

## 5 . 波の性質

〔 a 〕 波の表し方 （教科書 P.120 ~ 125、問題集 P.42 ~ 43）

振動が次々に伝わっていく現象を波動という。振動の源を波源、波動を伝えるもの（振動するもの）を媒質と呼ぶ。波動は進行しても、媒質はその場で振動するだけで、それ自身は移動しない。エネルギーだけが媒質中を移動する。

波動の例 : 水波 音波 地震波 光波

媒質の例 : 水 空気 固体地球 電磁場

波の進行方向と振動方向の関係で波を2種類に分類する。

{	進行方向と振動方向が直角	
{	進行方向と振動方向が平行	

横波の例  固体中しか伝わらない

縦波の例  液体・気体中も伝わる

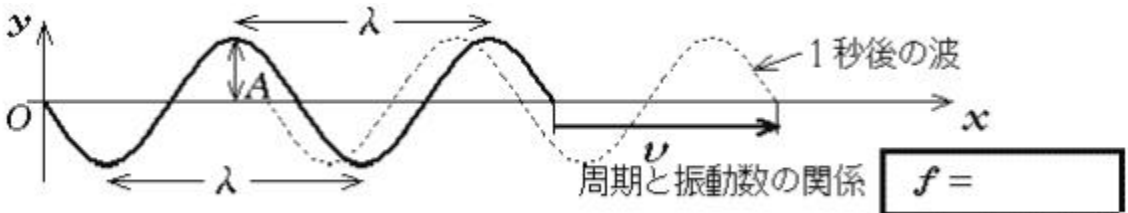
注) 水面の波は表面波という種類で、縦波・横波のいずれでもない。

### 波動を表す要素

	名称	記号	単位	内 容	
振動の要素		$A$	[m]	振動の中心からの最大変位	amplitude
		$T$	[s]	一回の振動に要する時間	period
		$f$	[Hz]	1秒間の振動回数 ( [Hz] = [1/s] )	frequency
波要素			[m]	波の山と山の間隔 ( 空間的周期 )	wavelength
		$v$	[m/s]	波形が進行する速さ・振動の伝達速度	velocity

注) (ラムダ:ギリシャ文字の $\lambda$ に相当する文字)

注) [Hz] (ヘルツ: 振動数・周波数の単位 Heinrich Rudol Hertz に由来)



### 【作業1】横波正弦波の進行

原点での  $P_0$  の単振動が、 $1/8$  周期ずつ遅れて右側の点  $P_1 \sim P_9$  に順次伝わっていく。

正弦波が発生し、右へ進んでいく様子を作図せよ。

#### 考察

波が1波長だけ進むのに、時間はどれだけかかっているか図を見て考えよ。

波の速さはどのように表されるか考えよ。

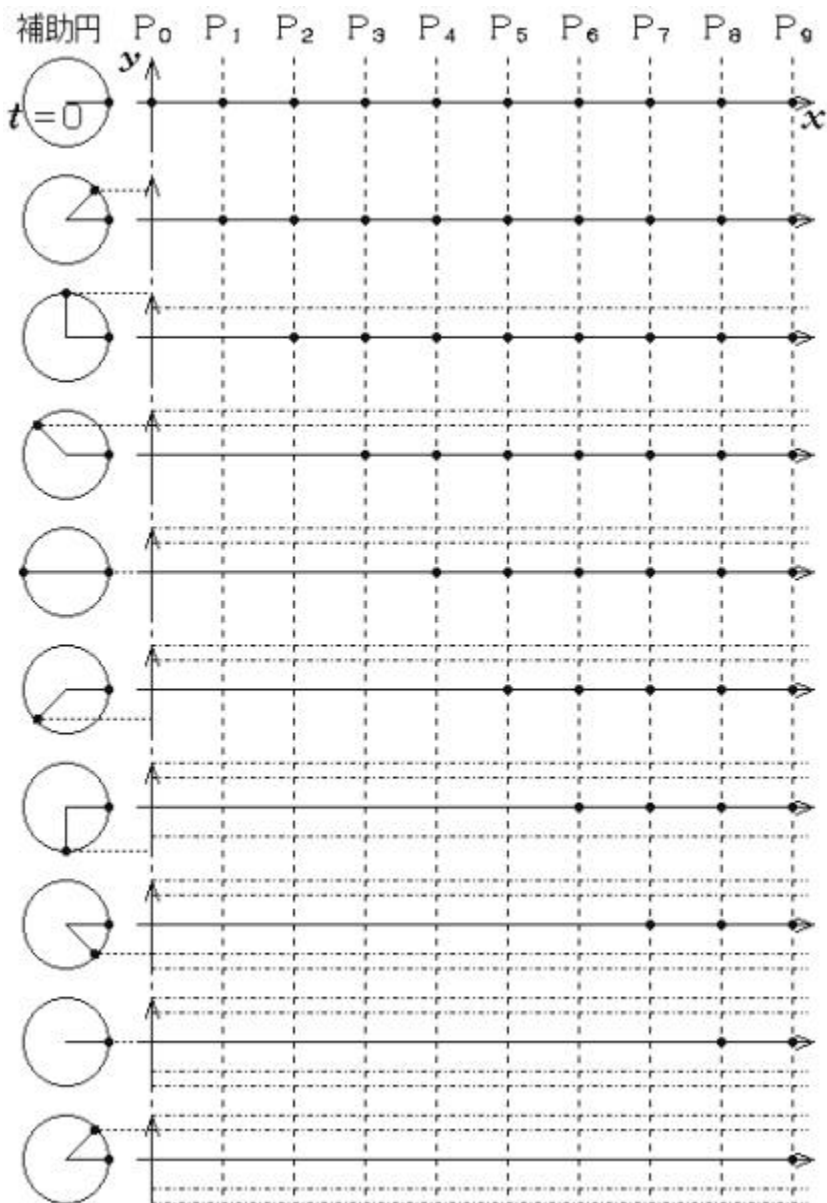
$$t = \frac{5}{8}T$$

$$t = \frac{6}{8}T$$

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

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

$$t = \frac{9}{8}T$$



《まとめ》

波は1回の振動で1波長分進む

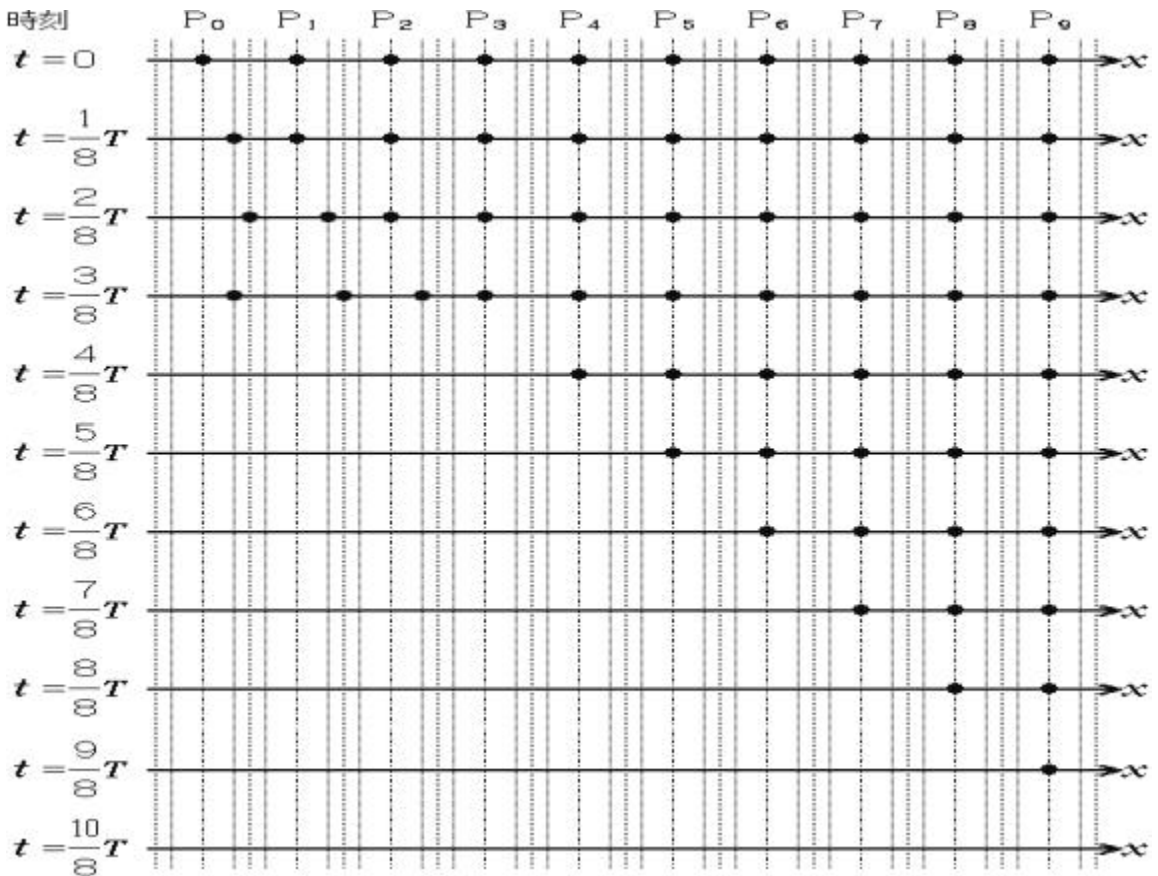
波の速さ  $v =$

波の基本式  $v =$

《 b 》 縦波の進行 (教科書 P.125、問題集 P.44 ~ 45)

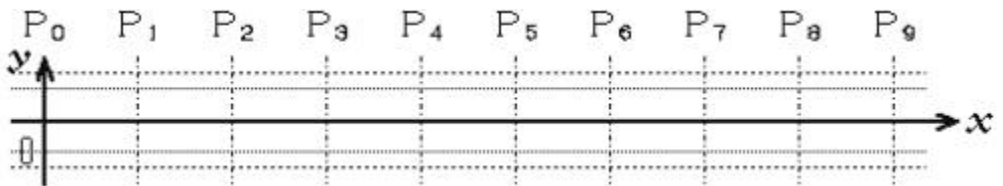
【作業 2】 縦波の進行

各質点が最初の位置を中心に右左に単振動する。P<sub>0</sub>の動きが 1 / 8 周期ずつ遅れて右へ伝わるものとして縦波の進む様子を作図せよ。密部を赤、疎部を青で着色せよ。



【作業 3】 縦波の横波表示

上図  $t = 10 / 8 \cdot T$  について、右への変位を正として変位のグラフを描け。密部の中心にあたる点を赤、疎部の中心にあたる点を青で囲め。

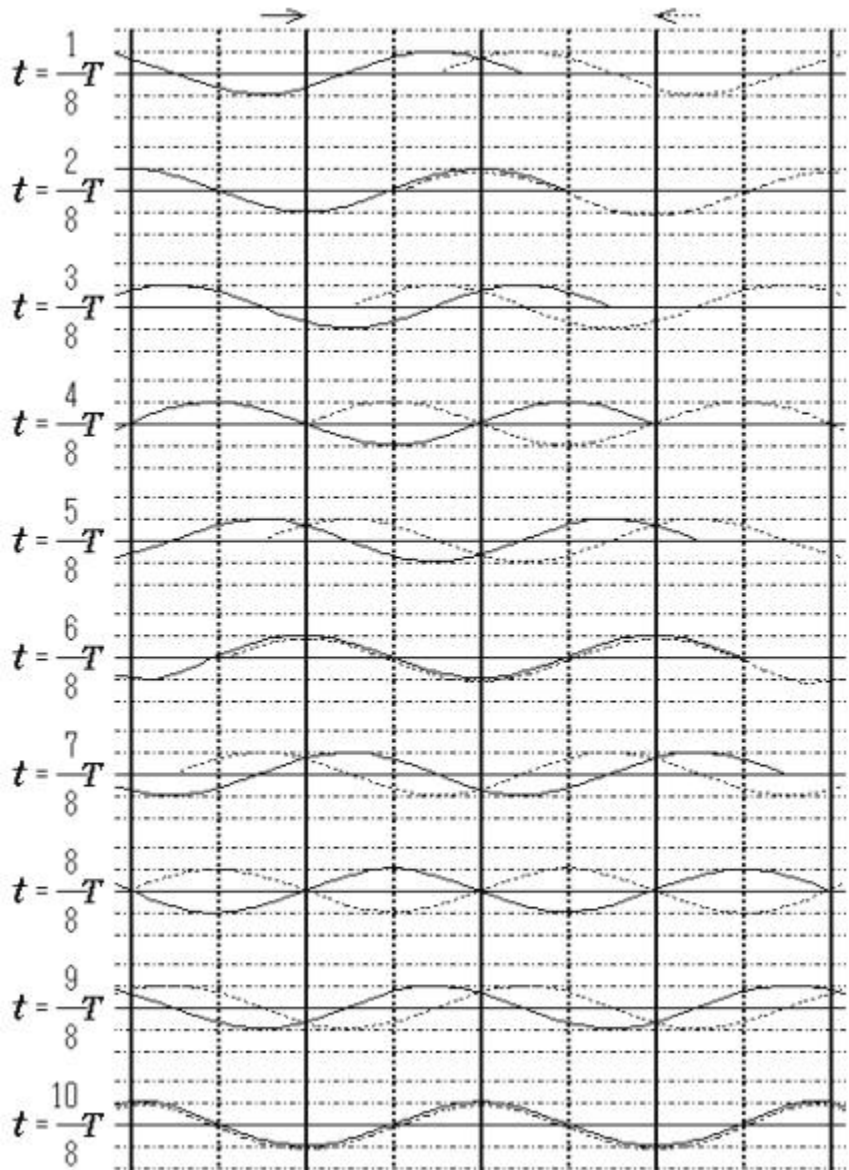


【問】 作業 3 のグラフにおいて、振動の速度が 0 の点をすべてあげよ。また、右向きに速度が最大の点をすべてあげよ。

重ね合わせの原理：二つの波が重なると、その点の変位はそれぞれの波による変位の和になる。

【作業4】定常波の発生

実線の波は右へ進む波、破線の波は同じ波長・振幅で左へ進む波である。両波が重なりあう部分では、実際には重ね合わせの原理で足し算された合成波が観測される。合成波を赤線で作図せよ。



**考察**

合成波が右にも左にも進んでいないことを確認せよ。  
 振動が最も激しい場所(腹)を見つけよ。  
 振動していない場所(節)を見つけよ。  
 隣り合う腹と腹または節と節の間隔を波長と比較せよ。

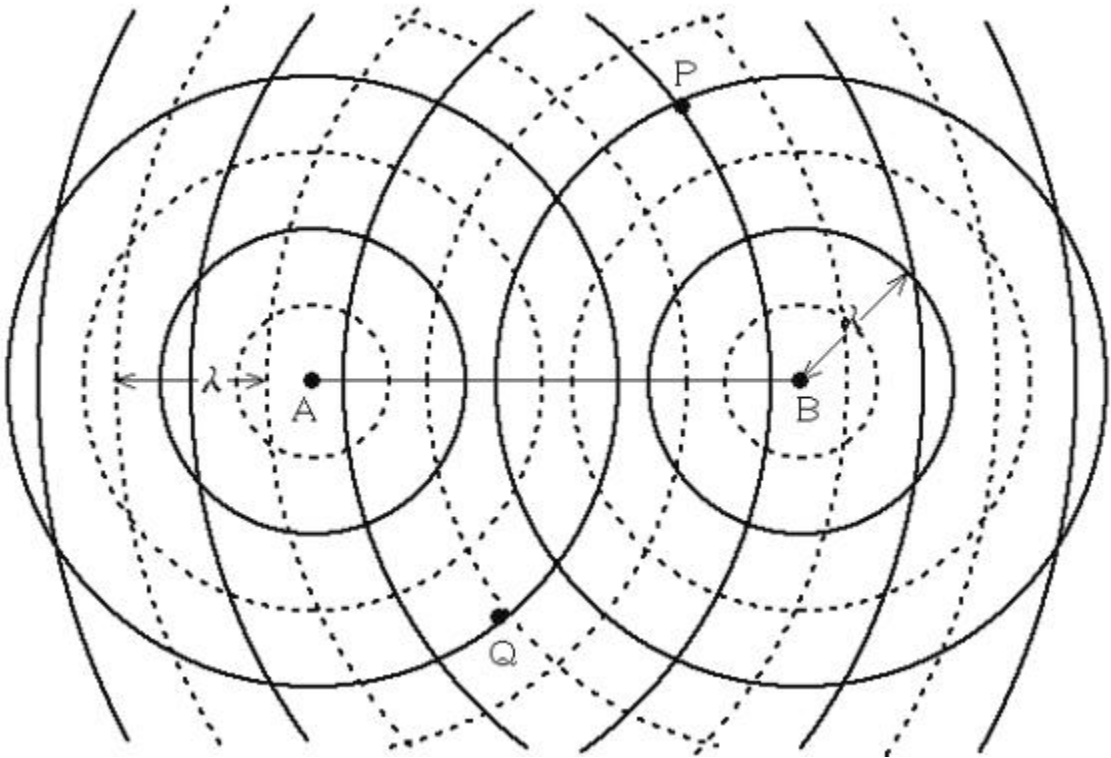
《まとめ》

定常波の隣り合う腹と腹、節と節の間隔は



【作業6】円形波の干渉

点 A, B は波源を表す。実線は波の山を、破線は波の谷を表す。  
 山と山または谷と谷が重なり強めあっている交点に赤丸をつけよ。また、山と谷が重なって打ち消しあっている交点に青丸をつけよ。  
 赤丸を赤い曲線で結び、強めあう点の通り道を作図せよ。また、青丸を青い線で結び、弱めあう点の集合(節線)を作図せよ。



**考察**

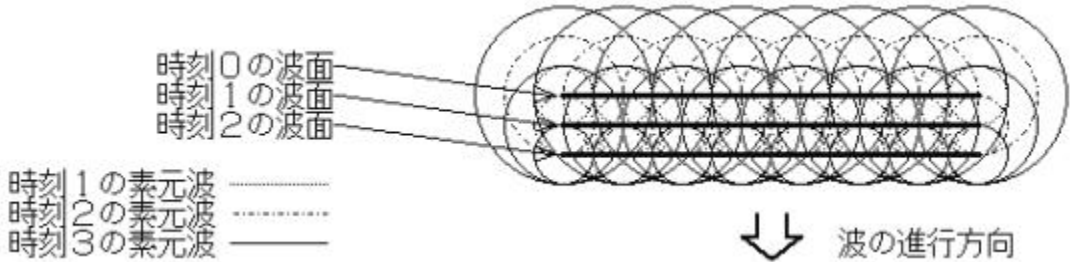
上で作図した曲線群は何という種類の曲線か。  
 距離 AP、BP をそれぞれ波長 で表し、その差を求めよ。  
 距離 AQ、BQ をそれぞれ波長 で表し、その差を求めよ。  
 の結果と、P, Q を含む線の色との関係を調べよ。  
 線分 AB 上ではどんな現象が起きているか。

《まとめ》波の干渉の条件 (二つの波源から同位相の波が出ているとき)

両波源からの距離の差が 半波長の偶数倍の点	<input type="text"/>	→	山と山、谷と谷が重なり 波は強めあう
両波源からの距離の差が 半波長の奇数倍の点	<input type="text"/>	→	山と谷が重なり 波は打ち消しあう

《 f 》 ホイヘンスの原理 (教科書 P.130 ~ 135、問題集 P.48 ~ 49)

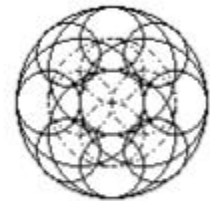
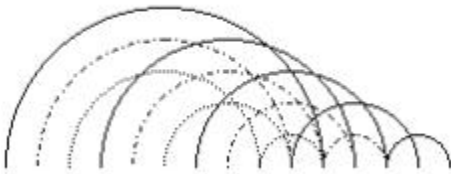
波が伝わる時、振動する媒質の各点はそれぞれ  という球面波 (円形波) を発生する。それぞれは、弱くて見えない波だが、それらが干渉して強め合う所が、次の時刻の波面として観測されることになる。



【作業7】波面の作図

上の図で、時刻3の素元波 (実線の円) のすべてに共通に接する直線 (包絡線) を引いて、時刻3の波面を作図せよ。

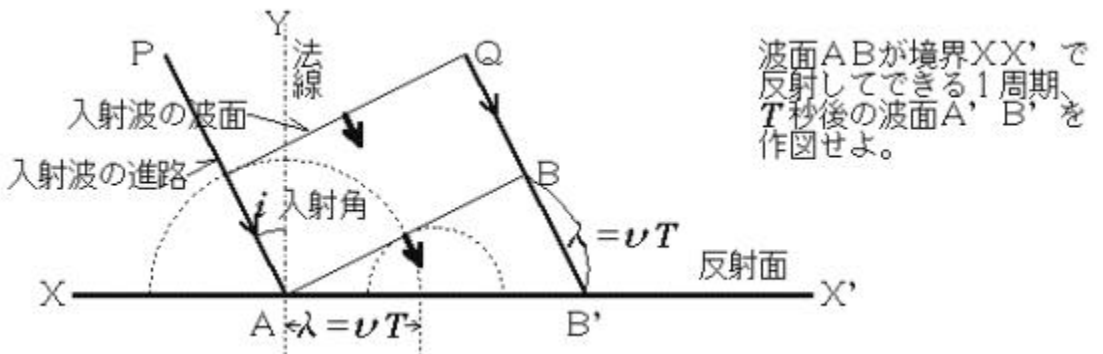
【問】下および右の図で波面を作図せよ。



円形波が広がる様子

【作業8】反射の法則

波は媒質の端や境界で反射する。反射波は同じ媒質中を進むので、波の速さは反射する前と同じである。



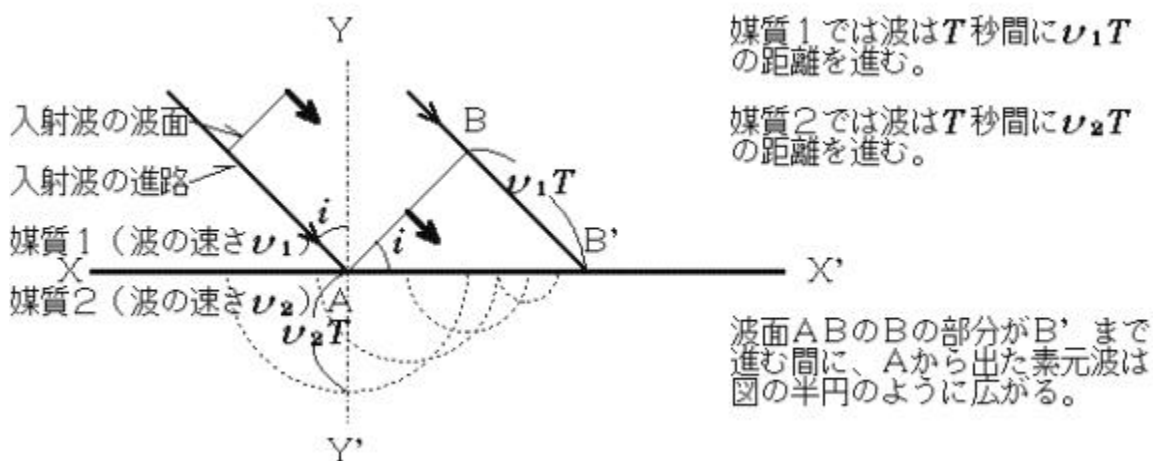
入射角を  $i$ 、反射角を  $j$  とするとき

反射の法則



### 【作業 9】 屈折の法則

波は、伝わる速さの違う媒質の境界で屈折する。波面  $AB$  が境界  $XX'$  で屈折してできる 1 周期、 $T$  秒後の波面  $A'B'$  を作図せよ。



入射角を  $i$ 、屈折角を  $r$  とすると

$$AB' \sin i =$$

$$AB' \sin r =$$

屈折の法則

$$\frac{\sin i}{\sin r} =$$

$n_{12} = \frac{v_1}{v_2}$  を媒質 1 に対する媒質 2 の相対屈折率という。

【問】水中での光の速さは空気中での光の速さの 4 分の 3 である。空気に対する水の屈折率を求めよ。

### 異なる媒質中での光の波長の変化

媒質が変わっても波の振動の周期  $T$  や振動数  $f$  は変わらない。しかし、波長は速さと共に変化する。媒質 1、2 での波長をそれぞれ  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、速さを  $v_1$ 、 $v_2$  とする。

波の基本式

$$\lambda = vT$$

波長の比

$$\lambda_1 : \lambda_2 =$$

$$= \frac{v_1}{v_2}$$

$$= \frac{v_1}{v_2}$$

速さの比