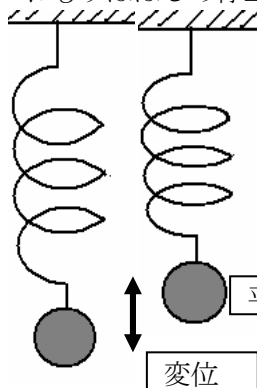


§ 2. 振動と波

(1) 振動

○バネにつるされたおもりはどのように運動するでしょう？

おもりははじめ停止している。→ その場所を**平衡点**という。



おもりを引いてから(押してから)離すとおもりは上下に振動する。

→ 平衡点からのずれを**変位**という。

振幅：平衡点から最も離れた時の変位

上下の振動を繰り返す→ 一往復するまでの時間を**周期 T**という。

1秒間に繰り返す(振動する)回数を**振動数**または**周波数 f**という。

振動数 = 1 / 周期 $f = 1 / T$ 単位ヘルツ Hz (1 / 秒)

初めのうち式はできるだけ文字を使って覚えよう

→変数にすると意味がわからなくなる

<問題 8> 周期はいくら？

放送局からやってくる電波の周波数 FM 80MHz 周期は () 秒

AM 1000kHz 周期は () 秒

音叉(ラ)の音の周波数 440Hz 周期は () 秒

コンピュータのクロック周波数例えば 1GHz 周期は () 秒

<知っとこ> ラジオ放送局はそれぞれ決まった周波数の電波を持っていて(搬送波)それに音を合成して(変調)各家庭に送ります。各家庭の受信機は受信した搬送波から音だけを取り出して(復調)増幅して聴きます。

合成する方法：音に合わせて搬送波の振幅 (Amplitude) を変える (Modulation) → AM 放送

音に合わせて搬送波の振動数 (Frequency) を変える (Modulation) → FM 放送

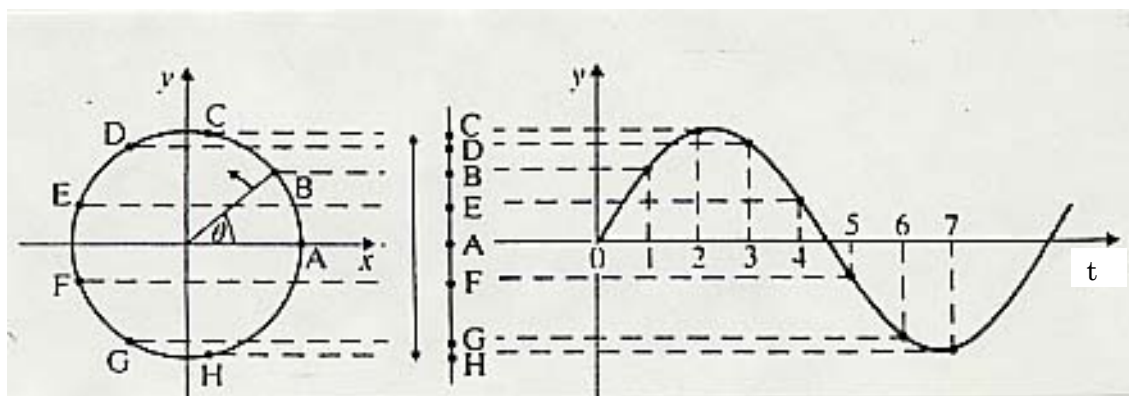
<知っとこ> マクロなサイズを表す接頭語

10^3 : k (キロ) 10^6 : M (メガ) 10^9 : G (ギガ) 10^{12} : T (テラ)

○バネのおもりの変位は時間とともにどのように変化するでしょう？

→ 同じ速さで上下しているのではない。平衡点近くでは速く、上下で遅い

円周上を一定の速さで回っている点を横から見ると点は上下に振動している。この動きがバネの運動。



円の半径を a とすると円の上を回る点の y 座標は $y = a \sin \theta$ (左図)

角度 θ は常に一定の割合で増える → 1秒間に ω (オメガ) 増えるなら t 秒後の角度 $\theta = \omega t$

$y = a \sin \omega t$ (右図)

ω を**角速度**という。(速度が1秒間に進む距離なら**角速度は1秒間に進む角度**)
 角度はラジアン単位 (rad) で表す。 360 度 $\rightarrow 2\pi$ ラジアン

では 1° は () ラジアン。角速度は rad/秒 で表す。

周期が T 秒の振動をするおもりの角速度 ω はいくら？

1 周期 (1 往復 = 1 回り) は角度にして 2π 周期は 1 往復するのに要する時間だから

$$\omega T = 2\pi \quad \omega = 2\pi / T = 2\pi f \quad \text{角速度} = 2\pi / \text{周期} = 2\pi \times \text{振動数}$$

<問題 9> 次の運動の角速度はいくら？

1 往復するのに 5 秒かかる振動は円運動でいうと角速度はいくらか？

()

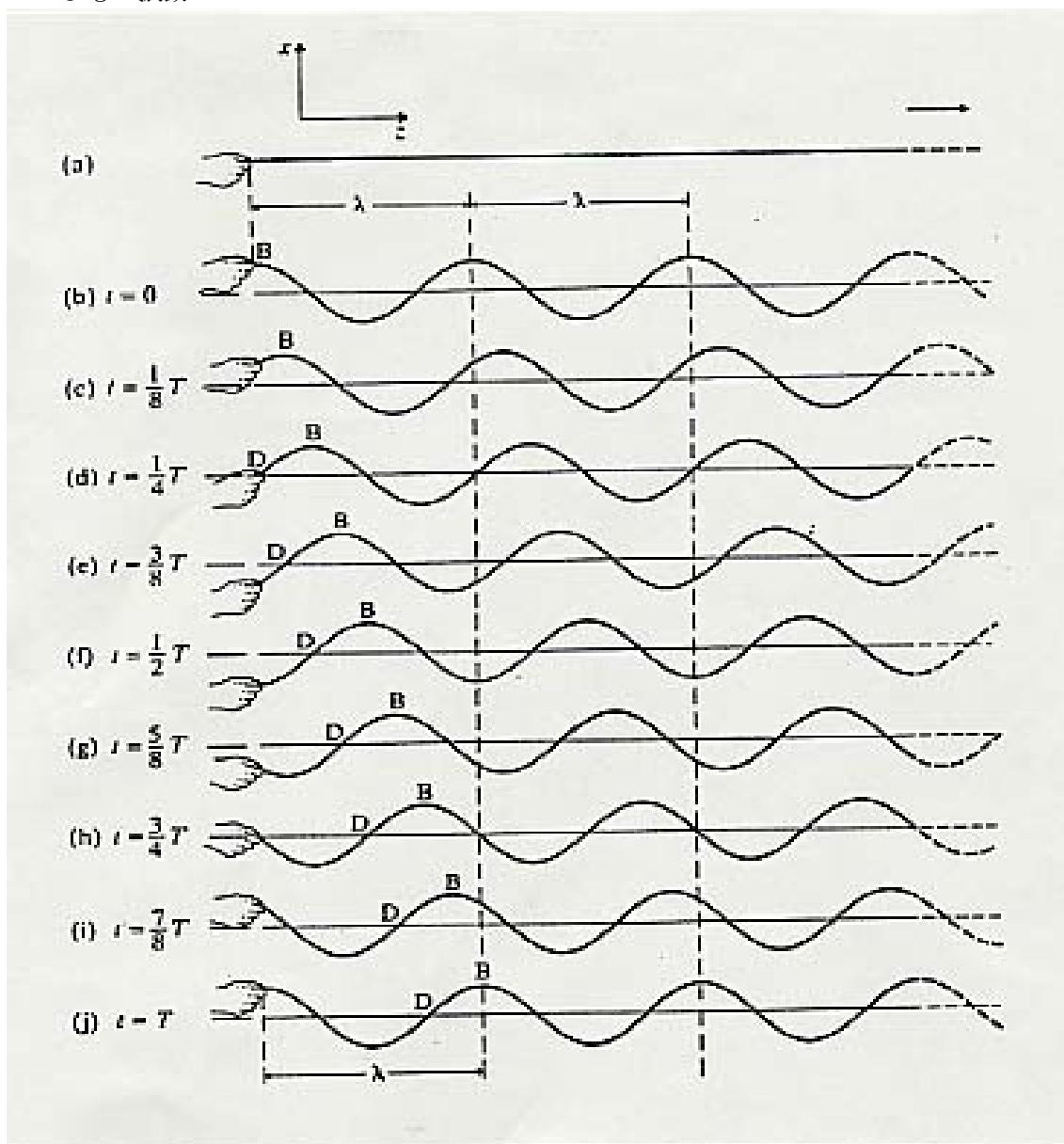
地球は 1 日に 1 回地軸の周りを自転する。角速度はいくら？

()

(2) 波

振動が次々伝わっていく現象を**波**といい、振動を伝えるものを**媒質**という。

<ひもの振動>



ひもの端の振動がひもの上で波となって伝わっていく

→ひもの各部分は上下運動をしているだけ。ひものが横に動いているわけではない。

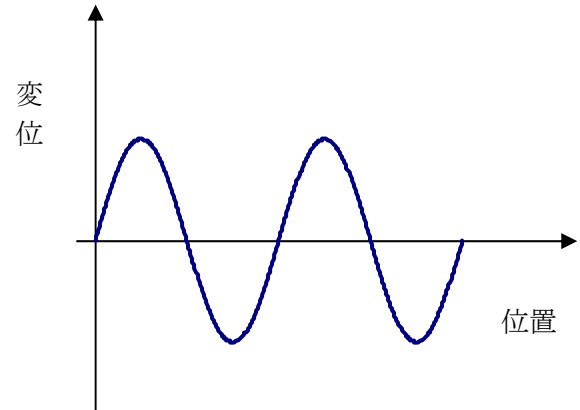
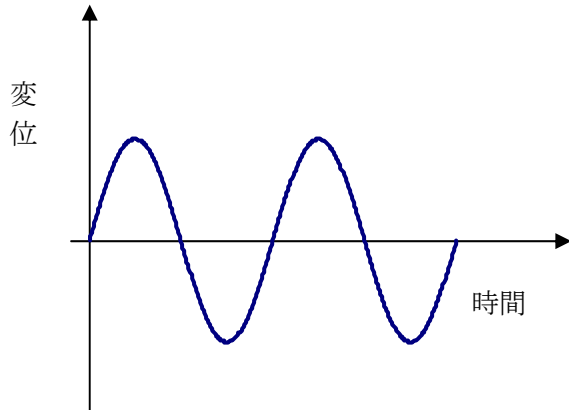
山から山まで、あるいは運動状態が同じ（位相が同じ）2点の距離を**波長** λ （ラムダ）という。

ひものある点が上下運動を1往復する時間（周期 T ）の間に波は1波長進む。

1秒間に振動数 f だけ振動する→波は1秒間に λf だけ進む：波の速さ

$$\text{波の速さ} = \text{波長} \times \text{振動数}$$

<問題10> 波や振動の様子を表す時三角関数のグラフがよく出てきます。次の図はそれぞれ何を表しているでしょう？



それぞれ、山から山までは何を表しているでしょう？左（ ）右（ ）

それぞれの図で固定されているものは何でしょう？左（ ）右（ ）

変位（縦軸）と時間（横軸）のグラフ

→ ひものある点が上下に振動するときの刻々の変位を表す。**振動の様子**

山から山までの時間→その点が1往復する時間つまり**周期**を表す→逆数が振動数

変位（縦軸）と距離（横軸）のグラフ

→ ある時刻にひもの各点がどのくらい変位しているかを表す。**波の様子**

山から山までの距離→その波の**波長**を表す→振動数がわかれば波の速さが出る。

○波の速さ

波とはそれぞれの点の振動が次々伝わっていく現象のことで波の速さは振動が伝わっていく速さのこと。

固いものほど伝わる波の速さは速い？遅い？

→ かたいものほど隣通しの結びつきが強い

→ それぞれの振動が隣へすぐ伝わる

→ 固いほど波の速さは速い（波の速さはものの固さを表すヤング率のルートに比例します。）

密度が小さいと伝わる波の速さは速い？遅い？

→ 密度が小さいと一つ一つが軽い

→ 動きやすいのでどんどん伝わっていく

→ 密度が小さいほど波の速さは速い（波の速さはものの密度のルートに逆比例します。）

（3）波面

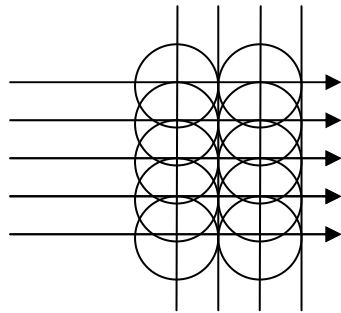
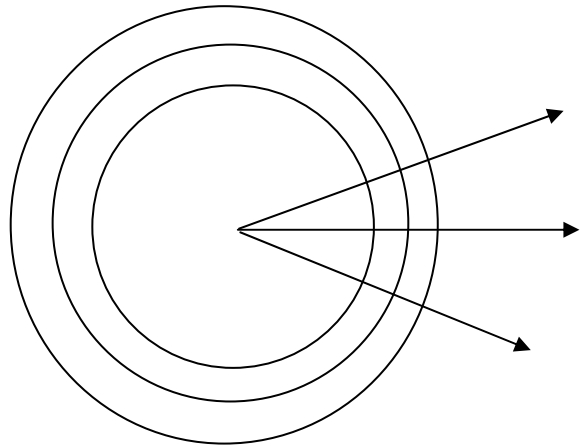
水の波が広がっている様子などを表すとき、よく同心円を描きます。あの一つ一つの円は何をあらわしているでしょう？

ある瞬間の波を見たとき、媒質の各部分で振動状態が違っている。上がっている点（山）や下がっている点（谷）があり、それらを一般的に**位相**という。

いくつもの波が同じ方向に進んでいるとき、同じ位相の部分をつなげた面を**波面**という。

1 点から出た波の波面は球面になる。こういう波を**球面波**という。

平行に進む波の波面はある波面から小さな波がでてその接線が新しい波面になる。さらにそこから出る小さな波がまた次の波面を作る。そうやっていくと波面は進行方向に垂直になる。こういう波を**平面波**という。



屈折の時説明に使った話を思い出してみよう。

- ①子どもが一列に横に並んで（波面）斜めに砂場に入る→先に砂場に入った子どもは進む速さが遅くなる→横の列は曲がるので全体の進行方向が曲がる。
- ②自動車の車輪を考えたわけは？車軸が波面を意味していた！！

（４）縦波と横波

波が伝わる方向と振動の向きが平行な波を**縦波**、垂直な波を**横波**という

縦波の例 音の波 バネ上を伝わる波（伸びたり縮んだりが進行方向と同じ） [スライド](#)

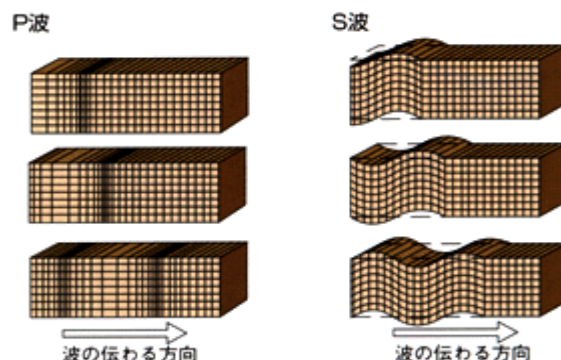
横波の例 水の波、光の波（水面のある点の振動は進行方向に垂直） [スライド](#)

※縦と横：一般に進行方向を縦と言います。だから横波は横に揺れて縦に進みます

地震の波（地震調査研究推進本部 地震の発生メカニズムを探る）

http://www.jishin.go.jp/main/pamphlet/eq_mech/index.htm

球内部を伝わる地震波には、P波とS波があります。P波は岩石の伸び縮みの変化が伝わるので、その伸び縮みを伝える方向とその状態変化が進む方向が一致しているので、縦波ともいいます。S波は岩石のずれの変化が伝わるもので、そのずれの変化の方向とその状態が進む方向が直角に伝わるので、横波ともいいます。この他に、地球の表層だけを伝わる表面波があります。それぞれ伝わるスピードが違うため、通常地震では、まずP波によりガタガタと小刻みに揺れた後、S波によりユサユサと大きく揺れ、最後に表面波が伝わります。（それぞれの地震波は進むスピードが違い、縦波が一番速く約6～9 km/s、次いで横波で約3～5 km/s、表面波が一番遅くなります。）



考えてみよう 5

1. 波と振動（横波） 次の手順で横波が進んでいく様子を方眼紙に書いてみよう。

y 方向に各点が $\sin$ 関数に従って振動します。

$t=0$ で $y=\sin 0=0$ 、 $t=1$ で $y=\sin 30^\circ=0.5$ 、 $t=2$ で $y=\sin 60^\circ=0.87$ 、 $t=3$ で $y=\sin 90^\circ=1$ 、

$t=4$ で $y=\sin 120^\circ=0.87$ 、 $t=5$ で $y=\sin 150^\circ=0.5$ 、 $t=6$ で $y=\sin 180^\circ=0$ 、

$t=7$ で $y=\sin 210^\circ=-0.5$ 、・・・というふうに。

(1) 方眼紙に横軸 10cm、縦軸 +1cm $\sim$ -1cm とる。横軸を 5mm ごとに A,B,C・・・と点をうつ。

(2) $t=0$ ですべての点は x 軸上にある。

(3) $t=1$ で A 点 ($x=0$) が $y=0.5$ に振動開始。

(4) $t=2$ で A 点が $y=0.87$ 、B 点が 0.5。

(5) $t=3$ で A 点が $y=1$ 、B 点が 0.87、C 点が 0.5・・・

同様に $t=20$ くらいまで書く。すべて一つのグラフとして書く。

それぞれ同じ時刻の点どうしを書きながらなめらかに線をつないでみると見やすい。

さて、振動が波として伝わっていく様子が書けたでしょうか？

この波の周期、振動数、波長、速さをグラフから求めよ。

2. 波と振動（縦波） 次の手順で縦波が進んでいく様子を方眼紙に書いてみよう。

x 方向に各点が $\sin$ 関数に従って振動します。

$t=0$ で $x=\sin 0=0$ 、 $t=1$ で $x=\sin 30^\circ=0.5$ 、 $t=2$ で $x=\sin 60^\circ=0.87$ 、 $t=3$ で $x=\sin 90^\circ=1$ 、

$t=4$ で $x=\sin 120^\circ=0.87$ 、 $t=5$ で $x=\sin 150^\circ=0.5$ 、 $t=6$ で $x=\sin 180^\circ=0$ 、

$t=7$ で $x=\sin 210^\circ=-0.5$ 、・・・というふうに。

(1) 方眼紙に横軸 20cm とる。横軸を A 点を 1cm 目にして 1cm ごとに A,B,C・・・と点をうつ。

(2) $t=0$ ですべての点は x 軸上にある。

(3) 新しく横軸を書いて $t=1$ で A 点 ($x=0$) が $x=0.5$ に振動開始。

(4) 新しく横軸を書いて $t=2$ で A 点が $x=0.87$ 、B 点が 0.5。

(5) 新しく横軸を書いて $t=3$ で A 点が $x=1$ 、B 点が 0.87、C 点が 0.5・・・

同様に新しく横軸を書いて $t=20$ くらいまで書く。見にくくなるので一つずつ別のグラフにする。

さて、振動が波として伝わっていく様子が書けたでしょうか？

この波の周期、振動数、波長、速さをグラフから求めよ。

<参考>水はどのように振動しているか。

透明な洗面器で小さな球（浮くもの）を入れて水の波を起こして見よう。

小さな球はどのように動いているか？洗面器の横から眺めて見よう。

(5) 波の性質

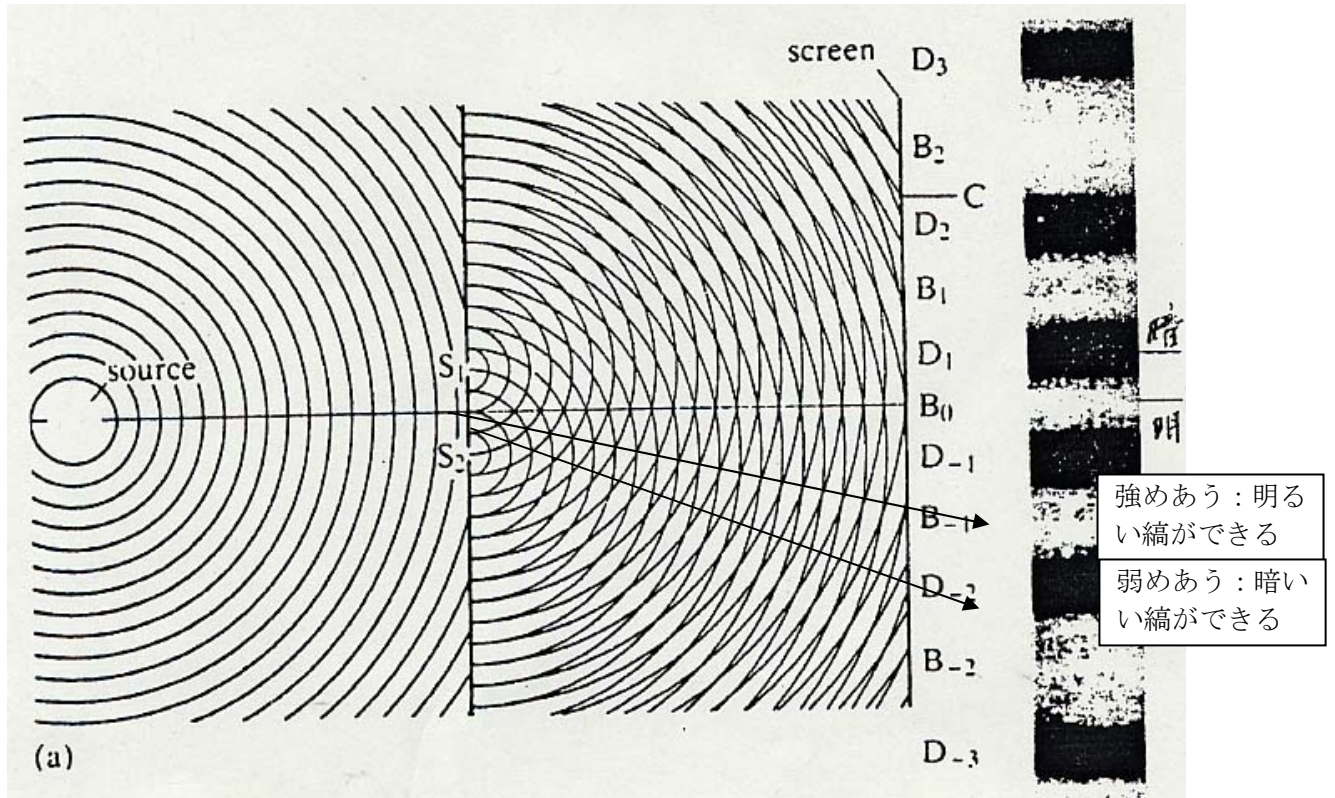
干渉：1つの媒質中に2つの波が同時に存在するとき。それらが重なり合い、強めあったり弱めあったりすること。

山と山、谷と谷（位相がそろっている） → 強めあう

山と谷（位相が逆） → 弱めあう

回折：波は障害があっても、その後ろに回り込むことができる。

（例）ヤングの実験



考えてみよう 6

屈折や反射は波の性質からどう説明できるでしょう？

○方眼紙とコンパスを使って実際に描いてみよう

反射の様子

屈折の様子

