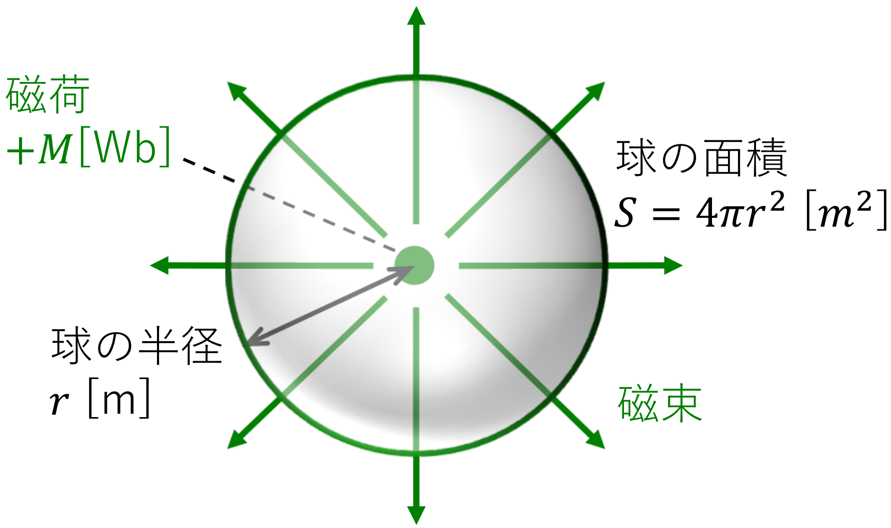
磁気（１）《磁束・磁束密度》

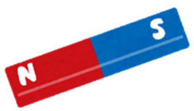


磁束 [本][Wb]：M

磁束密度 [T] [Wb/ m^2]：$B=\dfrac{M}{S}=\dfrac{M}{4\pi r^2}$

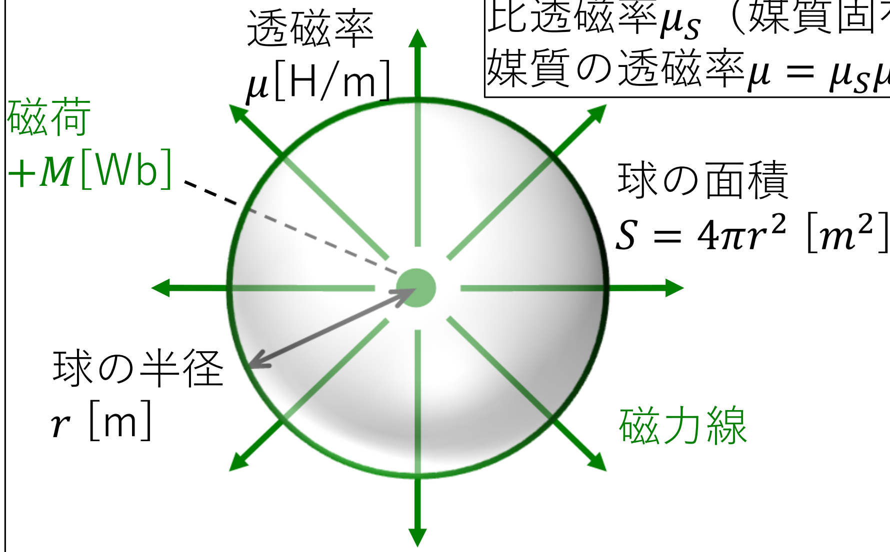
磁束はM[Wb]の磁荷からM本発生し、媒質に係らず一定。
磁荷が正（N極）のときは磁荷から出る方向、
磁荷が負（S極）のときは磁荷に入る方向とする。

磁荷は単独の極性では存在せず
常に正負（N・S)が対である。



《磁力線・磁界》

真空中の透磁率μ_0 [H/m]
比透磁率μ_S（媒質固有の係数）
媒質の透磁率$\mu=\mu_S\mu_0$ [H/m]



磁力線 [本]：$\dfrac{M}{\mu}$

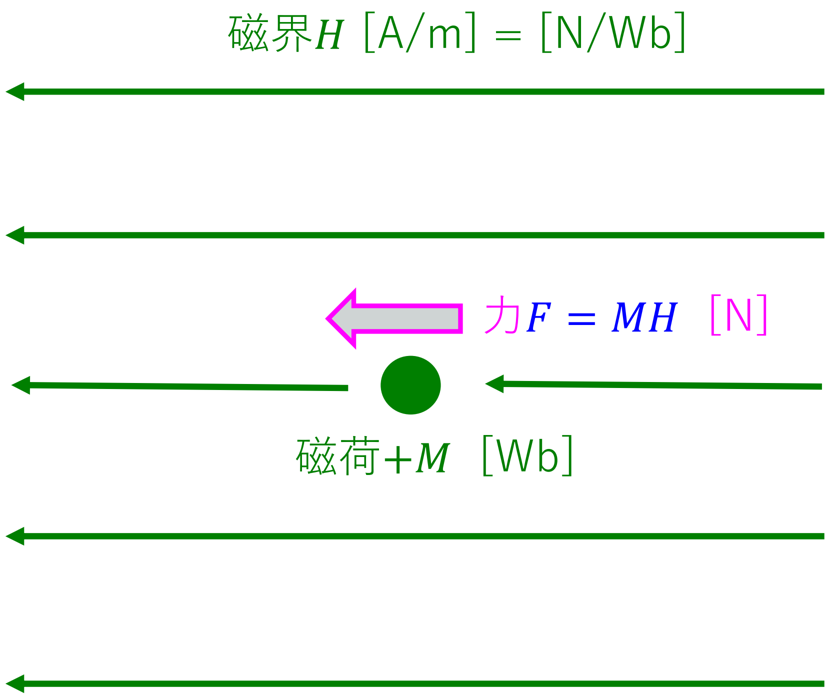
磁力線密度＝磁界H [A/m]

$$H=\frac{M}{\mu S}=\frac{M}{4\pi\mu r^2}=\frac{B}{\mu} \qquad B=\mu H$$

磁束を誘電率で割ると、磁力線となる。
磁力線密度が磁界である。
磁束密度を透磁率で割ると、磁界となる。
磁力線･磁界は媒質の透磁率が変わると変化する。

磁気（2）《磁荷が磁界から受ける力》

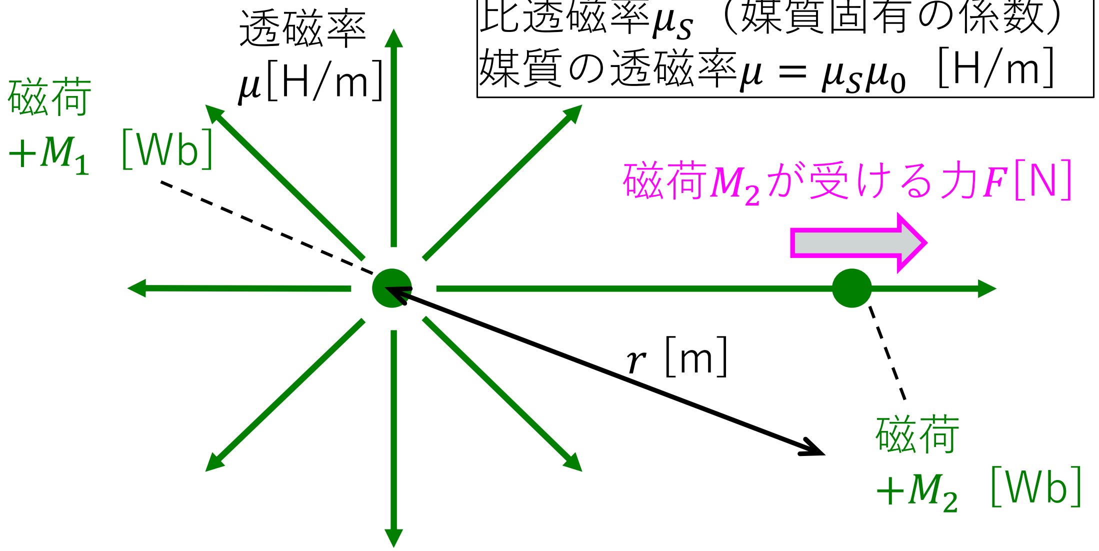
磁界は磁荷が力を受ける場の強さ



磁界Hの中にある磁荷Mは、力$F = MH$を受ける。
磁荷が正のときは磁界の方向へ、
負のときは磁界と反対の方向へ力を受ける。

《磁荷間のクーロン力》

真空中の透磁率μ_0 [H/m]
比透磁率μ_S（媒質固有の係数）
媒質の透磁率$\mu = \mu_S \mu_0$ [H/m]



磁荷M_1による磁荷M_2の位置における磁界H [A/m]

$$H = \frac{M_1}{4\pi\mu r^2}$$

磁界 Eによって磁荷q_2が受ける力F[N]

$$F = M_2 H = \frac{M_1 M_2}{4\pi\mu r^2}$$ ・・クーロン力

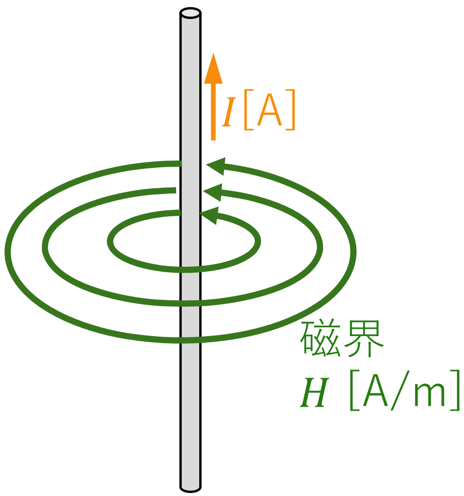
同じ極性（正と正、負と負）は反発力、
違う極性（正と負）は吸引力

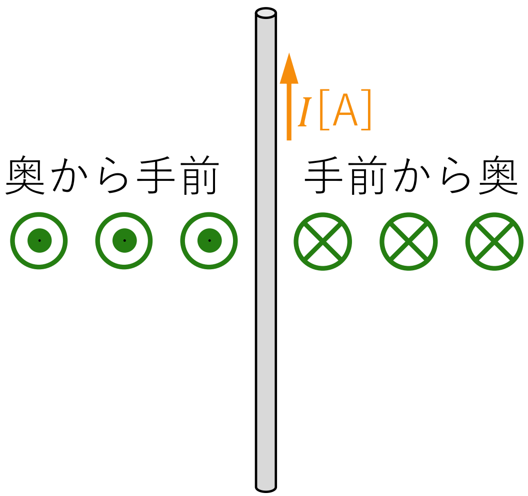
※正＝N極、
負＝S極

磁気（４）《電流による磁界１》

右ねじの法則

電流の周囲には磁界が発生し、磁界の向きは
電流の向きに対しネジを締める向きと同じ。

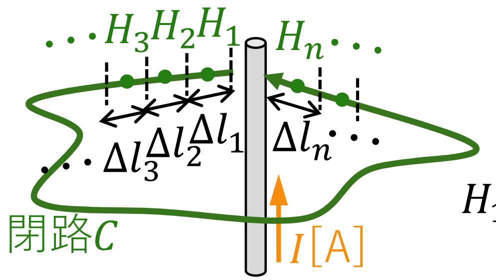




真空中の透磁率μ_0　[H/m]
比透磁率μ_S（媒質固有の係数）
媒質の透磁率$\mu = \mu_S \mu_0$　[H/m]

アンペールの周回積分の法則

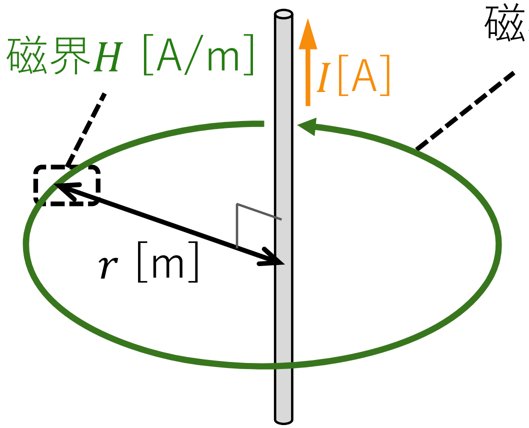
電流が作る磁界の閉路に沿って一周分の磁界の大きさを
積分すると、閉路を貫く電流の大きさと同じとなる。



$$\oint_C \vec{H} d\vec{l} = I$$

$$H_1 \cdot \Delta l_1 + H_2 \cdot \Delta l_2 + \cdots + H_n \cdot \Delta l_n = I$$

磁界の大きさが閉路に沿って一周する間、常に一定の
大きさなら$Hl = I$とすれば良い。（電験問題ではこれで十分）



磁界1周の長さ　$l = 2\pi r$ [m]

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

磁束密度[T]：$B = \mu H$

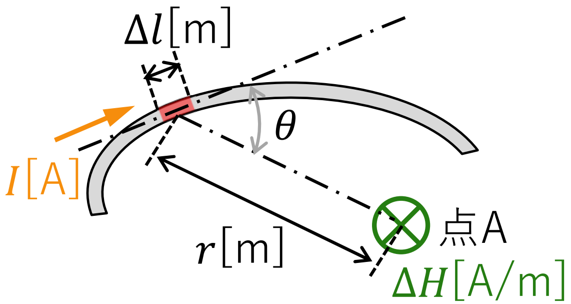
$$= \frac{\mu I}{2\pi r}$$

磁気（4）《電流による磁界２》

ビオ・サバールの法則

電流Iの微小長さΔlの部分が、これとθなる角をなす距離r離れた点に作る磁界の強さΔH[A/m]は

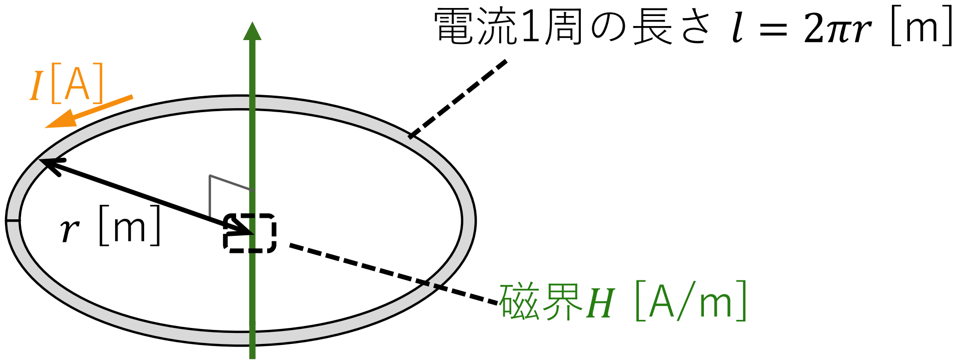
$$\Delta H = \frac{I \cdot \Delta l \sin\theta}{4\pi r^2}$$

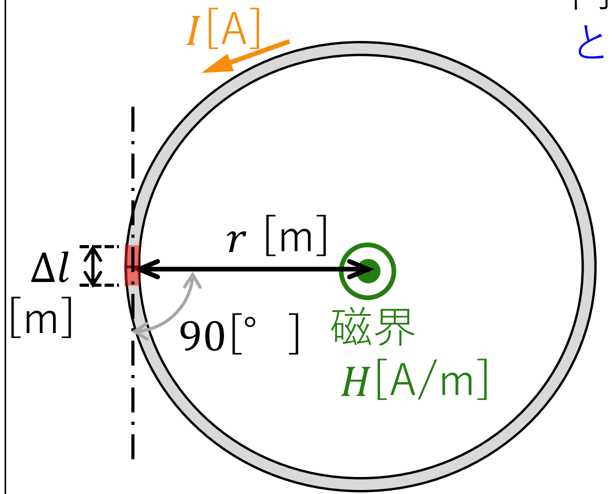


ループ電流（コイル）内側を貫通する磁界の大きさはアンペールの周回積分の法則で求めることができないので、ビオ・サバールの法則を使用する。

真空中の透磁率μ_0　[H/m]
比透磁率μ_S（媒質固有の係数）
媒質の透磁率$\mu = \mu_S \mu_0$　[H/m]

ループ電流（コイル）が作るループ中心の磁界の大きさ





ループ電流中心の磁界は円周上のどの微小長さΔlの部分とも90[°　]の角をなすので、

$$\Delta H = \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin 90°}{4\pi r^2} = \frac{I \cdot \Delta l}{4\pi r^2}$$

円周上の全てのΔlを合わせると$2\pi r$ になるので、全てのΔlによるΔHを重ね合わせて

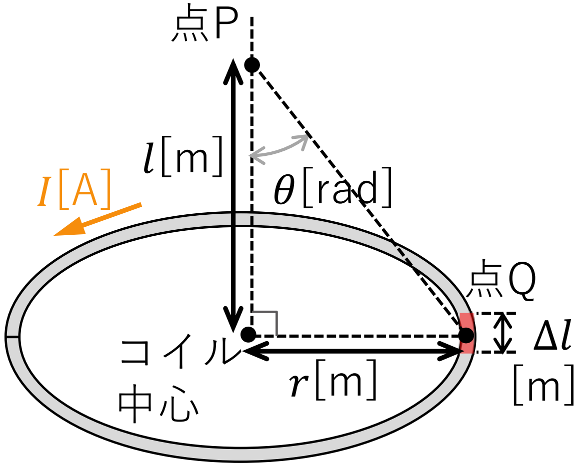
$$H = \frac{I \cdot 2\pi r}{4\pi r^2} = \frac{I}{2r}$$

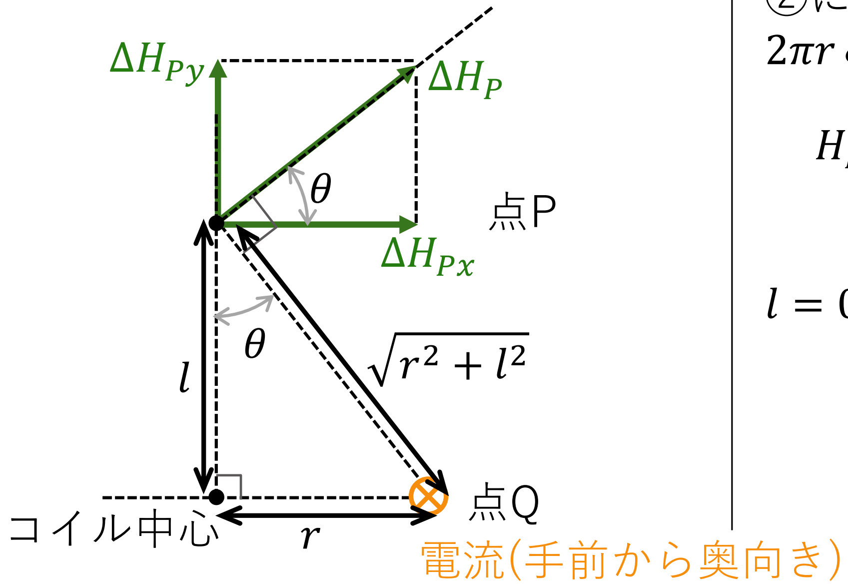
コイル巻数がN[回]だった場合、$H = \dfrac{NI}{2r}$

磁束密度[T]：$B = \mu H = \dfrac{\mu NI}{2r}$

磁気（４）補足　ループ電流（コイル）が作るループ中心軸上の磁界の大きさ

点Pの磁界H_P[A/m]を求める。





$$\Delta H_P = \frac{I\cdot\Delta l\cdot\sin 90^\circ}{4\pi\left(\sqrt{r^2+l^2}\right)^2} = \frac{I\cdot\Delta l}{4\pi(r^2+l^2)} \quad \cdots ①$$

微小電流（点Q）をコイル円周上で一周してΔH_Pを足し合わせたとき、中心軸と垂直成分のΔH_{Px}は打ち消し合ってゼロとなる。
よって、中心軸方向成分のΔH_{Py}を足し合わせたものがH_Pとなる。

$$\Delta H_{Py} = \Delta H_P \sin\theta \quad \cdots ② \qquad \sin\theta = \frac{r}{\sqrt{r^2+l^2}} \quad \cdots ③$$

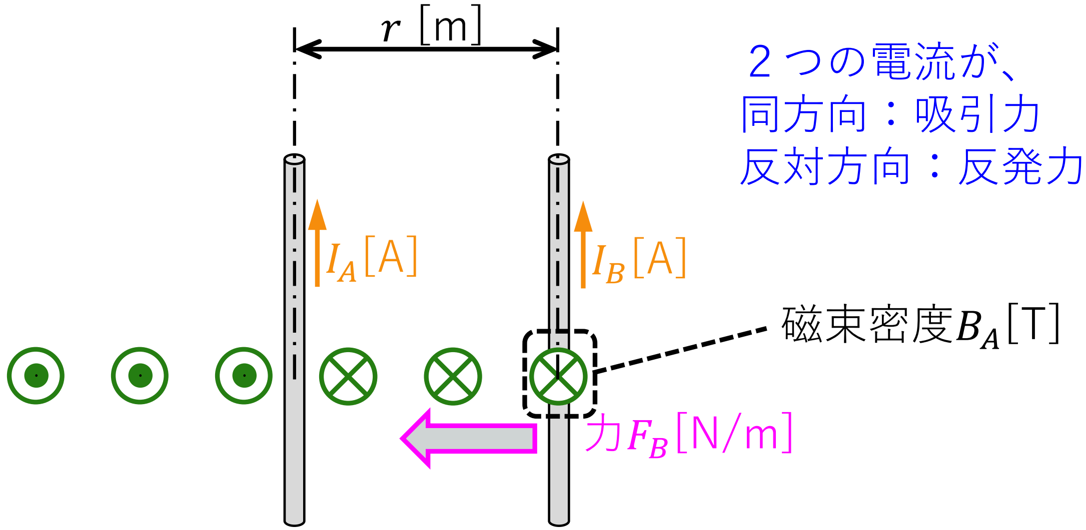
②に①③を代入して、コイル円周上を一周してΔlを足し合わせると$2\pi r$となるので

$$H_P = \frac{I\cdot 2\pi r}{4\pi(r^2+l^2)}\cdot\frac{r}{\sqrt{r^2+l^2}} = \frac{Ir^2}{2(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$l=0$のとき、$H = \dfrac{Ir^2}{2(r^2+0^2)^{\frac{3}{2}}} = \dfrac{I}{2r}$ となり、先に求めたコイル中心の磁界と同じとなる。

磁気（5）《電流の流れる２本の導線間に働く力》

２つの電流が、
同方向：吸引力
反対方向：反発力



電流I_B が貫く、電流I_Aによって発生する磁束密度B_Aは

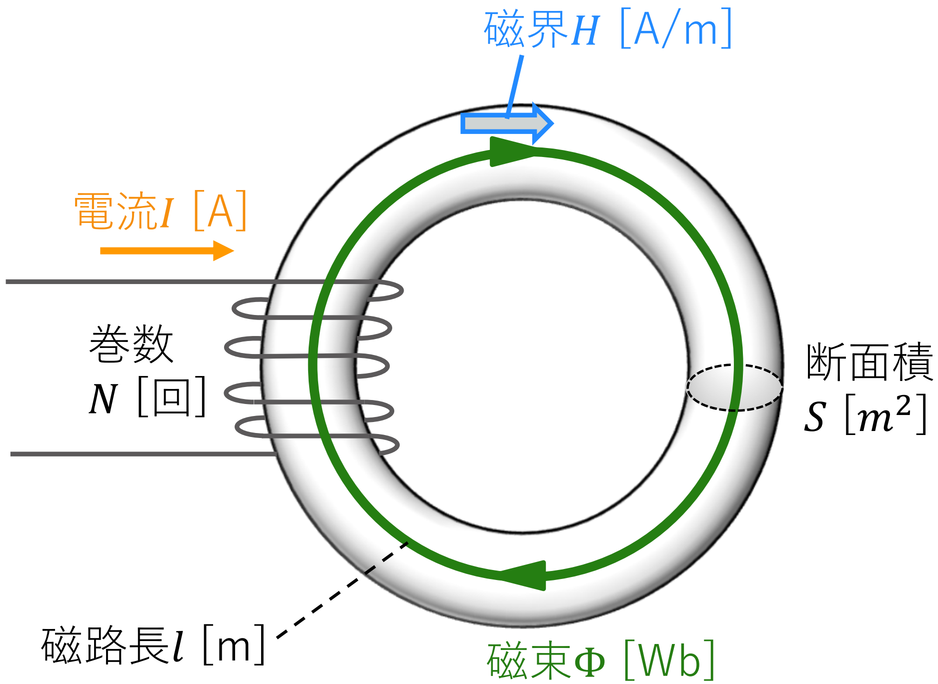
$$H_A = \frac{I_A}{2\pi r} \qquad B_A = \mu H_A = \frac{\mu I_A}{2\pi r}$$

電流I_Bの単位長さに働く力F_B は $F_B = B_A I_B l = B_A I_B 1 = \dfrac{\mu I_A I_B}{2\pi r}$

⊙ 電流I_Aの作る
⊗ 磁界H_A [A/m]

真空中の透磁率μ_0 [H/m]
比透磁率μ_S（媒質固有の係数）
媒質の透磁率$\mu = \mu_S \mu_0$ [H/m]

《環状鉄心コイル》



アンペールの周回積分の法則より、$NI = lH$

$$H = \frac{NI}{l} \qquad B = \mu H = \frac{\mu NI}{l} \qquad \Phi = BS = \frac{\mu NIS}{l}$$