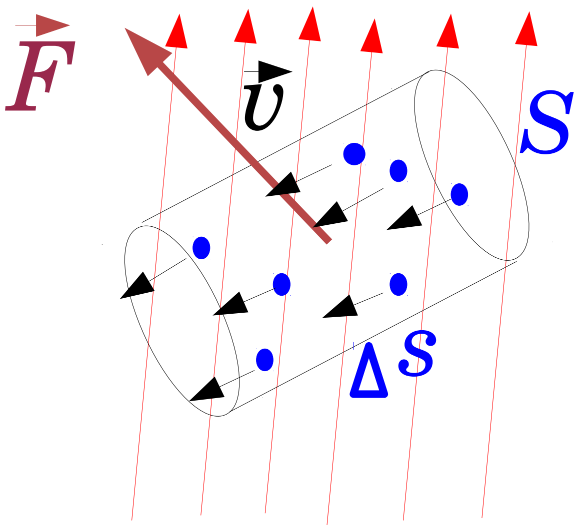
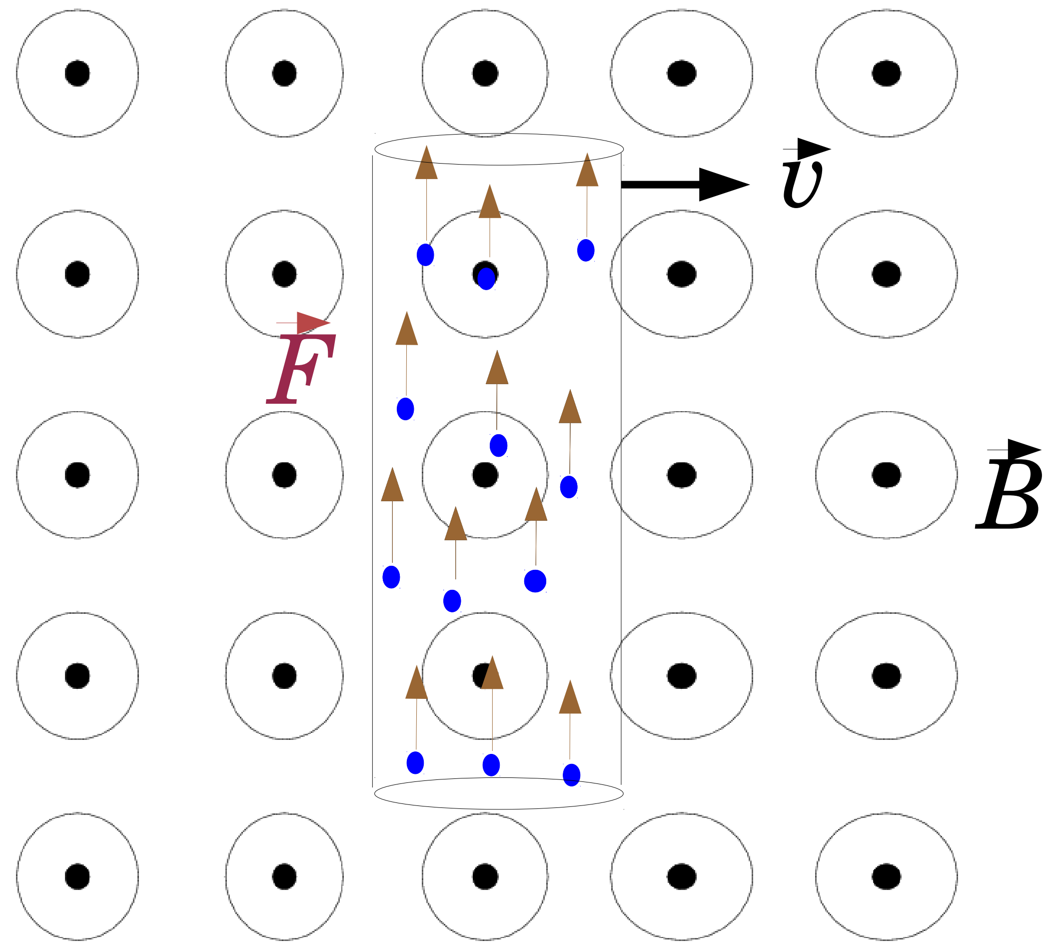
# 電磁誘導

動いている物体の中の電子に、磁場があたえる力

$$\vec{F} = -e(\vec{v} \times \vec{B})$$

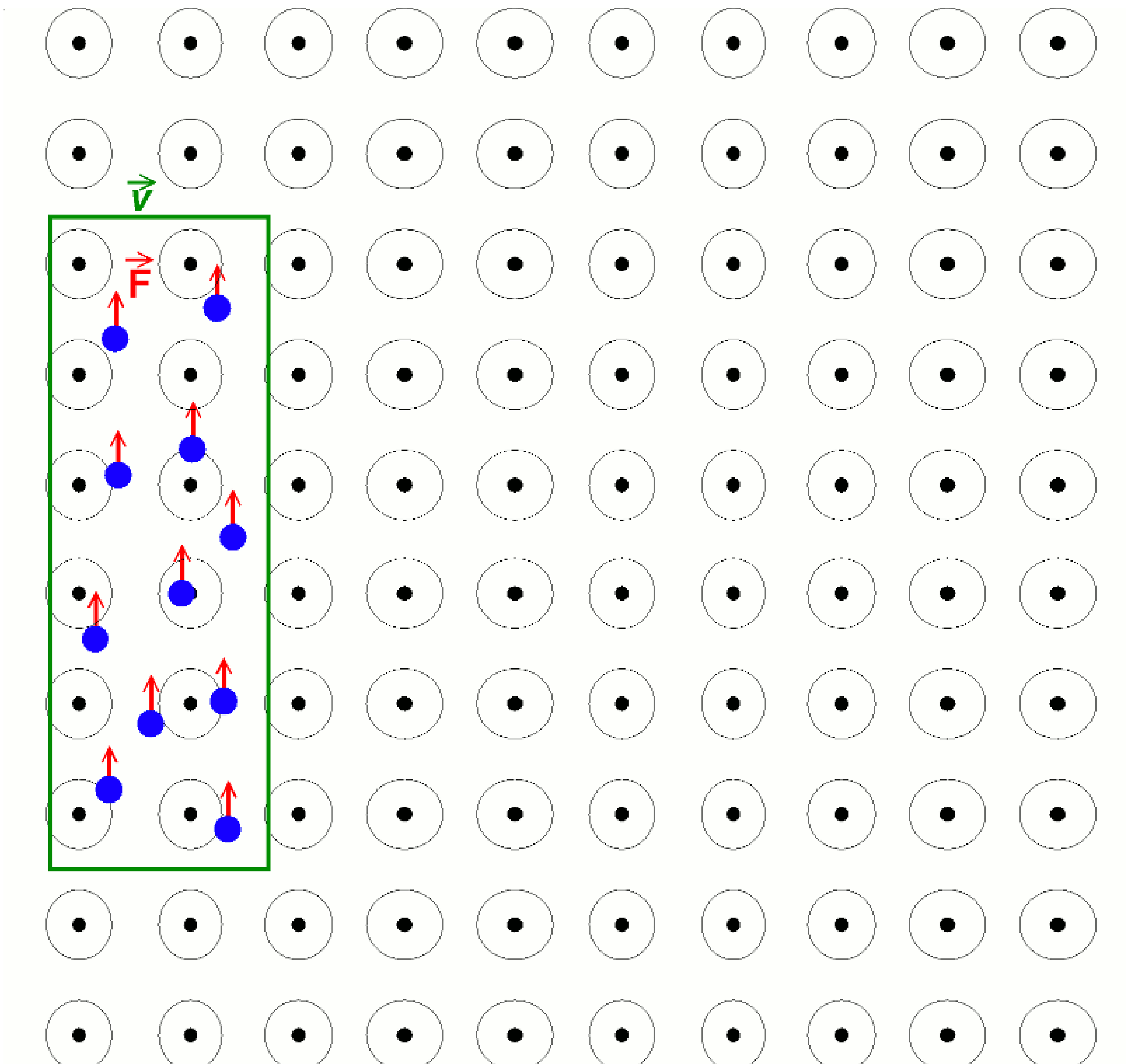



まだ、電子の移動は考えない。

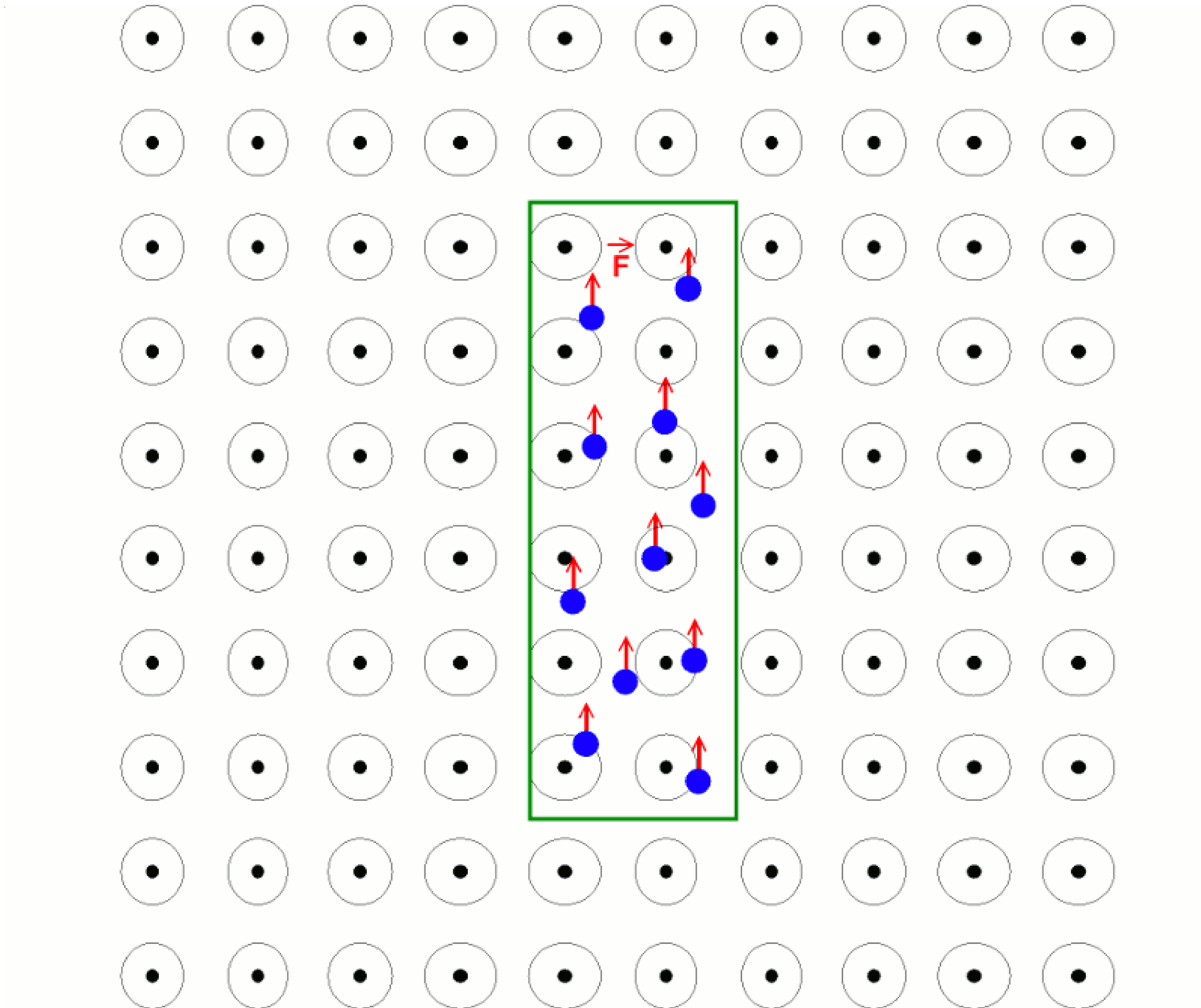
この力は電場による力： $\vec{F} = -e\vec{E}'$ 　$\vec{E}' = (\vec{v} \times \vec{B})$ と同じ。

$$\vec{F} = -e(\vec{v} \times \vec{B}) = -e\vec{E}\,'$$

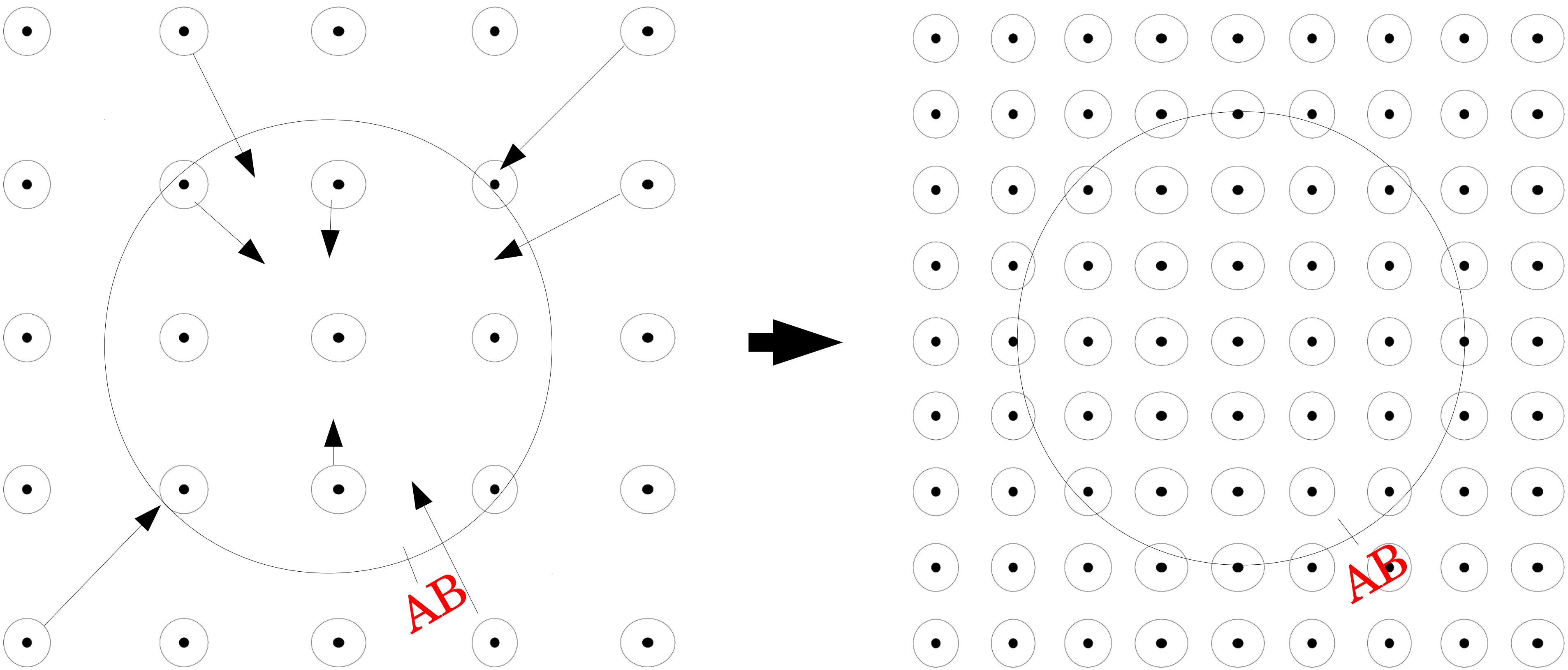


$\vec{B}$が、速度 $-\vec{v}$ で進む場合

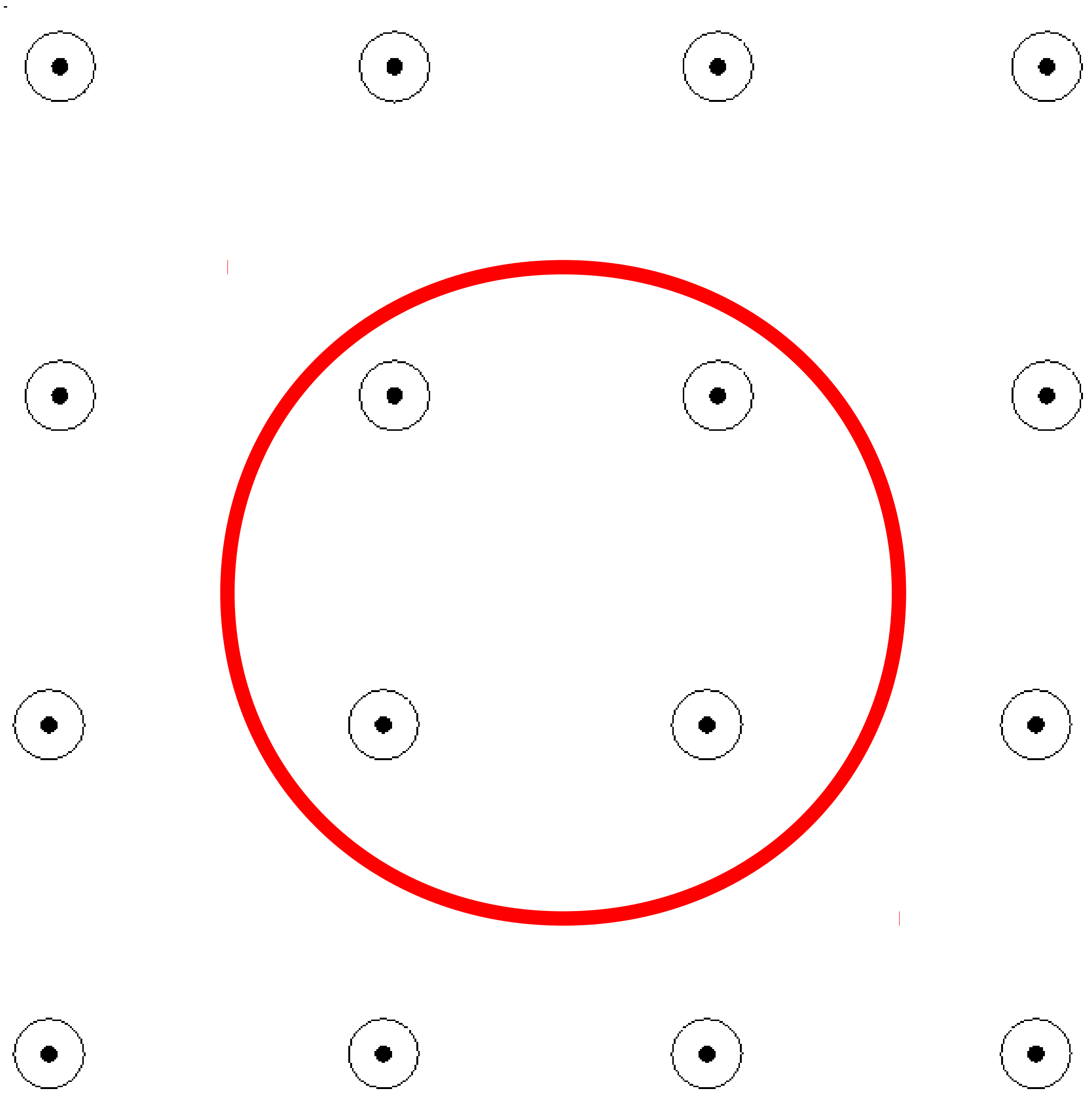
$$\vec{F} = -e\vec{E}' = -e[-(\vec{v} \times \vec{B})]$$



# 円形の導線の中の磁場が、次第に強くなる場合、



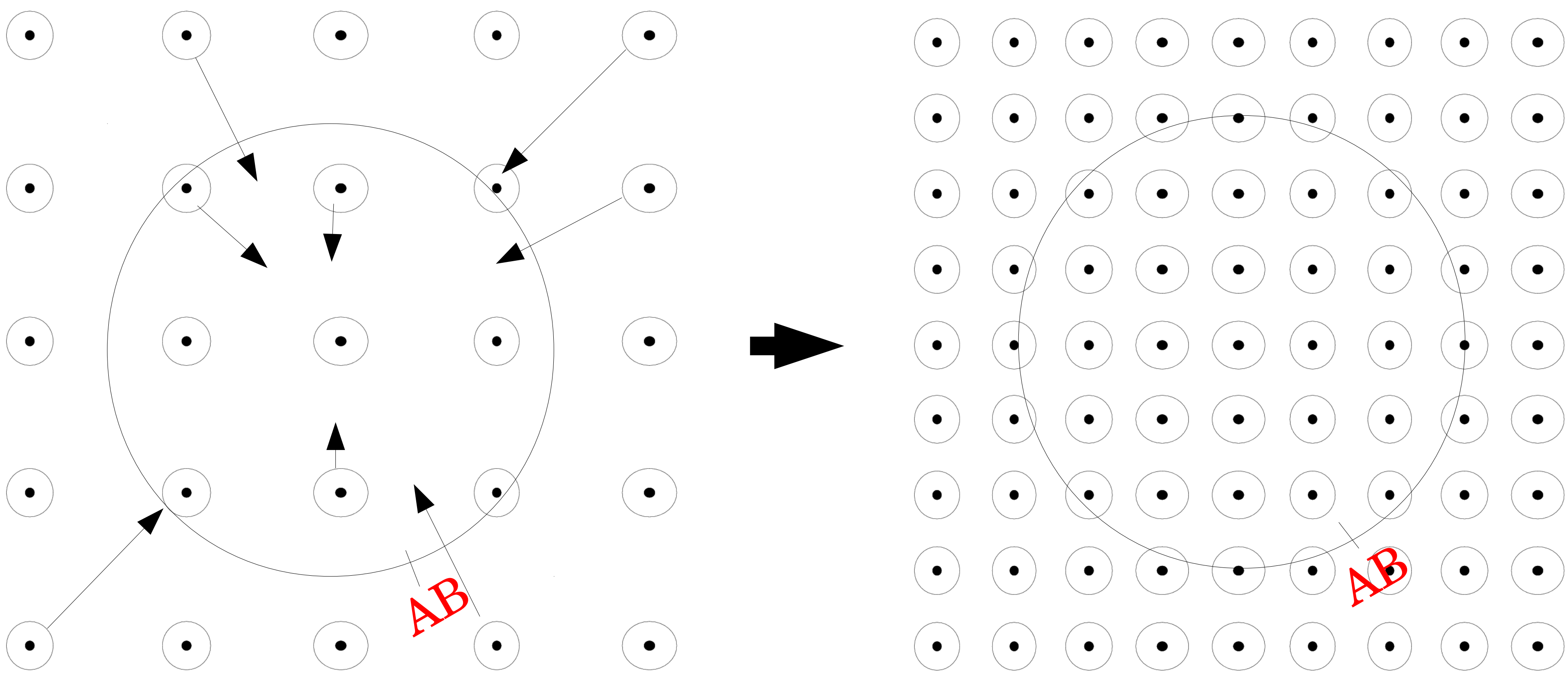

右の図の4倍の磁力線密度



磁場が強くなる時は、磁力線の移動が伴う。

# 電磁誘導(2)

右の図の4倍の磁力線密度

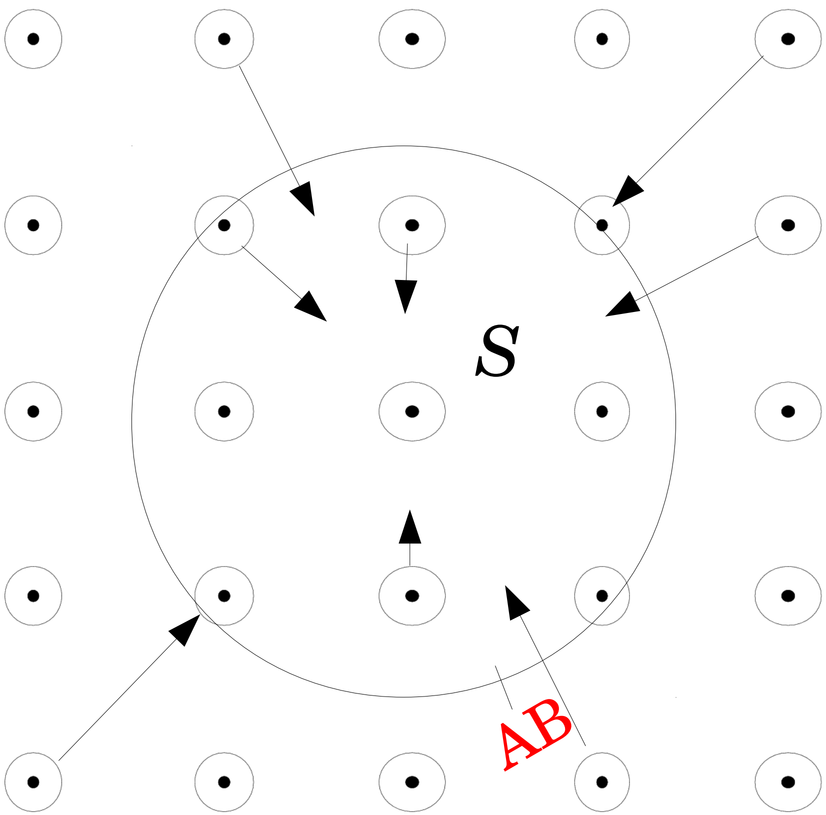



磁力線の方が移動している場合、「見かけ」ではない。ABに切れ目が有ると、電子が移動する直前の電位差は電場の一周積分であたえられる。

$$V_{[AB]}=\oint\vec{E}\,'d\vec{s}=\oint[(-\vec{v}_{[\text{磁場の移動する速度}]})\times\vec{B}]\cdot d\vec{s}$$

$v$の前の一符号は、磁場の速度であるため

# 電磁誘導(3)




一周積分

$$\oint [(\vec{v}_{[\text{磁場の移動する速度}]}) \times \vec{B}] \cdot d\vec{s}$$

は、積分路内に単位時間に入って来る磁力線の数であるが、同様な量は、下の式でも計算できる。

$$\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} \, dS$$

注意、$\int_S \vec{B} \cdot \hat{n} \, dS$は面積$S$を通る磁力線の数を数える操作。(ガウスの法則参照) 結局、AB間の電位差は、

$$V_{[AB]} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} \, dS$$

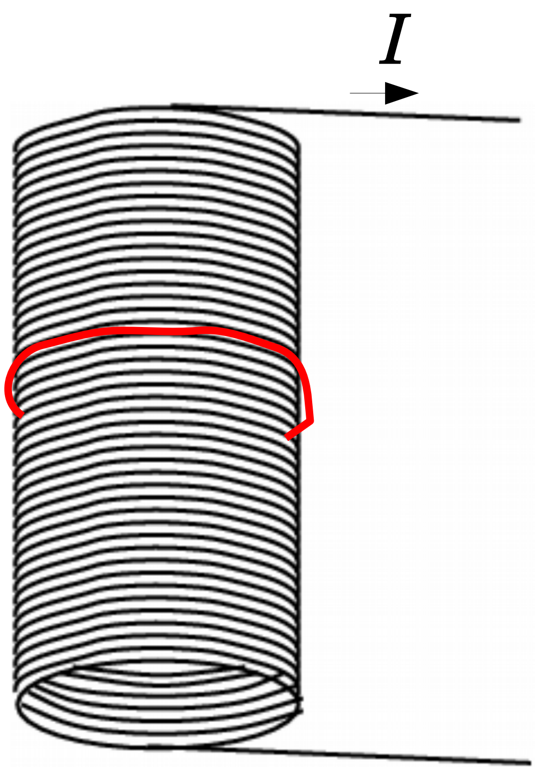
と書ける。(誘導起電力)

# 相互誘導

ソレノイドに巻きついた導線に発生する電位差は、ソレノイドの磁場： $B=\mu_0 n_1 I$ より、

$$V_{[AB]}=-\frac{d}{dt}\int_S \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS$$

$$=-\frac{d[B\cdot S]}{dt}=-S\mu_0 n_1\frac{dI}{dt}$$

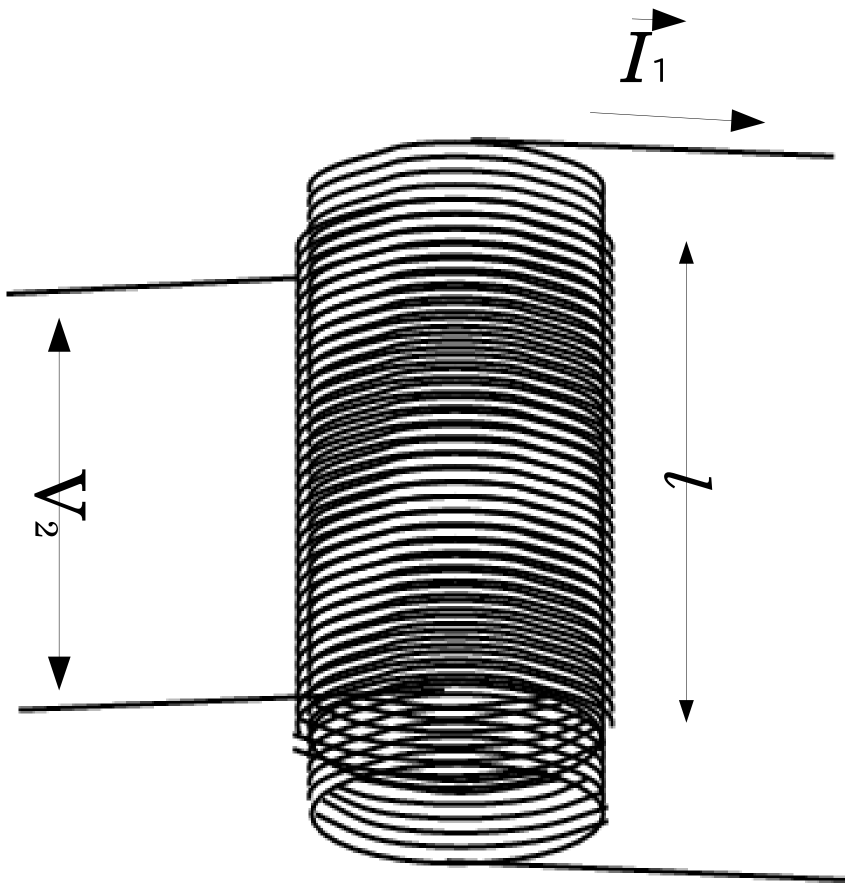



この電位差は、電流を流す起電力でもある。
巻き数が$N$回ならば、$N$倍の起電力。

$$V=-N\cdot S\mu_0 n_1\frac{dI}{dt}$$

直接接続されていない、コイル同士の
磁気による結び付きを相互誘導と呼ぶ。

トランス




$n_1$ , $n_2$

二つのソレノイドがかさなりあっている。かさなりの長さを$l$、それぞれの巻き線密度を$n_1$, $n_2$、ソレノイド1 を流れる電流を$I_1$ とする。

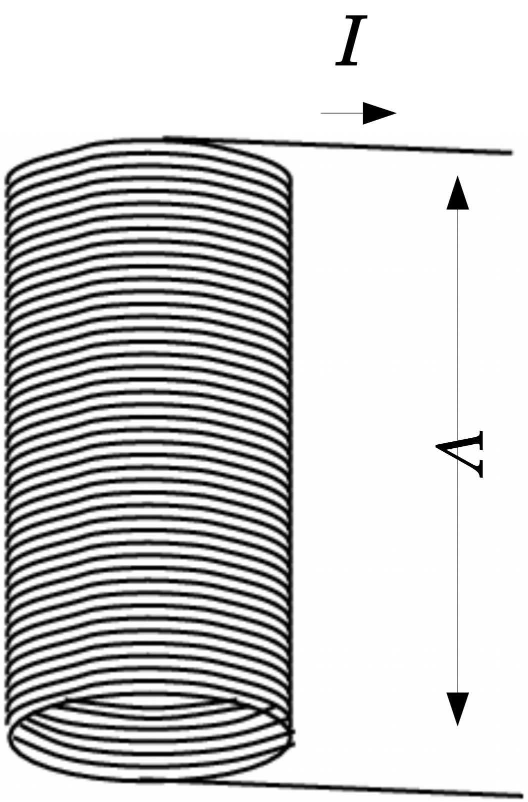
ソレノイドの両端で、磁場が広がる効果を無視すると、ソレノイド2 に誘導される起電力$V_2$ は、重なっているソレノイド2の巻数　$N = l\, n_2$ より、

$$V_2 = -l n_2 \cdot S \mu_0 n_1 \frac{dI_1}{dt} = -M \frac{dI_1}{dt}$$

と書ける。

電流の変化と起電力の比例定数$M$ を相互インダクタンスと呼ぶ。

# 自己誘導




一つのソレノイドの磁場の強さの変化は、
そのソレノイド自身にも起電力を引き起こす。
この現象を自己誘導と呼ぶ。
その起電力は、相互誘導の強さを与える式、

$$V_2 = -l n_2 \cdot S \mu_0 n_1 \frac{dI_1}{dt}$$

に $n_2 = n_1$ を代入、不要な添字を整理して、

$$V = -l S \mu_0 n_1^2 \frac{dI}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

と与えられる。

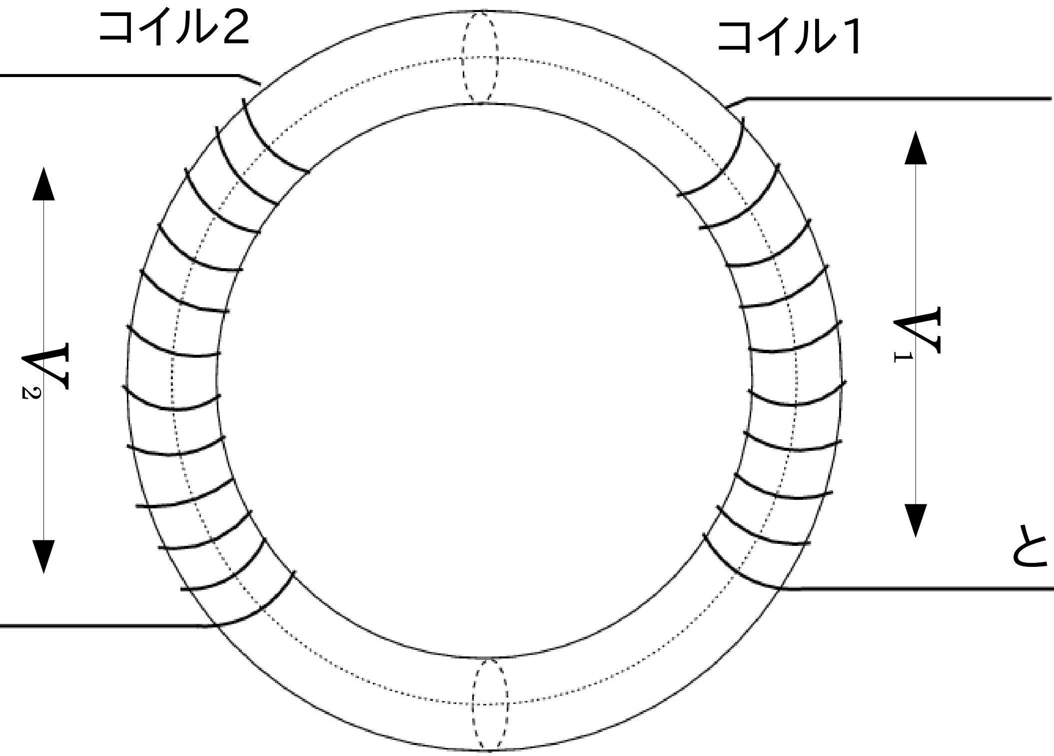
この電流の変化率と起電力の比例定数 $L$ を
自己インダクタンスと呼ぶ。

トランス2

左下の様な、ドーナッツ型の磁性体の芯をもつトランスは、磁束(磁場)の漏れ出しが少なく、効率が良い事が知られている。(トロイダル型トランスとよぶ)

この様な場合コイルのかさなりの長さは、全周の長さ$l$、

巻き線密度は、$n_1 = N/l$と考えてよい。




$$V_1 = -S\mu \frac{N_1^2}{l} \frac{dI_1}{dt}$$ 自己誘導

$$V_2 = -S\mu \frac{N_1 \cdot N_2}{l} \frac{dI_1}{dt}$$ 相互誘導

となるので、

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

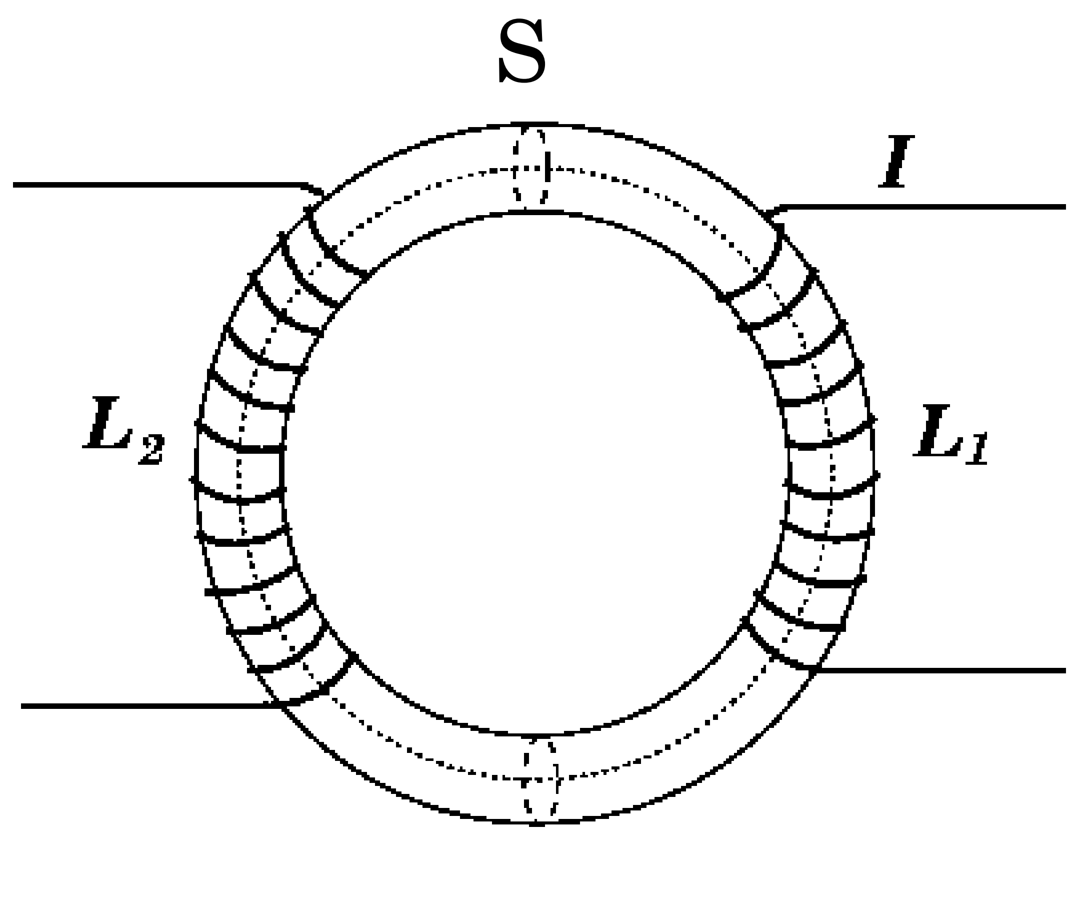
が得られた。

# 今日の問題、ドーナッツ型のトランス

図の様に、ドーナッツ型の強磁性体を芯材に用いて、磁力線が漏れ出さないように工夫された、トランスがある。芯材の中心線の長さを $l$、その断面積を $S$、透磁率を $\mu$、コイル$L1$の巻数をN1、コイルL2の巻数をN2として、下の問いに答えよ。

1.コイルL1に電流Iが流れている時、ドーナッツ型の

芯材の中心線上での磁場(磁束密度)を求めよ。




2.この磁場の強さで、ドーナッツ型の内部の

磁場の強さを代表させる事ができるとする。

L1に流れる電流が変化率 $\dfrac{dI}{dt}$ で変化する時、

L2の両端に発生する起電力を求めよ。

3.同様な起電力はL1でも発生する。それを求め、

L2で発生する起電力との比を示せ。