

子ども大学 こしがや・まつぶし

ブラックホールのひみつ

ながしま まさひろ

長島雅裕（文教大学教育学部）

masahiro@koshigaya.bunkyo.ac.jp

世界初の、ブラック
ホールの写真

まん中の黒いところ
にブラックホール
がある

光すら出てこれな
い天体

※ふつうの光では
なく、電波をとら
えた画像

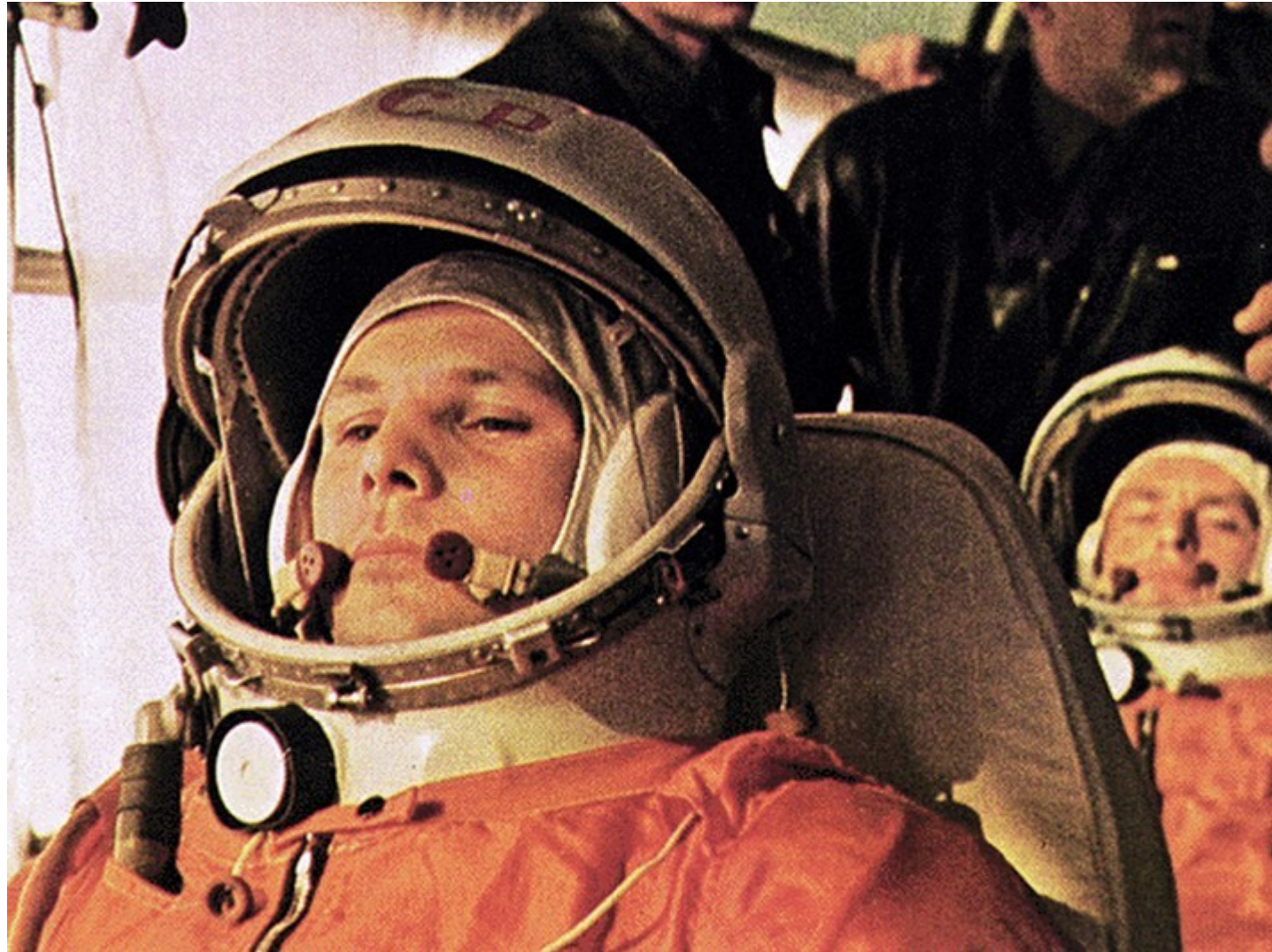


<https://eventhorizontelescope.org/>

今日のもくひょう

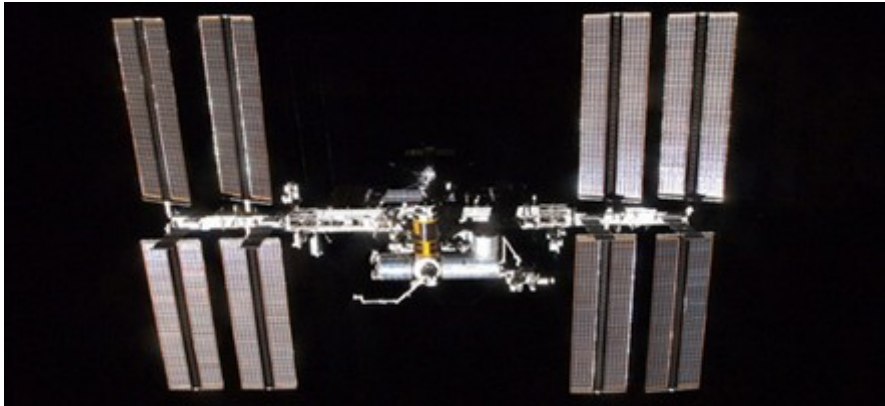
- 重力(じゅうりょく)とは何か
- ブラックホールはどういう天体か

世界でさいしょの宇宙飛行士
ユーリ・ガガーリン
「地球は青かった」



国際宇宙ステーション(ISS)

- 高さはだいたい400km



<http://iss.jaxa.jp/iss/index.html>

日本の実験モジュール「きぼう」

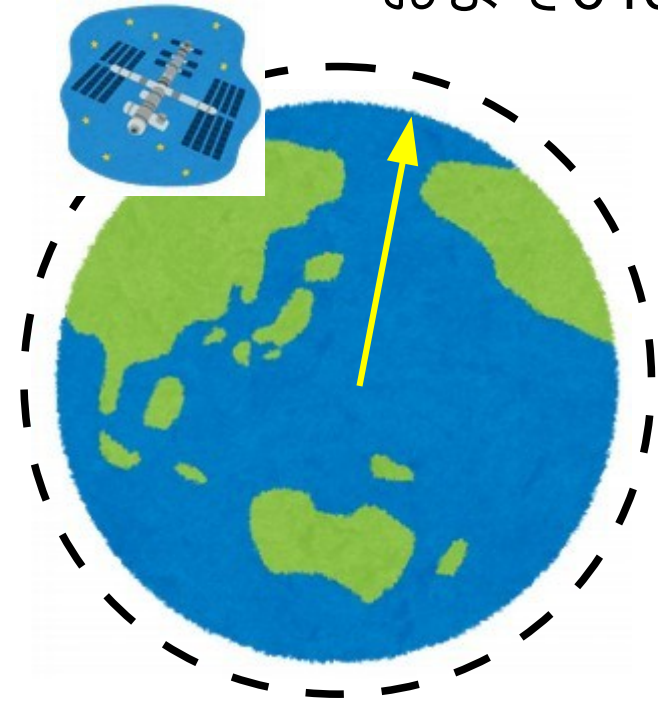


<http://iss.jaxa.jp/kibo/>

若田宇宙飛行士のおもしろ宇宙実験

https://www.youtube.com/watch?v=O31jy8y_aLE

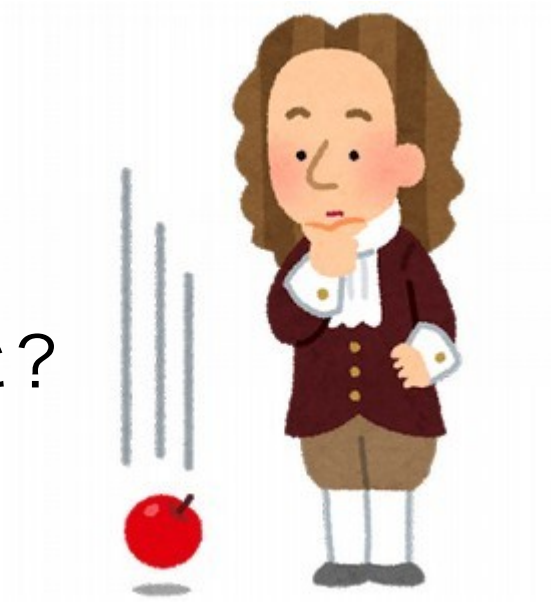
地球の半径
およそ6400km



地面から、そんなにはなれて
いない
どうして無重量状態(むじゅう
りょうじょうたい)?

重力のせいしつ

- 万有引力(ばんゆういんりょく)とも言います
- 「重さがある」…重力がかかっている
- 重さが倍…重力も倍
- 「体重」…地球が体を重力でひっぱる力
- 重さのちがうボールを同時に手をはなすと？



リンゴが落ちるのを見て、万有引力を発見したニュートン

ものの運動のせいしつ

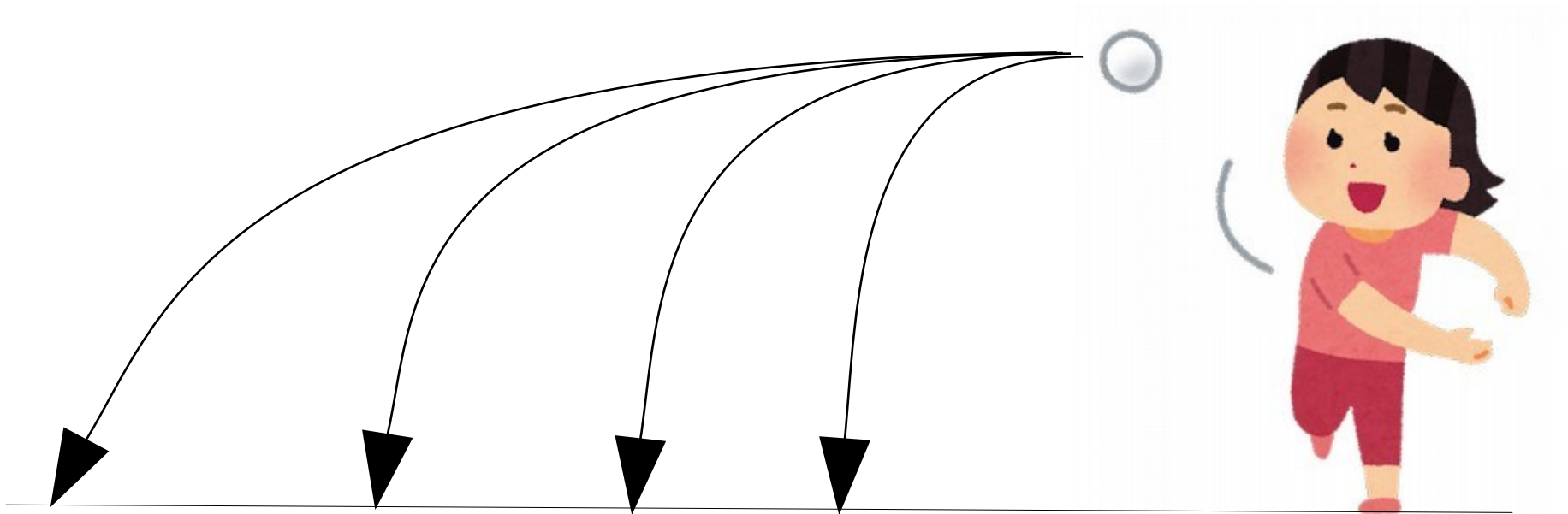
- 重さによって、動かしやすさ(慣性[かんせい])がちがう
- 重いもの…動かしにくい、重力強い
- 軽いもの…動かしやすい、重力弱い
- その結果、重さが違っても、同じように落ちる
- 同時に着地
- 光は重さがゼロ…落ちずにまっすぐすすむ



どちらが動かし
にくいでしょう？

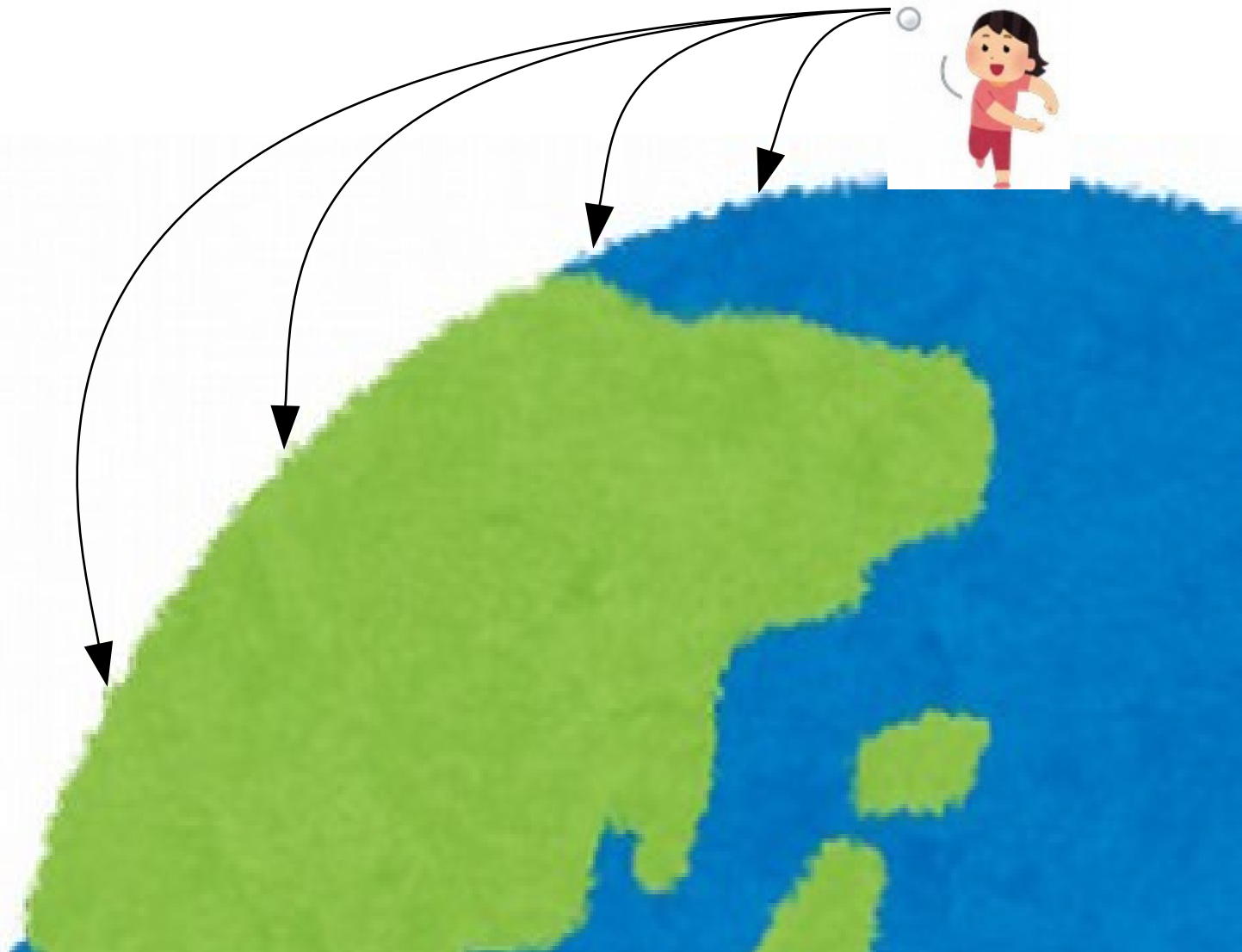
横(よこ)に投げたボール

- ボールを真横に投げてみよう
- 落ちる→重力
- スピードを速くしていくと…遠くに落ちる



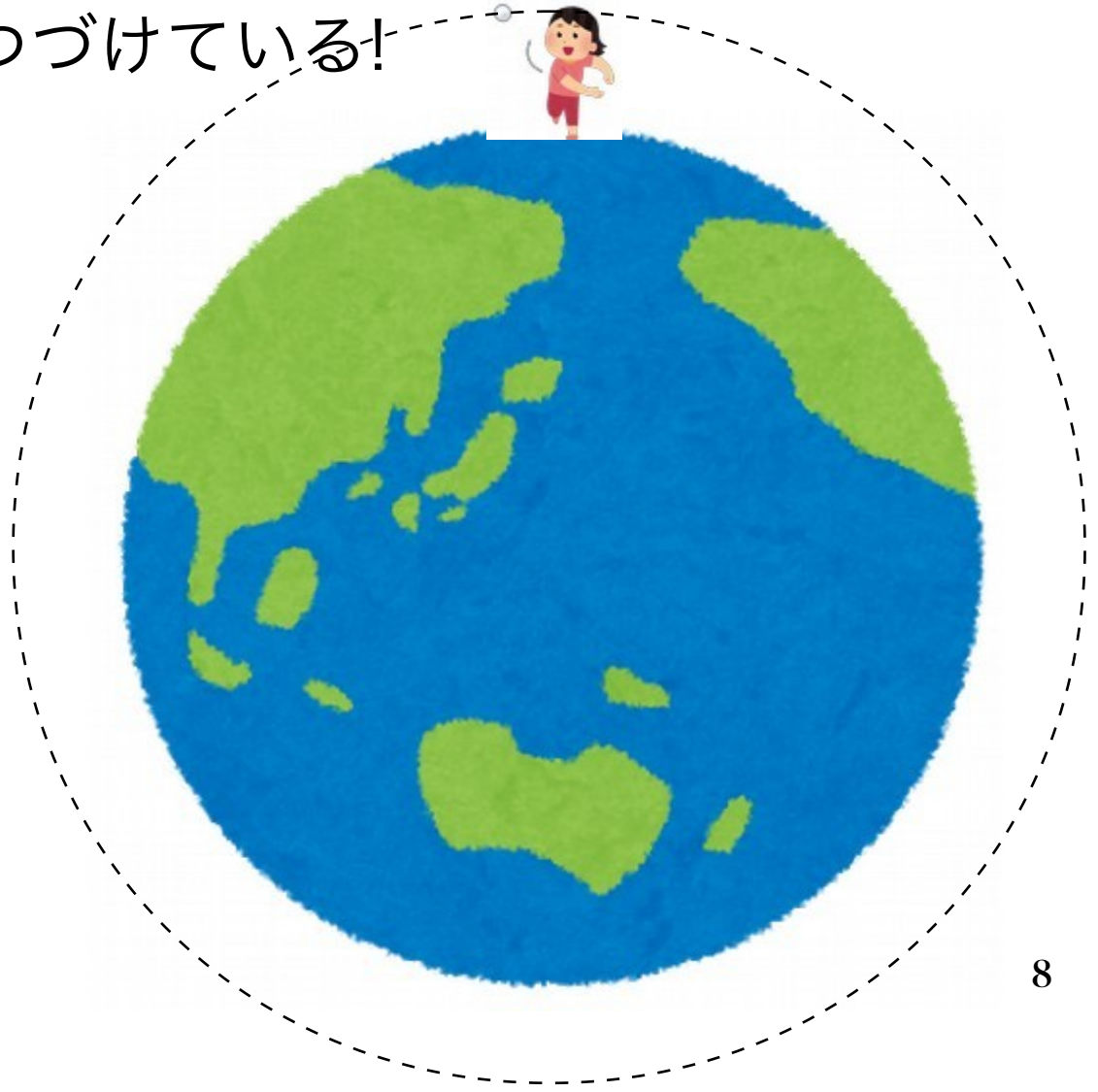
横(よこ)に投げたボール

- 地球はまるい!
- 地面がたいらでないのも...



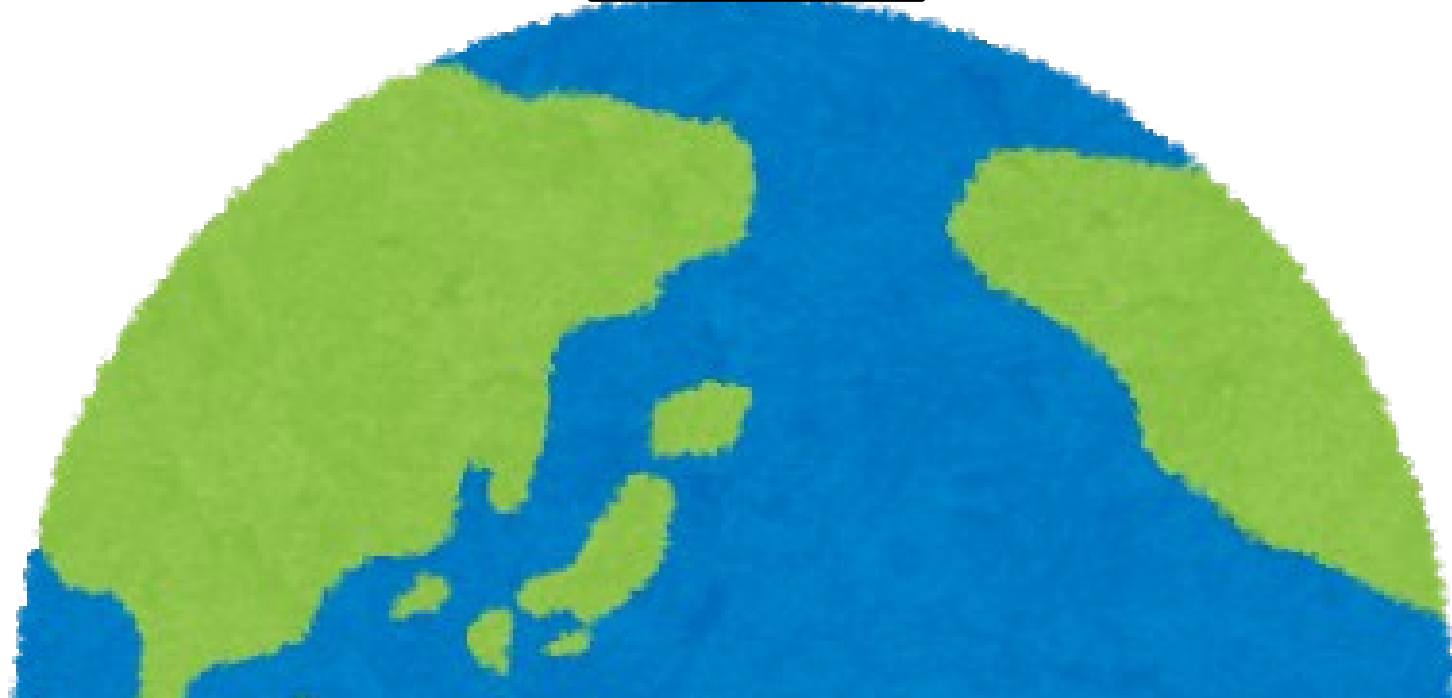
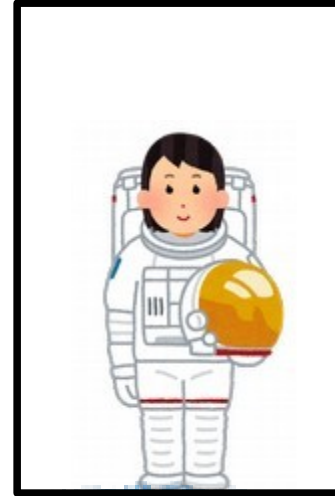
横(よこ)に投げたボール

- 空気でいこうをむしすると
- 地球を一周する、秒速7.9km (第一宇宙速度)
- 人工えいせいは、落ちつつづけている!



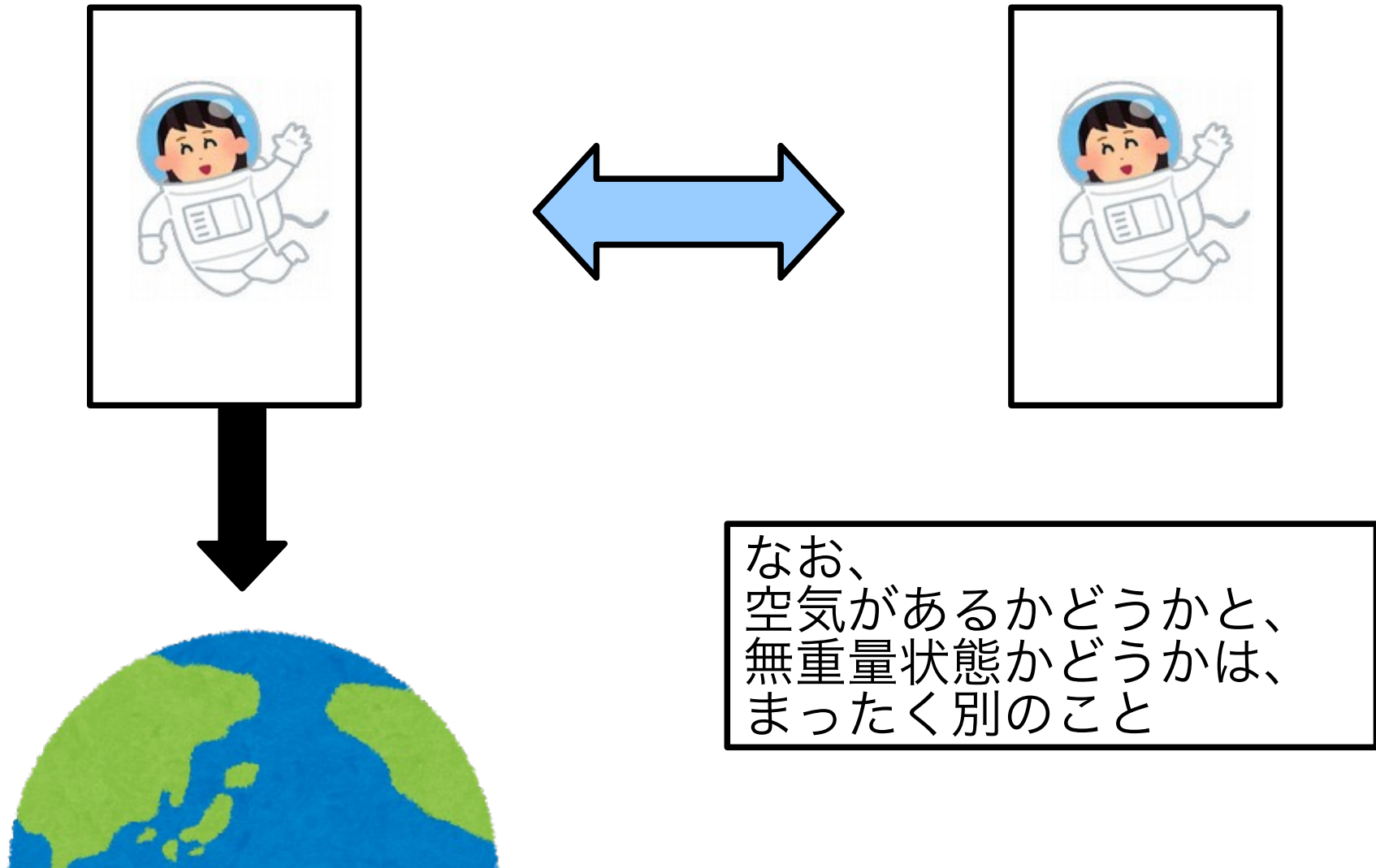
エレベーターの中の人

- 地球からとくはなれた宇宙では…無重力
- 落ちるエレベーターの中では？
- まるで重力がない→無重量状態



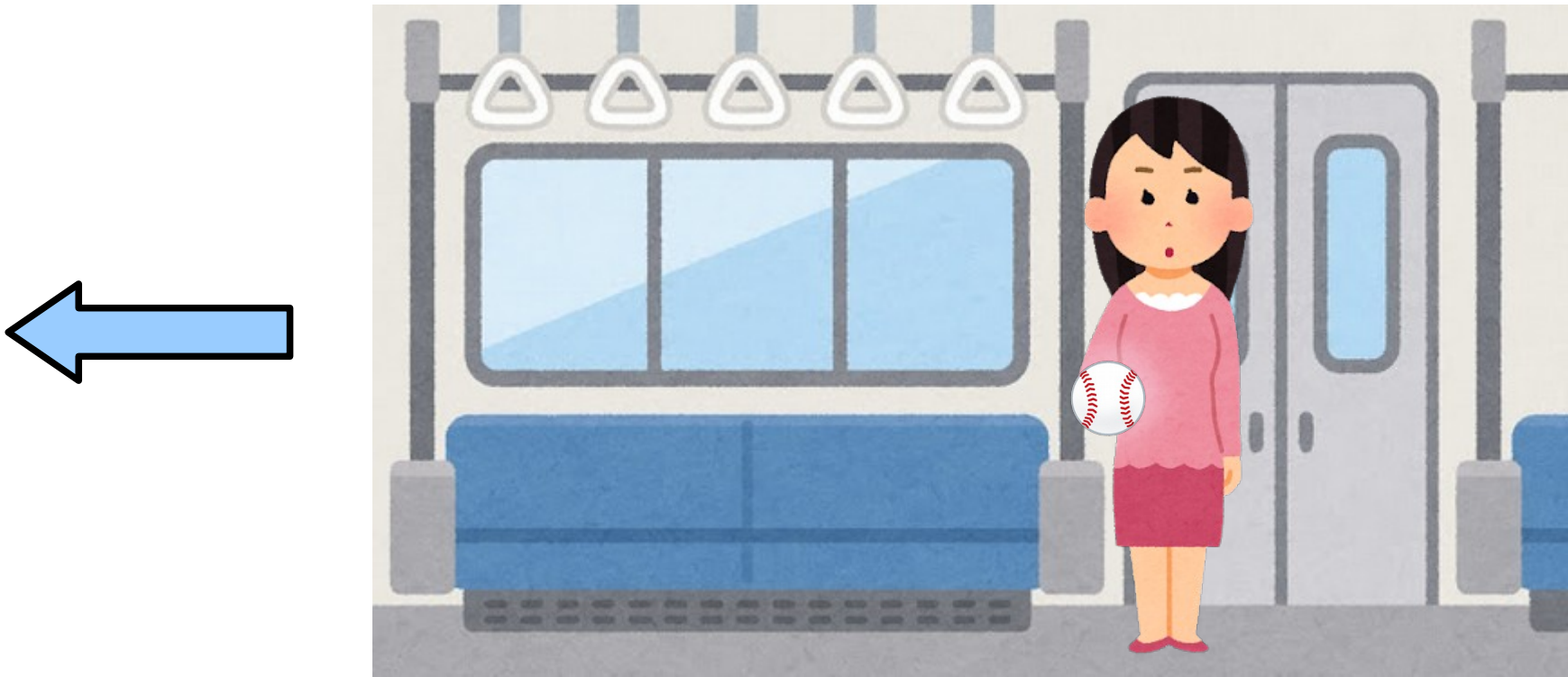
無重量状態(むじゅうりょうじょうたい)

- ほんとうの無重力状態と、落ちるエレベーターの中(無重量状態)は、区別がつかない…**重力を消すことができる!**



はしる電車の中で

- 一定のスピードで走る電車でボールを落とすと?



走る電車の中で

- 電車が(あるいは、エレベーターが)横に進みながら落ちていったら？



宇宙ステーションの中では

- 秒速7.9km で横に飛ぶエレベーターの中では無重量状態がつづく。国際宇宙ステーション(ISS)と同じ!
- 重力=遠心力
- 水のはいったバケツをまわしてみよう

ここまでは、ニュートンにより明らかにされた



http://iss.jaxa.jp/astro/report/2013/1311/wk_issexp.html

光

- 秒速30万km
 - ▶ 地球と月のきより…38万km。光のはやさで1秒ちょっと
 - ▶ アポロ宇宙船は、3日かけて月まで行った
 - ▶ 地球一周は4万km。1秒で地球を7まわり半と同じだけ進む

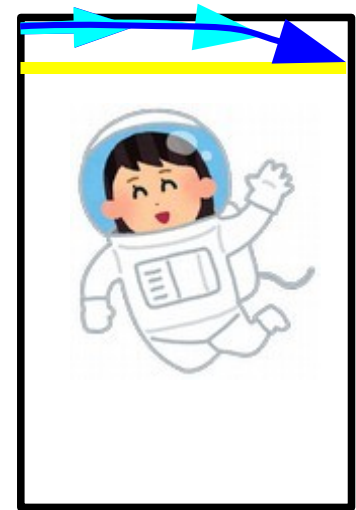
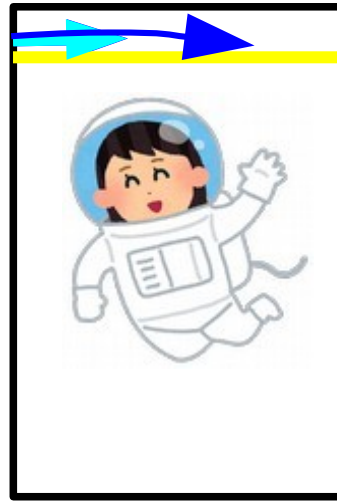


およそ38万km
地球を30こならべたのと同じくらい



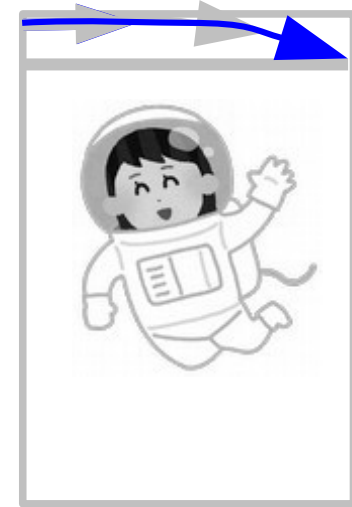
落ちるエレベーターの中のレーザー

- 無重力状態と同じなので、エレベーターの中で光はまっすぐに進むはず
- エレベーターの外から見ると…光がまがってすすんでいる!



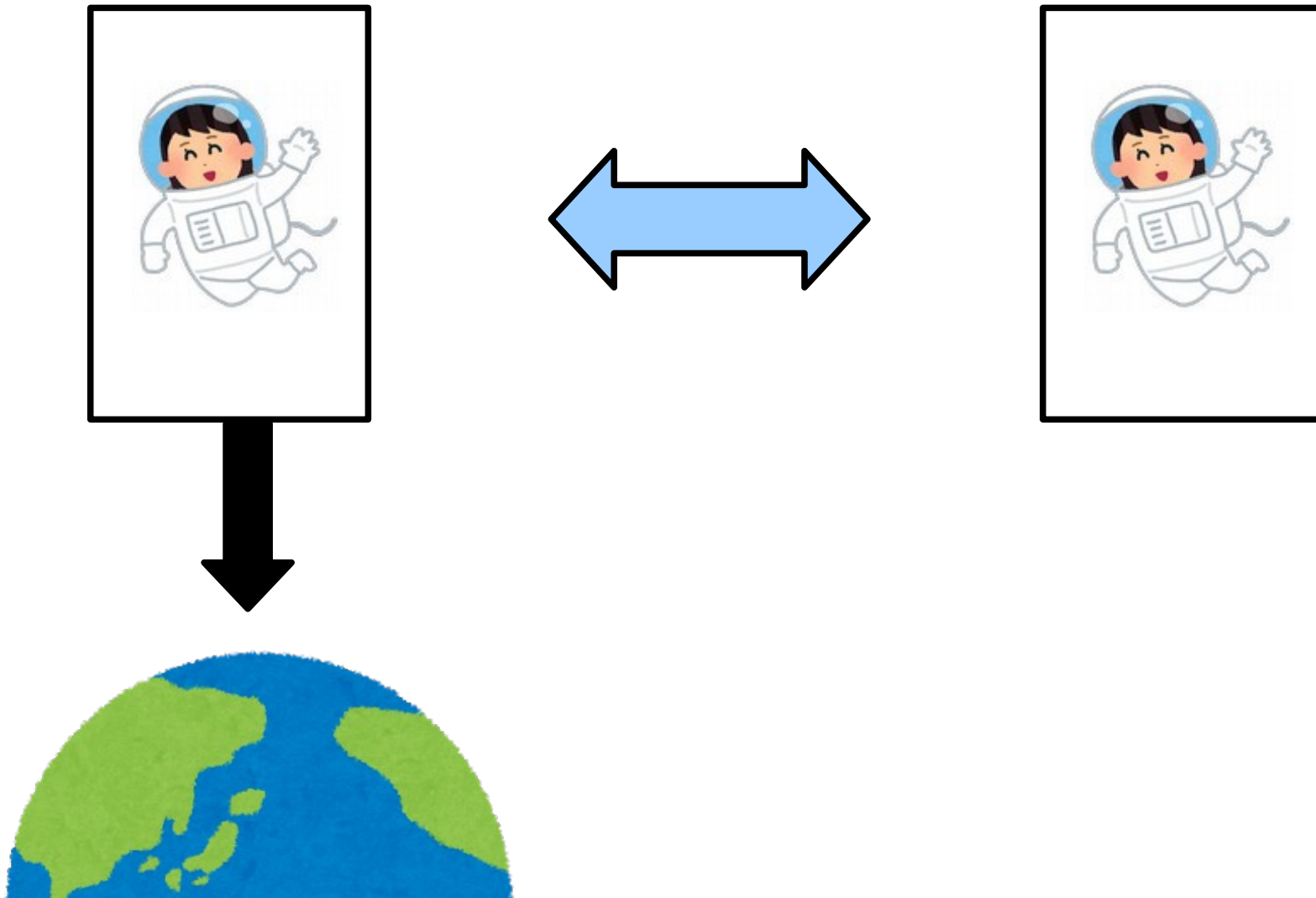
光もまがる!?

- 光には重さがない…重力がはたらかない、はず
- でもまがる
- これはたしかめられている
- どうして!?

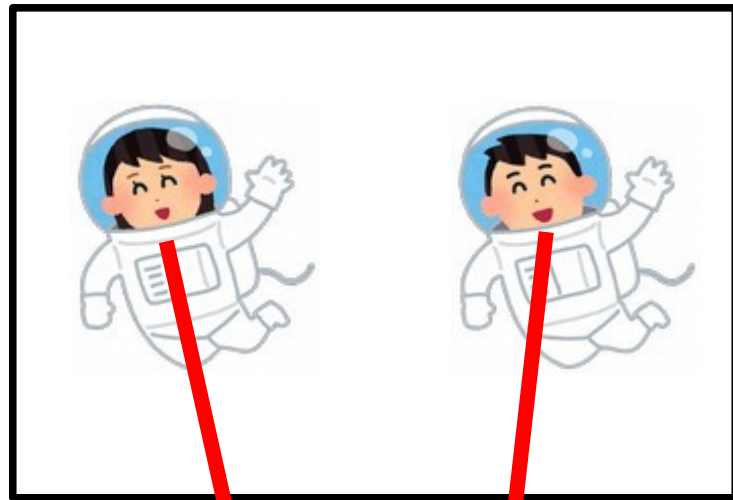


「重力」とはなんだろう

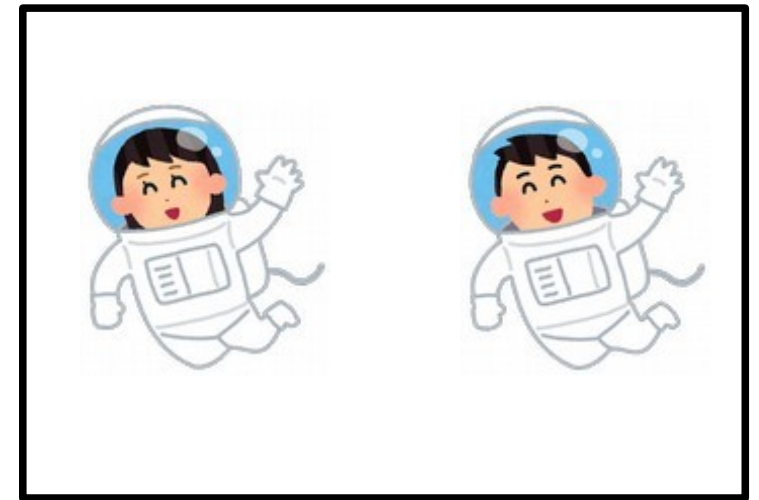
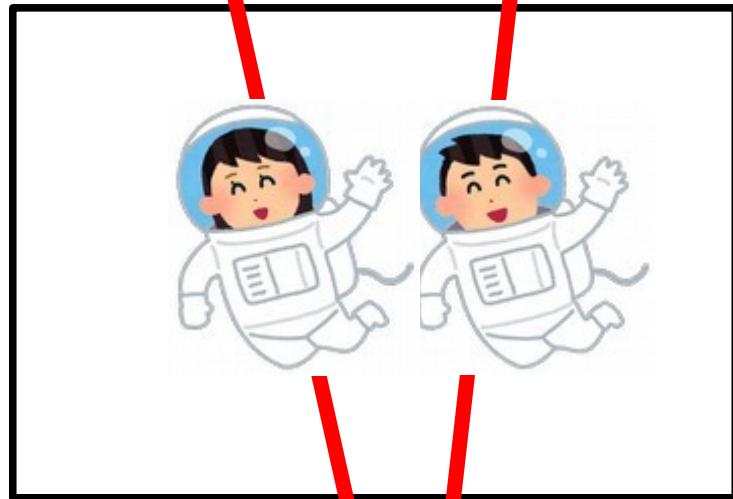
- 落ちるエレベーターの中と、本当の無重力は何がちがう？
- せまいエレベーターの中なら、重力を消すことができた



重力とはなんだろう



落ちるばあい：
二人の宇宙飛行士は、
だんだん近づく
地球の中心にむかって落ちるため！



本当の無重力のばあい：
近づくことはない

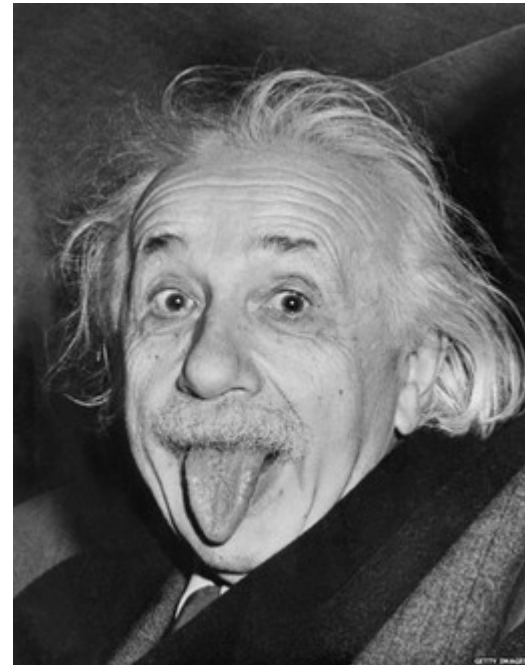


せまいはんいでは区別がつかない
広がったところで区別がつく

重力とはなんだろう…空間のゆがみ!

- せまいはんいだと、「本当の無重力」と「重力はあるけど落ちている」の区別はつかない…まったく同じ状態
- 少しひろいはんいを見ると区別がつく
- 空間がゆがんでいる!
 - ▶ そんなこと言われても…と思うかもしれませんが。でも、そうだと考えると、色々なことが理解できてしまう
- 「光は重さゼロなのでまっすぐ進む」は正しい
- でも、空間がゆがんでいたら、光はまっすぐ進んでいても、はなれたところから見たら、曲がって進んでいるように見える

アインシュタインの
一般相対性理論
(いっぱん そうたいせい りろん)



ブラックホール

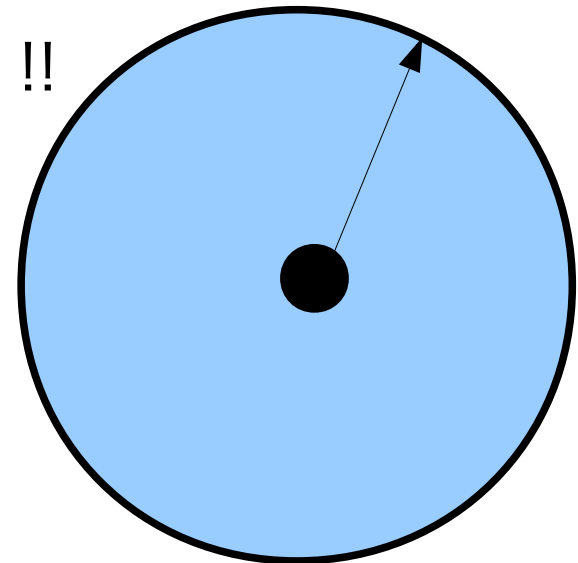
- 重力がとても強いと、空間もねじまがりきってしまい、光も出てこれなくなる
- ブラックホールからの光は、わたしたちの目までとどかない…つまり、まっくら!
- なんでも吸い込んでしまう…どんどん重くなっていく
- でも、近よらなければ大丈夫!

ブラックホールのまわりの想像図(そうぞうず)。ガスをすいこみ、落ちきれなかった一部のガスがジェットとしてふき出している。実際(じっさい)は、えんばんからの光は、ブラックホールで曲がって進む



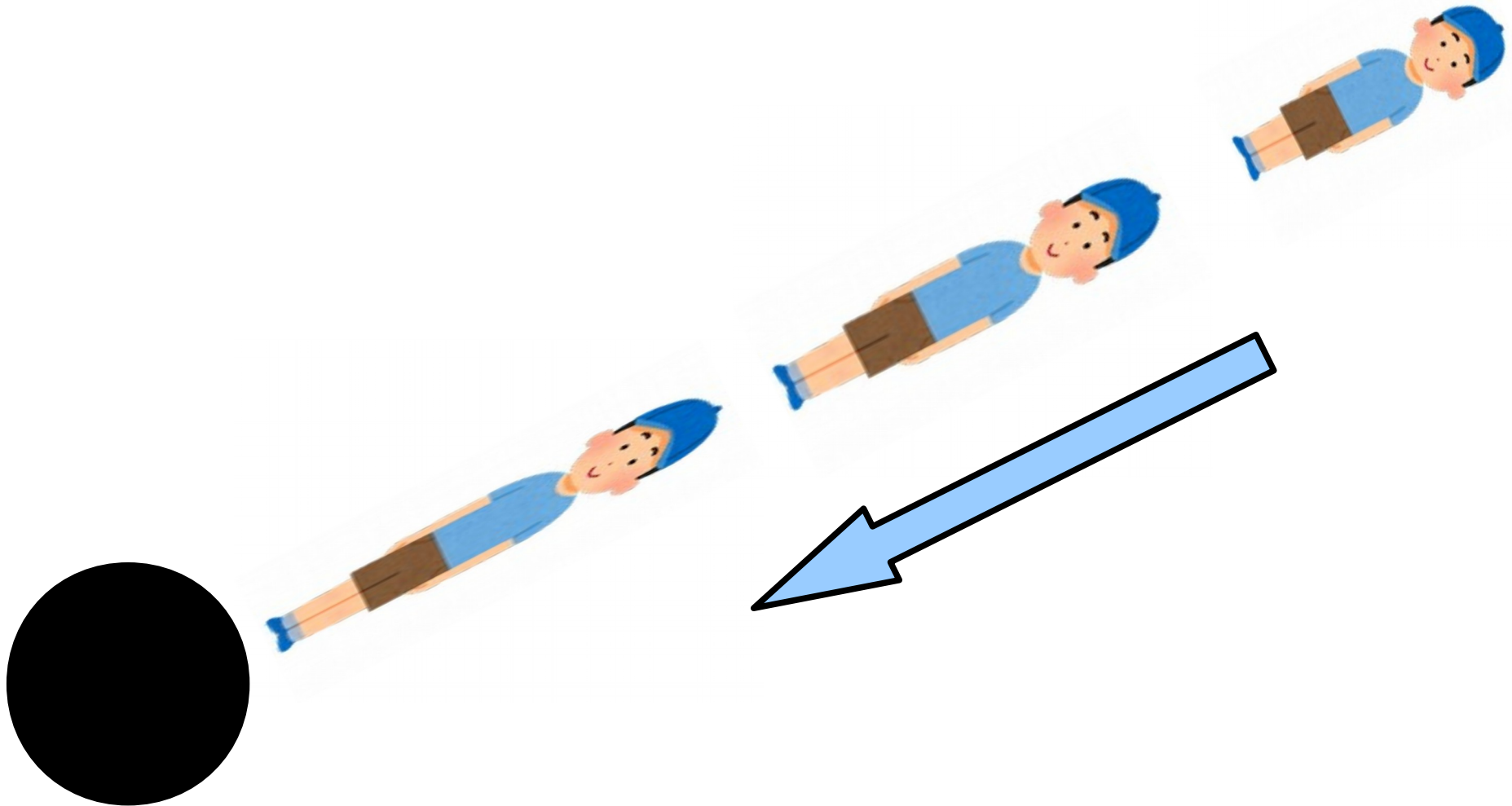
ブラックホールの「大きさ」

- ブラックホールそのものは、実は「点」
 - ▶ つぶれきってしまった!
- そのまわりに、光さえも出てこれないはんいがある
 - ▶ シュバルツシルト半径
- 重いほど大きくなる
 - ▶ もし太陽をギュウギュウにつぶすと、半径3kmのブラックホールになる
 - ▶ 地球をブラックホールにすると1cm !!
 - ▶ 今回さつえいされたもの：
太陽の62億倍の重さ
大きさも62億倍(186億km)



ブラックホールに落ちると

- どんどん引きのばされて、ちぎれてしまう!
- 頭にかかる重力よりも、足にかかる重力のほうがずっと強い!



ブラックホールの種類とできかた

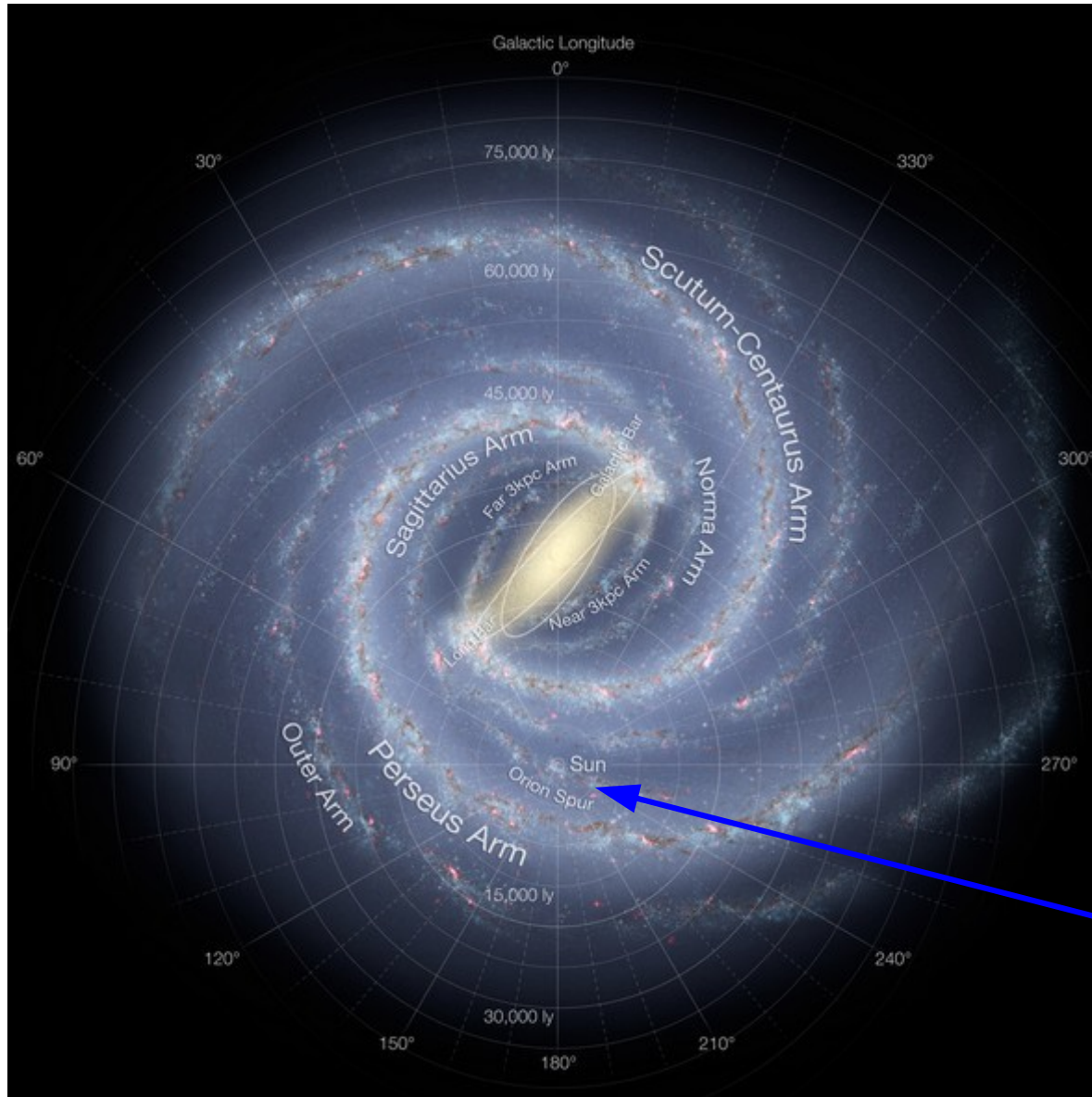
- 星と同じような重さ
 - ▶ 太陽の数倍～数十倍
 - ▶ 太陽よりもずっと重い星が燃えつきるとできる
 - ▶ 重すぎて、自分の体重をささえきれず、ズブズブとどんどん小さくなって、さいごにブラックホールになる
 - ▶ ⇒星の一生
- 銀河(星が数千億(おく)こ集まったもの)の中心にある
 - ▶ 太陽の数百万倍～数百億倍
 - ▶ 天の川銀河の中心には、およそ400万倍のブラックホール
 - ▶ どうやってできたかは、なぞ!
 - ▶ ⇒M87銀河(さつえいされたブラックホールがいるところ)

天の川銀河の想像図(そうぞうず)



大きさ：
およそ10万光年

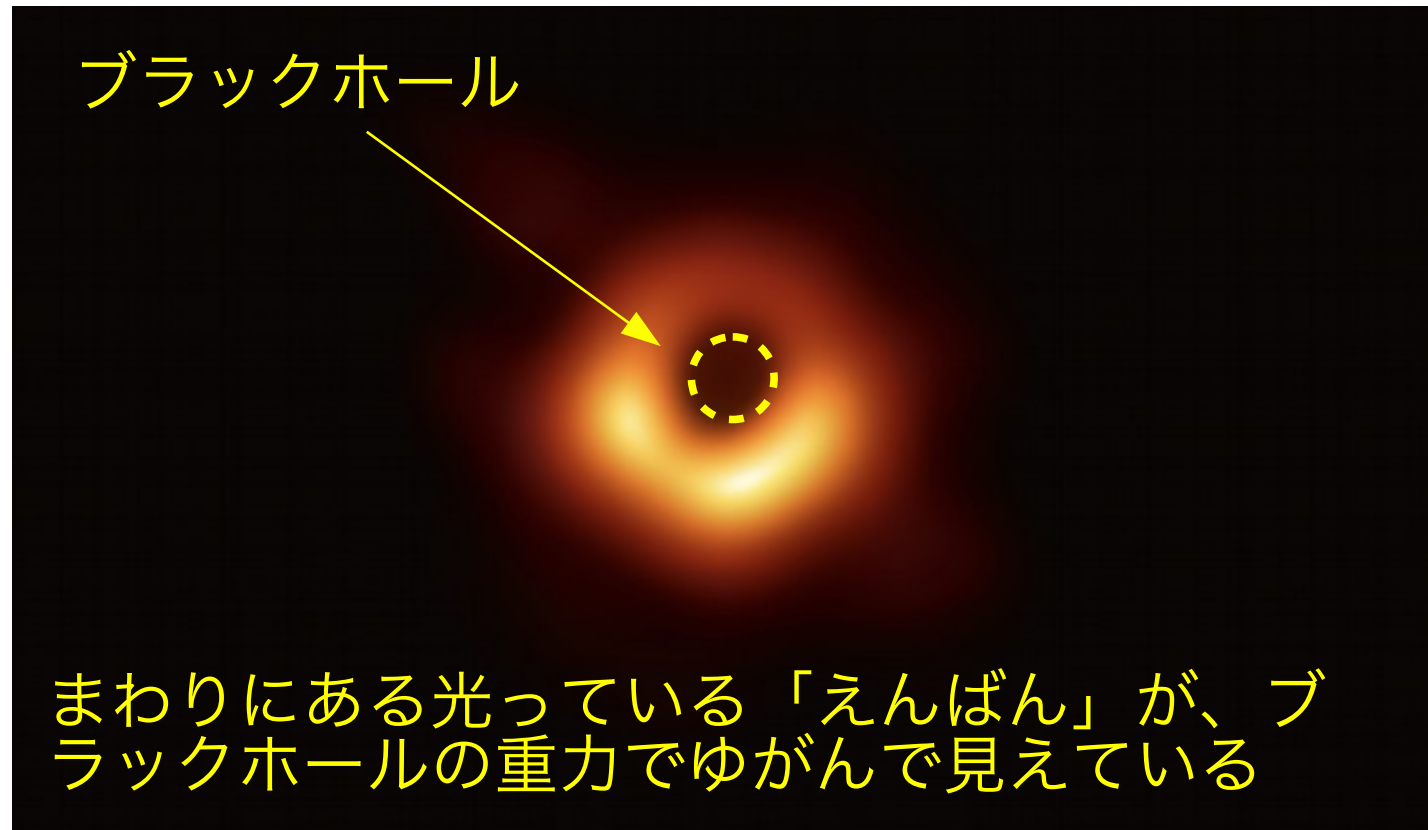
1光年：
光が1年かかって
すすむきより、
およそ10兆km



このあたりに太陽

まとめ

- ブラックホールとは、重力がとても強い天体
- 重力とは、「空間のゆがみ」である
- ゆがんだ空間では、光もゆがんで進む
- ブラックホールのすぐそばを通る光は、曲がって進む



動画リスト

- https://www.youtube.com/watch?v=O31jy8y_aLE
- <https://svs.gsfc.nasa.gov/13326>
- <https://svs.gsfc.nasa.gov/13239>