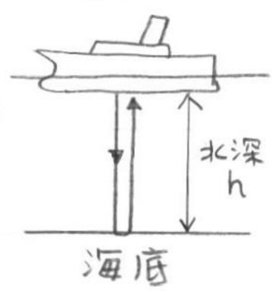
3.1 直線上を伝わる波① 2018年7/27修正(316)
7/24修正(324)

310. (1) ①媒質 ②エネルギー
(2) ③横波 ④縦波 ⑤疎密

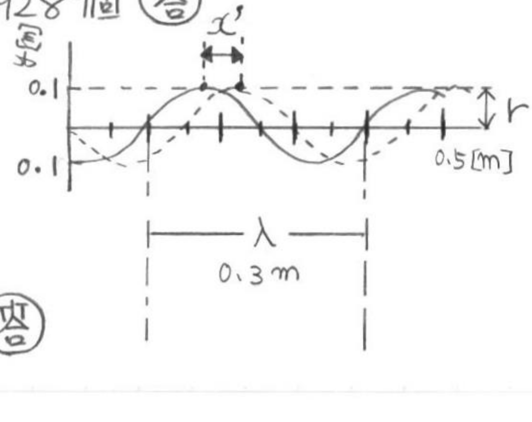
311. 設問より $\lambda = 1.5\,m$ $f = 2.0\,Hz$
$T = \frac{1}{f}$ より $T = \frac{1}{2} = 0.5\,[s]$ $v = \lambda f$ より $v = 1.5 \times 2 = 3\,[m/s]$ 答

312. 設問より 15mを5秒で移動 $v = 15/5 = 3\,[m/s]$
$T = 0.4\,[s]$ $f = 1/T$ より $f = 1/0.4 = 2.5\,[Hz]$
$v = \lambda f$ より $\lambda = v/f = 3/2.5 = 1.2$ $\lambda = 1.2\,[m]$ 答

313. $v = \lambda f$ $v = 3.0 \times 10^8\ m/s$ として
(1) 500kHz $k = キロ = 10^3$ $500\,kHz = 5.00 \times 10^5\,[Hz]$
$\lambda = \frac{v}{f}$ より $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^5} = 600$ $6.00 \times 10^2\,[m]$ 答
(2) $M = 10^6$ より $100\,MHz = 1.0 \times 10^8\,[Hz]$
$\lambda = \frac{v}{f}$ より $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^8} = 3$ $3.00\,[m]$ 答



314. (1) 超音波は $v = 1400\,m/s$ で2hの距離を0.05秒で進む
$x = vt$ より $x = 2h = vt$
$h = \frac{vt}{2} = \frac{1400 \times 0.05}{2} = 35$ $35.0\,m$ 答
(2) $f = 5 \times 10^4\,[Hz]$ $v = 1400\,m/s = 1.4 \times 10^3$
$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1.4 \times 10^3}{5 \times 10^4} = 0.028\,[m]$
水深 $h = 250\,m$ 中に $\lambda = 0.028$ が何個あるか
$h/\lambda = 250/0.028 = 8928.5$ 8928個 答



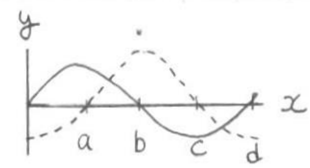
315. (1) 設問の図より $r = 0.1\,m$、$\lambda = 0.3\,m$
(2) 0.02秒で波は x' 分だけ右に進んだ。
$x' = 0.05\,m$ なので $v = x'/t$
$v = 0.05/0.02 = 2.5\,[m/s]$
$v = \lambda f$ $f = v/\lambda = 2.5/0.3 = 8.33\,[Hz]$
$T = 1/f = 1/8.33 = 0.12\,[s]$
答

3.1 直線上を伝わる波 ②

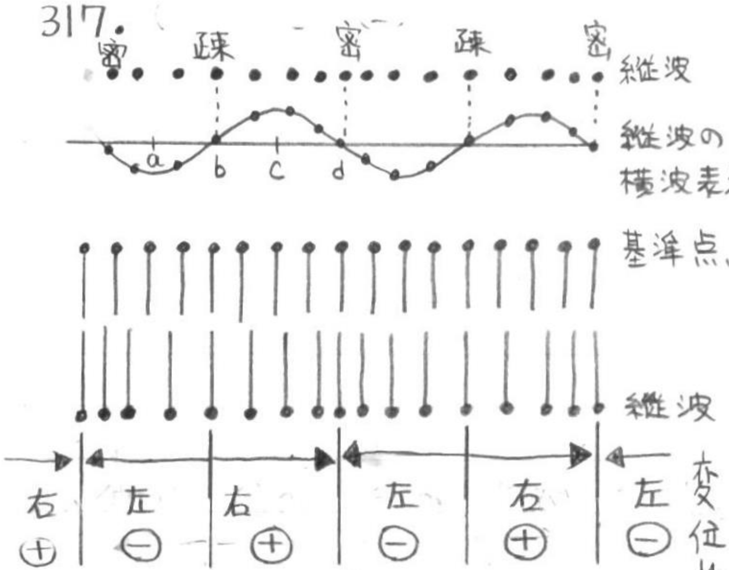
↳2018 7/27 修正

316. (1) a, c (2) b (3) a (4) 右図の点線

↳問題解答 d は×



317.



(1) a c　変位最大

(2) d　密

(3) b　疎

(4) d　右速度最大

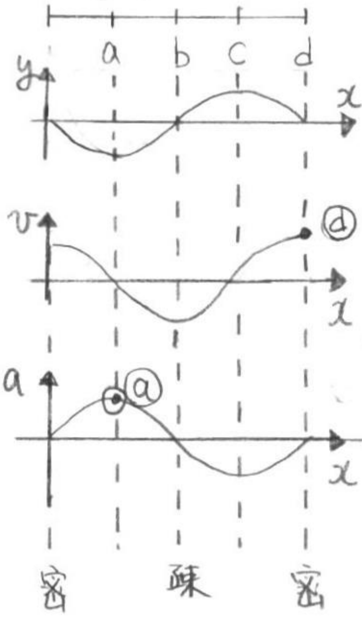
(5) a　右加速度最大

a：左方向伸び(変位)最大、+a 最大

b：変位ゼロ、疎、−v 最大

c：右方向伸び(変位)最大、−a 最大

d：変位ゼロ、密、+v 最大



$y=-r\sin\omega t$

変位 y のグラフ

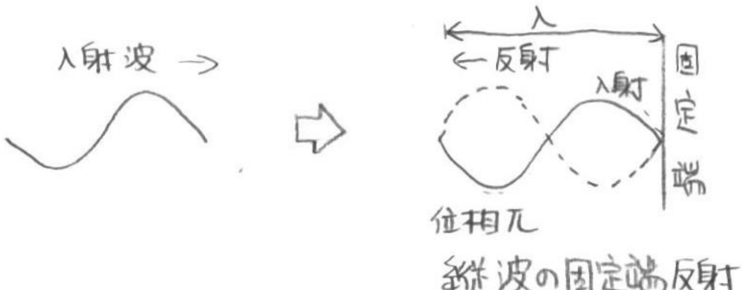
$v=-r\omega\cos\omega t$

速度 v のグラフ → d 点で右向き(+)の v が最大

$a=r\omega\sin\omega t$

加速度 a のグラフ → a 点で右向き(+)の a が最大

318. 密な媒質との境界での反射 → 縦波の固定端反射(作用・反作用なし)

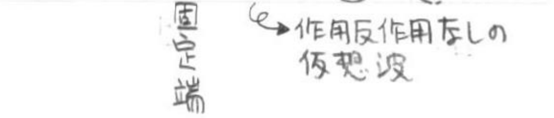


縦波の固定端反射

入射波に対して反射波は(結果的に)反転して半波長($\frac{\lambda}{2}$)波長がずれる。

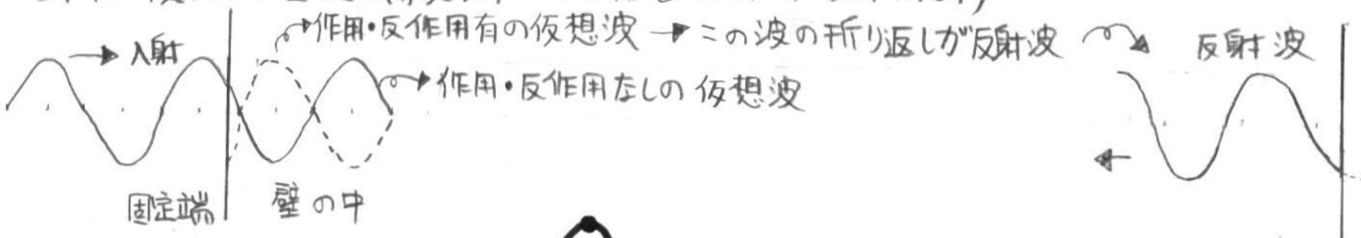
半波長のずれは位相にすると π rad のずれとなる。

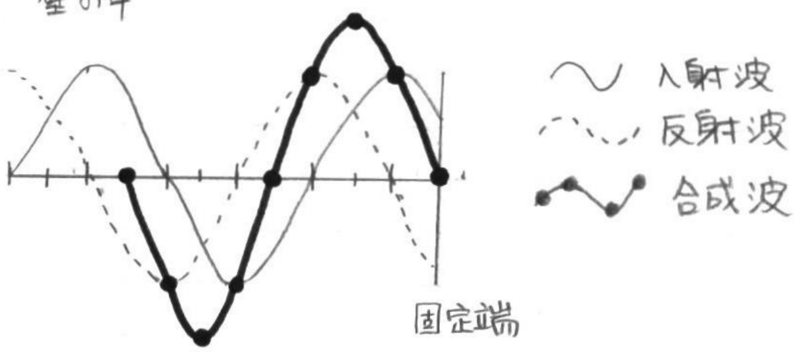
① 固定 ② 1/2 ③ π 答



3.1 直線上を伝わる波③

319. 横波の固定端反射 → 端での作用・反作用あり





320. (1) c, g　　(2) a, e, i

振幅最大値の場所が腹、振幅最小値の場所が節

321. $y = A\sin(\omega t - kx)$ の基本式を $\omega T = 2\pi$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ を使って変形

$y = A\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ ①　λ と T を用いた波動の y の式

(1) ① に $x = 0$ を代入すると $y = A\sin(2\pi t/T)$ となる

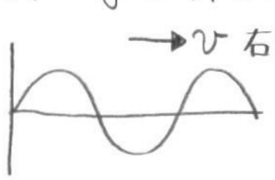
したがって この波動の式は $y = A\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ 答

(2) ① に $t = 0$ を代入すると $y = A\sin\left\{2\pi\left(-\frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ となる。

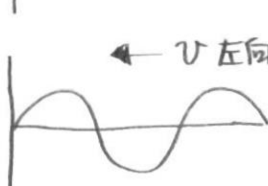
設問では $t = 0$ の時 $y = A\sin\{2\pi(x/\lambda)\}$ となるので、+ − が異なる。

よって $y = A\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ であれば $t = 0$ で $y = A\sin\left(2\pi\frac{x}{\lambda}\right)$ が成立

$\therefore$ $y = A\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ 答



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



$y = A\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ (2)の式

(3) 波の伝わる向きが逆

(1) は右向き(+)

(2) は左向き(−)

3.1 直線上を伝わる波 ④

322. $y = r\sin(\omega t - kx)$ より $r = 0.05$、$\omega = 20\pi$、$k = 8\pi$

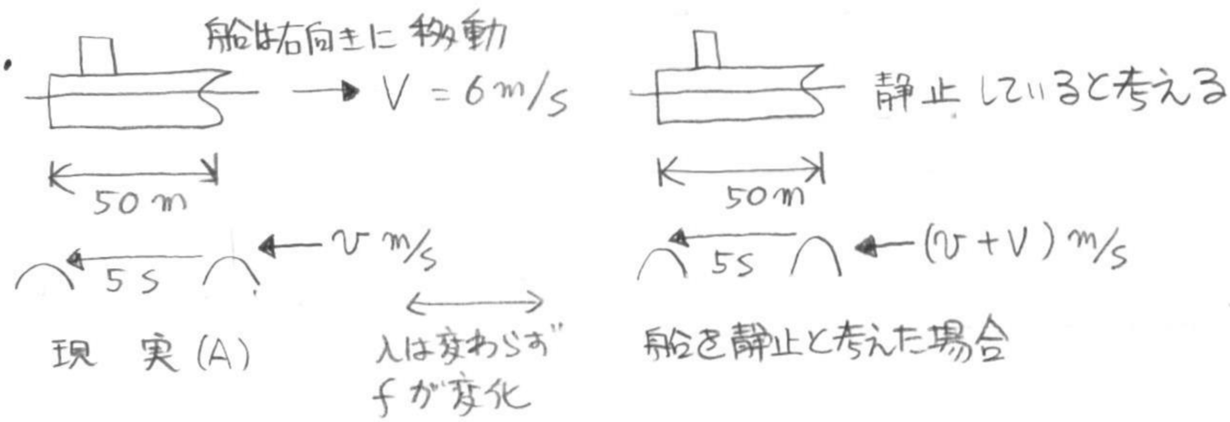
$\omega T = 2\pi$ より $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{20\pi} = \frac{1}{10} = 0.1$ [s]　$f = \frac{1}{T}$ より $f = \frac{1}{0.1} = 10$ [Hz]

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ より　$\lambda = 2\pi/k = 2\pi/8\pi = \frac{1}{4} = 0.25$ [m]

$v = \lambda f$ より　$v = 0.25 \times 10 = 2.5$ [m/s]

$v = 2.50$ [m/s]、$T = 0.1$ [s]、$\lambda = 0.25$ [m]、$f = 10$ [Hz]　答

323.



設問より 波が 50m を進むのに 5秒かかって $v + V = 50/5 = 10.0$ m/s

$v = 10 - V = 10 - 6 = 4$ [m/s]

1つの山が通過してから次の山が通過するのに 4[s]　$T' = 4.0$ [s]

波が $(v+V)$ の時 $T' = 4.0$ [s]　$f' = 1/T = 0.25$ [Hz]

$(v+V) = \lambda f'$　　$\lambda = \frac{(v+V)}{f'} = \frac{10}{0.25} = 40.0$ [m]

$v = 4.0$ [m/s]、$\lambda = 40.0$ [m]

$v = \lambda f$ より $f = \frac{v}{\lambda}$　　$f = \frac{1}{T}$　　$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{v/\lambda} = \frac{\lambda}{v}$

$T = \frac{40}{4} = 10$ [s]　　　$\lambda = 40.0$ [m]、$v = 4.0$ m/s、$T = 10.0$ [s]　答

ポイント

- 波の速度 v に船の速度 V を加え、船が静止している状態と考え、波の速度を $(v+V)$ で考える
- 船が動いていると考えても、止まっていると考えても、波長 λ は同じだが、周波数 f と周期 T は変化する。

3.1 直線上を伝わる波 ⑤

324. ※ 2018 7/24 修正

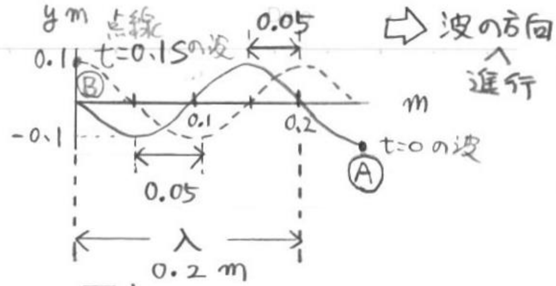


図1

(1) 0.01秒で波の山は0.05 m右側に進んでいる。$x = 0.05\,m$、$t=0.1$ 秒として
速度 v = 移動距離x/時間t より
$v = 0.05/0.1 = 0.5$ [m/s] 答
図より波の波長 $\lambda = 0.2\,m$ なので $v=\lambda f \rightarrow f = v/\lambda$ より
$f = 0.5/0.2 = 2.5$ [Hz] 答 　$T = 1/f = 0.4$ [s] 　(ν(ニュー)とfは同じ) 振動数を表す

(2) $y = r\sin(\omega t - kx)$ の式を使用 ← 波は右向きなので一
初期位相ϕは、$t=0$の図1の波形より$\phi=0$(補足参照)
グラフより $r = 0.1\,m$ 　$\omega = 2\pi f$ より $\omega = 5\pi$[rad/s] 　$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.2} = 10\pi$
$y = r\sin(\omega t - kx) = 0.1\sin(5\pi t - 10\pi x)$ → $t=0$ $x=0.45\,m$ を代入
$y = 0.1\sin(5\pi\cdot 0 - 10\pi\cdot 0.45) = 0.1\sin(-4.5\pi) = 0.1\sin(-0.5\pi) = -0.1$
答 -0.1[m]

別解
$t=0$, $x=0.25\,m$ の図1の地点Aは、$t=0$, $x=0.45\,m$ ($0.2+0.25\,m$) の点と、$\lambda=0.2\,m$ の一周期分離れているが、変位yは同じ。よって $-0.1\,m$

(3) $t=0.5S$, $x=1m$ を $y=0.1\sin(5\pi t - 10\pi x)$ の式に代入
$y = 0.1\sin(5\pi\times 0.5 - 10\pi\times 1) = 0.1\sin(2.5\pi - 10\pi) = 0.1\sin(-7.5\pi)$
$= 0.1\sin(-\frac{3}{2}\pi) = 0.1$ 　答 0.1[m]
別解
$f = 2.5$Hzより、周期$T=0.4S$。$t=0.5S$ は $0.4S+0.1S$ なので、
$t=0.5S$ の波形は、$t=0.1S$後の波形と同じ。
$x=1m = 0.2m\times 5$周期なので、図1 Ⓑ と同じ変位yとなる∴0.1 m

補足
$t=0$ の $y=r\sin(\omega t - kx)$ のx-y平面図

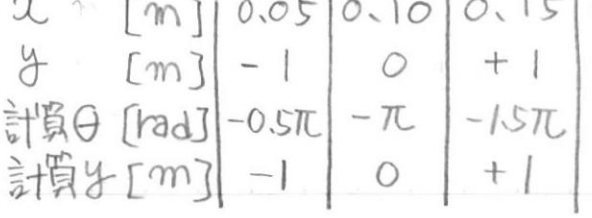


図2

$t=0$ の $y=r\sin(\omega t + kx)$ のx-y平面図

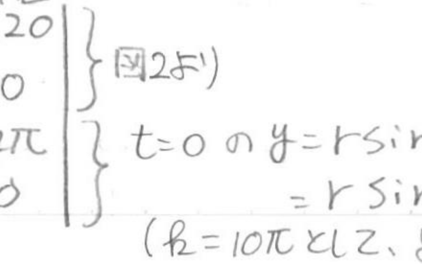


図3

問題では、$t=0$の波形は、図2なので(図1の実線)、変位yの式は $y=r\sin(\omega t - kx)$ の式を使う。初期位相ϕは0

表1 $y=r\sin(\omega t - kx)$ の、$t=0$の計算値

x	[m]	0.05	0.10	0.15	0.20
y	[m]	−1	0	+1	0
計算θ	[rad]	-0.5π	$-\pi$	-1.5π	-2π
計算y	[m]	−1	0	+1	0

} 図2より
} $t=0$ の $y = r\sin(\omega t - kx) = r\sin(-kx)$ の計算値
($k=10\pi$として、$y=r\sin(-10\pi x)$)

3.1 直線上を伝わる波 ⑥

325.

(1) ①周波数(振動数) ②振幅

$E = 2m\pi^2 f^2 r^2$ より 正弦波(波)のエネルギーは 周波数(振動数)fと振幅(r)の2乗に比例している。

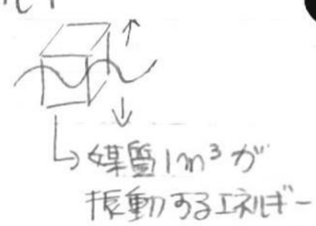
(2) 波の強さ(Intensity)には2つの考え方がある。

Ⓐ 授業で学習した考え方 → 1秒間に$1m^2$で受ける波のエネルギー

波の強さ $I = \dfrac{J}{m^2 \cdot s}$ $\quad 1J/s = 1W$ より $\quad I = \dfrac{W}{m^2}$

Ⓑ 単位体積($1m^3$)中を速度vで進む波が持つエネルギー

波の強さ $I = \dfrac{J}{m^3} \times \dfrac{m}{s} = \dfrac{J}{m^2 \cdot s} = \dfrac{W}{m^2}$



ⒶでもⒷでも最終的な単位は $J/(m^2 \cdot s)$ か W/m^2

設問ではⒷで考えているので、③速度(速さ) ④ J 、⑤ W 答

326. $E = 2m\pi^2 f^2 r^2$ の式より $m = 1m^3$の水の重量 1000kg

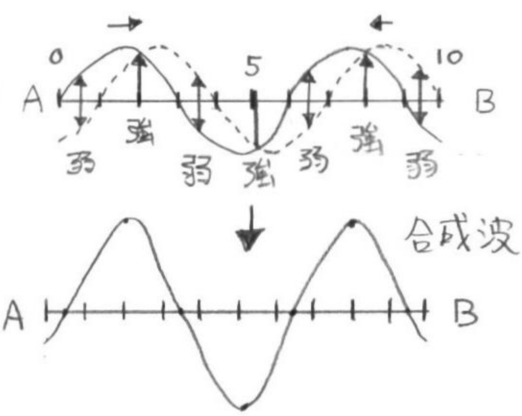
$f = 400Hz$、$r = 0.02m$

$E = 2 \times 1000 \times \pi^2 \times 400^2 \times 0.02^2 = 1.26 \times 10^6$ $\quad 1.26 \times 10^6$[J] 答

327. 強め合う点 2cm, 5cm, 8cm

弱め合う点 0.5cm, 3.5cm, 6.5cm, 9.5cm

(変位0)



328. 設問より

$r = 0.05$[m], $T = 0.2$[s]

$f = 1/T = 5$[Hz] $\quad v = 1$[m/s]

$v = \lambda f$ より $\lambda = v/f = 1/5 = 0.2$ [m]

$\omega = 2\pi/T = 10\pi$[rad/s] $\quad k = \dfrac{2\pi}{\lambda} = 10\pi$

$y = r\sin(\omega t - kx) = 0.05\sin(10\pi t - 10\pi x)$

$t=0$で$y=0$でないので初期位相ϕを考える。$y = 0.05\sin\{10\pi(t-x)+\phi\}$

$t=0$ $x=0$、$y=-0.05m$を式に代入

$-0.05 = 0.05\sin(0+\phi)$ $\quad \phi = -\dfrac{\pi}{2}$

$y = 0.05\sin\left\{10\pi(t-x) - \dfrac{\pi}{2}\right\}$ 答

3.1 直線上を伝わる波 ⑦

329. (1) 原点での変位は $x=0$ で固定なので $y=r\sin(\omega t+\alpha)$ の式
$t=0$, $y=a$, $t=\frac{5}{12}\cdot T$ $y=0$ を上式に代入

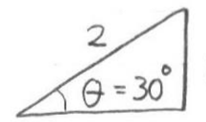
$a=r\sin\alpha$

$0=r\sin\left(\frac{5\omega T}{12}+\alpha\right)=r\sin\left(\frac{5\cdot 2\pi}{12}+\alpha\right)=r\sin\left(\frac{5}{6}\pi+\alpha\right)$

$0=r\sin\left(\frac{5}{6}\pi+\alpha\right)$ が成り立つためには、$\alpha=\frac{\pi}{6}$ [rad] → $\alpha=30°$

$a=r\sin\alpha=r\sin\frac{\pi}{6}=0.5r$

$r=a/0.5=2a$



$y=2a\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{6}\right)$ $\omega T=2\pi$ $\omega=2\pi/T$

$y=2a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\frac{\pi}{6}\right)$ 答

(2) (1) は $x=0$ 固定の単振動の式だったが、(2) は $x=0$ ではないので波動の式を適用する。
波動の式で設問から使用できる物理量 v, T

$y=r\sin(\omega t-kx)=r\sin\left\{\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)\right\}=r\sin\left\{2\pi\left(ft-\frac{x}{\lambda}\right)\right\}=r\sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)\right\}$

より式に v, T が入っているのは $y=r\sin\left\{\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)\right\}$

$r=2a$、初期位相 $\alpha=\pi/6$ を式に代入すると

$y=2a\sin\left\{\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)+\frac{\pi}{6}\right\}$ 答

330. 図より $r=0.5$[m]、$\lambda=6$ m、$v=A_1-A_0/t=(9.5-1.5)/1=8.0$[m/s]
$v=\lambda f$ より $f=v/\lambda=8/6=1.33$[Hz] $k=2\pi/\lambda=\frac{\pi}{3}$[m^{-1}]

(1) $r=0.5$[m]、$\lambda=6.0$[m]、$k=\pi/3$[m^{-1}]、$v=8.0$[m/s]、$f=1.33$[Hz] 答

(2) (1) で求めた物理量で波動が表せる式 $y=r\sin\left\{2\pi\left(ft-\frac{x}{\lambda}\right)\right\}$

$y=0.5\sin\left\{2\pi\left(1.33t-\frac{x}{6}\right)\right\}$ → $t=t$、$x=6$ m と $x=2$ m を代入

$y_1=0.5\sin\{2\pi(1.33t-1)\}=0.5\sin(2.66\pi t-2\pi)$ ①

$y_2=0.5\sin\{2\pi(1.33t-1/3)\}=0.5\sin\left(2.66\pi t-\frac{2}{3}\pi\right)$ ②

①と②の位相差は $2\pi-\frac{2}{3}\pi=\frac{4}{3}\pi$ [rad] 答

3.1 直線上を伝わる波 ⑧

330. (2) $y = 0.5\sin 2\pi\left(1.33t - \frac{x}{6}\right)$ の式に $x = x$　$t = 0, 1$ [s] を代入

$y = 0.5\sin\left\{2\pi\left(0 - \frac{x}{6}\right)\right\} = 0.5\sin\left(0 - \frac{\pi}{3}x\right)$ ③

$y = 0.5\sin\left\{2\pi\left(1.33 - \frac{x}{6}\right)\right\} = 0.5\sin\left(2.66\pi - \frac{\pi}{3}x\right)$ ④

③と④の位相差 2.66π [rad]　$2.66 = 8/3$ なので $2.66\pi = \frac{8}{3}\pi$ [rad] 答

(3) $y = u(x, t) = 0.5\sin 2\pi\left(1.33t - \frac{x}{6}\right)$　$1.33 = 4/3$

$= 0.5\sin 2\pi\left(\frac{4}{3}t - \frac{x}{6}\right)$ 答