

6. 波の性質

《a》波の表し方 (教科書 P.164 ~ 169、問題集 P.76 ~ 90)

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

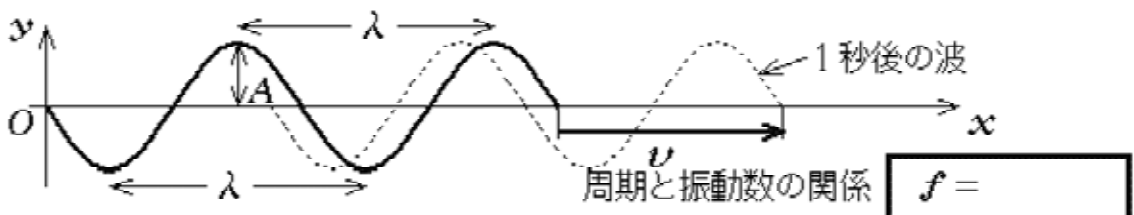
注) 水面の波は**表面波**という種類で、縦波・横波のいずれでもない。

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)	wave length
		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 λ 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。

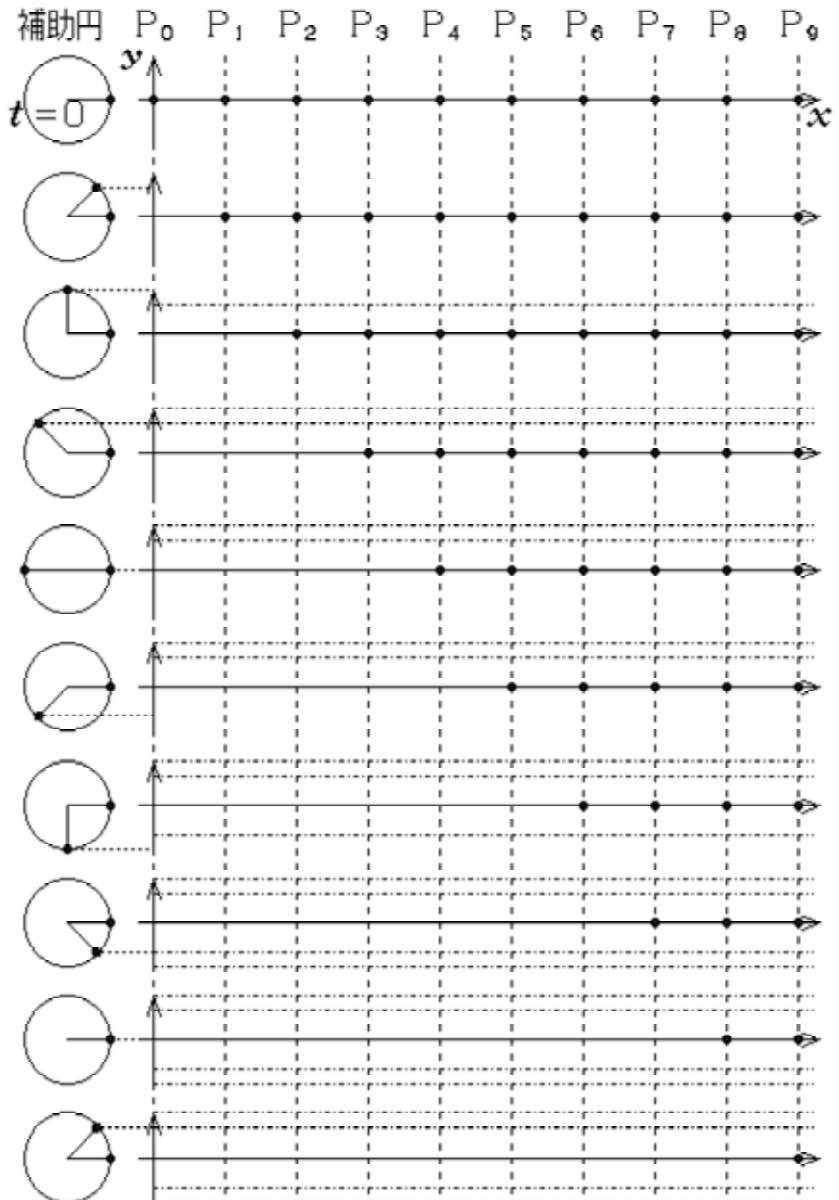
$$t = \frac{5}{8}T$$

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

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

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

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



《まとめ》

波は1回の振動で1波長分進む

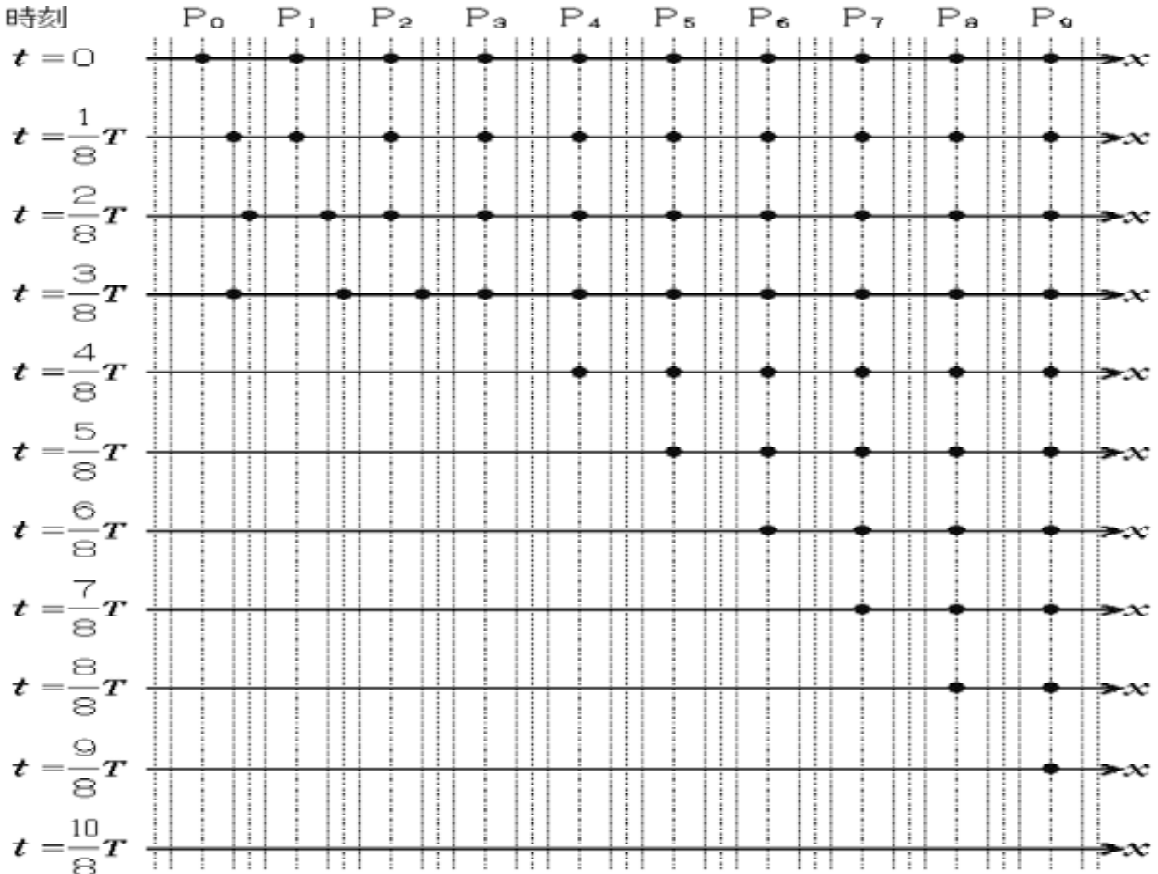
波の速さ $v =$

波の基本式 $v =$

《 b 》 縦波の進行 (教科書 P.160 ~ 171、問題集 P.76 ~ 90)

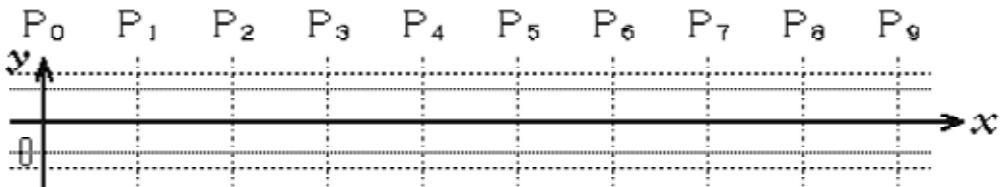
【作業 2】 縦波の進行

各質点が最初の位置を中心に右左に単振動する。P₀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。

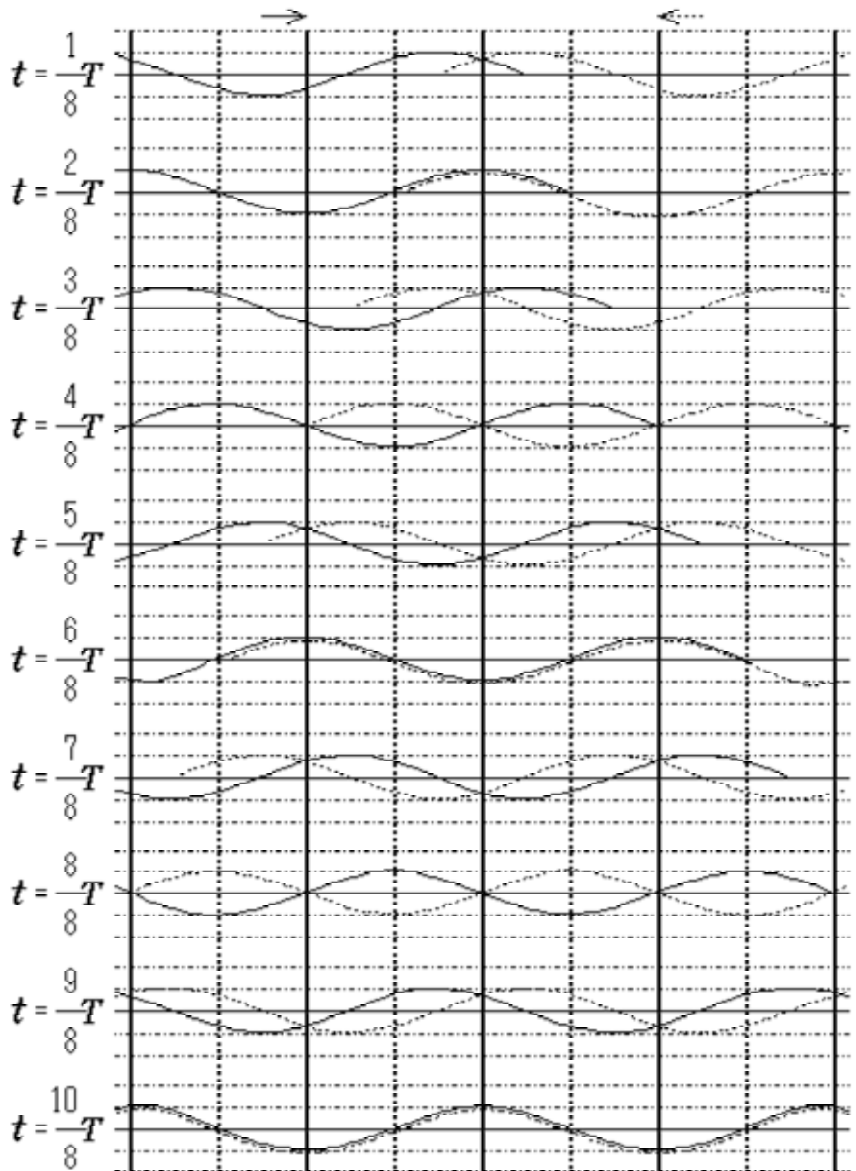
重ね合わせの原理：二つの波が重なると、その点の変位はそれぞれの波による変位の和になる。

【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

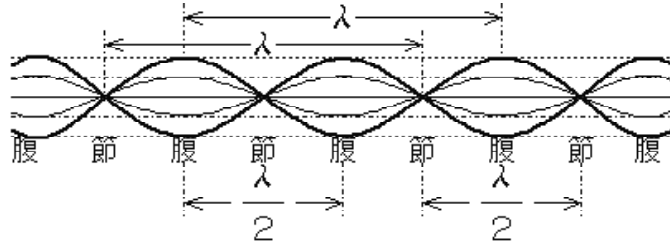
合成波が右にも左にも進んでいないことを確認せよ。
 振動が最も激しい場所(腹)を見つけよ。
 振動していない場所(節)を見つけよ。
 隣り合う腹と腹または節と節の間隔を波長と比較せよ。



《まとめ》

定常波の隣り合う腹と腹、節と節の間隔は

定常波の表現 定常波の各時刻の波形を重ねて下の図のように表現することがある。

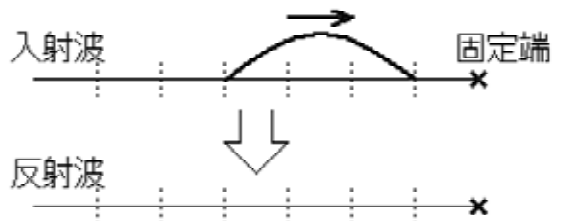
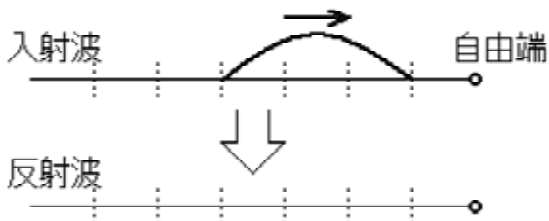


【問】 x 軸上の $x = \pm 5$ cm のところに二つの波源があり、それぞれ波長 4 cm、振幅 1 cm の同種の波を x 軸に沿って左右に送り出している。二つの波源の間
の腹の位置、節の位置をすべて求めよ。定常波の振幅はいくらになるか。

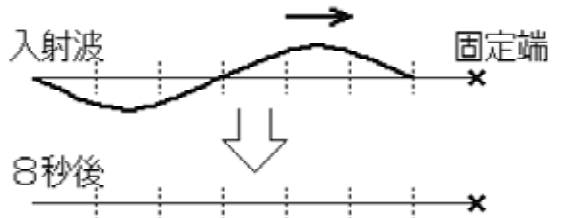
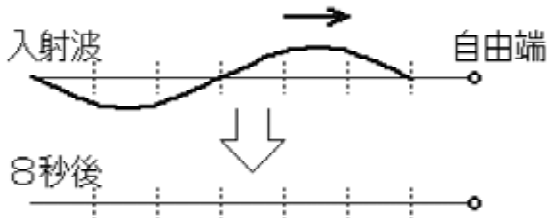
《d》 反射波の位相 (教科書 P.176 ~ 179、問題集 P.76 ~ 90)

波は媒質の末端や境界で反射する。境界の条件により反射のしかたが異なる。

【観察】 ウェーブマシンで自由端と固定端におけるパルス波の反射を観察せよ。
自由端での反射 固定端での反射



【作業5】連続波の反射による定常波の発生
連続波が 1 秒間に 1 目盛り進むものとして、上の図から 8 秒後の合成波を作図せよ。

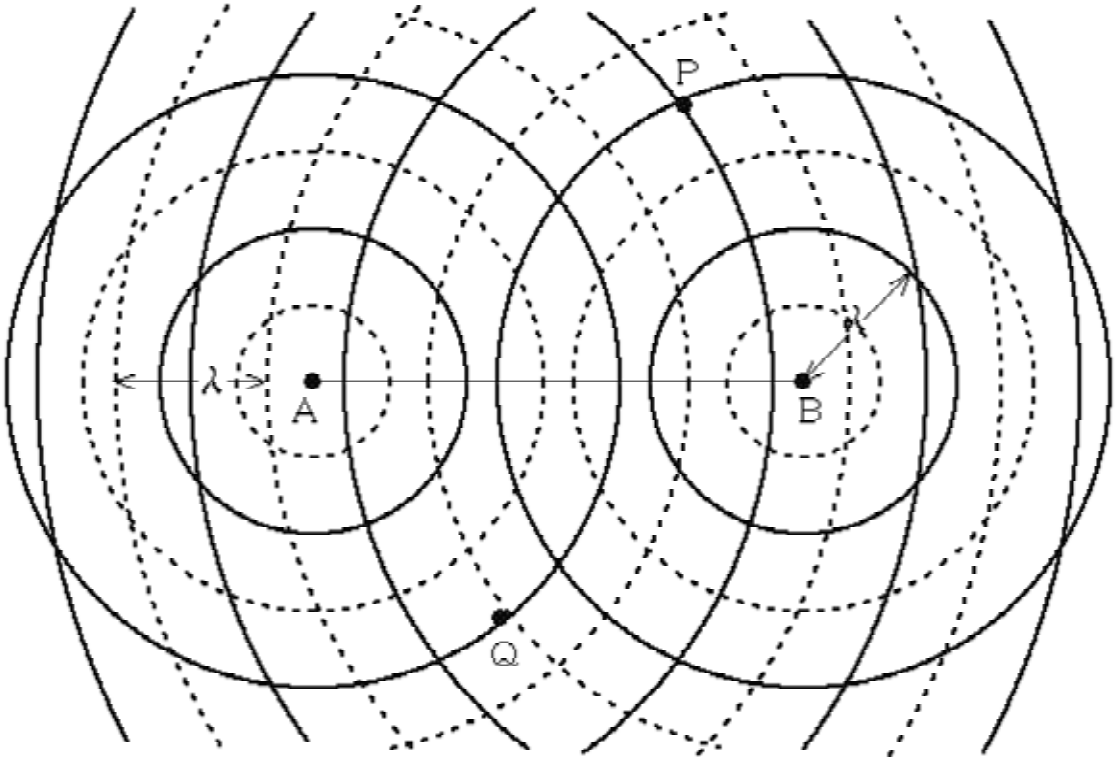


《まとめ》

自由端は定常波の _____ 、固定端は定常波の _____ になる。

【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

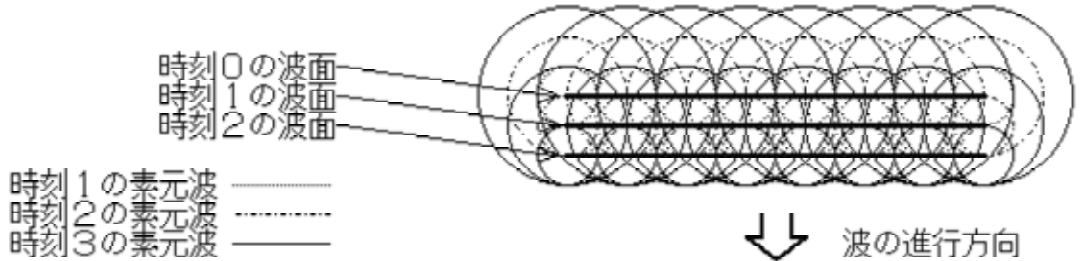
上で作図した曲線群は何という種類の曲線か。
 距離 AP、BP をそれぞれ波長 λ で表し、その差を求めよ。
 距離 AQ、BQ をそれぞれ波長 λ で表し、その差を求めよ。
 その結果と、P, Q を含む線の色との関係を調べよ。
 線分 AB 上ではどんな現象が起きているか。

《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.186 ~ 192、問題集 P.76 ~ 90)

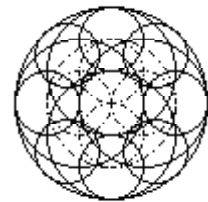
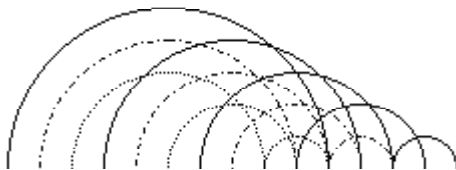
波が伝わる時、振動する媒質の各点はそれぞれ という球面波 (円形波) を発生する。それぞれは、弱くて見えない波だが、それらが干渉して強め合う所が、次の時刻の波面として観測されることになる。



【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。

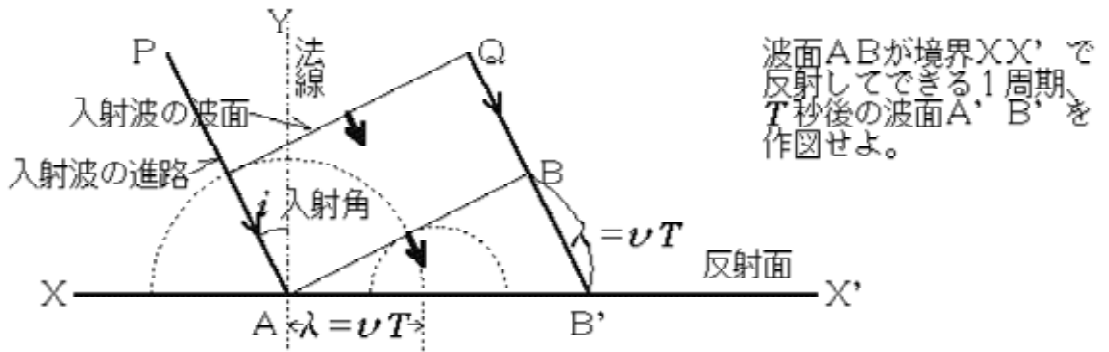
【問】下および右の図で波面を作図せよ。



円形波が広がる様子

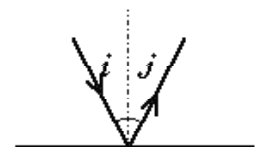
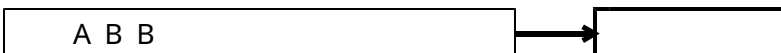
【作業8】反射の法則

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。



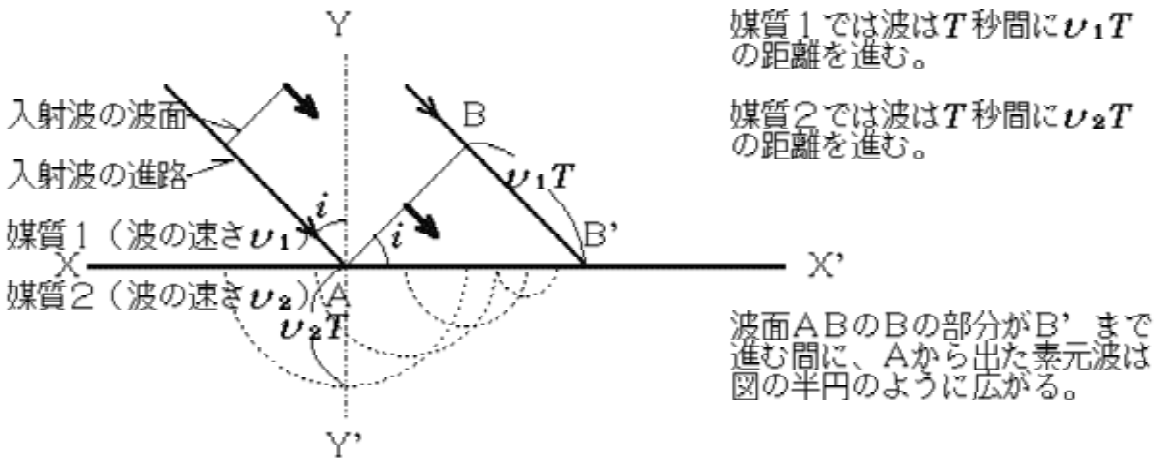
入射角を i 、反射角を j とするとき

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 λ_1 、 λ_2 、速さを v_1 、 v_2 とする。

波の基本式

波長の比 $1 : 2 =$ $=$ 速さの比