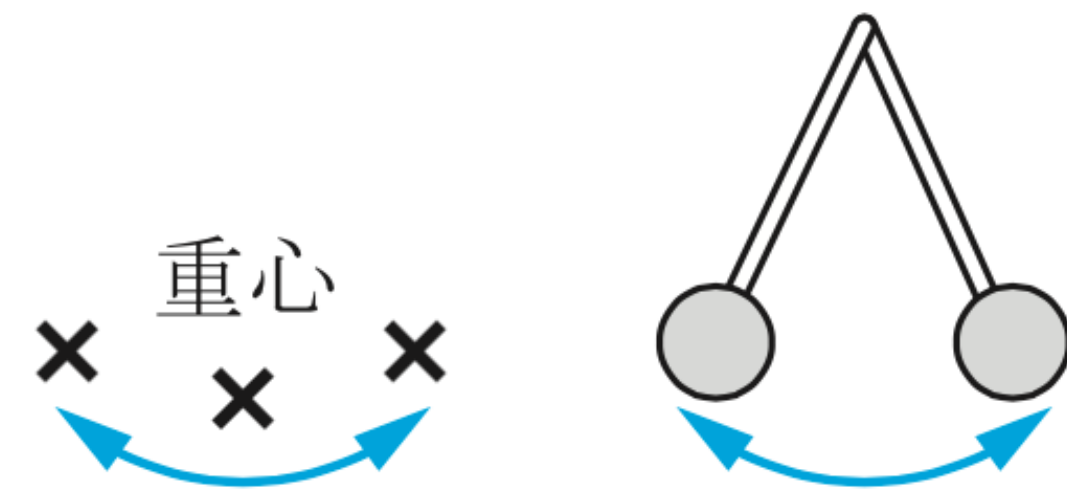


図 4: 左右に振れる様子は，振り子と同じ。

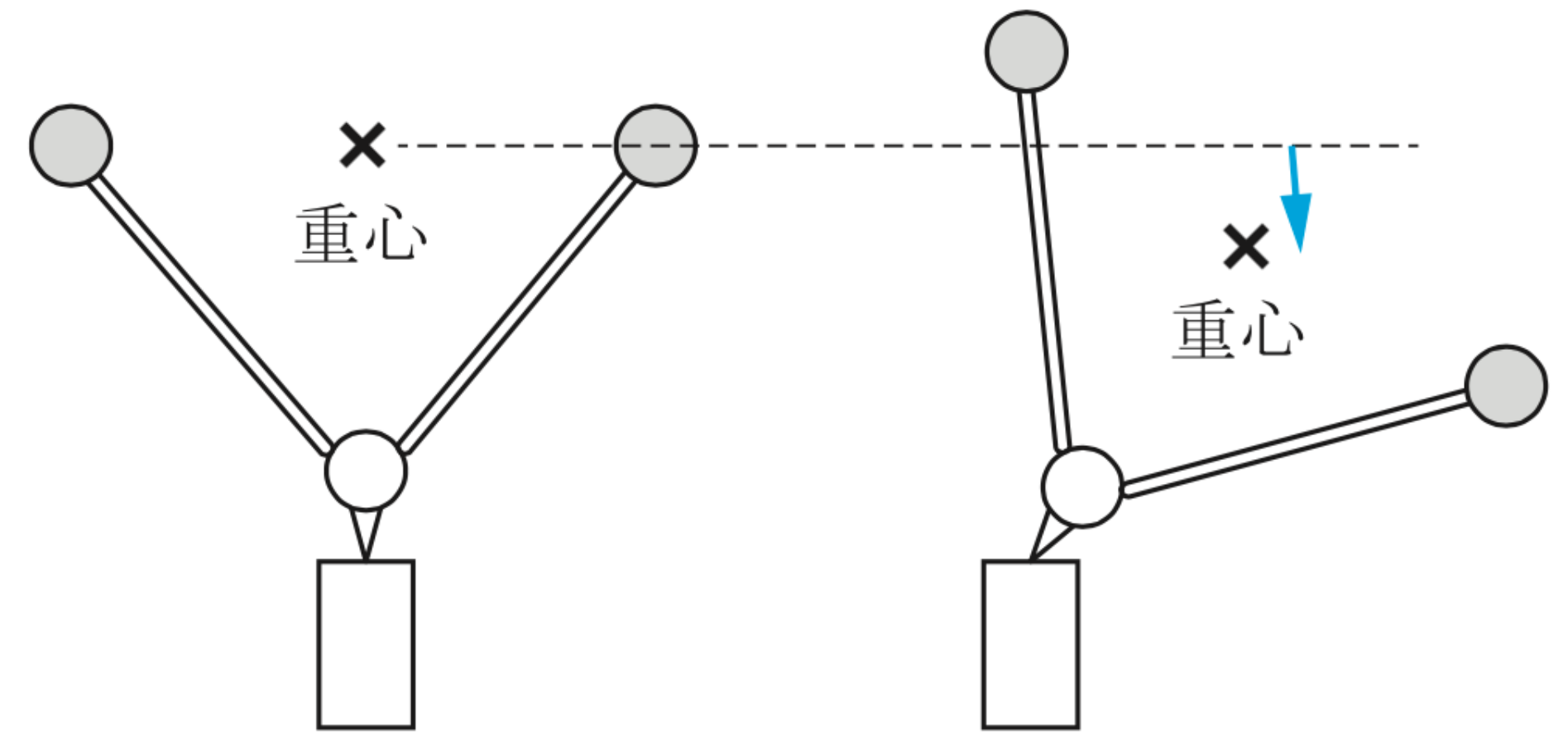
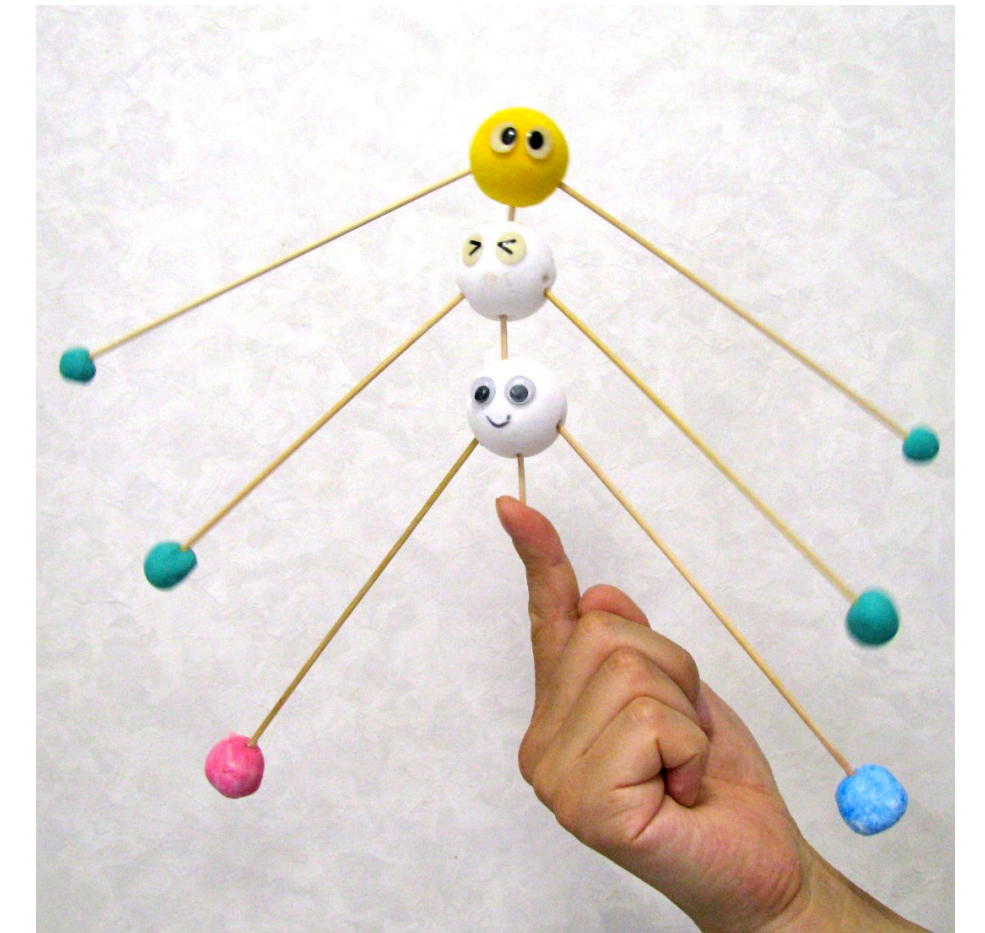
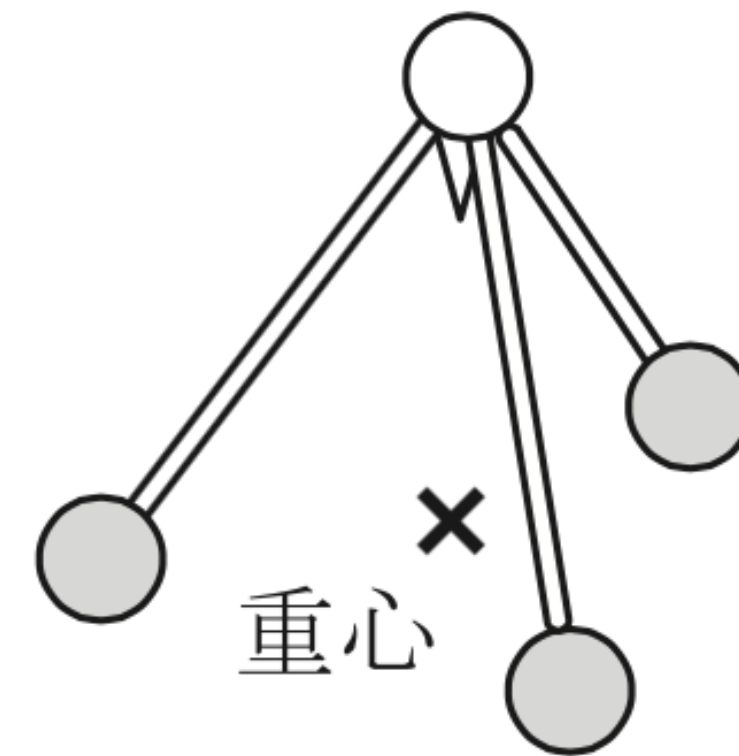


図 5: 支える点より上に重心があると，不安定になる



速さの定義

定義 速さ (1)

$$\text{速さ [m/s]} = \frac{\text{移動した距離 [m]}}{\text{かかった時間 [s]}} \quad (2.1)$$

定義 速さ (2)

速さ v を、次式で定義する。

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{速さ} = \frac{\text{移動した距離}}{\text{かかった時間}} \quad (2.3)$$

知っておくと便利な速度(基準とされる速度)

表 2.1 知っておくと便利な速さ

人の歩く速さ	分速 80 m (不動産広告で徒歩〇分というときの基準) 時速 4 km (江戸時代の距離の単位 = 1 里)
マラソン選手の走る速さ	分速 280 m (= 42.195 km / 150 分)
新幹線の速さ	時速 180 km = 3000 m/分 = 50 m/s
旅客機の速さ	時速 900 km
音速	340 m/s (温度 T によって若干変化する)
光速	30 万 km/s (1 秒間で地球を 7.5 周する)

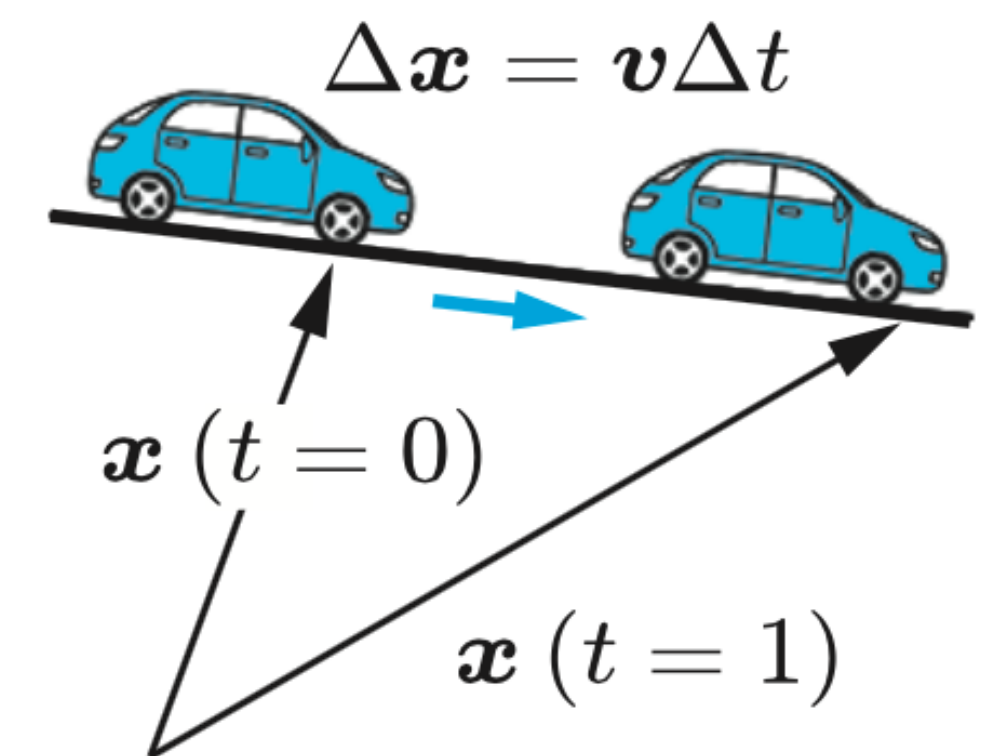
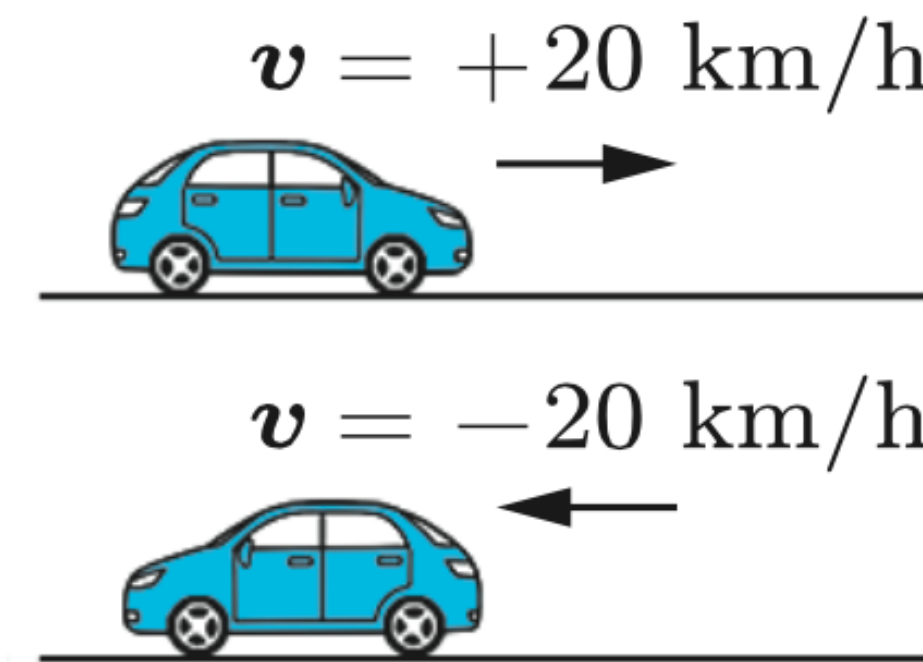
速度の定義

定義 速度

向きも含めて速さを定義したものが、速度である。

- 速度は、「〇〇方向に速さ〇〇」と向きを含めて表す。
- 直線方向で向きを指定するには、座標軸を使って、正 (+) の向きか負 (-) の向きかを付けて表してもよい。
- 平面上や空間内で向きを指定するには、ベクトルとよばれる矢印 (大きさと方向をもつ量) で表すことになる。ベクトルを太文字で表すことにすれば、次が成り立つ。

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\text{移動した位置 [m]}}{\text{かかった時間 [s]}} \quad (\text{単位は [m/s]}) \quad (2.4)$$



Topic 太陽が消えても…

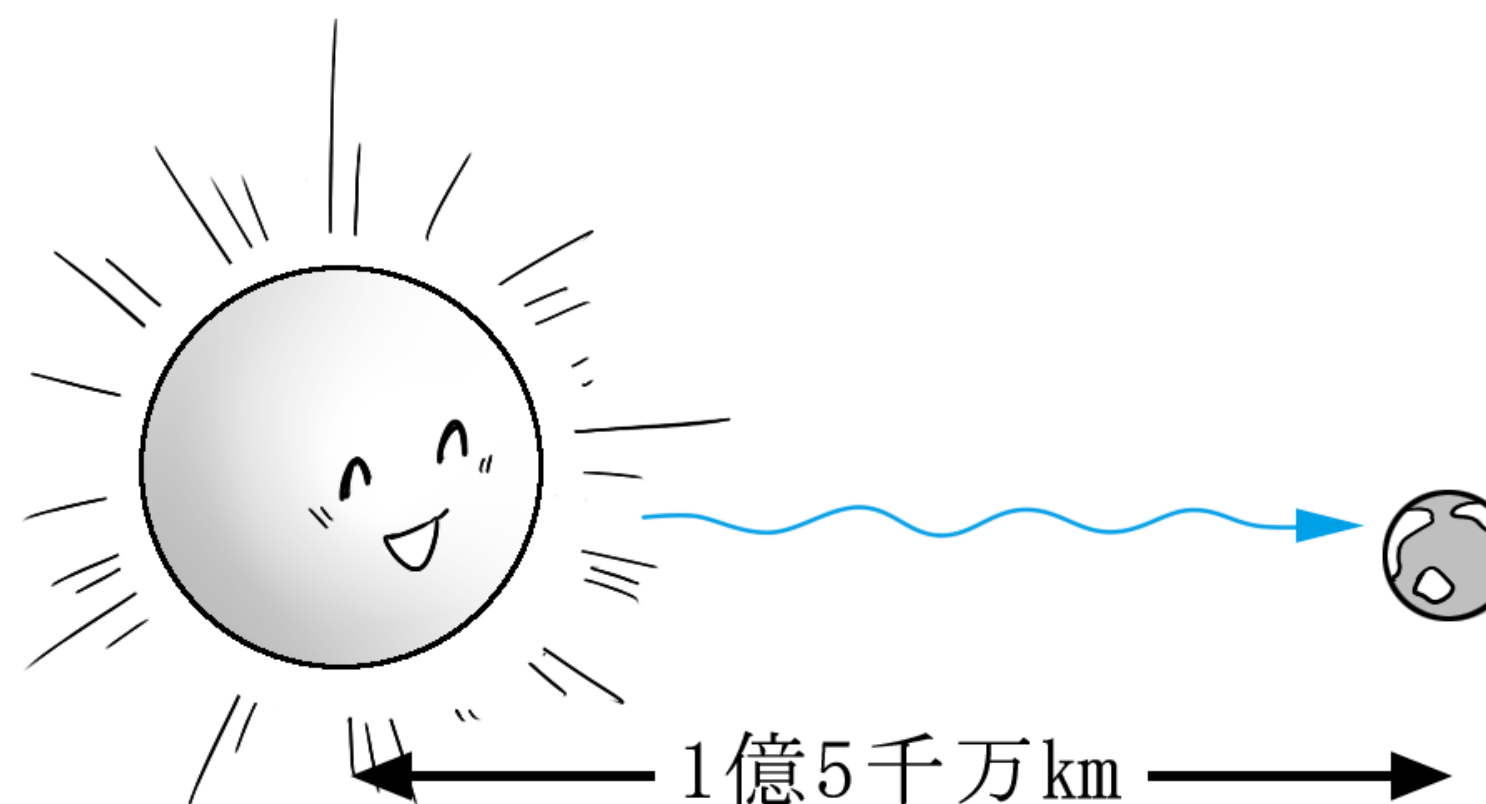
地球上では、光速は無限に速く感じられるが、宇宙空間では、光でさえも伝わるのには時間がかかる。太陽から出た光が地球に届くまでには、

$$\text{時間} = \frac{\text{距離}}{\text{速度}} = \frac{1 \text{ 億 } 5 \text{ 千万 km}}{30 \text{ 万 km/s}} = 500 \text{ s} = 8 \text{ 分 } 20 \text{ 秒}$$

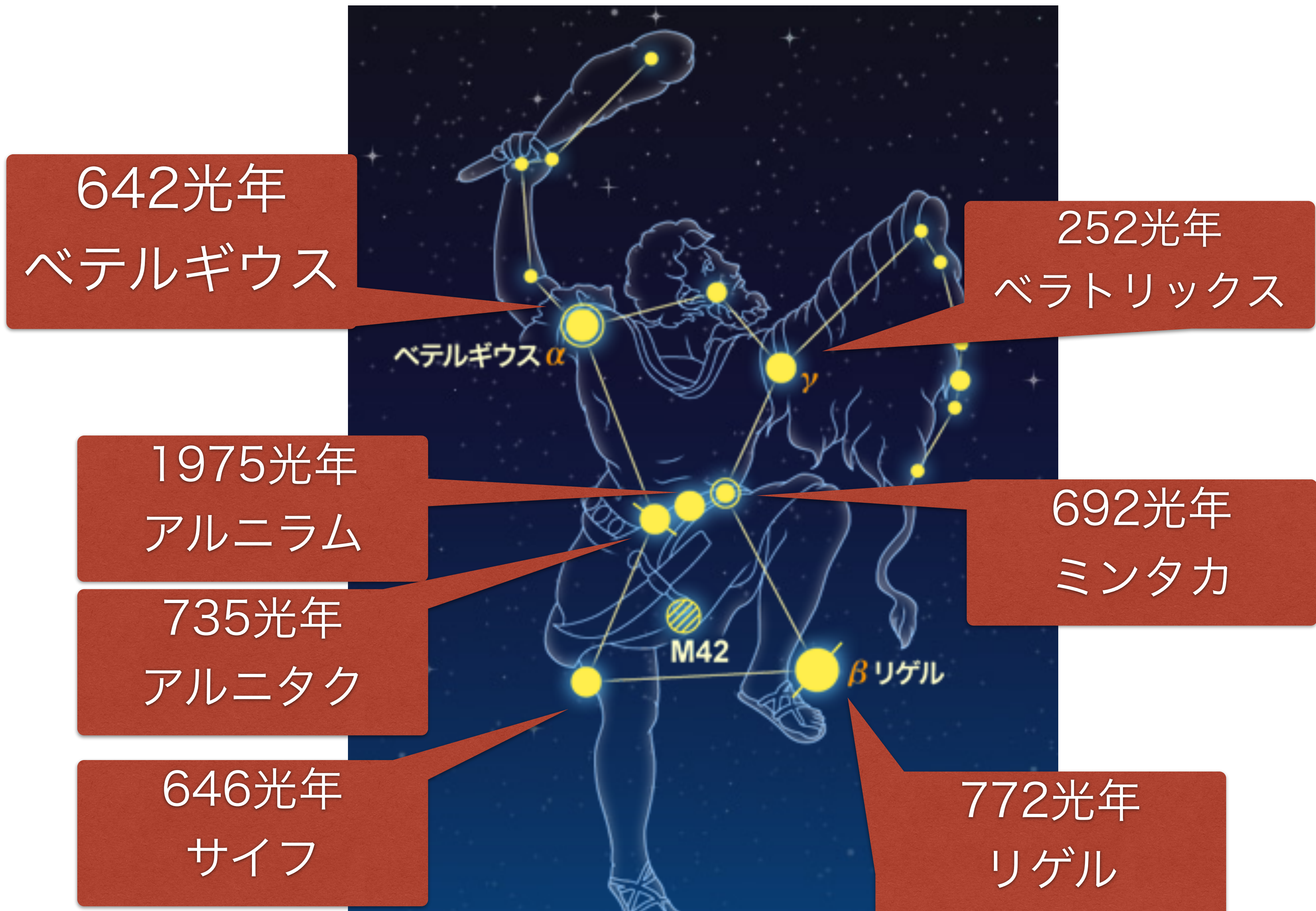
経過する。つまり、地球に届いている光は 8 分 20 秒前に太陽を出た光だ。いまこの瞬間に太陽が消失しても、地球では 8 分 20 秒の間、その事実が伝わらない。

夜空に輝く星も、地球に到達するまでには時間がかかっている。642±147 光年先にあるオリオン座のベテルギウス (図 1.11) は、もうすぐ超新星爆発で消失すると考えられているが、現実にはこの瞬間にはもう存在していないかもしれない。

$$\text{光速 } 30 \text{ 万 [km/s]} \times \blacksquare \text{ [s]} = \text{距離 [km]}$$

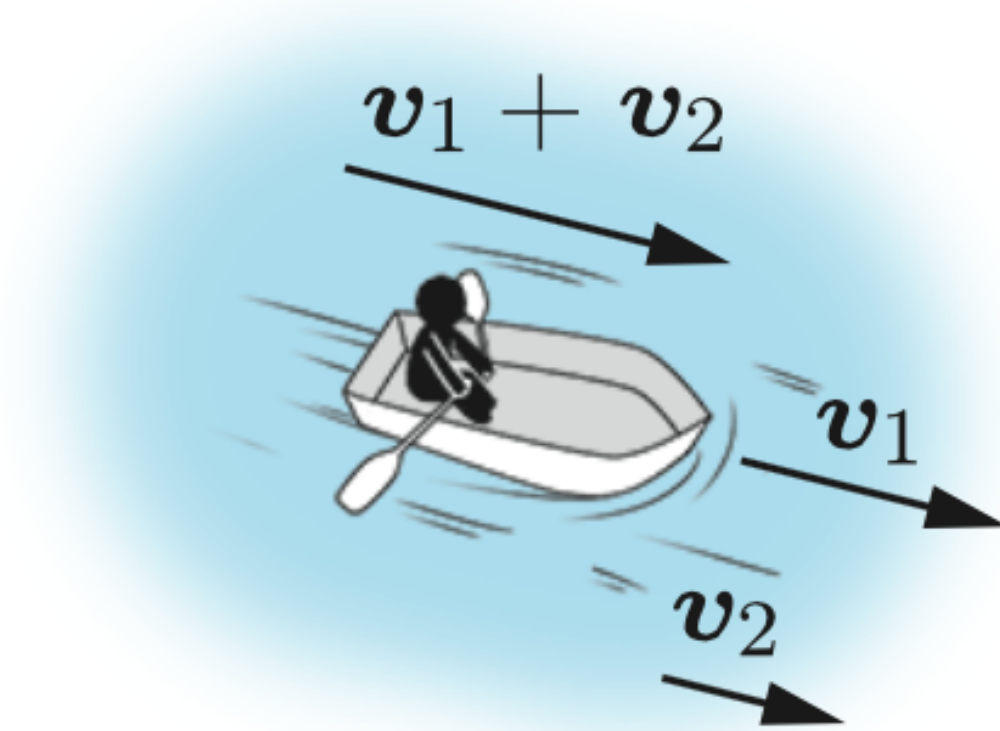


伝わるまでには時間がかかる 光速(2)

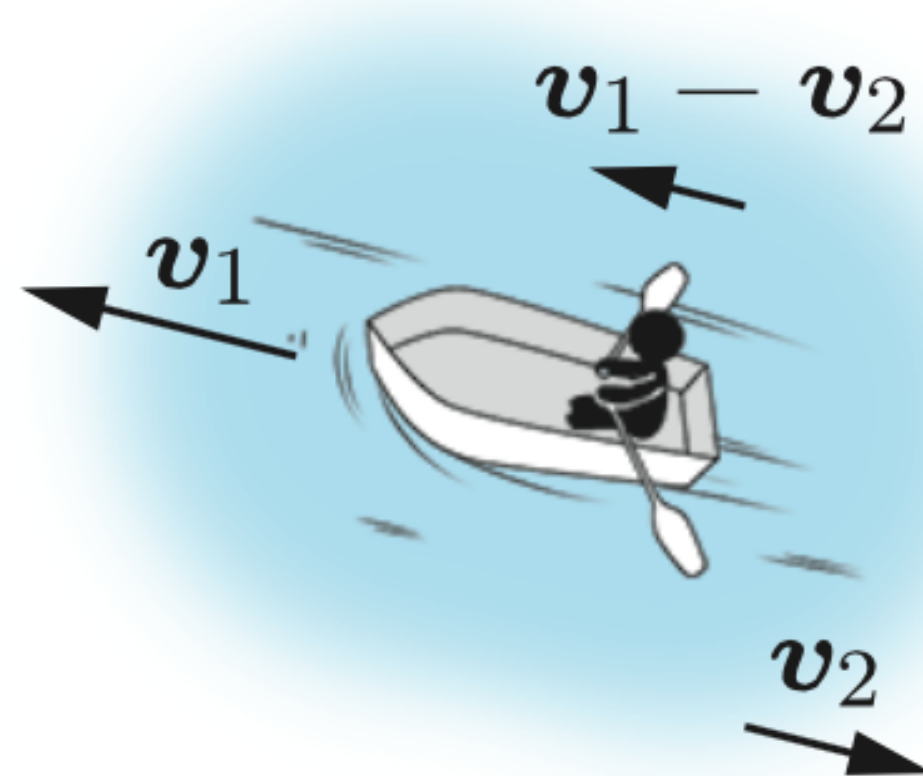


合成速度（足し算） ・ 相対速度（引き算）

$$V_{\text{合成速度}} = v_1 + v_2$$

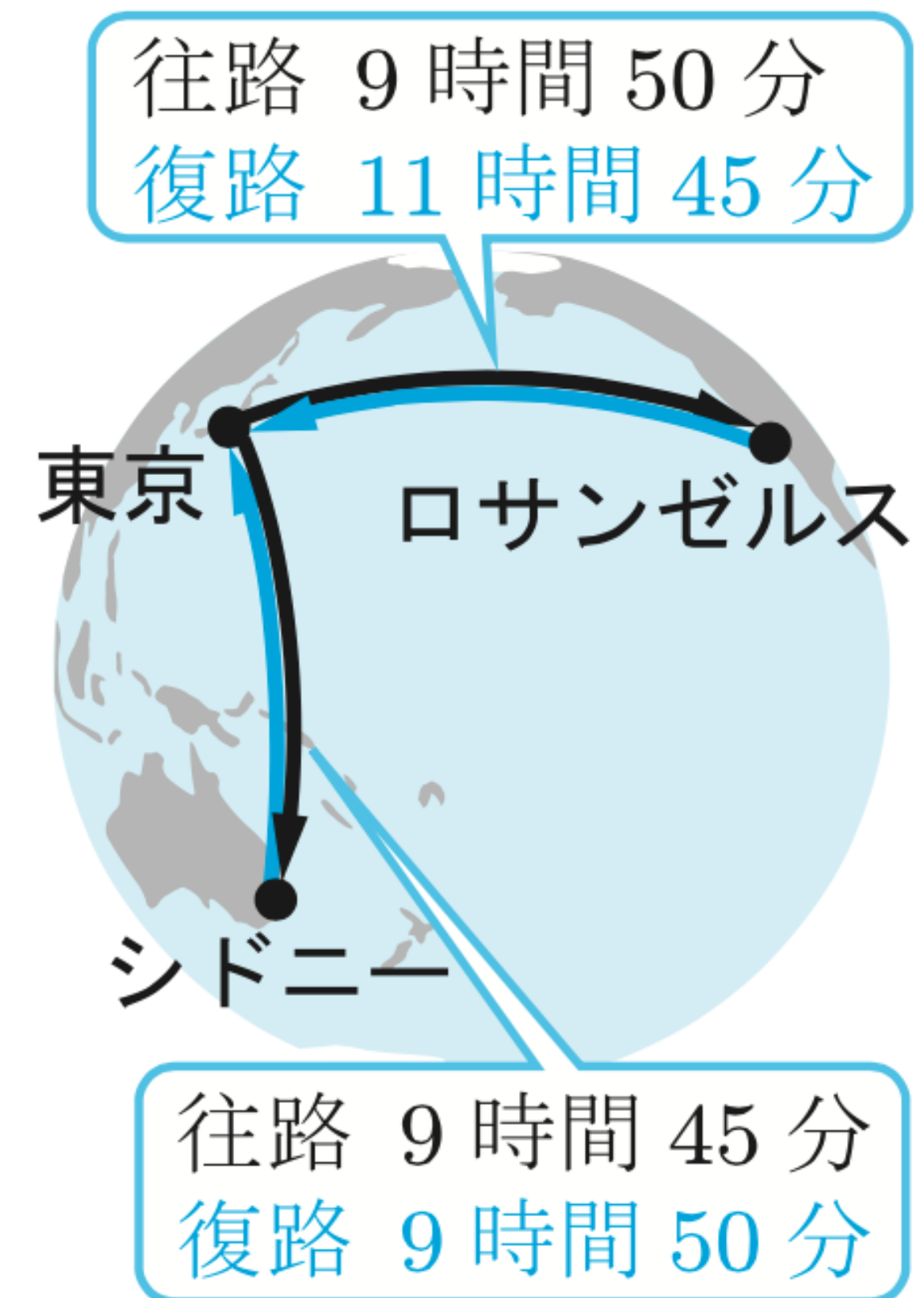


$$V_{\text{相対速度}} = v_{\text{相手}} - v_{\text{自分}}$$



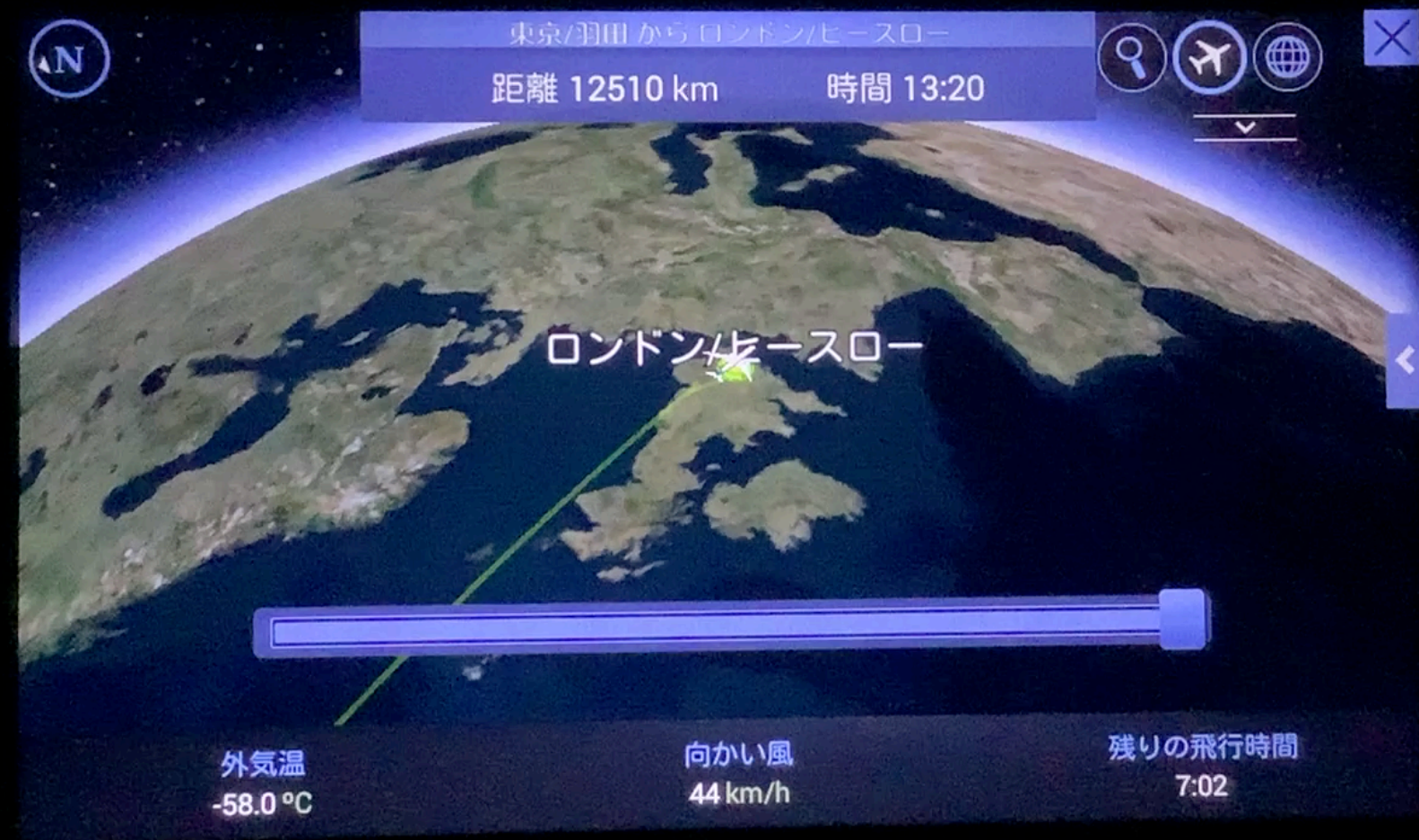
教科書 p29

偏西風を利用する航路



2022年9月10日
羽田発ロンドン着 NH0211便

2022年9月16日
ロンドン発羽田着 NH0212便



12510km 13時間20分



12452km 12時間50分

相対速度

(1) 追い抜かれる場合

(2) 追いつく場合



(3) すれ違う場合

速度の合成

時速100kmの車から時速100kmのボールを逆方向に投げたら ボールはどうなるか？



5'27"

相対速度

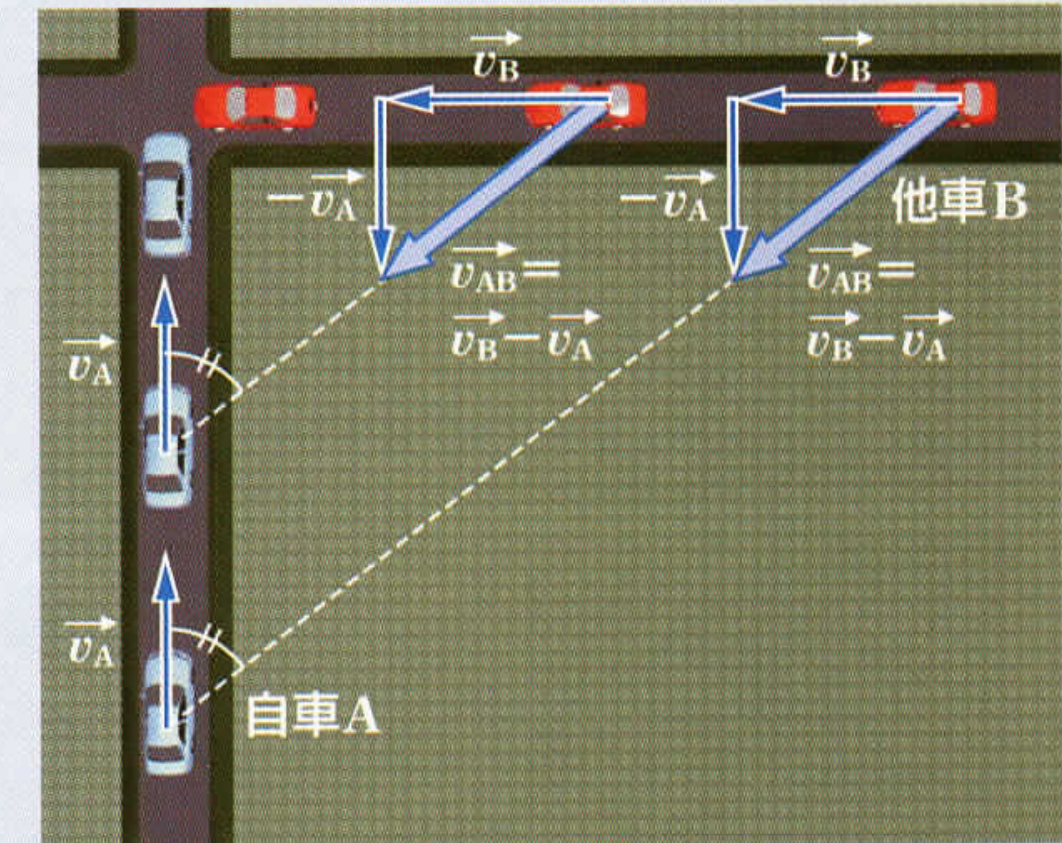
見通しのよい交差点で事故が起こるのは？

Column

見通しのよい交差点で事故が起こるのは

田園地帯のような、視界をさえぎるものが何もない交差点で、出会い頭の衝突事故が起こることがしばしばある。図のように、自車 A (速度 \vec{v}_A) と他車 B (速度 \vec{v}_B) が一定の速度で交差点に近づくと、A に対する B の相対速度 \vec{v}_{AB} も一定である。このとき A から見て B は常に同じ方向にあり、A に向かってまっすぐ近づいてくるように見える。このような場合、A の視野の中で B はほとんど動かず、また視野の周辺部は認識能力が低いことから、接近に気づくのが遅れ、衝突事故に結びつくことがある。

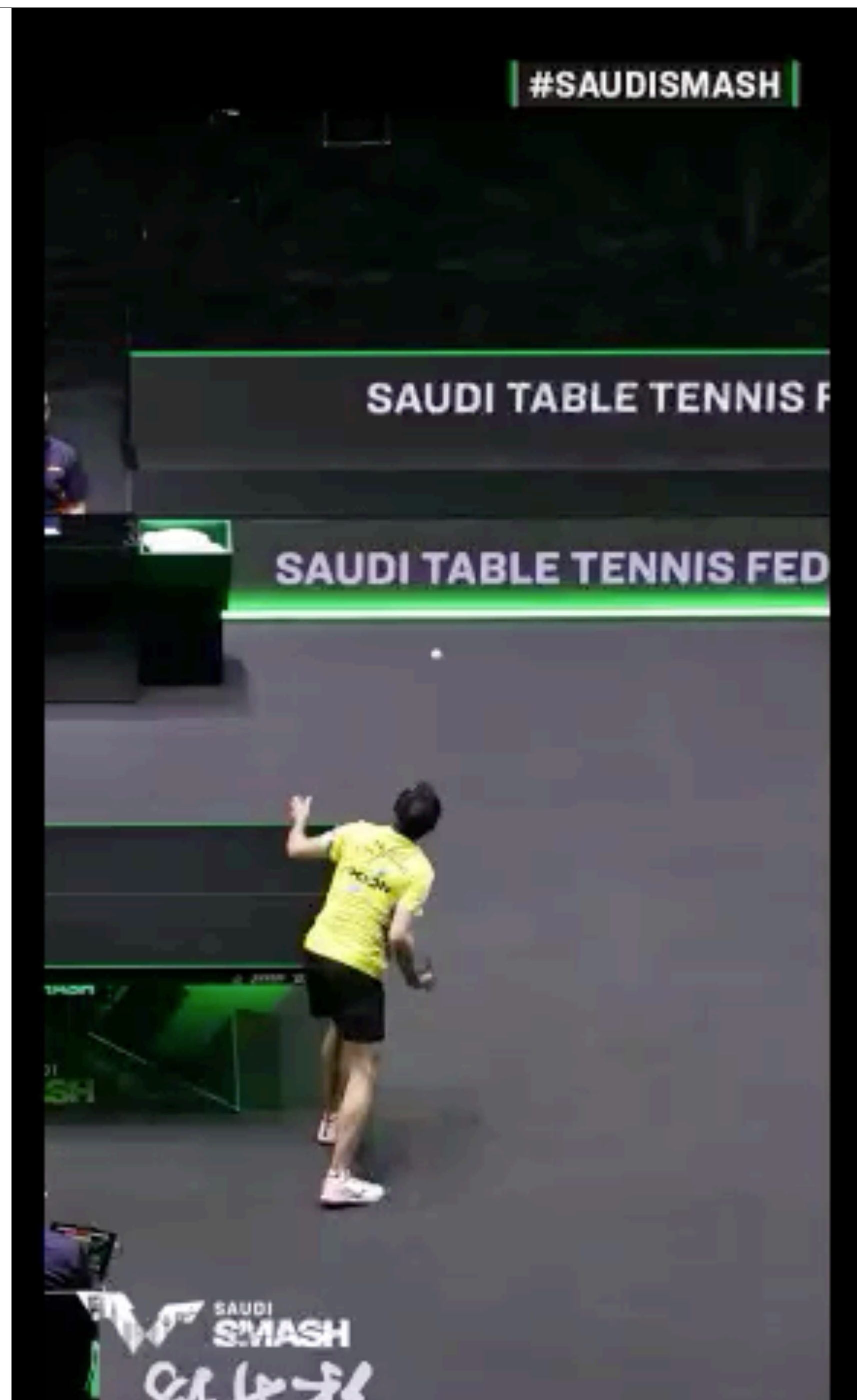
航空機でも同様の状況になることがある。そのような場合、両機はコリジョン(衝突)コースにあるという。空中衝突事故を防ぐため、飛行の際、コリジョンコースを避ける注意が必要である。



コリジョンコースのとき 接近する他車の視野中の位置が変わらないため、気づくのが遅れやすい。



卓球の球の速度を見て、
どんなことに気づきますか？



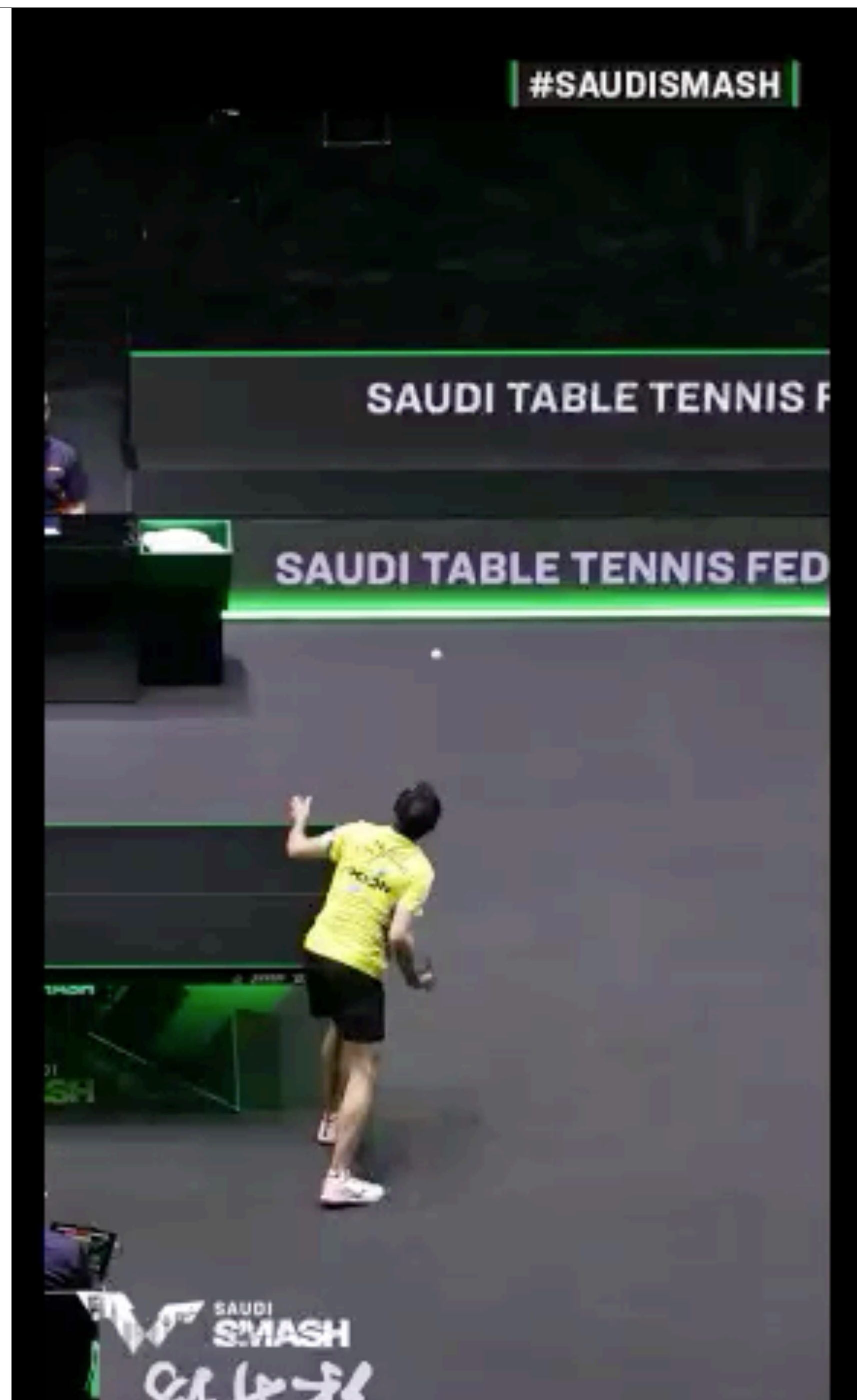
腕を大きく振ると、打つ返す球の速度が大きくなる。

球の速度が大きいと、直線に近く飛ぶ。
速度が小さいと放物線になる。

速い球を打ち返すと、比較的速い球になる。しかし、ラケットの持ち方や角度でゆっくり返すこともできる。

打ち返された直後がいちばん速く、
徐々に遅くなる。

卓球の球の速度を見て、
どんなことに気づきますか？



腕を大きく振ると、打つ返す球の速度が大きくなる。

球の速度が大きいと、直線に近く飛ぶ。
速度が小さいと放物線になる。

速い球を打ち返すと、比較的速い球になる。しかし、ラケットの持ち方や角度でゆっくり返すこともできる。

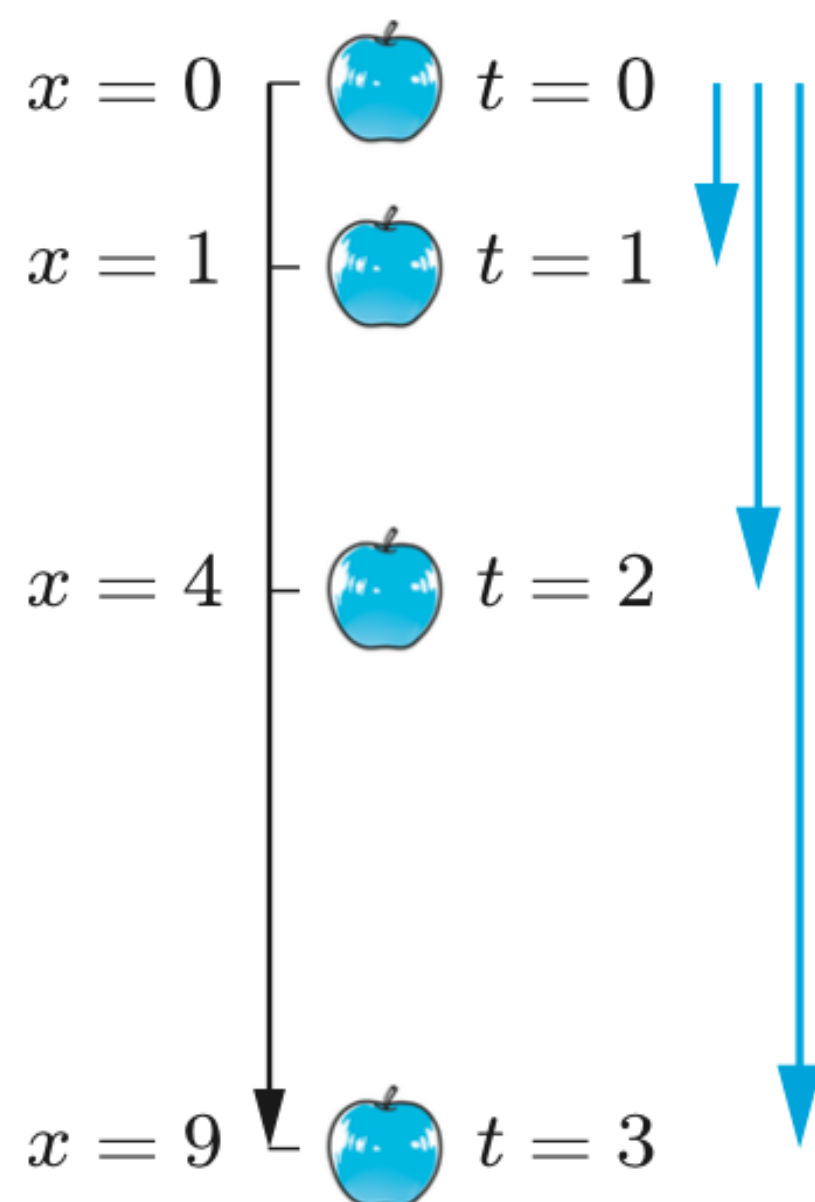
打ち返された直後がいちばん速く、
徐々に遅くなる。

加速度の定義

定義 加速度

速度の増減の具合を加速度として定義する。

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\text{速度の変化 [m/s]}}{\text{かかった時間 [s]}} \quad \text{単位は [m/s}^2\text{]} \quad (2.9)$$



物理では、**加速度が重要!**

- ①重力による自由落下は、加速度の大きさ $g=9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ の等加速度運動
- ②力を加えると、加速度が生じる（ニュートンの運動方程式）

表 2.2 おもな加速度の大きさ

乗り物	加速度 [m/s^2]	加速度 [G]
通勤電車（発進時）	0.7~1.5	0.71~0.15
エレベータ	< 1.0	< 0.10
乗用車（発進時）	1.5~2.0	0.15~0.20
旅客機（離陸時）	2.0	0.20
ジェットコースター	< 60	< 6.12
スペースシャトル（打ち上げ時）	30~40	3.06~4.08

自由落下運動

THE GREATEST FALL
BLUE FALL

ブルーフォール

驚異の107mからの垂直落下に
チャレンジ！

垂直落下型スリルライドでは驚異の高さを誇る「ブルーフォール」。高層ビル約35F、107mの高さから落下する最高速度は

125km/h、最大加重4G、さらに"フェイント・ドロップ"という2段落としの仕掛けで、スリルたっぷり。

ここがポイント！

スリルライドが大好きな人は、最初から靴を脱いでおくのがおすすめ。足の裏からじかに風圧を感じて、より恐怖感が増すんだって。ぜひ試してみて！

自由落下

ブルーフォール

(横浜・八景島シーパラダイス)

© 数研出版

画面の縦横



落下時にHDオフ



衝突時のエアバッグ

運動1

等加速度直線運動

等速運動する物体の位置

はじめ (時刻 $t = 0$), 物体の位置が $x(0) = x_0$ であったとする. 一定の速度 v で運動すると, 時刻 t での加速度, 速度, 位置は次の式で表される.

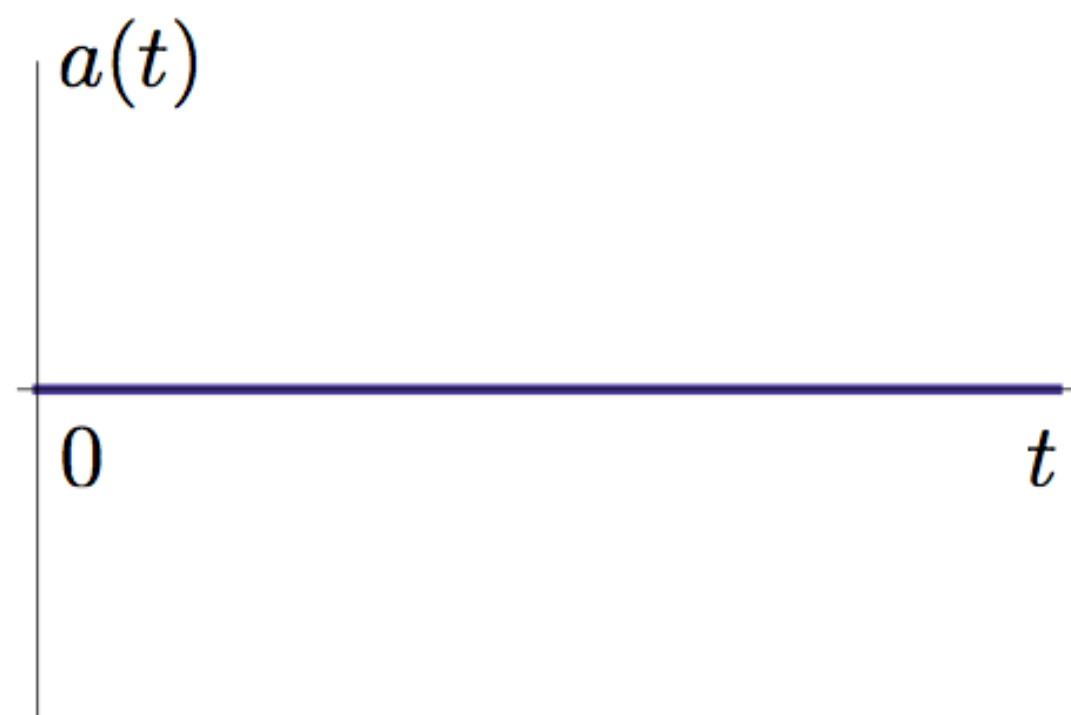
$$a(t) = 0 \quad (2.10)$$

$$v(t) = v \quad (\text{一定値}) \quad (2.11)$$

$$x(t) = x_0 + vt \quad (\text{直線の式}) \quad (2.12)$$



加速度ゼロ



速度一定

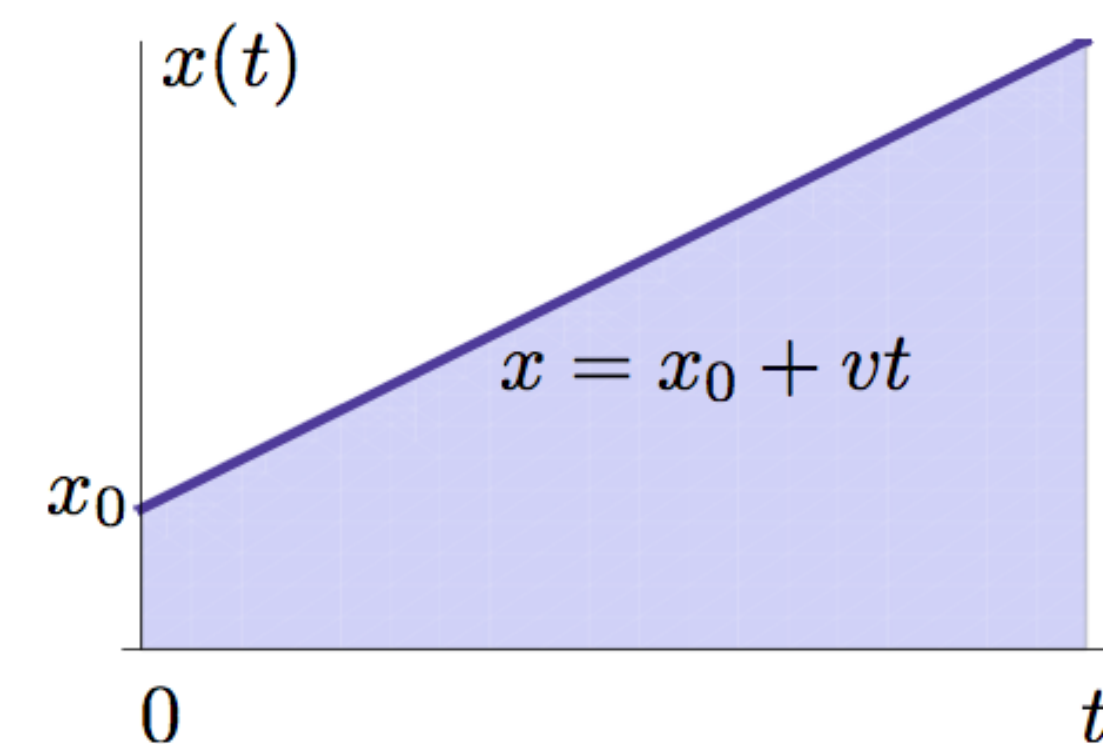
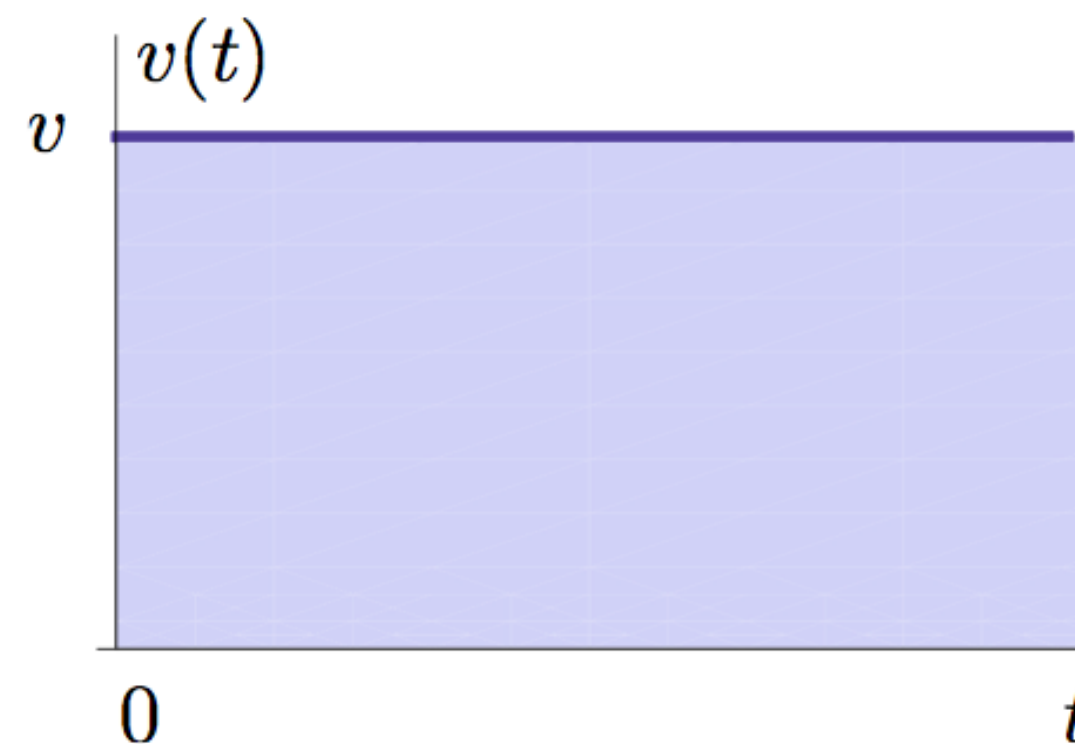


図 2.1: 等速運動の $a-t$ グラフ, $v-t$ グラフ, $x-t$ グラフ.

運動1

等加速度直線運動

等加速度運動する物体の位置と速度

はじめ (時刻 $t = 0$), 物体の位置が $x(0) = x_0$, 速度が $v(0) = v_0$ であったとする. 一定の加速度 a で運動すると, 時刻 t での加速度, 速度, 位置は次の式で表される.

$$a(t) = a \quad (\text{一定値}) \quad (2.13)$$

$$v(t) = v_0 + at \quad (\text{直線の式}) \quad (2.14)$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (\text{放物線の式}) \quad (2.15)$$

加速度一定

速度次第に速く

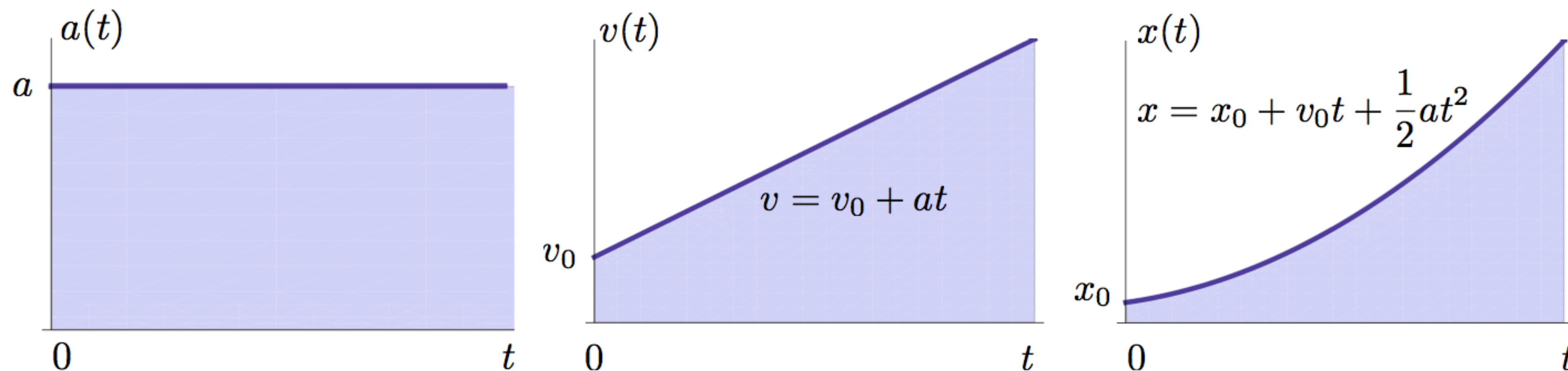


図 2.2: 等加速度運動の $a-t$ グラフ, $v-t$ グラフ, $x-t$ グラフ.

$$x = x(t)$$

x-t グラフ

微分 ↓ ↑ 積分

傾き ↓ ↑ 面積

$$v = v(t)$$

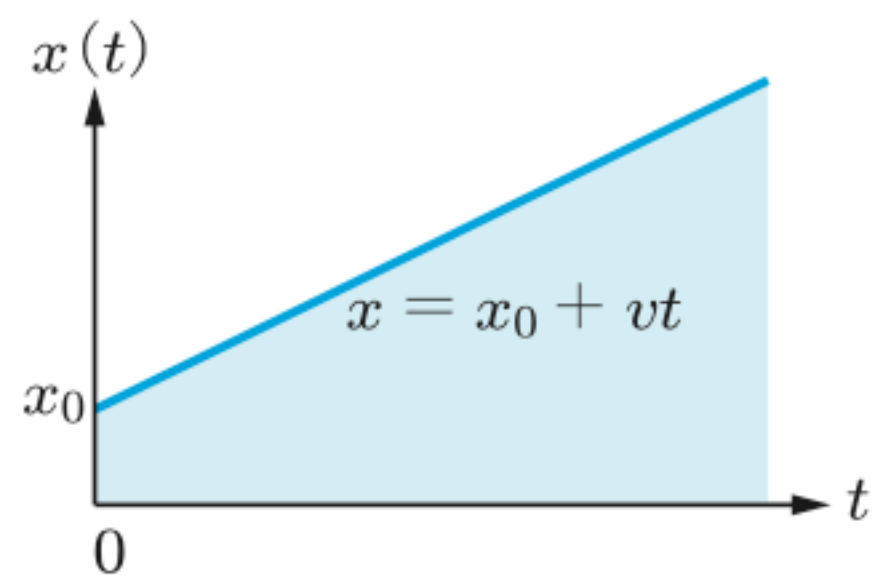
v-t グラフ

微分 ↓ ↑ 積分

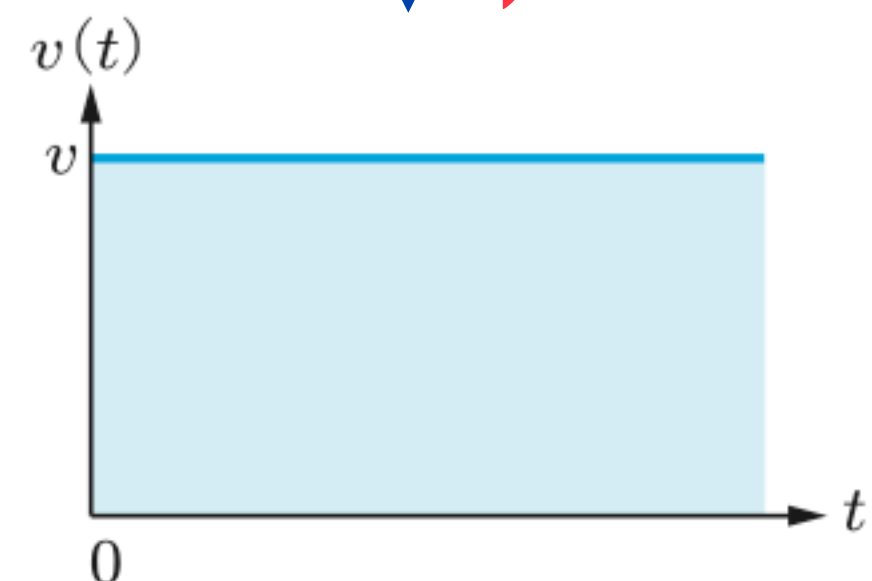
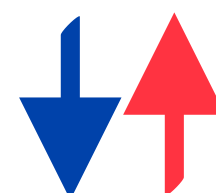
傾き ↓ ↑ 面積

$$a = a(t)$$

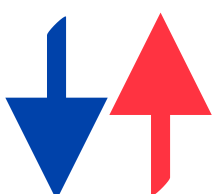
a-t グラフ



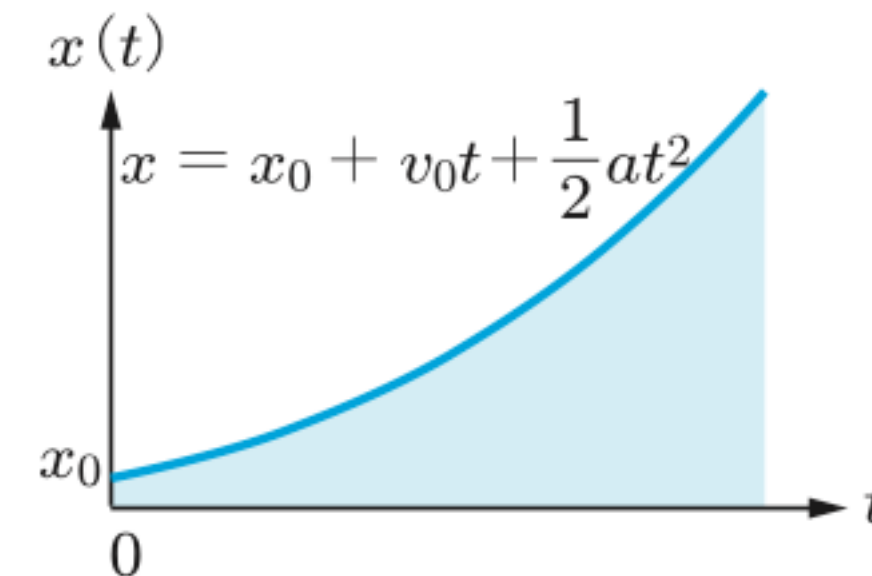
(c) x-t グラフ



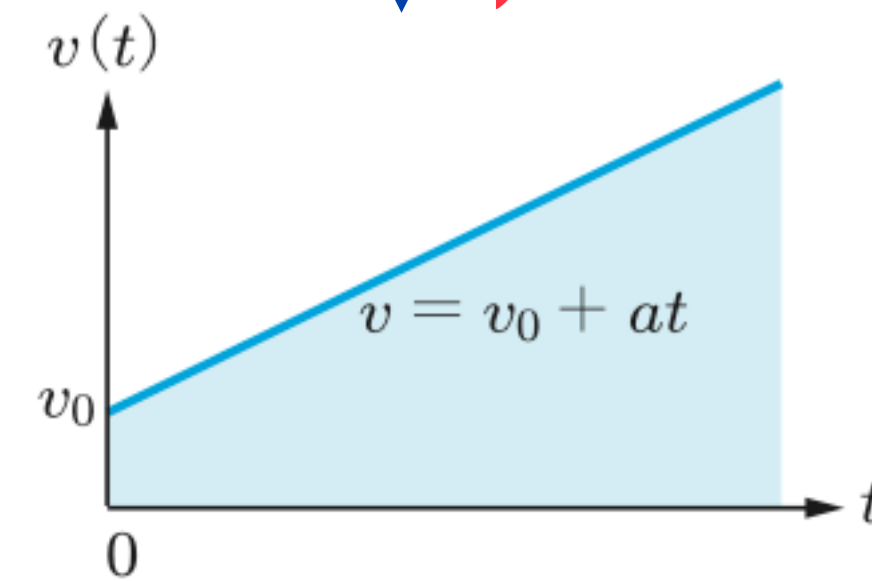
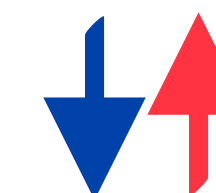
(b) v-t グラフ



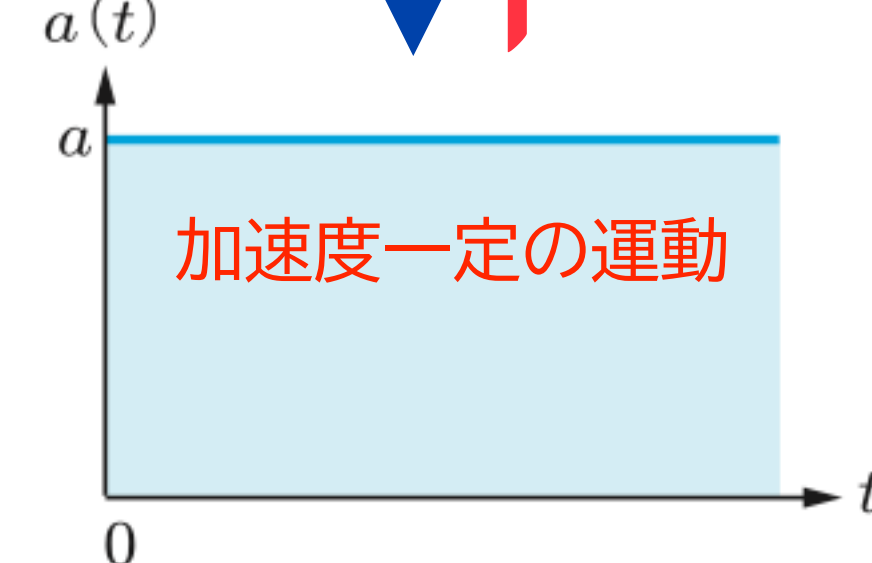
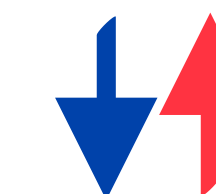
(a) a-t グラフ



(c) x-t グラフ



(b) v-t グラフ

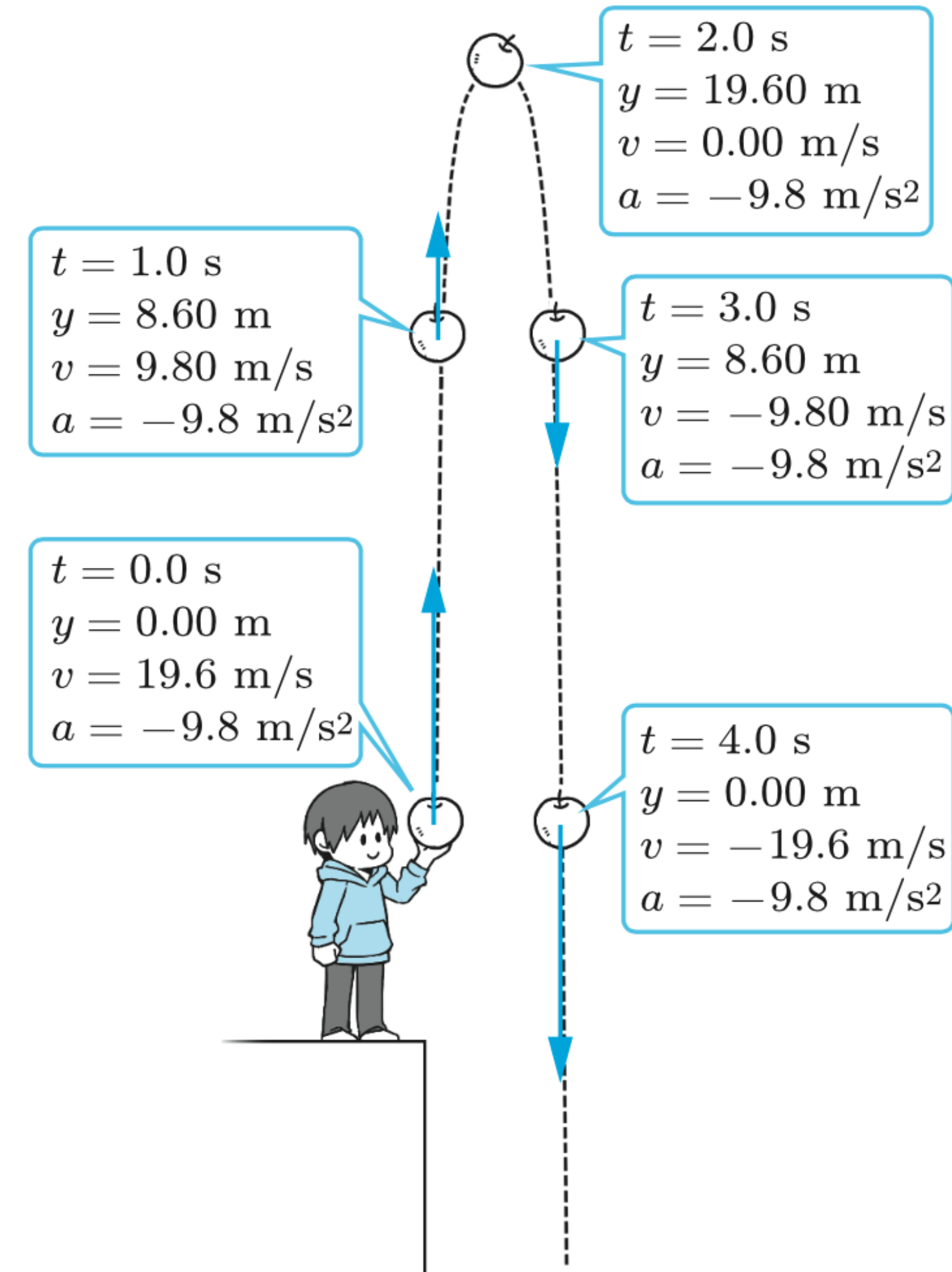
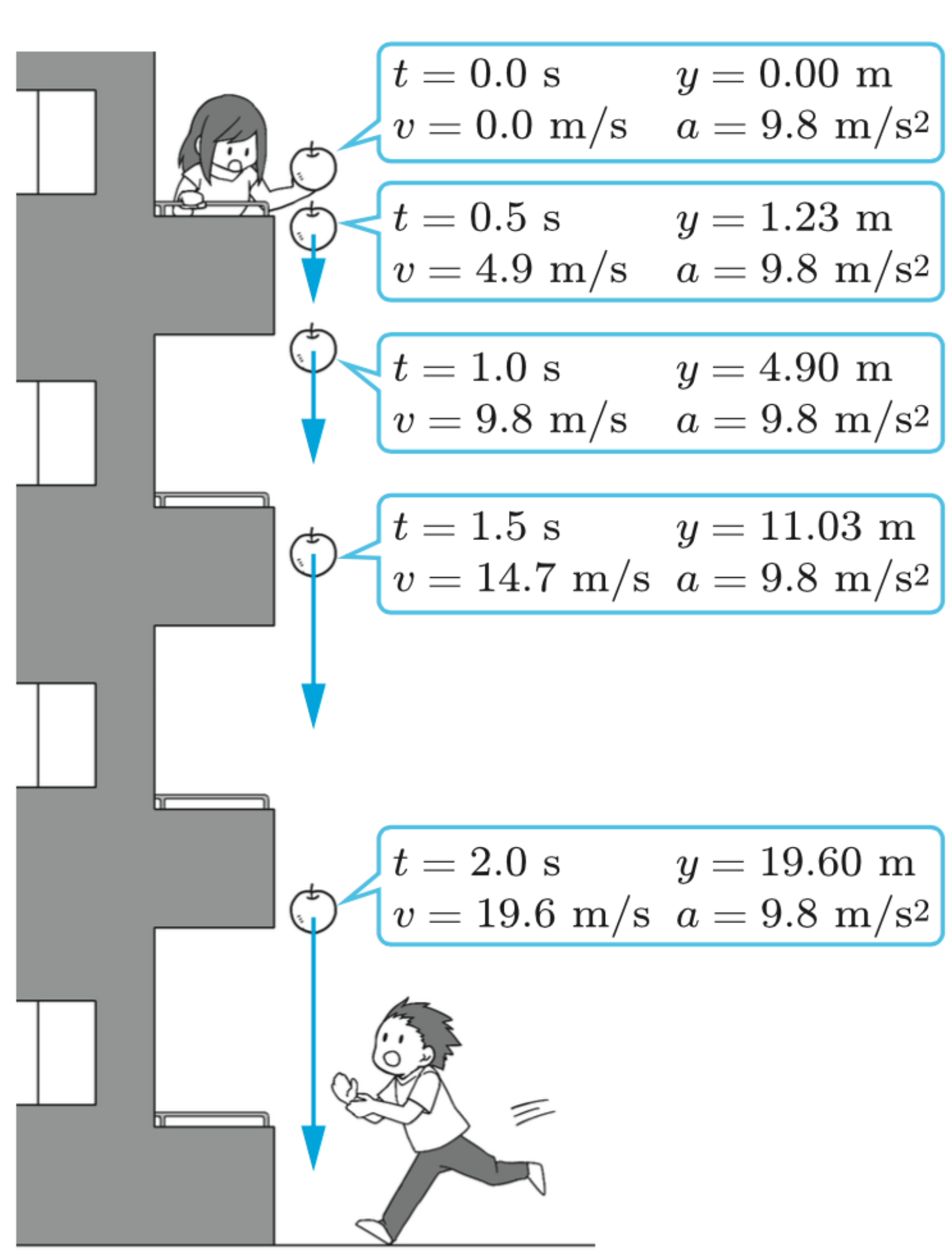


(a) a-t グラフ

運動3 鉛直方向への自由落下運動

自由落下運動は等加速度運動！

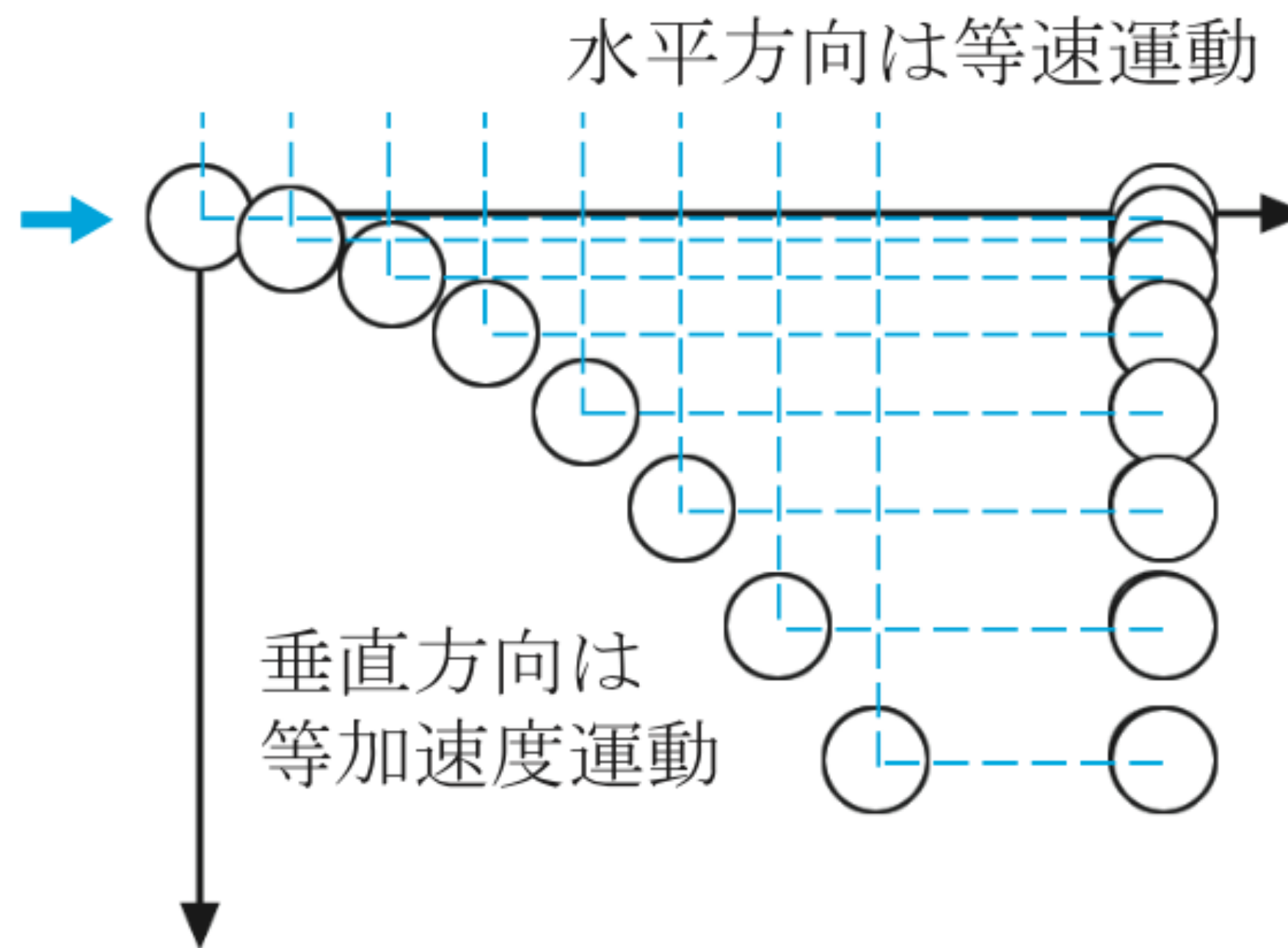
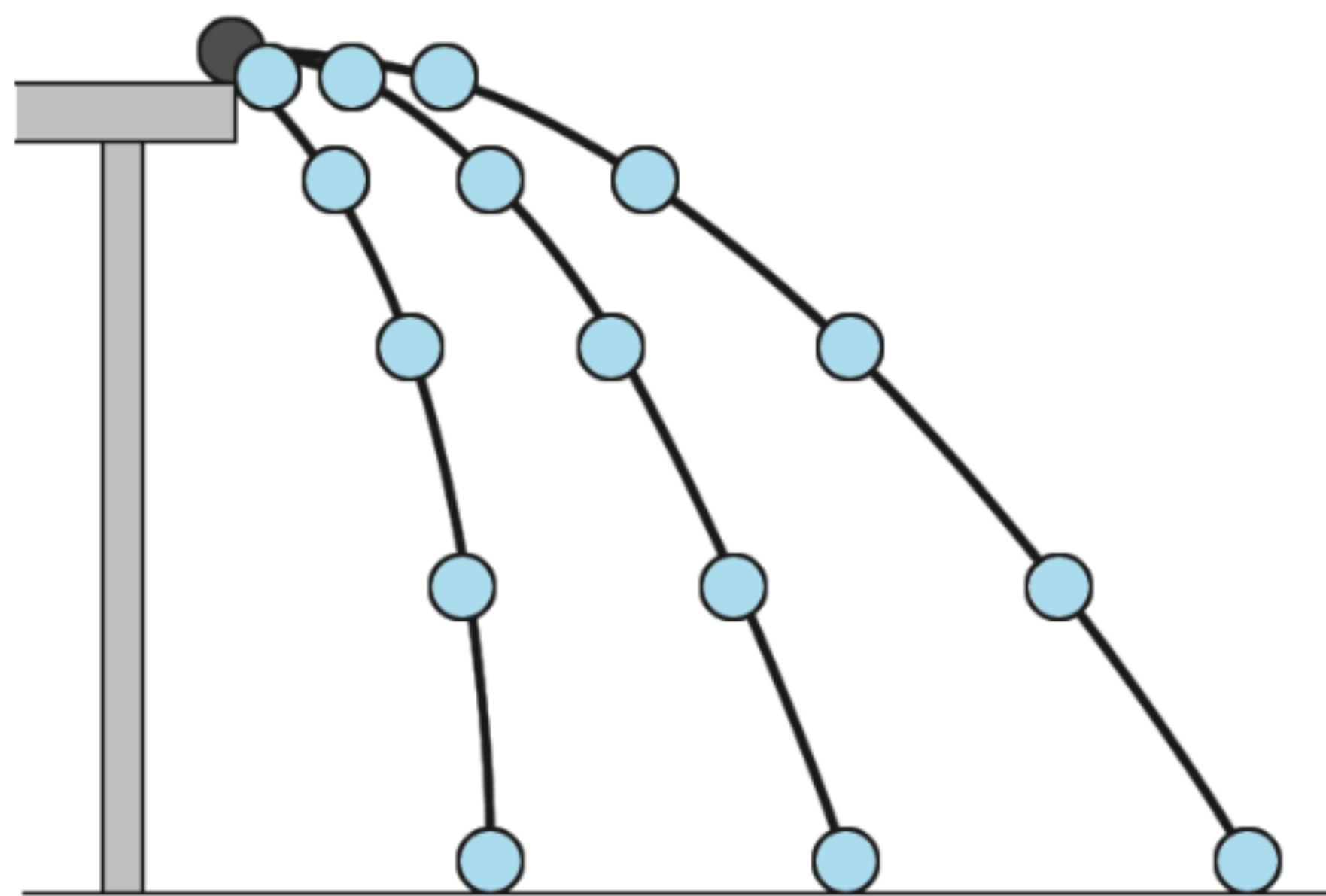
重力加速度 $g = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$



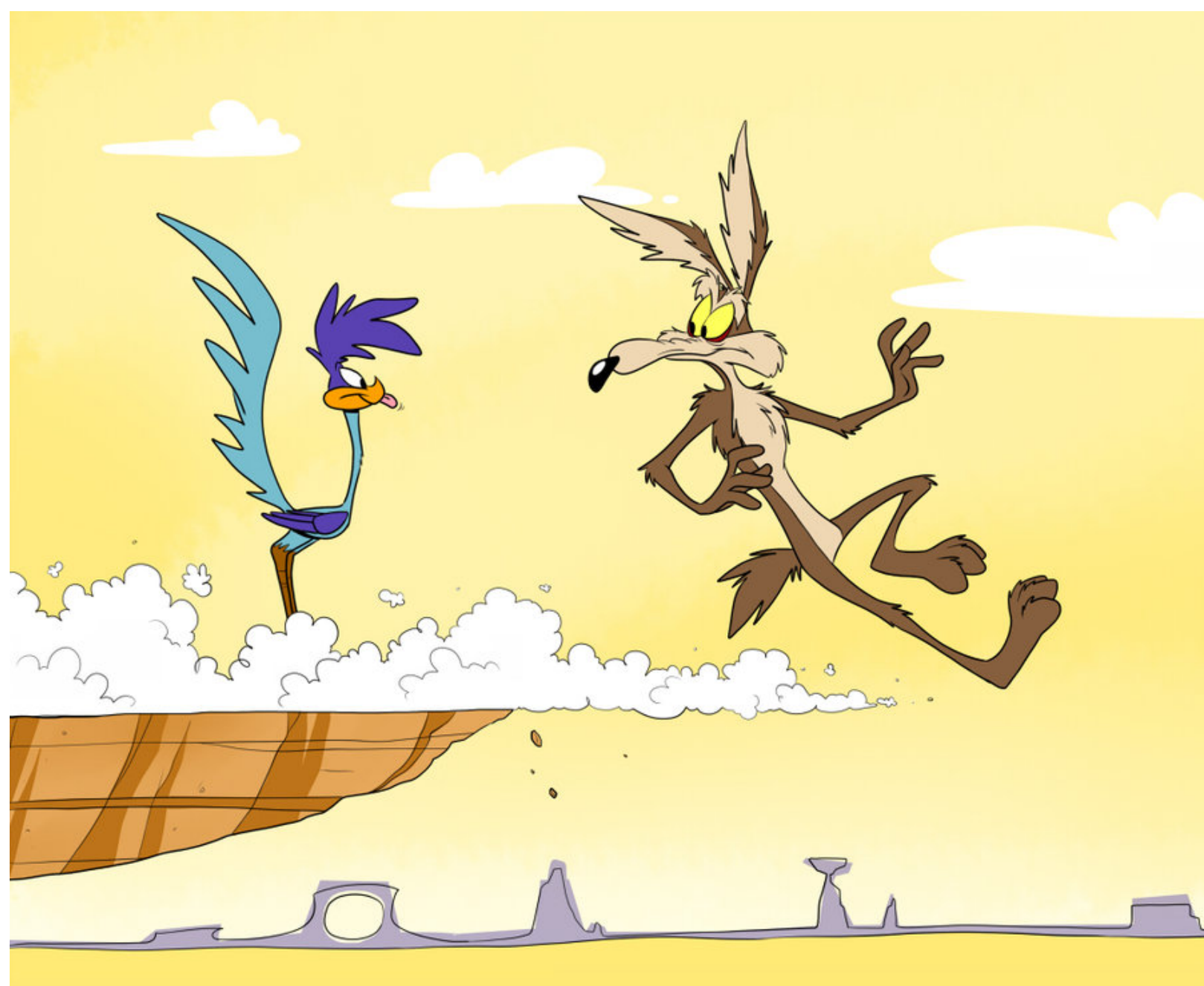
宿題（任意）

- 問2.1** 国際宇宙ステーション (ISS) は約 90 分で地球を 1 周する。地球の半径は 6370 km, ISS の高度は地表から約 370 km である。ISS の速度はどのくらいか。
- 問2.2** 地球は自転により, 24 時間で 1 周する。地球が半径 6370 km の球であるとして, 赤道上での自転の速さはいくらか。
- 問2.3** 地球は公転により, 太陽のまわりを 1 年間で 1 周する。軌道が半径 1 億 5000 万 km の円であるとして, 公転速度はいくらか。
- 問2.4** 流れる速さが 10 [m/s] の川がある。上流から下流まで 5 km の距離を秒速 20 [m/s] の速さを出せるエンジンをつけた船で往復した。経過した時間はどのくらいか。

自由落下運動 + 水平等速運動 = 放物運動



自由落下運動＋水平等速運動＝放物運動

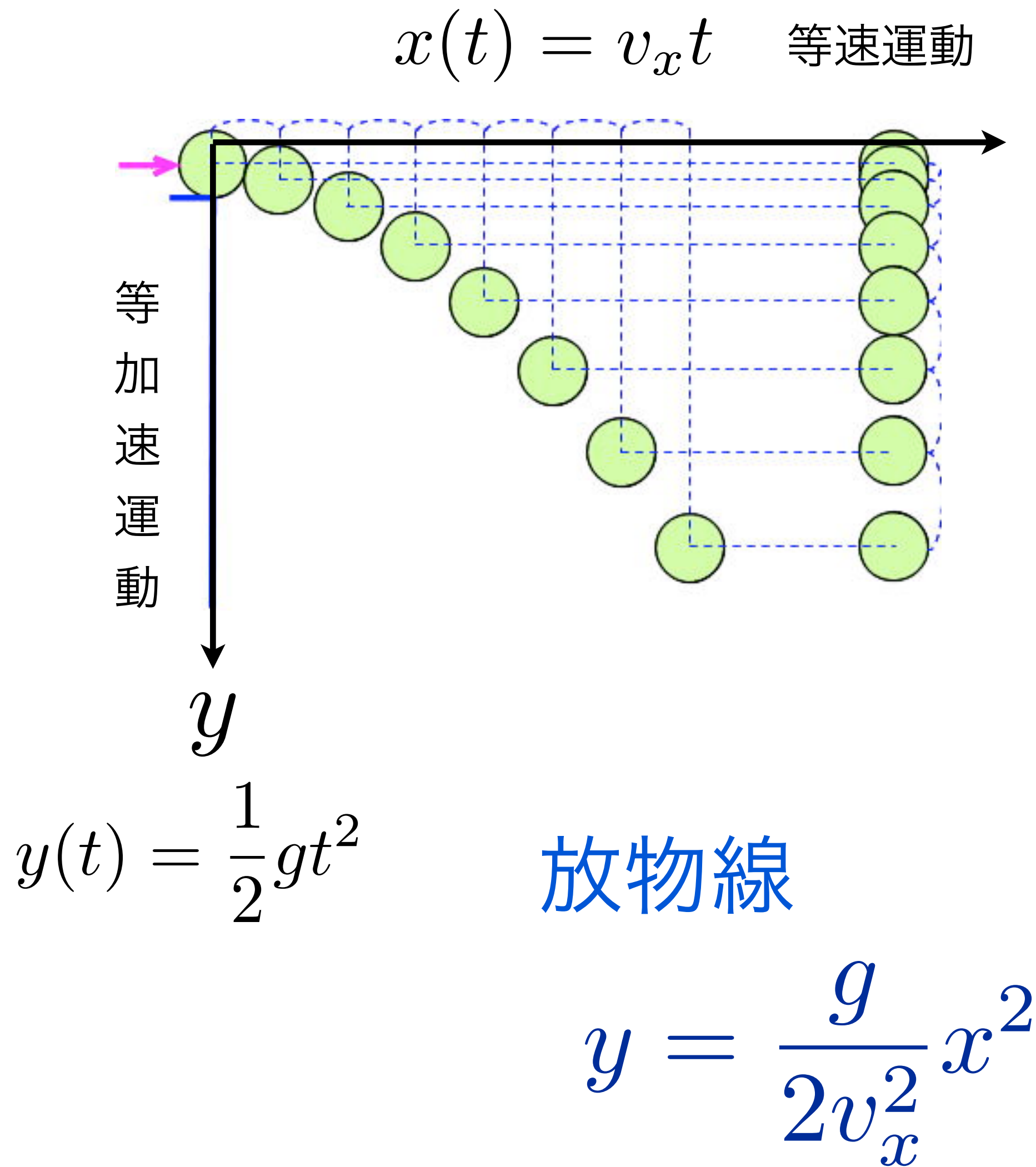


Wile E. Coyote falls off cliff

https://www.youtube.com/watch?v=Gq_bjal0NTo



Wile E. Coyote & Road Runner



Advanced 放物線の軌道方程式

ボールを投げる時刻を $t = 0$ 、ボールを投げる位置を $(x, y) = (0, 0)$ とすれば、

- 水平方向 (x 方向) は、等速運動。初速度を v_{0x} とすれば、 t 秒後の位置 $x(t)$ は、

$$x(t) = v_{0x}t \quad (2.26)$$

- 鉛直方向 (y 方向) は、等加速度運動。初速度を v_{0y} とすれば、 t 秒後の位置 $y(t)$ は、

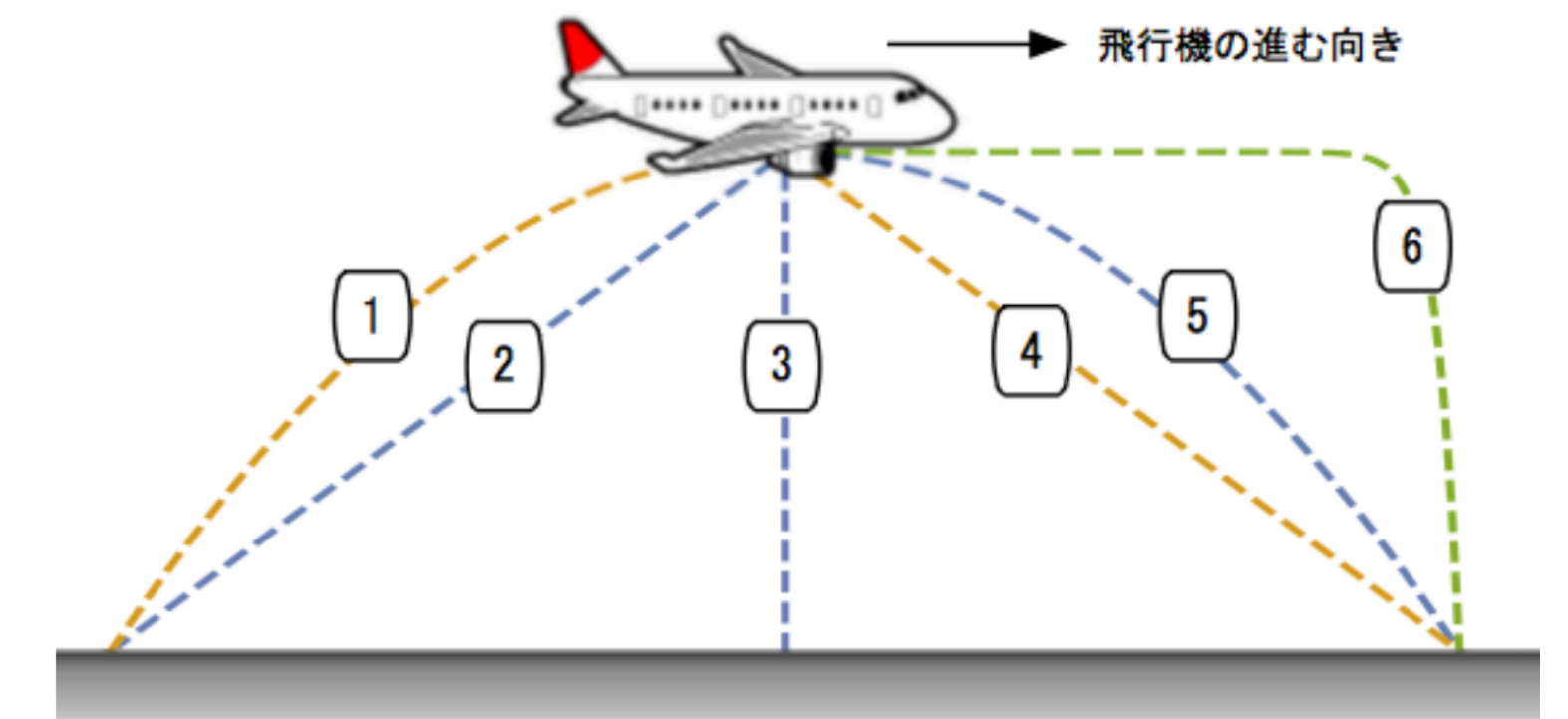
$$y(t) = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2.27)$$

となる。この2本の式から、 t を消去すると、

$$y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}x - \frac{g}{2v_{0x}^2}x^2 \quad (2.28)$$

となって、2次曲線（放物線）になる。総じて、 $y = x^2$ の2次曲線のことを放物線というようになった。

〔2-1〕 水平に飛行している飛行機から車輪が落下した。地面に立って落下の様子を見たとき、車輪の落下する軌跡に近いものはどれか。



〔2-2〕 等速で動いている列車内で物を落とすと、
{足元に落ちる，進行方向に落ちる，後方に落ちる}
減速している列車内で物を落とすと、
{足元に落ちる，進行方向に落ちる，後方に落ちる}

〔2-3〕 (本日の講義から) 「重さ」と「質量」の違いを説明せよ。
ばねばかりはどちらを測るか？ 天秤はどちらを測るか？

〔2-4〕 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)