名古屋大学 2011年01月17日(月) 13:00-14:30 S2Y

平成22年度 工V系(社会環境工学科) 第13回 電磁気学 I

天野 浩

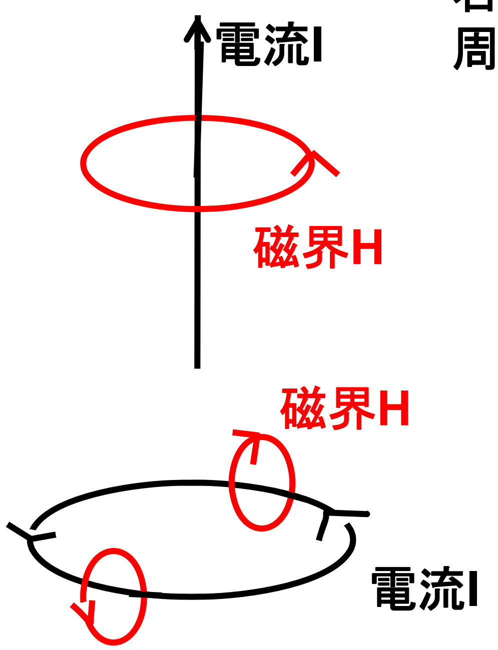
項目

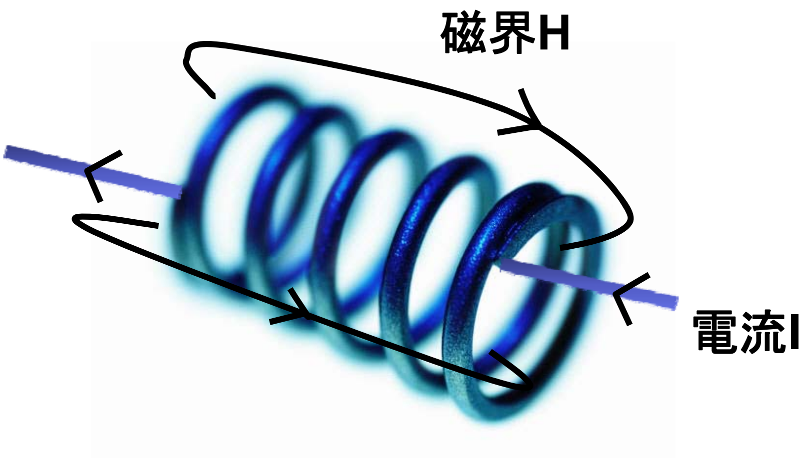
アンペアの周回積分 ビオ・サバールの法則

•定常電流の周りに生じる磁界及び磁束密度を求めるための、アンペアの周回積分及びビオ・サバールの法則を学習します。

アンペアの右ねじの法則

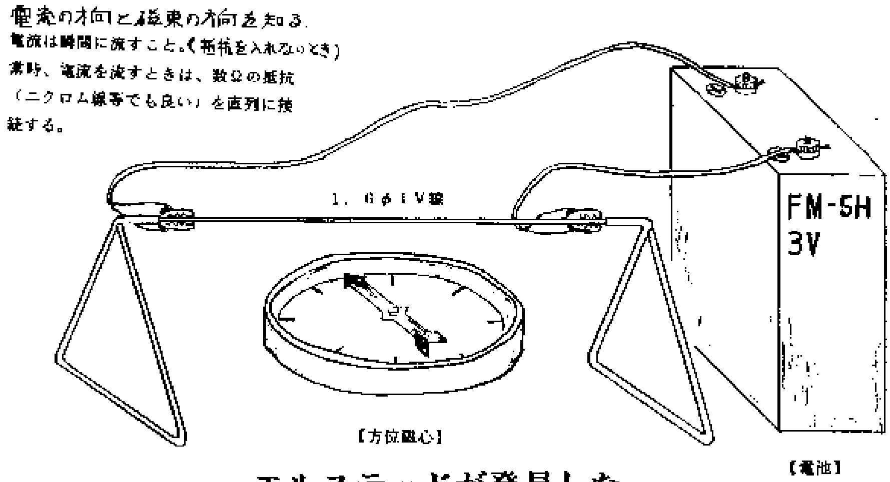
右ねじの進行方向に電流が流れると、その周りにねじの回転方向に磁界が生じる。





電流の周りの磁界

1820.7.21
エルステッド (Hans Christian Oerested)

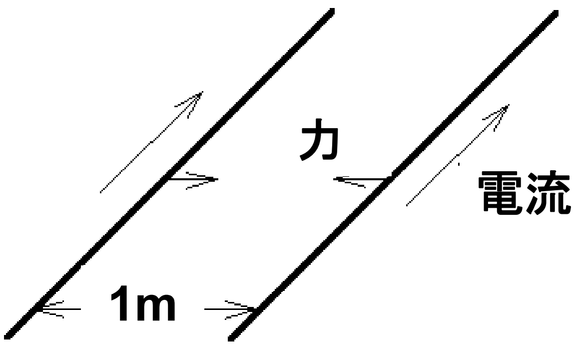


エルステッドが発見した
電流の磁気作用の実験

http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%BB%E5%83%8F:%C3%98rsted.jpg
http://www.gijyutu.com/kyouzai/denki/eru.html

電流の周りの磁界

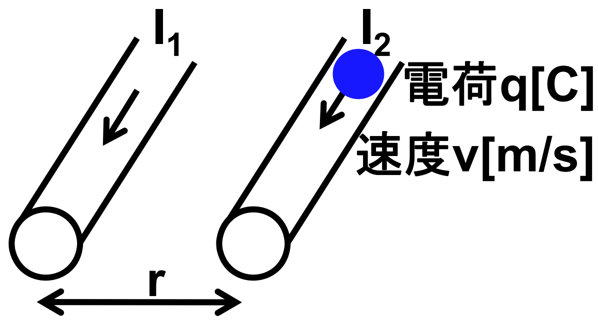
1820.9.18　アンペア (Andre Marie Ampere)
アンペアの法則



1[m：メートル]間隔の平行な2本の電線に、どちらにも同じ大きさの電流が同じ方向に流れているとき、引き付け合う力が電線1[m]あたり、2×10^{-7}[N：ニュートン]のときの電流が1[A：アンペア]
⇒1[A]の電流が1[s：秒]に運ぶ電気量を1[C：クーロン]と呼ぶ。

SI単位系での[A]の定義

ローレンツ力でアンペアの実験を考える。



アンペアの法則より、電流I_1によって、r[m]離れた点に作る磁界は

$$H = \frac{I_1}{2\pi r}[A/m]$$

空気中ならば透磁率はほぼμ_0

1[C]の電荷が速度1[m/s]で運動している時の電流が1[A]

電荷q[C]、速度v[m/s]ならば

$I_2 = q \times v$

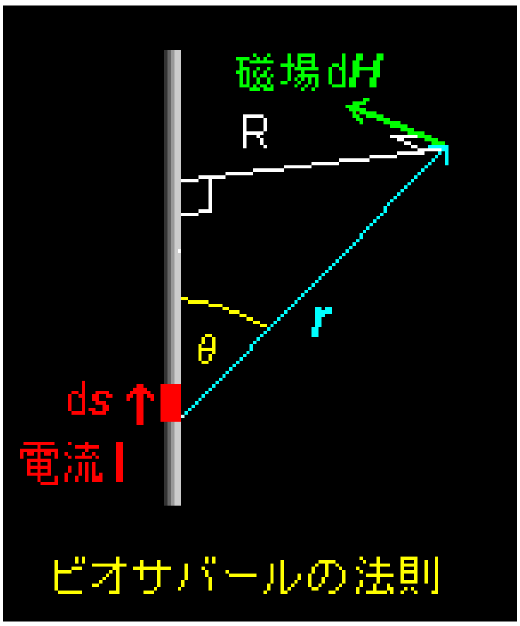
加わる力は

$$f = q\vec{v} \times \vec{B} = I_2 \times \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1 [N]$$

電流の周りの磁界

<u>1820.10.30</u>　ビオとサバール　(Biot, Jean Baptiste+F. Savart)

ビオ・サバールの法則



Biot,
Jean-Baptiste
1774-1862

Félix Savart
1791-1841

$$d\vec{H} = \frac{I d\vec{s} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

http://www.f-denshi.com/000sokJwaJo//32denjk/090elc.html

http://aprender-mat.info/history/photos/Biot.jpeg

http://www.ulike.net/Felix_SavartBart

磁束密度Bの定義

速度vで運動する電荷qに対して、F=qv×Bの力(ローレンツ力)を与える磁気的な場を表す。

単位＝[T](テスラ)＝[Wb/m^2]
[Wb]ウェーバー：磁束の単位

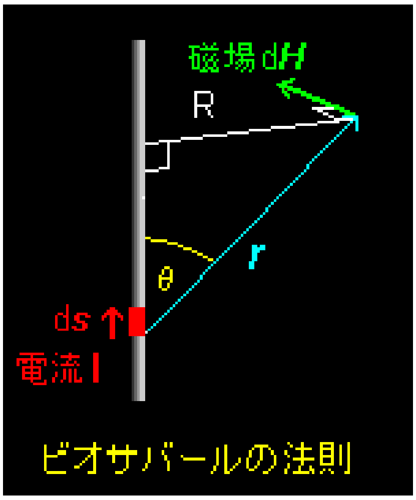
単磁荷は存在しない → $\nabla \cdot \vec{B} = 0$

ガウスの定理

$$\iiint_V (\nabla \cdot \vec{B})\, dV = \oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Q13-1 Wb T A H(ヘンリー)それぞれの関係を求めなさい。

電流が作る磁界の正確な公式化・・・ビオ・サバールの法則



$$d\vec{H} = \frac{Id\vec{s} \times \vec{r}}{4\pi r^3}[A/m]$$

$$d\vec{B} = \mu_0 \frac{Id\vec{s} \times \vec{r}}{4\pi r^3}[T]$$

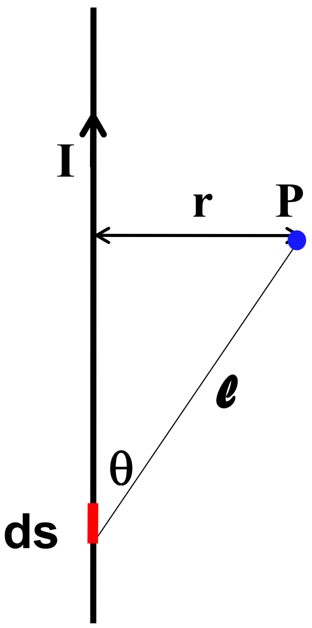
$$dB = \mu_0 \frac{I \sin\theta}{4\pi r^2} ds[T]$$

Bの向きは、dsおよびrに垂直方向

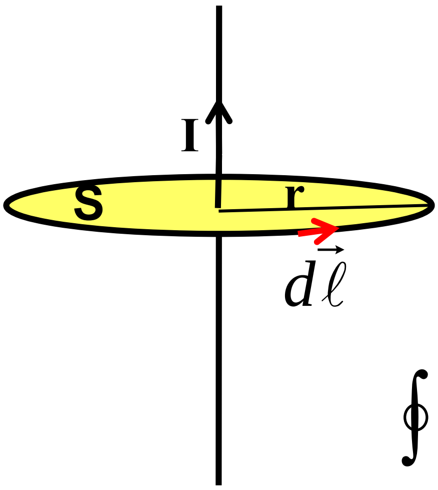
Q13－2　無限の直線状導体を流れる電流I[A]が、導体からr[m]だけ離れた点Pに作る磁界Hを求めなさい。

注意！

ビオサバールの法則 $d\vec{H} = \dfrac{Id\vec{s} \times \vec{\ell}}{4\pi \ell^3}[A/m]$



アンペアの周回積分の法則



電流Iが流れている無限の直線状導体が、距離r[m]の点に作る磁界H[A/m]は、

$$H = \frac{I}{2\pi r}[A/m]$$

逆に考えると、半径r上の磁界の強さはすべて同じなので、

$$\oint \vec{H}\cdot d\vec{\ell} = I$$

⇨ 磁界を周回積分すると、その中を流れる電流に等しい。

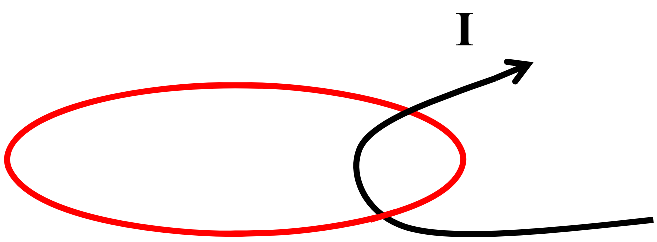
電流密度jとの関係

$$\oint \vec{H}\cdot d\vec{\ell} = \int \vec{j}\cdot d\vec{S} = I$$

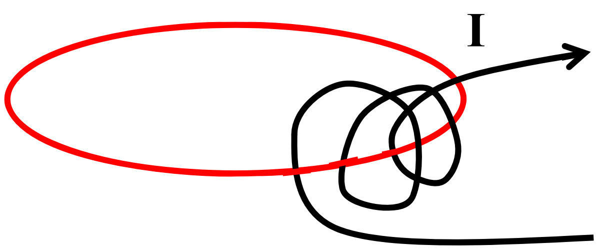
電流が複数の場合 $\oint \vec{H}\cdot d\vec{\ell} = \Sigma I[A]$

鎖交

電流が積分路を何回通過するか→何回**鎖交**するか?

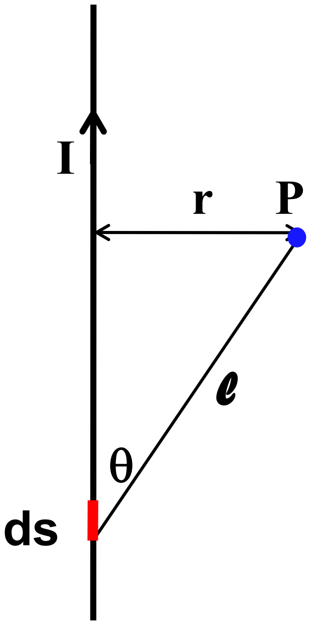


$$\oint H\cdot d\ell = I$$

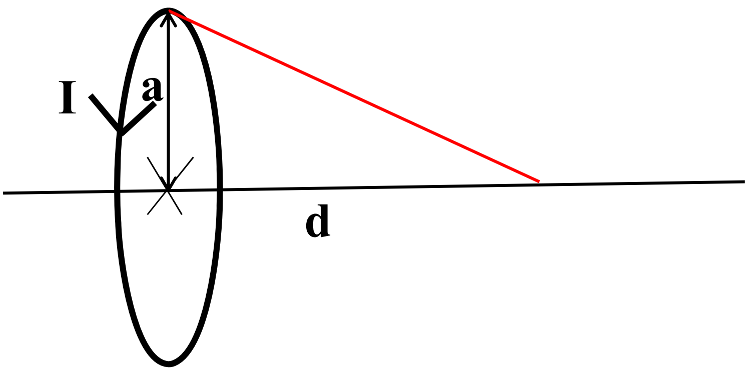


Q13－3　無限の直線状導体を流れる電流I[A]が、導体からr[m]だけ離れた点Pに作る磁界Hを求めなさい。

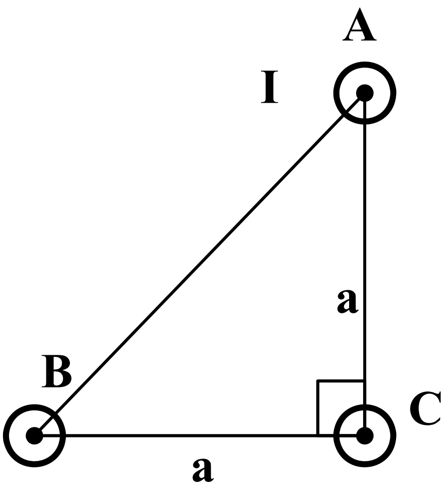
$$\oint H \cdot d\ell = I$$



Q13－4　下の図のように半径a[m]の円電流Iが、距離d[m]離れた中心軸上に作る磁界Hを求めなさい。



$$d\vec{H} = \frac{I d\vec{s} \times \vec{r}}{4\pi r^3} [A/m]$$

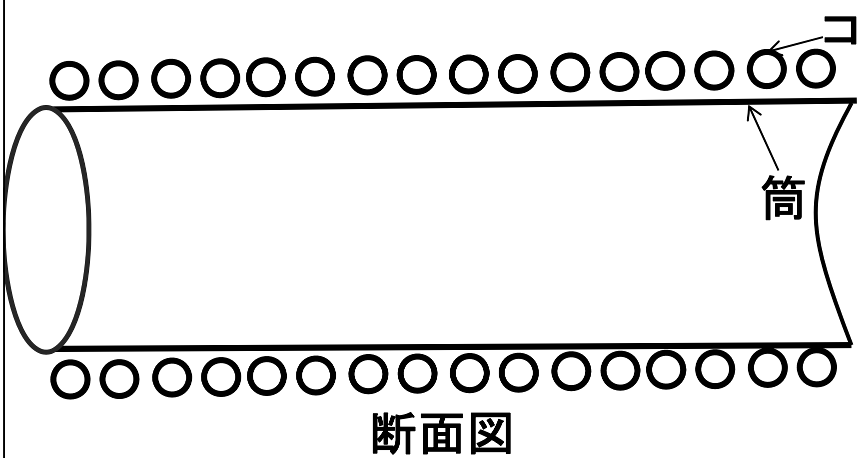


三つの導線の断面図

Q13-5　左図のように3本の無限平行導線A,B,CがAC=BC=a[m]、∠C=90°となるように配置されている。電流I[A]が、図のように同方向に流れるとすると、各導線に単位長さ当たりに働く力を求めなさい。

$$f = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 \cdot I_2}{r}[N]$$

Q13-6　巻き数が単位長さ当たりn回のコイルに、電流I[A]が流れている時の磁界Hを求めなさい。

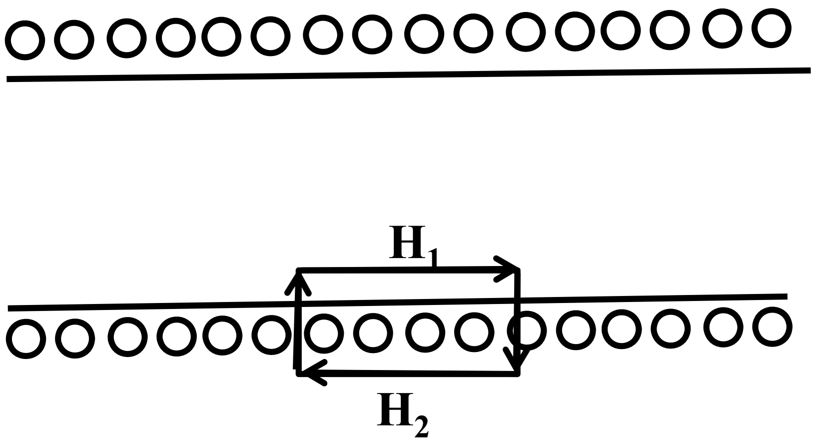


アンペールの法則

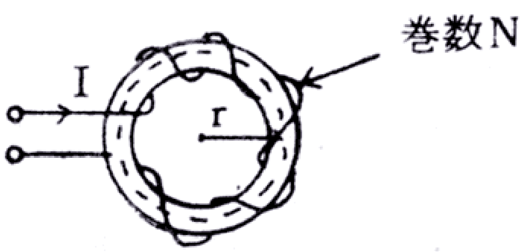
$$\oint H \cdot d\ell = \Sigma I$$

Q13-6　巻き数が単位長さ当たりn回の無限コイルに、電流I[A]が流れている時の磁界Hを求めなさい。

Q13-6　巻き数が単位長さ当たりn回の無限コイルに、電流I[A]が流れている時の磁界Hを求めなさい。

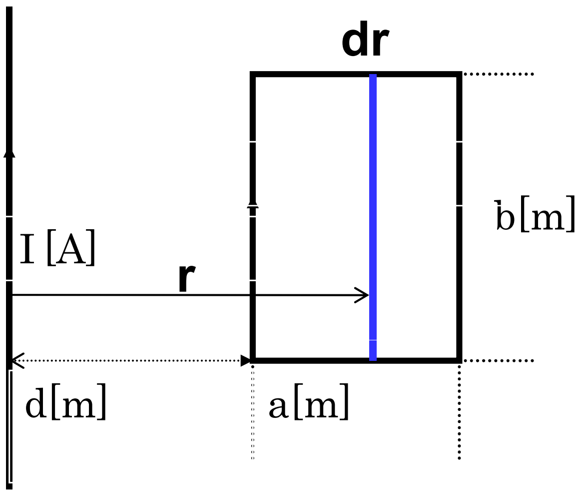


Q13-7　図のような合計巻数がNの環状ソレノイドのソレノイド内部の磁界を求めなさい。



磁束はΦ[Wb]　磁束密度はB[T=Wb/m^2]　磁界はH=B/μ[A/m]

Q13-8　図のように同一平面上に無限直線導線と長方形のコイルがある。長方形のコイルに鎖交する全磁束Φ[Wb]を求めなさい。



本日のまとめ

- 8問中何問正解したか？
- アンペアの周回積分の法則をまとめなさい。
- ビオ･サバールの法則とアンペアの周回積分の法則の関係をまとめなさい。