

京都市立芸術大学 2020年度 現代物理1

担当教員：磯部洋明

第七回授業(2020/06/23) 配付資料

電気と磁気

電気と磁気の歴史

- 静電気（琥珀を布でこすると糸くずなどが吸い寄せられる）は古代から知られていた
- 天然磁石（鉄を吸い寄せる）の存在と、それで方角を知ることができる（コンパス）ことも古代から知られていた
- 15世紀 ギルバード（英）地球全体が大きな磁石である「地磁気」の発見
- 1752年、フランクリン（米国）が雷が電気であることを発見
- 1800年 ボルタ（伊） 電池の発明
- 1820年 アンペール（仏） 針金に電気を流すと磁石にいはなる（電磁石）
- 1831年 ファラデー（英）コイルのそばで磁石を動かすと電気が流れる（電磁誘導）
- 電気と磁気は互いに互いを作ることができる関係にある！
- 1879年 エジソン（米） 電球の発明

マクスウェル方程式(1864)

電場と磁場のふるまいを記述する方程式。電磁気学の基礎。

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \quad \text{電荷があると電場ができる}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad \text{単極 (N/S極のみ) の磁石はない}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{d\mathbf{B}}{dt} \quad \begin{array}{l} \text{磁場の変化が電場を作る} \\ \text{(ファラデーの電磁誘導の法則)} \end{array}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu\mathbf{J} + \mu\epsilon\frac{d\mathbf{E}}{dt} \quad \begin{array}{l} \text{電場の変化と電流が磁場を作る} \\ \text{(アンペールの電磁石の法則)} \end{array}$$



James Clerk Maxwell

\mathbf{B} 磁場 (磁束密度)

\mathbf{E} 電場の強度

\mathbf{J} 電流密度

ρ 電荷密度

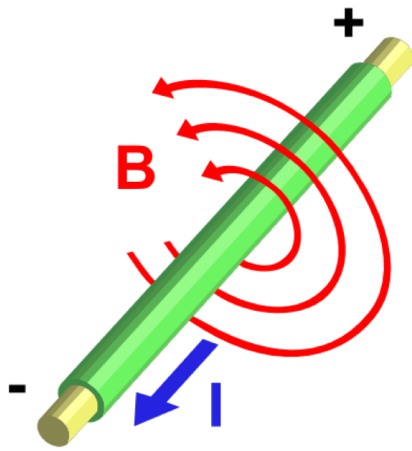
ϵ 誘電率

μ 透磁率

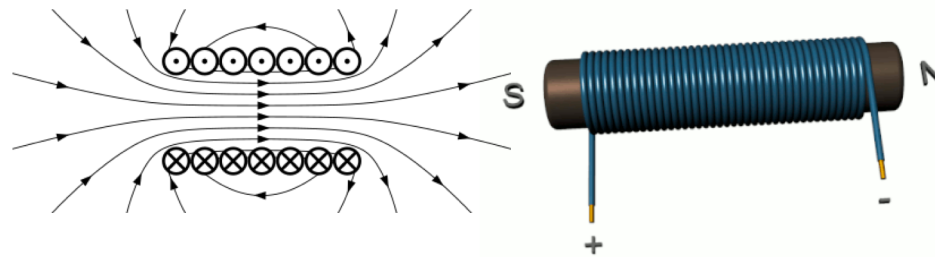
d/dt 時間微分

∇ 空間微分

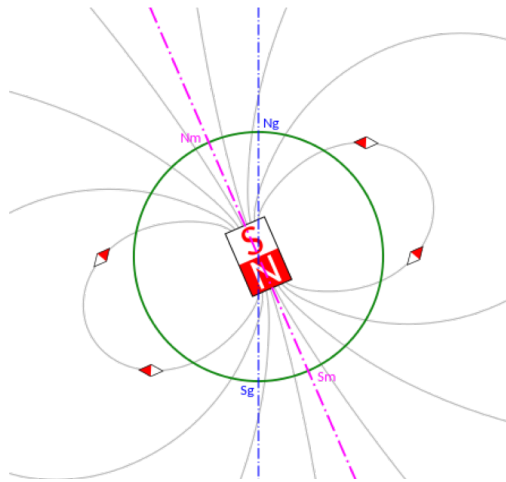
電磁石 / アンペールの法則



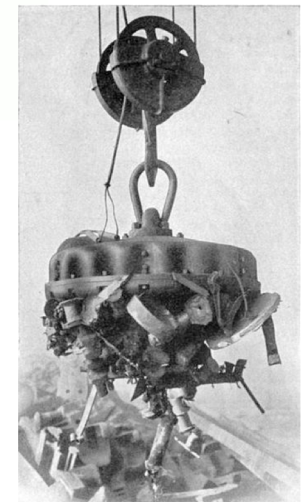
Iの方向に電流が流れると、その電流を取り囲むような磁場が生じる
(磁場の向きから右ネジの法則、右手の法則と呼ばれる)



コイル (導線を巻いたもの) に電流を流せば、
その中には一様な磁場が生じる。

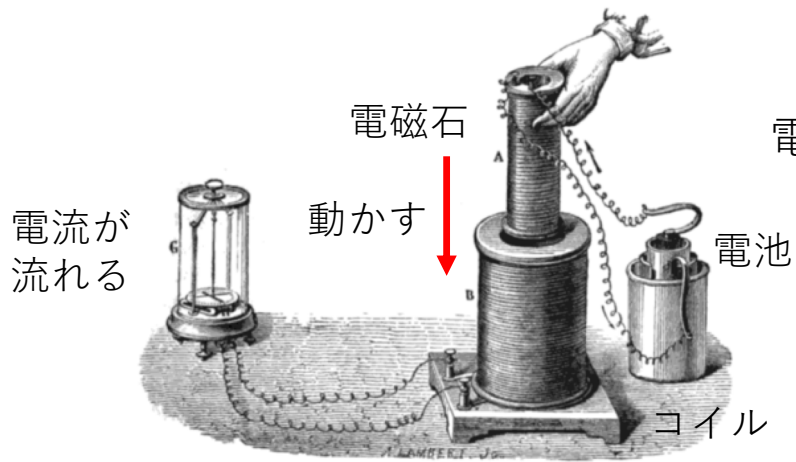


地磁気 (ただし地球内部の磁場は固体の磁石ではなく、
液体の鉄でできている核に電流が流れることで生じている)



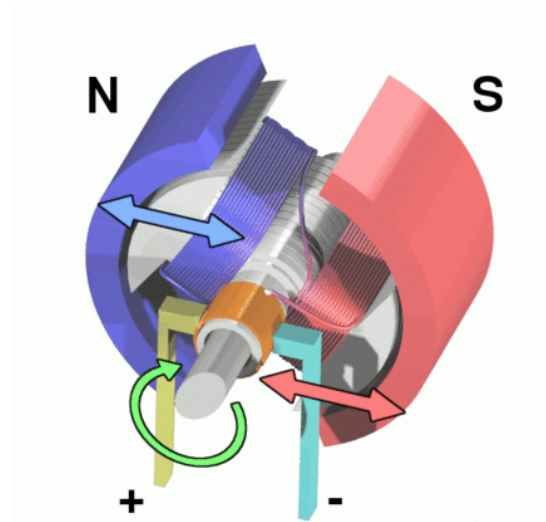
産業用電磁石

電磁誘導（ファラデーの法則）



ファラデーの実験

電磁誘導 = コイル（導線）の近くで磁石を動かすと電流が流れる



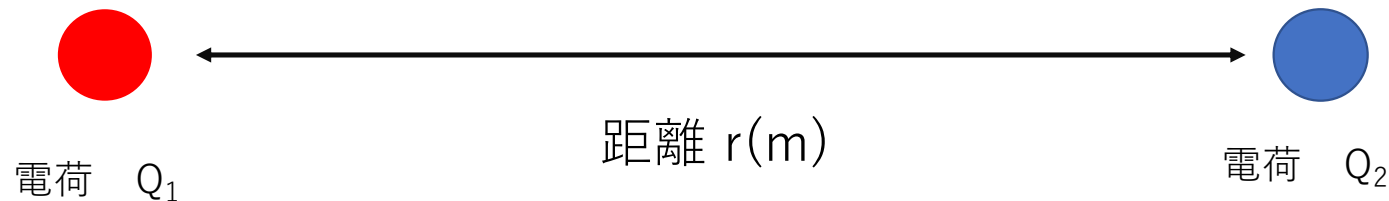
磁場の中でコイルを運動（回転）
=>電流が流れる（発電機）

磁場の中にあるコイルに電流を流す
=>回転する（モーター）

モーターと発電機は同じもの。電気エネルギーと運動エネルギーの変換装置。

静電気力

電荷（静電気）を持った物体同士の間には静電気力（クーロン力とも呼ぶ）が働く。



- 静電気力の大きさは二つの物体の電荷の積に比例し、物体間の距離の2乗に反比例する。
- 電荷の符号が同じ場合は反発する力（斥力）、違う場合は引き合う力（引力）になる

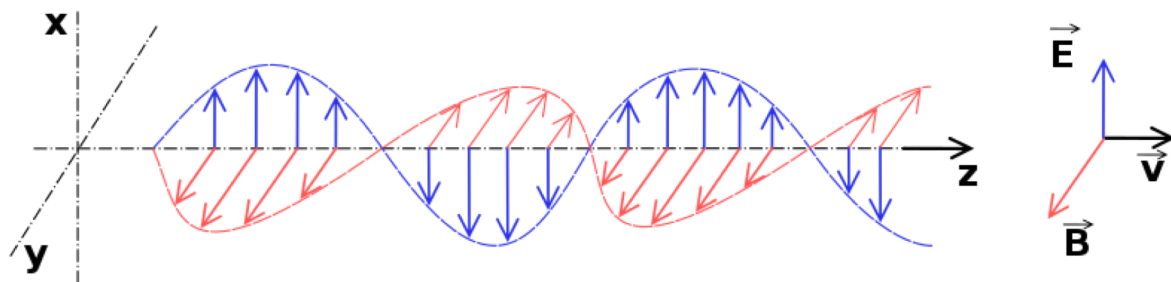
クーロン力 $F_q = Q_1 Q_2 / (4 \pi \epsilon_0 r^2)$ (N) < = 重力となんか似てる？

ただし電荷の単位はC（クーロン）、距離の単位はr、 π は円周率、 ϵ_0 は真空の誘電率で $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ A}^2 \text{ s}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

古典電磁気学の範囲ではこれは原理。現代物理学（場の量子論、大統一理論）では自然界にある4つの力（重力、電磁気力、強い力、弱い力）の正体を統一的に理解することを目指している。

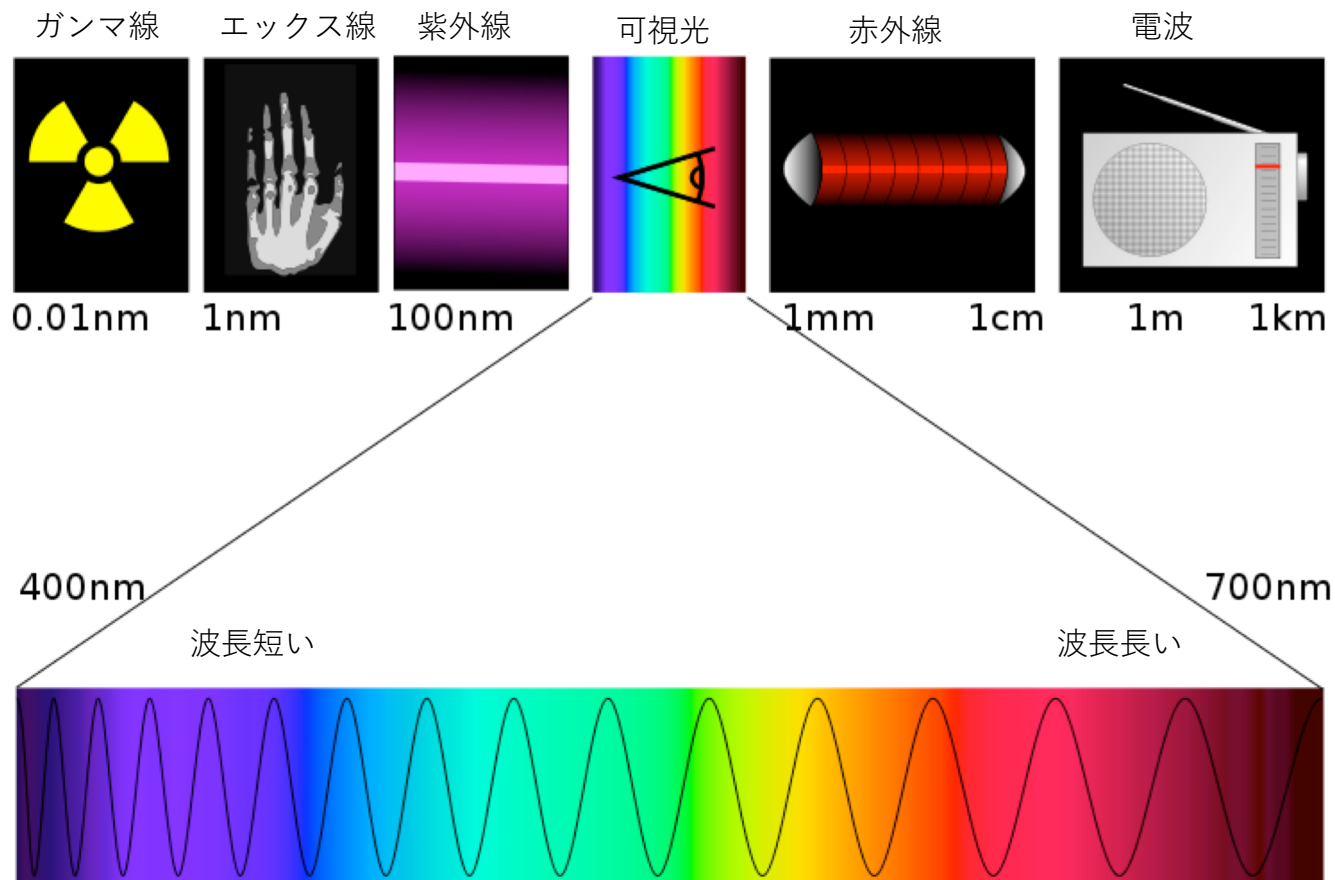
電磁波 = 電気と磁気の波

- 電磁石：コイルに電流を流すと磁場ができる。電 = > 磁
- 電磁誘導：コイルに磁石を近づけると電流が流れる。磁 = > 電



電場が磁場を作り、磁場が電場を作り、その電場がまた磁場を作り、、、と伝わってゆく。これを電磁波と呼び、その伝わる速さを光速と呼ぶ

目に見える光（可視光）も電磁波の一種

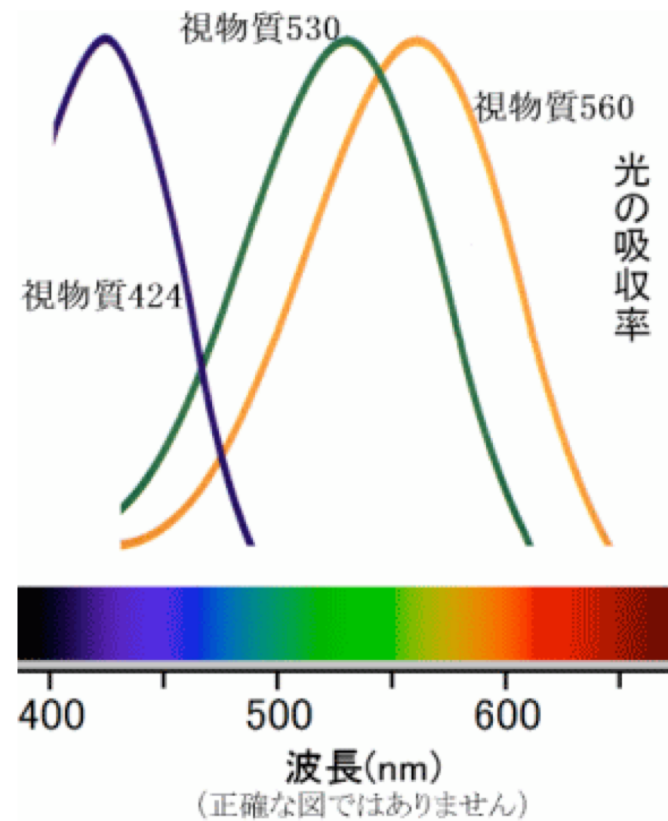


1nm (ナノメートル) = 10億分の1メートル

From wikipedia commons

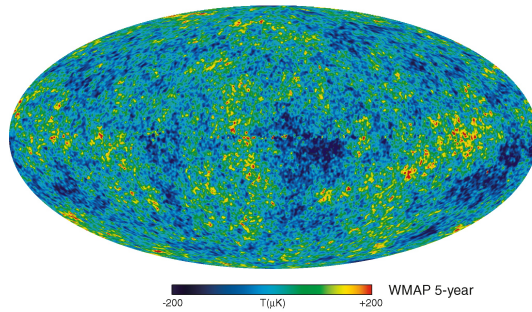
色を感じるメカニズム

- 眼の中には青、緑、赤に感度の高い3種類のセンサー（視細胞）がある
- 3つのセンサーが感じる光の相対的な強さで、脳が色を判断する
- 光が三原色(RGBの三色で全ての色を表現できる)のは、センサーが3つだから。センサーを一つしか持たない動物にとって世界は白黒

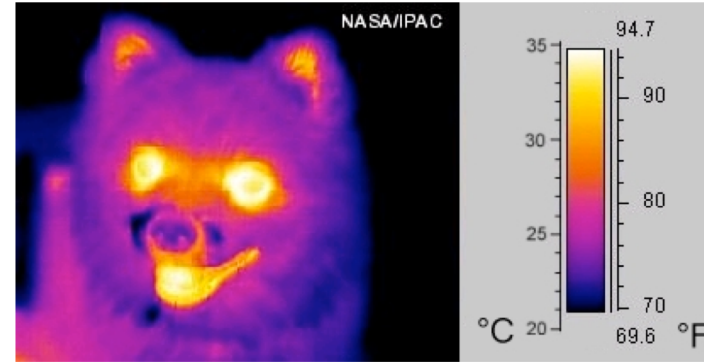


http://www005.upp.so-net.ne.jp/yoshida_n/qa_a102.htm

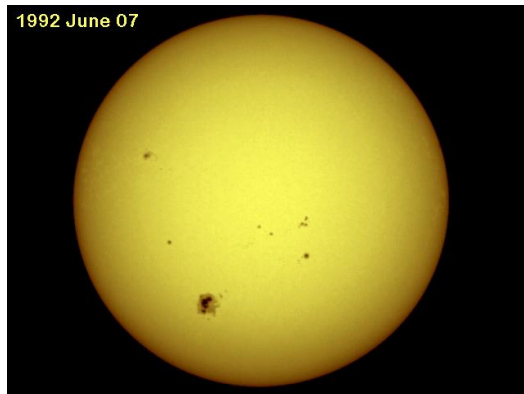
物体はその温度に応じた電磁波を出している



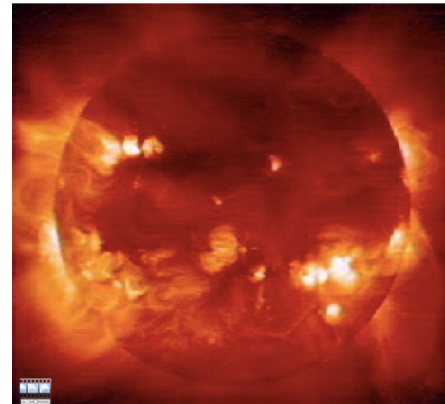
宇宙全体~-270度 => 電波



人や動物~40度 => 赤外線



太陽表面~6000度 => 可視光



太陽コロナ~100万度 => X線

ところで温度って何？

- 80度のサウナに入れるのに、80度のお湯には入れない理由を考えてみてください。答え合わせは来週。