

直線電流がつくる磁場

$$B = k \frac{I}{R}$$

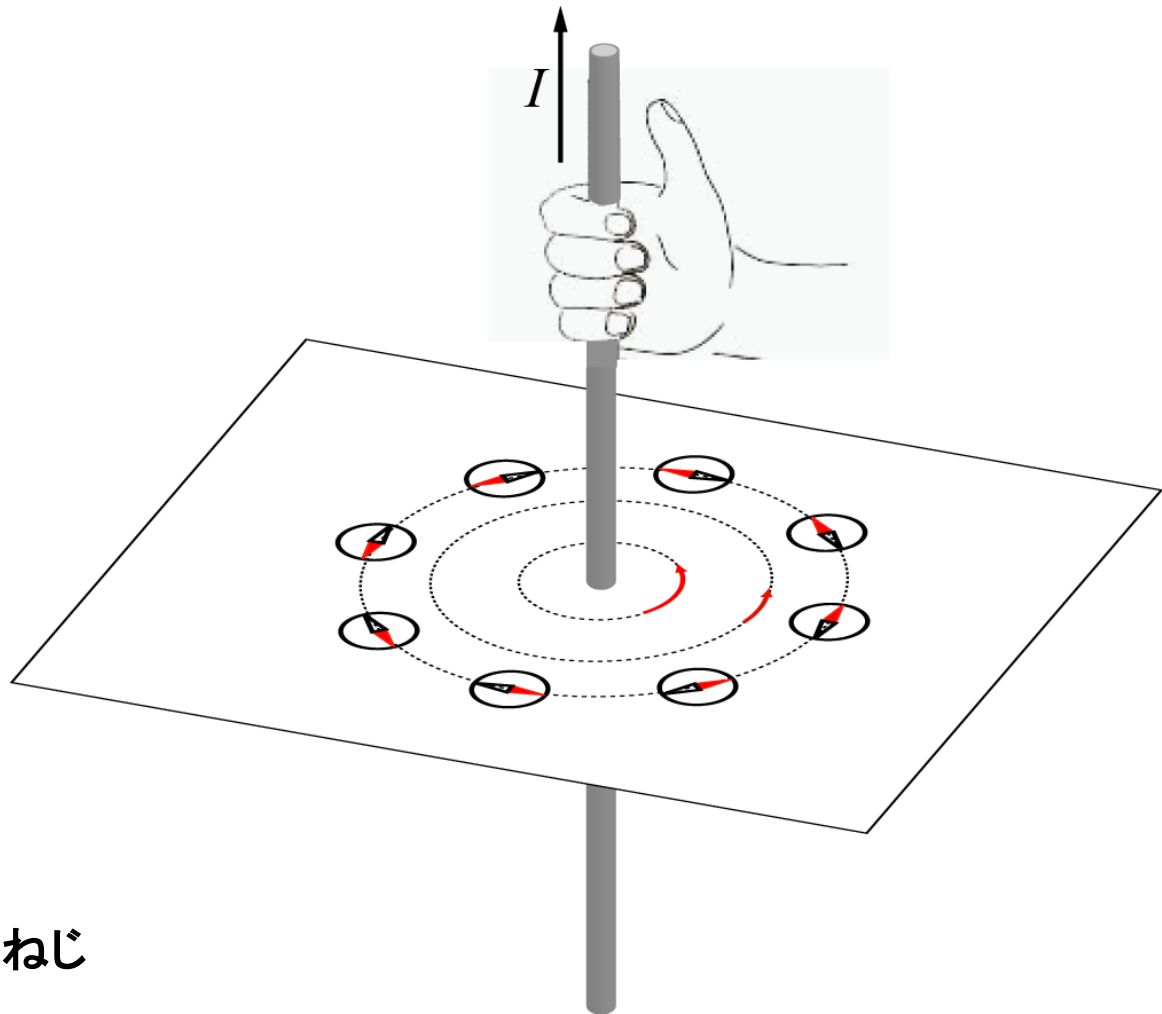
静磁場

大きさ

電流 I に比例
距離 R に反比例

向き

電流と直交
電流を軸とする右ねじ



平行な直線電流の間に働く力

磁場の中で電流は力を受ける: $F = IBL$

電流どうしが力を及ぼしあう: $F = IBL = k \frac{I \times I'}{R} L$

k は電流の
定義から
決まる

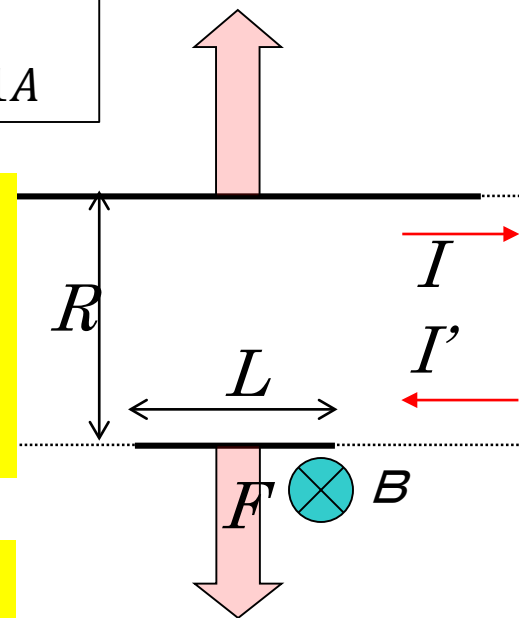
電流の定義:

真空, $R = 1\text{m}$, $L = 1\text{m}$, $F = 2 \times 10^{-7}\text{N}$ \rightarrow $I = I' = 1\text{A}$

$$F = 2 \times 10^{-7}\text{N} = \frac{\mu_0 (1\text{A})^2}{2\pi (1\text{m})} (1\text{m})$$

$$\mu_0 = 2\pi \times 2 \times 10^{-7}\text{N A}^{-2}$$

真空の透磁率 単位: $\text{N A}^{-2} = \text{H/m}$



直線電流がつくる磁場

$$B(R) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{R}$$

$$k = \frac{\mu_0}{2\pi}, \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

真空の透磁率

ビオ・サバールの法則 磁場の計算(*)

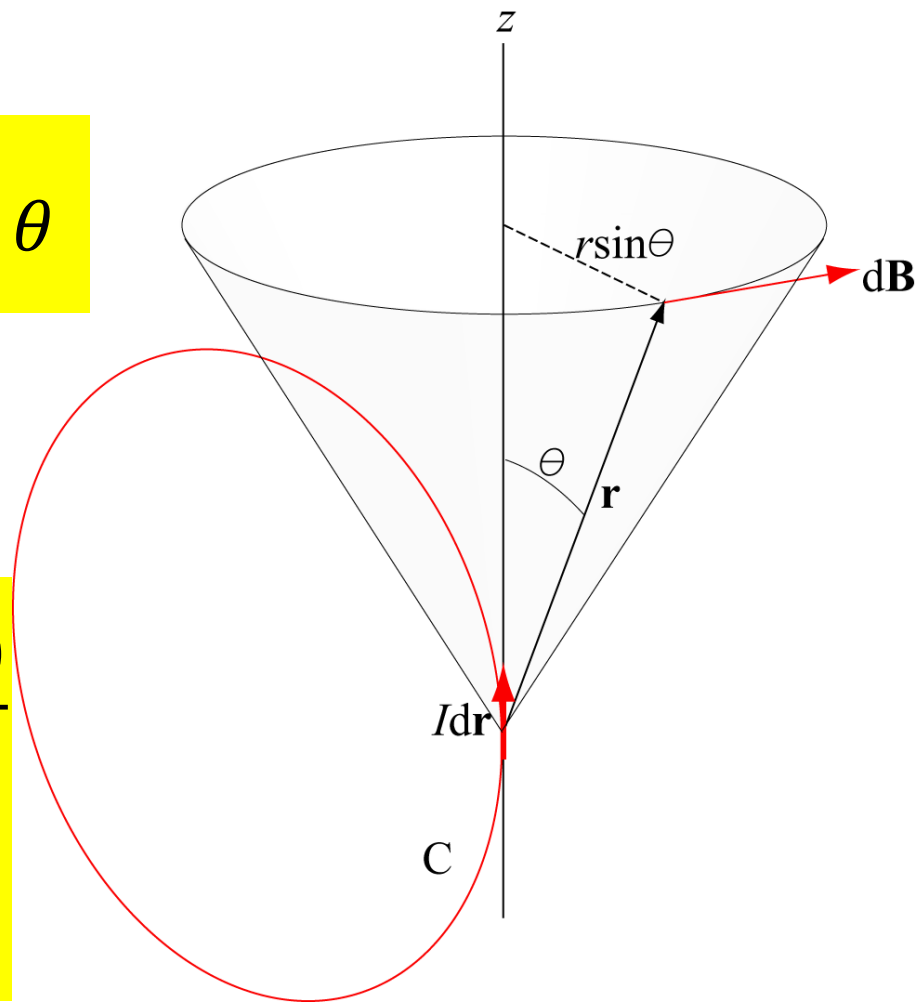
- 電流素片(仮想) $I dr$
- 微小磁場 $d\vec{B}$

$$|d\vec{B}| \propto \frac{I |d\vec{r}_0|}{r^2} \sin \theta$$

$$d\vec{B} = k \frac{I d\vec{r}_0 \times \vec{r}}{r^3}$$

$$\vec{B}(\vec{r}) = k \oint_C \frac{I d\vec{r}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$



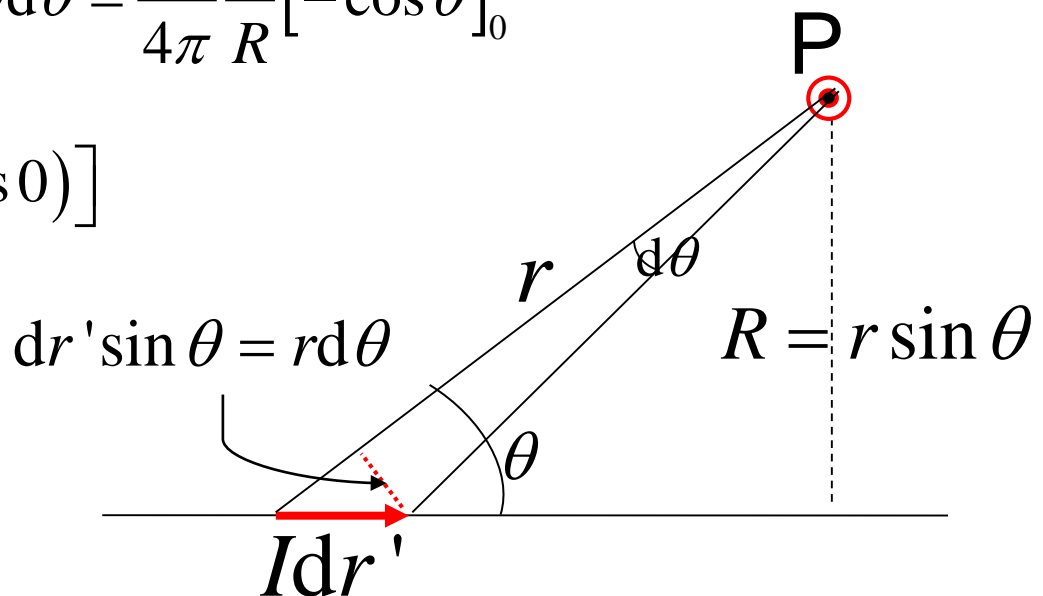
直線電流による磁場（＊）

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idr' \sin \theta}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Ird\theta}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r} d\theta$$

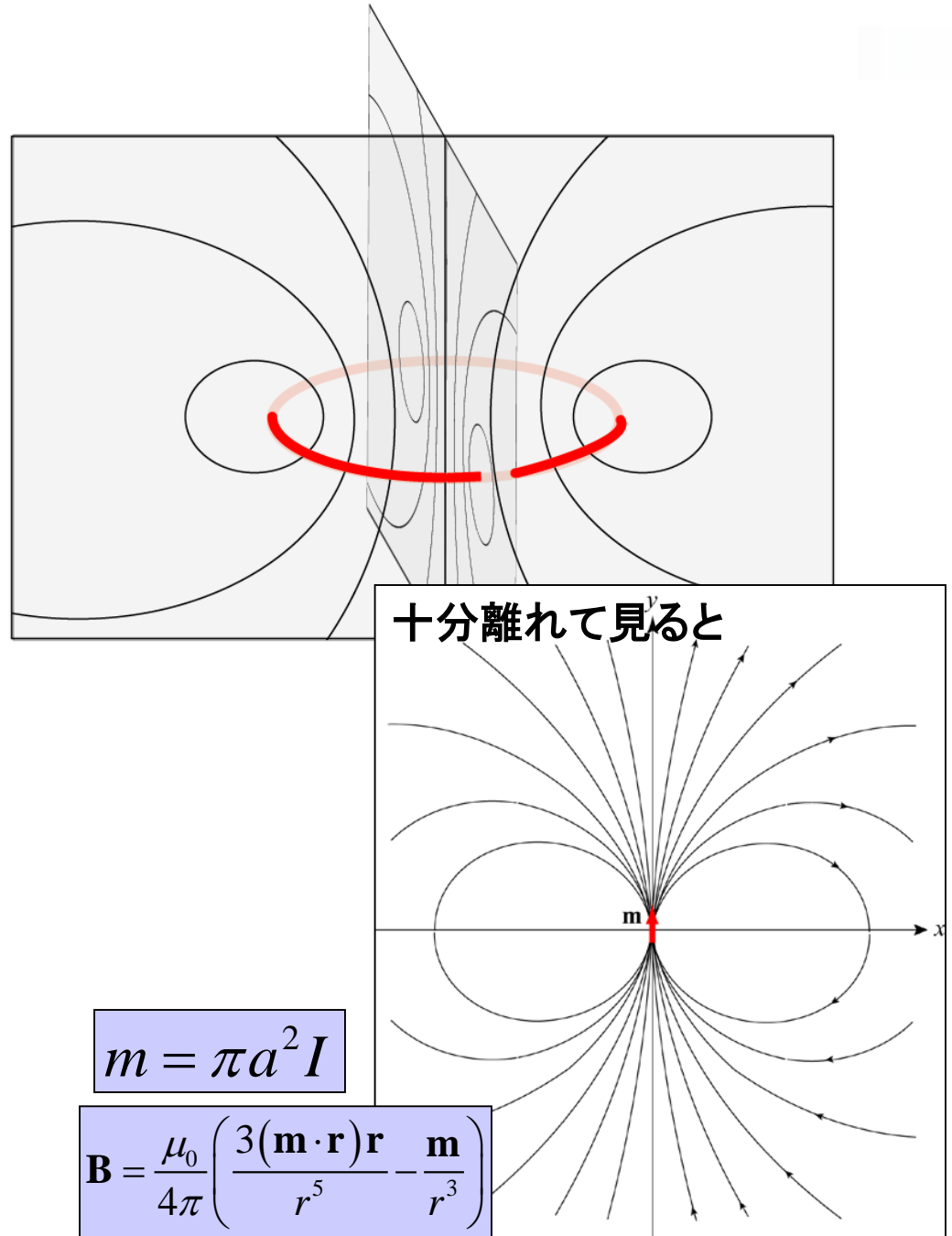
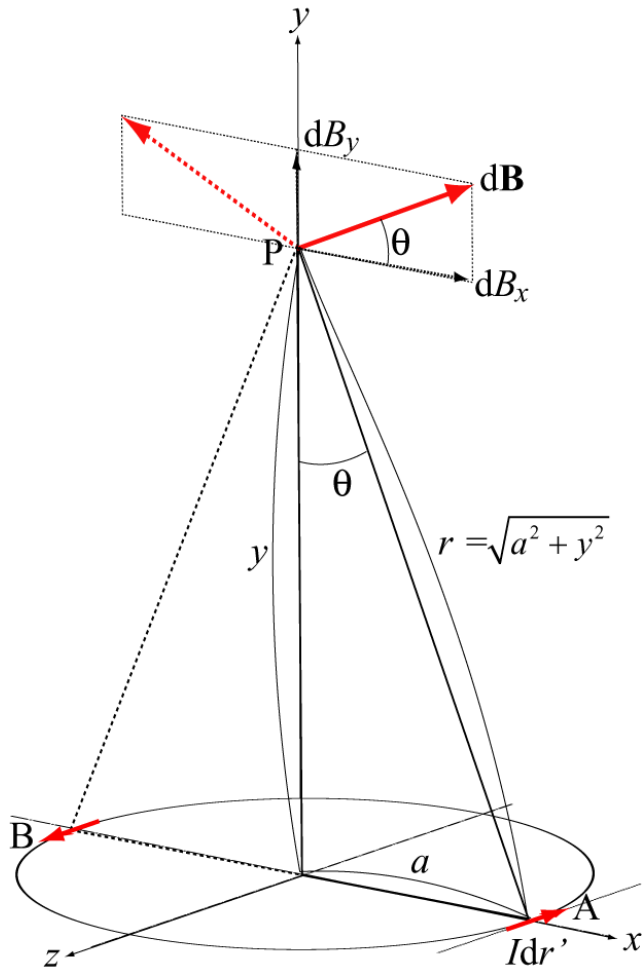
$$B = \int_{\text{直線}} dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R} \int_0^\pi \sin \theta d\theta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R} [-\cos \theta]_0^\pi$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R} [(-\cos \pi) - (-\cos 0)]$$

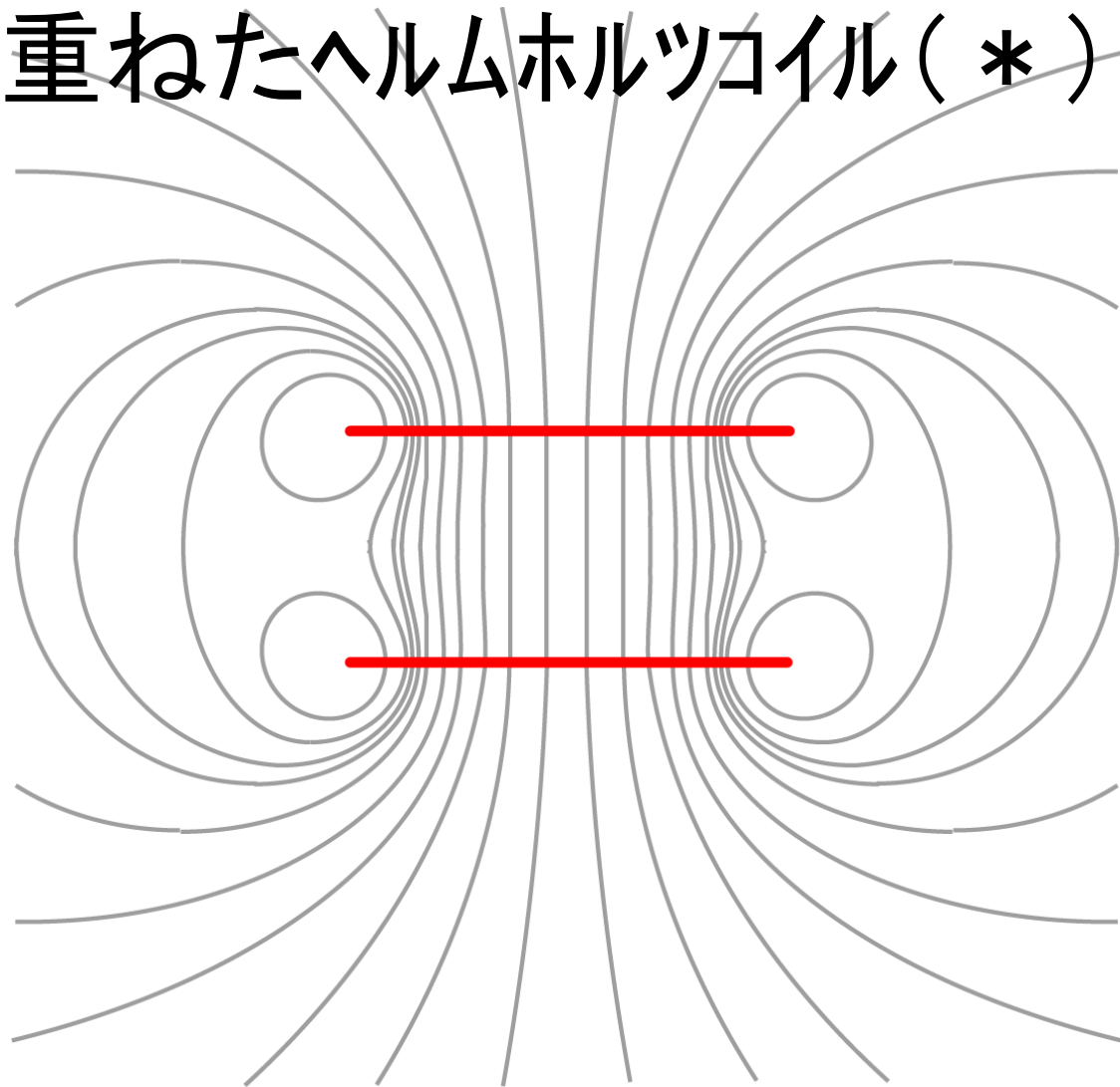
$$= \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{R}$$



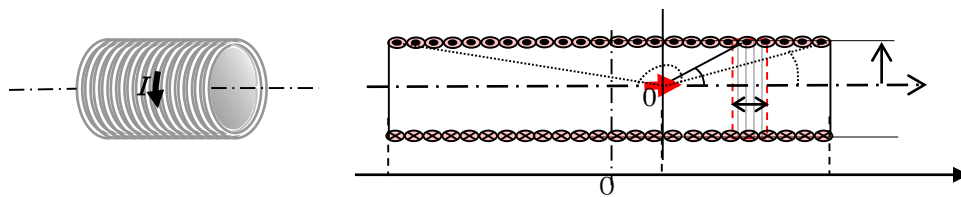
円ループ電流 による磁場 (*)



ループを2つ重ねたヘルムホルツコイル（*）



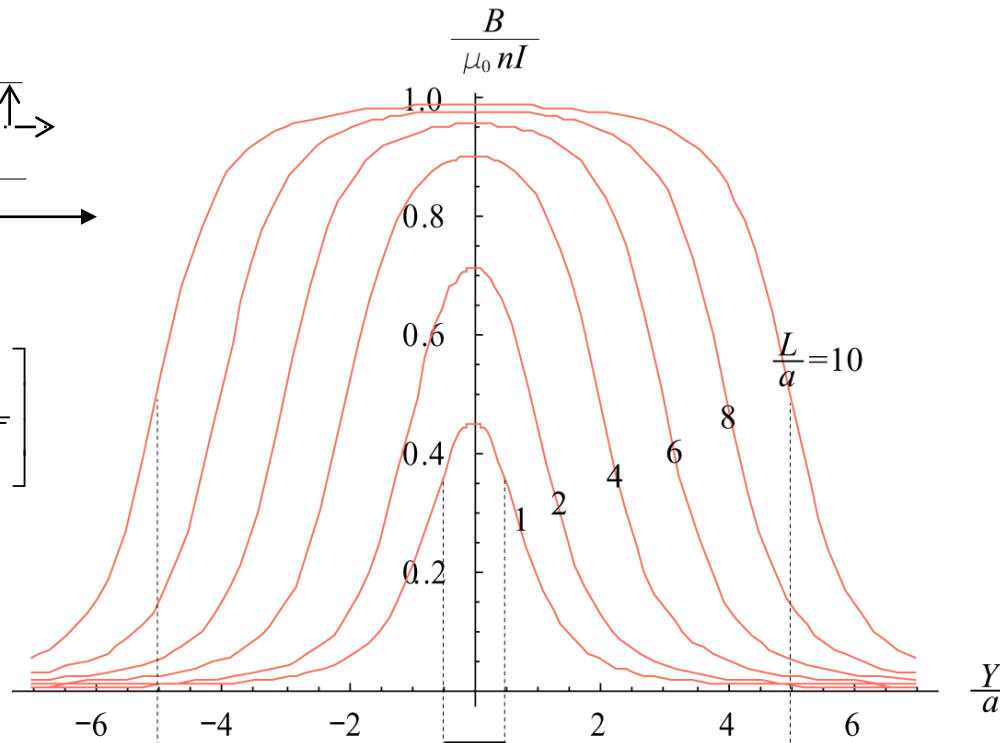
ループを密に重ねたソレノイドコイル(*)



単位長さあたり n 巻き

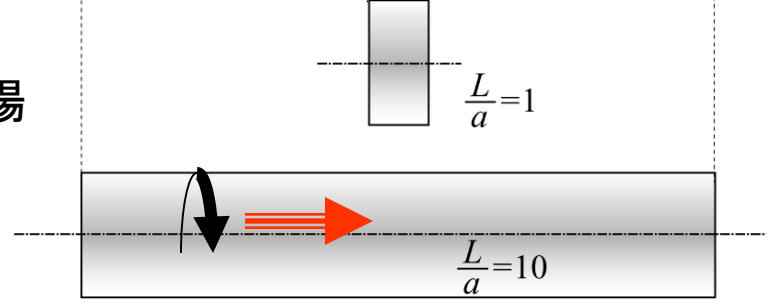
$$B(Y) = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{(L/2 - Y)}{\sqrt{(L/2 - Y)^2 + a^2}} + \frac{(L/2 + Y)}{\sqrt{(L/2 + Y)^2 + a^2}} \right]$$

$$= \mu_0 n I \times \frac{1}{2} \left[\frac{\frac{1}{2}(\frac{L}{a}) - \frac{Y}{a}}{\sqrt{(\frac{1}{2}(\frac{L}{a}) - \frac{Y}{a})^2 + 1}} + \frac{\frac{1}{2}(\frac{L}{a}) + \frac{Y}{a}}{\sqrt{(\frac{1}{2}(\frac{L}{a}) + \frac{Y}{a})^2 + 1}} \right]$$



無限に長ければ、内部に一様な軸方向の磁場

$$B \approx \mu_0 n I$$



有限の長さのソレノイドによる磁場

