

## ロボットの動力性能の解析と評価

### 1 モータの特性の解析

#### 1.1 電気的特性

モータを電池で駆動した場合の等価回路は図1のようになる。一般に電池は起電力源  $E$  と内部抵抗  $R_E$  の合成で表される。

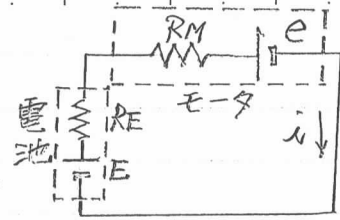


図1

モータは構造が発電機と基本的に同一であり、回転することにより  $E$  と逆方向の起電力  $e$  を発生する。また  $R_M$  はコイル等の純抵抗である。上記より、次式が得られる。

$$i = (E - e) / (R_E + R_M) \quad (1)$$

$$e = k_v \cdot N \omega \quad (2)$$

$k_v$ : 発電定数 (V/r.p.s)

$N\omega$ : モータ回転数 (r.p.s)

コイルを流れる電流  $i$  に比例して、モータの発生トルクは変化する。

$$T_M = k_T \cdot i \quad (3)$$

$T_M$ : モータ発生トルク (N·m)

$k_T$ : トルク定数 (N·m/A)

上記において、 $k_v$ 、 $k_T$  は必ずしも独立したものである。  $k_v$ 、 $k_T$  はモータの磁気回路的な特性及びコイルの巻き数等で決定され、一般に次の様な関係がある。

低回転、高トルク型モータのとき、  $k_v$ : 大、  $k_T$ : 大  
高回転、低トルク型モータのとき、  $k_v$ : 小、  $k_T$ : 小

モータの発生動力  $W_M$  は次式で表される。

$$W_M = 2\pi \cdot T \cdot N \quad (4)$$

よって、モータの性能を発生する動力の大きさで評価した場合、高回転・低トルク型、低回転・高トルク型のどちらが良いともいえないことになる。

### 1.2 モータ単体の運動特性

モータ単体を駆動すると、発生トルク  $T_M$  は、ロータを加速するための、  
費やされる。よって

$$T_M = I_M \cdot \ddot{\theta}_M = I_M \cdot \frac{d\omega_M}{dt} = I_M \cdot 2\pi \frac{dN_M}{dt} \quad (5)$$

- $I_M$ : ロータ慣性モーメント ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )
- $\theta_M$ : モータ角変位 (rad.)
- $\omega_M$ : モータ角速度 (rad./s)

(1)~(5)より モータの回転数  $N_M$  を求めれば、

$$I_M \cdot 2\pi \frac{d}{dt} N_M = k_T \cdot \frac{E}{R_E + R_M} - k_T \frac{1}{R_E + R_M} k_V \cdot N_M$$

整理して、

$$\frac{1}{k_V} E = N_M + 2\pi \cdot I_M \frac{R_E + R_M}{k_T \cdot k_V} \cdot \frac{d}{dt} N_M \quad (6)$$

(6) はモータの回転速度  $N_M$  に関する運動方程式であり、一階、線形  
の微分方程式である。(6) は次のような解をもつ。

$$N_M(t) = \frac{E}{k_V} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T^*}})$$

$$T^* = 2\pi \cdot I_M \frac{R_E + R_M}{k_T \cdot k_V} \quad (7)$$

$N_M(t)$  を図示すると図2のようになる。  
ここで  $T^*$  は時定数と呼ばれ、応答  
の遅れを表す重要な目安となる。

$N_M(t)$  は最終的には  $N_M(\infty) = E/k_V$   
となり、時定数  $k_V$  に逆比例する。

$t = T^*$  において、モータの回転速度は  
 $N_M(T^*) = 0.632 \times E/k_V$  となり  $t = 3T^*$  において、  
 $N_M(3T^*) = 0.98 \times E/k_V$  となる

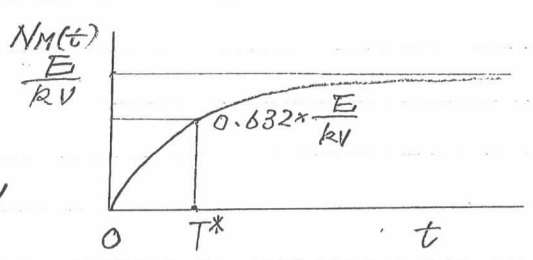


図2

すなわち、モータの応答の速さは時定数  $T^*$  により評価できるわけ  
であるが、(7)式で示されるように、モータの素子の他に電池の内部抵抗  
 $R_E$  も  $T^*$  にかかわるので、応答速度を高めるには、電池の選択も重要で  
あることがわかる。

## 2 ロボットの運動解析

モータの発生トルク  $T_M$  はロボットの回転部の合成慣性モーメント  $I$ , 及びロボットの質量  $m$  を加速すること、また走行抵抗  $f_s$  を打ち消すことに消費される。

2.1 回転部の合成慣性モーメント  $I_R$ 

回転部は、モータのロータ、ギヤ部、タイヤ等で構成されている。

タイヤの回転数と  $N_T$  とし、ギヤの減速比を  $1/q$  とすれば

$$N_T = N_M \frac{1}{q} \quad (8)$$

タイヤの慣性モーメントを  $I_T$  とすれば「貯えられる運動エネルギー」  $J_T$  は、

$$\begin{aligned} J_T &= \frac{1}{2} I_T (2\pi \cdot N_T)^2 = \frac{1}{2} I_T (2\pi \cdot \frac{1}{q} N_M)^2 \\ &= \frac{1}{2} (\frac{1}{q^2} \cdot I_T) (2\pi \cdot N_M)^2 = \frac{1}{2} I_T^* (2\pi \cdot N_M)^2 \quad (9) \end{aligned}$$

ここで、 $I_T^*$  は、モータの回転数  $N_M$  からみた、タイヤの慣性モーメントである。上記の手法は、減速器の慣性モーメントを求める際にも用いることができる。ギヤ部の「貯える運動エネルギー」  $J_G$  は、次式となる。

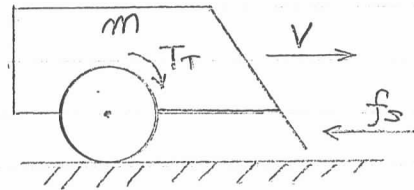
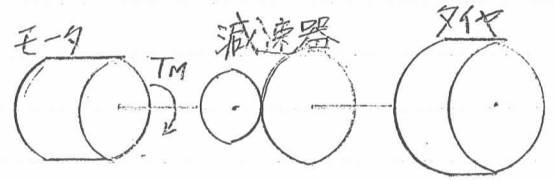
$$J_G = \frac{1}{2} I_G (2\pi \cdot N_G)^2 = \frac{1}{2} I_G^* (2\pi \cdot N_M)^2 \quad (10)$$

よって回転部全体の「貯えるエネルギー」  $J_R$  は、

$$\begin{aligned} J_R &= \frac{1}{2} I_M (2\pi \cdot N_M)^2 + \frac{1}{2} I_G^* (2\pi \cdot N_M)^2 + \frac{1}{2} I_T^* (2\pi \cdot N_M)^2 \\ &= \frac{1}{2} I_R (2\pi \cdot N_M)^2 \quad (11) \end{aligned}$$

$$I_R = I_M + I_G^* + I_T^*$$

と表すことができる。ここで、 $I_R$  はモータの回転数  $N_M$  からみた回転部全体の合成慣性モーメントである。



## 2.2. ロボットの全質量の慣性モーメントへの置換

直線運動により、ロボットの質量は、慣性モーメントと同様にエネルギーを貯えるので、慣性モーメントに置換し、統一して取り扱う。

ロボット速度  $V$  は、タイヤがスリップしないものとすれば

$$V = \pi \cdot D \cdot N_T = \pi \cdot D \cdot \frac{NM}{\theta} \quad (12)$$

全質量  $m$  が直進運動により貯えるエネルギー  $J_m$  は

$$\begin{aligned} J_m &= \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} m \left( \pi \cdot D \cdot \frac{NM}{\theta} \right)^2 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{4} m \cdot \left( \frac{D}{\theta} \right)^2 \right\} (2\pi \cdot Nm)^2 \\ &= \frac{1}{2} I_s \cdot (2\pi \cdot Nm)^2 \quad (14) \end{aligned}$$

$$I_s = \frac{1}{4} m \cdot \left( \frac{D}{\theta} \right)^2$$

すなわち、 $I_s$  が質量  $m$  を、慣性モーメントに置換した物理量である。

2.3. ロボット全体の合成慣性モーメント  $I$ 

ロボットに貯えられる運動エネルギーは、回転運動にもなるエネルギーと、直線運動にもなるエネルギーの和となり、これを回転運動に統一して慣性モーメントで表すと、次式となる

$$J = \frac{1}{2} I \cdot (2\pi \cdot Nm)^2 = \frac{1}{2} (I_T + I_s) (2\pi \cdot Nm)^2 \quad (15)$$

## 2.4. ロボットの運動方程式

モータ発生するトルク  $T_M$  は、ロボットを加速するために消費され、残りが走行抵抗  $f_s$  と釣り合う。よって次式が成り立つ。

$$\left( T_M - I \cdot 2\pi \cdot \frac{d}{dt} Nm \right) \cdot \theta \cdot \eta_G = T_T \quad (16)$$

$$T_T / \left( \frac{D}{2} \right) = f_s \quad (17)$$

$\eta_G$ : モータ効率

$T_T$ : タイヤ発生トルク (N·m)

(16), (17) 及び (1) (2) (3) より

$$\left\{ k_T \cdot (E - k_V \cdot Nm) \frac{1}{R_{E+R_M}} - I \cdot 2\pi \cdot \frac{d}{dt} Nm \right\} \cdot \theta \cdot \eta_G = f_s \cdot \frac{D}{2}$$

整理して

$$G \cdot \eta_g \cdot k_t \frac{1}{R_{E+R_M}} E - f_s \frac{D}{2}$$

$$= G \cdot \eta_g \cdot k_t \cdot k_v \frac{1}{R_{E+R_M}} \cdot N_M + G \cdot \eta_g \cdot 2\pi \cdot I \cdot \frac{d}{dt} N_M$$

両辺を  $G \cdot \eta_g \cdot k_t \cdot k_v / (R_{E+R_M})$  で“除して”

$$\frac{1}{k_v} E - \frac{R_{E+R_M}}{G \cdot \eta_g \cdot k_t \cdot k_v} \cdot \frac{D}{2} \cdot f_s$$

$$= N_M + \frac{R_{E+R_M}}{k_t \cdot k_v} \cdot 2\pi \cdot I \cdot \frac{d}{dt} N_M \quad (18)$$

(18) は モータの回転速度  $N_M$  に関する運動方程式であるが、わかりにくいので、両辺に  $\pi D / G$  を乗じて、 $\pi \cdot D \cdot N_M / G = V$ ,  $\pi \cdot D \frac{d}{dt} N_M / G = \frac{d}{dt} V$  の置換を行うと、次式が得られる。

$$\frac{\pi \cdot D}{k_v \cdot G} E - \frac{R_{E+R_M}}{k_t \cdot k_v} \cdot \frac{\pi}{2 \eta_g} \left( \frac{D}{G} \right)^2 \cdot f_s$$

$$= V + \frac{R_{E+R_M}}{k_t \cdot k_v} \cdot 2\pi \cdot I \cdot \frac{d}{dt} V \quad (19)$$

$$= V + T^{**} \cdot \frac{d}{dt} V$$

が得られる。これはロボットの速度に関する運動方程式で、一階線形の微分方程式である。左辺第1項は、走行抵抗のないときの最終速度を表し、第2項は走行抵抗による速度の減少項である。右辺第2項における  $T^{**}$  は、ロボットの速度に関する時定数であり、応答性の評価に用いる重要な項である。実際の試合は、径1.6mの土俵上で行なわれ、対戦相手と衝突するまでの時間は、

0.1 ~ 0.5 秒程度である。

(19) の解は図3のようになるが、

最終速度  $V(\infty)$  のみならず、 $T^{**}$  の対戦の結果に大きな影響を与えることがわかる。

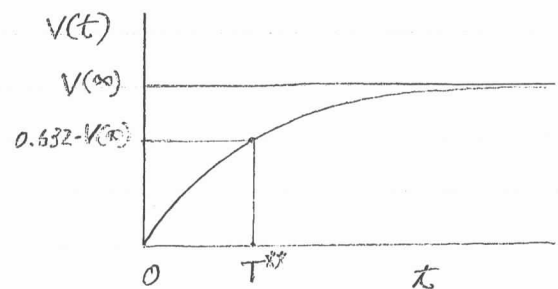


図 3

### 3 ロボットに使用されるモータの特性について。(マクシモータ, タリヤモータ)

#### 3.1 定格動力について.

モータに関する諸量 ( $i, T_M, W, \eta$ )  $i, T_M, W, \eta$   
と回転数  $N_M$  の関係をまとめると図3のようになる。

モータの起動時に最大電流  $i_{max}$  が流れ、  
そのとき、モータの発生するトルク  $T_{max}$  が最大となる  
式(1)~(3)を参照、 $T_{max}$ ,  $i_{max}$  よりトルク定数  
 $k_T$  を求めることができる。

$$k_T = \frac{T_{max}}{i_{max}} \quad (20)$$

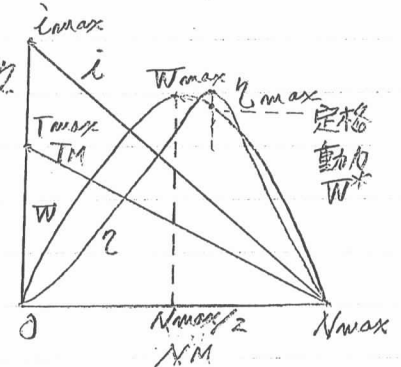


図3.

モータの回転抵抗  $H_M$  を微小とし無視すれば、最高回転数  $N_{max}$  と印加電圧  $E$  の関係から発電定数  $k_V$  を求めることができる。

$$k_V = \frac{E}{N_{max}} \quad (21)$$

$i, T_M$  は  $N_M$  と直線的な関係にあり、発生動力  $W(N_M)$  は、

$$W(N_M) = 2\pi \cdot T_M \cdot N_M$$

であるが、 $W(N_M)$  は  $N_{max}/2$  をピークとする放物線となる。

コイル, ブラシ等には抵抗が存在し、電流により発熱し、損失  $W_L$  が生ずる。

$$W_L(N_M) = R_M \cdot i(N_M)^2$$

よって、モータの効率  $\eta$  は、図3のように、 $N_{max}/2$  より少し高い回転数において最高効率  $\eta_{max}$  となる。

直流モータにおいては、この最高効率点における発生動力  $W^*$  を定格動力と呼ぶ。モータを使用する際、定格動力を守って使用すれば、エネルギー効率が高いうえ、発生熱量も比較的小さいので、コイルの寿命も長いと考えられる。動力曲線は印加電圧によって変化するが、定格電圧と定格動力の両方を守ることで、効率、寿命の観点から大切である。

#### 3.2 ロボット駆動用モータの使用状況

3.1で、定格を守って使用することが、効率、寿命の観点から大切であるとした。しかし、試合において、ロボットの運動性能(推力, 速度, 応答性)を満足させるためには、効率や長期的な寿命は二次的なものとなり、試合中のモータの焼損がなければ

良し、ということになる。試合中に、焼損する原因は、大部分が  
対戦相手との押し合い状態が発生することによる。

対戦相手と強くロックした状態で押し合うと  
速度 0 においては、最大の損失動力  $W_{Lmax}$   
が発生し、最高の発熱量となる。

$$W_{Lmax} = R_M (i_{max})^2 \quad (22)$$

発熱はコイル部に生じるが、大部分は、  
コイル、ロータの温度上昇に消費され、一部  
は、コイル周囲の空気 → ケーシング → 大気  
と放熱される。

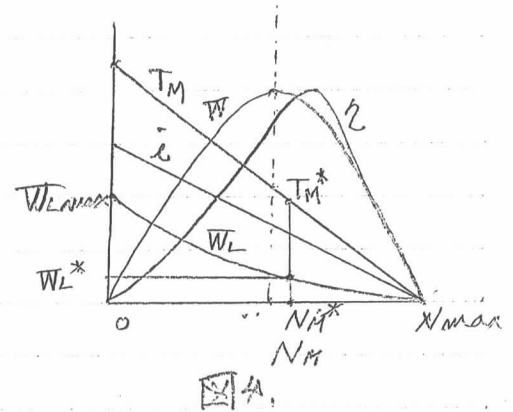
マクシモータは、ロータの温度を解析するための縮元を表示して  
のぞ、ロータの温度を推測し、ロック状態において、焼損を起こ  
さないうち、電池の性能を決定することが可能であるが、このような  
電池の設定においては、ロボットの運動性能を満たすことは不可能  
である。コイルの焼損防止の対策は、次の3種類が一般的  
である。

i) タイヤをスリップさせることにより、ロック状態が生じるを防ぐ。  
図4よりわかるように、 $W_L$  は、 $N_M$  の関数であるため、 $W_L$  の使用上の上限  
値  $W_L^*$  を決定し、タイヤ発生トルク  $T$  が、次式において、空転す  
るよう、タイヤ荷重を調整する。

$$T = T_M^* \cdot G$$

ii) ロック状態では過大電流が流れるので、これを検出し、  
ロボットの動作を変更することにより焼損を防止する。  
過大電流は起動時や、運動方向の変化時にも発生するが、  
一般的に短時間に限られるので、ある時間以上、過大電流が  
流れた状態をロック状態と判断すれば良い。

iii) モータを改造して、ロータを強制空冷することにより焼損を防ぐ。



### 3.2 ローラの慣性モーメントについて

ロボットの運動性能を考えると、ロボット全体の合成慣性モーメント  $I$  が重要であることは、おに述べた。回転部の合成慣性モーメント  $I_R$  のうち、ギヤ部の慣性モーメント  $I_G$  及びタイヤの慣性モーメント  $I_T$  は、それぞれ  $1/2$  と乗じて合成されるので、実際には大きな影響を与える値は取らない。よって、 $I_R$  は、次の様にローラの慣性モーメント  $I_M$  に係数  $1.3 \sim 1.5$  を乗じて近似することができる。よって、ローラの慣性モーメント  $I_M$  が特に重要である。

$$I_R = I_M \times (1.3 \sim 1.5)$$

ロボットの質量  $m$  を慣性モーメントに置換したものが  $I_S$  である。 $I_S$  と実際に計算した  $I_M$  と比較すると、減速比率、タイヤ径  $D$  にもよるが、およそ同一の値を取る。よって、ロボット全体の合成慣性モーメント  $I$  は、次式で近似的に表すことができる。

$$I = I_M \times (1.3 \sim 1.5) + I_S$$

### 4. モータ及びロボット性能計算表

ロボットの駆動用としてモータを使用する場合、モータ単体としての性能ではなく、駆動電池、減速器、タイヤ径、走行抵抗、ロボット質量等が複合してロボット性能に関係することを述べた。そこで、電池の種類とセル数、走行抵抗  $f_s$  を仮定し、ロボットの最大推力を定め、各種モータを使用し際のロボット縮元（減速比、タイヤ径等）を設計する。そのとき決定されるロボットの動力性能（速度、応答性、動力損失等）を比較することにより、モータの性能を比較することを試みた。その結果を性能計算表に示す。

これより、電池、ギヤ、タイヤ径を適切に選べば、使用モータによるロボット性能の差異は、計算上（ほとんど）あらわれないことがわかる。よってこの結果からは、タミヤモータに較べて何十倍も高価なマクソンモータを用いる必然性はないことになる。しかし、ローラの焼損については、

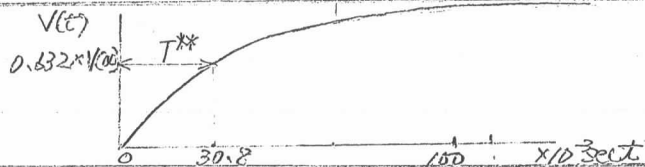
マクソンモータとタミヤモータには大きな違いがあり、これはローラの構造の違いによる。タミヤのモータでは、コイルはコアに単純に巻かれている。この場合、コイルの発熱は、大きな熱容量をもつコア部に熱伝達されるが、接触面積が小さい為、大電流が流れると、短時間の内にコイルのみが局所的に高温になり、焼損が起りやすい（熱時定数が小さい）。マクソンモータの場合、コイルとコアが一体化しており、コイルだけが局所的に高温になりにくい。大電流が短時間だけ流れる場合、発生熱量が、コイル、コアに均等に分散することにより、温度上昇が小さくてよい。（熱時定数が大きい。）



### ロボット性能計算表

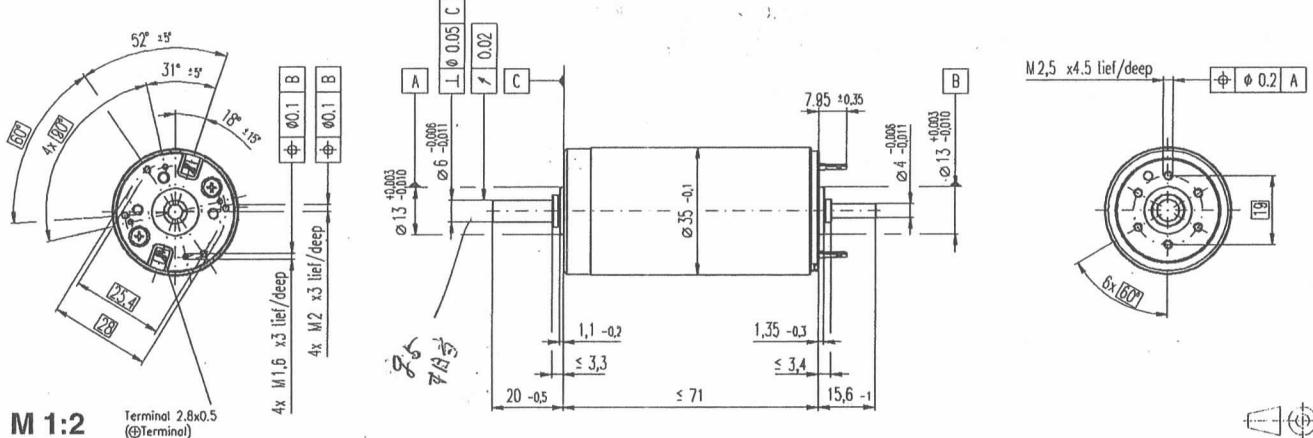
モータ型式		RX R380	FY 540	F7V=90W
モータの性能	定格電圧 $E$ (V)	12	12	15
	起動電流 $i_{max}$ (A)	18.5	45.0	44.9
	端子間抵抗 $R_M = E/i_{max}$ ( $\Omega$ )	0.65	0.27	0.33A
	停動トルク $T_{max}$ (N·m) $\eta_g = 0.7$ として計算	$\eta_g = 0.7$ $156 \times 10^{-3}$	$\eta_g = 0.7$ $467 \times 10^{-3}$	$872 \times 10^{-3}$
	トルク定数 $k_T = T_{max}/i_{max}$ (N·m/A)	$8.41 \times 10^{-3}$	$10.4 \times 10^{-3}$	$19.4 \times 10^{-3}$
	無負荷回転数 $N_{max}$ (r.p.s)	240	216	117
	発電定数 $k_V = E/N_{max}$ (V/r.p.s)	$50 \times 10^{-3}$	$56 \times 10^{-3}$	$129 \times 10^{-3}$
	ロータ質量 $m_R$ (測定値) (kg)	$25 \times 10^{-3}$	$60 \times 10^{-3}$	
	ロータ径 $D_R$ (m)	$17 \times 10^{-3}$	$23 \times 10^{-3}$	
	ロータの慣性モーメント $I_M = \frac{1}{2} m_R \cdot (\frac{D_R}{2})^2$ ( $kg \cdot m^2$ )	$0.903 \times 10^{-6}$	$3.97 \times 10^{-6}$	$4.0 \times 10^{-6}$
モータの時定数 $T^* = 2\pi \cdot R_M \cdot I_M / (k_T \cdot k_V)$ (sec)				
使用する電池の内部抵抗 $R_E$ は無視する。		$8.76 \times 10^{-3}$	$9.25 \times 10^{-3}$	$3.35 \times 10^{-3}$
電池について ニッケド, 単2.5, 16セル, $E = 20.8$ , 内部抵抗 $R_E = 0.02 \times 16 = 0.32 \Omega$				
ロボットの構成	ロボット走行抵抗 $f_s$ (N)	100		
	必要推力 $F$ (N)	200		
	使用モータ個数	4	2	2
	タイヤ径 $D_T$ (m)	$40 \times 10^{-3}$	$50 \times 10^{-3}$	$40 \times 10^{-3}$
	モータ合成抵抗 $R_M$ ( $\Omega$ )	0.163	0.134	0.167
	最大電流 $i_{max} = E / (R_E + R_M)$ (A)	42.1	45.8	42.7
	モータ最大トルク $T_{max} = i_{max} \cdot k_T$ (N·m)	$362 \times 10^{-3}$	$476 \times 10^{-3}$	$828 \times 10^{-3}$
	推力 $F$ が満足するに必要な減速比 $\eta_g$ の計算 $300 \times D_T/2 = T_{max} \cdot \eta_g \cdot \eta_g$ , $\eta_g = 0.7$ として	$\eta_g = 23.7$	$\eta_g = 22.5$	$\eta_g = 10.35$
予想される性能	走行時モータ発生トルク $T_M^* = f_s \cdot D_T / (2\eta_g \cdot \eta_g)$ (N·m)	モータ4基の計 0.114	2基の計 0.143	2基の計 0.286
	走行時電流 $i^* = T_M^* / k_T$ (A)	4基の計 13.56	2基の計 13.75	2基の計 14.74
	走行時発電電圧 $e^* = E - (R_E + R_M) i^*$ (V)	14.25	14.56	13.62
	走行時モータ回転数 $N_M^* = e^* / k_V$ (r.p.s)	285.0	260.0	105.6
	ロボット最終速度 $V(\infty) = \pi \cdot D_T \cdot N_M^* / \eta_g$ (m/s)	1.43	1.63	1.33
	ロボット速度に関する時定数 $T^{**}$ ( $\times 10^{-3}$ sec)			
	$T^{**} = \frac{2\pi \cdot (R_E + R_M)}{k_T \cdot k_V} \cdot \left\{ \frac{2}{4\eta_g} \times I_M \times 1.3 + \frac{1}{4} m \left( \frac{D_T}{\eta_g} \right)^2 \right\}$	45.8	59.4	30.8

$$V(t) = V(\infty) \left( 1 - e^{-\frac{t}{T^{**}}} \right)$$



# RE 35 $\varnothing 35$ mm, グラファイトブラシ, 90 Watt

maxon DC motor

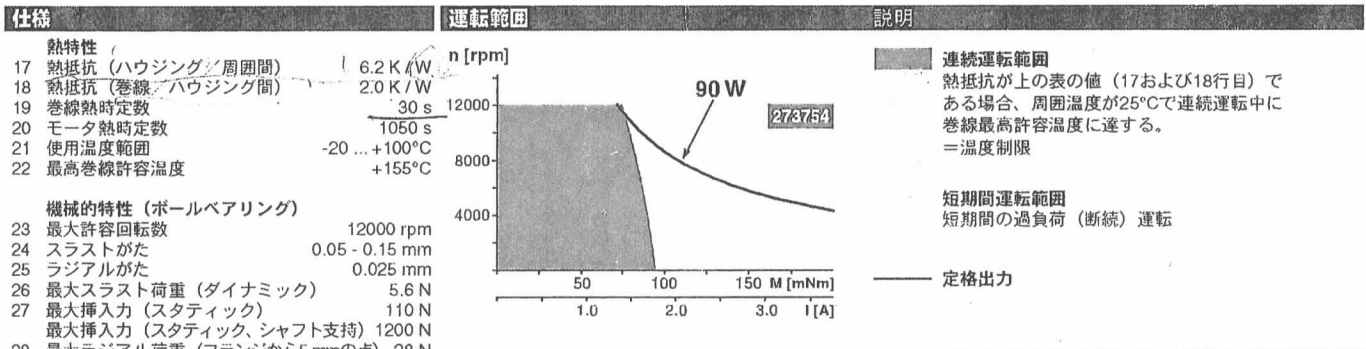


**M 1:2** Terminal 2.8x0.5 (Terminal)

標準在庫製品  
標準製品  
特別仕様製品 (受注生産)

注文番号		273752	323890	273753	273754	273755	273756	273757	273758	273759	273760	273761	273762	273763
標準品	ブラシ側シャフト長変更品 15.6 → 4 mm	285785	323891	285786	285787	285788	285789	285790	285791	285792	285793	285794	285795	285796

モータデータ (暫定仕様)		273752	323890	273753	273754	273755	273756	273757	273758	273759	273760	273761	273762	273763
公称電圧時のデータ														
1 公称電圧	V	15.0	24.0	30.0	42.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
2 無負荷回転数	rpm	7070	7670	7220	7530	7270	6650	5960	4740	3810	3140	2570	2100	1620
3 無負荷電流	mA	245	168	123	92.7	77.3	68.7	59.7	44.7	34.2	27.1	21.6	17.2	12.9
4 最大連続トルク時の回転数	rpm	6270	6910	6420	6770	6490	5860	5150	3920	2970	2280	1710	1220	732
5 最大連続トルク	mNm	73.2	93.3	92.4	97.7	96.5	98.2	98.8	102	105	105	105	104	104
6 最大連続電流	A	4.00	3.36	2.50	1.95	1.63	1.51	1.36	1.12	0.915	0.752	0.621	0.503	0.391
7 停動トルク	mNm	874	1160	949	1070	967	878	766	613	493	394	320	253	194
8 起動電流	A	45.0	39.7	24.4	20.3	15.5	12.9	10.1	6.43	4.16	2.74	1.83	1.18	0.704
9 最大効率	%	81	84	84	86	85	85	84	83	82	80	79	77	74
モータ固有値														
10 端子間抵抗	$\Omega$	0.334	0.605	1.23	2.07	3.09	3.72	4.75	7.46	11.5	17.5	26.2	40.5	68.2
11 端子間インダクタンス	mH	0.085	0.191	0.340	0.620	0.870	1.04	1.29	2.04	3.16	4.65	6.89	10.3	17.1
12 巻線抵抗	mNm/A	10.4	9.0	8.2	8.0	8.0	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5
13 回転数定数	rpm/V	491	328	246	182	154	140	126	100	80.5	66.4	54.6	44.7	34.0
14 回転数/トルク勾配	rpm/mNm	8.43	6.79	7.76	7.16	7.62	7.67	7.89	7.85	7.84	8.08	8.19	8.46	8.55
15 機械的時定数	ms	5.97	5.60	5.50	5.40	5.38	5.38	5.39	5.38	5.38	5.39	5.39	5.39	5.41
16 ロータ慣性モーメント	gcm <sup>2</sup>	67.6	78.7	67.6	72.0	67.4	67.0	65.2	65.4	65.5	63.6	62.8	60.8	60.4



**仕様**

**熱特性**  
 17 熱抵抗 (ハウジング/周囲間) 6.2 K/W  
 18 熱抵抗 (巻線/ハウジング間) 2.0 K/W  
 19 巻線熱時定数 30 s  
 20 モータ熱時定数 1050 s  
 21 使用温度範囲 -20 ... +100°C  
 22 最高巻線許容温度 +155°C

**機械的特性 (ボールベアリング)**  
 23 最大許容回転数 12000 rpm  
 24 スラストがた 0.05 - 0.15 mm  
 25 ラジアルがた 0.025 mm  
 26 最大スラスト荷重 (ダイナミック) 5.6 N  
 27 最大挿入力 (スタティック) 110 N  
 最大挿入力 (スタティック, シャフト支持) 1200 N  
 28 最大ラジアル荷重 (フランジから5 mmの点) 28 N

**その他の仕様**  
 29 永久磁石磁極ペア数 1  
 30 コミュテータ・セグメント数 13  
 31 モータ質量 340 g

表の値は公称値。  
誤差およびその他の詳細については49ページをご参照下さい。

**特別仕様:**  
 中空シャフト  
 ボールベアリングにプリロード: min. 2.4 N

**maxon モジュラー・システム**

ブラネタリギアヘッド GP 32 A  
 $\varnothing 32$  mm  
 0.75 - 4.5 Nm  
 詳細228ページ

ブラネタリギアヘッド GP 32 C  
 $\varnothing 32$  mm  
 1.0 - 6.0 Nm  
 詳細229ページ

ブラネタリギアヘッド GP 42 C  
 $\varnothing 42$  mm  
 3 - 15 Nm  
 詳細232ページ

エンコーダ MR  
 256 - 1024カウント  
 3チャンネル  
 詳細247ページ

エンコーダ HED... 5540  
 500カウント  
 3チャンネル  
 詳細250 / 252ページ

DCタコ DCT 22  
 $\varnothing 22$  mm  
 0.52 V  
 詳細259ページ

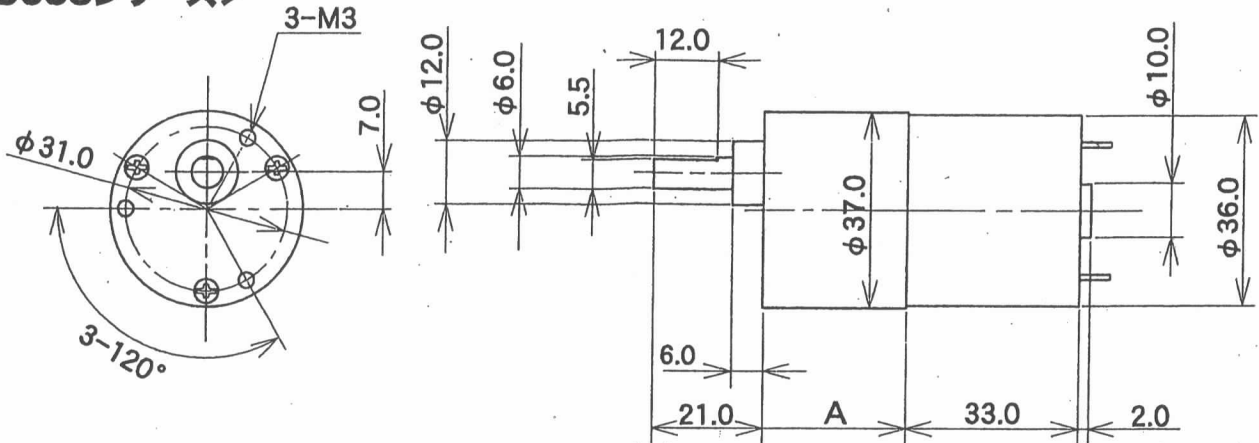
保持ブレーキ AB40  
 $\varnothing 40$  mm  
 24 VDC, 0.4 Nm  
 詳細289ページ

適合可能な電子回路:  
 ADS 50/5 ページ 264  
 ADS 50/10 265  
 ADS\_E 50/5 265  
 ADS\_E 50/10 265  
 EPOS 24/5 278  
 EPOS P 24/5 279  
 MIP 50 281  
 注意事項: 17

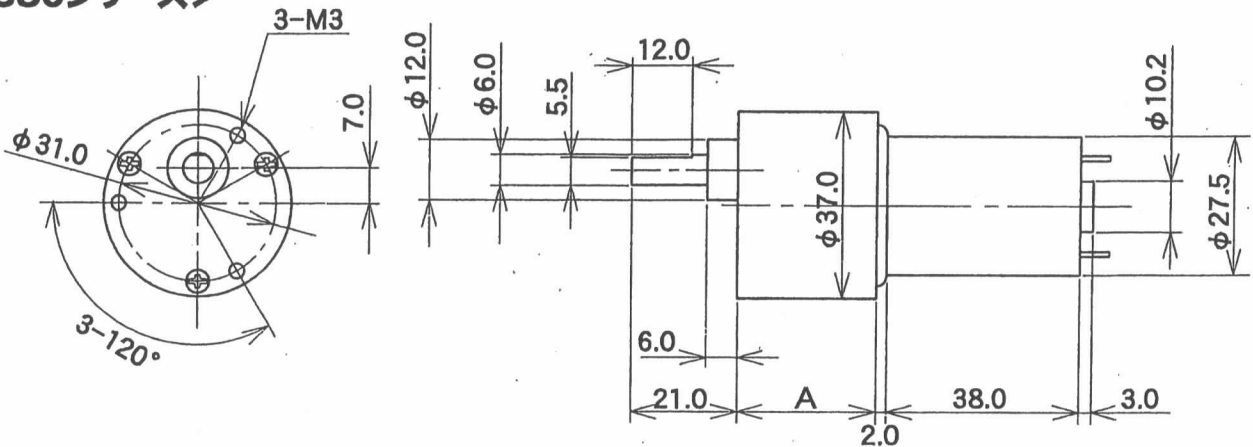
# タミヤギヤードモーター

3633シリーズ  
380シリーズ  
540シリーズ

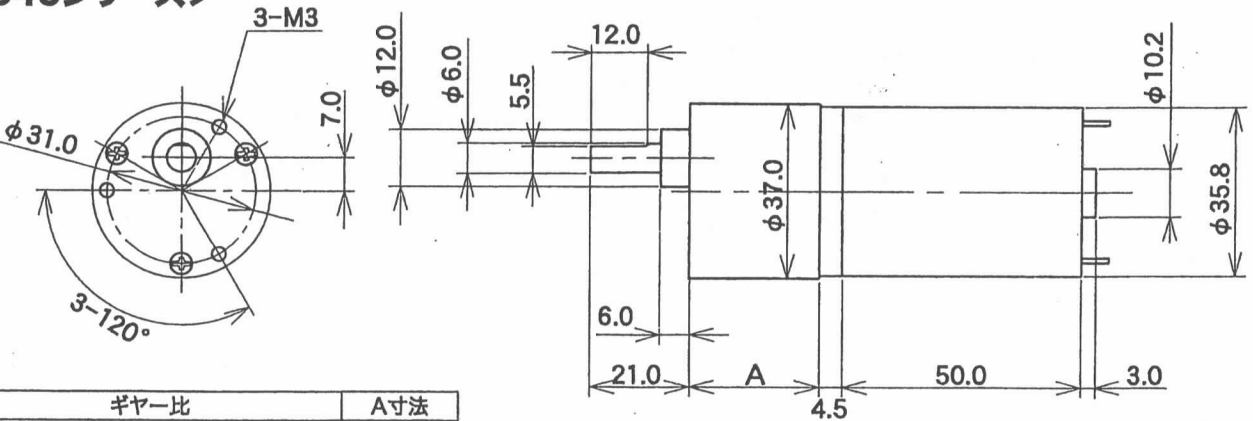
## <3633シリーズ>



## <380シリーズ>

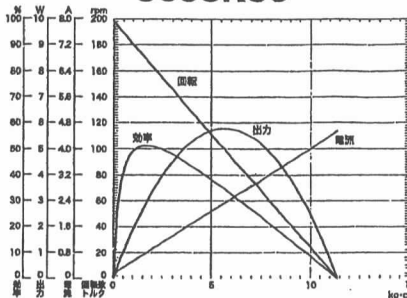


## <540シリーズ>

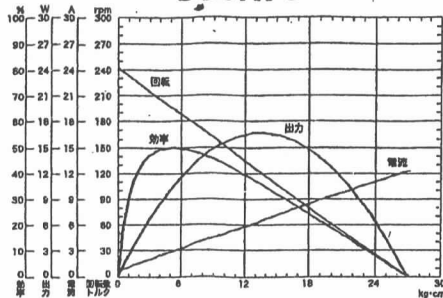


ギヤー比	A寸法
1/10	20
1/18.8 1/20 1/25 1/30	22.5
1/36 1/60 1/75 1/100	25
1/150 1/200 1/300	27.5

3633K36



380K75



540K75

