

# 工作機械用NACHIエクセル軸受

NACHI EXCEL<sup>®</sup> Bearing for Machine Tools

## キーワード

主軸スピンドル、ボールネジ、施盤、マシニングセンター、高速、高剛性、セラミックスボール

軸受製造所技術部

浦田信一

## 1. はじめに

工作機械による加工は、自動車産業でのアルミ合金素材等の軽切削材の加工の増加と、合わせて経済性を追求した加工時間の短縮化により、より高速、より重加工に進んでいる。

これに伴い、主軸スピンドルの回転数は高速回転化し、また送り系の速度も速くなり、より速く、より高精度な加工が要求されている。

従来、この分野には、通常のスラスト玉軸受や、アンギュラ玉軸受が使用されてきたが、要求の高度化に従い、使用部位に適した軸受が実用化されてきている。

本報では、一層の要求の高度化を先取りし、主軸スピンドル用及び、送り装置用に新しく開発した高性能軸受について特徴、性能等を紹介する。

## 2.1 高速・高剛性主軸スラスト用アンギュラ玉軸受 TAH/TBHシリーズ

図1に示すように、旋盤系主軸スピンドルではNN3000タイプの複列円筒ころ軸受とともに、アキシャル荷重を支持するアンギュラ玉軸受が用いられる。

このアンギュラ玉軸受には優れた高速性能と高い剛性が要求され、従来この用途には複列のスラストアンギュラ玉軸受（TADタイプ）が使用されてきた。

今回ボール径、ボール数を従来のTADタイプスラストアンギュラ玉軸受と同等にし、かつ接触角を60°から30°（TAHタイプ）と40°（TBHタイプ）に、改良した軸受を開発した。

図3に、スラストアンギュラ玉軸受（TADタイプ）と開発軸受（TAH/TBHタイプ）の断面図を示す。

## 2. 主軸スピンドル用軸受

工作機主軸スピンドルの構造は、大きく分けて、旋盤系（図1）、マシニングセンター系（図2）がある。

今回紹介するのは、表1に示す2種類のアンギュラ玉軸受である。

表1 新軸受

スピンドル	新軸受の名称	狙い
旋盤系	高速・高剛性主軸スラスト用 アンギュラ玉軸受 TAH/TBHシリーズ	dN50万 を超える 高速化
マシニング センター系	高速アンギュラ玉軸受 BNHシリーズ	dN100万 を超える 高速化

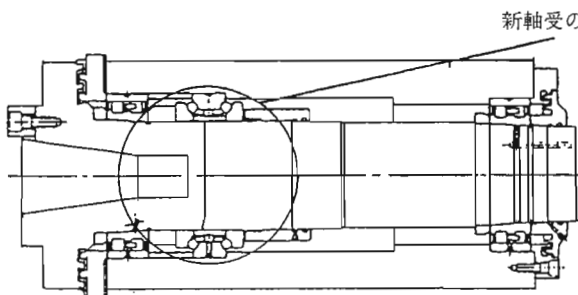


図1 旋盤系主軸スピンドルの例

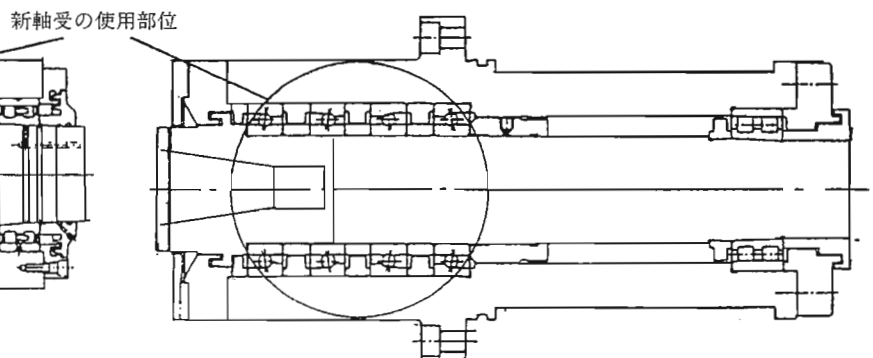


図2 マシニングセンター系主軸スピンドルの例

接触角を小さくすることにより、高速回転時に発生するジャイロモーメントによるボールの滑りが軽減されるため温度上昇が低くなり、より高速回転が可能になった。

図4に従来のスラストアンギュラ玉軸受(TADタイプ)との比較試験結果を示すとく、低昇温化を実現した。

高速・高剛性主軸スラスト用アンギュラ玉軸受 TAH/TBHシリーズは、図5および表2の通り標準化している。

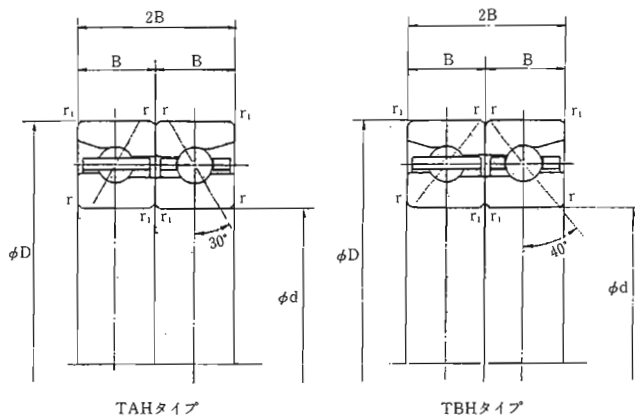


図5 TAH, TBH軸受寸法図

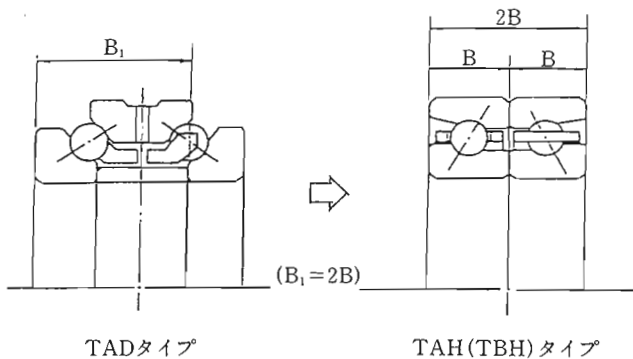


図3 軸受断面図

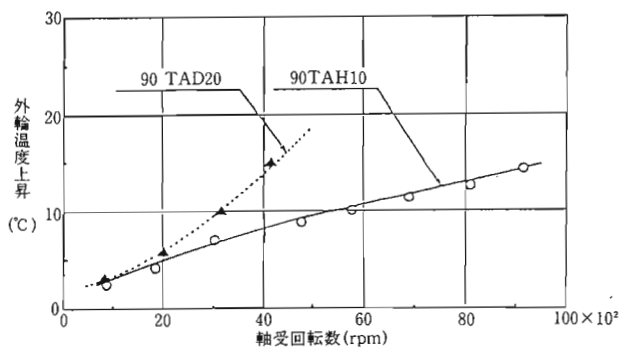


図4 外輪の温度上昇

## 2.2 高速アンギュラ玉軸受 BNHシリーズ

図2に示すように、マシニングセンターの主軸スピンドルでは、高速・高精度が要求され、従来はCタイプ(図7, 7000Cタイプ)の精密アンギュラ玉軸受(接触角13°)が使用されている。

前述の通り、一層の高速化が進むなかで、回転数が増加しても軸受の温度上昇は従来どおりであることが要求されている。

このニーズに応えるため、従来のCタイプアンギュラ玉軸受に比べて、ボール径を小さくし、ボール数を増加、接触角を含む設計構造を最適に改良した軸受を開発した(図6)。

図7に、Cタイプアンギュラ玉軸受と開発軸受(BNHタ

表2 TAH, TBHシリーズ

軸呼び番号	寸法 (mm)					基本定格荷重 (N)		許容回転数 (rpm)	
	d	D	2B	r <sub>min</sub>	r <sub>1min</sub>	動 Ca	静 Cos	グリース潤滑	油潤滑
50 TAH10TDB	50	80	28.5	1	0.6	19200	40500	9200	11000
55 TAH10TDB	55	90	33	1.1	0.6	23800	51000	8300	9700
60 TAH10TDB	60	95	33	1.1	0.6	24700	56000	7700	9000
65 TAH10TDB	65	100	33	1.1	0.6	25600	61000	7300	8500
70 TAH10TDB	70	110	36	1.1	0.6	35000	80000	6700	7800
75 TAH10TDB	75	115	36	1.1	0.6	35500	83500	6300	7400
80 TAH10TDB	80	125	40.5	1.1	0.6	41500	99500	5900	6800
85 TAH10TDB	85	130	40.5	1.1	0.6	42000	104000	5600	6500
90 TAH10TDB	90	140	45	1.5	1	55500	135000	5200	6100
95 TAH10TDB	95	145	45	1.5	1	56000	141000	5000	5800
100 TAH10TDB	100	150	45	1.5	1	57000	147000	4800	5600
105 TAH10TDB	105	160	49.5	2	1	64500	168000	4500	5300
110 TAH10TDB	110	170	54	2	1	73000	191000	4300	5000
120 TAH10TDB	120	180	54	2	1	75000	207000	4000	4700
130 TAH10TDB	130	200	63	2	1	99500	269000	3600	4200
140 TAH10TDB	140	210	63	2	1	103000	291000	3400	4000
150 TAH10TDB	150	225	67.5	2.1	1.1	121000	340000	3200	3700
160 TAH10TDB	160	240	72	2.1	1.1	131000	375000	3000	3500
170 TAH10TDB	170	260	81	2.1	1.1	154000	445000	2800	3300

備考：軸受外径は、ハウジングに組付けたときすきまばねになるように、併用するラジアル軸受に比べてマイナスの寸法差で製作しています。

軸呼び番号	寸法 (mm)					基本定格荷重 (N)		許容回転数 (rpm)	
	d	D	2B	r <sub>min</sub>	r <sub>1min</sub>	動 Ca	静 Cos	グリース潤滑	油潤滑
50 TBH10TDB	50	80	28.5	1	0.6	22800	53000	7700	9200
55 TBH10TDB	55	90	33	1.1	0.6	28200	67000	6900	8300
60 TBH10TDB	60	95	33	1.1	0.6	29300	73000	6500	7700
65 TBH10TDB	65	100	33	1.1	0.6	30000	79500	6100	7300
70 TBH10TDB	70	110	36	1.1	0.6	41500	104000	5600	6700
75 TBH10TDB	75	115	36	1.1	0.6	42000	109000	5300	6300
80 TBH10TDB	80	125	40.5	1.1	0.6	49000	130000	4900	5900
85 TBH10TDB	85	130	40.5	1.1	0.6	50000	136000	4700	5600
90 TBH10TDB	90	140	45	1.5	1	65500	176000	4300	5200
95 TBH10TDB	95	145	45	1.5	1	66500	184000	4200	5000
100 TBH10TDB	100	150	45	1.5	1	67500	191000	4000	4800
105 TBH10TDB	105	160	49.5	2	1	76500	219000	3800	4500
110 TBH10TDB	110	170	54	2	1	86000	249000	3600	4300
120 TBH10TDB	120	180	54	2	1	88500	269000	3300	4000
130 TBH10TDB	130	200	63	2	1	118000	350000	3000	3600
140 TBH10TDB	140	210	63	2	1	121000	380000	2900	3400
150 TBH10TDB	150	225	67.5	2.1	1.1	143000	445000	2700	3200
160 TBH10TDB	160	240	72	2.1	1.1	155000	490000	2500	3000
170 TBH10TDB	170	260	81	2.1	1.1	182000	580000	2300	2800

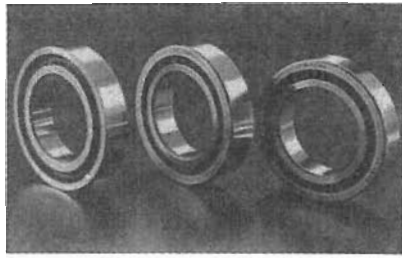


図6 高速アンギュラ玉軸受

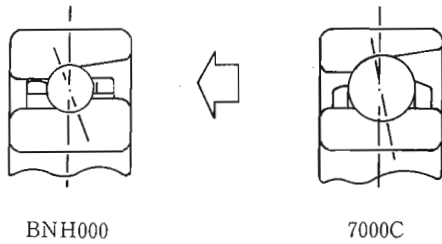


図7 軸受断面図

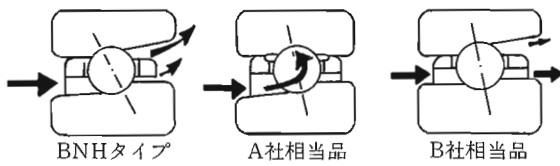
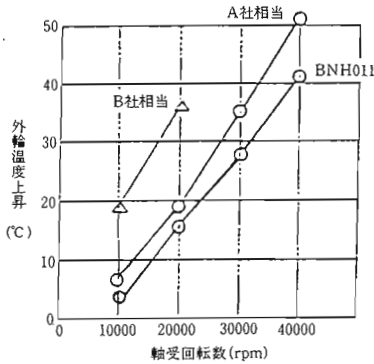


図8 潤滑油の通過経路

(1)ジェット潤滑の場合

- ・軸受：BNH011
- ・回転数：10000～40000rpm
- ・潤滑ダフニーオイルCR-10 1ℓ/min
- ・アキシャル荷重：390 N



(2)オイルエア潤滑の場合

- ・軸受：BNH011
- ・回転数：10000～20000rpm
- ・潤滑：VelocityNC6 0.02cm/6s
- ・アキシャル荷重：195 N

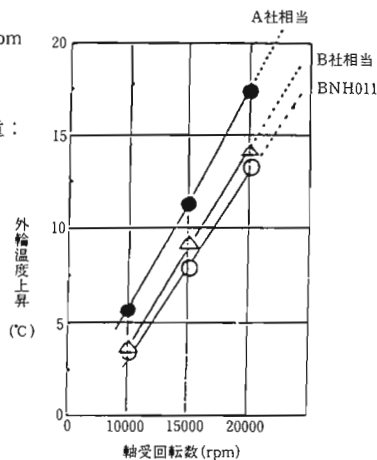


図9 外輪温度上昇

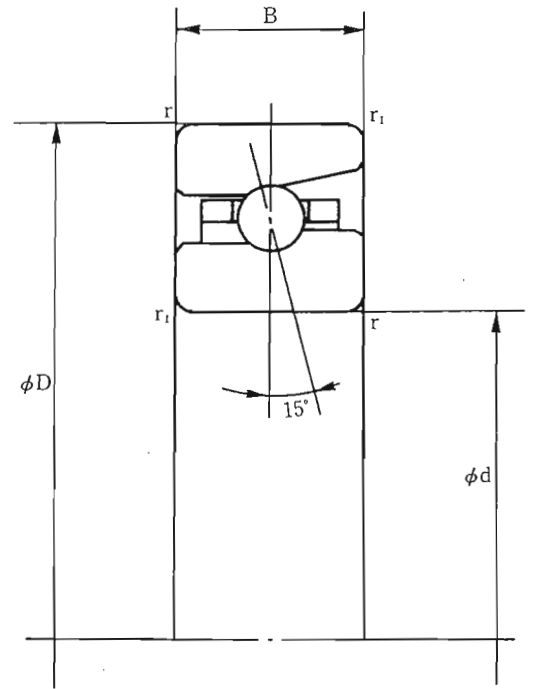


図10 BNH軸受寸法図

表3 BNH000シリーズ (寸法系列10)

軸呼び番号	寸法 (mm)					基本定格荷重 (N)		許容回転数 (rpm)	
	d	D	B	r <sub>min</sub>	r <sub>1min</sub>	動 Cr	静 Cor	グリース潤滑	油潤滑
BNH007	35	62	14	1	0.6	11600	9950	25000	35000
BNH008	40	68	15	1	0.6	14800	12900	22000	32000
BNH009	45	75	16	1	0.6	15500	14500	20000	28000
BNH010	50	80	16	1	0.6	16100	15900	19000	26000
BNH011	55	90	18	1	0.6	20000	20100	17000	24000
BNH012	60	95	18	1.1	0.6	20800	21900	16000	22000
BNH013	65	100	18	1.1	0.6	21500	23400	15000	21000
BNH014	70	110	20	1.1	0.6	29400	31500	13000	19000
BNH015	75	115	20	1.1	0.6	29800	32500	13000	18000
BNH016	80	125	22	1.1	0.6	35000	39000	12000	17000
BNH017	85	130	22	1.1	0.6	35500	40000	11000	16000
BNH018	90	140	24	1.5	1	46500	53000	10000	15000
BNH019	95	145	24	1.5	1	47000	55000	10000	14000
BNH020	100	150	24	1.5	1	48000	56500	9600	14000
BNH021	105	160	26	2	1	54500	65000	9100	13000
BNH022	110	170	28	2	1	61000	74000	8600	12000
BNH024	120	180	28	2	1	63000	79000	8000	11000
BNH026	130	200	33	2	1	83500	105000	7300	10000
BNH028	140	210	33	2	1	86000	112000	6900	9700
BNH030	150	225	35	2.1	1	102000	132000	6400	9100
BNH032	160	240	38	2.1	1	110000	145000	6000	8500
BNH034	170	260	42	2.1	1	129000	173000	5600	7900

イプ)の断面図を示す。

ボール径を小さくすることにより、高速回転時に発生するジャイロモーメントによるボールの滑りが軽減されるので温度上昇が低くなり、より高速回転が可能になった。また、外輪・内輪および保持器は、高速回転時に潤滑油が常に適正な量に保たれながら通過するよう、構造を工夫し、温度上昇を押さえることができた(図8)。

図9に他社相当アンギュラ玉軸受との比較試験結果を示

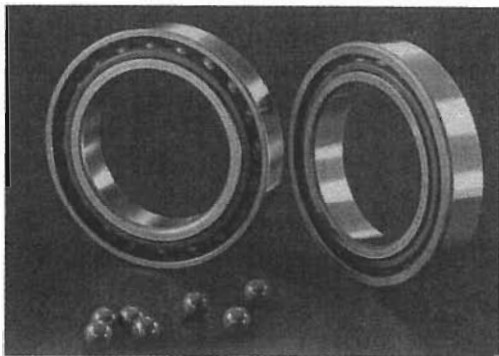
すごとく、低昇温化を実現した。

高速アンギュラ玉軸受 BNHシリーズは、**図10**および**表3**の通り標準化している。

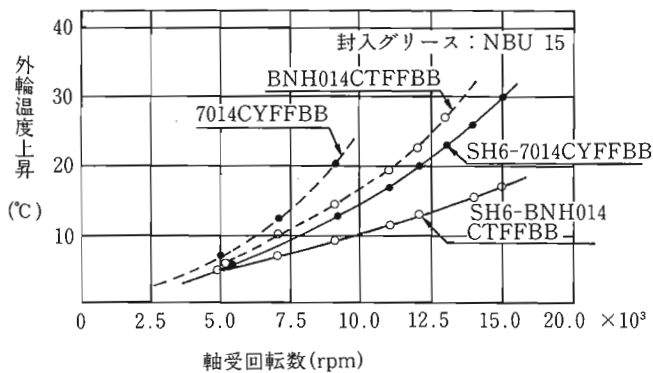
### 2.3 セラミックスボールアンギュラ玉軸受 SH6タイプ

今日さらなる高速化が進展しており、新開発の軸受では、一層の高回転に耐えようボールをセラミックスボール (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)とした軸受 (SH6タイプ)も製造可能である (**図11**)。

**図12**に従来のスチールボールアンギュラ玉軸受との比較試験結果を示す通り、セラミックス玉軸受は、グリース潤滑でdNが100万を越える範囲でも低昇温化を実現した。



**図11** セラミックスボール入りアンギュラ玉軸受



**図12** 外輪温度上昇

### 3. 送り装置用軸受

工作機の送り装置は、高精度・高速化に対応するため〈ボールねじ〉を使用している。

その〈ボールねじ〉をサポートする軸受には、大きなラスト荷重が負荷されるため、高速性を合わせ持った高スラ

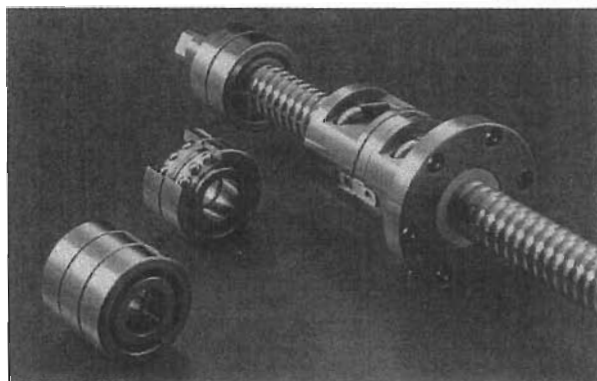
スト負荷容量タイプの軸受が要求される。

このニーズに応えるため、従来のサポート軸受 (TAAタイプ) に対し、ボール径を大きくし、端面に大きな面取りを設け潤滑油が入り易い構造に改良した軸受 (TABタイプ)を開発した (**図13**)。

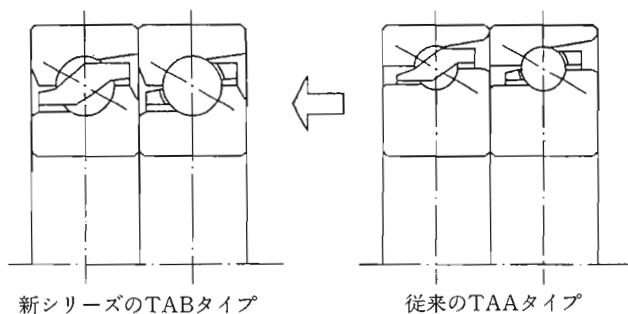
**図15**、**図16**にTAAタイプとTABタイプの比較を示す。

新開発ボールねじサポート軸受 TABシリーズは、**図17**および**表4**の通り標準化している。

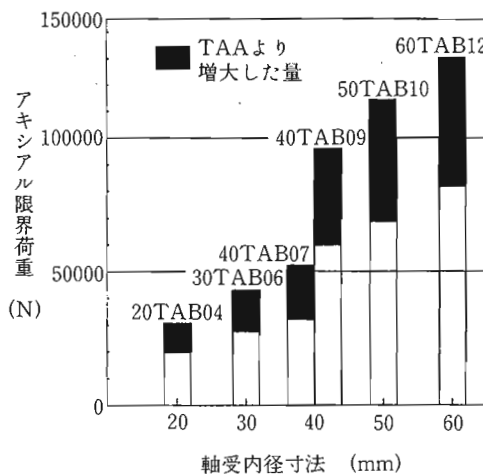
また、精密位置決めに、標準予圧と軸受ばね定数を**表5**の通り設定している。



**図13** ボールねじサポート用軸受



**図14** 軸受断面図



**図15** アキシアル限界荷量の比較

表4 TABシリーズ

IN = 1/9.8 kgf

呼び番号	主要寸法 (mm)						基本動アキシャル 定格荷重 <sup>(2)</sup> Ca (N)	アキシャル 限界荷重 <sup>(3)</sup> (N)	許容回転数 グリース潤滑 (rpm)
	d	D	B	2B	r min	r1 min			
15 TAB04 DF (DB)	15	47	15	30	1 <sup>(1)</sup>	0.6	25900	30500	6300
17 TAB04 DF (DB)	17	47	15	30	1	0.6	25900	30500	6300
20 TAB04 DF (DB)	20	47	15	30	1	0.6	25900	30500	6300
25 TAB06 DF (DB)	25	62	15	30	1	0.6	29900	43000	4650
30 TAB06 DF (DB)	30	62	15	30	1	0.6	29900	43000	4650
35 TAB07 DF (DB)	35	72	15	30	1	0.6	32500	52000	3750
40 TAB07 DF (DB)	40	72	15	30	1	0.6	32500	52000	3750
40 TAB09 DF (DB)	40	90	20	40	1	0.6	65000	96500	3150
45 TAB07 DF (DB)	45	75	15	30	1	0.6	33500	56500	3400
45 TAB10 DF (DB)	45	100	20	40	1	0.6	68000	108000	2850
50 TAB10 DF (DB)	50	100	20	40	1	0.6	69500	114000	2700
55 TAB10 DF (DB)	55	100	20	40	1	0.6	69500	114000	2700
55 TAB12 DF (DB)	55	120	20	40	1	0.6	73000	131000	2300
60 TAB12 DF (DB)	60	120	20	40	1	0.6	73000	131000	2300

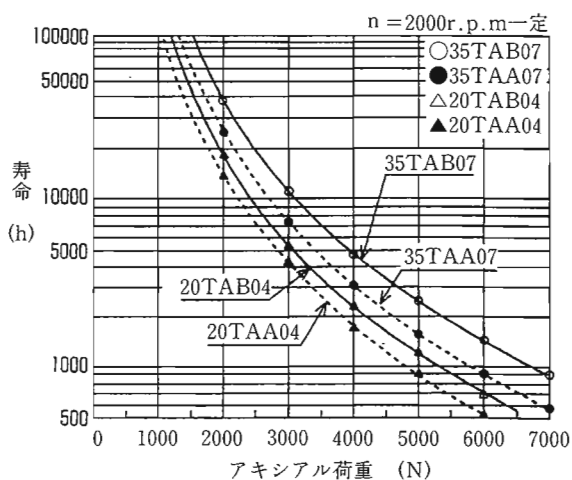


図16 寿命比較

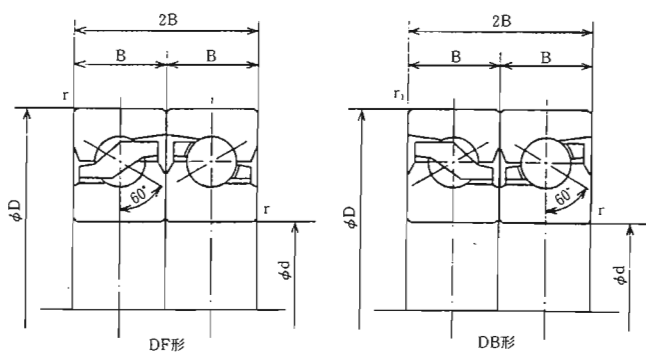


図17 TAB軸受寸法図

表5 標準予圧とばね定数

IN = 1/9.8 kgf

呼び番号	標準予圧 M (N)				ばね定数 (N/μm)			
	組合せ軸受							
	DF DB	BFF FFB	BBFF FFBB	BFFF FFFBB	DF DB	BFF FFB	BBFF FFBB	BFFF FFFBB
15 TAB04	2160	2940	4310	3430	735	1080	1470	1320
17 TAB04	2160	2940	4310	3430	735	1080	1470	1320
20 TAB04	2160	2940	4310	3430	735	1080	1470	1320
25 TAB06	3330	4510	6670	5200	981	1470	1960	1910
30 TAB06	3330	4510	6670	5200	981	1470	1960	1910
35 TAB07	3920	5300	7840	6180	1230	1770	2350	2300
40 TAB07	3920	5300	7840	6180	1230	1770	2350	2300
40 TAB09	5200	7060	10400	8140	1320	1910	2550	2500
45 TAB07	4120	5590	8240	6470	1270	1910	2550	2500
45 TAB10	5980	8140	12000	9410	1470	2160	2890	2790
50 TAB10	6280	8530	12600	9810	1520	2260	3040	2940
55 TAB10	6280	8530	12600	9810	1520	2260	3040	2940
55 TAB12	7060	9610	14100	11100	1770	2550	3480	3380
60 TAB12	7060	9610	14100	11100	1770	2550	3480	3380

#### 4. おわりに

今回紹介した、新開発の工作機械用高性能軸受は、昨今の加工の高精度化、高速化に軸受性能として充分対応出来ると考えている。

今後、さらに高くなる工作機械の要求に対応すべく、軸受の開発・改良に努力したい。