

# 物理学入門15

鳥取環境大学 人間形成教育センター  
足利裕人

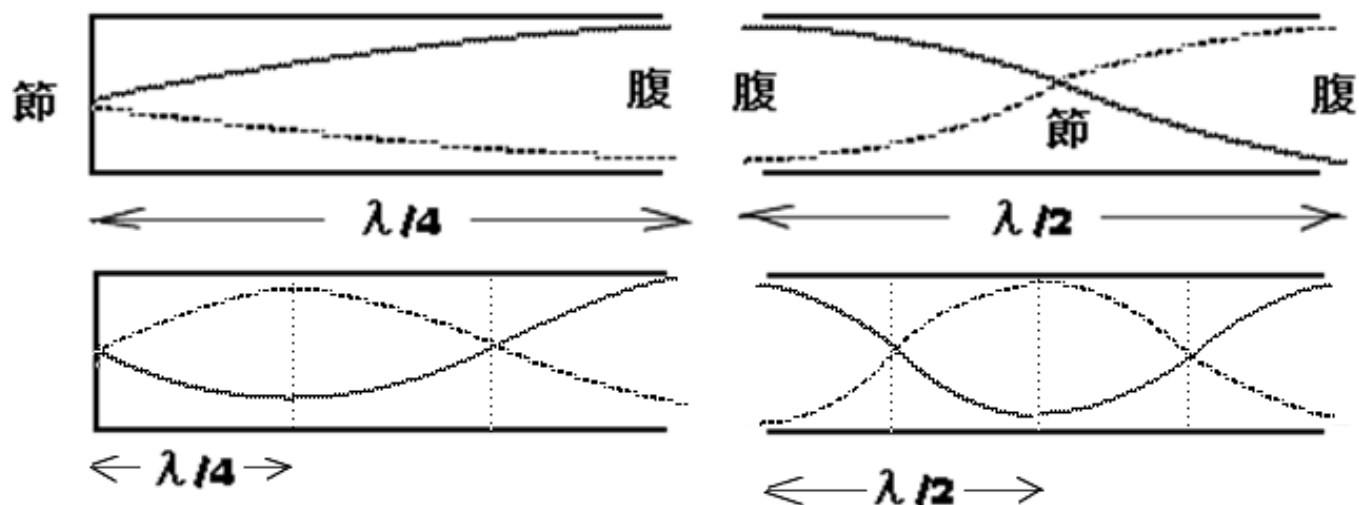
# 管楽器

- 吹き口のブザー音(全ての振動数を持つ)で気柱に共鳴した音だけ強く聞こえる



- 開管と閉管の基本音, 倍音

- 同じ長さの閉管は開管より1オクターブ低い



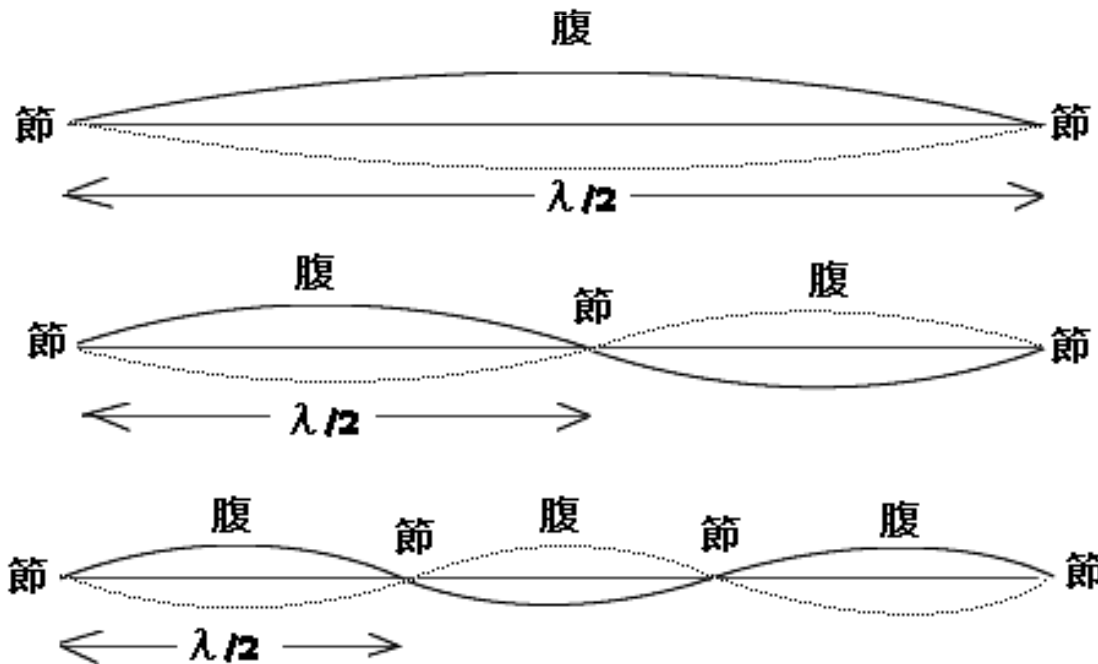
# 弦楽器

## ■ 弦は両端が固定された振動

□ 基本振動, 2倍振動: 1オクターブ高い, 3倍振動: 2オクターブ高い

□ 細い弦: 低い音, 強く張る: 高い音

$$f \propto \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$



f: 振動数(Hz)

T: 張力(N)

P: 線密度(1mの質量 kg/m)

# 例題

- 1 楽器の仕組みのポイント2つは何か
  - 音源, 音を拡大するしくみ
- 2 閉管の基本音を強く吹くと, 何倍の振動数の音が聞こえるか。開管だとどうか
  - 閉管: 3倍(2オクターブ高い音), 開管: 2倍
- 3 弦の長さを1/4にすると, 振動数は何倍になるか
  - 4倍
- 4 弦の太さを半分になると, 振動数は何倍になるか
  - 断面積が1/4になり,  $1/\sqrt{1/4}=2$ 倍になる

# 共振：エアロビの振動で避難

- 韓国ソウルの「テクノマート」(39階建)の中高層階で原因不明の上下の揺れ
- 入居者が3日間退避
- 原因：集団でのエアロビクス
- 12階のフィットネスクラブで、テコンドーとボクシングをアレンジしたエアロビ「テボ」を約20人でしていた
- 再現実験では、約20人がビルの上下方向の固有振動数と同じ2.7ヘルツのリズムでテボ運動を実施。8分間跳びはね続けた結果、38階に設けた加速度計が7ガル(震度2)の縦揺れを記録
- エアロビの振動にビルが共振して、上層階に行くほど揺れが増幅



# 電気

## ■ electricity (電気) の語源

- ギルバート(W.Gilbert 英)はギリシャ語のコハク(ελεκτρον、electron)に因んで、引き合う物質を総称して electrica と名づけた
- フランクリン(B.Franklin 米)は、紙の方の電荷を正電気、ストローの方の電荷を負電気と名づけた

## ■ 静電気の性質

- 電気である → 蛍光灯の点灯
- 溜める → ライデン瓶(コンデンサ)
- 静電誘導: 外部電界で電荷分布に偏り

# クーロンの法則

- 1785年にフランスのクーロン(C.A.de Coulomb)は、精密なねじり秤をつくって電荷の間に働く力を測定
  - ・同種の電荷の間では斥力，異種の電荷の間では引力
  - ・力の大きさはそれぞれの電荷の積に比例
  - ・力の大きさは2つの電荷の距離の2乗に反比例

- $$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

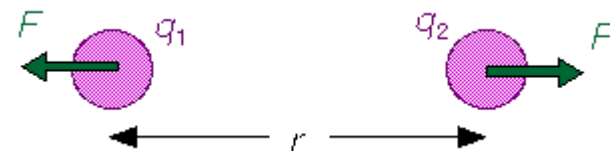
- ここで、 $r(\text{m})$ は2つの電荷の距離、 $q_1$ 、 $q_2$  (C)はそれぞれの電荷

- $k$ は比例定数：  $k=9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

- 同種電荷は反発

- 異種電荷は吸引

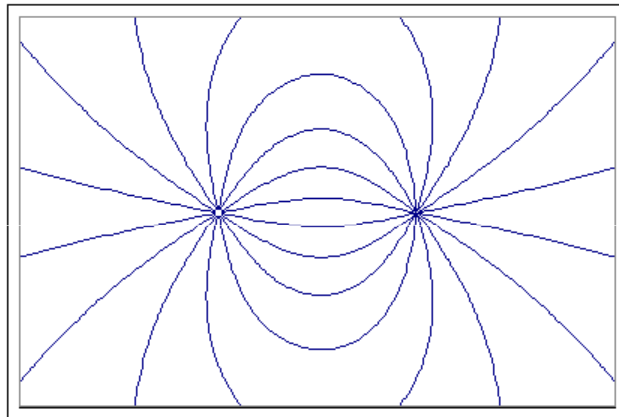
- 電気振り子，電気クラゲ(ステッキ)



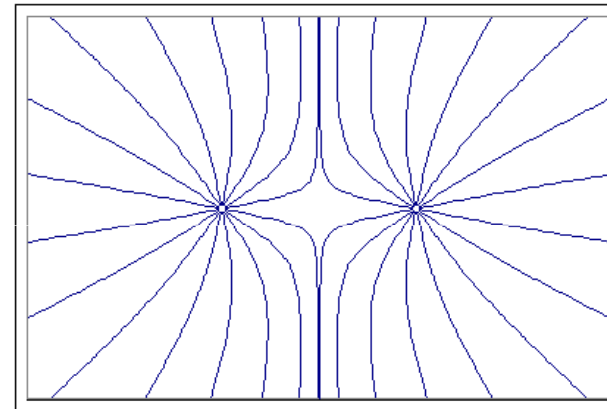
## ■ 電気力線

- 正極から負極へ向かう, 交わらない, 電界の強いところは密度が高い

- 異種電荷(吸引)



- 同種電荷(反発)



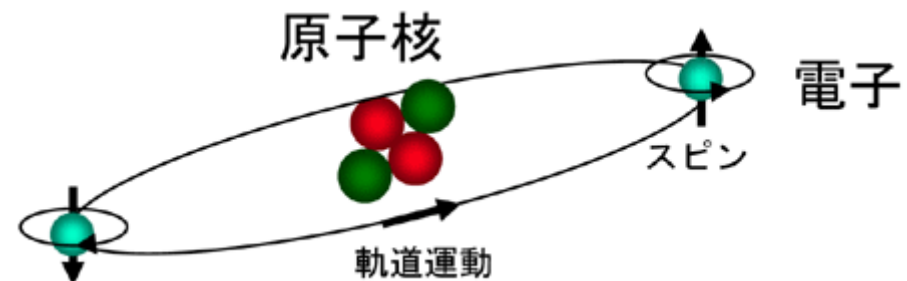
- 電気力線は互いに反発しあうゴムひも(縮む)のよう
- 人形の髪の毛, 糸

# 磁気

- 紀元前600年 天然の磁鉄鉱・マグネット(ギリシア)
- 紀元前240年～20年 慈石と司南および羅盤(中国)→指南車
- 1600年 ギルバートの磁石論(イギリス)、精錬した鉄を磁石に
- 1799年～1833年 フンボルトによる地磁気の変化の発見、ガウス、ウェーバーによる地磁気の精密計測
- 1820年 エルステッドの論文「電流の磁気作用」(デンマーク)
- アンペールの法則、ビオ・サバールの法則(フランス)
- 1831年～1834年 ファラデーの「電磁誘導の法則」(イギリス)
- ヘンリーの「自己誘導」(アメリカ), 「レンツの法則」(ドイツ)
- 1864年 マクスウェルの「電磁方程式」(スコットランド)
- 1911年 オネスが水銀の超伝導現象「電気抵抗ゼロ」を発見(オランダ)

# 磁力線

- NとSは必ずできる
- 磁界を見る磁力線
  - NからSへ向かう
  - 電気力線と同様な性質
- 電流が磁気を作る
  - 電流: 電荷を持った粒子の運動 → 磁界の発生
  - 最小の磁石は電子のスピンの(自転)



# 電磁石

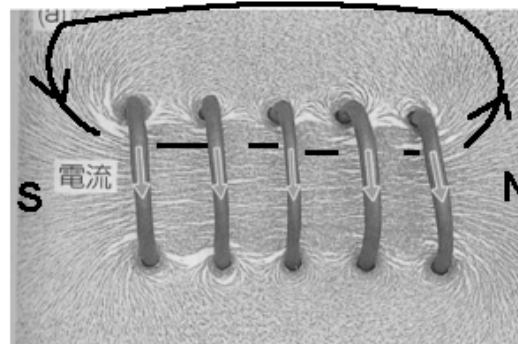
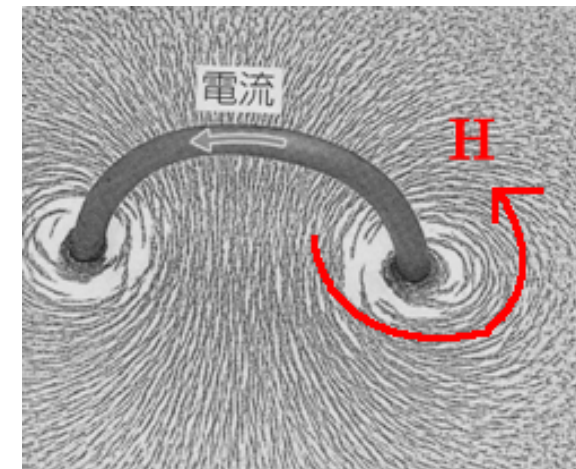
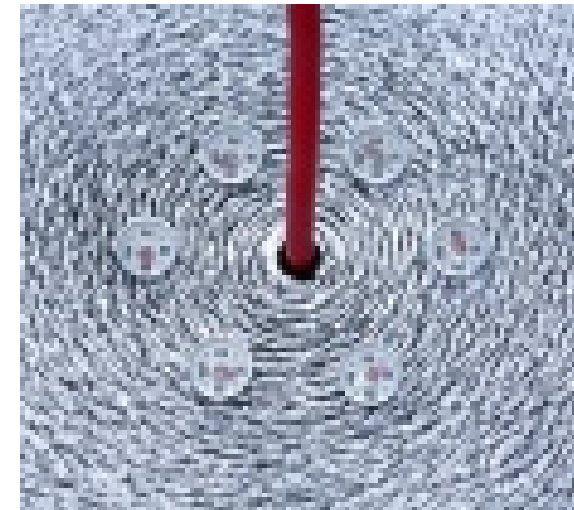
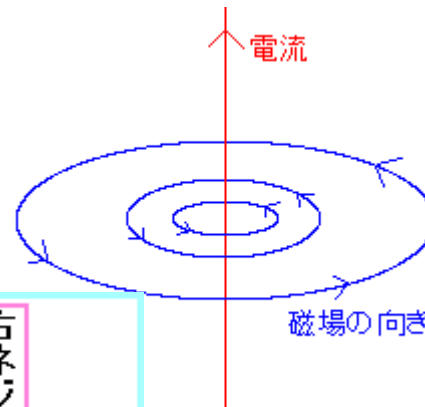
## ■ 電流で生じる磁気

□ 直線電流

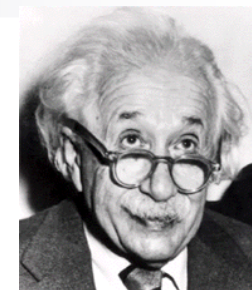
□ 右ねじの法則

□ 円形電流

□ コイル



# 相対性理論



## ■ アインシュタイン

- 万人の宇宙観を変えた。思想、哲学にまで影響

## ■ 光速度一定 → ニュートン力学:「瞬間に伝わる」を否定

## ■ 特殊相対性理論

- 時間や長さの概念を、根本的に変えた
- 静止している人にとっての時間や長さ、走っている人にとっての時間や長さは、別のもの
- 質量は速度とともに増大 → 加速器の中では何万倍

- $$M = \frac{m}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$
 時間や長さもローレンツ変換

## ■ $E=mc^2$ エネルギーと質量の等価性

# 一般相対性理論 (1916年)

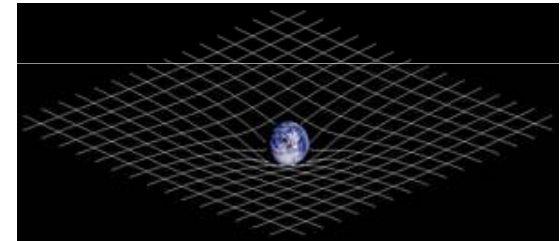
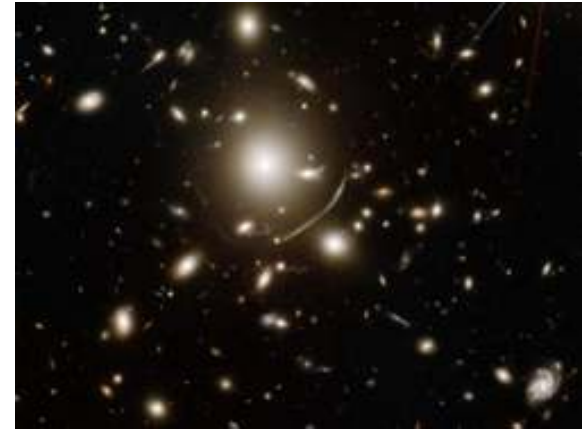
- 加速度運動に一般化した理論
- 重力: 空間と運動からなる四次元空間では、その曲がり方

重力レンズ: 銀河の像がゆがみ、円いレンズのように見える

- アインシュタインの方程式

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- 左辺は時空の曲率(曲がり具合)+宇宙項。右辺は物質場の分布  
宇宙項: ダークエネルギー等
- 星のような物質またはエネルギーを右辺に代入すれば、その星の周りの時空がどういう風に曲がっているかわかる式
- $A=2GM/c^2$ : シュバルツシルト半径で時間と空間の歪が無  
限大。時計が止まり、空間はぺしゃんこ



## □ 方程式の解 →

- ・膨張・収縮する宇宙, ブラックホール
- ・重力波 -- 時空のゆらぎが光速で伝播する現象。

### 観測は困難

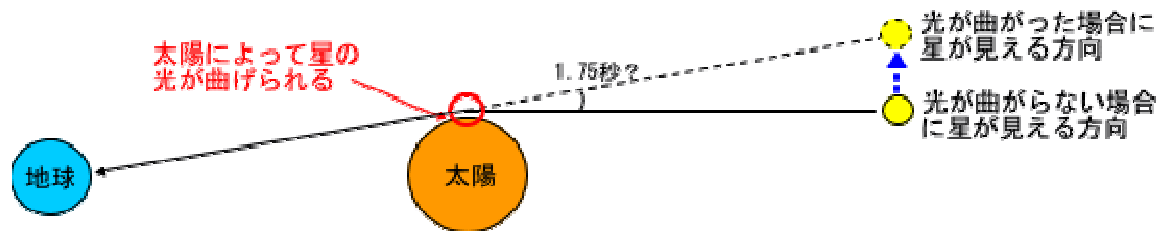
- ・時間の遅れ -- 強い重力場中で時間がゆっくり進む

精神と時の部屋: 重力は地球の10倍, 外界の1日が、この部屋では1年

GPS衛星での時計は地表より早く進む

## □ 特殊相対性理論は皆既日食の観測によって証明された

一般性相対性理論によると・・・



## □ アインシュタインの神 → スピノザ(自然界の様々な現象の驚くべき秩序や調和を神と考えた)の神, 宇宙