磁場

電磁気その3

電場と磁場

力の源（荷）

- 電荷　q [C]
  クーロン
- 磁荷　m [Wb]
  ウェーバー

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{F} = m\vec{H}$$

電場

E [N／C] = [V／m]

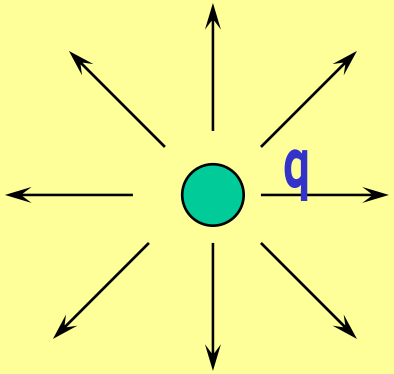
磁場

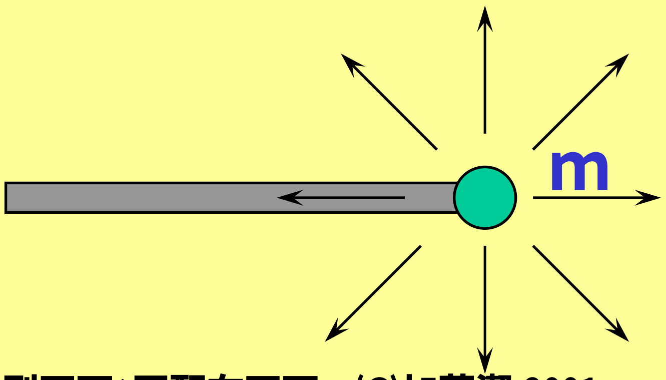
H [N／Wb] = [A／m]

電場と磁場

点＊荷の作る場

$$E = k\frac{q}{r^2} \qquad H = k_m\frac{m}{r^2}$$





電場と磁場

力線の保存
→ ガウスの法則

$$\sum E_n \Delta S = \sum \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\sum H_n \Delta S = \sum \frac{m}{\mu_0}$$

$$= 0$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

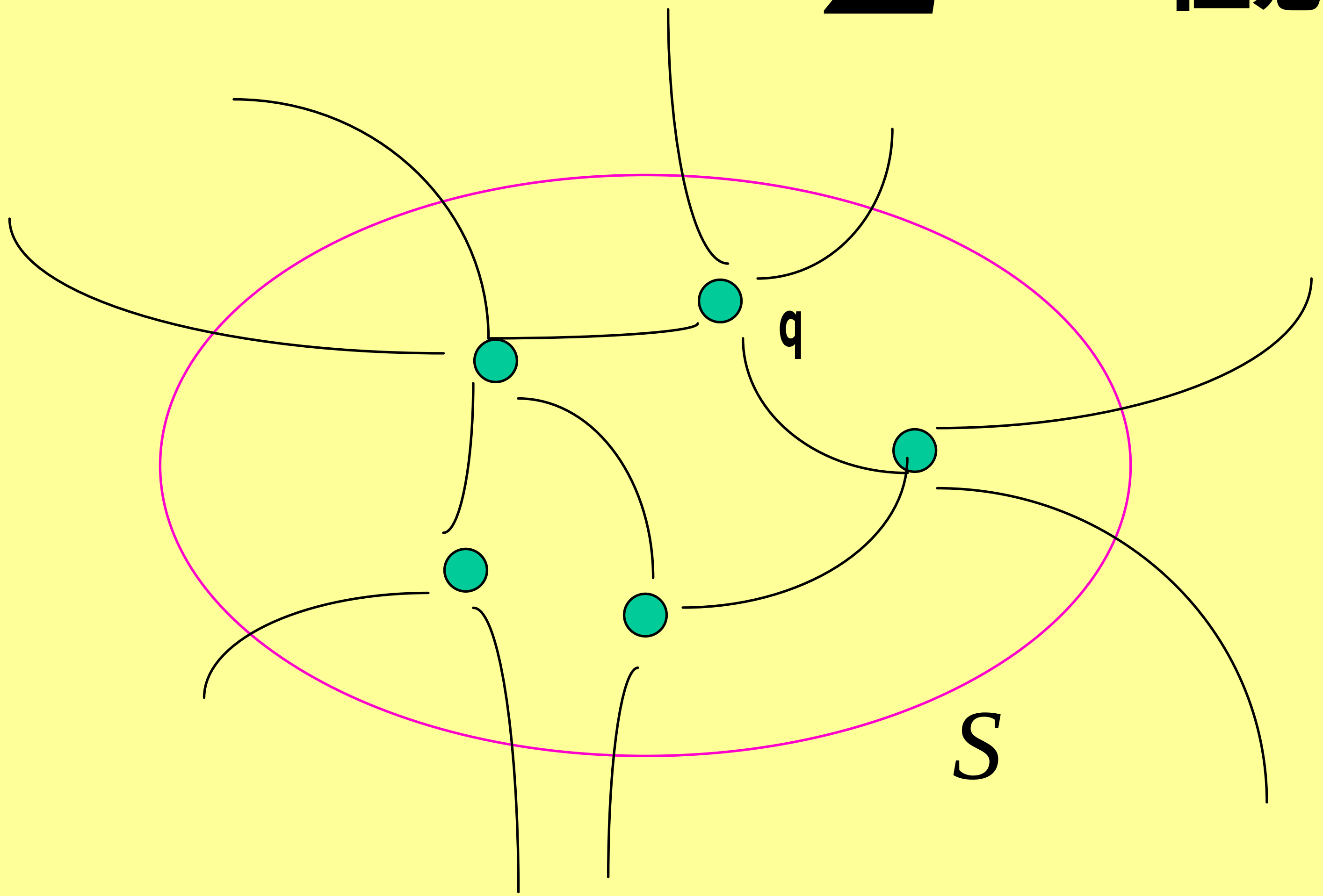
任意の閉曲面Sについて

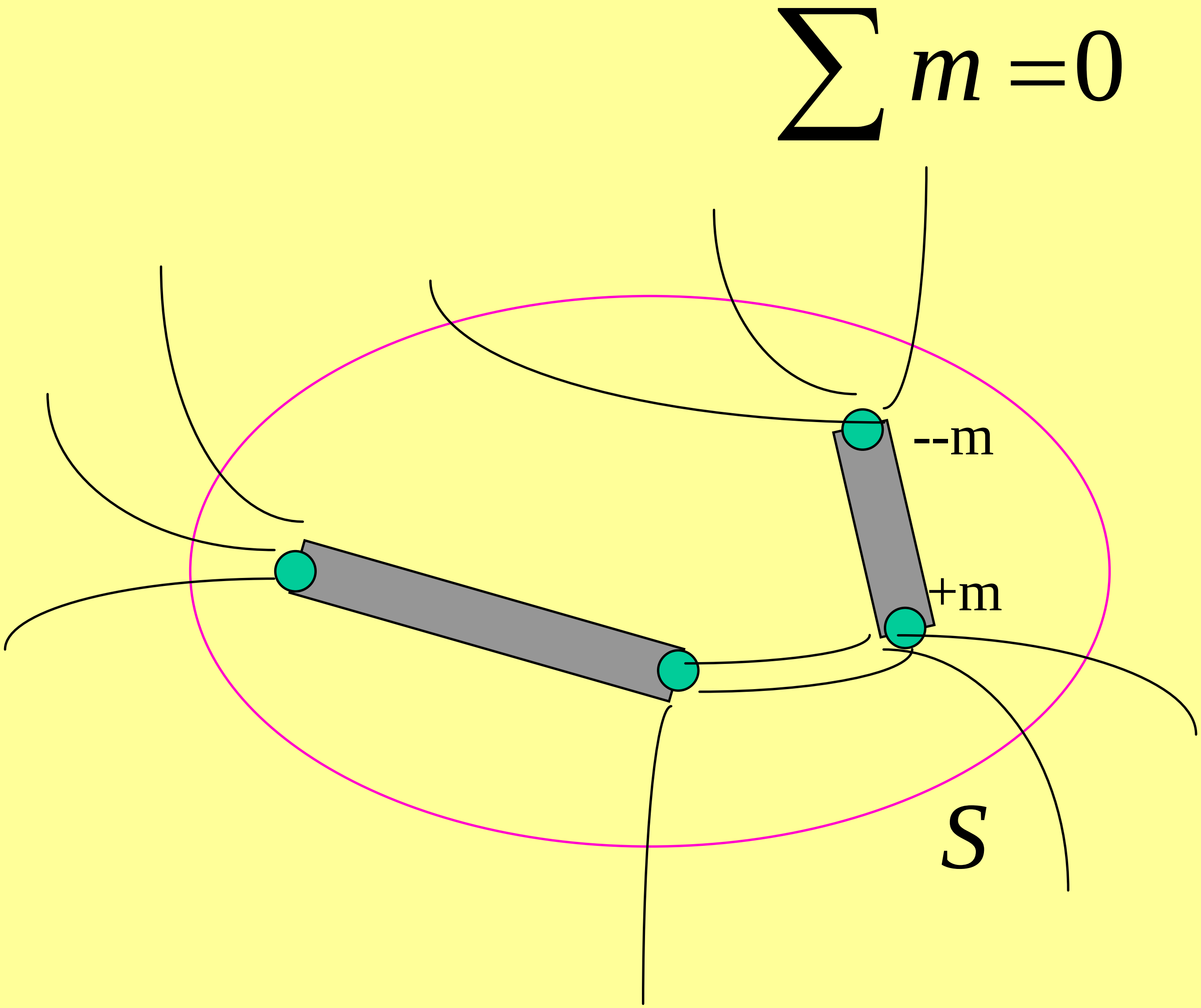
$$k_m = \frac{1}{4\pi\mu_0}$$

真空誘電率

真空透磁率

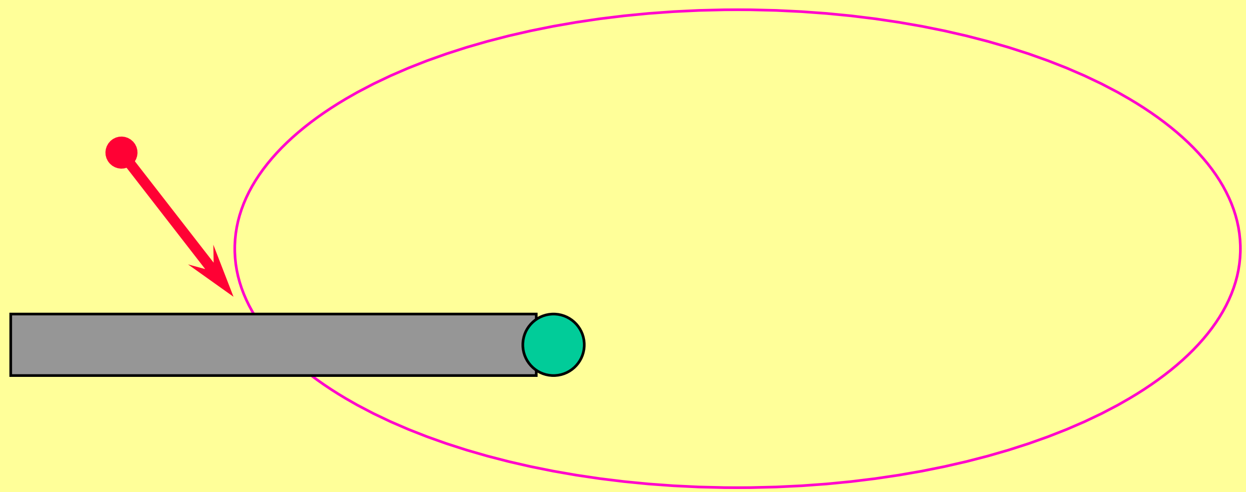
$$\sum q = \text{任意}$$




$\sum m = 0$
--m
+m
S

注意

閉曲面Ｓが物質を横切ることはここでは考えないことにする



モノポールが存在すれば状況は変る？？？

磁束密度·磁束

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$$

磁束密度　[T] テスラ

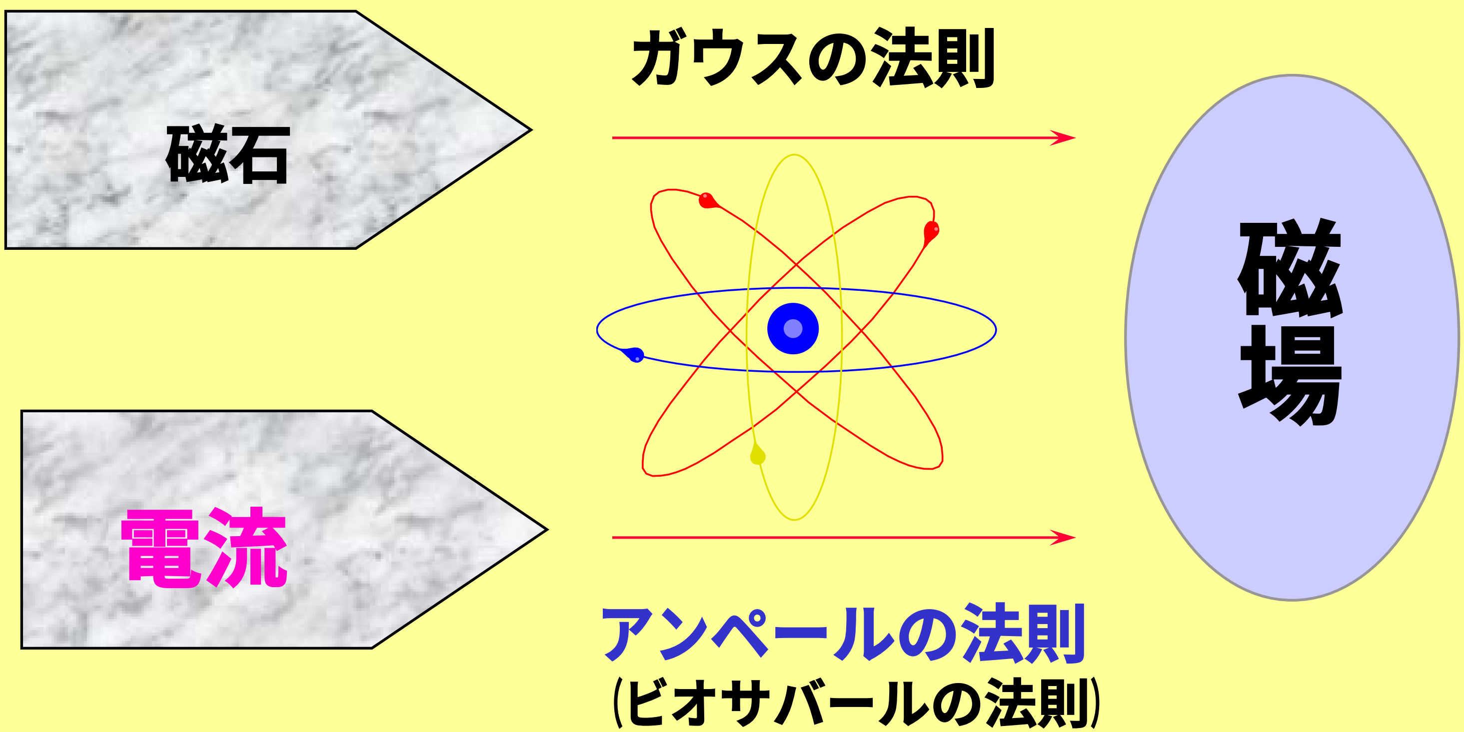
$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$$

電束密度

磁束　[Wb] ウェーバ

$$\Phi = BS \longrightarrow \boxed{\Phi = \sum \mathrm{B_n} \Delta \mathrm{S}}$$

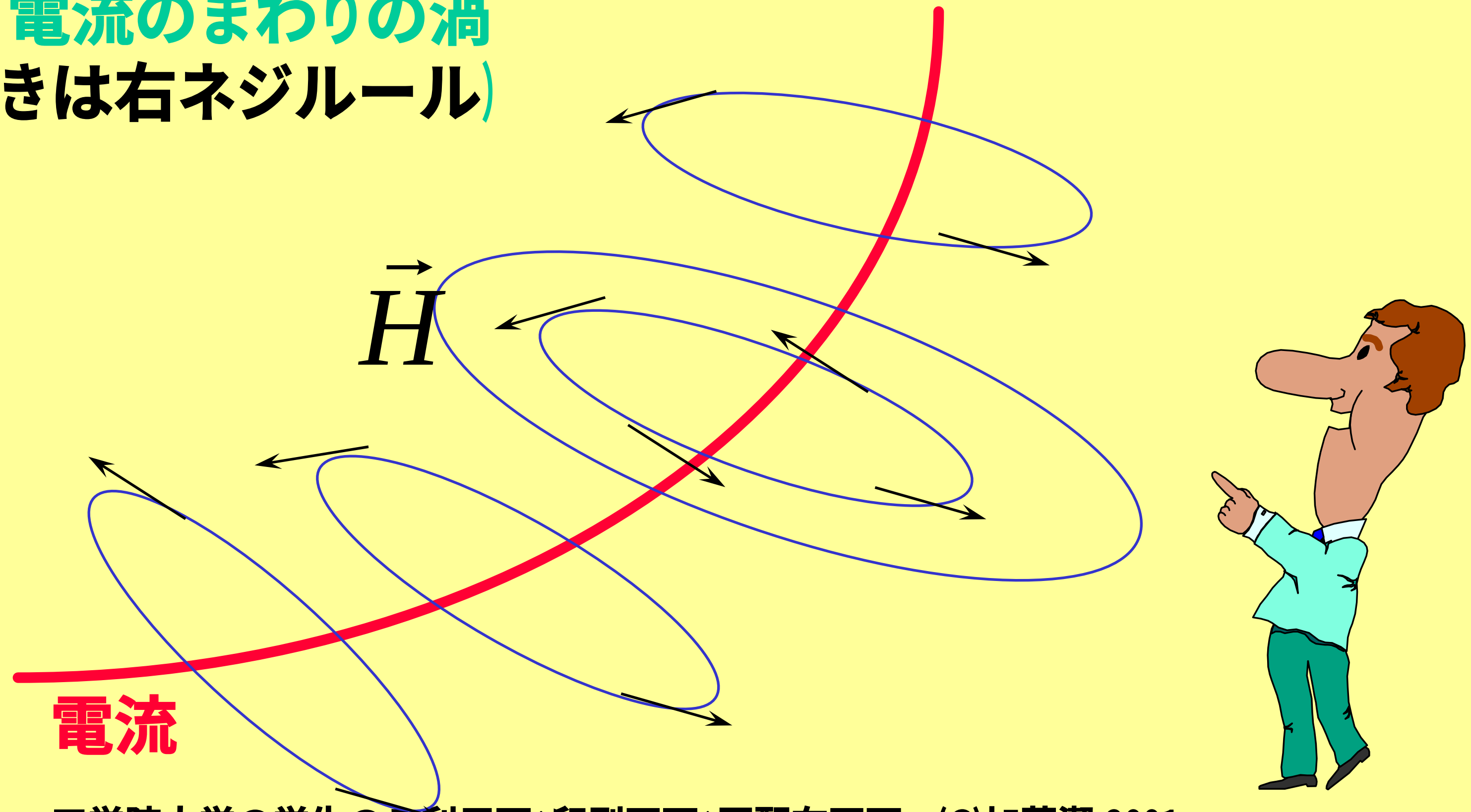
電流と磁場



ミクロに見れば磁石の磁場は原子レベルの「電流」

電流と磁場のイメージ

磁場＝電流のまわりの渦
（向きは右ネジルール）



直線電流のまわりの磁場

$$\vec{H} = \begin{cases} \text{大きさ} & \dfrac{I}{2\pi R} \\ \text{向き} & \text{右ネジ渦状} \end{cases}$$

特別な例を一般化→法則

- 電場
- 点電荷の作る場
- 球面の面積

- 磁場
- 直線電流の作る場
- 円周の長さ

$$\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\times 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

一定の量

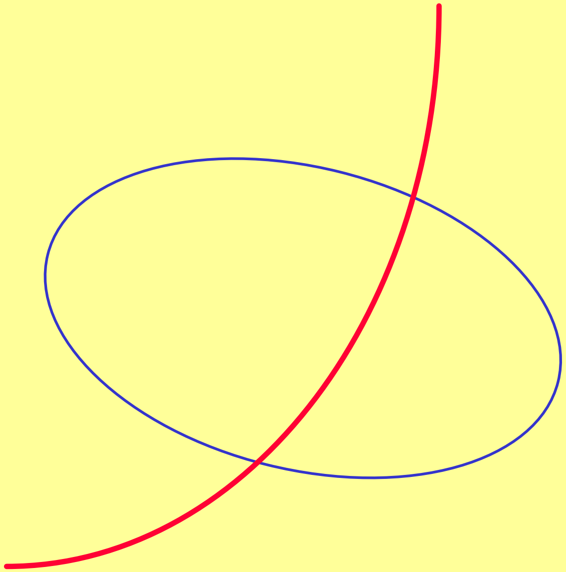
$$\frac{I}{2\pi R}\times 2\pi R = I$$

一定の量

アンペールの法則

磁場 × 閉曲線の長さ ＝ 通り抜ける電流

$$\boxed{H \cdot s = I}$$



閉曲線：　輪になった端のない曲線

アンペールの法則

精密化

- 磁場ベクトルの成分　→接線成分
- 磁場が一様でないとき→分割して加える

$$\sum H_t \Delta s = \sum I$$

ビオサバールの法則

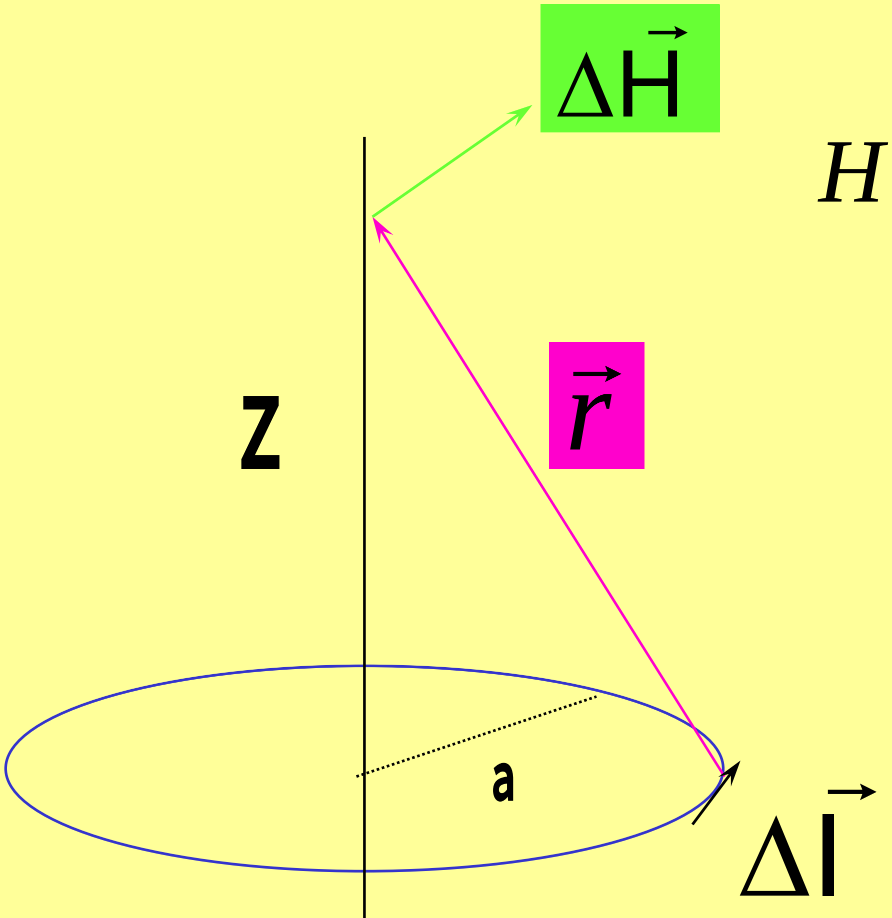
方針

- 電流を多数の微小部分（電流素片）に分割
- 各電流素片の作る磁場を求める
- それを電流全体について加える

$$\Delta\vec{H} = \frac{\Delta\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

ベクトルの向き
外積に注意

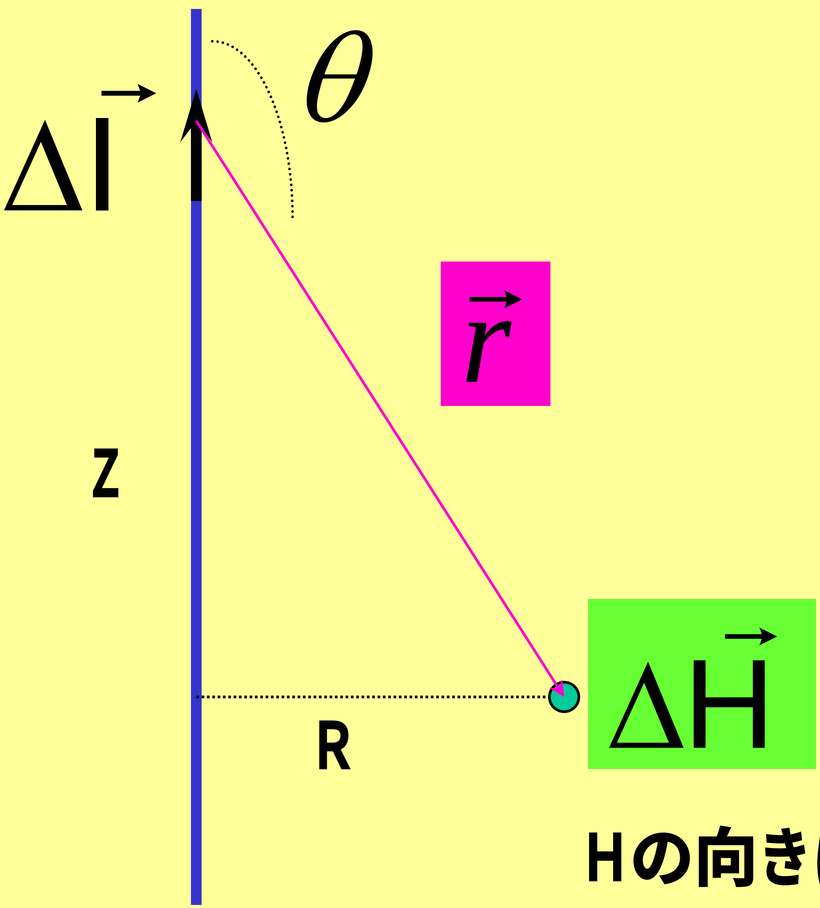
応用ー1 (円形電流)



$$H = \frac{I}{4\pi(a^2 + z^2)} \cdot 2\pi a \cdot \frac{a}{r}$$

$$= \frac{Ia^2}{2(\sqrt{a^2 + z^2})^3}$$

応用ー2 (直線電流)



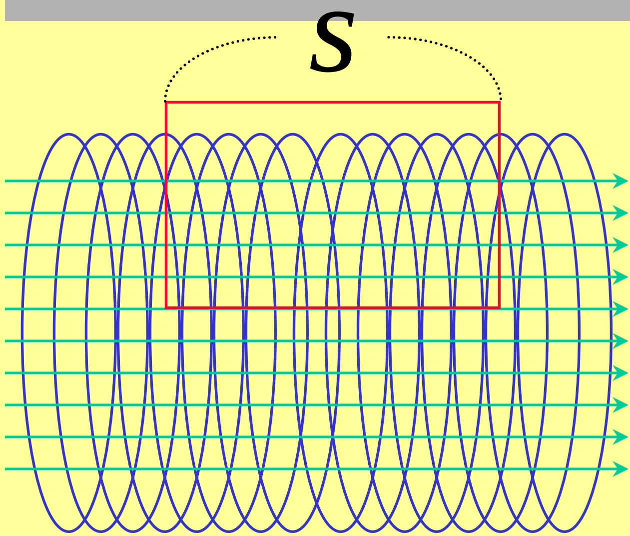
$$H = \sum \Delta H$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I \sin\theta}{4\pi\left(z^2 + R^2\right)} dz$$

$$= \frac{I}{2\pi R}$$

Hの向きは紙面に垂直

応用ー3（ソレノイドコイル）



$\vec{H}$

n＝巻数／長さ

$$\boxed{\sum H_t \Delta s = \sum I}$$

$$H \cdot s + 0 + 0 + 0 = (ns)I$$

$$H = nI$$