

[寿命計算]

期待寿命を長くとりすぎると、ボールねじが大きくなり機械コストがたかくなります。一般的に産業機械の期待寿命は10000時間、工作機械は20000時間を目標値とします。

寿命計算は以下の式により計算できます。

[定格寿命]

$$L = \left(\frac{C_a}{F_a \cdot f_w} \right)^3 \times 10^6$$

L : 定格寿命 (総回転数) (rev)

C_a : 基本動定格荷重 (N)

F_a : 軸方向負荷荷重 (N)

f_w : 荷重係数

荷重係数 (f_w)

振動・衝撃	速度(V)	f _w
微	微速の場合 V ≤ 0.25 m/s	1~1.2
小	低速の場合 .25 < V ≤ 1 m/s	1.2~1.5
中	中速の場合 1 < V ≤ 2 m/s	1.5~2
大	高速の場合 V m/s	2~3.5

[寿命時間]

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot N} = \frac{L \cdot Ph}{2 \cdot 60 \cdot n \cdot S}$$

L_h : 寿命時間 (h)

L : 定格寿命 (総回転数) (rev)

N : 毎分回転数 (min⁻¹)

n : 毎分往復数 (min⁻¹)

Ph : ボールねじのリード (mm)

S : ストローク長さ (mm)

[走行距離]

$$L_s = \frac{L \cdot Ph}{10^6}$$

L_s : 走行距離 (km)

L : 定格寿命 (総回転数) (rev)

Ph : ボールねじのリード (mm)

[軸方向の平均荷重]

軸方向の荷重が変動する場合、その変動荷重条件における寿命と等しい寿命となるような平均荷重を求め、寿命計算をする必要があります。

荷重が段階的に変化する場合

$$F_m = \sqrt{\frac{(F_{a1}^3 L_1 + F_{a2}^3 L_2 + \dots + F_{an}^3 L_n)}{L}}$$

F_m : 軸方向平均荷重 (N)

F_{an} : 変動荷重 (N)

L : 総走行距離 (mm)

L_n : 変動荷重を受けて走行した距離 (mm)

» 回転トルクの検討

ボールねじを駆動させて回転運動を直線運動に変換させるにはトルクが要ります。その必要な回転トルクの計算は下記通りです。

[等速時]

$$T_t = T_1 + T_2 + T_4$$

● T_t : 等速時必要回転トルク (N・mm)

● T₁ : 外部荷重による摩擦トルク (N・mm)

● T₂ : ボールねじの予圧トルク (N・mm)

● T₄ : その他トルク (N・mm)

(サポートユニット、オイルシール等の摩擦トルク)

[加速時]

$$T_k = T_t + T_3$$

● T_k : 加速時に必要な総回転トルク (N・mm)

● T_t : 等速時に必要な総回転トルク (N・mm)

● T₃ : 加速時に必要な総回転トルク (N・mm)

[減速時]

$$T_g = T_t + T_3$$

● T_g : 減速時に必要な総回転トルク (N・mm)

● T_t : 等速時に必要な総回転トルク (N・mm)

● T₃ : 減速時に必要な総回転トルク (N・mm)

① 外部荷重による摩擦トルク

ボールねじに必要な回転トルクのうち、外部荷重に対して必要な回転トルクの計算は下記通りです。

$$T1 = \frac{Fa \cdot Ph}{2\pi \cdot \eta} \times A$$

T1 : 外部荷重による摩擦トルク (N・mm)
 Fa : 軸方向の荷重 (N)
 Ph : ボールねじのリード (mm)
 η : ボールねじの効率 (通常 0.9~9.5)
 A : 減速比

② ボールねじの予圧によるトルク

$$T2 = Td \times A$$

T2 : ボールねじの予圧によるトルク (N・mm)
 Td : ボールねじの予圧トルク (N・mm)
 A : 減速比

③ 加速に必要なトルク

$$T3 = J \times \omega \times 10^3$$

T3 : 加速に必要なトルク (N・mm)
 J : 慣性モーメント (Kg・m²)
 ω : 角加速度 (rad/s)

● 慣性モーメント計算式

$$J = m \left(\frac{Ph}{2\pi} \right)^2 \times A^2 \times 10^{-6} + JS \cdot A^2 + JA \cdot A^2 + JB$$

m : 搬送質量 (Kg)
 Ph : ボールねじリード (mm)
 A : 減速比
 Js : ねじ軸の慣性モーメント (Kg・m²)
 JA : ねじ軸側に付くギアの慣性モーメント (Kg・m²)
 JB : モータ側に付くギア等の慣性モーメント (Kg・m²)

● 角加速度計算式

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

N : モータの毎分回転数 (mm⁻¹)
 t : 加速時間 (sec)

● 丸物の慣性モーメント

$$J = \frac{m \cdot D^2}{8 \times 10^6}$$

J : 慣性モーメント
 m : 丸物の質量 (Kg)
 D : ねじ軸の外径

≫ 駆動モータ選定

サーボモータの場合

① モーター回転数

モータに必要な回転数は、下記計算式により求められます。

$$N = \frac{V \times 1000 \times 60}{Ph} \times \frac{1}{A}$$

N : モータの必要回転数 (min⁻¹)
 V : 送り速度 (m/s)
 Ph : ボールねじリード (mm)
 A : 減速比

モータの定格回転数は上記計算値N以上であること。

② モータ必要分解能

エンコーダとドライバに必要な分解能は下記計算式により求められます。

$$R = \frac{Ph \cdot A}{S_{min}}$$

R : 必要分解能 (P/rev)
 Ph : ボールねじリード (mm)
 A : 減速比
 S_{min} : 最小送り量 (mm)

③ モータ必要トルク

モータに必要な回転トルクは加速、等速、減速により異なります。

● 最大トルク

モータに必要な最大トルクは、モータの瞬間最大トルクと同じまたは以下にする必要があります。

● 有効トルク

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{T1^2 \cdot t1 + T2^2 \cdot t2 + T3^2 \cdot t3}{t}}$$

T_{rms} : トルクの実効値 (N・mm)
 T_n : 変動トルク (N・mm)
 t_n : トルクT_nを負荷する時間 (s)
 t : サイクル時間 (s)

算出したトルクの実効値はモータの定格トルク以下にする必要があります。

● 慣性モーメント

$$J_m = \frac{J}{C}$$

J_m : モータに必要な慣性モーメント (kg・m²)
 J : 負荷側慣性モーメント (kg・m²)
 前頁「慣性モーメント」参照
 C : モータ、ドライバにより決まる係数

モータの慣性モーメントは算出したJ_m以上にする必要があります。