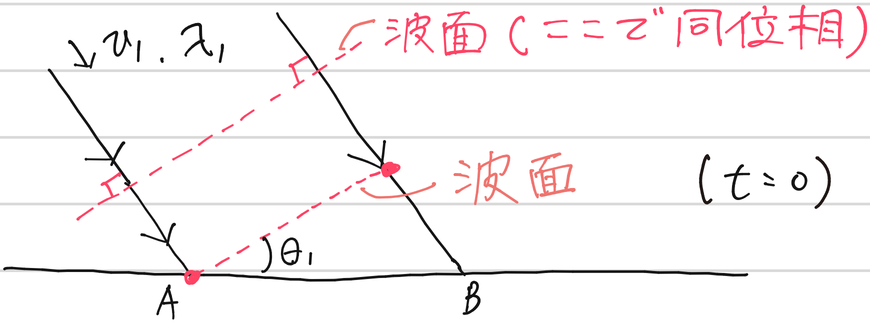
169

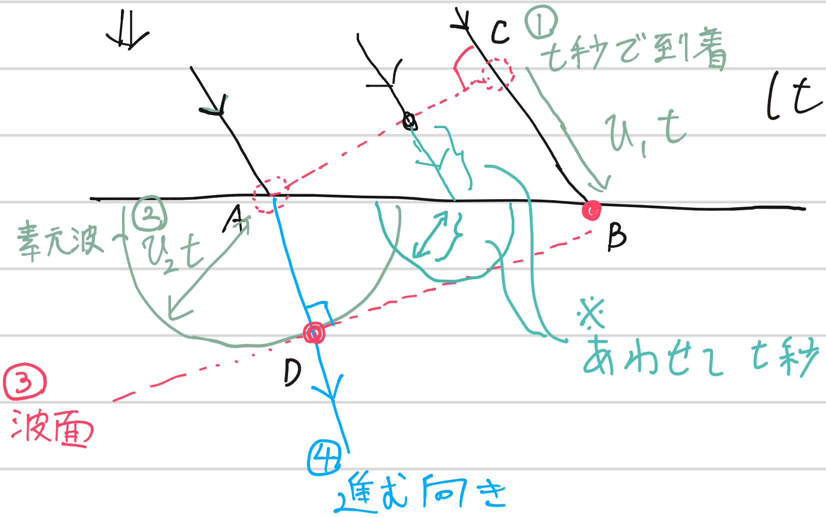
ポイント
波面は波の進む向きと必ず90°



(ア…波面)

$(t=0)$

⇓



$(t=t)$

(イ)

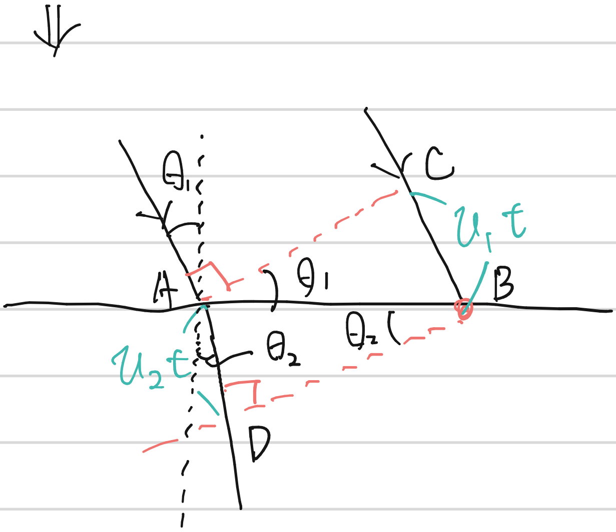
$$\overline{CB} = v_1 t$$
$$\overline{AD} = v_2 t$$

よって

$$\frac{\overline{CB}}{\overline{AD}} = \frac{v_1 t}{v_2 t}$$

$$\therefore \overline{AD} = \overline{CB} \times \frac{v_2}{v_1} \quad \text{(イ)}$$

⇓



(ウ)

$$\sin\theta_1 = \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = \frac{v_1 t}{\overline{AB}}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\overline{AD}}{\overline{AB}} = \frac{v_2 t}{AB}$$

$$\Rightarrow \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\frac{v_1 t}{\overline{AB}}}{\frac{v_2 t}{AB}} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{(ウ)}$$

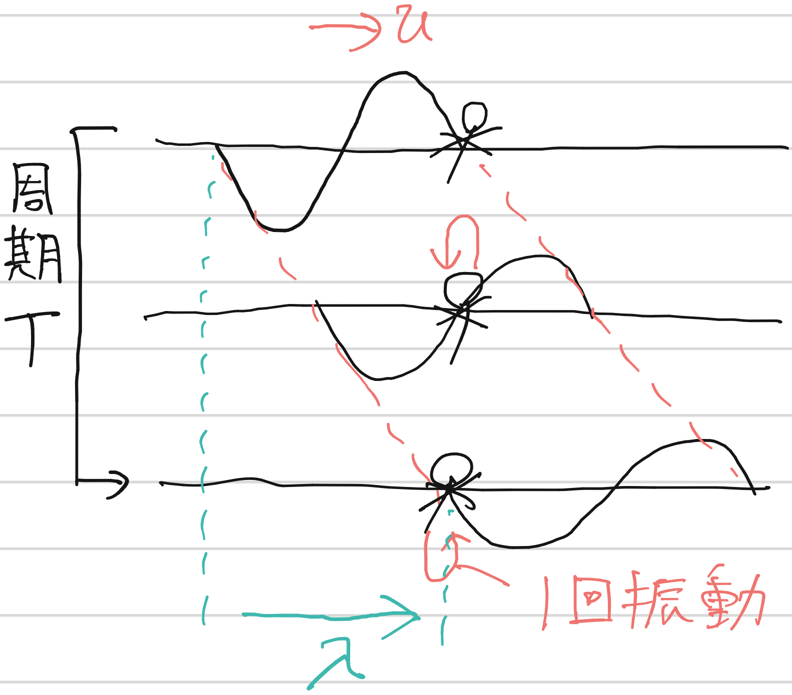
共通の辺 AB を使って関連づける

(エ)

$v = f\lambda$ より

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{f\lambda_1}{f\lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad \text{(エ)}$$

$\boxed{170}$ 周期… 媒質が1回振動する時間
⇒波が1λ進む時間ともいえる

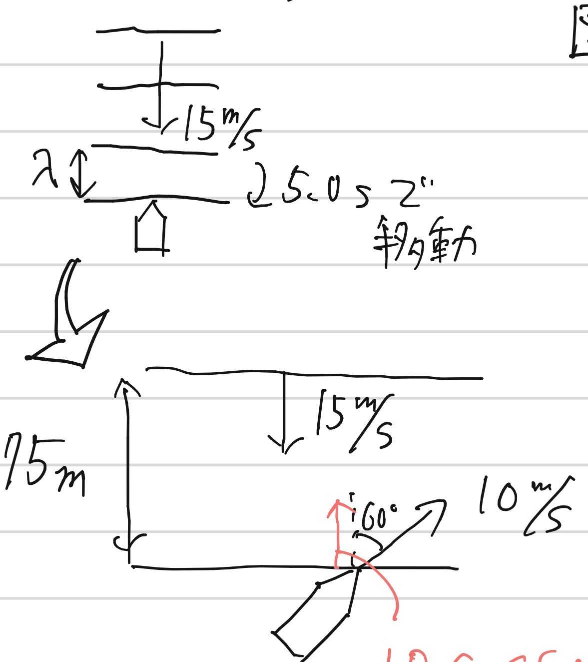


T[s]でλ[m]すすむので

$v = \dfrac{\lambda}{T}$

$\Rightarrow v = f\lambda$
(波の式)

(今回のモデル)



$10\cos 60° = 5\,\mathrm{m/s}$

図より
$\lambda = 15 \times 5.0$
$\lambda = 75\,\mathrm{m}$

斜めに進めたときの次の波到着までの時間は

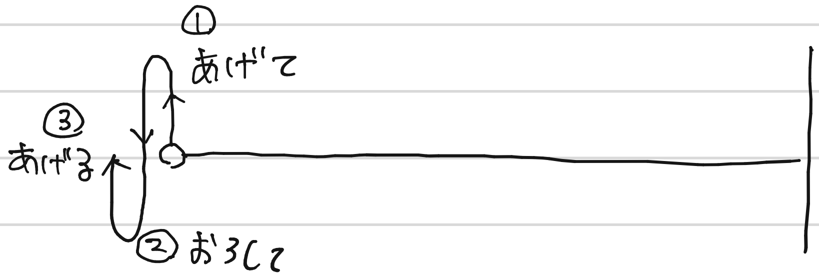
$75 \div (15+5)$
$= \underline{3.75\,\mathrm{s}}$

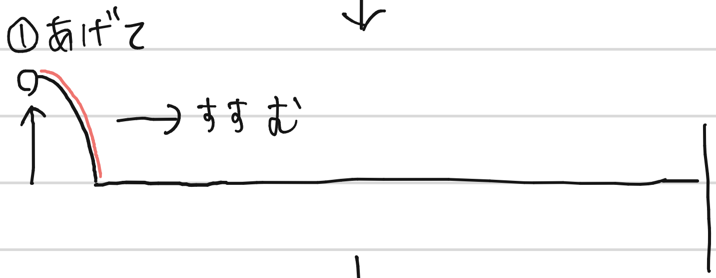
※ $T = 5.0\,\mathrm{s} \Rightarrow f = \dfrac{1}{T} = 0.20\,\mathrm{Hz}$

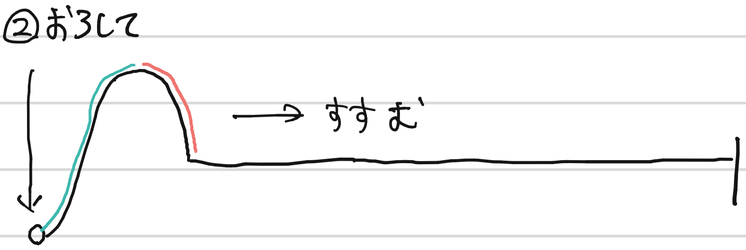
$T = 3.75\,\mathrm{s} \Rightarrow f = \dfrac{1}{T} \fallingdotseq 0.26\,\mathrm{Hz}$

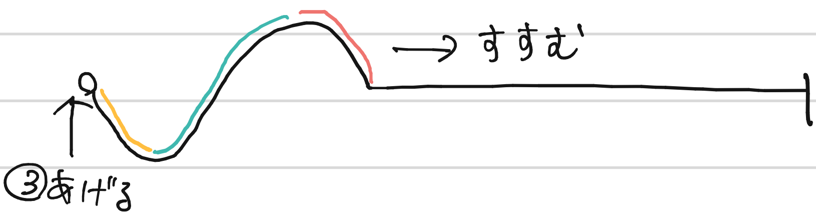
} ドップラー効果 (観測者のうごく場合)

$\boxed{171}$ 動画をイメージできるようにしよう.





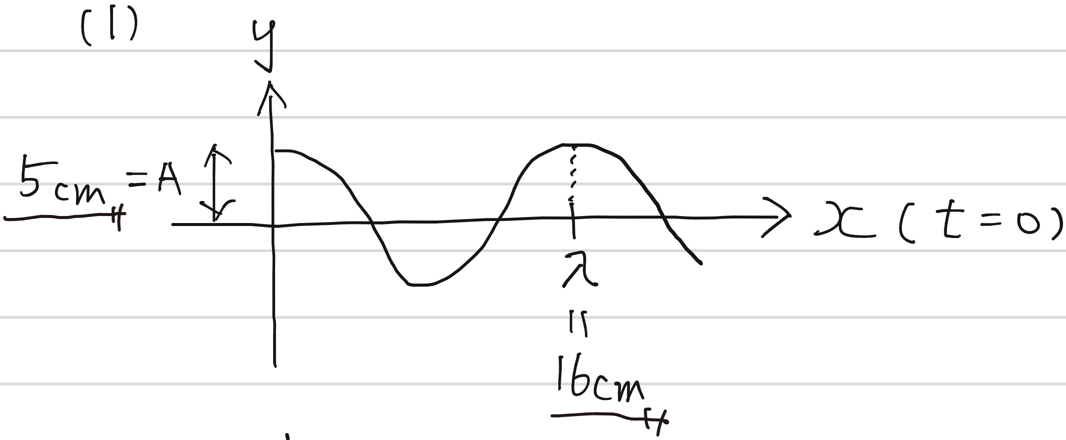


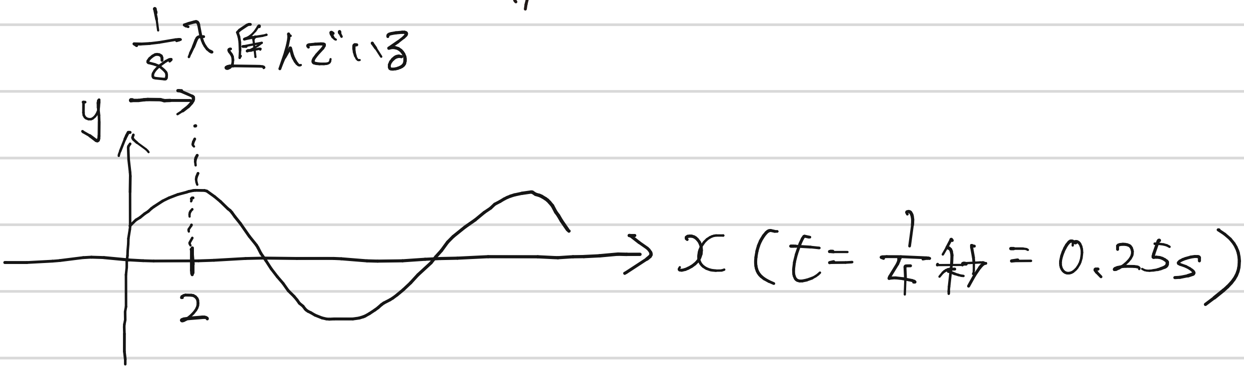


よって 図1

172

(1)





グラフを読みとり

$A = \underline{5\,\text{cm}}$, $\lambda = \underline{16\,\text{cm}}$

0.25s で $\frac{1}{8}\lambda$(2cm) 進んでいるので

$$v = \frac{2}{0.25} = \underline{8\,\text{cm/s}}$$

$v = f\lambda$ より

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{0.08\,\text{m/s}}{0.16\,\text{m}} = \underline{0.50\,\text{Hz}}$$

$T = \frac{1}{f}$ より

$$T = \frac{1}{0.50} = \underline{2.0\,\text{s}}$$

$\boxed{172}$ 続き

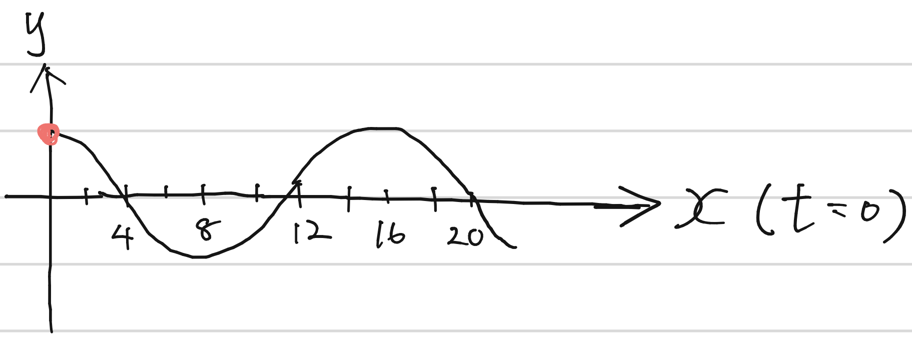
(2) $t=3$ で進むキョリ l を考える.

$l = vt$

$= 8\,\mathrm{cm/s} \times 3 = 24\,\mathrm{cm}$

これは $\underset{(16\,\mathrm{cm})}{1\lambda} + 8\,\mathrm{cm}$ なので

$t=0$ から 8cm すすめた図を書く.



173 テーマ 波の式

作り方

① $y(0,t)$ の $y-t$グラフを作る。

② 位置xでのずれを式に組み込む

- $v>0 \Rightarrow x=0$よりおくれる → ひく。
- $v<0 \Rightarrow x=0$よりはやい → たす。

ただ解くなら

$y(0,t)$ の式が与えられているので

STEP② の『ずれを組み込む』だけをすればよい。

位置xでは $y(0,t)$より $\frac{x}{v}$ [s] おくれるので

$y(0,t)=A\sin\frac{2\pi}{T}t$ から $\frac{x}{v}$ おくれた式を作ればよい

$$y(x,t)=y\left(0,t-\frac{x}{v}\right)$$

$$=\underline{A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)} \quad (ア)$$

$$=A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{vT}\right)$$

$v=f\lambda$より $\lambda=vT$

$$=\underline{A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)} \quad (イ)$$

$$=A\sin 2\pi\left(\frac{t}{\frac{\lambda}{v}}-\frac{x}{\lambda}\right)$$

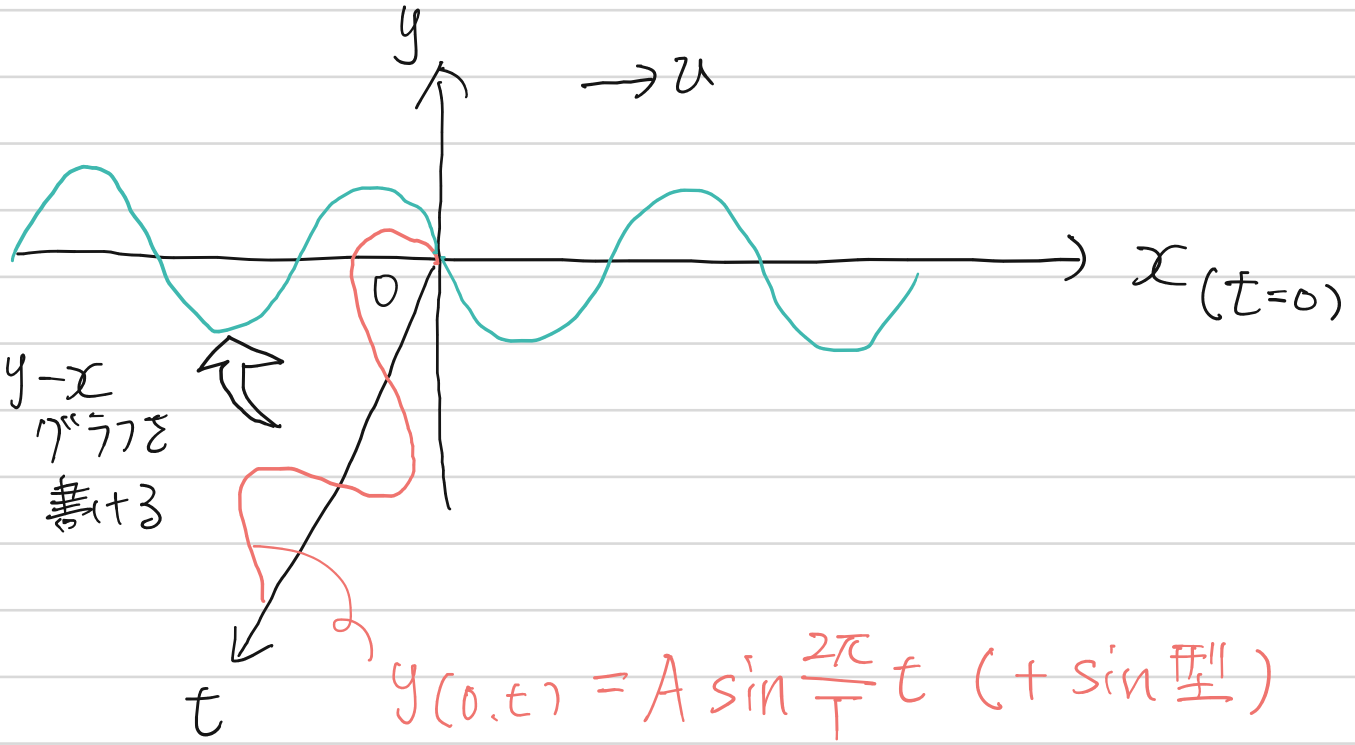
$T=\frac{\lambda}{v}$より

$$=\underline{A\sin 2\pi\left(\frac{vt-x}{\lambda}\right)} \quad (ウ)$$

173 続き

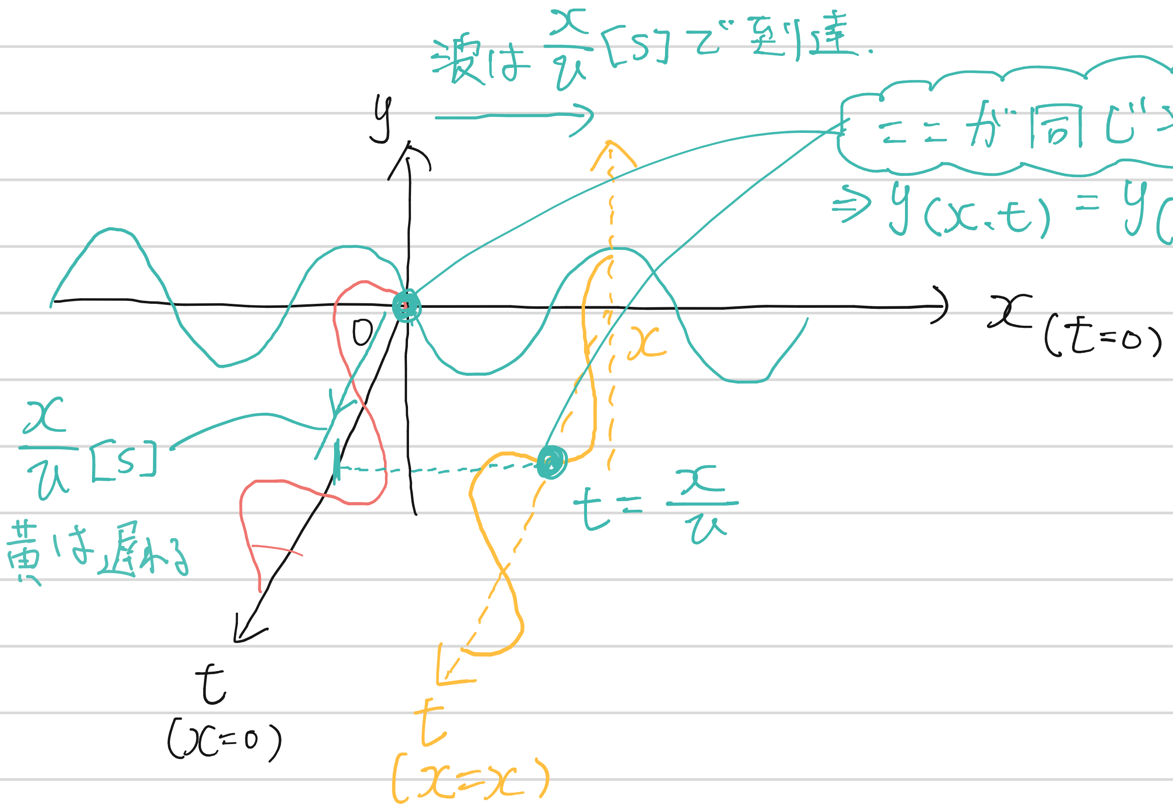
波のイメージを持つために、y−x−t 立体グラフを書こう。

問題文の $y(0,t) = A\sin\frac{2\pi}{T}t$ は $x=0$ の y−t グラフ



$y(0,t) = A\sin\frac{2\pi}{T}t$ (+sin型)

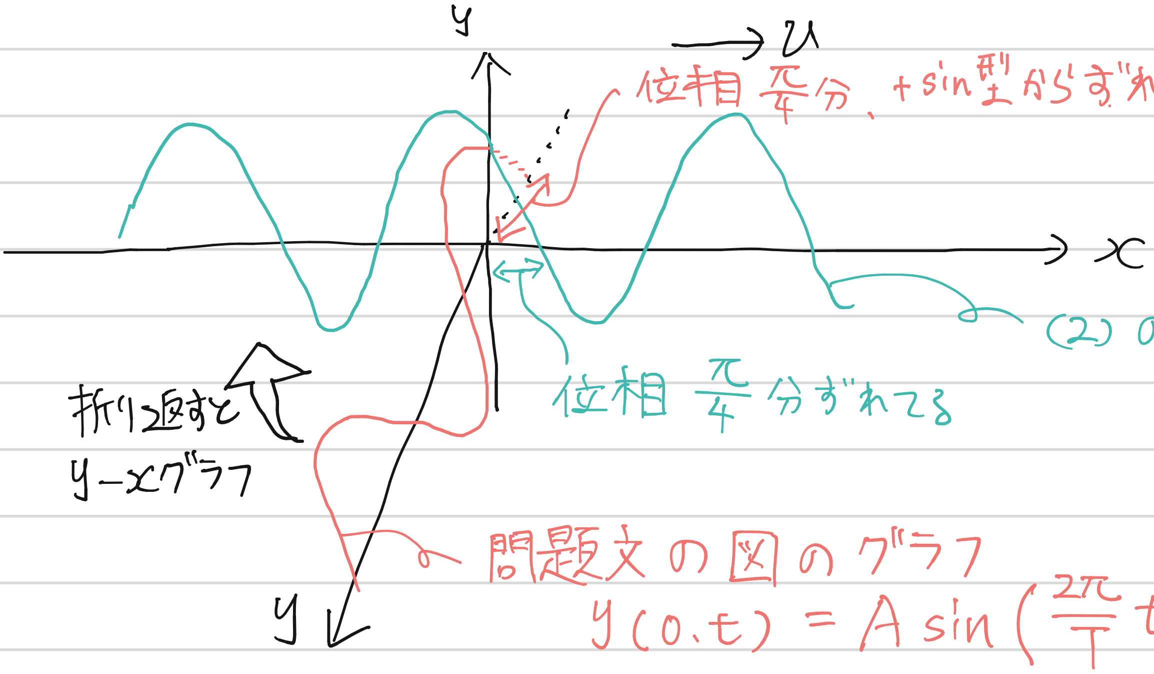
(これが問題文で与えられてる式)



ここが同じ状態

$\Rightarrow y(x,t) = y(0, t-\frac{x}{v})$

174　$y-x-t$ 立体グラフを書いてみる



(1) 位置 x では $y(0,t)$ から $\frac{x}{v}$ [s] おくれるので

$$y(x,t) = y\left(0, t-\frac{x}{v}\right)$$

$$= A\sin\left\{\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)+\frac{\pi}{4}\right\}$$

$$= A\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{Tv}\right)+\frac{\pi}{4}\right\}$$

$$= \underline{A\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)+\frac{\pi}{4}\right\}}$$

(2) 書いた $y-x$ グラフを式にする.

$-\sin$ 型から $\frac{\pi}{4}$ おくれたグラフである。

$$\Rightarrow y = -A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{4}\right) = \underline{-A\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(x-\frac{\lambda}{8}\right)}$$

※ $y-t$ グラフの型は $y = A\sin\frac{2\pi}{T}t\,(=A\sin\omega t)$

$y-x$ グラフの型は $y = A\sin\frac{2\pi}{\lambda}x\,(=A\sin kx)$

である。書けるようにしておこう.

174 続き

※ 別解

$y(x, t)$ の式で $t=0$ を代入すれば

$y(x, 0)$ の式になる.

$$y(x, 0) = A\sin\left\{2\pi\left(\frac{0}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \frac{\pi}{4}\right)$$

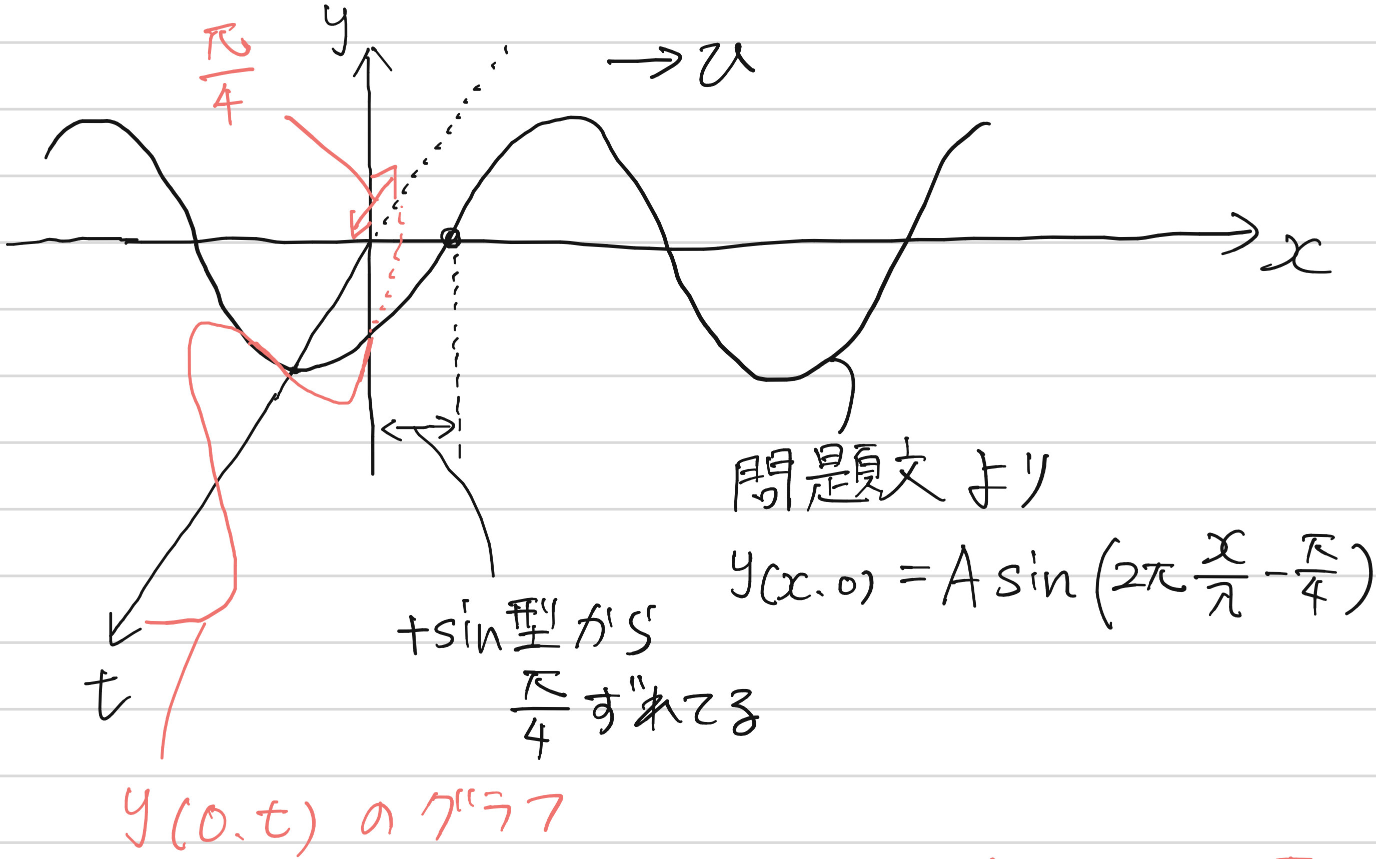
$$= A\sin\left\{2\pi\left(-\frac{x}{\lambda}\right) + \frac{\pi}{4}\right\}$$

$$= -A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$= \underline{-A\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(x - \frac{\lambda}{8}\right)} \,//$$

$\boxed{175}$ この問題では $y(0,t)$ の式を作ってずれを組み込むのではなく、$y(x,0)$ の式にずれを組み込む流れになっている

$\boxed{\text{やり方①}}$ むりやり $y(0,t)$ の式を作っていままで通りとく。



式にすると $y(0,t)=-A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\frac{\pi}{4}\right)$

$=-A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t+\frac{T}{8}\right)$ //

(2) の答え

ここから $\frac{x}{v}$ おくれるので

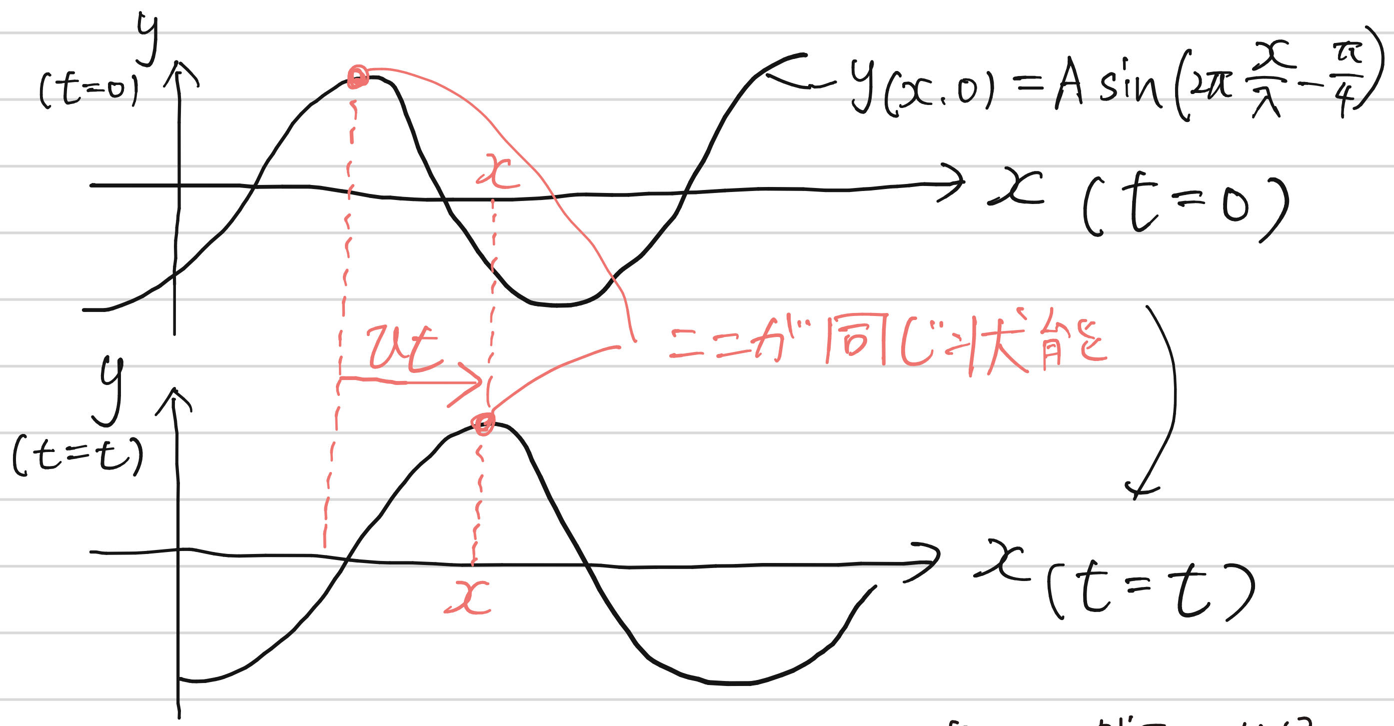
$y(x,t)=y\left(0,t-\frac{x}{v}\right)=-A\sin\left\{\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)+\frac{\pi}{4}\right\}$ //

模範解答にあわせると $\Rightarrow =A\sin\left(2\pi\frac{x-vt}{\lambda}-\frac{\pi}{4}\right)$ //

(1) の答え

$\boxed{175}$ 続き

$\boxed{\text{やり方2}}$ $y(x,0)$ をベースにずれを組み込む



t=0 のグラフから x が vt ずれるという意味

$$\Rightarrow\ y(x,t)=y(x-vt,\ 0)$$

$$=A\sin\left(2\pi\frac{x-vt}{\lambda}-\frac{\pi}{4}\right)\ //$$

(1) の答え

⇓

$x=0$ を代入すると (2) の答えになる.

$$y(0,t)=A\sin\left(2\pi\frac{0-vt}{\lambda}-\frac{\pi}{4}\right)$$

$$=A\sin\left(-2\pi\frac{vt}{\lambda}-\frac{\pi}{4}\right)$$

$$=-A\sin\left(2\pi\frac{vt}{\lambda}+\frac{\pi}{4}\right)$$

$$=-A\sin\left(2\pi\frac{t}{T}+\frac{\pi}{4}\right)$$

$$=-A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t+\frac{T}{8}\right)\ //$$

(2) の答え

$\boxed{176}$ 波の式の基本の型と比較して考える.

型① $y = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$

型② $y = A\sin \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right)$

ここに注目すれば
どちらの型かわかる

波の進む向きが
負の向きだと
ここが + になる.

今回の式は

$y = 3.0\sin\pi(\underbrace{4.0x - 50t})$

型と順序が逆なので変形が必要

$= -3.0\sin\pi(50t - 4.0x)$

ここが t ではないので 型② ではない

ここが 2π でないので 型①ではない

⇓

型①でも②でもないので. どちらかにあわせて
変型する.

型①にあわせると

$y = -\underset{A}{3.0}\sin 2\pi(\underset{\frac{t}{T}}{25t} - \underset{\frac{x}{\lambda}}{2.0x})$

よって. $A = \underline{3.0\,\mathrm{m}}$ (1)

$T = \frac{1}{25}$

$= \underline{0.040\,\mathrm{s}}$ (2)

$\lambda = \frac{1}{2} = \underline{0.50\,\mathrm{m}}$

(3)

$v = f\lambda$ より $v = \frac{\lambda}{T}$

$= \frac{0.50}{0.040} = \underline{12.5\ \mathrm{m/s}}$ (4)

$\boxed{176}$ 続き

型② にあわせると

$$y = -3.0\sin 50\pi\left(t - \frac{2.0x}{25}\right)$$

A　　$\frac{2\pi}{T}$　　$\frac{x}{v}$

よって $T = \frac{2}{50} = \underline{0.040s}$

$\lambda = \frac{25}{2.0}$

よって $A = \underline{3.0m}$ (1)

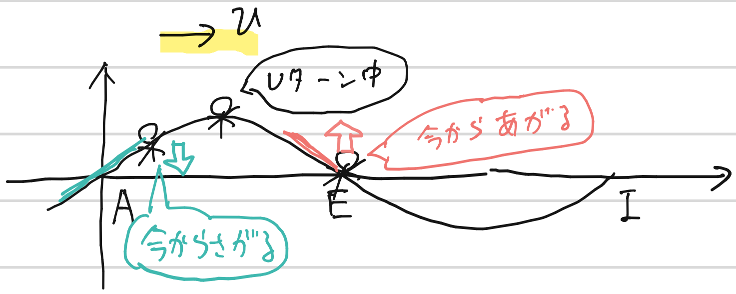
$T = \frac{2}{50} = \underline{0.040s}$ (2)

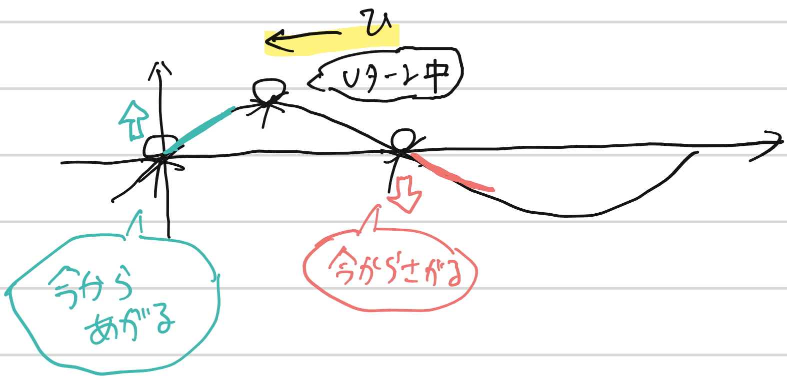
$v = \frac{25}{2} = \underline{12.5m/s}$ (4)

$v = f\lambda$ より　$\lambda = \frac{v}{f} = vT$

$\lambda = 12.5 \times 0.04 = \underline{0.50m}$ (3)

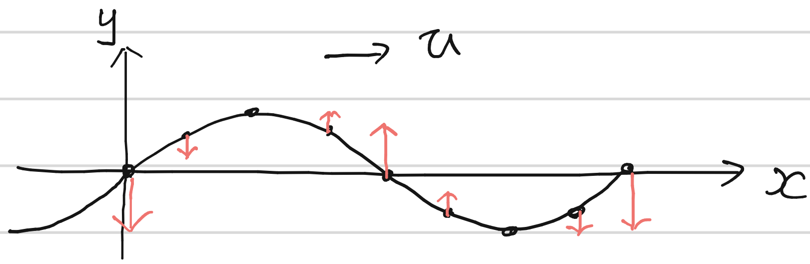
177 媒質を、うき輪で浮いている人形ととらえて、
どちらにうごいているかイメージしよう



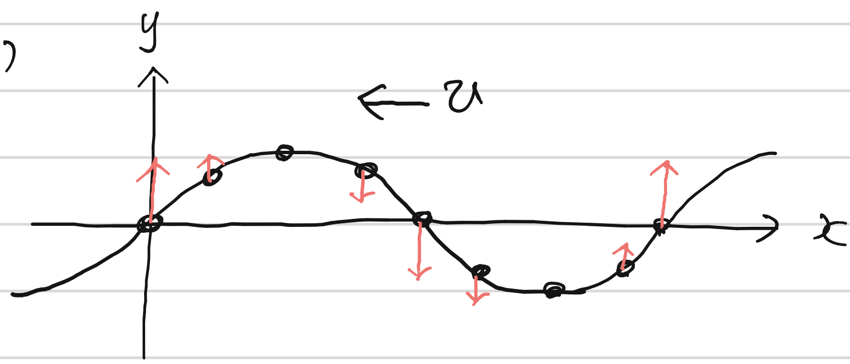


今から人形に向かってくる波に注目する。

(1)



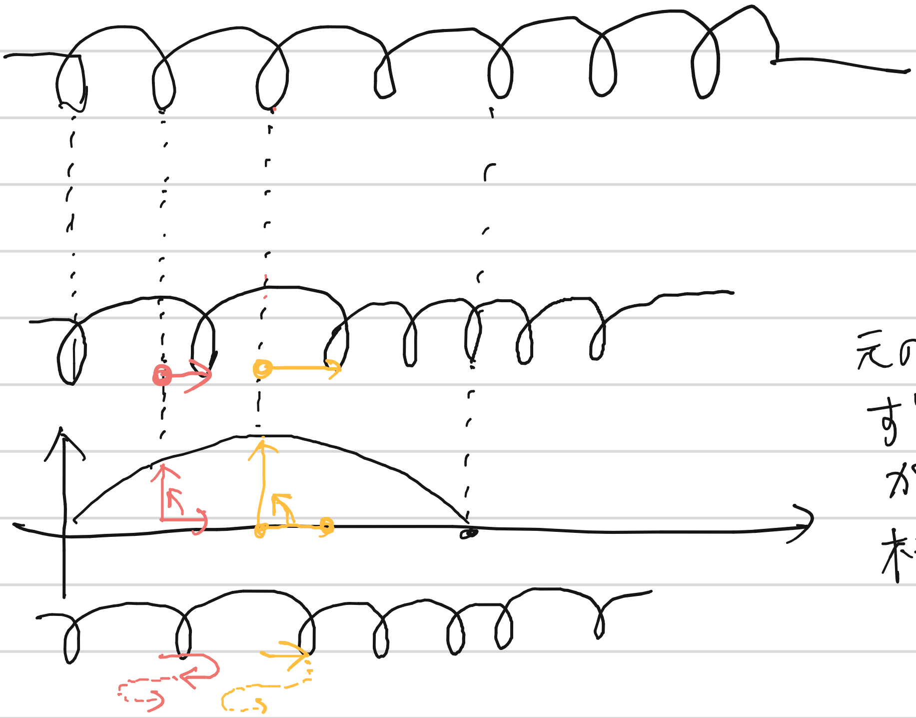
(2)



逆向きになる

178 縦波

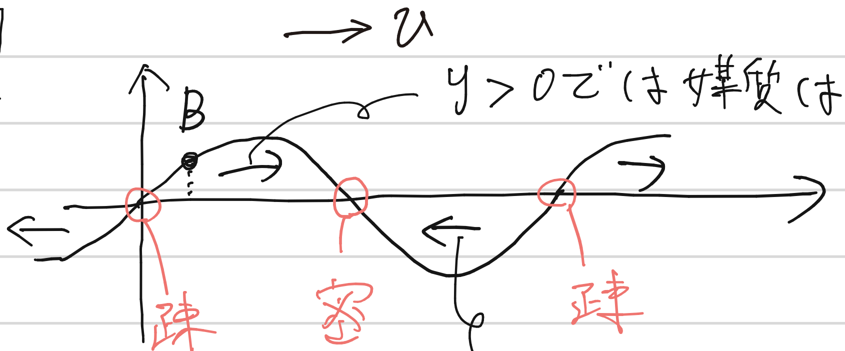
縦波の横波表示のルール



元の位置からの左右のずれを、たてに置きかえることで横波表示にできる。

(1)

疎密

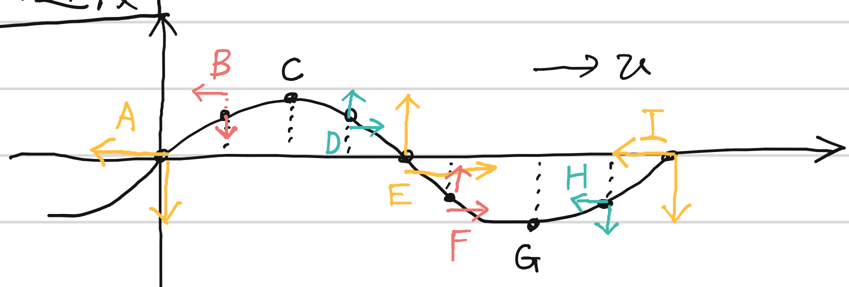


y > 0では媒質は右に変位

y < 0では媒質は左に変位.

v < 0でもこれは変わらない

媒質の速度

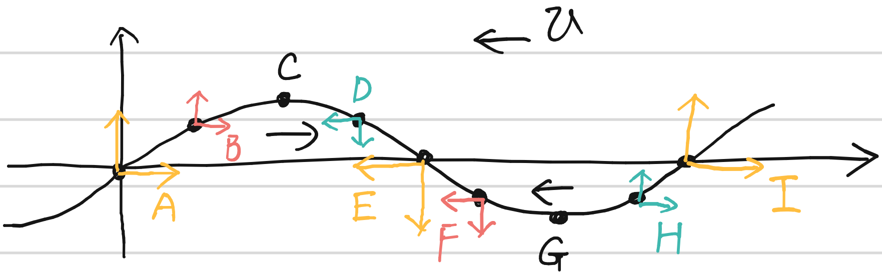


横波と捉えて考えた上下の速度を左右に変換 (正→右 負→左)
(正負)

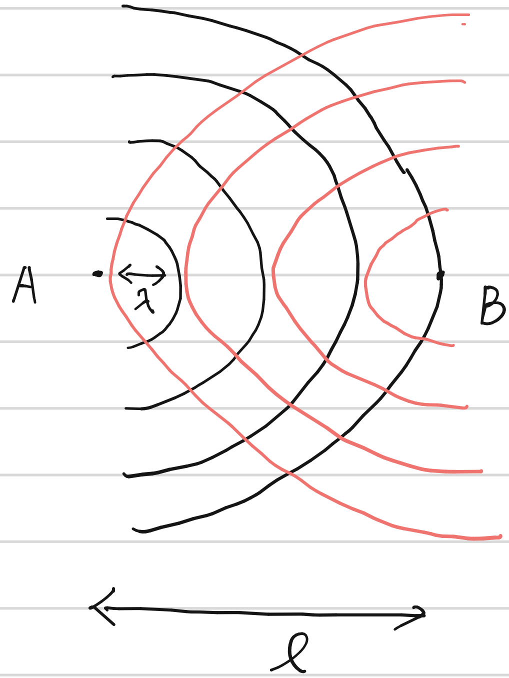
$\boxed{178}$ 続き

(2) 波の進む向きが負の向きでも、
縦波の横波表示のルールは変わらない。
→ 右へのずれは正(上)、左へのずれは負(下)
に書いている。 (ア) (イ)

※媒質の速度は以下のように書ける。



179



(1)

図より
AB間は 4λでl
なので

$4\lambda = l$

$\lambda = \frac{l}{4}$

$v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$ より

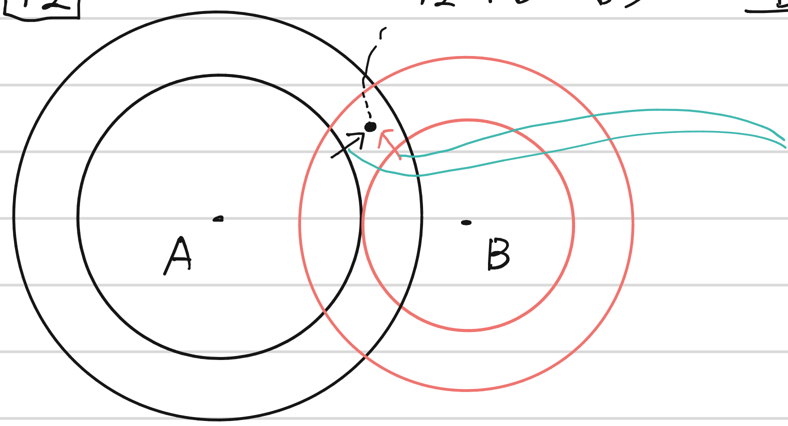
$v = \frac{l}{4T}$

(2)

$\boxed{P_1}$ は 山と山 ⇒ 山

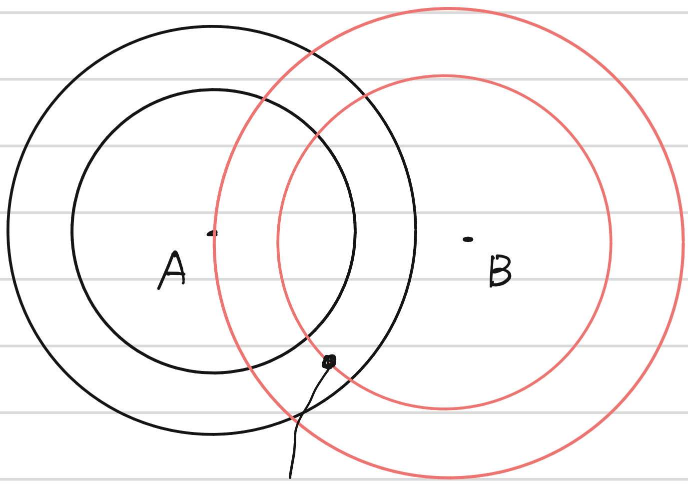
$\boxed{P_2}$

P_2 (谷と谷) ⇒ 谷



時間がたったら
山と山が重なることも
わかる

$\boxed{P_3}$



P_3 (山と谷) ⇒ 逆位相の点 ⇒ 節

179 続き

(3) 波の干渉.

↳ (経路差) = (半波長) × (偶数) で強め合い.

(経路差) = (半波長) × (奇数) で弱め合い.

式にすると

$$|\overline{AP} - \overline{BP}| = \frac{\lambda}{2} \times 2m$$ で強め合い

$$\Rightarrow |\overline{AP} - \overline{BP}| = \underline{\underline{m}}\,\lambda$$

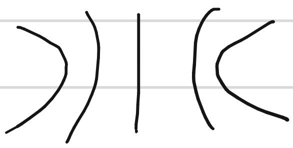
(ア)

$$|\overline{AP} - \overline{BP}| = \frac{\lambda}{2} \times (2m+1)$$ で弱め合い

$$\Rightarrow |\overline{AP} - \overline{BP}| = \underline{\underline{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda}}$$

(イ)

(4) 解答の通り.

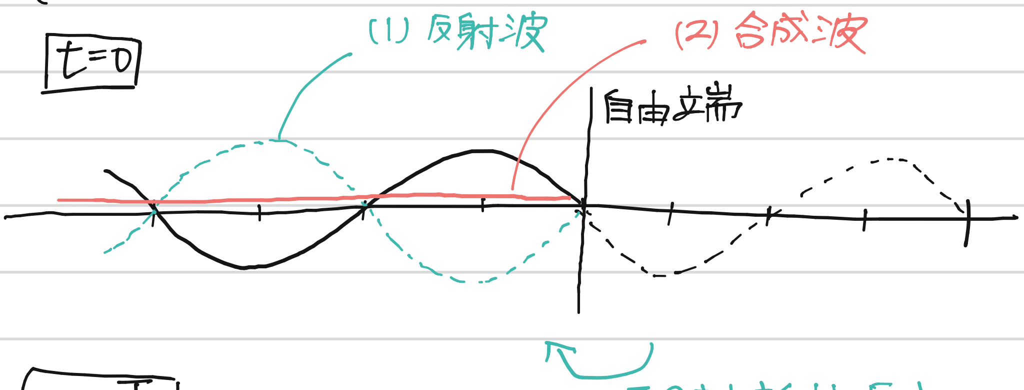


← こんな形になることは覚えておこう.

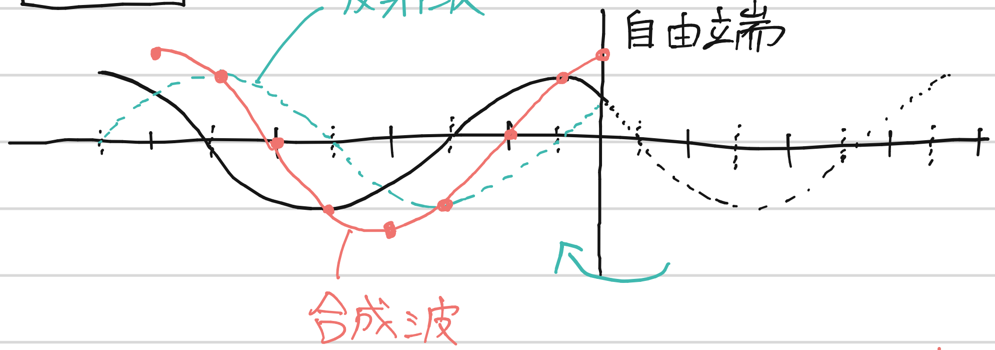
$\boxed{180}$

(自由端)

$\boxed{t=0}$



$\boxed{t=\frac{T}{8}}$

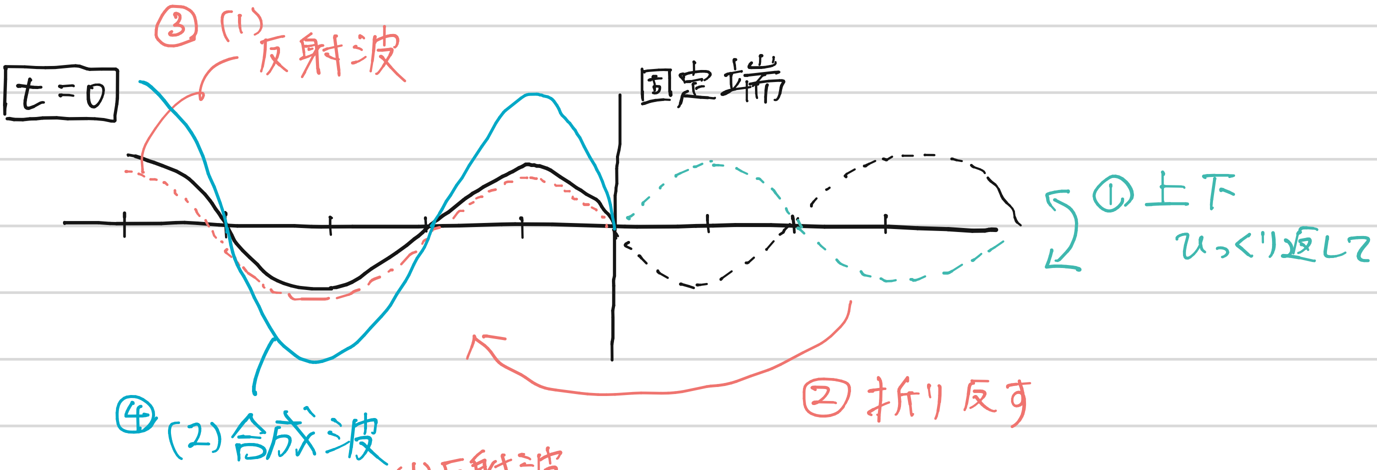


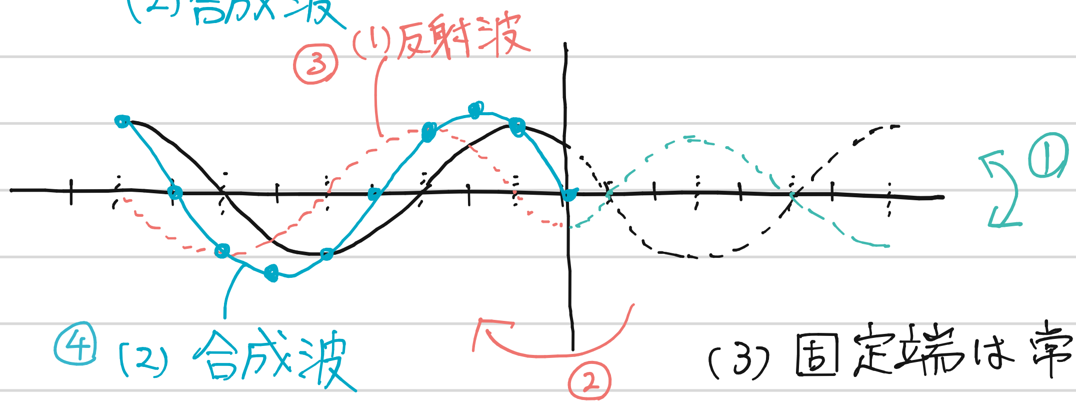
(3) 自由端は0だったり強めあったり ⇒ 腹

⇒各点でyの値を足し算して合成する。
片方が0の場所は特徴的な場所になる。

(固定端)

$\boxed{t=0}$

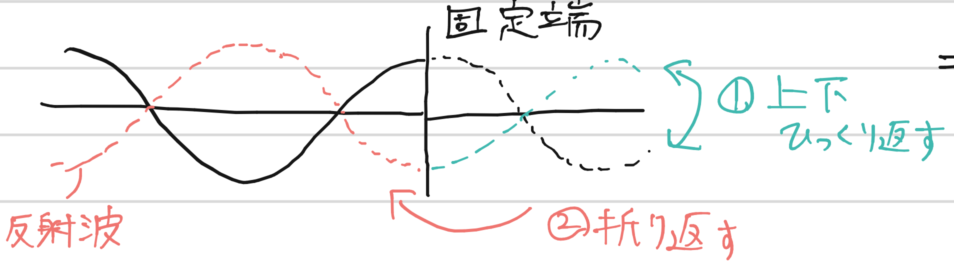




(3) 固定端は常に0 ⇒ 節

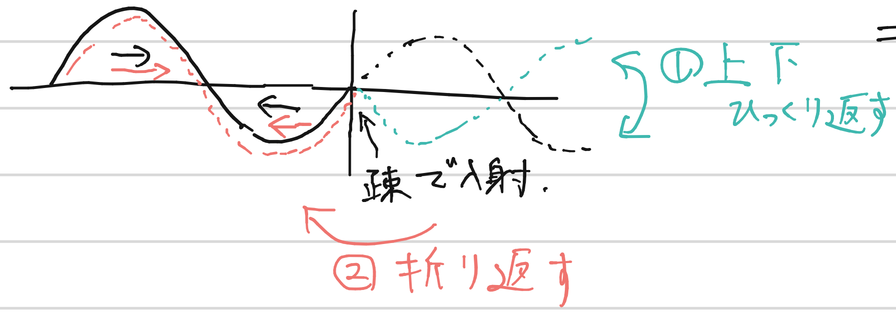
181

(1) 山で入射するときの作図



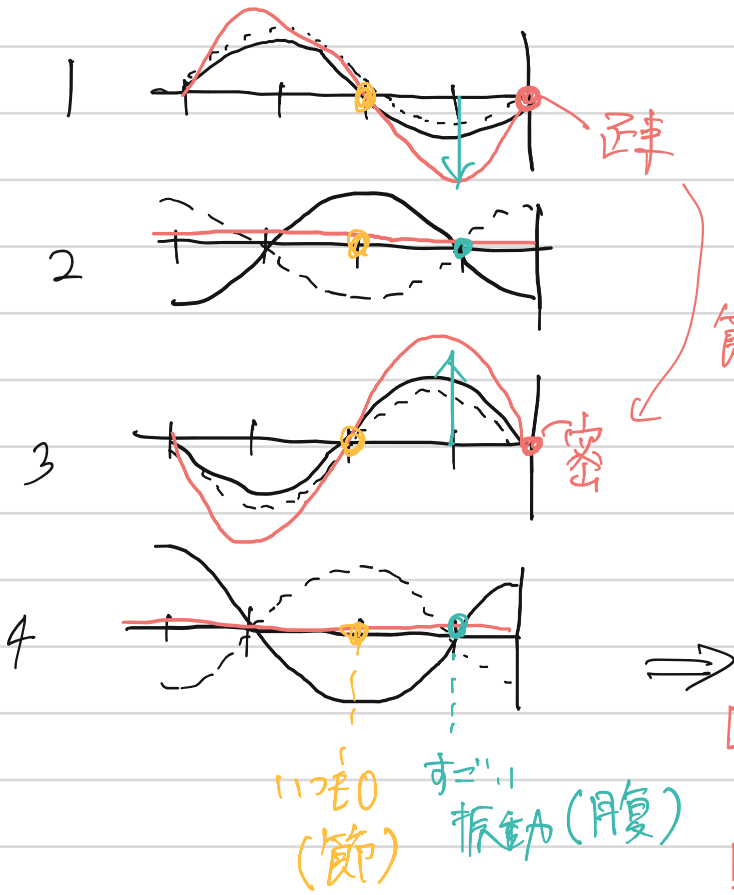
⇒ 山は谷で反射。
(図4の状況)

疎で入射するときの作図



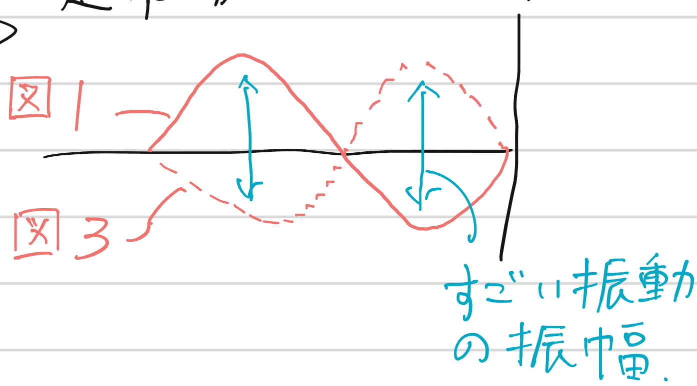
⇒ 反射波も端で疎を作っている
(図1の状況)

(2)

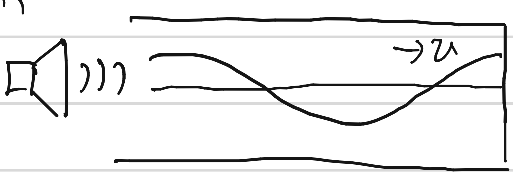


左図より
腹：B.D
節：A.C.E

⇒ 定常波のグラフを書くと.



※



気柱の共鳴のモデルである