

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第2回 2025/9/29

第2章 力学



真貝 寿明
Hisaaki Shinkai

真貝の武庫川講義ページtop



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



<https://lookup.kibo.space>

前回のミニツツペーパーから

〔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 6

「物理」まで/習った 10

〔1-1〕 物理基礎履修。
共通テスト 35/50 程度。

物理基礎を習いました。もう忘れてしまってます。

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
全部ダメだったのでも苦戦しました。

〈1-2〉 今のうちに、とにかく苦学であ
る分野によって（興味があるときもありました）

前回のミニツツペーパーから

〔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。

算術として、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(コリビ)、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、1言で「物理」と言っても、
いろいろ分けられることにおどろきました。

すごくむずかしいと思っています。

前回のミニツツペーパーから

〔1-2〕 「物理」 に対して、どんなイメージを持っていますか？

] 実生活への関わりが大きい「数学」 のようなイメージ

日常生活では使わないが、知っていると面白い学問

理解をすれば簡単だが、理解するまでが大変で難しいというイメージ。

難しい イメージを持っていました。しかし、今日の授業で おもしろい、もっと知りたいと思いました。

] 数学的な要素が強いイメージ"を持っていたけど、真見先生の説明を聞いていくと、全然そんなことなくて、理論的な話で おもしろそうてイメージに変わりました。

この世界を構成している、非常に面白いものだと思います

分かる = 面白い

難しいけど、分かるは楽しい、興味深い。

**物理 = 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**

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

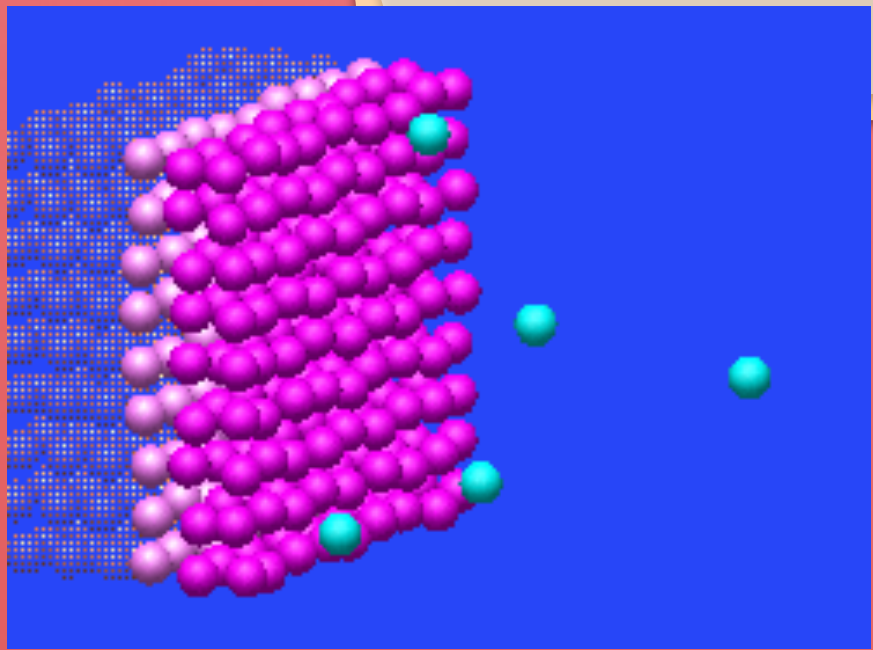


相対性理論

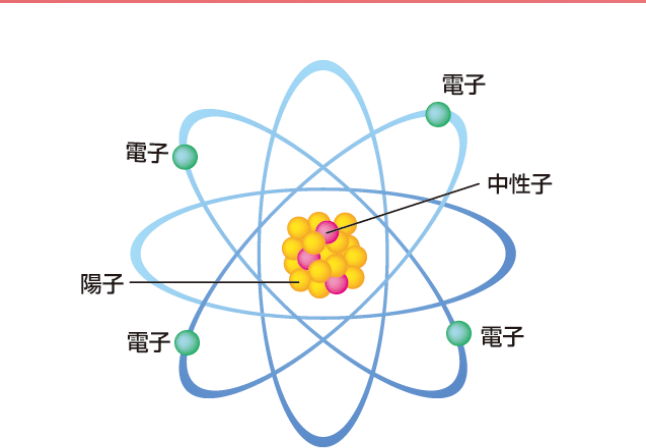


Newtonの運動方程式

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

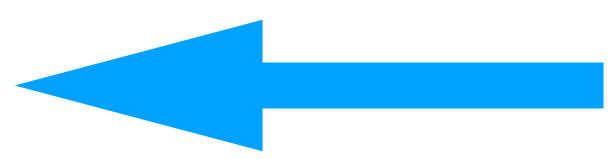
Sの科学

- physic**s** 物理
- mathematic**s** 数学
- statistic**s** 統計学
- genetic**s** 遺伝学

Yの科学

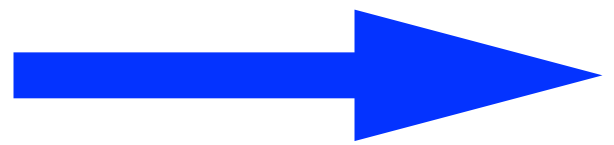
- astronom**y** 天文学
- econom**y** 経済学
- biolog**y** 生物学
- archaeolog**y** 考古学
- anthropolog**y** 人類学
- sociolog**y** 社会学

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

すこしでも日々の生活で「もう物理に慣れた」といえる。

高校で習った時に得意ではなかったもので、この授業を通して理解できるようになりたいと思っていました。

生活の中で役立つ知識を得られるように学びたい

初回の授業が面白かったからこれからも楽しみたいと思った。

生活して、周りの人が知らないような物理のことを知識として、言えようとはしている。

前回のミニッツペーパーから

〔1-3〕 疑問に思うこと

1) どうして授業をきいていると30分くらいで眠くなるのか? ←キヨウミあるのに あくびするとマシになるのは本当なのか?
2) のしか物理を学べるのを期待してる!

3) 理解できなくなると目眩くなるのはなぜですか?

あくびを止める方法

地球の重力、引力の強さを知りたいです。

重力のところでお話しします

「光の色によって、目で見える色が変わってしまうのはなぜ?」知りたいです。
(太陽光の下では灰色なのに、室内の蛍光灯や電球の下では少し違った色に見えるのが)

〔1-3〕音や光の伝わり方など
くわしく知りたい。
(音が気温によって伝わる速さが
ちがう理由など)

波(光, 音, 水)のところでお話しします

1-2 太陽のエネルギー源は何なのか
1-3 太陽のエネルギー源は低いのに太陽は熱いのはなぜか、太陽が冷めることはないのか、
なぜ宇宙の気温は低いのに太陽は熱いのか、太陽が冷めることはないのか、
身のまわりで起こる現象の構造を1つ1つ知りたい

原子核のところでお話しします

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

星座好きなので星座のざっ学をもっと知りたい

星座を学びたい

宇宙空間に形はある。宇宙空間に果てはある。

宇宙について興味があるので、
学んでいきたい。

星座は、見かけの星の配置を結んだものに
すぎませんが、最近、私はいくつか論文を書いています。

3限の「最先端物理学が描く宇宙」で

「星図・星座図の系譜」大阪工業大学紀要 69 (2024) p27-54

<https://doi.org/10.15046/0002000097>

「星座図の統計比較:(1)『欽定儀象考成』に描かれた星座」大阪工業大学紀要 70-1 (2025) p.1-34

<https://doi.org/10.15046/0002000215>

「星座図の統計比較:(2)『天文瓊統』に描かれた星座」大阪工業大学紀要 70-1 (2025) p.35-69

<https://doi.org/10.15046/0002000216>

「星座図の統計比較:(3)『新儀象法要』に描かれた星座」 submitted

https://www.oit.ac.jp/labs/is/system/shinkai/Papers/20250928_GishouHouyou.pdf

前回のミニッツペーパーから

〔1-3〕 疑問に思うこと

よく数式で どうして ここで「 $\times$ 」で、ここで「 $\div$ 」の だろう と思うことが
あります。 私はこの記号の意味、いつどのように使うのかをはっきり理解
できていないように思います。数学が得意な人はどのようにして、数や記号
を操って 数式を立てたり、問題を解いたっているのでしょうか。
また、数学が苦手な人でも得意になる方法はあるのか。

400円の弁当が2割引 vs 500円の弁当が3割引

$$400 \times 0.8 = 320 \quad \text{vs} \quad 500 \times 0.7 = 350$$

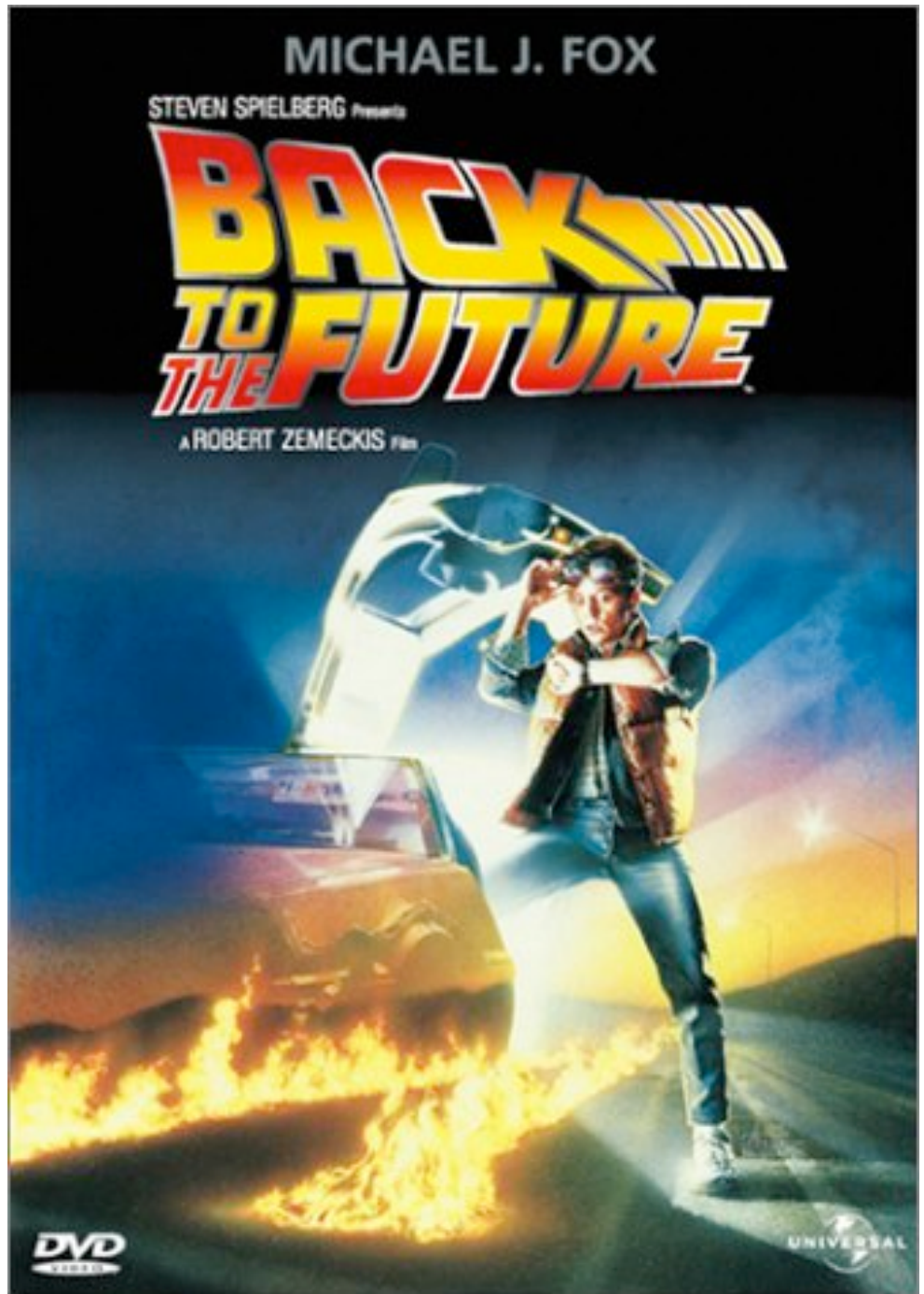
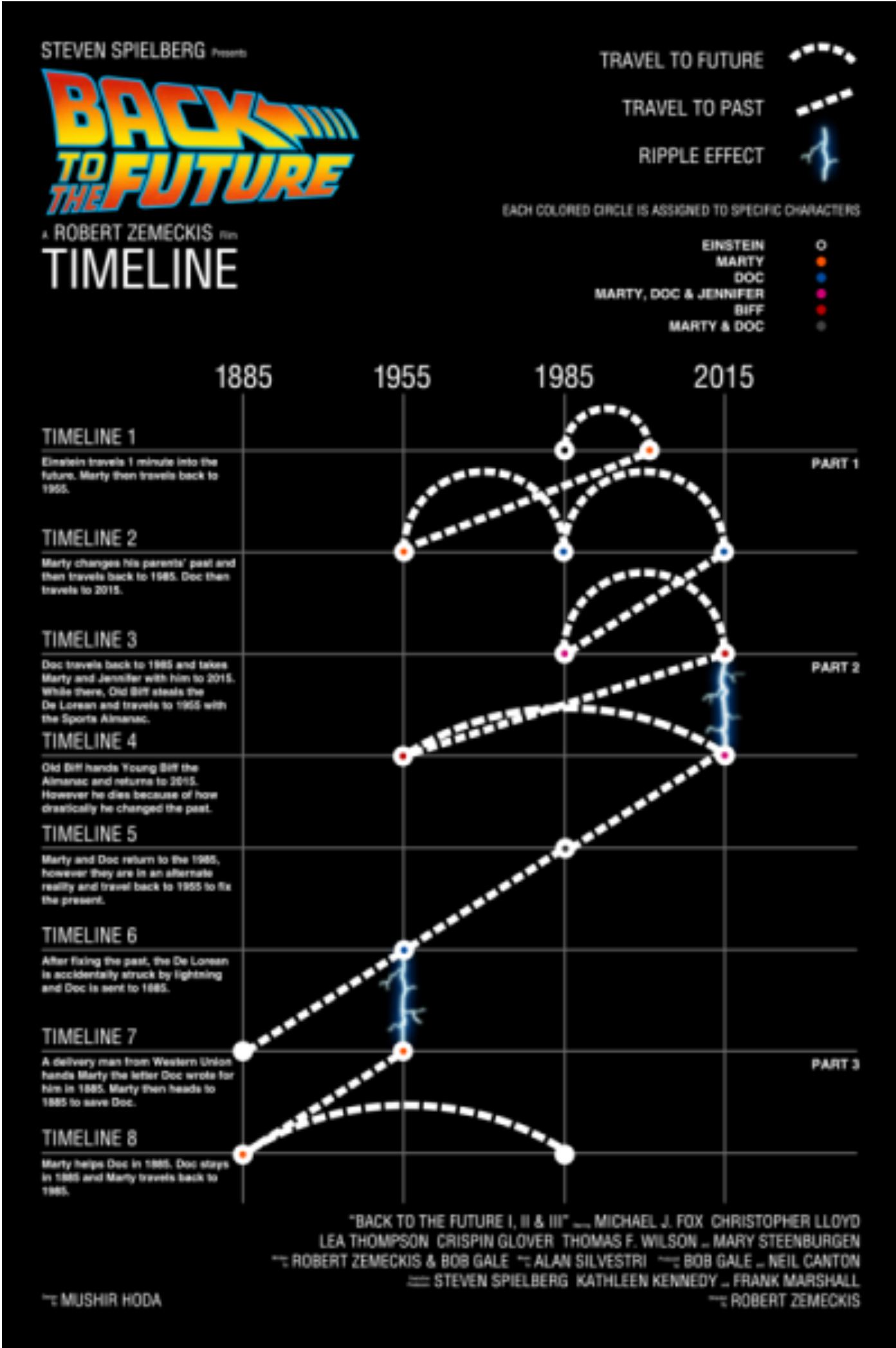
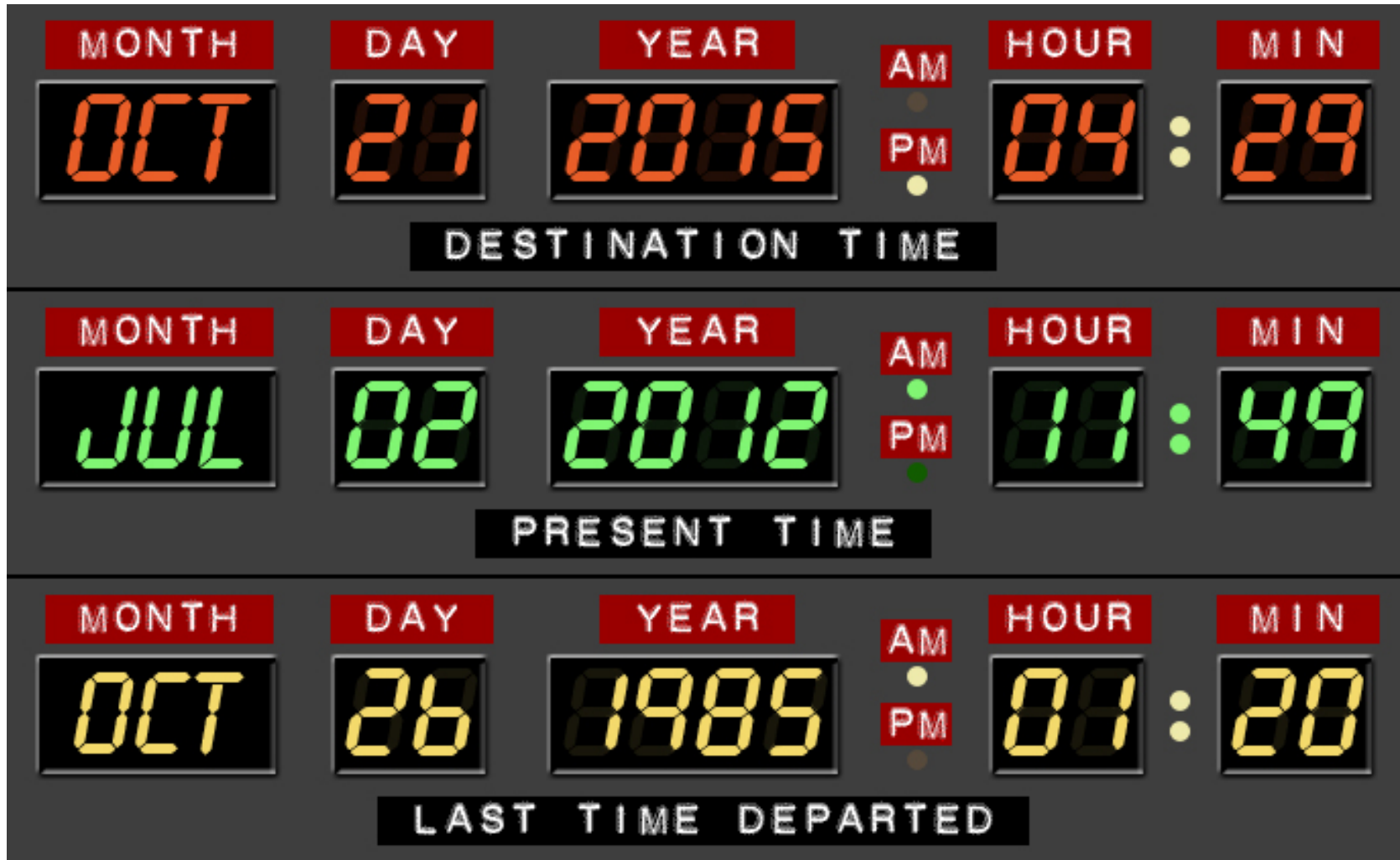
500mlが600円の商品 vs 700mlが800円の商品

$$1\text{ml買うとして} \quad 600/500 \quad \text{vs} \quad 800/700$$

$$3500\text{ml買うとして,} \quad 600 \times 7 \quad \text{vs} \quad 800 \times 5$$

タイムマシン や空を飛ぶ というような漫画で見えるようなことは
今後実現可能 になっていくのか

映画『Back to the Future』(1985年)で描かれた未来は2015年



映画『Back to the Future』(1985年)で描かれた未来は2015年



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

今の時代に物理学(者)に求められていることは何だ"と思いますか。



ScienceTalks TV

@ScienceTalksJapan · チャンネル登録者数 3060人 · 151 本の動画

このチャンネルの詳細 ...さらに表示

チャンネル登録

ホーム 動画 ショート ライブ 再生リスト 投稿

新しい順

人気の動画

古い順



美しい結果は物理の真髄 理論物理
の世界で生きていくということ ...

81 回視聴 · 2 日前



未知の重力波を見つけるために 最先
端の重力波研究について 大阪工...

453 回視聴 · 4 週間前

重力波について

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

研究者として

<https://www.youtube.com/watch?v=fV455idBHhw>



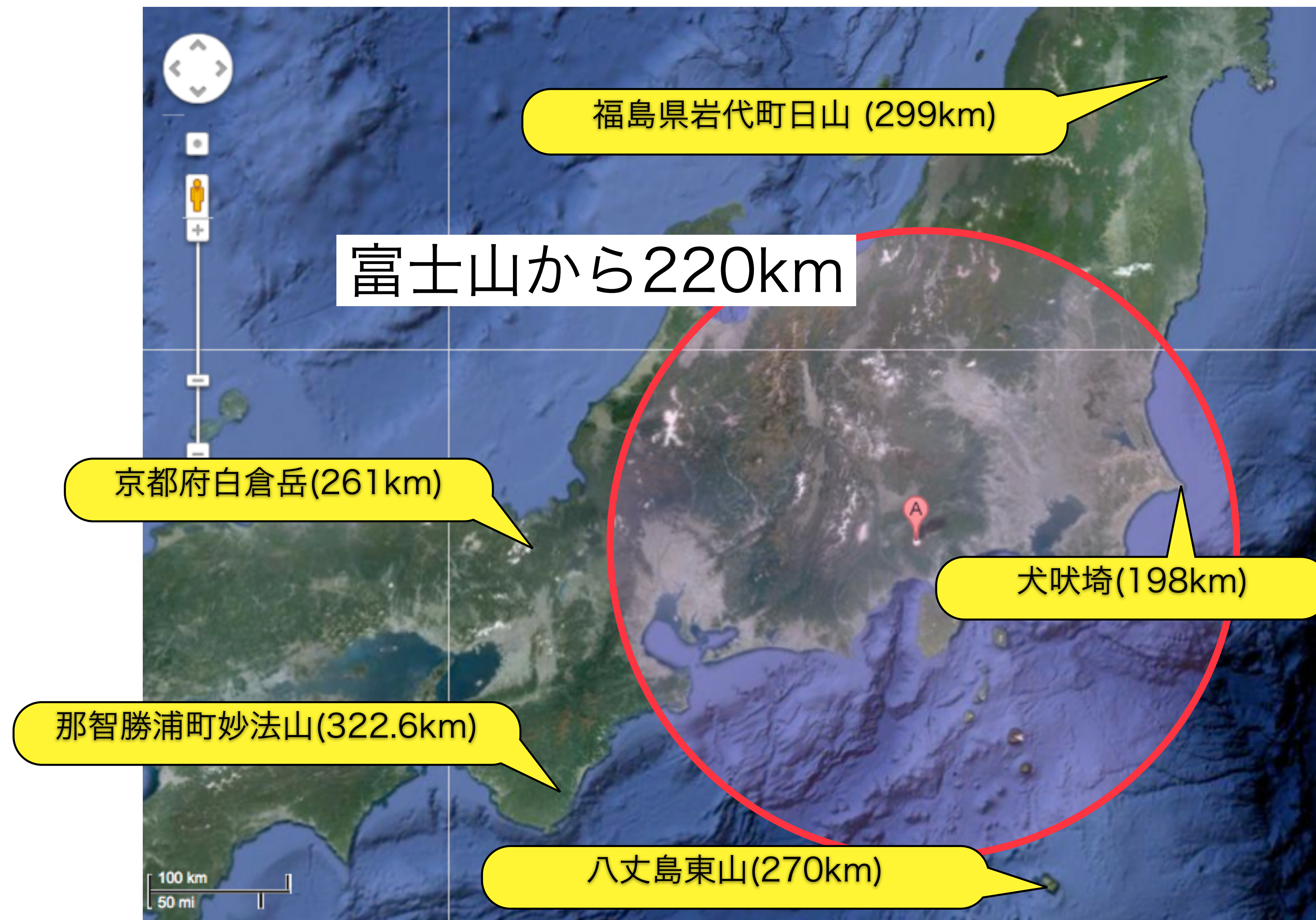
前回のミニッツペーパーから

身近にあり、面白いイメージがあります。車のタイヤが逆回転した際に逆回転しているように見えるたびに面白く、不思議に感じます。

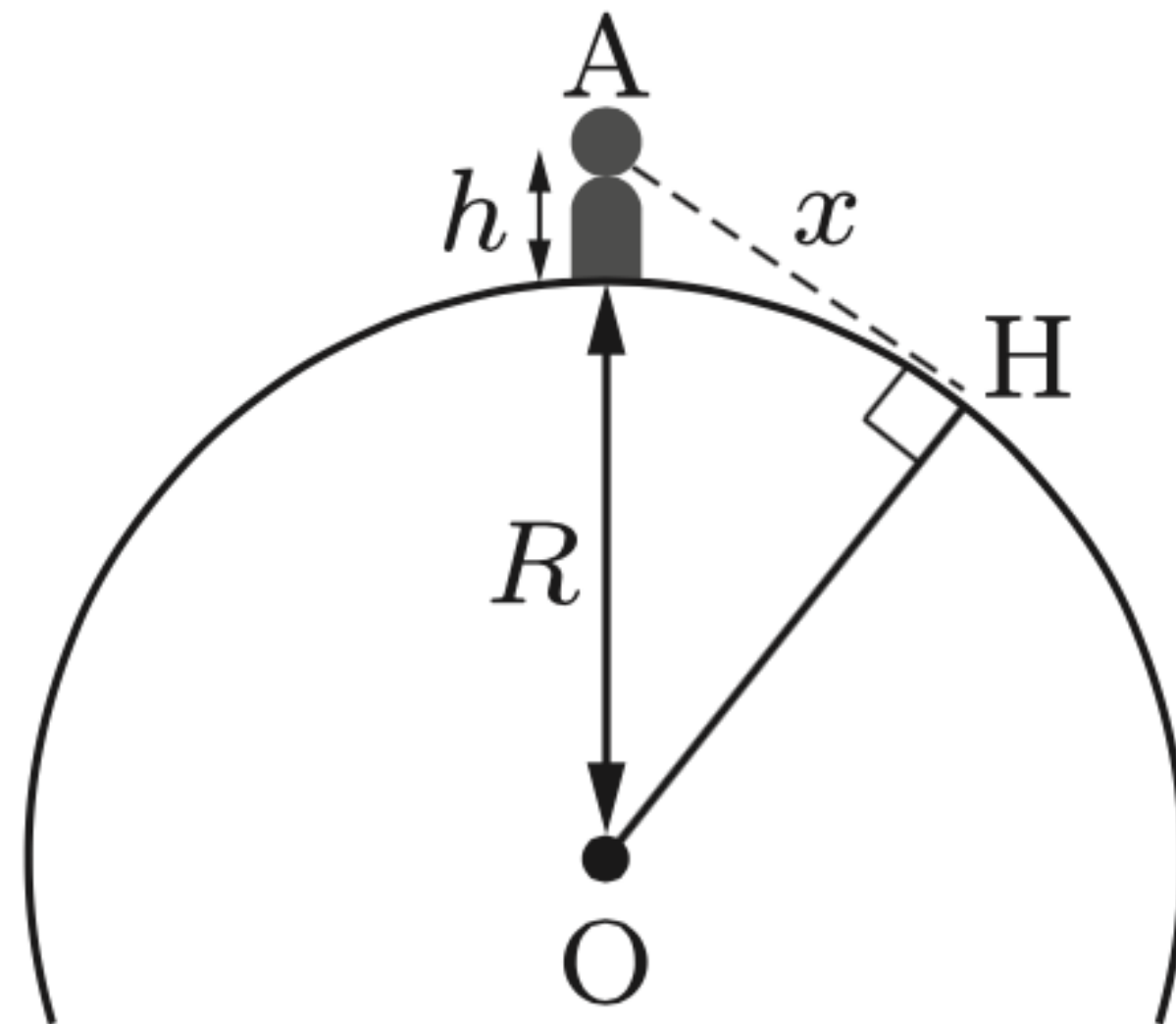


https://www.youtube.com/watch?v=BPKxx_ly8ys

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できる理由は何故か.

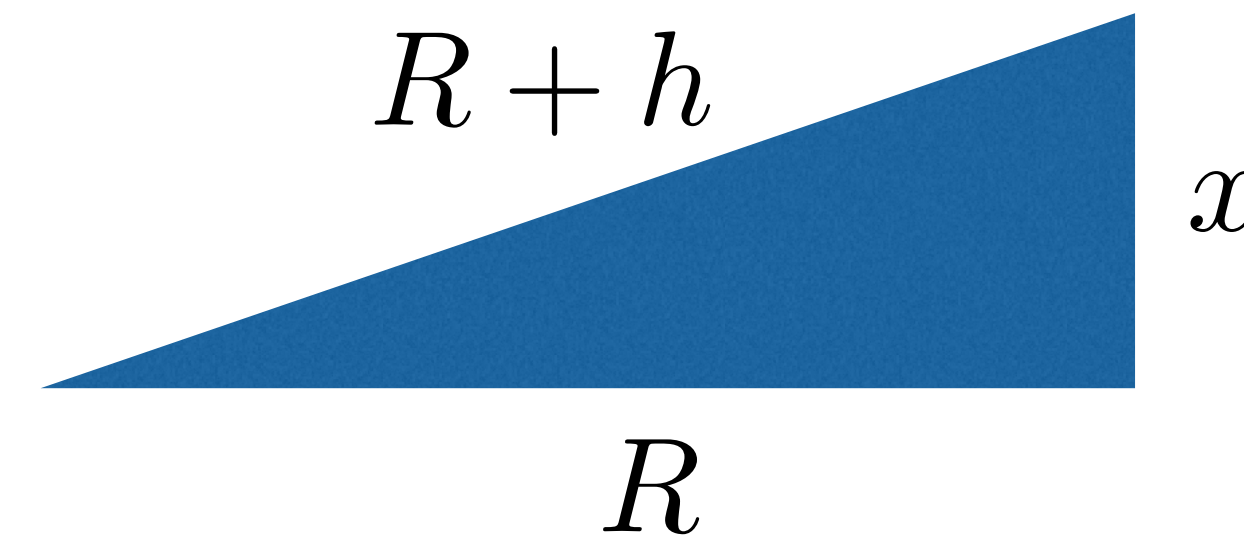


地平線までの距離はどれくらい？



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、 $R = 6380 \text{ km}$ 。

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



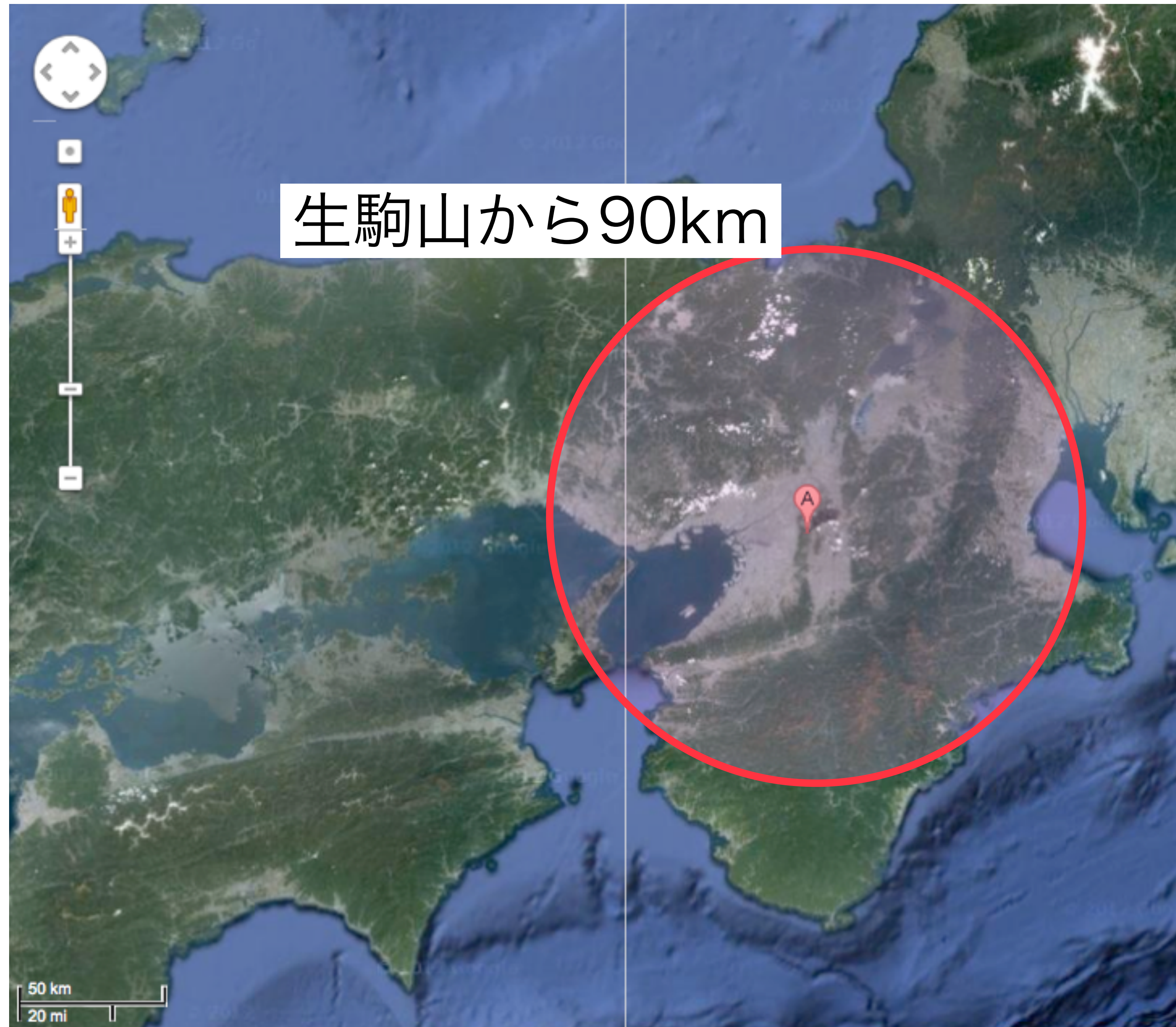
$$(R + h)^2 = R^2 + x^2$$

- $h=1.5 \text{ m}$ のとき、 $x=4 \text{ km}$
- $h=300 \text{ m}$ のとき、 $x=60 \text{ km}$

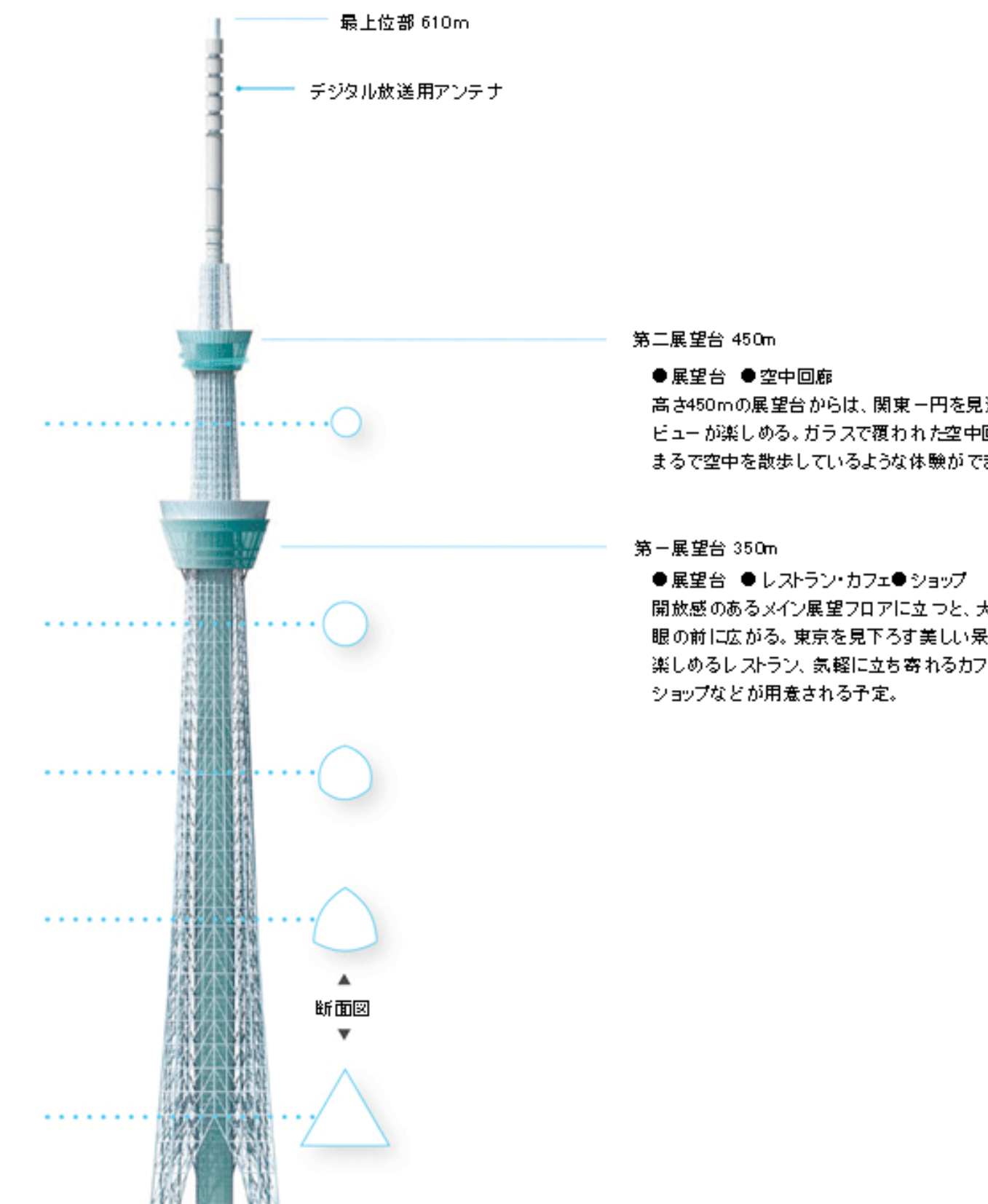
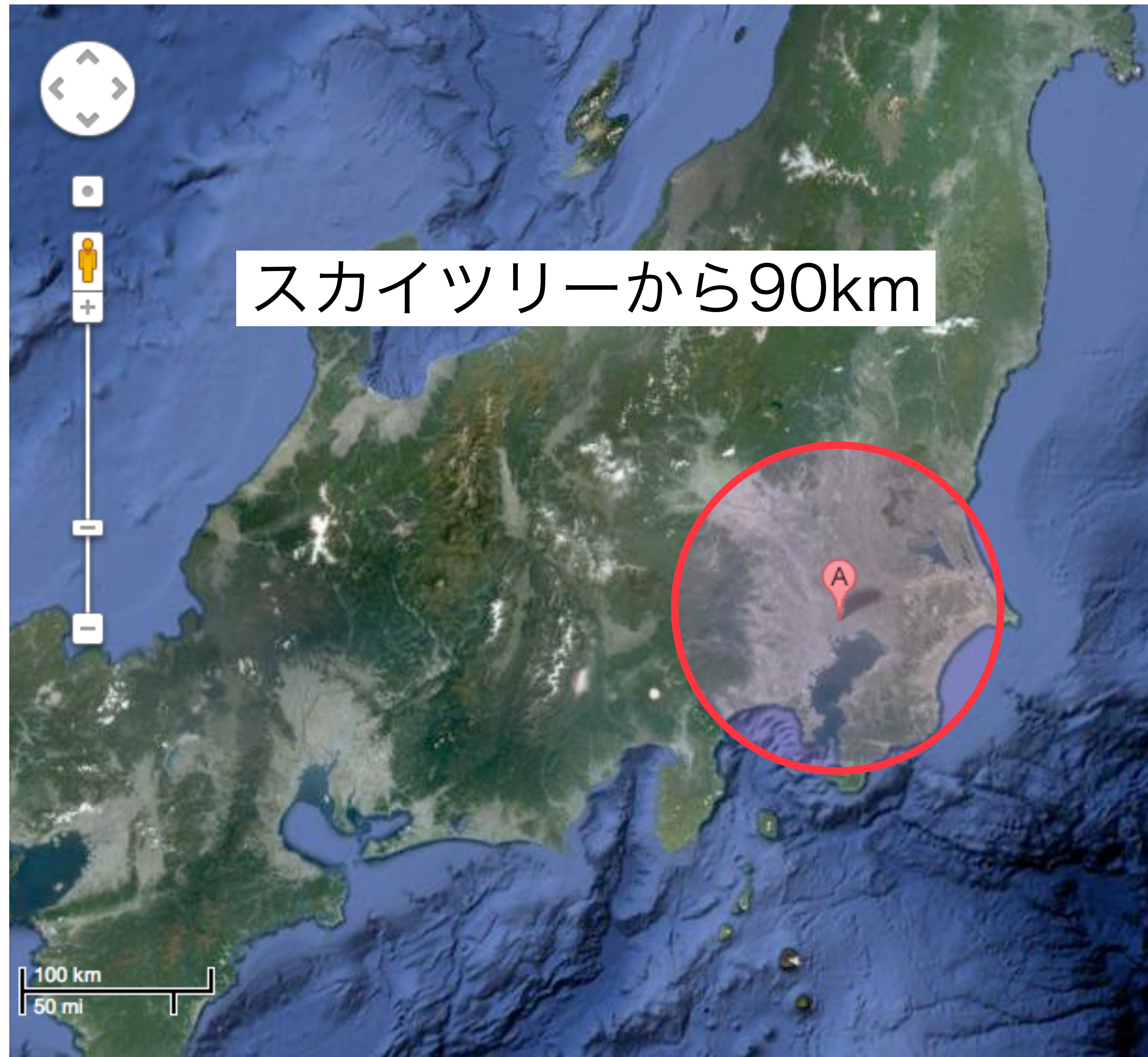
ハルカスから60km



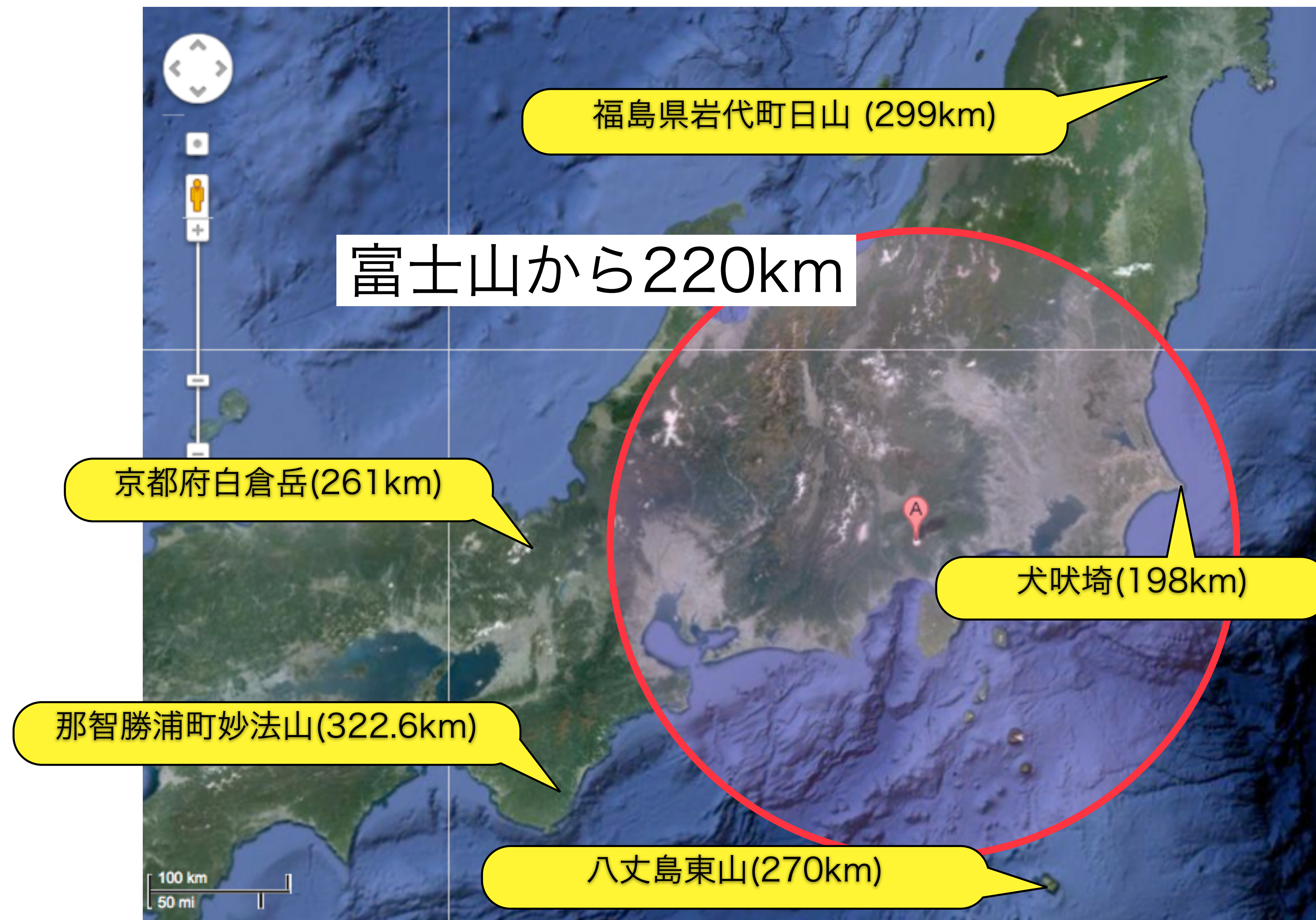
1. 物理を学び始める方へ 》 1.4 距離を測る



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できる理由は何故か.



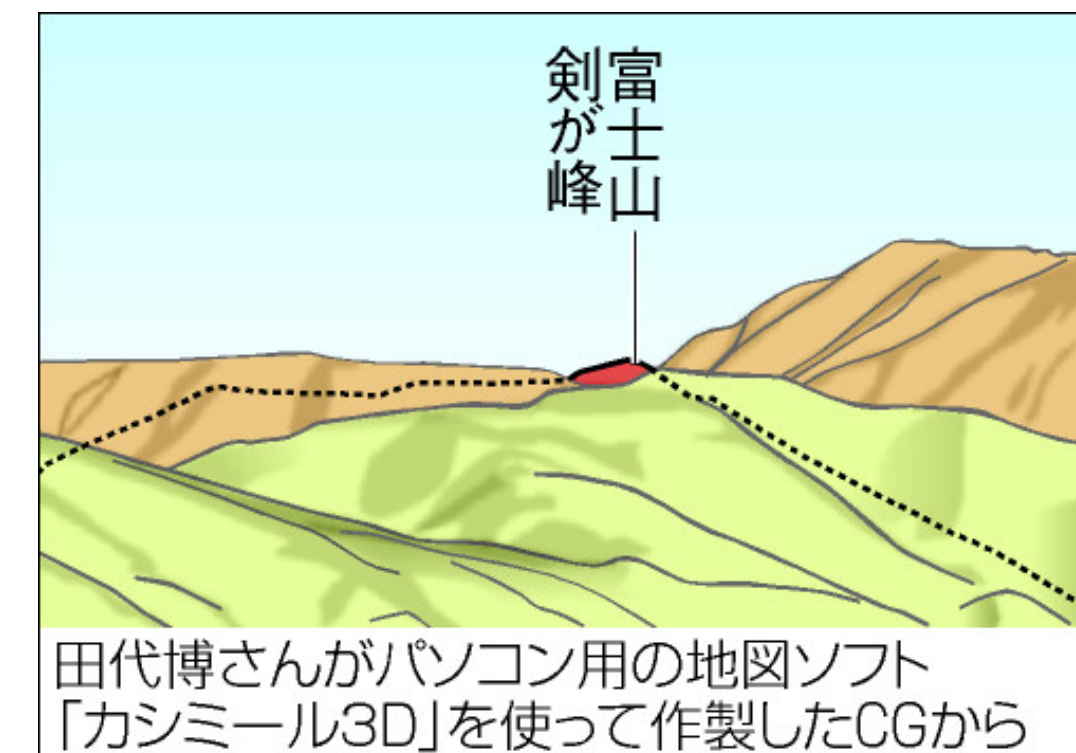
Mt. Fuji from Kyoto photographed

【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

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）から楠本弘児氏撮影



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できる理由は何故か.

220km 以上離れていても

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?

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

土地の形によって本来見えてしまはずの富士山が、大気による光の屈折と、見る側の標高が高いこと、そして空気の澄み度などがあること、さらに視界を遮るものが少ないなどの条件が重なったためと考えられる。

何れにせよ、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ころがあるが、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できると考えた。高低差が関係しているのではないか。

気候や周囲の建物による影響。

富士山が他の建物より高いから。

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できる理由は何故か.

遠くから見えるその場所の標高が^{高度?}高い. さえ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, さえぎるものがないため?

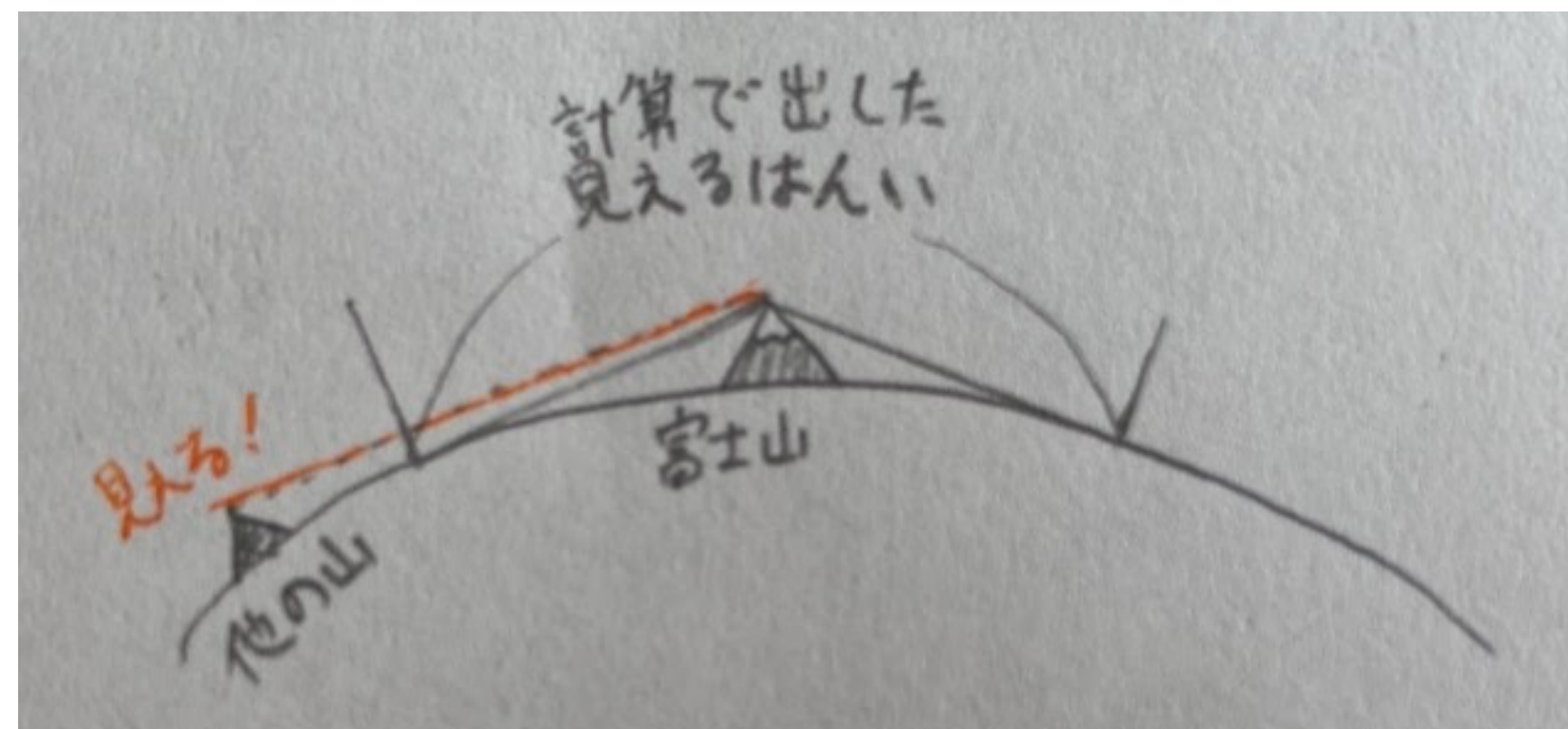
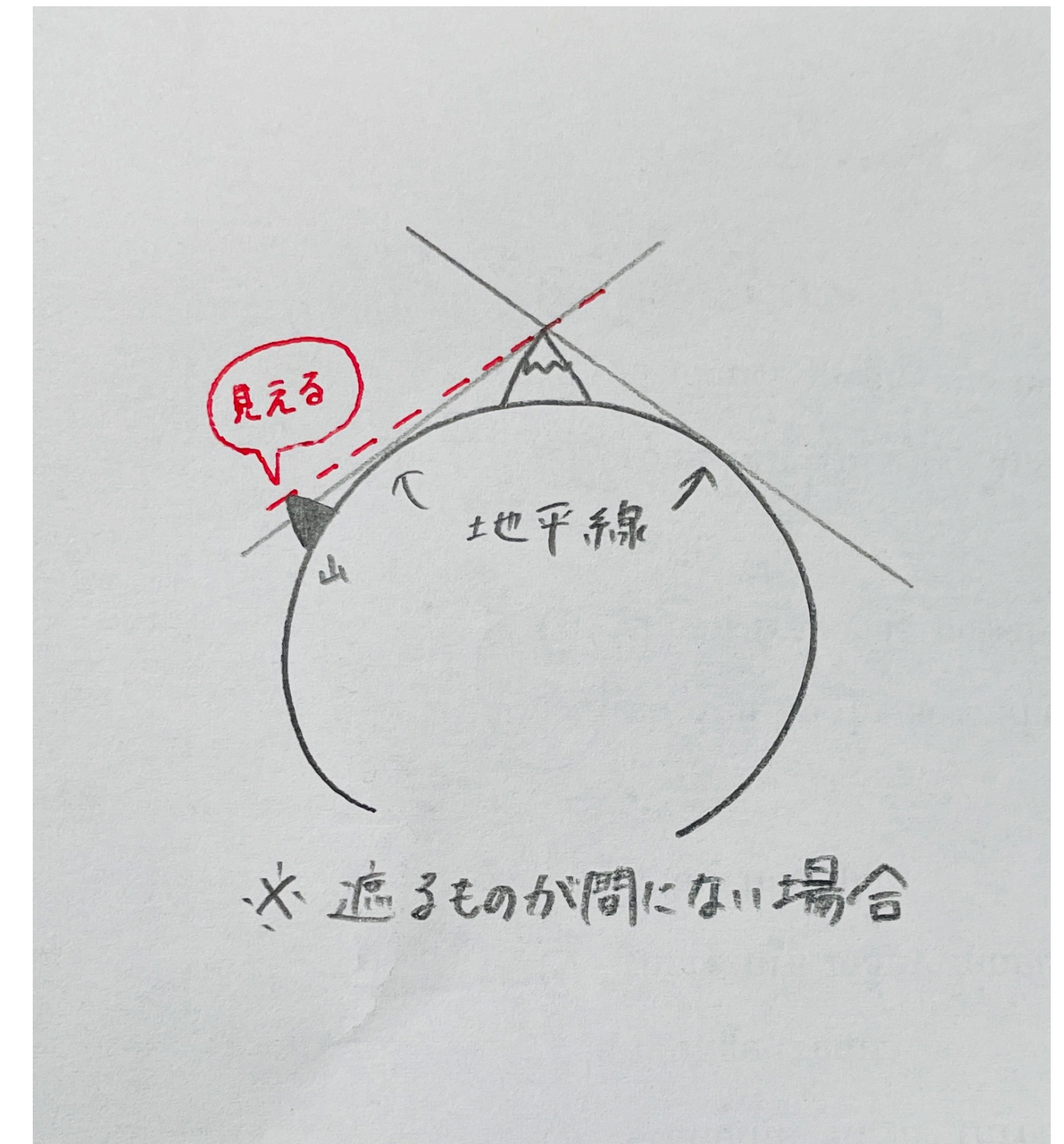
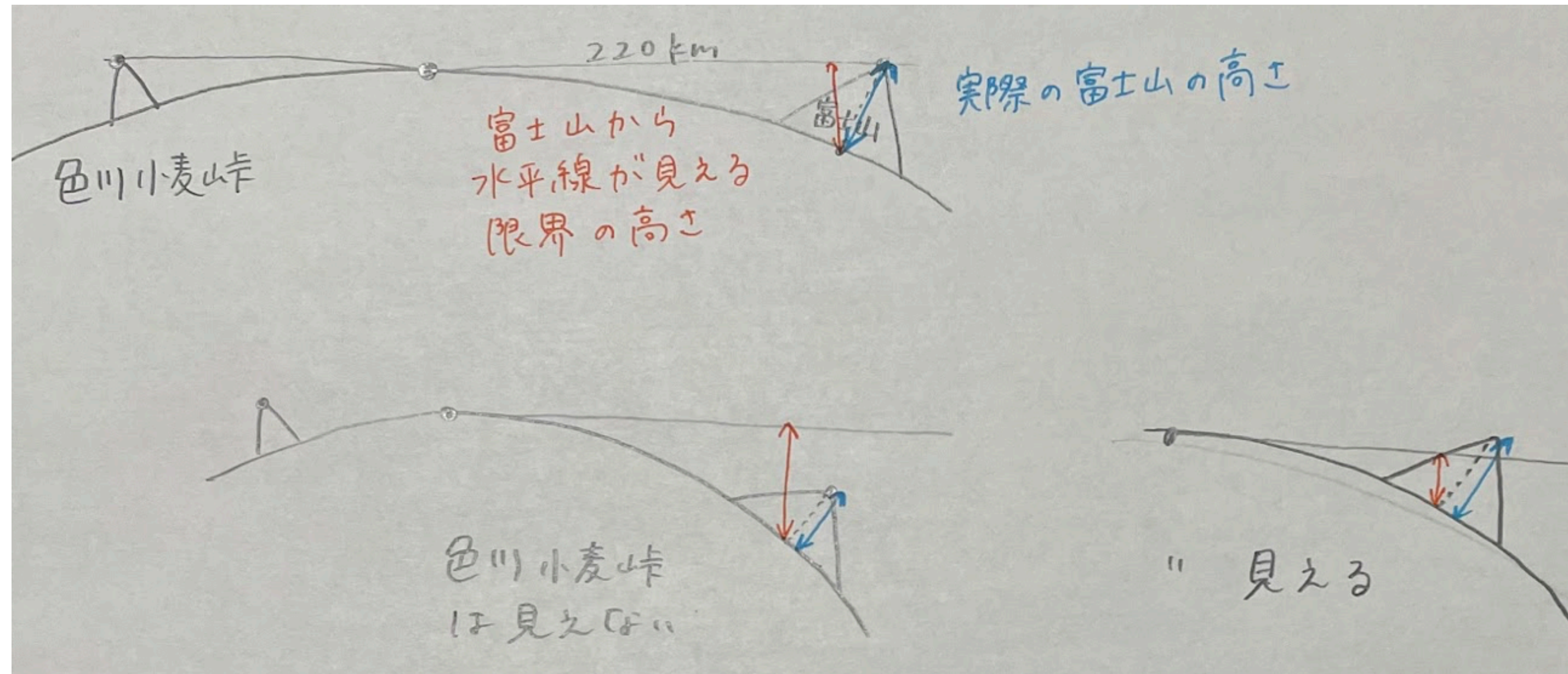
高さは、地面から富士山の山頂までなので、観測者の立地条件や環境によって作用されるため。計算での円は、観測者が富士山の地面と同じ高さの場合だ”と思いました。そのため、220kmより遠い所から見える人達は200m以上の高さが無い”と思いました。

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

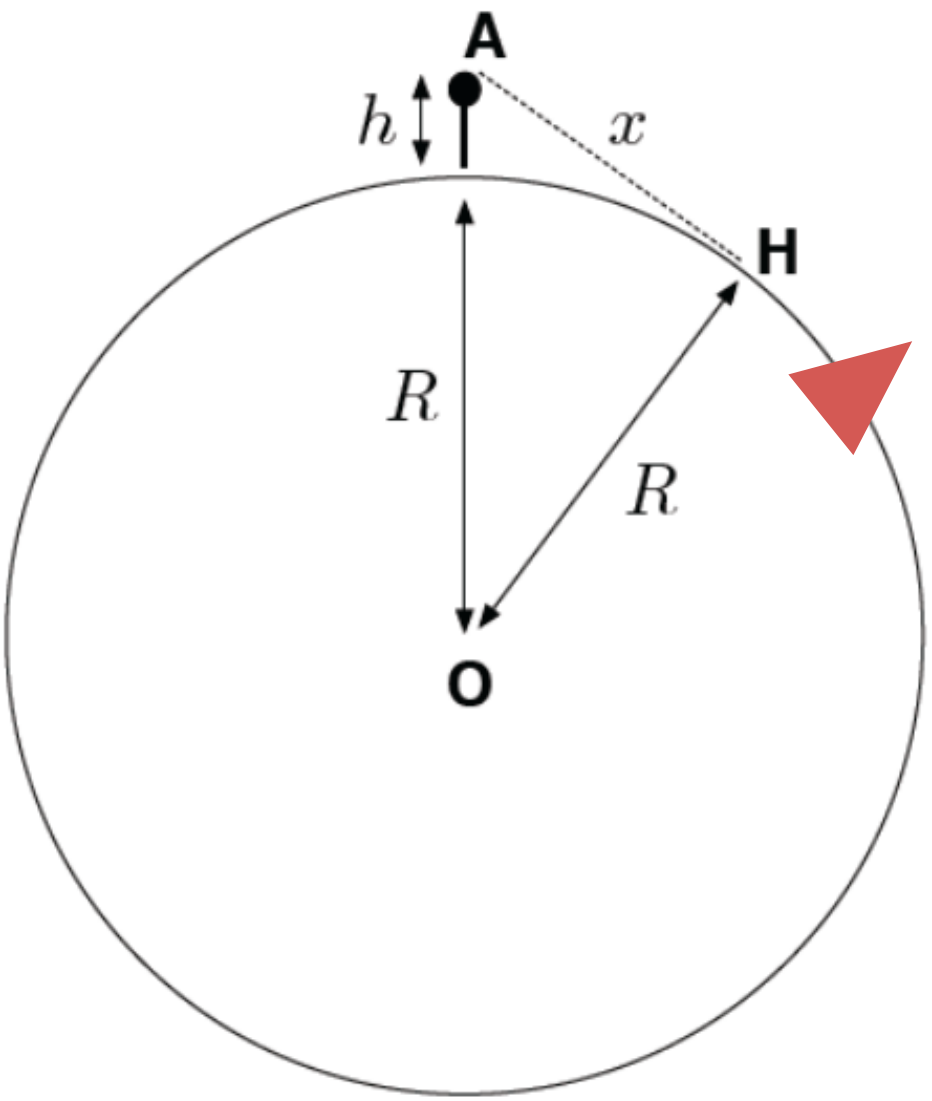


前回のミニッツペーパーから

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できる理由は何故か.



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？



福島県岩代町日山 (299km)

富士山から220km

京都府白倉岳(261km)

犬吠埼(198km)

那智勝浦町妙法山(322.6km)

八丈島東山(270km)

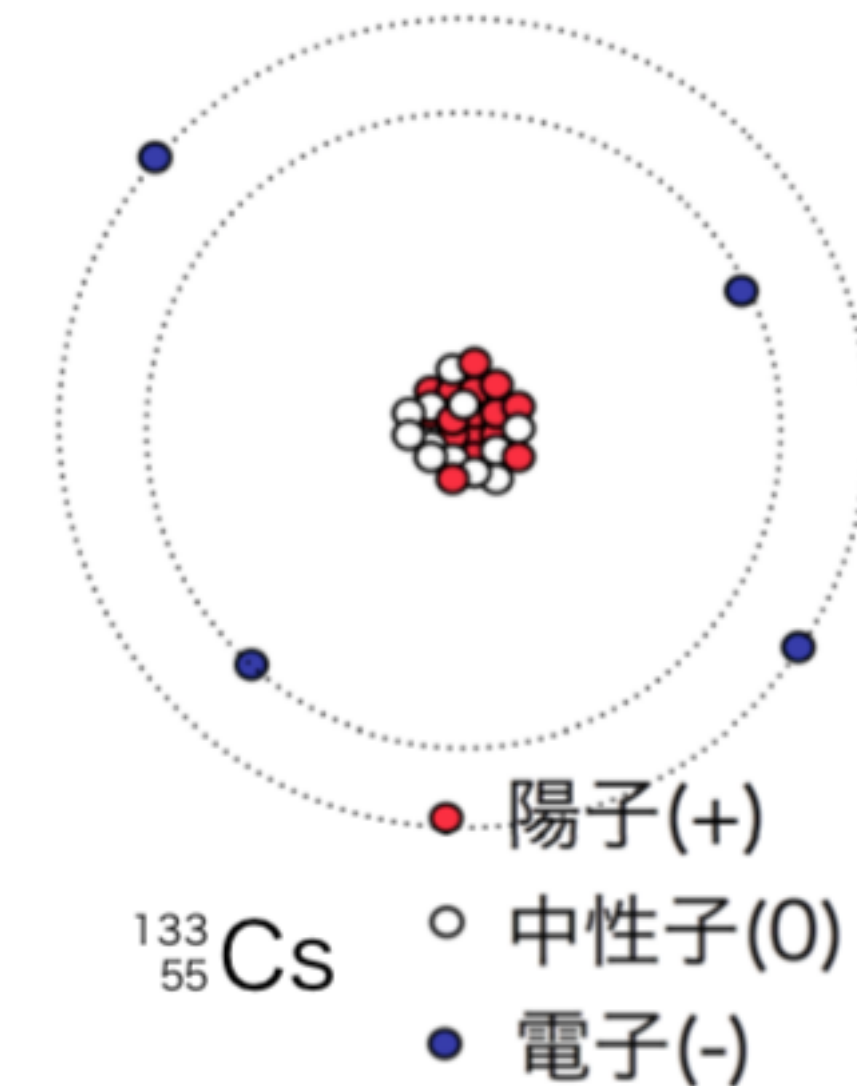
100 km
50 mi

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。

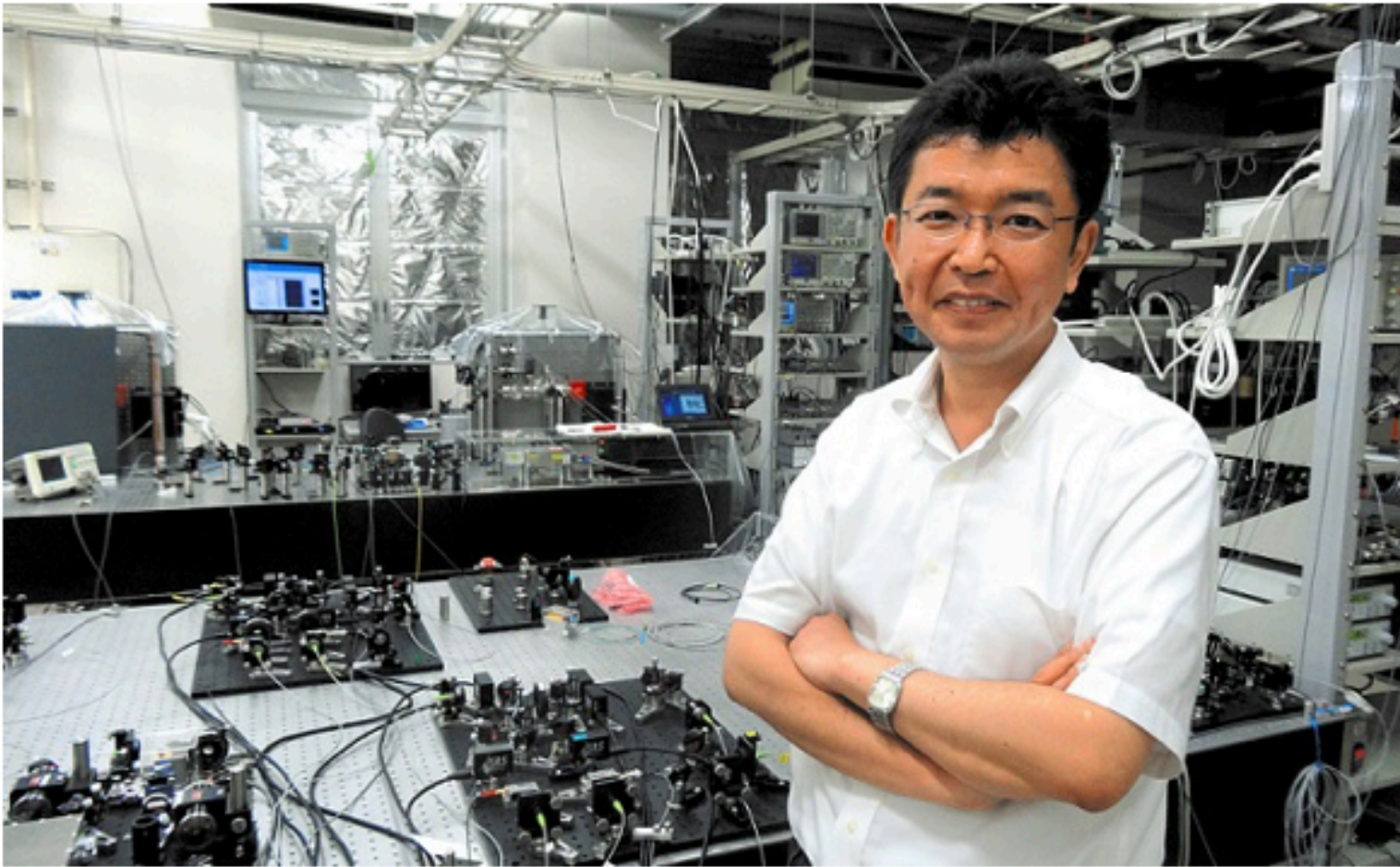
より正確な定義とするために、現在では、セシウム原子が放つ放射光の周期を使う。



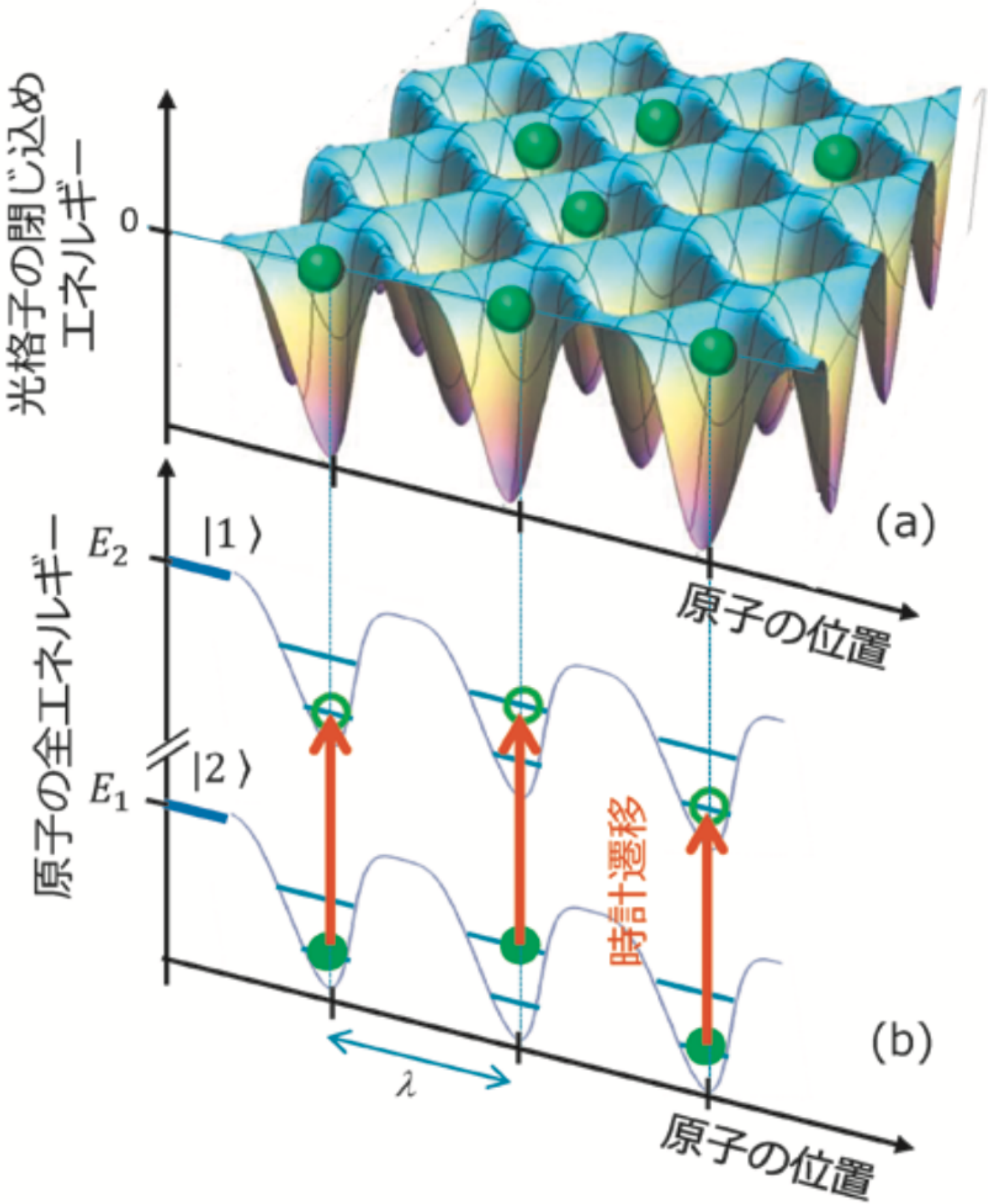
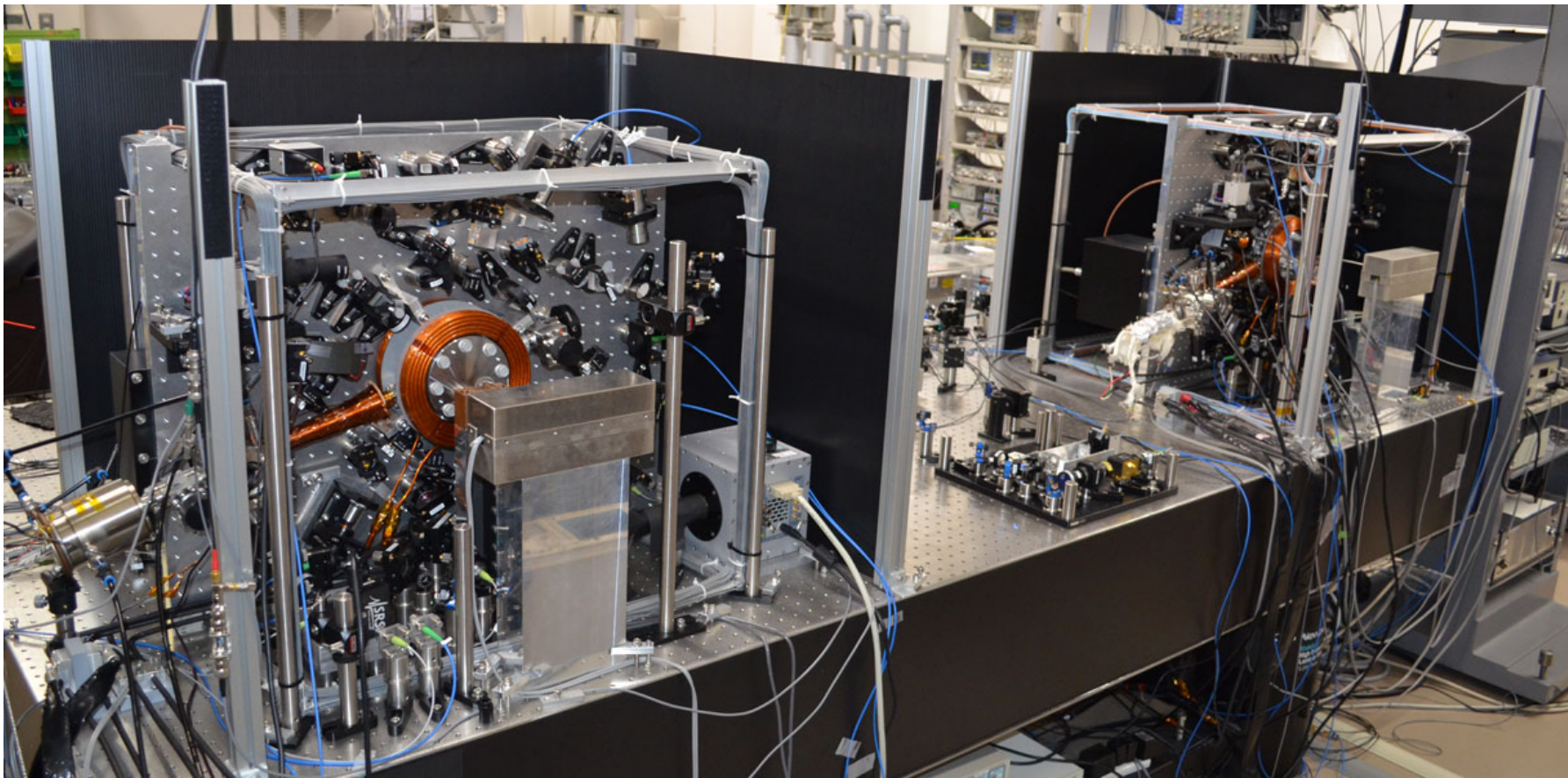
セシウム 133 原子の基底状態の 2 つの準位間の遷移に対応する

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

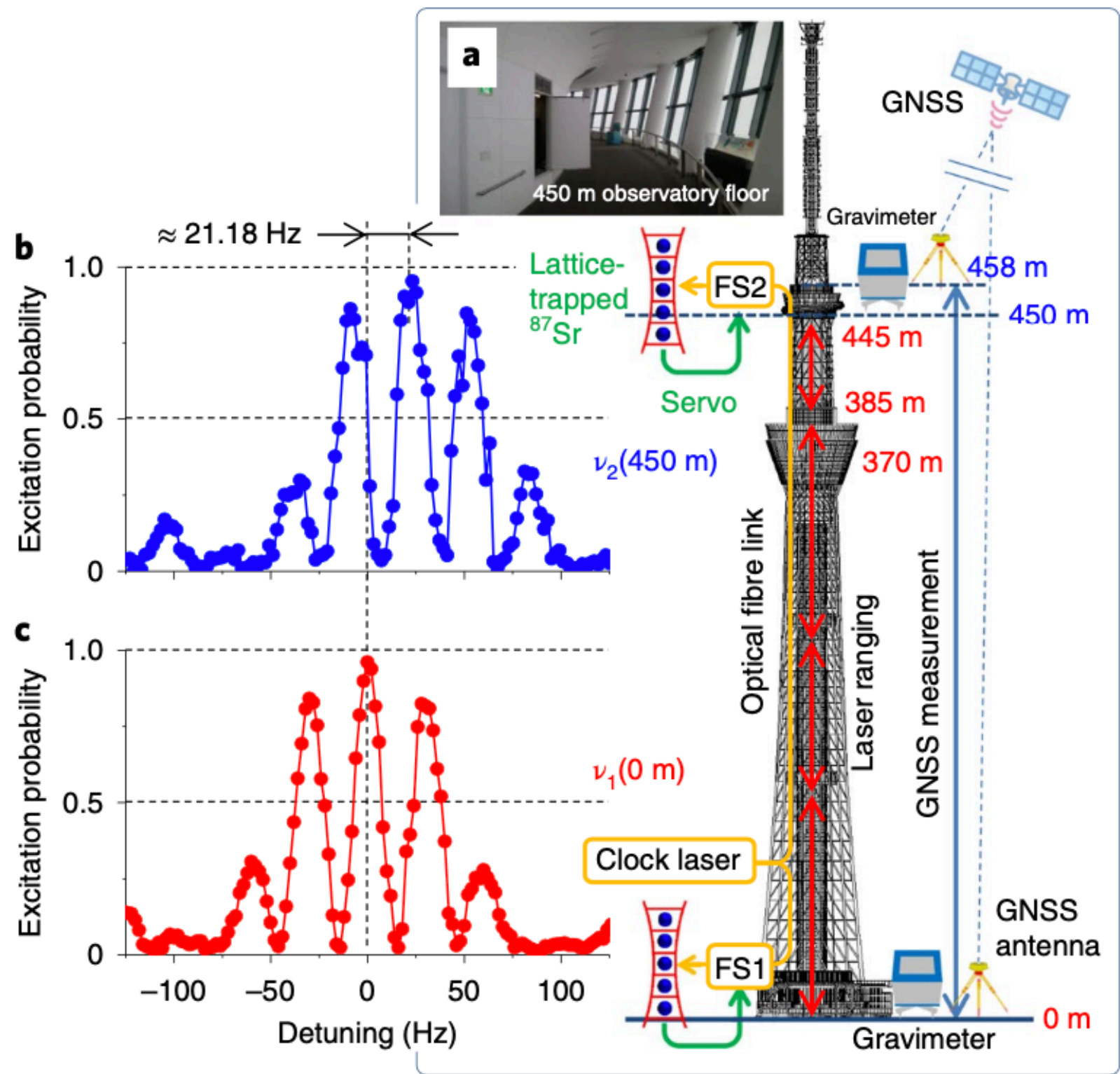


10⁻¹⁸ の精度を実現
(300億年ですれは1秒以内)

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

nature
photonics

LETTERS

<https://doi.org/10.1038/s41566-020-0619-8>

Check for updates

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}✉

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

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

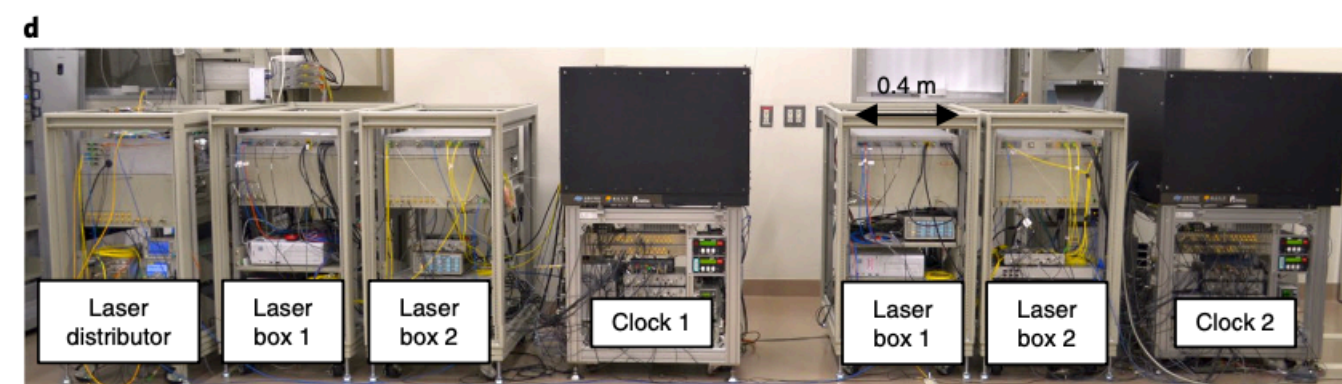
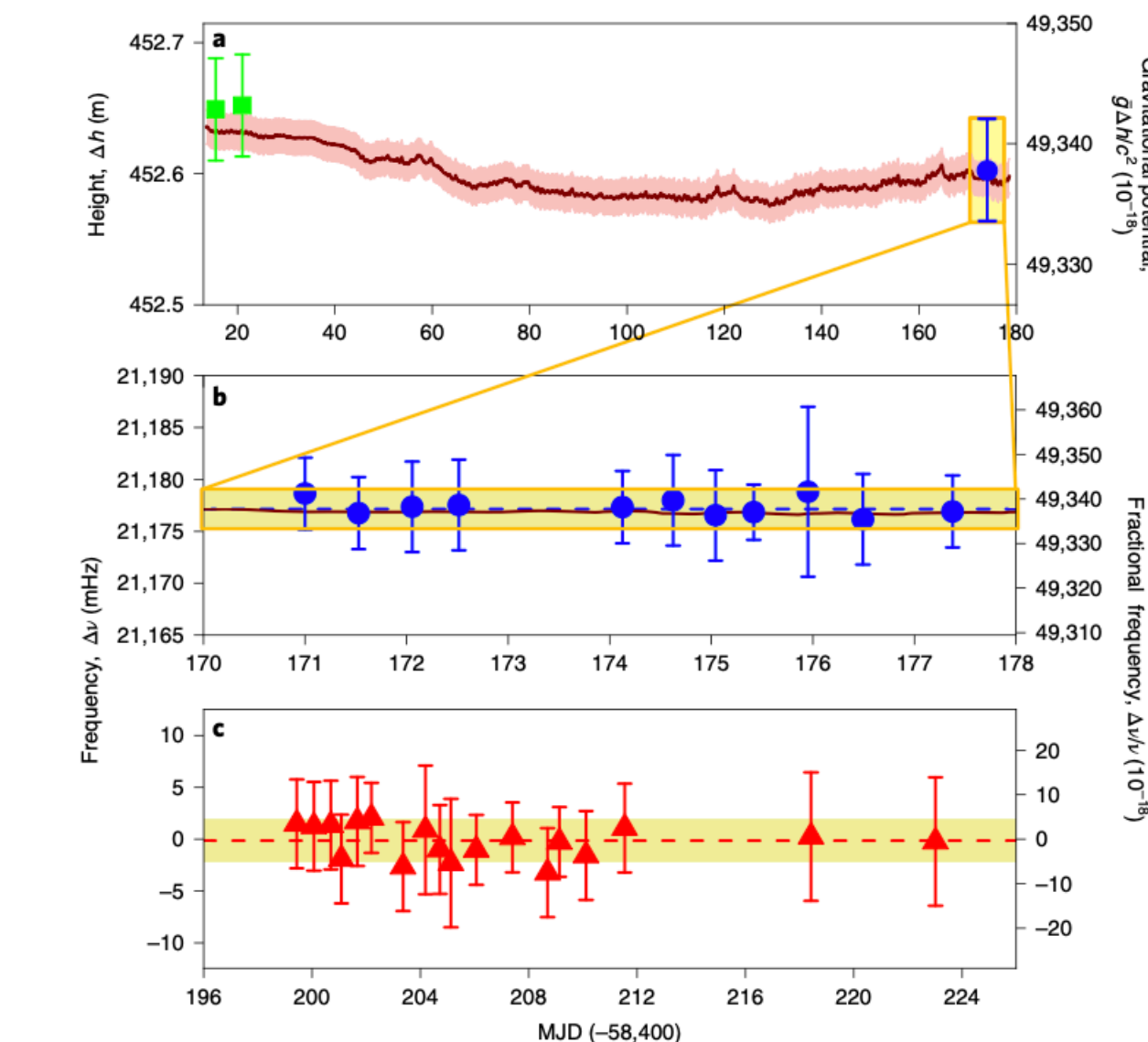
相対性理論の正しさを

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

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 $\pm$ 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.

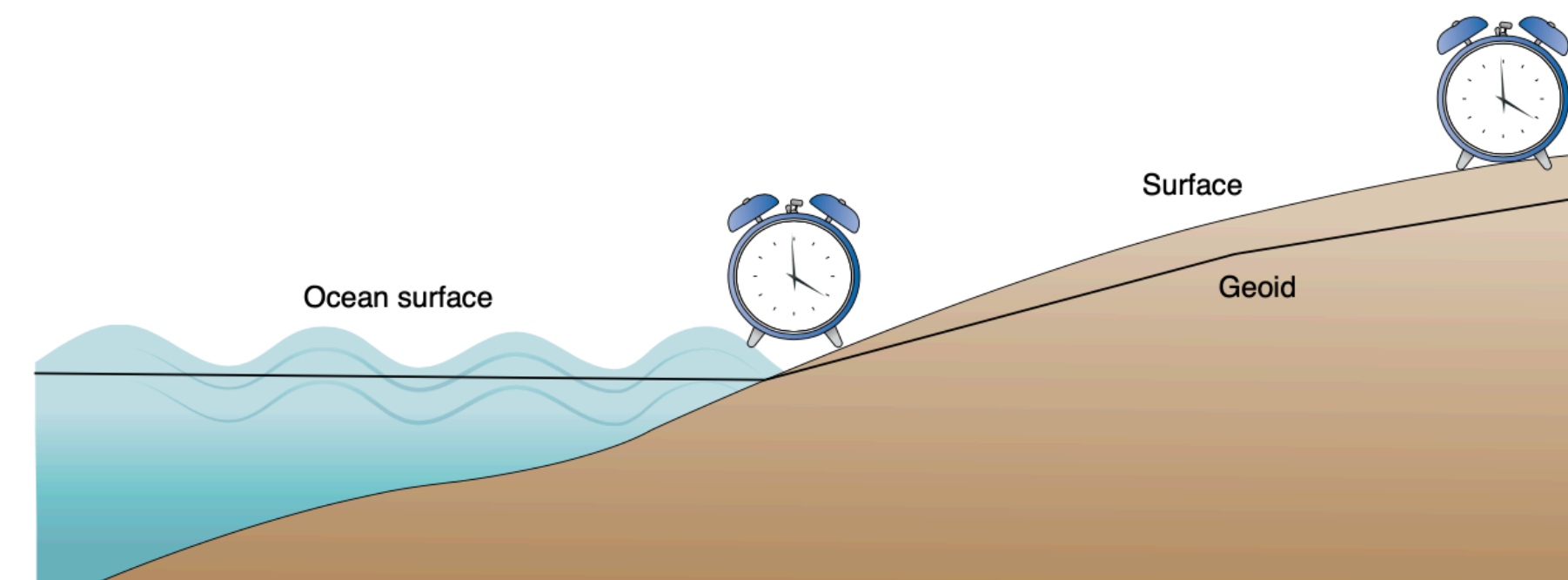


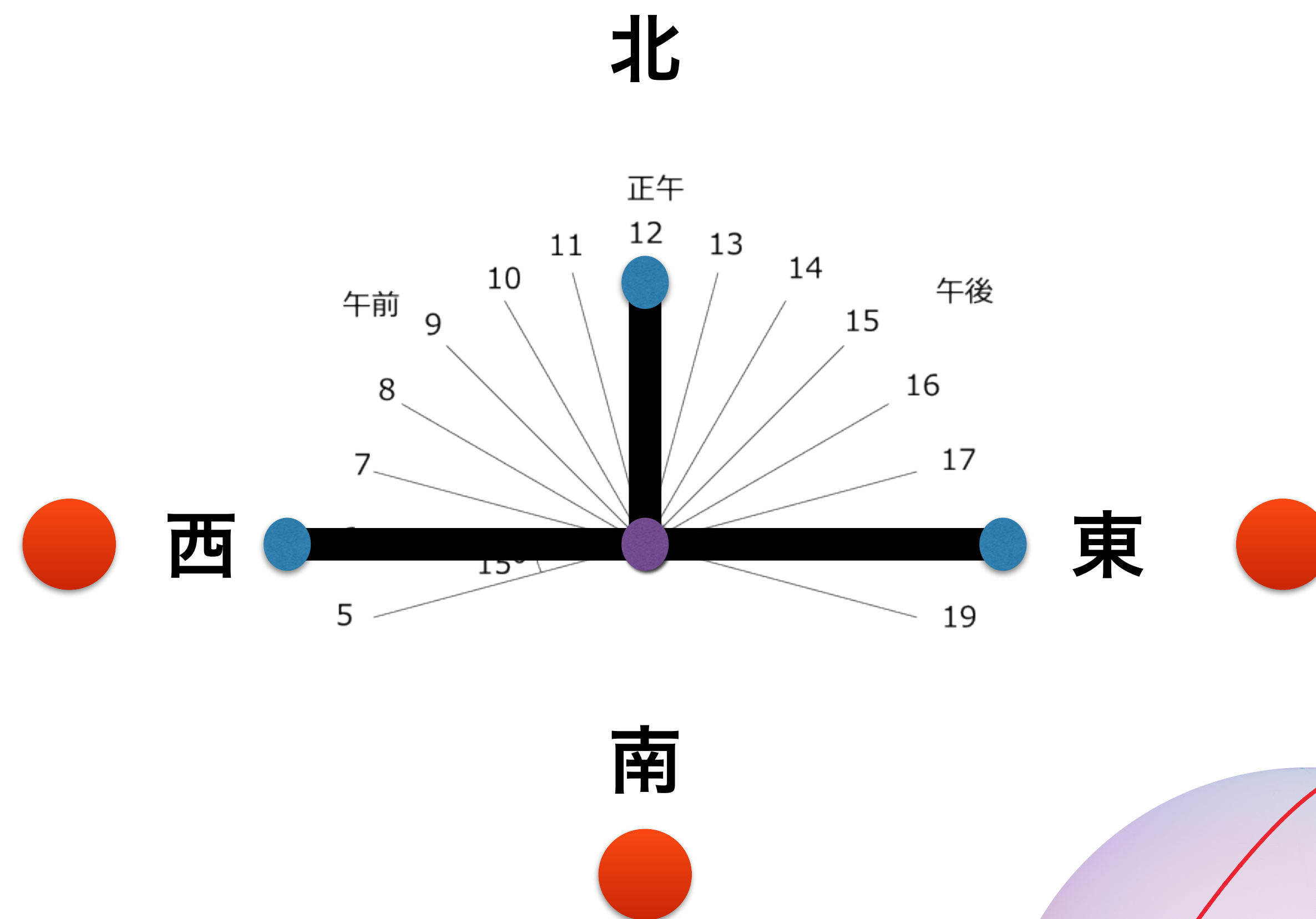
Fig. 1 | Illustration of how in the future relativistic geodesy might be done with clocks. The geoid is an equipotential surface of the Earth's gravitational potential, indicated by the black line. While the mean ocean surface is closely aligned with the geoid, the surface of land can significantly differ. 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

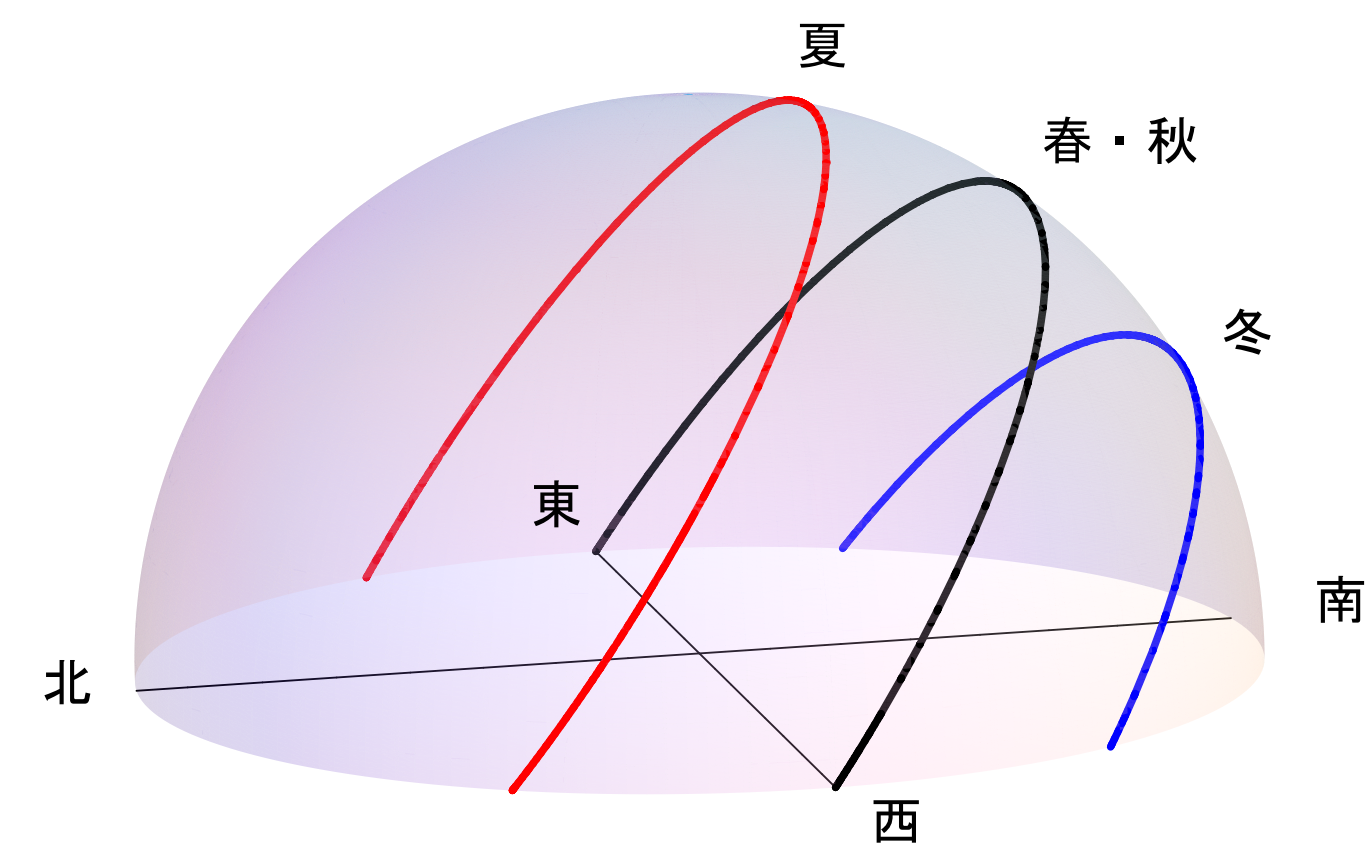
日時計 (sundial)



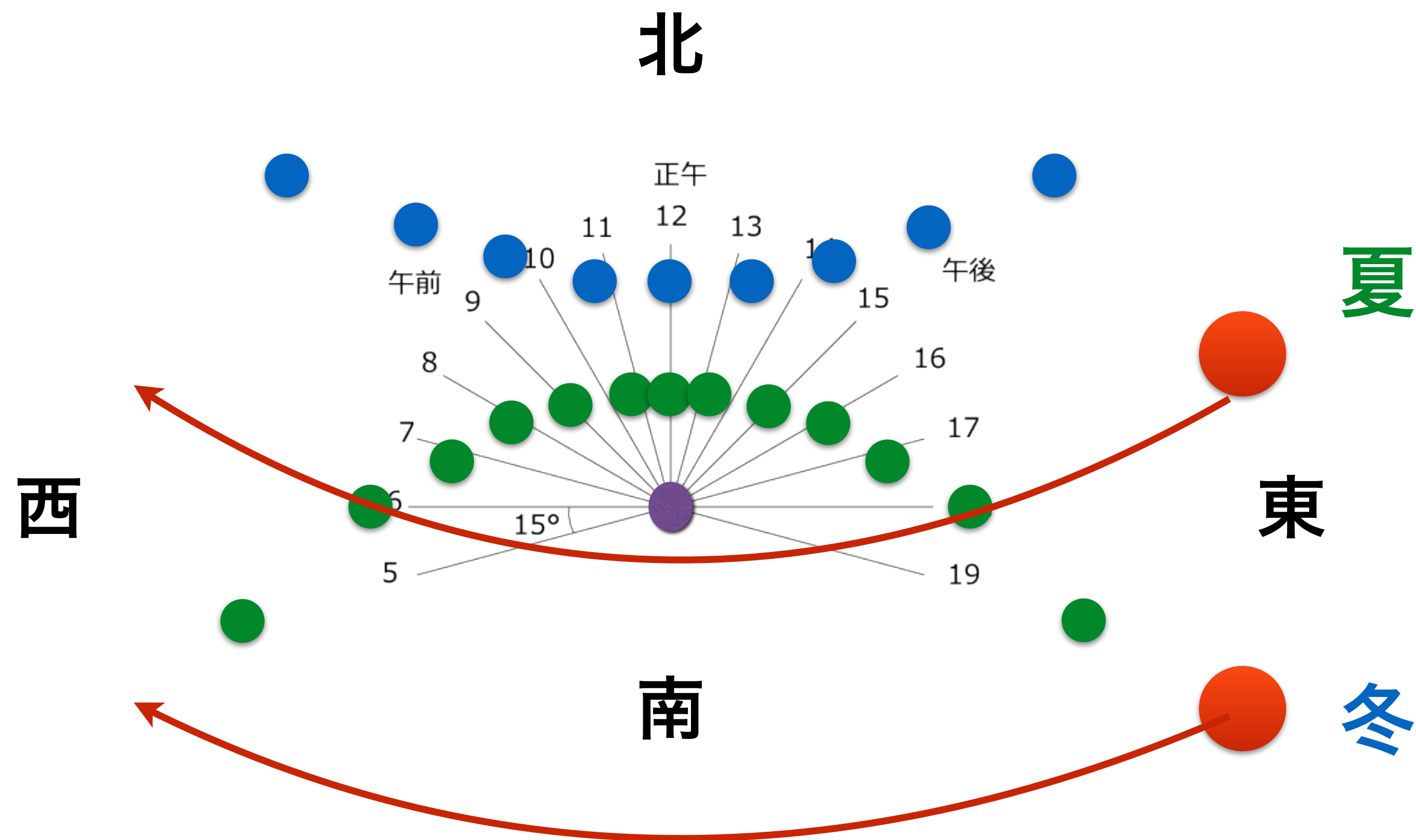
日時計の影はどう動く？



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？

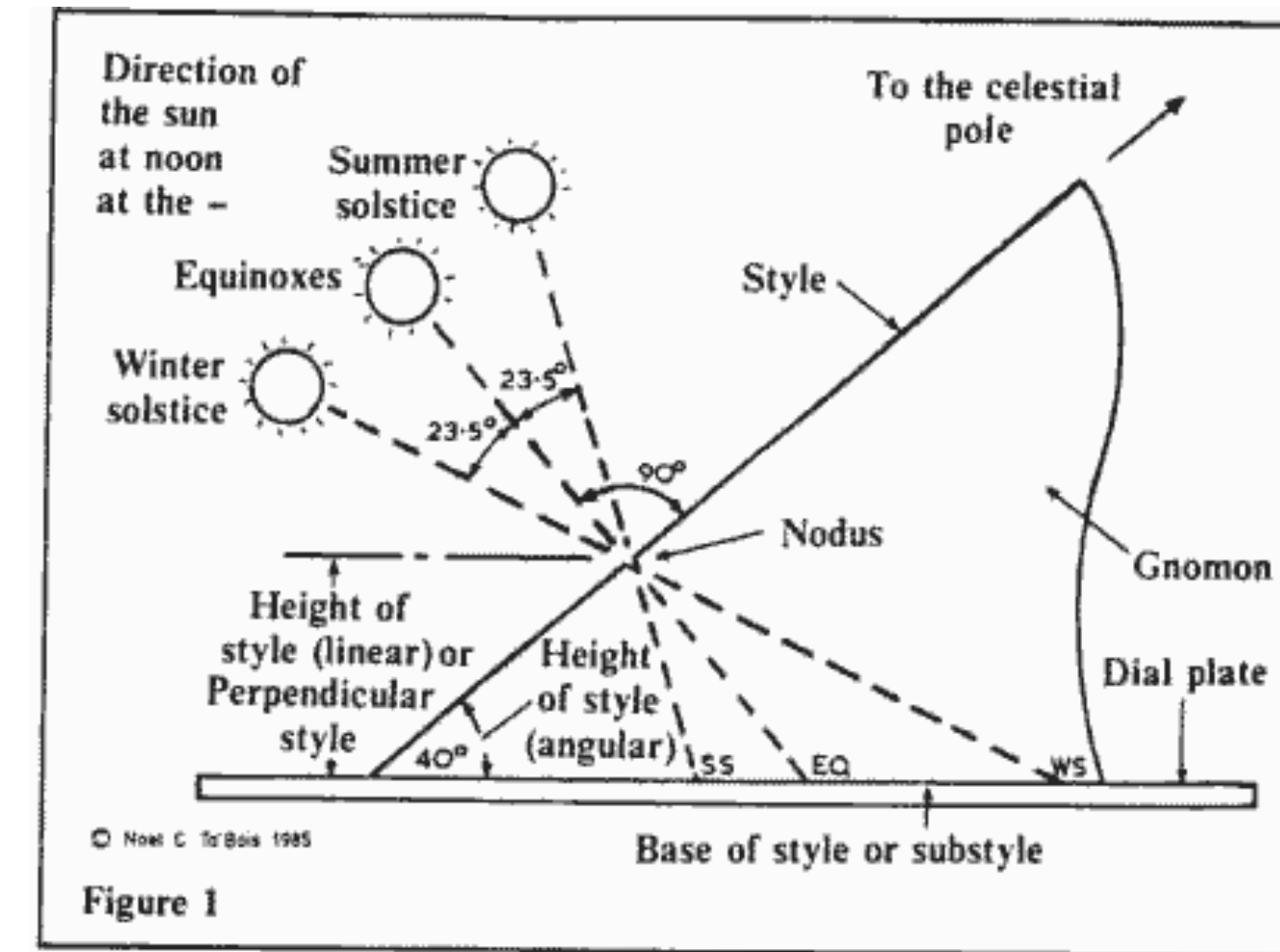


問題：季節ごとに正確に影を描くと？

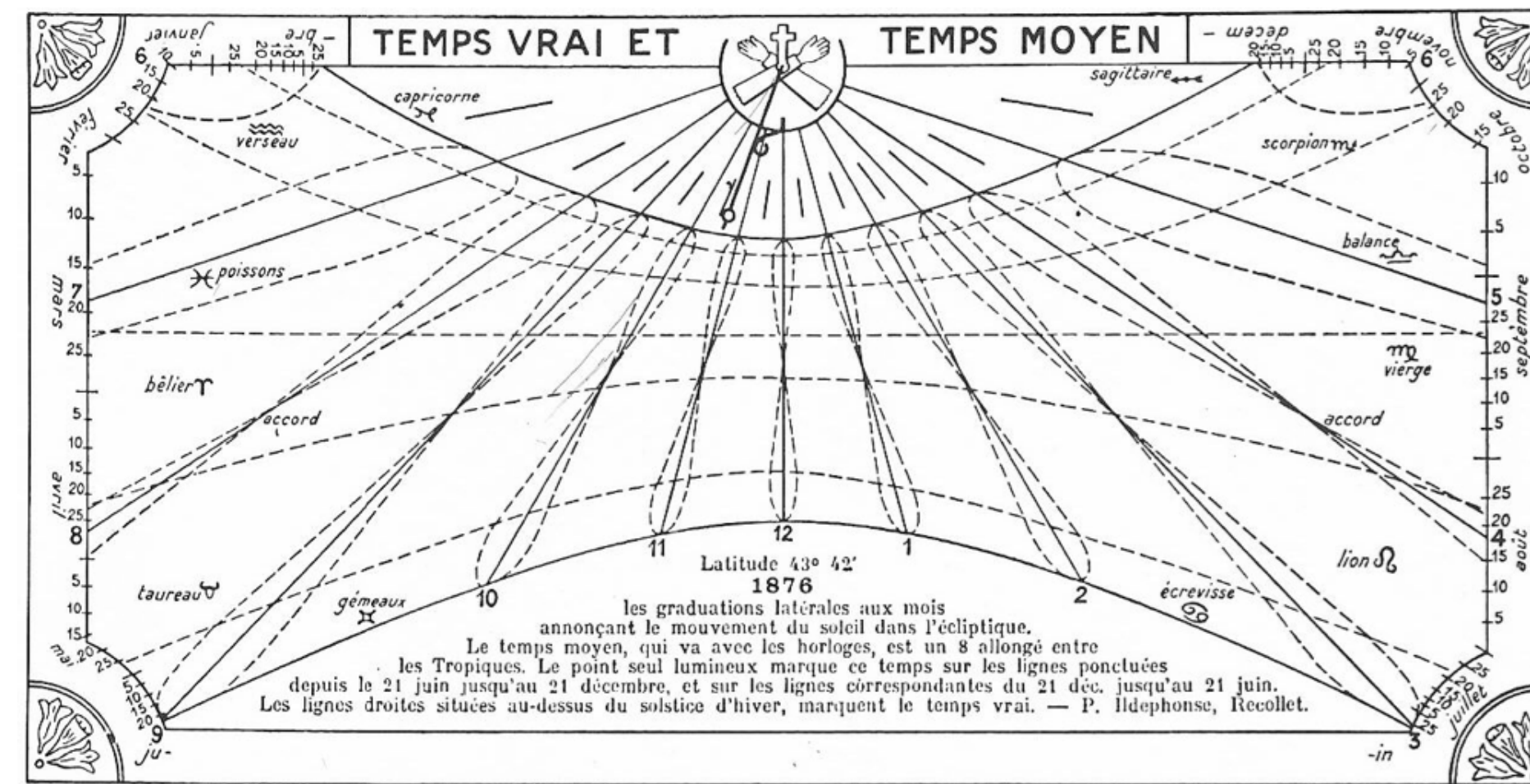
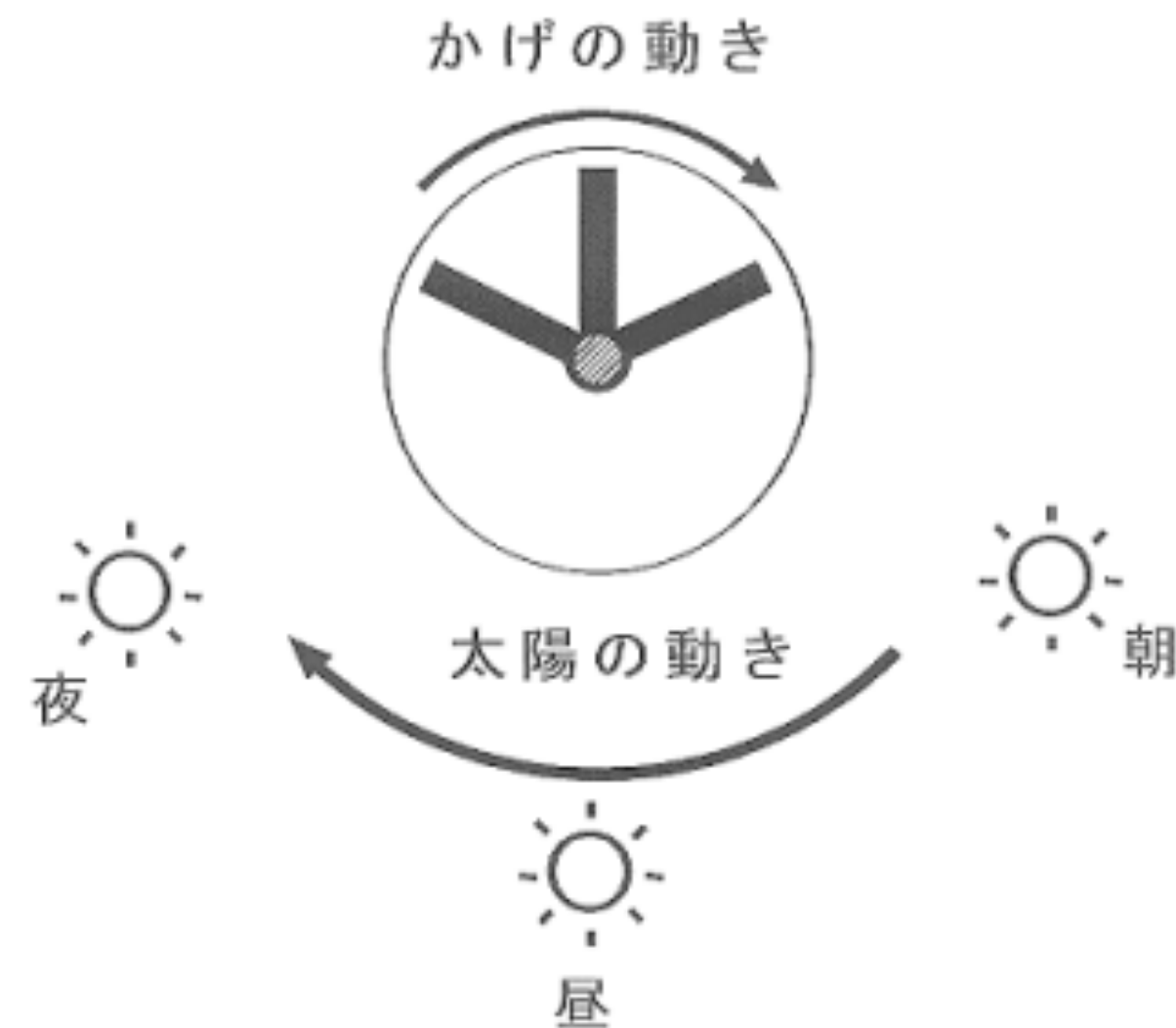
時計はなぜ右回りか



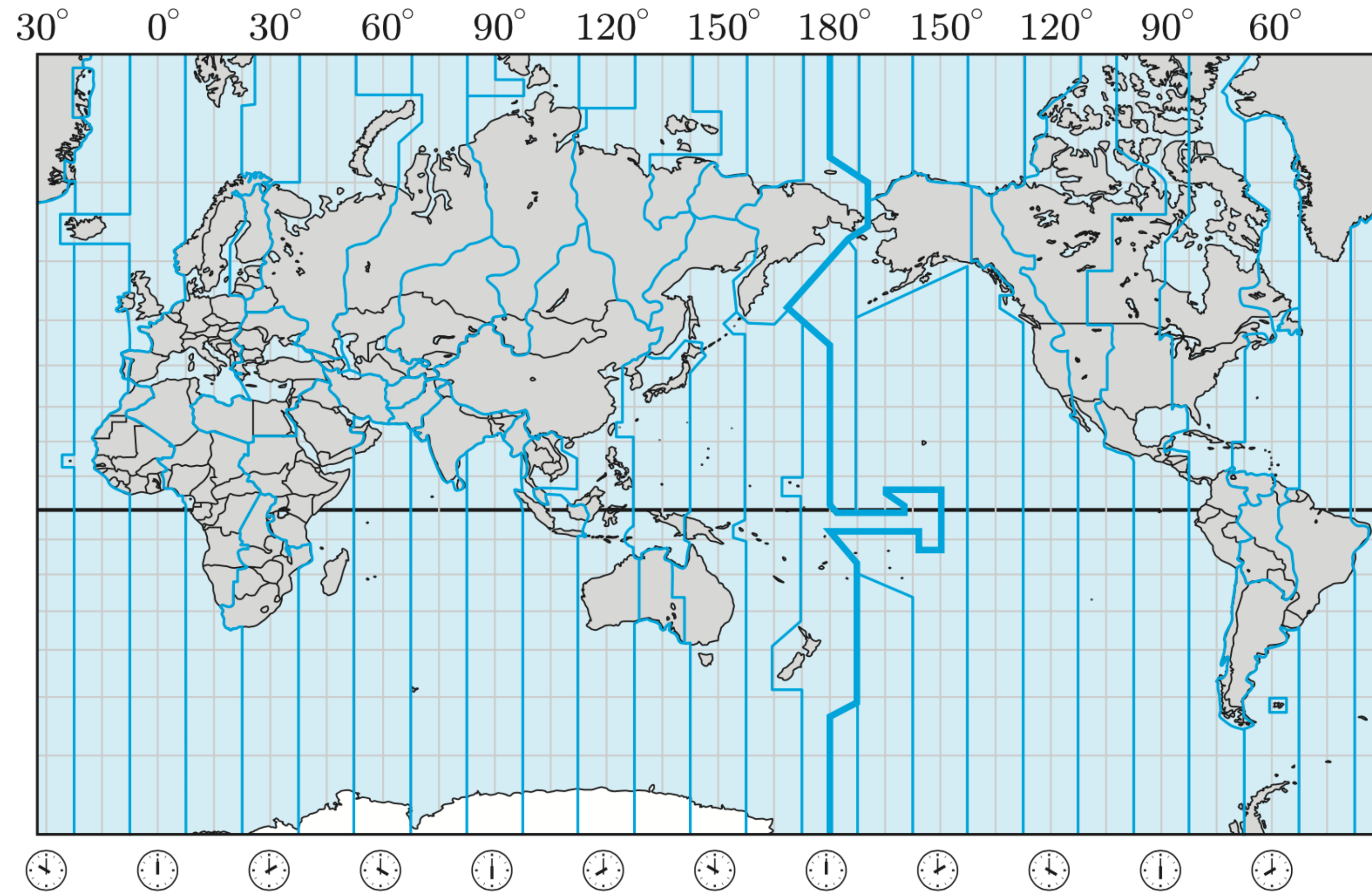
sundial



<太陽とかげの動き>



時差ボケは東に移動する方がつらい

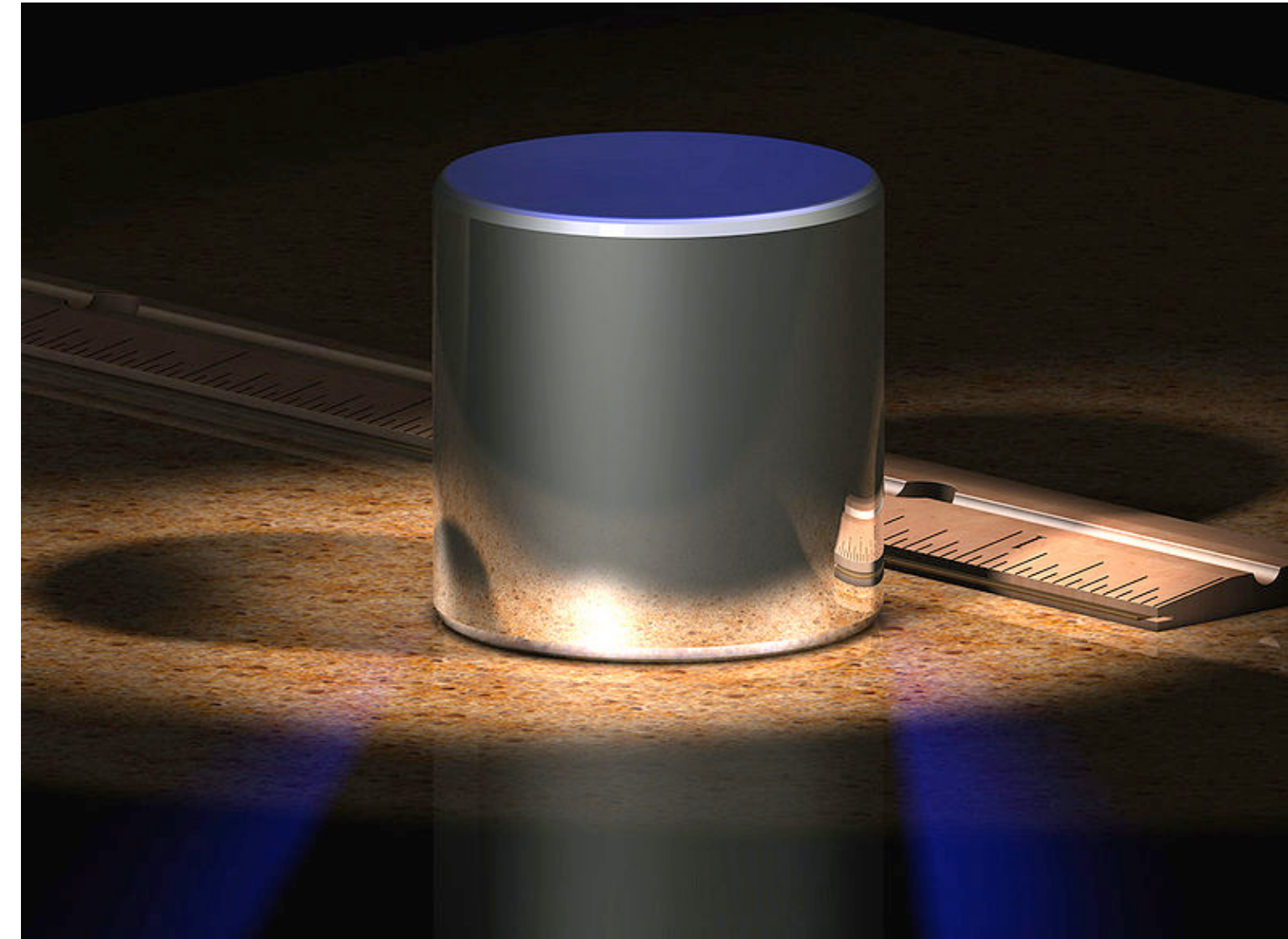


日本12時出発

- 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

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

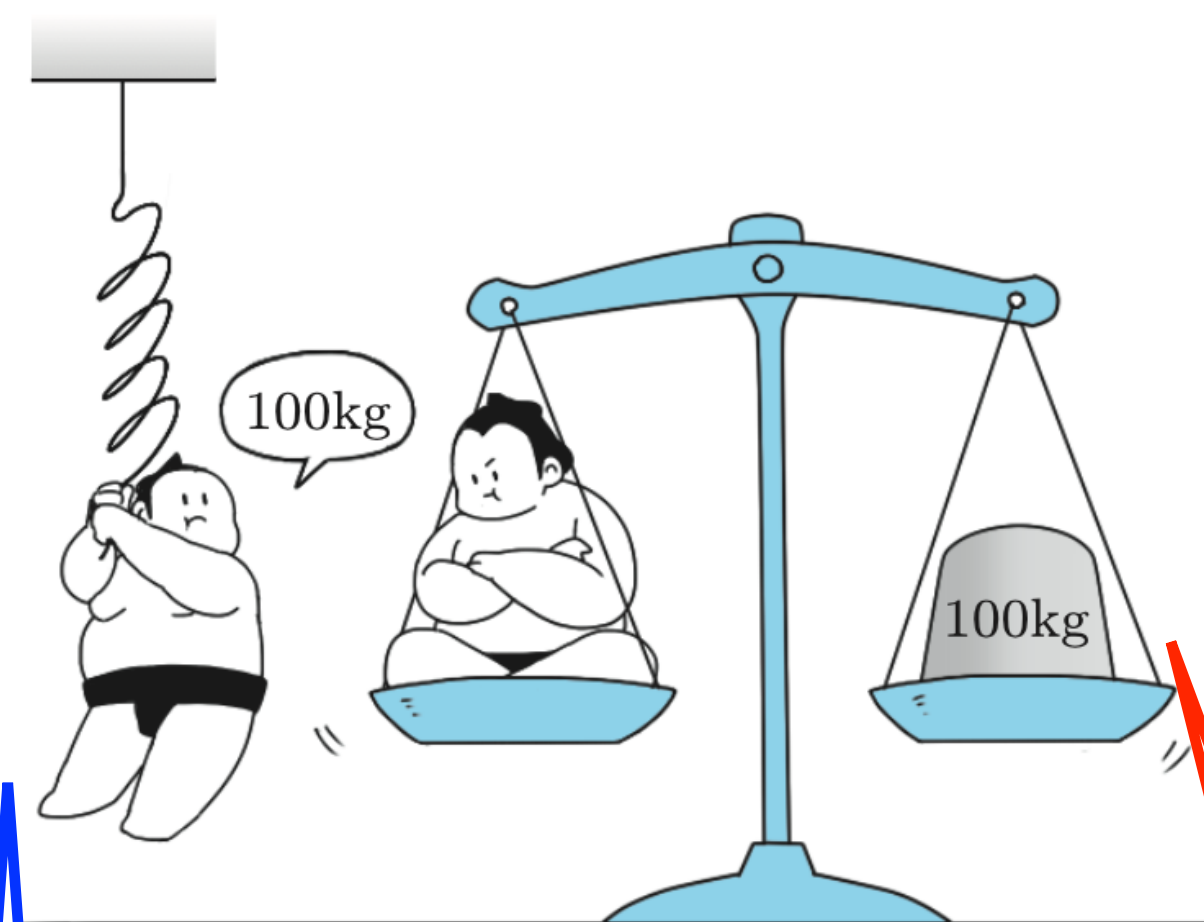
「重さ」と「質量」の違い

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

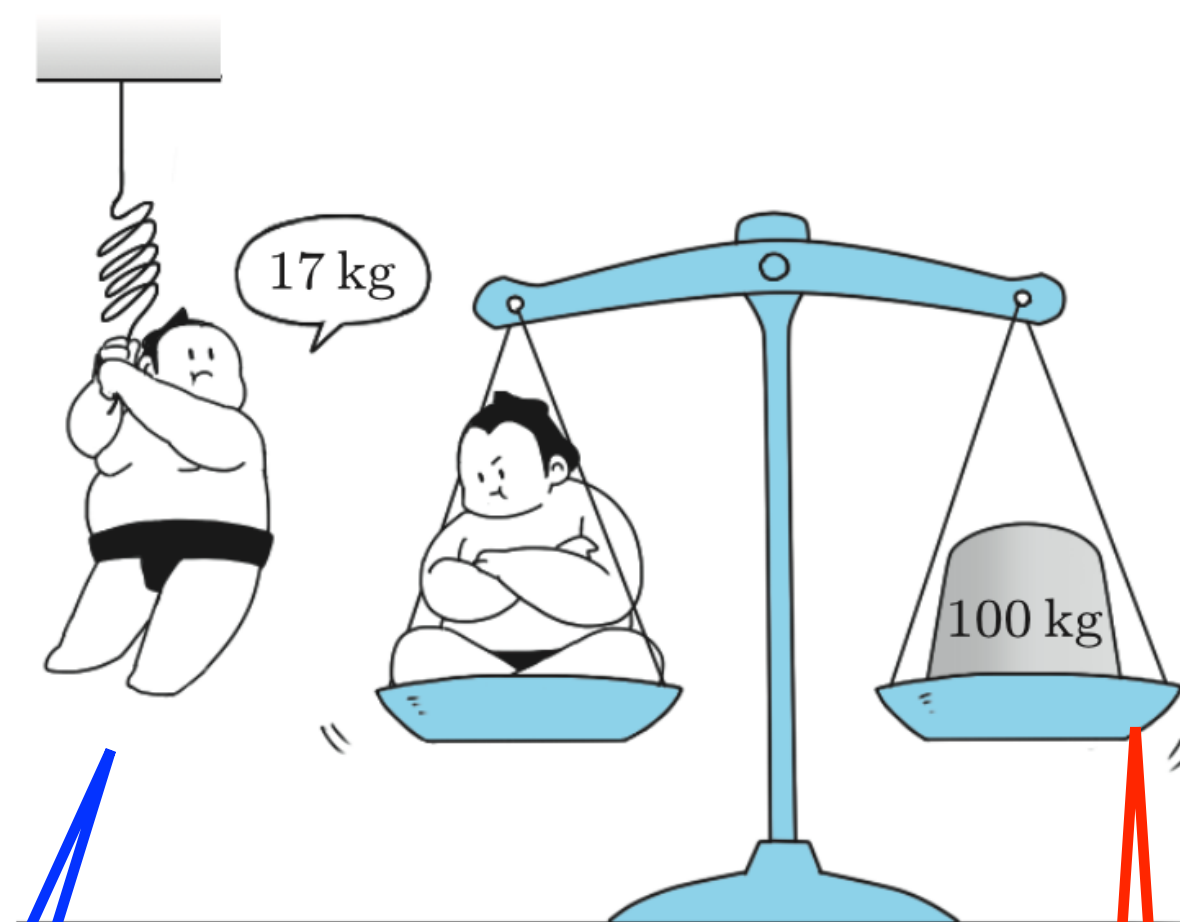
質量（mass） 単位 [kg]

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

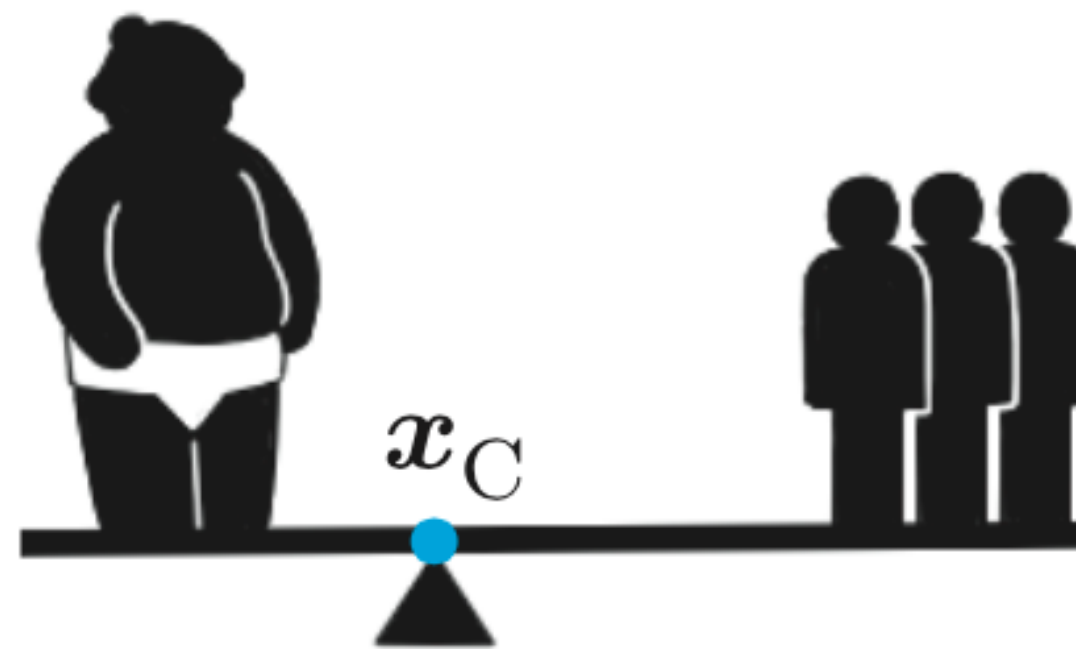
重心 (center of mass)

= 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

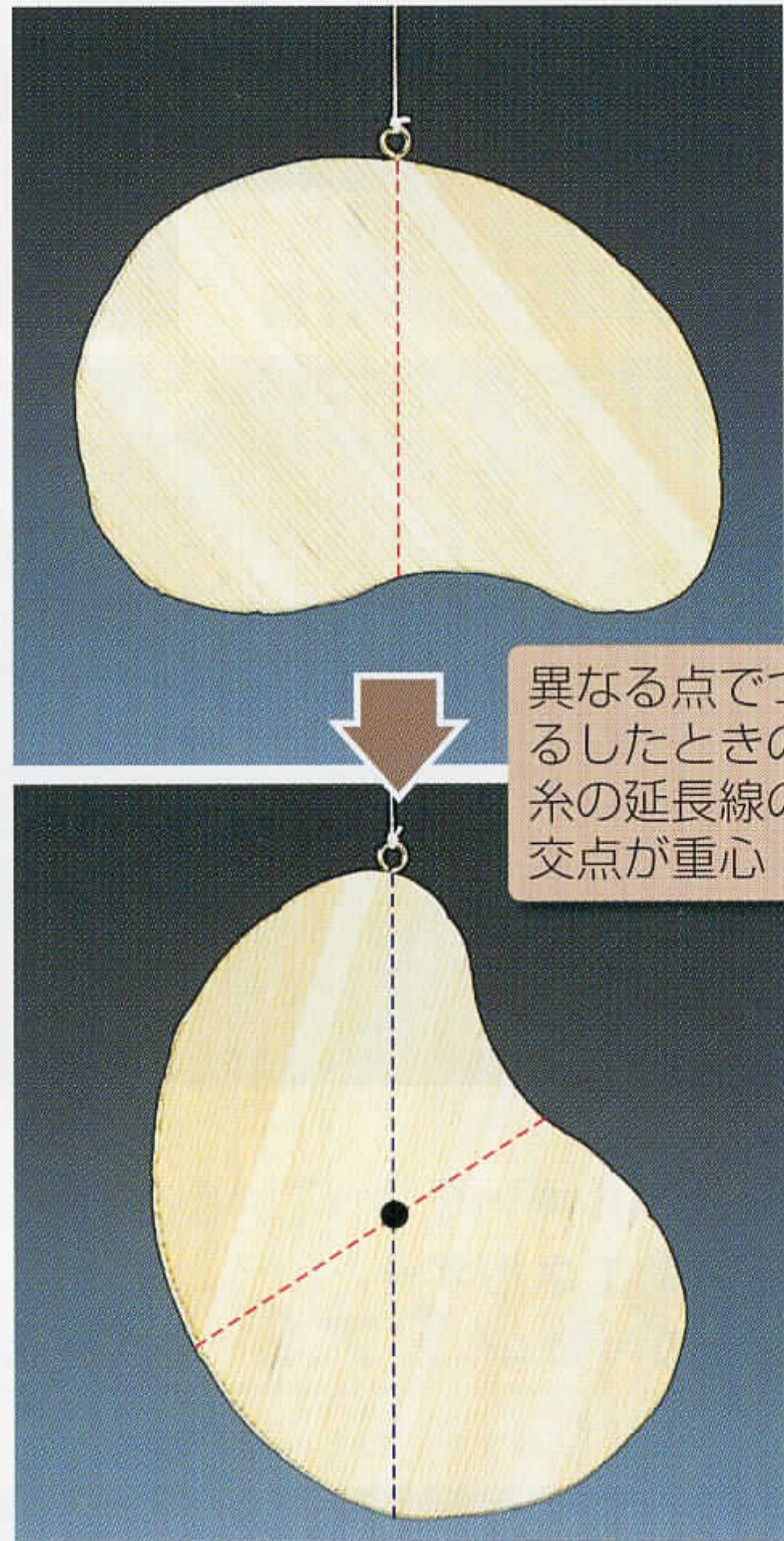
2つの物体があるとき、質量 m_1 が位置 x_1 、質量 m_2 が位置 x_2 にあるとすれば、重心の位置 x_C は、

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



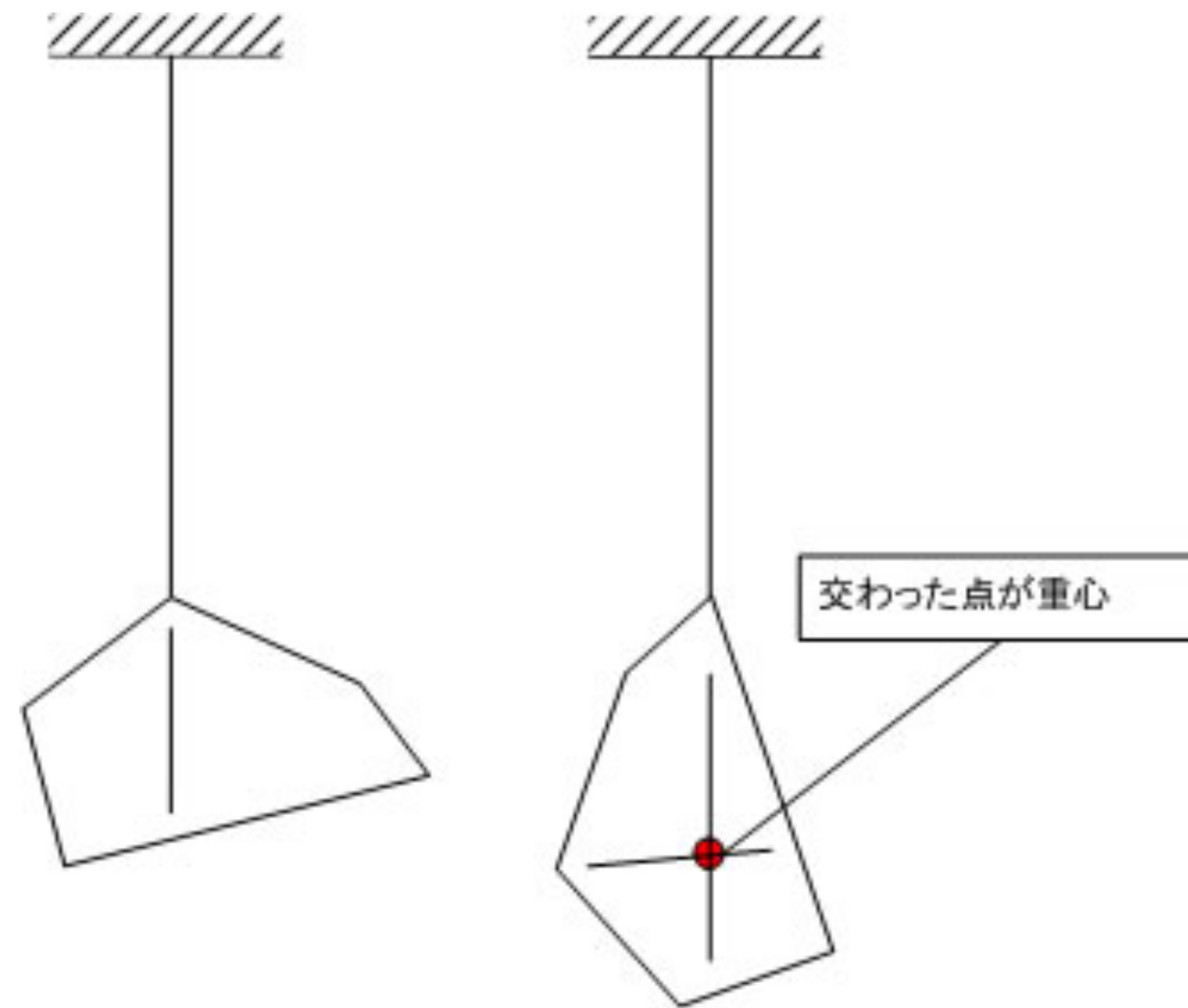
重心 (center of mass)

● 重心の求め方



異なる点でつるしたときの糸の延長線の交点が重心

剛体を糸でつるすと、重心は糸の延長線上にある。



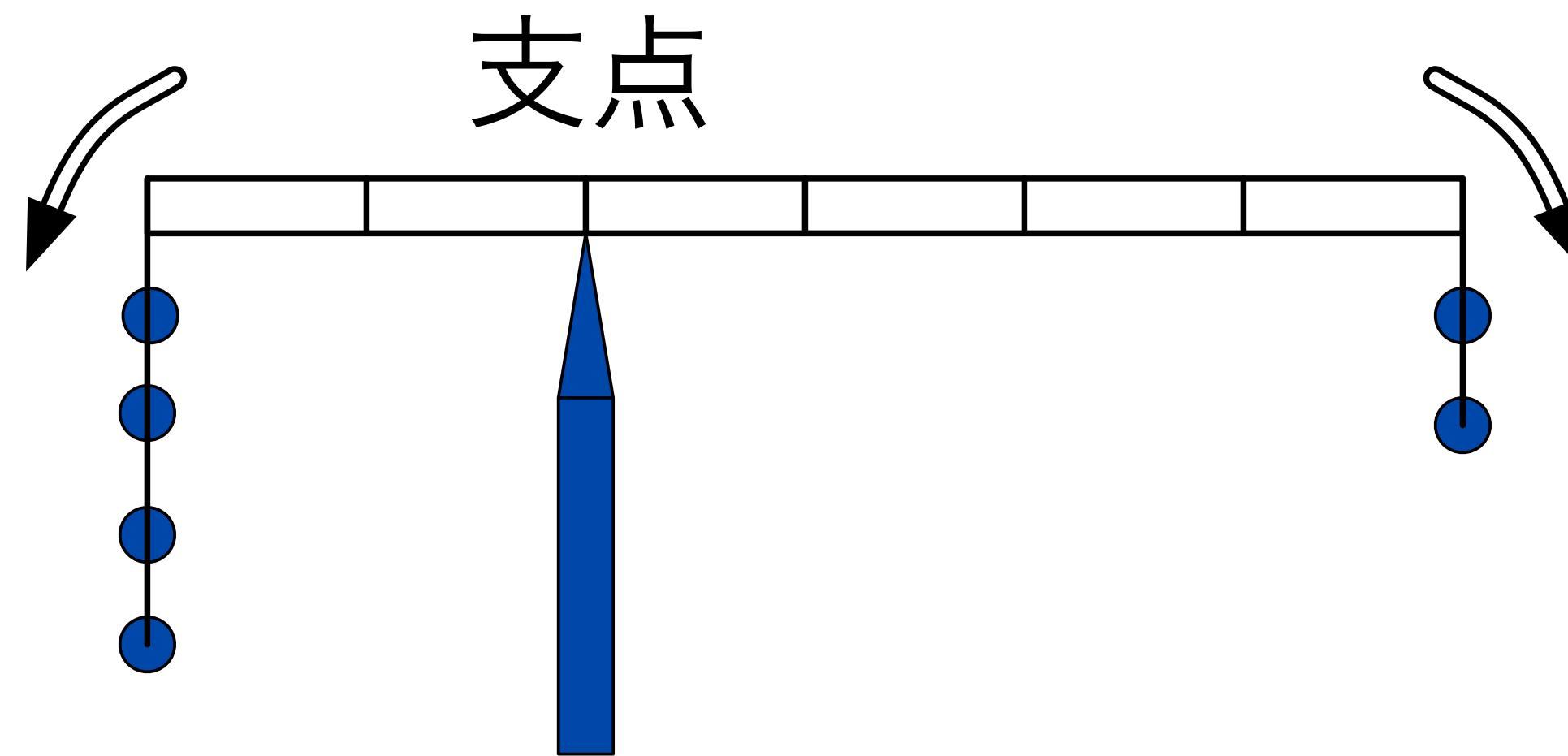
交わった点が重心



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

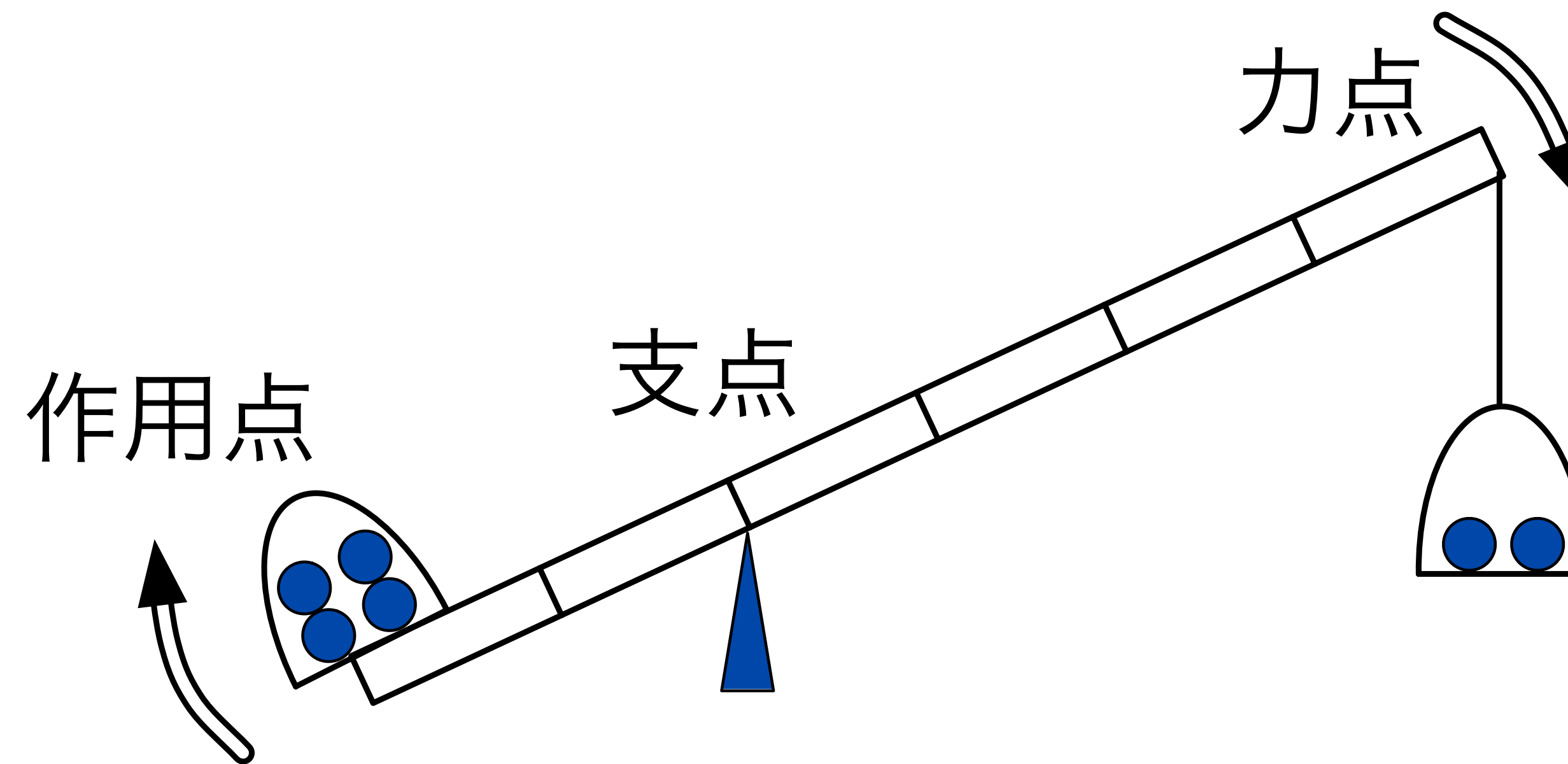


長い棒ほど，回転させるのに大きなモーメントを必要とする．

→ 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)

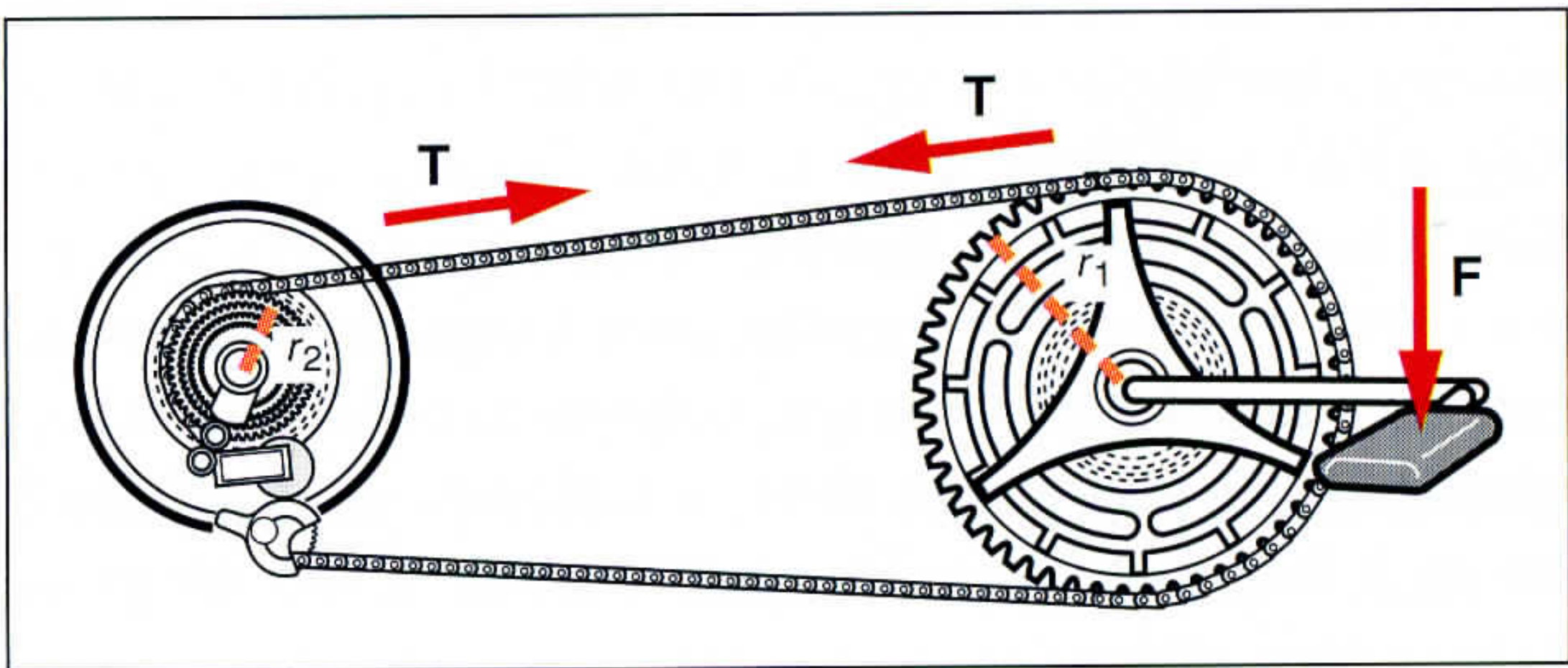
$$\begin{aligned} & (\text{力点から作用点の長さ}) \times (\text{力}) \\ &= (\text{支点から作用点の長さ}) \times (\text{力}) \end{aligned}$$



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

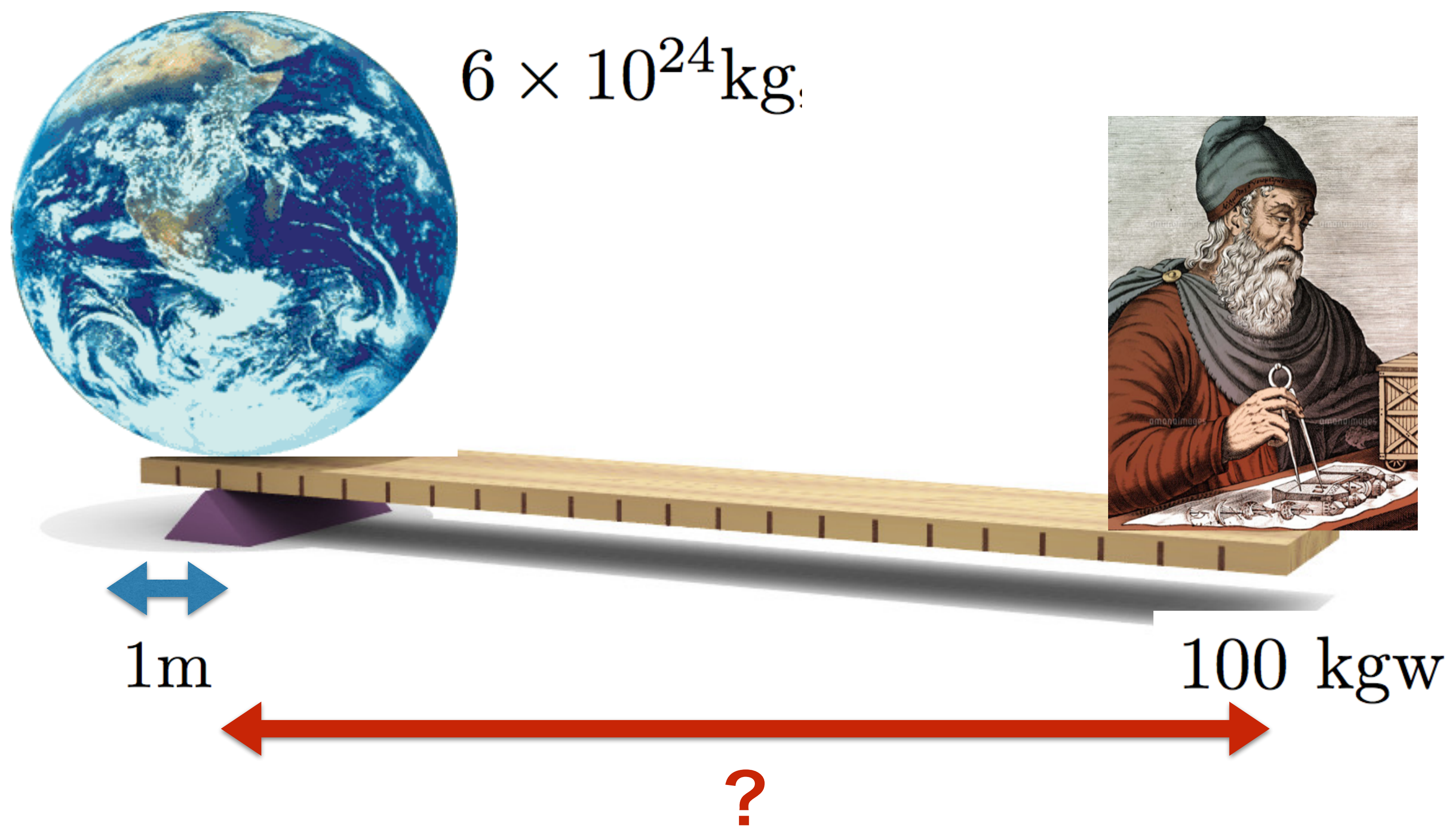
$$\text{左回りのモーメント} = (\text{長さ}) 2 \times (\text{おもり}) 4$$

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」



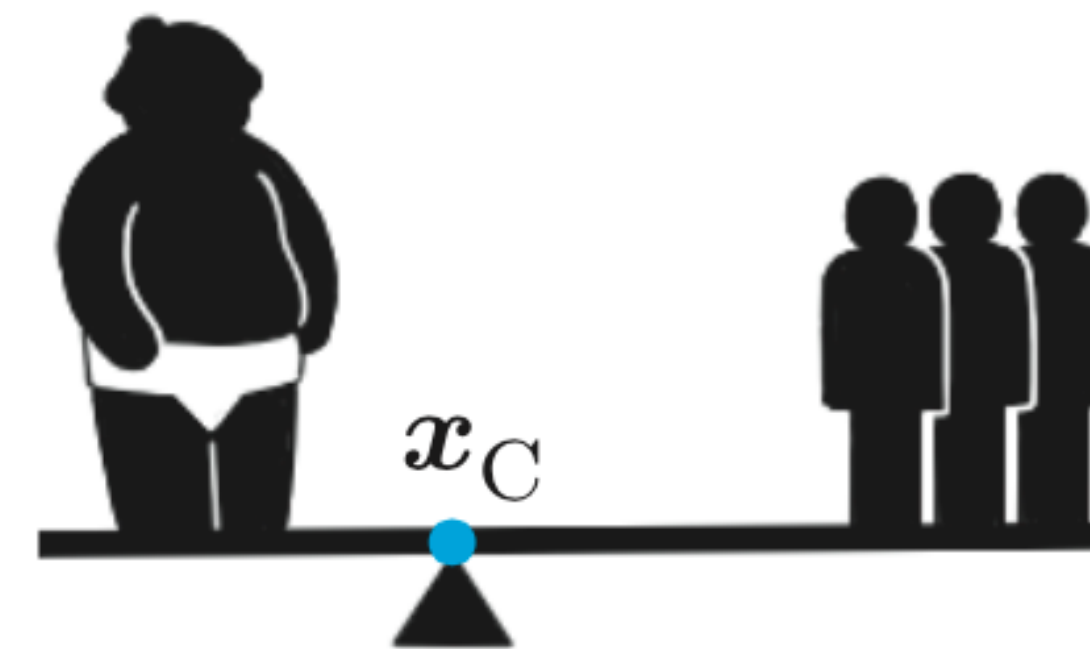
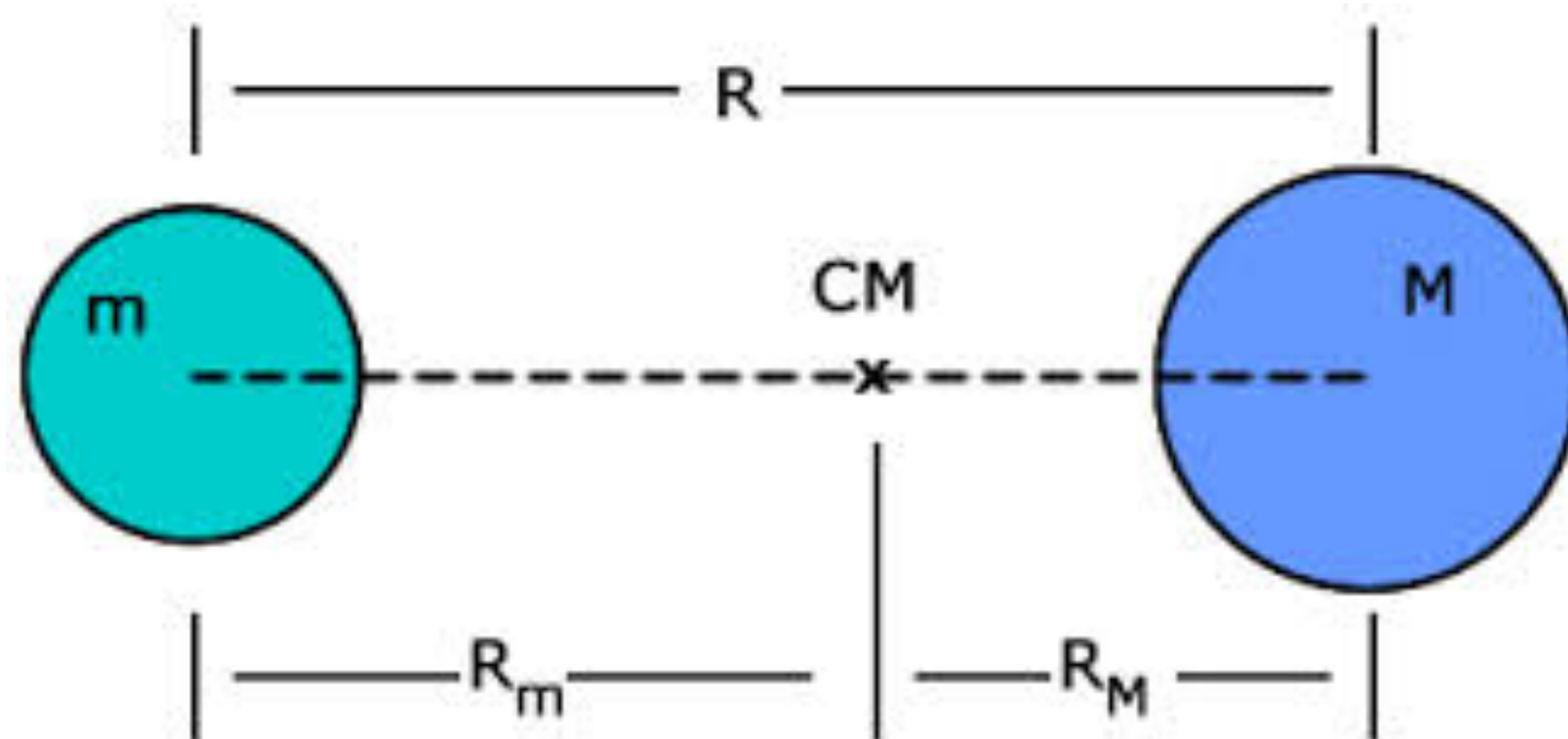
重心 (center of mass)

= モノの重さの中心

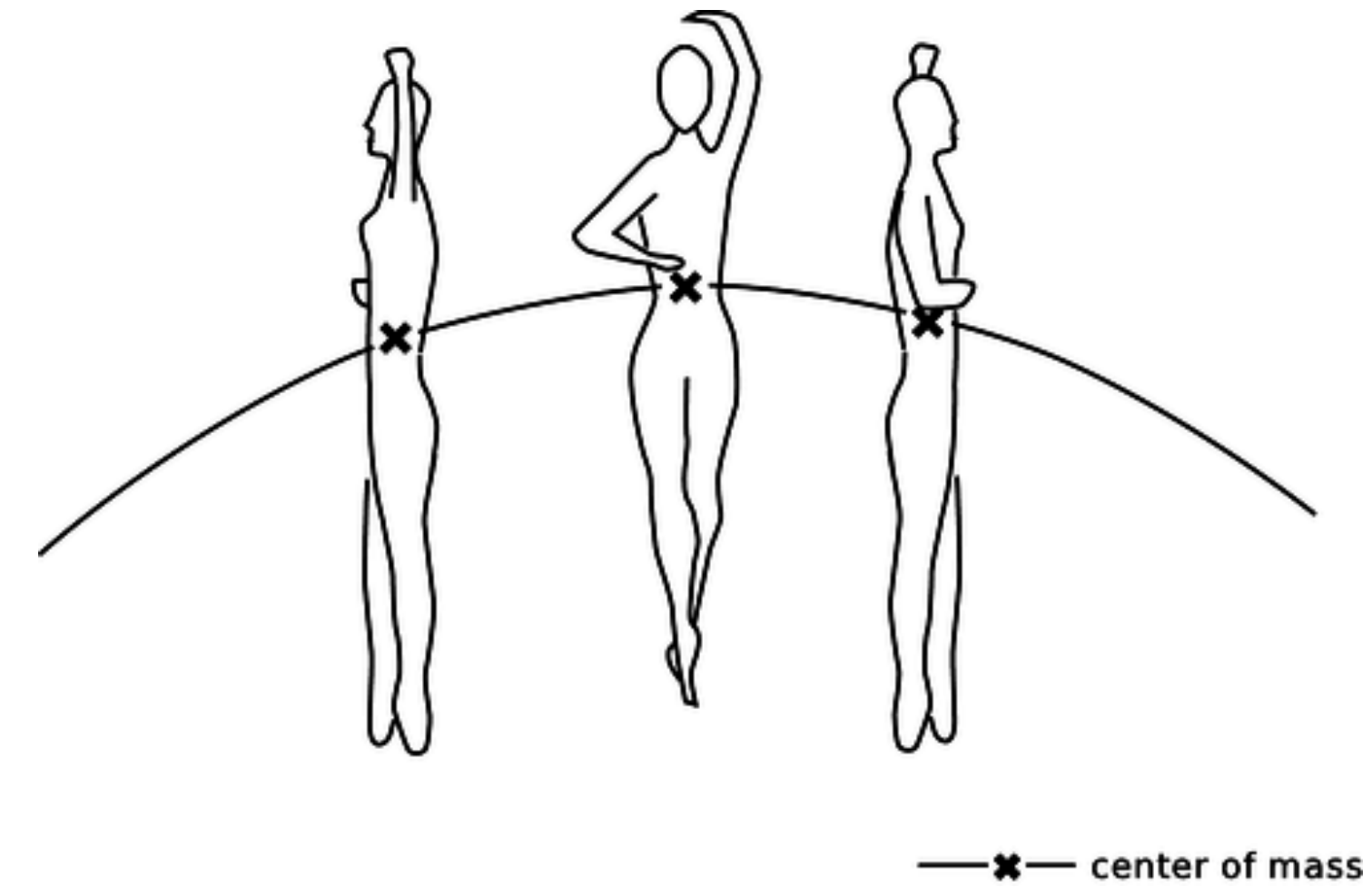
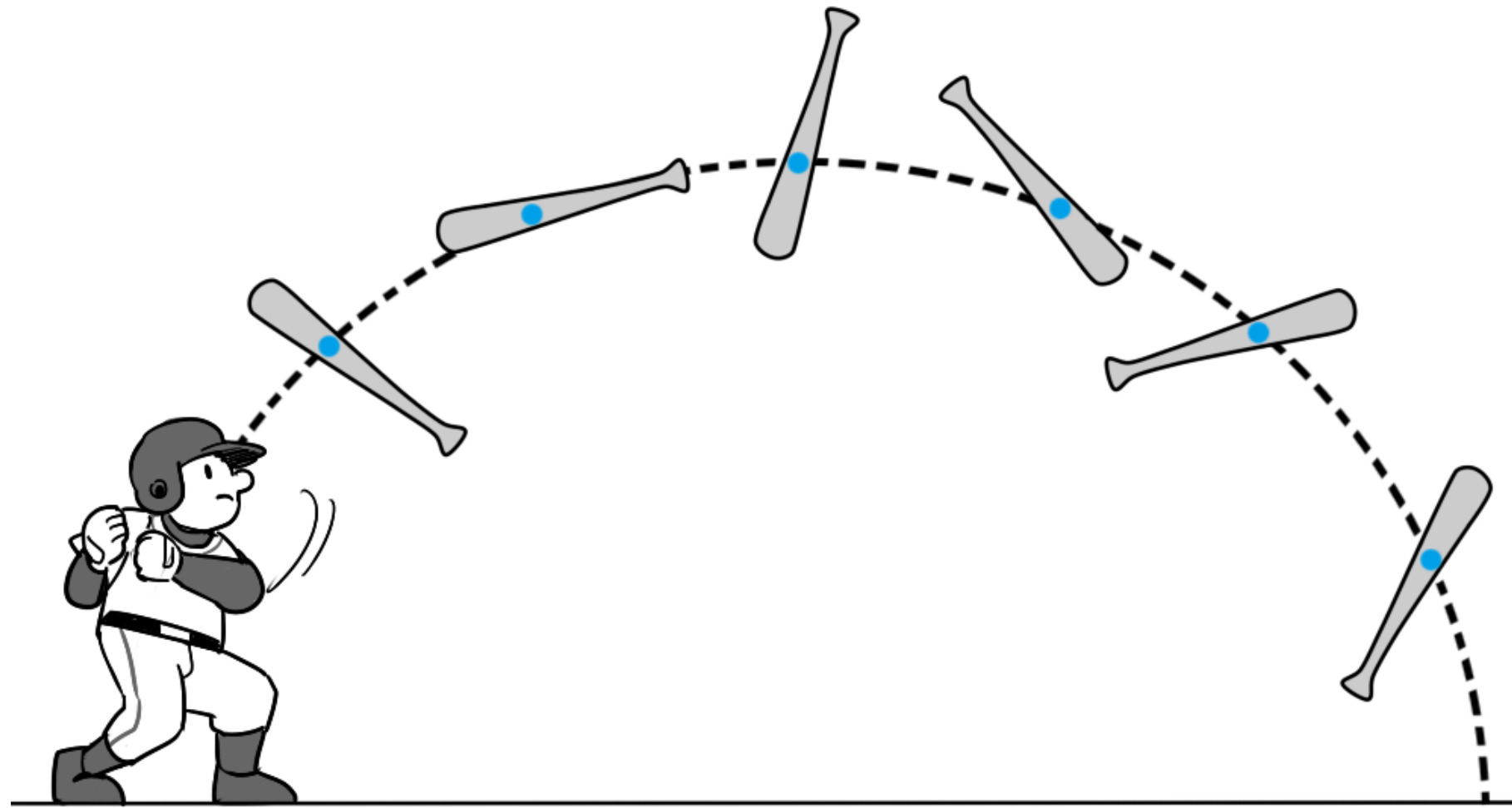
= 全体の重さが、その1点にあると考えてよい場所

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、

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

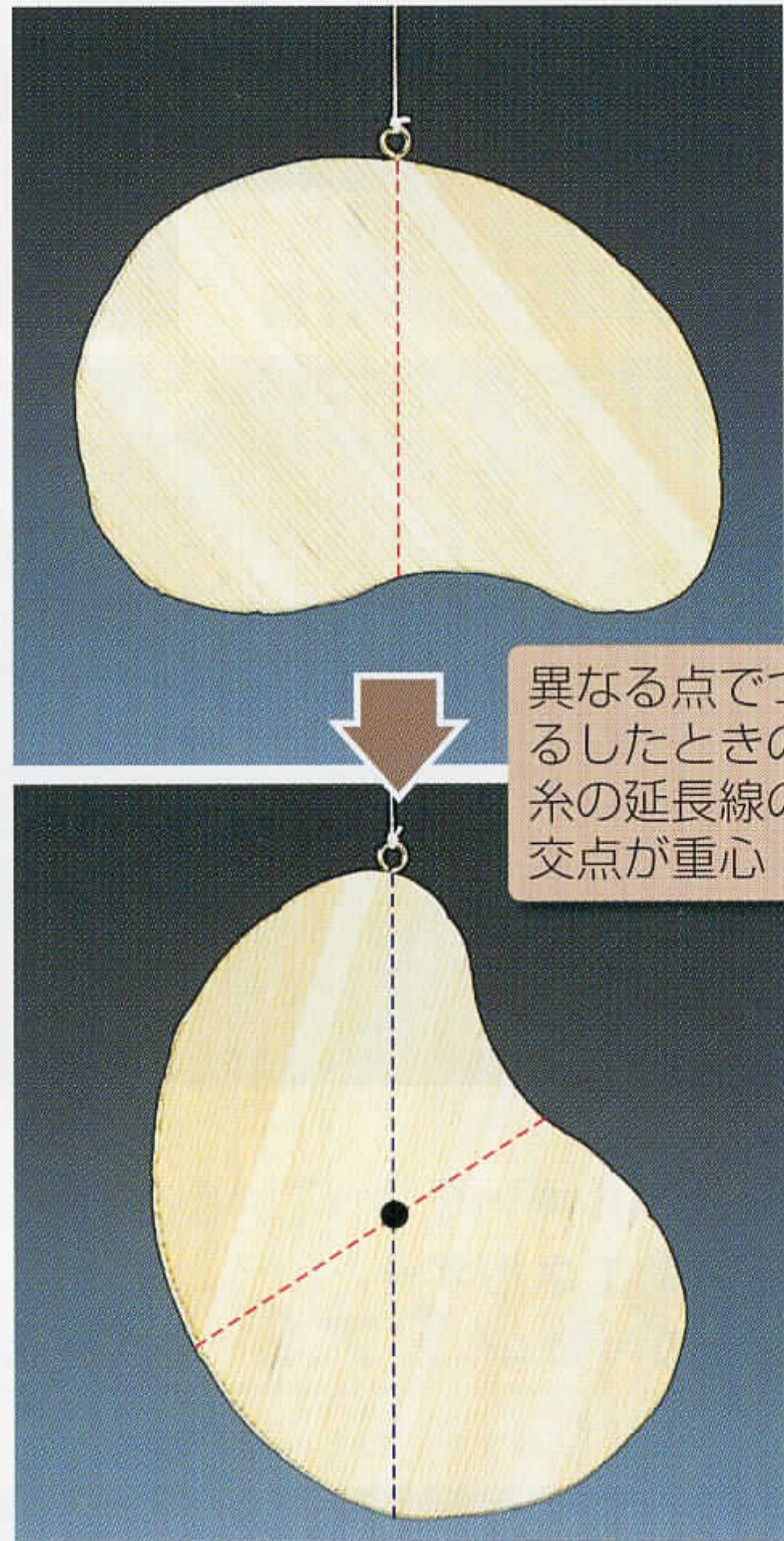


重心 (center of mass)



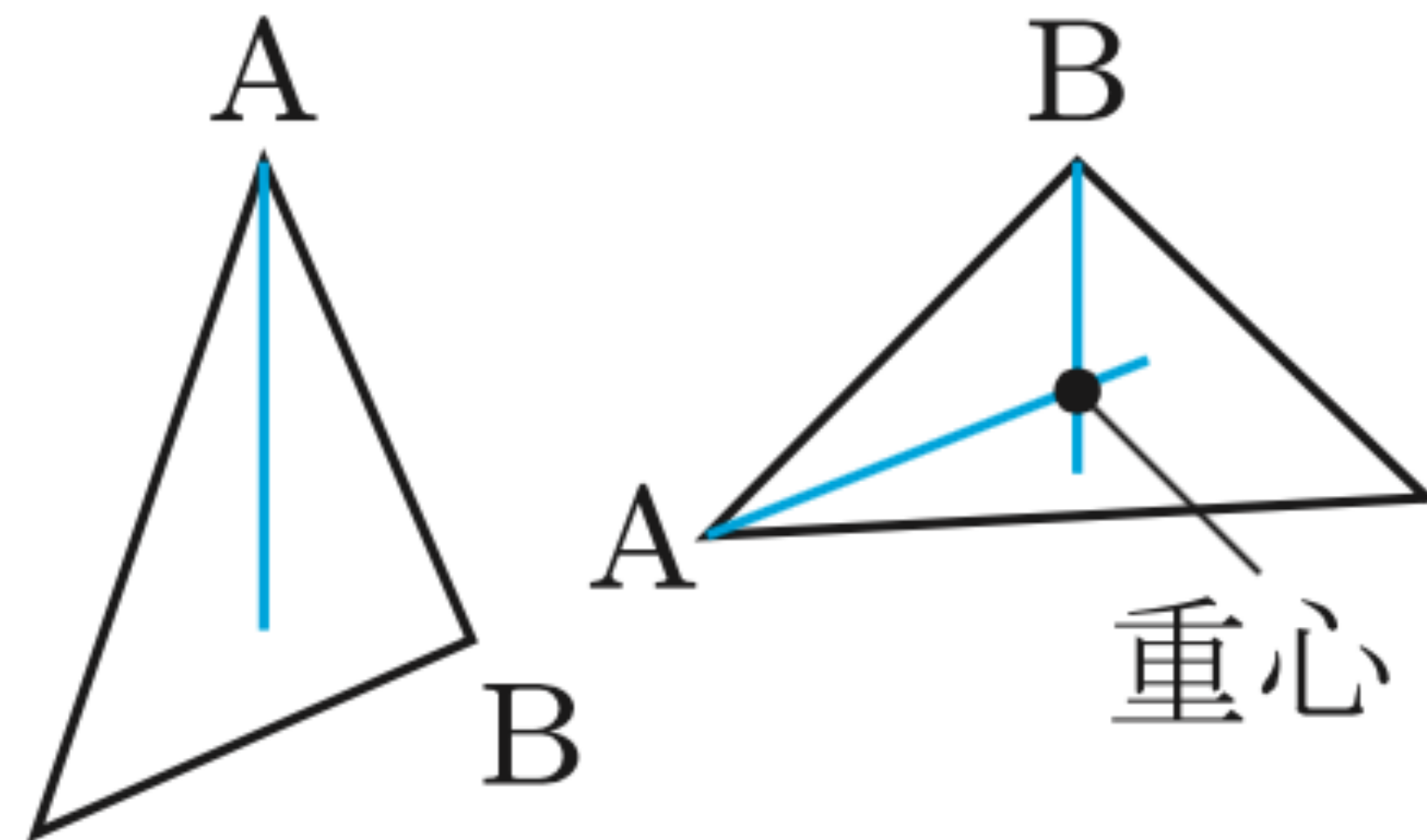
重心 (center of mass)

● 重心の求め方



異なる点でつるしたときの糸の延長線の交点が重心

剛体を糸でつるすと、重心は糸の延長線上にある。



Armand Duplantis, 6 m 30 cm, 2025/9



【国立が沸いた伝説の跳躍マルチアングルver.】まさに大歓声！デュプランティス、世界新6m30の瞬間「男子棒高跳 決勝」【東京2025世界陸上】



TBS陸上ちゃんねる【公式】
チャンネル登録者数 28.4万人

チャンネル登録

<https://www.youtube.com/watch?v=hEHScP2bBqk>

日本のへそ（西脇市の主張）



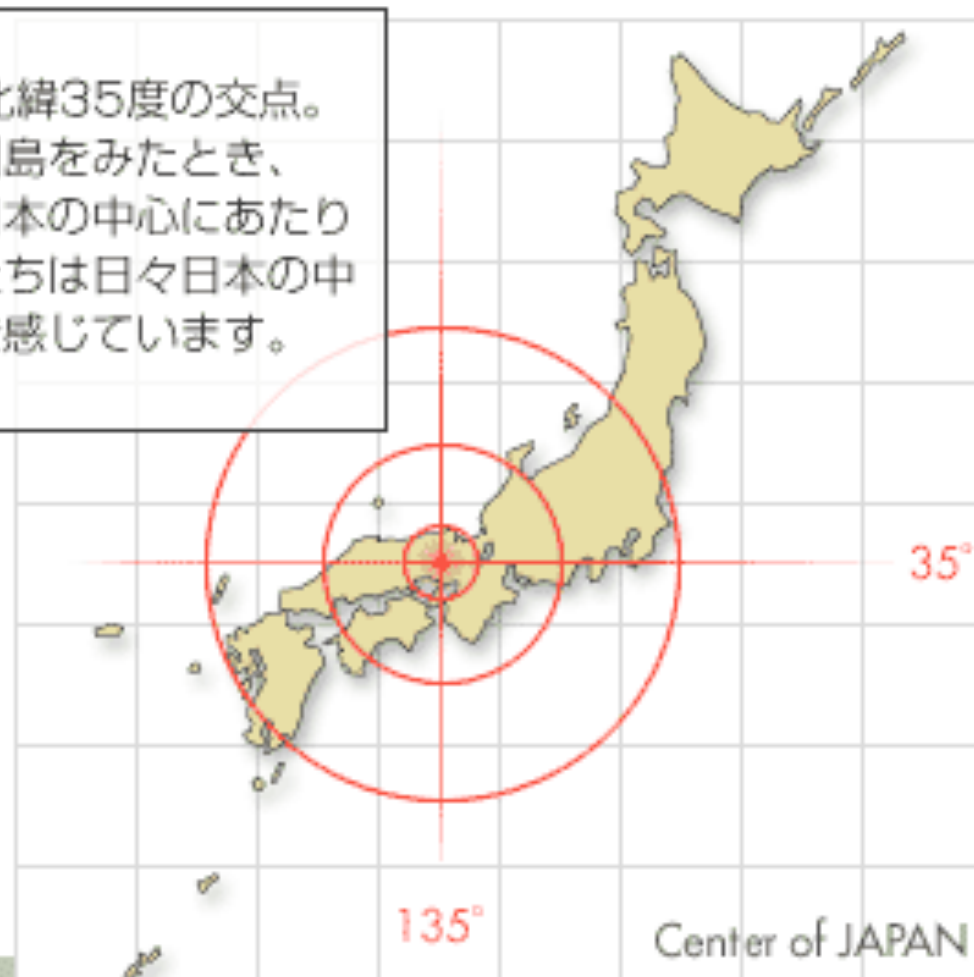
TOP サイトマップ 文字サイズ 携帯用ページ 各課の連絡先 お問い合わせ

ポータルサイト > 西脇市の紹介 > 日本のへそ > 「日本のへそ」西脇市

「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

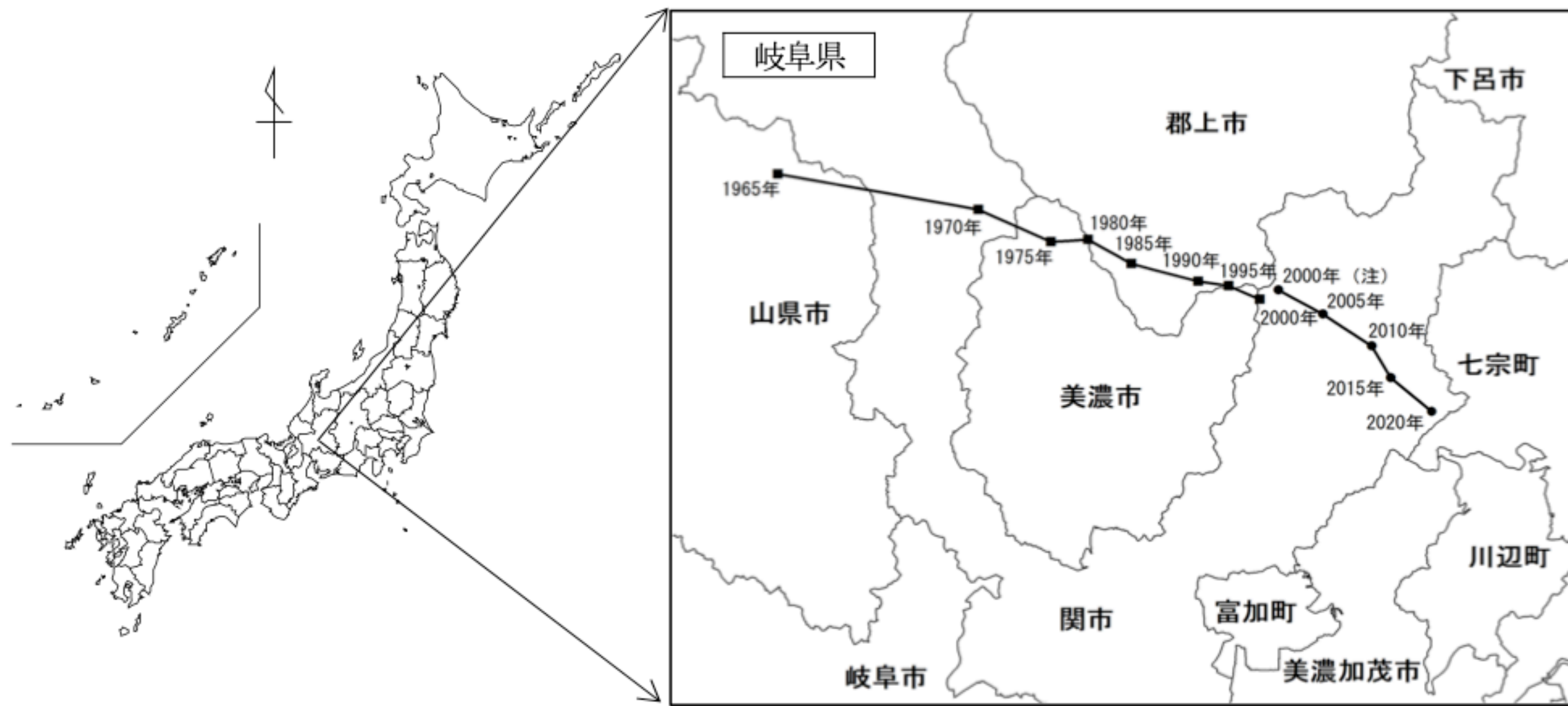
我が国の人口重心 — 令和2年国勢調査結果から —

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

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）



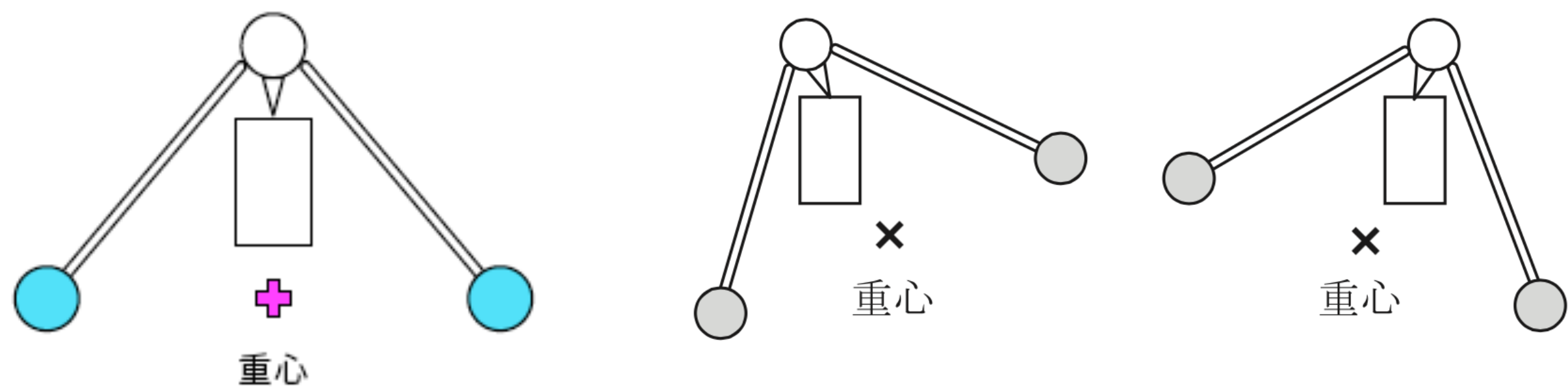


図 2: やじろべえの重心

図 3: 傾いたやじろべえの重心

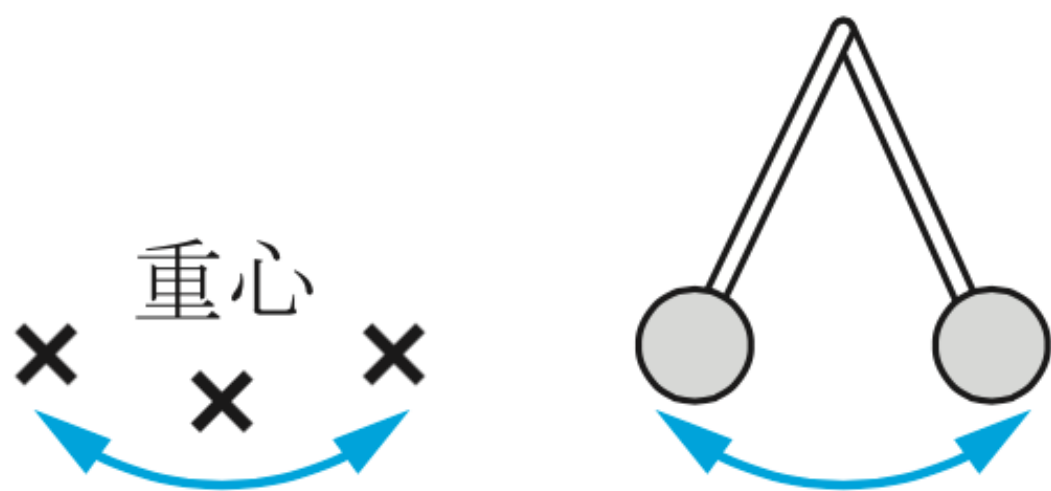


図 4: 左右に振れる様子は、振り子と同じ。



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합니다。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さ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!? 工作コーナーなの



図 1 斜めに立った缶

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

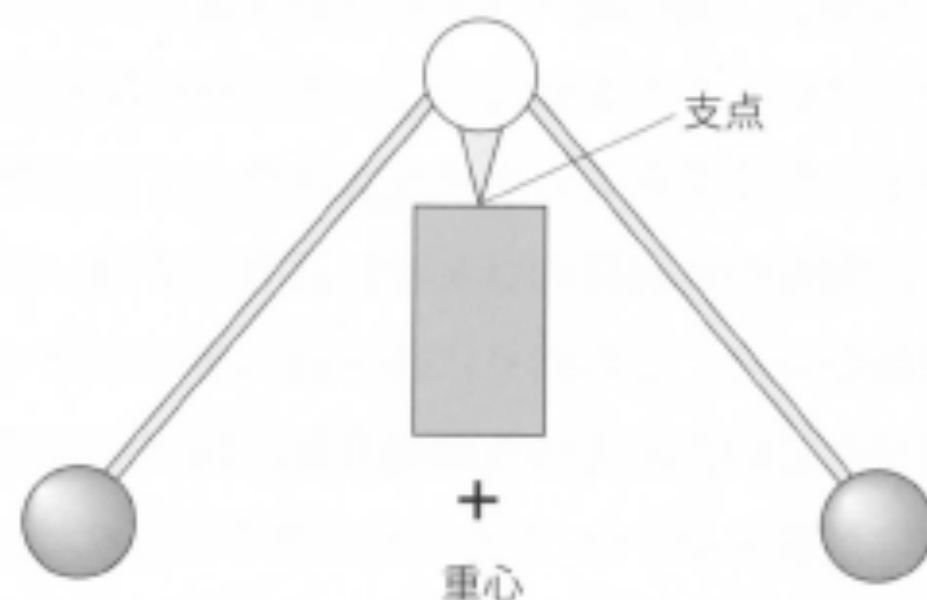


図 3 やじろべえ概念図

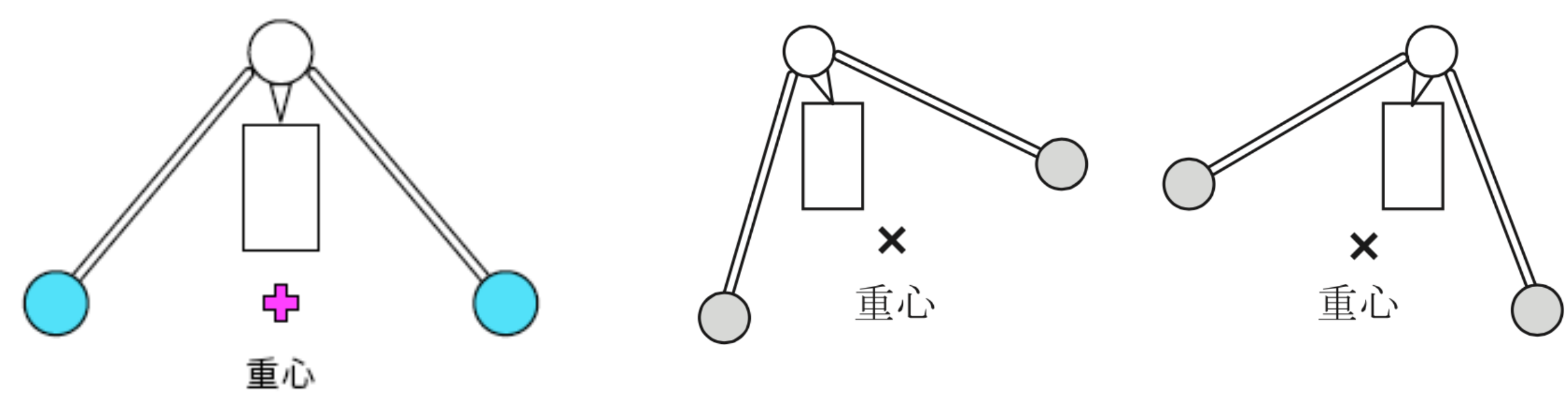


図 2: やじろべえの重心

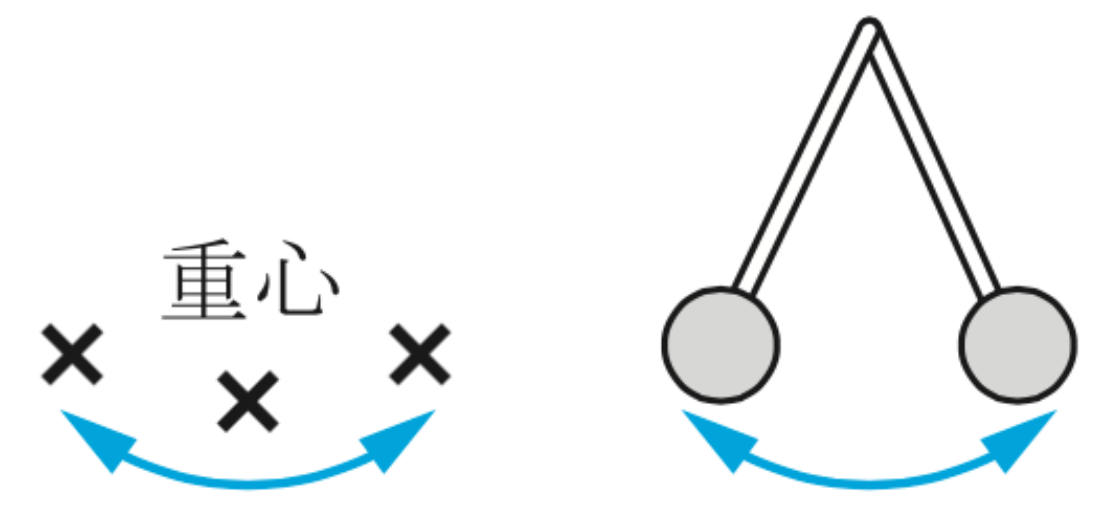


図 4: 左右に振れる様子は、振り子と同じ.

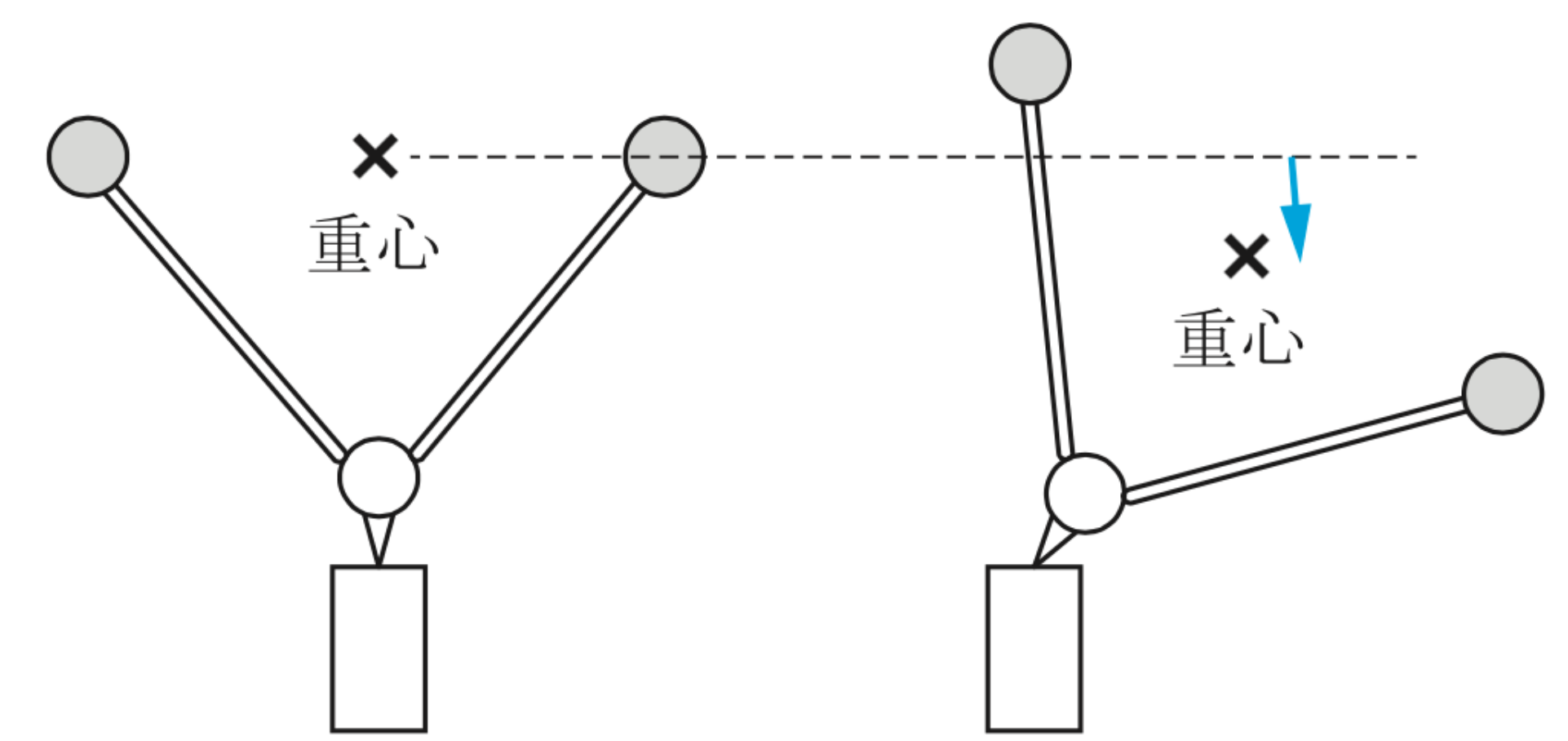
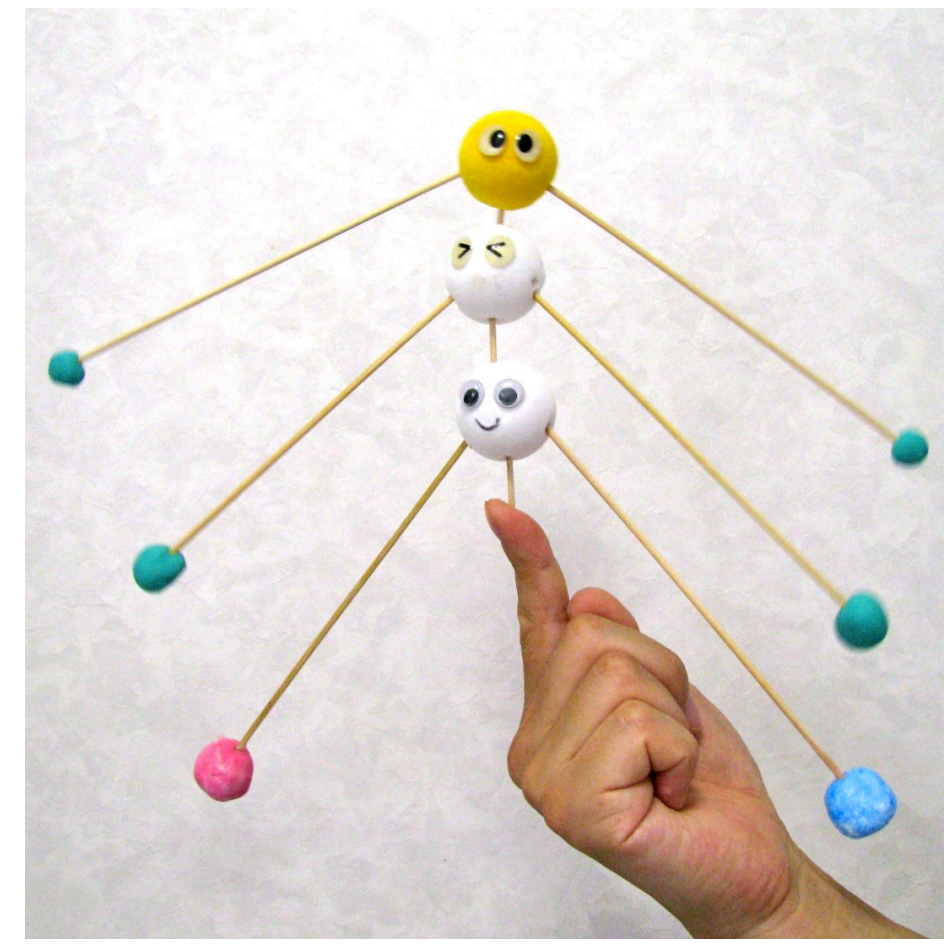
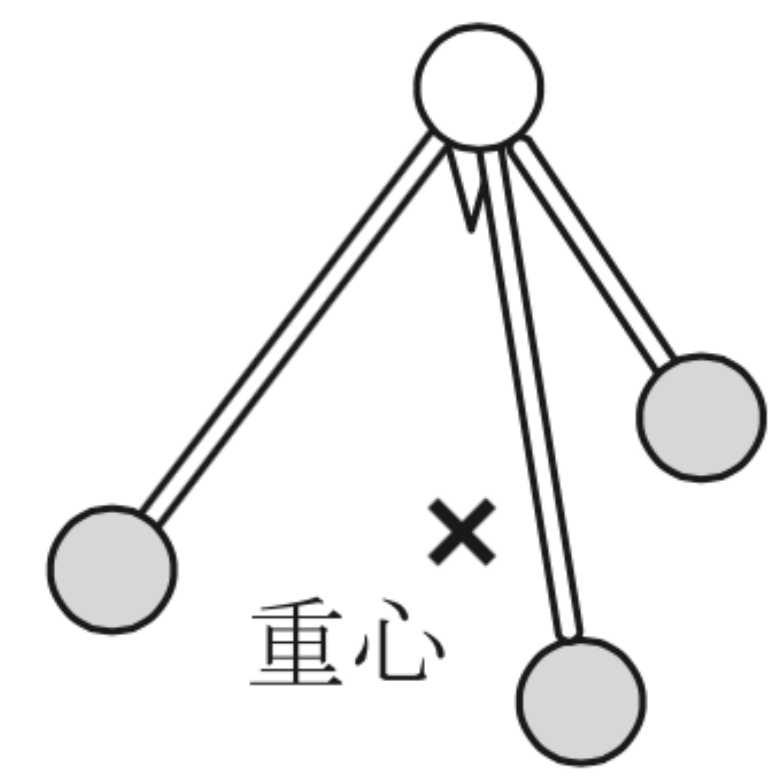


図 5: 支える点より上に重心があると、不安定になる



速さの定義

定義

速さ (1)

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

(2.1)

定義

速さ (2)

速さ v を，次式で定義する．

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

(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○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）

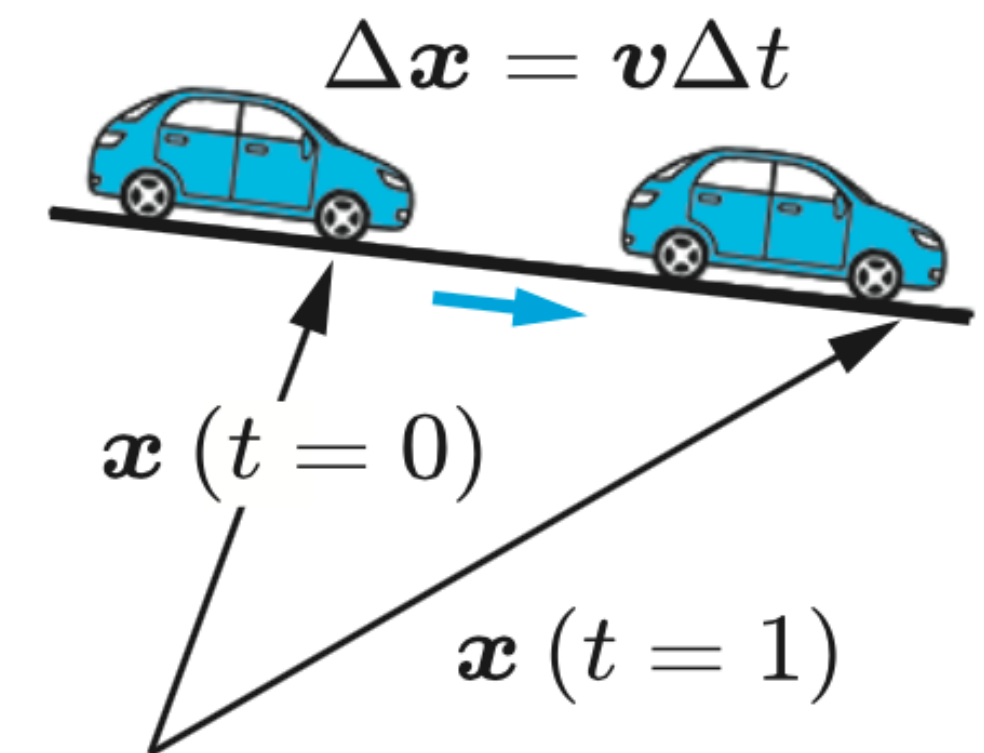
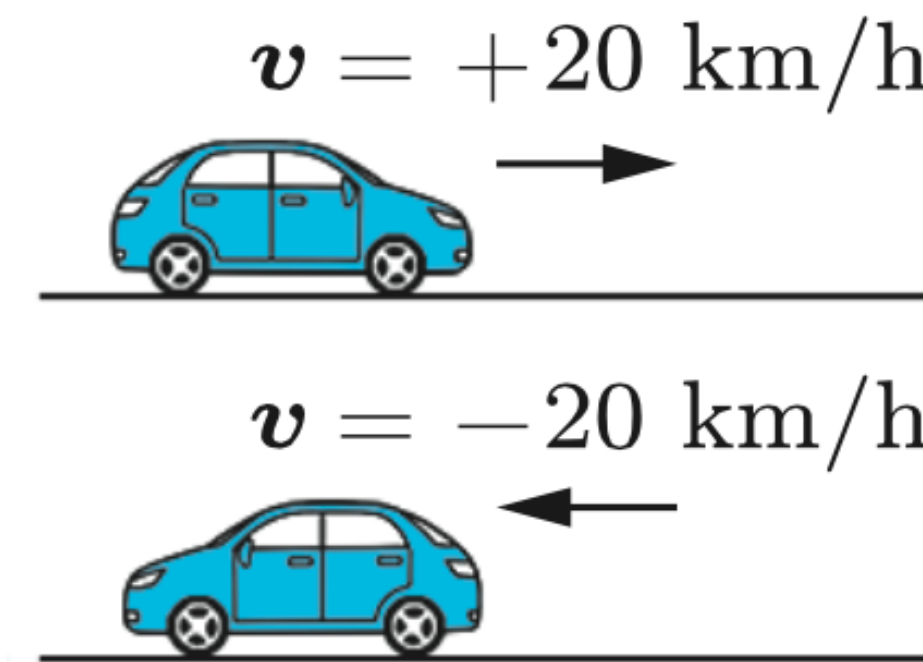
速度の定義

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…

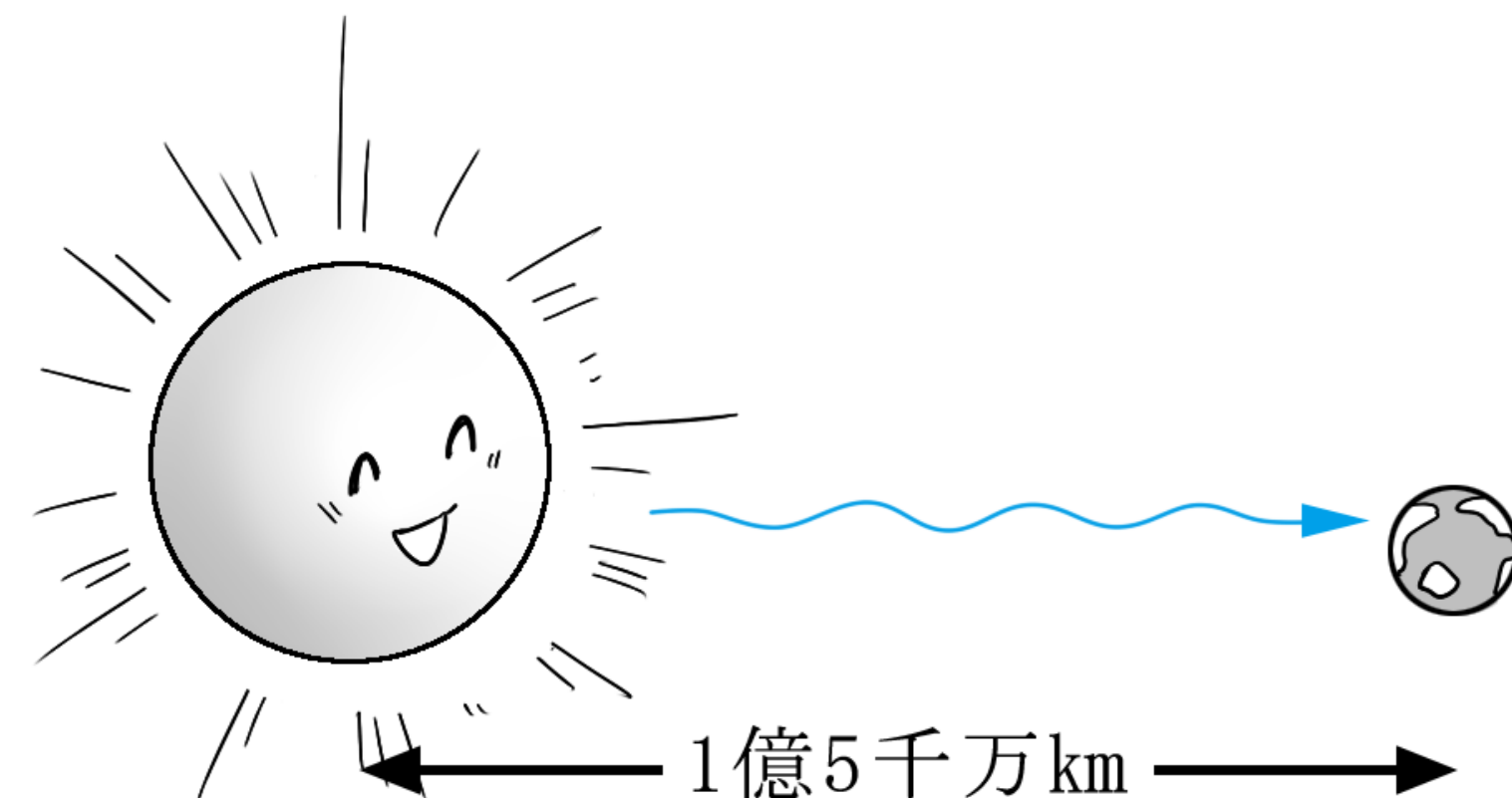
地球上では、光速は無限に速く感じられるが、宇宙空間では、光でさえも伝わるのには時間がかかる。太陽から出た光が地球に届くまでには、

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

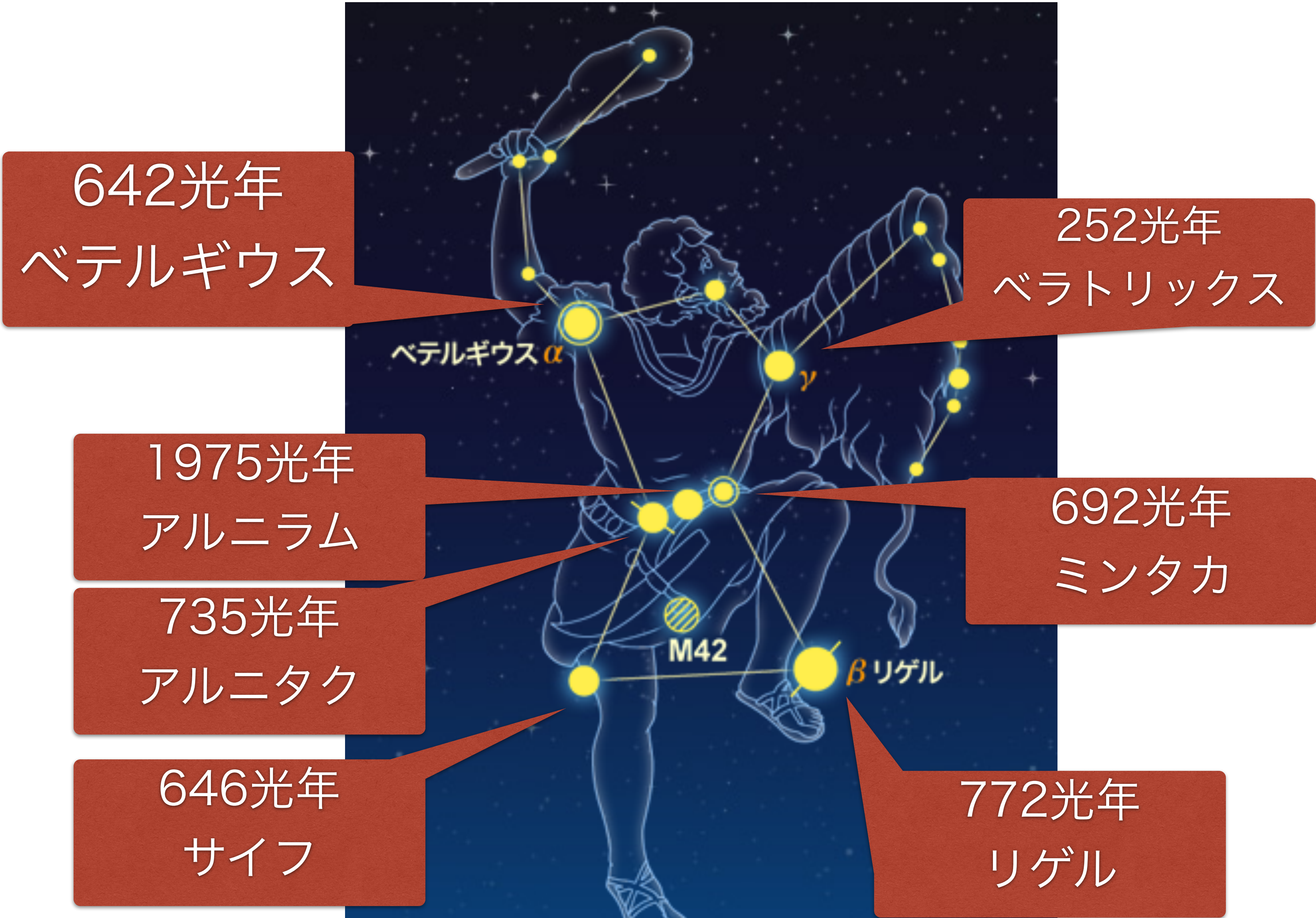
経過する。つまり、地球に届いている光は 8 分 20 秒前に太陽を出た光だ。いまこの瞬間に太陽が消失しても、地球では 8 分 20 秒の間、その事実が伝わらない。

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。

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

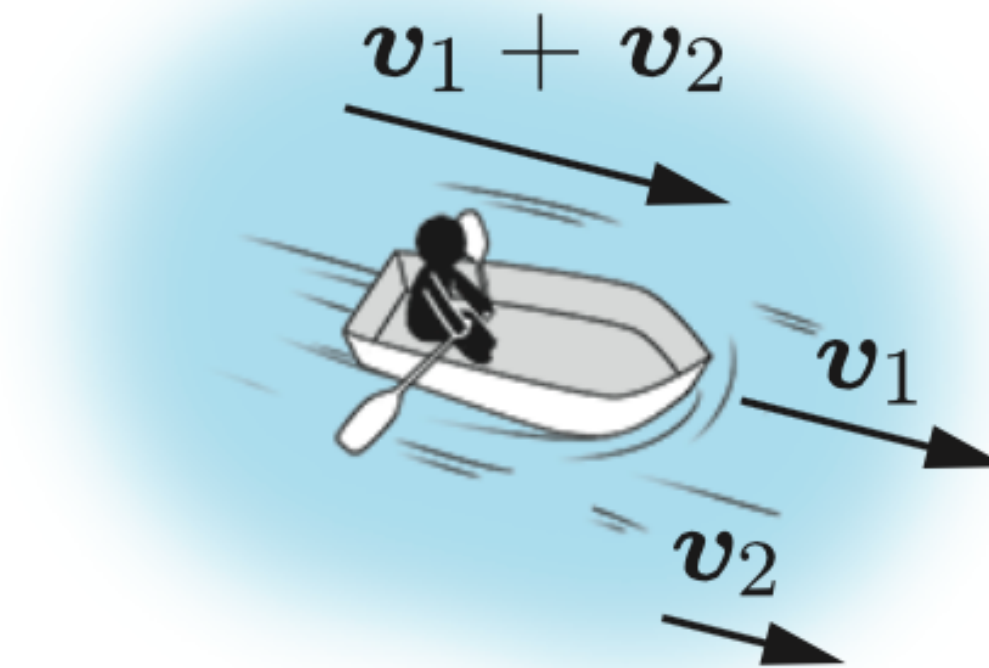


伝わるまでには時間がかかる 光速(2)

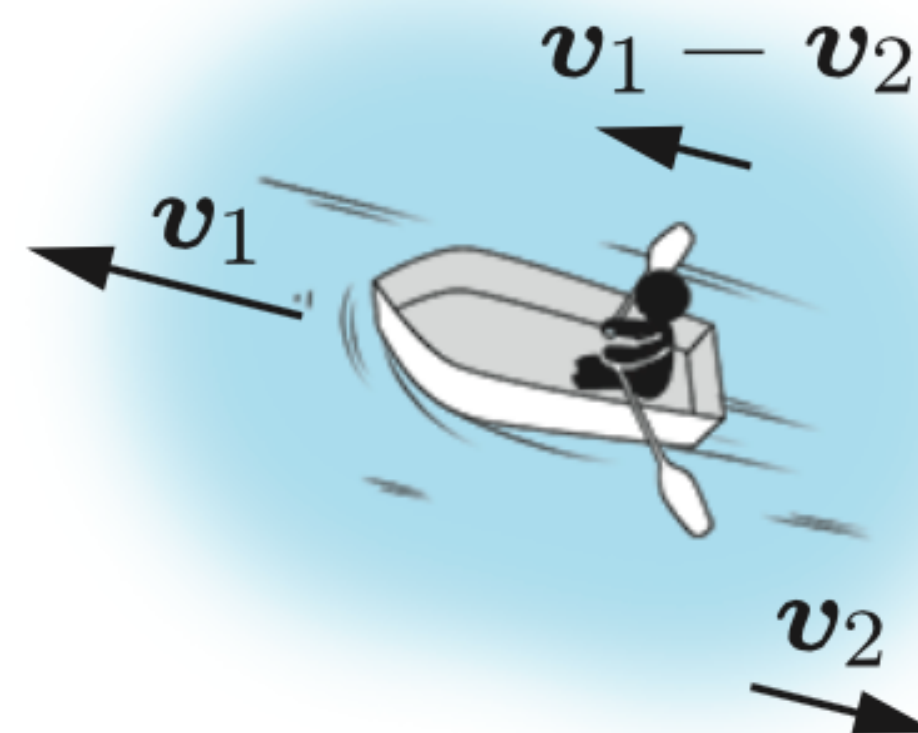


合成速度（足し算）・相対速度（引き算）

$$V_{\text{合成速度}} = v_1 + v_2$$

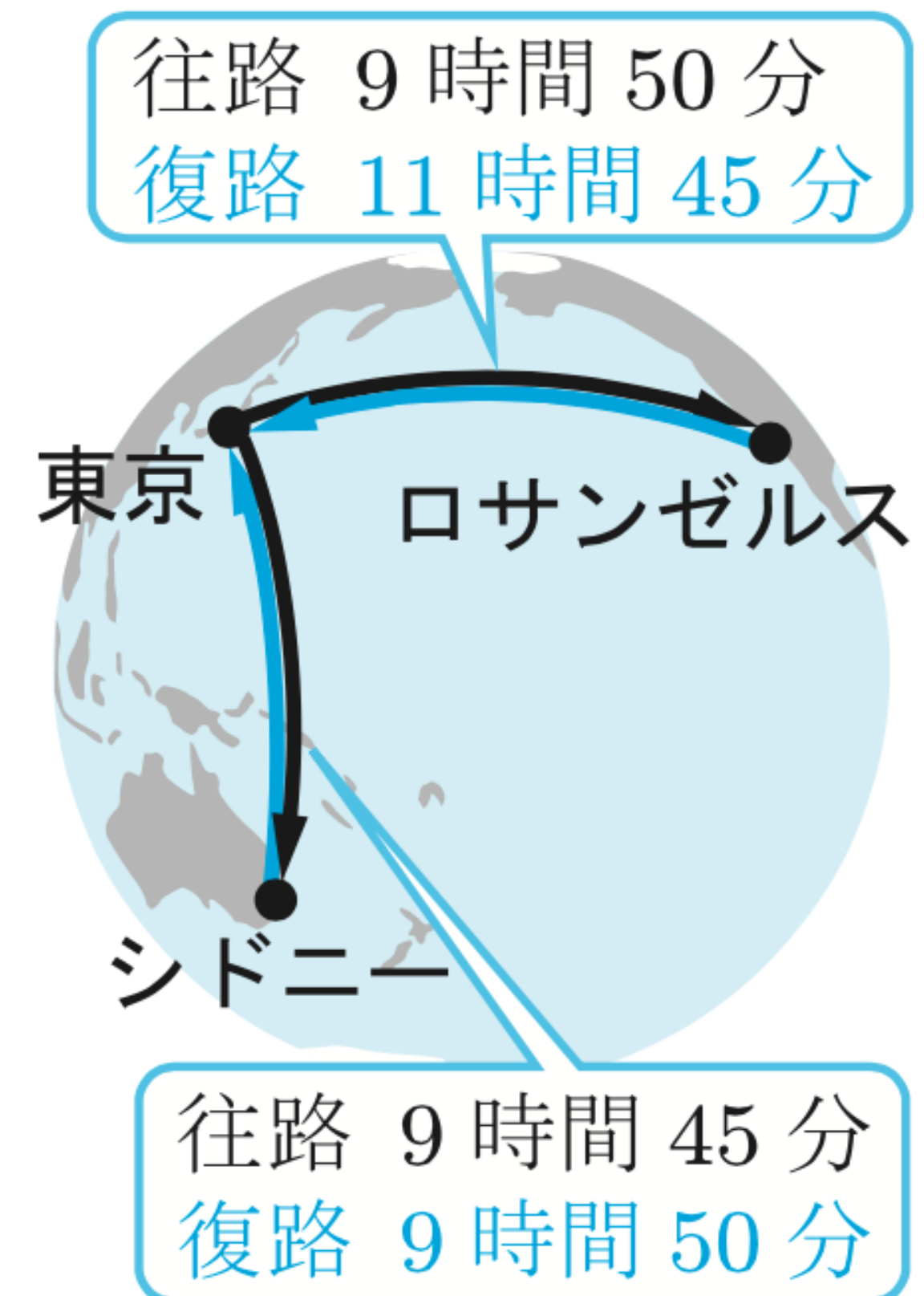


$$V_{\text{相対速度}} = v_{\text{相手}} - v_{\text{自分}}$$



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 = 相手の速度－自分の速度

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

(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

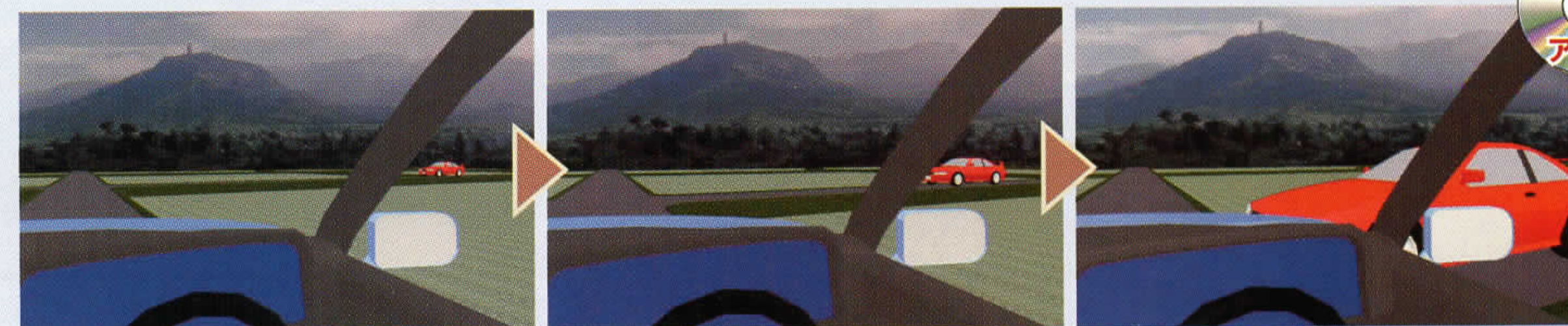
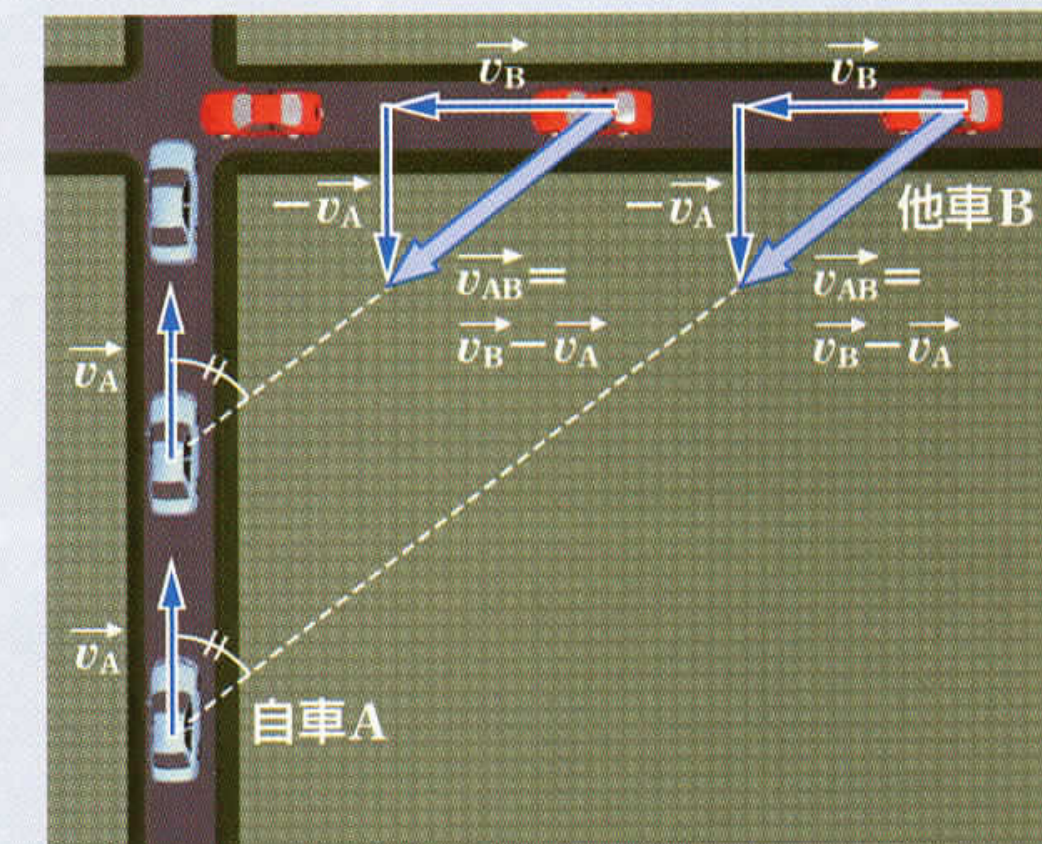
見通しのよい交差点で事故が起こるのは？

Column

見通しのよい交差点で事故が起こるのは

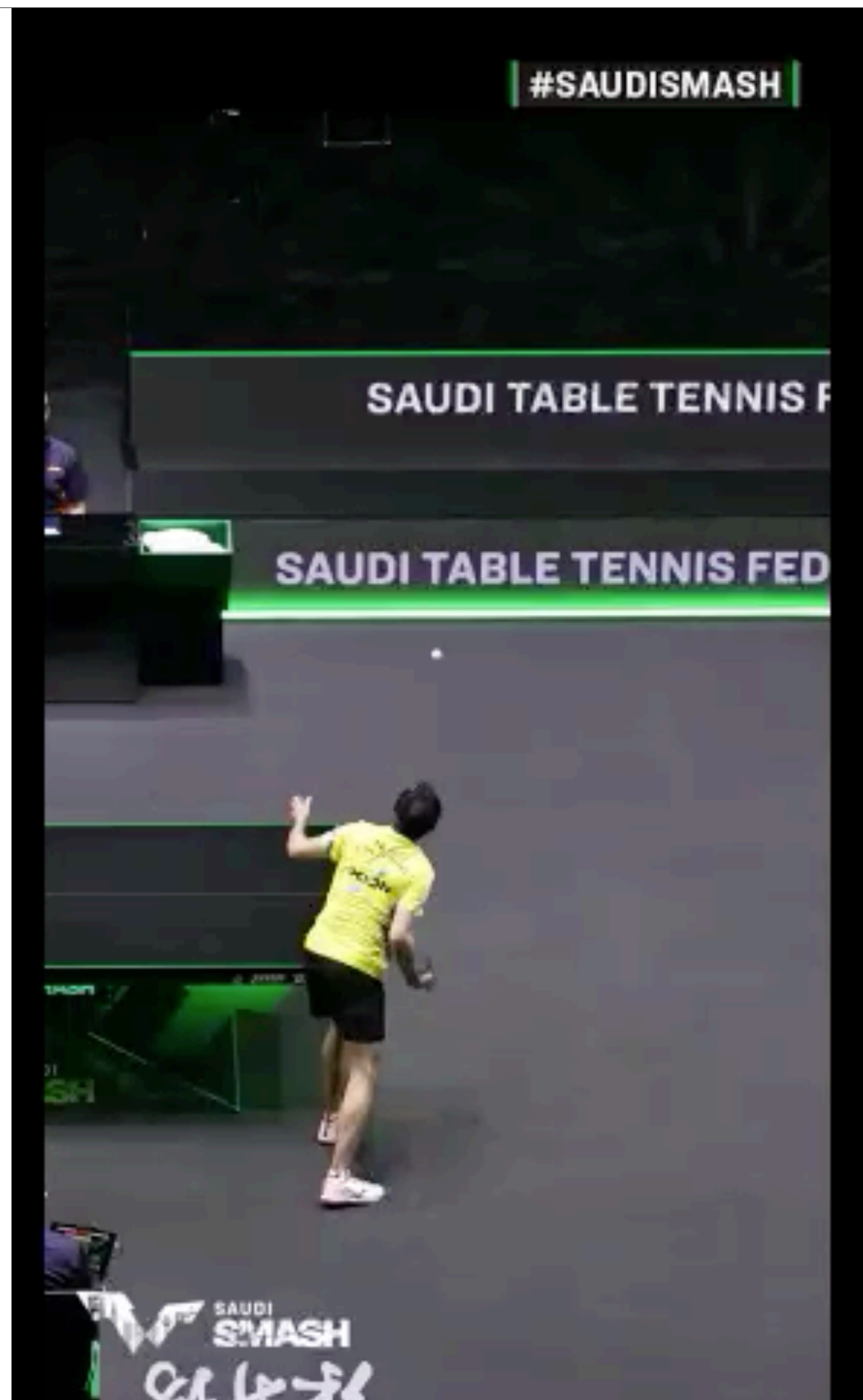
田園地帯のような、視界をさえぎるものが何もない交差点で、出会い頭の衝突事故が起こることがしばしばある。図のように、自車 A (速度 $\vec{v}_A$) と他車 B (速度 $\vec{v}_B$) が一定の速度で交差点に近づくと、A に対する B の相対速度 $\vec{v}_{AB}$ も一定である。このとき A から見て B は常に同じ方向にあり、A に向かってまっすぐ近づいてくるように見える。このような場合、A の視野の中で B はほとんど動かず、また視野の周辺部は認識能力が低いことから、接近に気づくのが遅れ、衝突事故に結びつくことがある。

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？



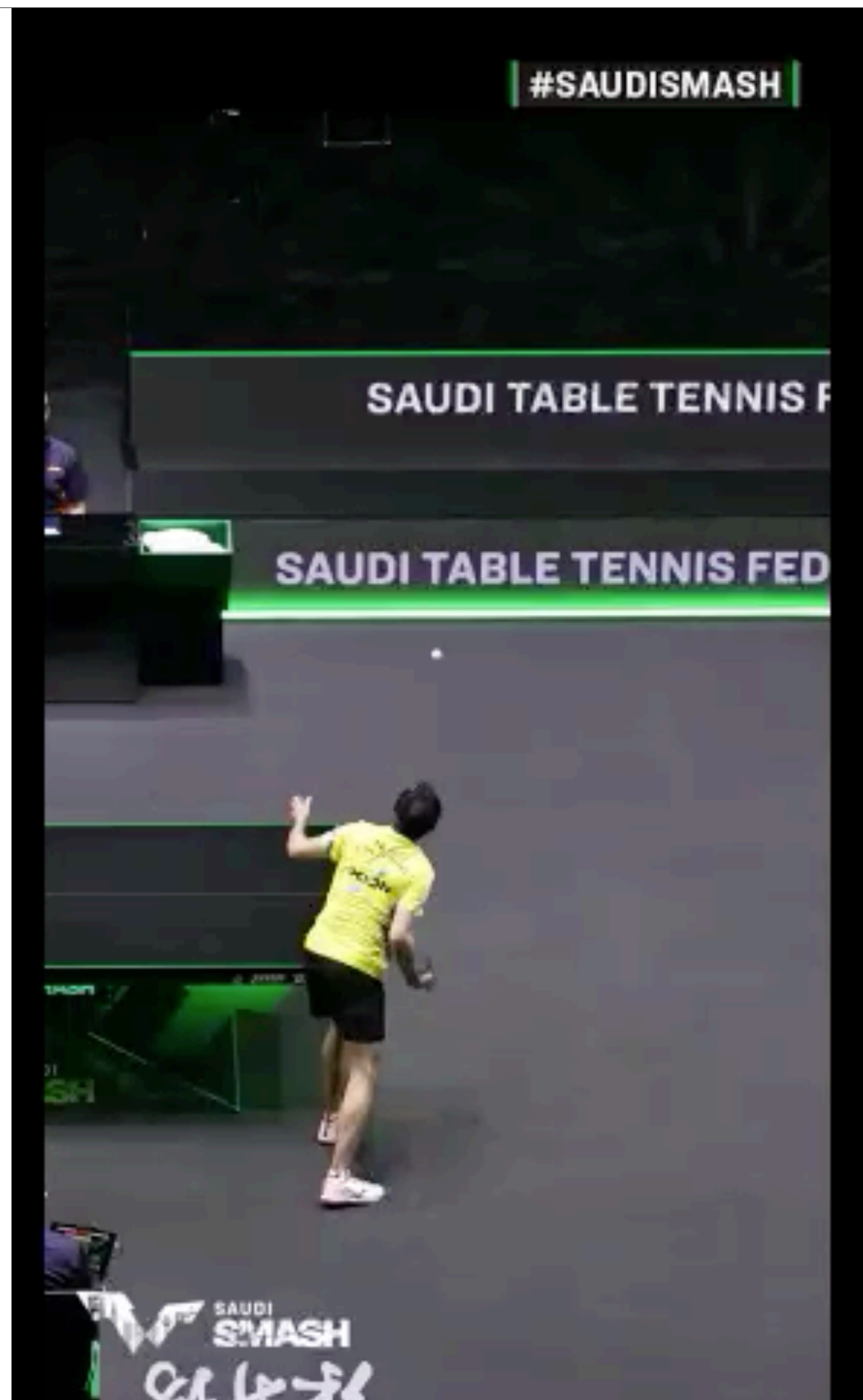
腕を大きく振ると、打つ返す球の速度が大きくなる。

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。

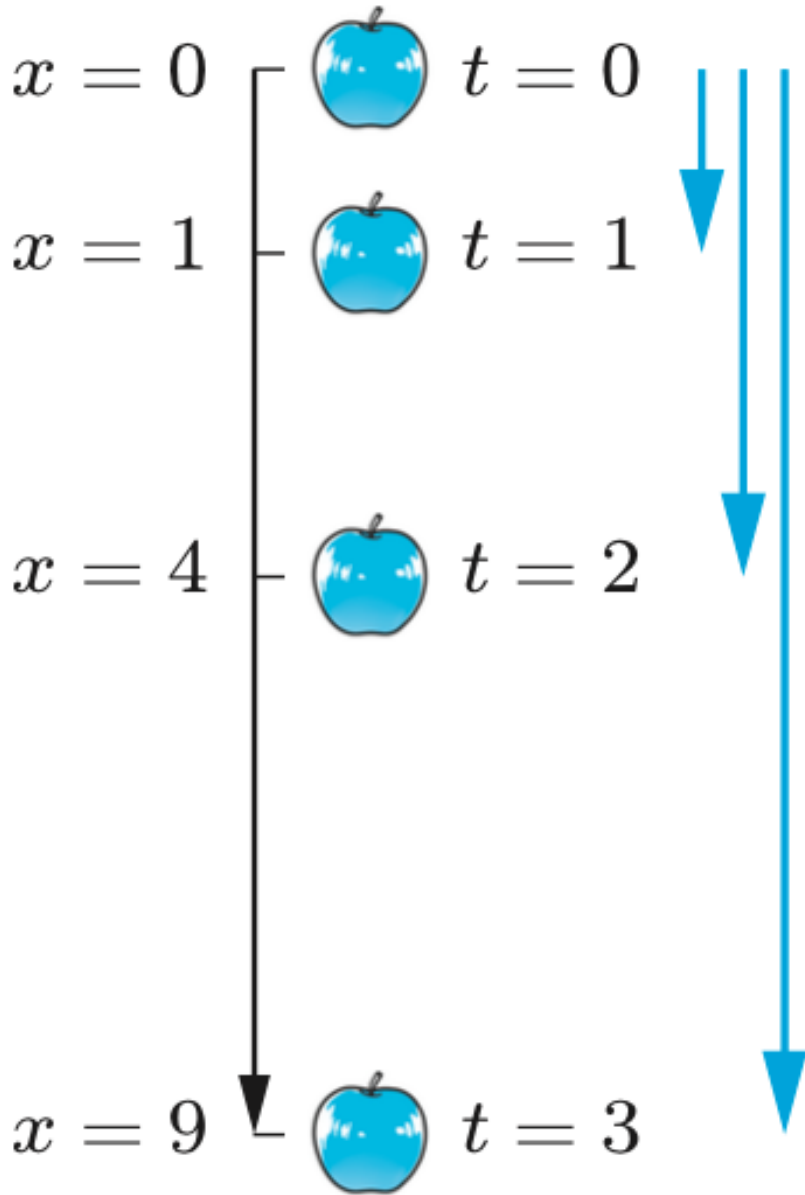
加速度の定義

定義 加速度

速度の増減の具合を加速度として定義する.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\text{速度の変化 [m/s]}}{\text{かかった時間 [s]}}$$

単位は [m/s²] (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．

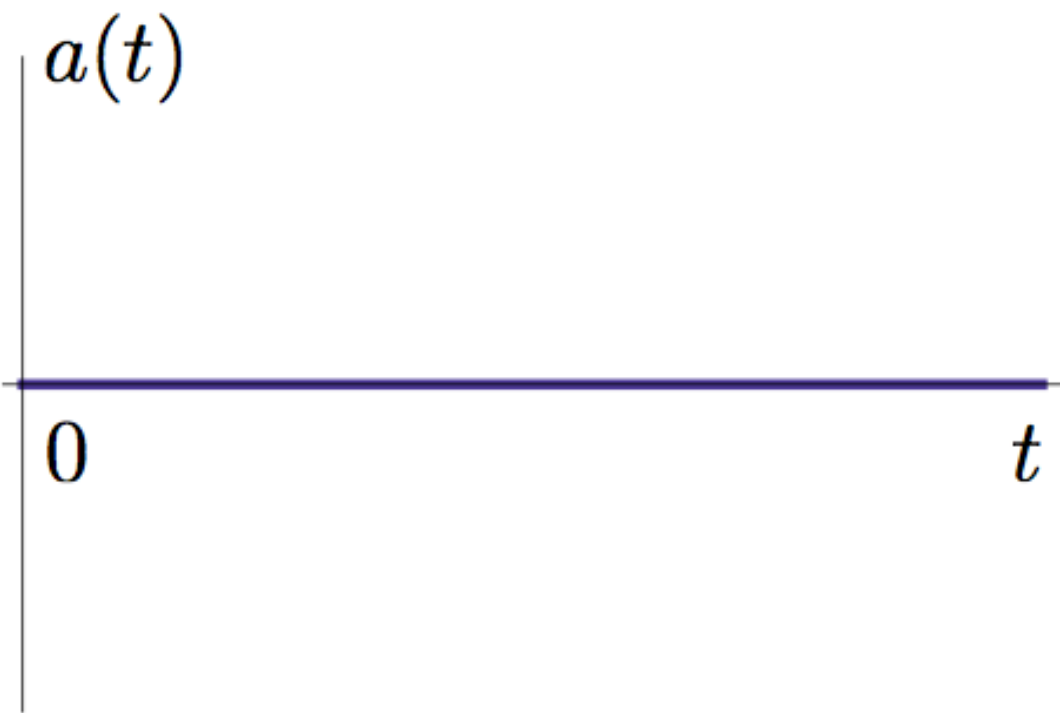
$a(t) = 0$ (2.10)

$v(t) = v$ (一定値) (2.11)

$x(t) = x_0 + vt$ (直線の式) (2.12)



加速度ゼロ



速度一定

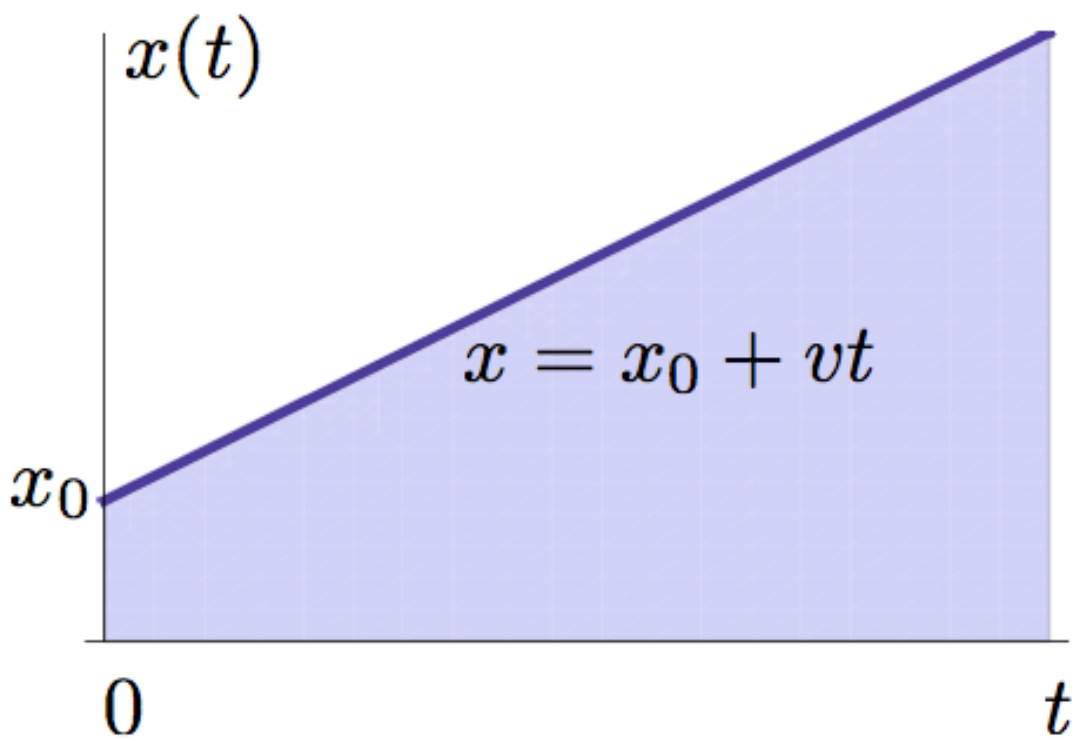
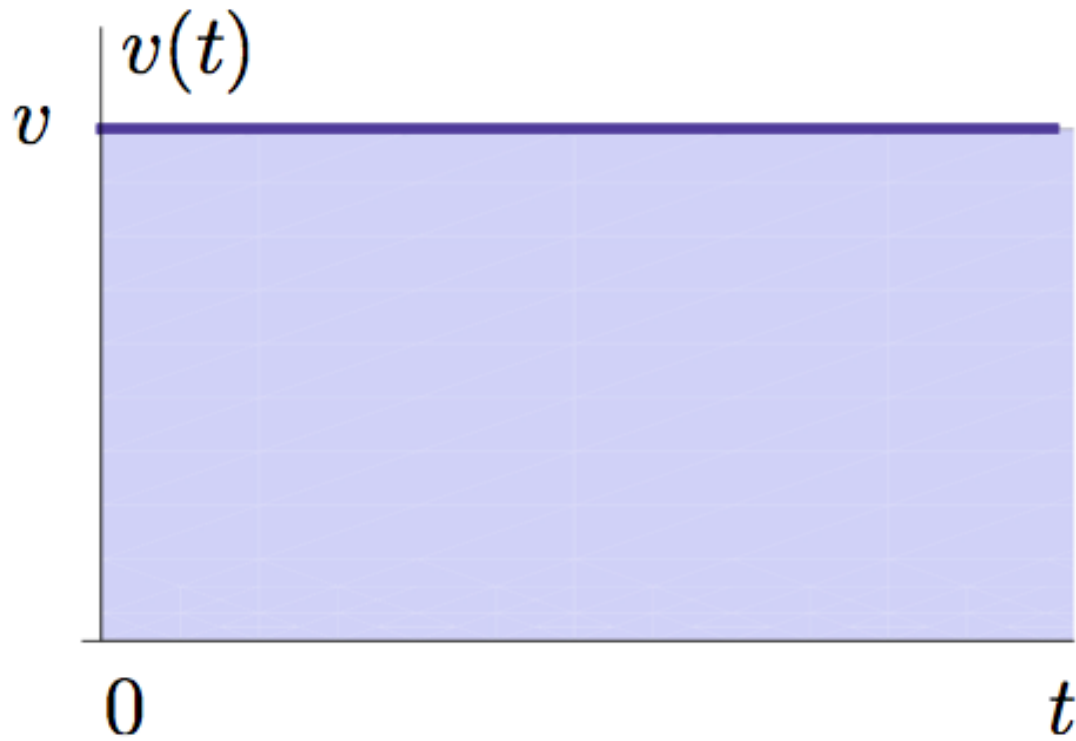


図 2.1: 等速運動の $a-t$ グラフ， $v-t$ グラフ， $x-t$ グラフ．

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。

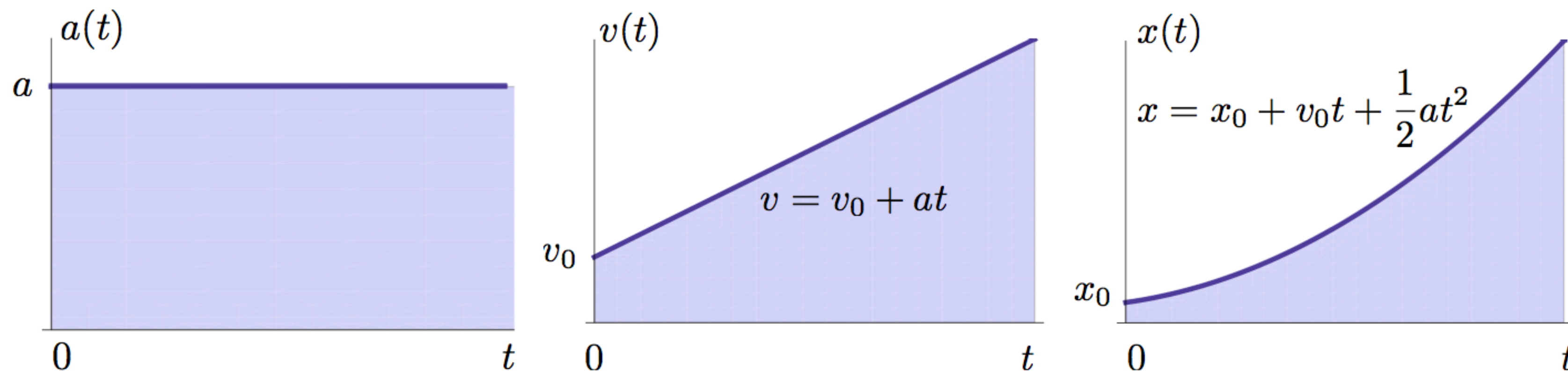
$$a(t) = a \quad (\text{一定値}) \quad (2.13)$$

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

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

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

$$v = v(t)$$

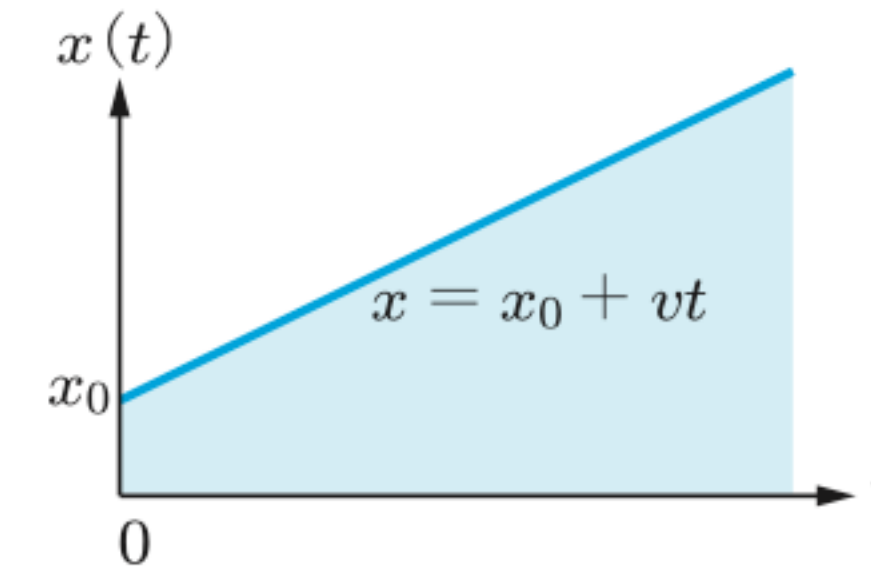
v-t グラフ

微分 ↓ ↑ 積分

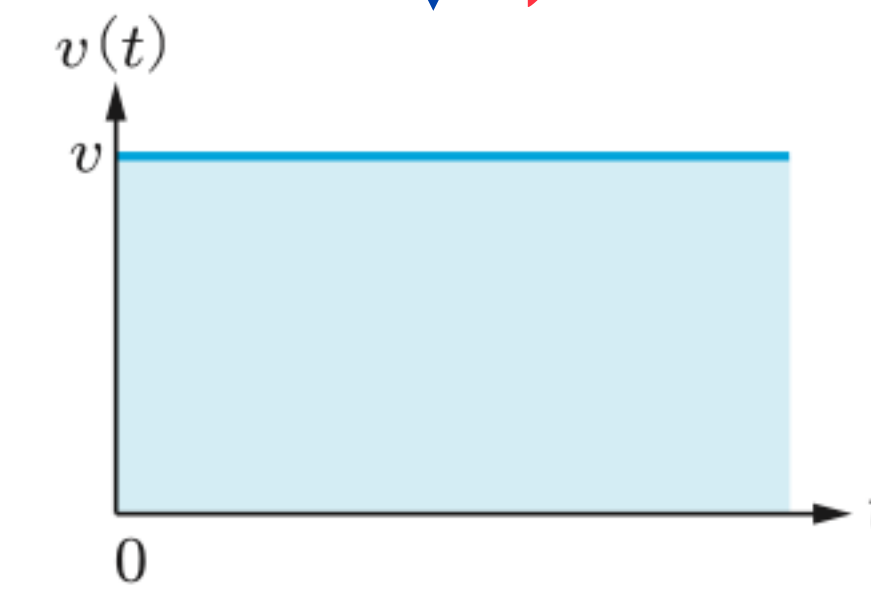
傾き ↓ ↑ 面積

$$a = a(t)$$

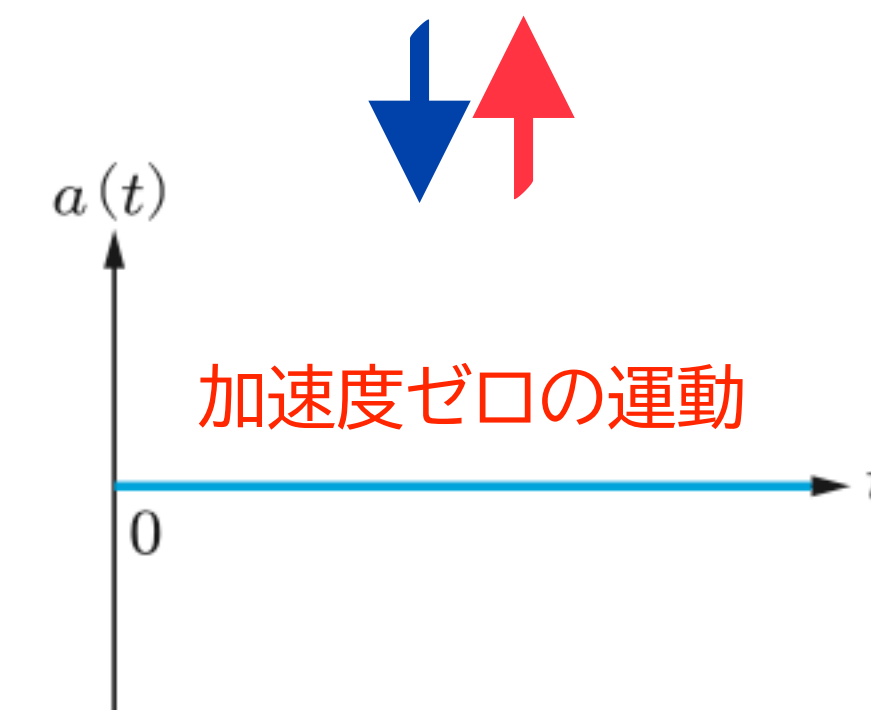
a-t グラフ



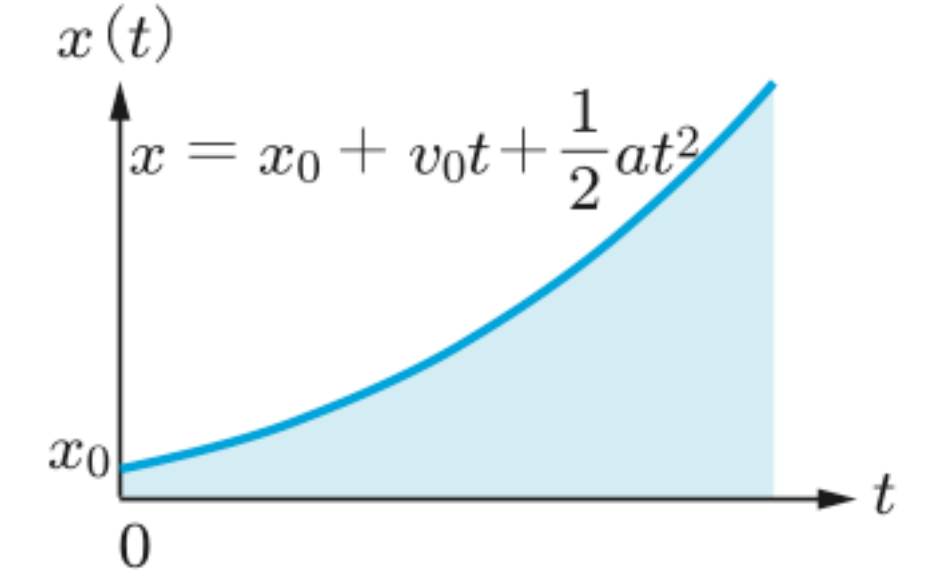
(c) x-t グラフ



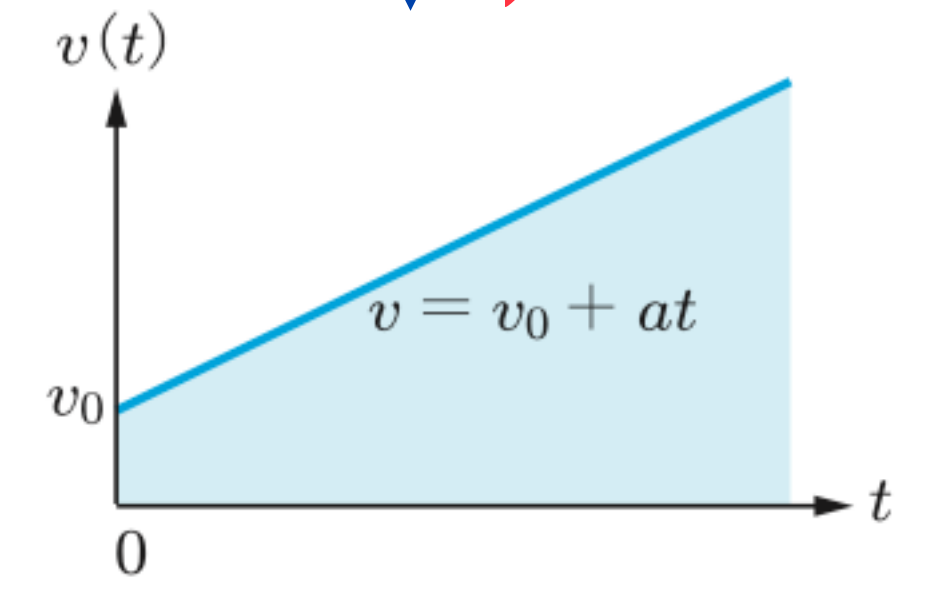
(b) v-t グラフ



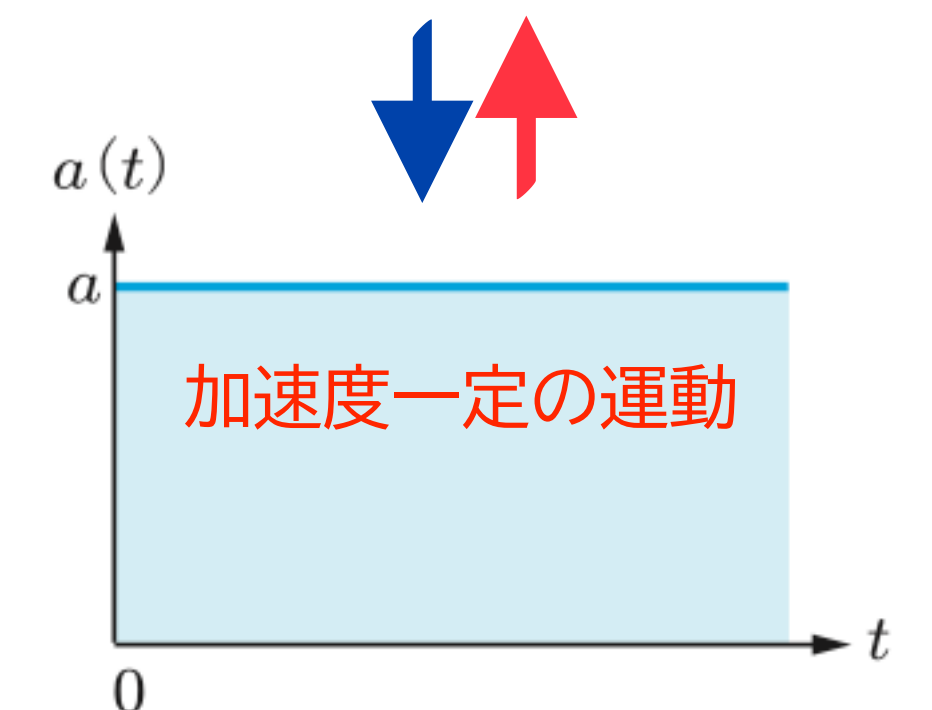
(a) a-t グラフ



(c) x-t グラフ



(b) v-t グラフ



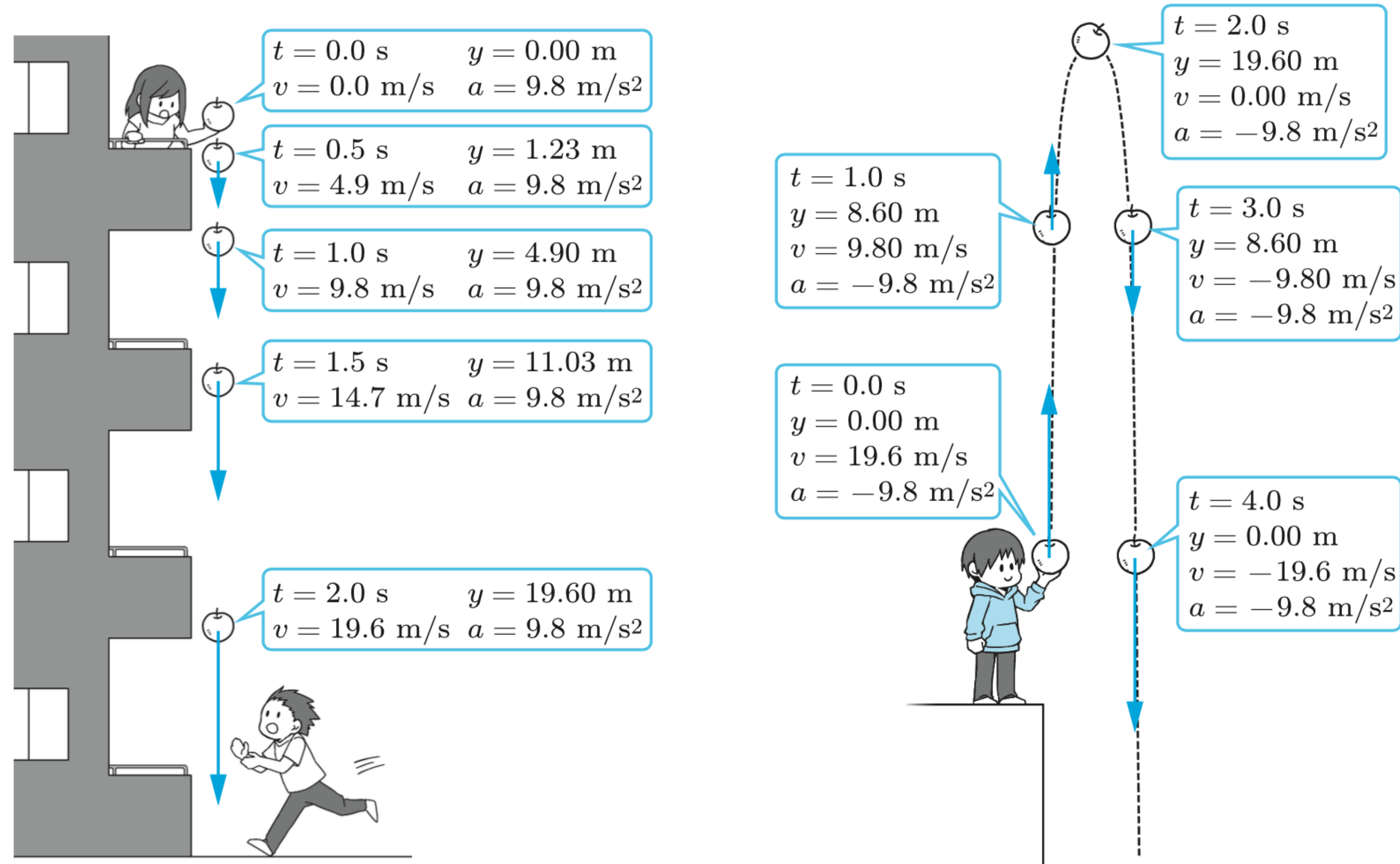
(a) a-t グラフ

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）

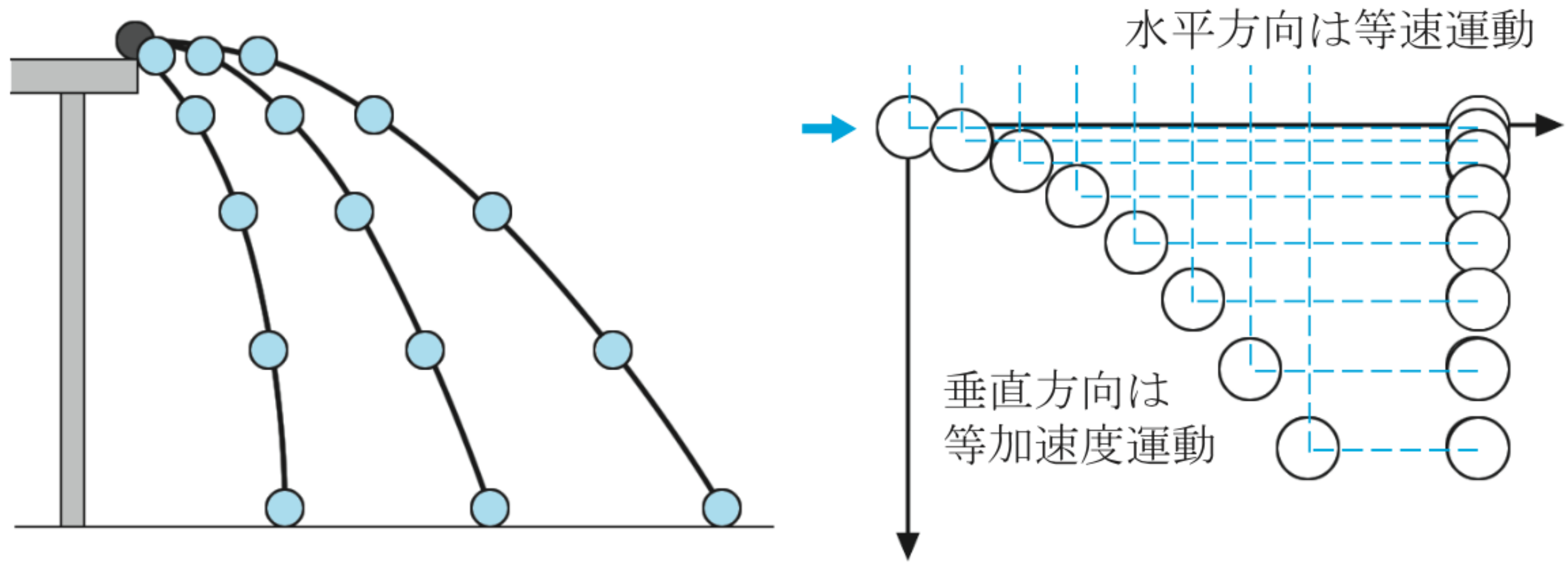
問2.1 国際宇宙ステーション (ISS) は約 90 分で地球を 1 周する．地球の半径は 6370 km, ISS の高度は地表から約 370 km である．ISS の速度はどのくらいか．

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．

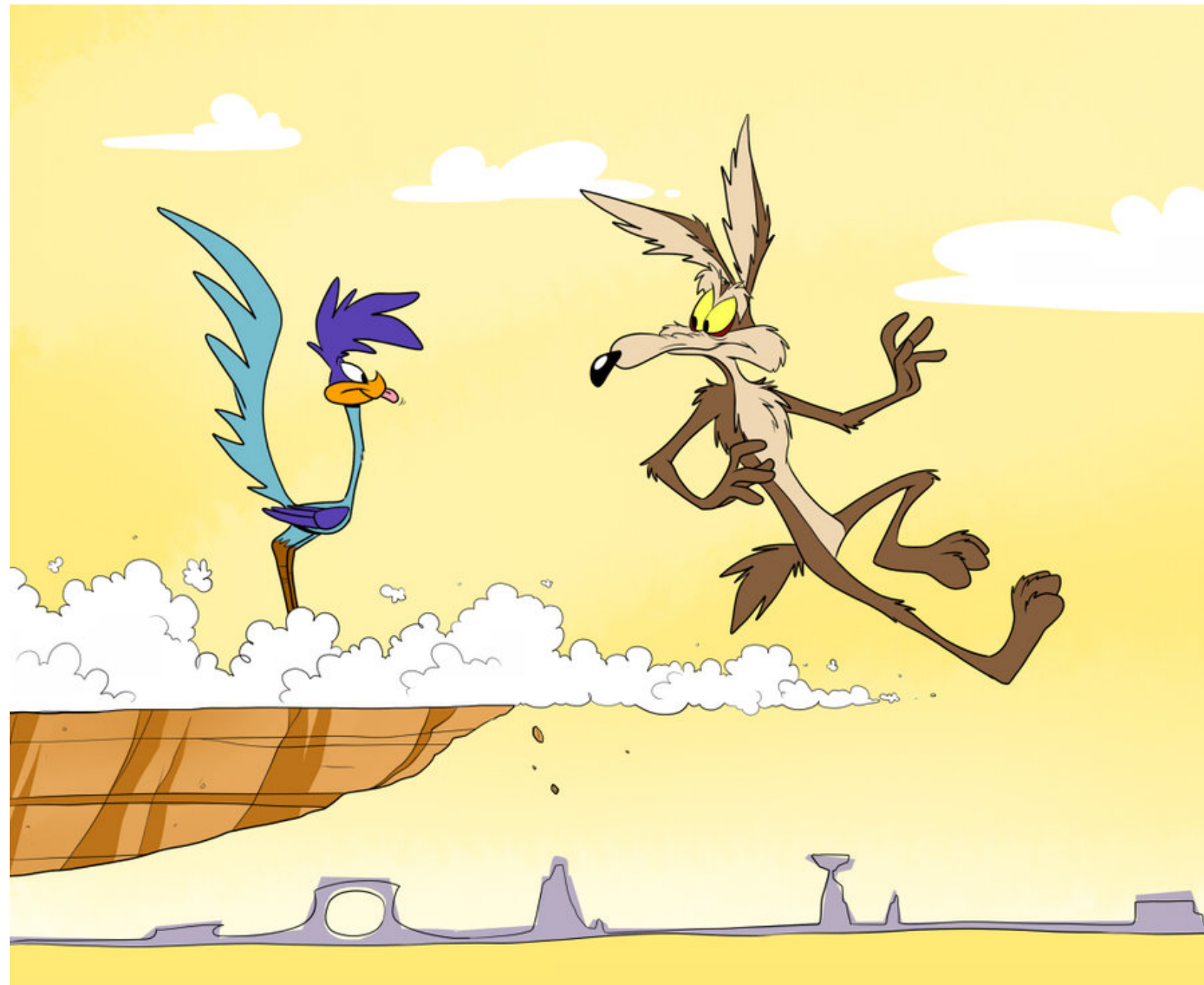
問2.3 地球は公転により，太陽のまわりを 1 年間で 1 周する．軌道が半径 1 億 5000 万 km の円であるとして，公転速度はいくらか．

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

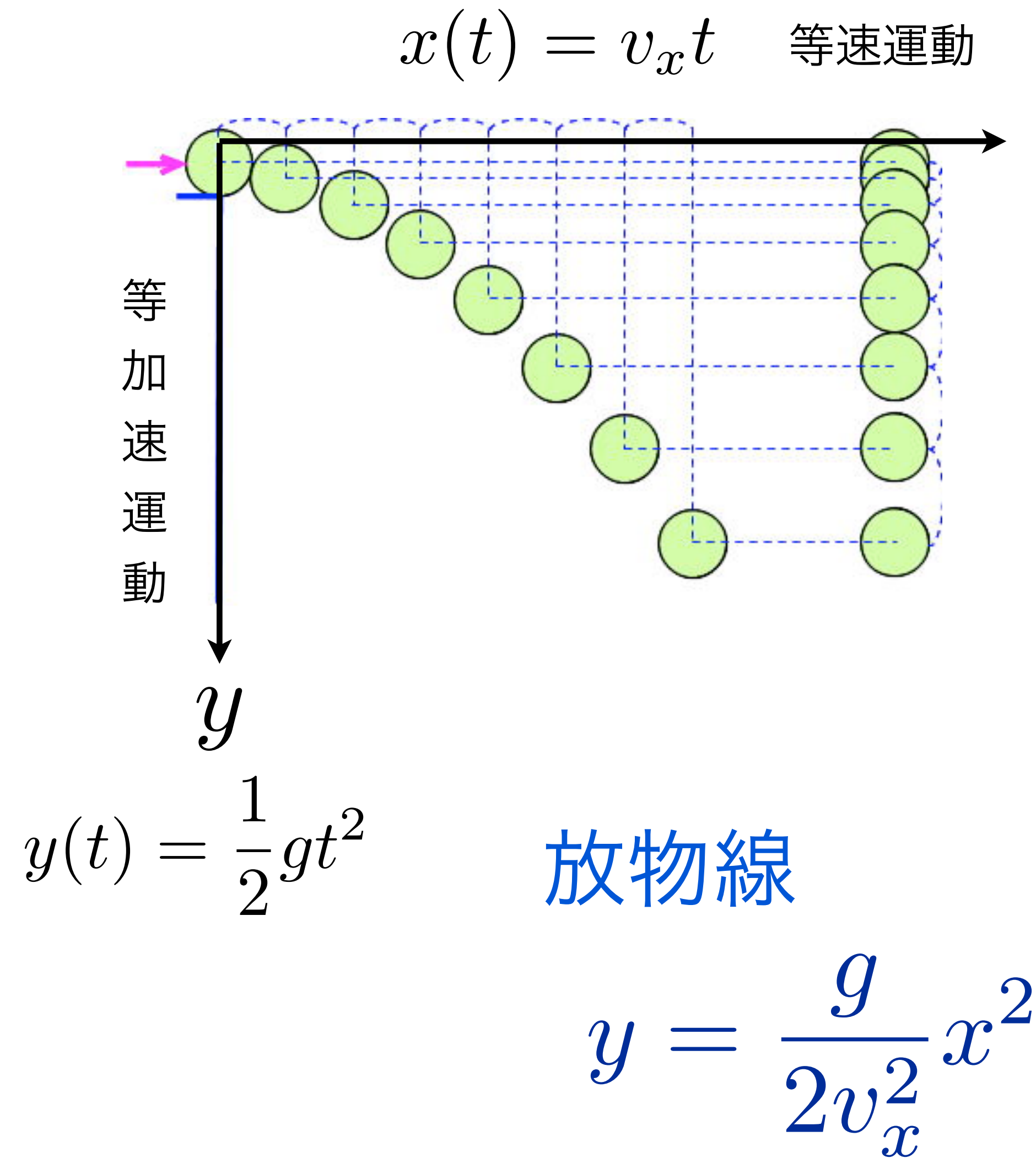


Wile E. Coyote falls off cliff

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，

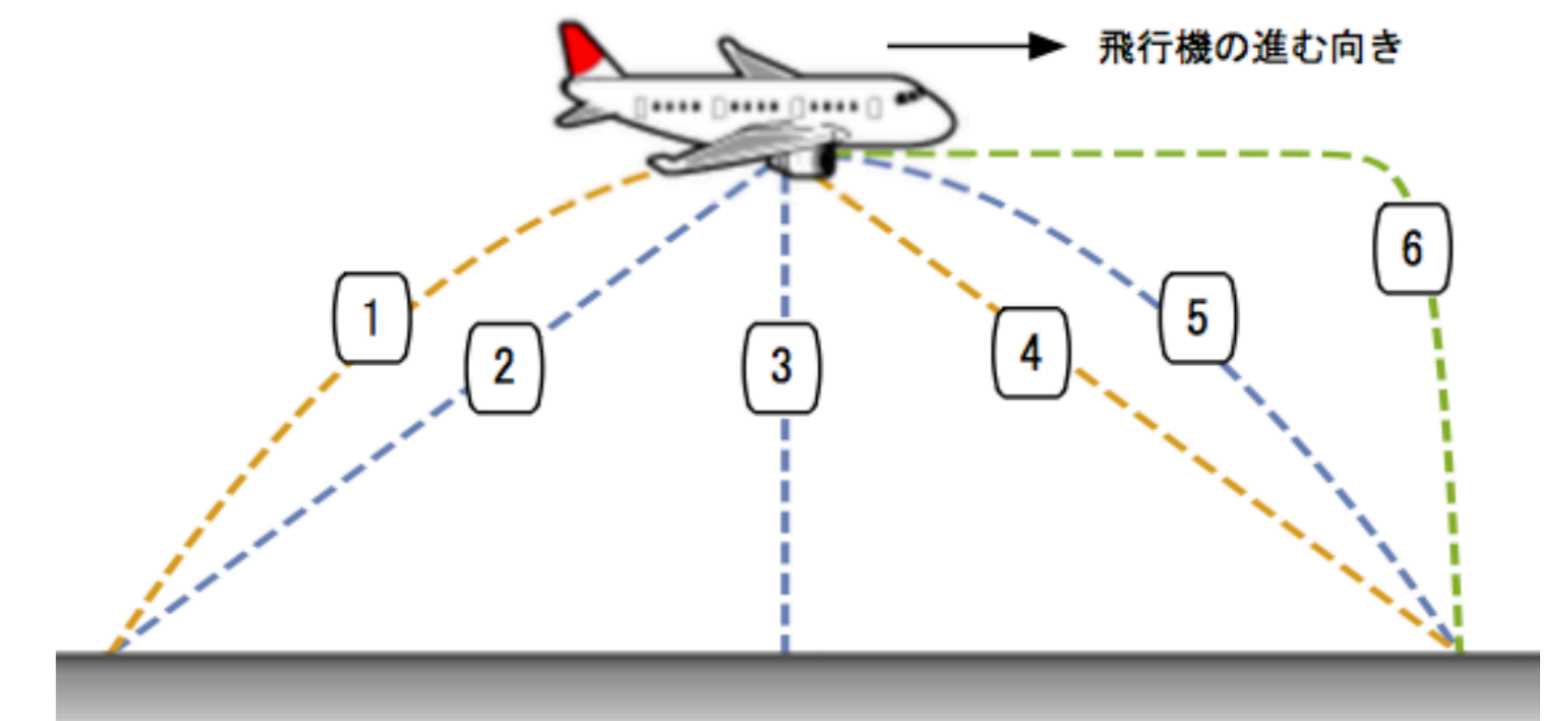
$$y(t) = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2.27)$$

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〕 (a) 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}
(b) 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)