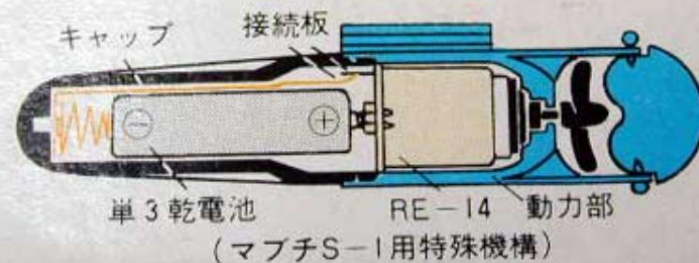


直流機（テスラとエジソンの思いを超えてマブチを眺める）



性能

電源：単3乾電池(UM-3) 1個使用時
 航行時回転数.....4500 r.p.m.
 航行時消費電流.....620mA
 重量.....52.0g



今日学ぶこと

クルマの最高速を上げたい どうする



- 1 コイル巻数を変える
- 2 磁石の強さを変える
- 3 ギヤを変える
- 4 電池を変える
- 5 ブラシの取り付け方を変える

最大出力が大きければ、最高速は伸びるか？

<https://www.mabuchi-motor.co.jp/product/pdf/FF-K10WA.pdf> より

FF-K10WA-5Z215 (ブラシ付モータ)

Weight : Approx. 1.6g

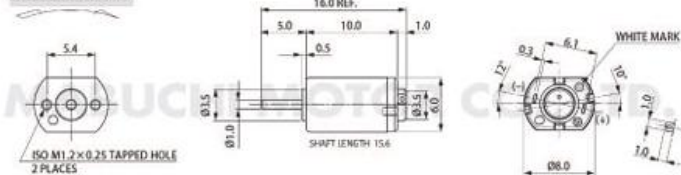


特長と仕様

- 低騒音
- 低コギング
- 希土類マグネット

MODEL	VOLTAGE OPERATING RANGE	NO. OF POLES	NO. LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY				STALL		
			SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE	OUTPUT	TORQUE	CURRENT	
	V		r/min	A	r/min	A	mN·m	W	mN·m	g·cm	A
FF-K10WA-5Z215	2.5 - 3.0	3	20500	0.057	13870	0.12	0.061	0.009	0.19	1.0	0.25

DIRECTION OF ROTATION

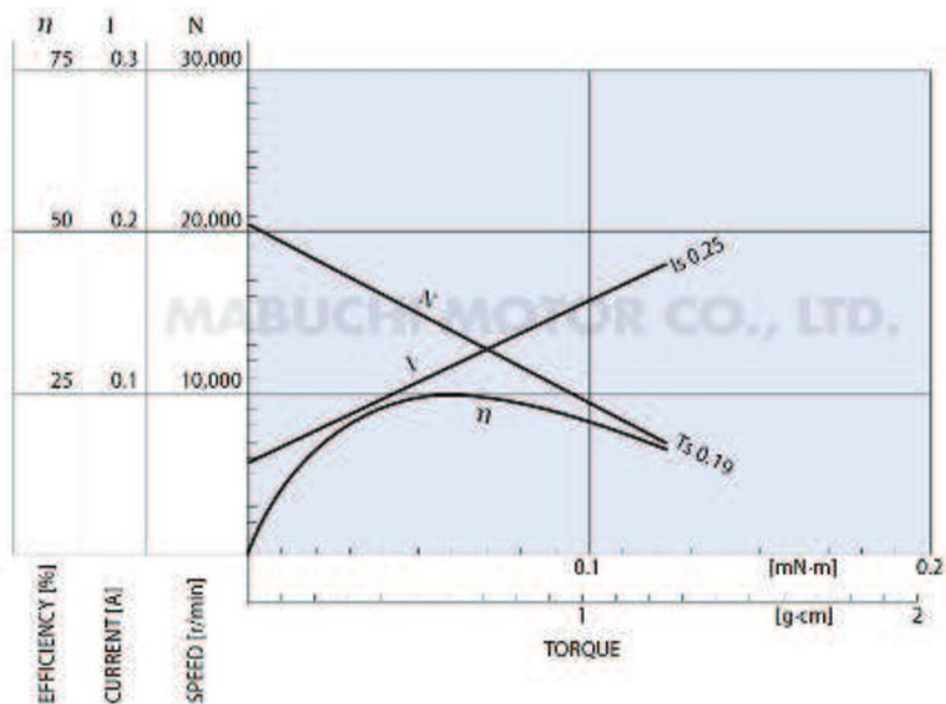
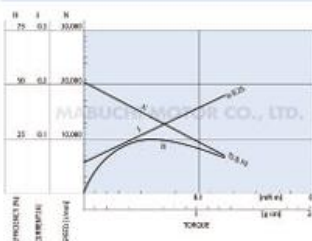


取り付けネジの長さはモータケース面より1.0以下

UNIT : MILLIMETERS

FF-K10WA-5Z215

3.0V



回転系の力学

直線系	回転系
加速 $F = ma$	$T = J \ddot{\theta}$
仕事 $P = F \cdot V$	$P = \omega T$
運動エネルギー $1/2 m V^2$	$1/2 J \omega^2$

T : Torque

1mの位置で1Nの力を掛けたら 1 N m

Jは慣性モーメント kg m^2

課題① H E Vのモータは3000 r p mで 200 N mくらい出します 何KW出していますか？

課題② 2トンで直径50cmのタイヤで 1Gで加速する。モータからタイヤのギヤ比は 1 / 1 0としたときに、モータに必要なトルクは何Nmか？

- Wと Whの違いは
- トルクと出力の違いは
- 電費の単位は

Inertia for Disk : 円板の慣性モーメント

$$\frac{\pi}{32} \rho \cdot L \cdot D^4 = MD^2/8$$

M : 重量 D 直径 L 板厚 ρ 比重

例 : $D=0.1\text{m}$, $\rho=7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $L=0.1\text{m}$

$M=6.2\text{kg}$ $J=0.007756\text{kg} \cdot \text{m}^2$

$J \propto \rho D^4 L$

- 直径の4乗で慣性モーメントは大きくなる
- ギヤを介した場合は、ギヤ比の2乗で慣性モーメントが変化減速で小、増速で

課題③: 直径 0.3mの円板を1秒で1.2万rpm
に加速するのに必要なトルクは？

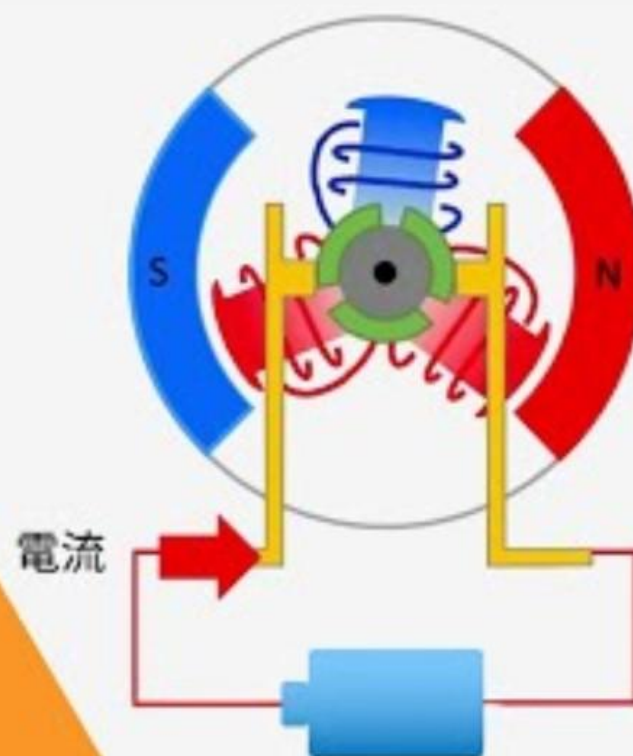
課題④ 直径1m, 板厚20cmの鉄 (比重 $7.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)
の円板が3万rpmで回転していたとする
この円板の持つ運動エネルギーは何KWhに相当するでしょうか？

TOSHIBA

e-Learning

モーター制御基礎(3)

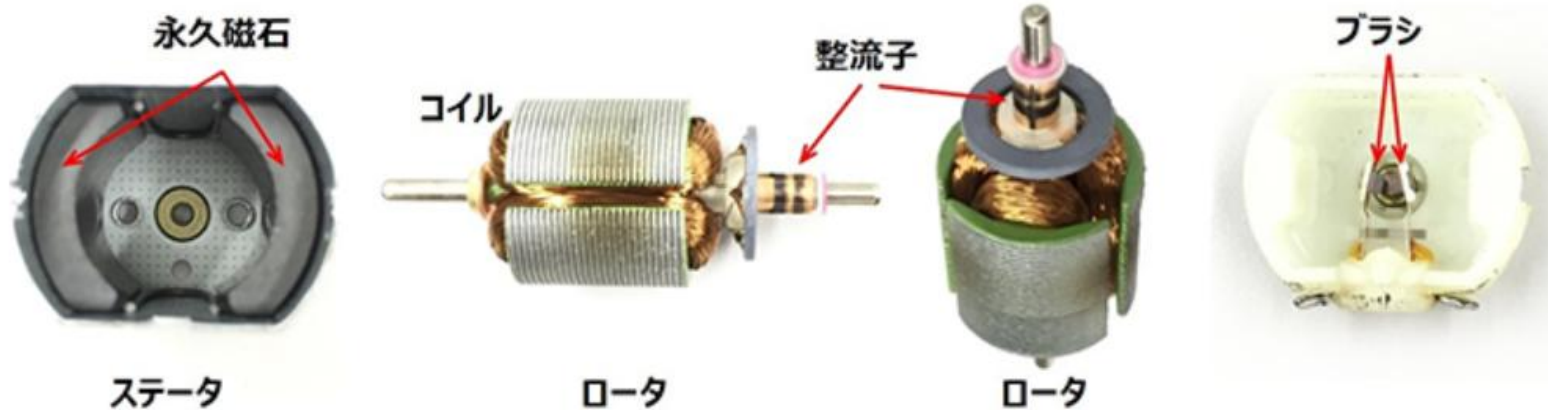
ブラシ付き DCモーター 動作原理を解説



動作原理

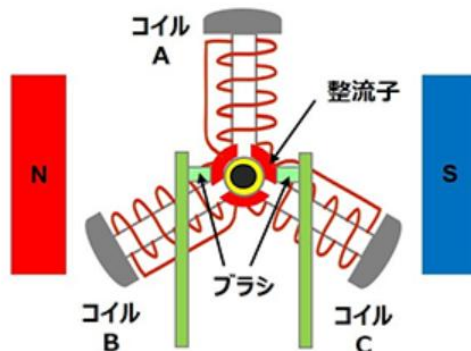
- 説明はたくさんあるのでみてください

ブラシ付モータ内部構造



<https://techweb.rohm.co.jp/product/motor/brushed-motor/brushed-motor-basic/87/>

ブラシ付モータ内部構造略図

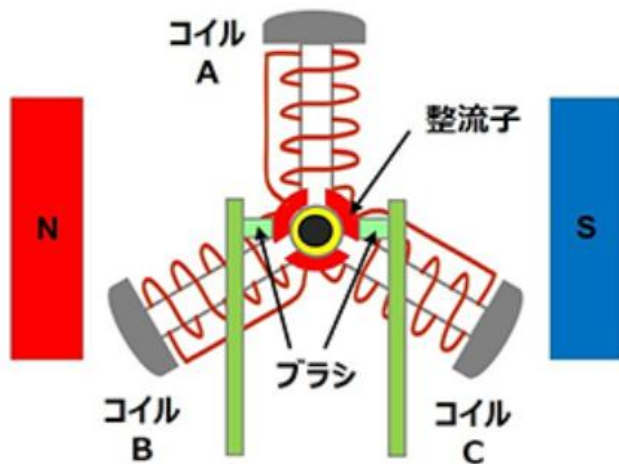


“ブラシ付きDCモーターの動作原理”
でYoutube で検索

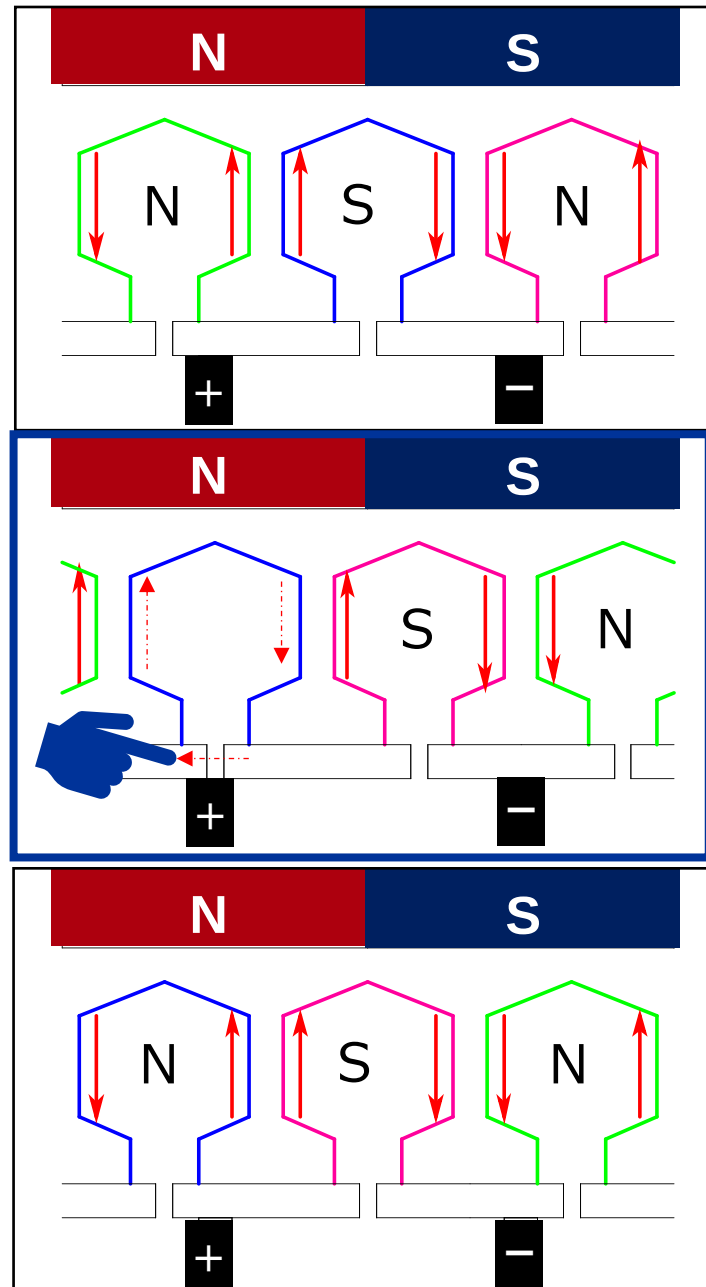
左図 <https://youtu.be/vRquEOq3B18> より

動作の説明

ブラシ付モータ内部構造略図



転流

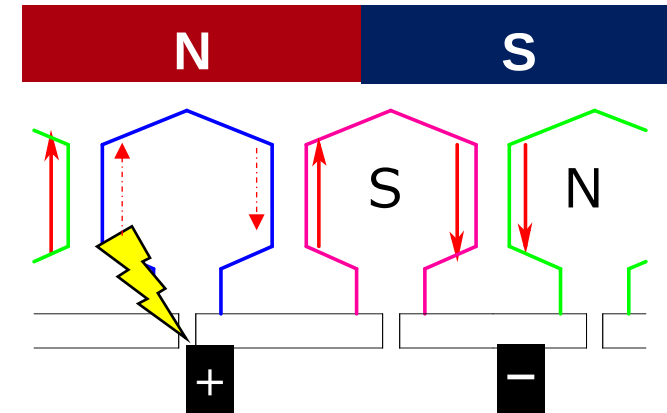
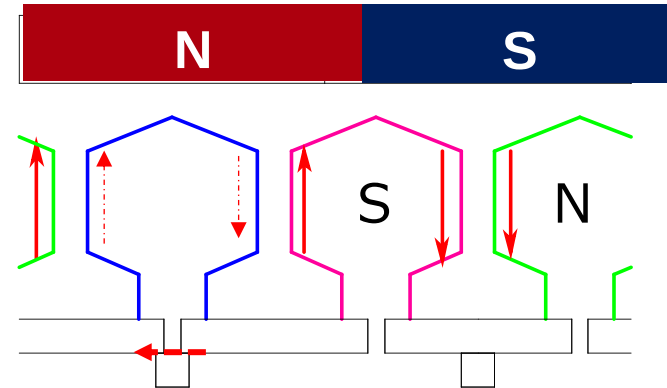


直流ブラシモータの課題

課題 1

ブラシで転流する際に時定数からすぐに電流が 0 にならない
= 電流が流れている間にブラシが離れると、コイルインダクタンス
によって火花が発生してブラシが摩耗する
∴ ブラシの抵抗を上げて電流の減衰を早める必要がある

程よい抵抗と、導電率のバランスや機器によって異なり
銅とカーボン混ぜた焼結体がブラシとしてつかわれる
右図 トリス社 <https://tris.co.jp/products/>
より



課題 2

転流後も時定数があるため転流後にすぐに電流が立ち上がりず
磁極の発生が遅れる（特に高回転）

時定数を見越して、ブラシを進角（ずらす）して
転流を早めに行うことで、高速のトルクを増やせる
しかし

時定数は回転数で変化し 高速と低速のトレードオフがある
正転と逆転の両方を最適化できない

電子制御のブラシレスモータにとって変わられるがコストはあがる
電池を使うおもちゃ、電話のバイブレータ、歯ブラシ、12V
バッテリー自動車用モータ（燃料ポンプ）などでは使われる

$$V = -d\Phi/dt$$

$$\Phi = LI$$

$$= -L \cdot di/dt$$

- <https://www.fuji-carbon.co.jp/manufacturing/>
- <https://tris.co.jp/products/>

絶縁

ざっくり

空気の 絶縁耐力 1 kV/mm

ちなみに 沿面距離 1 kV/10mm

正しくは 電圧, 気圧, 汚損度で変わるので IEC 60664-1 “絶縁距離” で検索

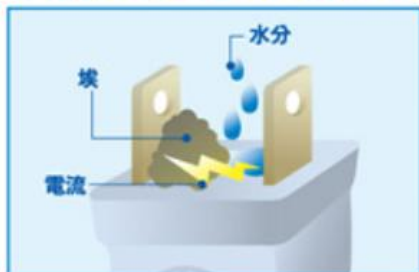
ただし！

埃や 水分が加わると, コンセントの電極間距離 1cmで100Vでも発火する

(絶縁破壊ではなく表面が炭化して短絡 = トラッキング)

挿しっぱなしのコンセントに埃がないか, 上向きの使っていないコンセントにはカバーを しましょう！

電源プラグに埃がたまった状態を放置すると、火災の危険性が！



電源プラグに埃や水分が付着することで、微弱電流が発生



シチレーション(微小発光放電)が発生し、樹脂表面が炭化



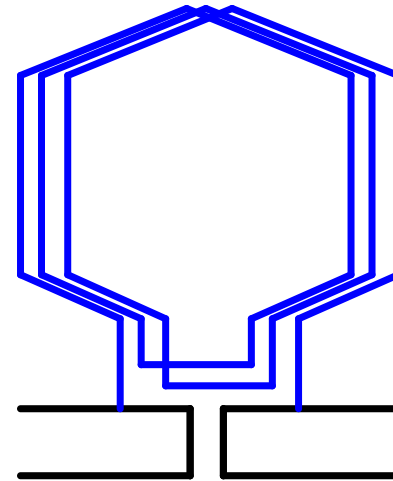
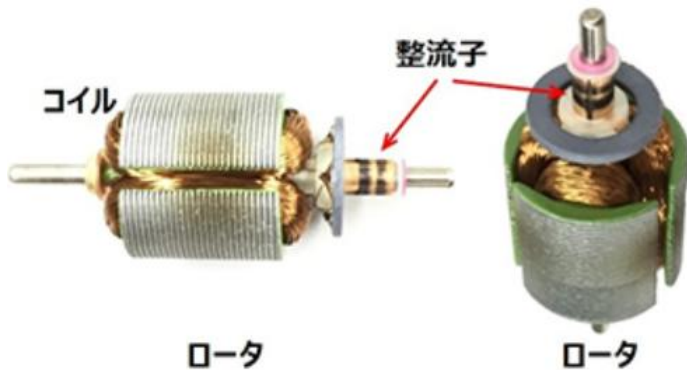
炭化が進むと、短絡(ショート)し、発火



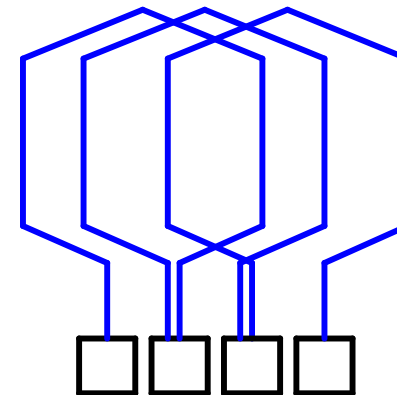
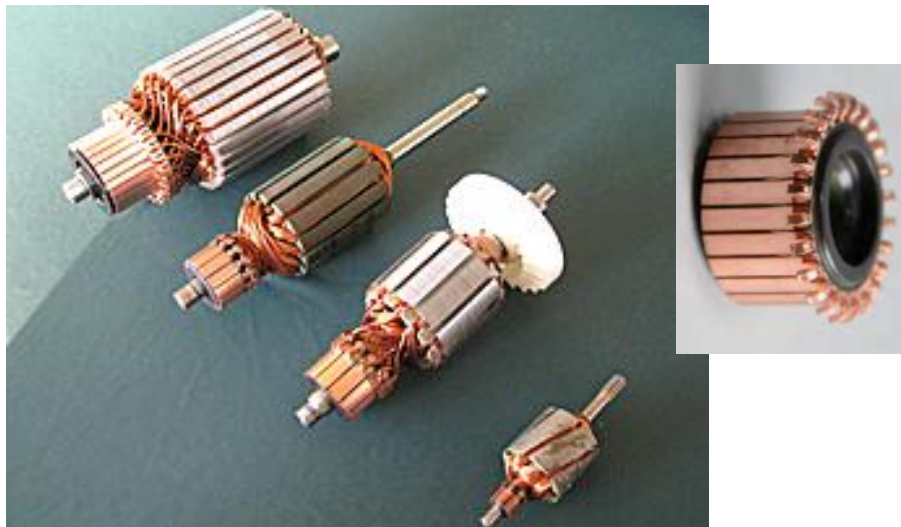
引用 : https://holdings.panasonic.jp/corporate/pac/safety/safety_test/tracking.html

整流回数を増やして，火花を抑制，高電圧で使う

ブラシ付モータ内部構造



同じ位置で巻かれたコイルが一斉に切り替わる



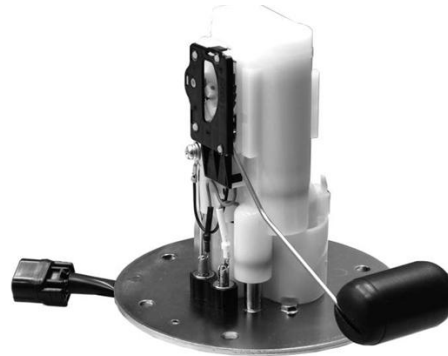
分身の術！ コイルの位相をずらして
一部のコイルが順々に切り替わる

自動車用モータでは，よく使われる

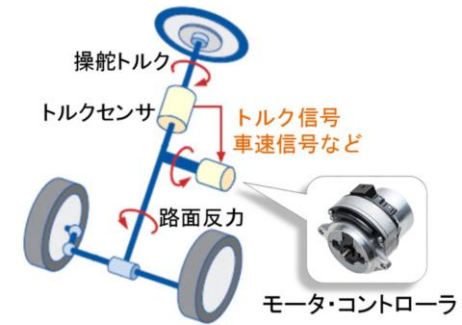
自動車用 スタータ



燃料ポンプ

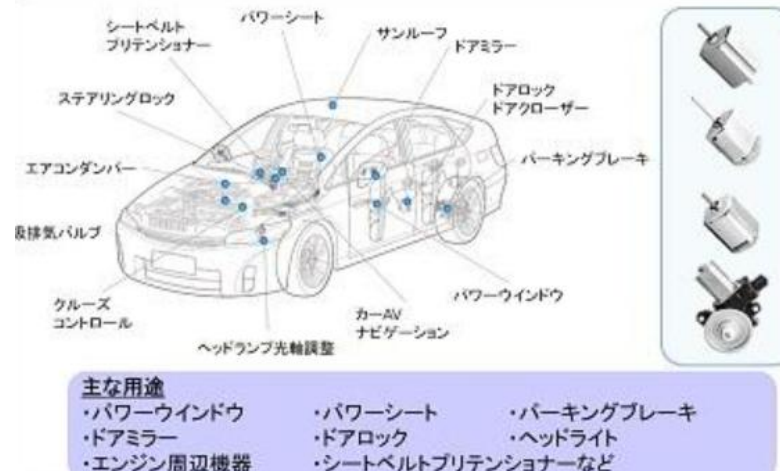


電動パワーステアリング (一部旧機種)



他にも．．．
ワイパー
電動シート
パワーウィンドウ

用途市場 自動車電装機器



MABUCHI MOTOR

Copyright © 2009 Mabuchi Motor Co., Ltd. All rights reserved.

<https://www.mabuchi-motor.co.jp/product/case/automotive.html>

大型の直流モータ（鉄道を支えた直流モータ）



直流主電動機（モーター）

整流子面



直流モーターって（まだ現役でがんばってます）



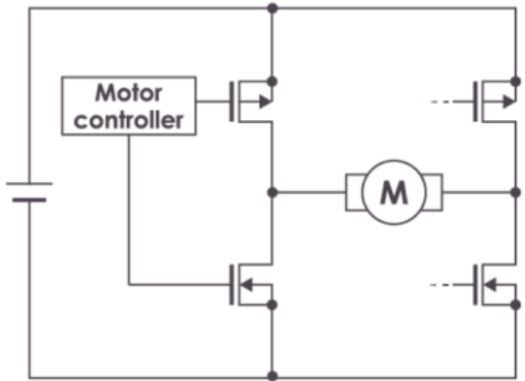
名古屋市営地下鉄3114H



近鉄 2050系

直流モータの今後

- 制御が比較的簡単
- 単純にはON-OFF だけでよい
- DC電源をそのままつなげられる（電池と相性が良い）
- 回転子位置検出不要



しかし、センサレス汎用ドライバが進化した今は、 , , ,

AliExpress DMYOND Store

トップブランド 96.1% 肯定的なフィードバック

+ フォロー 5108 フォロワー

私は...を買って

ストアホーム 商品 イベント トップセールング Clearance Products RU ES Local Delivery フィー

DC 8-24V

Start and stop Forward and reverse

VCC GND +5V PWM Motor terminal

Positive electrode 8-24V Negative pole

Speed regulating potentiometer

ブラシレスモーター付きスピードコントローラードライ
き,18KHz,DC8-24V cc

さらに 2% オフ

★★★★★ 5.0 ~ 6 レビュー 39 注文

Enjoy special discounts!

¥ 110
¥ 323 -66%

Store Discount: 10 を買うと 1% オフになります

¥ 1,074 オフ ストアクーポン クーポンを獲得

数量:

電気ブラシレスファン,超小型,静音,大容量

さらに 1% オフ

★★★★★ 3.4 ~ 5 レビュー 14 注文

Enjoy sp

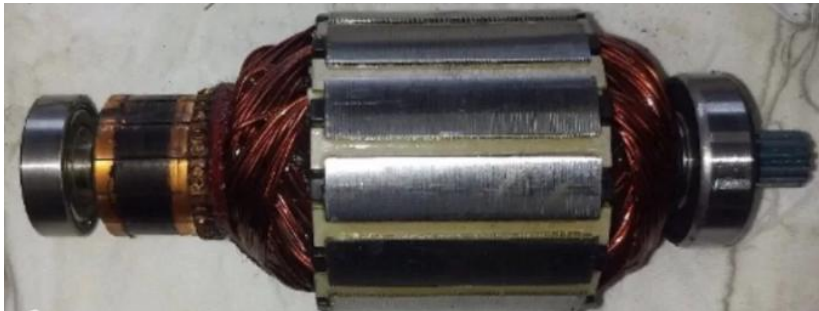
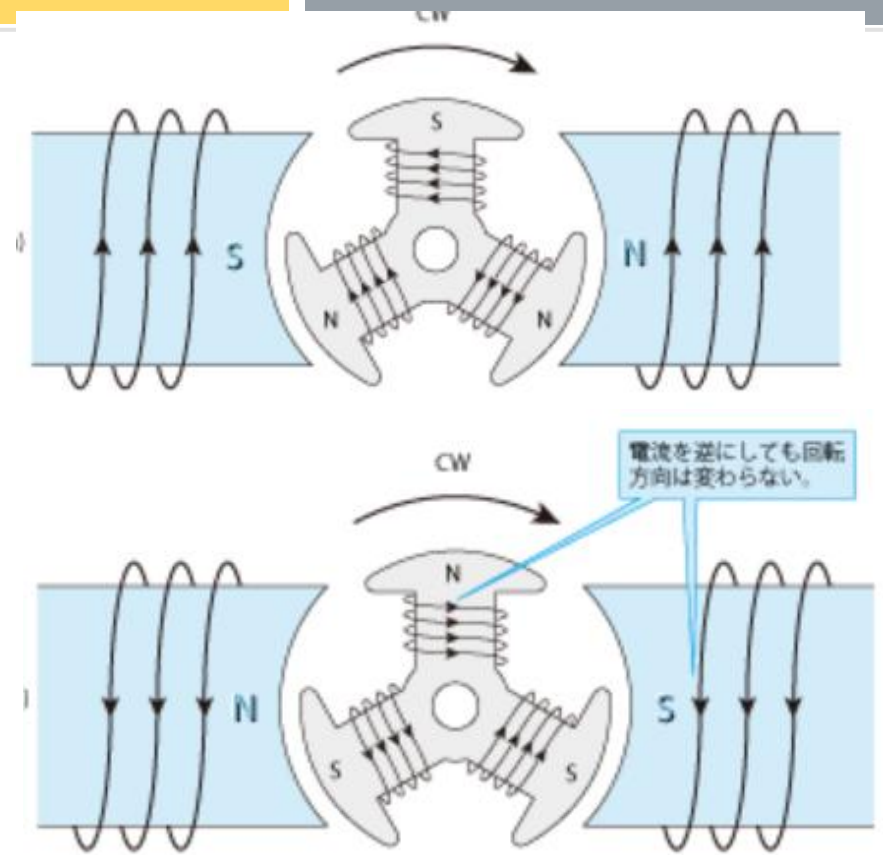
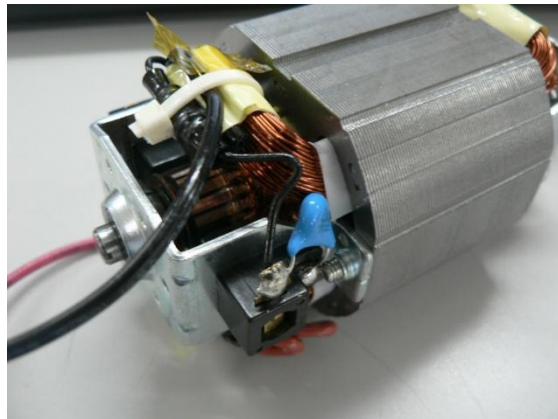
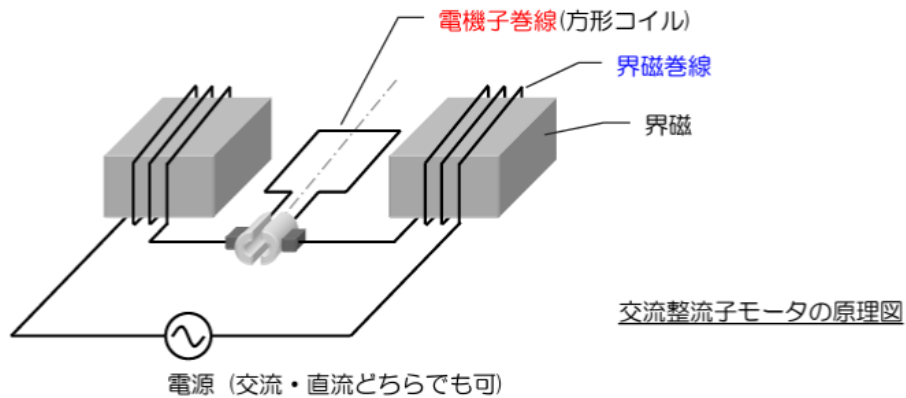
¥ 32
¥ 82 -61%

Store Discount: 2 を買うと 1% オフになります

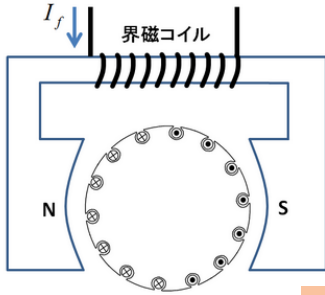
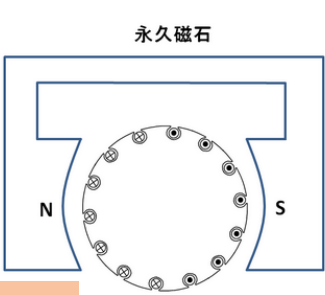
¥ 2,684 オフ ストアクーポン クーポンを

Color: USB

ブラシモータは交流でも回ります！ 整流子モータ（ユニバーサルモータ）

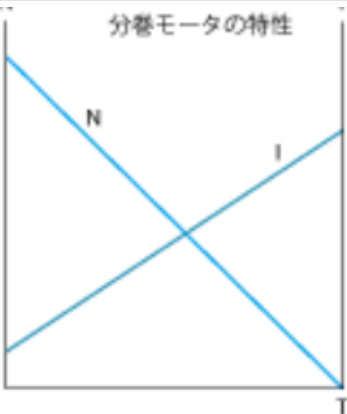
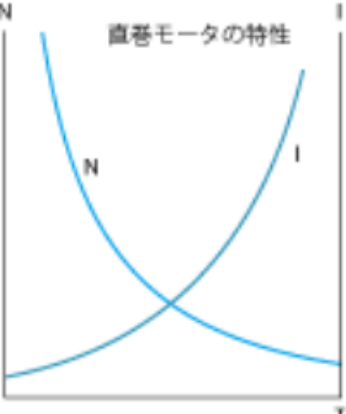
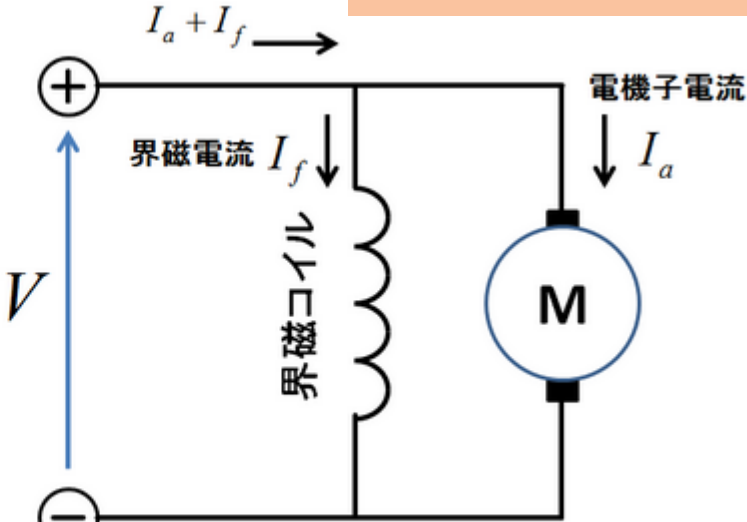
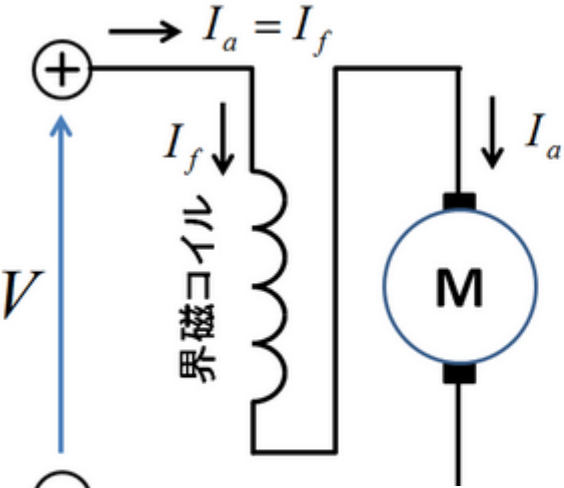


磁石の代わりに電磁石だがコイルのつなぎ方が色々ある

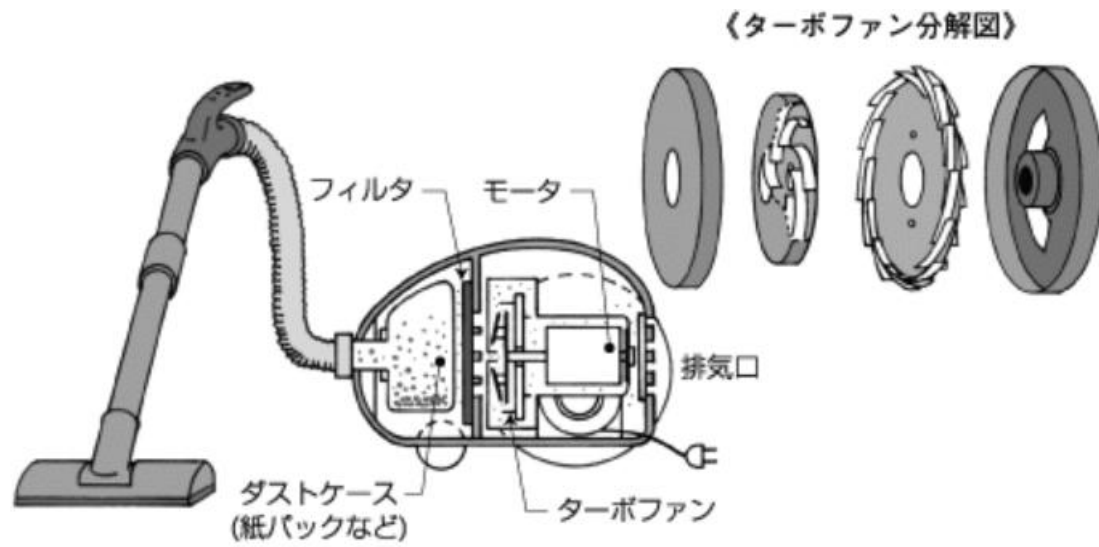


直巻 (ちよっけん)

分巻 (ぶんけん)



整流子モータの例



掃除機（ユニバーサルモータ）もブラシレス化へ..

・小型高速化による軽量化を提案するも. . . 不発に

① 吸引力（圧力）アップするが 風量がダウンする

圧力×流量 = 吸い込み仕事率が下がる

② インバータつけると、コンセントのノイズ規制で、リアクトルなど追加して重くなる

その後

・電池の進化（リチウムイオン電池の安全性）で コードレスが可能に

・ライフスタイルの変化（絨毯が減った）掃除時間が短縮

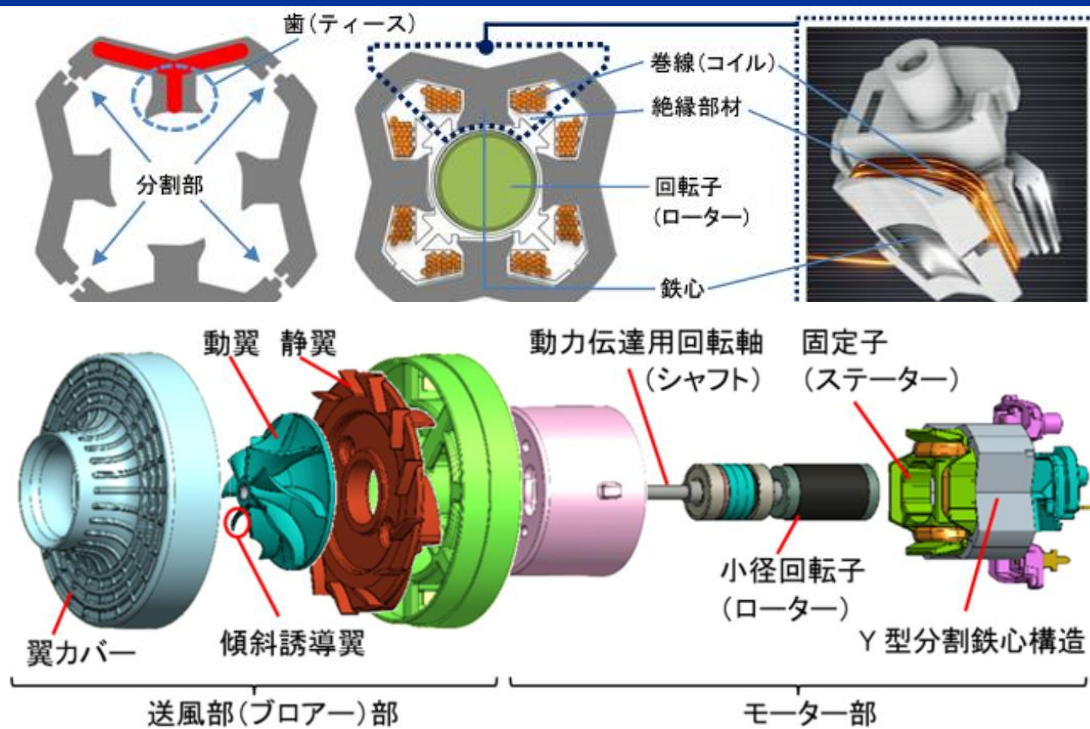
・掃除機だけで掃除しない（ルンバ、コロコロ）



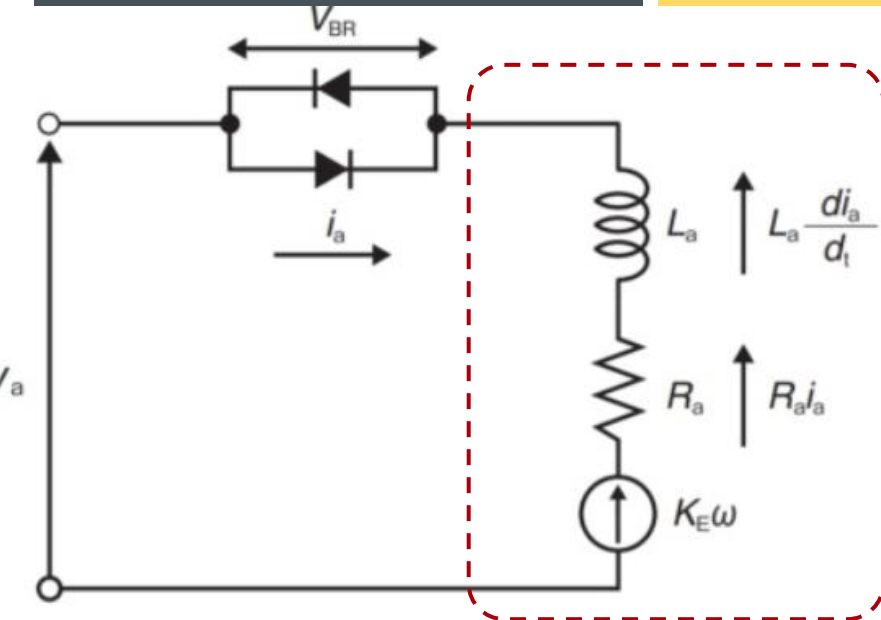
モータも進化しています



三菱JCモータ



奥が深いぞ 直流モータ ネオジにすれば最強なのか？



Ke 誘起電圧定数

La : モータコイルインダクタンス

Ra : モータ抵抗

電磁方程式

$$v_a = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + K_E \omega \quad \dots\dots (1)$$

$$V = I \cdot R + \omega \cdot K_t$$

R = ブラシ抵抗、巻線抵抗

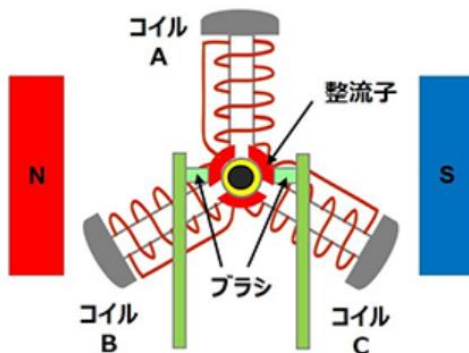
$$T = K_T i_a = J \frac{d\omega}{dt} + D\omega + T_L \quad \dots\dots (3)$$

J:慣性モーメント : (回転体が同じなので、時間では変化しない)

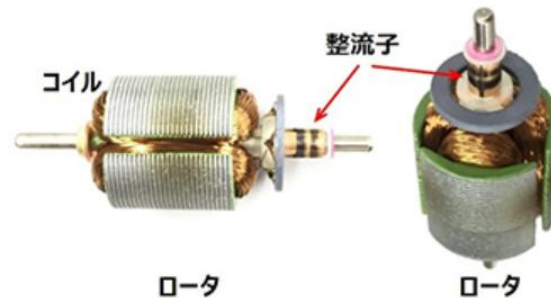
D:摩擦抵抗 : (軸受けロス他)

T_L:トルク:

ブラシ付モータ内部構造略図



ブラシ付モータ内部構造



奥が深いぞ 直流モータ ネオジにすれば最強なのか？

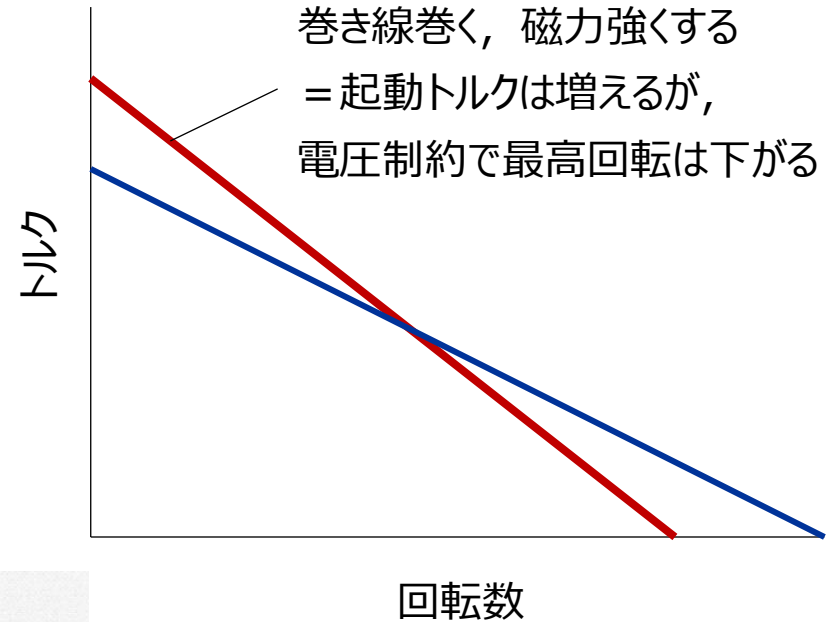
$$V = I \cdot R + \omega \cdot K_t$$

R = ブラシ抵抗、巻線抵抗

$$T = I K_t$$

K_t は誘起電圧定数 : 巻数・磁石磁束に比例

R は巻き数の二乗に比例



遠心流体機器は
回転数の3乗負荷特性



発進アシスト
低速トルクが欲しい！



スタータも冷間始動
(凍ったエンジンを回す！)

誘起電圧定数 = トルク定数？

- $V = 2 B L v$
- $e = 2 B L r \omega$
- B : 磁束密度 L コイル長さ ω : 回転速度 [rad/s] r : 回転半径 [m]
- $e = K_E \omega$ 誘起電圧定数とする
 e : ここではモータ端子に現れる発生電圧 (逆起電力) [V]
- K_E : 逆起電力定数 [Volt/rad] $= 2 B L$

モータのトルク定数 $T = I K_t$ とする

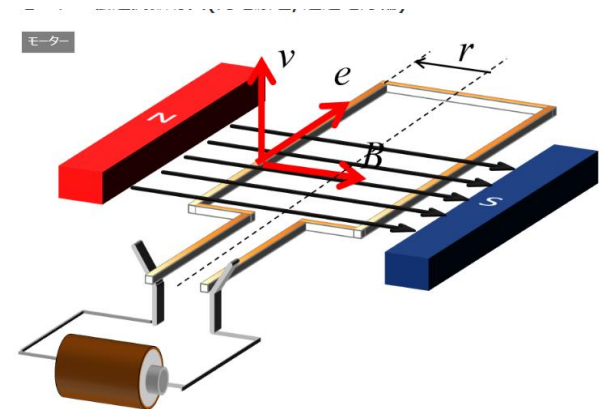
ここで, K_t : トルク定数 [Nm/A] =

フレミングの右手の法則で $T = 2 B I L$

$$\therefore K_t = 2 B L$$

トルク定数と 逆起電力定数は同じ値になる

ただし単位に注意してください Volt / rad と Nm/A でないとそうなりません. . .



誘起電圧定数 = トルク定数？

$$V = I \cdot R + \omega \cdot K_t$$

R = ブラシ抵抗、巻線抵抗

K_t = 起電力定数, 誘起電圧定数

$$T = I K_t$$

課題

電圧 24V で 起動時に 8A 流れて 0.8 Nm 出せるモータがあった

このモータは何rpm までまわりうるでしょうか

電圧計（ORトルクメータ）, 電流計があれば, , 特性はおおよそわかる

課題

電圧 24V で 2000rpm まで回るモータがあった

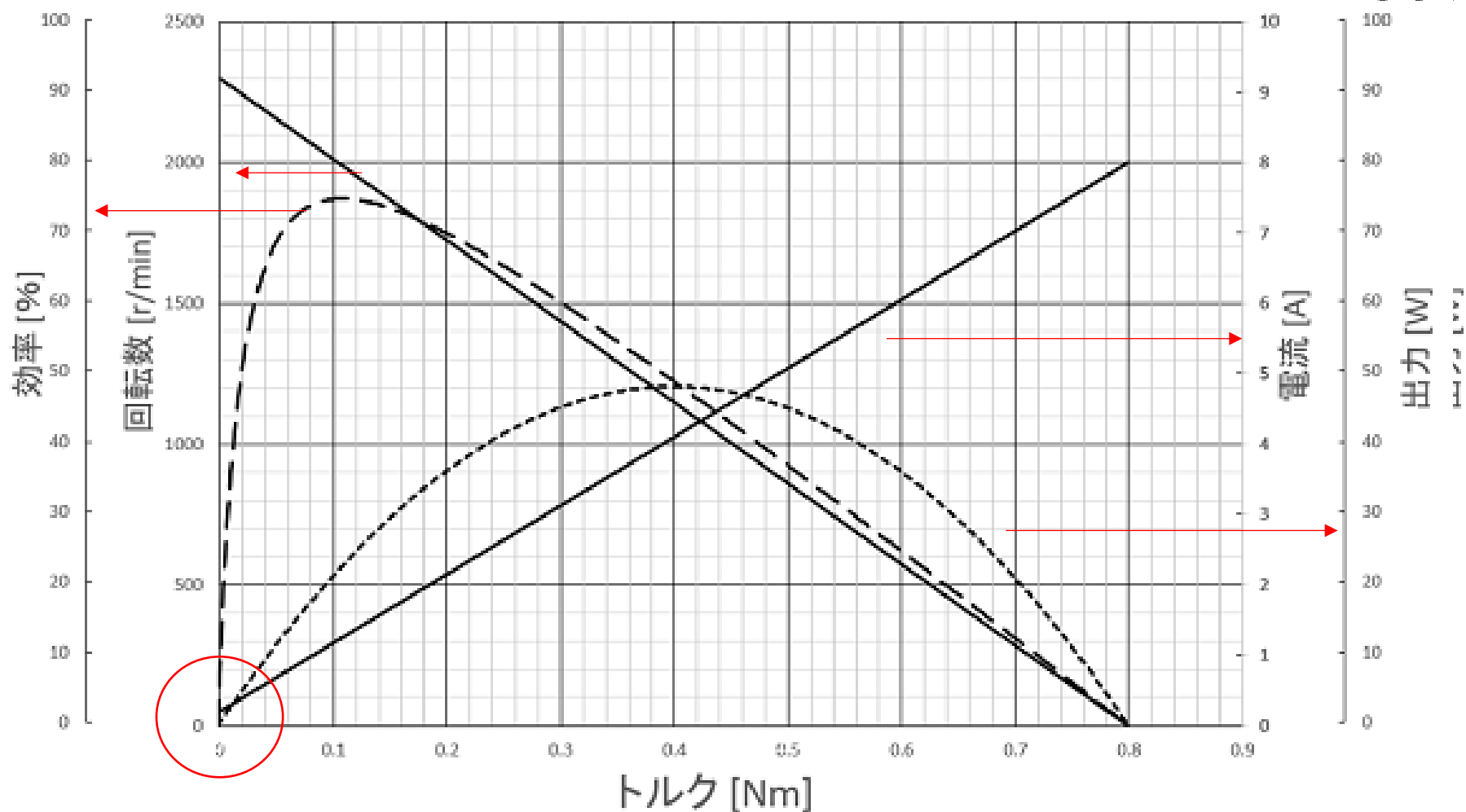
抵抗は1Ωだったとして

このモータ何Nm だせるでしょうか

抵抗, 無負荷最高回転数 があれば, 特性はおおよそわかる

定電圧を印加した場合、DCモータの特性は下図のように表記される。

印加電圧 24 [V]



鉄損はどうやって測るの？

$$V = I \cdot R + \omega \cdot K_t$$

R = ブラシ抵抗、巻線抵抗

K_t = 起電力定数, 誘起電圧定数

$$T = I K_t - (\text{鉄損} + \text{メカ損})$$

無負荷最高回転時, 電流が流れている
鉄損, メカ損がなければ $I = 0$, $T = 0$ だが
そうはならない

実際は $T = 0$ は

鉄損 + メカ損とトルクが釣り合った回転数で, そこが無負荷回転数

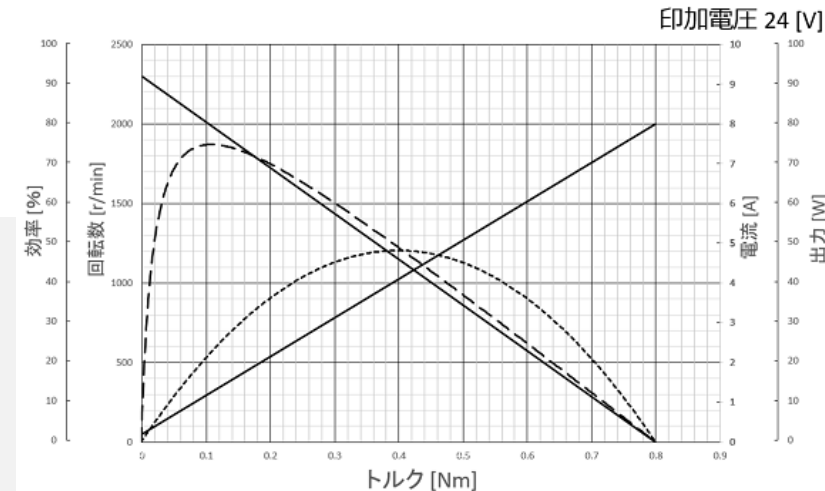
その時の電流 $\times$ トルク定数で 鉄損 + メカ損を推定できる

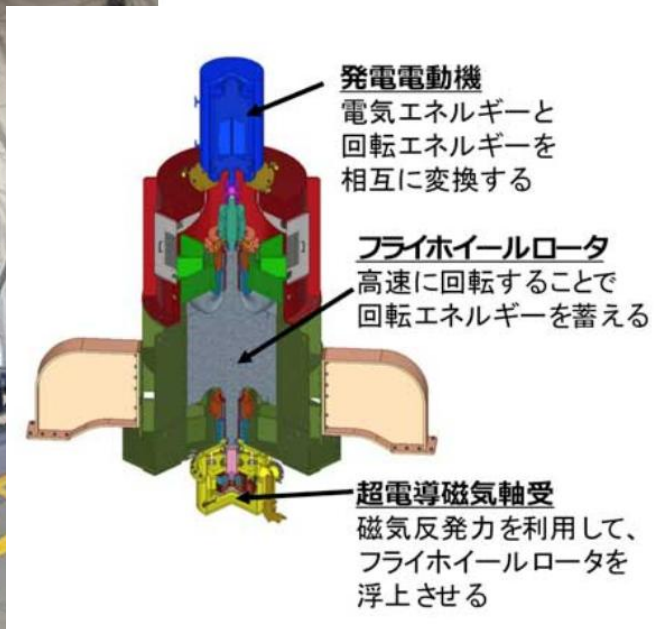
電圧を変えて, 鉄損 + メカ損と回転数の関係をプロットしておく
効率査定精度があがる

実際 (ここまで気にするなら, トルクメータが必要になります)

電流の立ち上がり遅れの影響があるので, 実際のトルク定数が高回転で小さく見える
小型モータは2相, 3相の切り替わりがあるので, トルク定数が位置で変わる

定電圧を印加した場合、DCモータの特性は下図のように表記される。





蓄電容量29kWh

年間146MW hを削減

穴山変電所に設置された「超電導フライホイール蓄電システム」。充放電を繰り返しても性能が劣化せず、有害な成分を含まない構造で環境負荷が少ないという特性を持つ

画像提供：JR東日本

引用：<https://emira-t.jp/topics/21167/>



■日産リーフ主要諸元

車名型式

寸法

全長
全幅
全高<ルーフアンテナ(可倒式)装着時>
室内寸法 長*1
室内寸法 幅*1
室内寸法 高*1
ホイールベース
トレッド 前
トレッド 後
最低地上高*1

X

Vセレクション

4480mm
1790mm
1560mm<1540mm>
2030mm
1455mm
1185mm
2700mm
1540mm
1555mm
150mm

4480mm
1790mm
1560mm<1540mm>
2030mm
1455mm
1185mm
2700mm
1530mm
1545mm
150mm

重量・定員

車両重量
乗車定員
車両総重量

1520kg
5名
1795kg

1530kg
5名
1805kg

性能

最小回転半径

交流電力量消費率 **WLTCモード** (国土交通省審査値)

市街地モード

郊外モード

高速道路モード

JC08モード (国土交通省審査値)

一充電走行距離 **WLTCモード** (国土交通省審査値)

JC08モード (国土交通省審査値)

5.2m*2
155Wh/km
133Wh/km
145Wh/km
171Wh/km
120Wh/km
322km
400km

5.4m
155Wh/km
133Wh/km
145Wh/km
171Wh/km
120Wh/km
322km
400km

駆動用バッテリー

種類
総電圧
総電力量*1

リチウムイオン電池
350V
40kWh

リチウムイオン電池
350V
40kWh

原動機

型式
種類
定格出力
最高出力
最大トルク

EM57
交流同期電動機
85kW
110kW(150PS)/3283~9795rpm
320N・m(32.6kgf・m)/0~3283rpm

EM57
交流同期電動機
85kW
110kW(150PS)/3283~9795rpm
320N・m(32.6kgf・m)/0~3283rpm

動力伝達装置

最終減速比

8.193

8.193

今日学ぶこと

クルマの最高速を上げたい どうする



- 1 コイル巻数を変える
- 2 磁石の強さを変える
- 3 ギヤを変える
- 4 電池を変える
- 5 ブラシの取り付け方を変える

最大出力が大きければ、最高速は伸びるか？