

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  $F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$

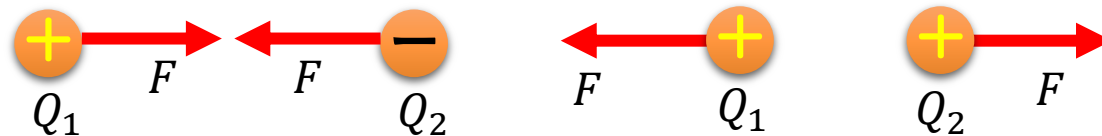
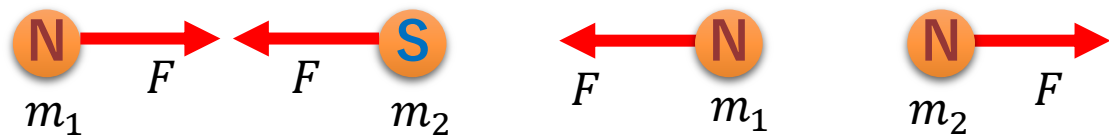
電荷間で働く力  $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$

引力

斥力

引力

斥力

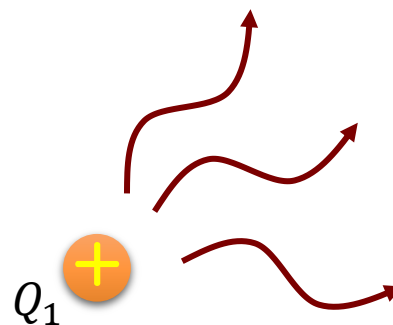
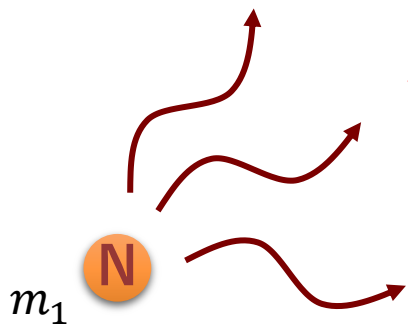


磁荷  $m_1, m_2$  [Wb] (ウェーバー)

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

相互作用：クーロン力  
雰囲気：電界、電束



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

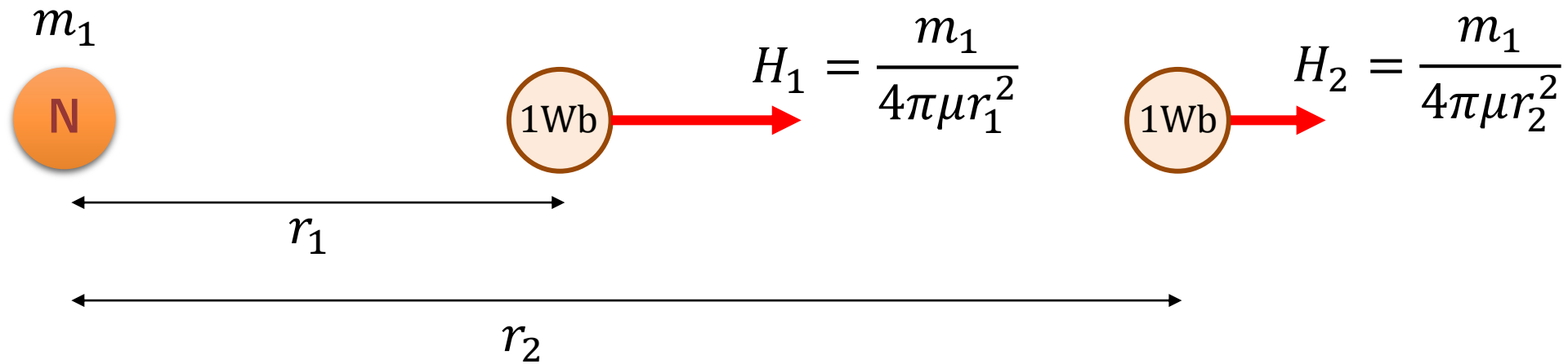
電界  $E = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2}$  [V/m]

磁束密度  $B = \mu H$  [Wb/m<sup>2</sup>]

電束密度  $D = \epsilon E$  [C/m<sup>2</sup>]

# 磁荷と磁界

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

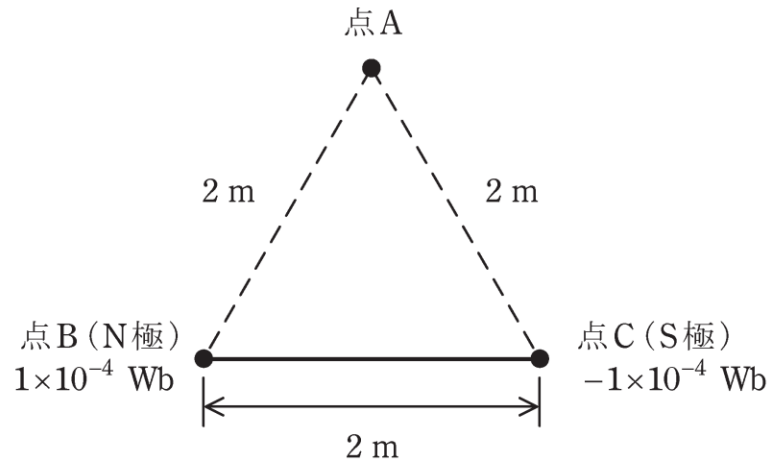


磁荷によって生じる磁界は、  
電荷によって生じる電界と同じように考えてよい。

# H30 問3

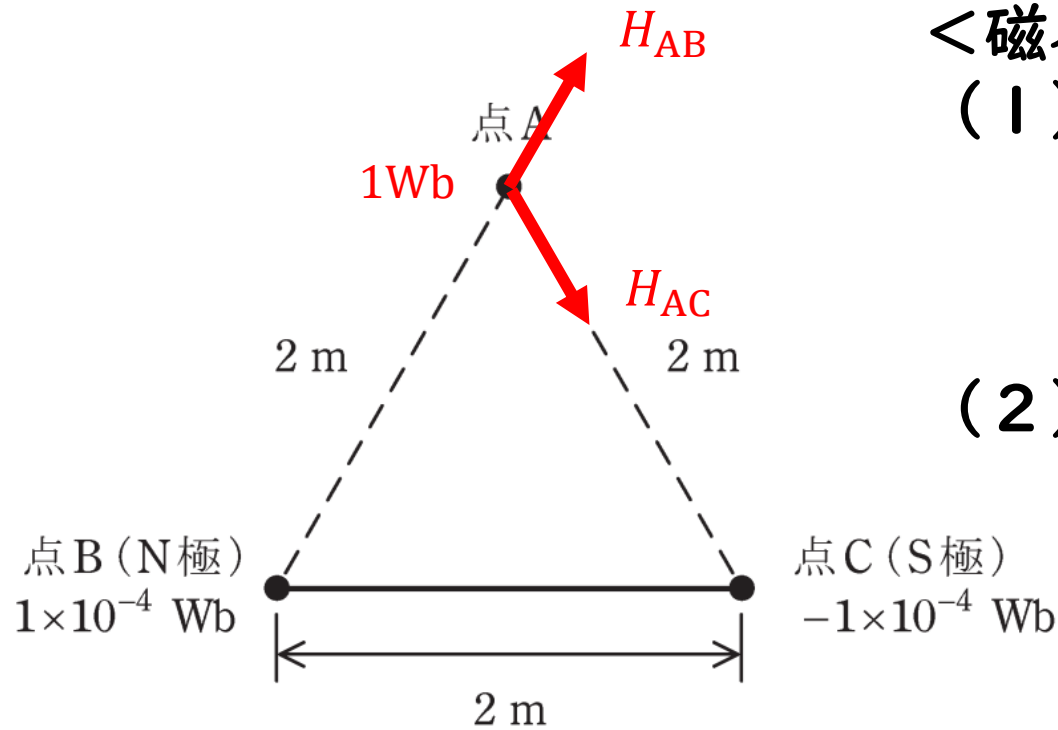
問3 長さ2mの直線状の棒磁石があり、その両端の磁極は点磁荷とみなすことができ、その強さは、N極が $1 \times 10^{-4}$  Wb、S極が $-1 \times 10^{-4}$  Wbである。図のように、この棒磁石を点BC間に置いた。このとき、点Aの磁界の大きさの値[A/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

# 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

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

(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

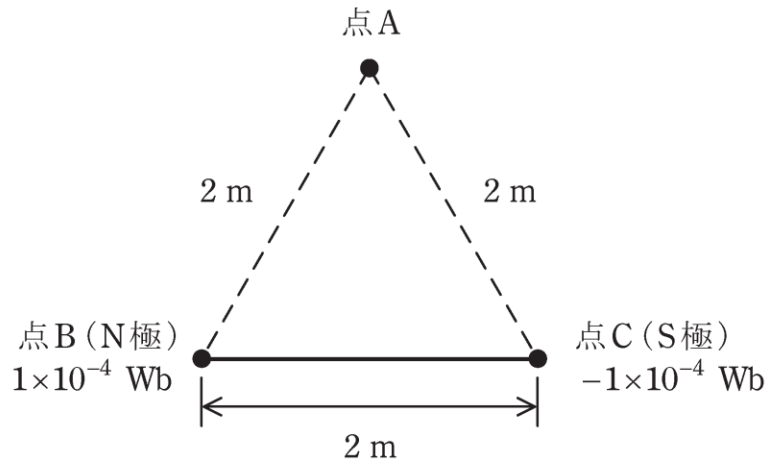
(4) 1.58

(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 $1 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ 、S極が $-1 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ 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 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 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

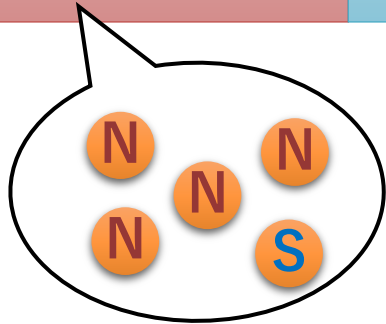
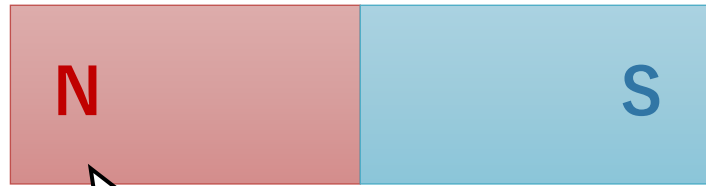
(3) 1.05

(4) 1.58

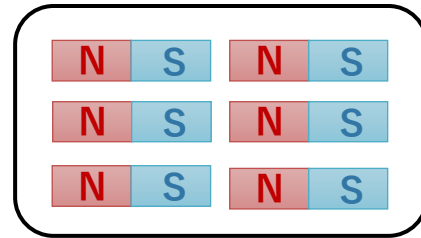
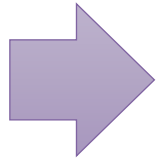
(5) 3.16

# 磁荷って何？

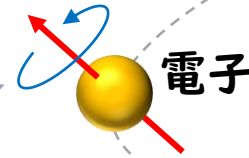
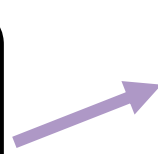
磁石を分解すると、



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

電子

原子の周りの電子が自転（スピン）している

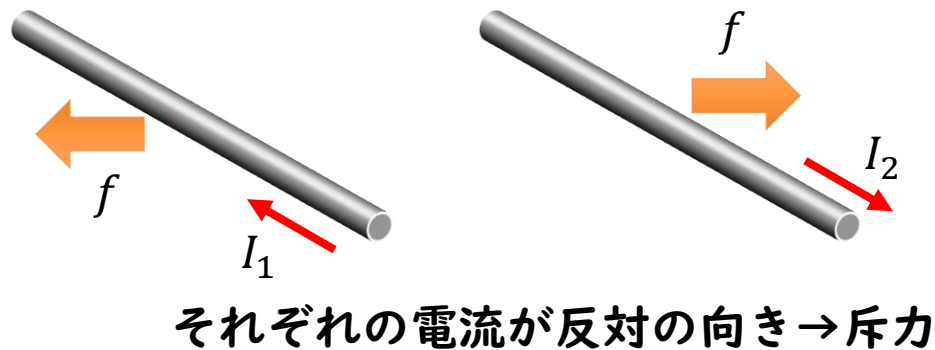
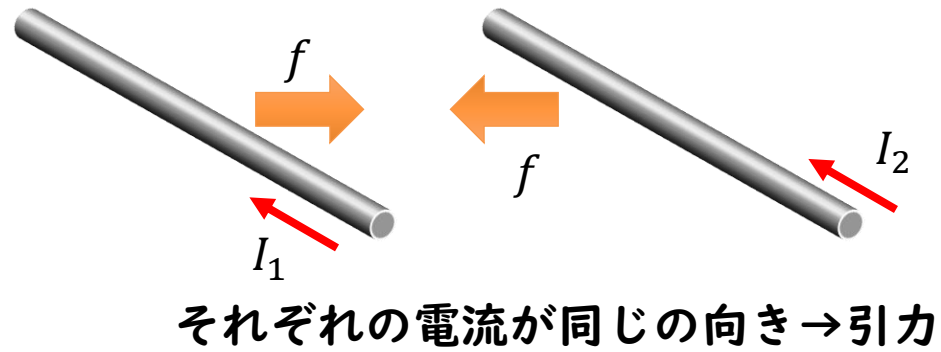
→スピンの作る小さな電流ループが“磁荷の正体”

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

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

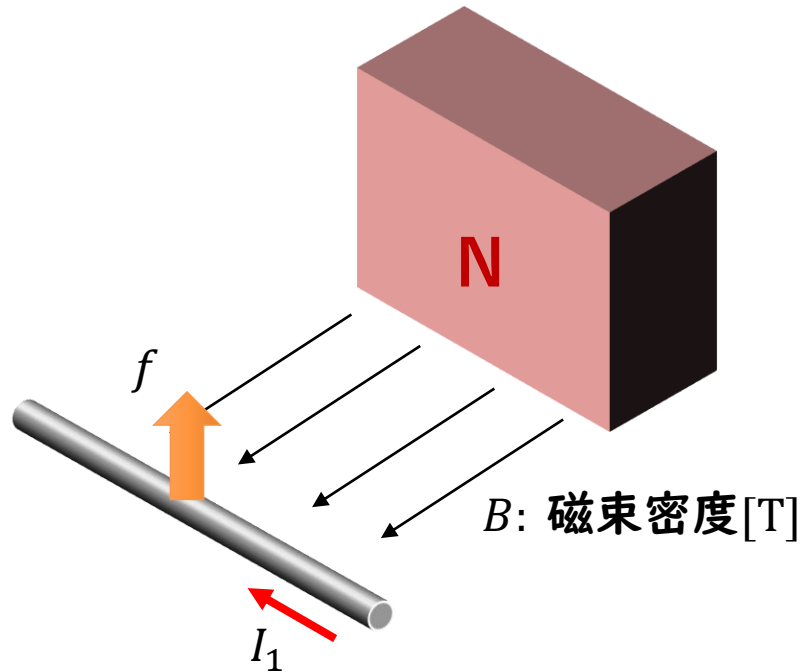
と表せる。



# 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

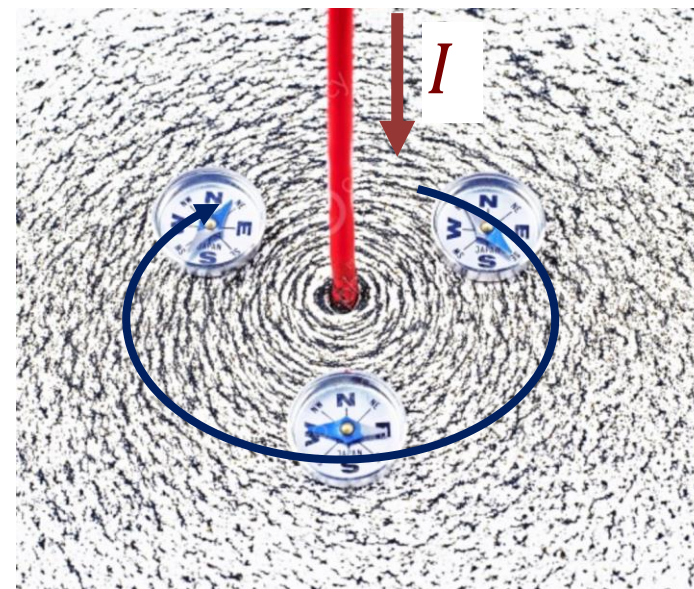
電磁力：電流と磁束による力  $F = I \times Bl$  磁界  $H = \frac{I}{2\pi r}$  [A/m]

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 $\mu$ を有する磁性体  
→ 電流(磁界)が磁性体に作用する

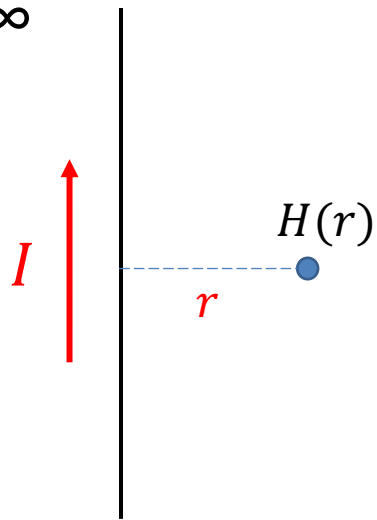


# 電流と磁界

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  $\infty$



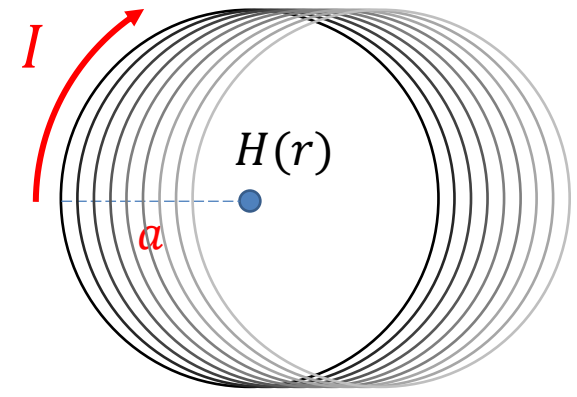
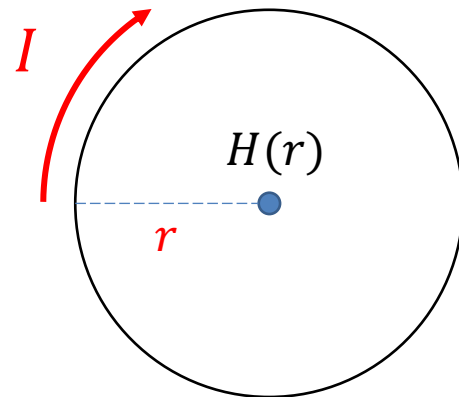
$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

$\times \pi$

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

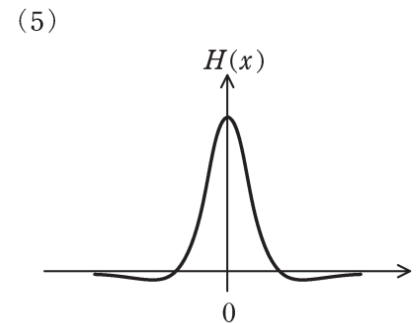
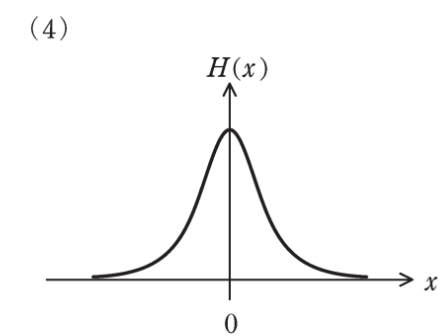
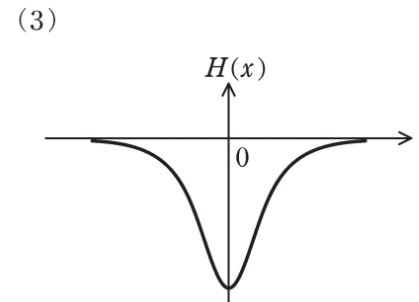
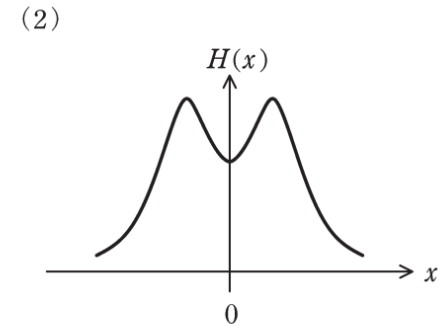
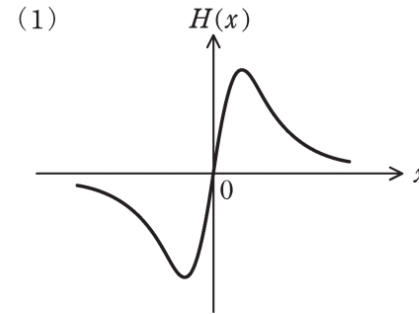
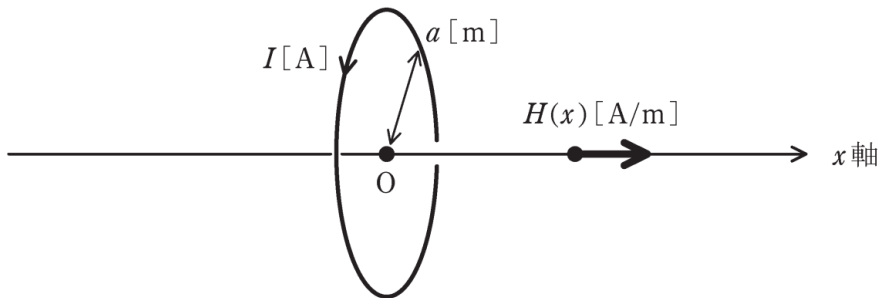
$\times N$

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

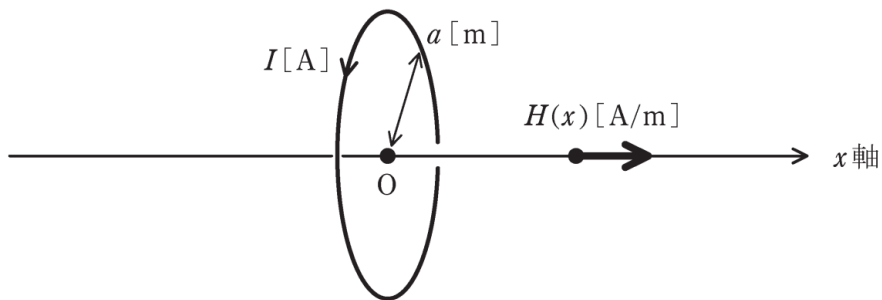


# H30 問4

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。



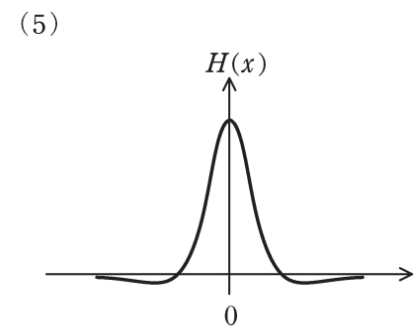
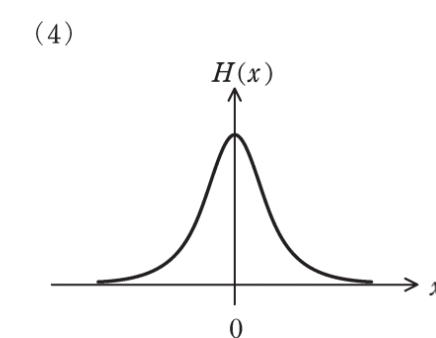
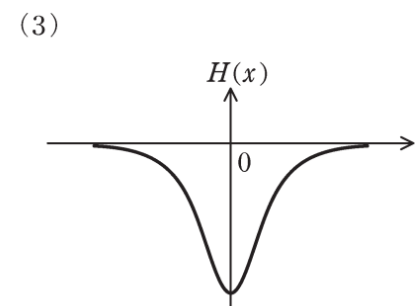
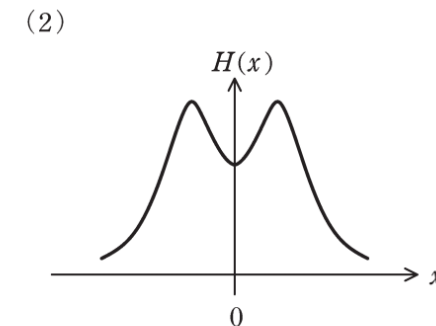
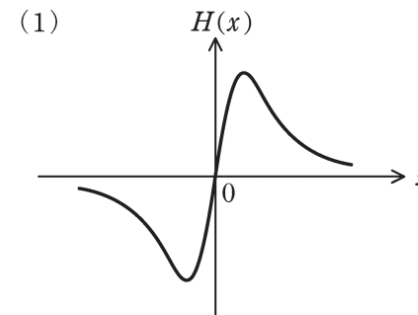
# 導出のポイント



(1)  $H(x)$ は正か負か?  
磁界の向き→右ねじの法則

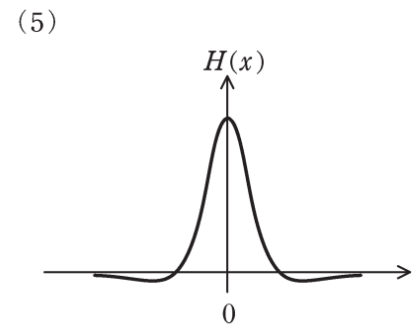
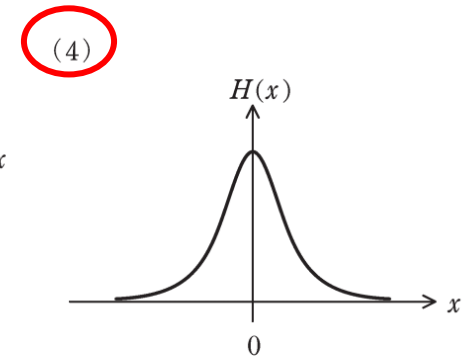
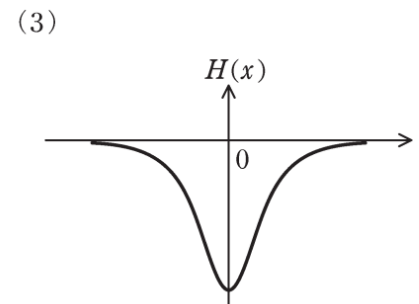
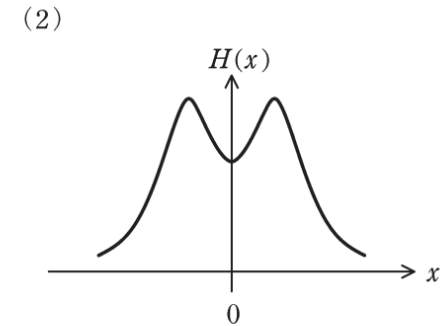
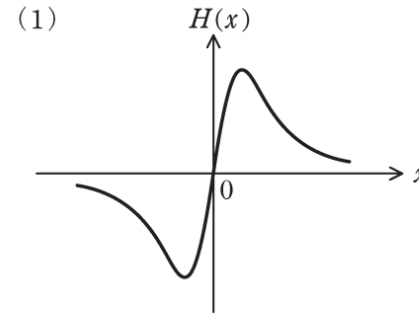
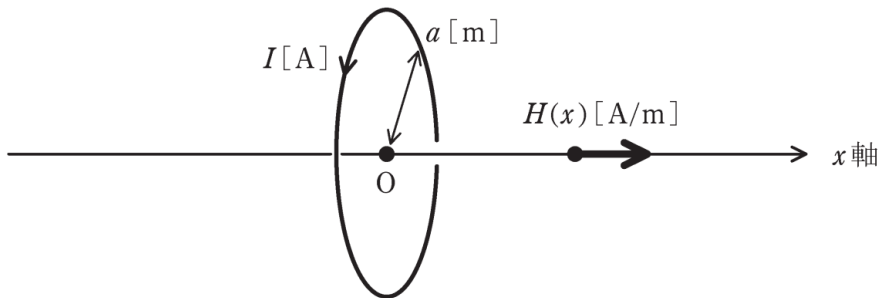
(2) 電流から離れると磁界は、  
強くなる?弱くなる?

$I = H(r) \times$  位置 $r$ から見える電流の経路



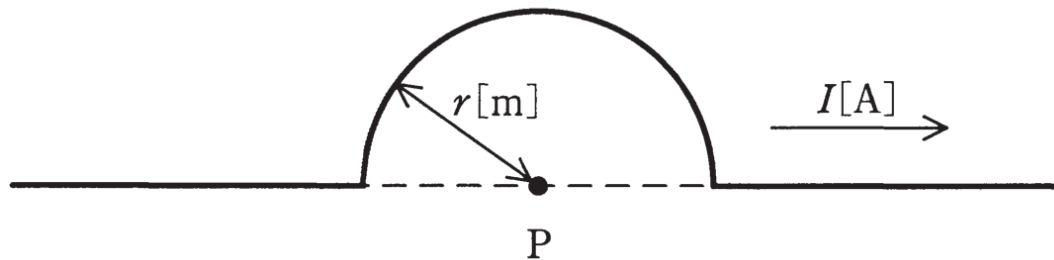
# H30 問4

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

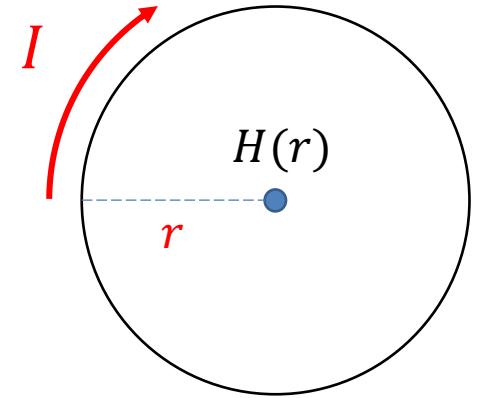
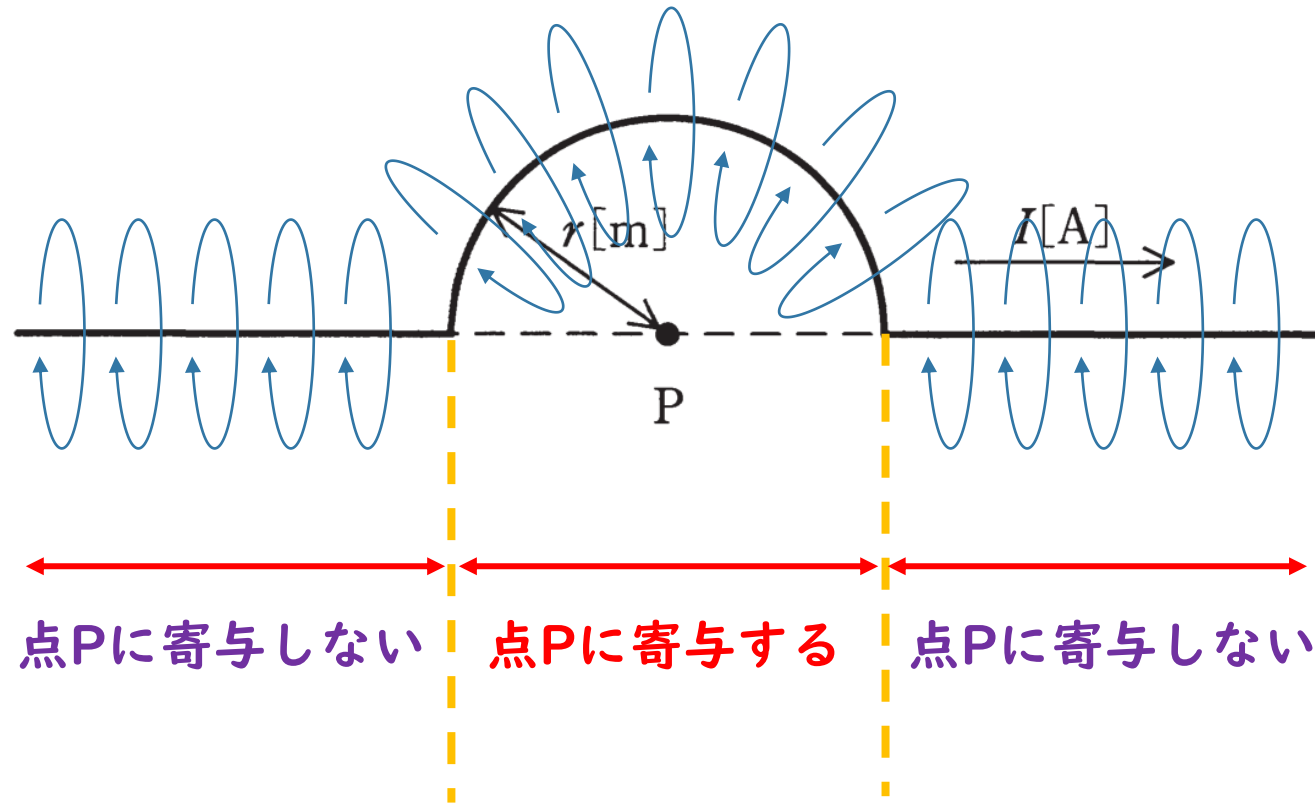
問3 図のように、長い線状導体の一部が点Pを中心とする半径 $r$ [m]の半円形になっている。この導体に電流 $I$ [A]を流すとき、点Pに生じる磁界の大きさ $H$ [A/m]はビオ・サバールの法則より求めることができる。 $H$ を表す式として正しいものを、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



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

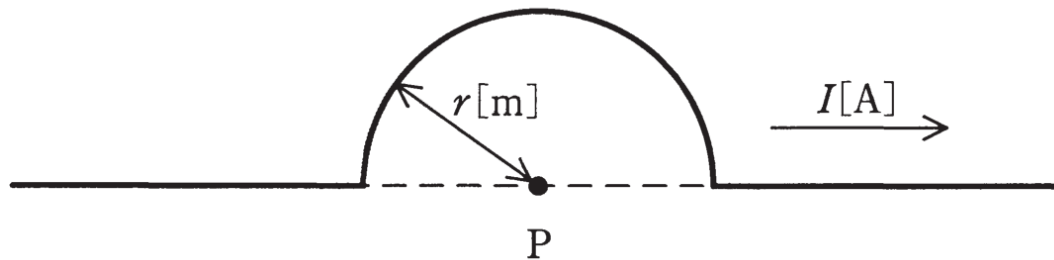
(4)  $\frac{I}{2r}$

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



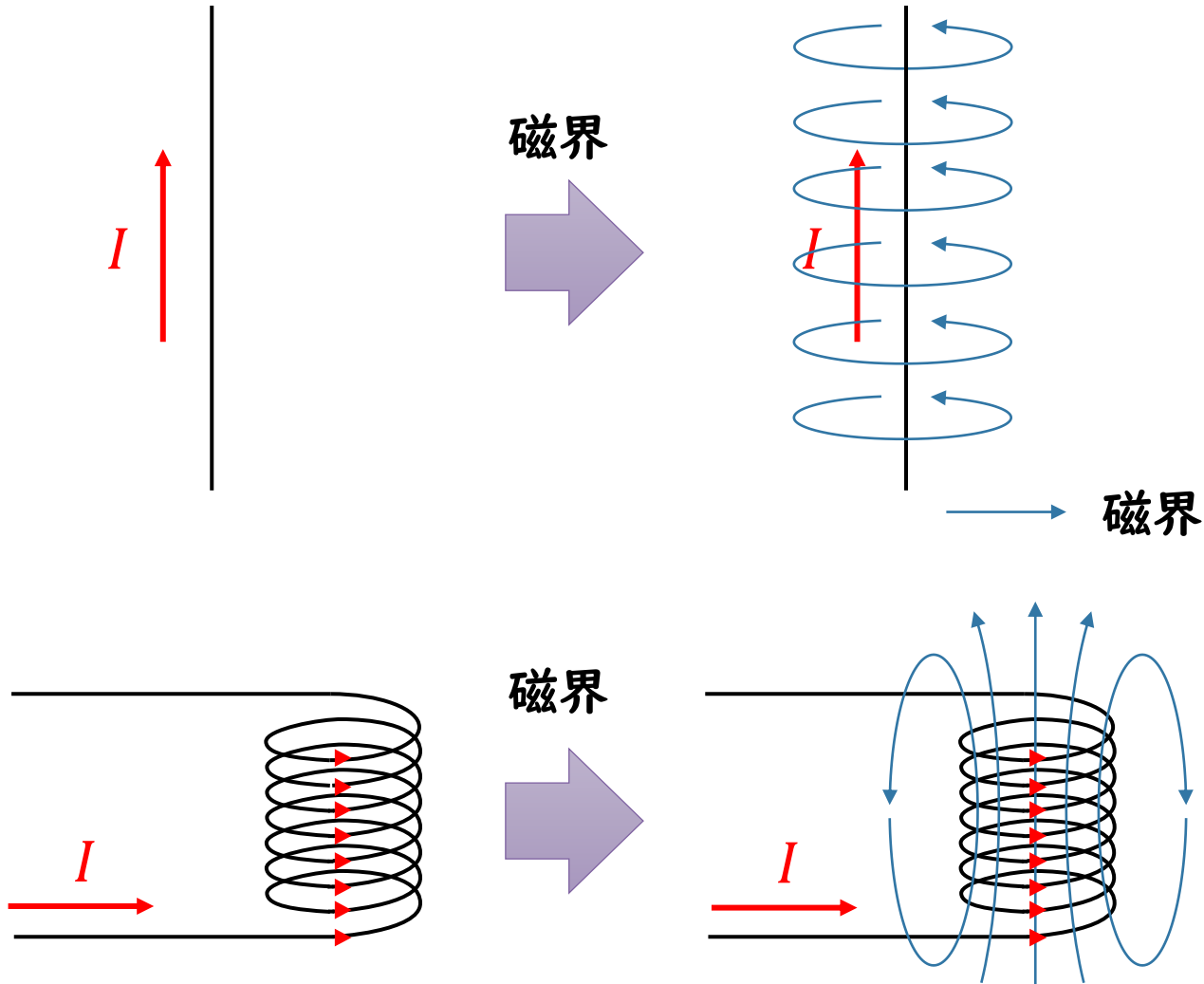
# H28 問3

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。



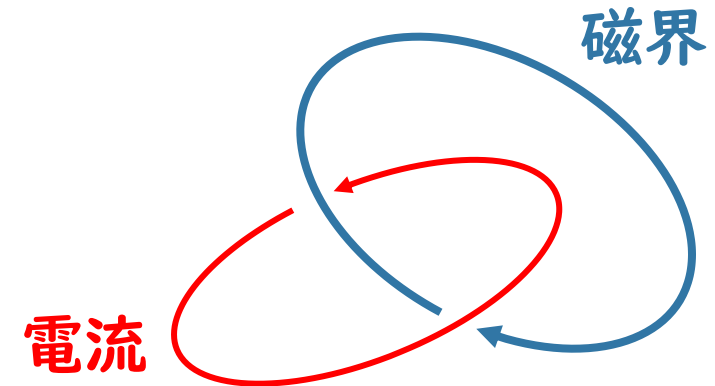
- (1)  $\frac{I}{2\pi r}$       (2)  $\frac{I}{4r}$       (3)  $\frac{I}{\pi r}$       (4)  $\frac{I}{2r}$       (5)  $\frac{I}{r}$

# 磁界と磁束密度

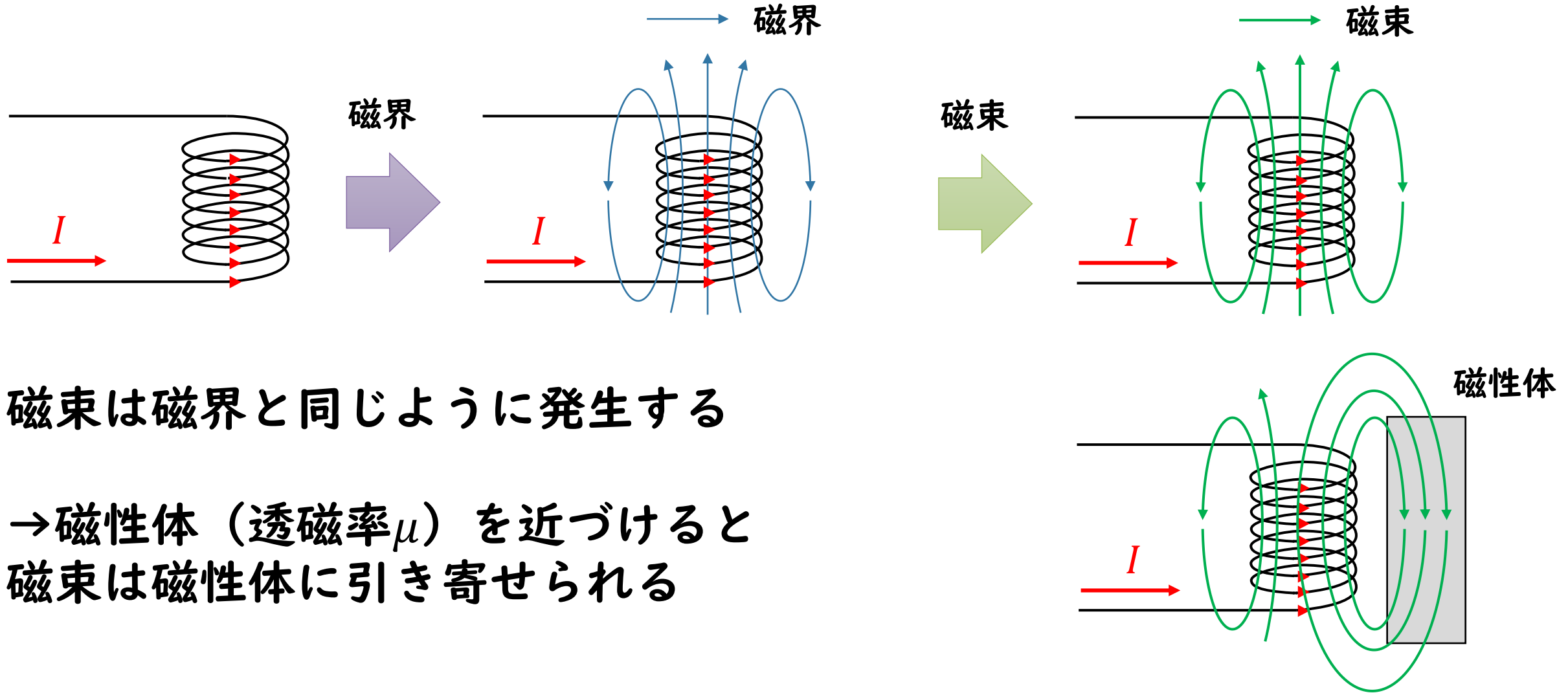


磁界は電流のまわりにループを作るように発生する

電流と磁界はお互いに“鎖交”し合う



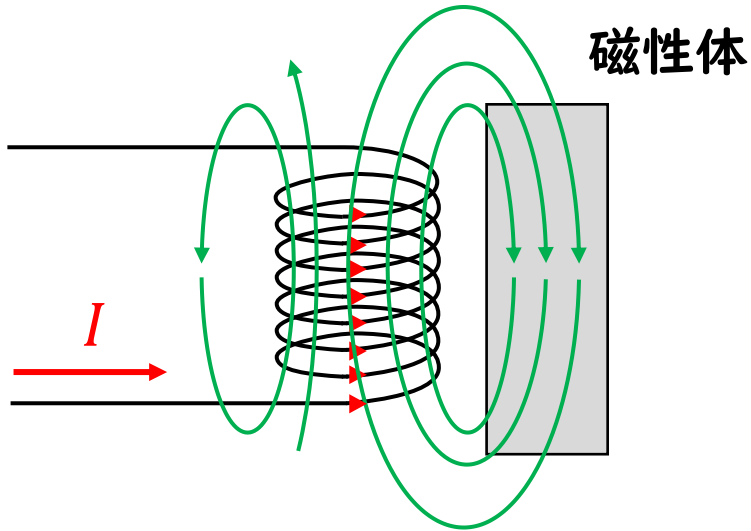
# 磁界と磁束密度



磁束は磁界と同じように発生する

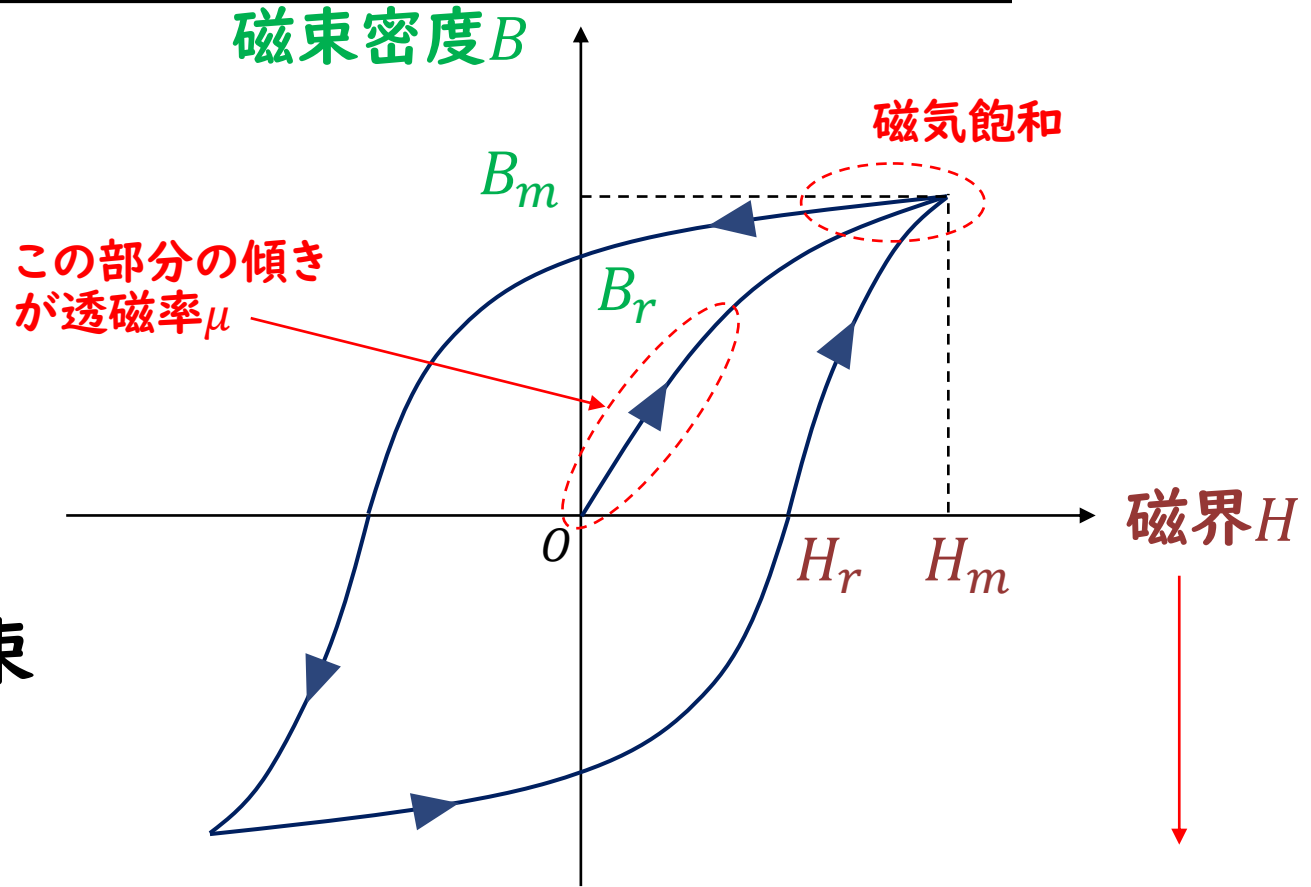
→磁性体（透磁率 $\mu$ ）を近づけると  
磁束は磁性体に引き寄せられる

# 磁界と磁束密度



磁性体（透磁率 $\mu$ ）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!!