

物理学概論第一



今週から波動のパート

②

第 10 回: 波動 ① - 波の性質

第 11 回: 波動 ② - 波動方程式, 重ね合わせの原理

第 12 回: 波動 ③ - 波面, 反射の法則, 屈折の法則

第 13 回: 波動 ④ - 反射波の位相, 定在波

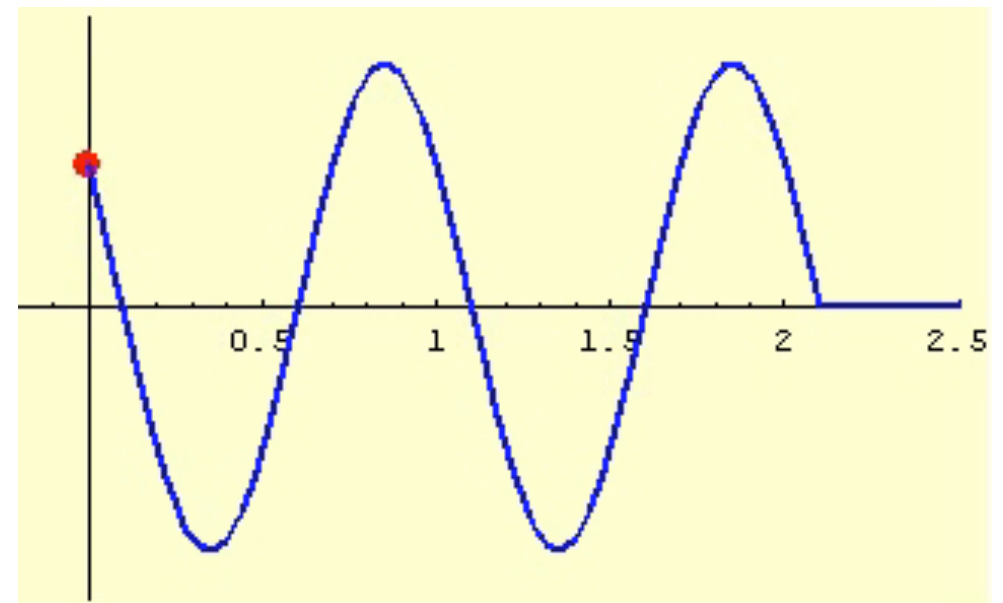
第 14 回: 期末試験の模擬テストの予定

期末試験

波, 波動とは？

③

- 波源に生じた振動がその周囲の部分に振動を引き起こし, 伝わっていく現象
- 波を伝えるものを媒質
例) ひも, 水, 空気



ひもを伝える波動

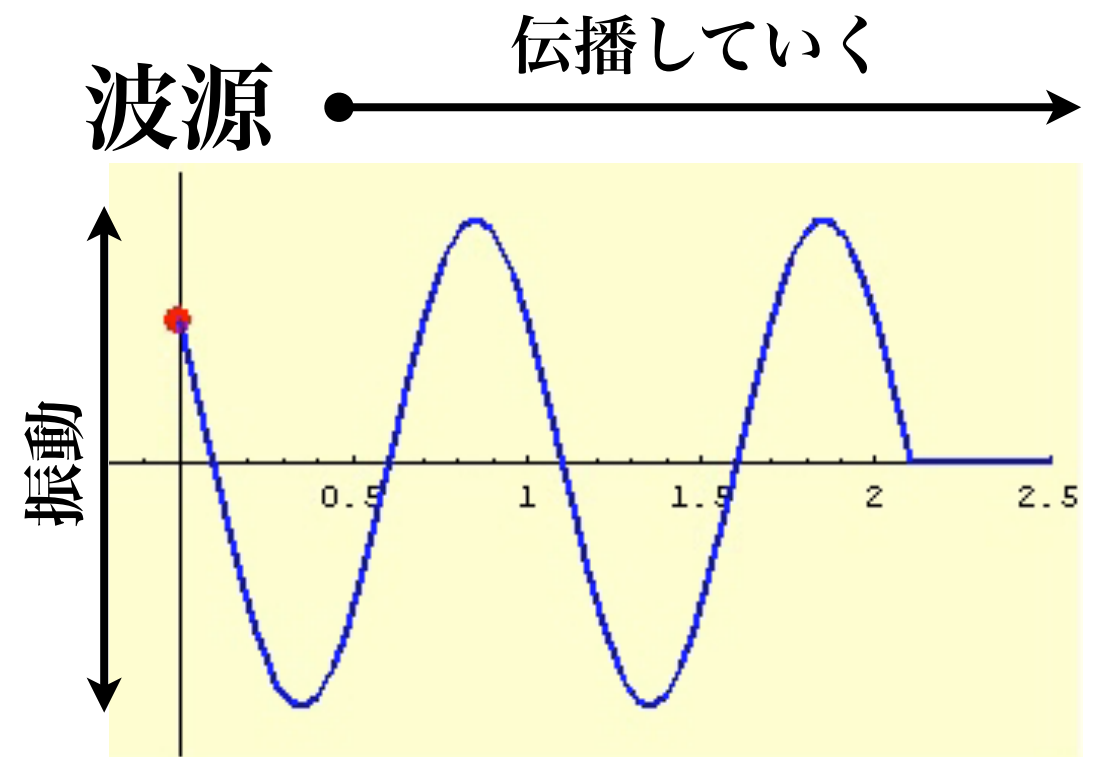
波源の振動が波動を生む

④

- ただし、振動と波動は全く異なる物理現象

振動: ある場所で、物体や媒質が往復運動すること

波動: 媒質の振動が空間的に伝播（伝搬）していくこと

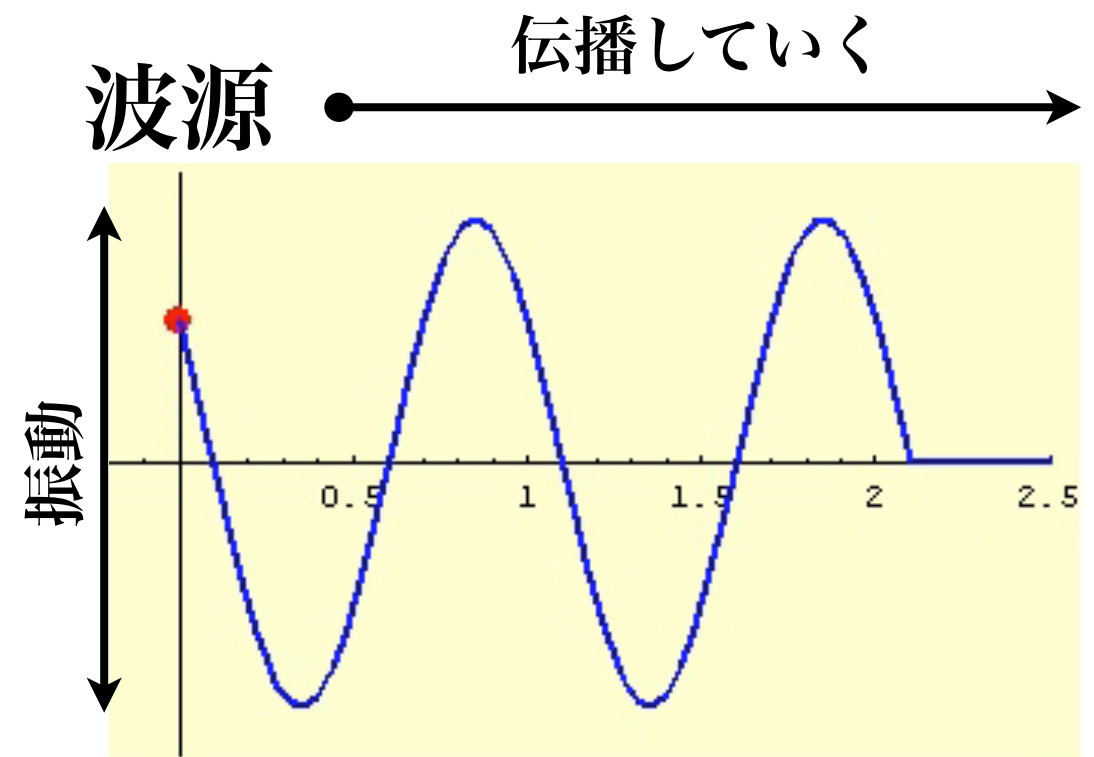


ひもを伝わる波動

何故振動が伝わるのか？

⑤

- ある場所の媒質の振動を近傍の媒質に伝達するには何らかの“力”が働いている
- ひも場合は、張力が振動を伝えている

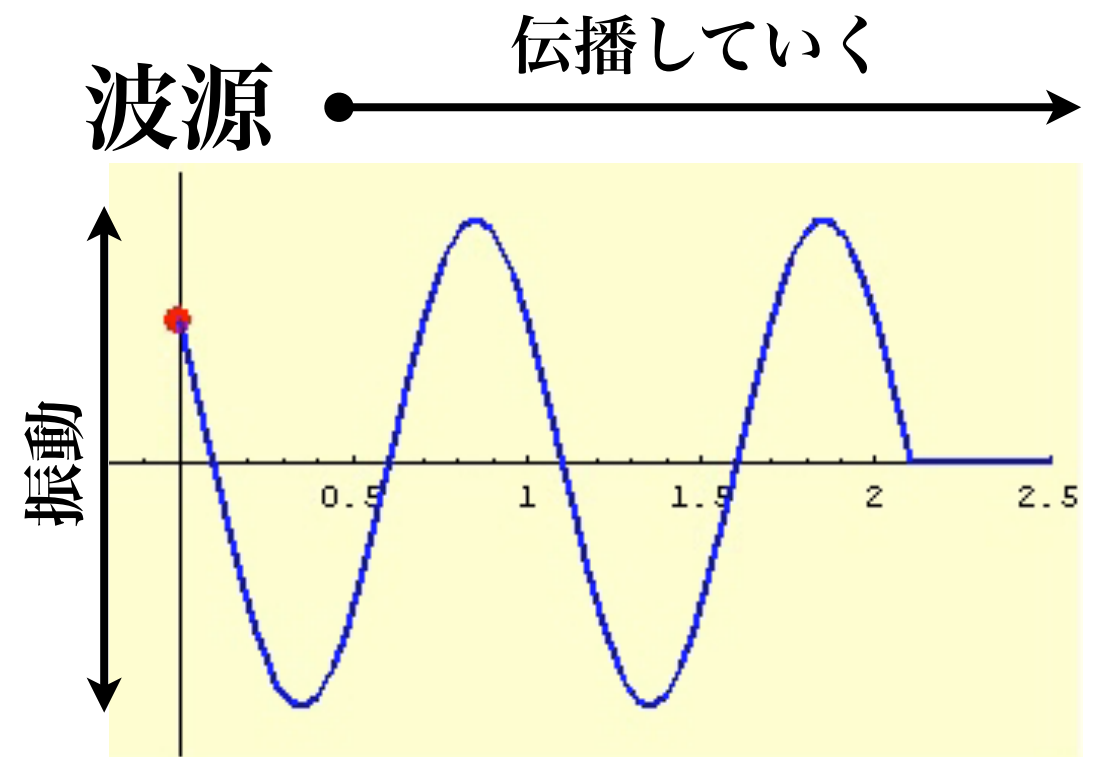
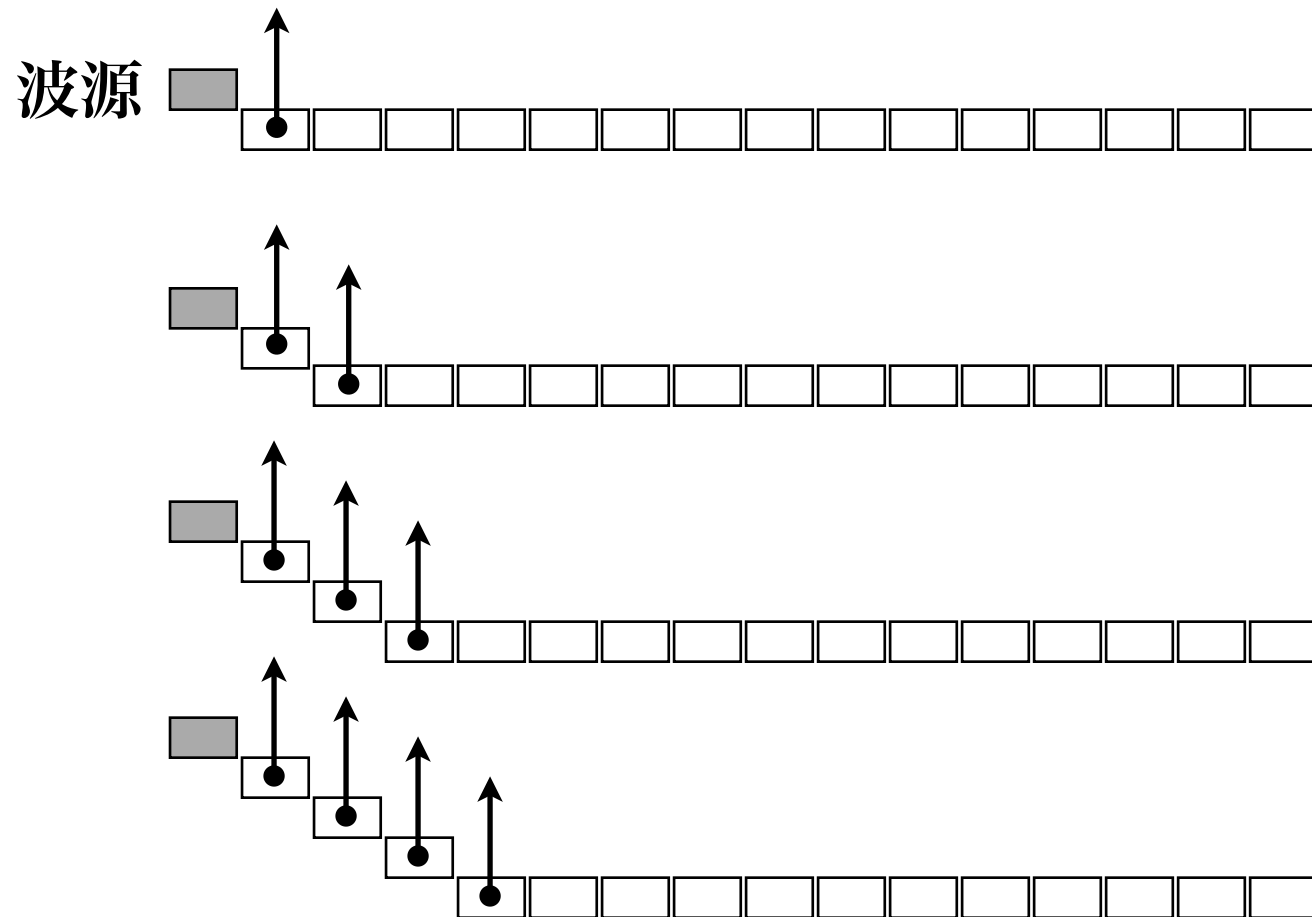


ひもを伝わる波動

横波を伝えるのは接線応力

⑥

- 隣り合う媒質が接している面に平行な方向に働く力“接線応力”が振動を伝えている

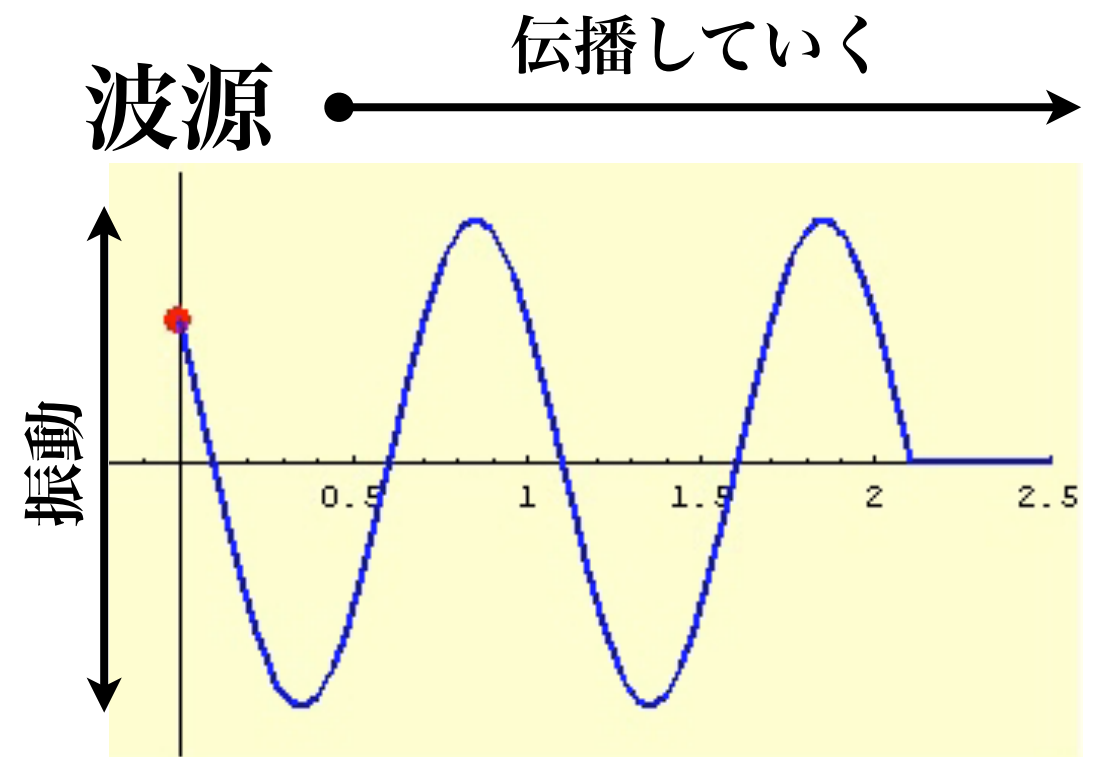
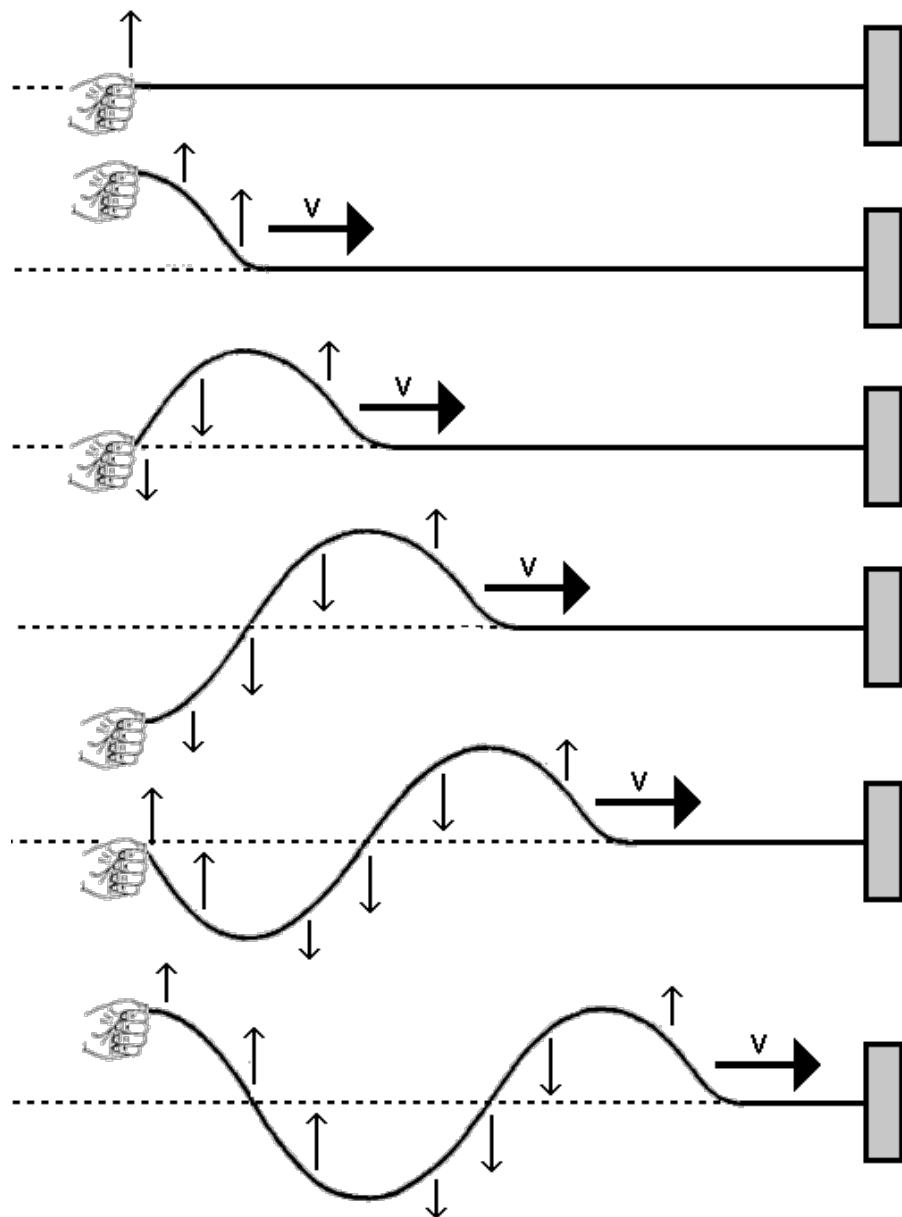


ひもを伝わる波動

今まで見てきたのは横波

7

- 媒質の振動方向が波の進行方向に垂直: 横波



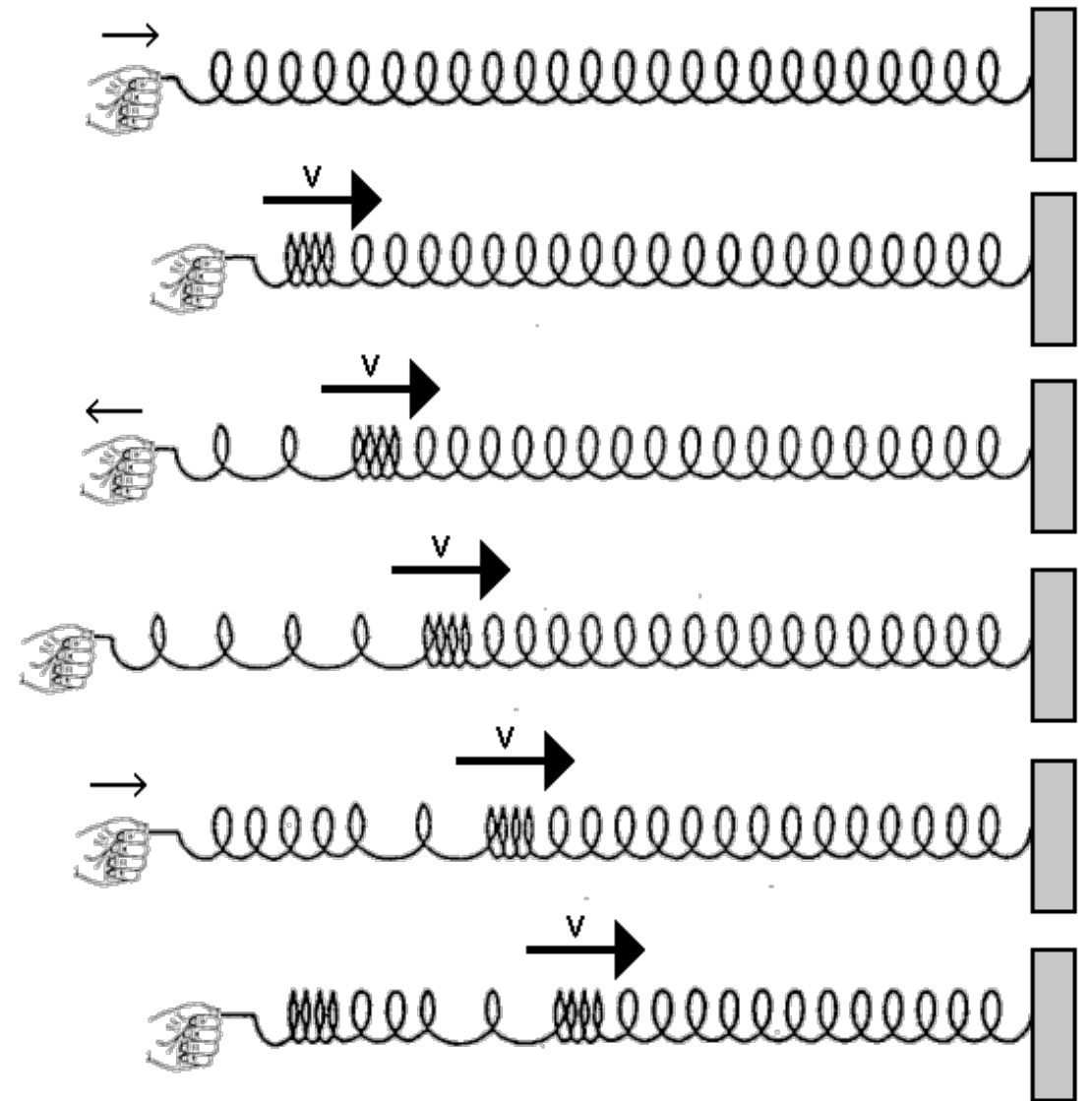
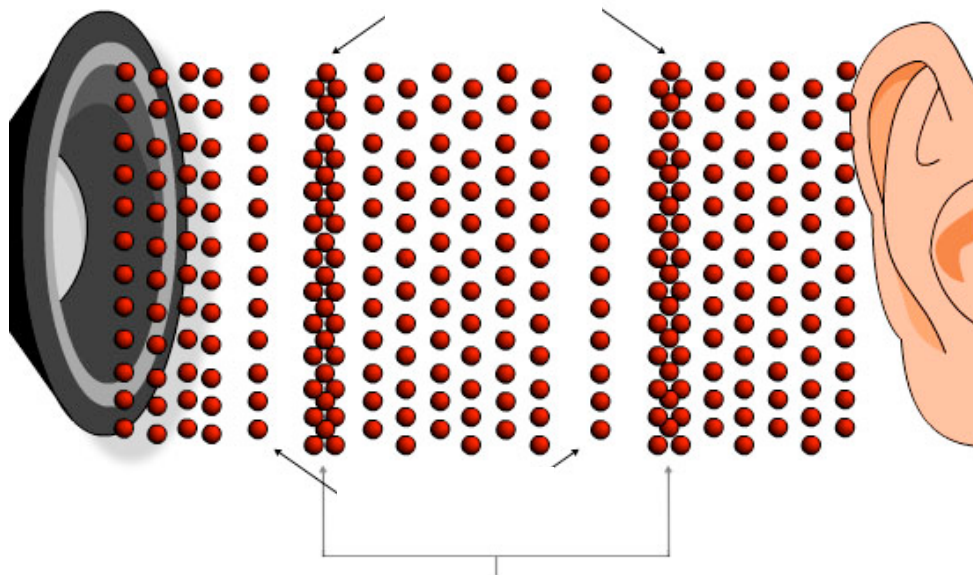
ひもを伝わる波動

じゃあ、縦波って何？

8

- 媒質の振動方向が波の進行方向に平行：縦波

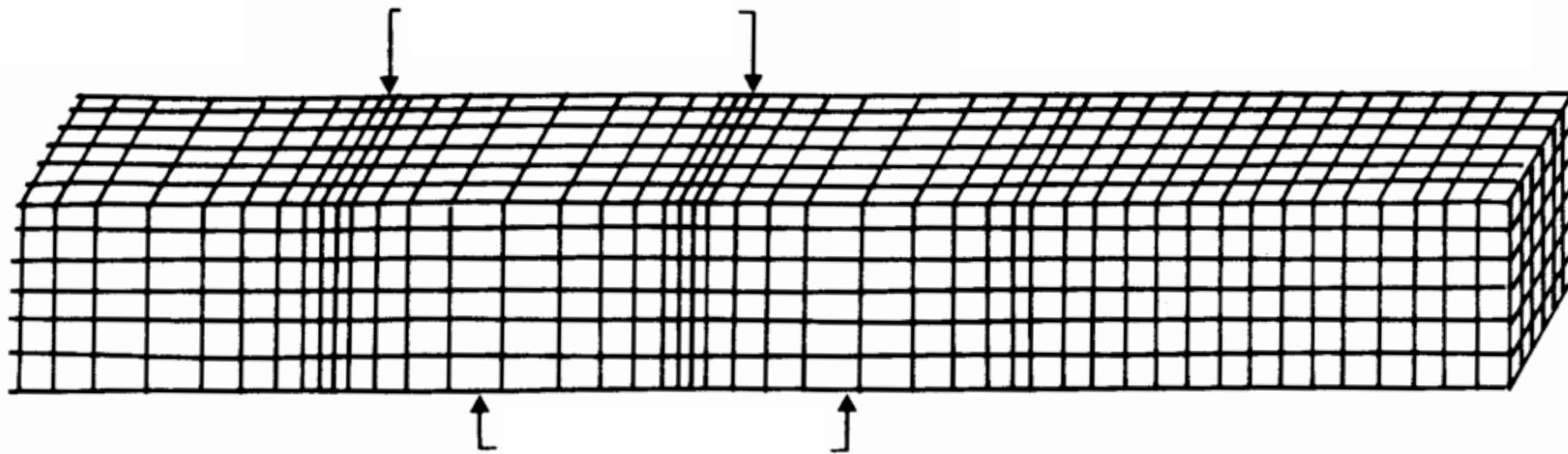
媒質の密な状態（圧縮）と
疎な状態（膨張）が伝搬して
いくので、粗密波とも呼ばれる



縦波と横波の実例 - 地震波

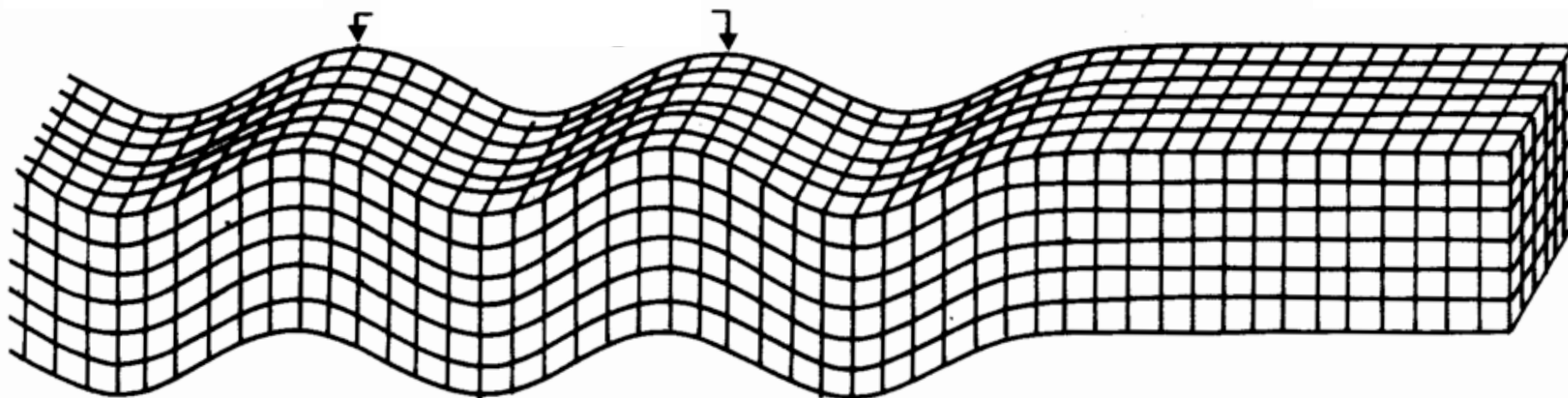
9

P 波 - Primary Wave - 初期微動



進行方向 →

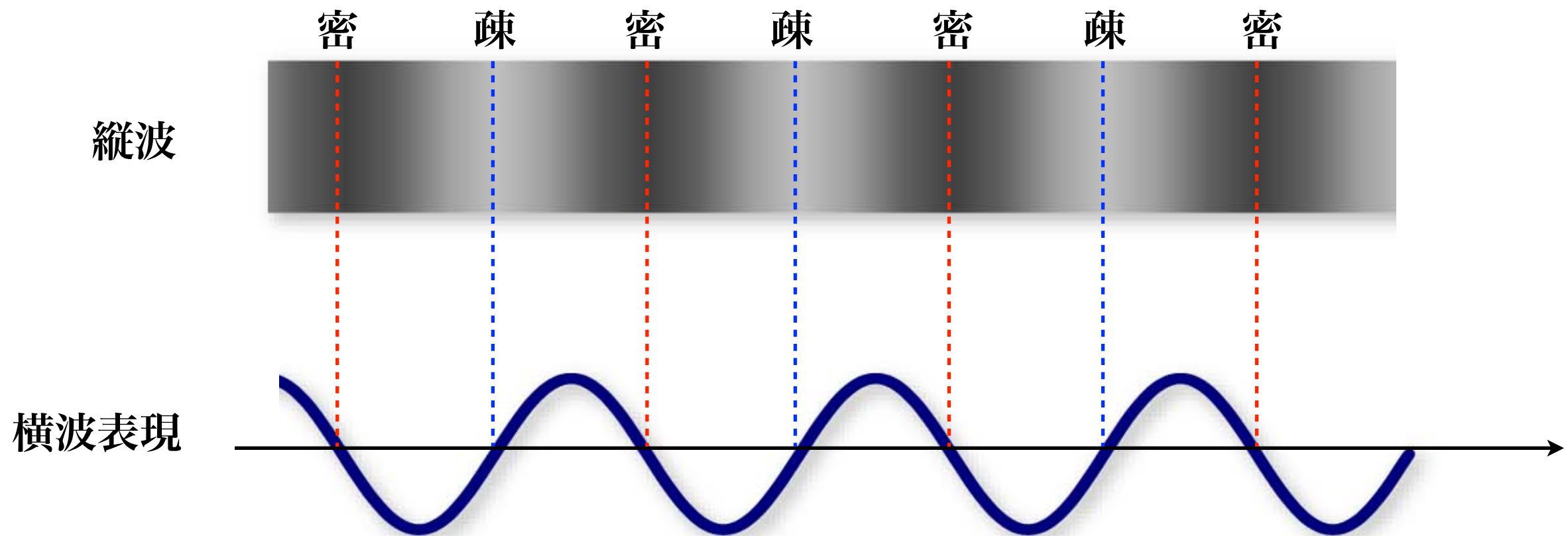
S 波 - Secondary Wave - 主要動



縦波を横波で表現してみる

10

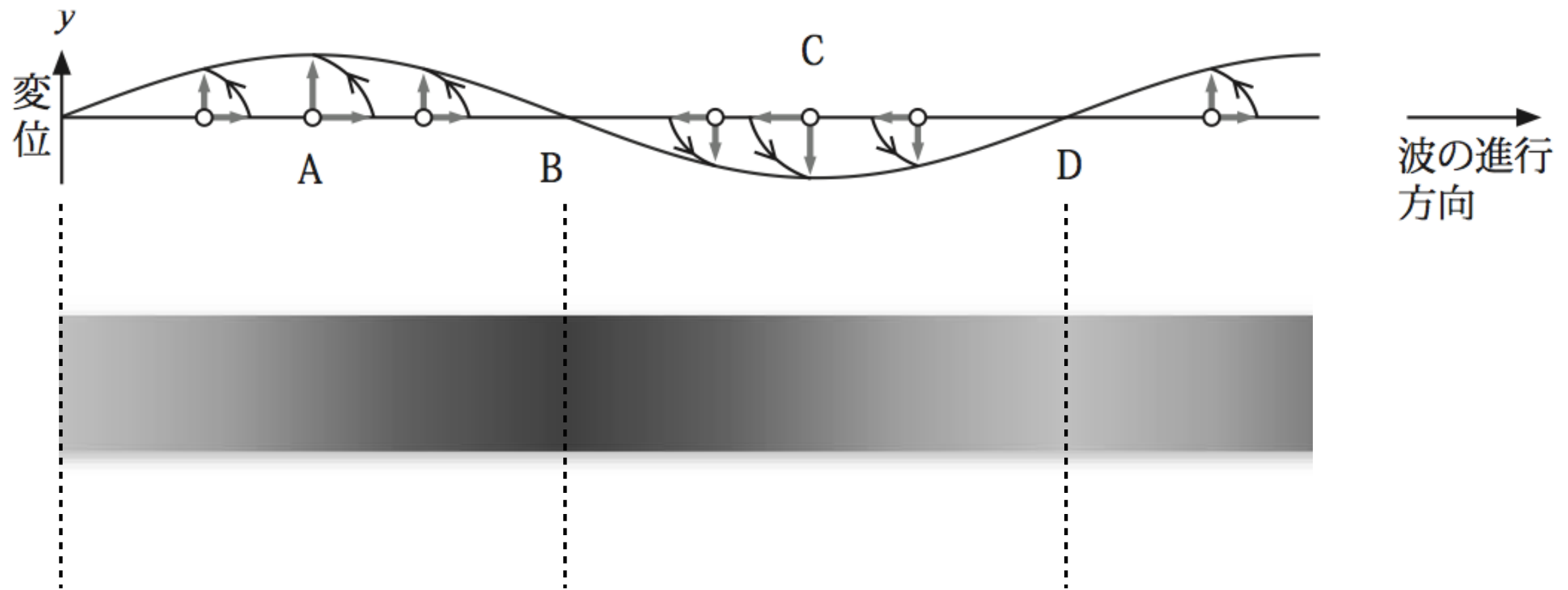
- 縦波はどうにも図で表現しにくい
→ 横波と同じように正弦波的に表したい
- 元の場所からの変位を縦軸に取り横波で表現



縦波を横波で表現してみる

11

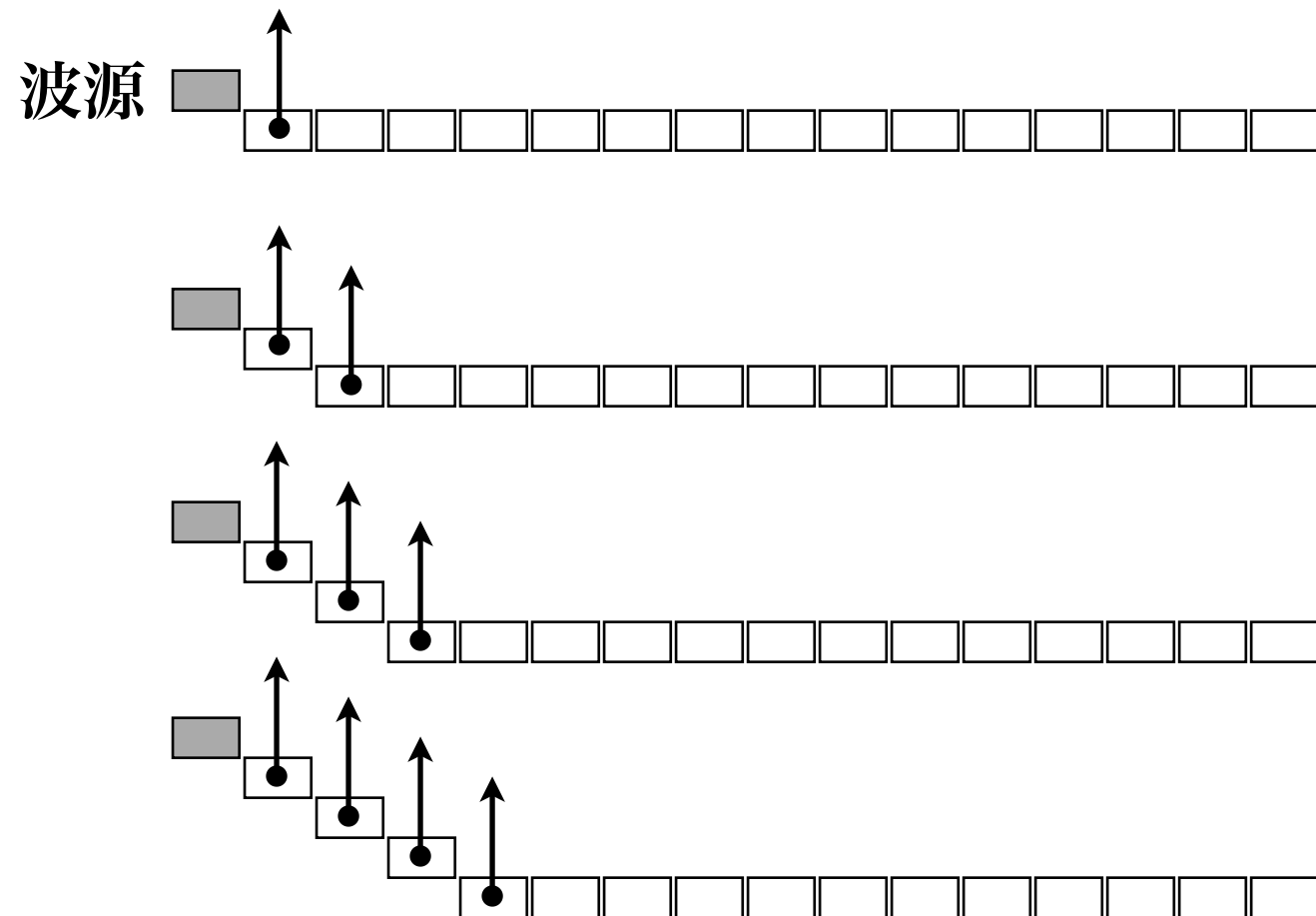
- 1b. 縦波を表す場合，下図のように横軸に媒質の元の位置，縦軸に媒質の変位を取って表す(図の場合，右向きへの変位を正の変位として表されている)．縦波の媒質が最も密な部分の位置を，図中の記号 A, B, C, D で答えなさい．



波は媒質を選ぶ

12

- 媒質として固体, 液体, 気体を考える. これら
のうち横波が伝わることができる媒質は？

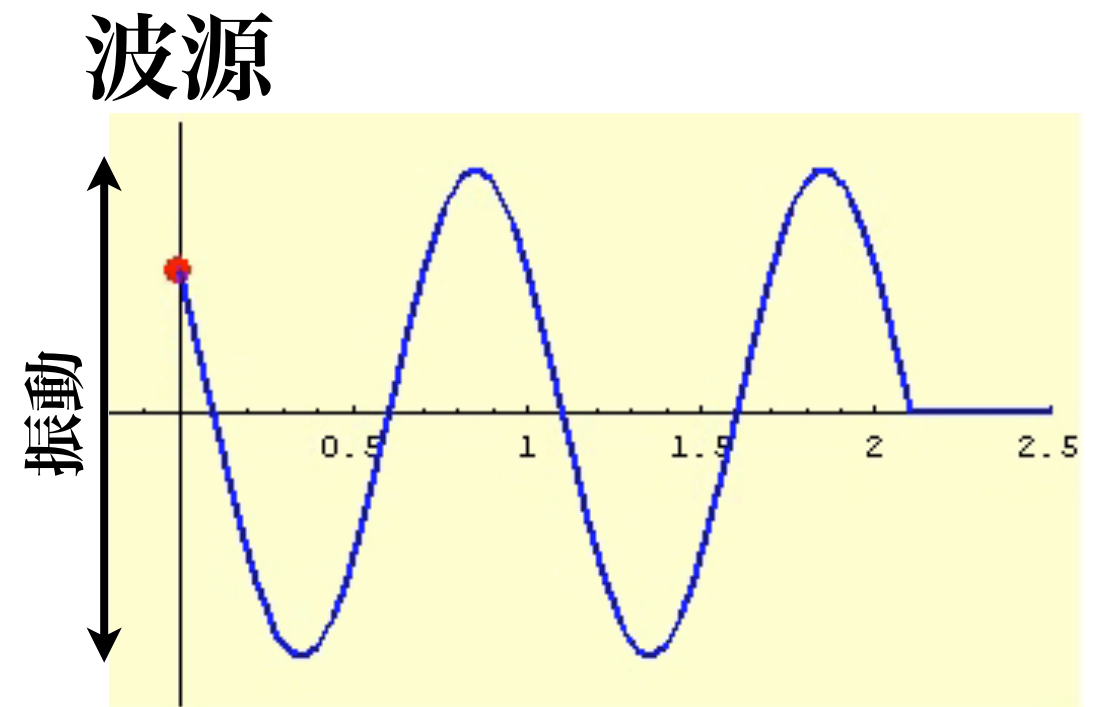


波動を特徴づける物理量

13

- 振動数 f : 媒質の各点での単位時間あたりの振動回数, 周期 T はその逆数

単位は $1/\text{s} = \text{Hz}$

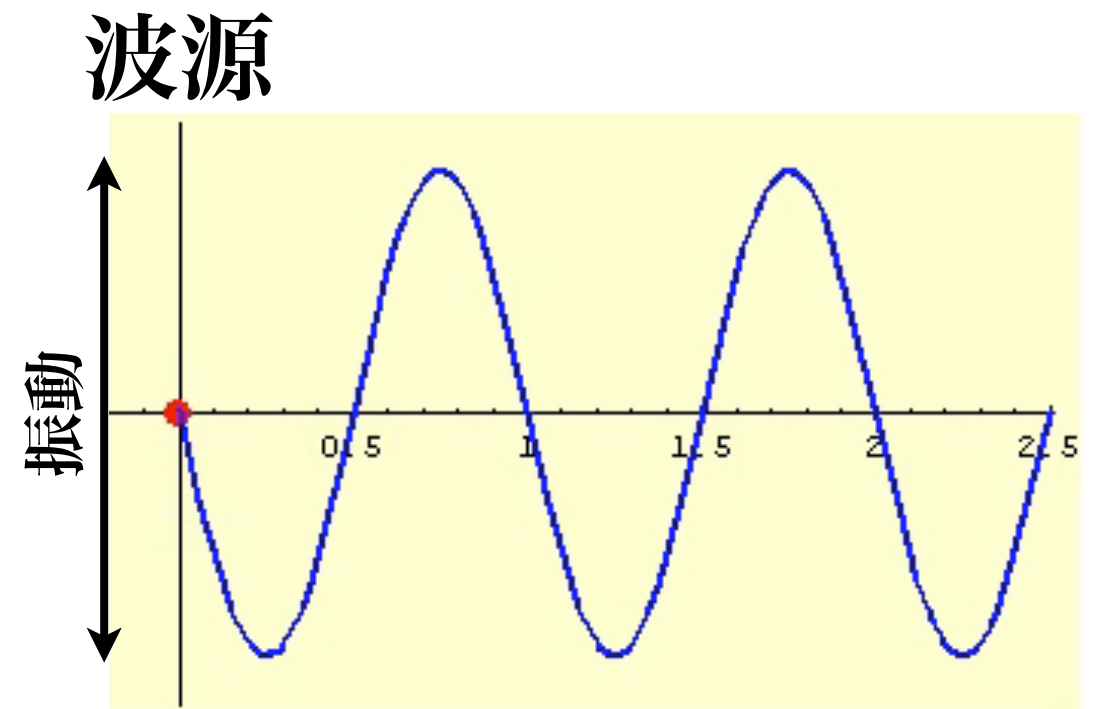


ひもを伝わる波動

波動を特徴づける物理量

14

- 波長 λ : 波源の 1 回の振動で作られる山と谷ひと組の波の長さ, 単位は m

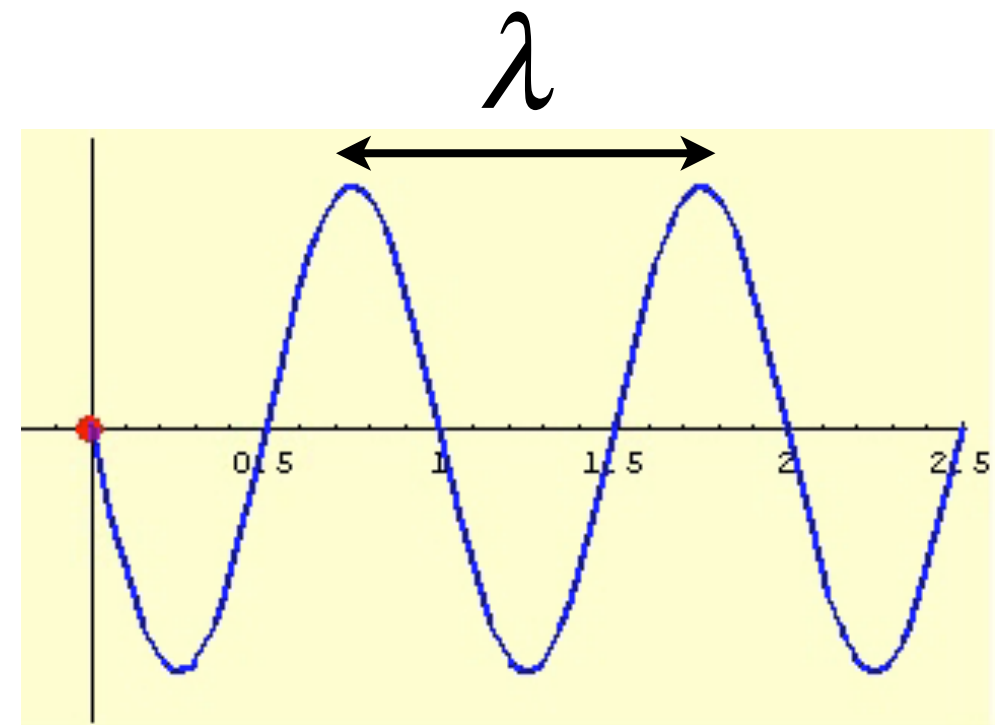


ひもを伝わる波動

波動の伝播する速度

15

- 波の速度 v : 波源が 1 秒間に f 回振動すると長さ λ の山と谷の組が f 個発生する。
→ 1 秒間に発生する波の長さは $f \times \lambda$



ひもを伝わる波動

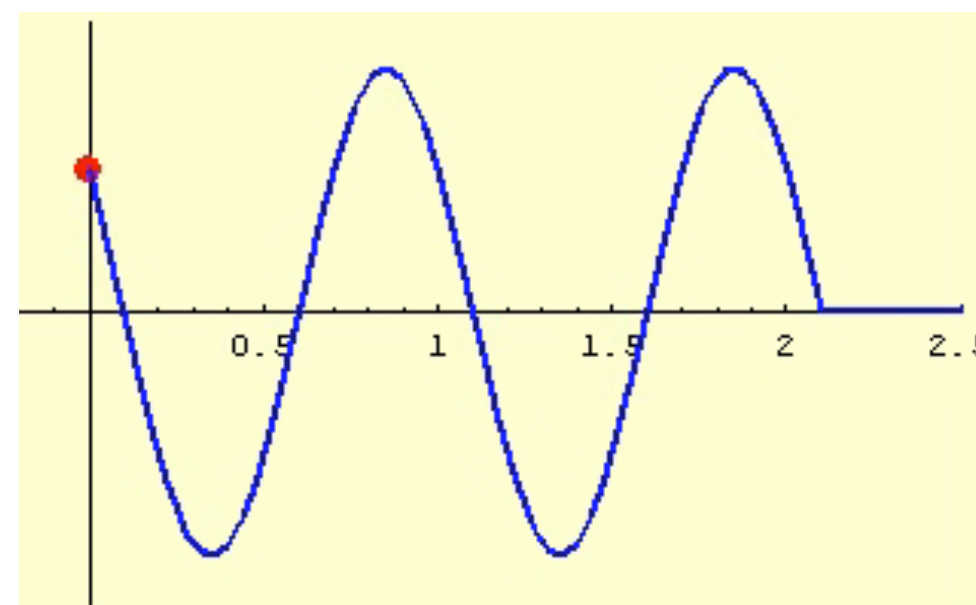
正弦波の式

16

- 正弦波は以下の式で表現できる

$$y =$$

波源



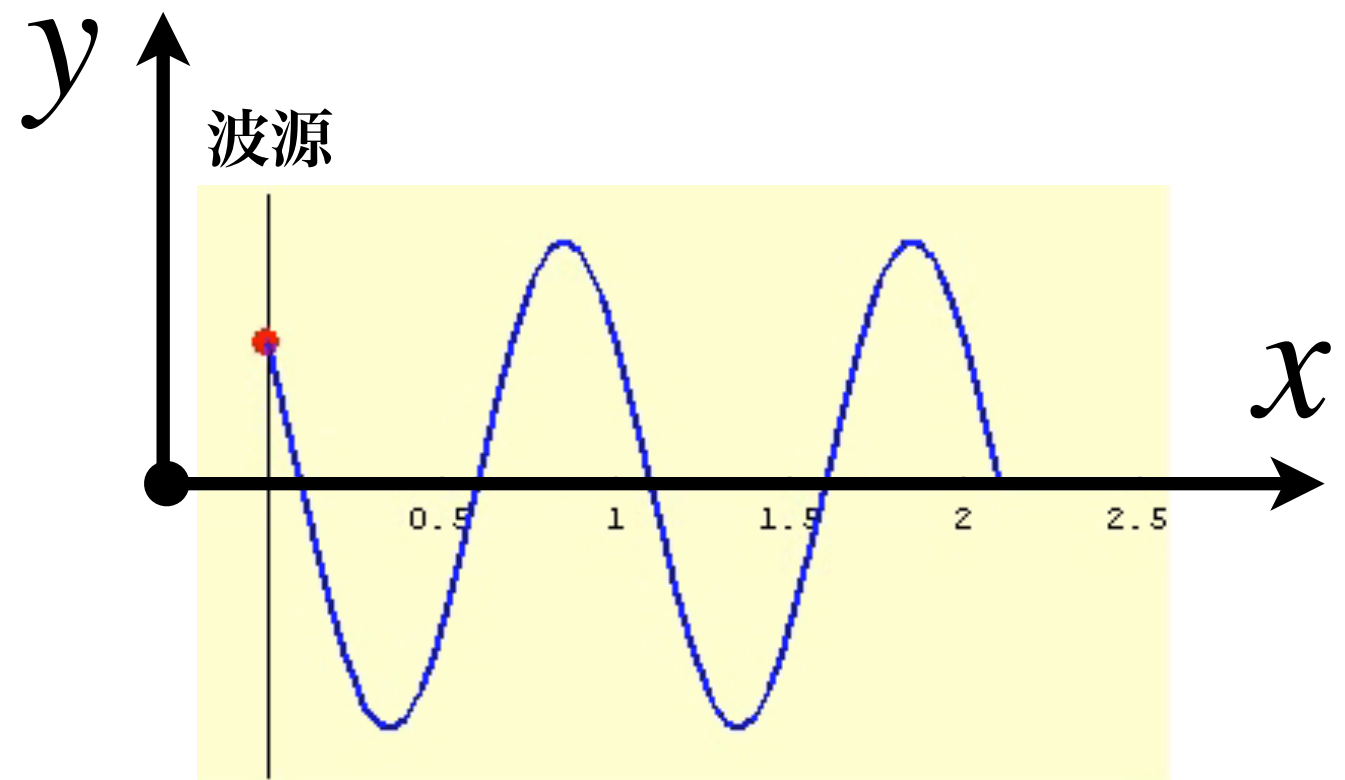
場所を固定すると ...

17

- $x = 0$ を入れると

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} \right)$$

=

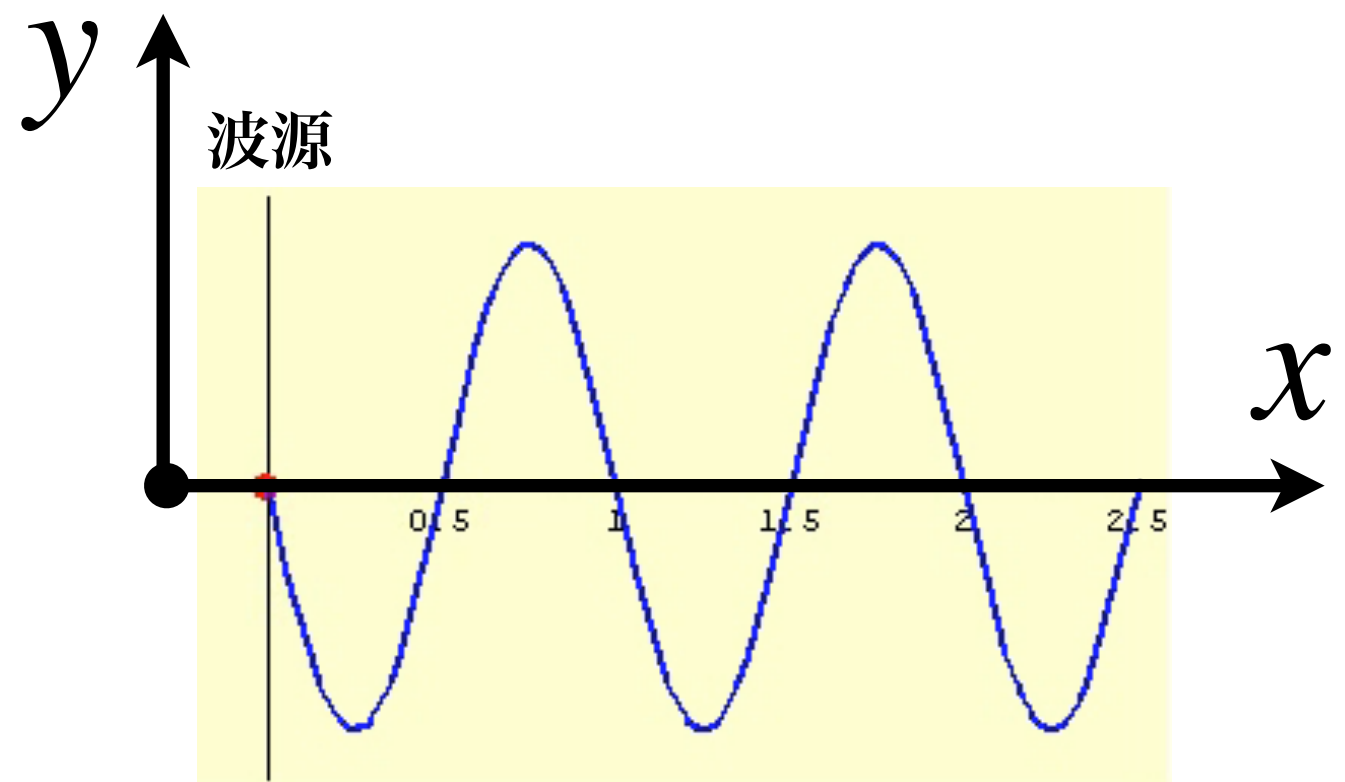


時間を固定すると ...

18

- $t = t_0$ を入れると

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t_0}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$



正弦波の式の導出

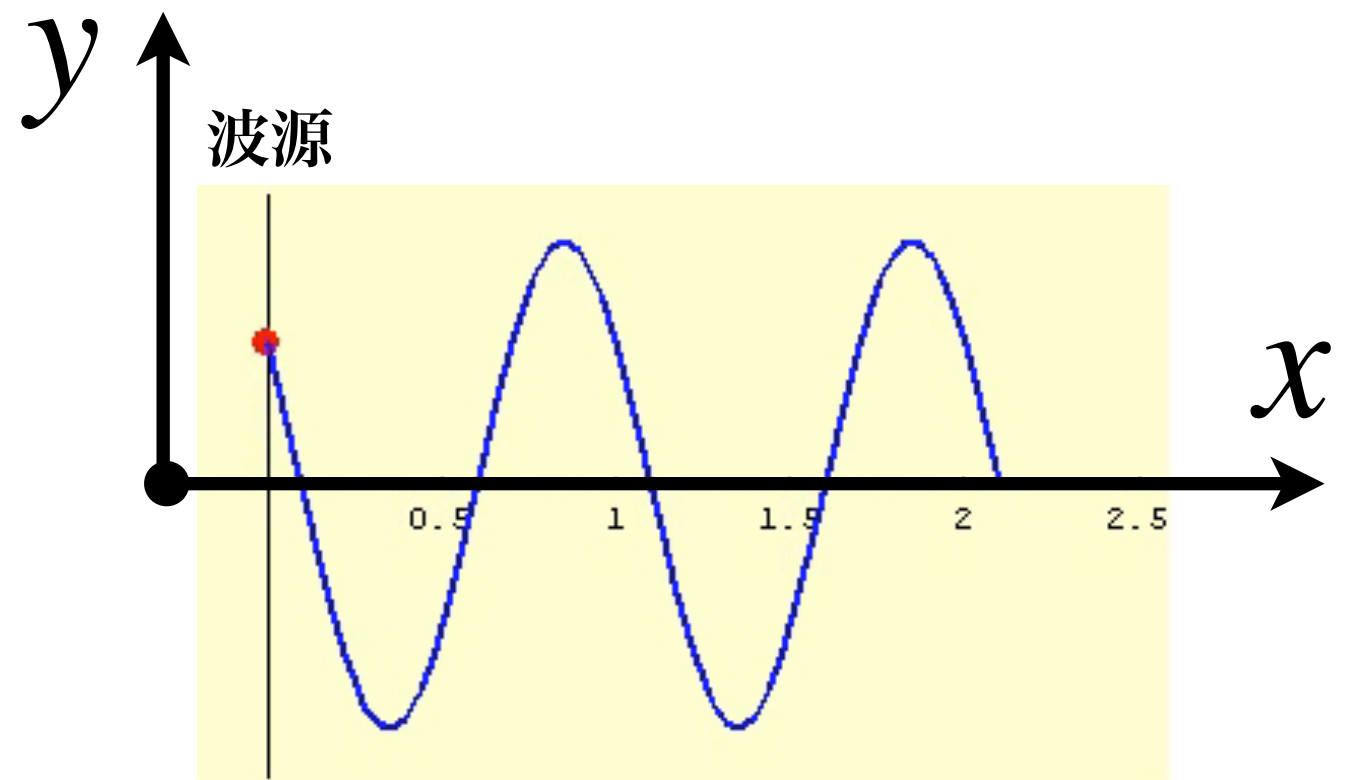
19

- 水平に張ったヒモの左端を原点 O として、
右向きを x 軸正の向きにとる
- 原点を y 軸に沿って振幅 A , 周期 T で単振動

周期 $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$y = A \sin \omega t$$

=

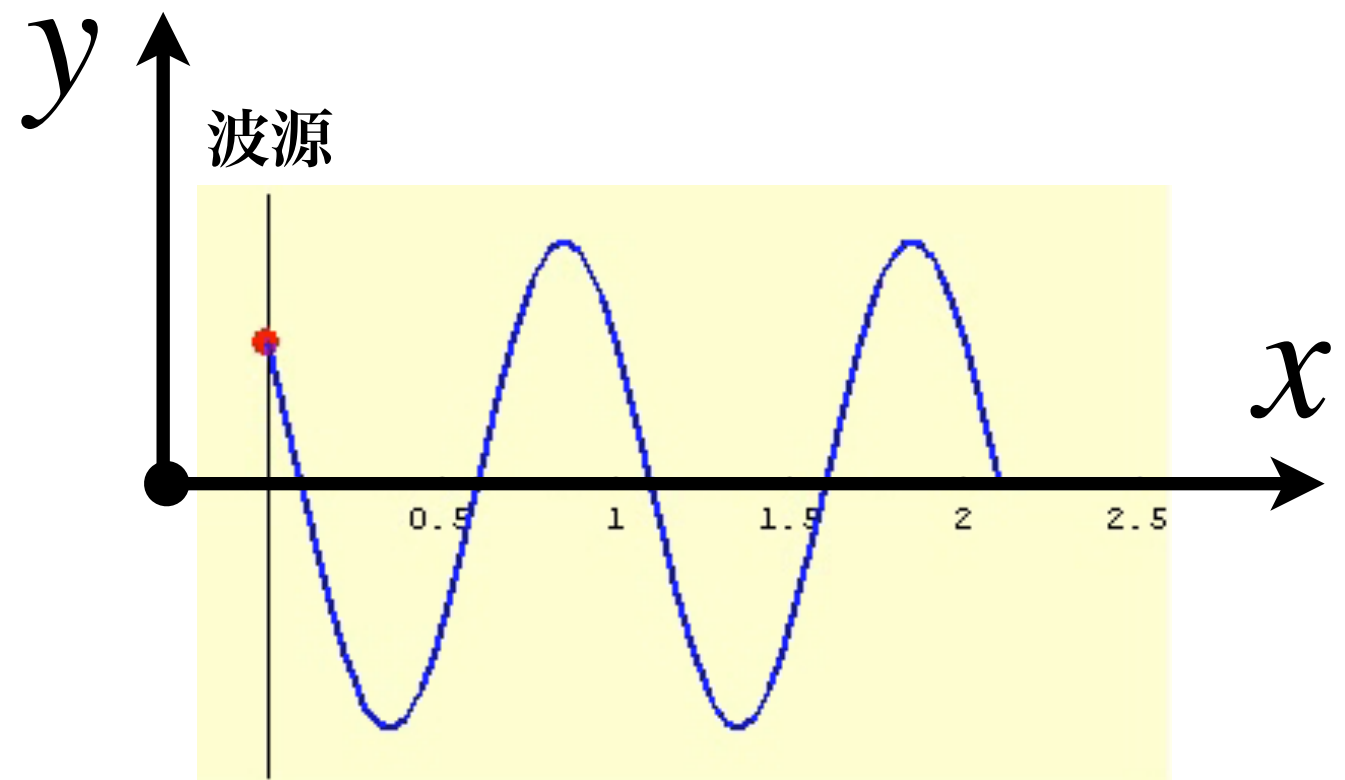


正弦波の式の導出

20

- 波源からの距離が x のところにある点 P に波が伝わるのにかかる時間は x / v
- 点 P での時刻 t の変位 y は, 時間 x / v だけ前の時刻の波源の変位に等しい

$y =$

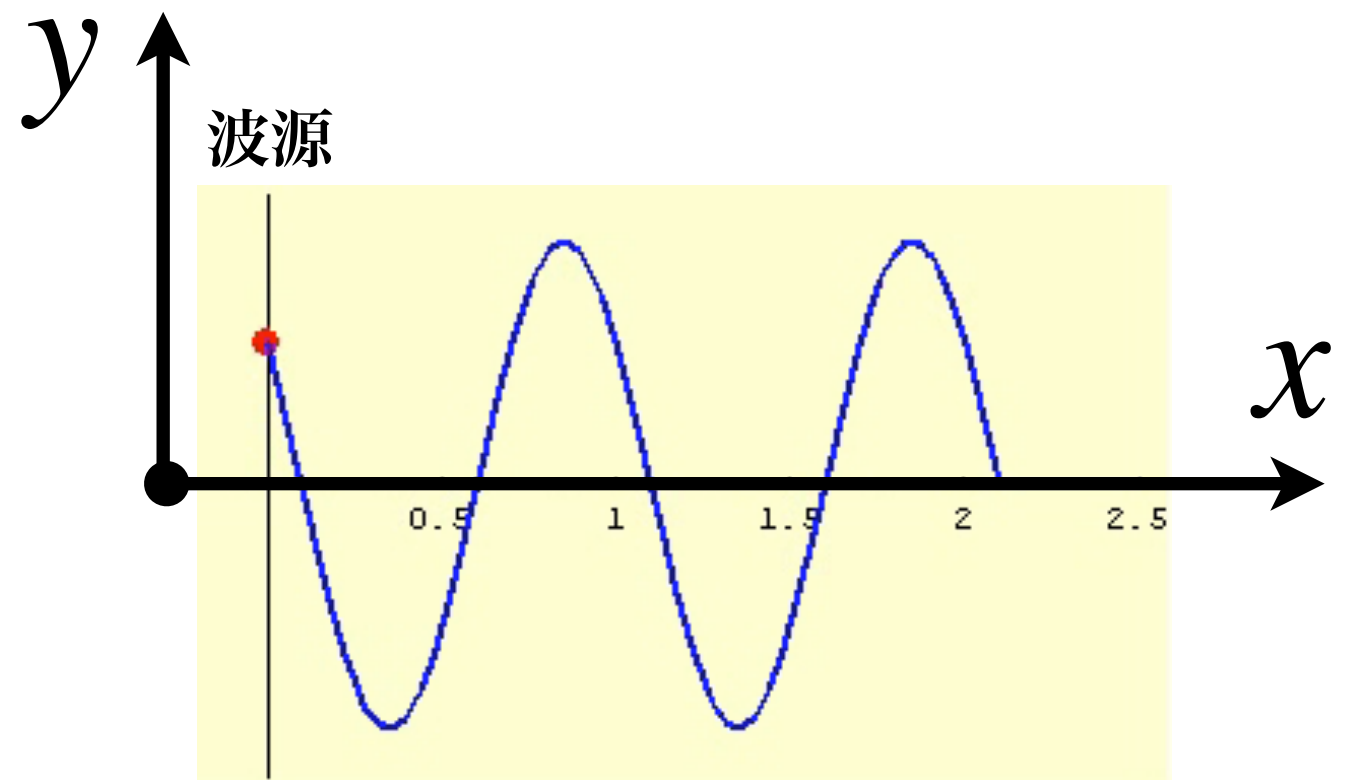


正弦波の式の導出

21

- あとは $v = f\lambda$ を使って変形するだけ

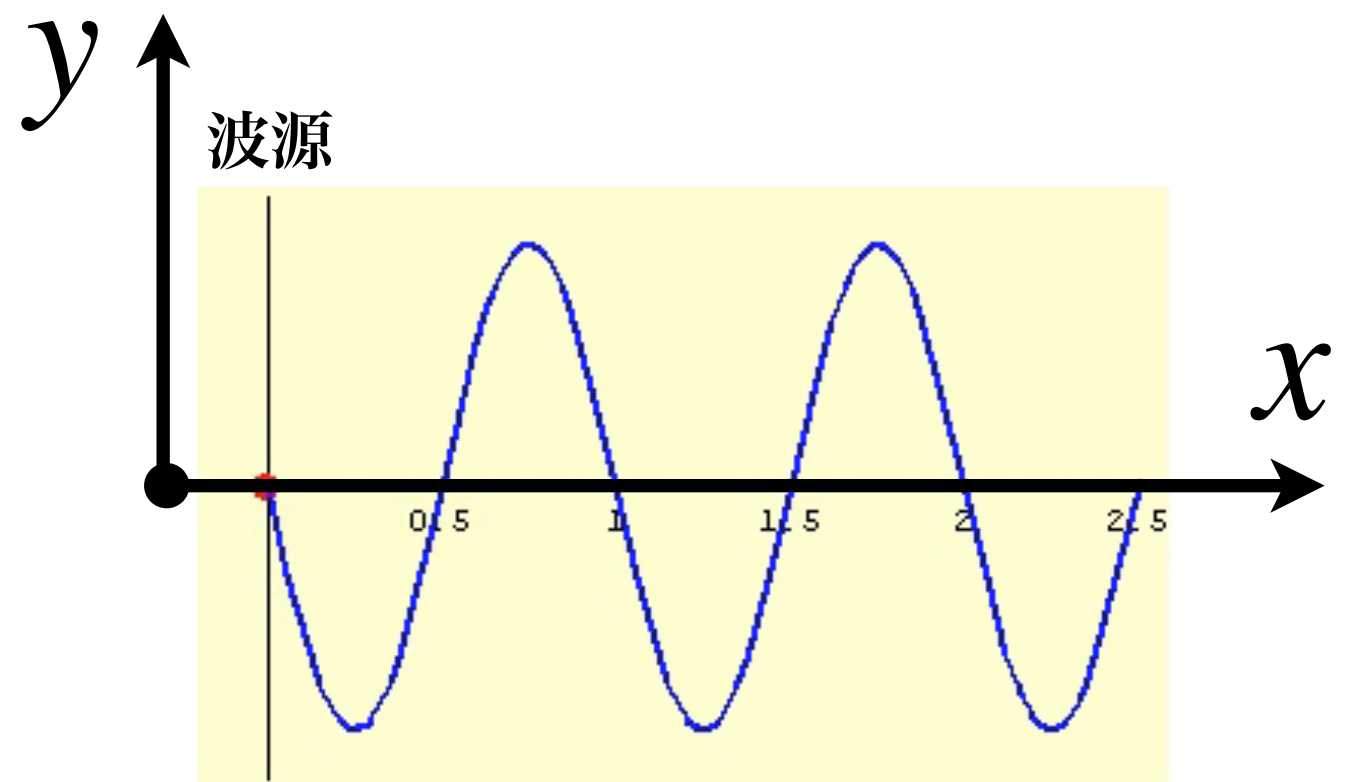
$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) =$$



波のエネルギー

22

- 波の進行方向に垂直な単位面積を単位時間に通過するエネルギー I を波の強さと呼ぶ、単位は W/m^2 である



- 密度 ρ の媒質の中を伝わる振幅 A , 振動数 f 速さ v の正弦波の強さは, 時間的に平均すると以下のように表される

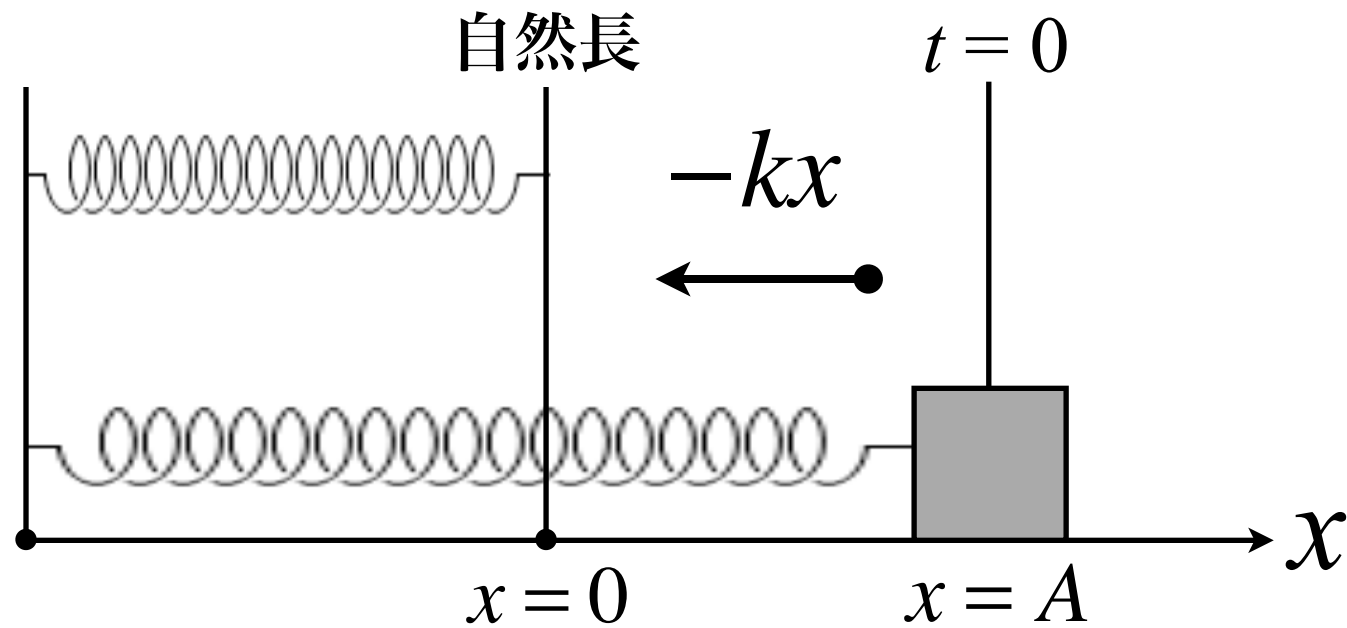
$$I =$$

- 振幅の 2 乗と振動数の 2 乗に比例する

波の強さをどう導くか？

24

- 波の各点の振動は単振動と似たようなもの



$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$$
$$= \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$$