

電験革命

機械編 直流機





C.E.E.F

Chief Electric Engineers Federation

電気主任技術者連盟

1. 界磁、電機子ってなんだっけ？

界磁 B を発生させる 電機子 F or V を発生させる

2. 直流電動機、発電機の電機子反作用とは？

(keyword: 電気的中性軸、磁界が均一ではない)

電機子が B に影響を与えてしまう！！

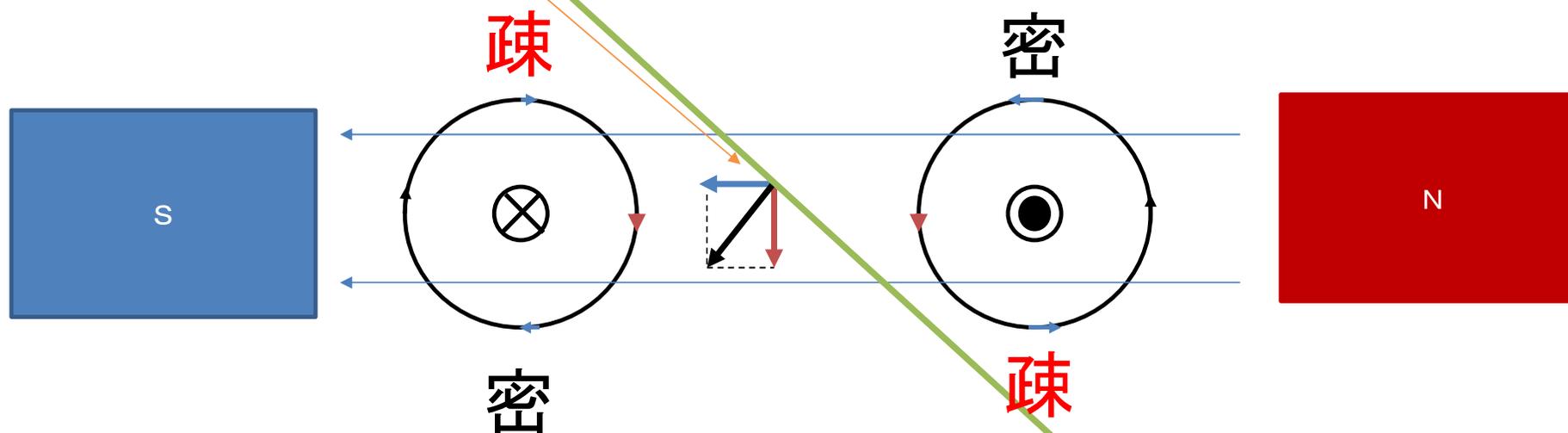
3. 電機子反作用によって生じる問題とその対策方法は？

磁界が均一でない → ブラシ間に火花！！

補極 補助巻線

断面図 時計回りの回転方向（密→疎の方向に力を受ける）

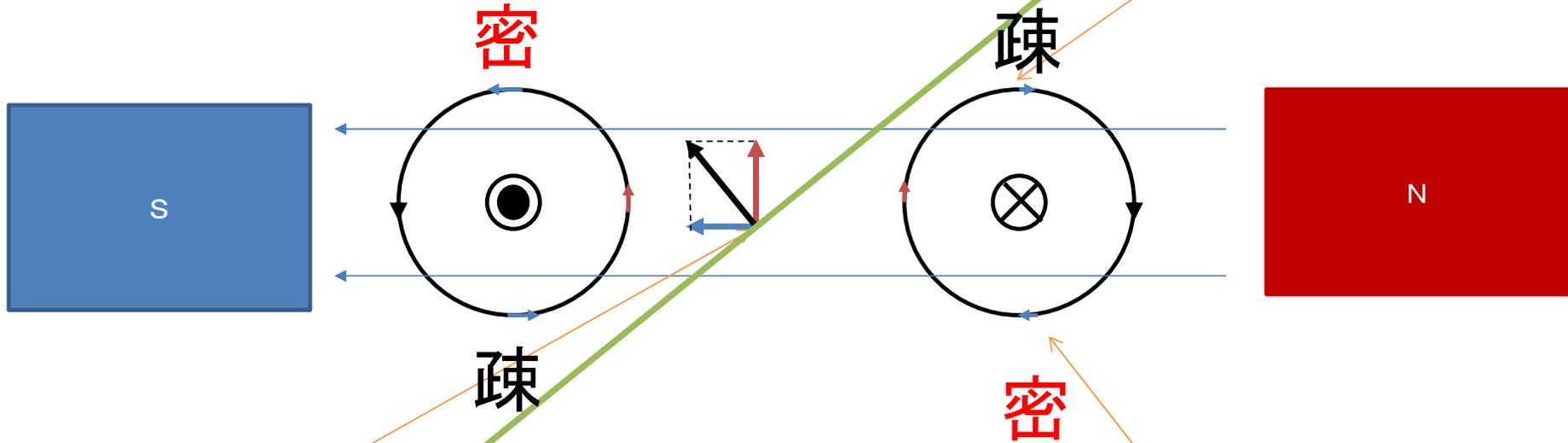
界磁が生み出した磁束



回転方向とは逆方向に電気的中性軸が移動する

断面図 時計回りの回転方向（密でも移動させる！！）

磁束が打ち消し合っているなので磁束が減少



中心部:電機子によって作られる磁界

磁束が重なっているなので磁束が増加

回転方向に電気的中性軸が移動する

本日の授業！！ 直流機の計算



- 1.起電力、力、トルクの計算
- 2.直流機の種類 (直巻,分巻,他励式)
- 3.直流機の等価回路と速度、電力特性
4. $P = \omega T$
- 5.重ね巻き (並列) と波巻き (直列)



第1章

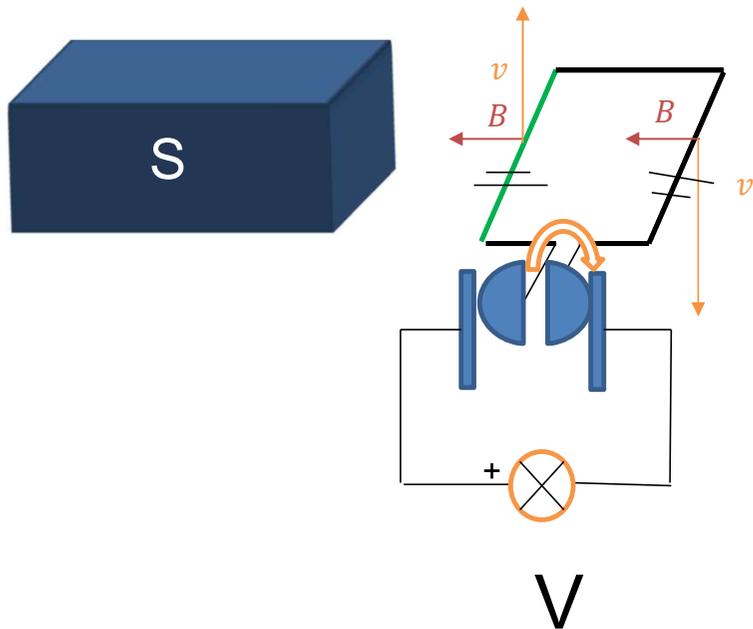
起電力、力、トルクの計算



例.Vを求める

直流発電機

$$V = vBl + vBl = 2vBl = 2v \left(\frac{\phi}{s} \right) l = 2(r\omega) \left(\frac{\phi}{2\pi rl} \right) l = \frac{2\omega}{60} N\phi$$
$$= k_1 N\phi$$



電圧は回転スピード
と磁束に比例する!!

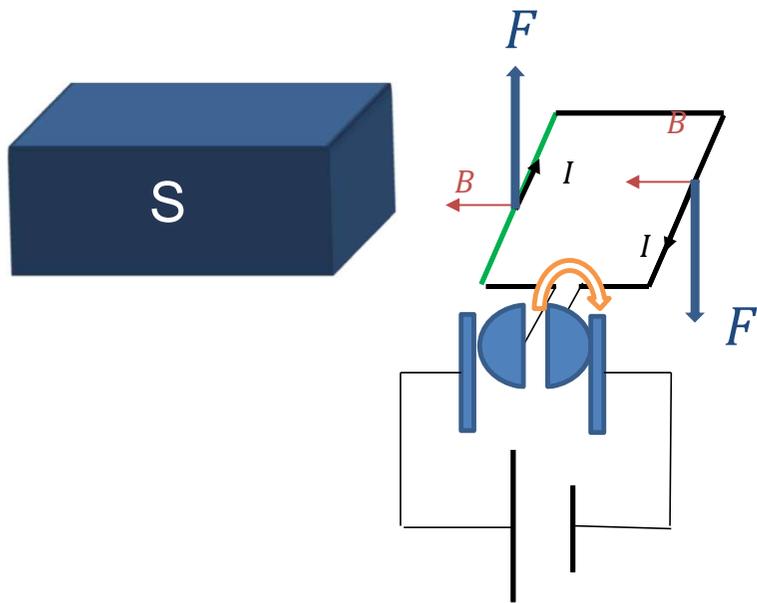
$$v = r\omega$$

$$\omega = 2\pi \frac{N}{60}$$

例.FとTの求め方

直流電動機

$$F = BIl = \frac{\phi}{S} Il = \frac{\phi}{2\pi r l} Il = \frac{\phi}{2\pi r} I \quad \rightarrow \quad T = Fr + Fr = \frac{2\phi}{2\pi} I = k_2 \phi I$$

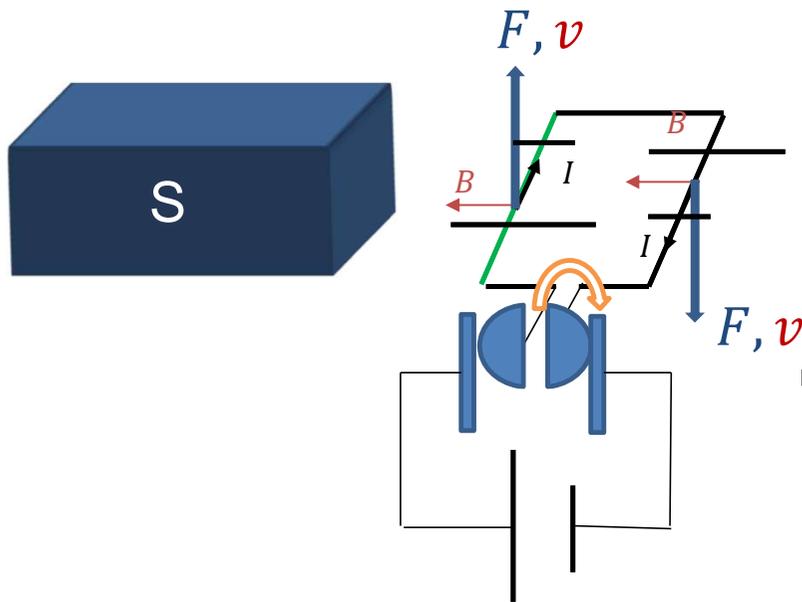


トルクは**磁束**と電機子に流れる電流に比例する！！

電動機は ある意味 発電機？

電動機はコイルを速い**速度** v で回転させている

→右手の法則「 $V = vBl$ 」ゆえに電圧が生じているはず！

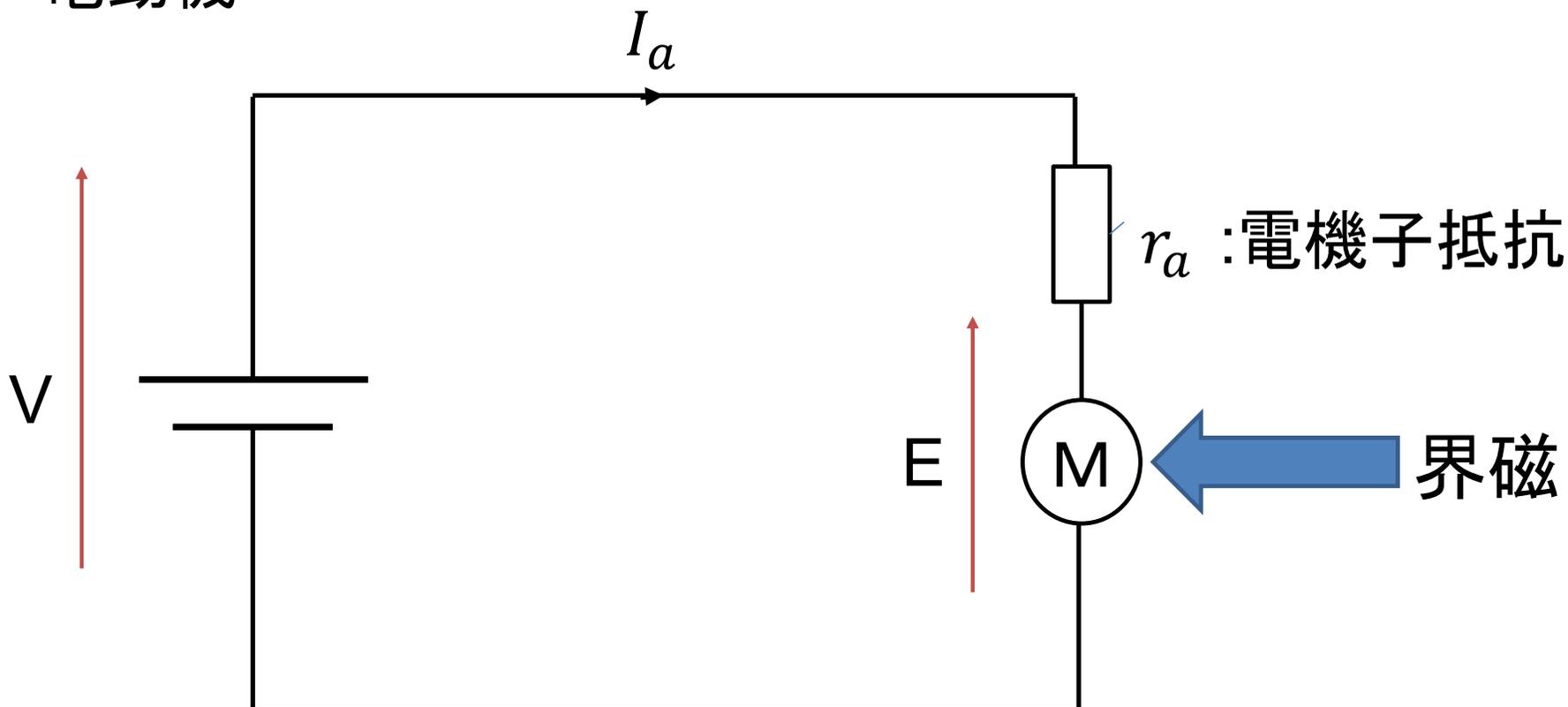


電源を打ち消す方向に起電力が生じる

単純に考えると。。。



電動機



第2章

直流機の種類

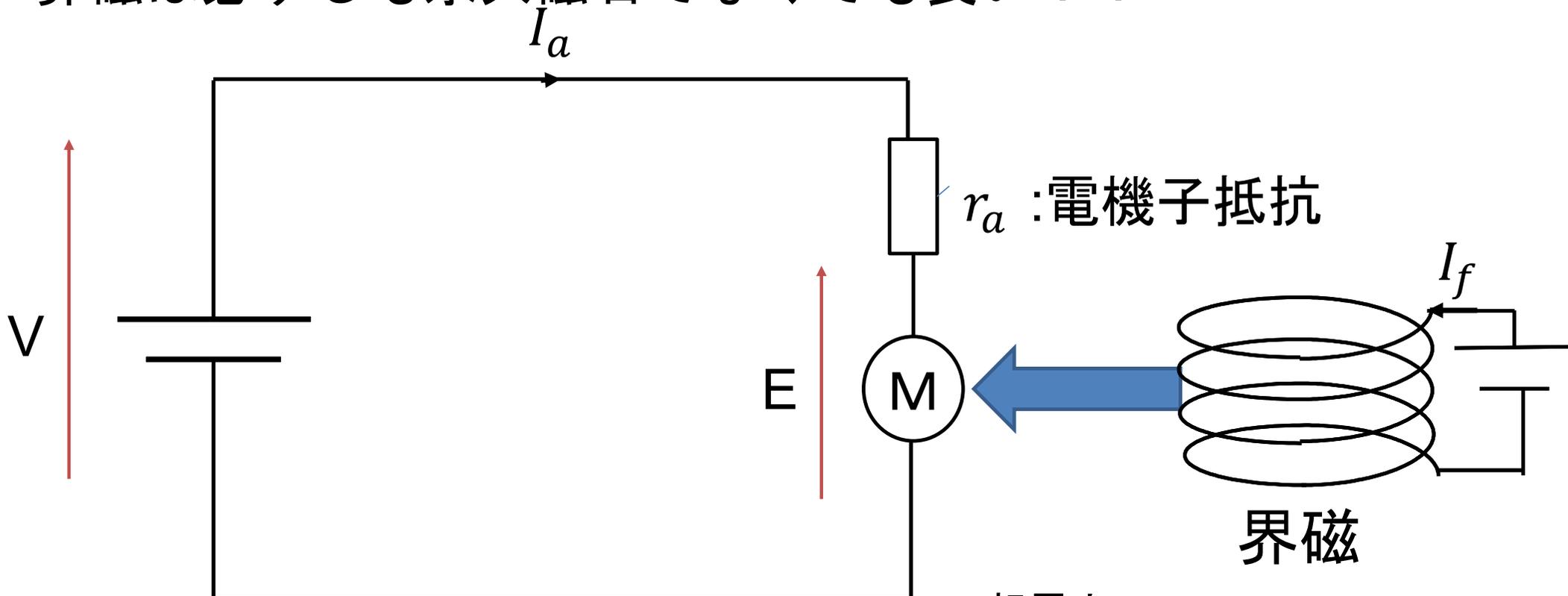
Keyword: 直巻, 分巻,
他励



2. 直流機の種類



界磁は必ずしも永久磁石でなくても良い！！



E: 起電力

V: 端子電圧

ごっちゃにならないように！！

界磁が**電磁石**である場合のメリット

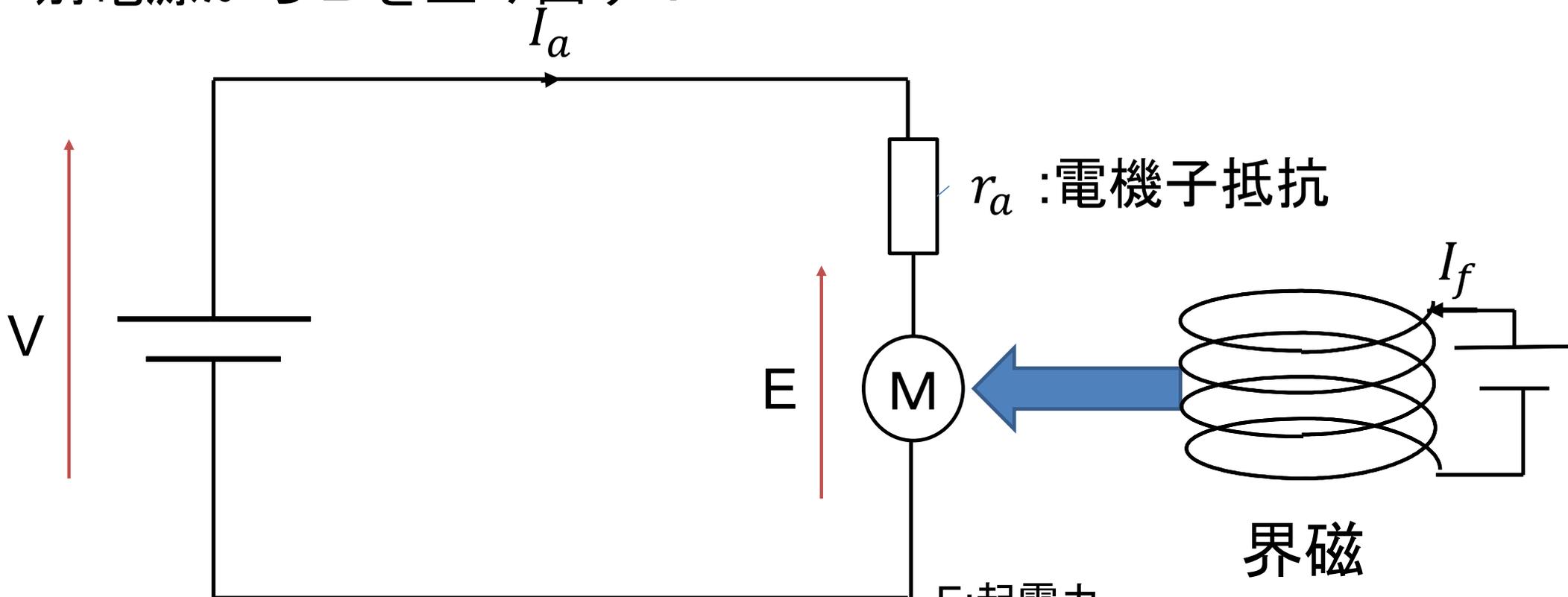


- 永久磁石だと磁束密度 B は固定されてしまう
- 界磁電流 I_f を変化させることで B を変化させられる！！
- 直巻（コイル直列）、分巻（コイル並列）、他励式（別々）を覚える！！

他励式電動機の場合



別電源からBを生み出す！



E:起電力

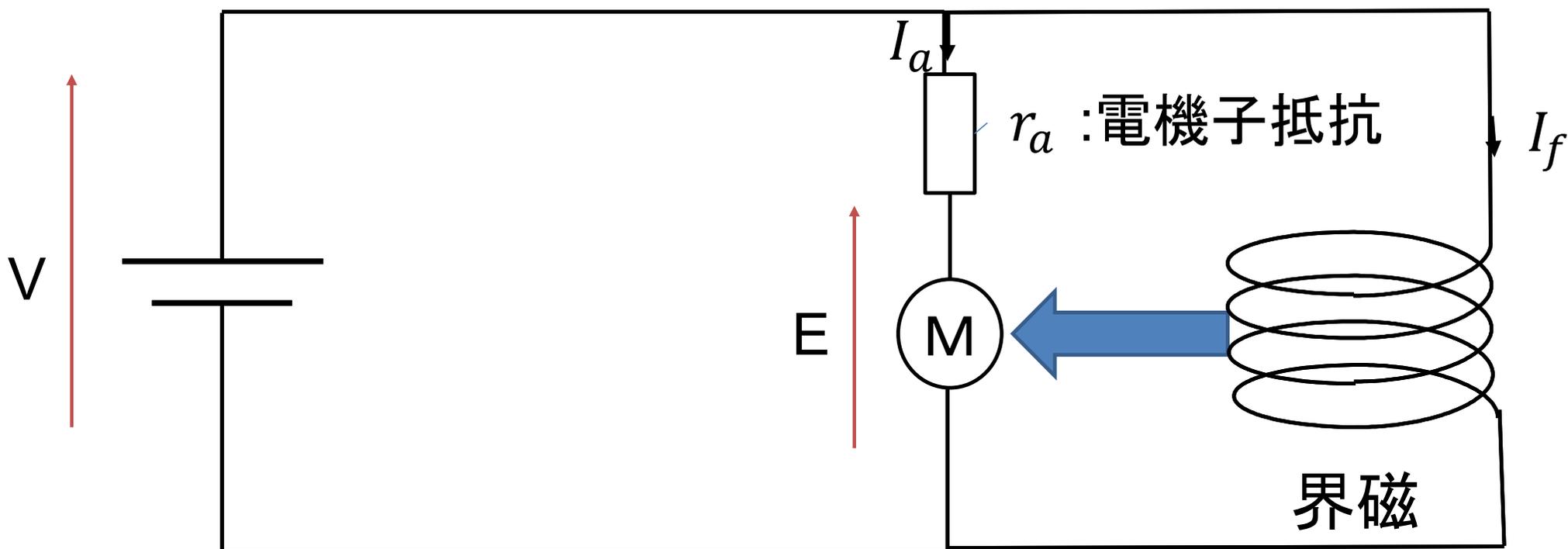
V:端子電圧

ごっちゃにならないように！！

分巻電動機の場合



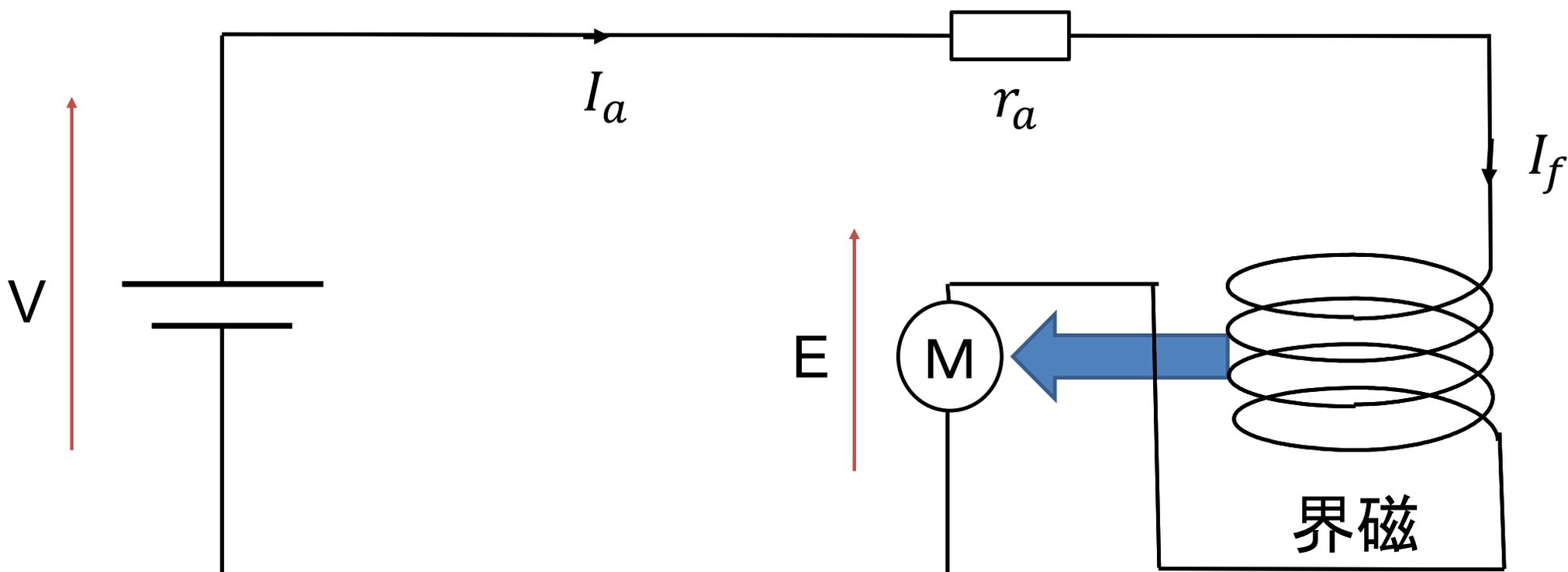
同一電源から並列コイルでBを生み出す！



直巻電動機の場合



同一電源から直列コイルでBを生み出す！



第3章

等価回路

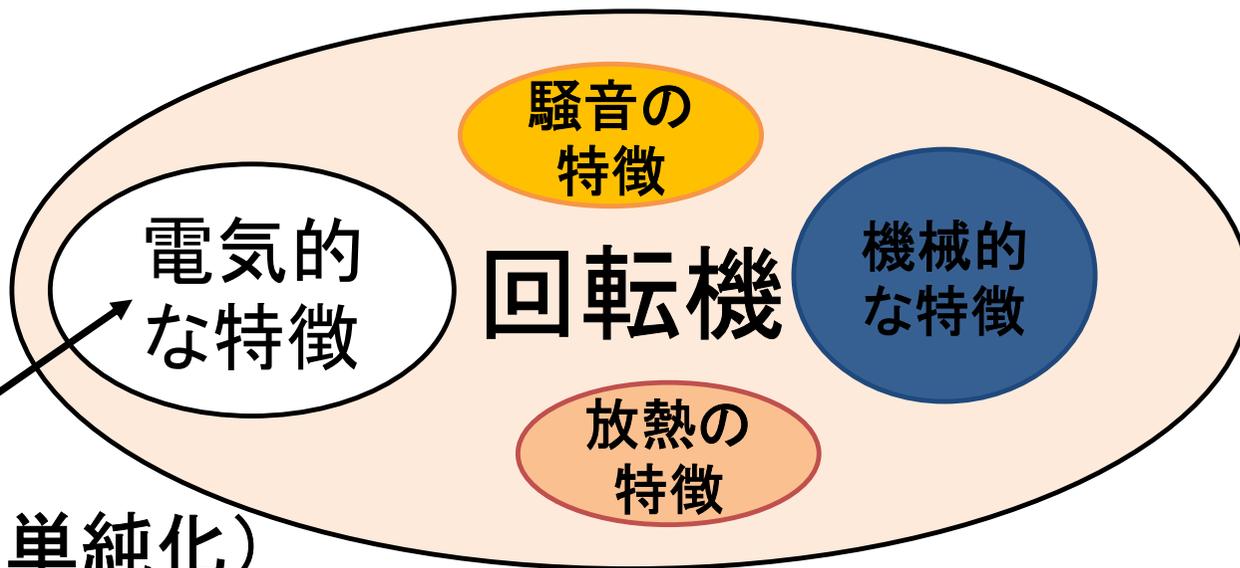


等価回路とは？



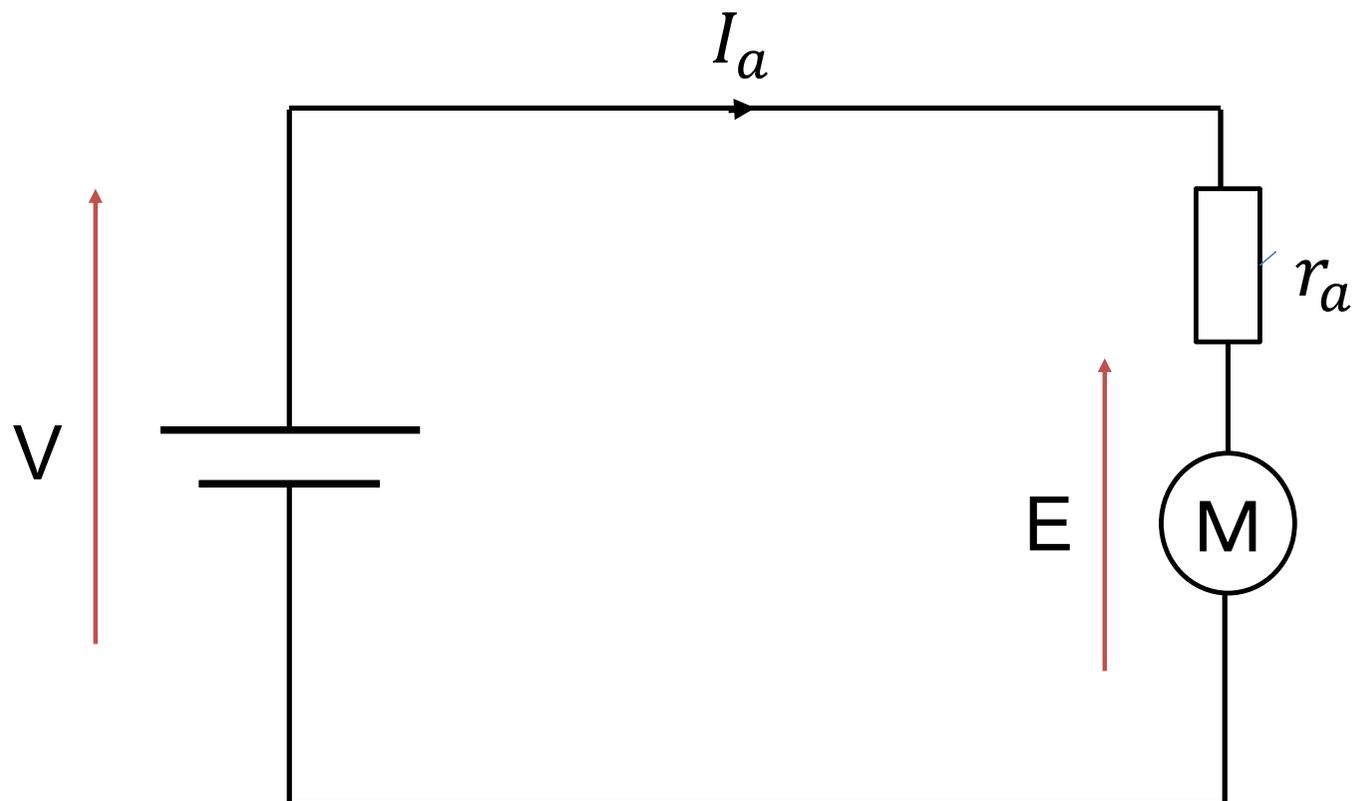
電気的な性質のみを取り出したもの！！

ex)



等価回路 (単純化)

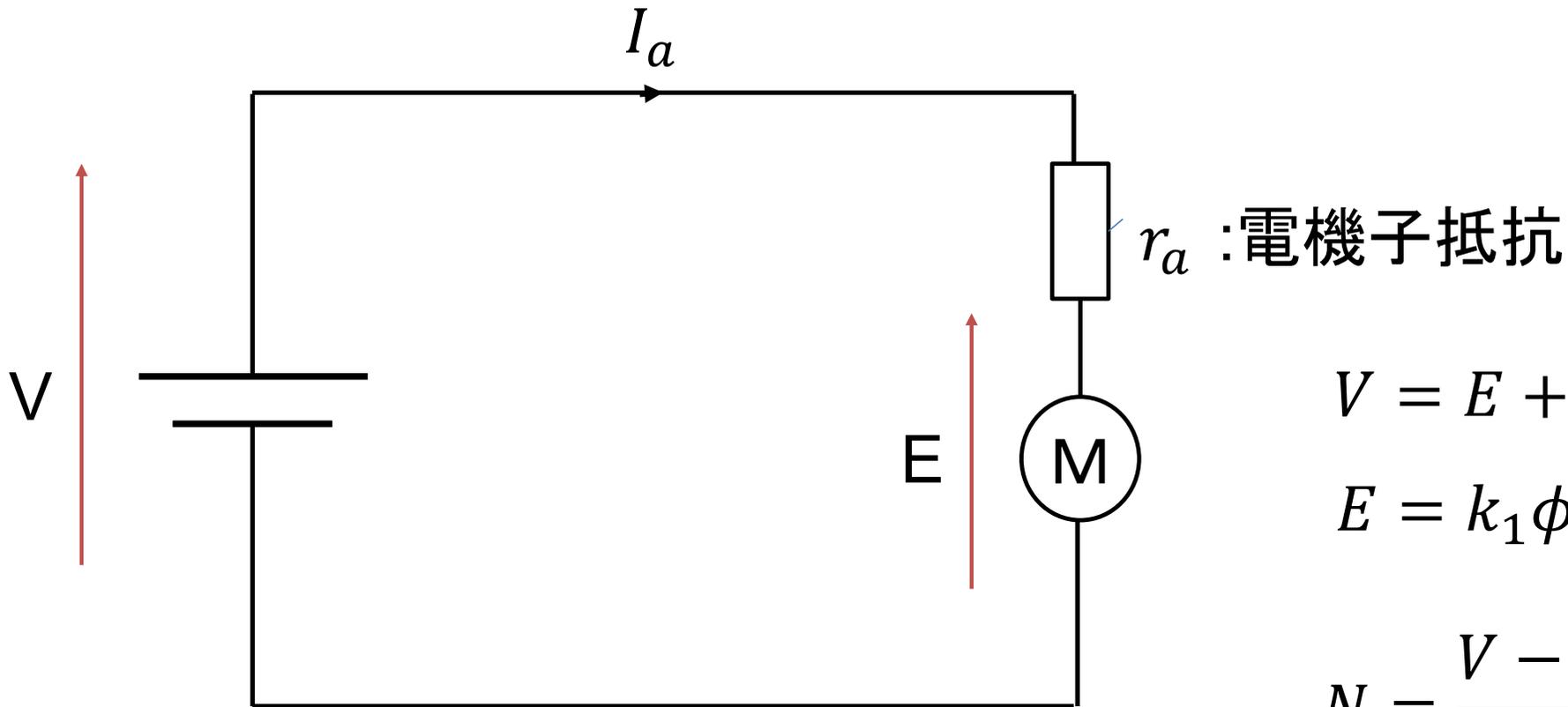
他励式電動機の場合 速度特性



$$V = E + r_a I_a$$

$$E = k_1 \phi N$$

他励式電動機の場合 速度特性



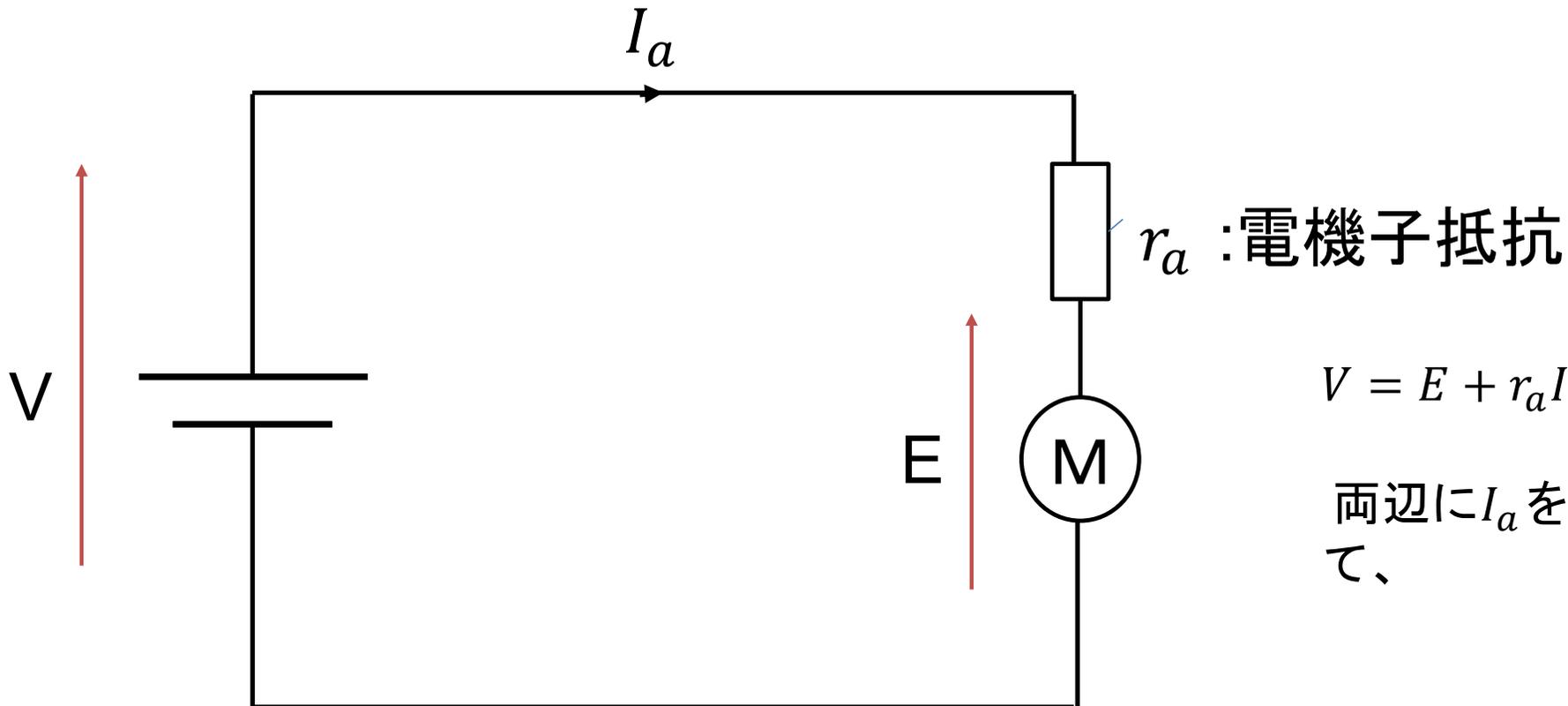
r_a : 電機子抵抗

$$V = E + r_a I_a$$

$$E = k_1 \phi N$$

$$N = \frac{V - r_a I_a}{k_1 \phi}$$

他励式電動機の場合 電力特性



r_a : 電機子抵抗

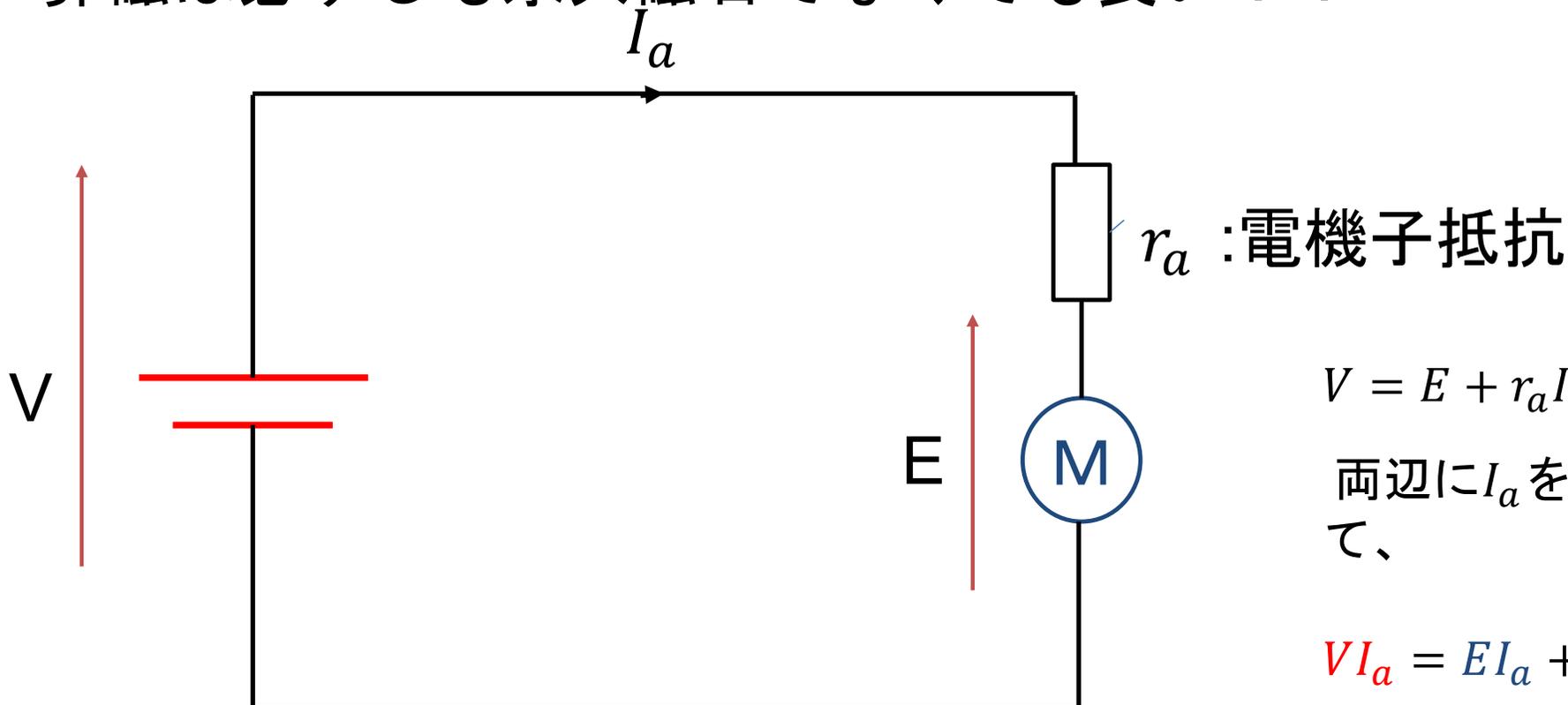
$$V = E + r_a I$$

両辺に I_a をかけて、

他励式電動機の場合 電力特性



界磁は必ずしも永久磁石でなくても良い！！



$$V = E + r_a I_a$$

両辺に I_a をかけて、

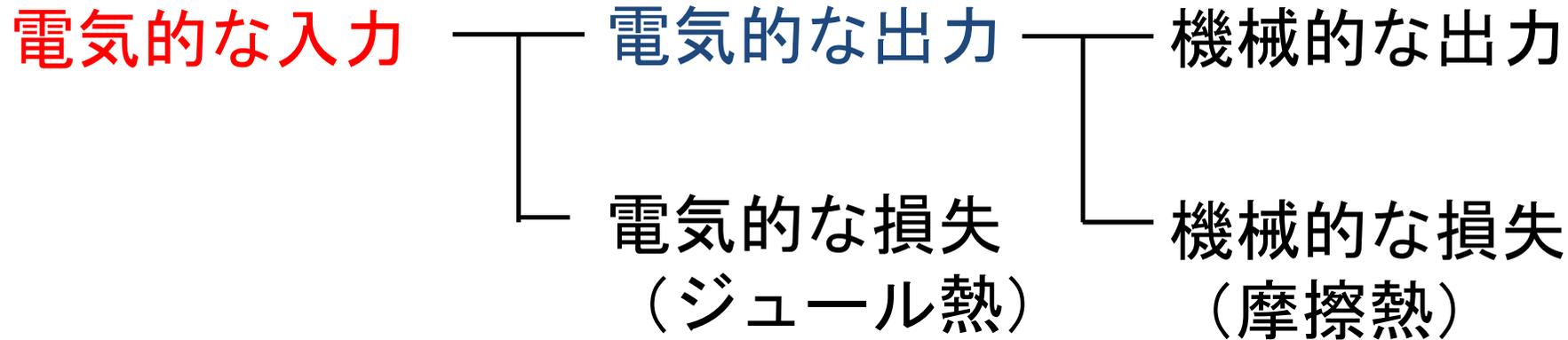
$$V I_a = E I_a + r_a I_a^2$$

$$VI = EI + r_a I_a^2$$

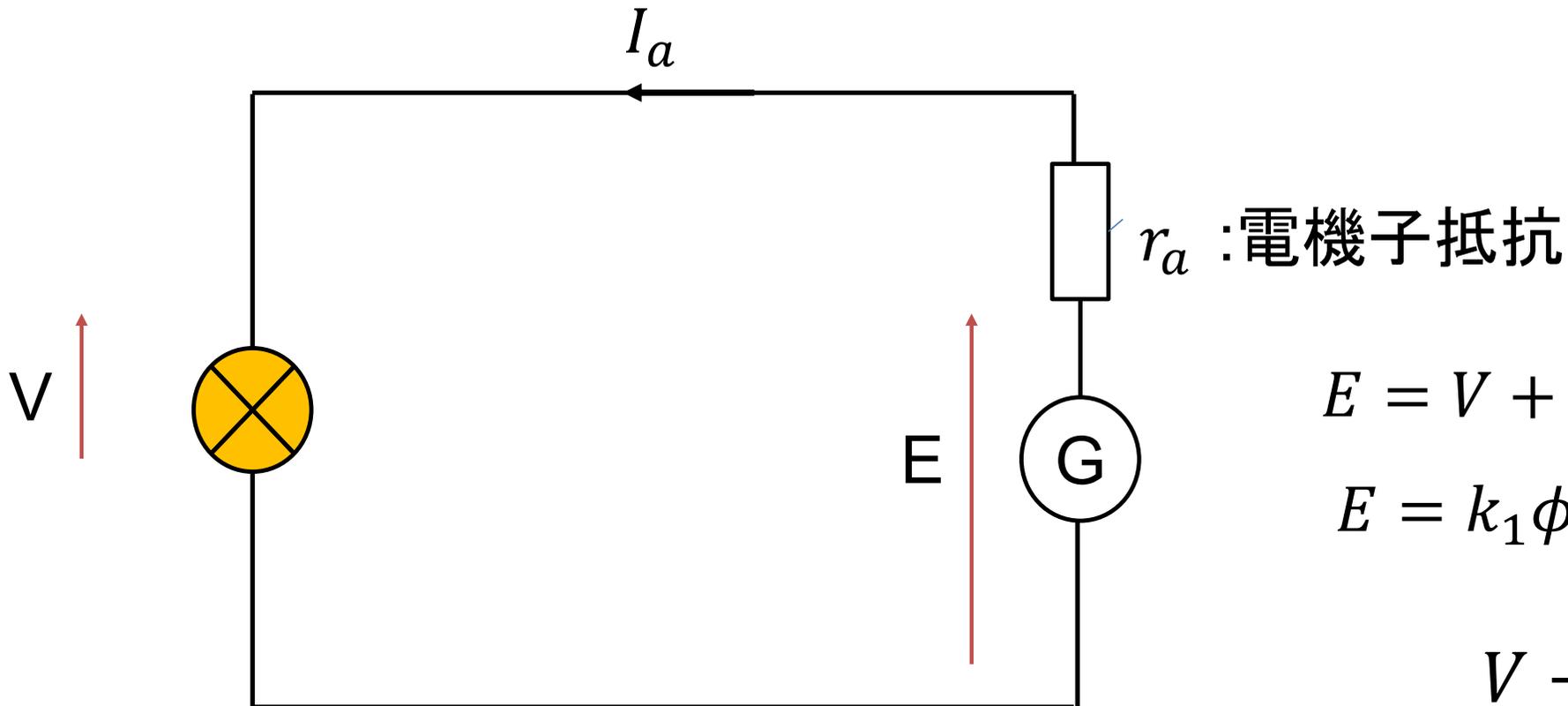
電気的な入力

電気的な出力

電気的な損失



他励式発電機の場合 速度特性



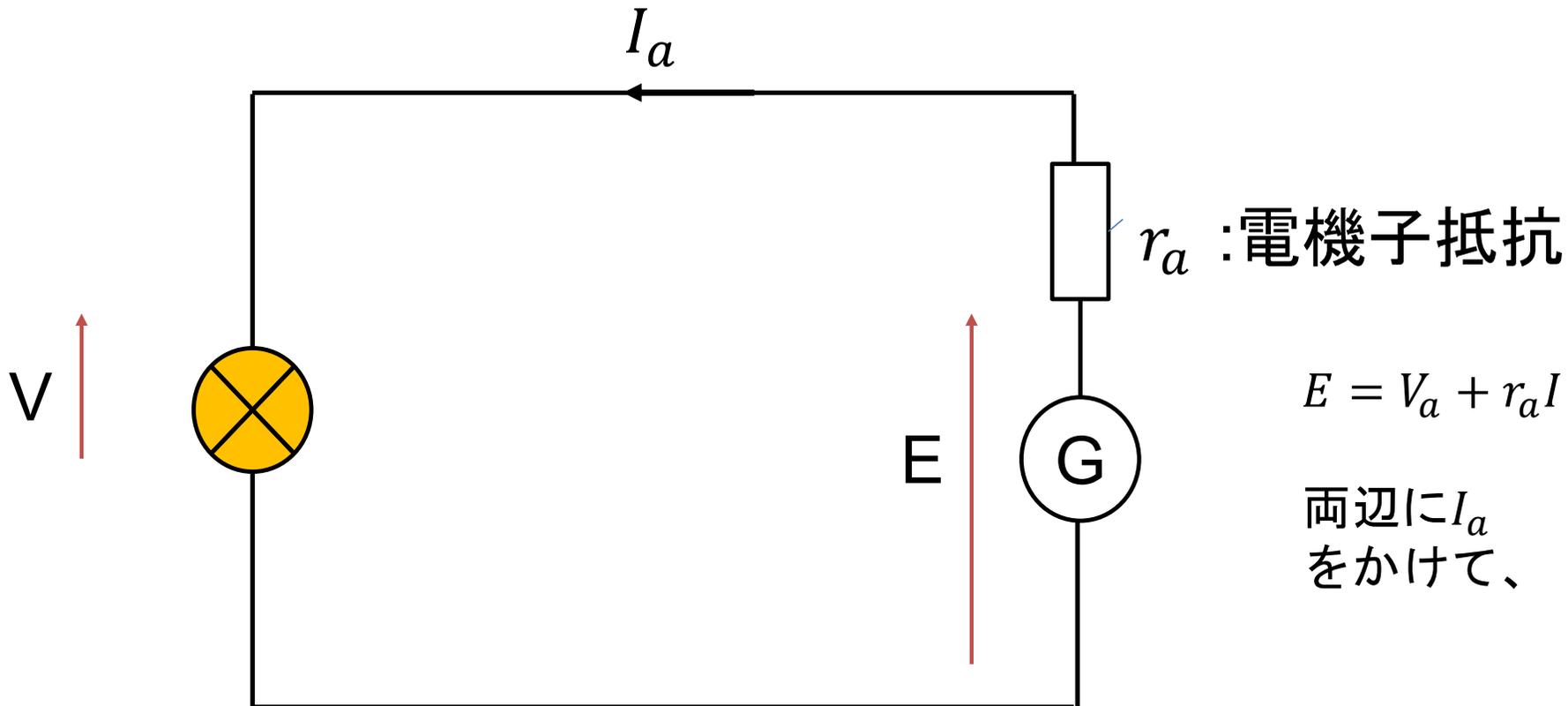
r_a : 電機子抵抗

$$E = V + r_a I_a$$

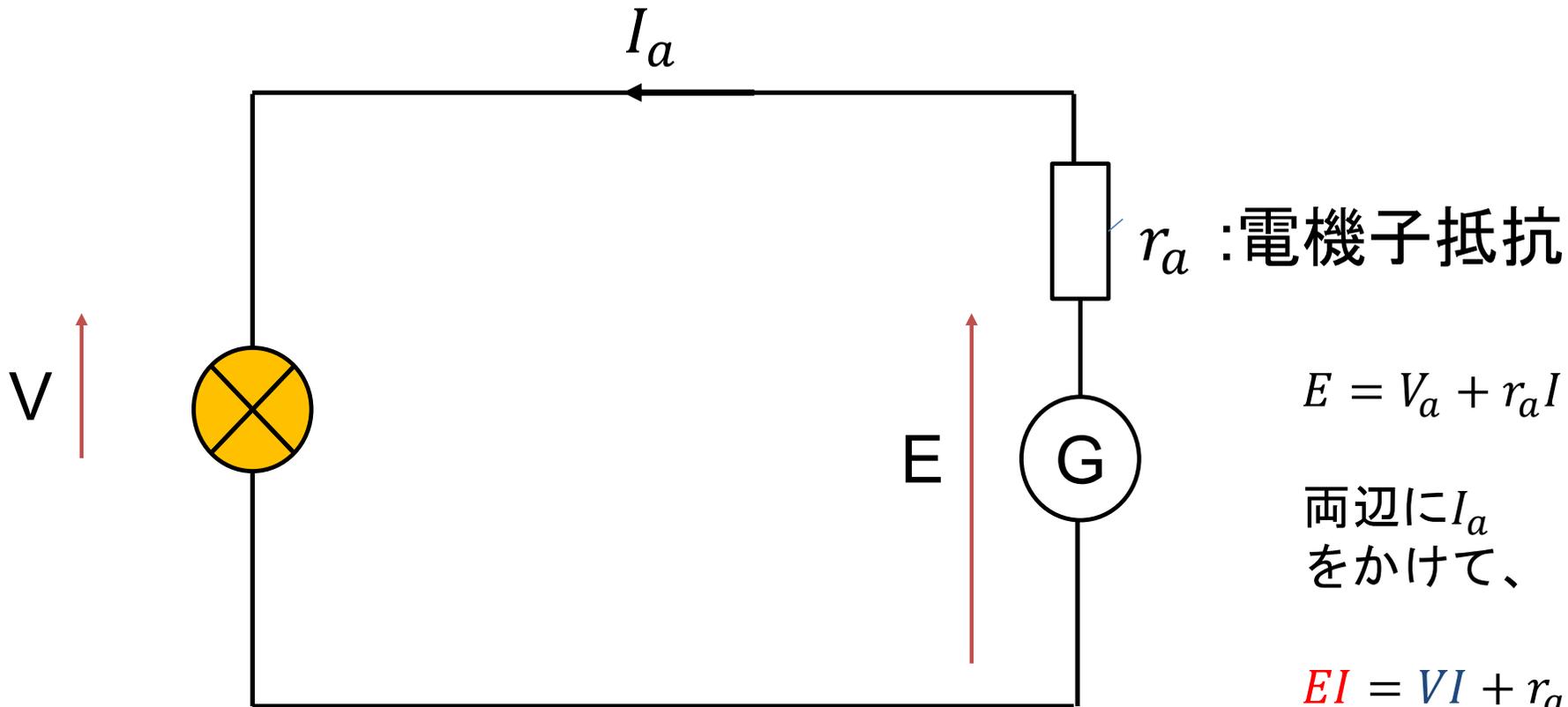
$$E = k_1 \phi N$$

$$N = \frac{V + r I_a}{k_1 \phi}$$

他励式発電機の場合 電力特性



他励式発電機の場合 電力特性



$$E = V_a + r_a I$$

両辺に I_a
をかけて、

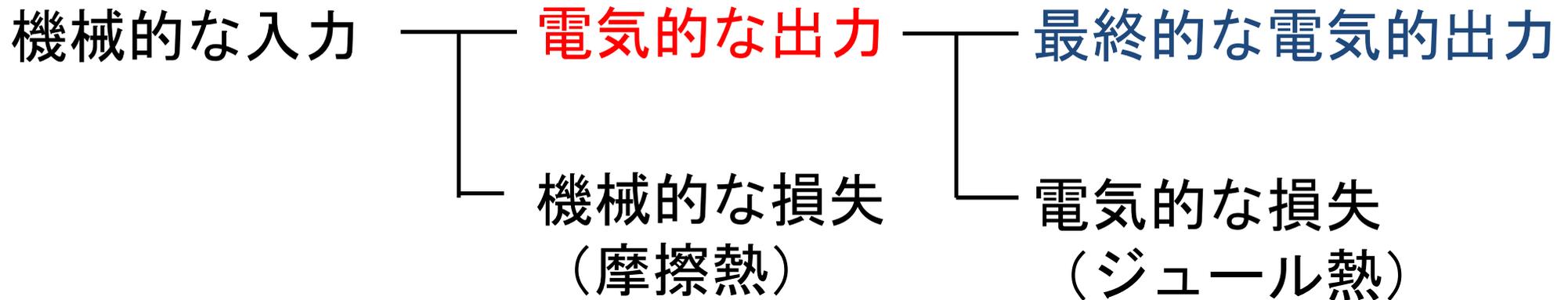
$$EI = VI + r_a I_a^2$$

$$EI = VI + r_a I_a^2$$

電気的な出力

最終的な電気的
出力

電気的な損失



第4章

$$P = \omega T$$



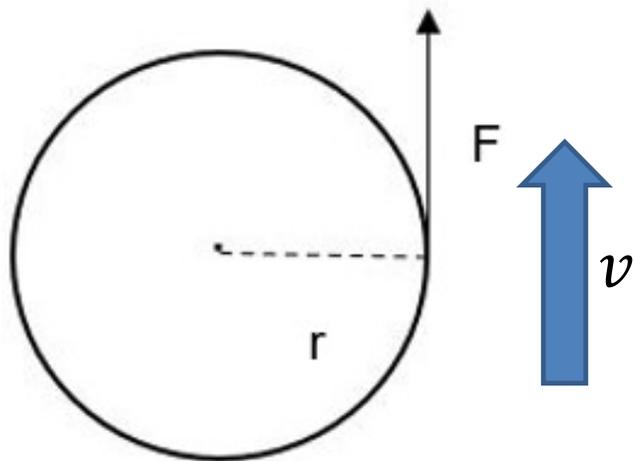
トルク（T）と機械的出力（P）の関係性



トルクを求めることは $F = BIl$ でも確かにできる

機械的出力（P） を使ってもできる！！

トルク (T) と機械的出力 (P) の関係性



$$v = \frac{l}{t} = r\omega$$

$$\text{トルク } T[N \cdot m] = Fr$$

$$\text{機械的出力 } P[W] = \frac{Fl}{t} = Fv = Fr\omega = T\omega$$

$$P = T\omega$$

第5章

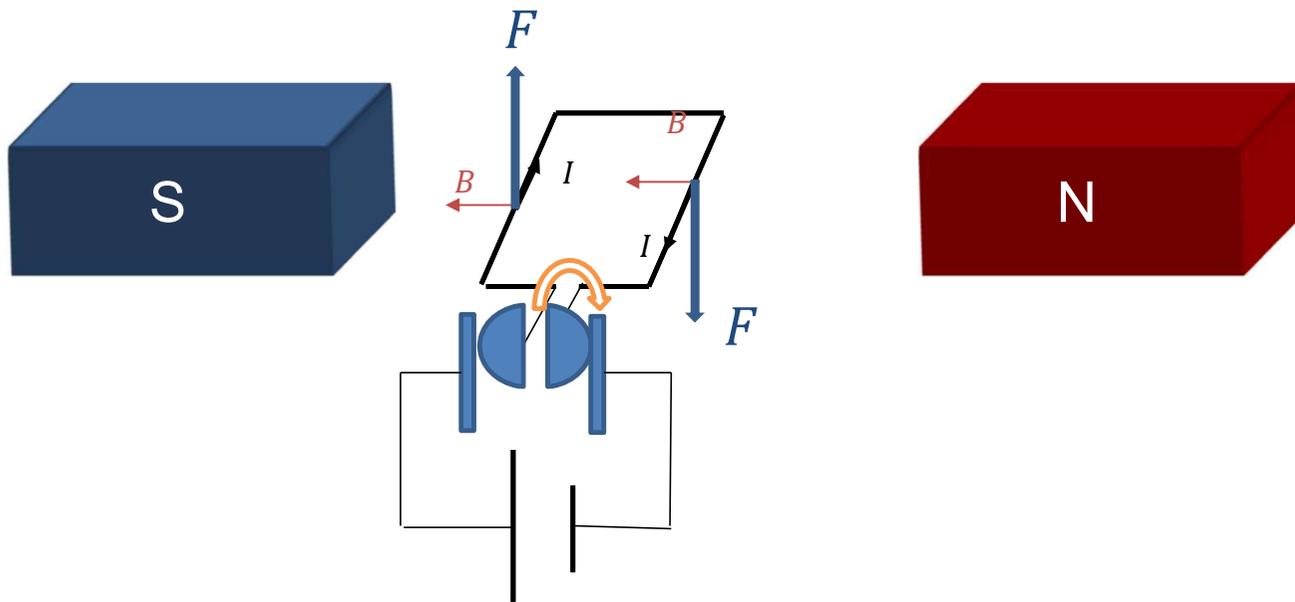
重ね巻きと波巻き



いままでは、

直流機 コイルが一つしか無い場合しか考えてこなかった

→実際は、コイルは沢山ある！！（コイルのつなぎ方は？）



重ね巻き コイルを並列につなげる→大電流

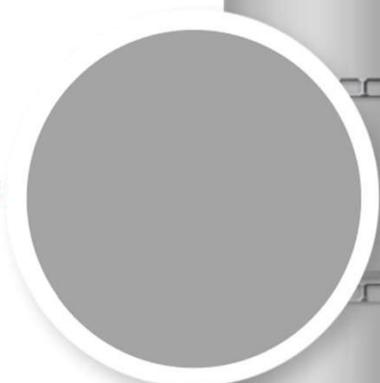
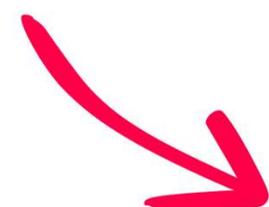
波巻き コイルを直列につなげる→大電圧

計算方法:フレミングの法則、 $v = r\omega$ 、キルヒホフの法則のおさらい

- 1.起電力,トルク,機械的出力の公式は？
- 2.速度特性や電力特性を求めたいときどうする？
- 3.電機子の巻き方、界磁のつなぎ方にはどのような種類があった？

最後までご視聴
ありがとうございました！

チャンネル登録



↑チャンネル登録



電験3種用
書き込み式最強計算ドリル
Amazonで販売中！！

Twitterもやってます！



@arairuca

次回もお楽しみに！



1.電機子・界磁とは？

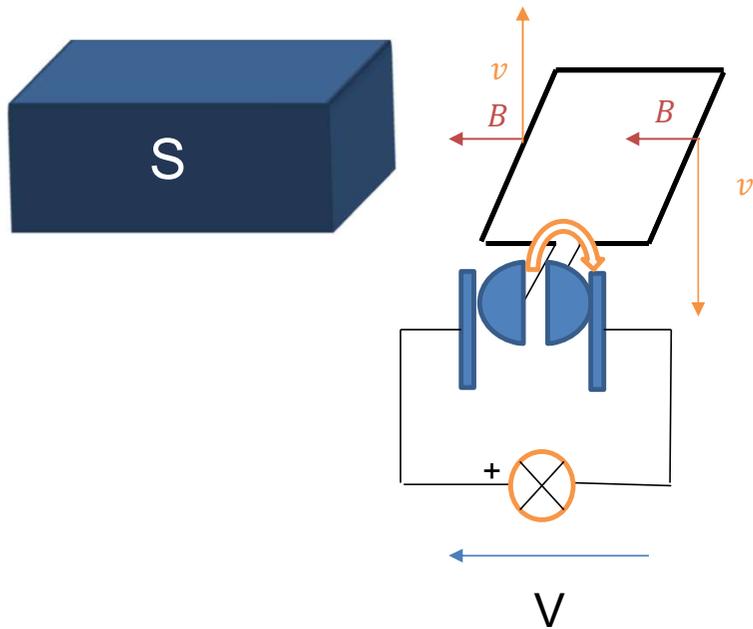
直流機の場合

直流発電機 原理: フレミングの右手: $V = vBl$
の磁束密度 **B** を発生させるのが**界磁**
Vを生み出す装置が**電機子**

B (界磁) , v から**V** (起電力) を生み出す！！

例

直流発電機



電機子はVを生み出している[]]
界磁はBを生み出している[]]

1.電機子・界磁とは？

まとめ

- 1.電機子: B を利用して、 F (電動機するとき) や V (発電機するとき) を生み出している装置
- 2.界磁: B を生み出している装置



2. 直流機の電機子反作用とは？

- 理想: 界磁が B を作る → 電機子が B を利用する

2. 直流機の電機子反作用とは？

- 理想: 界磁が B を作る \rightarrow 電機子が B を利用する
- 電機子が B に影響を与えることはあるの？

界磁が B を作る \rightarrow 電機子が B を利用する



電機子反作用

とりあえず覚えること(3で詳しく解説)



- ・ **電動機**の場合
 1. **電気的中性軸**が回転方向とは**逆向き**に移動する
 2. 回転方向の**磁極前**部分では**磁束が減少**、後部では増加

- ・ **発電機**の場合（電動機の逆でOK）
 1. **電気的中性軸**が回転方向とは**同じ向き**に移動する
 2. 回転方向の**磁極前**部分では**磁束が増加**、後部では減少

- ・ 磁界の分布が偏るので、それによってブラシ付近に火花が生じる→磁界の分布を一様にする補極や補償巻線といったものもある。



3.電機子反作用の詳細

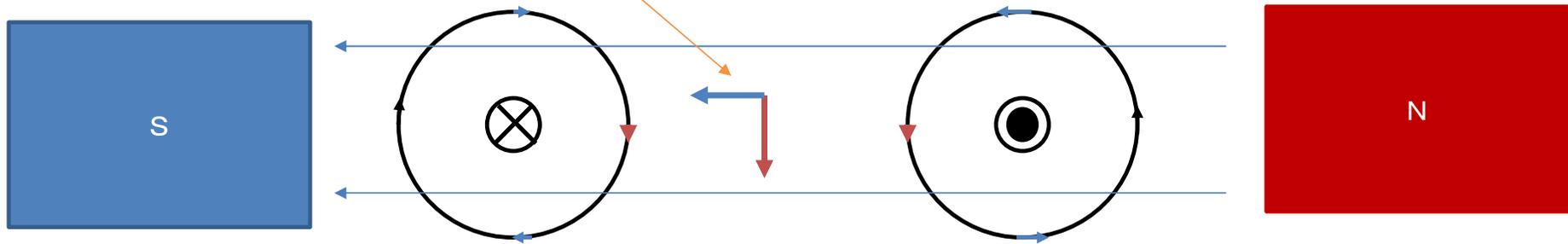
- 1.電動機の場合
- 2.発電機の場合
- 3.電機子反作用の対策

3-1. 直流電動機



断面図 時計回りの回転方向

界磁が生み出した磁束



まとめ 直流電動機の電機子反作用



1. 回転方向の磁極前部→磁束は減少

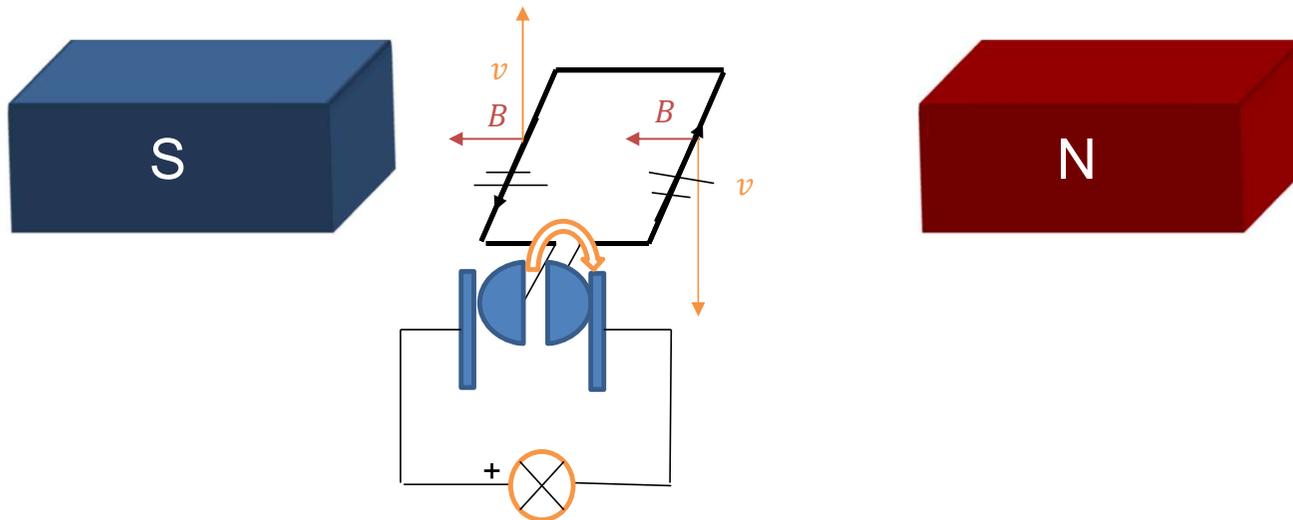
回転方向の磁極後部→磁束は増加

2. 電気的中性軸は回転方向に対して逆向きに移動する

3. このような電気的な不平衡により、ブラシ間に火花が飛び劣化しやすくなる

3-2. 直流発電機

直流**発電機** 電動機の場合と比べて電流が逆向きになる！！

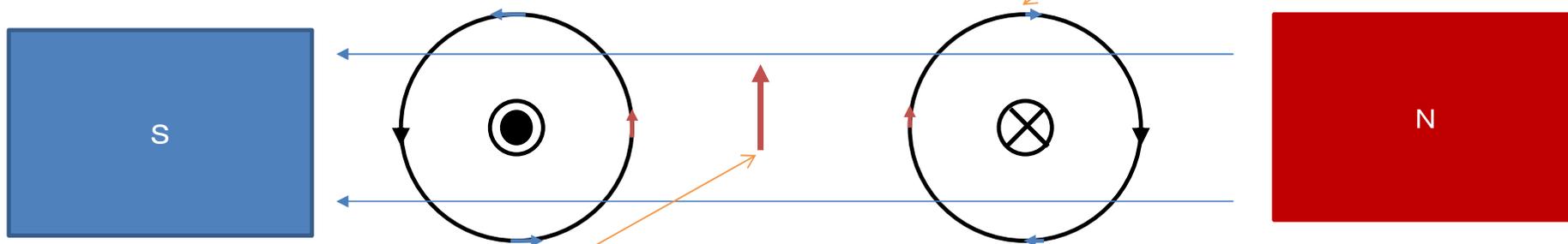


3-2. 直流発電機



断面図 時計回りの回転方向

磁束が打ち消し合っているなので磁束が減少



中心部:電機子によって作られる磁界

磁束が重なっているなので磁束が増加

まとめ 直流発電機の電機子反作用



1. 回転方向の磁極前部→磁束は増加

回転方向の磁極後部→磁束は減少

2. 電気的中性軸は回転方向に対して同一方向に移動する

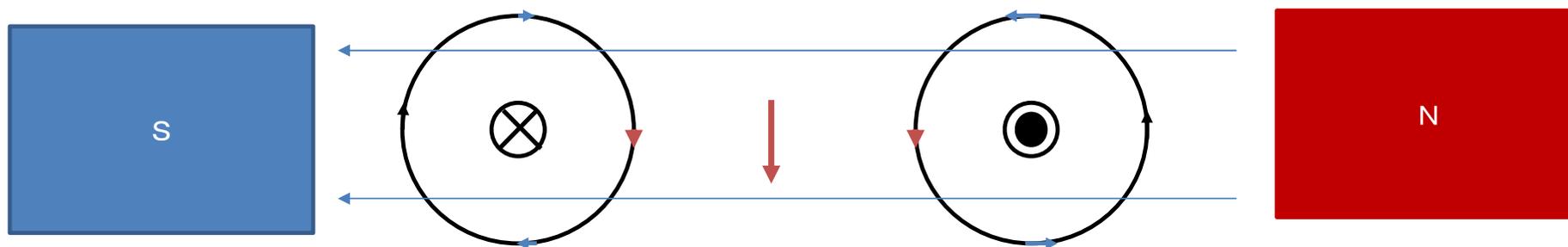
3. このような電気的な不平衡により、ブラシ間に火花が飛び劣化しやすくなる

3-3 電機子反作用の対策



ブラシや整流子を火花から守るために、補極や補助巻線を利用する。

例:直流電動機と補極

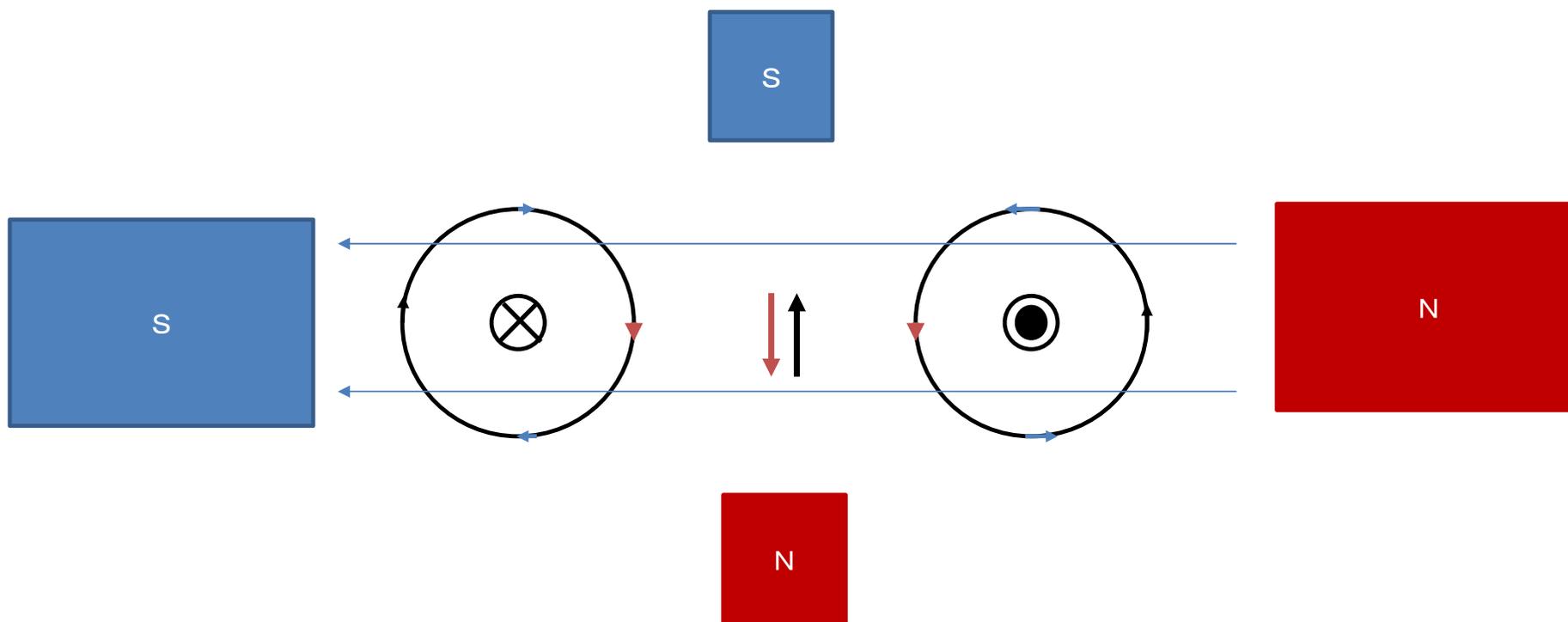


3-3 電機子反作用の対策



ブラシや整流子を火花から守るために、補極や補助巻線を利用する。

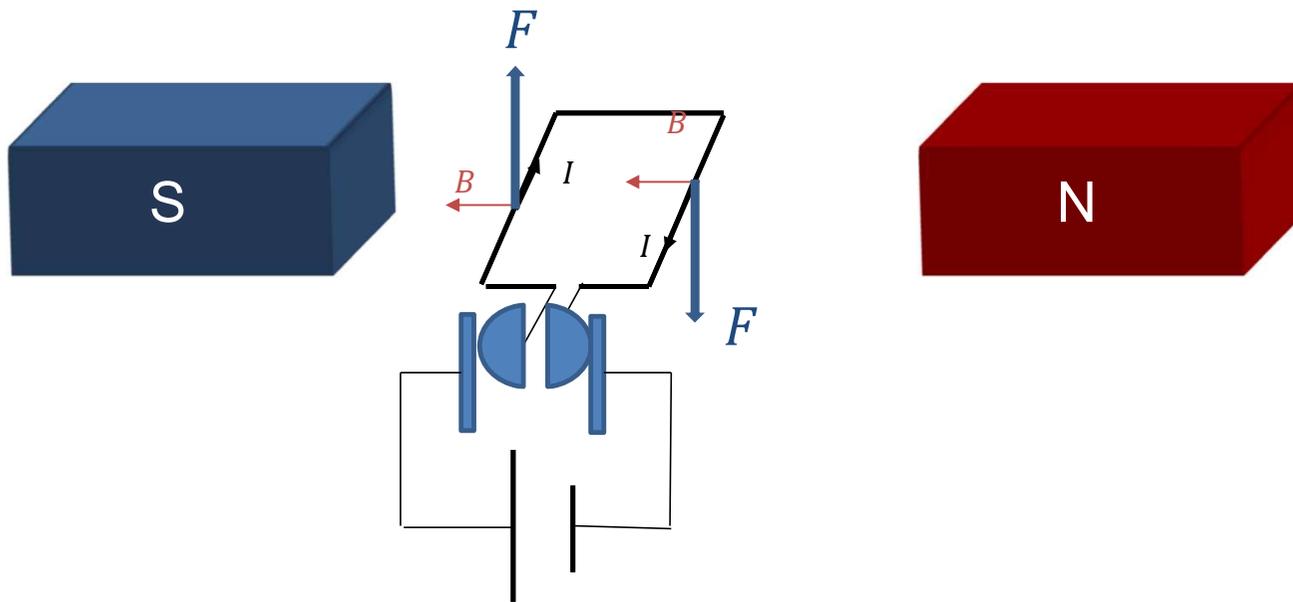
例:直流電動機と補極 (磁界を打ち消す)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流電動機

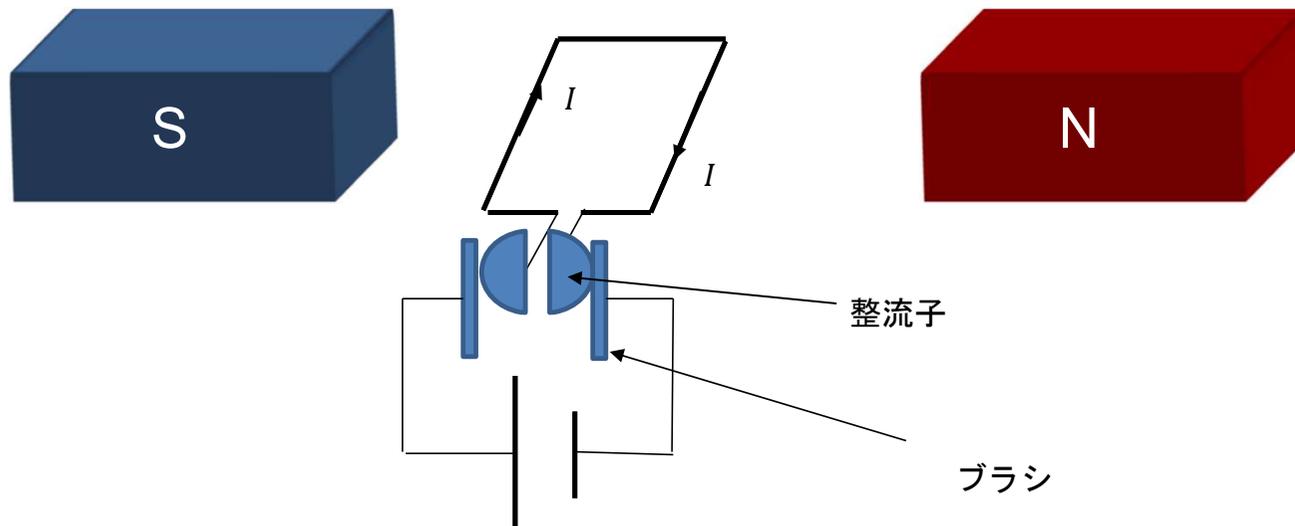
(直流エネルギー → 磁気エネルギー → 回転エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流電動機

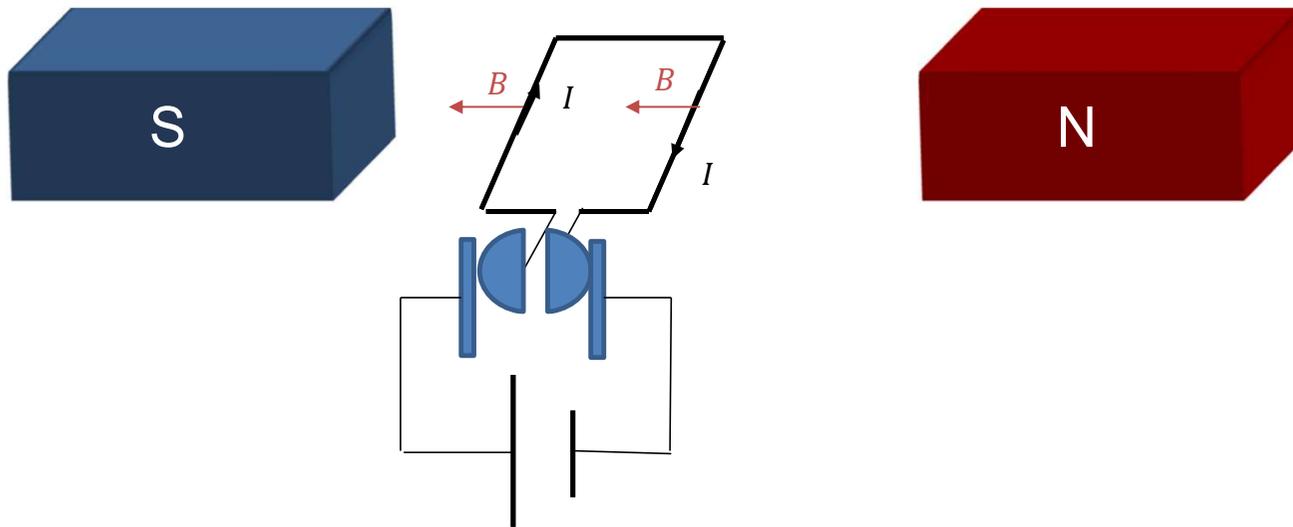
(直流エネルギー → 磁気エネルギー → 回転エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流電動機

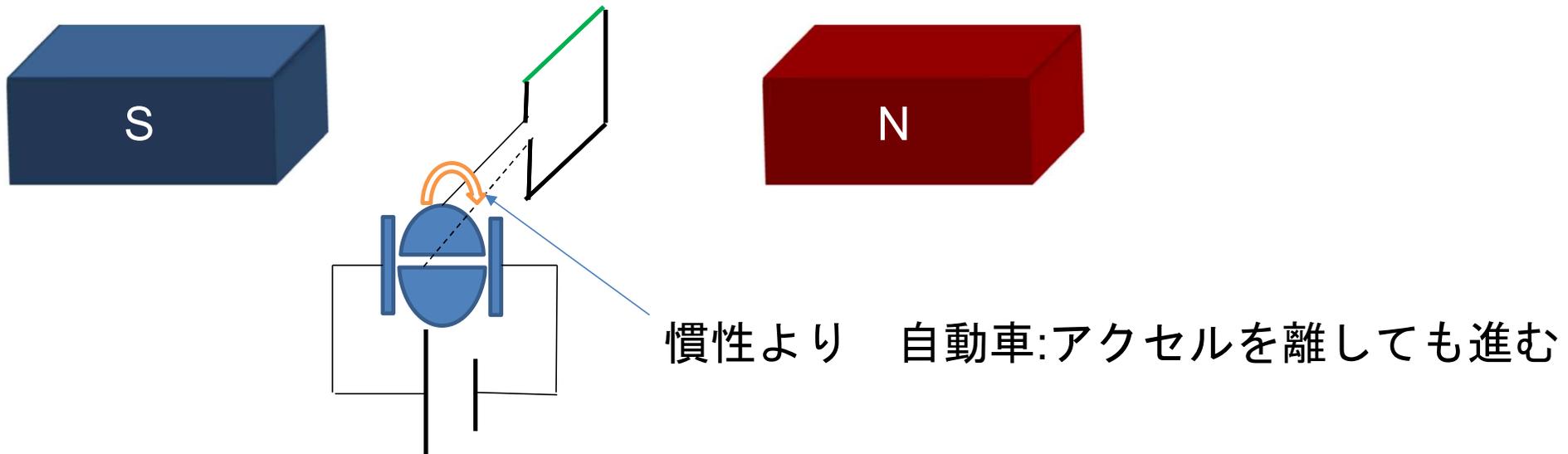
(直流エネルギー → 磁気エネルギー → 回転エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流電動機

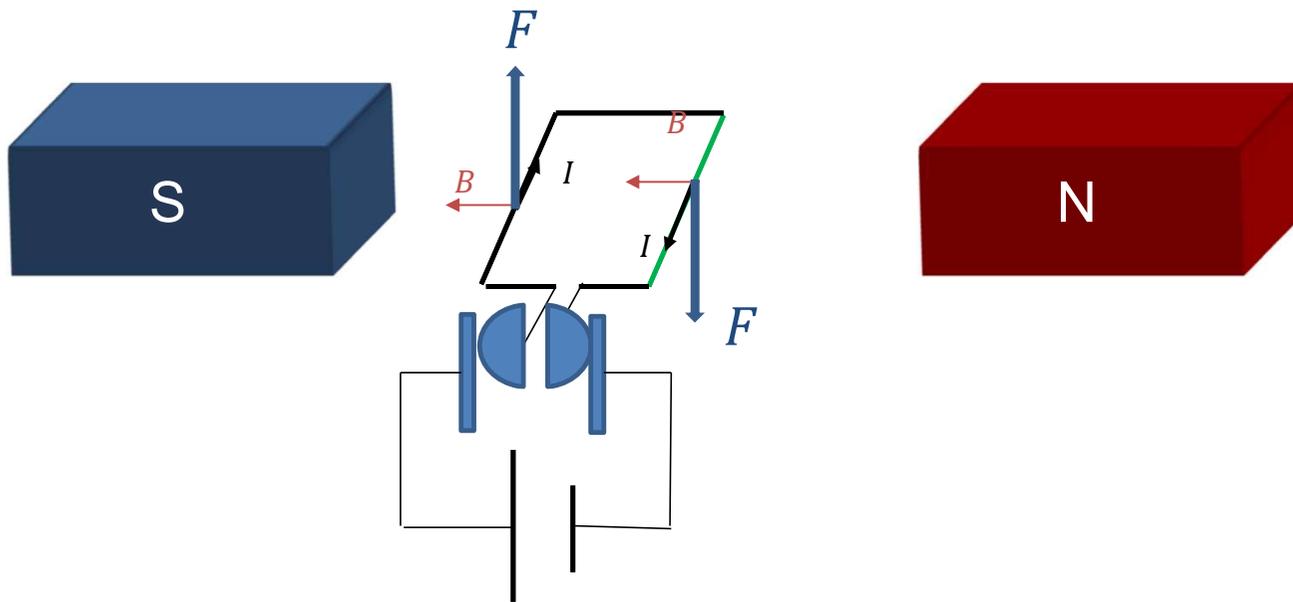
(直流エネルギー → 磁気エネルギー → 回転エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流電動機

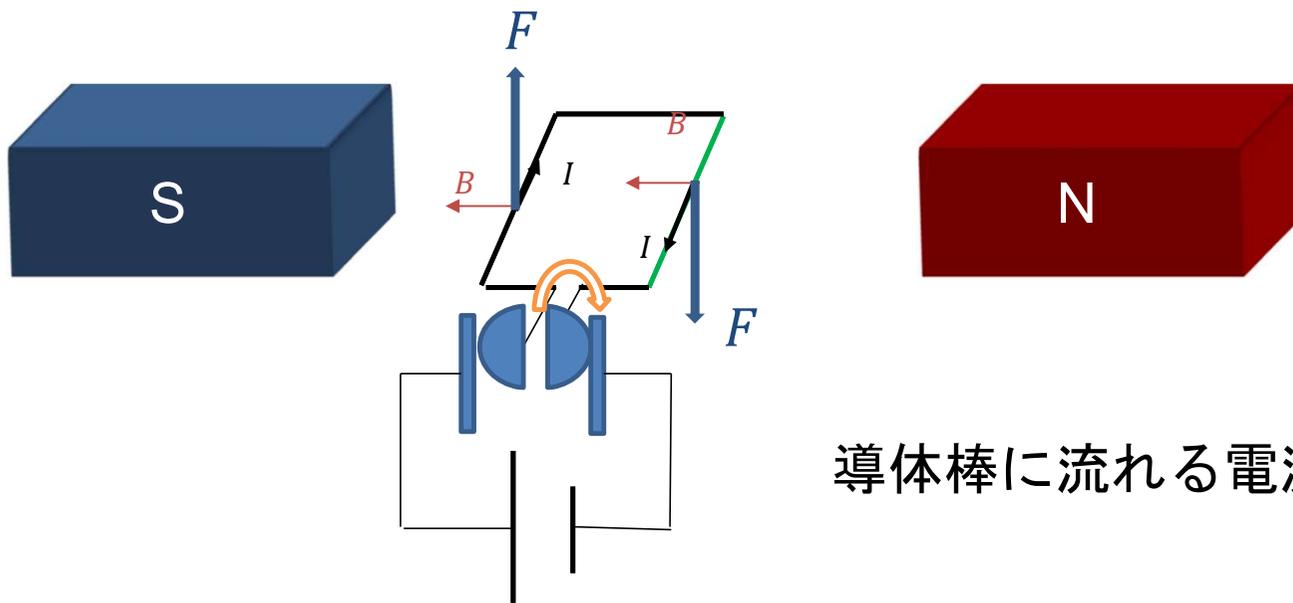
(直流エネルギー → 磁気エネルギー → 回転エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流電動機

(直流エネルギー → 磁気エネルギー → 回転エネルギー)

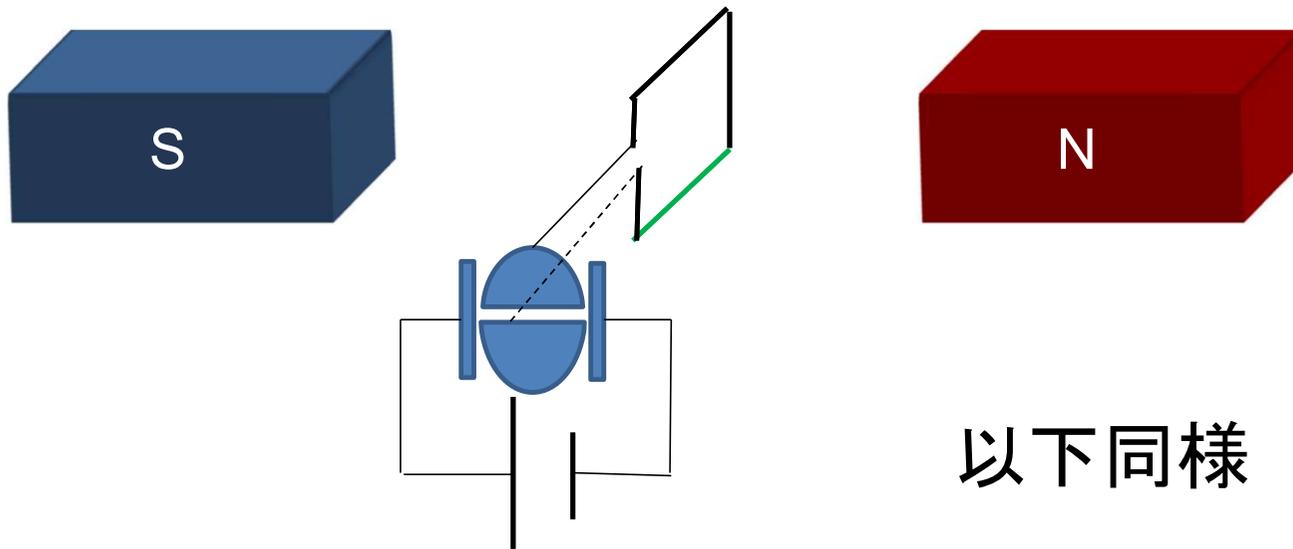


導体棒に流れる電流が逆転している！！

2. 直流機の具体的な構造とは？

直流電動機

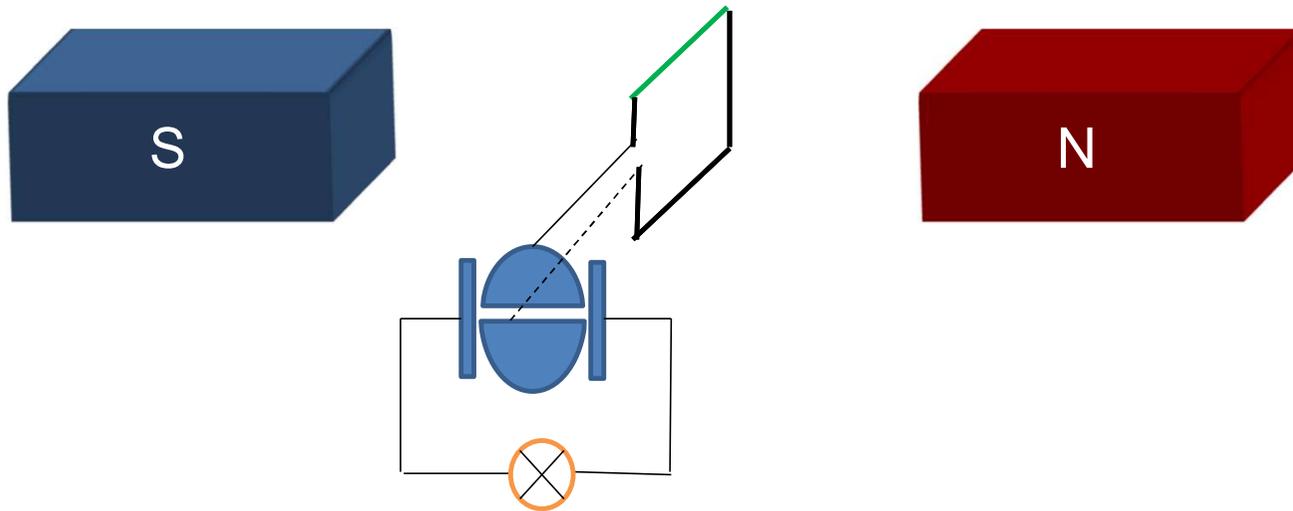
(直流エネルギー → 磁気エネルギー → 回転エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流発電機

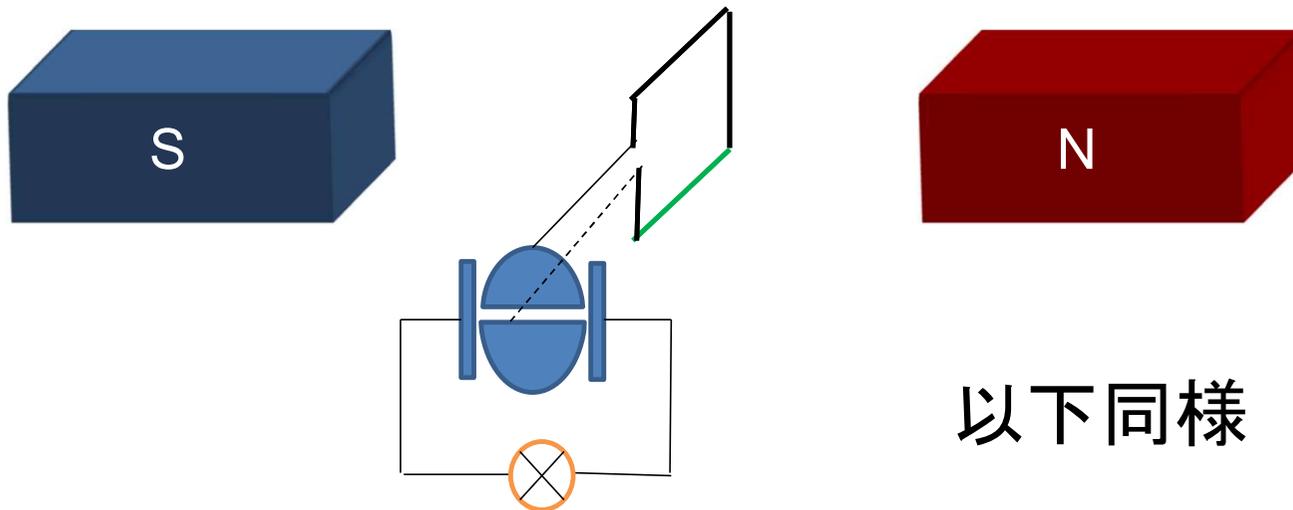
(回転エネルギー → 磁気エネルギー → 直流エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

直流発電機

(回転エネルギー → 磁気エネルギー → 直流エネルギー)



2. 直流機の具体的な構造とは？

■ 電動機 フレミングの左手

ブラシ・整流子: **回転**の方向を一定にする

■ 発電機 フレミングの右手

ブラシ・整流子: **電圧**の方向を一定にする



3. 直流機のデメリット

ブラシ, 整流子は、
機械的に回転方向や電圧を制御してしまう

→

■ HW

- ①フレミングの左手の法則の**向きと公式**を覚える
(余裕のある人はどうしてこのような向きになるのかも考える)
- ②直流機の**機械的**な問題とは？
- ③ $P = T\omega$ について**単位レベル**で考えた時も当然正しいということを確認する



3. 直流機のデメリット

ブラシ, 整流子は、
機械的に回転方向や電圧を制御してしまう

→ 消耗しやすい
(車のタイヤ, ブレーキ etc)

最後までご視聴
ありがとうございました！

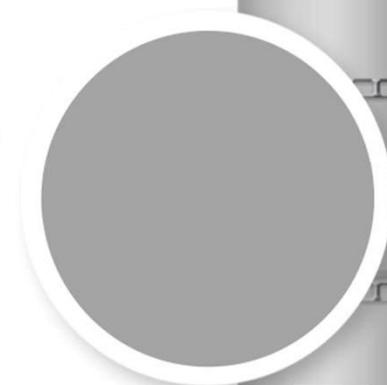
Twitterもやってま
す！



 @riron_saisoku

 @kosen_go

チャンネル登録



次回もお楽しみに！

↑チャンネル登録





2. 回転機にはどうなものがあるか？

1. 直流用回転機

2. 交流用回転機

2-1 同期機

2-2 誘導機

直流用回転機, 同期機は交直以外はかなり似ている！！

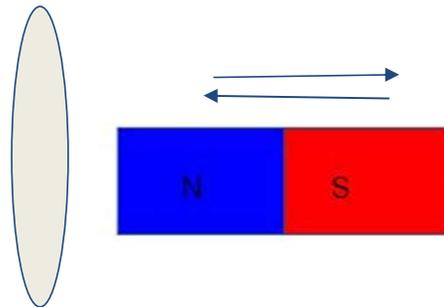
電動機と発電機の違い



電動機:電磁石と磁石の相互作用 (主にフレミングの左手の法則)

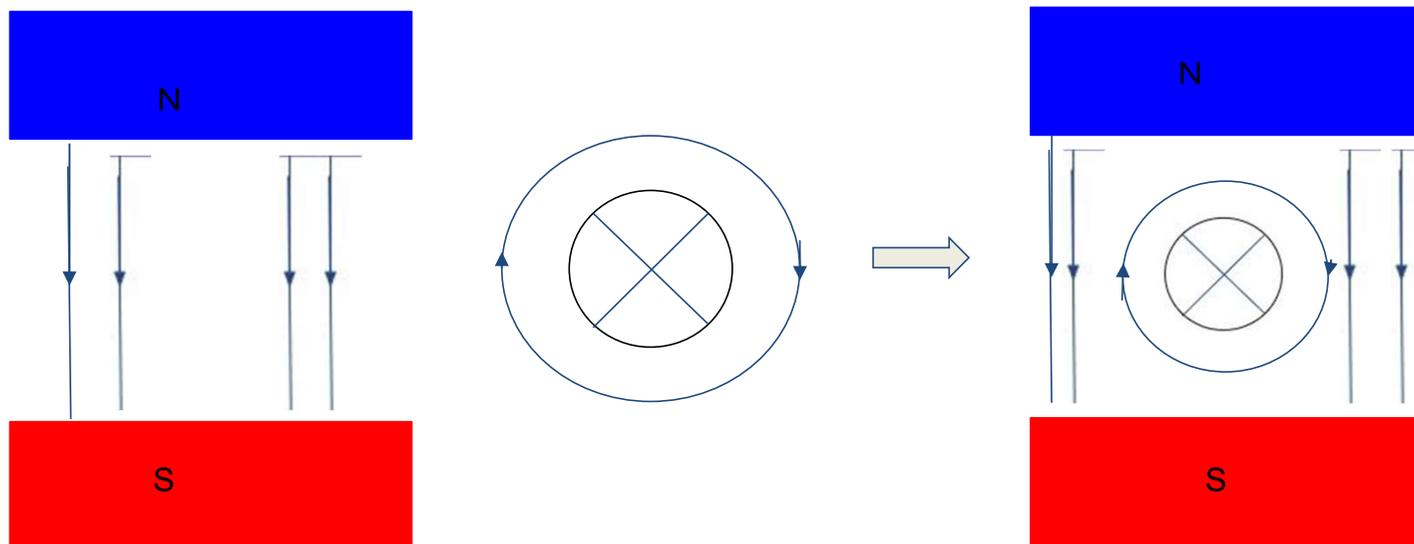


発電機:ファラデーの法則 (磁束の変化は電圧になるという法則)



磁石を動かすとコイルに電流が流れる！！

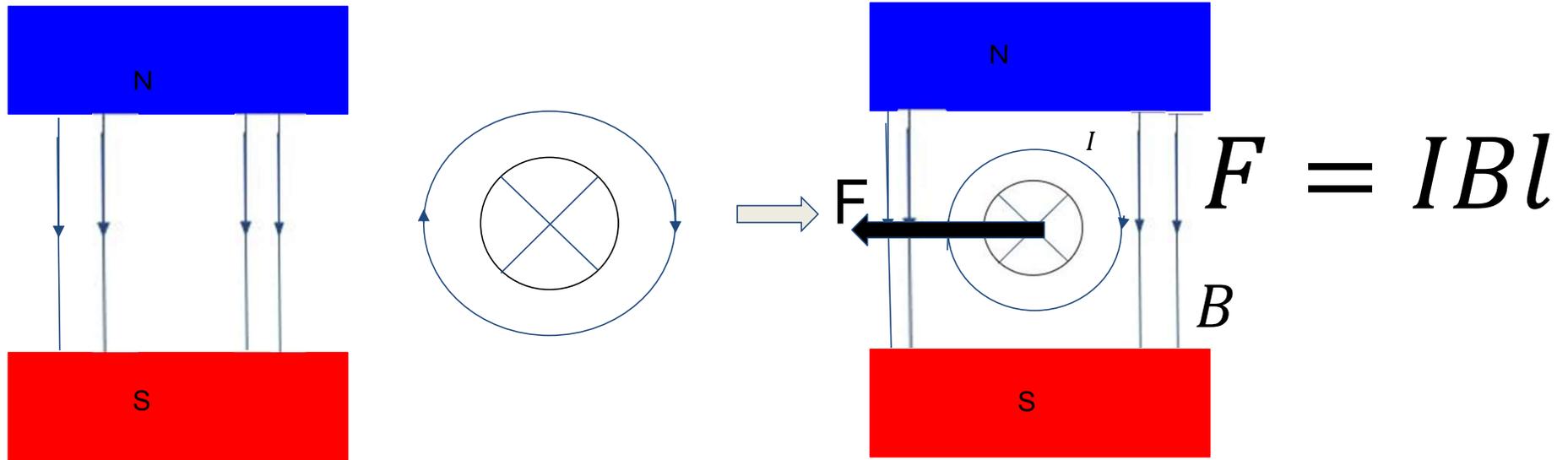
フレミングの左手の法則について



直流電動機 (フレミングの左手の法則)



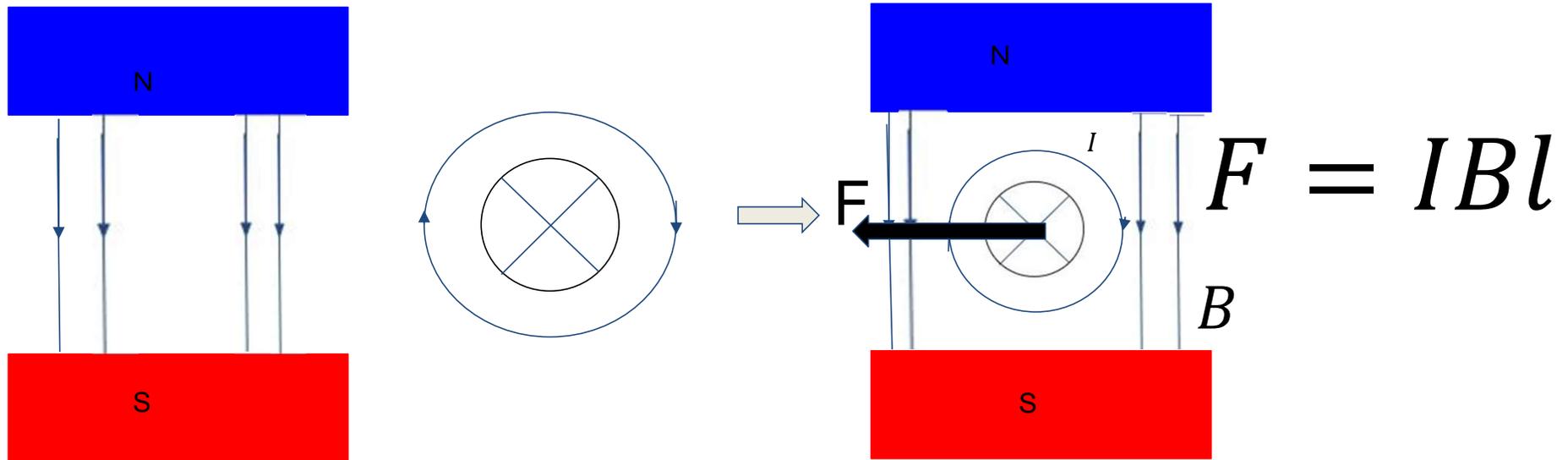
フレミングの左手の法則について 結局は電磁石と磁石の相互作用



直流電動機 (フレミングの左手の法則)

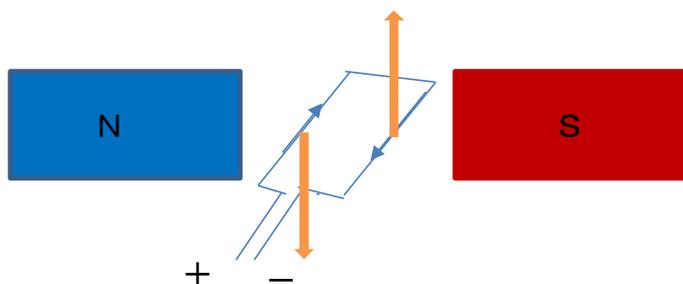


フレミングの左手の法則について 結局は電磁石と磁石の相互作用



このような磁界の重ね合わせというのは、電機子相互作用を理解するというのに役立つ！！

直流電動機の仕組み



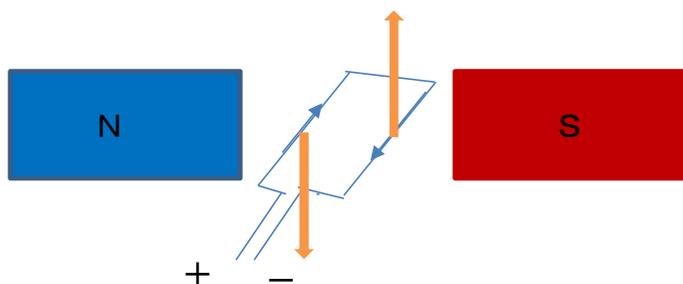
反時計回りには回らない→回るような工夫が必要
電流の向きを逆にして力の向きを反対にする！！



直流電動機の仕組み



機械
P72



反時計回りには回らない→回るような工夫が必要

電流の向きを逆にして力の向きを反対にする！！

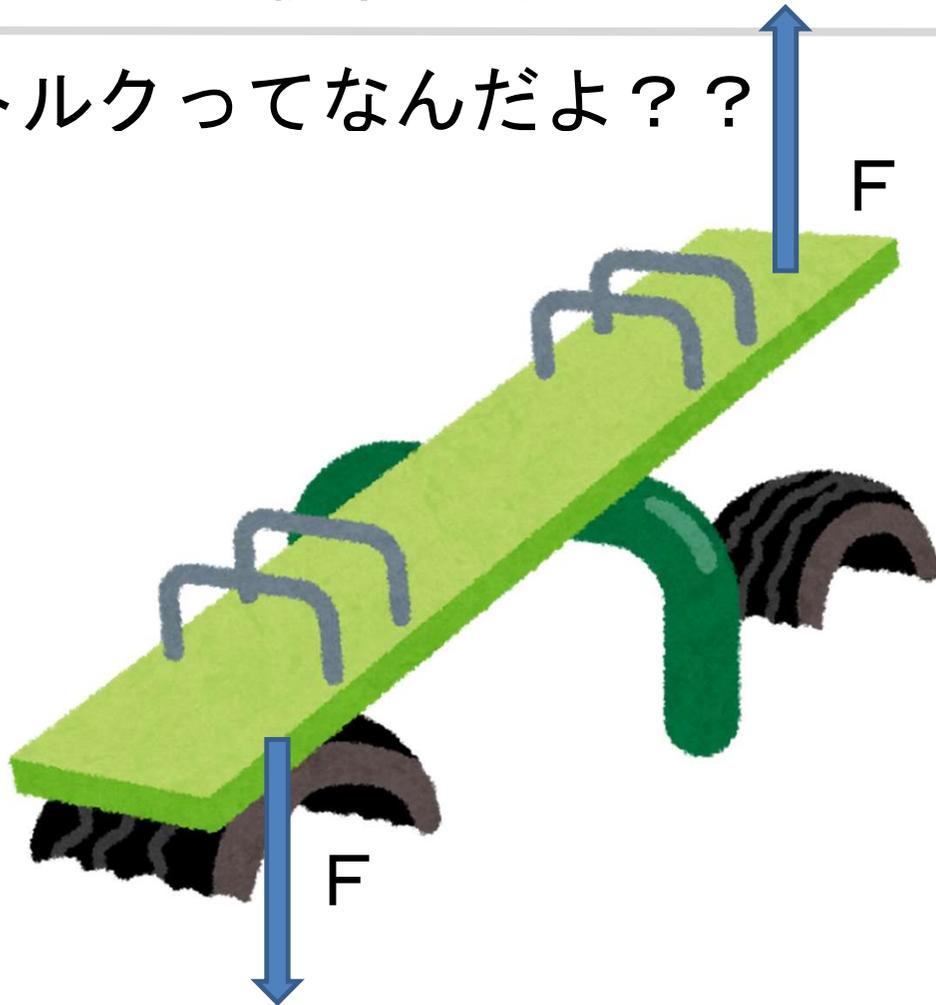
ブラシ・整流子

(デメリット 交流は電氣的に向きが入れ替わるのに機械式って、、)



トルクと機械的出力

トルクってなんだよ??



物を回転させることができる能力

r を中心からの距離
とすると、

$$T = F r [\text{N} \cdot \text{m}]$$

トルクの単位とエネルギーの単位はどちらも**力と距離の積**だから同じものでは??

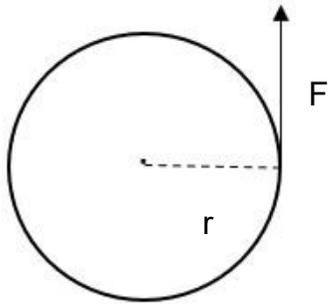
トルクの単位とエネルギーの単位はどちらも力と距離の積だから同じものでは??

いいえ、

トルクは物を**回す**ことができる能力 (シーソー)

エネルギーは物を動かしたりすることができる能力 (滑り台の摩擦による熱)

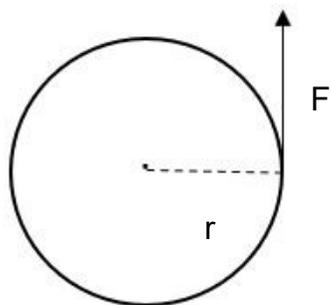
トルクと機械的出力の関係性



$$l = r\omega$$

トルク $T[N \cdot m] =$

機械的出力 $P[J] =$



$$l = r\omega$$

$$\text{トルク } T[\text{N} \cdot \text{m}] = Fr$$

$$\text{機械的出力 } P[\text{W}] = \frac{Fl}{t} = Fv = Fr\omega = T\omega$$

$$P = T\omega$$