

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第4回 電磁気学

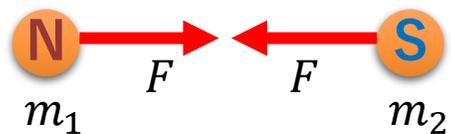
～電磁力、磁界と磁束～

2021.07.10 Sat

磁気力とクーロン力

磁荷間で働く力 $F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$

引力



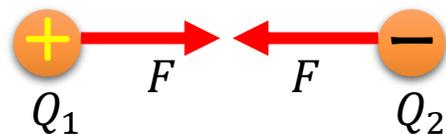
斥力



磁荷 m_1, m_2 [Wb] (ウェーバー)

電荷間で働く力 $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$

引力

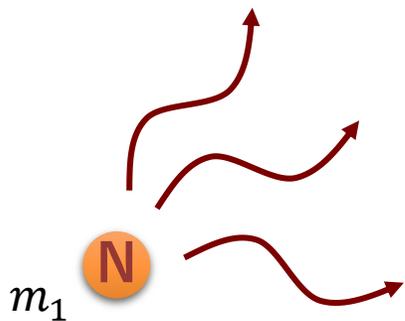


斥力



電荷 Q_1, Q_2 [C] (クーロン)

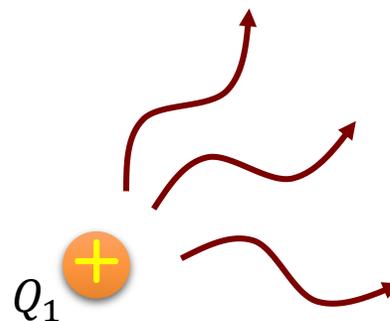
相互作用：磁気力
雰囲気：磁界、磁束



磁界 $H = \frac{m_1}{4\pi\mu r^2}$ [A/m]

磁束密度 $B = \mu H$ [Wb/m²]

相互作用：クーロン力
雰囲気：電界、電束

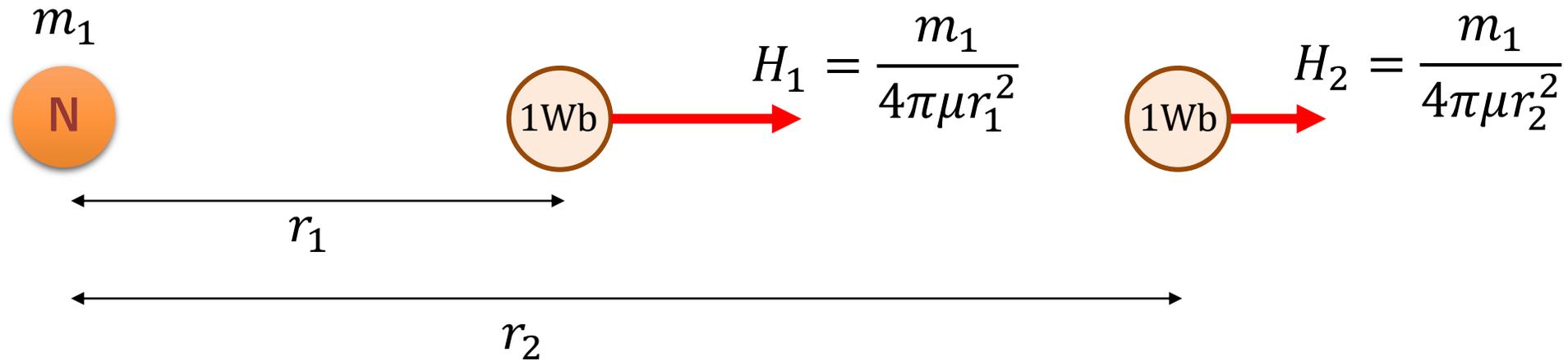


電界 $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$ [V/m]

電束密度 $D = \epsilon E$ [C/m²]

磁荷と磁界

磁界とは磁荷 m_1 が1Wbの磁荷に与える力 $F = \frac{m_1 \times 1}{4\pi\mu r^2} \rightarrow H = \frac{m_1}{4\pi\mu r^2}$

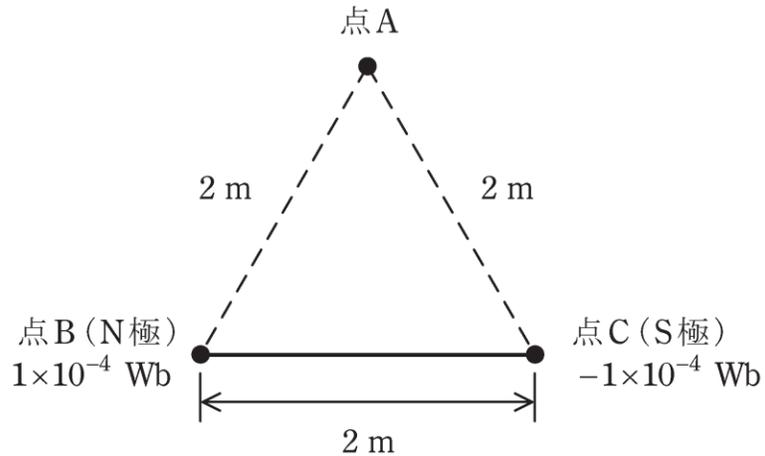


磁荷によって生じる磁界は、
電荷によって生じる電界と同じように考えてよい。

H30 問3

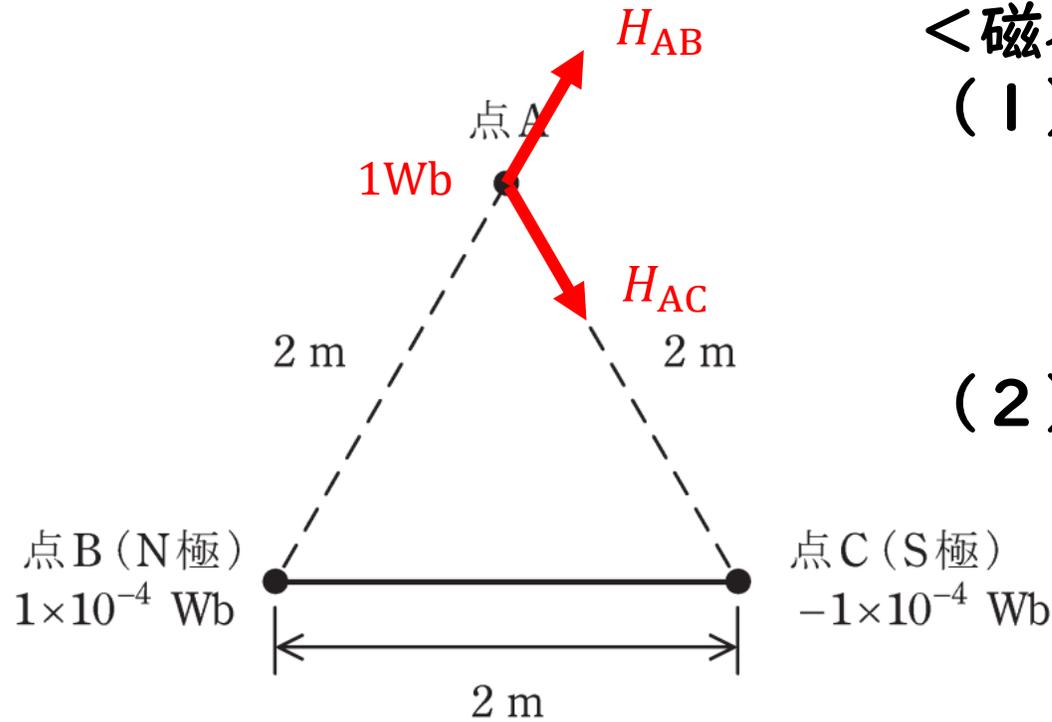
問3 長さ2 mの直線状の棒磁石があり、その両端の磁極は点磁荷とみなすことができ、その強さは、N極が 1×10^{-4} Wb、S極が -1×10^{-4} Wbである。図のように、この棒磁石を点BC間に置いた。このとき、点Aの磁界の大きさの値[A/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点A、B、Cは、一辺を2 mとする正三角形の各頂点に位置し、真空中にあるものとする。真空の透磁率は $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/mとする。また、N極、S極の各点磁荷以外の部分から点Aへの影響はないものとする。



- (1) 0 (2) 0.79 (3) 1.05 (4) 1.58 (5) 3.16

導出のポイント



＜磁界を図と数式で表すために＞

(1) 点Aに1Wbを置いたと仮定して、磁気力を考える

$$H_{AB} = \frac{m_B}{4\pi\mu_0 r^2}, \quad H_{AC} = \frac{m_C}{4\pi\mu_0 r^2}$$

(2) H_{AB} と H_{BC} のベクトルの合成を考える

(1) 0

(2) 0.79

(3) 1.05

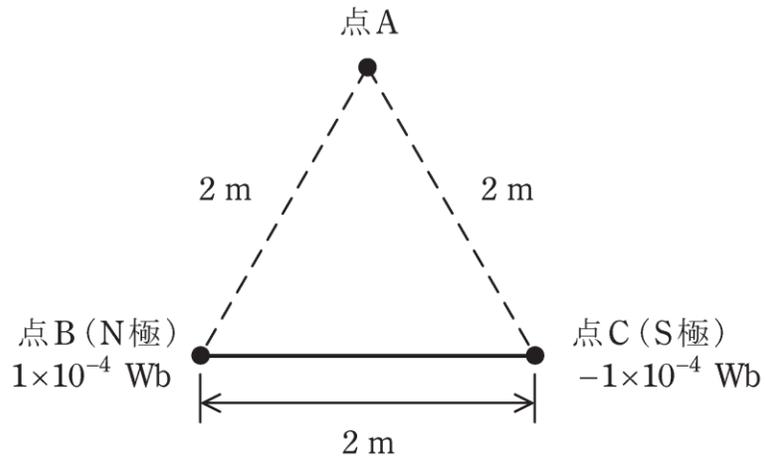
(4) 1.58

(5) 3.16

H30 問3

問3 長さ2mの直線状の棒磁石があり、その両端の磁極は点磁荷とみなすことができ、その強さは、N極が 1×10^{-4} Wb、S極が -1×10^{-4} Wbである。図のように、この棒磁石を点BC間に置いた。このとき、点Aの磁界の大きさの値[A/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点A、B、Cは、一辺を2mとする正三角形の各頂点に位置し、真空中にあるものとする。真空の透磁率は $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/mとする。また、N極、S極の各点磁荷以外の部分から点Aへの影響はないものとする。



(1) 0

(2) 0.79

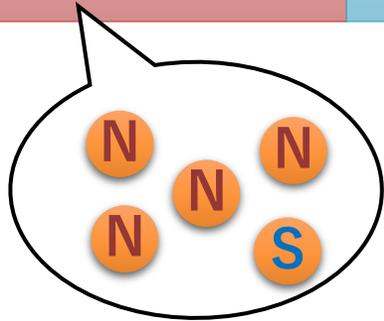
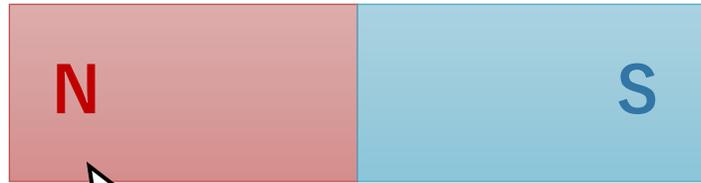
(3) 1.05

(4) 1.58

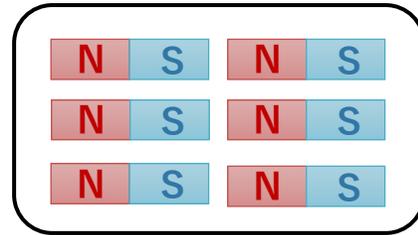
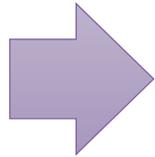
(5) 3.16

磁荷って何？

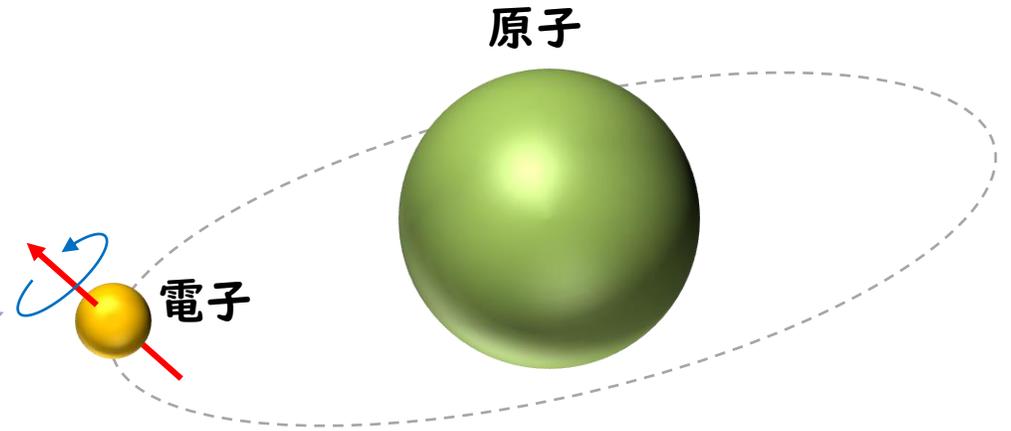
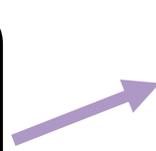
磁石を分解すると、



磁荷という粒が存在するのではなく、...



小さな磁石が並んでいる



原子の周りの電子が自転（スピン）している

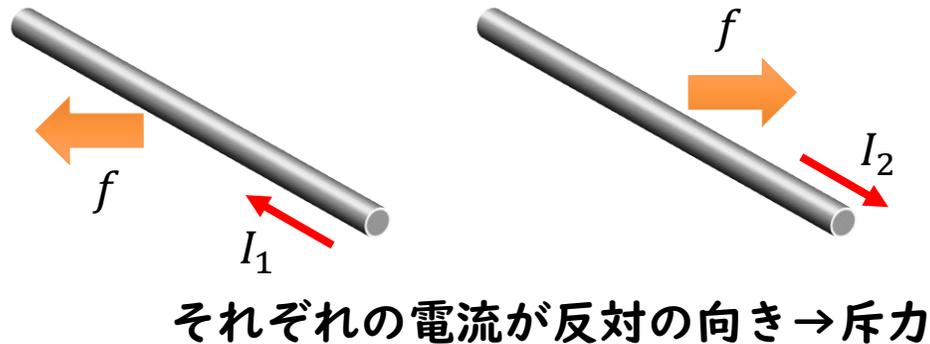
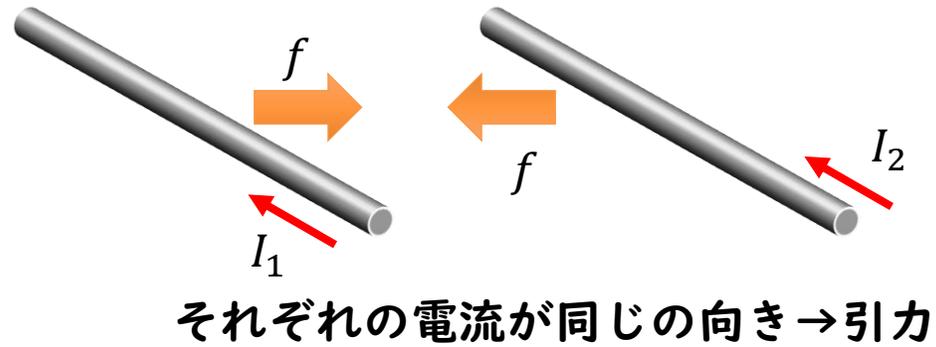
→スピンの作る小さな電流ループが“磁荷の正体”

電流と磁気は密接に関係している

電流と磁界

磁気力：磁荷間で働く力 $F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$ 磁界 $H = \frac{m_1}{4\pi\mu r^2}$ [A/m]

→ 磁気力と磁界を電流をもとに再構築する



電流間に働く力（アンペール力）
2つの導線を平行に並べたとき、
1メートルあたりに発生する力 f は

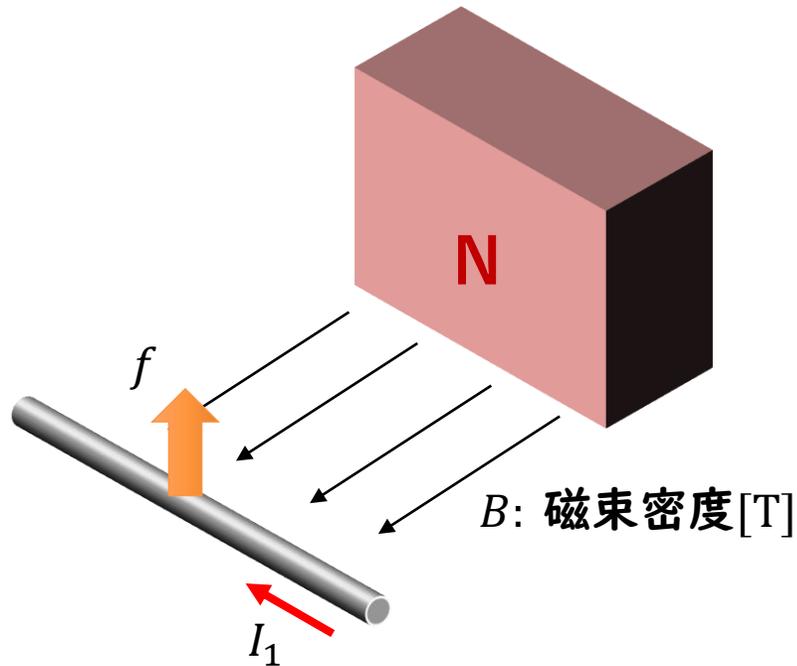
$$f = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1 I_2 \text{ [N/m]}$$

と表せる。

電流と磁界

磁気力：磁荷間で働く力 $F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$ 磁界 $H = \frac{m_1}{4\pi\mu r^2}$ [A/m]

→ 磁気力と磁界を電流をもとに再構築する



磁石と電流の間で働く力（電磁力/ローレンツ力）
導線1メートルあたりに発生する力 f は

$$f = I_1 \times B \text{ [N/m]}$$

と表せる。

cf. $F = I \times Bl$ [N]

アンペール力と関連づけると、

$$f = I_1 \cdot \mu_0 \left(\frac{I_2}{2\pi r} \right) \text{ [N/m]}$$

$$B = \mu_0 H$$

$$H = \frac{I_2}{2\pi r}$$

電流と磁界

磁気力：磁荷間で働く力 $F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$

磁界 $H = \frac{m_1}{4\pi\mu r^2}$ [A/m]

→ 磁気力と磁界を電流をもとに再構築する

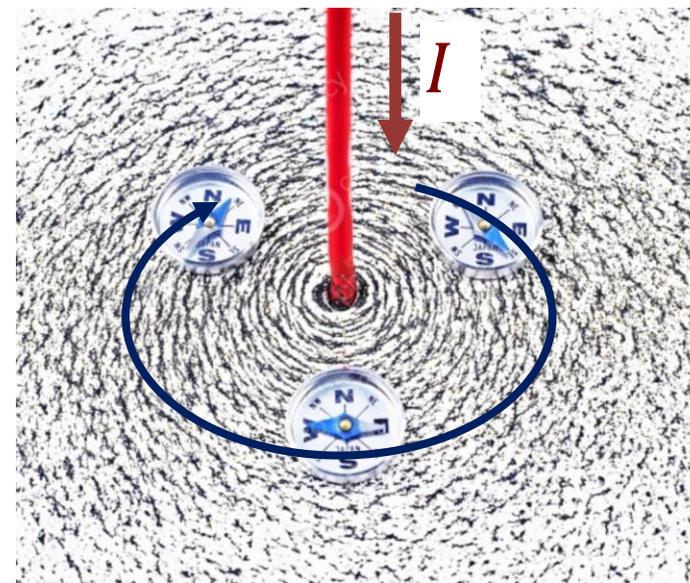
電磁力：電流と磁束による力 $F = I \times Bl$ 磁界 $H = \frac{I}{2\pi r}$ [A/m]

磁界ってなんだろう？

$$F \propto B \xrightarrow{B = \mu H} F \propto H \rightarrow F \propto \frac{I}{2\pi r}$$

砂鉄の量 $\propto F \cdot 2\pi r \rightarrow$ 砂鉄の量 $\propto I$

砂鉄は透磁率 μ を有する磁性体
→ 電流(磁界)が磁性体に作用する

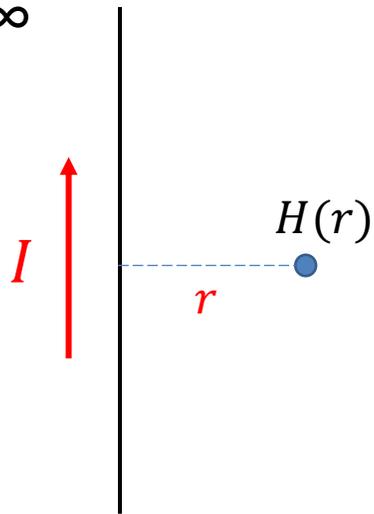


電流と磁界

磁界 $H = \frac{I}{2\pi r}$ [A/m] $\rightarrow I = H(r) \times$ 位置 r から見える電流の経路
アンペールの法則/ビオサバールの法則

電流の経路と磁界の関係 (計算による導出は不要。暗記するべし)

導体長さ ∞



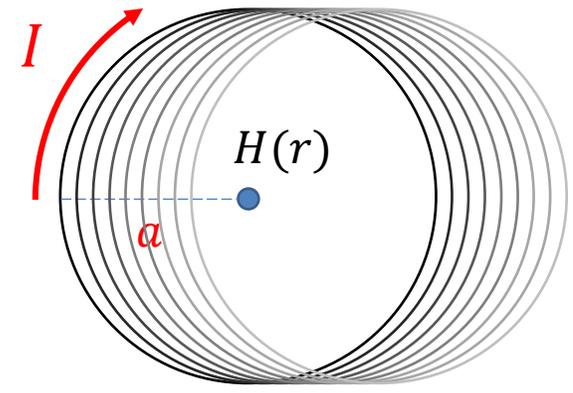
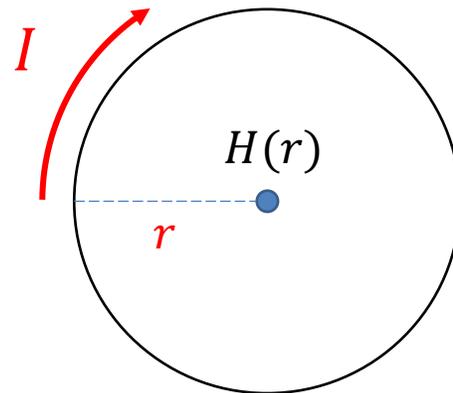
$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

$\times \pi$

$$H = \frac{I}{2r}$$

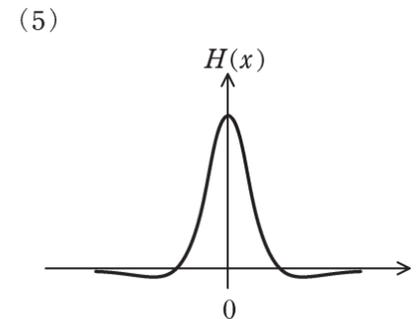
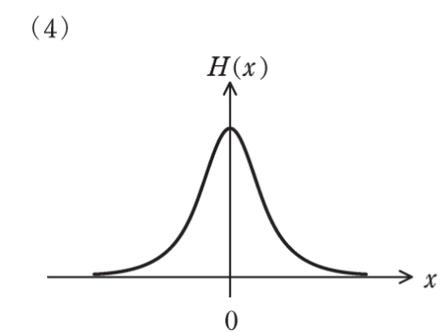
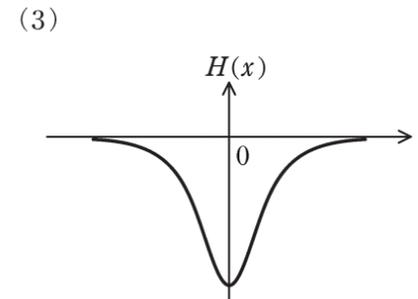
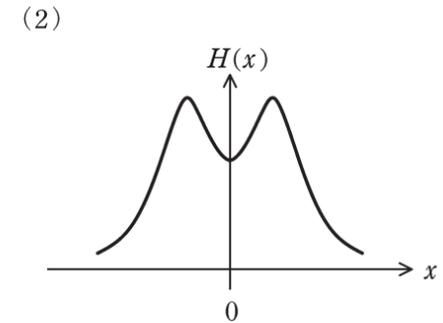
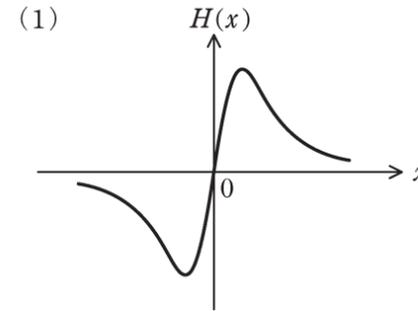
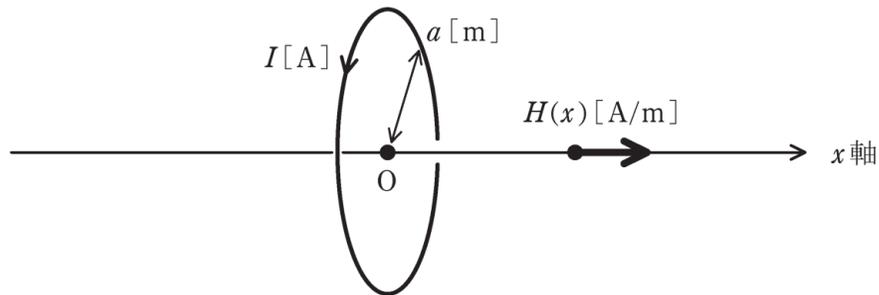
$\times N$

$$H = \frac{NI}{2r}$$

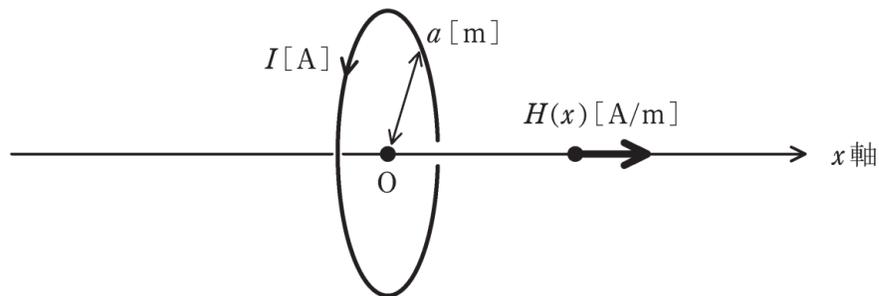


H30 問4

問4 図のように、原点 O を中心とし x 軸を中心軸とする半径 a [m]の円形導体ループに直流電流 I [A]を図の向きに流したとき、 x 軸上の点、つまり、 $(x, y, z) = (x, 0, 0)$ に生じる磁界の x 方向成分 $H(x)$ [A/m]を表すグラフとして、最も適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



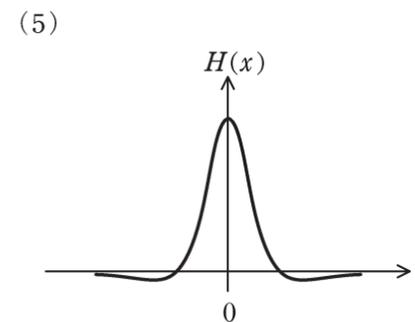
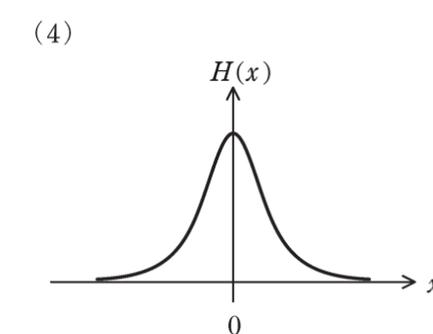
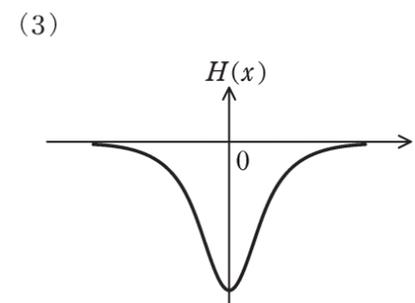
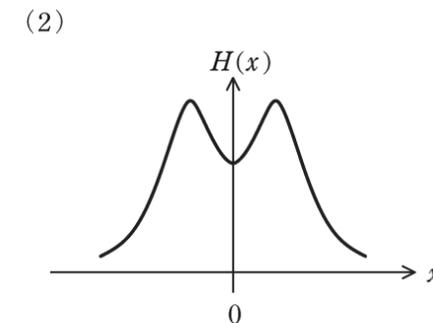
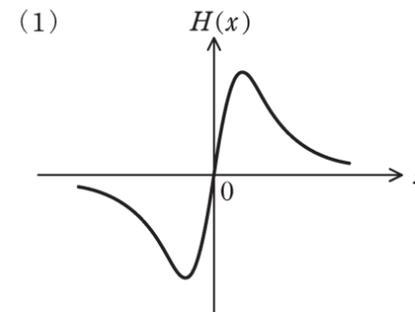
導出のポイント



(1) $H(x)$ は正か負か?
磁界の向き→右ねじの法則

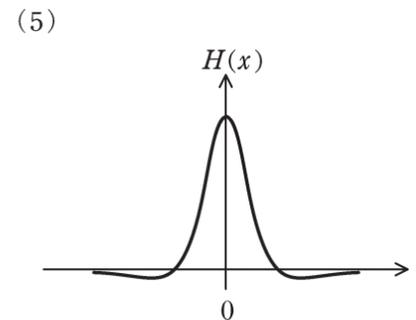
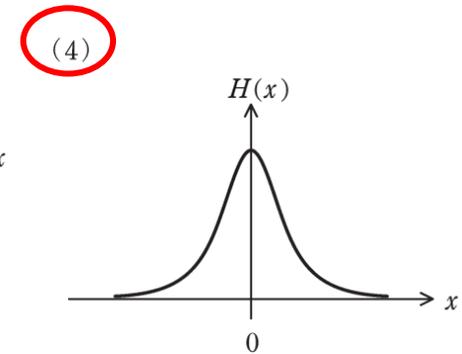
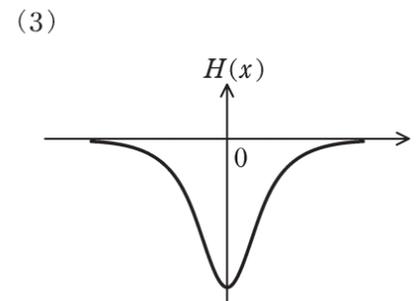
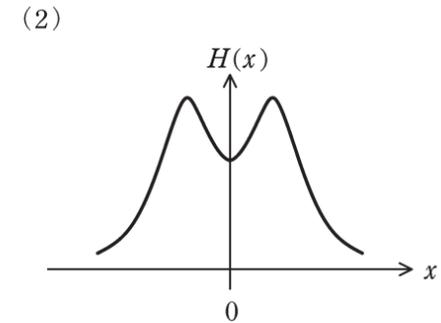
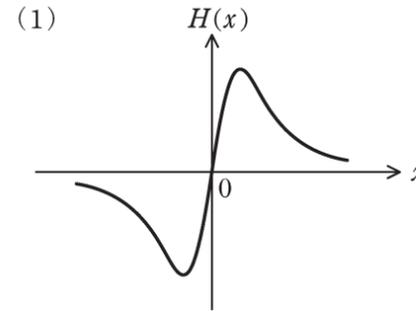
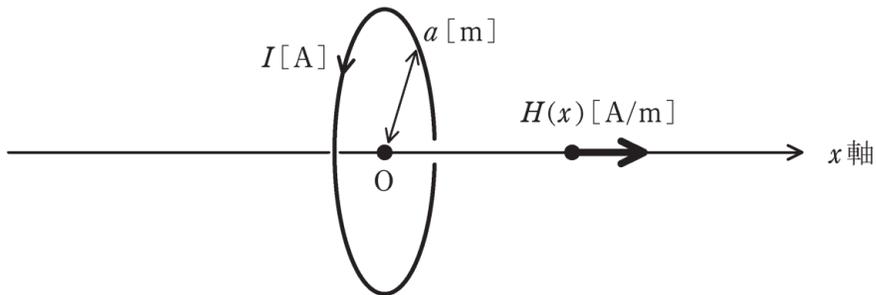
(2) 電流から離れると磁界は、
強くなる?弱くなる?

$I = H(r) \times$ 位置 r から見える電流の経路



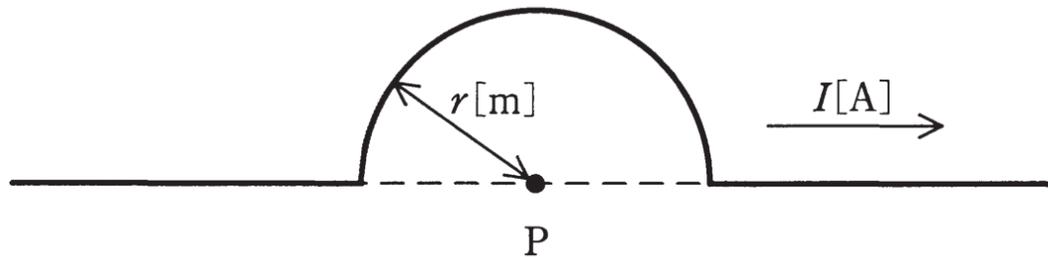
H30 問4

問4 図のように、原点 O を中心とし x 軸を中心軸とする半径 a [m]の円形導体ループに直流電流 I [A]を図の向きに流したとき、 x 軸上の点、つまり、 $(x, y, z)=(x, 0, 0)$ に生じる磁界の x 方向成分 $H(x)$ [A/m]を表すグラフとして、最も適切なものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



H28 問3

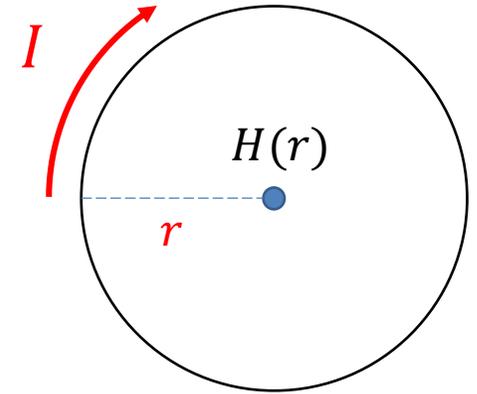
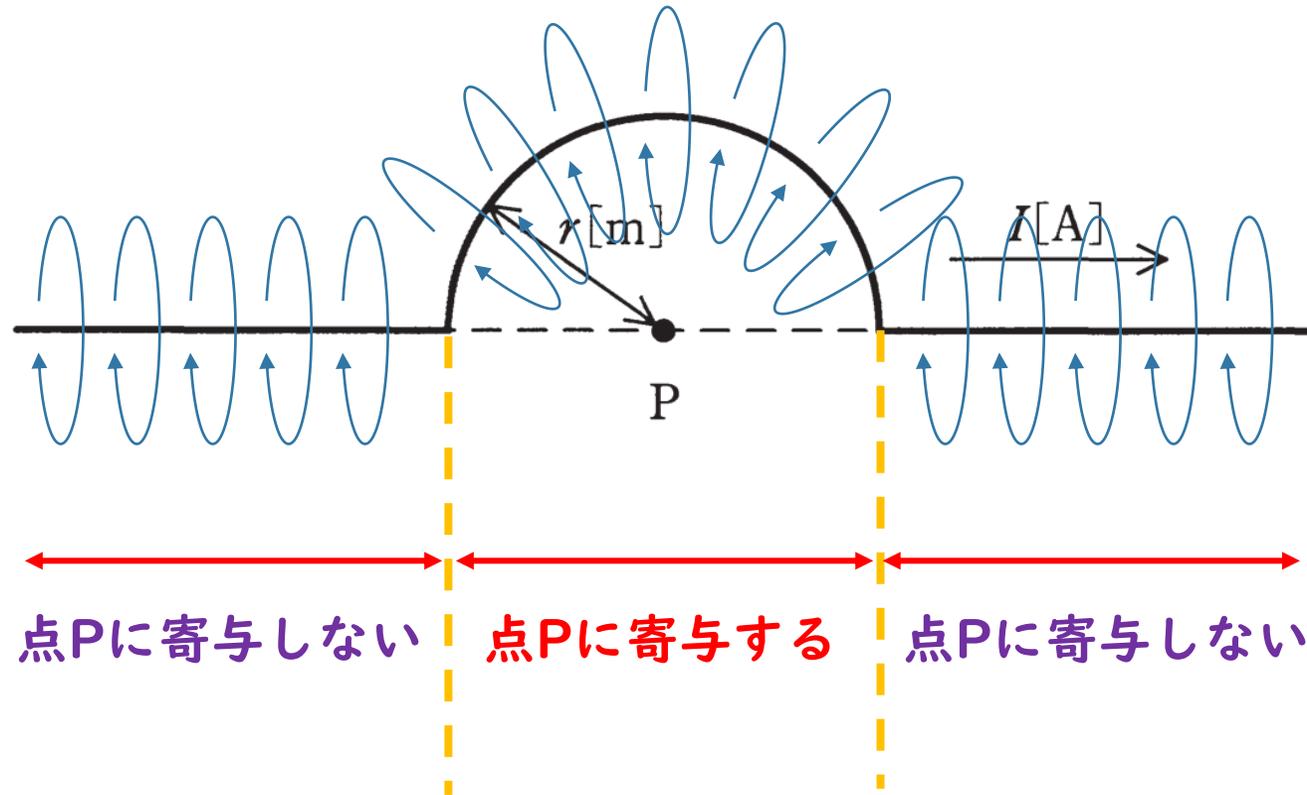
問3 図のように、長い線状導体の一部が点Pを中心とする半径 r [m]の半円形になっている。この導体に電流 I [A]を流すとき、点Pに生じる磁界の大きさ H [A/m]はビオ・サバールの法則より求めることができる。 H を表す式として正しいものを、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $\frac{I}{2\pi r}$ (2) $\frac{I}{4r}$ (3) $\frac{I}{\pi r}$ (4) $\frac{I}{2r}$ (5) $\frac{I}{r}$

導出のポイント

—————> 各点の電流が作る磁界



$$H = \frac{I}{2r}$$

(1) $\frac{I}{2\pi r}$

(2) $\frac{I}{4r}$

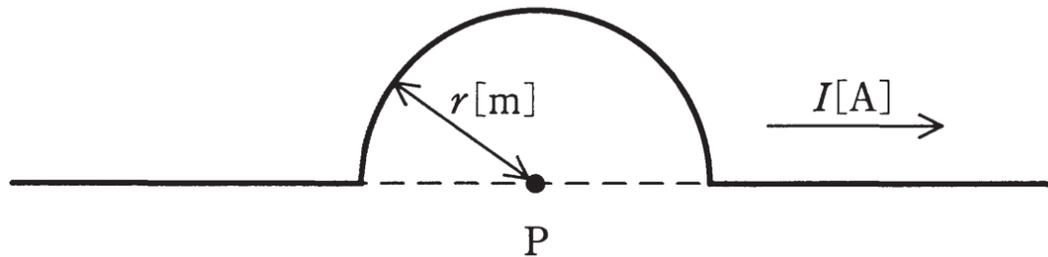
(3) $\frac{I}{\pi r}$

(4) $\frac{I}{2r}$

(5) $\frac{I}{r}$

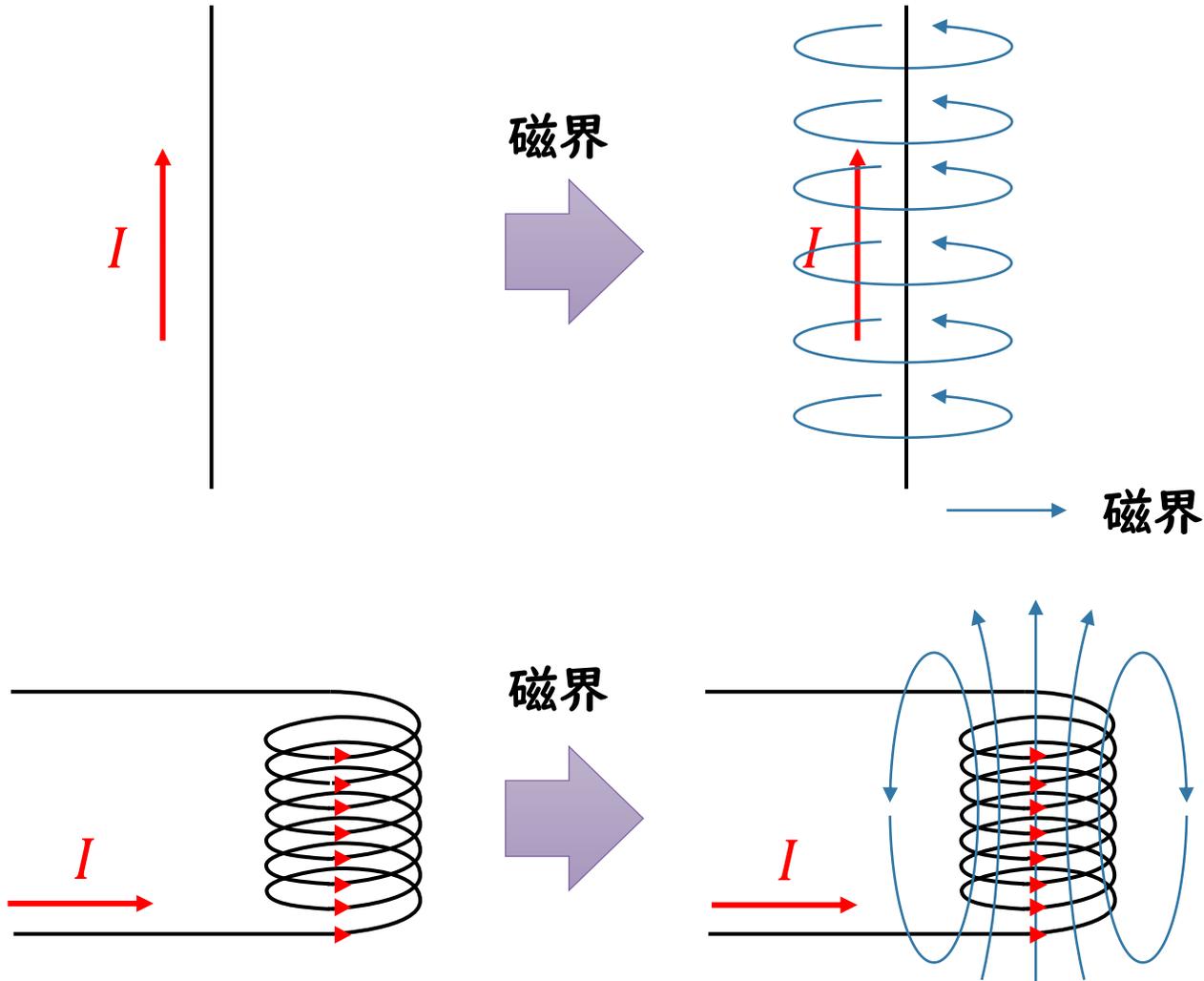
H28 問3

問3 図のように、長い線状導体の一部が点Pを中心とする半径 r [m]の半円形になっている。この導体に電流 I [A]を流すとき、点Pに生じる磁界の大きさ H [A/m]はビオ・サバールの法則より求めることができる。 H を表す式として正しいものを、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



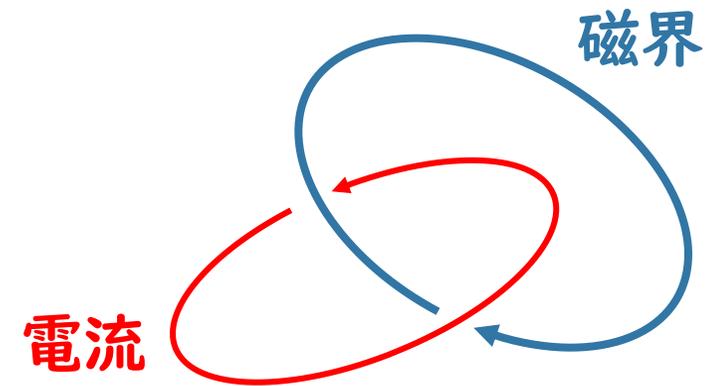
- (1) $\frac{I}{2\pi r}$ (2) $\frac{I}{4r}$ (3) $\frac{I}{\pi r}$ (4) $\frac{I}{2r}$ (5) $\frac{I}{r}$

磁界と磁束密度

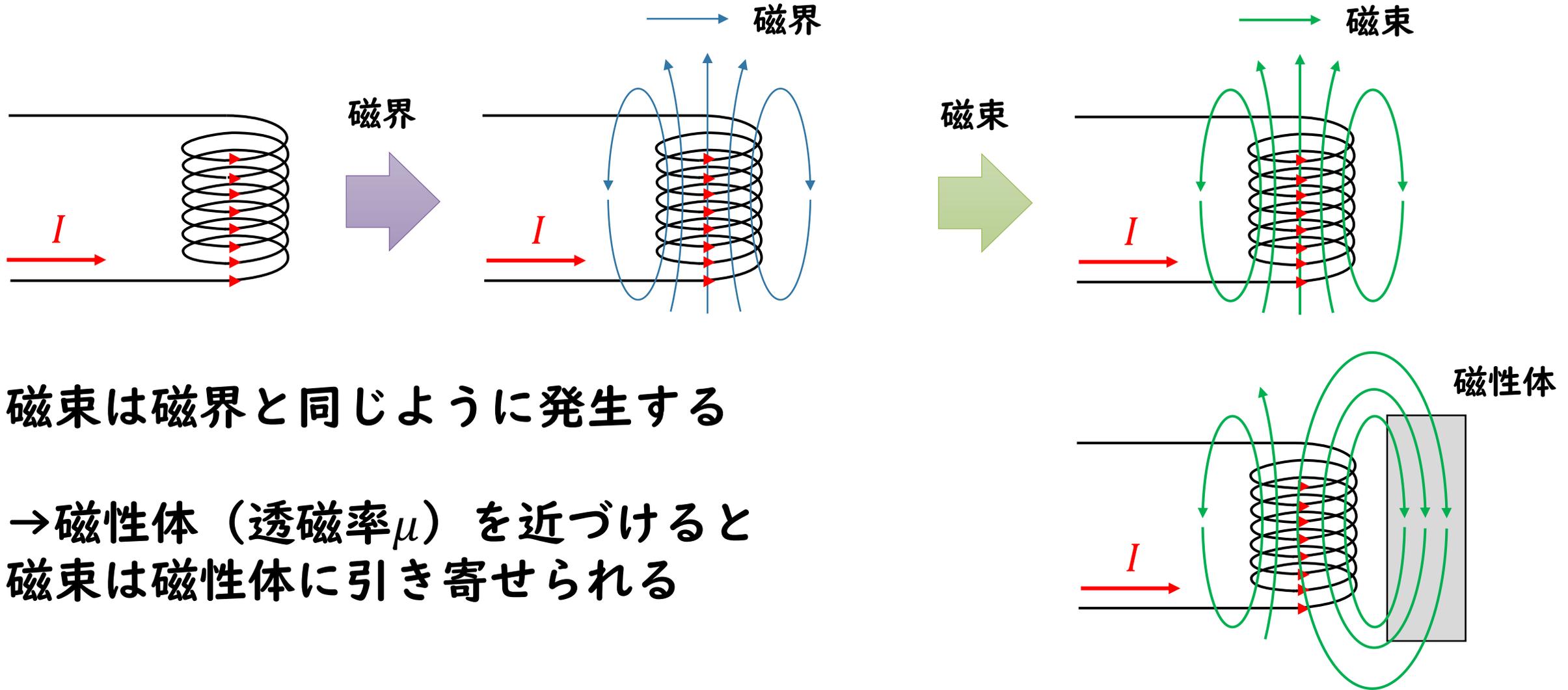


磁界は電流のまわりにループを作るように発生する

電流と磁界はお互いに“鎖交”し合う



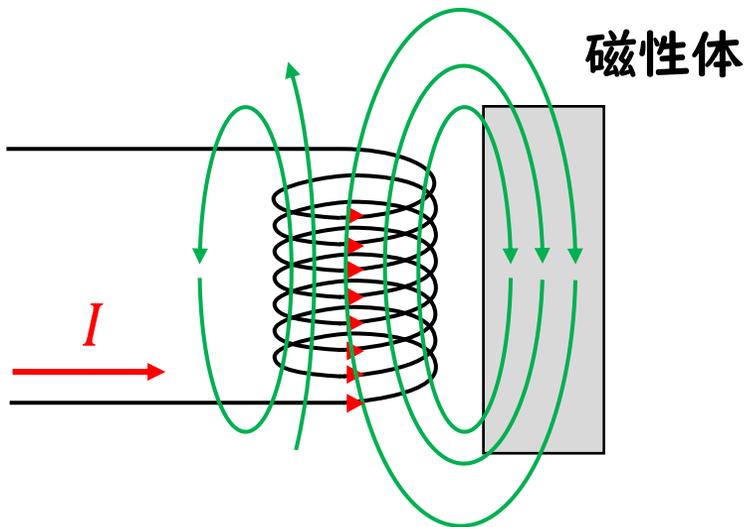
磁界と磁束密度



磁束は磁界と同じように発生する

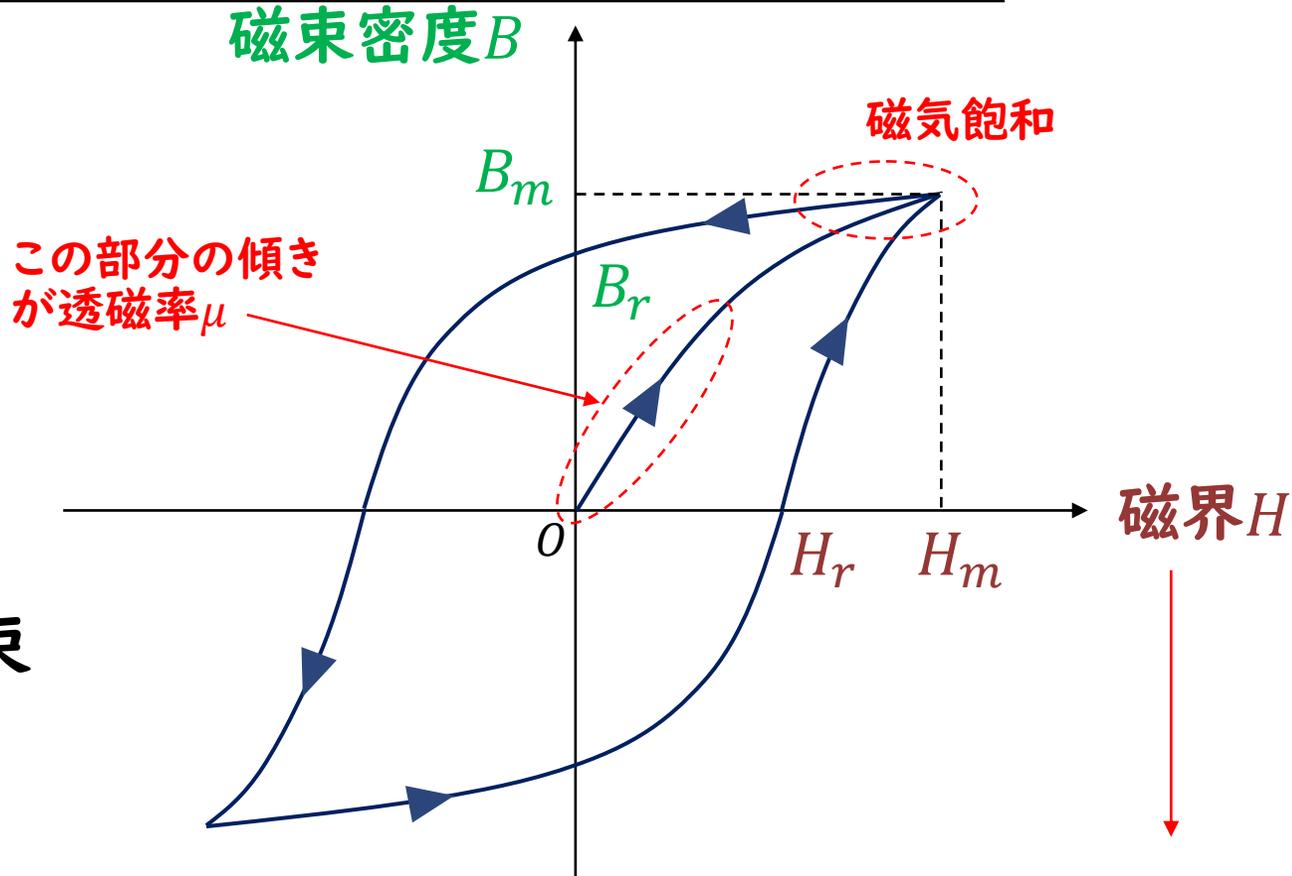
→磁性体（透磁率 μ ）を近づけると
磁束は磁性体に引き寄せられる

磁界と磁束密度



磁性体（透磁率 μ ）にどれだけ磁束が引き寄せられるかを表した指標

→ B-H曲線
(磁気ヒステリシス曲線)



B_m : 最大磁束密度 H_m : 最大磁化力
 B_r : 残留磁化 H_r : 保持力

電流と
読み替えてよい

ご聴講ありがとうございました
ございました!!