






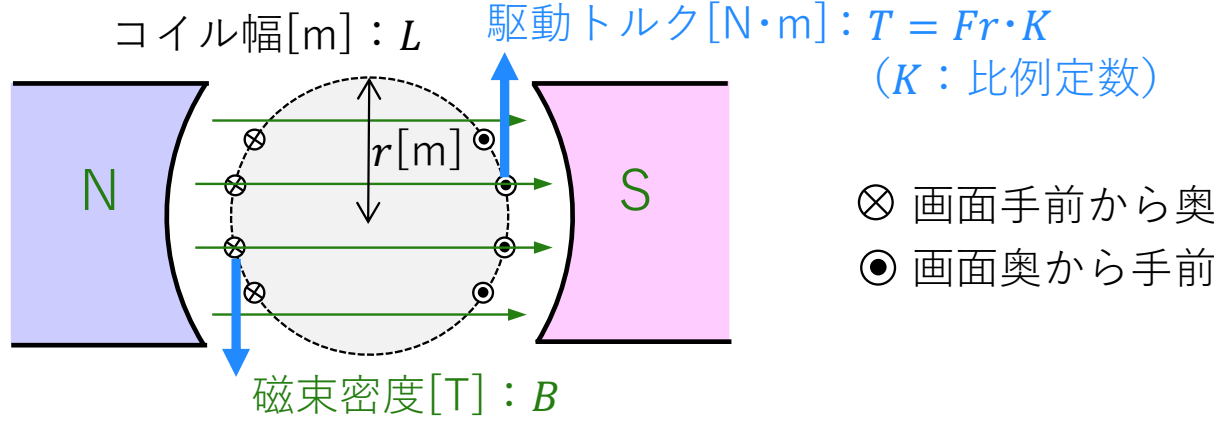
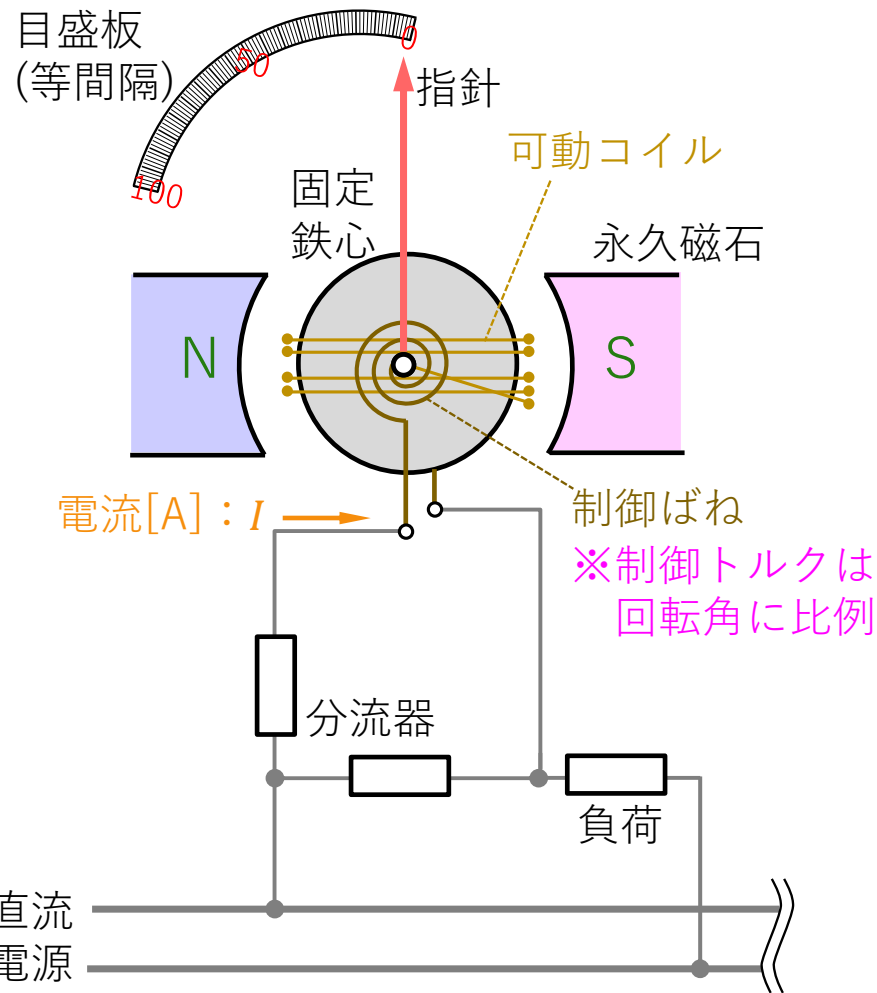


## 機械式アナログ計器 《計器まとめ》

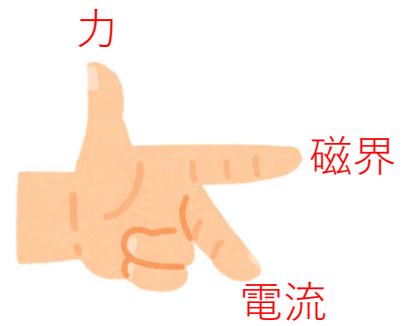
計器種類	シンボル	交流/直流	測定値	目盛	適用	特徴
可動コイル形		直流	平均値	等間隔 平等	電流, 電圧計	現在も一般的に使用されている。 感度が高く消費電流が小さい。堅牢・安価。
可動鉄片形		交流	実効値	不平等 (2乗)	電流, 電圧計	現在も一般的に使用されている。 主に商用周波数用。堅牢・安価。
整流形		交流	平均値	等間隔 平等	電流, 電圧計	感度が高く消費電流が小さい。歪み波形では誤差が生じる。インバータ回路には誤差が大きく不向き。
熱電形		交流 直流	実行値	不平等 (2乗)	電流計	高周波交流も測定可能。波形の影響を受けずに実効値として測定可能。応答性は良くない。
電流力計形	 空心  鉄心	交流 直流	実行値	等間隔 平等	電力計	精度良いが外部磁界の影響を受け易いので磁気シールドに配慮必要。電流・電圧計では不平等(2乗)目盛。
静電形		交流 直流	実行値	不平等 (2乗)	電圧計	高電圧測定用。コンデンサと等価であり低損失。精度が良い。外部磁界の影響を受けない。
誘導形		交流	実行値	積算 カウンタ	電力量 積算計	精度が良く、電力量の取引計量に用いられる。

機械式アナログ計器 《可動コイル形》

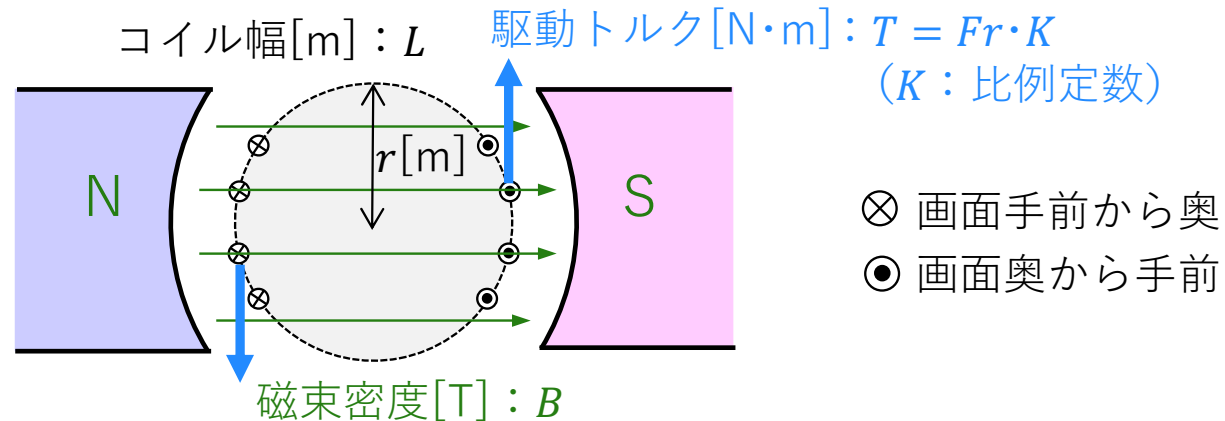
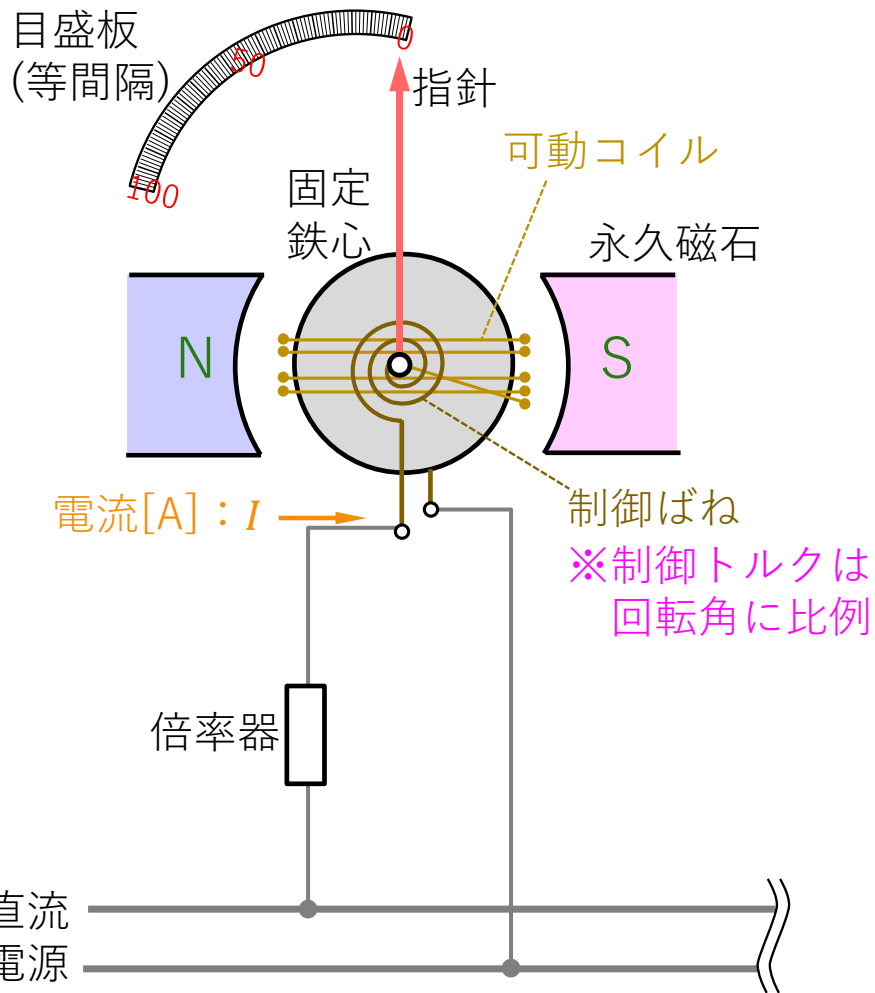


■磁界中で電流が流れる導体にかかる力： $F = BIL$   
 フレミング左手の法則

※駆動トルクは電流の大きさに比例



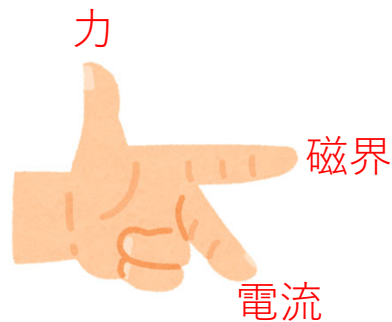
# 機械式アナログ計器 《可動コイル形》



■磁界中で電流が流れる導体にかかる力 :  $F = BIL$

フレミング左手の法則

※駆動トルクは電流の大きさに比例

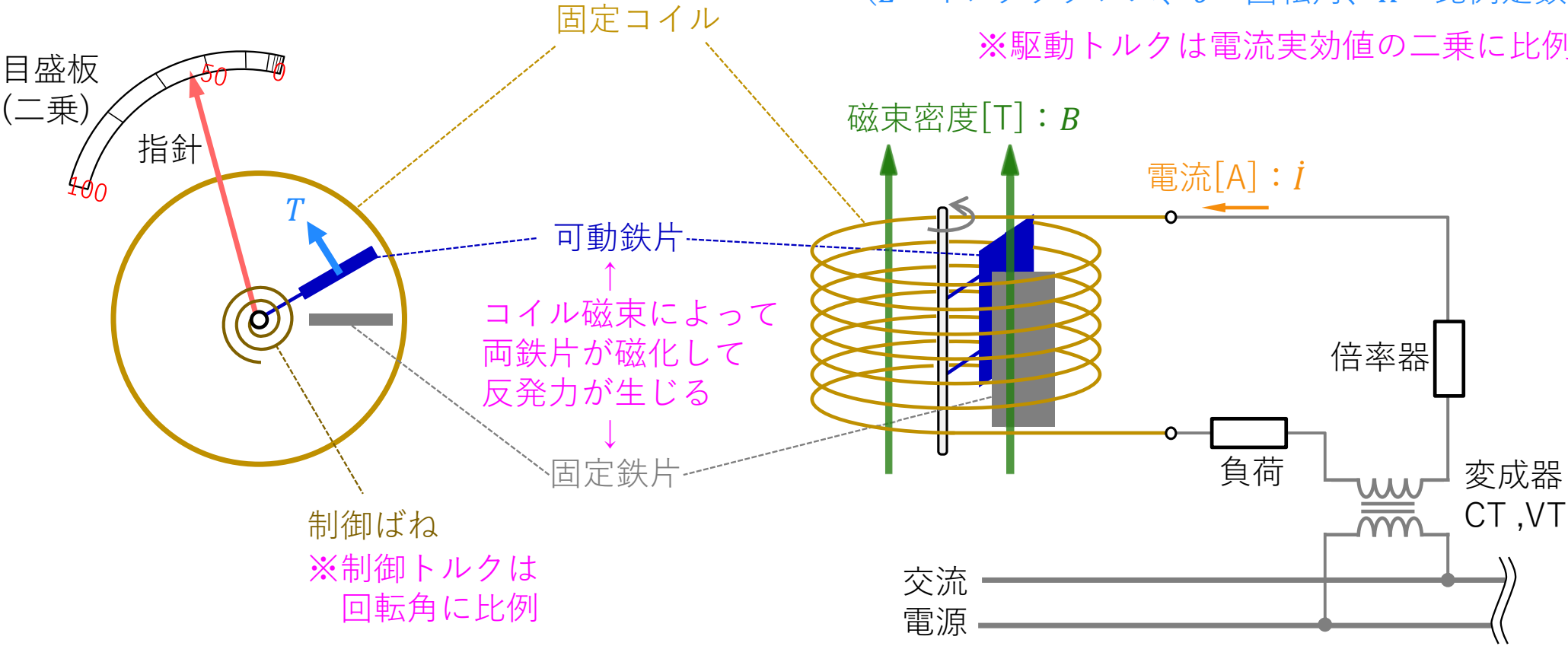


機械式アナログ計器 《稼働鉄片形》

$$\text{駆動トルク [N}\cdot\text{m]} : T = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\theta} \cdot K$$

( $L$  : インダクタンス、 $\theta$  : 回転角、 $K$  : 比例定数)

※駆動トルクは電流実効値の二乗に比例



↑  
コイル磁束によって  
両鉄片が磁化して  
反発力が生じる

制御ばね  
※制御トルクは  
回転角に比例

倍率器

負荷

変成器  
CT, VT

交流  
電源

電流[A] :  $i$

磁束密度[T] :  $B$

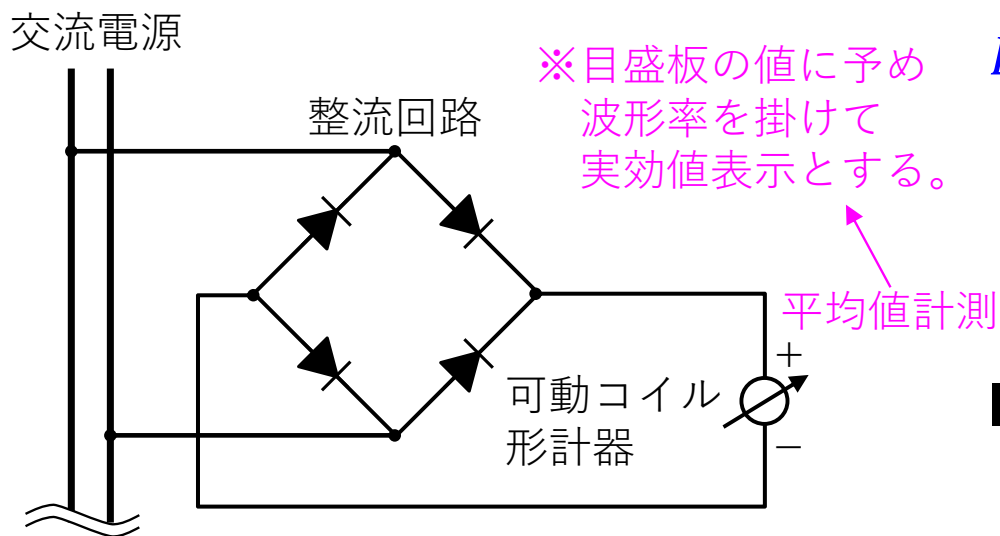
固定コイル

可動鉄片

固定鉄片

目盛板  
(二乗)  
指針

# 機械式アナログ計器 《整流形》



波形	波形率 (実効値/平均値)	波高率 (実行値/最大値)
正弦波	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cong 1.11$	$\sqrt{2} \cong 1.414$
方形波	1	1
三角波	$\frac{2}{\sqrt{3}} \cong 1.155$	$\sqrt{3} \cong 1.732$

■ 正弦波  $E_M \sin \omega t$  の平均値  $E_{ave}$  ※  $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$E_{ave} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} E_M \sin \omega t dt = \frac{\omega E_M}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{\omega}} \sin \omega t dt$$

-----  
半周期の平均

$$= \frac{\omega E_M}{\pi} \left[ \frac{-\cos \omega t}{\omega} \right]_0^{\frac{\pi}{\omega}} = \frac{2E_M}{\pi} \cong 0.637E_M$$

■ 正弦波  $E_M \sin \omega t$  の実効値  $E_{rms}$

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T E_M^2 \sin^2 \omega t dt} = E_M \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt}$$

-----  
二乗平均平方根

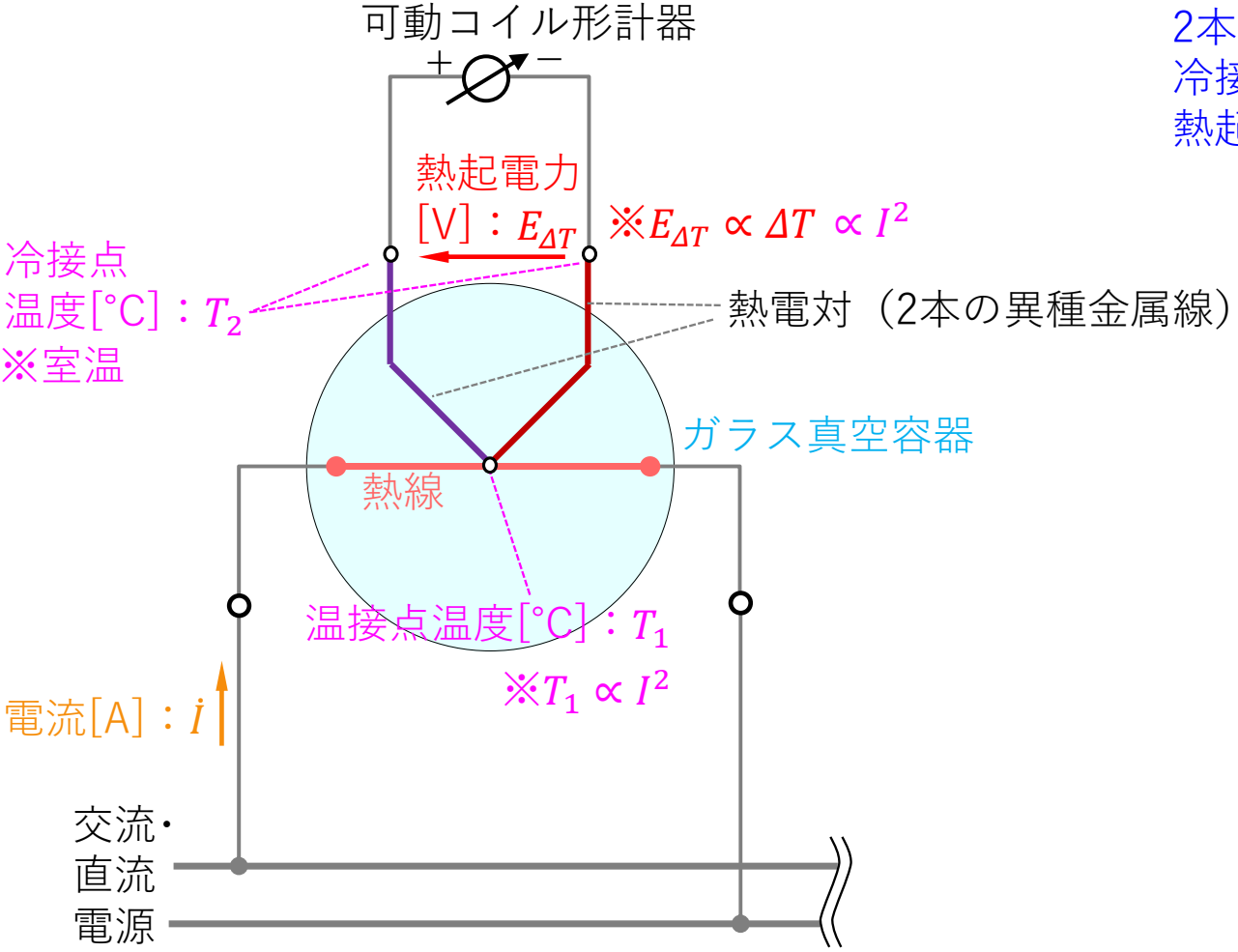
$$= E_M \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \left[ \frac{t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4\omega} \right]_0^{\frac{2\pi}{\omega}}} = \frac{E_M}{\sqrt{2}} \cong 0.707E_M$$

■ 波形率 =  $\frac{\text{実効値}}{\text{平均値}} = \frac{E_{rms}}{E_{ave}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cong 1.11$

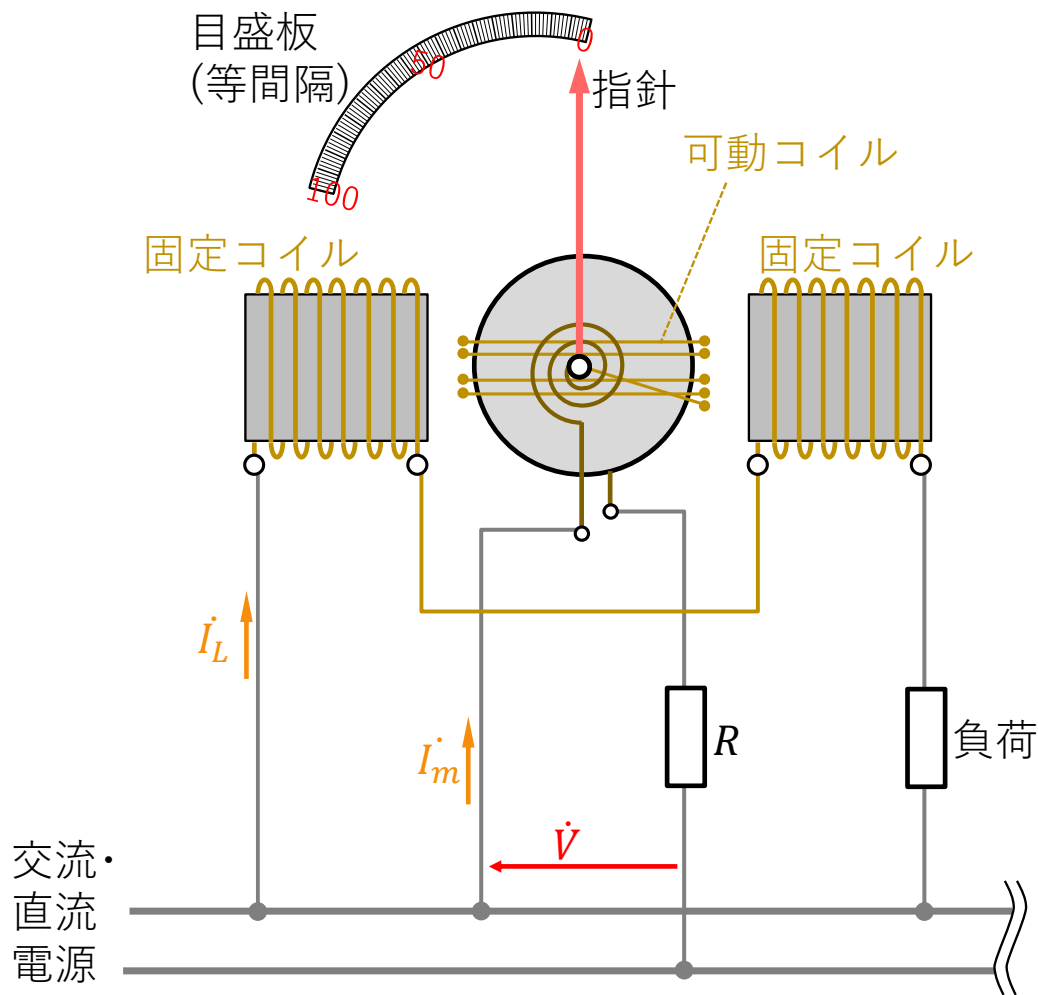
機械式アナログ計器 《熱電形》

ゼーベック効果（熱電効果）：

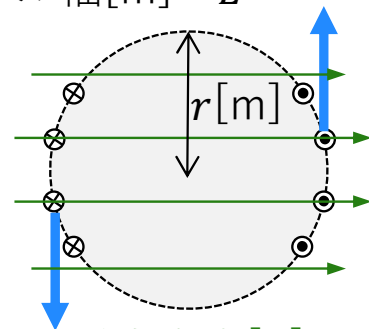
2本の異種金属を接合して、温接点温度 $T_1$ と冷接点温度 $T_2$ の温度差 $\Delta T = T_1 - T_2$ に比例した熱起電力 $E_{\Delta T}$ を生じる。



# 機械式アナログ計器 《電流力計形》



コイル幅[m] :  $L$       駆動トルク [ $N \cdot m$ ] :  $T = Fr \cdot K$   
 ( $K$  : 比例定数)

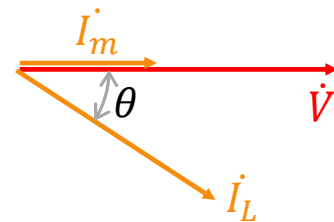


- ⊗ 画面手前から奥
- ⊙ 画面奥から手前

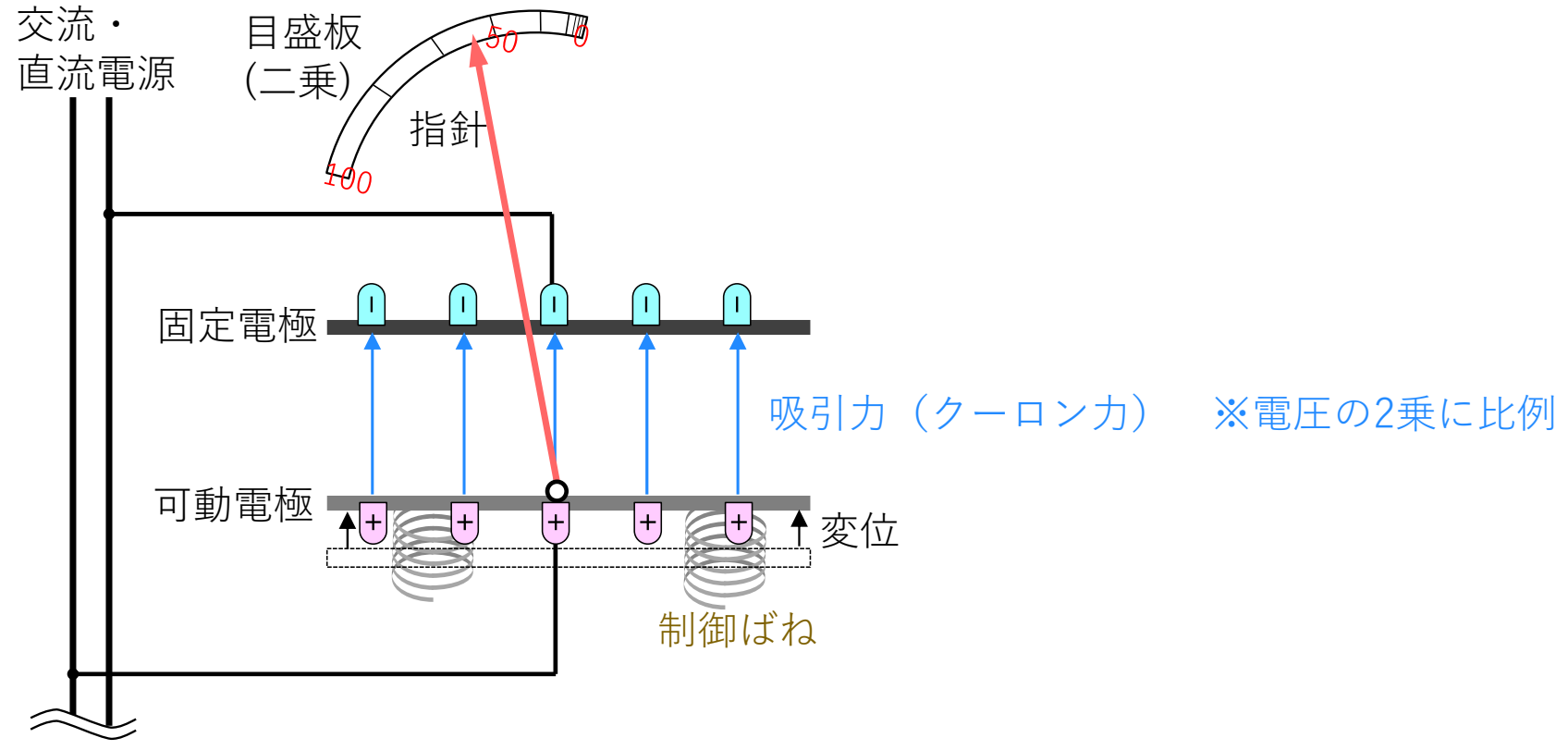
$$F = B \cdot I_m \cdot L \quad \times I_m \propto \dot{V}$$

$$\text{駆動トルク [N} \cdot \text{m]} : T \propto I_L I_m \propto |\dot{V}| |I_L| \cos \theta$$

※ 駆動トルクの平均値は有効電力に比例する



機械式アナログ計器 《静電形》



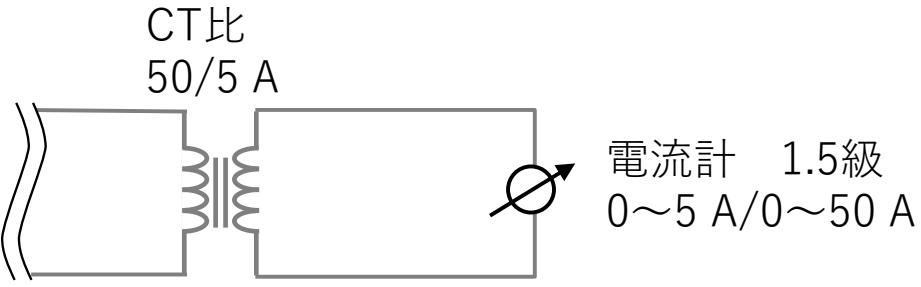


機械式アナログ計器 《精度・誤差》

真の値 $T$ 、測定値 $M$ とすると、

誤差： $\varepsilon = M - T$       誤差率[%]： $\frac{\varepsilon}{T} \times 100$

- 誤差の種類
- 間違い誤差：測定ミス
  - 系統誤差：一定の原因が元で生じる誤差
  - 偶然誤差：特定困難な測定条件の変動、等



精度クラス	許容誤差	適用例
0.2級	±0.2%	超高精密測定
0.5級	±0.5%	高精密測定
1.0級	±1.0%	精密測定
1.5級	±1.5%	産業用一般（精密） ※配電管理、等
2.5級	±2.5%	産業用一般（普通） ※電動機運転管理、等

例) 最大目盛値 50A 1.5級の電流計

電流計の許容誤差： $50 \times \frac{1.5}{100} = 0.75 \text{ A}$

指示値5 Aのとき、 $\frac{0.75}{5} \times 100 = 15 \%$

15%の誤差が生じる可能性がある。

※許容誤差は計器の最大目盛に対する百分率