

物理Ⅱ

後期 第10回 電流と磁場

電流が磁場から受ける力

教科書 p104-108

今日の内容

磁場は磁石の磁極だけでなく、電流にも力を作用することを理解し、電流に作用する磁気力の向きに関するフレミングの左手の法則を覚える。

磁場の強さ $[A/m]$

磁場を表す量

H

磁束密度 $[T] = [N/Am]$

磁場の強さ H と同じく磁気の強さを表す量

B

透磁率 μ $[N/A^2]$

物質の磁化のしやすさを表す

$$B = \mu H$$

直線電流の受ける力 $[N]$

電流の受ける磁気力の大きさ

$$F = IBl$$

フレミングの左手の法則

電流の向き、磁界の向き、力の向きの関係を表すことができる法則

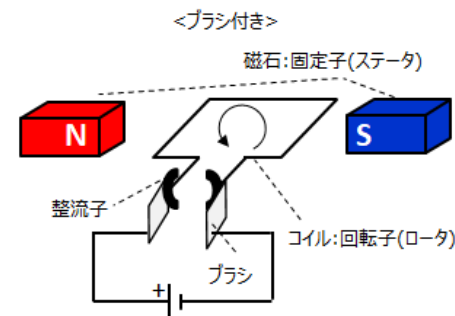
平行電流間に働く力 $[N]$

電流どうしが及ぼし合う力

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2\pi r}$$

応用：磁場中のコイルの回転

モーターの原理



磁場を表す量

1. 磁束密度 B と磁場の強さ H

$B = \mu H$ 単位 **T** (テスラ)

磁束密度 B も磁場の強さ H も、両方とも磁場を表す量

物質の磁化による磁場も含む

透磁率 μ [N/A²] 物質中の磁力線の通りやすさ（磁化のしやすさ）を表す

真空中 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [N/A²]

物質中 $\mu = \mu_0 \mu_r$ **比透磁率**

例題 1 を解きましょう

2. 磁束 Φ と磁束密度 B

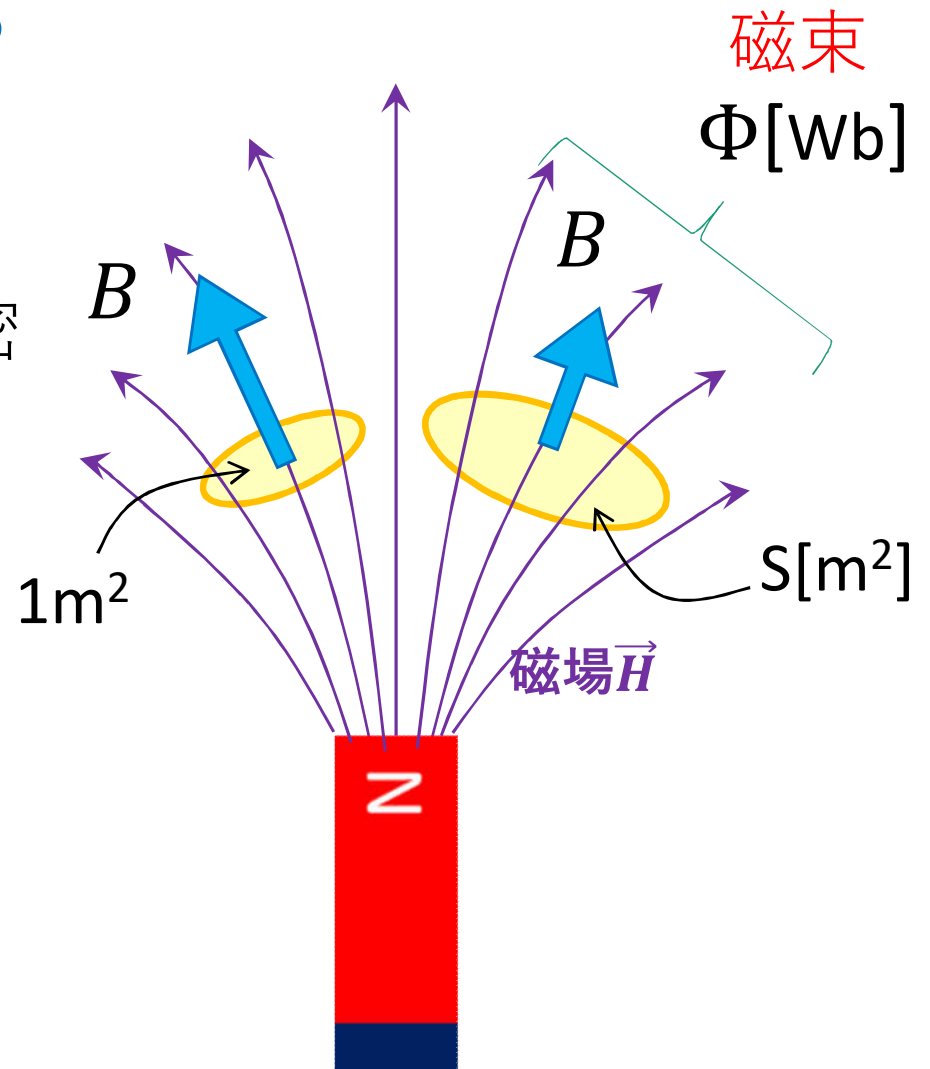
磁場に垂直な単位面積当たりの磁力線の数（磁束 [Wb]）を磁束密度という。

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

磁束密度の単位は

$$T = \text{Wb/m}^2$$

電気力線と電場の大きさの関係と同じ。



磁場と垂直な面積 S を貫く**磁力線**の数 Φ をこの面積で割ったものを磁束密度という

磁場の強さ H と磁束密度 B の関係

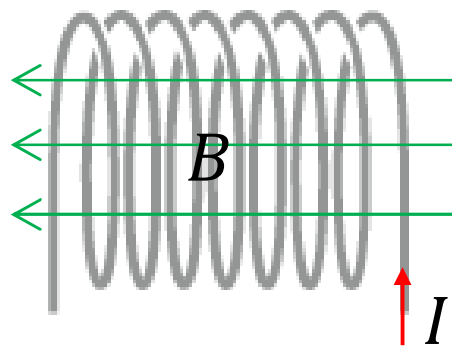
例) ソレノイド

電流 I を流したときのソレノイド内部の磁場の強さ H は nI で、
ソレノイドに流れる電流のみで決まる値

$$H = nI$$

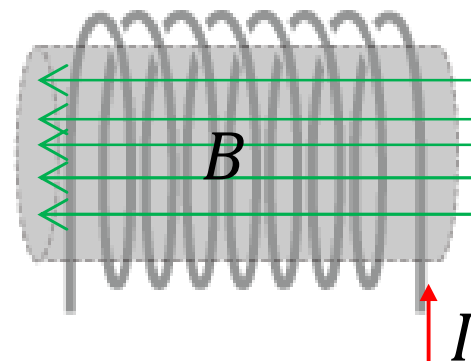
一方、磁束密度 B は物質の磁化による磁場も含む

内部が真空のとき



$$B = \mu_0 nI$$

内部に鉄心を挿入



$$B = \mu nI = \mu_r \mu_0 nI$$

透磁率 μ が大きいほど物質中の磁束密度 B [T] が大きくなる

物質中の磁力線が増える

	物質	比透磁率
常磁性体	空気	1.000000
	木材	1.000000
	アルミニウム	1.000022
強磁性体	鉄	5000程度
反磁性体	銅	0.9999
	水	0.9999

鉄を挿入したとき、真空のときに比べて、磁束密度が5000倍ほど大きくなる

電流が磁場から受ける力

1. 一様磁場中に磁場に垂直に導線を置いたとき

・ 磁場の中に置かれた電流には力がはたらく

導線 $l[\text{m}]$ あたりが受ける力の大きさ

$$F = IBl$$

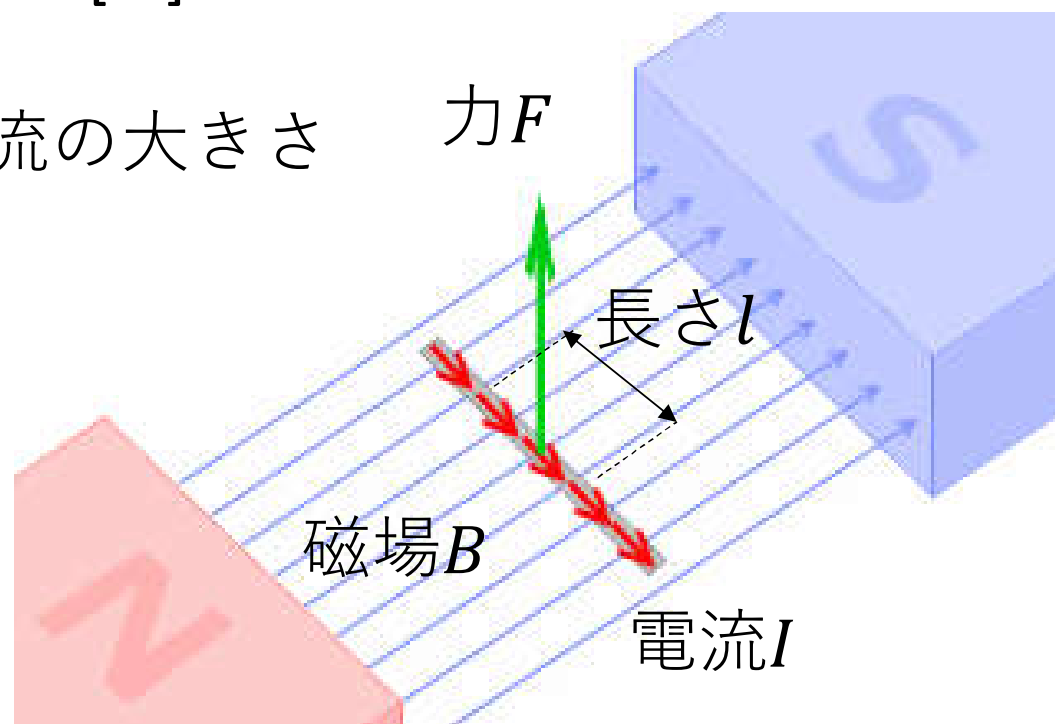
導線の長さ $l[\text{m}]$

導線に流れる電流の大きさ

磁束密度の単位

式 $F = IBl$ より

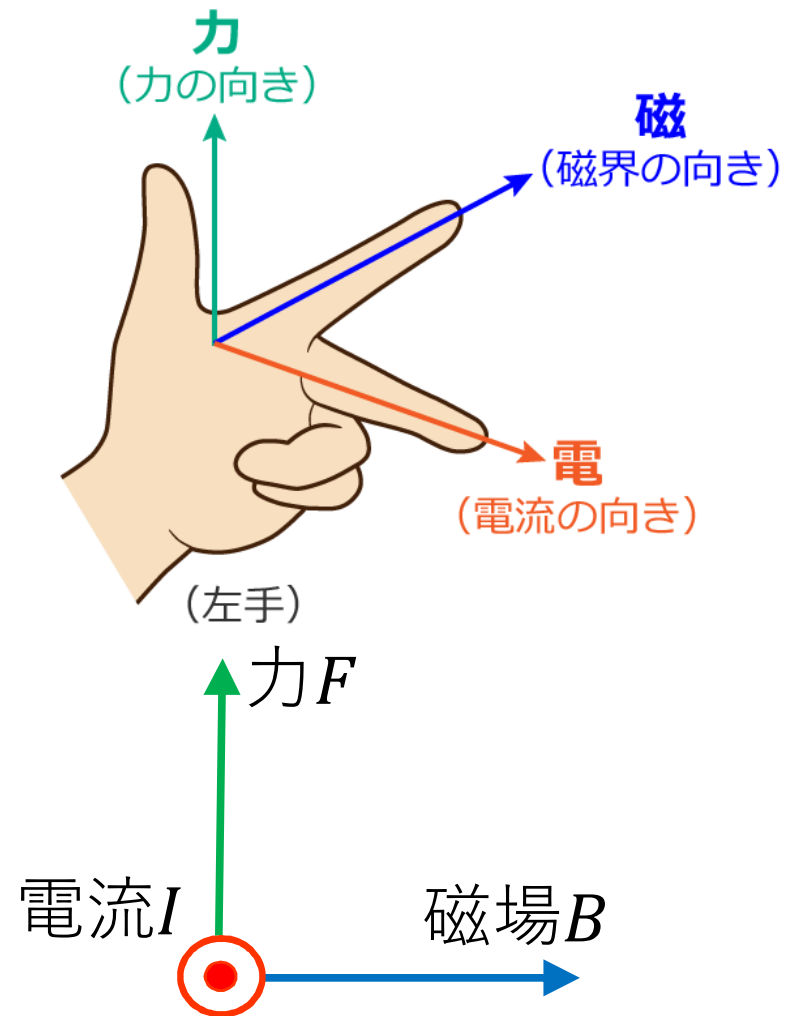
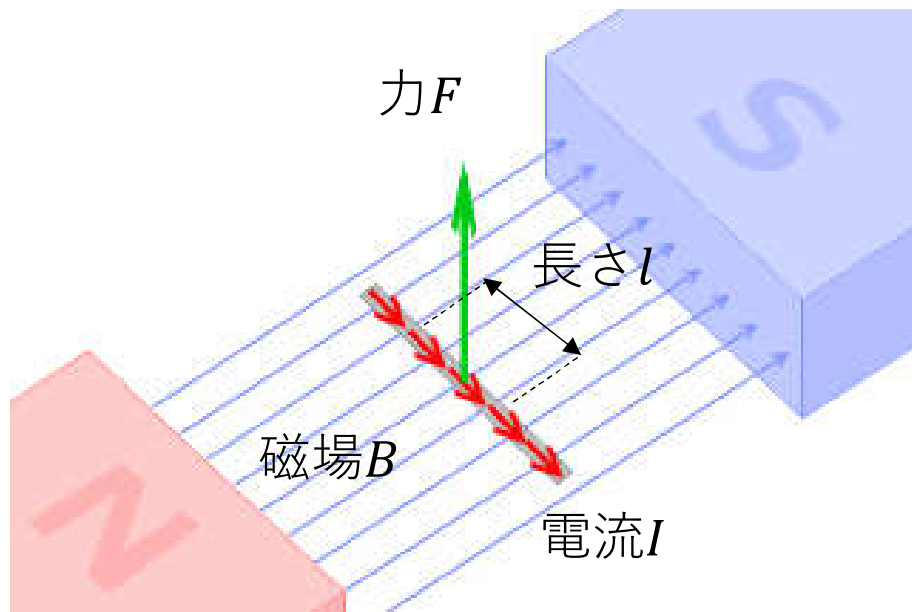
$$T = \text{N/Am}$$



・フレミングの左手の法則

磁場中に置かれた電流は、磁場にも電流にも**垂直**な方向に力を受ける。

磁気力の向きは磁場にも電流にも**垂直**な向き

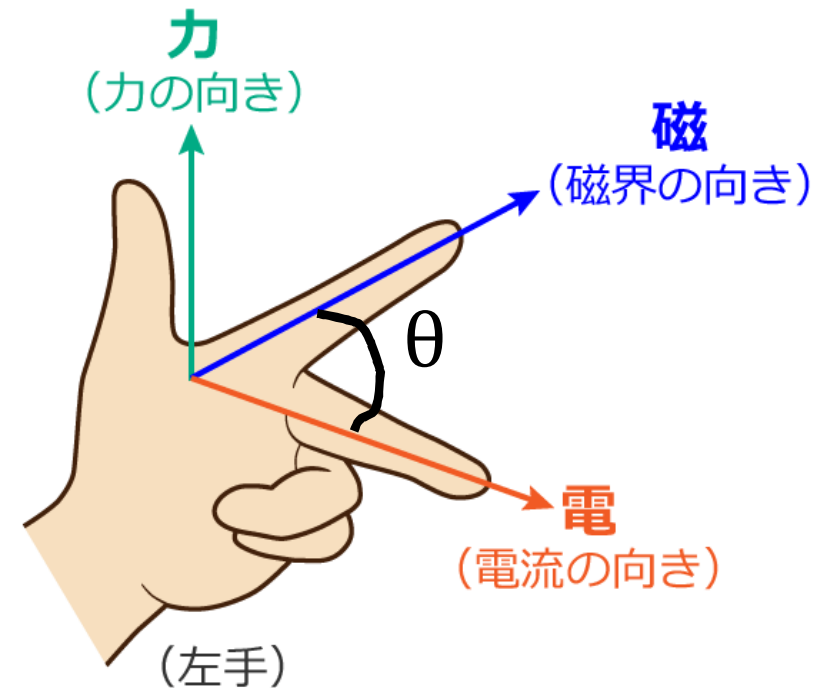
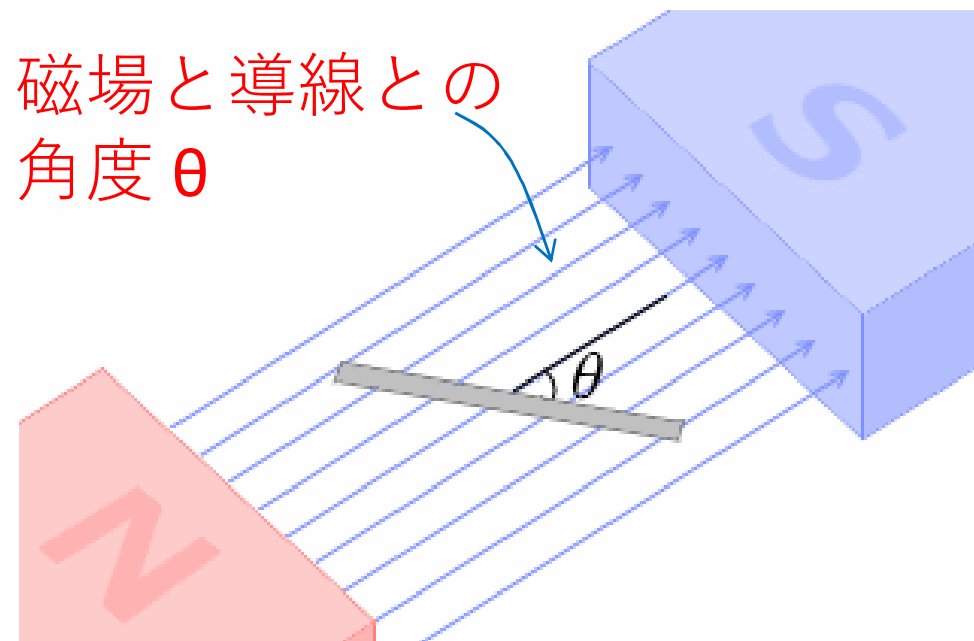


2. 導線が磁場に対して斜めに置かれた場合

磁気力の大きさは磁場と導線との角度 θ の $\sin$ に比例

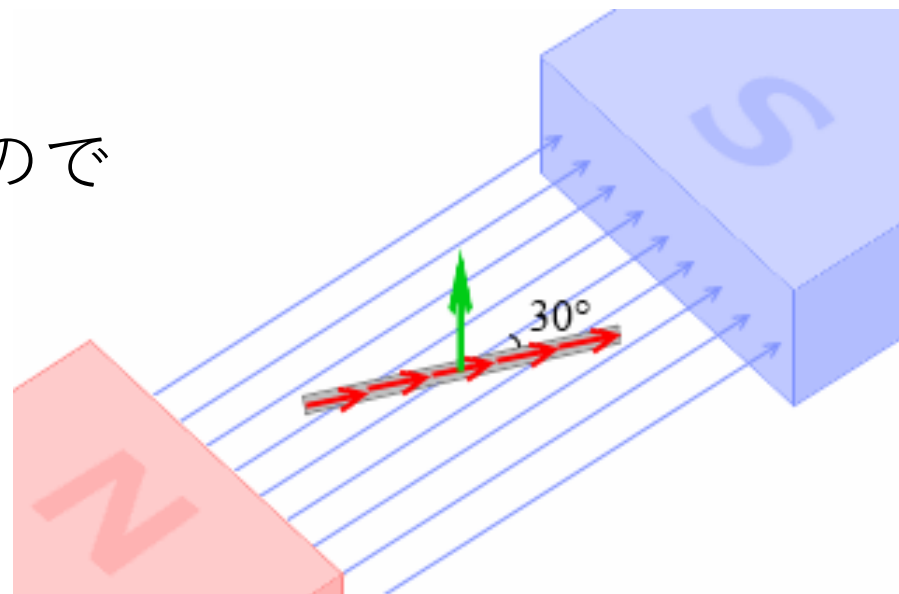
$$F = IBl \sin \theta$$

磁気力の向きは磁場にも電流にも**垂直**な向き



$\theta = 30^\circ$ のとき $\sin 30^\circ = 1/2$ なので

$$F = \frac{1}{2} IBl \text{ [N]}$$



$\theta = 0^\circ$ のとき $\sin 0^\circ = 0$ なので

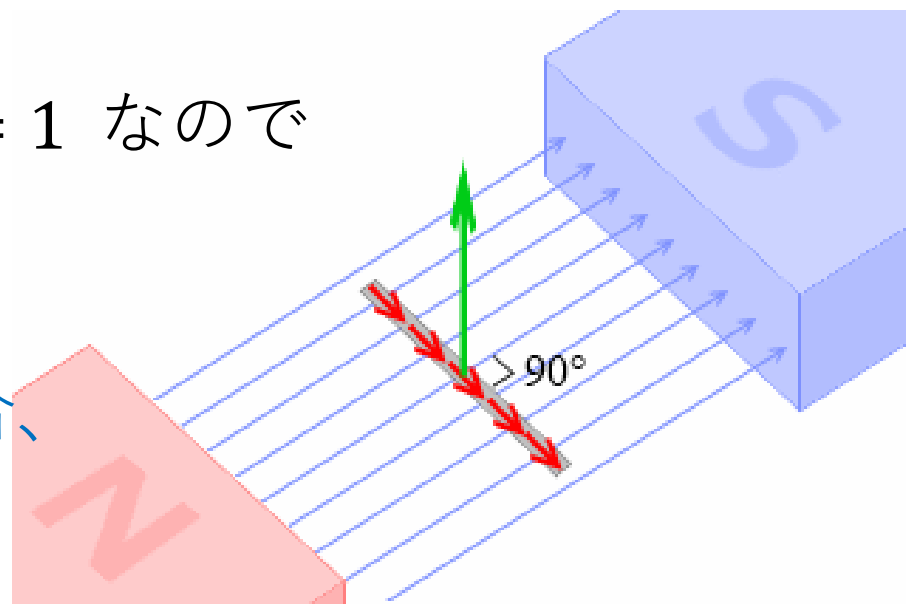
$$F = 0 \text{ [N]}$$

磁場と電流が平行なときは力を受けない

$\theta = 90^\circ$ (垂直) のとき $\sin 90^\circ = 1$ なので

$$F = IBl \text{ [N]}$$

導線が磁場と垂直に置かれた場合、
力は最大。



平行電流が及ぼし合う力

2本の十分に長い直線電流が平行に流れているとき、**2本の電流がそれぞれ磁場をつくり、それらの磁場がお互いの電流に力を及ぼしあう。**

同じ向きに流れる平行電流

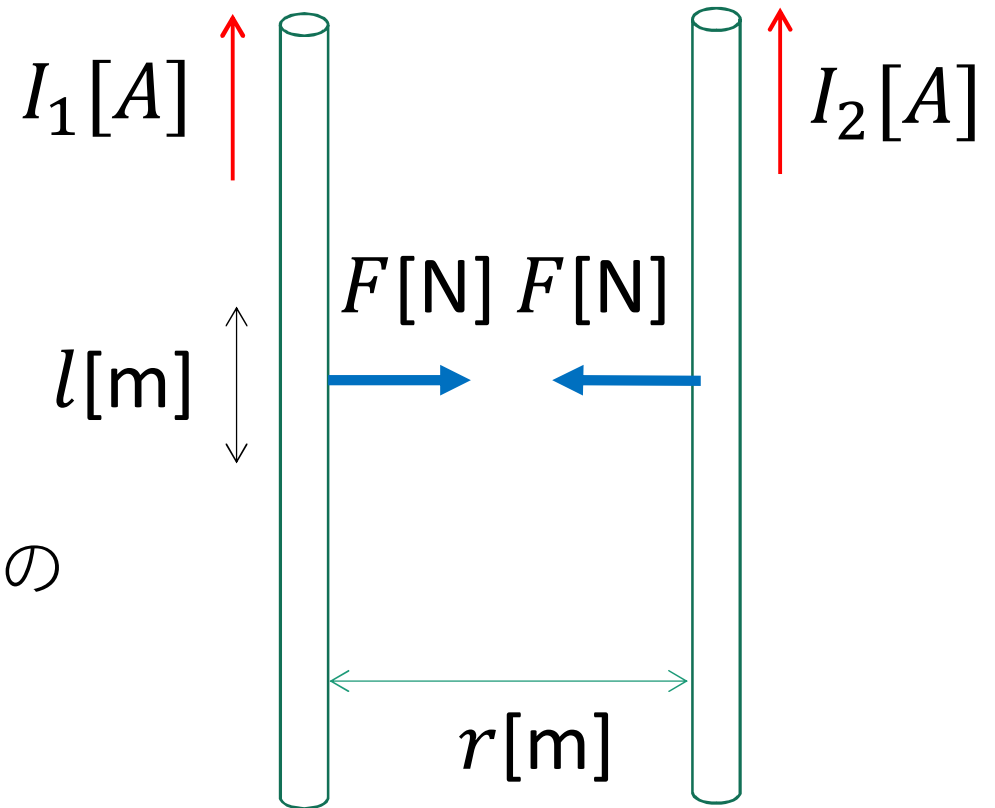
➡ **引力**

逆向きに流れる平行電流

➡ **斥力**

2本の導線 $l[\text{m}]$ あたりに働く力の大きさ

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2\pi r}$$

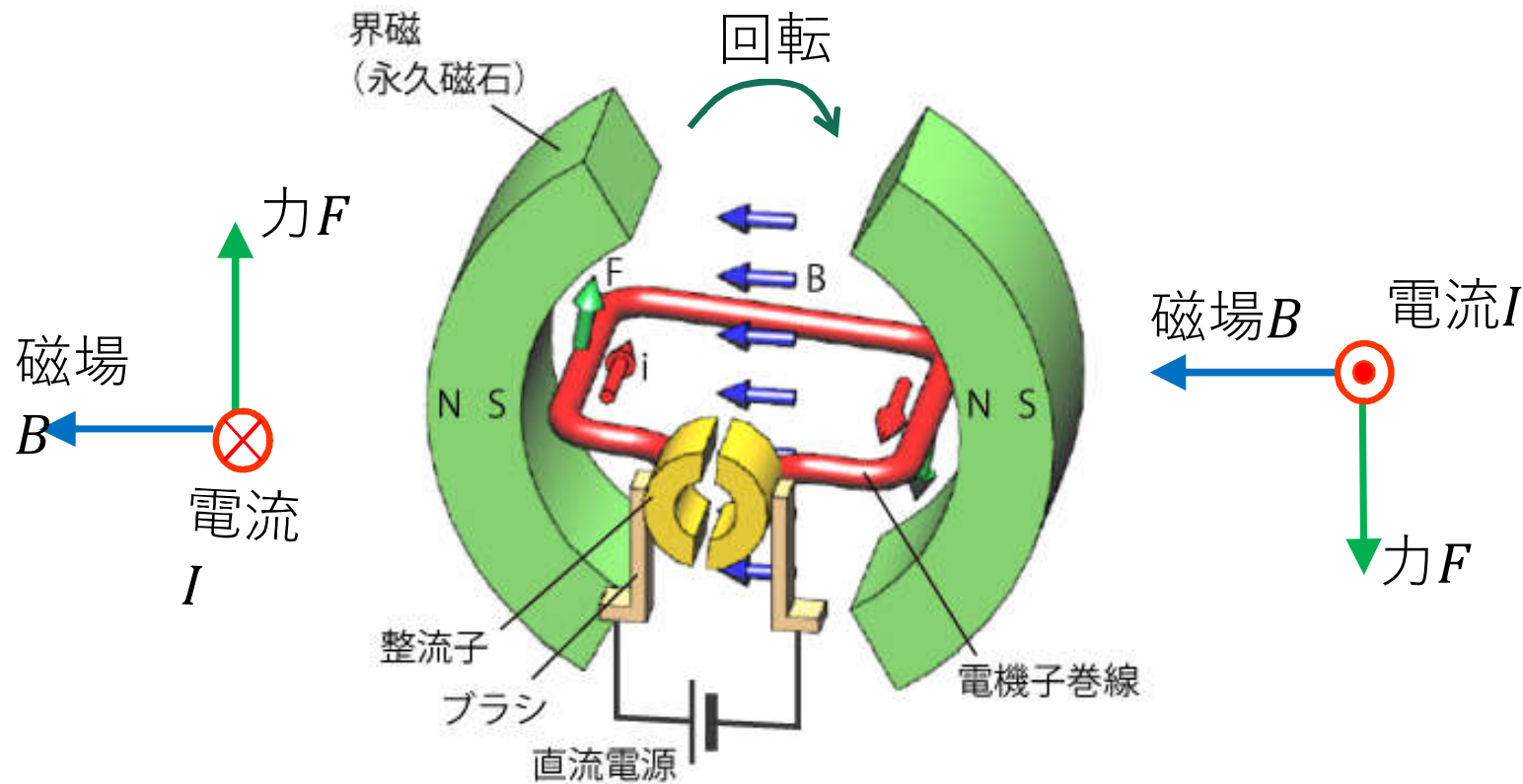


例題3でこの式を導きましょう。

モーターの原理（応用）

直流モーターは、磁界の中で導線に電流を流すと力が作用する性質を利用している。身の回りでさまざまな形で用途を広く利用されている。

直流モーター



例題 4 を解きましょう。