1．

周期 T〔s〕，波長 λ〔m〕，振幅 Y〔m〕の正弦波が，x 軸にそって正の向きに進んでいる。図1は時刻 $t=0$ における位置 x〔m〕$\leqq 0$ での変位 y〔m〕(波形) を示しており，A から M は等間隔の媒質の位置を表す。次の問いに答えよ。

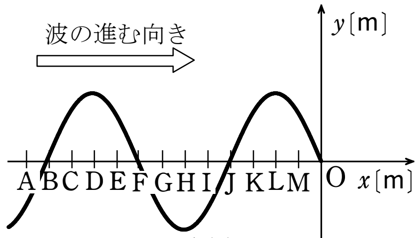


図1

(1) 正弦波の振動数 f〔Hz〕と波の進む速さ v〔m/s〕を，それぞれ求めよ。

(2) 図1の正弦波に関して次の (a)〜(d) に当てはまるものをそれぞれ，位置 A から M の中からすべて答えよ。

(a) 媒質の振動の速度が 0 である位置

(b) 媒質の振動の速度が y 軸の正の向きに最大である位置

(c) 媒質の振動状態が E と同位相である位置

(d) 媒質の振動状態が E と逆位相である位置

$x=0$ の位置に壁があり，x 軸にそって進んできた波は壁で完全に反射される。壁で固定端反射される場合について，次の問いに答えよ。

(3) 時刻 $t=\dfrac{13}{8}T$ における入射波の波形を図2に実線でかけ。また，このとき x 軸の負の方向に進む反射波の波形を図2に点線でかけ。

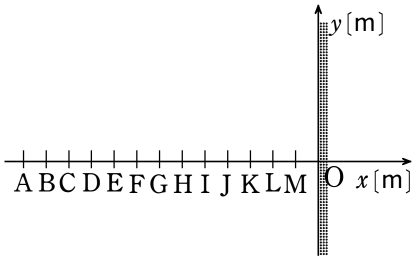


図2

(4) 入射波と反射波が重なりあってできた合成波に関して次の (a)〜(d) に当てはまるものをそれぞれ，位置 A から M の中からすべて答えよ。

(a) 媒質の変位が常に E と等しい位置

(b) 媒質の変位を逆向きにすると常に E と等しくなる位置

(c) 媒質の変位が常に 0 である位置

(d) 媒質の振動の振幅が最大である位置

$x=0$ の壁で自由端反射する場合について，次の問いに答えよ。

(5) 時刻 $t=\dfrac{7}{4}T$ での x 軸の負の方向に進む反射波を，図3に点線でかけ。また，このときの入射波と反射波が重なりあってできた合成波を図3に実線でかけ。

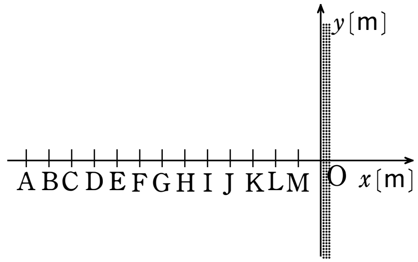
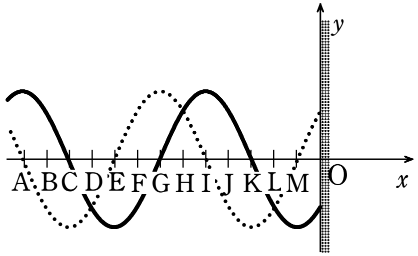


図3

解答 (1) $f=\dfrac{1}{T}$〔Hz〕，$v=\dfrac{\lambda}{T}$〔m/s〕

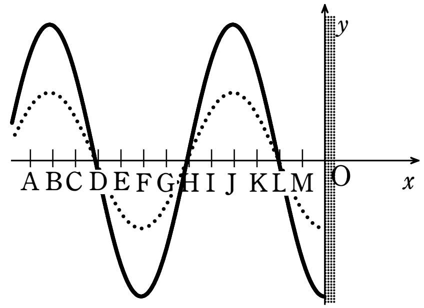
(2) (a) D，H，L (b) F (c) M (d) A，I

(3)



(4) (a) C，K，M (b) A，G，I (c) B，F，J (d) D，H，L

(5)



解説

ヒント (2)(a) 媒質は単振動するので，媒質の速度が 0 になるのは振動の両端である。

(b) 媒質は単振動するので，媒質の速度が最大になるのは振動の中心である。振動の向きは，波形をわずかに進ませて (平行移動させて) 媒質の変位の変化する向きから判断する。

(c) 同位相の振動状態の 2 点は，座標が $m\lambda$ ($m=0$，1，2，…) 異なる。

(d) 逆位相の振動状態の 2 点は，座標が $\dfrac{1}{2}\lambda+m\lambda$ ($m=0$，1，2，…) 異なる。

(3)　固定端反射では，山は谷，谷は山として反射する (位相が逆になる)。

(4)(a)，(b)　媒質の変位が最大となるときの波形をかいて判断するとよい。

(c)，(d)　固定端は定常波の節となり，定常波の「隣りあう節と節の距離$=\dfrac{\lambda}{2}$」，「節と腹の距離$=\dfrac{\lambda}{4}$」である。

(1)　周期と振動数の関係より　$f=\dfrac{1}{T}$ 〔Hz〕

また，「$v=f\lambda$」より　$v=f\lambda=\dfrac{\lambda}{T}$ 〔m/s〕

(2)(a)　媒質の振動の速度が 0 になるのは，媒質が振動の両端の位置にあるときである。よって求める位置は，D，H，L

(b)　媒質の振動の速度が最大になるのは，媒質が振動の中心の位置にあるときである (候補の位置は B，F，J)。媒質が進む向きを判断するために，波をわずかに進めてみる (図 a)。すると，B，F，J のうち $+y$ 方向 (上向き) に変位している位置は　F

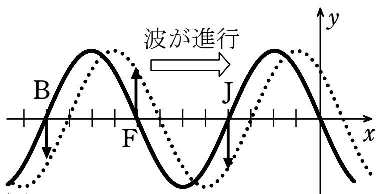


図 a

(c)　波の波長 λ〔m〕は，x 軸で 8 目盛り分である。同位相の振動状態の 2 点は，座標が $m\lambda$ ($m=0$，1，2，…) 異なる※A← から，E と 8 目盛り (1 波長) 異なる位置 M が E と同位相の位置である。

(d)　逆位相の振動状態の 2 点は，座標が $\dfrac{1}{2}\lambda+m\lambda$ ($m=0$，1，2，…) 異なる※B← から E と 4 目盛り異なる位置 A，I が E と逆位相の位置である。

(3)　「$v=\dfrac{\lambda}{T}$」より，波は 1 周期 T で 1 波長 λ (8 目盛り分) 進む。$t=0$ と $t=T$ は同位相※C← なので波形は同じであるから，$t=\dfrac{13}{8}T=T+\dfrac{5}{8}T$ の波形は，$t=\dfrac{5}{8}T$ の波形 ($t=0$ から 5 目盛り分進んだ波形) と同じである。したがって，$t=\dfrac{13}{8}T$ における入射波は，$t=0$ の波形を右に 5 目盛り分移動させたもの (**図 b の太実線**) になる。反射波の波形は，$t=\dfrac{13}{8}T$ における入射波を点 O の右側に延長した波 (図 b の中太実線) を，x 軸に対して線対称に折り返し (図 b の点線，位相を π ずらす操作)，続いて固定端 (y 軸) に対して線対称に折り返す (**図 b の太点線**，端で反射させる操作) ことによって作図できる。

(4)　入射波と反射波による定常波において，固定端は節となる。また節と節の距離は $\dfrac{\lambda}{2}$ (4 目盛り)，節と腹の距離は $\dfrac{\lambda}{4}$ (2 目盛り) であることから，定常波の腹 (○) と節 (×) の位置は図 c のようになる。

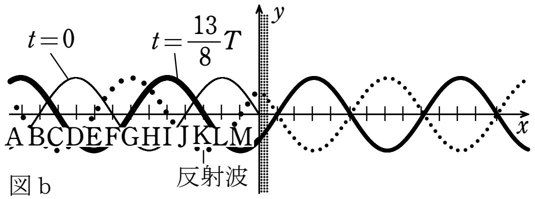


図 b

(a)　図 c の腹と節の位置をもとに，媒質の変位が最大となるある瞬間の定常波の波形をかくと図 d のようになる。

図 d より，媒質の変位が常に E と等しい位置 (△) は C，K，M である。

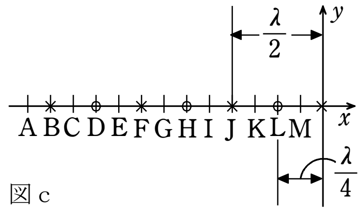


図 c

(b)　図 d より，媒質の変位を逆向きにすると常に E と等しくなる位置 (▲) は A，G，I である。

(c)　図 c より，媒質の変位が常に 0 である節の位置は B，F，J である。

(d)　図 c より，媒質の振動の振幅が最大となる位置は D，H，L である。

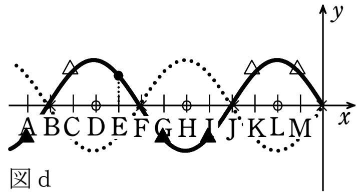


図 d

(5)　(3) と同様に考えると，$t=\dfrac{7}{4}T$ での入射波の波形は $t=\dfrac{3}{4}T$ の波形と同じである。したがって，$t=\dfrac{7}{4}T$ における入射波は $t=0$ の波形を右に 6 目盛り分移動させたもの (図 e の中太実線) になる。よって，反射波の波形は入射波を自由端 (y 軸) に対して線対称に折り返したもの (**図 e の太点線**) となり，合成波は**図 e の太実線**となる。

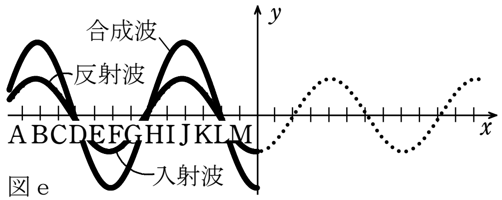
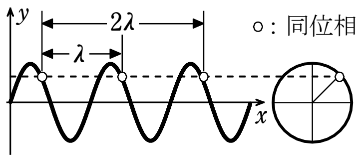
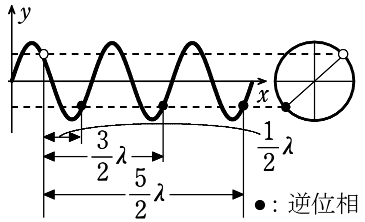


図 e

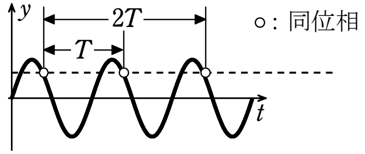
←※A



←※B

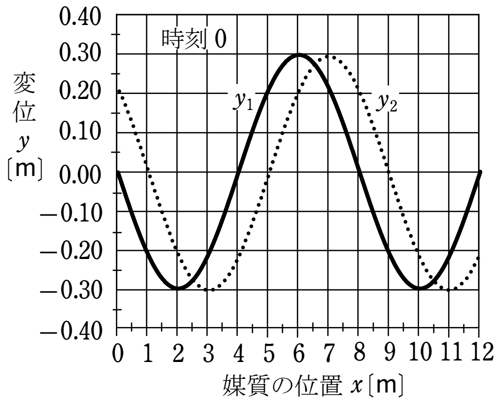


←※C



２．

図は横軸を媒質の位置 x〔m〕として，x 軸の正の向きに進む縦波の変位 y_1〔m〕と x 軸の負の向きに進む縦波の変位 y_2〔m〕を表している。これらはいずれも速さ 2.0 m/s の正弦波で，実線が時刻 0 での y_1 を，破線が時刻 0 での y_2 を示している。縦軸 y は媒質の x 軸の正の向きの変位を正の値として表している。これらの波の合成波は定常波となり，その変位は y_1+y_2 である。この定常波について次の問いに答えよ。



⑴　定常波の腹での変位は時間とともに変化するが，その最大値〔m〕を小数点以下 1 桁の数値で答えよ。

⑵　定常波の腹の位置を表す x の値を 0.0 m 以上 8.0 m 未満の範囲ですべて示せ。小数点以下 1 桁の数値で答えること。

⑶　定常波の変位 y_1+y_2 がすべての位置 x で 0 となる時刻 t〔s〕は，整数 n を用いて $t=\boxed{\text{ア}}+\boxed{\text{イ}}\times n$ と表される。(ア)，(イ) に入る正の数値のうち最小のものを小数点以下 2 桁の数値で答えよ。

⑷　定常波のため媒質の密度は時刻や位置によって変化する。時刻 0 のとき媒質が最も密になる x の値を，0.0 m 以上 8.0 m 未満の範囲ですべて示せ。小数点以下 1 桁の数値で答えること。波がない場合の媒質の密度は一様とする。

解答　(1)　0.6 m　　(2)　2.5 m，6.5 m　　(3)　(ア)　1.25　　(イ)　2.00　　(4)　0.5 m

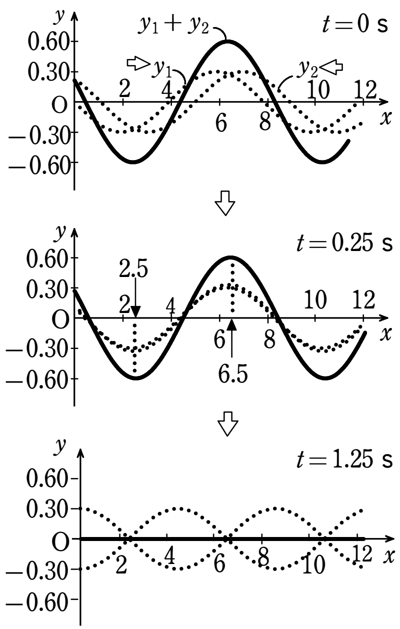
解説

反対の向きに進む振幅・波長・速さの等しい波が重なると，進行しない波 (定常波) ができる。定常波の腹と腹，あるいは節と節の間隔は，もとの波の半波長に等しい。

(1)　腹での最大変位は，重なっている波それぞれの振幅の和であるから

$0.30\times2=0.60$　　よって　**0.6 m**

(2)　山と山，あるいは谷と谷が重なる部分を見つければよい。図のように，与えられた 2 つの成分波を 0.5 m ずつ進めると，$x=$**2.5，6.5 m** が腹になることがわかる。



(3)　(ア)，(イ)

(2) の解答の状態になるまでの時間 t_0〔s〕は

$$t_0=\frac{0.5}{2.0}=0.25\ (\mathrm{s})$$

よって，$t=0.25$ s で媒質の各点が最大振幅を迎える。その後は半周期ごとに振幅 0 と最大振幅をくり返す。波の周期を T〔s〕，振動数を f〔Hz〕，波長を λ〔m〕，速さを v〔m/s〕とおくと

$$T=\frac{1}{f}=\frac{\lambda}{v}=\frac{8.0}{2.0}=4.0\ (\mathrm{s})$$

となる（λ は図から読みとる）。

定常波の変位がすべての位置で 0 となる時刻 t は，$t=0.25+\dfrac{T}{4}=1.25$ (s) がはじめてあることを考慮すると

$$t=1.25+\frac{T}{2}\times n=\mathbf{1.25+2.00\times}\boldsymbol{n}$$

(4)　縦波を横波表示したとき，グラフが x 軸を左上から右下に通過している点が最も密度が高い点である。図より，$x=$**0.5 m** の位置が条件に合致する。