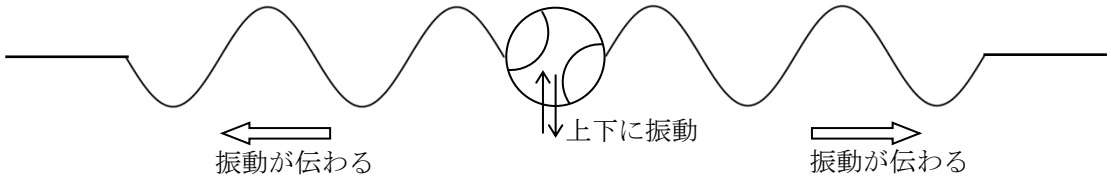
§ 波動　　波の要素

テーマ1　波の発生・波の要素

たとえば水面の上にボールを浮かばせ、上下に揺らす(振動させる)と、水面はゆらゆらする。ボールの上下の振動が水面に広がっていっているのだ。このような振動の伝わりの事を波という。物理では往復する運動の事を『振動』という。



波の要素

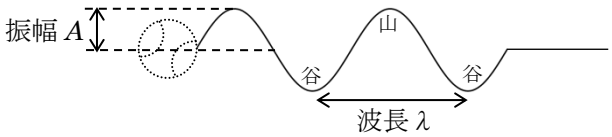
☆ **波源**・・・上の図でいうボールの事。波の発生源。

☆ **媒質**・・・上の図でいう水の事。波の伝わっていく物質。

☆ **振幅 A**・・・波の振れ幅のこと。振動の中心からの長さ。大文字 A で表す。

☆ **山、谷**・・・波の一番高いところを山、一番低いところを谷、という。

☆ **波長 λ**〔読み:ラムダ〕・・・山から山までの長さ。谷から谷までの長さ。文字 λ で表す。

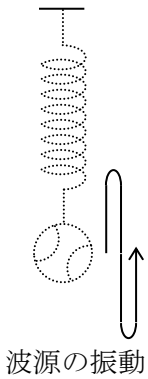


☆ **周期 T**・・・媒質が 1 回振動(往復)するまでの時間。大文字 T で表す。

☆ **振動数 f**・・・媒質が 1 s に振動する回数。小文字 f で表す。単位は〔Hz〕読み:ヘルツ

☆ 周期 T と振動数 f の関係

波源や媒質の動きは、ばねにおもりをつけたときの振動に似ている。単振動という。



左図のように波源が 1 往復する時間を周期 T という。

そして、振動数 f とは $\boxed{f = \frac{1}{T}}$ という関係になる。

$T = 2.0$ s なら 1.0 s で 0.5 回振動する。$f = 0.50$ Hz

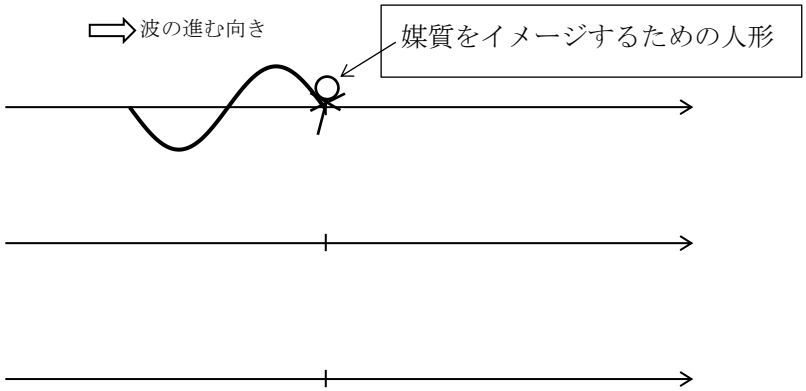
$T = 0.50$ s なら 1.0 s で 2.0 回振動する。$f = 2.0$ Hz

$T = 0.20$ s なら 1.0 s で 5.0 回振動する。$f = 5.0$ Hz

$T = T$〔s〕なら 1.0 s で $\frac{1}{T}$ 回振動する。$f = \frac{1}{T}$〔Hz〕

テーマ 2　波の速さ

波が伝わっていく速さを波の速さという。波の速さについて考えてみよう。

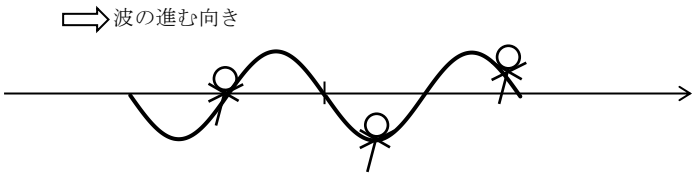


上の図より、波は T〔s〕間に λ〔m〕進んでいるので、

$\boxed{v=\dfrac{\lambda}{T}}$ といえ、$f=\dfrac{1}{T}$ なので、$\boxed{v=f\lambda}$ と変形できる。この $v=f\lambda$ は超頻出公式!!

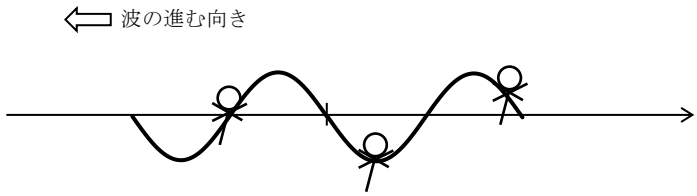
テーマ 3　媒質の速度

波の速さとは別に、媒質の速度、というものも出てくる。しっかりと区別しよう。



媒質の速度を考えるときは、人形を浮かべて考えよう

☆波の進む向きが逆の時を考えてみよう。



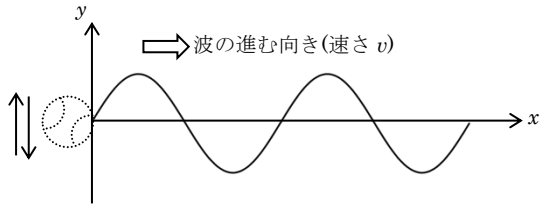
頭の中で の形の波を実際に進めよう。頭のなかで動画を作ることが大切!!

この形の絵をずらしていくイメージ

テーマ 4　波のグラフ

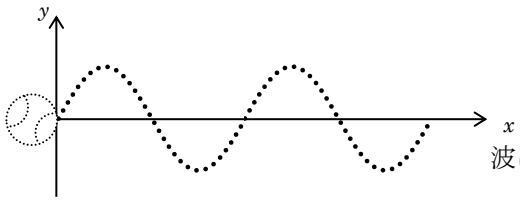
波のグラフには $y-x$ グラフと $y-t$ グラフの 2 種類がある。これらはそれぞれ示しているものが違う。しっかりと区別しよう。

$y-x$ グラフ・・・波の波形を示す。（波の写真を撮っている）



実際にできている波の写真を撮っているのが $y-x$ グラフ
（谷から谷は波長 λ を示す）

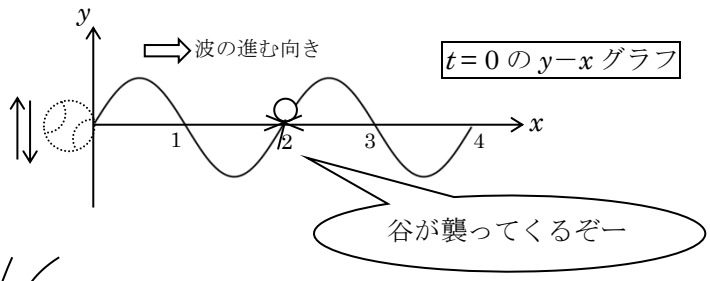
t〔s〕時間が経つと？



時間の指定が必ず必要!!

波は vt〔m〕進む

$y-t$ グラフ・・・媒質の動きを示す。(浮かべた人形の動きを示す。)



$x = 2$ の媒質の動きをグラフにすると？

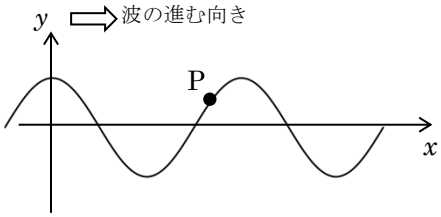
人形の動きを示しているのが $y-t$ グラフ
（谷から谷は周期 T を示す）

$x = 1.5$ の媒質の動きをグラフにすると？

x 座標の指定が必ず必要

ConcepTest 1 媒質の速度

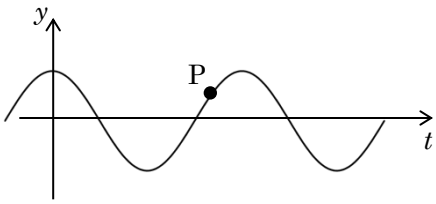
右のグラフは、正の向きに進む波の、ある時刻での y–x グラフである。点 P での媒質の運動に関して正しく説明している選択肢を選べ。



(ア) 正の速度、正の加速度を持つ
(イ) 正の速度、負の加速度を持つ
(ウ) 負の速度、正の加速度を持つ
(エ) 負の速度、負の加速度を持つ

ConcepTest 2 媒質の速度

右のグラフは、ある波のある地点の媒質の $y-t$ グラフである。点 P の時刻での媒質の運動を正しく説明している選択肢を選べ。



(ア) 正の速度、正の加速度を持つ
(イ) 正の速度、負の加速度を持つ
(ウ) 負の速度、正の加速度を持つ
(エ) 負の速度、負の加速度を持つ

ConcepTest 1 解答 エ

ConcepTest 1 解説

波が正の向きに進んでいるので、この後、点 P には谷が襲いかかってくる。よって負の速度を持っている。

また、点 P は U ターンをした直後であり、負の向きに進み始めたところである。そして、横軸を通過した後は、次の U ターンに備えて減速していく。よって、グラフの時点では、負の向きに加速している途中である。

ConcepTest 2 解答 イ

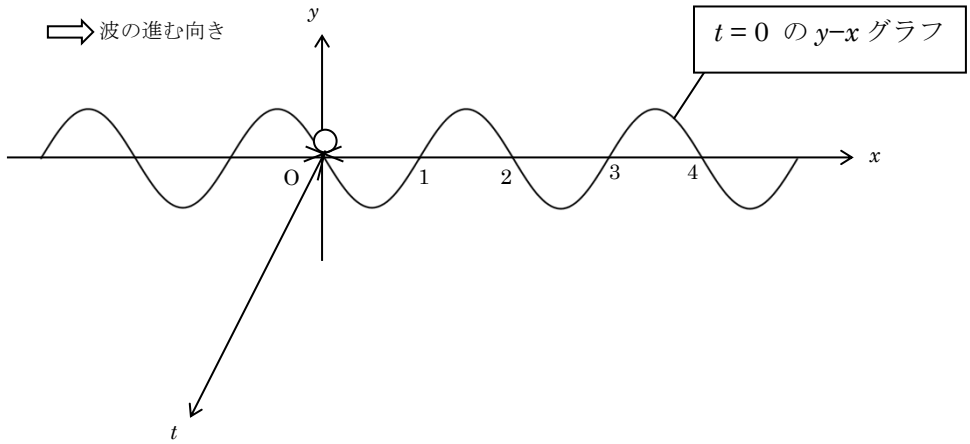
ConcepTest 2 解説

このグラフは $y-t$ グラフであり、媒質の動きの時間経過での変化を示しており、点 P の時刻は、山に登っている途中といえる。よって正の速度を持っている。

また、山では U ターンをするので、減速している途中である。よって負の向きに加速している途中である。

テーマ 5　$y-x-t$ 立体グラフ

波のグラフ 2 種類を別々の場所に書くと、2 つのグラフの関連性が見えてこない。そこで習得してもらいたいのが、『$y-x-t$ 立体グラフ』である。

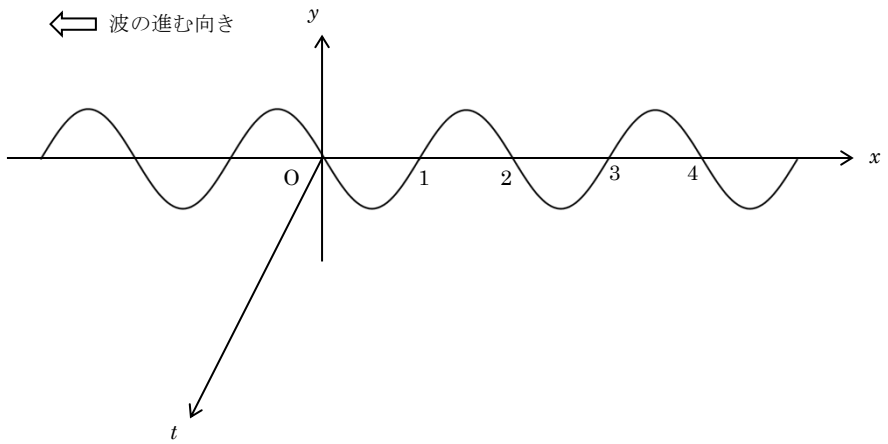


$x = 0$ の $y-t$ グラフは

$x = 3.2$ の $y-t$ グラフは

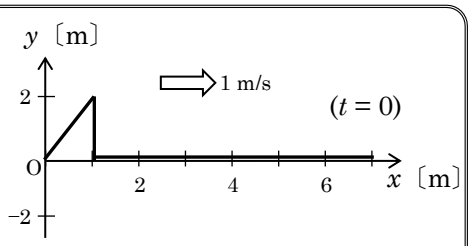
＊ 上の $y-x-t$ 立体グラフに、$x = 3.2$ ぐらいの位置での $y-t$ グラフを書き込んでみよう。

例題 以下の $y-x-t$ 立体グラフの $x = 2$ の位置での $y-t$ グラフを書き込め。



ConcepTest3 パルス波のグラフ

波源を繰り返し振動させると、今まで書いてきたような繰り返し続く波になり、これを連続波という。対して、波源を単発で動かして発生させる波をパルス波という。右図は、正の向きに進んでいるパルス波の $t = 0$ の $y - x$ グラフである。以下のグラフを作図せよ。



(1) $t = 4$ s の $y - x$ グラフ　　(2) $t = -2$ s の $y - x$ グラフ

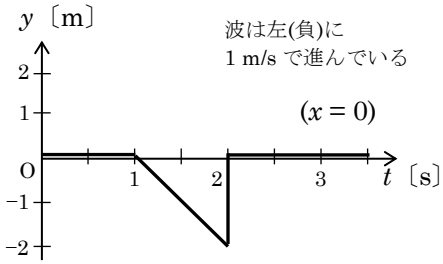
(3) $x = 0$ の $y - t$ グラフ　　(4) $x = 4$ m の $y - t$ グラフ

ConcepTest4 パルス波のグラフ

右図は、負の向きに進んでいるパルス波の $x = 0$ の $y - t$ グラフである。以下のグラフを作図せよ。

(1) $x = 1$ m の $y - t$ グラフ

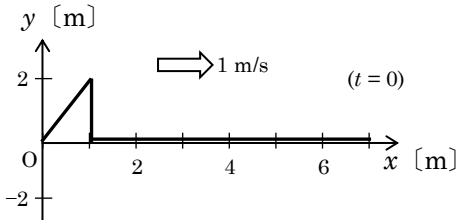
(2) $t = 1$ s の $y - x$ グラフ



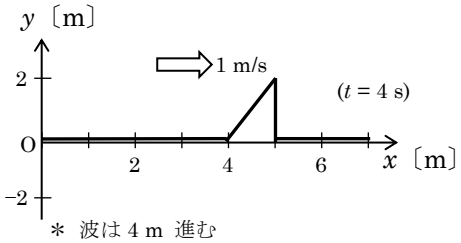
ConcepTest3 解答

問題で示されていたグラフがあった方が解答が見やすいので、最初に示しておきます。

（問題で与えられたグラフ　$t = 0$ の $y - x$ グラフ）

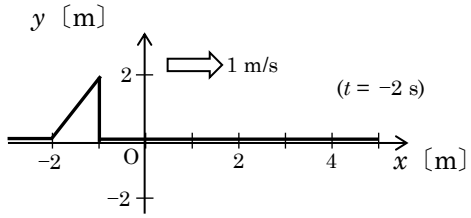


(1) $t = 4$ s の $y - x$ グラフ



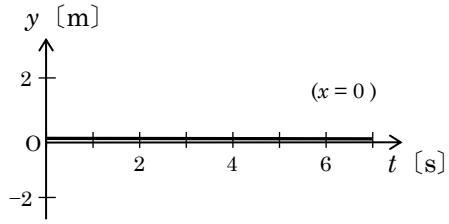
＊ 波は 4 m 進む

(2) $t = -2$ s の $y - x$ グラフ



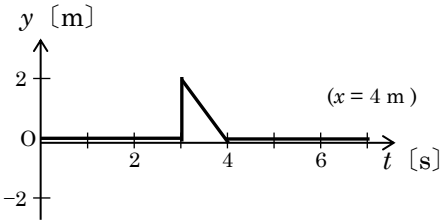
＊波は 2 m 戻る

(3) $x = 0$ の $y - t$ グラフ



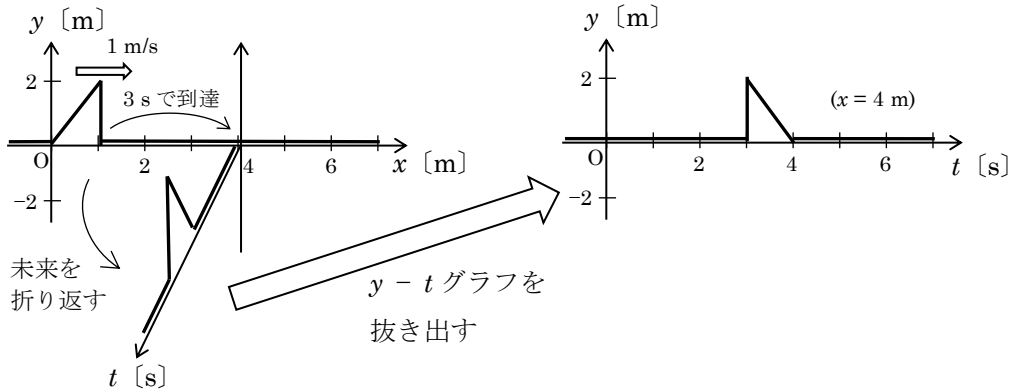
＊ $t = 0$ で既にパルス波が通過しているので以降変化しない

(4) $x = 4$ m の $y - t$ グラフ



＊ $x = 4$ の媒質は、$t = 3$ s でパルス波とぶつかる

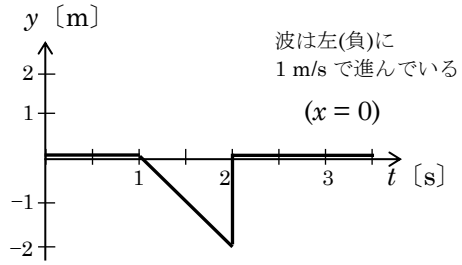
解説(4)　$y - x - t$ 立体グラフを書いてみる



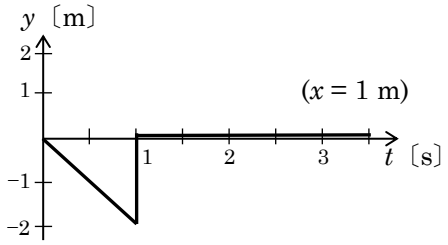
ConcepTest4 解答

問題で示されていたグラフがあった方が解答が見やすいので、最初に示しておきます。

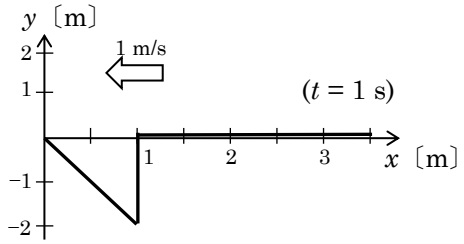
（問題で与えられたグラフ　$x = 0$ の $y - t$ グラフ）



(1) $x = 1$ m の $y - t$ グラフ

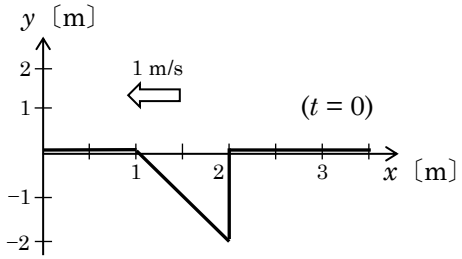


(2) $t = 1$ s の $y - x$ グラフ



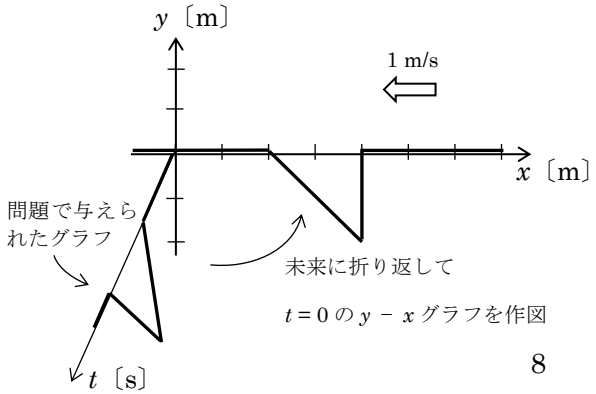
解説

今までの考え方にそって考えるためには、「$t = 0$ s での $y - x$ グラフ」を書くべきである。
頭の中で、媒質の動きをイメージしたら、($t = 0$ s の $y - x$ グラフ) は以下のようにはずだ。



上図のグラフのように $t = 0$ での $y - x$ グラフを考えられたら、今までと同様に考えて解答を導ける。$x = 1$ の媒質は、$t = 0$ の時刻からすぐに動き始めるグラフになる。

＊ y–x–t 立体グラフを用いて、このグラフを書こうと思ったら以下のようになる。



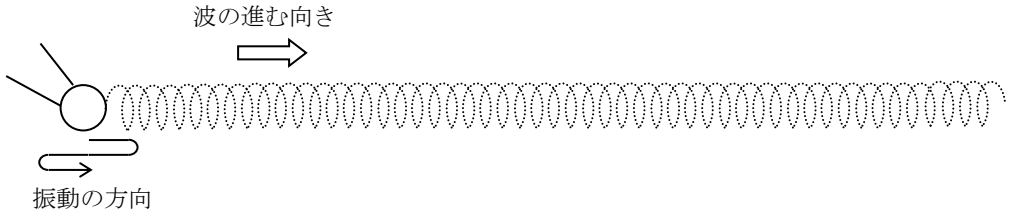
波が左(負)の向きに進んでいるため、
未来は右側であることに注意

テーマ 6　縦波

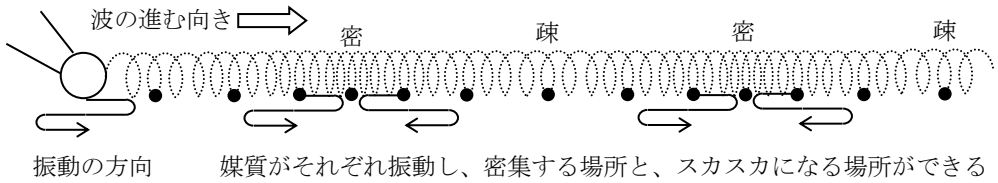
波は媒質が振動する向きと、波の伝わる方向の関係により、『横波』と『縦波』の 2 種類に分けられる。たとえばこれまで出てきていたボールと水面の揺らぎは、

媒質の振動 → 上下　　波の伝わる方向 → 左右

となっている。『振動の方向』と『波の進む向き』が違うのだ。こういったものを『横波』という。縦波は、『振動の方向』と『波の進む向き』が同じなのだ。たとえば、下記のようにばねを動かすと発生する。



縦波は、ギュッと狭まった部分と、スカスカっとした部分が移動しているように見えるので、『**疎密波**』とも呼ばれる。最もギュッとした部分を『最も密な点』、最もスカスカな点は『最も疎な点』という。



☆ 縦波の横波表示

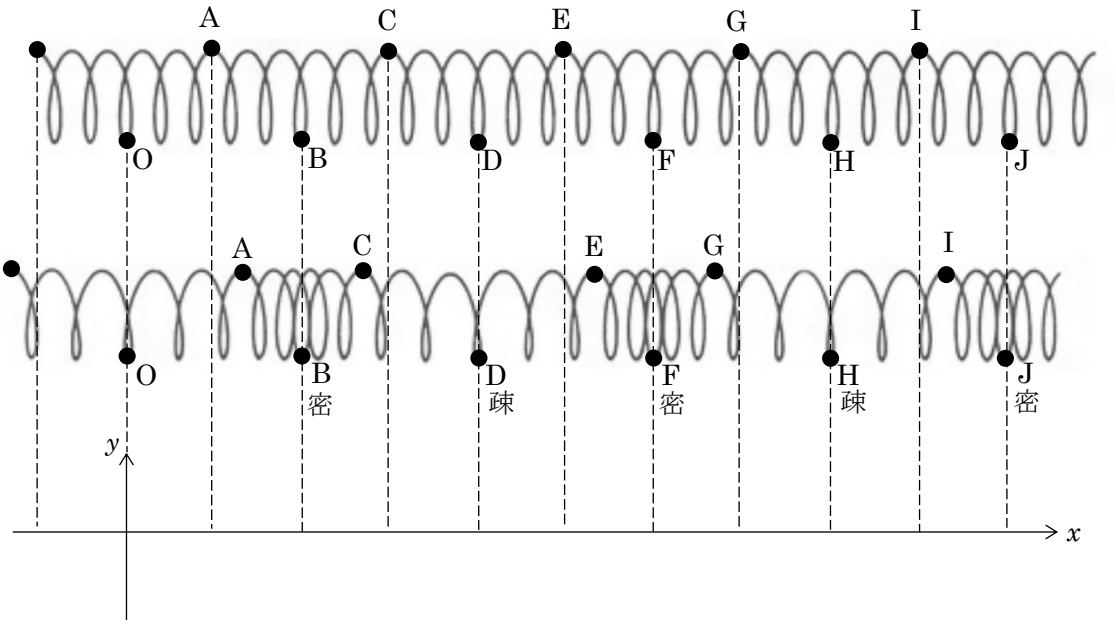
縦波の写真を撮っても、横波のときのようにうねうねした y–x グラフにはならない。しかしグラフで縦波も示したい。そこで『縦波の横波表示』というものを行う。

≪作図≫ 縦波の横波表示

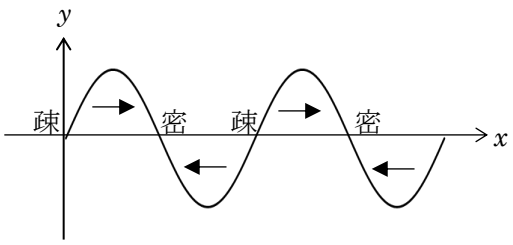
動いていないときの媒質の位置（今回は 2.5 巻ずつ）に記号を設定し、位置を追跡する。

x 軸正の向き（右）にずれていたら、その分を y 軸正の向き（上）に変換

x 軸負の向き（左）にずれていたら、その分を y 軸負の向き（下）に変換



Point 縦波の横波表示の解法



① 横軸より上のエリアに右矢印、下のエリアに左矢印を書く（最初の位置からどちらにずれているか、イメージできる。）

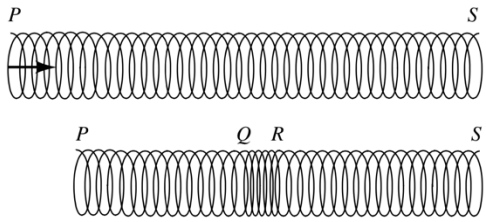
② 矢印が集まっている点が密、矢印が離れている点が疎と判断できる。

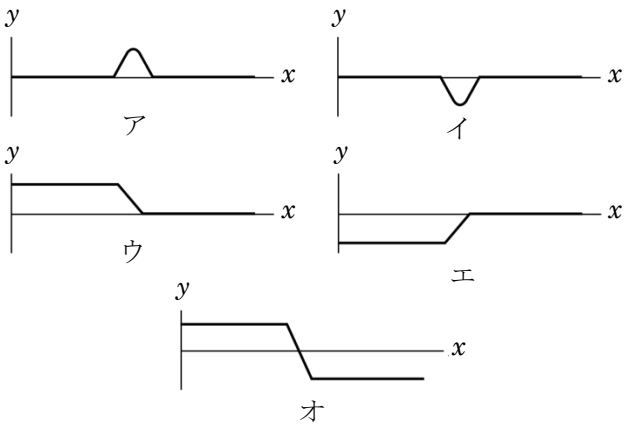
③ 媒質の速度や、グラフの記述などは、横波の問題と同じように考えてよい

ConcepTest5 縦波の横波表示

右図は、媒質 P–S の P を操作し発生させた、パルス波の様子である。このパルス波は右向きに進む縦波といえる。下の図の時刻での縦波を横波表示したグラフを、ア～オの中から選べ。右向きを正とする。

（解答は次のページ）

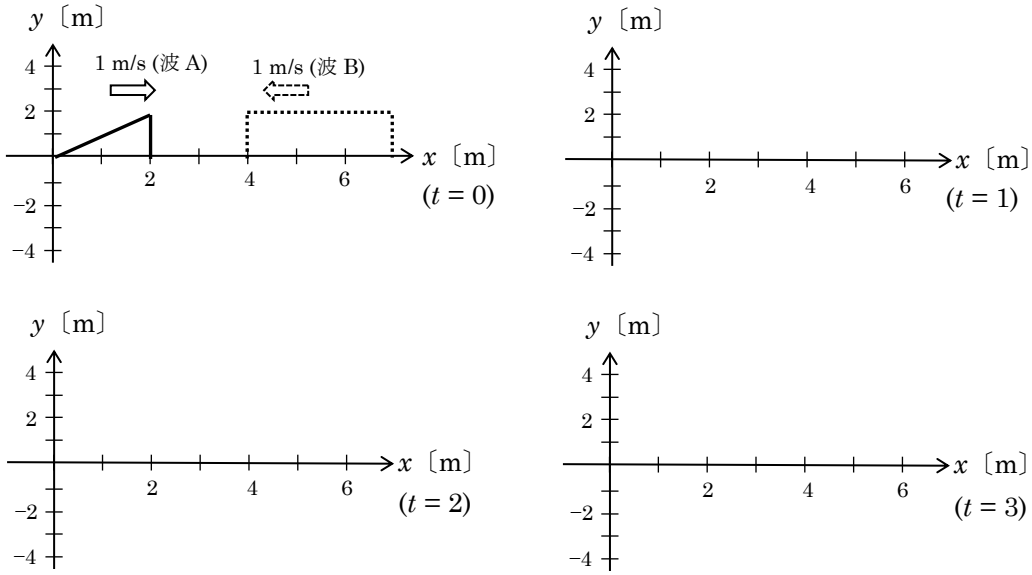




テーマ 7 波の重ね合わせ

2 つの波が重なるとき、波の重ね合わせという現象が起こる。重ね合わせは、それぞれの波の変位が合計される。

モデル 正の向きに進む三角のパルス波 A と、負の向きに進む四角のパルス波 B がある。



ConcepTest5 解答　ウ

P–Q 間の媒質は、元の位置より右にずれているので、正の向きの変位があるといえる。R–S 間の媒質は、元の位置と変わっていないため、変位は 0 といえる。このような横波表示をしているのはウである。

テーマ 8　定常波

定常波とは、進行していないように見える波である。定常波の 1 番のポイントは、「できる条件」を理解することである。

Point 定常波ができる条件

①振幅、波長が同じ連続波が（同じ形の連続波が）

②反対向きに進む

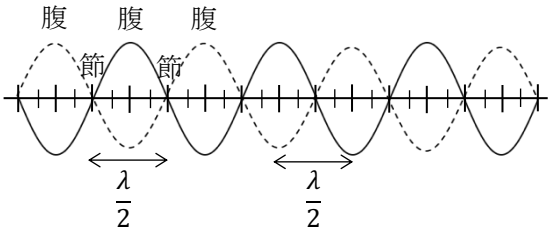
定常波は『進行していない波』に見えるが、**『進行している 2 つの波の合成波』**なのだ。定常波の問題に取り組むときは、いつも『もとになっている波の形』をイメージしながら解いてほしい。実際に作図して、定常波の動きをイメージできるようになろう。

Point 定常波の要素

(余白の関係で先に書いているが、次ページのモデルで作図をした後ポイントをまとめよう)

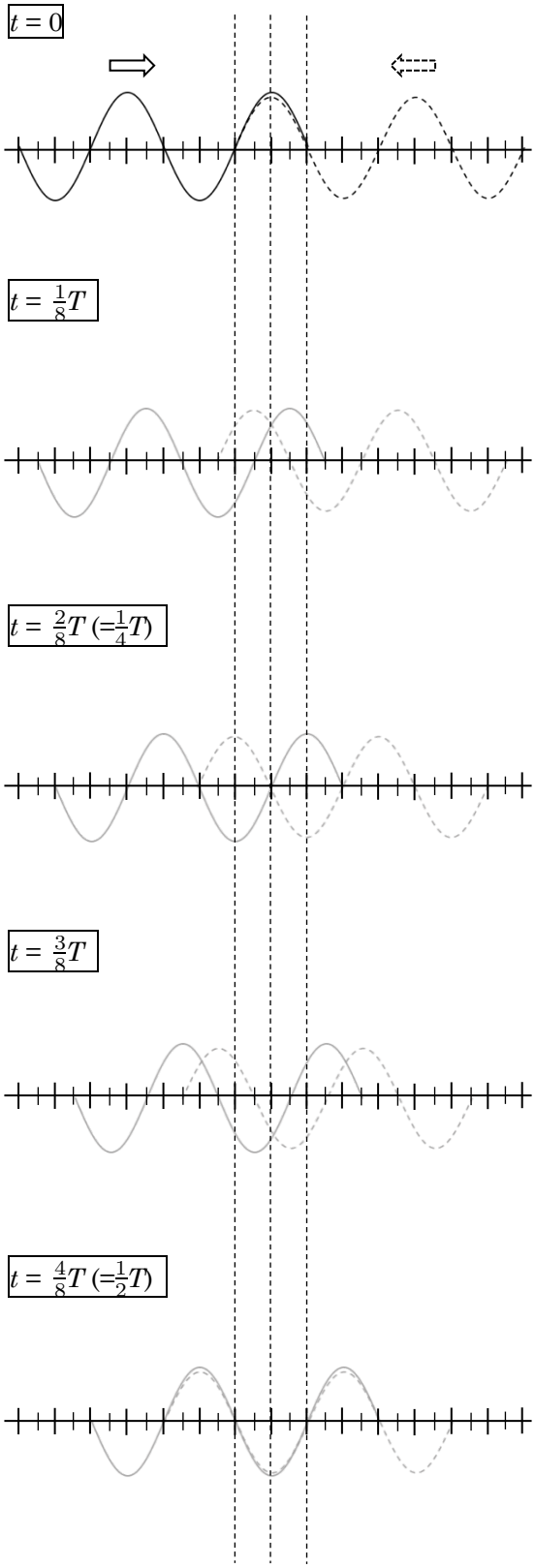
① 媒質が運動しない点を節、最も大きい幅で振動する点を腹、という

② 元となった波の波長を λ とすると、節から節、腹から腹までの長さは、λ ではなく、$\frac{\lambda}{2}$ である。腹から腹を λ としてしまう人が多いので注意。



モデル　同じ形の波 A(実線)と波 B(点線)を反対向きの速度で発生させた

$t = 0$



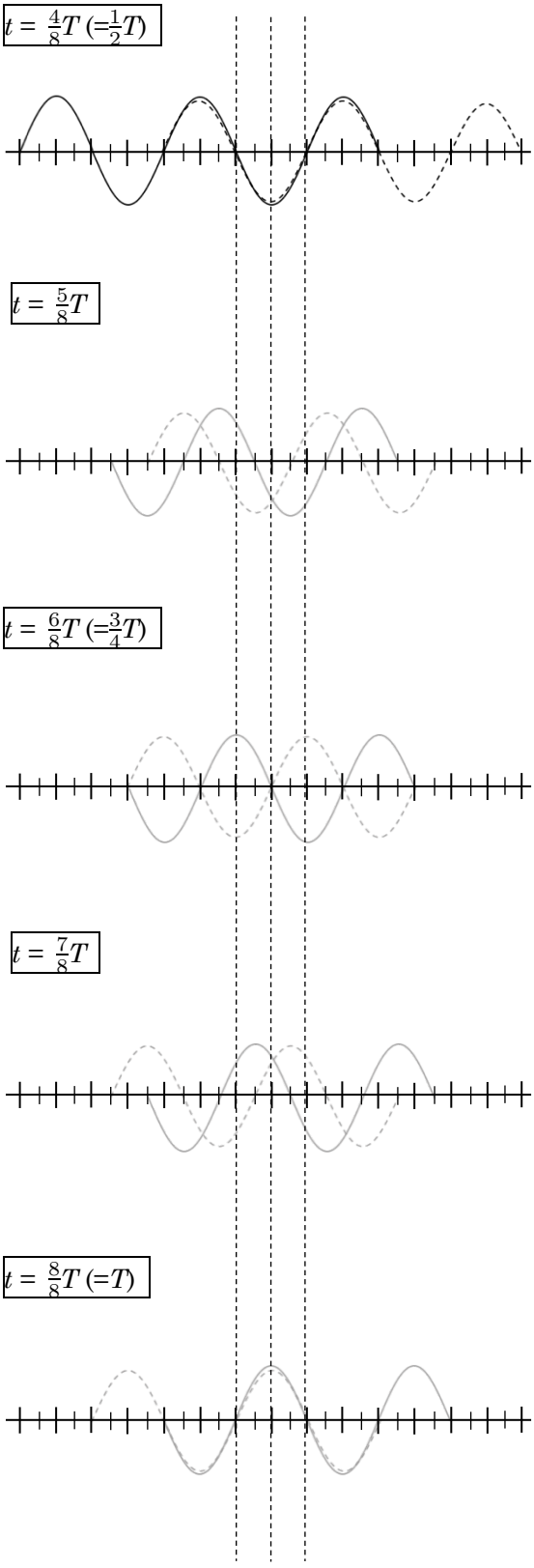
$t = \frac{1}{8}T$

$t = \frac{2}{8}T\ (=\frac{1}{4}T)$

$t = \frac{3}{8}T$

$t = \frac{4}{8}T\ (=\frac{1}{2}T)$

$t = \frac{4}{8}T\ (=\frac{1}{2}T)$



$t = \frac{5}{8}T$

$t = \frac{6}{8}T\ (=\frac{3}{4}T)$

$t = \frac{7}{8}T$

$t = \frac{8}{8}T\ (=T)$

テーマ 9　波の反射

波は、壁などで反射する。反射する波（反射波）は以下のように作図することができる。

Point 反射波の作図方法

①反射波（反射した後の波）は、透過波（反射しなかったときを仮定した波）を書くことで、作図することができる。

②自由端反射の場合、透過波をそのまま折り返す。

③固定端反射の場合、透過波を一度、上下ひっくり返してから折り返す。

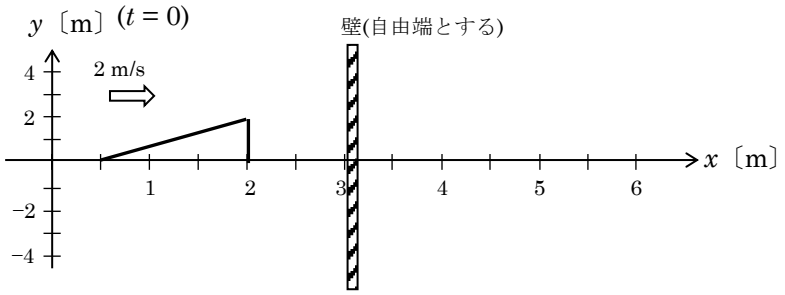
セミナーでは連続波での作図が要求されるので、プリントではパルス波で練習してみる。

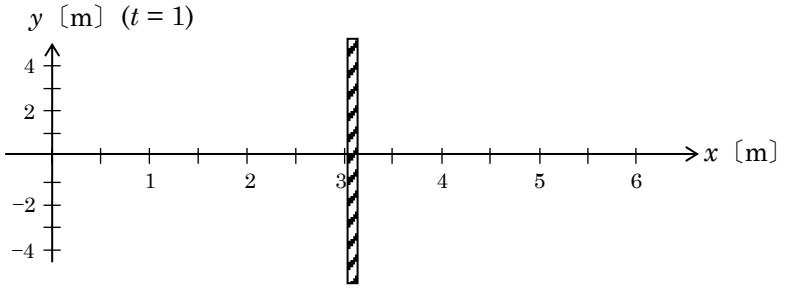
モデル　自由端での反射　（自由端はお風呂の壁と水面で作る波のような関係）

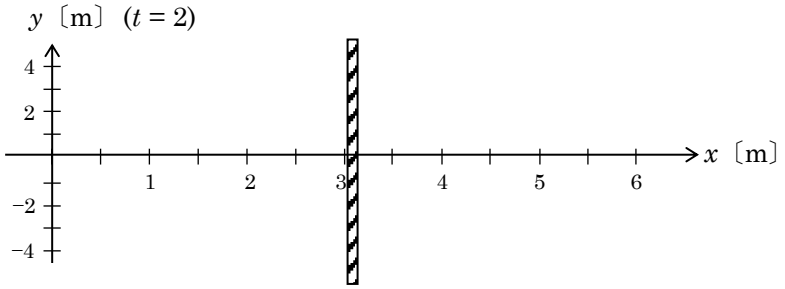
$x = 3$ の位置に壁がある。下図のようにパルス波を発生させた。下図の時刻を $t = 0$ とする。

① まずは、透過波を黒ペンで書いてみよう（壁を無視して波を進める）。

② 次に、透過波を壁を中心に折り返して、反射波を赤ペンで書いてみよう。







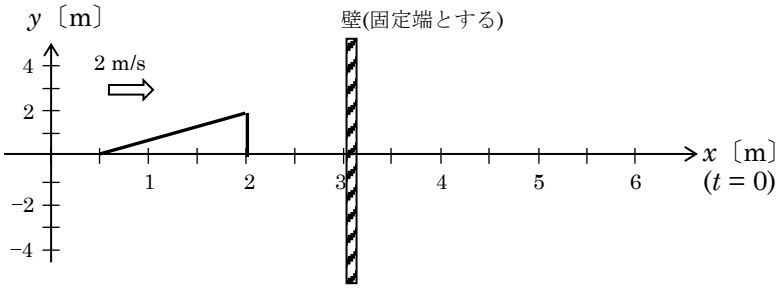
モデル　固定端での反射　固定端は一端を固定したバネや縄で作る波のような関係

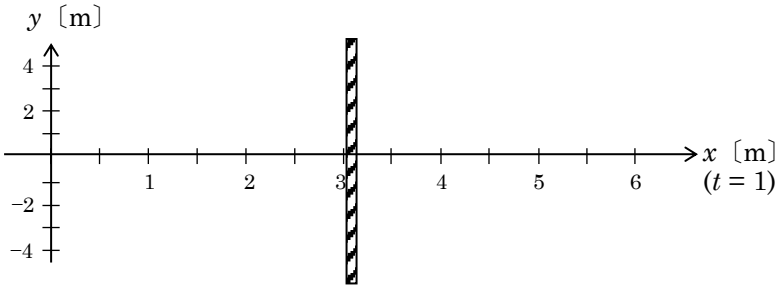
$x = 3$ の位置に壁がある。下図のようにパルス波を発生させた。下図の時刻を $t = 0$ とする。

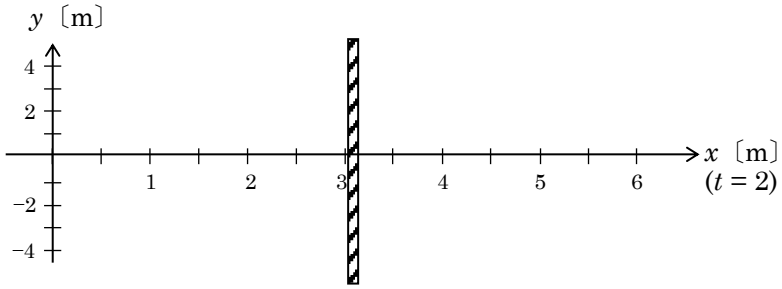
①まずは、透過波を黒ペンで書いてみよう（壁を無視して波を進める）。

②次に、透過波を上下ひっくり返そう（x 軸で折り返して赤ペンで記入）。

③次に、上下ひっくり返した透過波を壁で折り返して反射波を赤ペンで書いてみよう。







＊発展　反射波と定常波

反射波は、透過波を壁で折り返して作図できるが、連続波の場合、以下のようになる。

① 反射波は元の波と同じ振幅、波長になる。つまり**同じ形**である。

② 反射波の**進む向きは逆向き**になっている。

↓

『定常波ができる条件』を満たしている！！

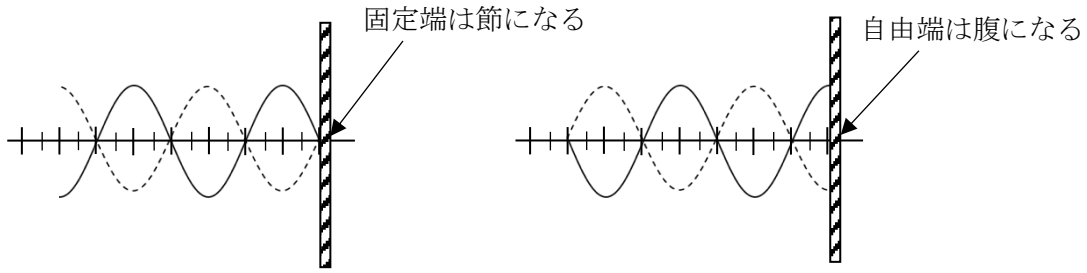
連続波が反射すると、定常波が発生するのだ。

また、反射する点が固定端だと、そこはずっと動かない場所となるので、節となる。逆に自由端だと、腹になる。

Point 反射と定常波

連続波を壁で反射させると、定常波を作る条件を満たし、定常波が発生する。

壁が固定端だった場合、壁が節になり、自由端だった場合、壁が腹になる。



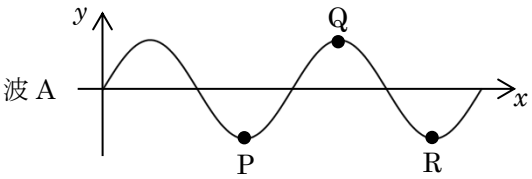
テーマ 10 波の干渉

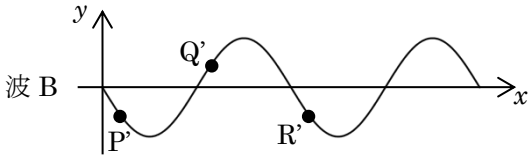
2 つの波は、重ね合わせの原理でやったように、山と山や、谷と谷が重なればより高い山や、低い谷になり、山と谷が重なれば、高さ 0 になる。これが波の干渉である。これを詳しく分析していこう。

準備 位相・・・波の 1 波長の中でのタイミングを示す言葉。

このままだと抽象的なので、具体例で意味をつかもう。

モデル　2 つの波 A、B がある。



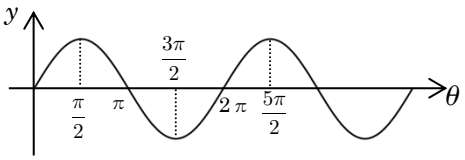


このとき、点 P と点 Q の状態を比べると、『山』と『谷』の状態である。これを『P と Q は逆位相である』という。
また、『P と R は同位相である』という。

そして、波 B は、波 A と比べると、ちょうど半波長だけ波がずれているので、『波 A と波 B は逆位相の波である』という。
また、『P'と Q'は逆位相』、『P'と R'は同位相』である。

また、逆位相であることを、『位相が π ずれている』と言うこともある。
突然『**円周率 π**』が出てきたが、これは波を sin カーブや cos カーブとして思い浮かべると理解できる。

$y = \sin\theta$ の $y-\theta$ グラフを書くと以下のようになる。



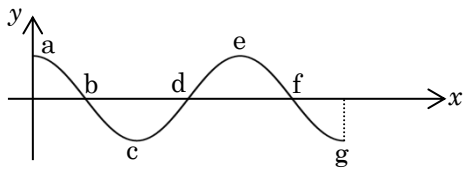
半周期分は、角度 π 〔rad〕分なのだ!!

このことから位相が半周期ずれていることを『位相が π ずれている』というのだ。

また、このような sin カーブでなくとも、半周期ずれていることに対しては何にでも『位相が π ずれている』という。これは、周期的なものの代表として円があり、円の 1 周が 2π〔rad〕(ラジアン)なので、半周期は π 〔rad〕(ラジアン)であるという考え方からだ。

問題 1 位相

下図のような波がある。a と同位相の点と逆位相の点、b と同位相の点と逆位相の点をそれぞれ答えよ。



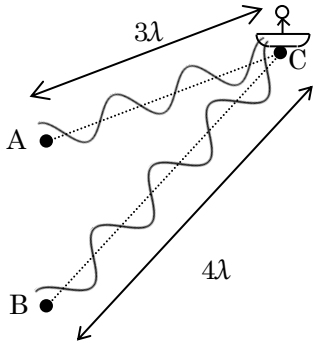
問題 1 解答　a：同位相　e　　逆位相　c、g

b：同位相　f　　逆位相　d

注： b と d は、y 座標は同じだが、1 周期の中でのタイミングは逆なので逆位相

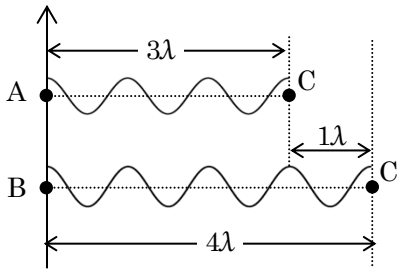
本題　波の干渉

モデル　地点 A、地点 B で同位相(A 地点が山のとき B 地点も山)の波を発生させる。
地点 C に船が止まっている。波の波長を λ とする。



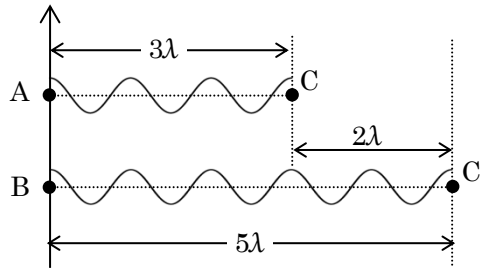
図は、A も B も山であった瞬間の写真を撮ったものである。ここで、C 点では 2 つの山が重なっている。よって、1 つの波のときよりも、船は大きく揺れることになる。(波は強め合っている)
これが波の干渉である。

この二つの波を横に並べて書いてみよう。



C 点では山と山が重なっているのがわかる。
同時に AC 間の距離と、BC 間の距離の差が 1 λ であることにも気づく。波は 1λ でもとの状態に戻るのだから、2 つの波の長さが違っていても、長さの差が 1λ なら、強め合う関係になる。

もし、BC 間の距離が 5λ だった場合はどうだろうか。

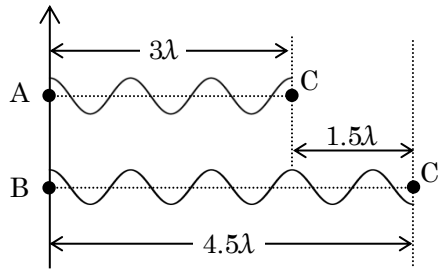


これも山と山が重なる、つまり強め合うのだ。

『経路差』が『波長の整数倍』

だと、状態の同じ波が重なり、強め合うといえる。

では、BC 間の距離が 4.5λ だった場合はどうなるだろうか。



山と谷が重なっている。よって、C 点で波は打ち消し合い、そこにいる船は全く振動しなくなるのだ。1.5λ、2.5λ、というように

『経路差』が『○.5λ』

だと、状態が逆の波が重なり、打ち消し合うといえる。

ここまでのことを式にまとめてみよう。

2 つの地点で同じ形の波を同位相で発生させたとき、

経路差が波長 λ の整数倍 (0λ←経路差なし、1λ、2λ、3λ…)　だと波は強め合う。
経路差が波長 λ の○.5 倍 (0.5λ、1.5λ、2.5λ、3.5λ…)　だと波は打ち消し合う。

⇩ すごくごたごたした表現だが、このように言い換えるとすっきり示すことができる。

強め合う：経路差 ＝ 半波長($\frac{\lambda}{2}$)の偶数倍

打ち消し合う：経路差 ＝ 半波長($\frac{\lambda}{2}$)の奇数倍

⇩ m を 0,1,2,3…と整数が入る文字とすると、
『偶数』は $2m$、『奇数』は $2m+1$ といえる。これを用いると

強め合う：経路差 ＝ $\frac{\lambda}{2} \times 2m$

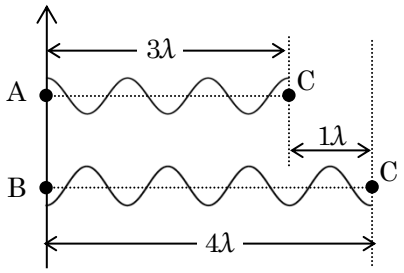
となる。

打ち消し合う：経路差 ＝ $\frac{\lambda}{2} \times (2m+1)$

これらの式を展開・整理したものが教科書などに乗っている、いわゆる公式です。

＊逆位相の波だと条件が逆になる!!

モデル　A 地点 B 地点で、逆位相の波を発生させる。経路差は λ とする。



左の図は、先ほどのモデルと同じ条件で、発生させる波を逆位相にしたものだ。
先ほどのモデルでは山と山が重なり、強め合う点だったのに、今回山と谷が重なる打ち消し合う点になってしまった。

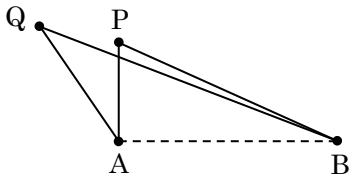
逆位相の波だと、強め合う・打ち消し合う条件が逆になる。
半波長の偶数倍で弱めあい、半波長の奇数倍で強め合う

問題 2　波の干渉

水平面上の 2 点 A、B から波長 2.0 cm、振幅 0.30 cm の同位相の波が出ている。次の点 P、Q での波の振幅はいくらになるか。

(1) A から 3.0 cm、B から 5.0 cm の点 P

(2) A から 4.0 cm、B から 7.0 cm の点 Q



問題 2 解答　(1) 0.60 cm　(2) 0 cm

問題 2 解説　干渉では経路差を考えることが最重要である。

(1) AP = 3.0 cm、BP = 5.0 cm なので、経路差は 5.0 cm－3.0 cm = 2.0 cm
これは半波長(1.0 cm)の 2 倍である。2 倍は偶数倍なので、強め合う。
経路差が波長 λ の整数倍だから強め合う。と考えてもよい。
よって振幅は 0.3 cm×2 = <u>0.6 cm</u>

(2) AQ = 4.0 cm、BQ = 7.0 cm なので、経路差は 7.0 cm－4.0 cm = 3.0 cm
これは半波長(1.0 cm)の 3 倍である。3 倍は奇数倍なので、打ち消し合う。
よって振幅は <u>0 cm</u>

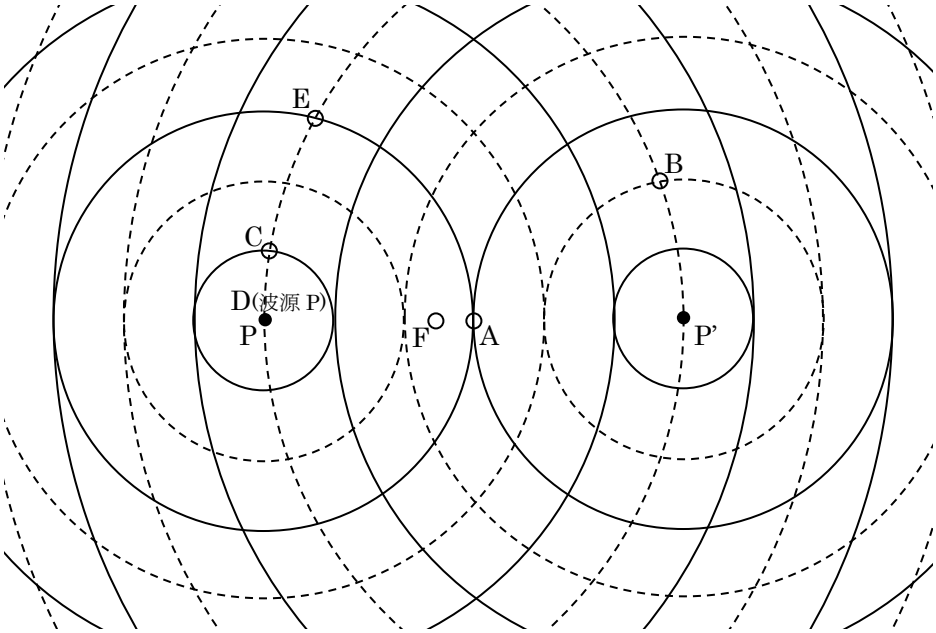
問題 3 干渉する点を結んだ線

水平面上の 2 点 P、P'で波長 λ の波を同位相で発生させた。図は波源がちょうど谷になった瞬間の波の図で、実線は山、点線は谷を示している。

(1) A 点の例に従って、下記の表を埋めよ。

(2) 強め合う点を結んだ線を作図せよ。

（結んだ線が阪神タイガーズのマークみたいになることはクローズアップされづらいけれど、結構重要なので覚えておこう）



強め合う点	波源 P からの距離(①)	波源 P'からの距離(②)	波源からの距離の差(①－②)
（例）A	1.5 λ	1.5 λ	0
弱めあう点	波源 P からの距離(①)	波源 P'からの距離(②)	波源からの距離の差(①－②)

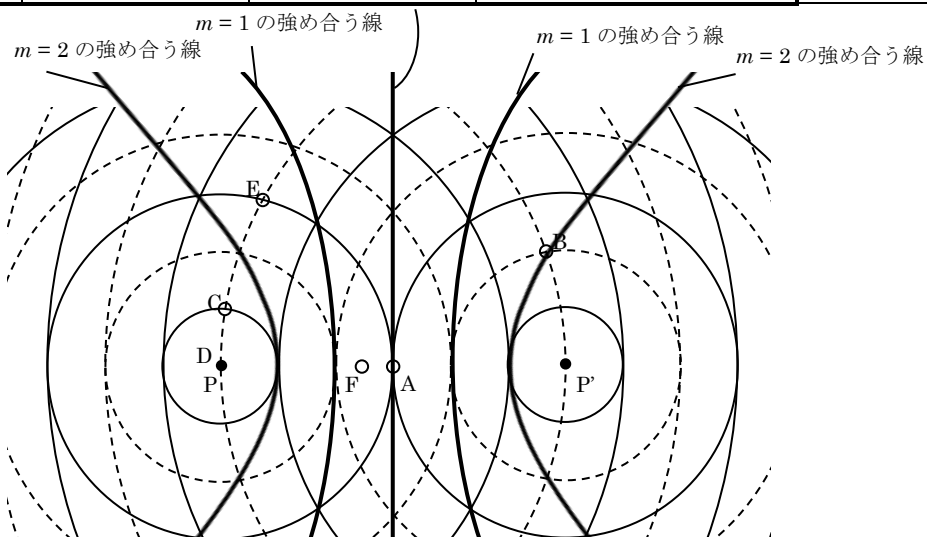
問題３解説　(1)　山と山（谷と谷）が重なっている点は強め合う。山と谷が重なっている点は弱めあう。

また、波源は谷の状態であるということにも注意して考えよう。

おまけとして、公式を立てたときの整数 m を表の横に示した。それを使い作図に注釈をつけてみる。

強め合う点	波源 P からの距離(①)	波源 P'からの距離(②)	波源からの距離の差(|① − ②|)	公式での整数 m
A	1.5 λ	1.5 λ	0	0
B	3.0 λ	1.0 λ	2.0 λ(半波長 0.5 λ の 4 倍)	2
D	0	3.0 λ	3.0 λ(半波長 0.5 λ の 6 倍)	3
弱めあう点	波源 P からの距離(①)	波源 P'からの距離(②)	波源からの距離の差(|① − ②|)	公式での整数 m
C	0.5 λ	3.0 λ	2.5 λ(半波長 0.5 λ の 5 倍)	2
E	1.5 λ	3.0 λ	1.5 λ(半波長 0.5 λ の 3 倍)	1
F＊1	1.25 λ	1.75 λ	0.5 λ(半波長 0.5 λ の 1 倍)	0

(2)



＊1

点 F が強め合うか打ち消し合うかの判断は、①経路差から考える。②作図した 2 本の強め合う線の間にあるので弱めあう。③頭の中で少し時間を進めると、F 点では、P から出た谷と、P'からでた山が重なることわかるので打ち消し合う。の 3 パターンで考察できる。

＊2

強め合う線は P 点と P'点からの距離の差が一定である曲線であり、これらは「双曲線」と呼ばれる。

問題 4 波の干渉

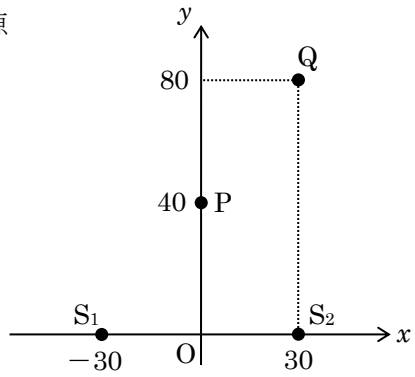
$x-y$ 平面上の 2 点 $S_1(-30、0)$、$S_2(30、0)$に置かれた波源から、ともに波長 $\lambda = 40$ cm の波が同位相で発生している。

(1) 図の P、Q の各点で波は強め合っているか、弱めあっているか。

(2) 線分 S_1、S_2 上で波が強め合っている点はいくつあるか。

(3) 波が強め合っている点をつなぐとどのような形になるか。

(4) もし、S_1 と S_2 が逆位相であると(1)はどうなるか。



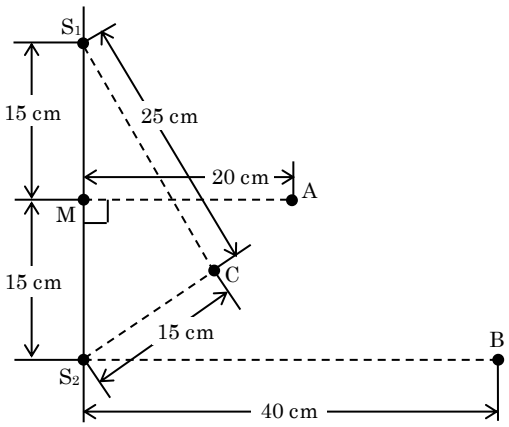
問題 5 発展 波の干渉

水平面上に波源 S_1、S_2 が 30 cm 離れておかれており、振動数 5.0 Hz で同位相で振動し、波長 10 cm の波を発生している。波は同心円状に広がっていく。(M は線分 S_1S_2 の中点)

(1) 波源 S_1 から出た波が点 A に到達するのに要する時間 t は何秒か。

(2) 2 つの波は点 A で強め合うか、それとも弱めあうか。また、点 B ではどうか。

(3) 波源 S_1、S_2 において波の山が発生している瞬間に、点 C で観測されるのは山か、それとも谷か、それとも節か。



(4) 点 C で観測された波は 0.30 秒後に水平面上のある点に移動する。波源 S_1、S_2 からその点までの距離はそれぞれいくらか。

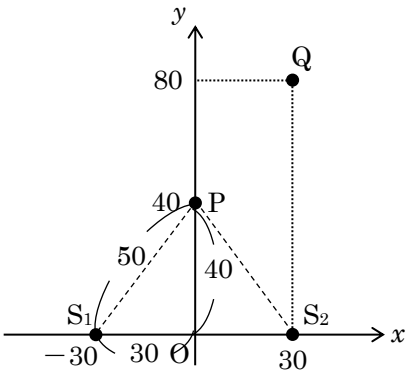
問題 4 解答　(1) P：強め合う　Q：弱め合う　(2) 3 つ　(3) 解説参照
(4) P：弱め合う　Q：強め合う

問題 4 解説

(1) 干渉では、経路差を真っ先に求めよう。3 対 4 対 5 の三角形が随所に出てくる。

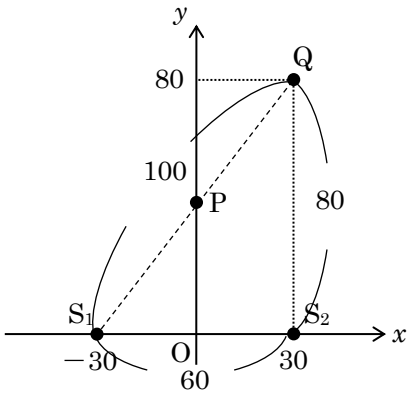
P 点

S_1P は 50 cm、S_2P も 50 cm、
よって経路差は 0 cm。
経路差が 0 なので、強め合う。
（半波長の 0 倍、偶数倍となっている）

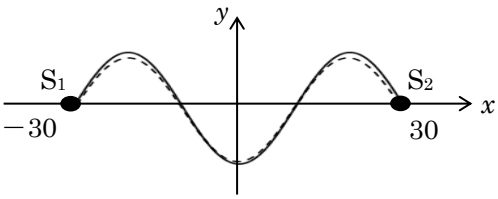


Q 点

S_1Q は 100 cm、S_2Q は 80 cm、
よって経路差は 20 cm。
発生させた波の波長が 40 cm なので、
半波長は 20 cm であり、
経路差(20cm) = 半波長(20 cm) × 1 倍
という関係なので、半波長の奇数倍と判断できて、弱め合うといえる。



(2) S_1S_2 間では、同じ形の波が互いに逆向きに進んでいるので定常波ができる。定常波の腹の部分が強め合う点であり、節の部分が弱め合う点であることから数えてみる。



S_1、S_2 の中点が強め合う点であることと、波長が 40 cm であることから、左図のように定常波が書ける。
（図は中点が谷同士で強めあっているタイミングを作図している）
このことから強め合う点は 3 つ。

＊定常波の腹から腹までの距離が$\frac{\lambda}{2}$であることから、$\overline{S_1S_2} \div \frac{\lambda}{2}$ → 60÷20 としてもよい。

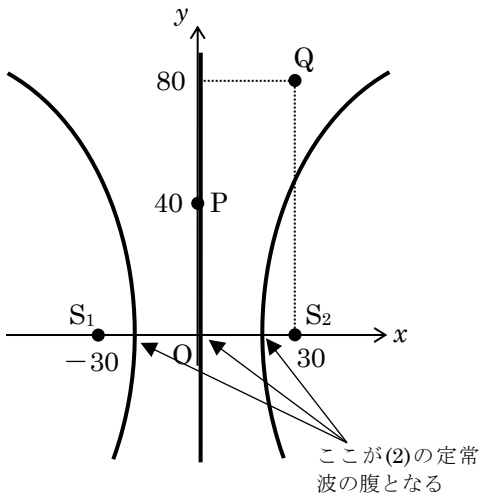
＊ 図から、強め合う点の座標は $x = -20$ と、$x = 20$ の 2 点とわかるが、実際に経路差を計算してみて、半波長の偶数倍になっているか確かめよう。

(3) 強め合う点は前問(2)で求めたので、その点を通る双曲線を書こう。正確な座標で書くのは難しいので、今はなんとなくの形だけ書けば OK である。右図のようにかいてみよう。

＊ 点 Q は、$m=0$ の弱め合う点なので、y 軸に沿った線と、1 つ目の双曲線の間にくる。

(4) 逆位相の波を発生させた場合は、強め合う点と弱め合う点が逆になる。

P：弱め合う　Q：強め合う　　となる。



問題 5 解答　(1) 0.50 s　(2) A 点：強め合う　B 点：強め合う　(3) 谷

(4) S_1 からの距離：40 cm 、S_2 からの距離：30 cm

問題 5 解説

(1) まずは波の速度を求めておこう。波の式 $v=f\lambda$ より、

$v = 5.0\times10$

$v = 50$ cm/s

次に S_1A の距離から時間を計算すると、

$25 \div 50 = 0.50$ s

(2) 経路差をそれぞれの点で考えよう。

A 点　S_1A は 25 cm、S_2A は 25 cm、よって経路差は 0。経路差が 0 なので強め合う。

B 点　S_1B は 50 cm、S_2B は 40 cm、よって経路差は 10 cm。経路差が半波長（5 cm）の偶数倍(2 倍)なので強め合う。

(3) それぞれの波源で発生している波を考えよう。

S_1 で発生している波

S_1C の距離が 25 cm で、これは、$2\lambda+0.5\lambda$ なので、S_1 の位相とちょうど半波長ずれている波が C 点に到達する。よって、S_1 が山なら C は谷になっている。

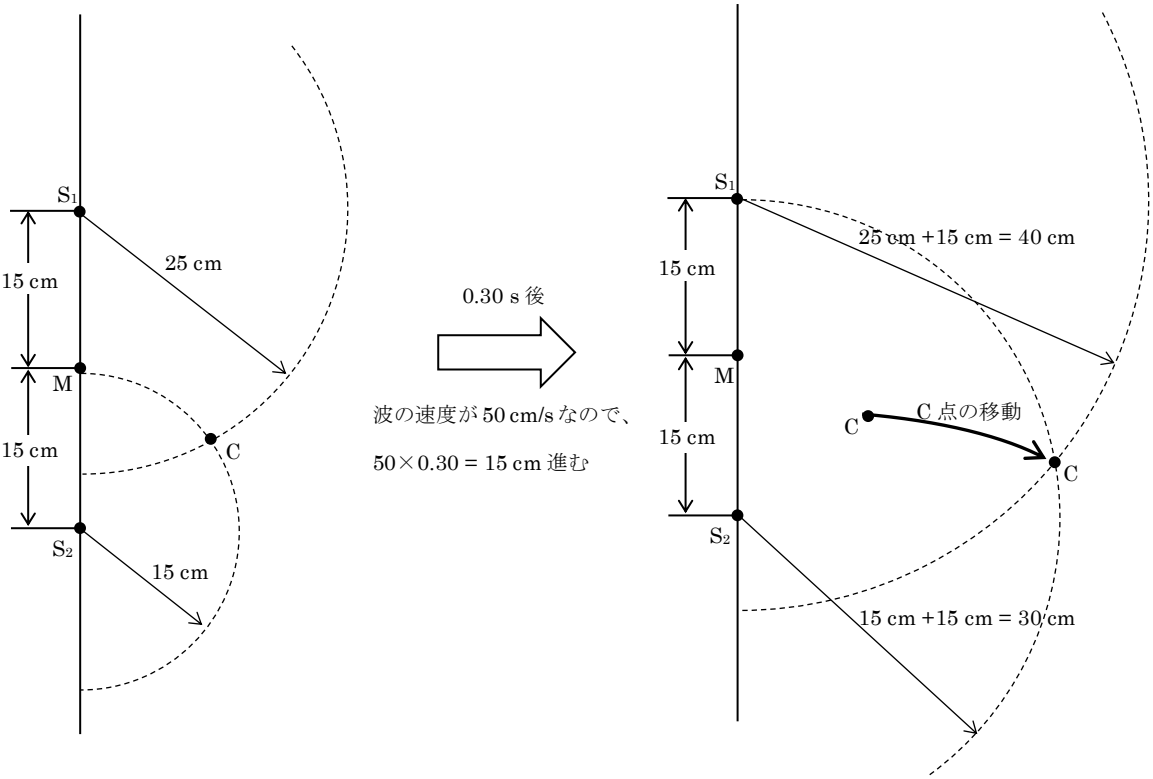
S_2 で発生している波

S_2C の距離が 15 cm で、これは、$\lambda+0.5\lambda$ なので、S_2 の位相とちょうど半波長ずれている波が C 点に到達する。よって、S_2 が山なら C は谷になっている。

C の状態

このことから S_1、S_2 が山のとき、C 点は谷同士で強めあっている。よって谷。

(4) S_1、S_2 を中心に、同心円状に広がる波を書いて波の広がりを記入しよう。



波の速さが 50 cm/s なので、0.30 s では、

50×0.30 = 15 cm 進む。

波は波源を中心に広がっているので、強めあっている点 C が上図のように移動する。

よって、S_1 からの距離は 40 cm、S_2 からの距離は 30 cm となる。

また、点 C は、強め合う点を結んだ双曲線上を移動している。波の時間経過での動きを頭の中でイメージできるようにしておこう。