

リニアガイドの寿命計算

■寿命

リニアガイドが荷重を受けて直線往復運動をする場合には、たえず繰返し応力が転動体(鋼球)や転送面(レール)に作用しますので、材料の疲れによるフレーキングと呼ばれる、うろこ状の損傷が現れます。この最初のフレーキングが発生するまでの総走行距離を、リニアガイドの寿命といえます。

■定格寿命

定格寿命とは、一群の同じリニアガイドを、同じ条件で個々に走行させたとき、そのうちの90%がフレーキングを起こさず到達できる総走行距離をいいます。定格寿命は基本動定格荷重とリニアガイドに加わる荷重から次のように求めることができます。

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

実際にリニアガイドを使用する場合には、まず荷重計算を行わなければなりません。直線往復運動における荷重は、運動中の振動や衝撃、更にはリニアガイドに対する分布状況も十分に考慮する必要があります。計算で求めることは容易ではありません。また使用温度なども、寿命に大きく影響を与えます。これらの条件を加味すると前記の計算式は次のようになります。

$$L = \left(\frac{f_h \cdot f_r \cdot f_c \cdot f_w \cdot C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

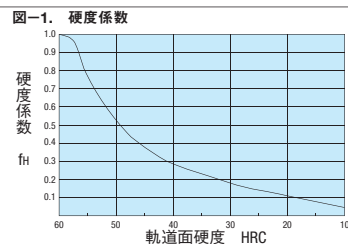
L : 定格寿命(km)
C : 基本動定格荷重(N)
P : 作用荷重(N)
f_h : 硬度係数(図-1参照)
f_r : 温度係数(図-2参照)
f_c : 接触係数(表-1参照)
f_w : 荷重係数(表-2参照)

●寿命計算ソフト

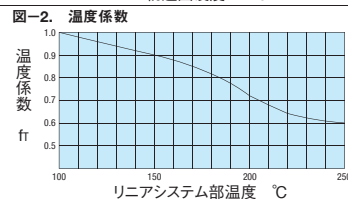
ミスミではリニアガイドの寿命計算ソフトをご用意しております。荷重、速度等のご使用条件を入力するだけで、簡単に寿命を計算する事が出来ます。
アドレス http://download.misumi.jp/mol/fa_soft.html



●硬度係数(f_h)
リニアガイドの使用に際しては、ボールが接触する軸についても十分な硬度が必要です。適切な硬度が得られない場合は、許容荷重が減少することになり、結果として寿命が短くなります。定格寿命を硬度係数で補正してください。



●温度係数(f_r)
リニアガイドの温度が100℃を超えると、リニアガイド及び軸の硬度が下がり、常温で使用する場合より許容荷重が減少し、寿命も短くなります。定格寿命を温度係数で補正してください。
*リニアガイドは、各商品ページの耐熱温度の範囲内でご使用ください。



●接触係数(f_c)
実際のリニアガイドの使用に当たっては、一本の軸に対し2ヶ以上のリニアガイドを使用する場合があります。この場合、それぞれのリニアガイドにかかる荷重は加工精度によって変化し、等分布荷重にはなりません。その結果、一軸当りのリニアガイド数によってそのリニアガイド1ヶあたりの許容荷重が変化します。定格寿命を表-1の接触係数で補正してください。

1本の軸に組付けられるベアリング数	接触係数f _c
1	1.00
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61

●荷重係数(f_w)
リニアガイドに作用する荷重を計算する場合、物体の重量のほかに運動速度に原因する慣性力、あるいはモーメント荷重、さらには各々の時間的な変化なども正確に求めることが必要です。しかし、往復運動においては常に起動、停止の線返しに伴う以外にも、振動・衝撃の要素が考えられ、正確な計算は困難です。したがって、表-2の荷重係数を用い、寿命計算を簡素化します。

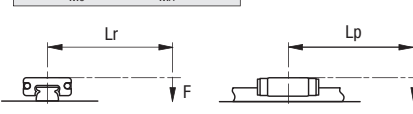
使用条件	f _w
外部からの衝撃振動もなく 速度も遅い場合 15m/min以下	1.0~1.5
特に著しい衝撃振動もなく 速度も中速の場合 60m/min以下	1.5~2.0
外部から衝撃振動があり 速度は高速の場合 60m/minを超えるもの	2.0~3.5

●作用荷重Pの算出方法

ブロック単体にモーメント荷重が掛かる場合は次の計算式によってモーメント荷重を作用荷重に換算してください。

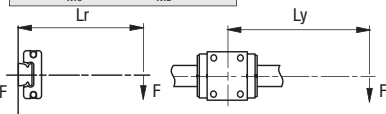
・水平取付けの場合

$$P = F + \frac{C_0}{M_c} \times (F \times L_r) + \frac{C_0}{M_a} \times (F \times L_p)$$



・向き取付けの場合

$$P = F + \frac{C_0}{M_c} \times (F \times L_r) + \frac{C_0}{M_b} \times (F \times L_y)$$



- P : 作用荷重(N)
- F : 下向荷重(N)
- C₀ : 静定格荷重(N)
- M_a : 静的許容モーメント-ピッチング方向(N.m)
- M_b : 静的許容モーメント-ヨーイング方向(N.m)
- M_c : 静的許容モーメント-ローリング方向(N.m)
- L_p : ピッチング方向の荷重点距離(m)
- L_y : ヨーイング方向の荷重点距離(m)
- L_r : ローリング方向の荷重点距離(m)

■荷重計算

リニアガイドは、物体の重量を支えながら直線往復運動を行なうため、物体の重心位置、推力作用位置、また起動停止や加速、減速の速度変化などでリニアガイドにかかる荷重が変化します。リニアガイド選定の時にはこれらの条件を十分に考慮する必要があります。

表-3. 使用条件と荷重計算式

分類	使用条件と荷重	分類	使用条件と荷重
1	<p>横軸</p> $P_1 = \frac{1}{4}W + \frac{X_0}{2X}W + \frac{Y_0}{2Y}W$ $P_2 = \frac{1}{4}W - \frac{X_0}{2X}W + \frac{Y_0}{2Y}W$ $P_3 = \frac{1}{4}W + \frac{X_0}{2X}W - \frac{Y_0}{2Y}W$ $P_4 = \frac{1}{4}W - \frac{X_0}{2X}W - \frac{Y_0}{2Y}W$	3	<p>垂直横軸</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{\ell_1}{2X}W$ $P_{1S} = P_{3S} = \frac{1}{4}W + \frac{X_0}{2X}W$ $P_{2S} = P_{4S} = \frac{1}{4}W - \frac{X_0}{2X}W$
	<p>立軸</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{\ell_1}{2X}W$ $P_{1S} = P_{2S} = P_{3S} = P_{4S} = \frac{Y_0}{2X}W$		<p>加減速時</p> <ul style="list-style-type: none"> ●発進加速時 $P_1 = P_3 = \frac{1}{4}W \left(1 + \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_1 \cdot X}\right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4}W \left(1 - \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_1 \cdot X}\right)$ ●停止減速時 $P_1 = P_3 = \frac{1}{4}W \left(1 - \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_3 \cdot X}\right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4}W \left(1 + \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_3 \cdot X}\right)$ ●等速運動時 $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{1}{4}W$ <p>g : 重力加速度=9.8×10³mm/sec²</p>

W : 作用荷重(N) P₁, P₂, P₃, P₄ : リニアガイドにかかる荷重(N)
X, Y : リニアガイドのスパン(mm) V : 移動速度(mm/sec) t₁ : 加速時間(sec) t₃ : 減速時間(sec)

■変動する荷重の平均荷重

リニアガイドに作用する荷重は、その使い方によっていろいろ変化していく場合が一般的です。例えば、往復運動の起動・停止と定速運動の場合、また、ワークの搬送におけるワークの有無等が考えられます。このように、変動する荷重については、その条件における寿命と等しい寿命になるような平均荷重を求めて寿命計算をすることが必要です。

①距離によって荷重が段階的に変化する場合(図-3) 荷重P₁を受けて走行距離ℓ₁ 荷重P₂を受けて走行距離ℓ₂ ... 荷重P_nを受けて走行距離ℓ_nの場合 平均荷重P_mは次式によって求めます。

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{\ell} (P_1^3 \ell_1 + P_2^3 \ell_2 + \dots + P_n^3 \ell_n)}$$

②荷重がほぼ直線的に変化する場合(図-4) 平均荷重P_mは近似的に、次式で求めます。

$$P_m \approx \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max})$$

③荷重が図-5(a)・(b)のように正弦曲線的に変化する場合、平均荷重P_mは近似的に次式により求めます。

$$\text{図-5(a)} P_m \approx 0.65P_{max}$$

$$\text{図-5(b)} P_m \approx 0.75P_{max}$$

図-3. 段階的な変動荷重

図-4. 単調な変動荷重

図-5. 正弦曲線的な変動荷重

