生活の中の物理学
Physics in Everyday Phenomena

第2回　2026/9/28

第2章　力学



真貝　寿明
Hisaaki Shinkai

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

真貝の武庫川講義ページtop

【天文観望】

国際宇宙ステーション(ISS)が見える！

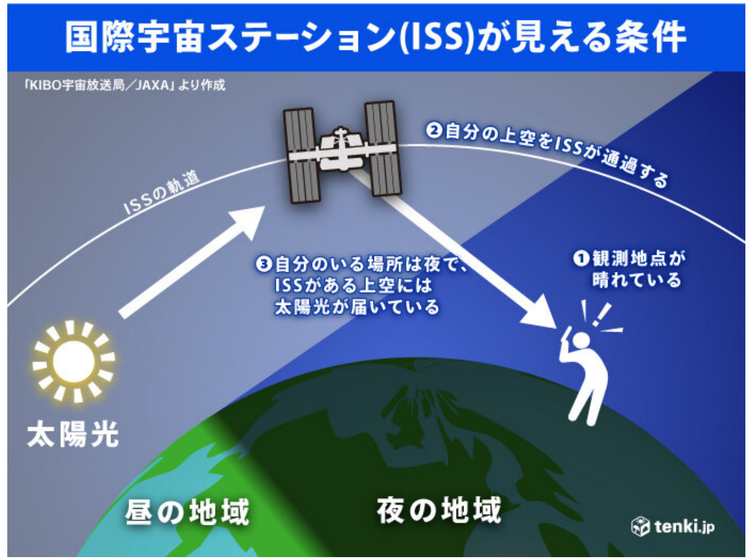
2026/10







https://lookup.kibo.space



https://tenki.jp/forecaster/t_yoshida/2026/09/10/40552.html

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？

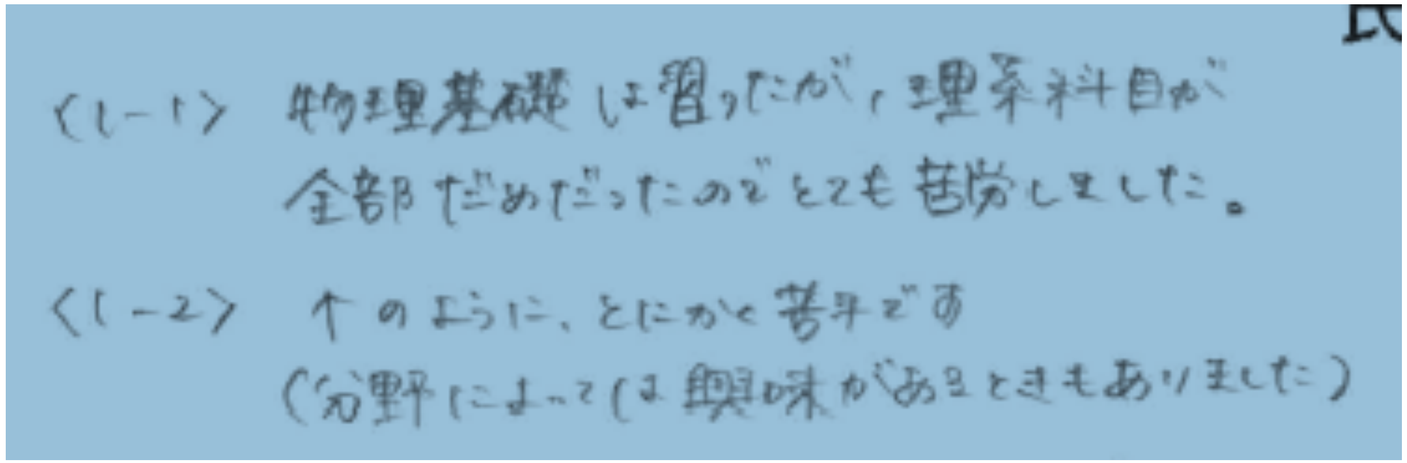
習っていない	8
「物理基礎」まで	5
「物理」まで/習った	7

物理基礎の特定の分野のみ習いました

高校2年生から習いました。

私は物理を全くやってきていない者なのですが、本講義を受講してもよろしいのでしょうか。基礎知識が必要ならば、参考書を教えてほしいです！





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？

だいぶ苦しめられてましたね．．．

公式が色々あって、計算が難そうなイメージ。苦手である。

公式が多く計算や理論が難しい印象があります。

複雑な計算や公式を覚えるのが大変そう

計算をすることが多く、公式をうまく使いこなせず苦手な印象を持っている。
話自体は好きです。



複雑で難しいイメージ
原理を理解することが大変
物理ができるとかっこいいと感じる

素人から見れば複雑だけどもちゃんと理にかなった法則で導き出せるもの

理解できると興味深いと思うけど、理解するまでに時間のかかる科目。

大学に入って物理を習ってみて思ったのは、とにかく式をたくさん使うということです。私は高校で物理を習っていなかったので、大学で初めて物理に触れたのですが、思っていた以上に数式を使って現象を説明していく教科なんだなと感じました。

何となく数学的なイメージを持っていましたが、今回の講義を聞いて哲学的な面をあるのだなと思いました。

日常の色々なことの原理がわかってとても面白い科目だと思っています

数式が難しいが、スケールの違いを超え、一貫する法則性を見出すことができるという面白い側面を持つ科目というイメージを持っています。電車、航空機やロケットといった機械運動の計算に応用したり、宇宙や素粒子といった人の目では観測できない領域を持ったものを解明したりする学問というイメージもあります。

物理とは何か

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

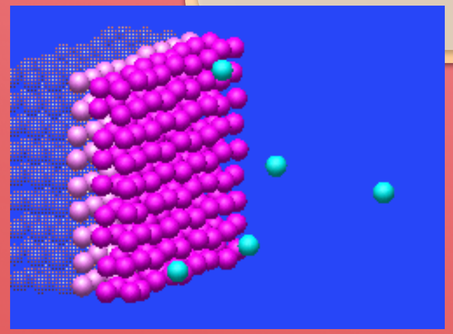


相対性理論

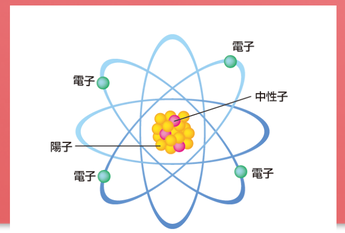


Newtonの運動方程式

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）



【物理】

Sの科学　Yの科学

Sの科学

physics　物理
mathematics　数学
statistics　統計学
genetics　遺伝学

Yの科学

astronomy　天文学
economy　経済学
biology　生物学
archaeology　考古学
anthropology　人類学
sociology　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

《本講義を受講して疑問に思ったことを、以下に記します。》
・富士山が青っぽく見える理由に「大気散乱」が挙げられますが、
この他に「湿度が低く、空気が澄んでいる事で青く見える」と言うのは何故ですか。

昼間の空が青いのは, 太陽光の空気分子による散乱です

・Webで調べると、「影が強調されると青く見える」と書いていましたが、これは人の視覚の錯覚によるものなのでしょうか。

錯覚というよりは, 知覚といえるでしょう.

・大気散乱では短い波長（青・緑）が優先されるようですが、富士山が青色以外に見えることはありますか。

遠方のものは, 青が消えてしまいます. 朝夕の夕焼けの理由です.

・江戸時代の絵では赤で描かれていたりしますが、あれは実際そう見えるのか、噴火を繰り返す恐ろしい火山であるからなのか、どういう理由に帰結しているのでしょうか。

赤富士もありますよ

・富士山が蜃気楼の影響を受けることはありますか。蜃気楼が起こった場合、どういう見え方になりますか。

蜃気楼は海面で起きることが多い

・地球がほんの僅か横に楕円であることは、観測できる地平線の距離に影響しますか。

影響しません. 地表で眺めるのでは判別できません.

・古代エジプトで、おおいぬ座のα星であるシリウスが見えた後、7日後に洪水(増水期が始まる)と言われるのには、潮汐力固定が関係していますか。

していません. 太陽カレンダーを表現しているだけです.

《疑問ではないのですが、授業を聞いて、関連すると感じた話をさせていただきます。》
浦島太郎伝説のモデルとなった筒川嶼子は、ツクヨミの子孫とされ（浦嶋神社）、ツクヨミは変若水という不老不死の薬を持っていたとされています。同じく富士山に不死の薬を残したかぐや姫も、古事記に迦具夜比売命（垂仁天皇の后）がおり、海部氏系図によると、父親が太筒木垂根王だとされています。筒は星を観測するために用いるということで、古来から星という意味があります。このことから、浦島太郎もかぐや姫も海洋民族をモデルにしていると推定しています。先生のお話に、浦島太郎は南方の影響を強く受けたとあったので、何かしら関連があれば、面白いと思い、この話を共有させていただきました。先生のお話、とても面白かったです。2回も収録お疲れさまでした。

《講義に期待すること》
　この講義に期待することは、伝承の由来となっている物理法則を解明することや古代文明を理解するために、大昔にあったであろう自然現象を解明することです。
　また、日常に存在する物理法則が起こっている「今この瞬間」を大事に思えるように、知識をつけたいと考えています。物理は中学生で少し触れた程度なので、どこまで理解できるかは分かりませんが、知的好奇心が続く限り、疑問を出し、解明や理解することに尽力したいと考えています。この半年間、よろしくお願いします。

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

高校までは、受験のためだけの物理しか習ってこなかったので、楽しみながら色々な日常現象における物理について学びたいです。

高校の物理では計算や公式の暗記が中心だったため、この講義を通して「生活の中でどのように物理の法則が役立っているのか」を具体的に知りたいです。身近な現象を物理の視点で解き明かす面白さを学びたいと考えています。

高校で物理を習っていたが、難しくて全然授業についていくことができずわからないままなので、もう一度学びなおしたいためできる限りわかりやすく、イメージしやすい講義にしてほしい。物理を面白いと感じることができる講義がよい。

物理に対して苦手意識がある自分でも理解しやすいような内容であってほしい。

物理はあまり得意ではないので、基礎から分かりやすく学びたいです。身近な生活やスポーツなどと物理がどのように関係しているのか知りたいです。

物理はいつでも私たちの生活の当たり前の中にあり、それを当たり前と無意識に認識しているため、生活の中の物理に触れることで様々な物事に興味を持ち、視野を広げるきっかけになったらいいと思う。

スマホのタッチ決済がどのような仕組みになっているのか気になります。学科で生活デザインについて学んでいるので、生活の身近なことに関する物理について学び、学科での学びにも活かしたいです。

物理について、身の回りで起こっている現象がなぜ起こるのか疑問に思うことがある。特に、普段何気なく使っている物や自然現象が、どのような物理の法則によって成り立っているのかを知りたい。この講義を通して、物理に対する苦手意識をなくし、身近な現象と関連づけながら楽しく学びたい。

身近な現象の裏にある物理法則を知りたい

普段何気なく使っているものの仕組みを詳しく知りたいと思っています。

近代、現代で物理学に区分分けされることを知らなかったため、転換期があったことに興味を持った。当時の状況やそれぞれの学問の内容を知りたい。

世の中でどれだけ物理が関わっているのかを知りたいので、わかりやすくどこに物理が使われているのかを教えていただきたいです。

この講義では、まだ解明されていないことに人類がどうやって迫ろうとしているのか、またその考え方を知りたいです。系外惑星の研究が進んで、地球以外にも生命がいる可能性がどこまで分かってきているのかも知りたいです。

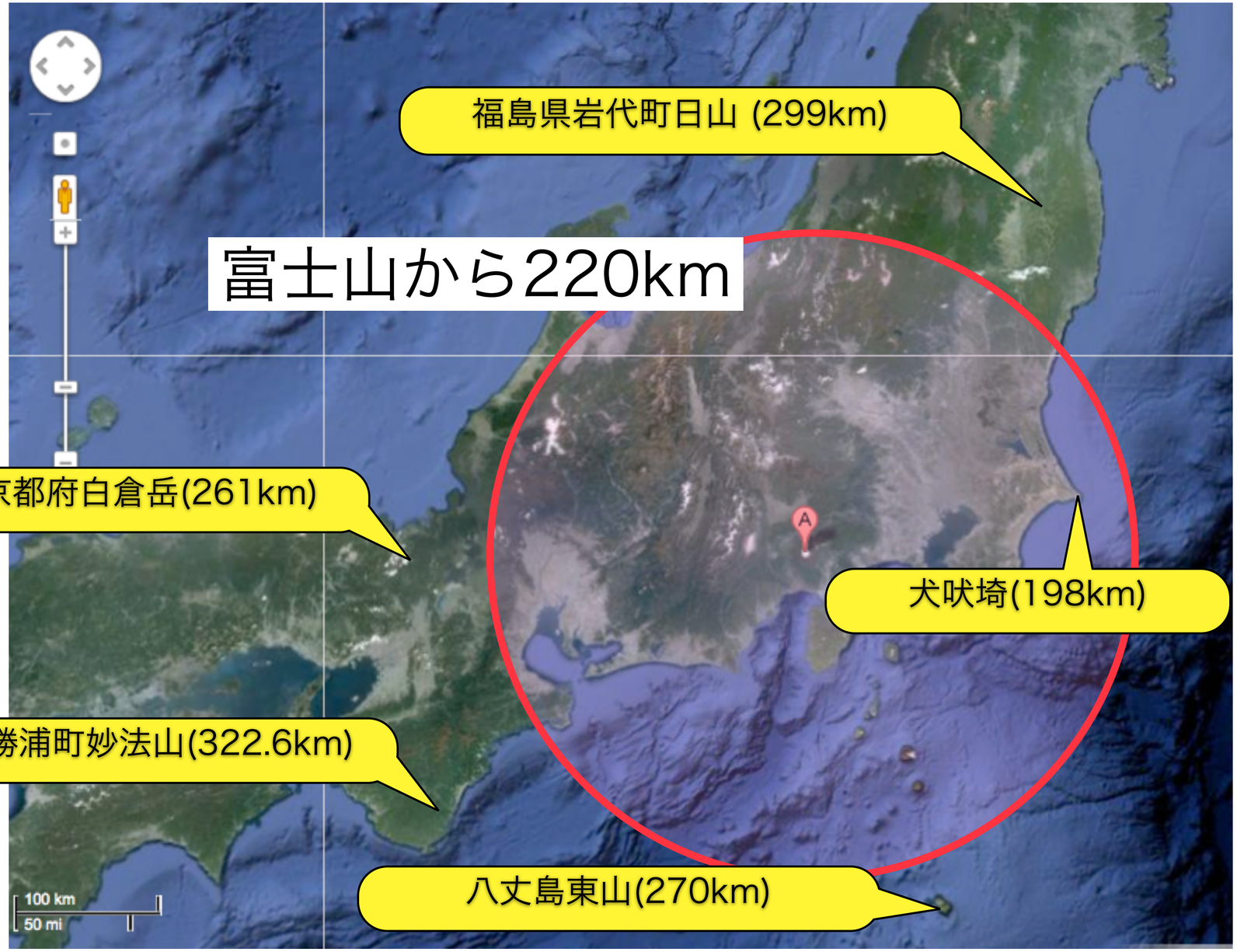
天文学的な話が多く面白かったです。実は宇宙的な話に少しだけ興味があり、月3にある宇宙物理学の講義が気になっていたのですが他の講義と被ってしまっていて取れたなかったので、今回の物理学の講義でも天文的な話が多くでてきて楽しかったです。
物理を未履修のため詳しい内容は全体的に分かりませんが、時間や空間的な分野の話が特に理解できないなと思います。動画で紹介されていた一般相対性理論？の分野かと思います。

物理を身近に感じられるようになることを期待しています。また、楽しんで学んでいきたいなと思っています。

高校の時よりも物理が理解でき、好きになりたいと思う。電気が特に苦手だったのでこの講義を通して知りたい。

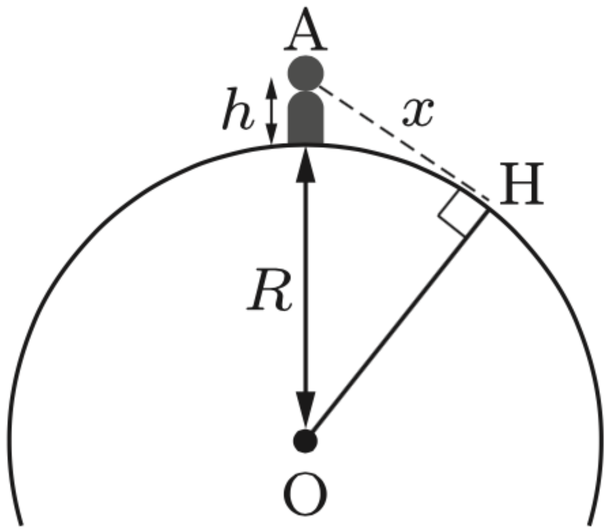
時間とはなんですか。電気とはなんですか。

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．



福島県岩代町日山のピンズれてます。岩代町は、市町村合併で二本松市になってます。

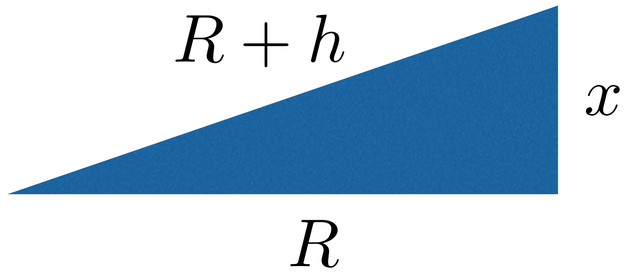
地平線までの距離はどれくらい？



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，$R = 6380$ km.

- 目線が，高さ　h＝1.5 [m]のとき，

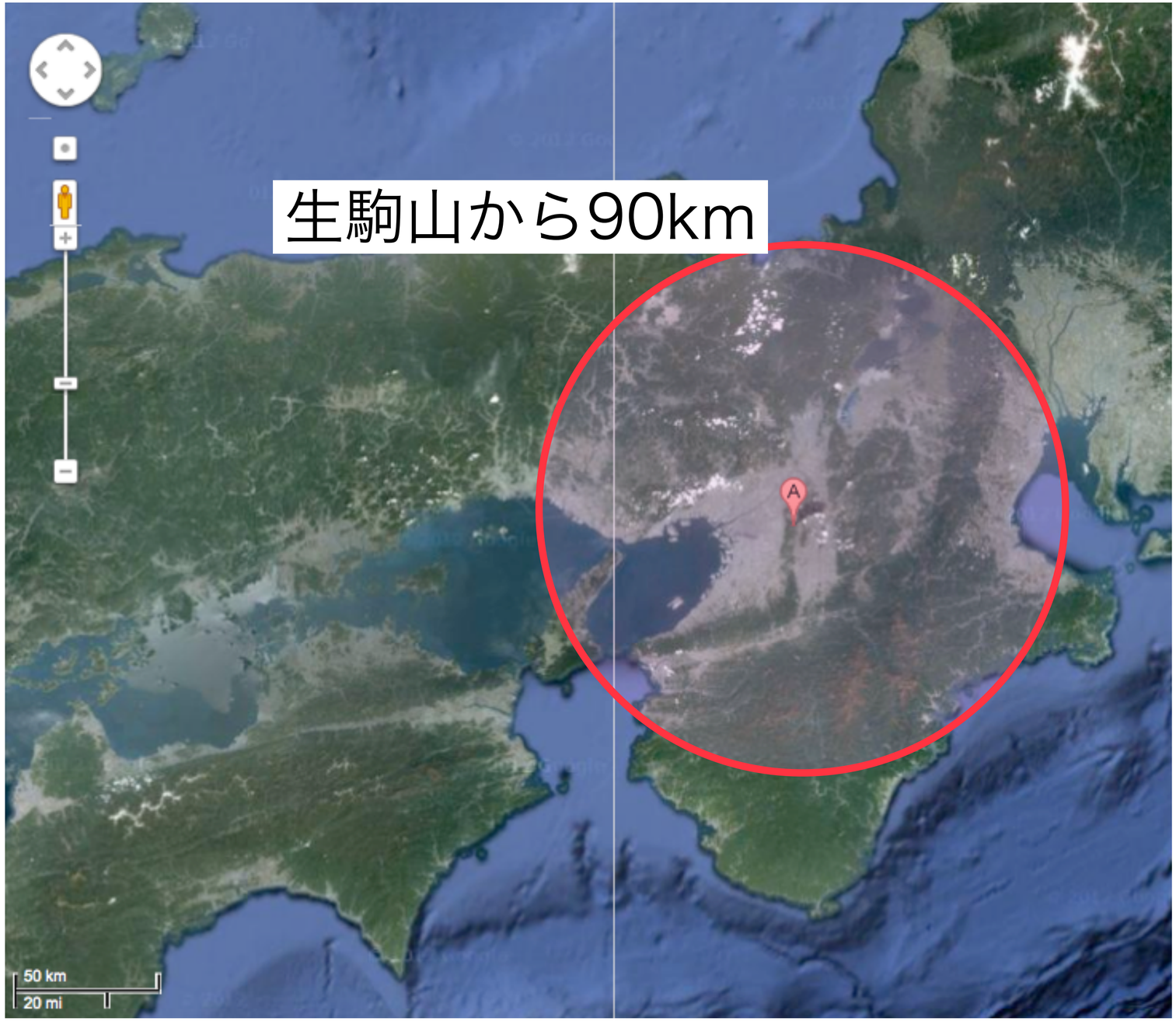
地平線までの距離 x は?

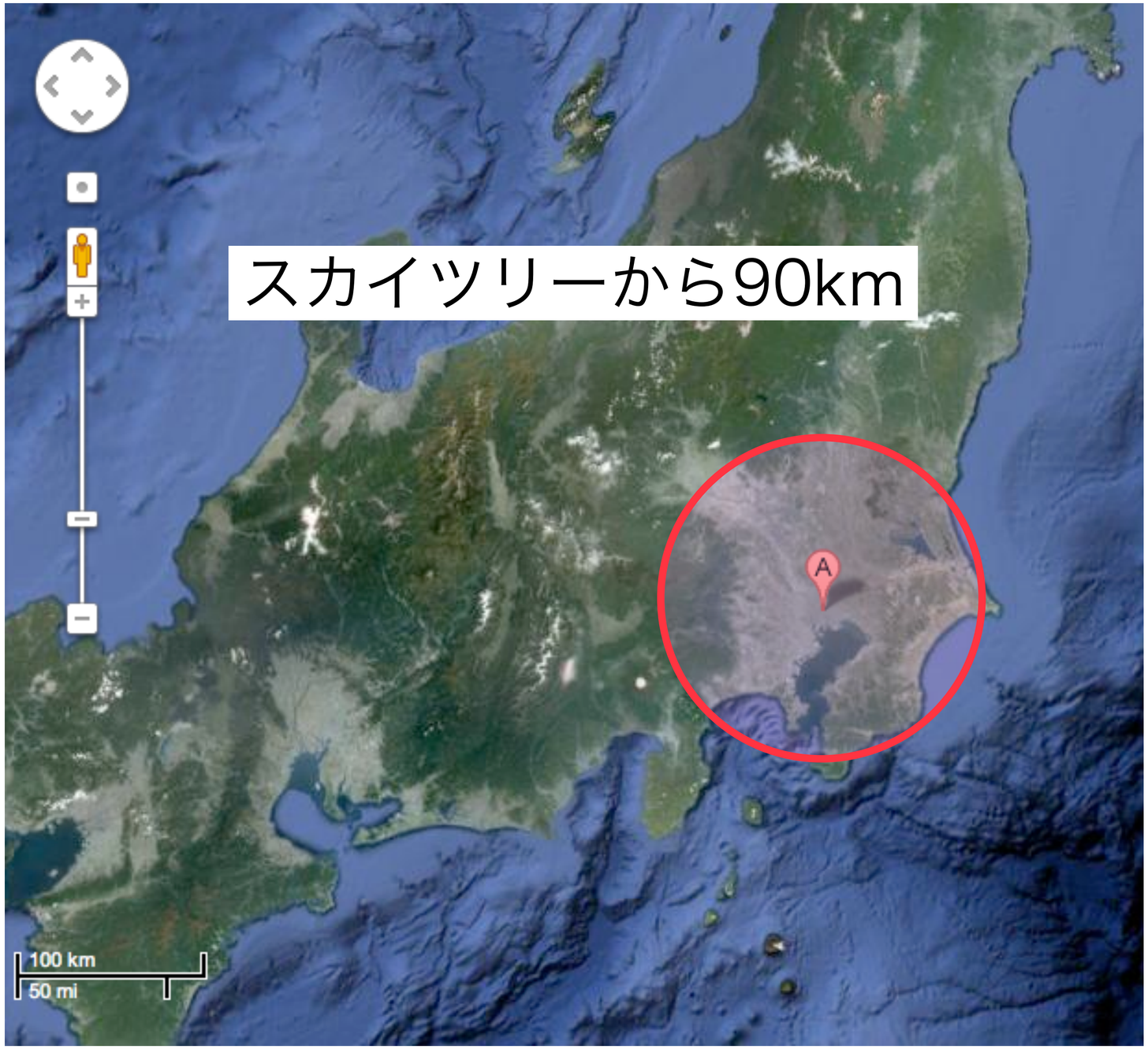


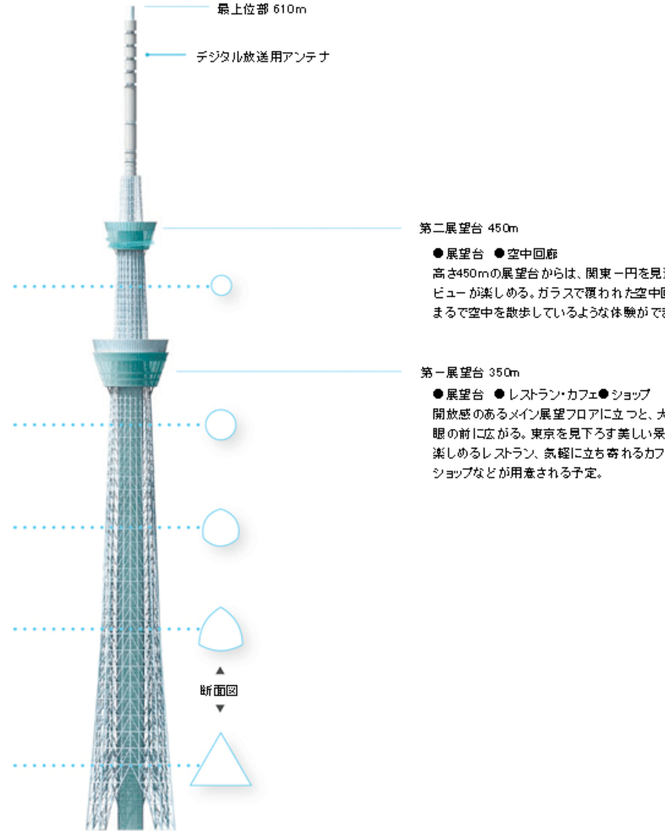
$$(R+h)^2 = R^2 + x^2$$

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

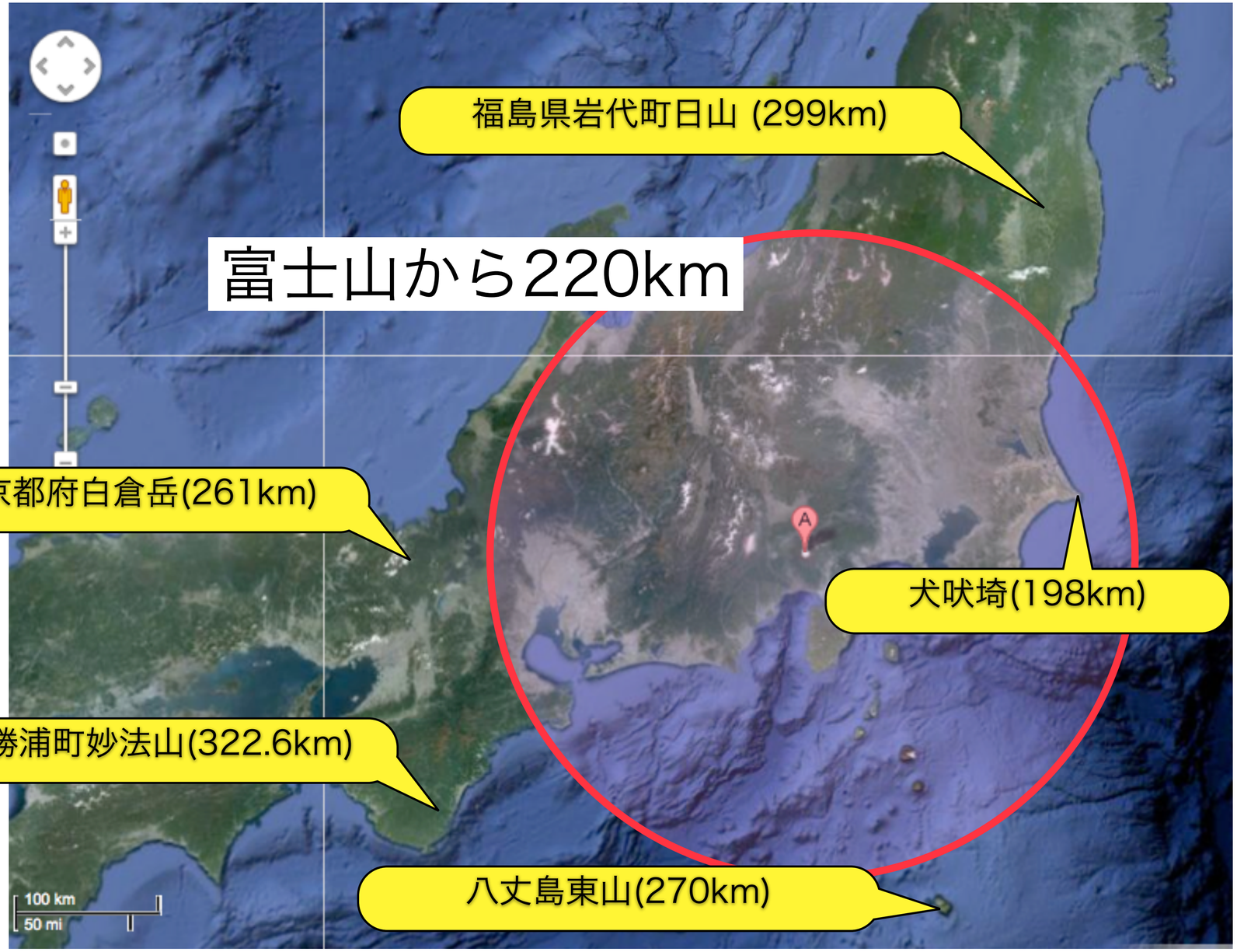

ハルカスから60km
あべのハルカス
京都府
兵庫県
奈良県
三重県
大阪湾
播磨灘
京都
大津
神戸
堺
姫路
福知山
綾部
丹波
篠山
亀岡
西脇
加西
加東
三田
小野
三木
加古川
宝塚
豊中
吹田
枚方
西宮
芦屋
尼崎
東大阪
奈良
明石
淡路
岸和田
和泉
富田林
河内長野
松原
羽曳野
天理
橿原
宇陀
御所
五條
泉南
阪南
橋本
紀の川
和歌山
岩出
海南
有田
南あわじ
鳴門
高野山
伯母子岳
大台ケ原山
尾鷲
長岡京
向日
宇治
城陽
京田辺
伊賀
名張
彦根
近江八幡
東近江
守山
栗東
草津
湖南
甲賀
御在所山
いなべ
四日市
鈴鹿
亀山
津
松阪
雲出川
櫛田川
熊野
Kumano-
小松島
Google


生駒山から90km
A
50 km
20 mi


スカイツリーから90km
A
100 km
50 mi


最上位部 610m
デジタル放送用アンテナ
第二展望台 450m
●展望台 ●空中回廊
高さ450mの展望台からは、関東一円を見
ビューが楽しめる。ガラスで覆われた空中
まるで空中を散歩しているような体験がで
第一展望台 350m
●展望台 ●レストラン・カフェ●ショップ
開放感のあるメイン展望フロアに立つと、
眼の前に広がる。東京を見下ろす美しい景
楽しめるレストラン、気軽に立ち寄れるカフ
ショップなどが用意される予定。
断面図

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．

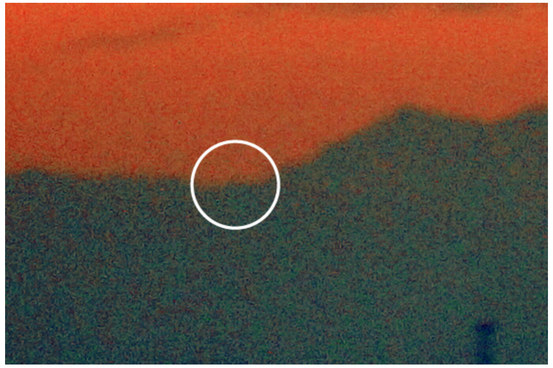


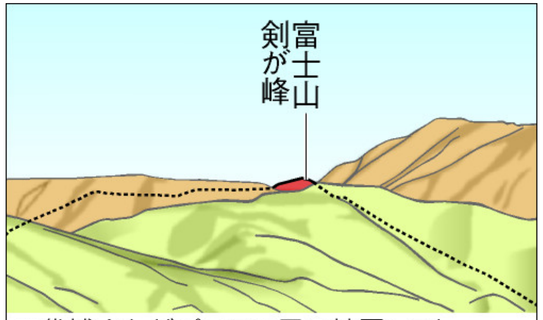
【話題】

京都から富士山を撮影　距離261km

2014/9/23

Mt. Fuji from Kyoto photographed





田代博さんがパソコン用の地図ソフト「カシミール3D」を使って作製したCGから



【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。

http://digital.asahi.com/articles/ASG9P6RXVG9PULBJ00F.html?iref=comtop_6_06

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

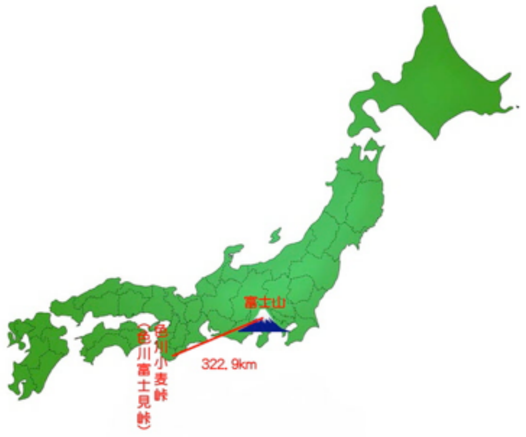
更新日付 2012年4月25日 更新

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　３２２．６km）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３２２．９km。
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

http://www.town.nachikatsuura.wakayama.jp/forms/info/info.aspx?info_id=9403

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．

地球が丸いため、地平線・水平線までの距離より遠くなると富士山の下の部分は見えなくなりますが、富士山は高さがあるため、山の上の部分は地平線より上に出ていて、遠くからでも見ることができるからです。 不完全

高度が高くなると空気が薄くなる。すなわち、空気の密度が小さくなる。その密度差のため光の屈折する？ 屈折では 数十km　も差が出ない

空気などの影響で光が少し曲がって遠くからでも富士山が見える ちがいます

地球は完全な平面ではなく、丸い形をしているため、単純に「地平線までの距離」だけでは富士山が見える距離を決められないからです。富士山は標高が高いため、遠く離れていても山頂部分が地球の曲面の上に出ており、地平線の向こう側からでも見えることがあります。 ちがいます

220kmはあくまで観察できる水平線の距離(地表上の最短距離)だと思うので、実際にそれより遠くから観察できるのは観察地点の標高により見える距離が拡大したからだと思いました。
富士山が観察できたとされる観察地点はいずれも標高のある山からでした。

観測場所が地平線よりも高い場所であるためだと考えます。見る人の目線の位置が高くなればなるほど、地球の丸みに邪魔されずに見渡せる距離が伸びるため、220kmよりもさらに遠くから富士山を見ることができるのだと考えました。

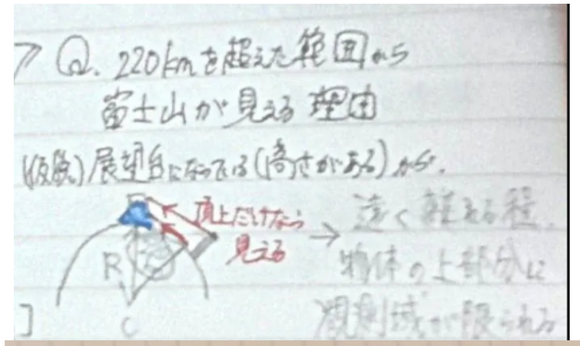
観測地点に高さがあるからだと考えます。この場合、見える範囲は近い比べ、富士山の上部に限られますが、220kmを超えても観測地が高け富士山が見えると思います。

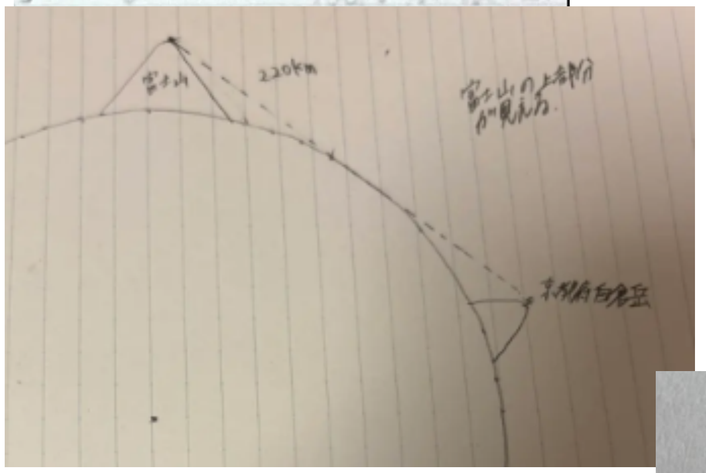
観測できる具体的な場所はどれも山の上であり、地上よりも標高が高いという共通点があるため、地平線・水平線までの距離が標高の高さによって変わり、220ｋｍよりも遠くからでも見ることができたと考えます。

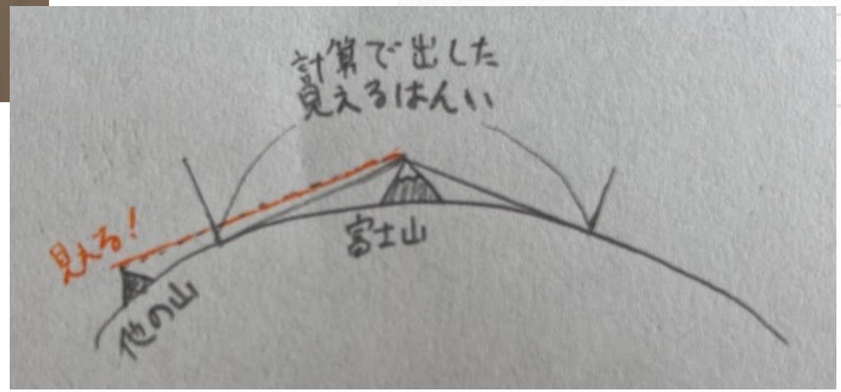
京都の白倉岳（標高917m）の300km近く離れた地点からでも富士山が見ることができるのは、見る側にも標高があるので、富士山からの見通し限界（約220km）を超えた遠方からであっても、白倉岳の山頂から伸ばした視線が地球の丸みをまたいで富士山の山頂部分が見ることができると考える。富士山から白倉岳が見えない理由は間に大きな山があったりするためだと考える。他の地点でも同じことが考えられる。

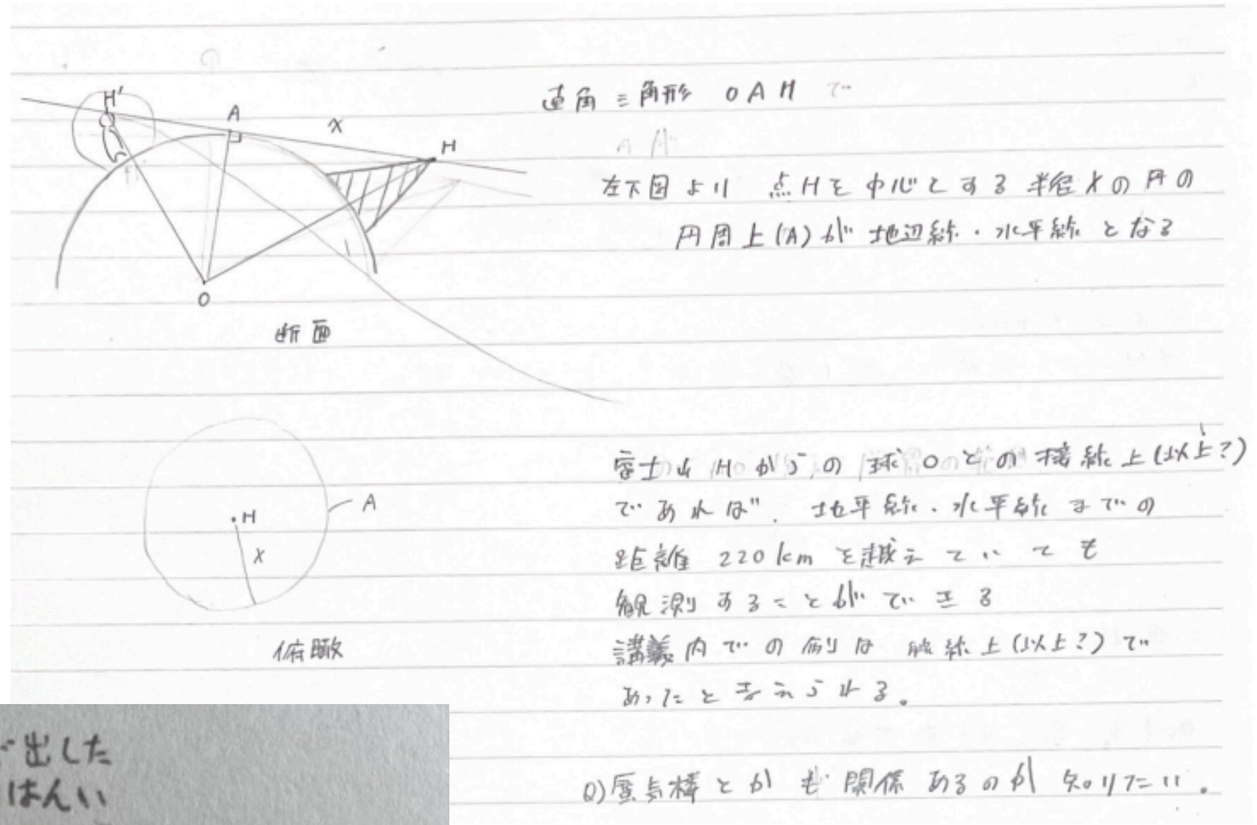
前回のミニッツペーパーから

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．

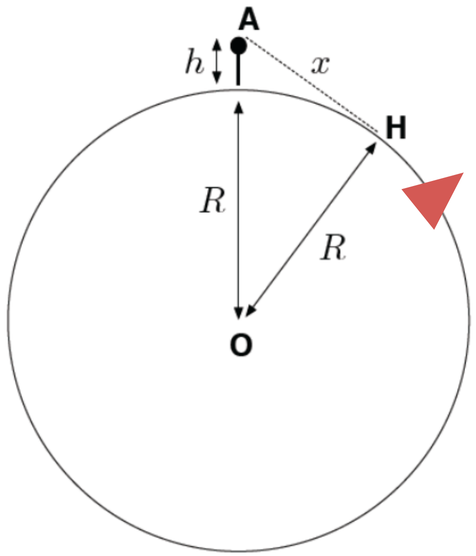








なぜ地平線として計算された距離より遠方で富士山が観測できるのか？



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日＝24時間

1年を12等分することに決めた古代エジプト人は，1日の昼と夜も12等分することにした．これが，1日を24時間で考えることになった由来とされている．

1時間=60分

古代メソポタミアの頃の角度の単位は

円一周の60分の1＝「第1の小さな角度(minute)」

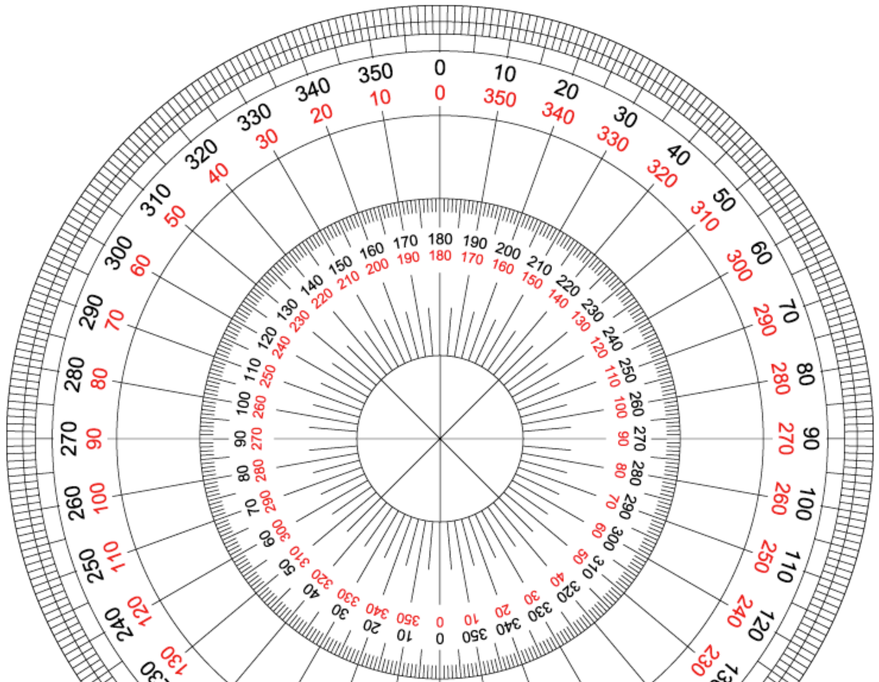
さらにその60分の1＝「第2の小さな角度(second minute)」

現在の角度の単位は

円一周の360分の1＝1度

1度の60分の1＝1分　minute

1分の60分の1＝1秒　second minute

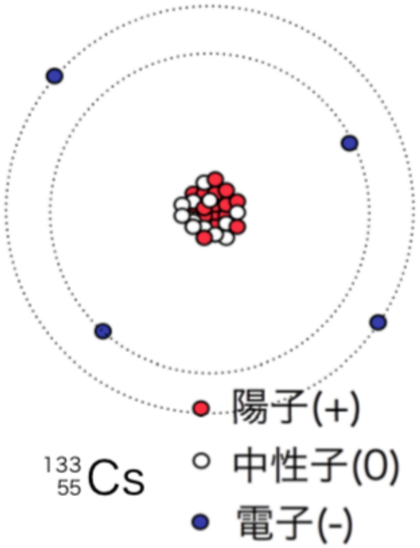


1秒の精密な定義

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.

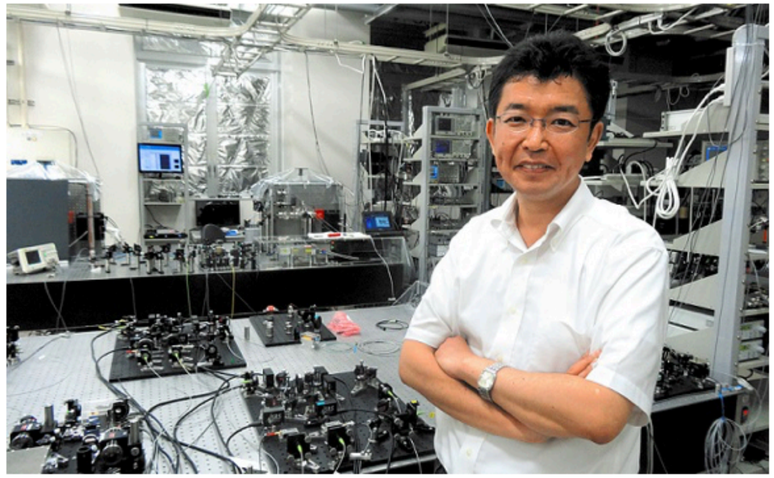


セシウム 133 原子の基底状態の 2 つの準位間の遷移に対応する

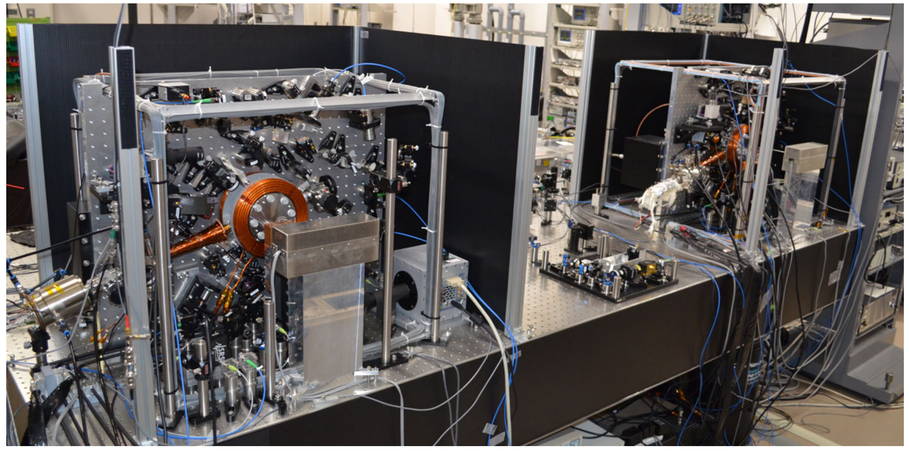
放射の 9192631770 周期 ＝ 1秒

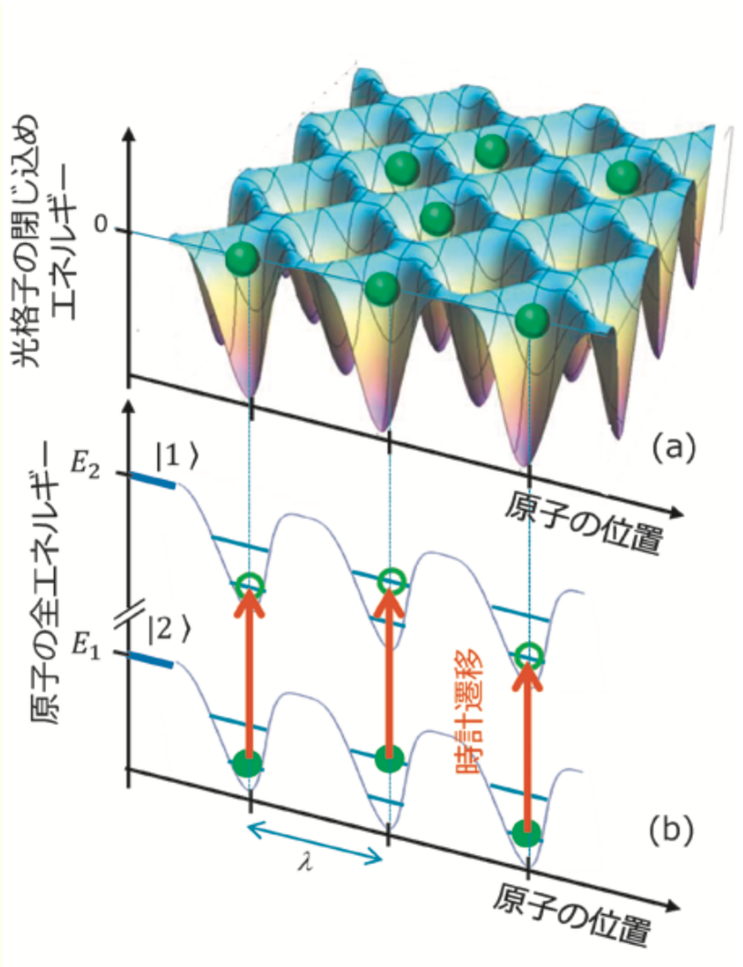
セシウム原子時計は 10^{-16} の精度

もっとも精密な時計＝光格子時計



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

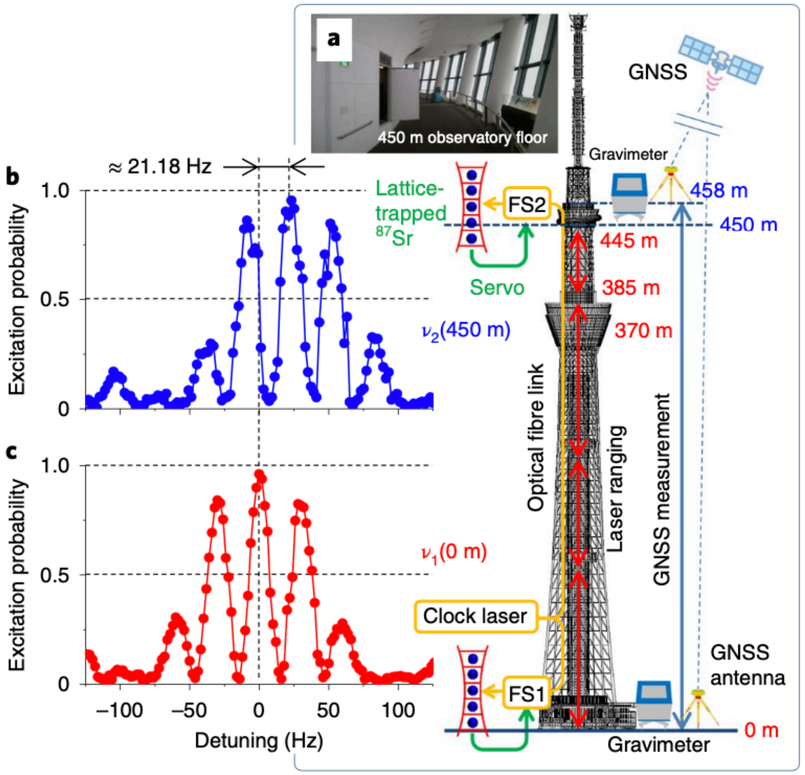
（300億年でずれは1秒以内）

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

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

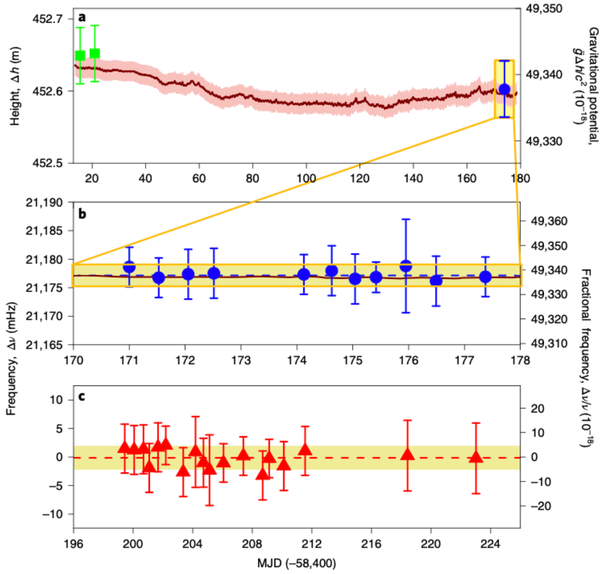
Masao Takamoto[1,2], Ichiro Ushijima[3], Noriaki Ohmae[1,2], Toshihiro Yahagi[4], Kensuke Kokado[4], Hisaaki Shinkai[5] and Hidetoshi Katori[1,2,3]✉

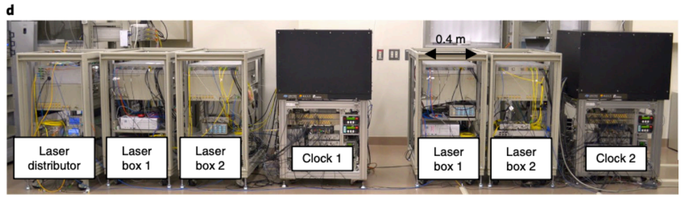
スカイツリーの上下で時間の進み方が違う

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

LETTERS NATURE PHOTONICS





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

もっとも精密な時計＝光格子時計



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.

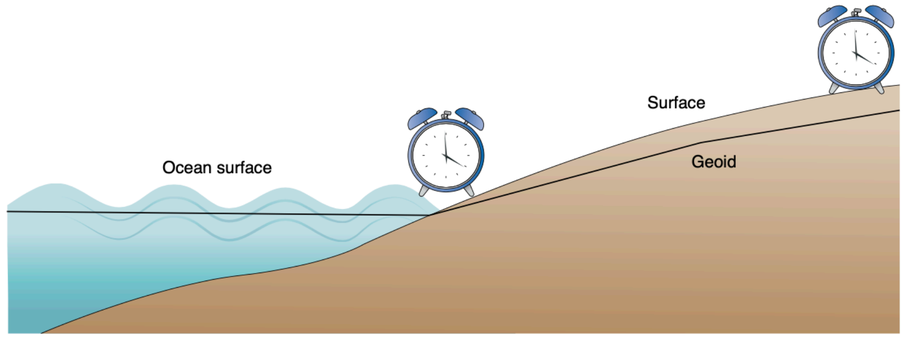


Fig. 1 | Illustration of how in the future relativistic geodesy might be done with clocks. The geoid is an equipotential surface of the Earth's gravitational potential, indicated by the black line. While the mean ocean surface is closely aligned with the geoid, the surface of land can significantly differ.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

10月第2週は，ノーベル賞ウィーク



5日（月）Physiology or Medicine
6日（火）Physics
7日（水）Chemistry
8日（木）Literature
9日（金）Peace
12日（月）Economic science

https://www.nobelprize.org

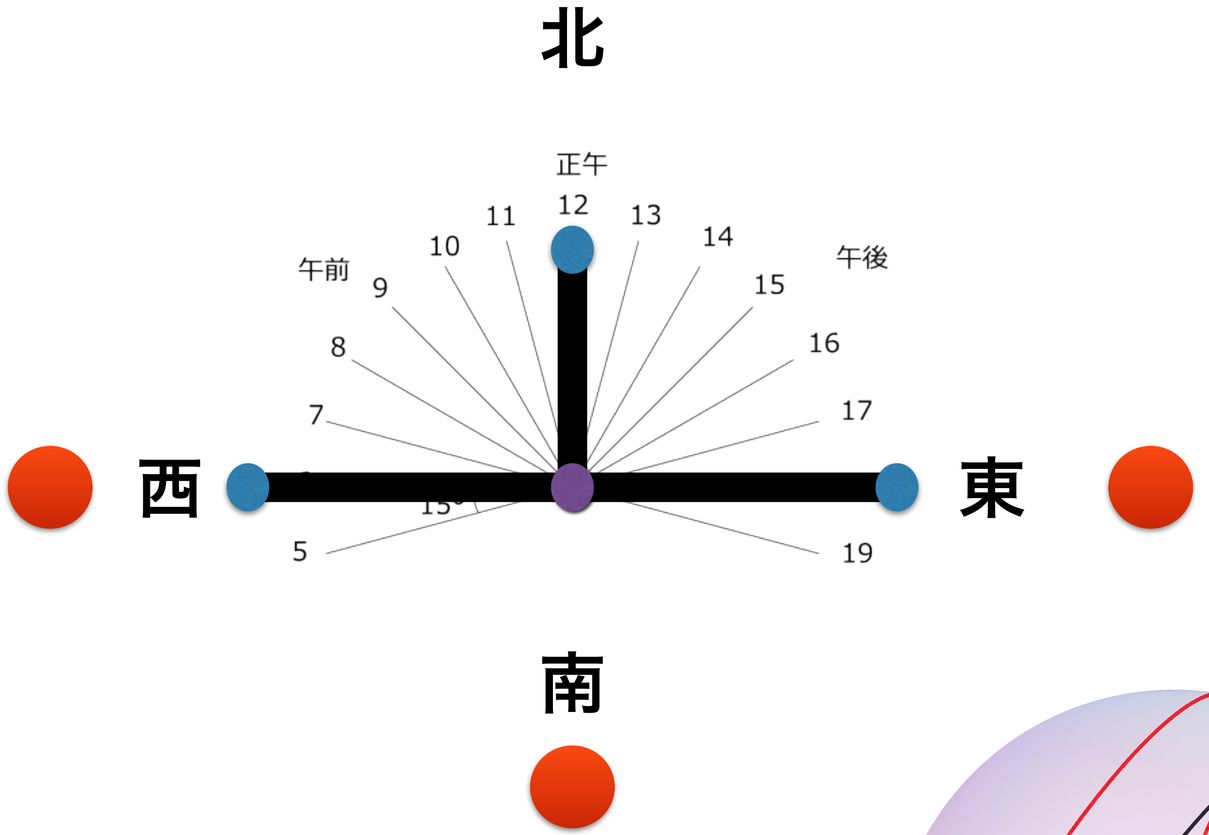
日時計 (sundial)

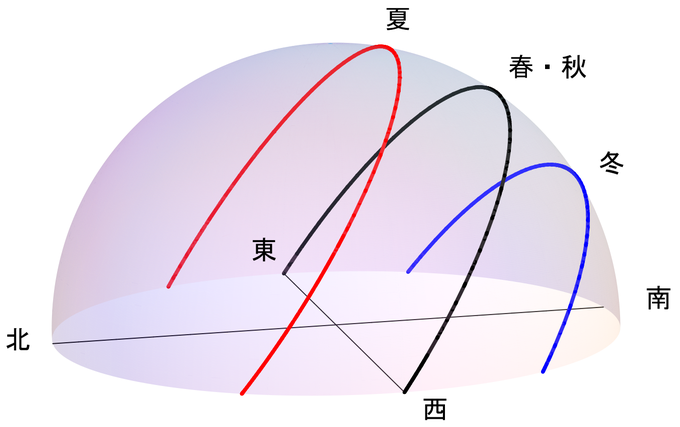






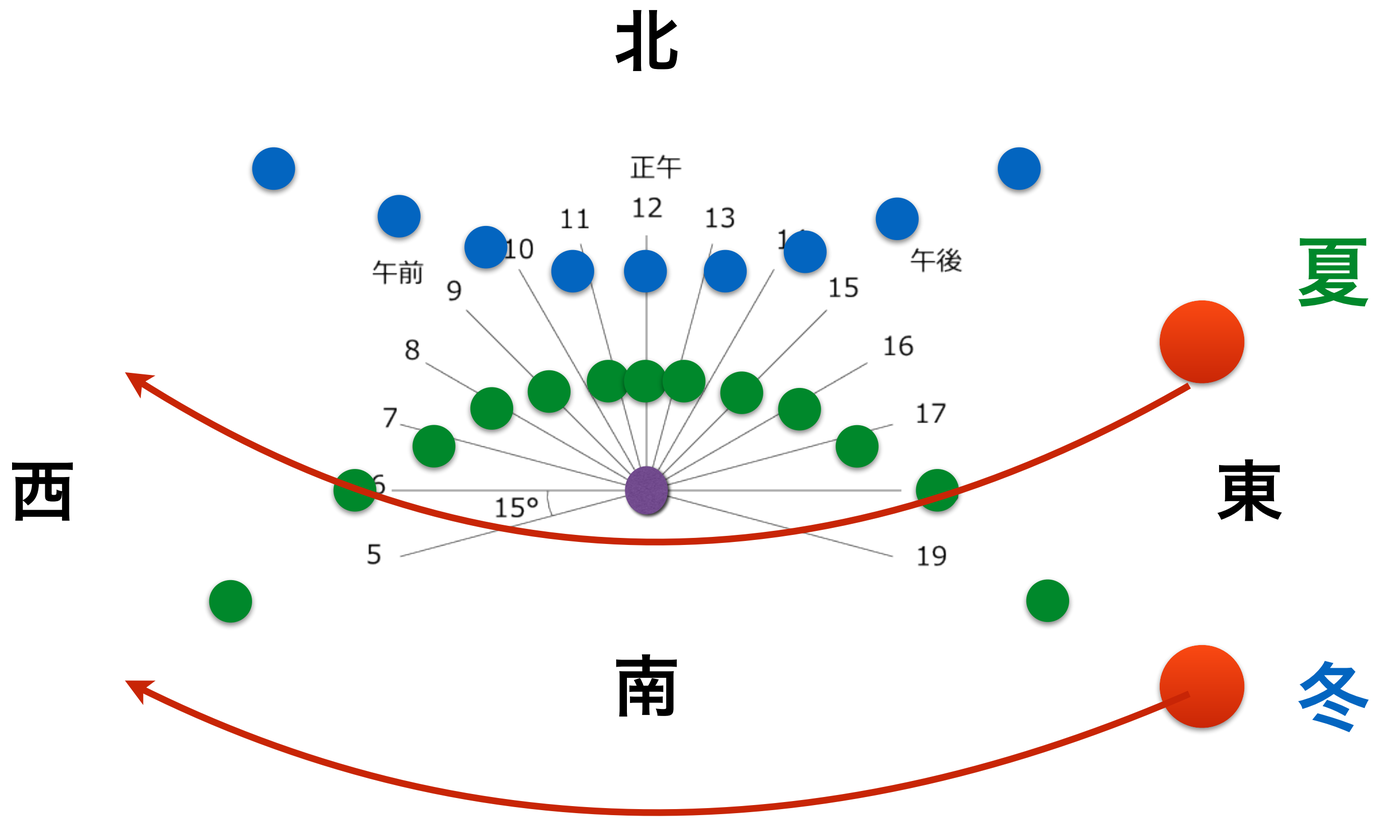
日時計の影はどう動く？





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？



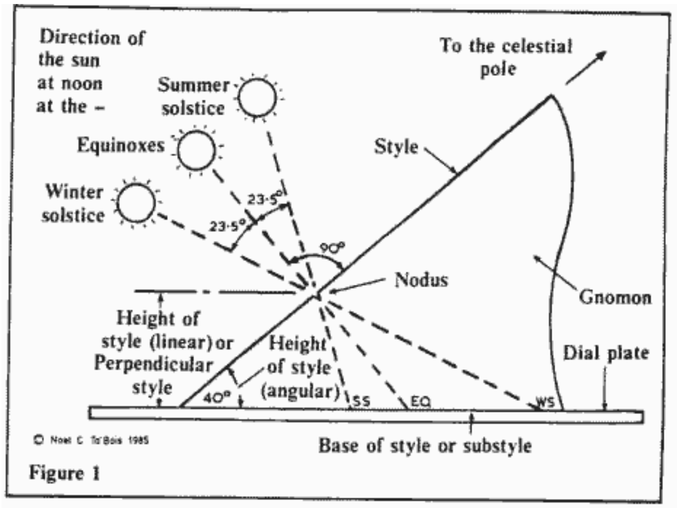
問題：季節ごとに正確に影を描くと？

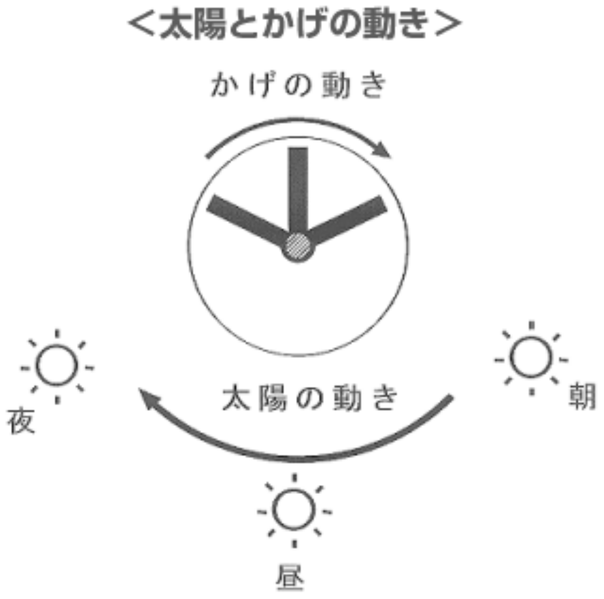
時計はなぜ右回りか

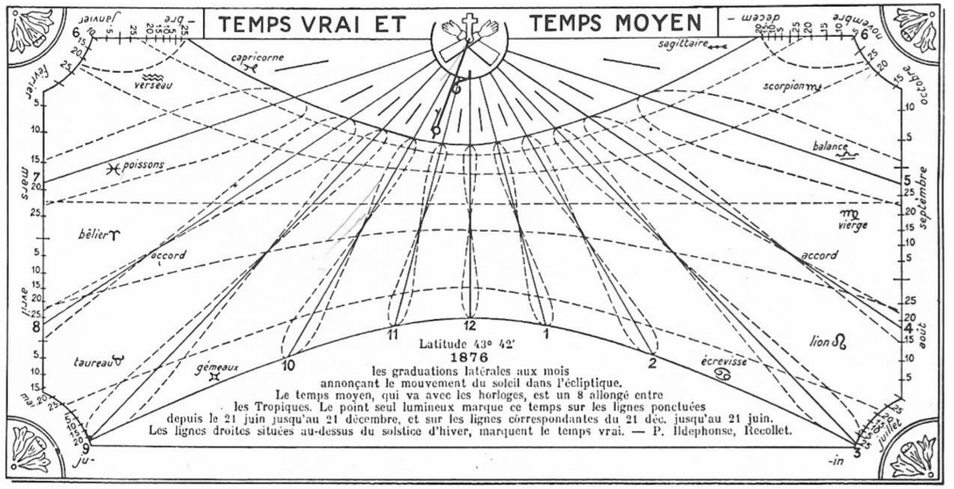




sundial

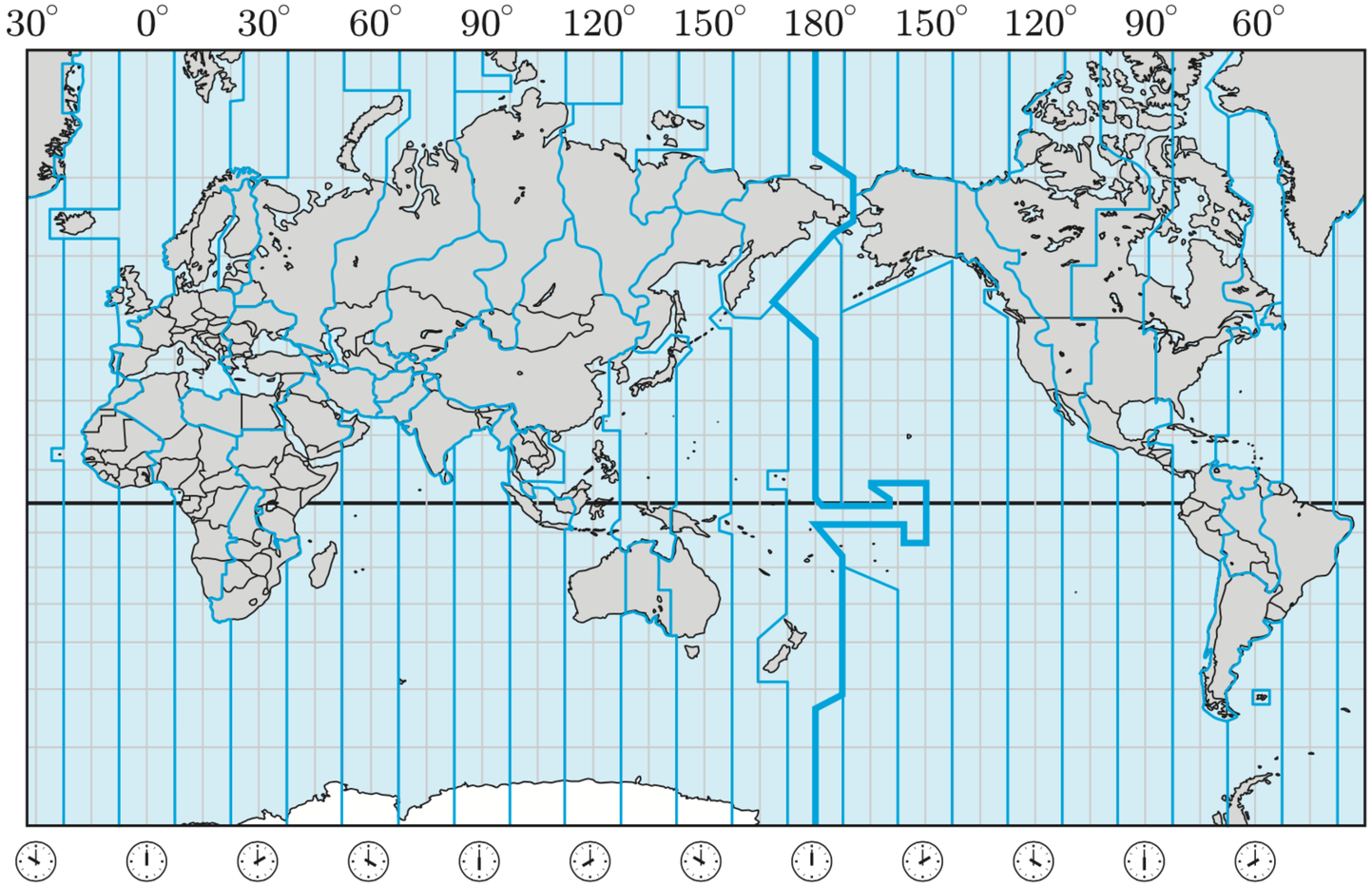






【話題】

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

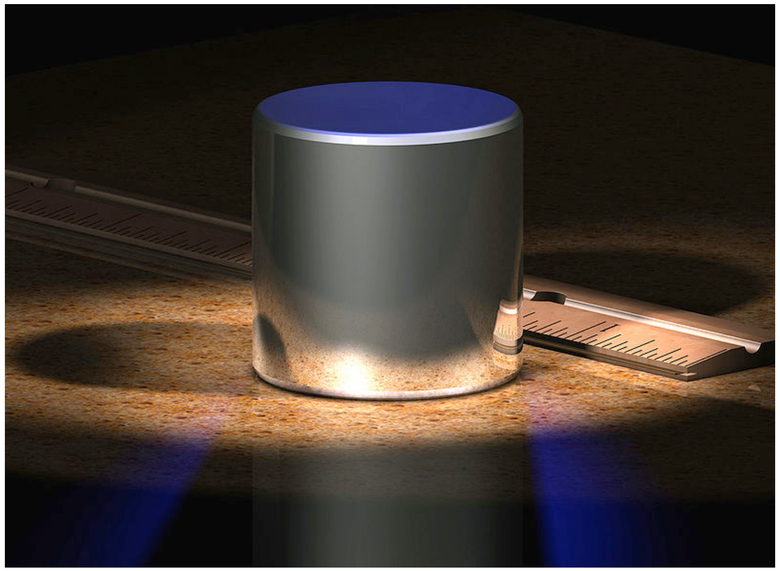
b) 10時間かけてヨーロッパ(-8)：体感22時＝現地14時

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 ×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]

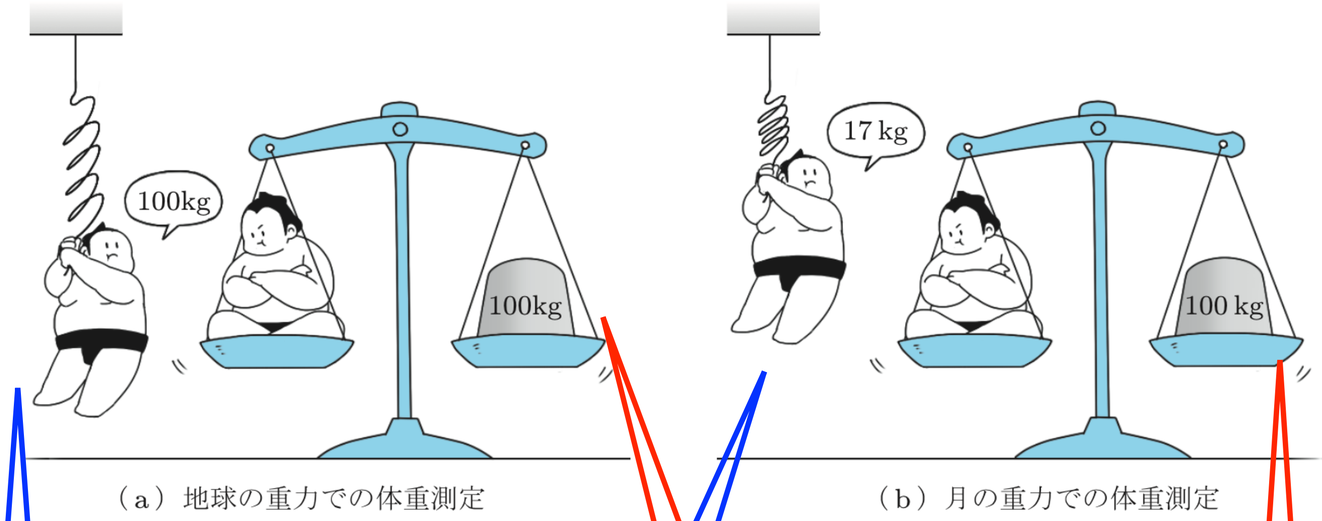
物体に加わる重力の大きさ

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

（b）月の重力での体重測定

地球上で

ばねばかりは○○を測る

月面上で

天秤は○○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℃
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〔℃〕〔F〕〔K〕

- 摂氏，℃（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 ℃，人間の体温を96とする.

（摂氏温度）＝（華氏温度 - 32) x 5/9

- 絶対温度，K（ケルビン）
  -273 ℃=0 K，1度幅は℃と同じ.

（絶対温度）＝（摂氏温度) + 273

$$F = ma$$



$$ma = G\frac{Mm}{r2}$$

Issac Newton
(1642-1727)

○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

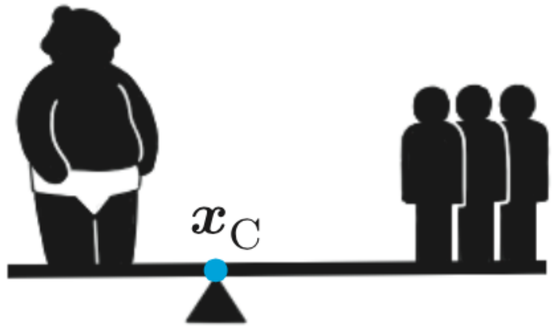
重心（center of mass）

= 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

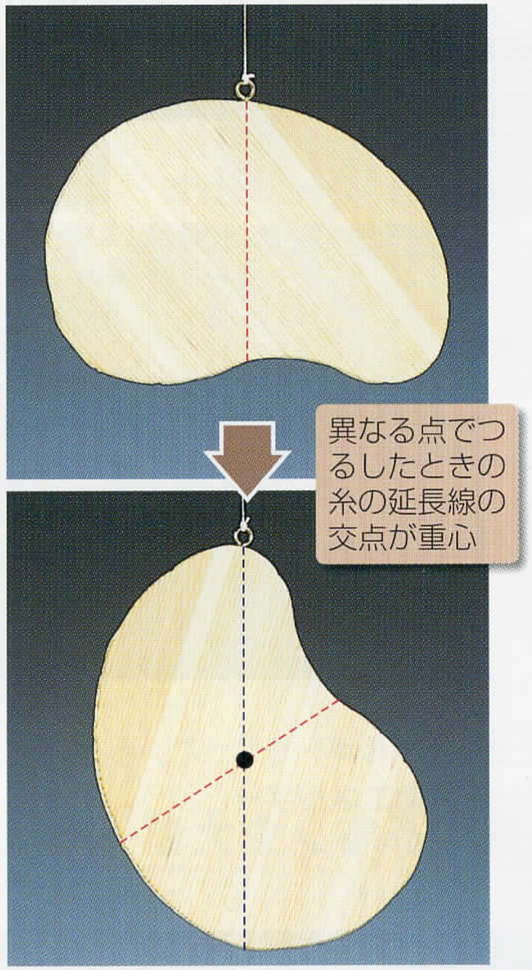
2 つの物体があるとき，質量 m_1 が位置 $\boldsymbol{x}_1$，質量 m_2 が位置 $\boldsymbol{x}_2$ にあるとすれば，重心の位置 $\boldsymbol{x}_C$ は，

$$\boldsymbol{x}_C = \frac{m_1\boldsymbol{x}_1 + m_2\boldsymbol{x}_2}{m_1 + m_2} \tag{2.26}$$

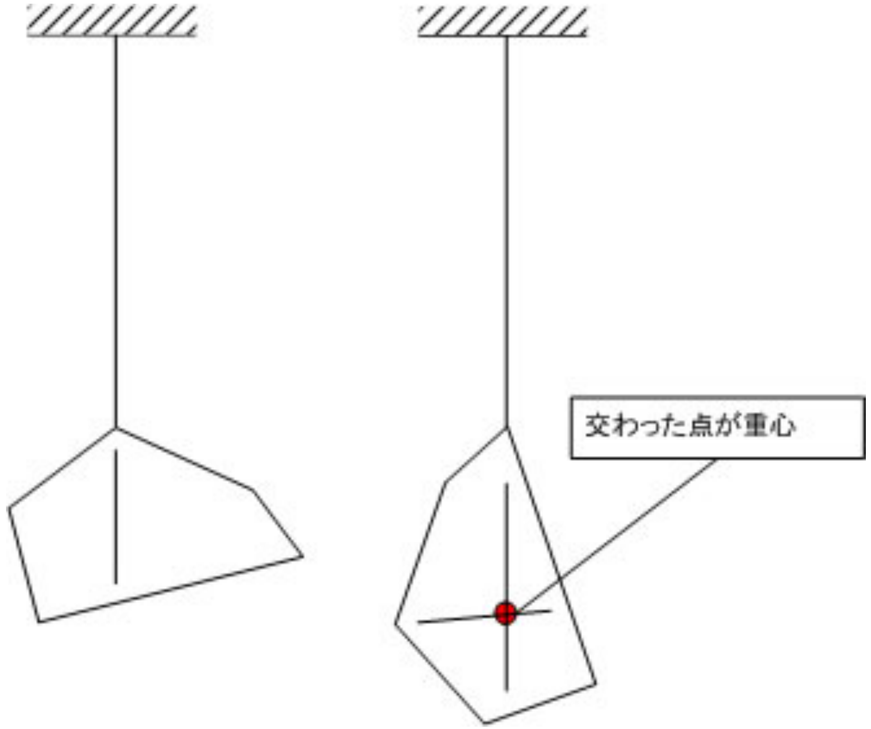


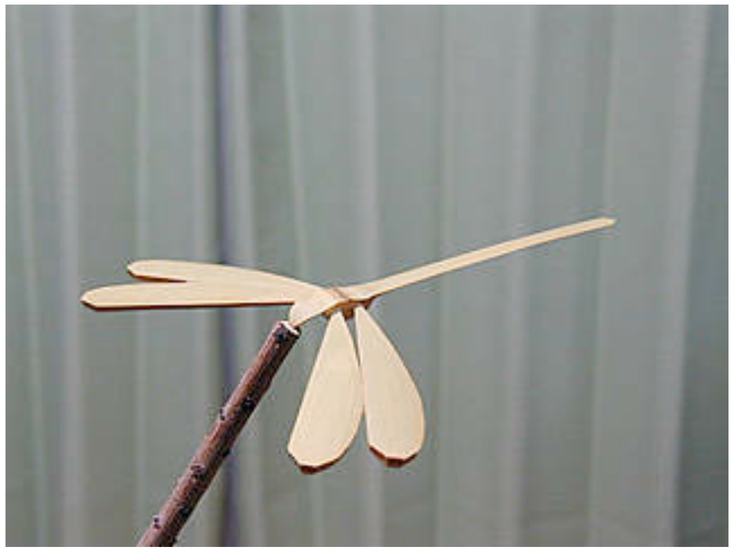
重心（center of mass）

●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。





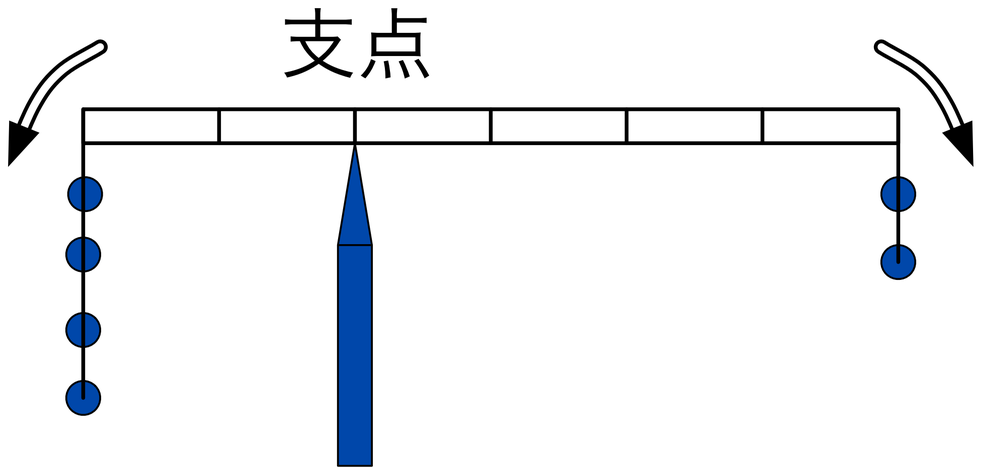


教科書 p44

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）x（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

topic

綱渡りで長い棒を持つ理由は？







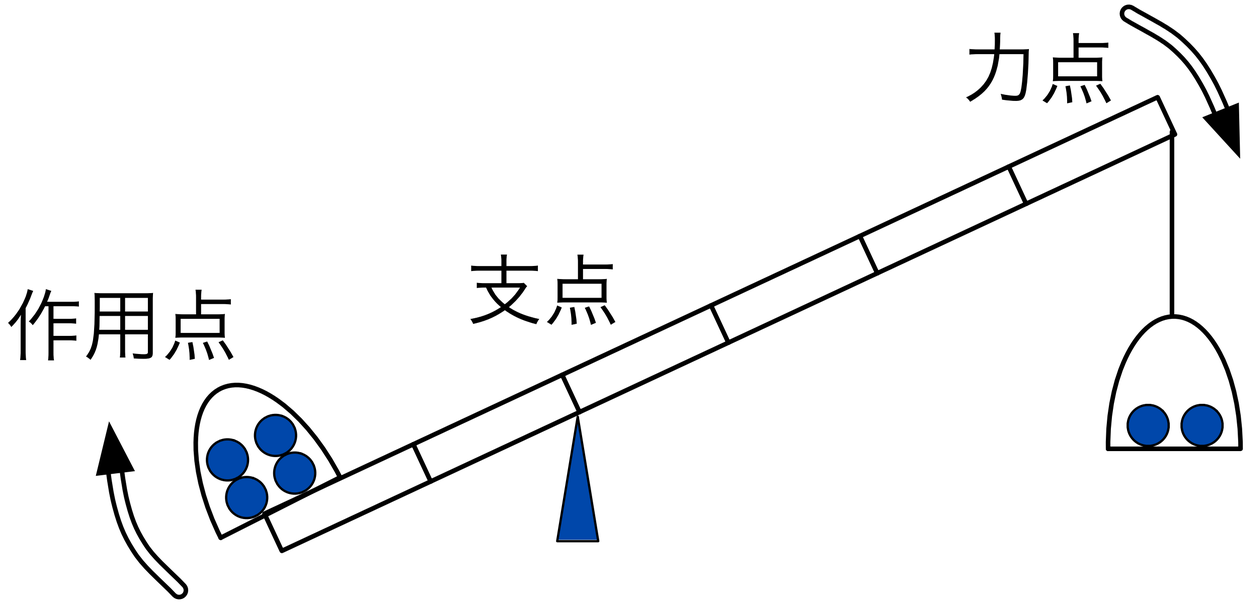
長い棒ほど，回転させるのに大きなモーメントを必要とする．

→　長い棒を持てば，自分自身が回転せず制御しやすい．

教科書 p44

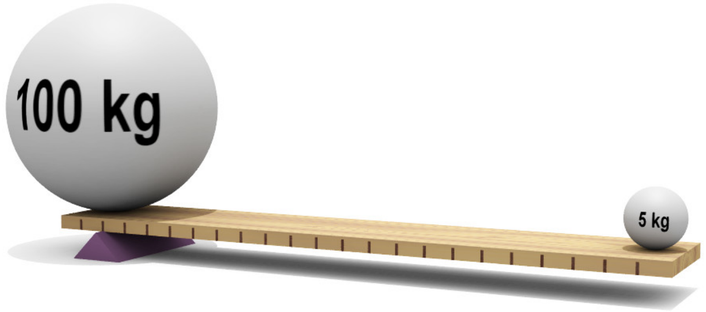
てこの原理 (torque)

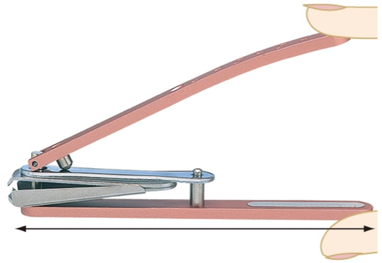
（力点から作用点の長さ）x（力）
＝（支点から作用点の長さ）x（力）



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

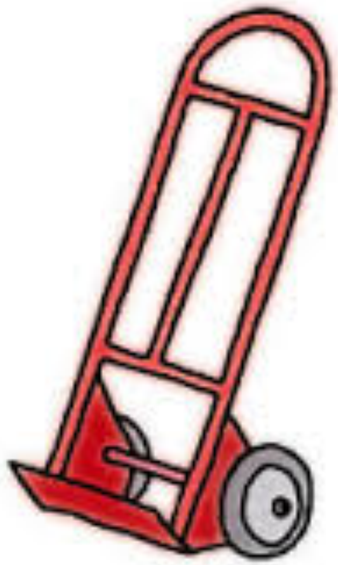
てこの原理の応用



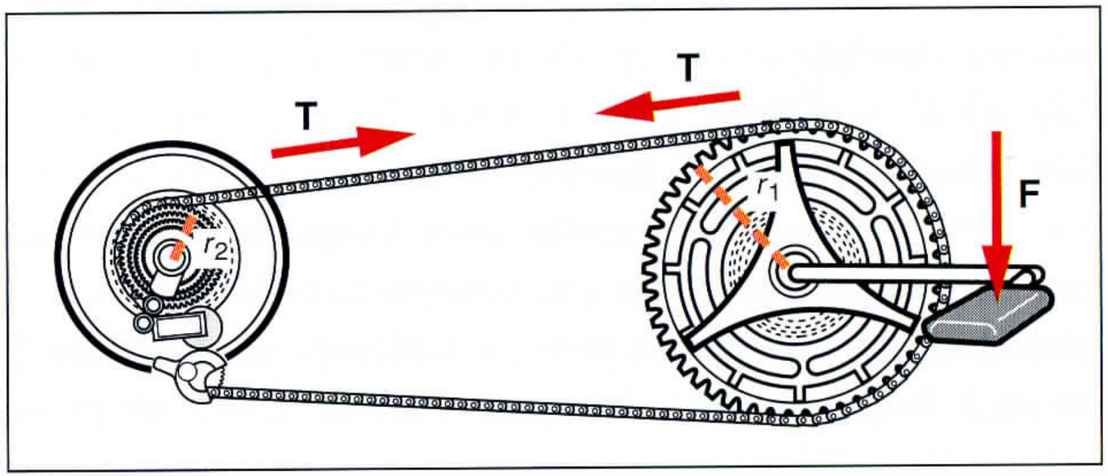












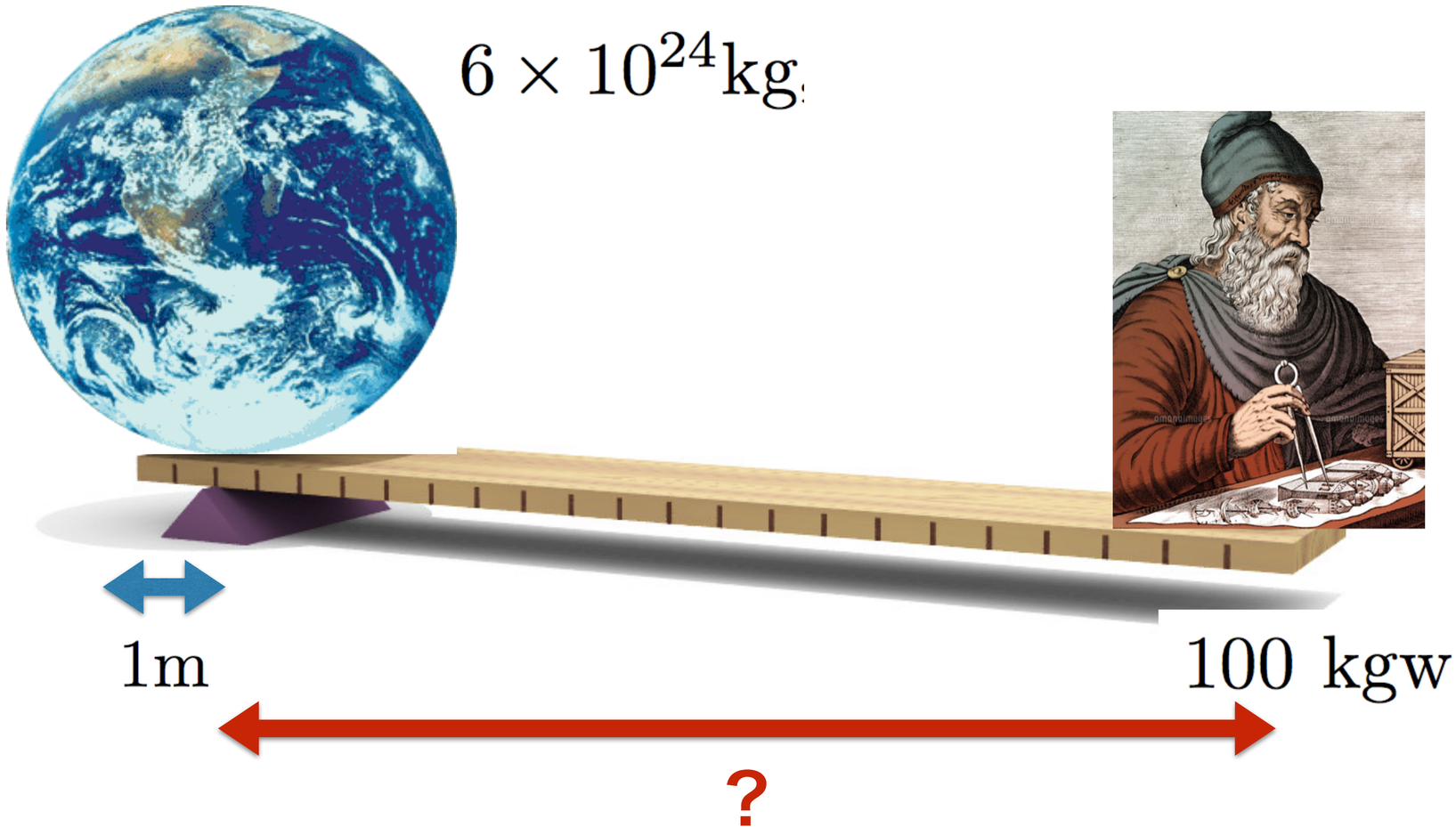
A force applied to the pedal produces a torque on the pedal wheel. This torque produces a tension in the chain that exerts a smaller torque on the rear-wheel sprocket due to its smaller radius.

topic

てこで地球を動かす

教科書 p44

「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」



教科書 p45

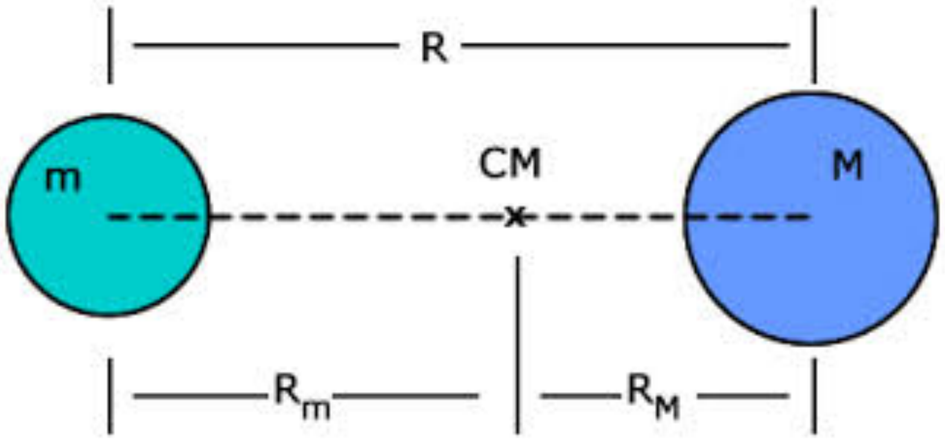
重心 (center of mass)

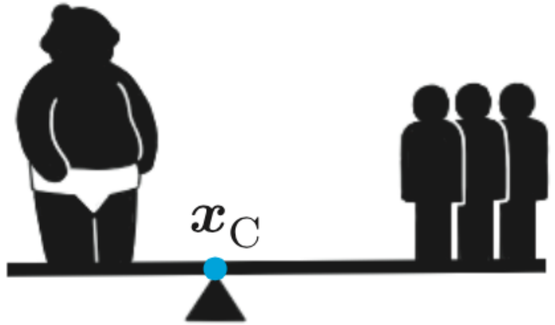
= モノの重さの中心

= 全体の重さが，その1点にあると考えてよい場所

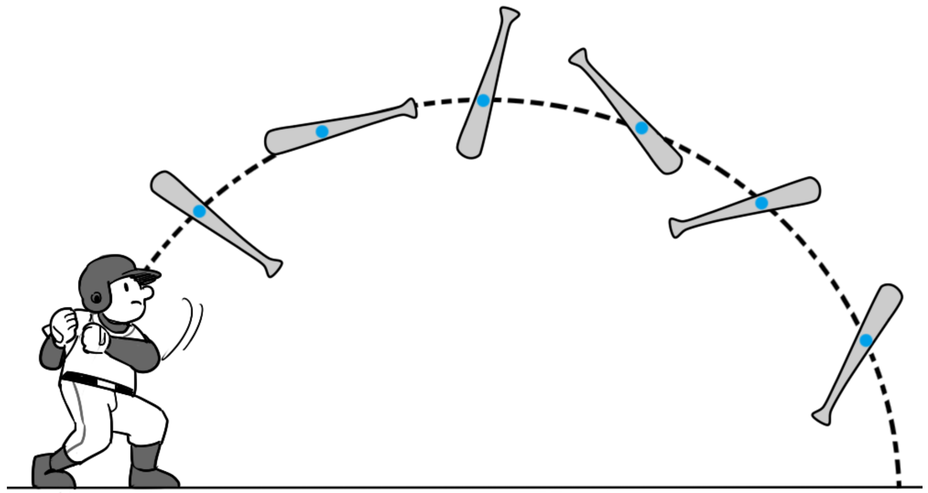
2 つの物体があるとき，質量 m_1 が位置 $\boldsymbol{x}_1$，質量 m_2 が位置 $\boldsymbol{x}_2$ にあるとすれば，重心の位置 $\boldsymbol{x}_C$ は，

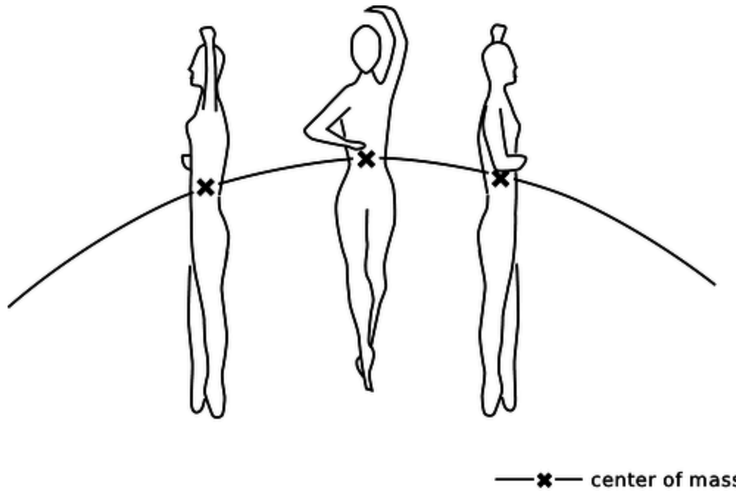
$$\boldsymbol{x}_C = \frac{m_1\boldsymbol{x}_1 + m_2\boldsymbol{x}_2}{m_1 + m_2} \tag{2.26}$$





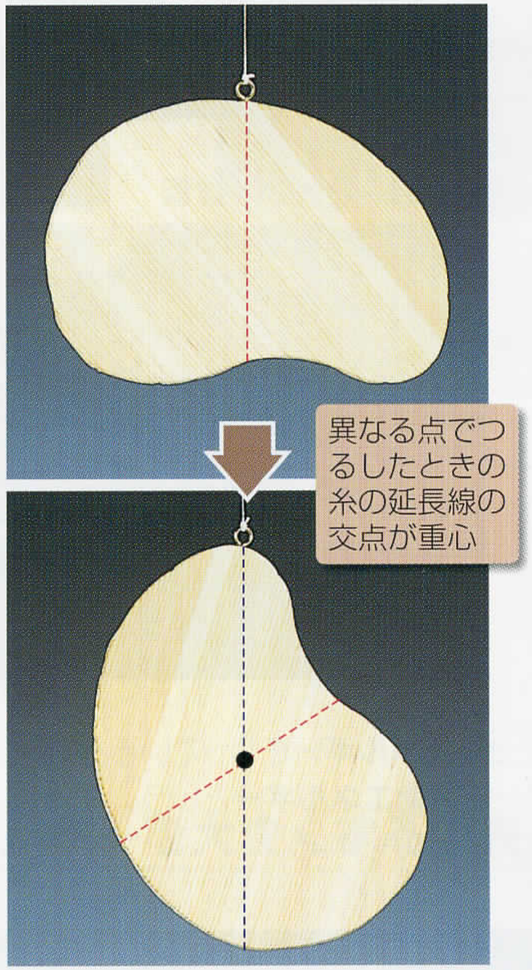
重心 (center of mass)



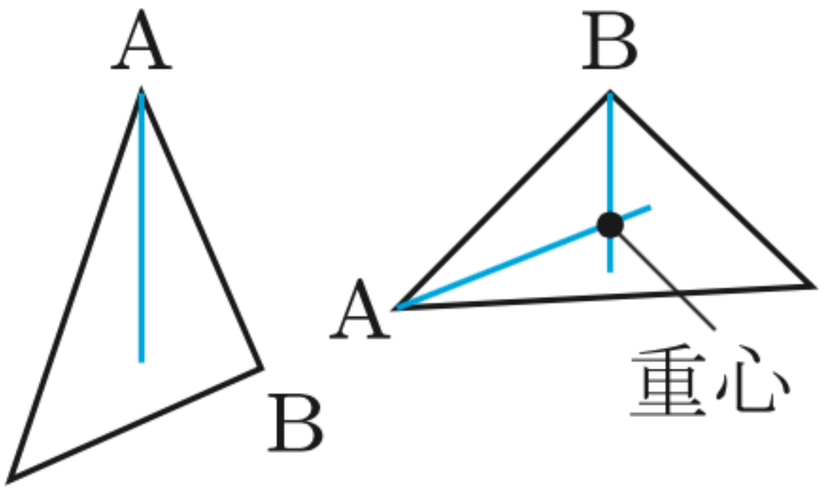


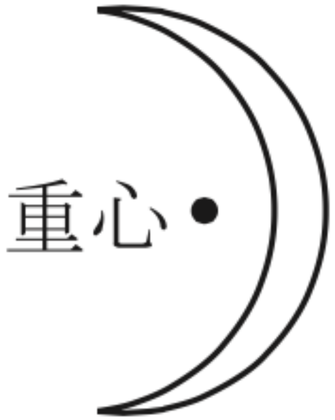
重心（center of mass）

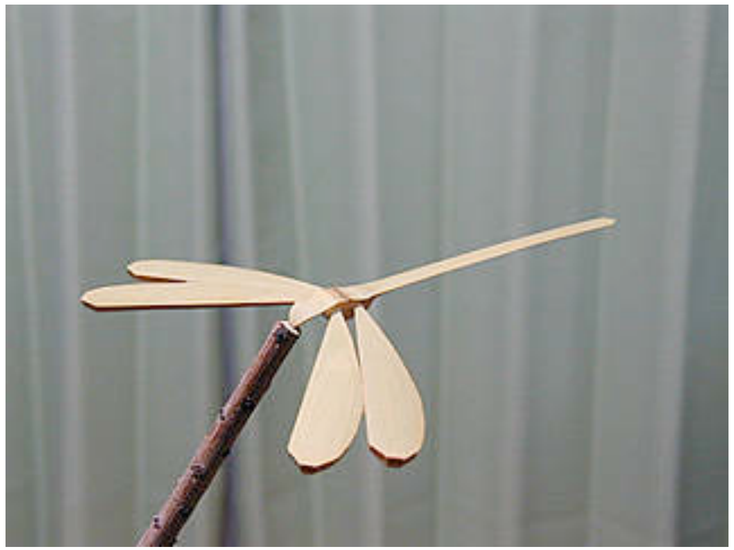
●重心の求め方



剛体を糸でつるすと，重心は糸の延長線上にある。









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）

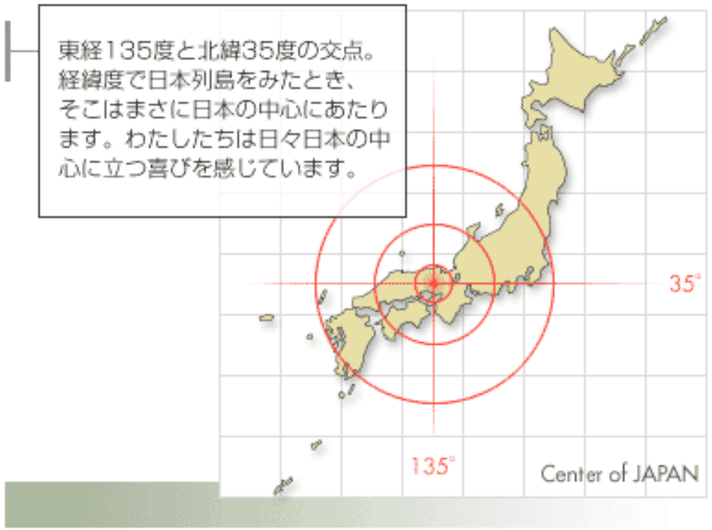


TOP　サイトマップ　文字サイズ　携帯用ページ　各課の連絡先　お問い合わせ

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。







【話題】

重心で見る人口の動き

令和5年1月17日
総務省

統計トピックスNo.135

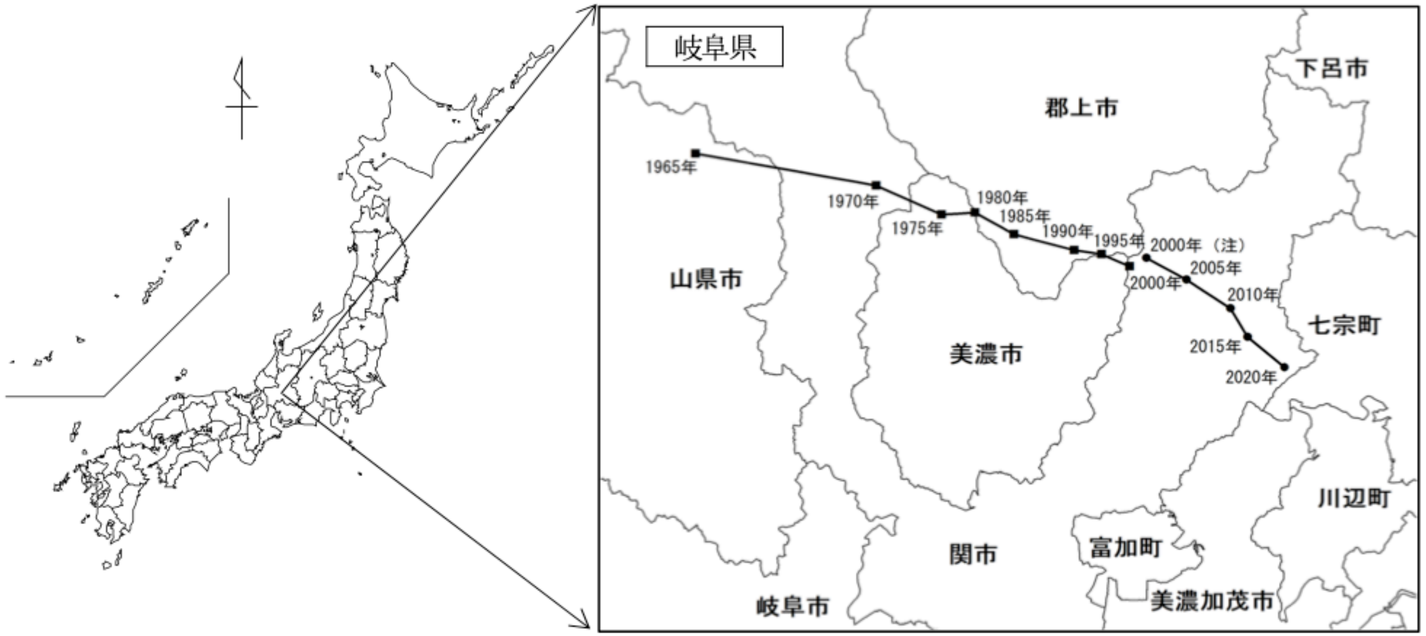
我が国の人口重心　－令和2年国勢調査結果から－

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

https://www.stat.go.jp/data/kokusei/topics/topi135.html

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）



重心と力のつりあい

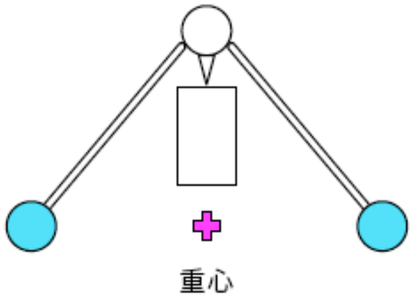


図 2: やじろべえの重心

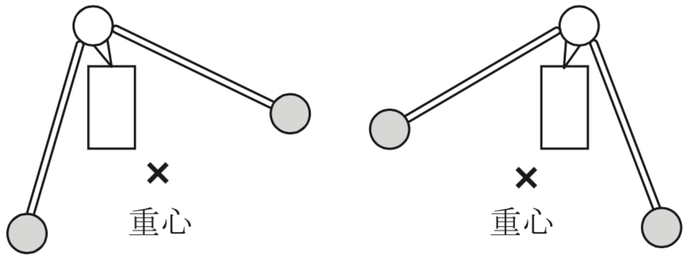


図 3: 傾いたやじろべえの重心

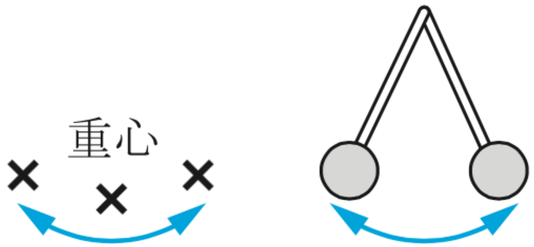


図 4: 左右に振れる様子は，振り子と同じ．

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!? 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。



図1　斜めに立った缶

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

ろべえはドングリ工作の定番ですね（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、左右の腕の部分を、中央の支点より長く下部に作ることがポイントです。

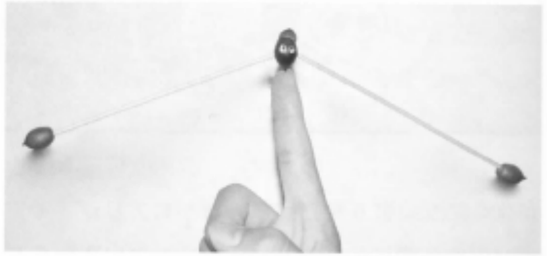


図2　どんぐりのやじろべえ

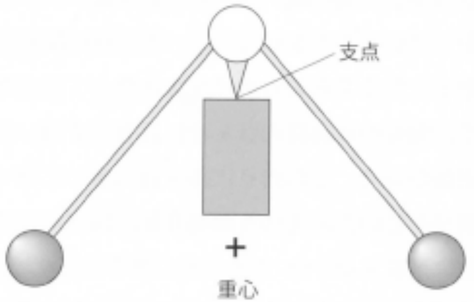


図3　やじろべえ概念図

重心と力のつりあい

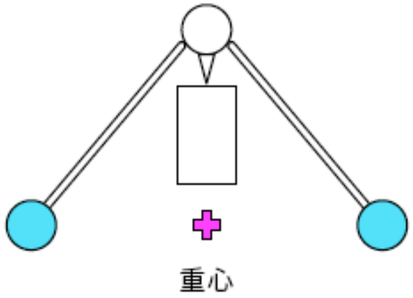


図 2: やじろべえの重心

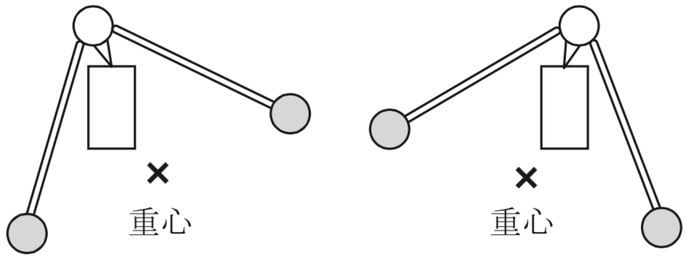


図 3: 傾いたやじろべえの重心

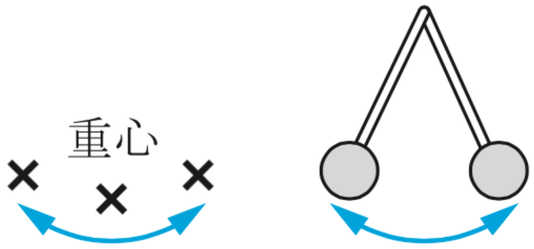


図 4: 左右に振れる様子は，振り子と同じ．

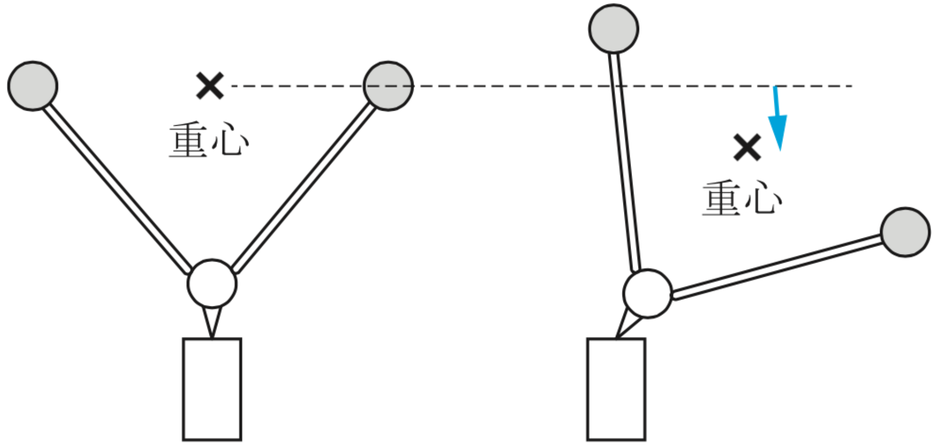
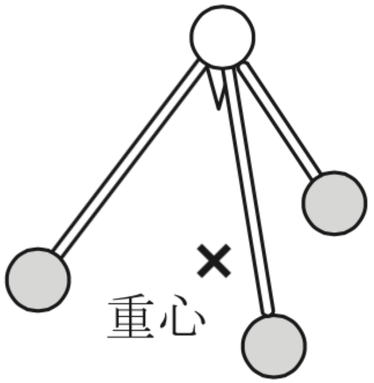
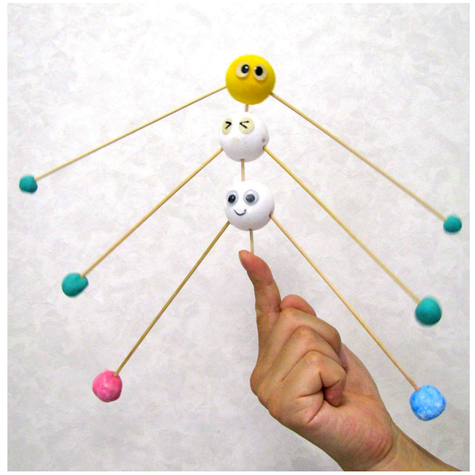


図 5: 支える点より上に重心があると，不安定になる





速さの定義

定義 **速さ (1)**

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

定義 **速さ (2)**

速さ v を，次式で定義する．

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

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）

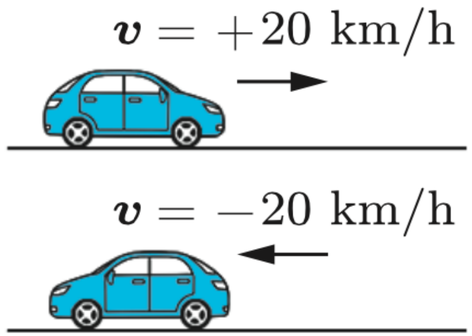
速度の定義

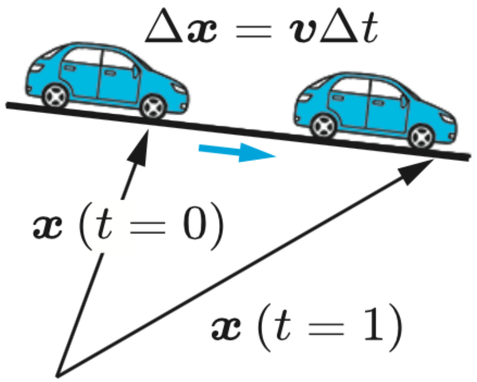
定義 **速度**

向きも含めて速さを定義したものが，**速度**である．

- 速度は，「○○方向に速さ○○」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．

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





伝わるまでには時間がかかる　光速(1)

Topic　　太陽が消えても…

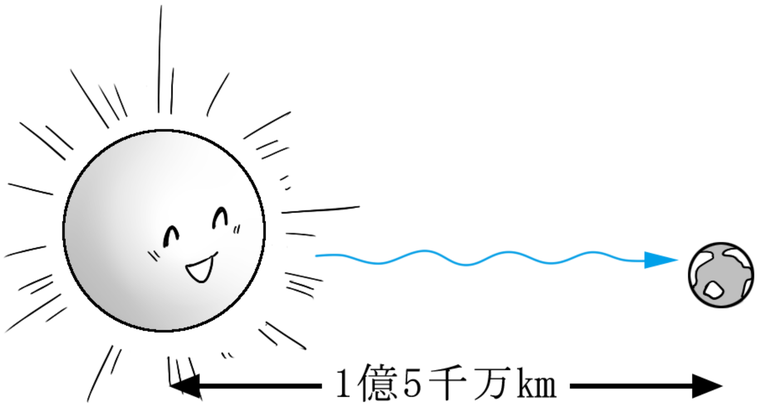
地球上では，光速は無限に速く感じられるが，宇宙空間では，光でさえも伝わるのには時間がかかる．太陽から出た光が地球に届くまでには，

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

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．

光速 30万 [km/s] x ■ [s] = 距離 [km]



伝わるまでには時間がかかる　光速(2)



642光年
ベテルギウス

252光年
ベラトリックス

1975光年
アルニラム

692光年
ミンタカ

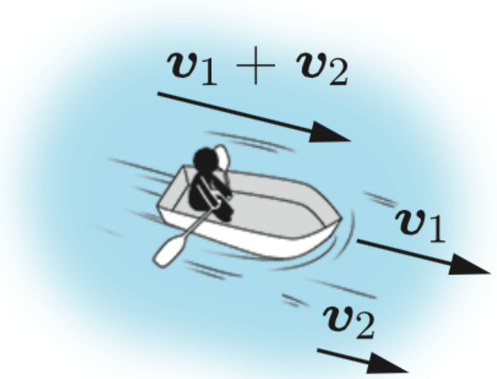
735光年
アルニタク

646光年
サイフ

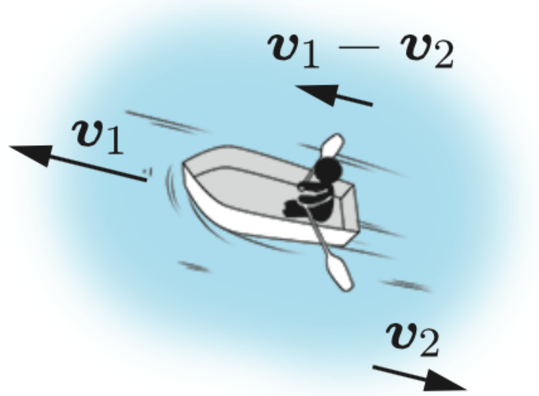
772光年
リゲル

合成速度（足し算）・相対速度（引き算）

$$V_{\text{合成速度}} = v_1 + v_2$$

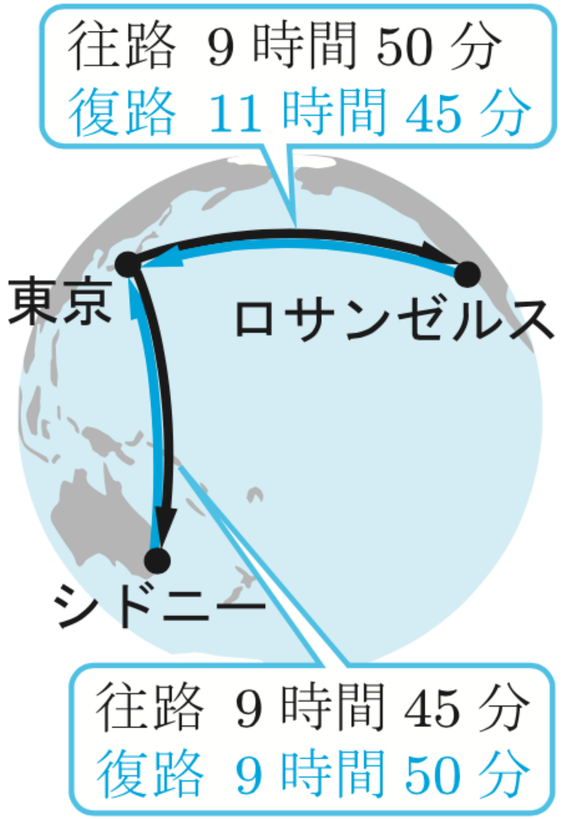


$$V_{\text{相対速度}} = v_{\text{相手}} - v_{\text{自分}}$$



教科書 p29

偏西風を利用する航路

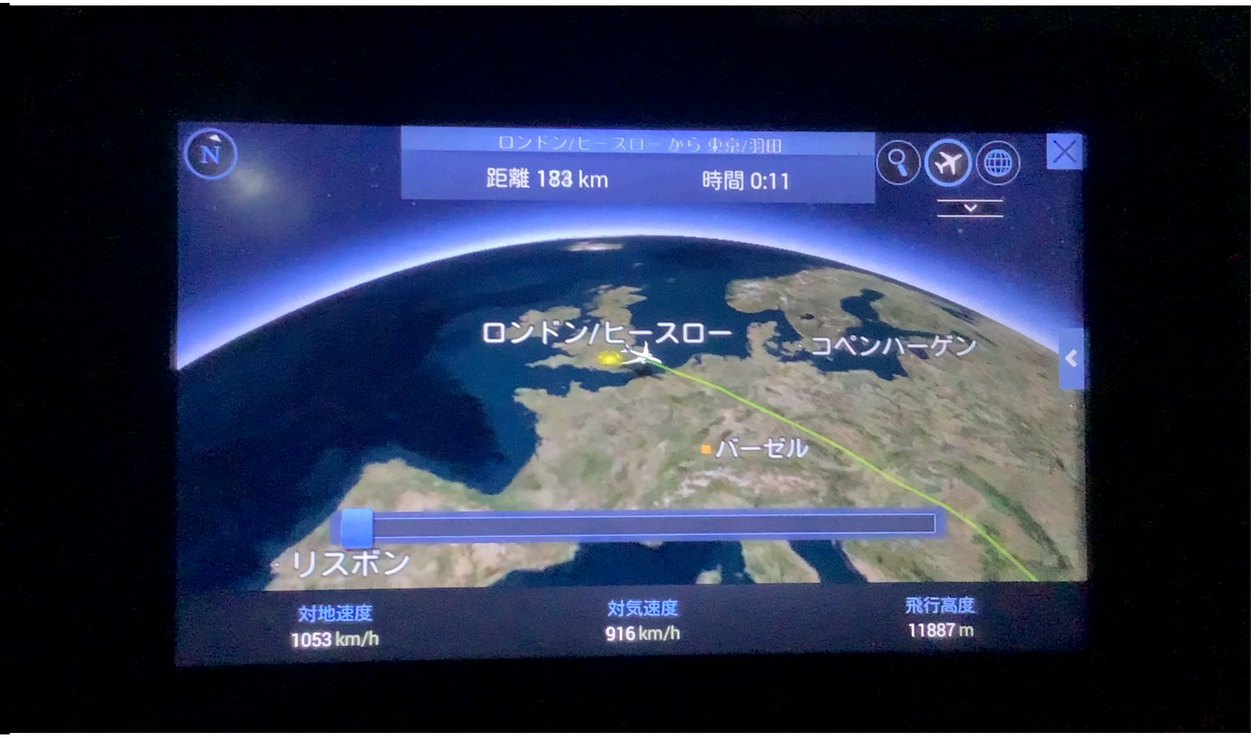


2022年9月10日
羽田発ロンドン着　NH0211便



12510km　13時間20分

2022年9月16日
ロンドン発羽田着　NH0212便



12452km　12時間50分

相対速度　＝　相手の速度ー自分の速度

$$\boldsymbol{V}_{\text{相対速度}} = \boldsymbol{v}_{\text{相手}} - \boldsymbol{v}_{\text{自分}}$$

（1）追い抜かれる場合

（2）追いつく場合



（3）すれ違う場合

（数研出版，高校物理図録 p.9）

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”

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？

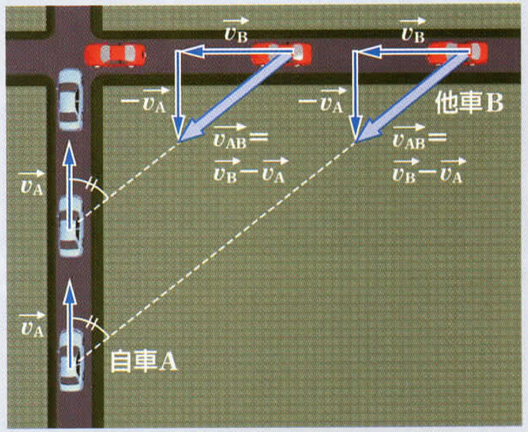


Column

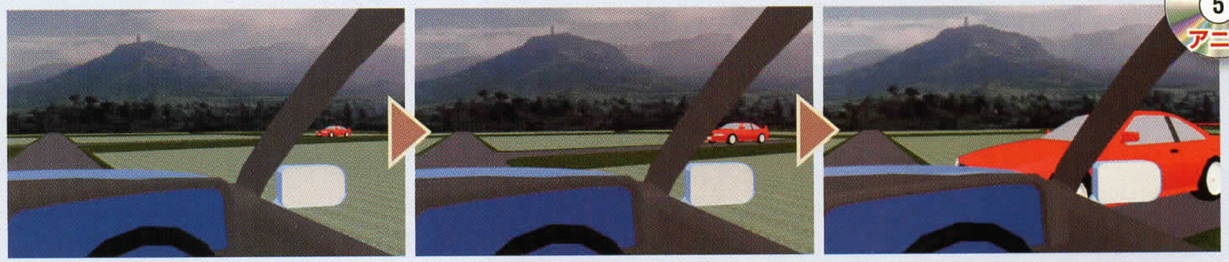
見通しのよい交差点で事故が起こるのは

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き，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。



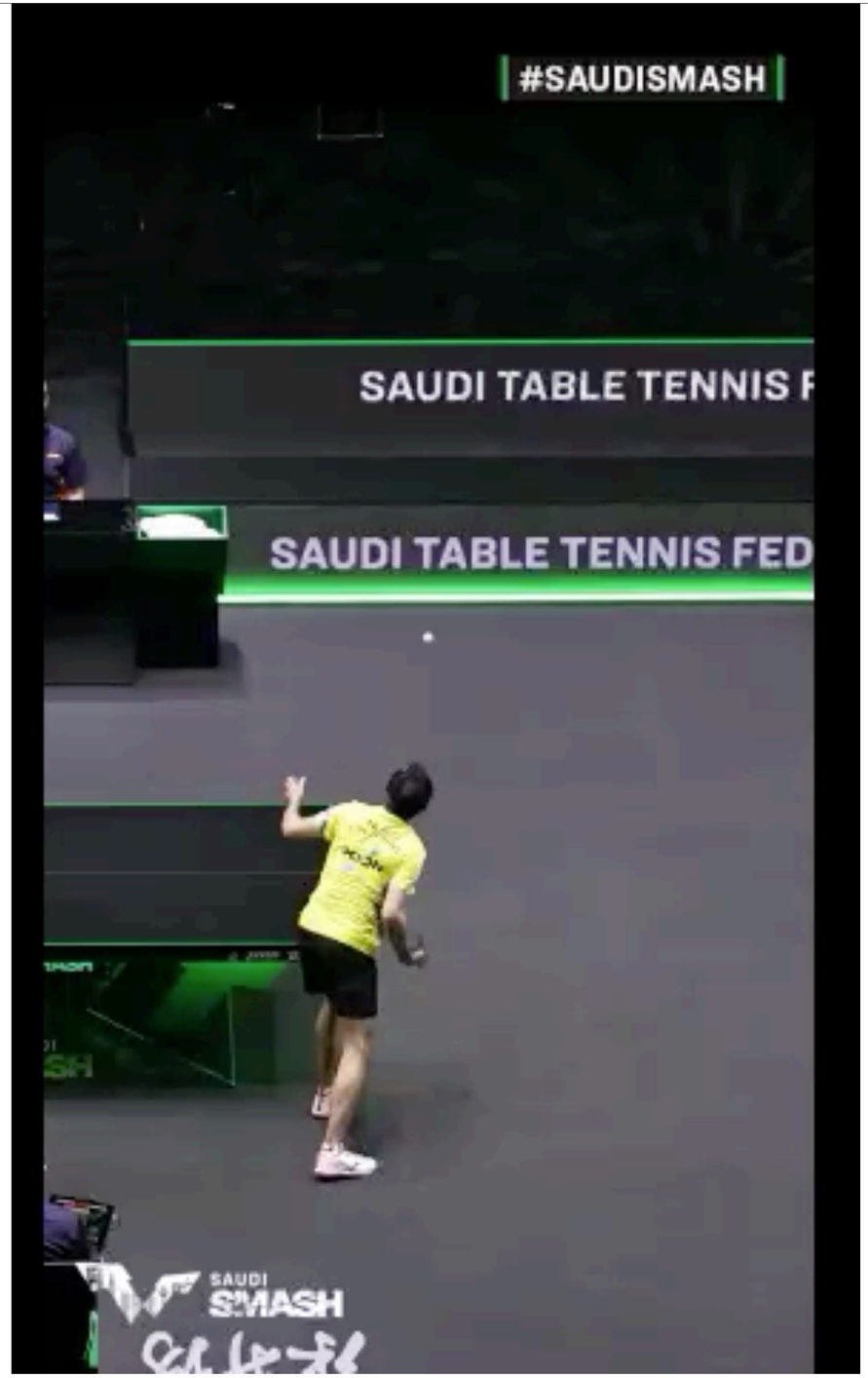
CD-ROM 5 アニメ



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。

（数研出版，高校物理図録 p.9）

卓球の球の速度を見て，
どんなことに気づきますか？



Facebook video #754140616717937.mp4

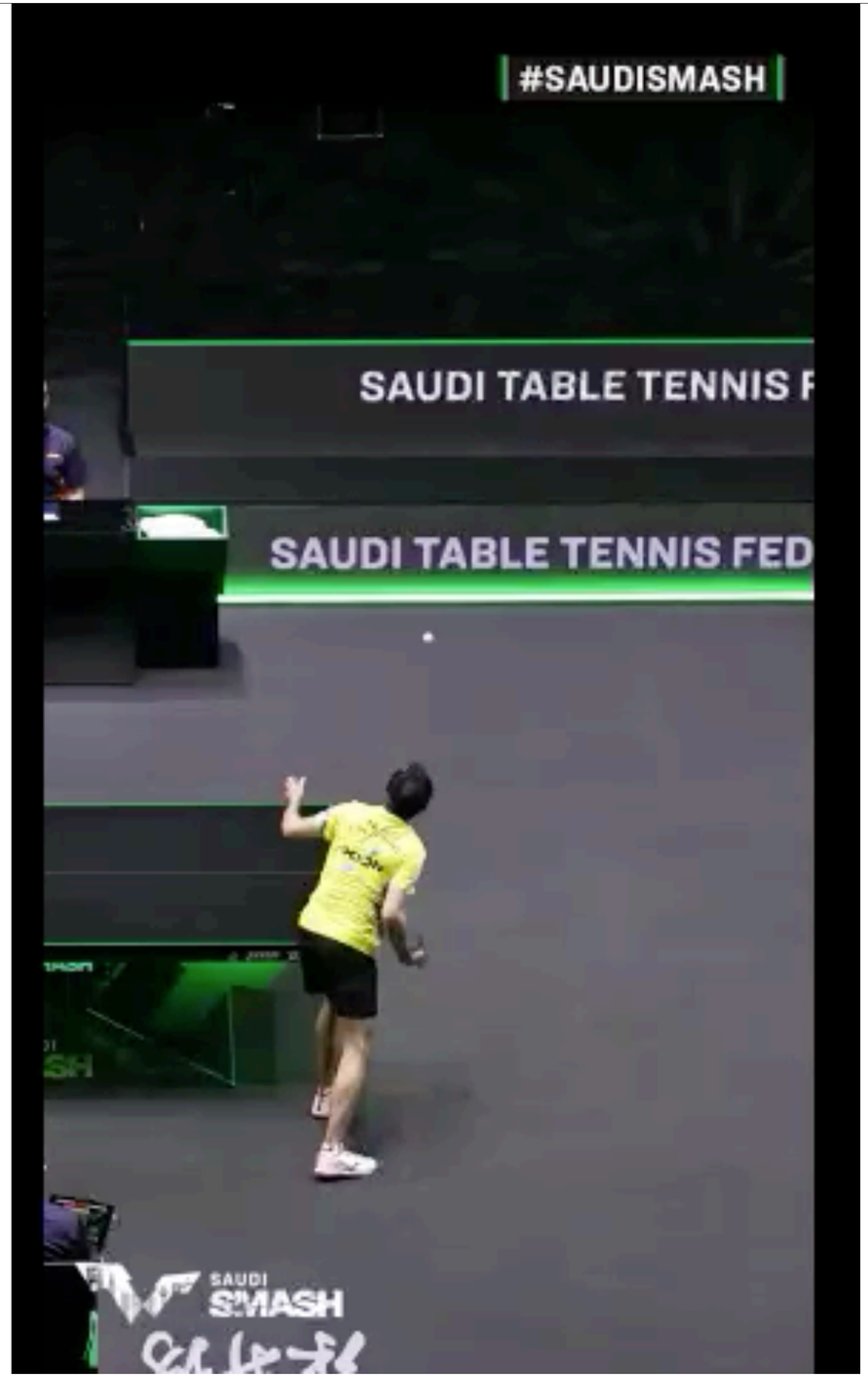
腕を大きく振ると，打つ返す球の速度が大きくなる．

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？



Facebook video #754140616717937.mp4

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．

教科書 p31

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．

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

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 $g = 9.8\ [\mathrm{m/s^2}]$ 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）

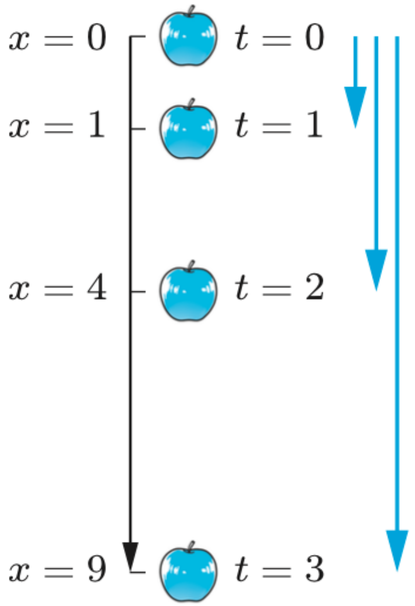
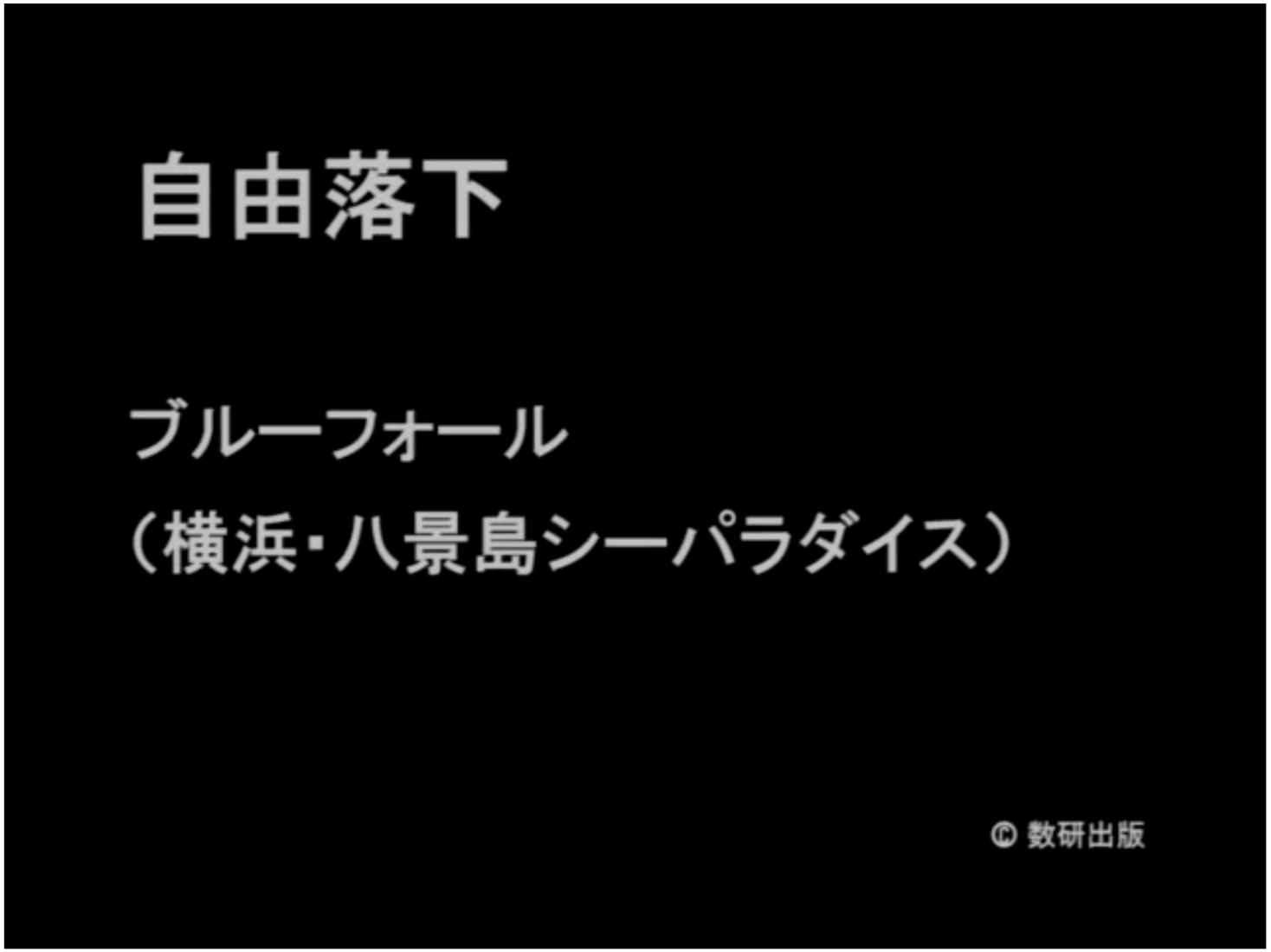


表 2.2 おもな加速度の大きさ

乗り物	加速度 $[\mathrm{m/s^2}]$	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

恐怖を感じるのは加速度ゼロのとき？

自由落下運動





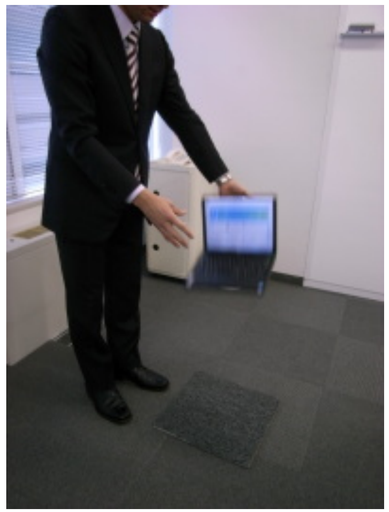
http://www.seaparadise.co.jp/pleasureland/blue_fall.php

topic

加速度センサー

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．

$$a(t)=0 \tag{2.10}$$

$$v(t)=v \quad （一定値） \tag{2.11}$$

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



加速度ゼロ　　**速度一定**

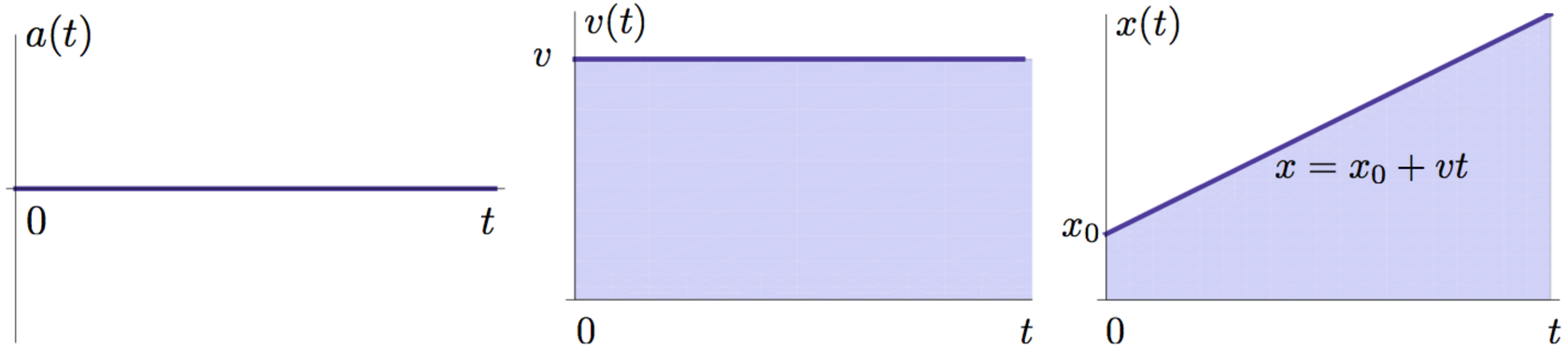


図 2.1: 等速運動の a-t グラフ，v-t グラフ，x-t グラフ．

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．

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

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

$$x(t)=x_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2 \quad \text{（放物線の式）} \tag{2.15}$$

加速度一定　　**速度次第に速く**

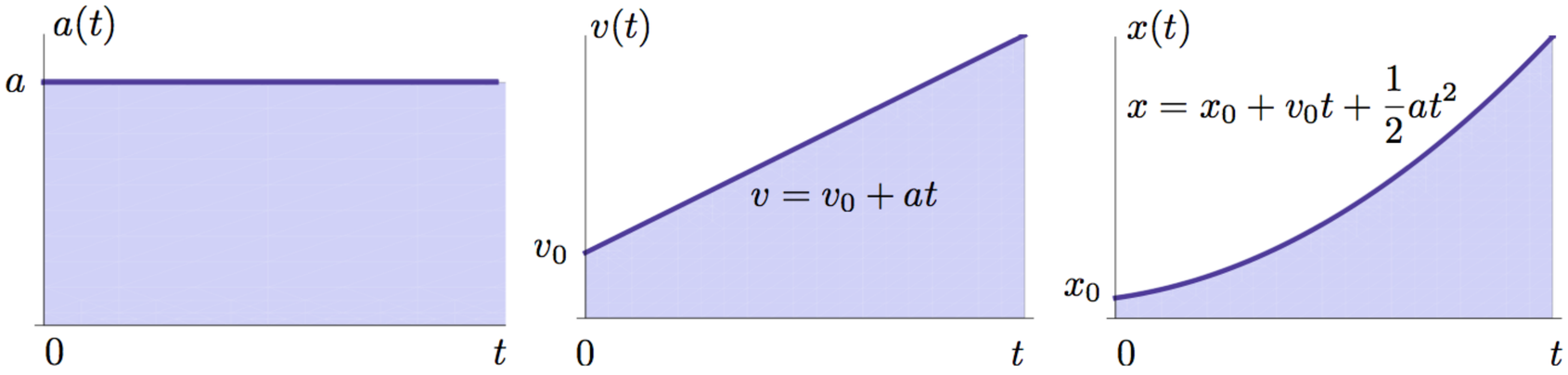


図 2.2: 等加速度運動の a-t グラフ，v-t グラフ，x-t グラフ．

速度・加速度　高級な理解

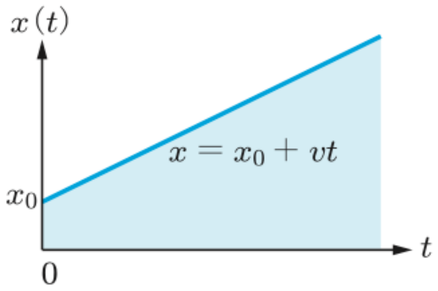
$x = x(t)$　　x-t グラフ

微分 ↓↑ 積分　　傾き ↓↑ 面積

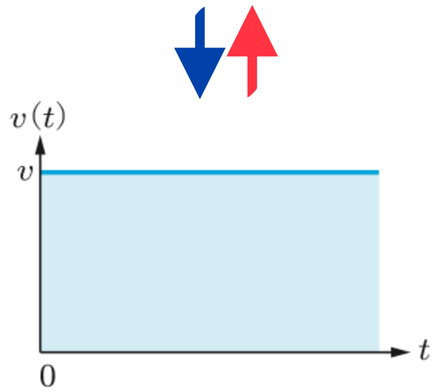
$v = v(t)$　　v-t グラフ

微分 ↓↑ 積分　　傾き ↓↑ 面積

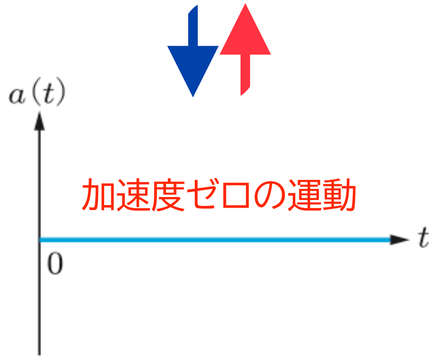
$a = a(t)$　　a-t グラフ



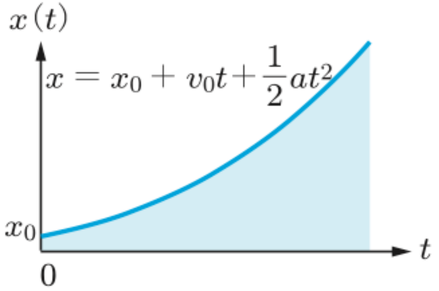
（c）$x-t$ グラフ



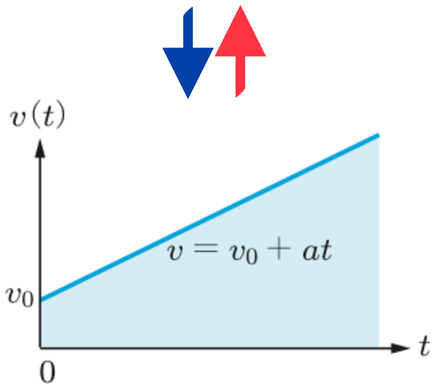
（b）$v-t$ グラフ



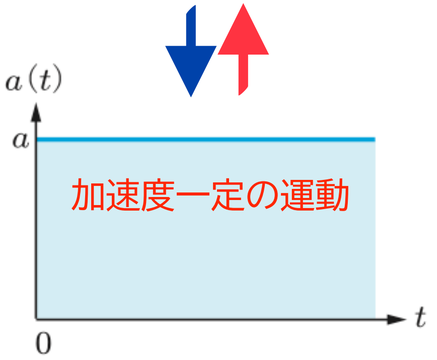
（a）$a-t$ グラフ



（c）$x-t$ グラフ



（b）$v-t$ グラフ

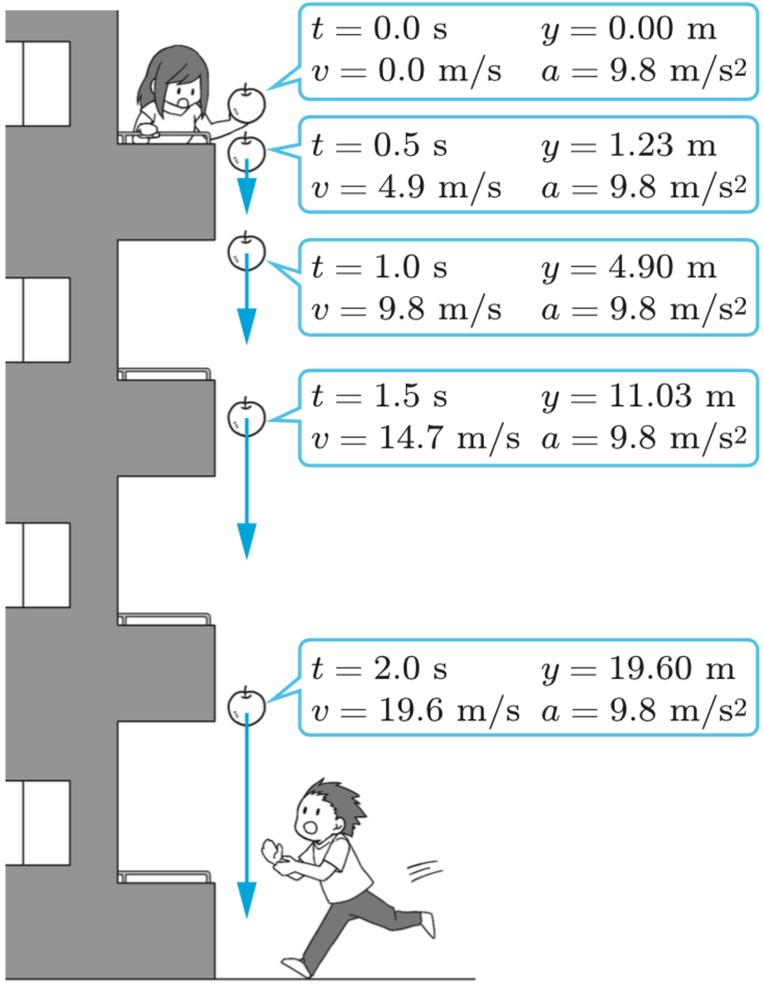


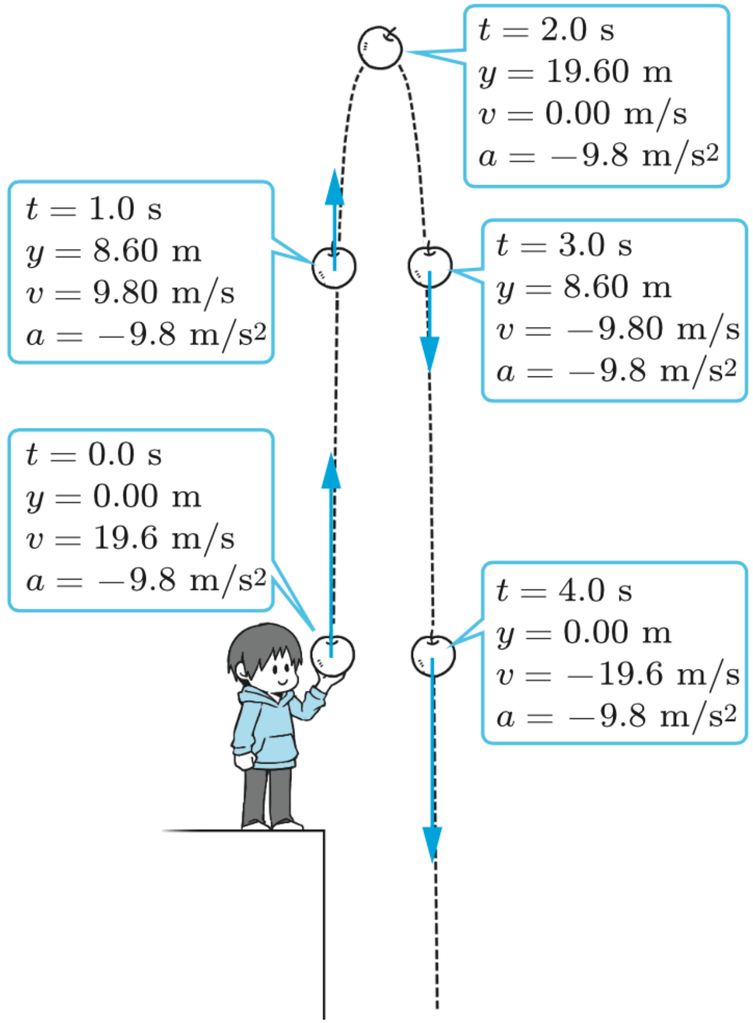
（a）$a-t$ グラフ

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 $g = 9.8\ [\mathrm{m/s^2}]$





宿題（任意）

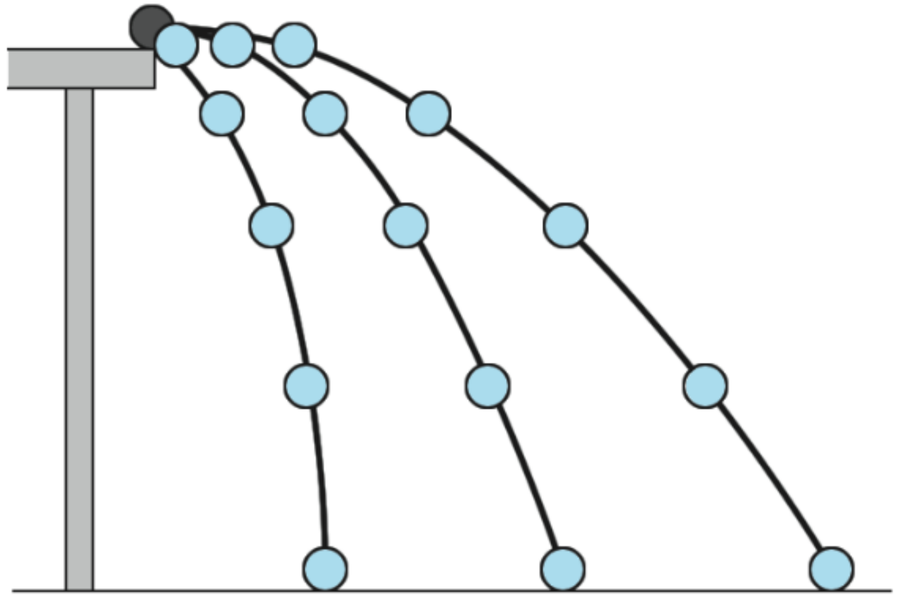
問2.1 国際宇宙ステーション (ISS) は約 90 分で地球を 1 周する．地球の半径は 6370 km，ISS の高度は地表から約 370 km である．ISS の速度はどのくらいか．

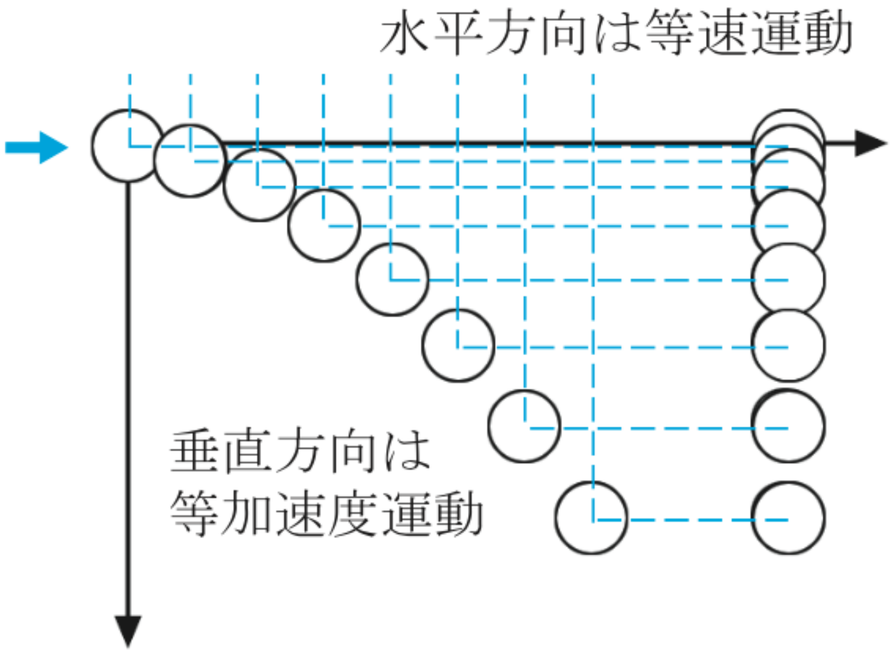
問2.2 地球は自転により，24 時間で 1 周する．地球が半径 6370 km の球であるとして，赤道上での自転の速さはいくらか．

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．

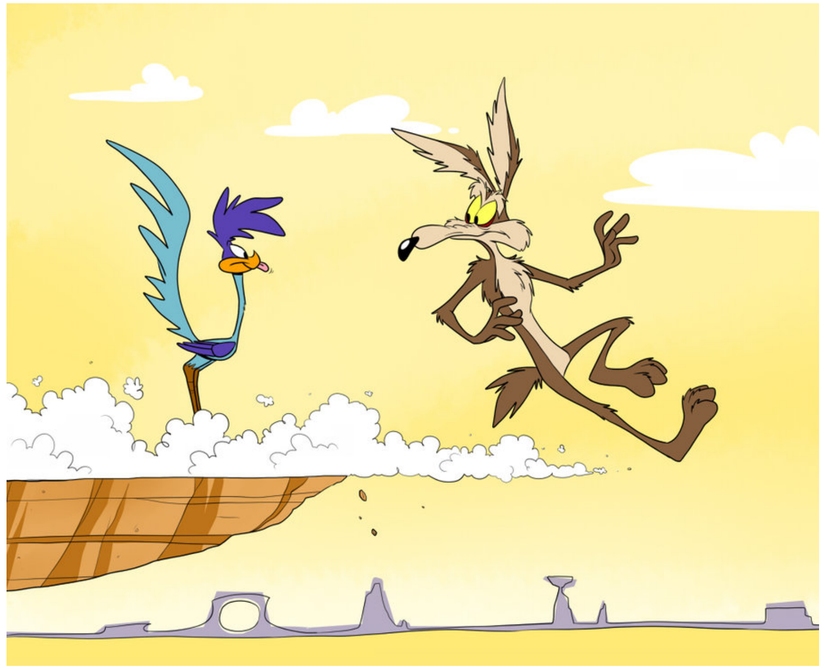
自由落下運動＋水平等速運動＝放物運動





教科書 p39

自由落下運動＋水平等速運動＝放物運動





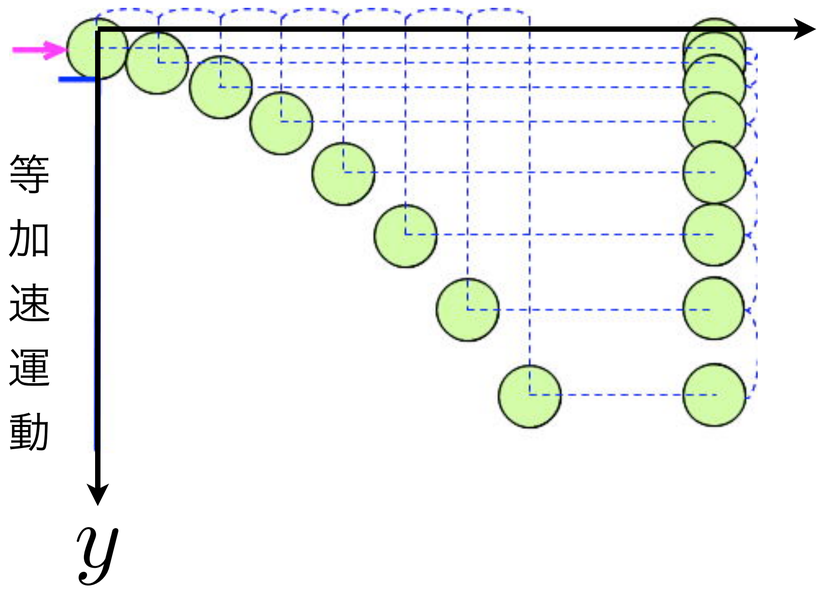
Wile E. Coyote falls off cliff

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



Wile E. Coyote & Road Runner

$x(t) = v_x t$ 等速運動



$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2$$

放物線

$$y = \frac{g}{2v_x^2}x^2$$

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，

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

- 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，

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

となる．この 2 本の式から，t を消去すると，

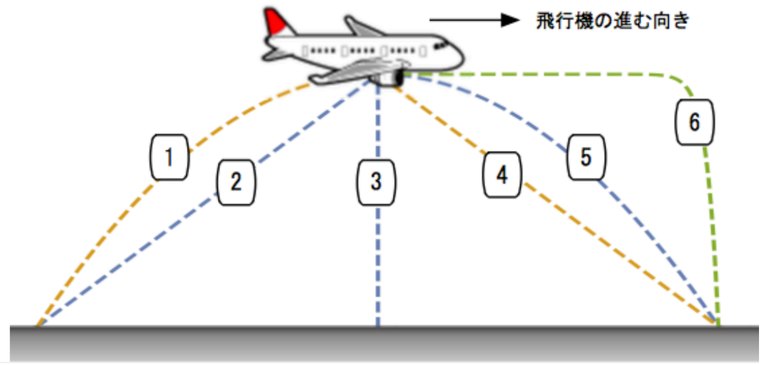
$$y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}x - \frac{g}{2v_{0x}^2}x^2 \tag{2.28}$$

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．

本日のミニッツペーパー記入項目

出席票を兼ねます.

〔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）