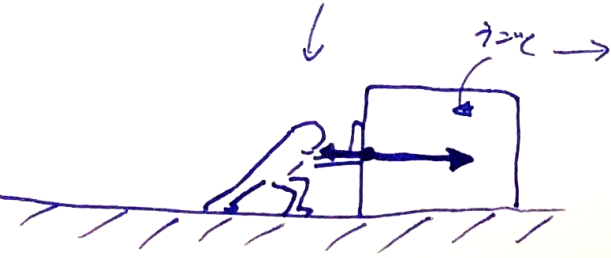


このときは作用・反作用の法則は働いているんですか？



A: 物体が動かない場合と比べると、「すっぽ抜ける」、「肩透かしを食う」という感じで、物体から受ける力が弱くなるという意味かな？

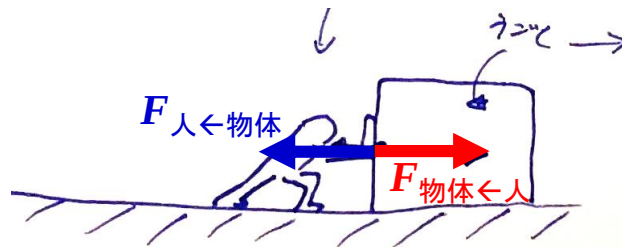
確かにそうですが、その場合、物体が人から受ける力も同様に弱くなるので、作用・反作用の法則は成り立っています。

A: 人が押す右向きの力が、物体が人を押す左向きの力より大きいから動くという意味かな？

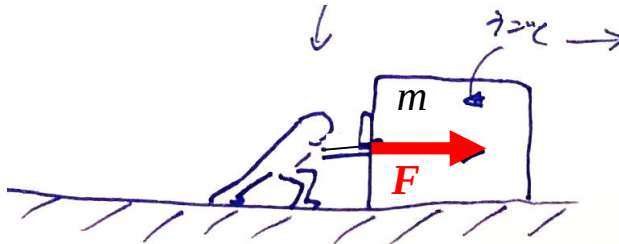
ニュートンの運動方程式 $ma = F$ を使って物体の運動を考えると、 F は物体に作用している力だけを考えます。図の四角の物体の運動を考えると、 m は物体の質量で、物体に作用しているのは、人が物体を押す右向きの力だけです。作用・反作用の法則は常に成り立っていて、物体は人を逆向きで同じ大きさの力で押していますが、その力は、物体の運動を考えると、考える必要ありませんし、その力の矢印も書きません。

今は物体の運動を考えているわけではなく、作用・反作用の法則を考えているので、両方の力を書いています。

問題①: 摩擦のない水平面上にある物体を人が押している状況において、作用・反作用の対になっている力を書け。



問題②: 摩擦のない水平面上にある質量 m の物体を人が力 F で押しているとき、物体の加速度 a はいくらか。



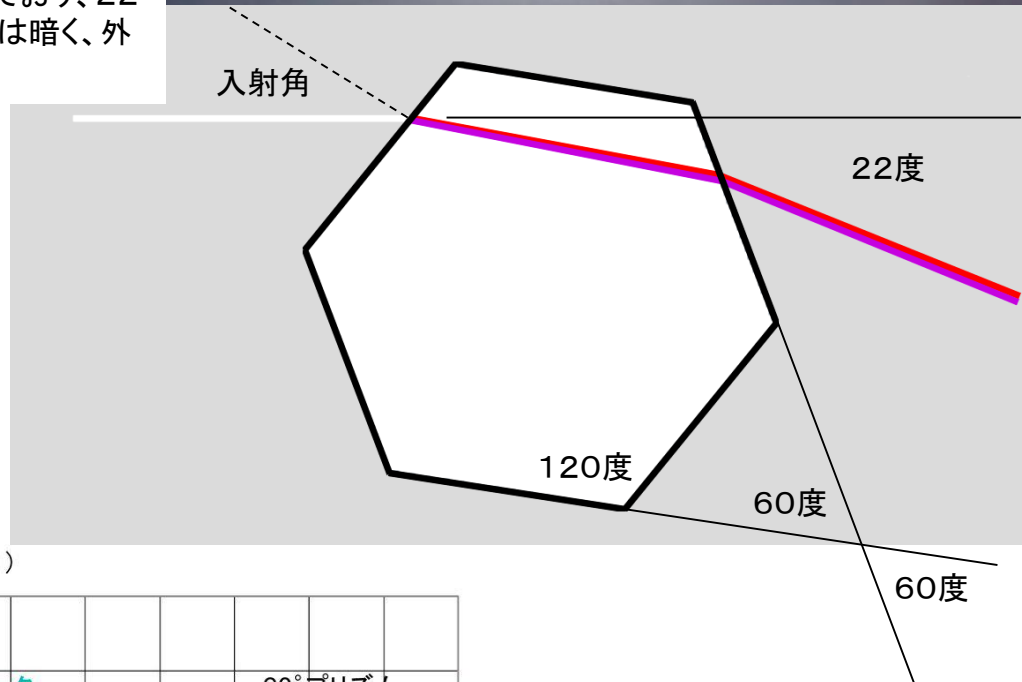
$$a = \frac{F}{m}$$

このような場合、物体に作用している力のみを考えているので添え字もつけない。

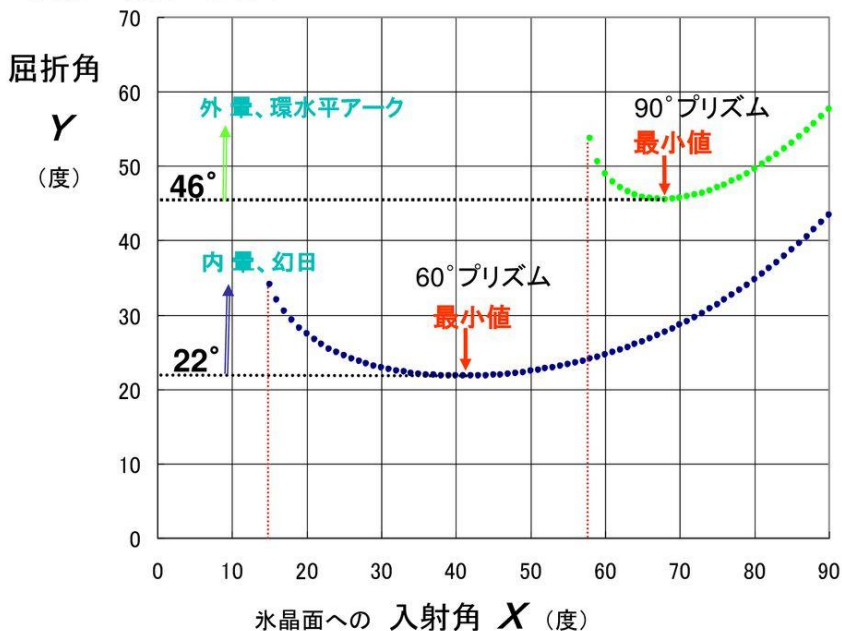
問題①においても、同様に物体は加速している。問題②においても物体が人を押す力は存在する。

第2回のQ : 太陽のまわりにわっかが見えるのはなぜですか？

A : 暈(かさ)、日暈(ひがさ)と呼ばれるものですね。太陽を中心に写真のように22度の半径の輪ができます。高い場所にある雲は六角柱の形をした氷の結晶でできています。真ん中の図のように横から入射した光は屈折して元の方から約22度ずれます。この角度は、下の図のように入射する角度によって多少違うのですが、22度になる場合が最も多く、よってその場所に明るい輪ができます。屈折角は図のように22度で極小値となっており、22度以上ですので、輪の内側は暗く、外側が明るくなっています。

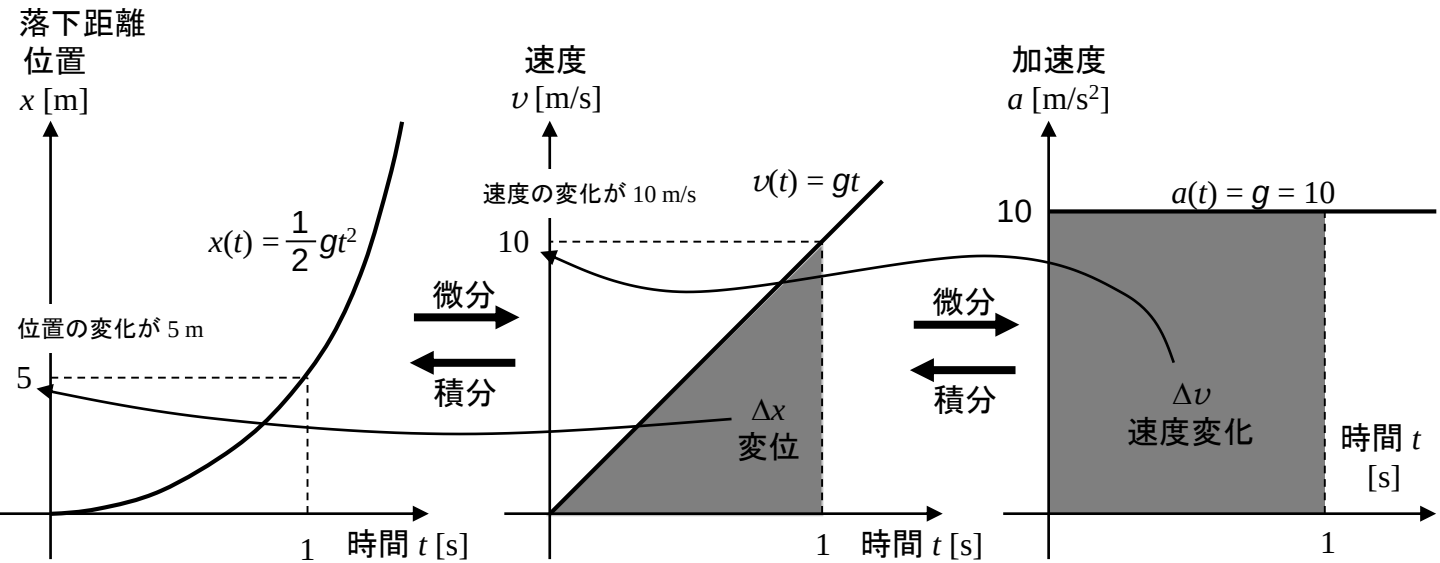


氷晶の場合 (屈折率 1.31)

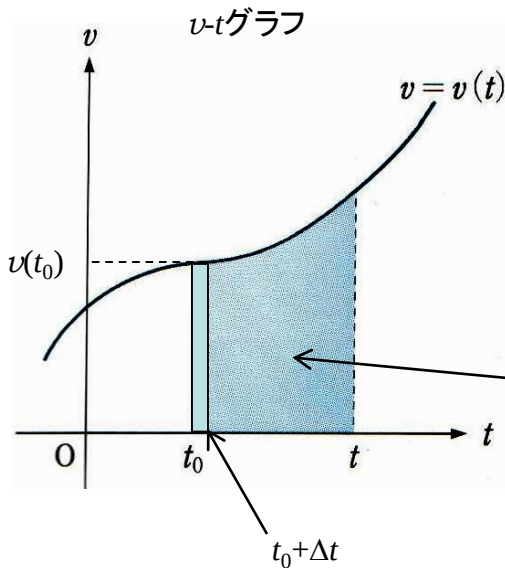


直線運動での「速度と変位の関係」 (教科書 p37)

(復習)自由落下(等加速度運動)の場合



v - t グラフの面積が変位だが、もう少し詳しく、もっと一般的な説明をすると・・・



$$x(t) - x(t_0) = \int_{t_0}^t v(t) dt$$

時刻 t_0 から t までの
物体の変位

時刻 t_0 から t までの
速度 $v(t)$ の
定積分

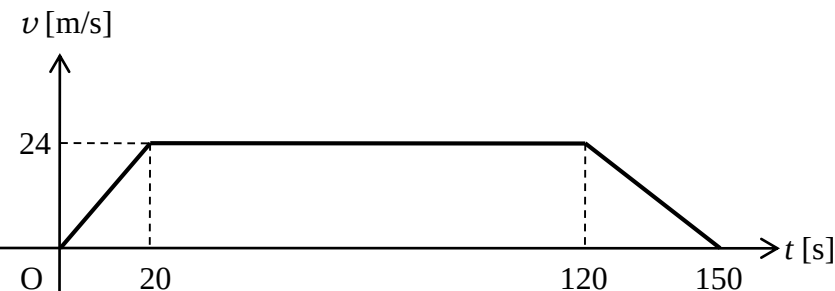
塗りつぶし部分の面積

時刻 t_0 から $t_0 + \Delta t$ までの
 Δt 秒間の変位は、 $v(t_0) \times \Delta t$
つまり、グラフの長方形の面積
(速度は単位時間あたりの変位)

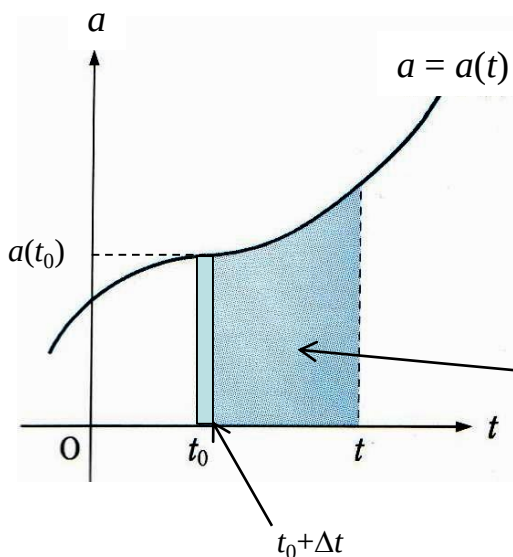
Δt 秒内での速度の変化は小さいので
この間の速度は $v(t_0)$ と考えてよい。

時刻 t_0 から t までの時間を
細かく分割するとすべての区間で
 v - t グラフの面積 = 変位 が成り立つ

問3(p41): 直線の線路を走る電車の速度が図のように変化した。(ある駅を出発し次の駅に停車した。)
 $t = 0$ から $t = 150 \text{ s}$ の 150秒間に電車が走行した距離(電車の変位=駅と駅の間隔)を求めよ。



同様にして・・・「加速度と速度変化の関係」 (教科書 p41)



時刻 t_0 から $t_0 + \Delta t$ までの
 Δt 秒間の速度変化は、 $a(t_0) \times \Delta t$
 つまり、グラフの長方形の面積
 (加速度は単位時間あたりの速度変化)
 1 s

$$v(t) - v(t_0) = \int_{t_0}^t a(t) dt$$

時刻 t_0 から t までの
 物体の
 速度変化

時刻 t_0 から t までの
 加速度 $a(t)$
 の定積分

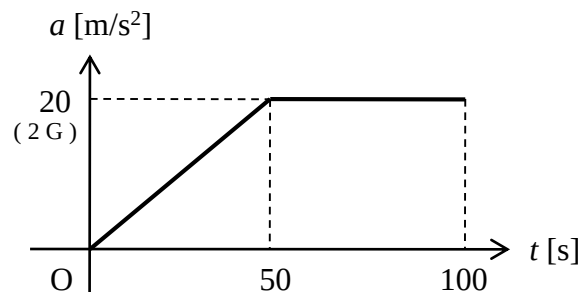
塗りつぶし部分の面積

Δt 秒内での加速度の変化は小さいので
 この間の加速度は $a(t_0)$ と考えてよい。

時刻 t_0 から t までの時間を
 細かく分割するとすべての区間で
 $a-t$ グラフの面積=速度変化 が成り立つ

問題: 無重力の宇宙空間で静止していたロケットが $t = 0$ にエンジンに点火して出力をあげていき、
 $t = 50 \text{ s}$ に最高出力に達した。その後 $t = 100 \text{ s}$ まで最高出力を持続した後、エンジンを停止した。
 ロケットの加速度が下のグラフのようだった場合、 $t = 100 \text{ s}$ におけるロケットの速度を求めよ。

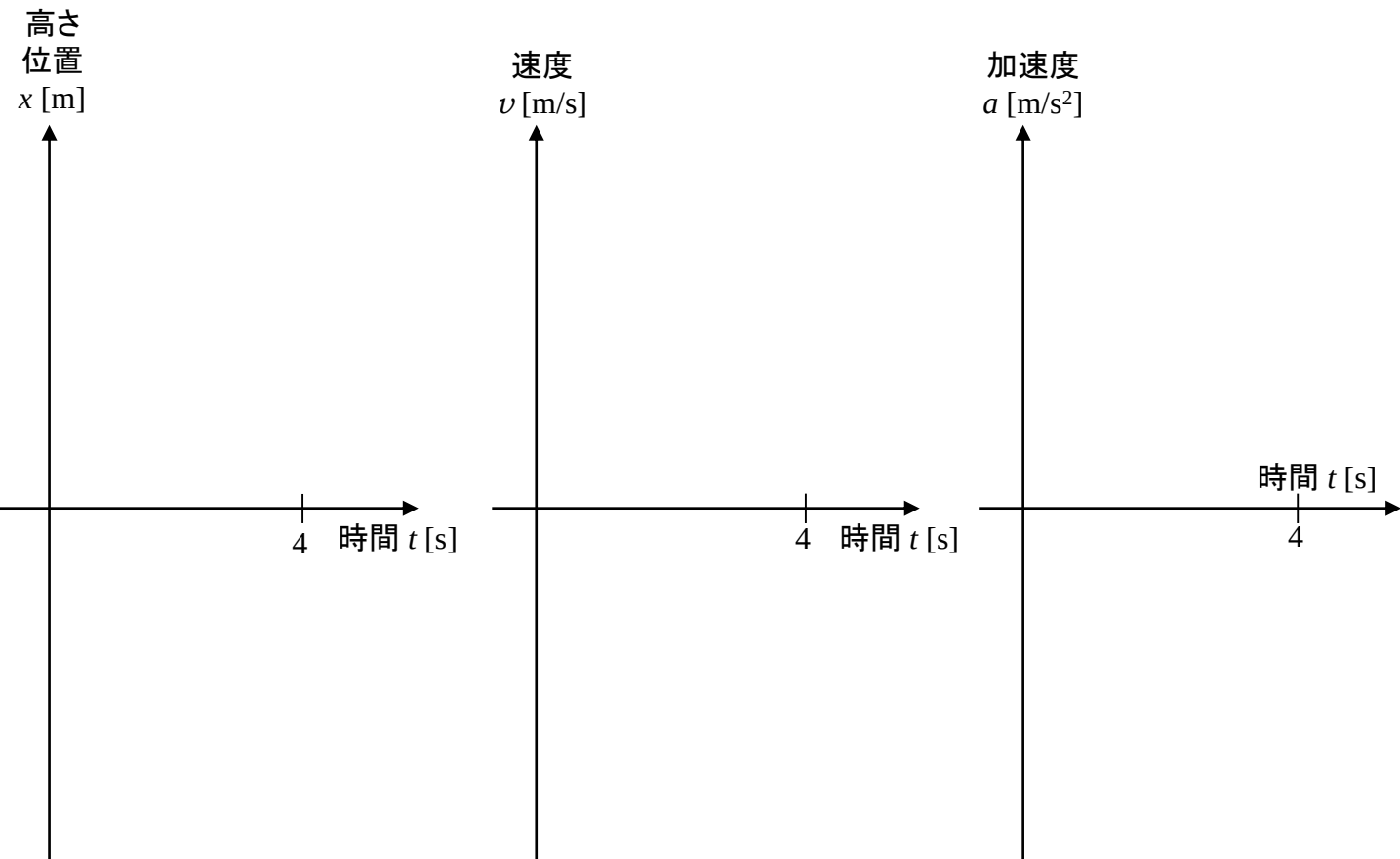
(最初静止していたので、この間の速度変化=速度)



問題: 垂直投げ上げ

- 時刻 $t = 0$ にボールを真上に初速度 20 m/s で投げ上げた。
重力加速度 g は 10 m/s^2 とし、空気抵抗は無視して以下の問いに答えよ。
- ① 上向きを x 軸の正の向きとし、 $t = 0$ のボールの位置を原点 $x = 0$ として、 $t = 0$ から $t = 4$ までの $x-t$ グラフ、 $v-t$ グラフ、 $a-t$ グラフを書け。

ヒント: 最初に $a-t$ グラフ、次に $v-t$ グラフ、最後に $x-t$ グラフを書いた方が簡単



- ② $t = 0$ から $t = 2$ までの 2 秒間のボールの変位はいくらか？
また、その値はどのグラフのどの部分の面積が対応しているか？

- ③ $t = 2$ から $t = 4$ までの 2 秒間のボールの変位はいくらか？
また、その値はどのグラフのどの部分の面積(定積分)が対応しているか？
(時間軸より下の部分の面積はマイナスの変位を示している)

変位は $v-t$ グラフの定積分
定積分はマイナスにもなる。
(3頁参照)

- ④ $t = 0$ から $t = 4$ までの 4 秒間のボールの速度変化はいくらか？
また、その値はどのグラフのどの部分の面積(定積分)が対応しているか？
(時間軸より下の部分の面積はマイナスの速度変化を示している)

速度変化は $a-t$ グラフの定積分
定積分はマイナスにもなる。
(4頁参照)

ベクトルは矢印でも表現できるが、成分でも表現できる。

例えば左の図のベクトルAの場合、直交座標系で考えると

$$\mathbf{A} = (A_x, A_y, A_z)$$

矢印の始点を原点にとると
矢印の終点の座標が成分

+x方向、+y方向、+z方向を向いた長さが1のベクトル(単位ベクトル)を

$\mathbf{i} = (1, 0, 0)$, $\mathbf{j} = (0, 1, 0)$, $\mathbf{k} = (0, 0, 1)$ とすると

$$\mathbf{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k} \text{ とも表される。}$$

ベクトルAの大きさは3平方定理を用いて

$$A = |\mathbf{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

太字
でない

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

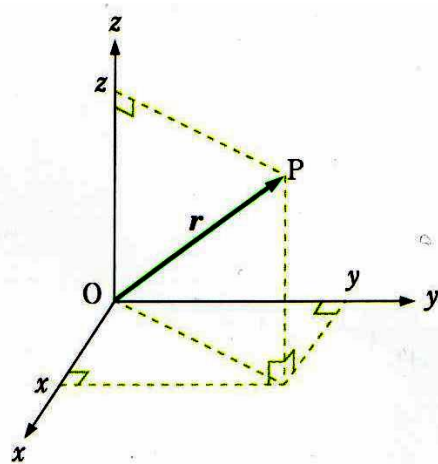
例: 左の万有引力の法則の式の F はこのベクトルの大きさのこと

1次元→3次元

教科書1.2(p16)

これまで、位置、速度、加速度は1次元で考えてきたが、3次元に拡張する。

(3次元空間での運動も、直線運動なら垂直投げ上げのように適当に座標をとることで1次元でOK)



位置 $x \rightarrow \mathbf{r} = (x, y, z)$

速度 $v \rightarrow \mathbf{v} = (v_x, v_y, v_z)$

加速度 $a \rightarrow \mathbf{a} = (a_x, a_y, a_z)$

x軸, y軸, z軸方向の
成分で表す。

点Pにある質点の位置を、原点Oを始点としPを終点とする
ベクトル $\overrightarrow{OP}$ で表すことができる。

$\overrightarrow{OP} = \mathbf{r}$ を質点の という

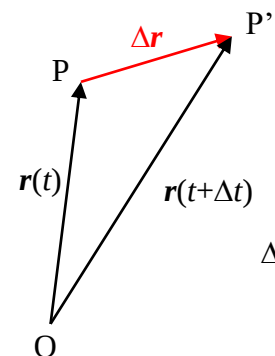
時刻 t における質点の座標を $[x(t), y(t), z(t)]$ とすると、

成分で表すと $\mathbf{r}(t) = [x(t), y(t), z(t)]$

() が二重になってしまうので [] を
用いているが () でもよい。

単位ベクトルで表すと $\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$

同様に一次元の変位 Δx を3次元に拡張



時刻 t から時刻 $t + \Delta t$ までの Δt での質点の変位(位置ベクトルの変化)は、

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t) = [x(t + \Delta t) - x(t), y(t + \Delta t) - y(t), z(t + \Delta t) - z(t)] = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)$$

ラジオメーター(最後の解説)

黒い面は温度が高いので、衝突する分子の衝撃が大きい。
しかし、面が受ける圧力は、その衝撃×衝突する分子の数(単位面積・単位時間あたり)である。
1気圧の場合は、黒い面付近の空気が膨張して、衝突する分子の数が減り、
結果として黒い面が受ける圧力は白い面と同じになる。

結論から述べると、十分に真空に近いと、面に衝突する分子の数は、黒と白で差はない。

極端な例として、容器内に分子が1個しかない場合を考える。

分子はランダムにガラス容器の内面や羽根に衝突し跳ね返る。

(図では光の反射の入射角と反射角が等しいように書いてあるが、この角度も実際はデタラメである。)

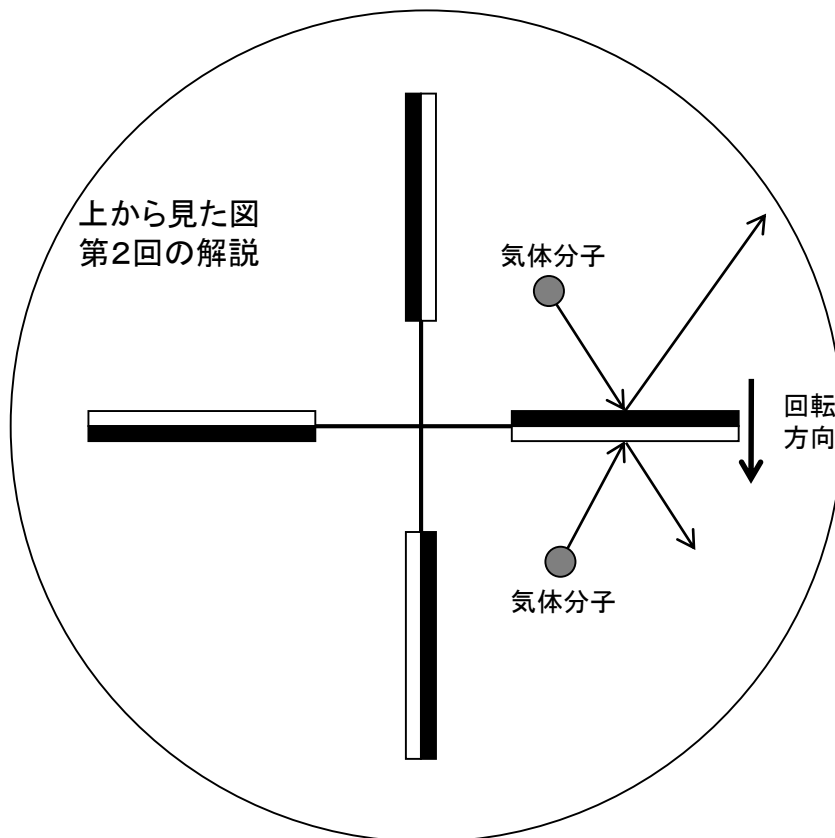
このような状況では、衝突する確率において白黒で差が生じる理由がない。

1気圧の場合は、分子の平均自由行程が $1\mu\text{m}$ 以下で分子が一定の場所に留まり続けるので、
容器内の場所毎の空気の密度や温度が定義できるが、

分子同士がほとんど衝突しない状況(平均自由行程が容器の大きさ程度かそれ以上)では
容器内の場所毎の空気の密度や温度が定義できないのである。

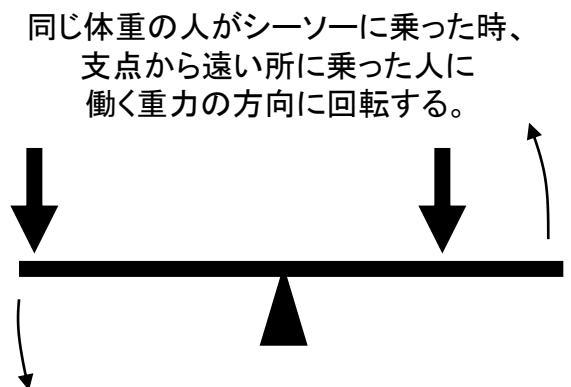
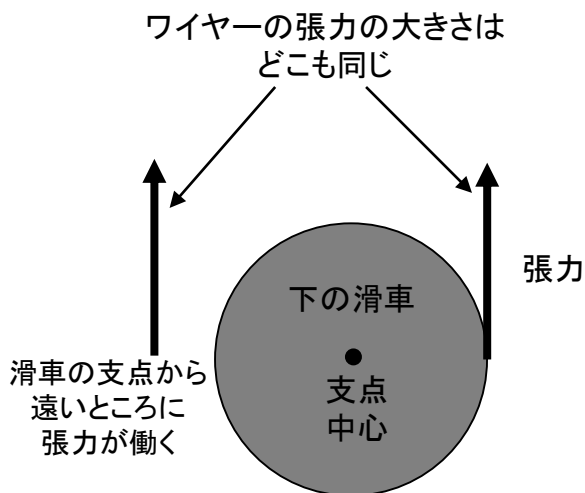
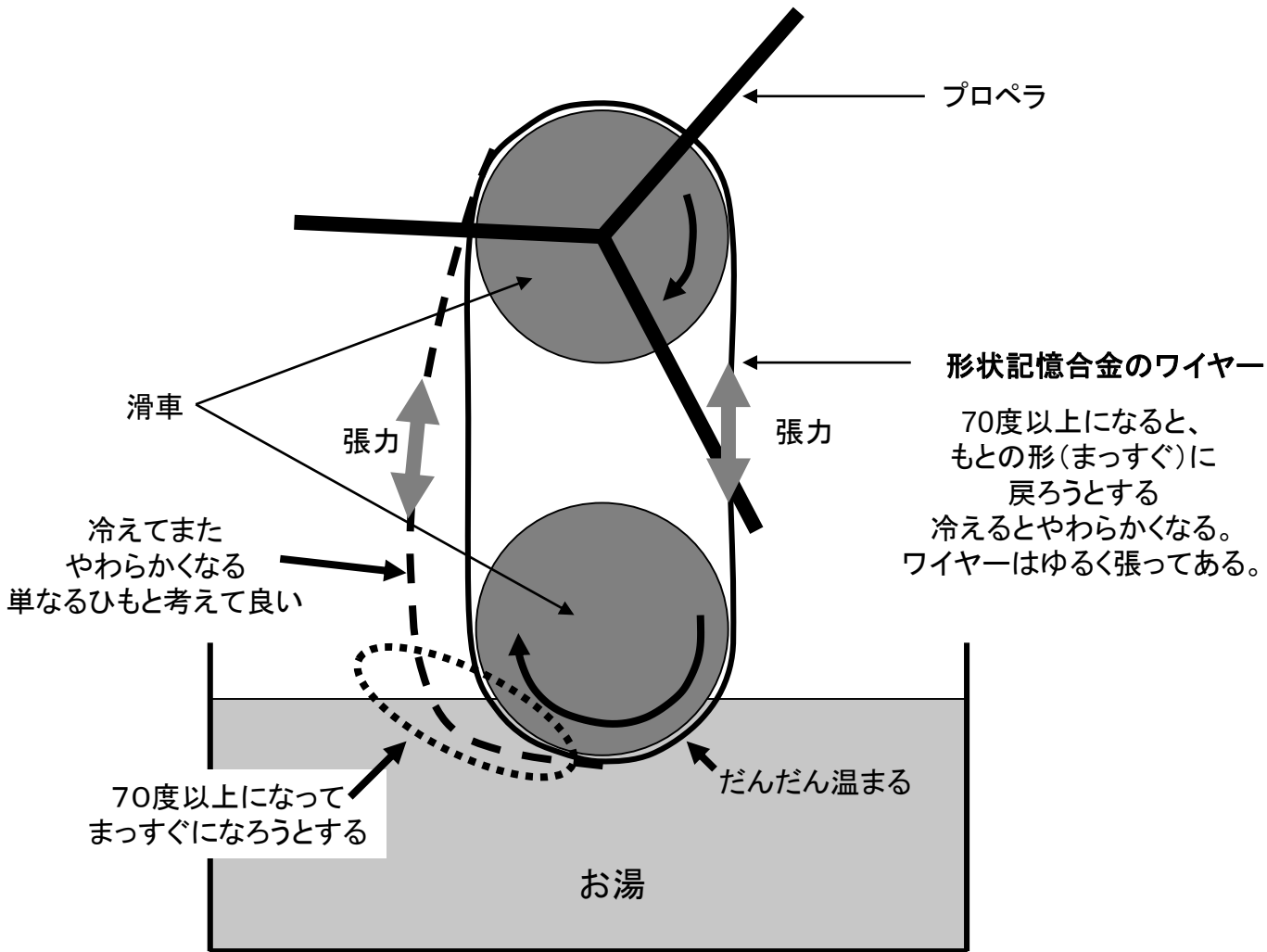
つまり、黒い面の付近の温度が上昇するとか、膨張して密度が小さくなるとかということが起こらない。

衝突する数が白黒で差がない場合(容器内が真空に近い場合)は、
第2回の説明だけで、正しい解説となっている。



サーモビールの動作原理

何らかのしかけがありますと言いましたが、それはワイヤーが形状記憶合金というしかけです。
でも、それがわかってなぜ回るかは簡単ではありません。



このような問題(力のモーメント)は
第6章で勉強します。

左右対称なので、どちらにも回る