# NBリニアシステム 技術情報

## NBリニアシステム

特長・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	技-2
リニアシステム選定の概要	技-3
許容荷重·····	技-4
寿命····	技-5
定格寿命計算例1 · · · · · · · · · · · · · · · · ·	技-20
定格寿命計算例2 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	技-26
定格寿命計算例3 · · · · · · · · · · · · · · · · ·	技-32
定格寿命計算例4 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	技-38
定格寿命計算例5 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	技-41
定格寿命計算例6	技-44
剛性と予圧・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	技-48
摩擦抵抗と必要推力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	技-49
使用環境	技-50
潤滑	技-51
NBメンテナンスキット ·····	技-54
取扱い、使用上の注意・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	技-55

## NBリニアシステム技術情報

NB リニアシステムはボールやローラーの転がり運動を利用して直線往復運動を行う機構です。直線運動の総合製品として機械・装置の小型・軽量化、そして高精度化に貢献します。

#### 特長

#### 摩擦抵抗が小さく、応答性がいい

ボールやローラーの転がり摩擦はすべり摩擦に比べ動摩擦が極めて小さく、その上、起動摩擦との差が少ないため 応答性にすぐれ、速度の追従性がよく、高速・高加速度運動や微小位置決め機構の製作が容易にできます。

#### 高精度で滑らかな動き

NBリニアシステムは、転動体が滑らかに循環する構造に設計され、軌道面は高精度に研削加工仕上げされており、高精度ですきまのない極めて滑らかな直線運動を可能にします。

#### 負荷容量が大きく、長寿命

コンパクトな形状でも大きな転動体を使用しており、軌道面も長く、大きな負荷容量で長寿命です。

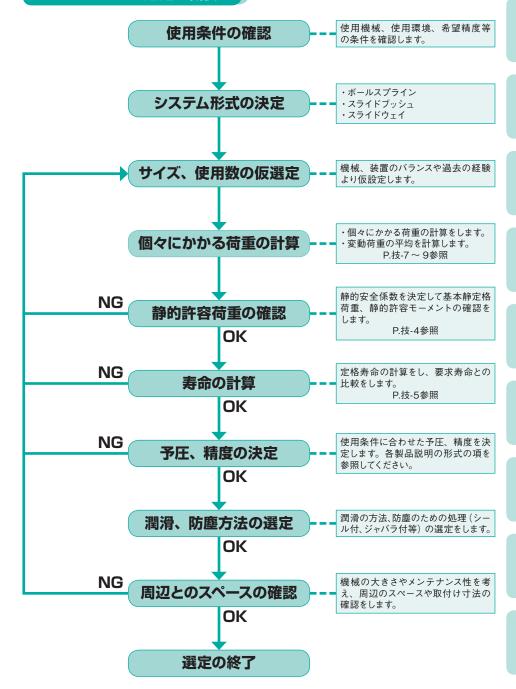
#### 取付が簡単

すべり軸受に比べ加工時間や組み立て時間が短縮できます。

#### 種類が豊富

構造や形状・材質などの違いにより、多種・多様の形式が取りそろえてありますので、使用目的に合った製品が選択できます。

## リニアシステム選定の概要



#### 許容荷重

#### 荷重とモーメント

リニアシステムには荷重として図1-1のような荷重がかかります。更にモーメントがかかることがあり、NBでは各方向の荷重を以下のように表します。

#### 基本静定格荷重 (ISO14728-2準拠※1) と静的許容モーメント

静止時や低速運動時にリニアシステムが過大な荷重や衝撃荷重を受けると軌道面と転動体の間に局部的な永久変形が生じ、この変形がある限度を超えると走行時の振動・騒音等の原因となり、リニアシステムの円滑な運動を損ね、寿命の低下にもつながります。そこで、響を及ぼさないように、許容荷重として基本静定格荷重は最大応のが定められています。基本静定格荷重は最大応力を受けている転動体と軌道面の接触部中央に一定の接触応力を与える方向が一定の静止荷重と定義され、その時の転動体と軌道面の永久変形量の和は、転動体の直径のおよそ0.0001倍になります。リニアシステムには荷重だけでなくモーメントMP・MY・MRが定められています。※1一部製品で適用していないものがあります。

#### 許容荷重と静的安全係数

基本静定格荷重および静的許容モーメントは静止荷 重の各方向の限界値とされますが、使用条件や取付精 度、更に必要とする運動精度によっては必ずしも満足で きる値ではありません。したがって実際の使用では、安 全係数を考慮した許容荷重を求める必要があります。静 的安全係数は一般的に表1-1の値を下限としています。

#### 許容荷重

P<sub>max.</sub> **≤**C<sub>0</sub>/fs ······(1) 許容モ−メント

 $M_{\text{max.}} \leq (M_{P}, M_{Y}, M_{R}, M_{P2}, M_{Y2})/f_{S} \cdots (2)$ 

fs:静的安全係数 Co:基本静定格荷重(N) Pmax.:許容荷重(N) Mp,Mp,My,Mp2,My2:静的許容モーメント (N・m) Mmax.: 許容モーメント (N・m)

表1-1 静的安全係数 (fs) の下限

運転条件	静的安全係数
普通の運転条件の場合	1~2
円滑な走行性能が必要な場合	2~4
振動・衝撃がある場合	3~5

#### 図1-1 荷重とモーメント

荷重 定格荷重 CおよびCo モーメント方向 ピッチング方向 ヨーイング方向 ローリング方向 ピッチング方向(2個密着時) ヨーイング方向(2個密着時)

## 寿命

#### リニアシステムの寿命

リニアシステムが荷重を受けて直線往復運動をする場合には、転動体や軌道面に繰返し応力がたえず作用しますので、直線運動を長時間続けると、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。このワレーキングが最初に発生するまでの総走行距離をリニアシステムの寿命といいます。このほか焼き付き、割でもなくなることがありますが、これらは主に取付精度、環境、潤滑方法などの問題であり寿命とは区別されます。。

#### 定格寿命

リニアシステムでは同時に製作された同じ呼び番号の製品を同じ条件で運転しても、材料の疲れ破損そのものがばらつきの多い性質であるために、リニアシステム自身の寿命にもばらつきが生じ、個別のリニアシステムでは正確な寿命の予測がつかなくなります。そこで寿命の予測には統計的に一定に定められた定格寿命を使用します。定格寿命は"一群の同じリニアシステムを同一条件ではたたうさせたとき、そのうちの90%のリニアシステムがフレーキングを起こすことなく到達できる走行距離"と定義されています。

#### 基本動定格荷重 (ISO14728-1準拠\*2) と基本動定格トルク

リニアシステムの定格寿命は走行距離で表されますので、走行距離を一定にしたときの荷重をリニアシステムの負荷能力として、寿命の計算に使用します。その荷重は基本動定格荷重と呼ばれ、"50×10³mの定格寿命が得られる大きさと方向が一定の荷重"と定義されています。リニアシステムの形式によっては荷重の方向で負荷能力が異なるものがありますので、便宜上NBではリニアシステムに真上から荷重が加わった場合の定格荷重を寸法表に記載してあります。ボールスプラインではトルク負荷を受けて直線運動を行うことがありますので、同様に基本動定格トルクが定められています。

※2 一部製品で適用していないものがあります。

#### 定格寿命の予測

寿命計算式はリニアシステムに用いる転動体の種類で異なり、ボールを使用した場合は式(3)、ローラーを使用した場合は式(4)を使用します。またトルク負荷がリニアシステムに加わった場合には式(5)で求めます。

転動体にボールを使用

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

転動体にローラーを使用

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} \cdot 50 \quad \dots \quad (4)$$

トルク負荷の場合

$$L = \left(\frac{C_T}{T}\right)^3 \cdot 50 \quad \dots \quad (5)$$

L:定格寿命 (km) C:基本動定格荷重 (N) P:作用荷重 (N) C:基本動定格トルク (N・m) T:作用トルク (N・m)

実際にリニアシステムを使用する場合は、案内軸の精度・取付け状態、使用環境、運動中の振動や衝撃など様々な不確定要素の影響があり、正確な作用荷重を算出することは容易ではありません。一般的にはこれらの要素を係数として扱い寿命計算を単純化する方法がとられ、硬さ係数 $(f_t)$ ・温度係数 $(f_t)$ ・技触係数 $(f_t)$ ・荷重係数 $(f_t)$ が使用されます。これらの要素の影響から式(3)~(5) は、式(6)~(8) になります。

転動体にボールを使用

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50 \cdot \dots (6)$$

転動体にローラーを使用

$$L = \left(\frac{f_{\text{H}} \cdot f_{\text{T}} \cdot f_{\text{C}}}{f_{\text{W}}} \cdot \frac{C}{P}\right)^{10/3} \cdot 50 \quad \dots \tag{7}$$

トルク負荷の場合

$$L = \left(\frac{f_{H} \cdot f_{T} \cdot f_{C}}{f_{W}} \cdot \frac{C_{T}}{T}\right)^{3} \cdot 50 \dots (8)$$

L:定格寿命 (km) f<sub>H</sub>:硬さ係数 f<sub>T</sub>:温度係数 f<sub>C</sub>:接触係数 fw:荷重係数 P:作用荷重 (N) C:基本動定格荷重 (N) C:基本動定格トルク (N・m) T:作用トルク (N・m)

寿命は、単位時間あたりの走行距離が判明している場合には、時間で表したほうがより解り易くなります。ストロークと往復回数と寿命時間の関係は式(9)で表されます。

#### ・硬さ係数 (fH)

リニアシステムでは案内軸がボールベアリングの内輪と同じ役割を果たしますので、案内軸の硬さが定格荷重の決定上で重要な要素となります。表面硬さが58HRCから低下すると定格荷重も低下していきます。NB製品では高度の焼入れ技術により適正値を常に保っておりますが、やむを得ず適切な表面硬さに達しない案内軸を使用しなければならない場合には定格荷重を図1-2の硬さ係数で補正してください。

#### ・温度係数 (f⊤)

リニアシステムでは焼入れを施し硬さを上げて磨耗を少なくしていますので、リニアシステムの温度が100℃を超える場合には硬さの低下が起こり、定格荷重が減少していきます。リニアシステムの温度変化による硬さの変化を温度係数として図1-3に示します。

#### ·接触係数 (fc)

リニアシステムを2個以上密着して使用する時には、個々の製品のバラツキや取付面の加工精度の影響を考慮しなければなりません。一般的には表1-2の接触係数を使用して寿命を求めます。

#### ·荷重係数(fw)

リニアシステムに作用する荷重は、衝撃・振動や慣性 力などにより、計算するよりも大きくなります。そこで、使 用状況に応じて適切な荷重係数 (表1-3) を用いて寿命 計算を行います。

トップボールP.D-4については、個別に荷重係数を設けています。



Lh: 寿命時間 (h) &s: ストローク長さ (mm) n1: 毎分往復回数 (cpm)

#### 図1-2 硬さ係数

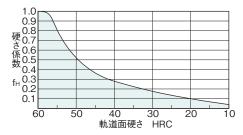


図1-3 温度係数

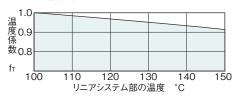


表1-2 接触係数

1軸に密着して組付けられる リニアシステムの個数	接触係数 fc
1	1.00
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61

表1-3 荷重係数

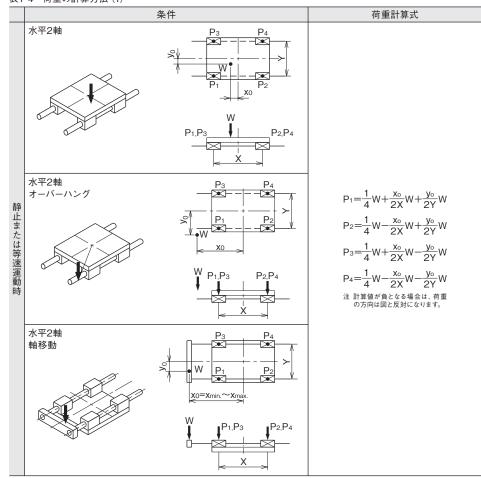
使用	荷重係数	
荷重速度		fw
衝撃・振動が無い	0.25m/s以下	1.0~1.5
衝撃・振動が小	1m/s以下	1.5~2.0
衝撃・振動が大	1m/s以上	2.0~3.5

#### 荷重の求めかた(1)

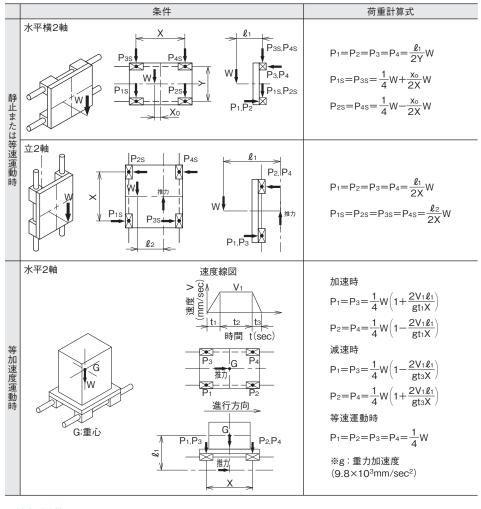
リニアシステムの代表的な使用方法と、リニアシステムにかかる荷重の計算式を表1-4~5に示します。

W:作用荷重 (N)  $P_1 \sim P_4$ : リニアシステムにかかる荷重 (N) X,Y: リニアシステムのスパン (mm)  $x,y,\ell$ : 荷重作用点またはワーク重心までの距離 (mm) g: 重力加速度 ( $9.8 \times 10^3$ mm/sec²) V: 移動速度 (mm/sec)  $t_1$ : 加速時間 (sec)  $t_3$ : 減速時間 (sec)

表1-4 荷重の計算方法(1)



#### 表1-5 荷重の計算方法(2)



#### ・等価係数

リニアシステムの使用方法は1軸に複数の外筒を使用し、2軸で使用するのが一般的ですが、取付けスペースなどの問題から1軸に外筒1個又は2個密着で使用する場合があります。その場合は、表1-7~27に示すモーメント等価係数を作用モーメント負荷に乗じて荷重計算を行ってください。

リニアシステムにモーメントが作用した場合の等価荷重の計算式を次に示します。

#### $P=E\cdot M$

P: ブロック (外筒) 1個あたりのモーメント等価荷重 (N) E: モーメント等価係数 (1/mm) M: 作用モーメント (N・mm)

#### 荷重の求めかた(2)

リニアシステムにモーメントが作用した場合の荷重計算式を表1-6に示します。

W:作用荷重 (N) P:リニアシステムにかかる荷重 (N) &:ブロック (外筒) 中心までの距離 (mm)

#### 表1-6 荷重の計算方法(3)

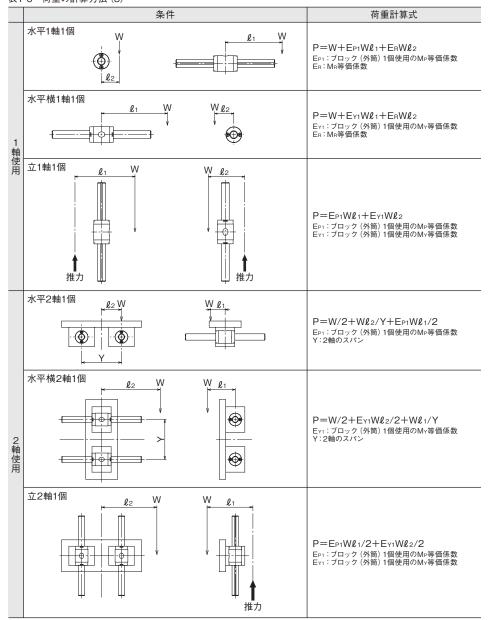


表1-7 ボールスプライン(1)・ロータリーボールスプライン(1)

単位:1/mm

表1-/ ホールスノフィン(I)・ローダリーホールスノフィン(I)					単1址 · I ∕ mm		
呼び番号				等価係数			
	*J O 宙ク		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	Ет		
SSP	4	_	_	_	6.19×10 <sup>-1</sup>	1.18×10 <sup>-1</sup>	1.16
SSP	6	SPR 6	_	SPB 6KP	$4.47 \times 10^{-1}$	5.70×10 <sup>-2</sup>	$9.50 \times 10^{-1}$
SSP	8	SPR 8	_	SPB 8KP	$3.88 \times 10^{-1}$	5.74×10 <sup>-2</sup>	7.76×10 <sup>-1</sup>
SSP	10	SPR 10	_	SPB 10KP	2.82×10 <sup>-1</sup>	4.37×10 <sup>-2</sup>	6.18×10 <sup>-1</sup>
SSP	13A	SPR 13	_	SPB 13KP	$3.57 \times 10^{-1}$	4.49×10 <sup>-2</sup>	1.25×10 <sup>-1</sup>
SSP	16A	SPR 16	SPB 16	SPB 16KP	2.43×10 <sup>-1</sup>	3.75×10 <sup>-2</sup>	1.02×10 <sup>-1</sup>
SSP	20A	SPR 20A	SPB 20	SPB 20KP	1.48×10 <sup>-1</sup>	2.91×10 <sup>-2</sup>	8.40×10 <sup>-2</sup>
SSP	25A	SPR 25A	SPB 25	SPB 25KP	1.37×10 <sup>-1</sup>	2.29×10 <sup>-2</sup>	6.76×10 <sup>-2</sup>
SSP	30A	SPR 30A	_	_	1.28×10 <sup>-1</sup>	1.58×10 <sup>-2</sup>	5.28×10 <sup>-2</sup>
SSP	40A	SPR 40A	_	_	1.05×10 <sup>-1</sup>	1.28×10 <sup>-2</sup>	4.01×10 <sup>-2</sup>
SSP	50A	SPR 50A	_	_	9.41×10 <sup>-2</sup>	1.59×10 <sup>-2</sup>	2.20×10 <sup>-2</sup>
SSP	60A	SPR 60A	_	_	9.02×10 <sup>-2</sup>	1.45×10 <sup>-2</sup>	2.32×10 <sup>-2</sup>
SSP	80A	_	_	_	5.43×10 <sup>-2</sup>	1.03×10 <sup>-2</sup>	1.67×10 <sup>-2</sup>
SSP	80AL	_	_	_	3.76×10 <sup>-2</sup>	7.72×10 <sup>-3</sup>	1.67×10 <sup>-2</sup>
SSP1	00A	_	_	_	4.78×10 <sup>-2</sup>	8.79×10 <sup>-3</sup>	1.33×10 <sup>-2</sup>
SSP1	OOAL	_	_	_	3.33×10 <sup>-2</sup>	6.74×10 <sup>-3</sup>	1.33×10 <sup>-2</sup>
SSP	20	SPR 20	_	_	1.79×10 <sup>-1</sup>	2.26×10 <sup>-2</sup>	8.50×10 <sup>-2</sup>
SSP	25	SPR 25	_	_	1.55×10 <sup>-1</sup>	1.94×10 <sup>-2</sup>	6.74×10 <sup>-2</sup>
SSP	30	SPR 30	_	_	1.28×10 <sup>-1</sup>	1.58×10 <sup>-2</sup>	5.63×10 <sup>-2</sup>
SSP	40	SPR 40	_	_	1.05×10 <sup>-1</sup>	1.28×10 <sup>-2</sup>	4.25×10 <sup>-2</sup>
SSP	50	SPR 50	_	_	1.07×10 <sup>-1</sup>	1.69×10 <sup>-2</sup>	2.33×10 <sup>-2</sup>
SSP	60	SPR 60	_	_	9.77×10 <sup>-2</sup>	1.44×10 <sup>-2</sup>	2.65×10 <sup>-2</sup>

E1:外筒1個使用のモーメント等価係数 E2:外筒2個密着使用のモーメント等価係数

ET:トルク等価係数

表1-8 ボールスプライン(2)

単位:1/mm

呼び番号	等価係数			等価係数			
げい笛ろ	E <sub>P1</sub>	E <sub>P2</sub>	E <sub>Y1</sub>	Ey2	Ет		
SSP 4AM	7.42×10 <sup>-1</sup>	1.30×10 <sup>-1</sup>	4.25×10 <sup>-1</sup>	7.53×10 <sup>-2</sup>	$4.38 \times 10^{-1}$		
SSP 5AM	5.52×10 <sup>-1</sup>	8.66×10 <sup>-2</sup>	4.53×10 <sup>-1</sup>	7.12×10 <sup>-2</sup>	2.86×10 <sup>-1</sup>		
SSP 6AM	5.06×10 <sup>-1</sup>	7.82×10 <sup>-2</sup>	4.15×10 <sup>-1</sup>	6.42×10 <sup>-2</sup>	2.45×10 <sup>-1</sup>		
SSP 8AM	4.40×10 <sup>-1</sup>	6.51×10 <sup>-2</sup>	3.62×10 <sup>-1</sup>	5.36×10 <sup>-2</sup>	1.84×10 <sup>-1</sup>		
SSP 10AM	3.66×10 <sup>-1</sup>	5.47×10 <sup>-2</sup>	$3.01 \times 10^{-1}$	4.49×10 <sup>-2</sup>	1.48×10 <sup>-1</sup>		

Epi:外筒1個使用のMp等価係数 Ep2:外筒2個密着使用のMpモーメント等価係数 Eyi:外筒1個使用のMy等価係数 Ey2:外筒2個密着使用のMyモーメント等価係数

ET:トルク等価係数

表1-9 ストロークボールスプライン

単位:1/mm

2010 11111 7 2 11117 7 1			· · · · · · · · · · · · · · · · ·
 呼び番号	等価係数		
けび番号	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	Ет
SPLFS 6	$7.42 \times 10^{-1}$	1.30×10 <sup>-1</sup>	7.89×10 <sup>-1</sup>
SPLFS 8	5.52×10 <sup>-1</sup>	8.66×10 <sup>-2</sup>	6.13×10 <sup>-1</sup>
SPLFS 10	5.06×10 <sup>-1</sup>	7.82×10 <sup>-2</sup>	4.91×10 <sup>-1</sup>
SPLFS 13	4.40×10 <sup>-1</sup>	6.51×10 <sup>-2</sup>	1.50×10 <sup>-1</sup>
SPLFS 16	3.66×10 <sup>-1</sup>	5.47×10 <sup>-2</sup>	1.22×10 <sup>-1</sup>

E1:外筒1個使用のモーメント等価係数 E2:外筒2個密着使用のモーメント等価係数

ET:トルク等価係数

表1-10 ロータリーボールスプライン (2)・ボールねじスプライン

単位:1/mm

3X1-10 H // // /////	12 (2) 1, 10	10000	<b>+</b> □.1/11111
呼び番号	等価係数 ERM	呼び番号	等価係数 E <sub>RM</sub>
SPR 6	1.47×10 <sup>-1</sup>	SPB 16	2.15×10 <sup>-2</sup>
SPR 8	1.29×10 <sup>-1</sup>	SPB 20	1.71×10 <sup>-2</sup>
SPR 10	1.03×10 <sup>-1</sup>	SPB 25	1.47×10 <sup>-2</sup>
SPR 13	6.78×10 <sup>-2</sup>	SPB 6KP	7.62×10 <sup>-2</sup>
SPR 16	5.45×10 <sup>-2</sup>	SPB 8KP	6.78×10 <sup>-2</sup>
SPR 20A	4.48×10 <sup>-2</sup>	SPB 10KP	5.92×10 <sup>-2</sup>
SPR 25A	3.55×10 <sup>-2</sup>	SPB 13KP	4.78×10 <sup>-2</sup>
SPR 30A	3.25×10 <sup>-2</sup>	SPB 16KP	$3.89 \times 10^{-2}$
SPR 40A	2.60×10 <sup>-2</sup>	SPB 20KP	3.42×10 <sup>-2</sup>
SPR 50A	2.16×10 <sup>-2</sup>	SPB 25KP	2.84×10 <sup>-2</sup>
SPR 60A	1.86×10 <sup>-2</sup>	BSB 16	1.20×10 <sup>-2</sup>
SPR 20	4.93×10 <sup>-2</sup>	BSB 20	$9.47 \times 10^{-3}$
SPR 25	3.89×10 <sup>-2</sup>	BSB 25	8.10×10 <sup>-3</sup>
SPR 30	3.25×10 <sup>-2</sup>	BSB 16KP	$2.21 \times 10^{-2}$
SPR 40	2.60×10 <sup>-2</sup>	BSB 20KP	1.89×10 <sup>-2</sup>
SPR 50	2.26×10 <sup>-2</sup>	BSB 25KP	1.57×10 <sup>-2</sup>
SPR 60	2.00×10 <sup>-2</sup>		

ERM:回転部等価係数

技-10

表1-11 スライドブッシュSM形・TQF形 単位:1/mm			
呼び番号	等価係数		
可可证方	E <sub>1</sub>	E2	
SM 3	1.24	2.13×10 <sup>-1</sup>	
SM 4	1.21	1.78×10 <sup>-1</sup>	
SM 5	8.96×10 <sup>-1</sup>	1.40×10 <sup>-1</sup>	
SM 6	7.29×10 <sup>-1</sup>	1.09×10 <sup>-1</sup>	
SM 8s	7.19×10 <sup>-1</sup>	1.20×10 <sup>-1</sup>	
SM 8	5.46×10 <sup>-1</sup>	8.42×10 <sup>-2</sup>	
SM 10	4.55×10 <sup>-1</sup>	7.02×10 <sup>-2</sup>	
SM 12	4.32×10 <sup>-1</sup>	6.64×10 <sup>-2</sup>	
SM 13	4.06×10 <sup>-1</sup>	6.21×10 <sup>-2</sup>	
SM 16/TQF 16	$3.59 \times 10^{-1}$	5.46×10 <sup>-2</sup>	
SM 20/TQF 20	3.07×10 <sup>-1</sup>	4.70×10 <sup>-2</sup>	
SM 25/TQF 25	2.17×10 <sup>-1</sup>	3.33×10 <sup>-2</sup>	
SM 30/TQF 30	1.99×10 <sup>-1</sup>	3.07×10 <sup>-2</sup>	
SM 35/TQF 35	1.71×10 <sup>-1</sup>	2.70×10 <sup>-2</sup>	
SM 40/TQF 40	1.64×10 <sup>-1</sup>	2.51×10 <sup>-2</sup>	
SM 50	1.20×10 <sup>-1</sup>	1.89×10 <sup>-2</sup>	
SM 60	1.13×10 <sup>-1</sup>	1.75×10 <sup>-2</sup>	
SM 80	8.18×10 <sup>-2</sup>	1.36×10 <sup>-2</sup>	
SM100	6.66×10 <sup>-2</sup>	1.11×10 <sup>-2</sup>	
SM120	5.63×10 <sup>-2</sup>	$9.38 \times 10^{-3}$	
SM150	4.62×10 <sup>-2</sup>	$7.71 \times 10^{-3}$	
F.・ブッシュ1個体用の筆価係券 F。・ブッシュ2個容差体用の筆価係券			

E1:ブッシュ1個使用の等価係数 E2:ブッシュ2個密着使用の等価係数

表1-12 スライドブッシ	/ュSM G-L形	単位:1/mm
呼び番号	等価係数	
竹り番り	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
SM 6G-LUU	4.14×10 <sup>-1</sup>	7.39×10 <sup>-2</sup>
SM 8G-LUU	3.17×10 <sup>-1</sup>	5.90×10 <sup>-2</sup>
SM10G-LUU	2.53×10 <sup>-1</sup>	4.78×10 <sup>-2</sup>
SM12G-LUU	2.28×10 <sup>-1</sup>	4.47×10 <sup>-2</sup>
SM13G-LUU	2.03×10 <sup>-1</sup>	4.03×10 <sup>-2</sup>
SM16G-LUU	1.78×10 <sup>-1</sup>	3.45×10 <sup>-2</sup>
SM20G-LUU	1.53×10 <sup>-1</sup>	3.06×10 <sup>-2</sup>
SM25G-LUU	1.09×10 <sup>-1</sup>	2.17×10 <sup>-2</sup>
SM30G-LUU	9.59×10 <sup>-2</sup>	1.97×10 <sup>-2</sup>

E1:ブッシュ1個使用の等価係数 E2:ブッシュ2個密着使用の等価係数

表1-13 スライドブッシュSM-W形・TQF-W形 単位:1/mm			
―――――――――――――――――――――――――――――――――――――	等価係数		
げい番々	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	
SM 3W	4.12×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 4W	4.03×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 5W	2.99×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 6W	2.43×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 8W	1.82×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 10W	1.52×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 12W	1.44×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 13W	1.35×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 16W/TQF 16W	1.19×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 20W/TQF 20W	1.02×10 <sup>-1</sup>	_	
SM 25W/TQF 25W	7.24×10 <sup>-2</sup>	_	
SM 30W/TQF 30W	6.63×10 <sup>-2</sup>	_	
SM 35W/TQF 35W	5.70×10 <sup>-2</sup>	_	
SM 40W/TQF 40W	5.47×10 <sup>-2</sup>	_	
SM 50W	4.01×10 <sup>-2</sup>	_	
SM 60W	3.77×10 <sup>-2</sup>	_	

E1: ブッシュ1個使用の等価係数

表1-14 スライドブッシ	/ュTRF形	単位:1/mm
呼び番号	等価	係数
竹り番り	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
TRF 6	6.46×10 <sup>-2</sup>	_
TRF 8	4.90×10 <sup>-2</sup>	_
TRF10	4.07×10 <sup>-2</sup>	_
TRF12	3.92×10 <sup>-2</sup>	_
TRF13	3.66×10 <sup>-2</sup>	_
TRF16	3.20×10 <sup>-2</sup>	_
TRF20	2.80×10 <sup>-2</sup>	_
TRF25	2.00×10 <sup>-2</sup>	_
TRF30	1.85×10 <sup>-2</sup>	_
TRF35	1.68×10 <sup>-2</sup>	_
TRF40	1.45×10 <sup>-2</sup>	_
TRF50	1.16×10 <sup>-2</sup>	_
TRF60	1.11×10 <sup>-2</sup>	_

E1:ブッシュ1個使用の等価係数

表1-15 スライドブッシュKB形		単位:1/mm
 呼び番号	等価	係数
<b>ドリリ 宙</b> ケ	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
KB 3	1.28	2.13×10 <sup>-1</sup>
KB 4	1.05	1.75×10 <sup>-1</sup>
KB 5	5.40×10 <sup>-1</sup>	$9.00 \times 10^{-2}$
KB 8	5.61×10 <sup>-1</sup>	$8.00 \times 10^{-2}$
KB10	4.21×10 <sup>-1</sup>	7.02×10 <sup>-2</sup>
KB12	4.02×10 <sup>-1</sup>	6.20×10 <sup>-2</sup>
KB16	3.77×10 <sup>-1</sup>	5.73×10 <sup>-2</sup>
KB20	3.29×10 <sup>-1</sup>	4.49×10 <sup>-2</sup>
KB25	2.14×10 <sup>-1</sup>	3.37×10 <sup>-2</sup>
KB30	2.08×10 <sup>-1</sup>	2.96×10 <sup>-2</sup>
KB40	1.64×10 <sup>-1</sup>	2.51×10 <sup>-2</sup>
KB50	1.20×10 <sup>-1</sup>	1.89×10 <sup>-2</sup>
KB60	1.21×10 <sup>-1</sup>	1.55×10 <sup>-2</sup>
KB80	7.34×10 <sup>-2</sup>	1.22×10 <sup>-2</sup>
KB 8W	1.87×10 <sup>-1</sup>	_
KB12W	1.34×10 <sup>-1</sup>	_
KB16W	1.25×10 <sup>-1</sup>	_
KB20W	1.10×10 <sup>-1</sup>	_
KB25W	7.14×10 <sup>-2</sup>	_
KB30W	6.96×10 <sup>-2</sup>	_
KB40W	5.47×10 <sup>-2</sup>	_
KB50W	4.02×10 <sup>-2</sup>	_
KB60W	4.11×10 <sup>-2</sup>	_

E1: ブッシュ1個使用の等価係数 E2: ブッシュ2個密着使用の等価係数

表1-17 スライドブッシュGM形 単位:1/mm 表1-18 スライドブッシュGM-W形 単位:1/mm

呼び番号	等価係数		
叮─────	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	
GM 6	6.43×10 <sup>-1</sup>	1.08×10 <sup>-1</sup>	
GM 8	4.92×10 <sup>-1</sup>	8.20×10 <sup>-2</sup>	
GM10	4.21×10 <sup>-1</sup>	7.01×10 <sup>-2</sup>	
GM12	3.85×10 <sup>-1</sup>	6.42×10 <sup>-2</sup>	
GM13	3.78×10 <sup>-1</sup>	6.29×10 <sup>-2</sup>	
GM16	3.25×10 <sup>-1</sup>	5.42×10 <sup>-2</sup>	
GM20	2.75×10 <sup>-1</sup>	4.58×10 <sup>-2</sup>	
GM25	1.98×10 <sup>-1</sup>	3.30×10 <sup>-2</sup>	
GM30	1.82×10 <sup>-1</sup>	3.03×10 <sup>-2</sup>	

E1:ブッシュ1個使用の等価係数 E2:ブッシュ2個密着使用の等価係数

表1-16 スライドブッシュSW形 単位:1/mm			
 呼び番号	等価係数		
一	E1	E <sub>2</sub>	
SWS 2	8.90×10 <sup>-1</sup>	$1.48 \times 10^{-1}$	
SWS 3	$8.01 \times 10^{-1}$	1.33×10 <sup>-1</sup>	
SW 4	7.95×10 <sup>-1</sup>	1.05×10 <sup>-1</sup>	
SW 6	6.98×10 <sup>-1</sup>	9.75×10 <sup>-2</sup>	
SW 8	4.09×10 <sup>-1</sup>	6.23×10 <sup>-2</sup>	
SW10	$3.54 \times 10^{-1}$	5.33×10 <sup>-2</sup>	
SW12	3.10×10 <sup>-1</sup>	4.76×10 <sup>-2</sup>	
SW16	2.29×10 <sup>-1</sup>	3.40×10 <sup>-2</sup>	
SW20	1.94×10 <sup>-1</sup>	3.01×10 <sup>-2</sup>	
SW24	1.69×10 <sup>-1</sup>	2.59×10 <sup>-2</sup>	
SW32	1.19×10 <sup>-1</sup>	1.87×10 <sup>-2</sup>	
SW40	9.23×10 <sup>-2</sup>	1.54×10 <sup>-2</sup>	
SW48	7.84×10 <sup>-2</sup>	1.31×10 <sup>-2</sup>	
SW64	5.47×10 <sup>-2</sup>	$9.11 \times 10^{-3}$	
SW 4W	2.65×10 <sup>-1</sup>	_	
SW 6W	2.33×10 <sup>-1</sup>	_	
SW 8W	1.37×10 <sup>-1</sup>	_	
SW1OW	1.18×10 <sup>-1</sup>	_	
SW12W	1.03×10 <sup>-1</sup>	_	
SW16W	7.62×10 <sup>-2</sup>	_	
SW20W	6.47×10 <sup>-2</sup>	_	
SW24W	5.62×10 <sup>-2</sup>	_	
SW32W	3.98×10 <sup>-2</sup>		

E1: ブッシュ1個使用の等価係数 E2: ブッシュ2個密着使用の等価係数

等価係数 呼び番号 Εı E<sub>2</sub>  $6.53 \times 10^{-2}$ GM 6W  $3.54 \times 10^{-1}$ GM 8W  $2.38 \times 10^{-1}$  $4.96 \times 10^{-2}$ 4.50×10<sup>-2</sup> GM10W  $2.20 \times 10^{-1}$  $2.07 \times 10^{-1}$  $3.81 \times 10^{-2}$ GM12W GM13W  $1.94 \times 10^{-1}$  $3.76 \times 10^{-2}$ GM16W  $1.71 \times 10^{-1}$  $3.44 \times 10^{-2}$ GM20W  $1.37 \times 10^{-1}$  $2.69 \times 10^{-2}$  $9.03 \times 10^{-2}$ 1.94×10<sup>-2</sup> **GM25W GM30W**  $9.55 \times 10^{-2}$ 1.78×10<sup>-2</sup>

E1: ブッシュ1個使用の等価係数 E2: ブッシュ2個密着使用の等価係数

表1-19 トップボールT	TK形 単位:1/mm			
呼び番号	等価係数			
げい番を	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>		
TK 8	_	8.18×10 <sup>-2</sup>		
TK10	_	6.95×10 <sup>-2</sup>		
TK12	_	6.17×10 <sup>-2</sup>		
TK16	_	5.49×10 <sup>-2</sup>		
TK20	_	4.24×10 <sup>-2</sup>		
TK25	_	3.16×10 <sup>-2</sup>		
TK30	_	2.76×10 <sup>-2</sup>		
TK40	_	2.36×10 <sup>-2</sup>		
TK50	_	1.84×10 <sup>-2</sup>		

E2:トップボール2個密着使用の等価係数

表1-20 スライドロータリーブッシュ		単位:1/mm	
呼び番号	等価係数		
F) O 田 万	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	
SRE 6	6.83×10 <sup>-1</sup>	1.14×10 <sup>-1</sup>	
SRE 8	4.98×10 <sup>-1</sup>	$8.31 \times 10^{-2}$	
SRE10	4.12×10 <sup>-1</sup>	$6.86 \times 10^{-2}$	
SRE12	4.19×10 <sup>-1</sup>	6.98×10 <sup>-2</sup>	
SRE13	3.93×10 <sup>-1</sup>	6.54×10 <sup>-2</sup>	
SRE16	3.40×10 <sup>-1</sup>	$5.66 \times 10^{-2}$	
SRE20	2.90×10 <sup>-1</sup>	$4.84 \times 10^{-2}$	
SRE25	1.98×10 <sup>-1</sup>	$3.29 \times 10^{-2}$	
SRE30	1.80×10 <sup>-1</sup>	$3.01 \times 10^{-2}$	
SRE40	1.52×10 <sup>-1</sup>	$2.54 \times 10^{-2}$	
RK12	4.32×10 <sup>-1</sup>	$6.64 \times 10^{-2}$	
RK16	$3.59 \times 10^{-1}$	5.46×10 <sup>-2</sup>	
RK20	$3.07 \times 10^{-1}$	$4.70 \times 10^{-2}$	
RK25	2.17×10 <sup>-1</sup>	$3.33 \times 10^{-2}$	
RK30	1.99×10 <sup>-1</sup>	$3.07 \times 10^{-2}$	

E1:ブッシュ1個使用の等価係数 E2:ブッシュ2個密着使用の等価係数

表1-21 (1) スライ	ドテーブルNVT形(1) 単位:1/mm
呼び番号	等価係数
りしまっ	Ep Ey Er
NVT1025	2.28×10 <sup>-1</sup> 2.67×10 <sup>-1</sup> 1.48×10 <sup>-1</sup>
NVT1035	$9.77 \times 10^{-1}   4.00 \times 10^{-1}   8.99 \times 10^{-1}$
NVT1045	$2.81 \times 10^{-1}$ $2.47 \times 10^{-1}$ $3.33 \times 10^{-1}$
NVT1055	$2.42 \times 10^{-1}$ $2.03 \times 10^{-1}$ $3.57 \times 10^{-1}$
NVT1065	$1.71 \times 10^{-1}$ $1.59 \times 10^{-1}$ $2.79 \times 10^{-1}$
NVT1075	$1.54 \times 10^{-1}$ $1.39 \times 10^{-1}$ $2.98 \times 10^{-1}$
NVT1085	$1.25 \times 10^{-1} 1.17 \times 10^{-1} 2.61 \times 10^{-1}$
NVT2035	$1.50 \times 10^{-1}$ $1.73 \times 10^{-1}$ $1.11 \times 10^{-1}$
NVT2050	1.61×10 <sup>-1</sup>  1.63×10 <sup>-1</sup>  1.64×10 <sup>-1</sup>
NVT2065	$1.24 \times 10^{-1}$ $1.28 \times 10^{-1}$ $1.41 \times 10^{-1}$
NVT2080	$1.15 \times 10^{-1}$ $1.14 \times 10^{-1}$ $1.64 \times 10^{-1}$
NVT2095	$9.50 \times 10^{-2}$ $9.55 \times 10^{-2}$ $1.49 \times 10^{-1}$
NVT2110	$8.81 \times 10^{-2}    8.64 \times 10^{-2}    1.64 \times 10^{-1}$
NVT2125	$8.15 \times 10^{-2}$ $7.85 \times 10^{-2}$ $1.74 \times 10^{-1}$
NVT2140	$7.13 \times 10^{-2}   6.93 \times 10^{-2}   1.63 \times 10^{-1}$
NVT2155	$6.47 \times 10^{-2}$ $6.23 \times 10^{-2}$ $1.72 \times 10^{-1}$
NVT2170	$6.11 \times 10^{-2}$ $5.81 \times 10^{-2}$ $1.80 \times 10^{-1}$
NVT2185	$ 5.77 \times 10^{-2} 5.41 \times 10^{-2} 1.86 \times 10^{-1} $
NVT3055	$3.88 \times 10^{-1}   2.17 \times 10^{-1}   2.95 \times 10^{-1}$
NVT3080	$9.68 \times 10^{-2}  1.02 \times 10^{-1}  8.64 \times 10^{-2}$
NVT3105	$8.56 \times 10^{-2}$ $8.66 \times 10^{-2}$ $9.64 \times 10^{-2}$
NVT3130	$8.07 \times 10^{-2}$ $7.59 \times 10^{-2}$ $1.24 \times 10^{-1}$
NVT3155	$ 5.55 \times 10^{-2} 5.58 \times 10^{-2} 9.16 \times 10^{-2} $
NVT3180	$5.11 \times 10^{-2}$ $5.07 \times 10^{-2}$ $9.61 \times 10^{-2}$
NVT3205	$ 4.76 \times 10^{-2}  4.66 \times 10^{-2}  1.00 \times 10^{-1} $
NVT3230	$ 4.45 \times 10^{-2} 4.31 \times 10^{-2} 1.03 \times 10^{-1}$
NVT4085	$1.01 \times 10^{-1}$ $1.07 \times 10^{-1}$ $6.57 \times 10^{-2}$
NVT4125	$9.63 \times 10^{-2}  8.82 \times 10^{-2}  9.84 \times 10^{-2}$
NVT4165	$5.99 \times 10^{-2}$ $5.95 \times 10^{-2}$ $7.03 \times 10^{-2}$
NVT4205	$4.34 \times 10^{-2}$ $4.41 \times 10^{-2}$ $6.30 \times 10^{-2}$
NVT4245	$ 4.07 \times 10^{-2} 3.98 \times 10^{-2} 7.42 \times 10^{-2}$
NVT4285	$3.31 \times 10^{-2}  3.28 \times 10^{-2}  6.61 \times 10^{-2}$

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

表1-21(2) スライドラ	ーブルNV	「形(2) 単	望位:1/mm
呼び番号	等価係数		
一 ・	EР	Εy	ER
NVT6110	1.76×10 <sup>-1</sup>	1.21×10 <sup>-1</sup>	1.46×10 <sup>-1</sup>
NVT6160	5.85×10 <sup>-2</sup>	5.98×10 <sup>-2</sup>	$6.01 \times 10^{-2}$
NVT6210	4.79×10 <sup>-2</sup>	4.72×10 <sup>-2</sup>	6.96×10 <sup>-2</sup>
NVT6260			$6.96 \times 10^{-2}$
NVT6310			$5.33 \times 10^{-2}$
NVT6360			$5.54 \times 10^{-2}$
NVT6410			$6.30 \times 10^{-2}$
NVT9210	7.95×10 <sup>-2</sup>	6.07×10 <sup>-2</sup>	7.19×10 <sup>-2</sup>
NVT9310			4.38×10 <sup>-2</sup>
NVT9410	2.37×10 <sup>-2</sup>	2.35×10 <sup>-2</sup>	$4.09 \times 10^{-2}$

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

**NVT9510** 1.82×10<sup>-2</sup> 1.83×10<sup>-2</sup> 3.51×10<sup>-2</sup>

表1-22 スライドテー	ブルHVT形	単	位:1/mm
呼び番号		等価係数	
一	EР	Ey	Er
HVT2035	3.33×10 <sup>-1</sup>	2.91 × 10 <sup>-1</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2050	1.63×10 <sup>-1</sup>	1.83×10 <sup>-1</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2065	1.72×10 <sup>-1</sup>	1.58×10 <sup>-1</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2080	1.29×10 <sup>-1</sup>	1.21×10 <sup>-1</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2095	9.26×10 <sup>-2</sup>	9.77×10 <sup>-2</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2110	9.35×10 <sup>-2</sup>	8.97×10 <sup>-2</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2125	7.94×10 <sup>-2</sup>	7.70×10 <sup>-2</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2140	6.39×10 <sup>-2</sup>	6.63×10 <sup>-2</sup>	1.10×10 <sup>-1</sup>
HVT2155	6.46×10 <sup>-2</sup>	6.26×10 <sup>-2</sup>	1.12×10 <sup>-1</sup>
HVT2170	5.73×10 <sup>-2</sup>	5.57×10 <sup>-2</sup>	1.11×10 <sup>-1</sup>
HVT2185	4.90×10 <sup>-2</sup>	5.03×10 <sup>-2</sup>	1.12×10 <sup>-1</sup>
HVT3055	1.84×10 <sup>-1</sup>	1.63×10 <sup>-1</sup>	7.20×10 <sup>-2</sup>
HVT3080	1.22×10 <sup>-1</sup>	1.13×10 <sup>-1</sup>	7.16×10 <sup>-2</sup>
HVT3105	9.20×10 <sup>-2</sup>	8.66×10 <sup>-2</sup>	7.16×10 <sup>-2</sup>
HVT3130	7.34×10 <sup>-2</sup>	7.00×10 <sup>-2</sup>	7.13×10 <sup>-2</sup>
HVT3155	6.13×10 <sup>-2</sup>	5.90×10 <sup>-2</sup>	7.16×10 <sup>-2</sup>
HVT3180	5.25×10 <sup>-2</sup>	5.09×10 <sup>-2</sup>	7.14×10 <sup>-2</sup>
HVT3205	4.31×10 <sup>-2</sup>	4.46×10 <sup>-2</sup>	7.14×10 <sup>-2</sup>
HVT3230	4.32×10 <sup>-2</sup>	4.21 × 10 <sup>-2</sup>	7.13×10 <sup>-2</sup>
HVT3255	3.67×10 <sup>-2</sup>	3.79×10 <sup>-2</sup>	7.15×10 <sup>-2</sup>
HVT3280	3.70×10 <sup>-2</sup>	3.63×10 <sup>-2</sup>	7.15×10 <sup>-2</sup>
HVT3305	3.20×10 <sup>-2</sup>	3.28×10 <sup>-2</sup>	7.15×10 <sup>-2</sup>
HVT4085	1.17×10 <sup>-1</sup>	1.07×10 <sup>-1</sup>	4.99×10 <sup>-2</sup>
HVT4125	6.47×10 <sup>-2</sup>	6.93×10 <sup>-2</sup>	4.99×10 <sup>-2</sup>
HVT4165	5.92×10 <sup>-2</sup>	5.65×10 <sup>-2</sup>	4.99×10 <sup>-2</sup>
HVT4205			4.99×10 <sup>-2</sup>
HVT4245			5.00×10 <sup>-2</sup>
HVT4285			5.03×10 <sup>-2</sup>
HVT4325	2.70×10 <sup>-2</sup>	2.77×10 <sup>-2</sup>	5.01 × 10 <sup>-2</sup>

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

HVT4365

HVT4405

 $2.60 \times 10^{-2}$   $2.54 \times 10^{-2}$   $5.01 \times 10^{-2}$ 

2.21×10<sup>-2</sup> 2.25×10<sup>-2</sup> 5.02×10<sup>-2</sup>

技-14 技-15

LINEAR SYSTEM

11/14 口		等価係数	
呼び番号 	Eр	Ey	ER
SVT1025	2.66×10 <sup>-1</sup>		
SVT1035		2.72×10 <sup>-1</sup>	
SVT1045	1.70×10 <sup>-1</sup>	1.86×10 <sup>-1</sup>	
SVT1055	1.49×10 <sup>-1</sup>	1.61×10 <sup>-1</sup>	1.47×10 <sup>-1</sup>
SVT1065	1.34×10 <sup>-1</sup>	1.43×10 <sup>-1</sup>	
SVT1075	1.11×10 <sup>-1</sup>	1.17×10 <sup>-1</sup>	1.48×10 <sup>-1</sup>
SVT1085	1.02×10 <sup>-1</sup>	1.07×10 <sup>-1</sup>	
SVT2035	1.66×10 <sup>-1</sup>	2.02×10 <sup>-1</sup>	
SVT2050	1.45×10 <sup>-1</sup>	1.64×10 <sup>-1</sup>	
SVT2065	1.23×10 <sup>-1</sup>		
SVT2080	1.28×10 <sup>-1</sup>	1.19×10 <sup>-1</sup>	
SVT2095	1.10×10 <sup>-1</sup>	1.03×10 <sup>-1</sup>	
SVT2110	7.59×10 <sup>-2</sup>	8.06×10 <sup>-2</sup>	
SVT2125	6.93×10 <sup>-2</sup>	7.31×10 <sup>-2</sup>	
SVT2140	7.00×10 <sup>-2</sup>	1	
SVT2155	6.45×10 <sup>-2</sup>	6.22×10 <sup>-2</sup>	
SVT2170	5.14×10 <sup>-2</sup>		
SVT2185	4.82×10 <sup>-2</sup>		
SVT3055	2.01×10 <sup>-1</sup>		
SVT3080	1.22×10 <sup>-1</sup>	1.12×10 <sup>-1</sup>	
SVT3105	7.55×10 <sup>-2</sup>		
SVT3130	6.06×10 <sup>-2</sup>	6.44×10 <sup>-2</sup>	
SVT3155	6.14×10 <sup>-2</sup>	1	
SVT3180	5.13×10 <sup>-2</sup>	4.94×10 <sup>-2</sup>	
SVT3205	4.73×10 <sup>-2</sup>	4.58×10 <sup>-2</sup>	
SVT3230	3.83×10 <sup>-2</sup>	3.98×10 <sup>-2</sup>	
SVT3255	3.85×10 <sup>-2</sup>	3.75×10 <sup>-2</sup>	1
SVT3280	3.63×10 <sup>-2</sup>		
SVT3305	3.08×10 <sup>-2</sup>		
SVT4085	8.25×10 <sup>-2</sup>	9.33×10 <sup>-2</sup>	
SVT4125	6.08×10 <sup>-2</sup>	6.63×10 <sup>-2</sup>	4.98×10 <sup>-2</sup>
SVT4165	6.22×10 <sup>-2</sup>	5.82×10 <sup>-2</sup>	
SVT4205	4.86×10 <sup>-2</sup>	4.62×10 <sup>-2</sup>	4.97×10 <sup>-2</sup>
SVT4245	3.98×10 <sup>-2</sup>		
SVT4285	3.40×10 <sup>-2</sup>	3.27×10 <sup>-2</sup>	4.97×10 <sup>-2</sup>
SVT4325	2.93×10 <sup>-2</sup>	2.85×10 <sup>-2</sup>	4.97×10 <sup>-2</sup>
SVT4365	2.59×10 <sup>-2</sup>	2.52×10 <sup>-2</sup>	4.97×10 <sup>-2</sup>
SVT4405	2.20×10 <sup>-2</sup>	2.26×10 <sup>-2</sup>	4.97×10 <sup>-2</sup>
Ep:Mp等価係数 Ey:N	1y等価係数 [	ER:MR等価化	*

表1-23(2) スライド	テーブルSVT	「形(2) 単	益位:1/mm
呼び番号	等価係数		
一	Εp	Εy	Er
SVT6110	6.81×10 <sup>-2</sup>	$7.70 \times 10^{-2}$	4.43×10 <sup>-2</sup>
SVT6160	5.03×10 <sup>-2</sup>	5.49×10 <sup>-2</sup>	4.44×10 <sup>-2</sup>
SVT6210	3.98×10 <sup>-2</sup>	4.23×10 <sup>-2</sup>	4.44×10 <sup>-2</sup>
SVT6260	3.26×10 <sup>-2</sup>	3.45×10 <sup>-2</sup>	4.43×10 <sup>-2</sup>
SVT6310	2.78×10 <sup>-2</sup>	2.91 × 10 <sup>-2</sup>	4.46×10 <sup>-2</sup>
SVT6360	2.80×10 <sup>-2</sup>	2.70×10 <sup>-2</sup>	4.45×10 <sup>-2</sup>
SVT6410	2.43×10 <sup>-2</sup>	2.36×10 <sup>-2</sup>	4.44×10 <sup>-2</sup>
SVT6460	2.13×10 <sup>-2</sup>	2.07×10 <sup>-2</sup>	4.42×10 <sup>-2</sup>
SVT6510	1.91×10 <sup>-2</sup>	1.86×10 <sup>-2</sup>	4.43×10 <sup>-2</sup>
SVT9210	3.51×10 <sup>-2</sup>	3.92×10 <sup>-2</sup>	2.78×10 <sup>-2</sup>
SVT9310	3.14×10 <sup>-2</sup>	2.94×10 <sup>-2</sup>	2.78×10 <sup>-2</sup>
SVT9410	2.41×10 <sup>-2</sup>	2.58×10 <sup>-2</sup>	2.78×10 <sup>-2</sup>
SVT9510	1.98×10 <sup>-2</sup>	2.09×10 <sup>-2</sup>	2.77×10 <sup>-2</sup>
SVT9610	2.00×10 <sup>-2</sup>	1.92×10 <sup>-2</sup>	2.77×10 <sup>-2</sup>
SVT9710	1.69×10 <sup>-2</sup>	1.63×10 <sup>-2</sup>	2.76×10 <sup>-2</sup>
SVT9810	1.37×10 <sup>-2</sup>	1.42×10 <sup>-2</sup>	2.76×10 <sup>-2</sup>
SVT9910	1.22×10 <sup>-2</sup>	1.26×10 <sup>-2</sup>	2.78×10 <sup>-2</sup>
SVT91010	1.10×10 <sup>-2</sup>	1.13×10 <sup>-2</sup>	2.77×10 <sup>-2</sup>

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

表1-24 スライドテープ	ブルNYT形	単	位:1/mm
呼び番号		等価係数	
*リ ( 番 ケ	Еp	Εy	Er
NYT1025	2.28×10 <sup>-1</sup>	2.67×10 <sup>-1</sup>	$2.67 \times 10^{-1}$
NYT1035	9.77×10 <sup>-1</sup>	$4.00 \times 10^{-1}$	1.63
NYT1045	2.81×10 <sup>-1</sup>	2.47×10 <sup>-1</sup>	$6.00 \times 10^{-1}$
NYT1055	2.42×10 <sup>-1</sup>	2.03×10 <sup>-1</sup>	6.42×10 <sup>-1</sup>
NYT1065	1.71×10 <sup>-1</sup>	1.59×10 <sup>-1</sup>	$5.01 \times 10^{-1}$
NYT1075	1.54×10 <sup>-1</sup>	1.39×10 <sup>-1</sup>	$5.35 \times 10^{-1}$
NYT1085	1.25×10 <sup>-1</sup>	1.17×10 <sup>-1</sup>	$4.68 \times 10^{-1}$
NYT2035	1.50×10 <sup>-1</sup>	1.73×10 <sup>-1</sup>	1.53×10 <sup>-1</sup>
NYT2050	1.61×10 <sup>-1</sup>	1.63×10 <sup>-1</sup>	$2.28 \times 10^{-1}$
NYT2065	1.24×10 <sup>-1</sup>	1.28×10 <sup>-1</sup>	1.96×10 <sup>-1</sup>
NYT2080	1.15×10 <sup>-1</sup>	1.14×10 <sup>-1</sup>	$2.27 \times 10^{-1}$
NYT2095	9.50×10 <sup>-2</sup>	9.55×10 <sup>-2</sup>	$2.07 \times 10^{-1}$
NYT2110	8.81×10 <sup>-2</sup>	8.64×10 <sup>-2</sup>	$2.27 \times 10^{-1}$
NYT2125	8.15×10 <sup>-2</sup>	7.85×10 <sup>-2</sup>	$2.41 \times 10^{-1}$
NYT3055	$3.88 \times 10^{-1}$	2.17×10 <sup>-1</sup>	$4.74 \times 10^{-1}$
NYT3080	9.68×10 <sup>-2</sup>	1.02×10 <sup>-1</sup>	1.39×10 <sup>-1</sup>
NYT3105	8.56×10 <sup>-2</sup>	8.66×10 <sup>-2</sup>	1.55×10 <sup>-1</sup>
NYT3130	8.07×10 <sup>-2</sup>	7.59×10 <sup>-2</sup>	$2.00 \times 10^{-1}$
NYT3155	5.55×10 <sup>-2</sup>	5.58×10 <sup>-2</sup>	1.48×10 <sup>-1</sup>
NYT3180	5.11×10 <sup>-2</sup>	5.07×10 <sup>-2</sup>	1.55×10 <sup>-1</sup>
NYT3205	4.76×10 <sup>-2</sup>	4.66×10 <sup>-2</sup>	1.61×10 <sup>-1</sup>

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

表1-25 スライドテープ	ブルHYT形	单	位:1/mm
 呼び番号		等価係数	
一 ・	EР	Ey	ER
HYT2035	3.33×10 <sup>-1</sup>	2.91 × 10 <sup>-1</sup>	1.55×10 <sup>-1</sup>
HYT2050	1.63×10 <sup>-1</sup>	1.83×10 <sup>-1</sup>	1.54×10 <sup>-1</sup>
HYT2065	1.72×10 <sup>-1</sup>	1.58×10 <sup>-1</sup>	1.54×10 <sup>-1</sup>
HYT2080	1.29×10 <sup>-1</sup>	1.21×10 <sup>-1</sup>	1.54×10 <sup>-1</sup>
HYT2095	9.26×10 <sup>-2</sup>	9.77×10 <sup>-2</sup>	1.54×10 <sup>-1</sup>
HYT2110	9.35×10 <sup>-2</sup>	8.97×10 <sup>-2</sup>	1.54×10 <sup>-1</sup>
HYT2125	7.94×10 <sup>-2</sup>	7.70×10 <sup>-2</sup>	1.54×10 <sup>-1</sup>
HYT3055	1.84×10 <sup>-1</sup>	1.63×10 <sup>-1</sup>	1.15×10 <sup>-1</sup>
HYT3080	1.22×10 <sup>-1</sup>	1.13×10 <sup>-1</sup>	1.15×10 <sup>-1</sup>
HYT3105	9.20×10 <sup>-2</sup>	8.66×10 <sup>-2</sup>	1.15×10 <sup>-1</sup>
HYT3130	7.34×10 <sup>-2</sup>	$7.00 \times 10^{-2}$	1.15×10 <sup>-1</sup>
HYT3155	6.13×10 <sup>-2</sup>	5.90×10 <sup>-2</sup>	1.15×10 <sup>-1</sup>
HYT3180	5.25×10 <sup>-2</sup>	5.09×10 <sup>-2</sup>	1.15×10 <sup>-1</sup>
HYT3205	4.31×10 <sup>-2</sup>	4.46×10 <sup>-2</sup>	1.15×10 <sup>-1</sup>

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

NIPPON BEARING

FV番号 EP EV ER SYT1025 2.66×10 <sup>-1</sup> 3.24×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.09×10 <sup>-1</sup> 2.72×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.09×10 <sup>-1</sup> 1.86×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.09×10 <sup>-1</sup> 1.86×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.09×10 <sup>-1</sup> 1.61×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.49×10 <sup>-1</sup> 1.43×10 <sup>-1</sup> 2.65×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.17×10 <sup>-1</sup> 2.65×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.17×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.02×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.02×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 1.53×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.54×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.54×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.37×10 <sup>-1</sup> 1.54×10 3.41×10 3.41×10 <sup>-1</sup> 1.54×10 3.41×10 3.
SYT1035 $3.09 \times 10^{-1}$ $2.72 \times 10^{-1}$ $2.66 \times 10^{-1}$ SYT1045 $1.70 \times 10^{-1}$ $1.86 \times 10^{-1}$ $2.66 \times 10^{-1}$ SYT1055 $1.49 \times 10^{-1}$ $1.61 \times 10^{-1}$ $2.64 \times 10^{-1}$ SYT1065 $1.34 \times 10^{-1}$ $1.43 \times 10^{-1}$ $2.65 \times 10^{-1}$ SYT1075 $1.11 \times 10^{-1}$ $1.17 \times 10^{-1}$ $2.66 \times 10^{-1}$ SYT1085 $1.02 \times 10^{-1}$ $1.07 \times 10^{-1}$ $2.66 \times 10^{-1}$ SYT2035 $1.66 \times 10^{-1}$ $1.64 \times 10^{-1}$ $1.53 \times 10^{-1}$ SYT2050 $1.45 \times 10^{-1}$ $1.64 \times 10^{-1}$ $1.54 \times 10^{-1}$
SYT1045     1.70×10 <sup>-1</sup> 1.86×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT1055     1.49×10 <sup>-1</sup> 1.61×10 <sup>-1</sup> 2.64×10       SYT1065     1.34×10 <sup>-1</sup> 1.43×10 <sup>-1</sup> 2.65×10       SYT1075     1.11×10 <sup>-1</sup> 1.17×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT1085     1.02×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT2035     1.66×10 <sup>-1</sup> 2.02×10 <sup>-1</sup> 1.53×10       SYT2050     1.45×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10
SYT1055     1.49×10 <sup>-1</sup> 1.61×10 <sup>-1</sup> 2.64×10       SYT1065     1.34×10 <sup>-1</sup> 1.43×10 <sup>-1</sup> 2.65×10       SYT1075     1.11×10 <sup>-1</sup> 1.17×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT1085     1.02×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT2035     1.66×10 <sup>-1</sup> 2.02×10 <sup>-1</sup> 1.53×10       SYT2050     1.45×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10
SYT1065     1.34×10 <sup>-1</sup> 1.43×10 <sup>-1</sup> 2.65×10       SYT1075     1.11×10 <sup>-1</sup> 1.17×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT1085     1.02×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT2035     1.66×10 <sup>-1</sup> 2.02×10 <sup>-1</sup> 1.53×10       SYT2050     1.45×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10
SYT1075     1.11×10 <sup>-1</sup> 1.17×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT1085     1.02×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT2035     1.66×10 <sup>-1</sup> 2.02×10 <sup>-1</sup> 1.53×10       SYT2050     1.45×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10
SYT1085     1.02×10 <sup>-1</sup> 1.07×10 <sup>-1</sup> 2.66×10       SYT2035     1.66×10 <sup>-1</sup> 2.02×10 <sup>-1</sup> 1.53×10       SYT2050     1.45×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10
SYT2035     1.66×10 <sup>-1</sup> 2.02×10 <sup>-1</sup> 1.53×10       SYT2050     1.45×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10
<b>SYT2050</b> 1.45×10 <sup>-1</sup> 1.64×10 <sup>-1</sup> 1.54×10
CVTOCE   1.00 \ 1.07 \
SYT2065  1.23×10 <sup>-1</sup>  1.37×10 <sup>-1</sup>  1.54×10
<b>SYT2080</b>   1.28×10 <sup>-1</sup>   1.19×10 <sup>-1</sup>   1.54×10
<b>SYT2095</b>   1.10×10 <sup>-1</sup>   1.03×10 <sup>-1</sup>   1.54×10
<b>SYT2110</b>   7.59×10 <sup>-2</sup>   8.06×10 <sup>-2</sup>   1.53×10
<b>SYT2125</b>   6.93×10 <sup>-2</sup>   7.31×10 <sup>-2</sup>   1.54×10
<b>SYT3055</b>   2.01×10 <sup>-1</sup>   1.75×10 <sup>-1</sup>   1.15×10
<b>SYT3080</b>   1.22×10 <sup>-1</sup>   1.12×10 <sup>-1</sup>   1.15×10
<b>SYT3105</b>   7.55×10 <sup>-2</sup>   8.13×10 <sup>-2</sup>   1.15×10
<b>SYT3130</b>   6.06×10 <sup>-2</sup>   6.44×10 <sup>-2</sup>   1.14×10
<b>SYT3155</b>   6.14×10 <sup>-2</sup>   5.86×10 <sup>-2</sup>   1.15×10
<b>SYT3180</b>   5.13×10 <sup>-2</sup>   4.94×10 <sup>-2</sup>   1.15×10

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 En:Mn等価係数

 $|4.73\times10^{-2}|4.58\times10^{-2}|1.15\times10^{-1}$ 

SYT3205

―――――――――――――――――――――――――――――――――――――	等価係数		
	EР	EY	ER
SYBS 6-13	8.57×10 <sup>-1</sup>	$7.20 \times 10^{-1}$	8.57×10 <sup>-1</sup>
SYBS 6-21	5.53×10 <sup>-1</sup>	4.57×10 <sup>-1</sup>	8.51 × 10 <sup>-1</sup>
SYBS 8-11	9.17×10 <sup>-1</sup>	$7.54 \times 10^{-1}$	6.03×10 <sup>-1</sup>
SYBS 8-21	4.83×10 <sup>-1</sup>	$4.04 \times 10^{-1}$	5.94×10 <sup>-1</sup>
SYBS 8-31	$3.57 \times 10^{-1}$	$3.00 \times 10^{-1}$	5.92×10 <sup>-1</sup>
SYBS12-23	4.33×10 <sup>-1</sup>	$3.63 \times 10^{-1}$	3.13×10 <sup>-1</sup>
SYBS12-31	$3.57 \times 10^{-1}$	$3.00 \times 10^{-1}$	3.13×10 <sup>-1</sup>
SYBS12-46	2.33×10 <sup>-1</sup>	1.96×10 <sup>-1</sup>	3.11×10 <sup>-1</sup>
SYBS17-23	4.25×10 <sup>-1</sup>	3.57×10 <sup>-1</sup>	2.67×10 <sup>-1</sup>
SYBS17-31	3.26×10 <sup>-1</sup>	2.74×10 <sup>-1</sup>	2.66×10 <sup>-1</sup>
SYBS17-46	2.23×10 <sup>-1</sup>	1.88×10 <sup>-1</sup>	2.66×10 <sup>-1</sup>

Ep:Mp等価係数 Ey:My等価係数 Ep:Mp等価係数

#### 変動する荷重の平均荷重

リニアシステムに作用する荷重は、その使い方によっているいろと変化していく場合が一般的です。例えば、往復運動の起動・停止定速運動の場合、また、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1-4) 荷重P1を受けて走行距離 ℓ1

何里P1を受けて走行距離 l1 荷重P2を受けて走行距離 l2

荷重Pnを受けて走行距離 ℓ nの場合 平均荷重Pmは次式によって求めます。

$$P_{m} = \sqrt[3]{\frac{1}{\ell}} (P_{1}^{3} \ell_{1} + P_{2}^{3} \ell_{2} \cdots + P_{n}^{3} \ell_{n}) \cdots (10)$$

Pm:変動する荷重の平均荷重(N) ℓ:全走行距離(mm)

②荷重がほぼ直線的に変化する場合(図1-5) 平均荷重Pmは近似的に、次式で求めます。

$$P_{m} \doteq \frac{1}{3} (P_{min} + 2P_{max}) \quad \cdots \qquad (11)$$

Pmin:変化荷重の最小値(N) Pmax:変化荷重の最大値(N)

③荷重が図1-6 (a)・(b)のように正弦曲線的に変化する 場合、平均荷重Pmは近似的に次式により求めます。

図1-4 段階的な変動荷重

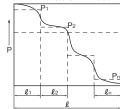


図1-5 単調な変動荷重

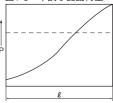
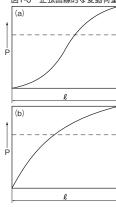


図1-6 正弦曲線的な変動荷重



## 定格寿命計算例 1

#### 水平2軸ブロック各2個仕様 加減速を考慮する場合

#### 使用条件

使用形番: SM20

基本動定格荷重 C=882N 基本静定格荷重 Co=1370N

外筒間距離: Lunit=150mm 軸間距離: Lrail=150mm 駆動位置: Yd=50mm

 $Z_d = -50 \text{mm}$ 質量: m1=15kg X1=100mm

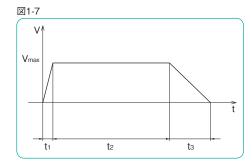
 $Y_1 = -60 \text{mm}$ Z<sub>1</sub>=120mm

Z<sub>2</sub>=150mm

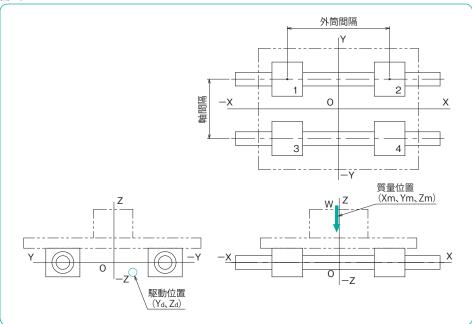
m<sub>2</sub>=10kg X<sub>2</sub>=150mm Y<sub>2</sub>=100mm

動作速度: Vmax=100mm/s

時間:t<sub>1</sub>=0.1s  $t_2 = 1.4s$  $t_3 = 0.1s$ 加速度:a<sub>1</sub>=1m/s<sup>2</sup>  $a_3 = 1 \text{m/s}^2$ ストローク: ℓs=150mm 每分往復回数: n<sub>1</sub>=17cpm



#### 図1-8



#### ①ユニットに作用するモーメントを求めます。

#### 〈加速時〉

ピッチング  $Ma_1 = m \cdot g \cdot Xm - m \cdot a_1 \cdot (Zm - Zd)$ 

 $Ma_1 = 15 \times 9.8 \times (100) - 15 \times 1 \times \{(120) - (-50)\} + 10 \times 9.8 \times (150) - 10 \times 1 \times \{(150) - (-50)\} = 24850 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

$$\exists -1 \checkmark 0$$
  $Ma_2 = -m \cdot a_1 \cdot (Ym - Yd)$ 

 $Ma_2 = -15 \times 1 \times \{(-60) - (50)\} - 10 \times 1 \times \{(100) - (-50)\} = 1150 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

#### ローリング Ma<sub>3</sub>=m·g·Ym

 $Ma_3=15\times9.8\times(-60)+10\times9.8\times(100)=980N\cdot mm$ 

#### 〈等速時〉

ピッチング  $M_1 = m \cdot g \cdot Xm$ 

 $M_1=15\times9.8\times(100)+10\times9.8\times(150)=29400N\cdot mm$ 

ヨーイング **M**2**=**0

 $M_2=0N \cdot mm$ 

ローリング  $M_3 = m \cdot g \cdot Ym$ 

 $M_3=15\times9.8\times(-60)+10\times9.8\times(100)=980N\cdot mm$ 

#### 〈減速時〉

ピッチング  $Md_1=m\cdot g\cdot Xm+m\cdot a_3\cdot (Zm-Zd)$ 

 $Md_1=15\times9.8\times(100)+15\times1\times\{(120)-(-50)\}+10\times9.8\times(150)+10\times1\times\{(150)-(-50)\}=33950N\cdot mm$ 

 $\exists -1 \checkmark 0 Md_2 = m \cdot a_3 \cdot (Ym - Yd)$ 

 $Md_2=15\times1\times\{(-60)-(50)\}+10\times1\times\{(100)-(50)\}=-1150N\cdot mm$ 

ローリング Md3=m·g·Ym

 $Md_3=15\times9.8\times(-60)+10\times9.8\times(100)=980N\cdot mm$ 

#### ②各外筒に作用する負荷荷重を求めます。

#### 〈加速時〉

スライド

スライド  
ブッシュ1 垂直方向 
$$Fra_1 = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{Ma_1}{2 \cdot L_{unit}} + \frac{Ma_3}{2 \cdot L_{rail}}$$

$$\mathsf{Fra}_1 \! = \! \frac{15 \! \times \! 9.8}{4} \! + \! \frac{10 \! \times \! 9.8}{4} \! - \! \frac{24850}{2 \! \times \! 150} \! + \! \frac{-980}{2 \! \times \! 150} \! = \! -18.32 \mathsf{N}$$

$$Fsa_1 = \frac{1150}{2 \times 150} = 3.83N$$

スライド  
ブッシュ2 垂直方向 
$$Fra_2 = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{Ma_1}{2 \cdot Lunit} + \frac{Ma_3}{2 \cdot Lrail}$$

$$Fra_2 = \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{10 \times 9.8}{4} + \frac{24850}{2 \times 150} + \frac{980}{2 \times 150} = 147.35N$$

水平方向 
$$Fsa_2 = -\frac{Ma_2}{2 \cdot Lunit}$$

$$F_{Sa2} = -\frac{1150}{2 \times 150} = -3.831$$

NIPPON BEARING

スライド  
ブッシュ3 垂直方向 
$$Fra_3 = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{Ma_1}{2 \cdot L_{unit}} - \frac{Ma_3}{2 \cdot L_{rail}}$$
 
$$Fra_3 = \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{10 \times 9.8}{4} - \frac{24850}{2 \times 150} - \frac{980}{2 \times 150} = -24.85N$$
 水平方向  $Fsa_3 = \frac{Ma_2}{2 \cdot L_{unit}}$  
$$Fsa_3 = \frac{1150}{2 \times 150} = 3.83N$$

スライド  
ブッシュ4 垂直方向 
$$Fra_4 = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{Ma_1}{2 \cdot L_{unit}} - \frac{Ma_3}{2 \cdot L_{rail}}$$
 Fra $_4 = \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{10 \times 9.8}{4} + \frac{24850}{2 \times 150} - \frac{980}{2 \times 150} = 140.82N$  水平方向  $Fsa_4 = -\frac{Ma_2}{2 \cdot L_{unit}}$  Fsa $_4 = -\frac{1150}{2 \times 150} = -3.83N$ 

〈等速時〉 スライド ブッシュ1 垂直方向 
$$\mathbf{Fr_1} = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{g}}{4} - \frac{\mathbf{M_1}}{2 \cdot \mathbf{Lunit}} + \frac{\mathbf{M_3}}{2 \cdot \mathbf{Lrail}}$$
  $\mathbf{Fr_1} = \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{10 \times 9.8}{4} - \frac{24850}{2 \times 150} + \frac{980}{2 \times 150} = -33.48 \text{N}$  水平方向  $\mathbf{Fs_1} = \frac{\mathbf{M_2}}{2 \cdot \mathbf{Lunit}} = \mathbf{0}$ 

スライド ブッシュ2 垂直方向 
$$Fr_2 = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{M_1}{2 \cdot L_{unit}} + \frac{M_3}{2 \cdot L_{rail}}$$
 
$$Fr_2 = \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{10 \times 9.8}{4} + \frac{24850}{2 \times 150} + \frac{980}{2 \times 150} = 162.52N$$
 水平方向  $Fs_2 = -\frac{M_2}{2 \cdot L_{unit}} = 0$ 

スライド  
ブッシュ3 垂直方向 
$$\mathbf{Fr}_3 = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{g}}{4} - \frac{\mathbf{M}_1}{2 \cdot \mathbf{L}_{unit}} - \frac{\mathbf{M}_3}{2 \cdot \mathbf{L}_{rail}}$$
 
$$\mathbf{Fr}_3 = \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{10 \times 9.8}{4} - \frac{24850}{2 \times 150} - \frac{980}{2 \times 150} = -40.02 \text{N}$$
 水平方向  $\mathbf{Fs}_3 = \frac{\mathbf{M}_2}{2 \cdot \mathbf{L}_{unit}} = \mathbf{0}$ 

スライド  
ブッシュ4 垂直方向 
$$Fr_4 = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{M_1}{2 \cdot L_{unit}} - \frac{M_3}{2 \cdot L_{rail}}$$
  $Fr_4 = \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{10 \times 9.8}{4} + \frac{24850}{2 \times 150} - \frac{980}{2 \times 150} = 155.98N$  水平方向  $Fs_4 = -\frac{M_2}{24 L_{orb}} = 0$ 

NIPPON BEARING

#### ③等価荷重を求めます。

◎垂直方向Pr、水平方向Psの換算荷重を以下の式より求めます。

$$Pr = |Fr|$$
  
 $Ps = |k \cdot Fs|$ 

SMの場合k=1

#### 表1-28

	加速時	等速時	減速時
スライドブッシュ1	Pra <sub>1</sub> =18.32	Pr <sub>1</sub> =33.48	$Prd_1 = 48.65$
- スプイドフッフユI	Psa <sub>1</sub> = 3.83	$P_{S1} = 0$	$Psd_1 = 3.83$
スライドブッシュ2	Pra <sub>2</sub> =147.35	Pr <sub>2</sub> =162.52	Prd <sub>2</sub> =177.68
	Psa <sub>2</sub> = 3.83	Ps2=0	$Psd_2 = 3.83$
スライドブッシュ3	Pra <sub>3</sub> =24.85	Pr <sub>3</sub> =40.02	Prd <sub>3</sub> =55.18
スプイトノッシュ3	Psa <sub>3</sub> = 3.83	Ps3=0	Psd <sub>3</sub> = 3.83
スライドブッシュ4	Pra <sub>4</sub> =140.82	Pr <sub>4</sub> =155.98	Prd <sub>4</sub> =171.15
スプイトフックユ4 	Psa <sub>4</sub> = 3.83	P <sub>S4</sub> =0	$Psd_4 = 3.83$

#### ◎動等価荷重の算出

#### P=Pr+Ps

Pa<sub>1</sub>=Pra<sub>1</sub>+Psa<sub>1</sub>=18.32+3.83=22.15(N) 以下同様に計算します。

#### 表1-29

r: =v			
	加速時	等速時	減速時
スライドブッシュ1	Pa <sub>1</sub> =22.15	P <sub>1</sub> =33.48	Pd <sub>1</sub> =52.48
スライドブッシュ2	Pa <sub>2</sub> =151.18	P <sub>2</sub> =162.52	Pd <sub>2</sub> =181.52
スライドブッシュ3	Pa <sub>3</sub> =28.68	P <sub>3</sub> =40.02	Pd <sub>3</sub> =59.02
スライドブッシュ4	Pa <sub>4</sub> =144.65	P <sub>4</sub> =155.98	Pd4=174.98

#### ◎平均等価荷重の算出

$$Pm = \sqrt[3]{\frac{1}{ls}} \times \left\{ (Pa^3 \times \frac{V_{max} \times t1}{2}) + (P^3 \times V_{max} \times t2) + (Pd^3 \times \frac{V_{max} \times t3}{2}) \right\}$$

$$Pm_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{150}} \times \left\{ (22.15^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (33.48^3 \times 100 \times 1.4) + (52.8^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right\} = 34.26(N)$$

$$Pm_2 = \sqrt[3]{\frac{1}{150}} \times \left[ (151.18^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (162.52^3 \times 100 \times 1.4) + (181.52^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 162.87(N)$$

$$Pm_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{150}} \times \left[ (28.68^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (40.02^3 \times 100 \times 1.4) + (59.02^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 40.71(N)$$

$$Pm4 = \sqrt[3]{\frac{1}{150}} \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (155.98^3 \times 100 \times 1.4) + (174.98^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 156.35(N) \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (155.98^3 \times 100 \times 1.4) + (174.98^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 156.35(N) \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (155.98^3 \times 100 \times 1.4) + (174.98^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 156.35(N) \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (155.98^3 \times 100 \times 1.4) + (174.98^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 156.35(N) \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (155.98^3 \times 100 \times 1.4) + (174.98^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 156.35(N) \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (155.98^3 \times 100 \times 1.4) + (174.98^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 156.35(N) \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (155.98^3 \times 100 \times 1.4) + (174.98^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) \right] = 156.35(N) \times \left[ (144.65^3 \times \frac{100 \times 0.1}{2}) + (156.98^3 \times$$

#### ④定格寿命を求めます。

各係数を決定します。

fn:硬さ係数 ブッシュ外筒の表面硬さは58HRC以上なのでfn=1となります。

fr:温度係数 使用環境が100℃以下であればfr=1となります。

(樹脂製のブッシュの使用温度範囲は80℃以下です。)

fc:接触係数 ブッシュを密着して使用する場合に考慮します。

ブッシュを密着して使用しませんのでfc=1となります。

fw: 荷重係数 動作速度は100mm/sのときfw=1.5とします。

◎定格寿命の算出

動等価荷重の最も大きいスライドブッシュ2について寿命計算を行います。

$$L = \left(\frac{f_{H} \times f_{T} \times f_{C}}{f_{W}} \times \frac{C}{Pm}\right)^{3} \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{882}{162.87}\right)^{3} \times 50 = 2352.59 (km)$$

◎定格寿命時間の算出

$$L_h = \frac{L \times 10^6}{2 \times \ell_S \times n_1 \times 60}$$

$$L_h = \frac{2352.59 \times 10^6}{2 \times 150 \times 17 \times 60} = 7688 (hour)$$

#### ⑤静的安全係数を求めます。

◎静等価荷重の算出

#### $P_0=Pr+Ps$

Poa<sub>1</sub>=Pra<sub>1</sub>+Psa<sub>1</sub>=18.32+3.83=22.15(N) 以下同様に計算します。

#### 表1-30

	加速時	等速時	減速時
スライドブッシュ1	Poa1=22.15	P <sub>01</sub> =33.48	Pod <sub>1</sub> =52.48
スライドブッシュ2	P <sub>0</sub> a <sub>2</sub> =151.18	P <sub>02</sub> =162.52	P <sub>0</sub> d <sub>2</sub> =181.52
スライドブッシュ3	P <sub>0</sub> a <sub>3</sub> =28.68	P <sub>03</sub> =40.02	P <sub>0</sub> d <sub>3</sub> =59.02
スライドブッシュ4	P <sub>0</sub> a <sub>4</sub> =144.65	P <sub>04</sub> =155.98	Pod4=174.98

静等価荷重の最も大きいスライドブッシュ2の減速時について静的安全係数を求めます。

$$f_S = \frac{C_0}{P_0}$$

$$f_S = \frac{C_0}{P_{0d2}} = \frac{1370}{181.52} = 7.5$$

LINEAR SYSTEM

## 定格寿命計算例 2

#### 水平1軸ブロック各2個仕様 加減速を考慮する場合

#### 使用条件

使用形番:SSP25A

基本動定格荷重 C=12.8kN 基本静定格荷重 Co=23.4kN ボールスプライン外筒間距離: Lunit=600mm

駆動位置: Yd=−110mm

Z<sub>d</sub>=-50mm

質量: m<sub>1</sub>=10kg X<sub>1</sub>=0mm Y<sub>1</sub>=0mm

Z<sub>1</sub>=100mm

 $m_2=18kg$   $X_2=-150mm$   $Y_2=-100mm$ 

Z<sub>2</sub>=150mm

動作速度: V<sub>max</sub>=150mm/s

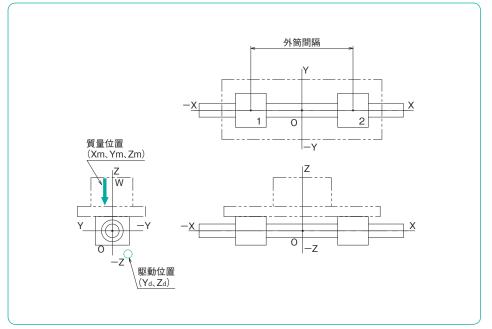
時間: t<sub>1</sub>=0.1s t<sub>2</sub>=1.9s

t3=0.1s 加速度:a<sub>1</sub>=1.5m/s<sup>2</sup> a<sub>3</sub>=1.5m/s<sup>2</sup>

ストローク: ℓs=300mm 毎分往復回数: n₁=14cpm

## 

#### 図1-10



#### ①ユニットに作用するモーメントを求めます。

#### 〈加速時〉

#### ピッチング $Ma_1 = m \cdot g \cdot Xm - m \cdot a_1 \cdot (Zm - Zd)$

 $\text{Ma}_1 = 10 \times 9.8 \times (0) - 10 \times 1.5 \times \{(100) - (-50)\} + 18 \times 9.8 \times (-120) - 18 \times 1.5 \times \{(150) - (-50)\} = -31560 \, \text{N} \cdot \text{mm}$ 

$$\exists -1 \checkmark 0$$
  $Ma_2 = -m \cdot a_1 \cdot (Ym - Yd)$ 

 $Ma_2 = -10 \times 1.5 \times \{(0) - (-110)\} - 18 \times 1.5 \times \{(-100) - (-110)\} = -1280 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

#### ローリング Ma<sub>3</sub>=m·g·Ym

 $Ma_3 = -10 \times 9.8 \times (0) + 18 \times 9.8 \times (-100) = -17640 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

#### 〈等速時〉

#### ピッチング $M_1 = m \cdot g \cdot Xm$

 $M_1 = 10 \times 9.8 \times (0) - 18 \times 9.8 \times (-150) = -26460 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

#### ヨーイング M2=0

 $M_2=0N \cdot mm$ 

#### ローリング $M_3 = m \cdot g \cdot Ym$

 $M_3 = 10 \times 9.8 \times (0) + 18 \times 9.8 \times (-100) = -17640 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

#### 〈減速時〉

#### ピッチング $Md_1=m\cdot g\cdot Xm+m\cdot a_3\cdot (Zm-Zd)$

 $Md_1 = 10 \times 9.8 \times (0) + 10 \times 1.5 \times \{(100) - (-50)\} + 18 \times 9.8 \times (-150) + 18 \times 1.5 \times \{(150) - (-50)\} = -21360 N \cdot mm$ 

#### $\exists -1 \checkmark 0 Md_2 = m \cdot a_3 \cdot (Ym - Yd)$

 $Md_2=10\times1.5\times\{(0)-(-110)\}+18\times1.5\times\{(-100)-(-110)\}=1280N\cdot mm$ 

#### ローリング Md3=m·g·Ym

 $Md_3 = 10 \times 9.8 \times (0) + 18 \times 9.8 \times (-100) = -17640 N \cdot mm$ 

NIPPON BEARING

#### ②各外筒に作用する負荷荷重を求めます。

#### 〈加速時〉

ボール スプライン1 垂直方向 
$$Fra_1 = \frac{m \cdot g}{2} - \frac{Ma_1}{L_{unit}}$$

$$Fra_1 = \frac{10 \times 9.8}{2} + \frac{18 \times 9.8}{2} - \frac{-31560}{600} = 189.8N$$

$$Fsa_1 = \frac{-1280}{600} = -2.13N$$

$$\begin{array}{ccc}
\Box - J > J & Mra_1 = \frac{Ma_3}{2}
\end{array}$$

$$Mra_1 = \frac{-17640}{2} = -8820N \cdot mm$$

ボール  
スプライン2 垂直方向 
$$Fra_2 = \frac{m \cdot g}{2} + \frac{Ma_1}{Lunit}$$

$$Fra_2 = \frac{10 \times 9.8}{2} + \frac{18 \times 9.8}{2} + \frac{-31560}{600} = 84.6N$$

$$Fsa_2 = \frac{-1280}{600} = -2.13N$$

$$\begin{array}{cc} \Box - J \mathcal{V} \mathcal{J} \\ \Xi - \mathcal{J} \mathcal{V} \mathcal{J} \end{array} Mra_2 = \frac{Ma_3}{2}$$

$$Mra_2 = \frac{-17640}{2} = -8820N \cdot mm$$

#### 〈等速時〉

ボール スプライン1 垂直方向 
$$Fr_1 = \frac{m \cdot g}{2} - \frac{M_1}{Lunit}$$

$$Fr_1 = \frac{10 \times 9.8}{2} + \frac{18 \times 9.8}{2} - \frac{-26460}{600} = 181.3N$$

水平方向 
$$F_{S1} = \frac{M_2}{L_{unit}} = 0$$

$$\begin{array}{ccc}
\Box - J > J & Mr_1 = & \frac{M_3}{2}
\end{array}$$

$$Mr_1 = \frac{-17640}{2} = -8820N \cdot mm$$

ボール  
スプライン2 垂直方向 
$$Fr_2 = \frac{m \cdot g}{2} + \frac{M_1}{L_{unit}}$$

$$Fr_2 = \frac{10 \times 9.8}{2} + \frac{18 \times 9.8}{2} + \frac{-26460}{600} = 93.1N$$

水平方向 
$$Fs_2 = -\frac{M_2}{Lunit} = 0$$

$$\begin{array}{ccc}
\Box - J \mathcal{V} \mathcal{J} \\
\Xi - \mathcal{V} \mathcal{V} & Mr_2 = \frac{M_3}{2}
\end{array}$$

$$Mr_2 = \frac{-17640}{2} = -8820N \cdot mm$$

ボール  
スプライン1 垂直方向 
$$Frd_1 = \frac{m \cdot g}{2} - \frac{Md_1}{Lunit}$$

$$Frd_1 = \frac{10 \times 9.8}{2} + \frac{18 \times 9.8}{2} - \frac{-21360}{600} = 172.8N$$

$$Fsd_1 = \frac{1280}{600} = 2.13N$$

$$\begin{array}{ccc}
\Box - J > J & Mrd_1 = & Md_3 \\
\Xi - J > J & & 2
\end{array}$$

$$Mrd_1 = \frac{-17640}{2} = -8820N \cdot mm$$

ボール  
スプライン2 垂直方向 
$$Frd_2 = \frac{m \cdot g}{2} + \frac{Md_1}{L_{unit}}$$

$$Frd_2 = \frac{10 \times 9.8}{2} + \frac{18 \times 9.8}{2} + \frac{-21360}{600} = 101.6N$$

$$Fsd_2 = -\frac{1280}{600} = -2.13N$$

$$\begin{array}{cc}
\Box - \Im \nearrow \mathring{J} & Mrd_2 = \frac{Md_3}{2}
\end{array}$$

$$Mrd_2 = \frac{-17640}{2} = -8820N \cdot mm$$

#### ③等価荷重を求めます。

◎垂直方向Pr、水平方向Psの換算荷重を以下の式より求めます。

 $Pr = |Fr| + |E_R \cdot Mr|$  $Ps = |k \cdot Fs|$ 

SSP25Aの場合E2=0.229 SSP-Aの場合k=1

 $Pra_1 = |Fra_1| + |E_R \cdot Mra_1| = |189.8| + |0.229 \times (-8820)| = 2209.58$  (N) 以下同様に計算します。

#### 表1-31

	加速時	等速時	減速時
ボールスプライン1	Pra <sub>1</sub> =2209.58	Pr <sub>1</sub> =2201.08	Prd <sub>1</sub> =2192.58
ホールスノフィント	Psa <sub>1</sub> =2.13	P <sub>S1</sub> = 0	Psd <sub>1</sub> =2.13
ボールスプライン2	Pra <sub>2</sub> =2104.38	Pr <sub>2</sub> =2112.88	Prd <sub>2</sub> =2121.38
	Psa <sub>2</sub> =2.13	Ps2=0	Psd <sub>2</sub> =2.13

#### ◎動等価荷重の算出

#### P=Pr+Ps

Pa<sub>1</sub>=Pra<sub>1</sub>+Psa<sub>1</sub>=2209.58+2.13=2211.71(N) 以下同様に計算します。

#### 表1-32

	加速時	等速時	減速時
ボールスプライン1	Pa <sub>1</sub> =2211.71	P <sub>1</sub> =2201.08	Pd <sub>1</sub> =2194.71
ボールスプライン2	Pa <sub>2</sub> =2106.51	P <sub>2</sub> =2112.88	Pd <sub>2</sub> =2123.51

#### ◎平均等価荷重の算出

$$\text{Pm} = \sqrt[3]{\frac{1}{\ell s} \times \left\{ (\text{Pa}^3 \times \frac{\text{V}_{\text{max}} \times t_1}{2}) + (\text{P}^3 \times \text{V}_{\text{max}} \times t_2) + (\text{Pd}^3 \times \frac{\text{V}_{\text{max}} \times t_3}{2}) \right\}}$$

$$Pm_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{300}} \times \left\{ (2211.71^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (2201.08^3 \times 150 \times 1.9) + (2194.71^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right\} = 2201.19(N)$$

$$Pm_2 = \sqrt[3]{\frac{1}{300}} \times \left\{ (2106.51^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (2112.88^3 \times 150 \times 1.9) + (2123.51^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right\} = 2112.99(N)$$

#### ④定格寿命を求めます。

各係数を決定します。

fn: 硬さ係数 スプライン外筒の表面硬さは58HRC以上なのでfn=1となります。

f⊤: **温度係数** 使用環境が100℃以下であればf⊤=1となります。

(SSP-Aの使用温度範囲は80℃以下です。)

fc: 接触係数 外筒を密着して使用する場合に考慮します。

外筒を密着して使用しませんのでfc=1となります。

fw: 荷重係数 動作速度は150mm/sのときfw=1.5とします。

◎定格寿命の算出

動等価荷重の最も大きいボールスプライン1について寿命計算を行います。

$$L = \left(\frac{f_H \times f_T \times f_C}{f_W} \times \frac{C}{Pm}\right)^3 \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{12800}{220119}\right)^3 \times 50 = 2913.10 \text{(km)}$$

◎定格寿命時間の算出

$$L_h = \frac{L \times 10^6}{2 \times \ell_S \times n_1 \times 60}$$

$$L_h = \frac{2913.10 \times 10^6}{2 \times 300 \times 14 \times 60} = 5779 (hour)$$

#### ⑤静的安全係数を求めます。

○静等価荷重の算出

#### P<sub>0</sub>=Pr+Ps

Poa<sub>1</sub>=Pra<sub>1</sub>+Psa<sub>1</sub>=2209.58+2.13=(N) 以下同様に計算します。

#### 表1-33

	加速時	等速時	減速時
ボールスプライン1	Poa1=2211.71	P <sub>01</sub> =2201.08	Pod1=2194.71
ボールスプライン2	Poa2=2106.51	P <sub>02</sub> =2112.88	Pod2=2123.51

静等価荷重の最も大きいボールスプライン1の加速時について静的安全係数を求めます。

$$f_S = \frac{C_0}{P_0}$$

$$f_S = \frac{C_0}{P_0 a_1} = \frac{23400}{2211.71} = 10$$

## 定格寿命計算例 3

#### 立2軸外筒各1個仕様 加減速を考慮する場合

#### 使用条件

使用形番:SM30W

基本動定格荷重 C=2.49kN 基本静定格荷重 C<sub>0</sub>=5.49kN

軸間距離: L<sub>rail</sub>=80mm 駆動位置: Y<sub>d</sub>=20mm

 $Z_d {=} {-} 20mm$  質量: $m_1 {=} 5kg$   $X_1 {=} 0mm$ 

 $Y_1=0$ mm  $Z_1=30$ mm

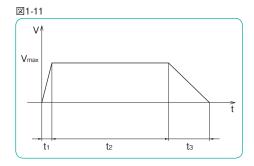
 $m_2=20kg$   $X_2=40mm$   $Y_2=50mm$ 

Z<sub>2</sub>=20mm

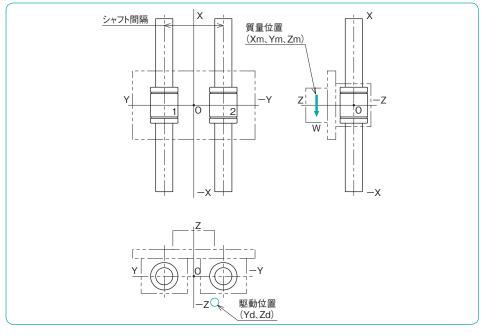
動作速度: V<sub>max</sub>=150mm/s

時間:t1=0.1s t2=0.7s t3=0.1s 加速度:a1=1.5m/s² a3=1.5m/s² ストローク:ℓs=120mm

毎分往復回数:n1=33cpm



#### 図1-12



#### ①ユニットに作用するモーメントを求めます。

#### 〈加速時〉

ピッチング  $Ma_1=m\cdot g\cdot (Zm-Zd)+m\cdot a_1\cdot (Zm-Zd)$ 

 $\mathsf{Mar} = 5 \times 9.8 \times \{(30) - (-20)\} + 5 \times 1.5 \times \{(30) - (-20)\} + 20 \times 9.8 \times \{(20) - (-20)\} + 20 \times 1.5 \times \{(20) - (-20)\} = 11865 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

$$\exists -1 \checkmark 7 Ma_2 = m \cdot g \cdot (Ym - Yd) + m \cdot a_1 \cdot (Ym - Yd)$$

 $\mathsf{Ma2} = 5 \times 9.8 \times \{(0) - (20)\} + 5 \times 1.5 \times \{(0) - (20)\} + 20 \times 9.8 \times \{(50) - (20)\} + 20 \times 1.5 \times \{(50) - (20)\} = 5650 \, \text{N} \cdot \text{mm}$ 

#### 〈等速時〉

ピッチング  $M_1 = m \cdot g \cdot (Zm - Zd)$ 

 $M_1=5\times9.8\times\{(30)-(-20)\}+20\times9.8\times\{(20)-(-20)\}=10290N\cdot mm$ 

 $M_2=5\times9.8\times\{(0)-(20)\}+20\times9.8\times\{(50)-(20)\}=4900N\cdot mm$ 

#### 〈減速時〉

ピッチング  $Md_1=m\cdot g\cdot (Zm-Zd)-m\cdot a_3\cdot (Zm-Zd)$ 

 $\mathsf{Md}_1 = 5 \times 9.8 \times \{(30) - (-20)\} - 5 \times 1.5 \times \{(30) - (-20)\} + 20 \times 9.8 \times \{(20) - (-20)\} - 20 \times 1.5 \times \{(20) - (-20)\} = 8715 \mathsf{N} \cdot \mathsf{mm}$ 

 $\exists -1 \sim 0 \text{ Md}_2 = m \cdot g \cdot (Ym - Yd) - m \cdot a_3 \cdot (Ym - Yd)$ 

 $Md_2 = 5 \times 9.8 \times \{(0) - (20)\} - 5 \times 1.5 \times \{(0) - (20)\} + 20 \times 9.8 \times \{(50) - (20)\} - 20 \times 1.5 \times \{(50) - (20)\} = 4150 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

#### ②各スライドブッシュに作用する負荷荷重を求めます。

#### 〈加速時〉

ブッシュ1

垂直方向 
$$Fra_1 = \frac{Ma_3}{L_{rail}} = 0$$

水平方向  $Fsa_1=0$ 

ピッチング Mpa<sub>1</sub>=
$$\frac{Ma_1}{2}$$

Mpa1=
$$\frac{11865}{2}$$
=5932.5N·mm

$$\exists -1 \sim 5 \text{ Mya}_1 = \frac{\text{Ma}_2}{2}$$

Mya1=
$$\frac{5650}{2}$$
=2825N·mm

ブッシュ2 垂直方向 
$$Fra_2 = \frac{Ma_3}{L_{rail}} = 0$$

ピッチング Mpa<sub>2</sub>=
$$\frac{Ma_1}{2}$$

$$Mpa_2 = \frac{11865}{2} = 5932.5N \cdot mm$$

$$\exists -1 \sim 5 \text{ Mya}_2 = \frac{\text{Ma}_2}{2}$$

$$Mya_2 = \frac{5650}{2} = 2825N \cdot mm$$

#### 〈等速時〉

ブッシュ1 垂直方向 
$$Fr_1 = \frac{M_3}{L_{rail}} = 0$$

ピッチング 
$$Mp_1 = \frac{M_1}{2}$$

$$Mp_1 = \frac{10290}{2} = 5145N \cdot mm$$

ヨーイング 
$$My_1 = \frac{M_2}{2}$$

$$My_1 = \frac{4900}{2} = 2450N \cdot mm$$

ブッシュ2 垂直方向 
$$Fr_2 = \frac{M_3}{L_{rail}} = 0$$

ピッチング 
$$Mp_2 = \frac{M_1}{2}$$

$$Mp_2 = \frac{10290}{2} = 5145N \cdot mm$$

$$\exists -1 \sim 5 My_2 = \frac{M_2}{2}$$

$$My_2 = \frac{4900}{2} = 2450 \text{N} \cdot \text{mm}$$

ブッシュ1 垂直方向 
$$\mathbf{Frd}_1 = \frac{\mathbf{Md}_3}{\mathbf{L}_{rail}} = \mathbf{0}$$

ピッチング Mpd<sub>1</sub>=
$$\frac{\text{Md}_1}{2}$$

$$Mpd_1 = \frac{8715}{2} = 4357.5N \cdot mm$$

$$\exists -1 \sim 0 Myd_1 = \frac{Md_2}{2}$$

$$Myd_1 = \frac{4150}{2} = 2075N \cdot mm$$

ブッシュ2 垂直方向 
$$Frd_2 = \frac{Md_3}{L_{rail}} = 0$$

ピッチング Mpd<sub>2</sub>=
$$\frac{Md_1}{2}$$

$$Mpd_2 = \frac{8715}{2} = 4357.5N \cdot mm$$

$$\exists -1 \sim 0 \text{ Myd}_2 = \frac{\text{Md}_2}{2}$$

$$Myd_2 = \frac{4150}{2} = 2075N \cdot mm$$

NISSON BEVSING

#### ③等価荷重を求めます。

◎垂直方向Pr、水平方向Psの換算荷重を以下の式より求めます。

 $Pr = |Fr| + |E_1 \cdot Mp|$   $Ps = |k \cdot Fs| + |E_1 \cdot My$ 

SM30Wの場合E<sub>1</sub>=6.63×10<sup>-2</sup> ブッシュの場合k=1

#### 表1-34

	加速時	等速時	減速時
ブッシュ1	Pra <sub>1</sub> =393.3	Pr <sub>1</sub> =341.1	Prd <sub>1</sub> =288.9
	Psa <sub>1</sub> =187.3	Ps <sub>1</sub> =162.4	Psd <sub>1</sub> =137.6
ブッシュ2	Pra <sub>2</sub> = 393.3	Pr <sub>2</sub> = 341.1	Prd <sub>2</sub> = 288.9
ノッンユと	Psa <sub>2</sub> =187.3	Ps2=162.4	Psd <sub>2</sub> =137.6

#### ◎動等価荷重の算出

#### P=Pr+Ps

Pa<sub>1</sub>=Pra<sub>1</sub>+Psa<sub>1</sub>=393.3+187.3=580.6(N) 以下同様に計算します。

#### 表1-35

	加速時	等速時	減速時
ブッシュ1	Pa <sub>1</sub> =580.6	P <sub>1</sub> =503.5	Pd <sub>1</sub> =426.5
ブッシュ2	Pa <sub>2</sub> =580.6	P <sub>2</sub> =503.5	Pd <sub>2</sub> =426.5

#### ◎平均等価荷重の算出

$$Pm = \sqrt[3]{\frac{1}{\ell s} \times \left\{ (Pa^3 \times \frac{V_{max} \times t_1}{2}) + (P^3 \times V_{max} \times t_2) + (Pd^3 \times \frac{V_{max} \times t_3}{2}) \right\}}$$

$$Pm_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{120} \times \left[ (580.6^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (503.5^3 \times 150 \times 0.7) + (426.5^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right]} = 505.0(N)$$

$$\text{Pm}_2 = \sqrt[3]{\frac{1}{120}} \times \left\{ (580.6^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (503.5^3 \times 150 \times 0.7) + (426.5^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right\} = 505.0 (\text{N})$$

#### ④定格寿命を求めます。

各係数を決定します。

fn:硬さ係数 ブッシュ外筒の表面硬さは58HRC以上なのでfn=1となります。

f⊤: 温度係数 使用環境が100°C以下であればfт=1となります。

(樹脂製のブッシュの使用温度範囲は80℃以下です。)

fc:接触係数 ブッシュを密着して使用する場合に考慮します。

ブッシュを密着して使用しませんのでfc=1となります。

fw: 荷重係数 動作速度は150mm/sのときfw=1.5とします。

◎定格寿命の算出

動等価荷重の最も大きいブッシュについて寿命計算を行います。

$$L = \left(\frac{f_{H} \times f_{T} \times f_{C}}{f_{W}} \times \frac{C}{Pm}\right)^{3} \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{2490}{505.0}\right)^{3} \times 50 = 1775 \text{(km)}$$

◎定格寿命時間の算出

$$L_h = \frac{L \times 10^6}{2 \times \ell_S \times n_1 \times 60}$$

$$L_h = \frac{1775 \times 10^6}{2 \times 120 \times 33 \times 60} = 3735 (hour)$$

#### ⑤静的安全係数を求めます。

◎静等価荷重の算出

#### P<sub>0</sub>=Pr+Ps

Poa<sub>1</sub>=Pra<sub>1</sub>+Psa<sub>1</sub>=393.3+187.3=580.6(N) 以下同様に計算します。

#### 表1-36

	加速時	等速時	減速時
ブッシュ1	Poa1=580.6	P <sub>01</sub> =503.5	Pod1=426.5
ブッシュ2	Poa2=580.6	P <sub>02</sub> =503.5	P <sub>0</sub> d <sub>2</sub> =426.5

静等価荷重の最も大きい加速時について静的安全係数を求めます。

$$f_S = \frac{C_0}{P_0}$$

$$f_S = \frac{C_0}{P_{0a1}} = \frac{5490}{580.6} = 9.4$$

## 定格寿命計算例 4

#### SPR外筒ボールスプライン部 等価計数ETを用いる場合

水平1軸、外筒1個仕様。外輪固定、外筒・軸回転で軸はX方向に移動。 加減速は考慮しない。

#### 使用条件

使用形番: SPR25A

基本動定格荷重 C=12.8kN 基本静定格荷重 C<sub>0</sub>=23.4kN

駆動位置:Y₀=0mm

Z<sub>d</sub>=0mm

質量: $m_1=1kg$   $X_1=5\sim55mm$ 

 $Y_1 = 0mm$ 

 $Z_1 = 0$ mm

 $m_2 = 6kg$   $X_2 = 145 \sim 195mm$ 

Y<sub>2</sub>=0mm

 $Z_2=0$ mm

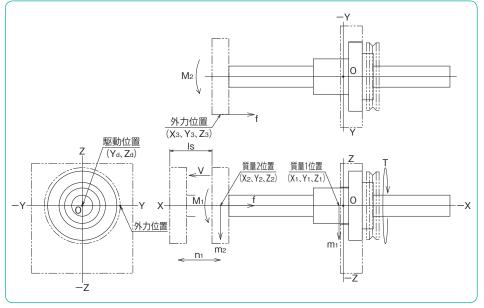
外力: f=9.8N X<sub>3</sub>=5~55mm

Y<sub>3</sub>=45mm

 $Z_3 = 0$ mm

動作速度:V=50mm/s ストローク:ℓs=50mm 毎分往復回数:n₁=20cpm 作用トルク:T=1.3N·m

#### 図1-13



#### ①ボールスプラインに作用するモーメントを求めます。

#### ピッチング $M_1=g \cdot (m_1 \cdot X_1 + m_2 \cdot X_2)$

 $M_{1max} = 9.8 \times (1 \times 55 + 6 \times 195) = 12005 N \cdot mm$ 

 $M_{1min} = 9.8 \times (1 \times 5 + 6 \times 145) = 8575 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

ヨーイング  $M_2=f\cdot Y_3$ 

M<sub>2</sub>=9.8×45=441N·mm

#### ②ボールスプラインに作用する負荷荷重を求めます。

垂直方向(ラジアル荷重)  $F_r = g \cdot (m_1 + m_2)$ 

 $F_r = 9.8 \times (1+6) = 68.6N$ 

水平方向

Fs=0N

#### ③等価荷重を求めます。

#### 垂直方向 Pr=Fr+E1·M1

SPR25Aの場合 E<sub>1</sub>=1.37×10<sup>-1</sup>(1/mm)

垂直方向の等価荷重の最大値Pmax、最小値Pminを求めます。

 $P_{max}=F_r+E_1\cdot M_{1max}$ 

 $=68.6+1.37\times10^{-1}\times12005=1713.3N$ 

 $P_{min} = F_r + E_1 \cdot M_{1min}$ 

 $=68.6+1.37\times10^{-1}\times8575=1243.4N$ 

#### 水平方向 **P**s=**F**s+**E**<sub>1</sub>·**M**<sub>2</sub>

 $P_s = 0 + 1.37 \times 10^{-1} \times 441 = 60.4N$ 

#### トルク等価荷重 PT=ET・T

SPR25Aの場合 E<sub>T</sub>=6.76×10<sup>-2</sup> (1/mm) P<sub>T</sub>=6.76×10<sup>-2</sup>×1.3×10<sup>3</sup>=87.9N

#### ◎等価荷重の算出

#### $P=P_r+P_S+P_T$

等価荷重の最大値Pmax、最小値Pminを求めます。

 $P_{max} = P_{rmax} + P_{S} + P_{T}$ 

=1713.3+60.4+87.9=1861.6N

 $P_{min} = P_{rmin} + P_S + P_T$ 

=1243.4+60.4+87.9=1391.7N

#### ◎平均等価荷重の算出

モーメントの大きさは直線的に変化するため、等価荷重の大きさも直線的に変化します。 そのため、以下の式で平均等価荷重 $P_m$ を求めます。

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

 $P_m = \frac{1}{3} (1391.7 + 2 \times 1861.6) = 1705.0 \text{N}$ 

#### ④定格寿命を求めます。

各係数を決定します。

fn: 硬さ係数 ボールスプラインの表面硬さは58HRC以上なのでfn=1となります。

f<sub>T</sub>: 温度係数 使用環境が100℃以下であればf<sub>T</sub>=1となります。

(ロータリーボールスプラインの使用温度範囲は80℃以下です。)

fc:接触係数 外筒を密着して使用する場合に考慮します。

外筒を密着して使用しないのでfc=1となります。

fw: 荷重係数 衝撃・振動が無く、動作速度が50mm/sなのでfw=1.5とします。

◎定格寿命の算出

$$L = \left(\frac{f_{H} \times f_{T} \times f_{C}}{f_{W}} \times \frac{C}{Pm}\right)^{3} \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{12.8 \times 1000}{1705}\right)^{3} \times 50 = 6268.3 \text{(km)}$$

◎定格寿命時間の算出

$$L_h = \frac{L}{2 \times \ell_S \times n_1 \times 60}$$

$$L_{h} \!\!=\! \frac{6268.3 \!\times\! 1000 \!\times\! 1000}{2 \!\times\! 50 \!\times\! 20 \!\times\! 60} \!\!=\!\! 5.22 \!\times\! 10^{4} (hour)$$

#### ⑤静的安全係数を求めます。

$$f_S = \frac{C_0}{Pmax}$$

$$f_8 = \frac{23.4 \times 10^3}{1861.6} = 12.6$$

## 定格寿命計算例 5

#### SPRクロスローラーベアリング部 等価計数ERMを用いる場合

水平1軸、外筒1個仕様。外輪固定、外筒・軸回転で軸のX方向位置も固定。

#### 使用条件

使用形番: SPR25A

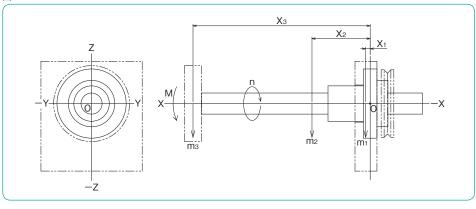
クロスローラーベアリング基本動定格荷重 C<sub>R</sub>=9.63kN クロスローラーベアリング基本静定格荷重 C<sub>OR</sub>=12.7kN

質量: m1=0.81kg X1=5.4mm

m<sub>2</sub>=1kg X<sub>2</sub>=69mm m<sub>3</sub>=10kg X<sub>3</sub>=210mm

回転数:n=600rpm

#### 図1-14



#### ①クロスローラーベアリングに作用するモーメントを求めます。

 $M=g\cdot(m_1\cdot x_1+m_2\cdot x_2+m_3\cdot x_3)$ 

 $M=9.8\times(0.81\times5.4+1\times69+10\times210)=21299.1N\cdot mm$ 

#### ②クロスローラーベアリングに作用する負荷荷重を求めます。

垂直方向荷重 (ラジアル荷重)  $F_r = g \cdot (m_1 + m_2 + m_3)$ 

 $F_r = 9.8 \times (0.81 + 1 + 10) = 115.7N$ 

アキシアル荷重 Fa=0

※ラジアル荷重:クロスローラーベアリングの回転軸に対して垂直な方向に働くカアキシアル荷重:クロスローラーベアリングの回転軸と平行な方向に働くカ

#### ③動等価荷重を求めます。

 $P=X \cdot (F_r+E_{RM} \cdot M) + Y \cdot Fa$ 

SPR25Aの場合、回転部等価係数E<sub>RM</sub>=3.55×10<sup>-2</sup>(1/mm)

動ラジアル荷重係数:X

動アキシアル荷重係数:Y

以下の式より荷重係数:X、Yを決定します。

$$\frac{Fa}{F_r + E_{RM} \cdot M} = \frac{0}{115.7 + 3.55 \times 10^{-2} \times 21299.1} < 1.5$$

区分	Х	Υ
Fr+E <sub>RM</sub> ·M ≤1.5	1	0.45
Fa >1.5	0.67	0.67

よってX=1、Y=0.45

 $P=1\times(115.7+3.55\times10^{-2}\times21299.1)+0.45\times0=871.8N$ 

#### ④ 定格寿命を求めます。

各係数を決定します。

fn:硬さ係数 クロスローラーベアリングの表面硬さは58HRC以上なのでfn=1となります。

f<sub>T</sub>: 温度係数 使用環境が100℃以下であればf<sub>T</sub>=1となります。

(ロータリーボールスプラインの使用温度範囲は80℃以下です。)

fc:接触係数 外筒を密着して使用する場合に考慮します。

外筒を密着して使用しないのでfc=1となります。

fw: 荷重係数 衝撃・振動が無い条件なのでfw=1.5とします。

◎定格寿命の算出

$$L = \left(\frac{f_{H} \times f_{T} \times f_{C}}{f_{W}} \times \frac{C_{R}}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \times 10^{6}$$

#### ◎定格寿命時間の算出

$$L_h = \frac{L}{n \times 60}$$

$$L_h = \frac{7.77 \times 10^8}{600 \times 60} = 2.16 \times 10^4 (hour)$$

#### ⑤静的安全係数を求めます。

◎静等価荷重の算出

静ラジアル荷重係数:Xo=1

静アキシアル荷重係数:Yo=0.44

 $P_0=1\times(115.7+3.55\times10^{-2}\times21299.1)+0.44\times0=871.8N$ 

$$f_S = \frac{C_{0R}}{P_0}$$

$$fs = \frac{12.7 \times 10^3}{871.8} = 14.6$$

NISSON BEVSING

## 定格寿命計算例 6

#### 水平使用-ストロークで変化するモーメント荷重を考慮する場合

加減速は考慮しない。

#### 使用条件

使用形番: SVT3105

基本動定格荷重 C=6.03kN 基本静定格荷重 C<sub>0</sub>=7.78kN

駆動位置:Yd=0mm

 $Z_d = 50 mm$ 

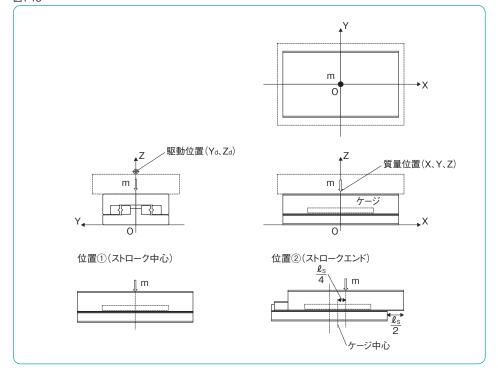
質量:m=10kg X=0mm

Y=0mm Z=30mm

動作速度: Vave=100mm/s ※等速運動のみを考えます。

ストローク: ℓs=60mm 毎分往復回数: n<sub>1</sub>=50cpm

#### 図1-15



#### ①スライドテーブルに作用する負荷荷重とモーメントを求めます。

〈位置① ストローク中心〉

◎負荷荷重

垂直方向 F<sub>r1</sub>=m·g

F<sub>r1</sub>=10×9.8=98N

水平方向  $F_{s1}=0$ 

◎モーメント

ピッチング MPc=0

∃ーイング **M**Yc=0

ローリング **M**Rc=0

〈位置② ストロークエンド〉

◎負荷荷重

垂直方向 **F**<sub>r2</sub>=**m**·**g** 

Fr2=10×9.8=98N

水平方向  $F_{s2}=0$ 

◎モーメント

ピッチング  $M_{PE} = \frac{\ell s}{4} \cdot m \cdot g$ 

 $M_{PE} = \frac{60}{4} \times 10 \times 9.8 = 1470 \text{N} \cdot \text{mm}$ 

ヨーイング **M**YE=0

ローリング MRE=0

NIPPON BEARING

#### ②等価荷重を求めます。

◎垂直方向Prの換算荷重を以下の式より求めます。

$$Pr = |Fr| + |E_P \cdot M_P| + |E_R \cdot M_R|$$

$$Ps = |k \cdot F_S| + |E_Y \cdot M_Y|$$

SVTの場合k=1

#### 表1-37

位置① ストローク中心	位置② ストロークエンド
Pr <sub>1</sub> = 98	$Pr_2 = 209.0$
$P_{S1} = 0$	Ps2 = 0

◎動等価荷重の算出

#### P=Pr+Ps

#### 表1-38

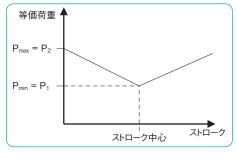
位置① ストローク中心	位置② ストロークエンド
P <sub>1</sub> = 98	$P_2 = 209.0$

◎平均荷重の算出

$$Pm = \frac{1}{3}(P_{min} + 2 \cdot P_{max})$$

$$Pm = \frac{1}{3}(98 + 2 \times 209.0) = 171.99(N)$$

#### 図1-16



#### ③定格寿命を求めます。

各係数を決定します。

f<sub>H</sub>: 硬さ係数 スライドテーブルの表面硬さは58HRC以上なのでf<sub>H</sub>=1となります。

f⊤: 温度係数 使用環境が100°C以下であればfτ=1となります。

fc:接触係数 スライドテーブルを密着して使用する場合に考慮します。 スライドテーブルを密着して使用しませんのでfc=1となります。

fw: 荷重係数 動作速度は100mm/sのときfw=1.5とします。

◎定格寿命の算出

$$L = \left(\frac{f_H \times f_T \times f_C}{f_W} \times \frac{C}{Pm}\right)^{\frac{10}{3}} \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{6030}{171.99}\right)^{\frac{10}{3}} \times 50 = 1825490 \text{(km)}$$

◎定格寿命時間の算出

$$L_h = \left( \frac{L \times 10^3}{2 \times \ell_s \times n_1 \times 60} \right)$$

$$L_h = \left(\frac{1825490 \times 10^3}{2 \times 60 \times 50 \times 60}\right) = 5070 (hour)$$

#### ④静的安全係数を求めます。

◎静等価荷重の算出

$$P_0=Pr+Ps$$

#### 表1-39

位置① ストローク中心	位置② ストロークエンド
P <sub>01</sub> = 98	P <sub>02</sub> = 209.0

静等価荷重の大きい位置②時について静的安全係数を求めます。

$$f_S = \frac{C_0}{P_0}$$

$$f_S = \frac{C_0}{P_{02}} = \frac{7780}{209.0} = 37$$

## 剛性と予圧

#### 予圧の効果と剛性

精密な位置決め装置や高精度の加工を必要とする機械の送り装置では、リニアシステム自体の剛性を考慮に入れて設計する必要があります。そのため、転動体にボールを使用している形式のボールスプラインには、更に剛性を高めるために予圧をかけた製品も標準化しています。

予圧をかけない状態のボールに負荷を掛けると弾性変形がおき、その変形量は荷重の2/3乗に比例します。したがって弾性変形量は荷重の変化の初期に大きく、荷重が増えるにしたがい小さくなります。

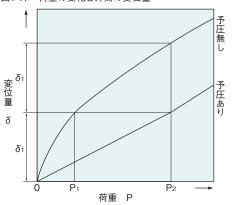
同じ荷重でも予圧がかかっていると外筒等の変位量が少なくなります。

剛性に関する各種データはNBまでお問い合わせください。

#### 予圧の種類と表示方法

NBリニアシステムでは一般的に使用される予圧は標準、軽予圧、中予圧の3種類に分類し標準化してありますので、用途に合わせて選択できます。NBリニアシステムでは、わずかに大きなサイズの転動体を挿入して予圧をかけますので、予圧量はマイナスすきまとして表示されます。

図1-17 荷重の変化と外筒の変位量



## 摩擦抵抗と必要推力

リニアシステムは起動摩擦抵抗が小さく、動摩擦抵抗と の差が少ないため低速から高速まで安定した直線運動が 得られます。摩擦抵抗(必要推力)は荷重と、システムが 固有に持っているシール抵抗から次式により求めます。

F:摩擦抵抗 (N) μ:動摩擦係数 W:負荷荷重 (N) f:シール抵抗 (N)

動摩擦係数は負荷荷重、予圧量、潤滑剤の粘性などにより変化しますが、普通荷重(基本動定格荷重の約20%の荷重)・予圧無しで使用したときの値を表1-40に示します。

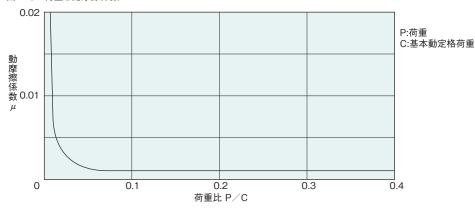
シール抵抗はリップのしめしろや潤滑剤の状態により 変化しますが、負荷荷重には比例せずに常に一定した値 を示します。

必要推力等を求める時はシール抵抗を2N~5Nで計算してください。

表1-40 動摩擦係数

種類	主な形式	動摩擦係数(μ)
ボールスプライン	SSP	0.004~0.006
ロータリーボール スプライン	SPR·SPB SPBR	0.004~0.006
ストローク ボールスプライン	SPLFS	0.001~0.003
スライドブッシュ	SM·KB SW·GM SMA·SME	0.002~0.003
トップボール	TK∙TKA	0.002~0.003
ストロークブッシュ	SR	0.0006~0.0012
スライドロータリー	SRE	0.002~0.003
ブッシュ	RK	0.002~0.003
スライドウェイ	NV·HV·SV·RV	0.001~0.003
スライドテーブル	NVT·NYT·HVT· HYT·SVT·SYT	0.001~0.003
ミニチュアスライド	SYBS	0.001~0.003

図1-18 荷重と動摩擦係数



技-48 技-49

#### 使用環境

#### 温度範囲

リニアシステムは焼入れを施し表面を硬化させていますので、温度が100℃を超える場合には表面硬さの低下を招き、定格荷重が減少します (P.技-6硬さ係数参照)。また、構成部品に樹脂を含む場合にはその強度が問題となり高温では使用できません。リニアシステムの形式と推奨温度範囲を表1-41に示します。なお、構成部品材質については各製品の仕様の項を参照ください。

グリースにより使用温度に制限を受ける場合があります。詳細はNBまでお問い合わせください。

表1-41 代表形式と推奨温度範囲

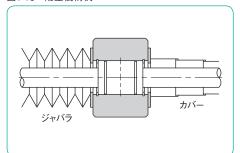
構成部品材質	樹脂製部品を含む	スチール製	ステンレス製	その他
使用温度範囲	-20°C~80°C	-20°C~110°C	-20°C~140°C <sup>※1</sup>	
ボールスプライン	SSP/SSPF		SPLFS	
ロータリーボールスプライン	SPR/SPB			
ボールねじスプライン	SPBR/SPBF			
スライドブッシュ	SM G/SMS G KB G/KBS G SW G/SWS G GM	SM/KB/SW	SMS/KBS/SWS	
トップボール	TK			
ストロークブッシュ		SR/SR-B		
スライドロータリーブッシュ	RK	SRE		
スライドウェイ	NV/NVS	HV/SV/RV	HVS/SVS/NVS-RNS	
スライドテーブル	NVT/NYT	HVT·HYT·SVT·SYT	HYTS · SYTS	NVTS/HVTS/SVTS*2
ミニチュアスライド			SYBS	
スライドスクリュー		SS		

<sup>※1</sup> ステンレス製でシール付きの場合は120℃以下で使用してください。

#### 使用雰囲気

異物やごみの混入はリニアシステムの運動性能に悪影響を与え、早期の異常磨耗の原因にもなります。一般的な使用条件ではシール付きのリニアシステムで防げますが、雰囲気の極度に悪い箇所で使用されるときには図1-19のようにジャバラや保護カバーなど別個に取り付けてリニアシステムを保護してください。

図1-19 防塵機構例



#### 潤滑

#### 潤滑剤

潤滑には転動体間の摩擦や転動体と軌道面の間の摩擦を小さくして焼付きを防止し、構成部品の摩耗を減らすと同時に、表面に油膜を形成して錆の発生を防ぐなどの目的があります。リニアシステムの性能を発揮させるには使用条件に合わせた潤滑方法を決定し、最適な潤滑剤を選定する必要があります。なお、製品の鋼部には、潤滑剤に影響の少ない性質の防錆油が塗布されています。

表1-42(1) 潤滑剤

潤滑剤	種類	
グリース潤滑	リチウム石けん基グリース	
	ウレア系グリース	
油潤滑	タービン油ISO規格	
	VG32 ∼ 68	

潤滑剤には、油潤滑とグリース潤滑があります。使用条件に合わせた潤滑剤の種類および潤滑方法を選定してください。

表1-42(2) 初期封入潤滑剤

X: := (=/ 18/03/37/119/11)			
製品名	潤滑剤		
ボールスプライン	リチウム石けん基グリース封入		
ロータリーボールスプライン	リチウム石けん基グリース封入		
ストロークボールスプライン	リチウム石けん基グリース封入		
ボールねじスプライン	リチウム石けん基グリース封入		
スライドブッシュ	防錆油のみ		
トップボール	防錆油のみ		
ストロークブッシュ	防錆油のみ		
スライドロータリーブッシュ	防錆油のみ		
スライドシャフト	防錆油のみ		
スライドウェイ・スライドテーブル	リチウム石けん基グリース封入		
ミニチュアスライド	リチウム石けん基グリース封入		
ゴニオウェイ	リチウム石けん基グリース封入		
アクチュエータ	リチウム石けん基グリース封入		
	ラジアルボールベアリング部		
スライドスクリュー	リチウム石けん基グリース封入、		
	再給脂不可		
"防錆油のみ" 途布の製品は	出荷時の防錆油を除去し、潤滑剤		

<sup>&</sup>quot;防錆油のみ"塗布の製品は、出荷時の防錆油を除去し、潤滑剤を封入してから使用してください。

#### 給脂問隔

使用条件や環境などによって適時補給してください。通常の使用条件の場合の給脂間隔は、6ヶ月又は1,000km程度を推奨します。

更に給脂間隔を延ばしたい場合、スライドブッシュはフェルトシール (P.C-11) を用意しています。また、スライドブッシュはダブルリップシール (P.C-11) を取付けることで、グリース漏れを抑える効果があり給脂間隔を延ばすことが期待できます。

<sup>※2</sup> 常温以外で使用する場合は打ち合わせが必要ですので、NBまでお問い合わせください。

<sup>&</sup>quot;リチウム石けん基グリース封入"の製品は、グリースが封入して ありますので、そのまま使用できます。製品の取付けの際は、取 付面の防錆油を除去してから組立することを推奨します。

#### 特殊環境用グリース

NBでは次のグリースを用意しておりますので使用条件に合せてご使用ください。特殊グリースは本来の性能を発揮させるため、製品を脱脂した後に封入され、防錆油は塗布されておりません。

#### ●KGLAグリース(リチウム系低発塵グリース)

KGLAグリースはリチウム石けんを増ちょう剤に使用した低発塵性にきわめて優れたグリースでクリーンルーム内での使用に最適です。さらに、動摩擦抵抗値が小さく特殊環境下でも転がり抵抗を抑えるのに有利です。

#### ●KGUグリース(ウレア系低発塵グリース)

KGUグリースはウレア化合物を増ちょう剤に使用したグリースです。低発塵性に優れているとともに、金属元素を含まないため酸化安定性が高く、耐久性、耐熱性に優れています。

表1-43 主な性状

· 百	グリース名	
項 目	KGLAグリース	KGUグリース
外観	白黄色バター状	淡褐色
基油	オレフィン系合成油	合成油
基油動粘度 (mm²/s 40°C)	25	100
増ちょう剤	リチウム石けん	ウレア
混和ちょう度	260	248
滴点 (℃)	195	280以上
銅板腐食 (100℃、24h)	合格	合格
蒸発量 (mass%)	0.3	0.09 (99°C 22h)
離油度 (mass% 100℃、24h)	4.6	0.5
酸化安定度 (MPa 99℃、100h)	0.025	0.015
軸受防錆 (52℃、48h)	合格	合格
使用温度範囲(℃)	-40~120	-30~160

#### ●KGFグリース(耐フレッチング・コロージョン用グリース)

KGFグリースはウレア系の増ちょう剤を使用したグリースです。フレッチング・コロージョンに対して優れた効果を発揮します。

表1-44 主な性状

項目	グリース名	
块 日	KGFグリース	
外観	褐色	
基油	合成油	
基油動粘度 (mm²/s 40°C)	約25	
増ちょう剤	ウレア	
混和ちょう度	285	
滴点(℃)	250以上	
	合格	
蒸発量 (mass%)	0.22 (99°C 22h)	
離油度 (mass% 100℃、24h)	0.3	
酸化安定度 (MPa 99℃、100h)	0.035	
軸受防錆 (52℃、48h)	合格	
使用温度範囲(℃)	-50~170	

耐フレッチング・コロージョン試験データ

表1-45 試験条件

項目	内 容
試験形番	NVT4165
ストローク	2mm
加速度	2.4G
平均速度	0.1m/s
往復回数	1,450cpm
グリース封入量	0.5cc
総走行距離	184km
総往復回数	4,600万回

#### 図1-20 試験後の軌道面状態

KGFグリース (フレッチングなし) (フレッチング発生)

#### ●食品機器用グリース

NSF H1クラス認証のグリースを用意しています。耐食仕様のステンレス鋼製ボールスプライン、スライドブッシュやスライドウェイとの組合せは各種食品機器に適しています。

潤滑の全般に関する詳細はNBまでお問い合わせください。

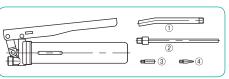
#### NB メンテナンスキット

NBでは、2種類のメンテナンスキットを用意しております。

#### 1. グリースガンセット: GG1

各種口金を用意しておりますので、アクチュエータやグリースニップル付き製品はもとより、さまざまな製品の給脂に使用いただけます。





製品名	スライドブッシュ	スライドロータリー ブッシュ	アクチュエーター	その他
①注油ノズル (φ10)	TR 🗌 -Q TQ 🔲 (30,35,40) SMA-W SME-W	SMA-RW	BG (46,55)	_
③と②注油ノズル (φ5)	TQ [ (16,20,25)	_	BG (20,26,33) BH (23,30)	_
④と②注油ノズル	_	_	-	ボールねじへの塗布 または給脂穴より封入

製品の形状や古いグリースの固着などによって、内部にグリースが入りにくい場合は、④のノズルで転送面に直接グリースを塗布してください。

#### 2. グリース注入器:TU2

グリースガンが使用しにくい場所の給脂にお勧めです。



- ①注油ノズル (19G) パイプ外径: φ1.08 パイプ内径: φ0.72 (煙淮・KGF
- パイプ内径:φ0.72 (標準・KGFグリース用) ②注油ノズル (17G)
  - パイプ外径: φ1.49 パイプ内径: φ1.11 (KGLA・KGUグリース用)

## LINEAR SYSTEM

#### 取扱い、使用上の注意

NBリニアシステムについて、精密部品としての精度を保ち、安全にご使用いただけますよう以下の項目にご注意くだ さい。

#### ⚠ (1) 取扱いの注意

- ①リニアシステムを落下させたり、ハンマーで叩いたりして強い衝撃を与えると軌道面に圧痕が生じ、走行の 円滑さを損ない寿命にも影響を与えることがあります。また樹脂部品は破損する可能性がありますのでご 注意ください。
- ②各部をみだりに分解することは、ごみの侵入や組立精度劣化の原因となりますので絶対に分解しないでく ださい。
- ③レールまたは軸を傾けるだけでブロックまたは外筒が動く場合がありますので、レールまたは軸から誤って 外れないようにご注意ください。
- ④リニアシステムの性能を十分に引き出すためには取付面の精度や、取り付けた後の軸の平行度が重要な 要素になります。取付精度には十分な注意をはらってください。

#### (2) 使用上の注意

- ①ごみや異物はできる限り入らないようにしてご使用ください。
- ②使用環境により粉塵、クーラントなどの飛散がある場合は、ジャバラ、カバーなどで保護してください。
- ③NBリニアシステムのレールなどを天井に固定し、ブロックまたは外筒へ下向きの荷重が作用する使用にお いて、万一ブロックまたは外筒が破損した場合、レールから外れて落下する恐れがありますので安全装置 を設けるなど、落下防止の追加処置を実施してください。

#### ⚠ (3) 寿命検討における注意点

- ①ブロックまたは外筒1個に作用する荷重が基本動定格荷重の0.5倍を超える場合(P>0.5C)、寿命計算 値より実際の寿命が短くなる場合がありますので0.5C以下での使用を推奨します。
- ②鋼球やローラーなどの転動体が半回転もしない微小ストロークの繰り返し運動では、転動体と軌道面の 接触部においてフレッチングと呼ばれる早期磨耗が発生します。完全な対策はありませんが耐フレッチン グ用グリースの使用や数千回に一回程度ブロックまたは外筒の全長程度のストロークを実施することによ り寿命を伸ばすことができます。
- NBでは耐フレッチング用のグリースを用意しておりますので、微小ストロークの場合にご使用ください。

#### ▲ (4) 異種グリースの混合

異種グリースの混合は、グリース本来の潤滑性能を低下させるだけでなく、製品の不具合にも繋がる恐れが あります。

グリースを充填する前には、ご使用の装置を綺麗にし、古いグリースを取り除いてから新しいグリースを充 填するようにしてください。

技-54