

物理基礎 2020 (櫻井)

波動の学習のまえに

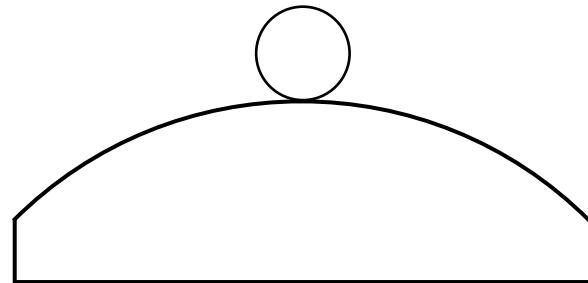
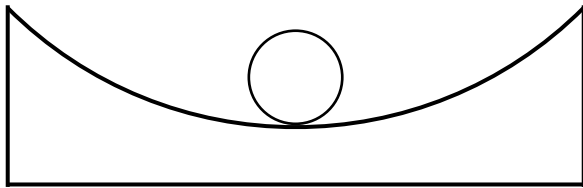
# 振動

の話をしよう

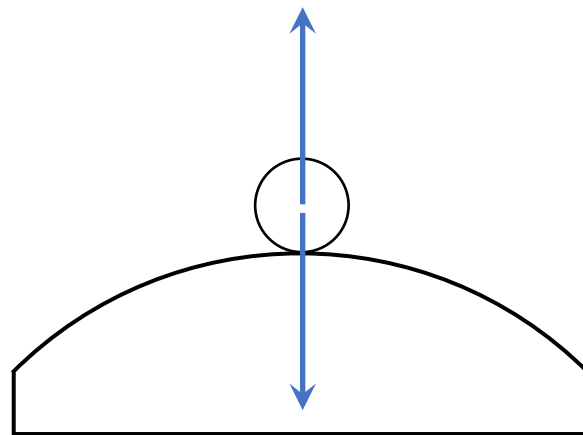
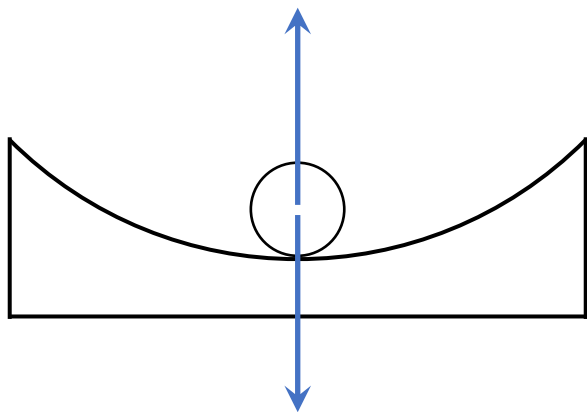
# 問題：安定と不安定

問：凹面、凸面のプラスチック板を用意し、その中央にステンレス球を乗せた。

1. ステンレス球にはたらく力を全て図示せよ。
2. 実際にこの実験を行ったとき、凸面板、凹面板でどのような違いがあらわれるか。また、その理由を科学的に説明せよ。

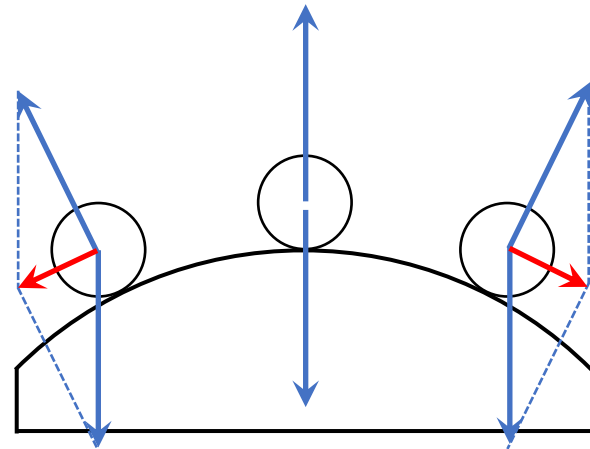
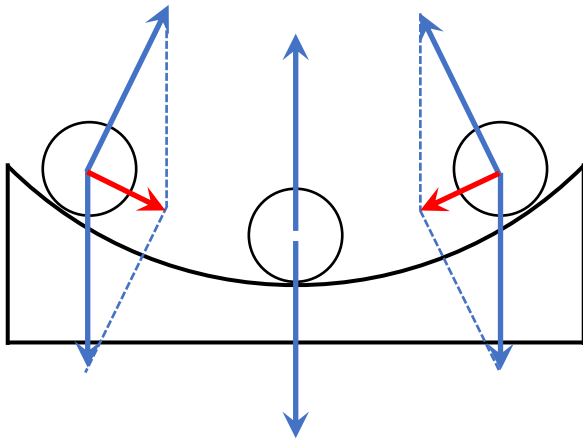


- 自分の考えをまとめよう。

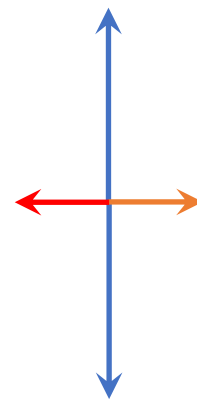
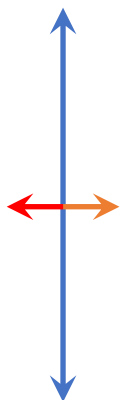
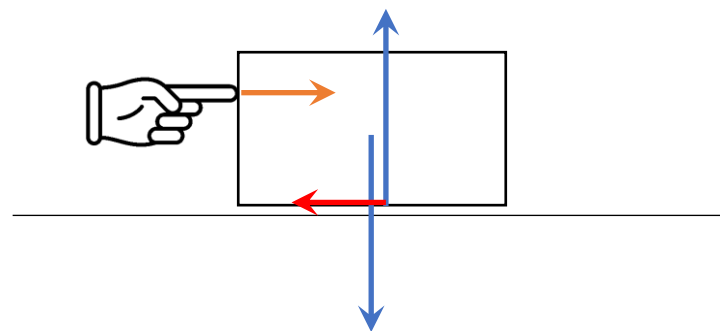
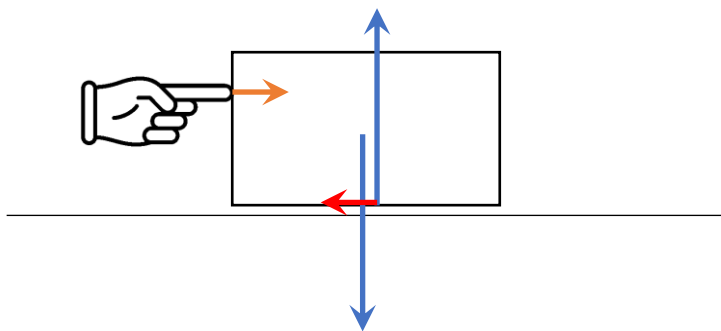


# 安定と不安定

- 物体がつりあいの位置からはずれてしまった（あるいは、してしまいそうな）とき



# 静止摩擦力



# 復元力（広義）

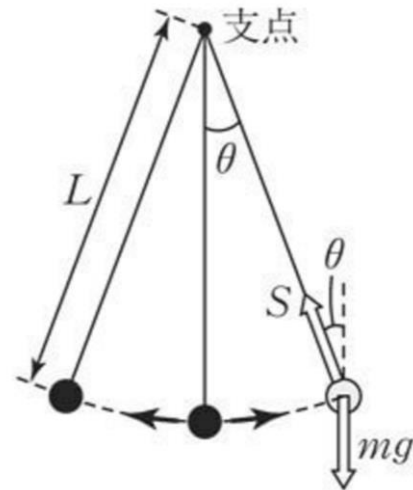
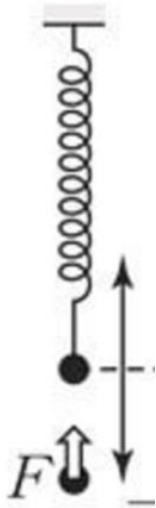
- 復元力  $\vec{F} = -(\vec{x} \text{の関数})$



物体はつりあいの位置から移動しても、もとの位置に戻る向きの力がはたらく場合、その物体は振動しながら状態・姿勢を保つ。

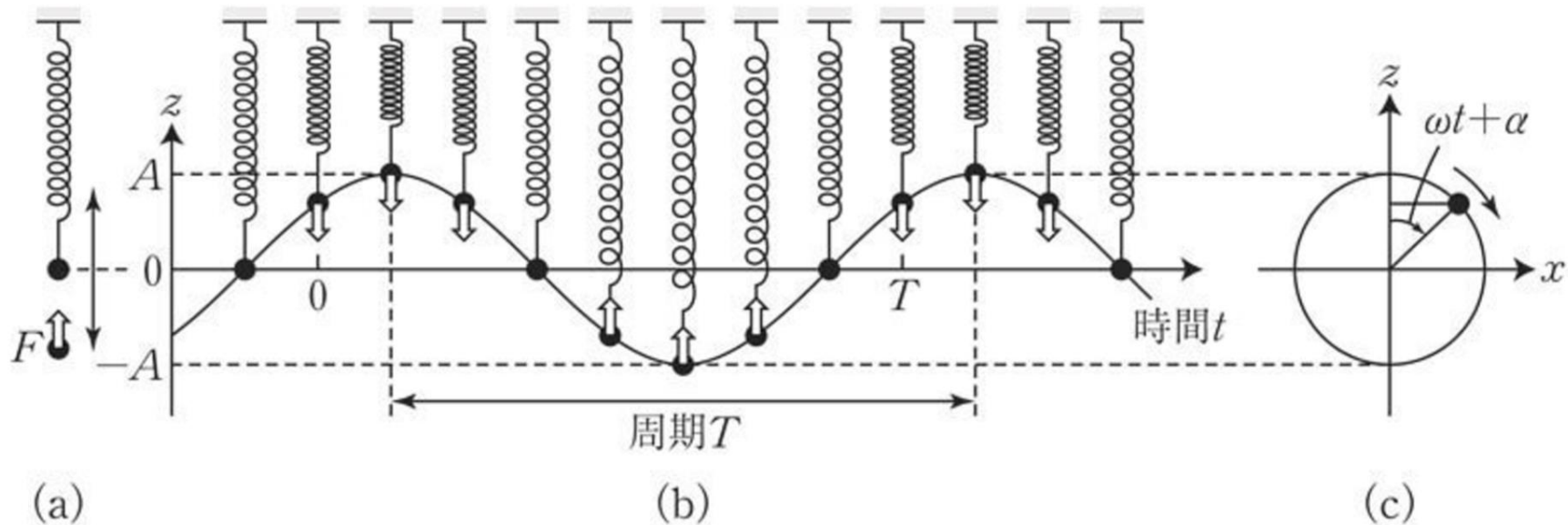
# 復元力

- 高校物理で習う復元力  $\vec{F} = -K\vec{x}$



ばね振り子や単振り子など、復元力の大きさが、物体の変位の大きさに比例するとき、物体は単振動する。

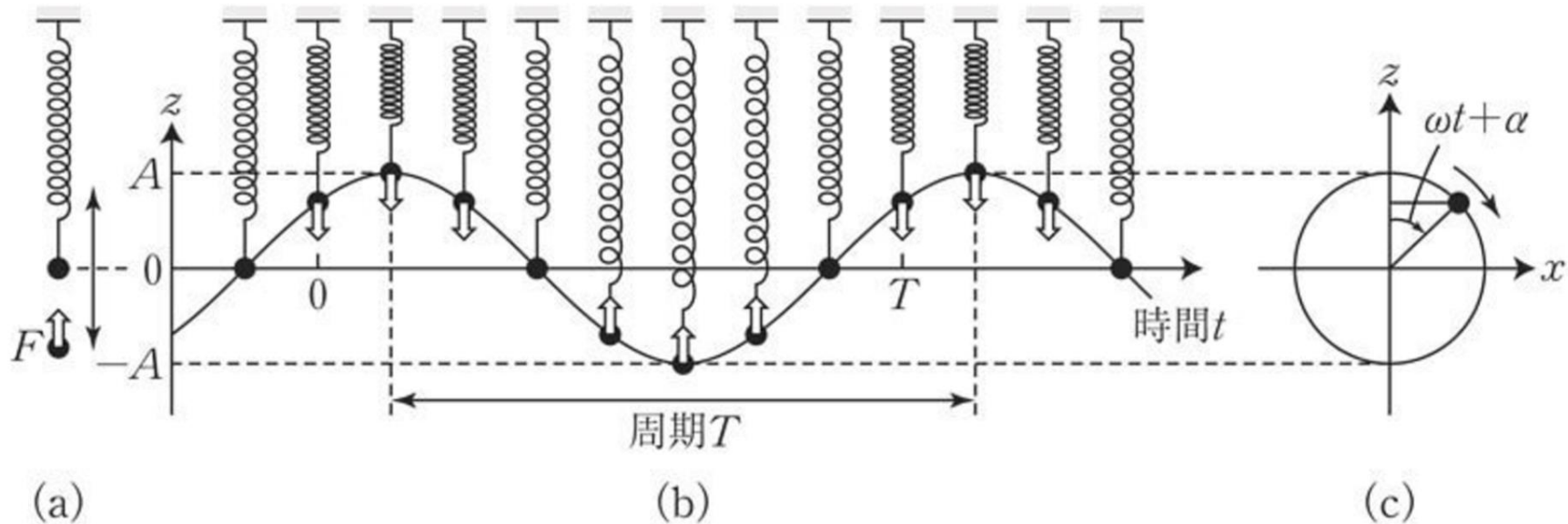
# 単振動



単振動の様子を、変位－時間のグラフ（後に説明するHistory graph）で表すと三角関数の関係にあることがわかる。



# 単振動のパラメータ



単振動を表す変数「周期」「振動数」「振幅」「位相」  
このグラフの上では、どのように表されている？

# まとめると

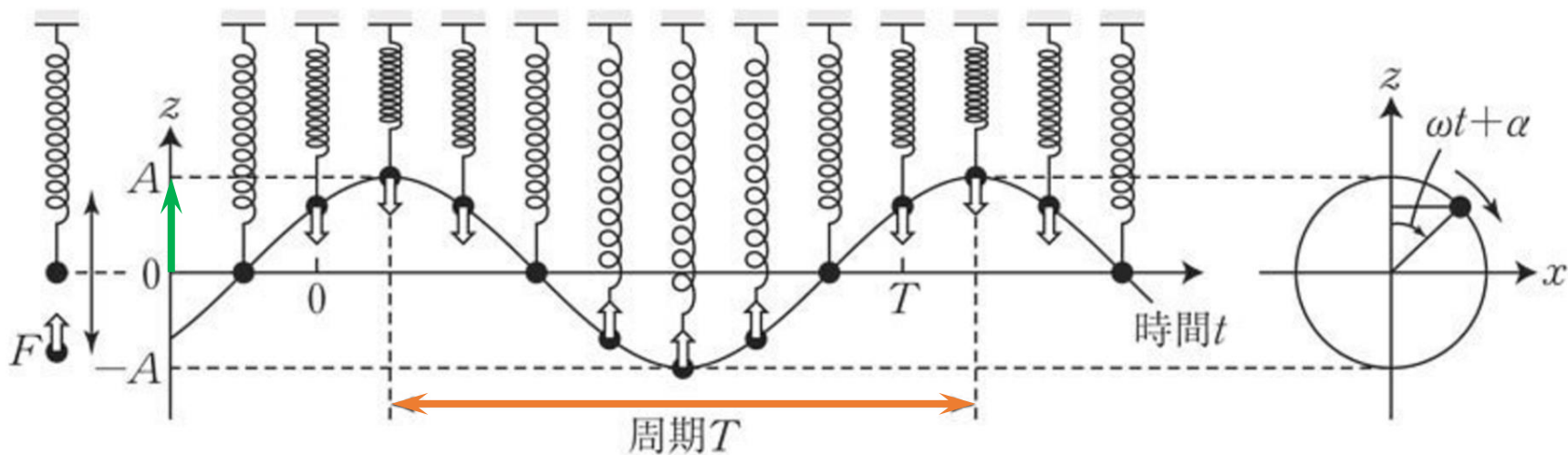
- 物体がその位置に安定してあるためには、ずれても戻る向きの力がはたらくような構造が必要。
- 摩擦力や復元力は、物体を安定させる力。
- 特に、 $\vec{F} = -K\vec{x}$  で表せる復元力がはたらくとき、物体は単振動をする。
- 単振動する物体は、物体の変位が三角関数（正弦関数）に従う時間変化をするよ。
- 振動を表す各パラメータの意味を理解し、グラフの上で説明できるようになるろう。

# 波動 (波)

## 第1講

- 物理学でいう波動とは
- なぜ波動について学ぶのか

# 単振動のパラメータ



- 振幅  $A$  と 周期  $T$

- 振動数  $f = \frac{1}{T}$

- 位相

# 振動・波動を学ぶこと

Q. 身近な振動・波動現象をたくさん挙げよう

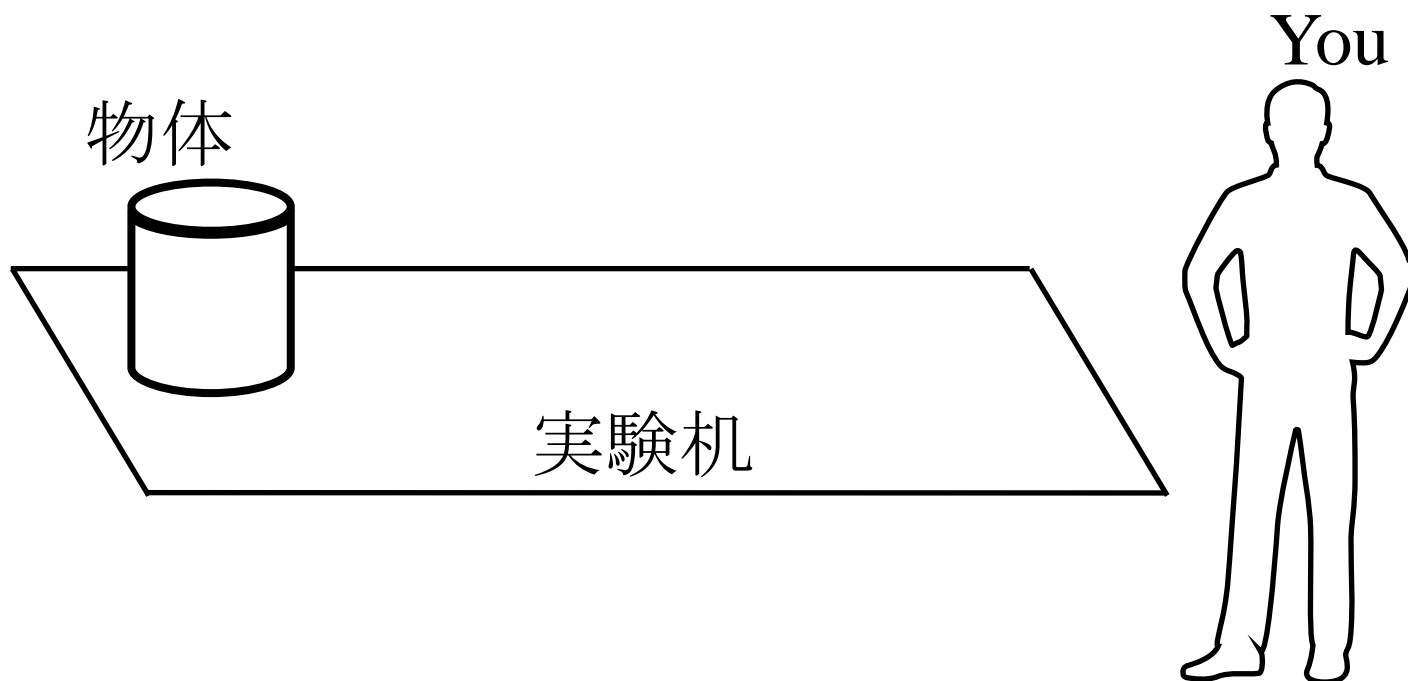
# 振動・波動を学ぶこと

Q. 振動・波動はどのように利用されている？

# エネルギーの視点でみると

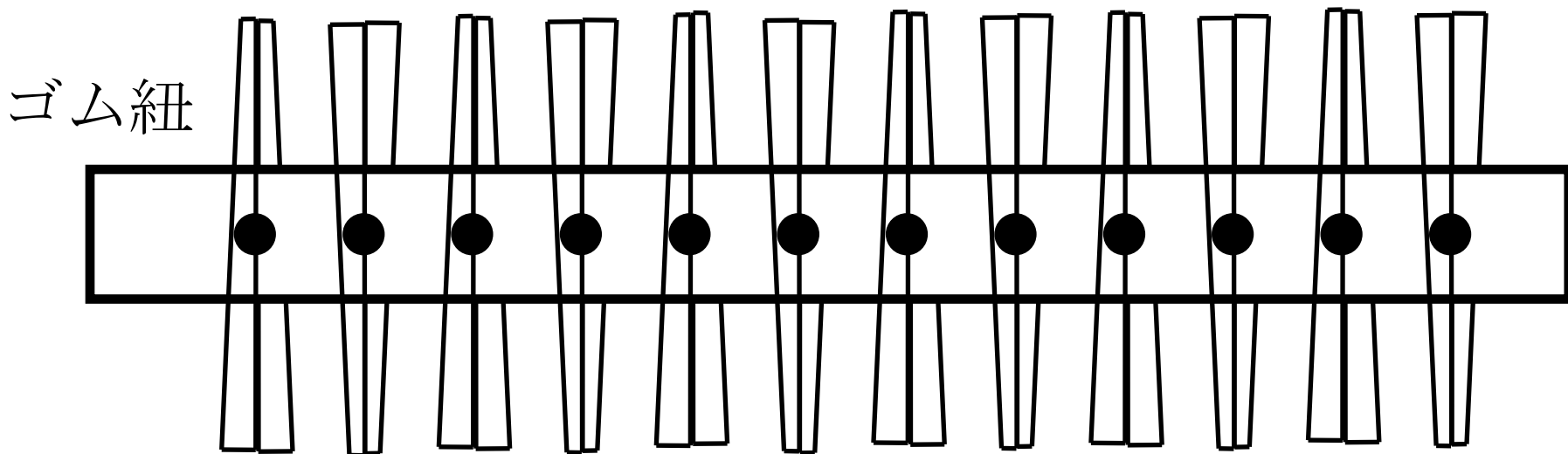
実験機の端に、物体が立っている。あなたは、その逆端に立っている。

その場から、物体を倒すには、どんな方法があるか？何を使っても、何をしてても構わないので、思いつく限り挙げてみよう。



# 波を起こしてみよう

下図のように、割り箸を互い違いの向きになるよう、ゴム紐に挟んでいく。ゴム紐には2cmおきに打点してあるので、等間隔となるように挟む。出来上がったら、両端を持っていろいろ遊んでみる。





# 波動とは

- 力学的（機械的）波動



媒質上を、隣へ隣へと振動が伝播している。  
媒質が移動・流動しているわけではない。

# 物理以外でも.....

- 心臓の刺激伝導系



- BZ反応（ベロウソフ・ジャボチンスキー）



振動する構造・振動が伝わっていくしくみがあれば、波のような現象となる。

# 波動 (波)

## 第2講

- 振動させて波をつくる
  - 波のパラメータ
  - 縦波と横波

# 波動とは

- 力学的（機械的）波動

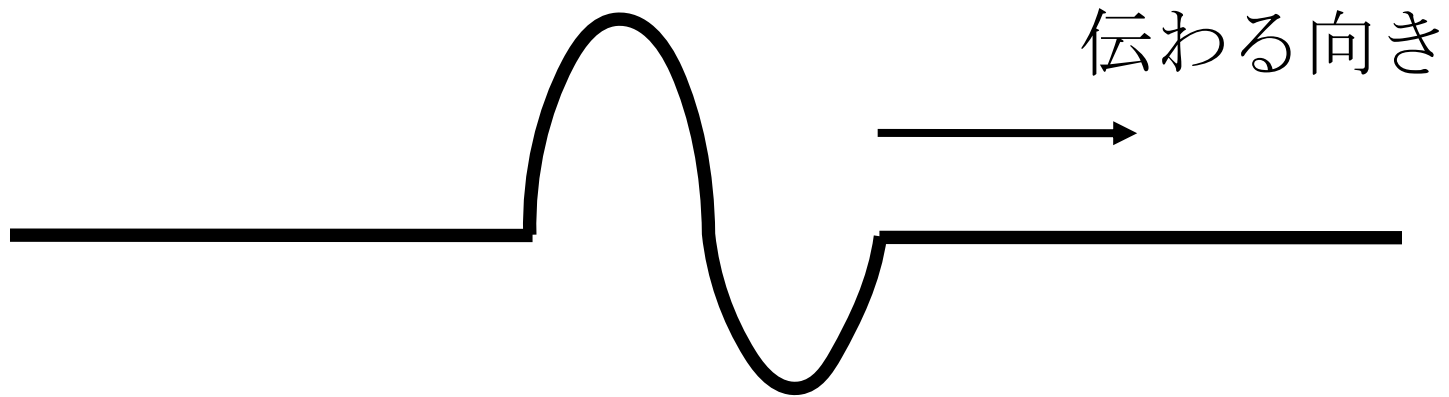


媒質上を、隣へ隣へと振動が伝播している。  
媒質が移動・流動しているわけではない。

# 波形を自在に操れるか？

## 課題

- 割り箸ウェーブマシンやプラスチックばねの端を振動させると、波が発生する。



右端・左端のどちらかを手で動かし、  
このような形の進行波の動画（5秒以内）撮影し、  
Google Classroomにて提出すること。  
（反射波を使わないこと）

# 方法を説明しよう。

- このような波をつくるためには、  
どちら側を、どう動かせばよいか説明しよう。



# 波のパラメータ

- 波は振動が伝わる現象だから...

## 波のパラメータ

### 振動のパラメータ

振幅  $A$

周期  $T$

振動数  $f$

位相

波の速さ  $v$

波長  $\lambda$

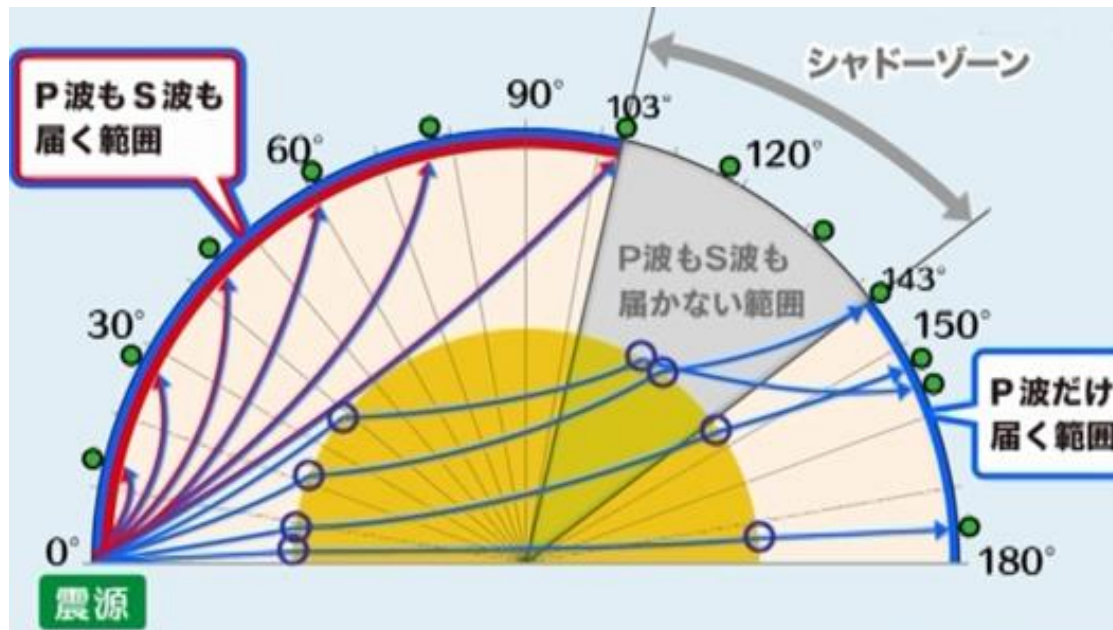
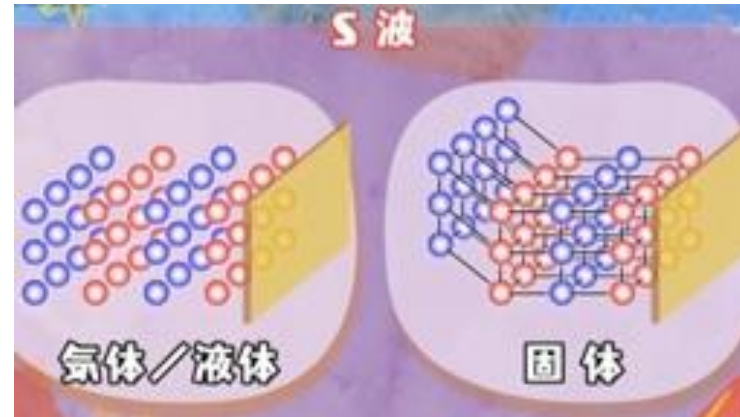
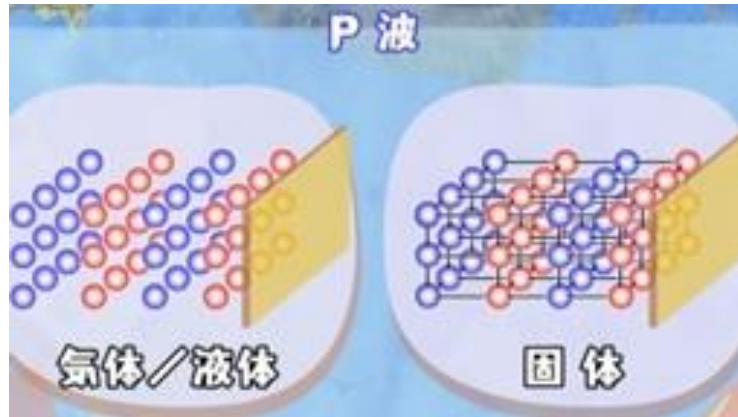


# 縦波と横波

- 縦波を図に表すと

- 横波を図に表すと

# 縦波と横波の伝播



# 波動 (波)

## 第3講

- 波の.....基本式？
- 波の重ね合わせ
  - 定常波

# PhET

- コロラド大学ボルダー校による、科学・数学のシミュレーション群。



PhET's COVID-19 resources: [remote learning tips](#), [HTML5 prototype sims](#), and [browser-compatible Java sims](#).  
Help us keep students learning. [Donate Now](#)



## Interactive Simulations for Science and Math

EXPLORE OUR SIMS

806 million simulations delivered



## Teaching Resources, Activities, and Community

Teachers have access to simulation-specific tips and video primers, resources for teaching with simulations, and activities shared by our teacher community.

# 波形のシミュレーション



- これがあれば、ウェーブマシンを使わなくても大丈夫！.....？



# 波の.....基本式？

- 振動のようすと、生じる波長の関係を表すと

$$\lambda = vT$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

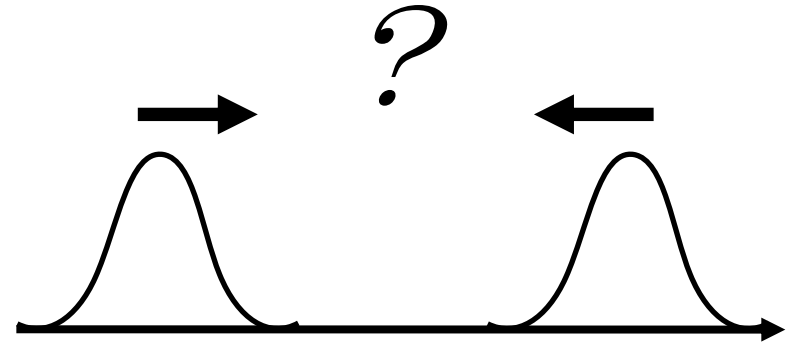
$$v = f\lambda$$

何をもって「基本」と呼称しているのかは、私は知りません。  
これを初めて波の基本式と呼称した人、記した書物等、  
情報をお待ちしております。私はその意図に興味がある。

# 2つの波がぶつかると？

- どうなった？  
実験を繰り返して  
確認しよう。

わかったら、  
自分の言葉で説明しよう↓





# 定常波をつくってみよう

- プラスチックばねを一定のリズムで振る。  
どのようなリズムで振ると定常波が観察できる？

# なぜ定常波ができるのか？

- Geogebraを使ったシミュレーション



進行する正弦波を数式で表す



向かい合って進む同じ正弦波



自由端反射する正弦波



固定端反射する正弦波