

負荷荷重の算出

LMガイドは、取付姿勢や配置、移動物の重心位置、推力位置、加速度、切削抵抗などにより発生する、あらゆる方向の荷重やモーメントを受けることができます。

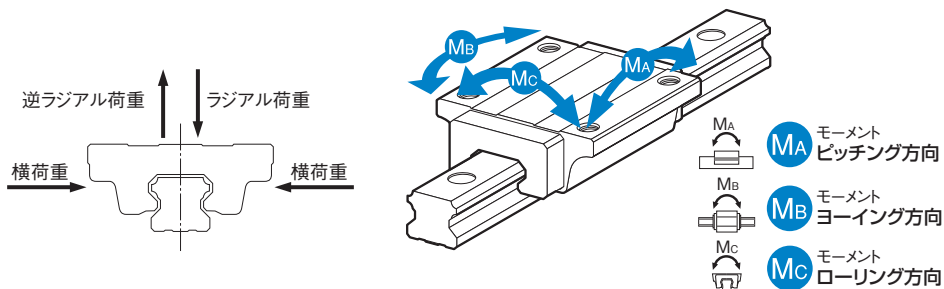


図1 LMガイドの負荷荷重の方向

負荷荷重の計算

【1軸使用の場合】

●モーメントの等価

LMガイドはスペースなどの問題によりLMブロックを1個で使用したり、2個密着で使用したりすることがあります。そのような場合、図2に示すように荷重の負荷分布が局部的(両端部)に大きくなります。その状態で走行を続けると、局部的に荷重が大きき作用する部分よりフレーキングが発生して、寿命計算値より短くなる可能性があります。従って、そのような場合には、**表1～表6**に示すモーメント等価係数をモーメント値に乗じて荷重計算を行ってください。

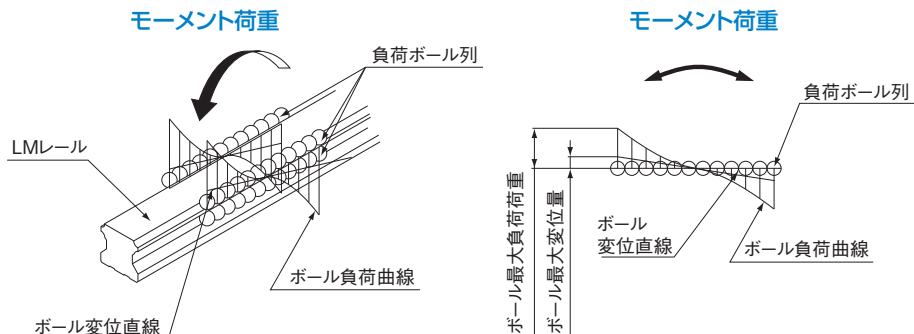


図2 モーメント作用時のボールの負荷

LMガイドにモーメントが作用した場合の等価荷重計算式を下記に示します。

$$P = K \cdot M$$

P : LMガイド1個あたりの等価荷重 (N)

K : モーメント等価係数

M : 負荷モーメント (N・mm)

●等価係数

定格荷重と許容モーメントは等価であるため、 M_A 、 M_B 、 M_C モーメントをブロック1個あたりの作用荷重に等価する際に乗じる等価係数は、各方向の定格荷重を許容モーメントで除したものとします。ただし、4方向等荷重形以外の形番については各方向の定格荷重が異なります。そのため、 M_A 、 M_C モーメントは等価する方向がラジアル方向か逆ラジアル方向かによって等価係数の値が異なります。

■ M_A モーメント等価係数

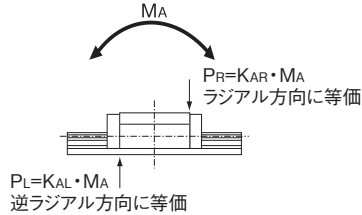


図3 M_A モーメント等価係数

M_A モーメントの等価係数

$$\left. \begin{array}{l} \text{ラジアル方向等価係数} \\ \text{逆ラジアル方向等価係数} \end{array} \right\} \begin{array}{l} K_{AR} = \frac{C_0}{M_A} \\ K_{AL} = \frac{C_{0L}}{M_A} \end{array}$$

$$\frac{C_0}{K_{AR} \cdot M_A} = \frac{C_{0L}}{K_{AL} \cdot M_A} = 1$$

■ M_B モーメント等価係数

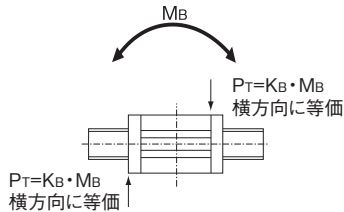


図4 M_B モーメント等価係数

M_B モーメントの等価係数

$$\left. \begin{array}{l} \text{横方向等価係数} \end{array} \right\} K_B = \frac{C_{0T}}{M_B}$$

$$\frac{C_{0T}}{K_B \cdot M_B} = 1$$

■ M_c モーメント等価係数

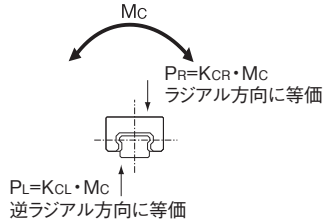


図5 M_c モーメント等価係数

M_c モーメントの等価係数

ラジアル方向等価係数 $K_{CR} = \frac{C_0}{M_c}$

逆ラジアル方向等価係数 $K_{CL} = \frac{C_{OL}}{M_c}$

$$\frac{C_0}{K_{CR} \cdot M_c} = \frac{C_{OL}}{K_{CL} \cdot M_c} = 1$$

C_0 : 基本静定格荷重(ラジアル方向) (N)

C_{OL} : 基本静定格荷重(逆ラジアル方向) (N)

C_{OT} : 基本静定格荷重(横方向) (N)

P_R : 計算荷重(ラジアル方向) (N)

P_L : 計算荷重(逆ラジアル方向) (N)

P_T : 計算荷重(横方向) (N)

計算例

LMブロック1個使用

形番:SSR20XV1

重力加速度 $g=9.8$ (m/s²)

質量 $m=10$ (kg)

$\ell_1=200$ (mm)

$\ell_2=100$ (mm)

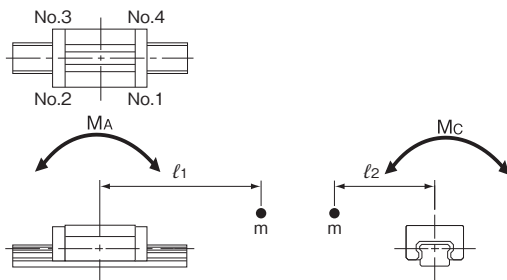


図6 LMブロック1個使用

$$\text{No.1 } P_1 = mg + K_{AR1} \cdot mg \cdot \ell_1 + K_{CR} \cdot mg \cdot \ell_2 = 98 + 0.275 \times 98 \times 200 + 0.129 \times 98 \times 100 = 6752 \text{ (N)}$$

$$\text{No.2 } P_2 = mg - K_{AL1} \cdot mg \cdot \ell_1 + K_{CR} \cdot mg \cdot \ell_2 = 98 - 0.137 \times 98 \times 200 + 0.129 \times 98 \times 100 = -1323 \text{ (N)}$$

$$\text{No.3 } P_3 = mg - K_{AL1} \cdot mg \cdot \ell_1 - K_{CL} \cdot mg \cdot \ell_2 = 98 - 0.137 \times 98 \times 200 - 0.0644 \times 98 \times 100 = -3218 \text{ (N)}$$

$$\text{No.4 } P_4 = mg + K_{AR1} \cdot mg \cdot \ell_1 - K_{CL} \cdot mg \cdot \ell_2 = 98 + 0.275 \times 98 \times 200 - 0.0644 \times 98 \times 100 = 4857 \text{ (N)}$$

LMブロック2個密着使用

形番:SVS25R2

重力加速度 $g=9.8$ (m/s²)

質量 $m=5$ (kg)

$\ell_1=200$ (mm)

$\ell_2=150$ (mm)

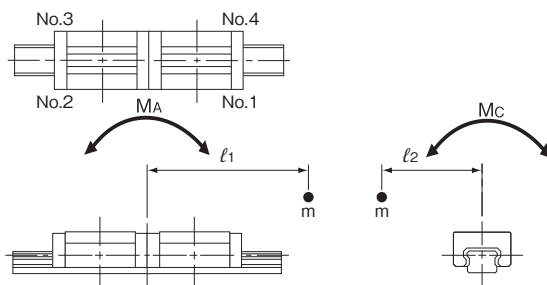


図7 LMブロック2個密着使用

$$\text{No.1 } P_1 = \frac{mg}{2} + K_{AR2} \cdot mg \cdot \ell_1 + K_{CR} \cdot \frac{mg \cdot \ell_2}{2} = \frac{49}{2} + 0.0188 \times 49 \times 200 + 0.0814 \times \frac{49 \times 150}{2} = 507.9 \text{ (N)}$$

$$\text{No.2 } P_2 = \frac{mg}{2} - K_{AL2} \cdot mg \cdot \ell_1 + K_{CR} \cdot \frac{mg \cdot \ell_2}{2} = \frac{49}{2} - 0.0158 \times 49 \times 200 + 0.0814 \times \frac{49 \times 150}{2} = 168.8 \text{ (N)}$$

$$\text{No.3 } P_3 = \frac{mg}{2} - K_{AL2} \cdot mg \cdot \ell_1 - K_{CL} \cdot \frac{mg \cdot \ell_2}{2} = \frac{49}{2} - 0.0158 \times 49 \times 200 - 0.0684 \times \frac{49 \times 150}{2} = -381.7 \text{ (N)}$$

$$\text{No.4 } P_4 = \frac{mg}{2} + K_{AR2} \cdot mg \cdot \ell_1 - K_{CL} \cdot \frac{mg \cdot \ell_2}{2} = \frac{49}{2} + 0.0188 \times 49 \times 200 - 0.0684 \times \frac{49 \times 150}{2} = -42.6 \text{ (N)}$$

注1) 立使用の場合はモーメント荷重のみが作用するので、負荷力(mg)を加える必要はありません。

【2軸使用の場合】

●使用条件の設定

直動システムの負荷荷重・寿命時間を算出するのに必要な使用条件を設定します。

使用条件にはつぎのような項目があります。

- (1) 質量の大きさ: m (kg)
- (2) 作用荷重の方向
- (3) 作用点位置(重心など): l_2, l_3, h_1 (mm)
- (4) 推力位置: l_4, h_2 (mm)
- (5) 直動システムの配置: l_0, l_1 (mm)
(個数、軸数)
- (6) 速度線図
速度: V (mm/s)
時定数: t_n (s)
加速度: α_n (mm/s²)

$$(\alpha_n = \frac{V}{t_n})$$

- (7) デューティサイクル
毎分往復回数: N_1 (min⁻¹)
 - (8) ストローク長さ: l_s (mm)
 - (9) 平均速度: V_m (m/s)
 - (10) 要求寿命時間: L_h (h)
- 重力加速度 $g=9.8$ (m/s²)

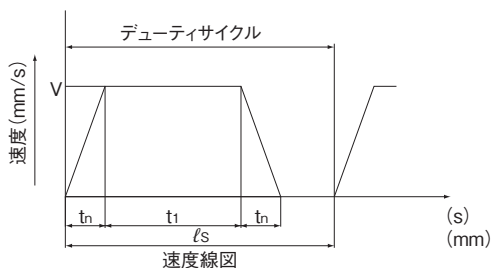
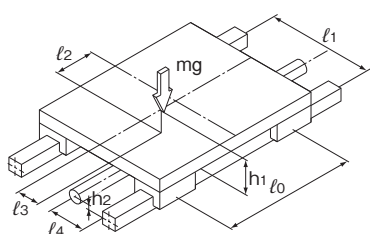


図8 使用条件

●負荷荷重の算出式

LMガイドに作用する荷重は物体の重心位置、推力位置および起動停止時の加減速による慣性力、切削抵抗などの外力の作用により負荷荷重が変化します。

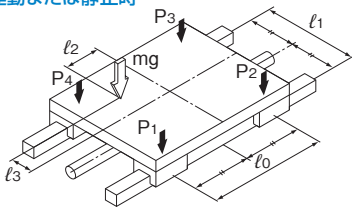
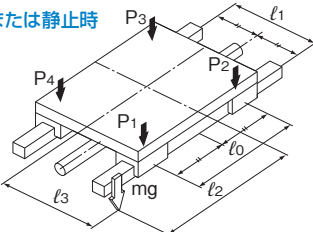
LMガイドの選定にあたってはこれらの条件を十分考慮して負荷荷重を求める必要があります。

つぎの1～10例を用いてLMガイドに作用する負荷荷重を算出します。

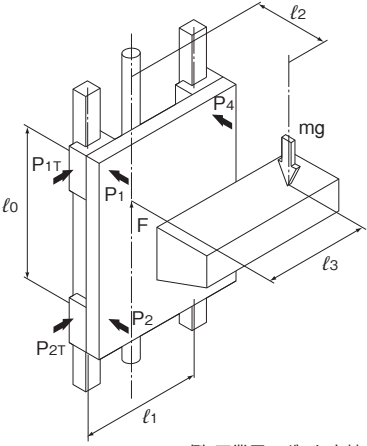
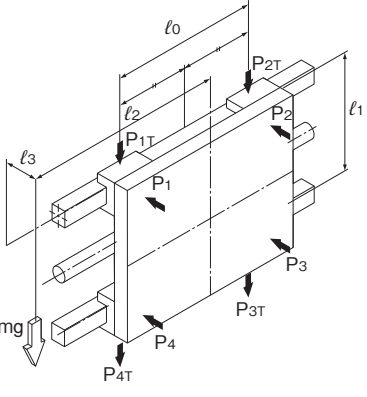
- m : 質量 (kg)
 ℓ_n : 距離 (mm)
 F_n : 外力 (N)
 P_n : 負荷荷重(ラジアル・逆ラジアル方向) (N)
 P_{nT} : 負荷荷重(水平方向) (N)
 g : 重力加速度 (m/s²)
 (g=9.8m/s²)
 V : 速度 (m/s)
 t_n : 時定数 (s)
 α_n : 加速度 (m/s²)

$$(\alpha_n = \frac{V}{t_n})$$

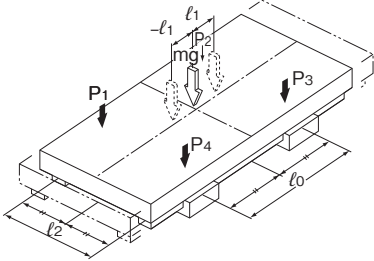
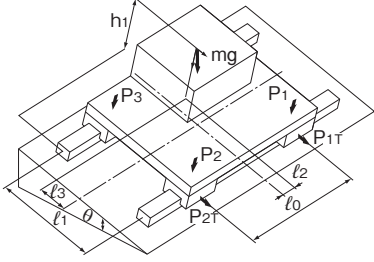
[例]

	使用条件	負荷荷重の算出式
1	水平軸使用 (ブロック移動) 等速運動または静止時 	$P_1 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$ $P_2 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$ $P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$ $P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$
2	水平軸オーバーハング使用 (ブロック移動) 等速運動または静止時 	$P_1 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$ $P_2 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$ $P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$ $P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$

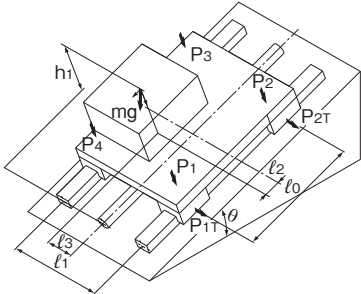
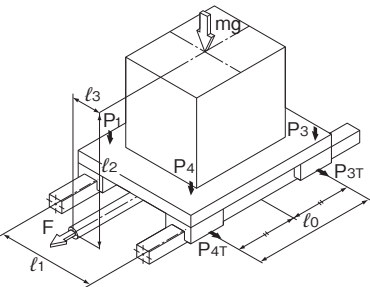
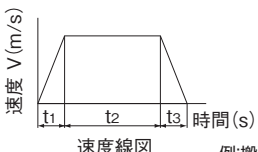
注) 荷重の方向は矢印の向きを+とします。

	使用条件	負荷荷重の算出式
3	<p>立軸使用 等速運動または 静止時</p>  <p>例：工業用ロボット立軸、 自動塗装機、リフタ</p>	$P_1 = P_4 = - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$
4	<p>壁掛使用 等速運動または 静止時</p>  <p>例：クロスレールローダ 走行軸</p>	$P_1 = P_2 = - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_3 = P_4 = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$

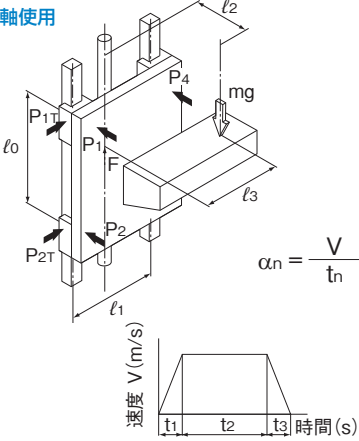
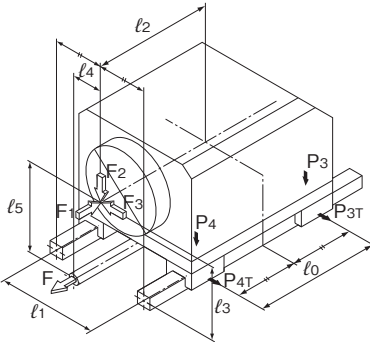
注) 荷重の方向は矢印の向きを+とします。

	使用条件	負荷荷重の算出式
5	<p>LMレール移動 水平軸使用</p>  <p>例:XYテーブル すべり出しフォーク</p>	$P_1 \sim P_4 (\max) = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_1}{2 \cdot l_0}$ $P_1 \sim P_4 (\min) = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_1}{2 \cdot l_0}$
6	<p>側面傾斜使用</p>  <p>例:NC旋盤 往復台</p>	$P_1 = + \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{1T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = + \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{2T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_3 = + \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{3T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_4 = + \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{4T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$

注) 荷重の方向は矢印の向きを+とします。

	使用条件	負荷荷重の算出式
7	<p>前面傾斜使用</p>  <p>例: NC旋盤刃物台</p>	$P_1 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_3 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{3T} = - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_4 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{4T} = + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$
8	<p>慣性力が作用する 水平軸使用</p>  <p>例: 搬送台車</p> <p style="text-align: center;">$\alpha_n = \frac{V}{t_n}$</p>  <p>速度線図</p>	<p>加速時</p> $P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} - \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} + \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ <p>等速時</p> $P_1 \sim P_4 = \frac{mg}{4}$ <p>減速時</p> $P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = - \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$

注) 荷重の方向は矢印の向きを+とします。

	使用条件	負荷荷重の算出式
9	<p>慣性力が作用する 立軸使用</p>  <p>速度線図 例:搬送エレベータ</p>	<p>加速時</p> $P_1 = P_4 = - \frac{m(g + \alpha_1) l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{m(g + \alpha_1) l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{m(g + \alpha_1) l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{m(g + \alpha_1) l_3}{2 \cdot l_0}$ <p>等速時</p> $P_1 = P_4 = - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ <p>減速時</p> $P_1 = P_4 = - \frac{m(g - \alpha_3) l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{m(g - \alpha_3) l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{m(g - \alpha_3) l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{m(g - \alpha_3) l_3}{2 \cdot l_0}$
10	<p>外力が作用する 水平軸使用</p>  <p>例:ドリルユニット フライス盤 旋盤 マシニングセンタ などの切削機械</p>	<p>F₁ 作用時</p> $P_1 = P_4 = - \frac{F_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{F_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{F_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{F_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0}$ <p>F₂ 作用時</p> $P_1 = P_4 = \frac{F_2}{4} + \frac{F_2 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{F_2}{4} - \frac{F_2 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ <p>F₃ 作用時</p> $P_1 = P_2 = \frac{F_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_3 = P_4 = - \frac{F_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_{1T} = P_{4T} = - \frac{F_3}{4} - \frac{F_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{F_3}{4} + \frac{F_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$

注) 荷重の方向は矢印の向きを+とします。