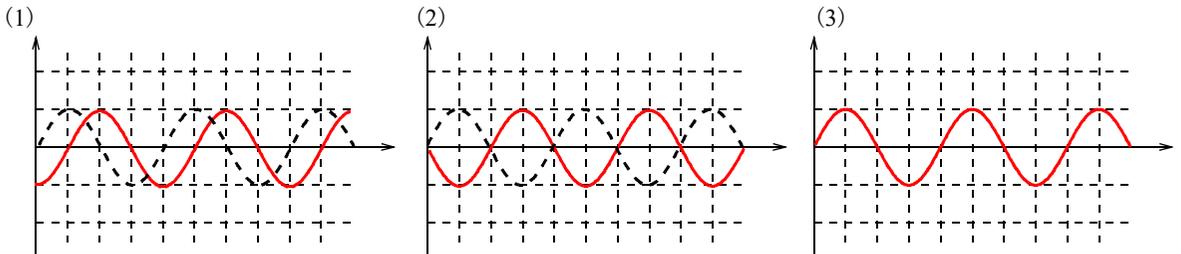


## 1

波源にある媒質が上下に1回振動すると、波が1つできる。媒質が1回振動するのにかかる時間が周期なので、1周期で波1つ、半周期で波半分、4分の1周期で波4分の1個分右に進む。



## 2

(1) 周期は波が1個できるのにかかる時間なので1個となる。

(2) 周期  $T$ [s] で波1つ分の  $\lambda$ [m] 進むので、距離を時間で割ることから、 $\frac{\lambda}{T}$  となる。

(3) 周期  $T$  は1回振動するのにかかる時間で、振動数  $f$  は単位時間当たりに振動する回数となっているので、

$$T[\text{s}]:1[\text{回}]=1[\text{s}]:f[\text{回}]\Leftrightarrow T=f^{-1}$$

※周期と振動数は逆数の関係になっている。

これと(3)で求めた式より、

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

これを波の基本式と言う。

## 3

(1) **5**[m]

(2) **8**[m]

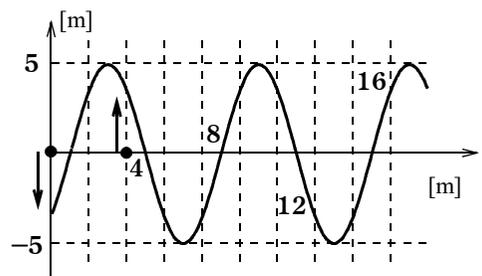
(3) 波の基本式 ( $v=f\lambda$ ) より、

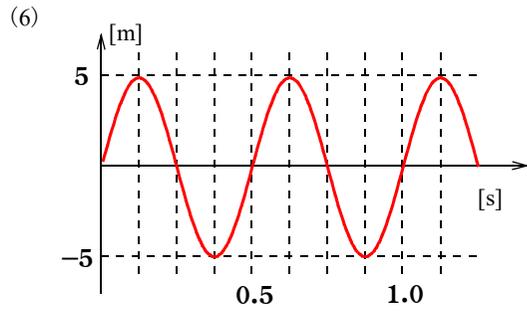
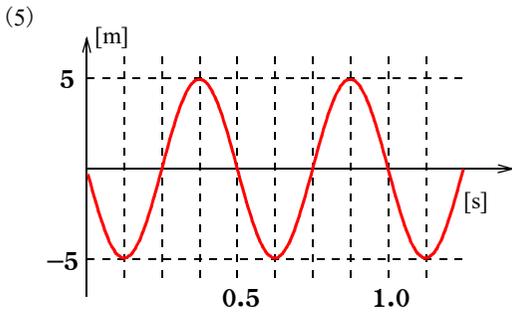
$$f=\frac{16}{8}=2[\text{m/s}]$$

(4) 周期と振動数は逆数の関係なので、

$$T=f^{-1}=0.5[\text{s}]$$

(5,6) 次の瞬間の波形を描くと右図のようになるので、 $x=0$  にある媒質は下に、 $x=4$  にある媒質は上に進んでいることが分かる。この後は周期 **0.5**[s] で振動することから考えて、





#### 4

(1) **5**[m]

(2) **8**[m]

(3) 時刻 **0**[s]で  $x=2$  の位置にある波の山の部分は右に進んでいくので、時刻 **2.0**[s]では  $x=6, 14, 22, \dots$ のいずれかの位置に来ていると考えられる。「 $x=4$  で一度だけ変位が **5**[m]になっている」ということから、時刻 **0**[s]で  $x=2$  の位置にある波の山の部分は時刻 **2.0**[s]では  $x=6$  の位置に来ていると考えられる。これより波の速さ  $v$ は  $v = \frac{6-2}{2.0} = 2$  [m/s]と求まる。したがって、波の基本式 ( $v=f\lambda$ ) より、

$$f = \frac{2}{8} = 0.25 \text{ [Hz]}$$

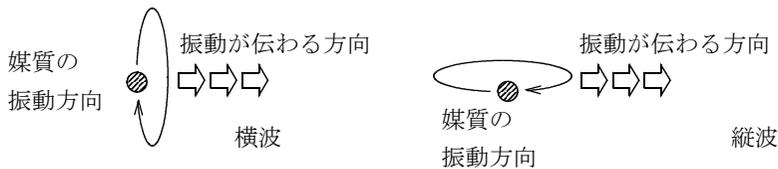
(4) 周期と振動数は逆数の関係なので、

$$T = f^{-1} = 4 \text{ [s]}$$

#### 5

##### 物理的思考

縦波と横波の違いについて考えてみよう。横波は媒質の振動方向と振動が伝わる方向が垂直になっている。したがって、上下の振動が左右に伝わっている。一方、縦波は媒質の振動方向と振動が伝わる方向が平行になっている。したがって、左右の振動が左右に伝わっている。ばねをばねの方向に振動させたものが縦波である。



	伝わる媒質	例
縦波	固体、気体、液体	音, P波
横波	固体	光, S波

(1) 縦波は媒質の振動方向とその振動が伝わる方向が平行なので、媒質はグラフの左右方向に振動している。グラフで変位が正(上)にあるのは媒質が元の位置より右にあるとき、変位が負(下)にあるときは媒質が元の位置より左にあるときである。したがって、変位が **0** となっている  $x=4$  や  $x=8$  付近の媒質は次の図のようになっており、



$x=4$  では、周囲の媒質が寄っていて密度が高く（密）、や  $x=8$  では周囲の媒質が離れて密度が低く（疎）となっている。以上より、密となるような場所は  $x=4, 12, 20, \dots$  となる。  
 ※縦波は疎と密が繰り返して現れている。これより縦波を疎密波と言うこともある。

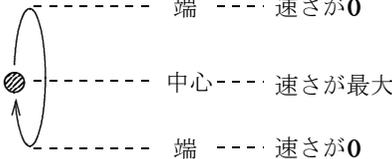
(2)  $x=8, 16, 24, \dots$

(3) 疎密波

## 6

□ ■ 物理的思考 ■ □

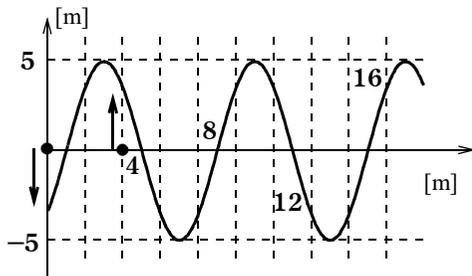
波は媒質の振動が隣の媒質に伝わる現象であるので、媒質の1点1点は単振動をしている。単振動の端は折り返し地点となっているので速さが0、また、単振動の中心では復元力の関係から速さが最大となっている。



(1) 単振動の中心（変位0）で速さが最大となるので、 $x=0, 4, 8, \dots$ となる。

(2) 単振動の端（変位最大と最小）で速さが0となるので、 $x=2, 6, 10, \dots$ となる。

(3) 速さが最大となる場所は(1)で求めた通りだが、向きについては判断できない。波が右に進んでいることから、次の瞬間の波形を描くと、下図ようになる。



次の瞬間の波形から  $x=0$  にあった媒質は下に、 $x=4$  にあった媒質は上に移動したことが分かる。これより、 $x=0$  にあった媒質が下向きに最大の速度を、 $x=4$  にあった媒質が上向きに最大の速度を持っていることが分かる。したがって、 $x=4, 12, 20, \dots$ となる。

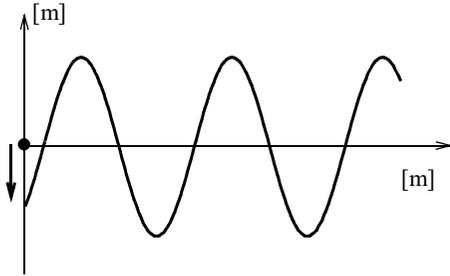
(4) 単振動の中心（変位0）で速さが最大となるので、 $x=0, 4, 8, \dots$ となる。

(5) 単振動の端（変位最大と最小）で速さが0となるので、 $x=2, 6, 10, \dots$ となる。

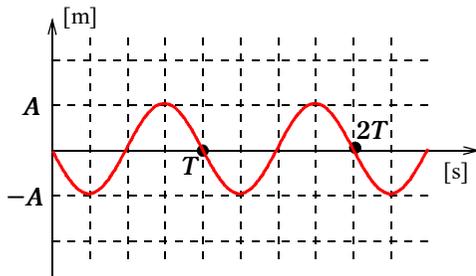
(6) (3)と同様に考え、(3)の「上方向」がこの問題での「右方向」に対応するので、 $x=4, 12, 20, \dots$ となる。

# 7

(1) 各媒質は単振動していることを考えると、時刻  $0[s]$  で変位  $0$  となっているので、この後上に行くのか下に行くのかが分かればよい。波が右に進んでいることから、次の瞬間の波形を描くと下図のようになる。



これより、原点にある媒質は時刻  $0[s]$  で変位  $0$  から始まり、下に進む単振動をすることが分かる。周期に注意して作図すると、



(2)  $y(0, t) = -A \sin \frac{2\pi}{T} t \dots \textcircled{1}$

□ ■ 物理的思考 ■ □  
 波の式は次の3ステップで完成することができる。  
 ① 波の式の形を決める。  
 -sin型  
 ② 横軸に注目して、位相 (sin ○の○の部分) の形を決める。横軸が位置  $x$  なら □  $x$ , 時間  $t$  なら □  $t$  とする。  
 □  $t$   
 ③ 位相 (sin ○の○の部分) を決める  
 横軸に注目すると、周期  $T$  で 1 振動している。  $t=T$  を代入したときに、  
 □  $T=2\pi$  と分かる。したがって、  
 □  $= \frac{2\pi}{T}$   
 ①~③と振幅に注意すると、  
 $y(0, t) = -A \sin \frac{2\pi}{T} t$

(3) 時刻  $t=0$  における任意の位置  $x=x$  での媒質の振動が分かっているので、 $y(x, 0)$  となる。

※  $y(x, 0)$  を求めてみる。形は sin 型で横軸に注目すると、位相は □  $x$  となる。波長  $\lambda$  で 1 振動している。  $x=\lambda$  を代入したときに、 □  $\lambda=2\pi$  と分かる。したがって、

□  $= \frac{2\pi}{\lambda}$

これらと振幅に注意して、

$$y(x, 0) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} x \cdots \textcircled{2}$$

(4) 距離を速さで割ることから、 $\frac{x}{v}$ となる。

(5)  $y(x, t)$ は任意の時刻  $t=t$  における任意の位置  $x=x$  での媒質の振動を表し、 $y(0, t)$ は任意の時刻  $t=t$  における位置  $x=0$  での媒質の振動を表している。 $x=0$  での媒質の振動が  $\frac{x}{v}$  [s]遅れて  $x=x$  に伝わることを考えると、時刻  $t=t-\frac{x}{v}$  における位置  $x=0$  での媒質の振動と時刻  $t=t$  における位置  $x=x$  での媒質の振動が等しくなる。したがって、 $y(0, t-\frac{x}{v})=y(x, t)$ となる。

(6) ①式で  $t \rightarrow t-\frac{x}{v}$  となることから、

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

波の基本式 ( $v=f\lambda$ ) を用いて変形すると、

$$y(x, t) = -A \sin \frac{2\pi}{T} (t-\frac{x}{f\lambda})$$

周期  $T$  と振動数  $f$  が逆数の関係であることを用いると、

$$y(x, t) = -A \sin 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) \cdots \textcircled{3}$$

□ ■ 物理的思考 ■ □

(6) で求めた②式が波の式の完成形となる。注目したいのは変数が  $x$  と  $t$  の2つになっていて、二次元のグラフでは描画できない。

さて、③式において  $x=0$  とおくと、

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

となる。この式は(2)で求めた①式と一致している。また、③式において  $t=0$  とおくと、

$$y(x, 0) = -A \sin 2\pi (-\frac{x}{\lambda}) = A \sin 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

となる。この式は(3)の参考で求めた③式と一致している。これらのことから③式が一般形となっており、これを求めさせる問題があったとしてもすぐに検算できる。波の式は確認ができる以上、何も難しくはない。

## 8

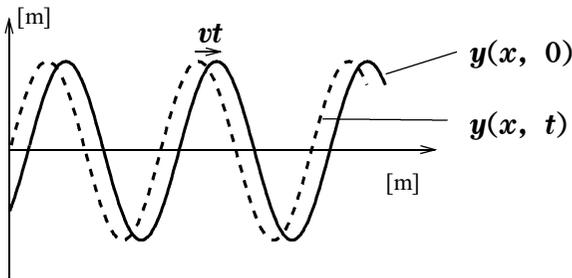
- (1) 形は **sin** 型で横軸に注目すると、位相は  $\square x$  となる。波長  $\lambda$  で **1** 振動している。 $x=\lambda$  を代入したときに、 $\square \lambda=2\pi$  と分かる。したがって、

$$\square = \frac{2\pi}{\lambda}$$

これらと振幅に注意して、

$$y(x, 0) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} x$$

- (2) 速さと時間の積から **vt** となる。
- (3)  $y(x, 0)$  から  $t$  [s] 時間が経過したものが  $y(x, t)$  であり、このことから、 $y(x, t)$  は  $y(x, 0)$  を  $+x$  方向に **vt** 平行移動させたものと分かる。数学の2次関数の頂点の移動と同様に考えて、 $x$  を  **$x-vt$**  とすればよい。



- (4) (3) の関係式から、

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

波の基本式 ( $v=f\lambda$ ) を用いて変形すると、

$$y(x, t) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x-f\lambda t)$$

周期  $T$  と振動数  $f$  が逆数の関係であることを用いると、

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