

# 転がり軸受の基礎(6)

- 内容
- ・軸受の特性
  - ・軸受材料
  - ・軸、ハウジングの設計
  - ・軸受の取扱い

東京理科大学  
野口 昭治

# 1. 軸受特性

## 1.1 摩擦

転がり軸受の摩擦要因

- ・転がり摩擦
- ・保持器と転動体、案内面との滑り摩擦
- ・ころ端面とつば面の滑り摩擦
- ・潤滑剤の攪拌抵抗、粘性抵抗



### 転がり軸受の摩擦係数

$$\mu = 2M / Pd$$

M: 摩擦モーメント(トルク), N・mm

P: 軸受荷重, N

d: 軸受内径, mm

軸受の摩擦係数

軸受形式	摩擦係数 $\mu \times 10^{-3}$
深溝玉軸受	1.0~1.5
アンギュラ玉軸受	1.2~1.8
自動調心玉軸受	0.8~1.2
円筒ころ軸受	1.0~1.5
針状ころ軸受	2.0~3.0
円すいころ軸受	1.7~2.5
自動調心ころ軸受	2.0~2.5
スラスト玉軸受	1.0~1.5
スラストころ軸受	2.0~3.0

## 1.2 発熱量

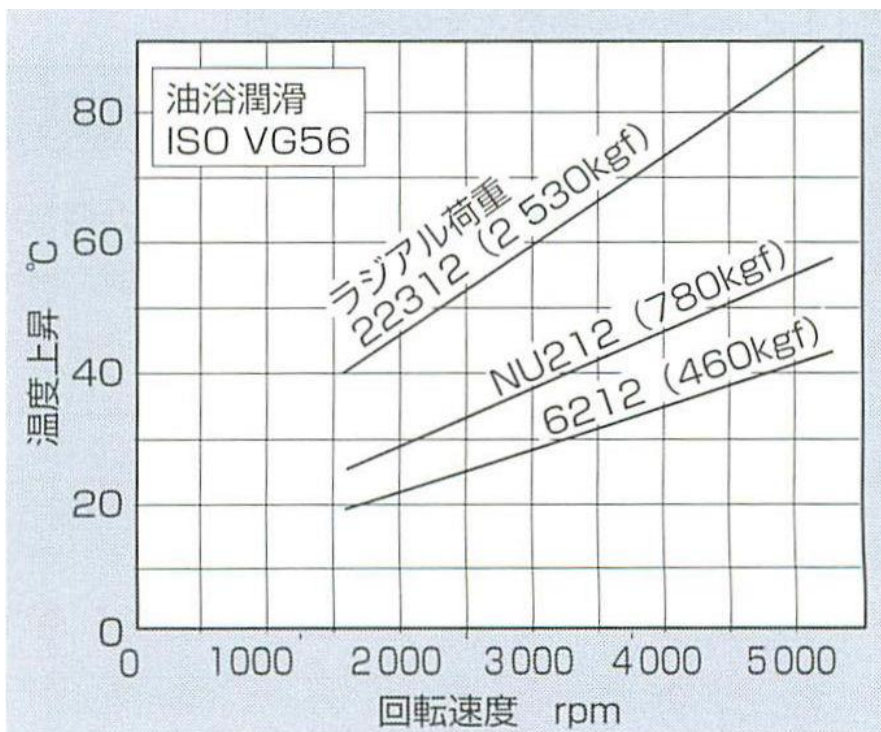
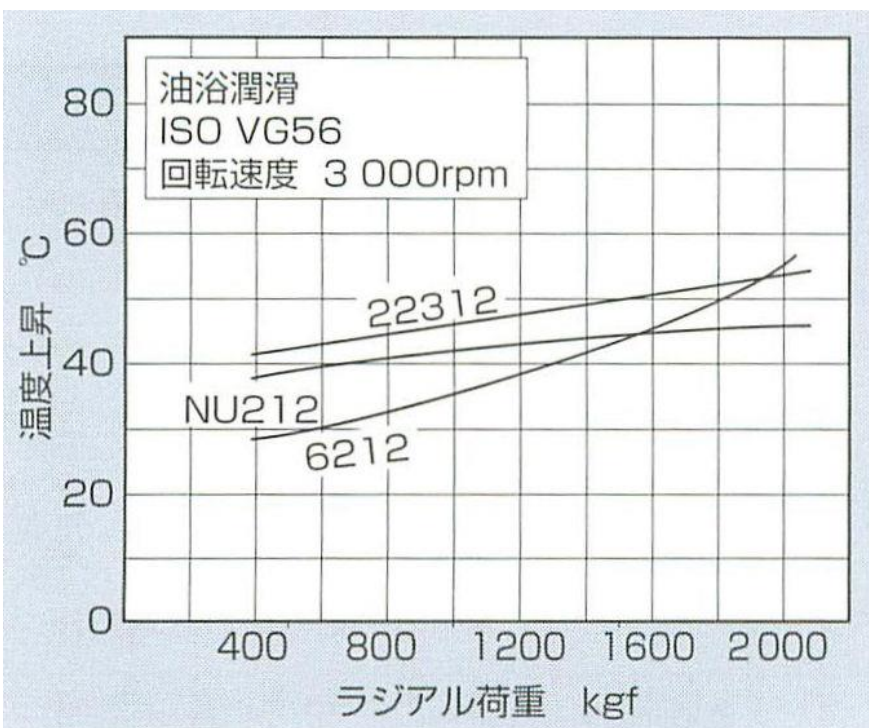
軸受の摩擦 → 内部で発熱し、温度上昇を招く

$$\text{発熱量 } Q = 0.105 \times 10^{-6} M \cdot n$$

Q: 発熱量, kW

M: 摩擦モーメント, N·mm

n: 軸受の回転速度, min<sup>-1</sup>



# 軸受温度：発熱量と放熱量が平衡になる温度



発熱量が同じでも、環境により大きく変化する

- ・潤滑剤による冷却の有無
- ・ハウジングの熱容量、中空軸外部冷却

温度が平衡にならず、上昇を続ける（高温が維持される）  
場合には、軸受として異常がある。

- ・すきまの過小、予圧の過大
- ・取付不良
- ・潤滑剤の過多・過小、潤滑方式の不適
- ・シールからの発熱

## 1.3 音響

転がり軸受は、転動体と内外輪が接触しており、構造的にはばね定数が変わるので、必ず振動が発生する



人間にとって不快な音と感じる周波数帯の問題を**音響**と言い、振動と区別している(原因は同じ)

転がり軸受においては、設計仕様によって、発生する音・振動の周波数が決まっているので、トラブルシューティングをしやすい

# 異常音と原因(1)

音の表現	特徴	関係要因
ザー ジャー ジー	回転速度の変化で音質が変わらない(ごみ)。 回転速度の変化で音質が変わる(傷)。	ごみ。軌道面, 玉, ころの表面が荒れている。軌道面, 玉, ころ表面の傷。
シャー	小形軸受	軌道面, 玉, ころ表面の荒れ。
シャ シャ	断続的で規則的に発生する。	ラビリンス部などの接触。保持器とシールの接触。
ウーウー ゴーゴー (うなり声)	回転速度の変化で大きさ, 高さが変わる。特定の回転速度で音が大きい。大きくなったり小さくなったりする。サイレン, 笛の音に近いときがある。	共振, はめあい不良(軸の形状不良)。軌道輪の変形。軌道面, 玉, ころのびびり(大形軸受の場合は軽度の音であれば正常)。
ゴリ ゴリ コリ コリ	手で回転させたときの感蝕。	軌道面の傷(規則的)。玉, ころの傷(不規則)。 ごみ, 軌道輪の変形(部分的に負のすきま)。
ゴロ ゴロ コロ コロ	・大形軸受 ) 高速になると連続音。 ・小形軸受 )	軌道面, 玉, ころ表面の傷。
ウィーン ウィーン ウー	電源を切った瞬間に止まる。	モータの電磁音。
チリッチリッ	不規則に発生(回転数の変化では変わらない)。主に小形軸受。	ごみの混入。
チャラチャラ カラカラ パタパタ ) バタバタ )	・円すいころ軸受 ・大形軸受 ・小形軸受 } 規則的で高速では連続音。	保持器音で澄んだ音なら正常。低温時ならグリース不適→柔らかいものが良い。 保持器ポケットの摩耗, 潤滑不足, 軸受荷重不足による運転。

## 異常音と原因(2)

カチ カチ カチンカチン カチャカチャ	低速で目立つ。  高速では連続音。	保持器ポケット内の衝突音，潤滑不足。 すきまを小さくするか予圧すると消える。 総ころの場合はこちら同士の衝突音。
カーンカーン カン カン	金属的大きな衝突音。 低速の薄肉大形軸受 (TTB) など。	転動体のはじける音。軌道輪の変形。キーのきしみ。
キュルキュル キュ キュ ジャージャー	主に円筒ころ軸受で回転速度の変化で変わる。大きいときには金属的に聞こえる。 グリースを補給すると一時的に止まる。	潤滑剤 (グリース) のちょう度大。ラジアルすきま過大。潤滑不足。
キー キー ギー ギー キーンキーン	金属間のかじる音。甲高い音。	ころ軸受のころとつば面のかじり。すきま過小。潤滑不足。
ピチ ピチ	小形軸受で不規則に発生。	グリース中の気泡の潰れる音。
ピシピシ ピンピン	不規則にでるきしみ音。	はめあい部の滑り。取り付け面のきしみ。 キーなどのきしみ。
全体的に音圧が大きい。		軌道面，玉，ころの表面が荒い。摩耗による軌道面，玉，ころの変形。摩耗によるすきま大。

## 2. 軸受材料

### 2.1 軌道輪・転動体材料

荷重を受けて回転するため、軌道輪・転動体の材料は以下の要求を満たす必要がある。

- ・硬さが高いこと(焼入れ性がよいこと)
- ・転がり疲れ寿命が長いこと  
(非金属介在物が少ない清浄な材料)
- ・摩耗が少ないこと
- ・寸法の経年変化が小さいこと  
(寸法安定化処理が可能)
- ・加工が容易で安価なこと(入手性がよい)



一般的には、**高炭素クロム軸受鋼**を用いる



## 高炭素クロム軸受鋼 (JIS G 4805)

鋼種 記号	化学成分 %						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SUJ2	0.95~ 1.10	0.15~ 0.35	0.50 以下	0.025 以下	0.025 以下	1.30~ 1.60	0.08 以下

### その他の材料

高靱性・耐衝撃性が要求される場合：**浸炭鋼**

高温で使用される場合：**高速度鋼**、**M50**、(**高温焼戻し鋼**)

耐食性を要求される場合：**ステンレス鋼**

表面起点剝離に強い材料：**浸炭窒化処理**

高速性・低発熱を要求される場合：**セラミック球**

## 2.2 保持器材料

(1) 保持器の役割: 転動体の等間隔保持

(2) 保持器への要求機能

- 回転中に受ける振動や衝撃に耐える強度
- 転動体との滑り摩擦における低摩擦・低摩耗
- 軽量
- 高温での強度維持



- 圧延鋼板の打抜きプレス
- ステンレス鋼板
- 黄銅
- ナイロン樹脂



波形保持器(鋼板)



冠型樹脂保持器(射出成形)



もみ抜き型保持器(樹脂)

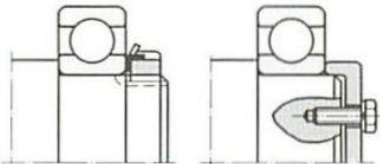
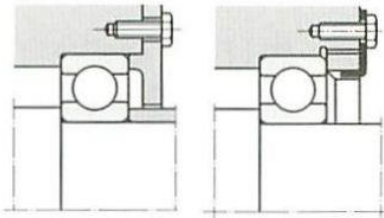
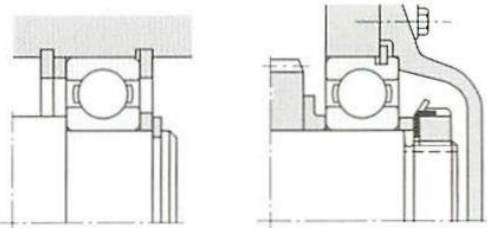


もみ抜き型保持器(黄銅)

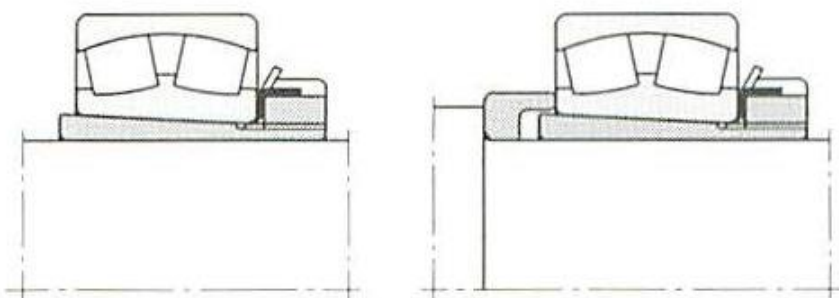
# 3. 軸、ハウジングの設計

- 注意事項
- ・軸受配列、配列に適した固定方法
  - ・軸受に適した隅の丸み、肩高さ、直角度、振れ精度
  - ・はめあい部の寸法、形状精度、表面粗さ
  - ・軸、ハウジングの外径形状(偏肉含む)

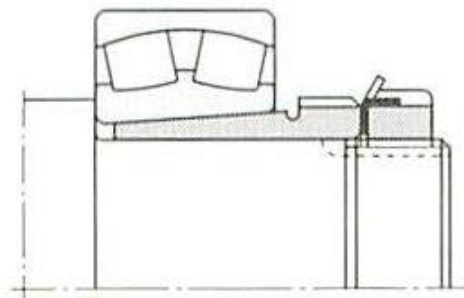
## 3.1 軸受の固定方法

内輪の固定	外輪の固定	止め輪を用いた固定
		
<p>最も一般的な固定方法は締付ナット又はボルトを用いて、軸肩又はハウジング肩に軌道輪端面を締め付けるものである。</p>		<p>止め輪を使用すると構造が簡単になるが、面取りとの干渉などの軸受取付け関係寸法を満たさなければならぬ。 また、大きなアキシャル荷重が止め輪に作用する場合、高精度を必要とする場合には適していない。</p>

### アダプタスリーブによる固定



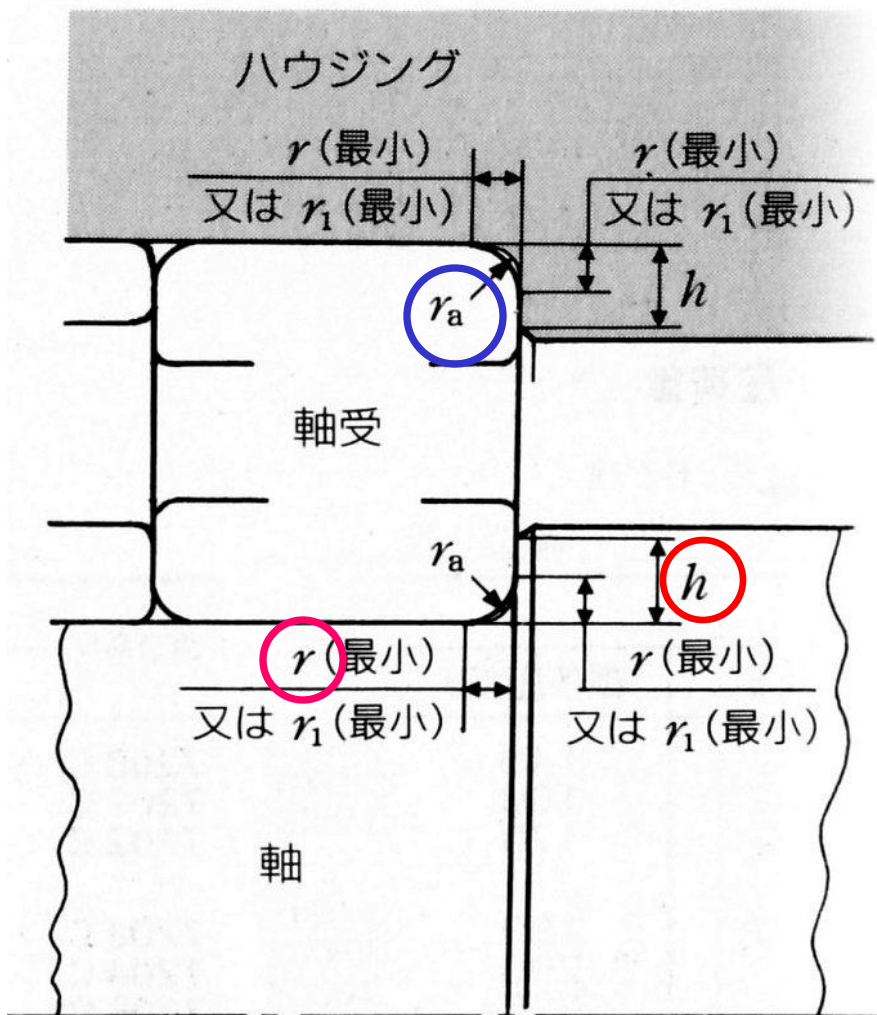
### 取外しスリーブによる固定



円筒軸に取り付ける場合には、アダプタスリーブ又は取外しスリーブを用いて、アキシアル方向に固定できる。アダプタスリーブは、スリーブ内径と軸との摩擦力により固定されている。

## 3.2 取付関係寸法

端面で固定できるように、すみRを決める必要がある



単位 mm

$r_s$ min	$r_{as}$ max	$h$ (最小)	
		一般の場合 ●	特別な場合 ●
0.05	0.05	0.3	
0.08	0.08	0.3	
0.1	0.1	0.4	
0.15	0.15	0.6	
0.2	0.2	0.8	
0.3	0.3		
0.6	0.6		
1	1	1.25	1
1.1	1	2.25	2
1.5	1.5	2.75	2.5
2	2	3.5	3.25
2.1	2	4.25	4
2.5	2	5	4.5
3	2.5	6	5.5
4	3	6	5.5
5	4	7	6.5
6	5	9	8
7.5	6	11	10
9.5	8	14	12
12	10	18	16
15	12	22	20
19	15	27	24
		32	29
		42	38

表15.2 研削逃げ寸法

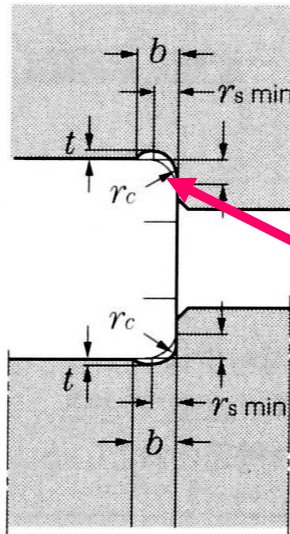
$r_s \text{ min}$	逃げ寸法		
	$b$	$t$	$r_c$
1	2	0.2	1.3
1.1	2.4	0.3	1.5
1.5	3.2	0.4	2
2	4	0.5	2.5
2.1	4	0.5	2.5
2.5	4	0.5	2.5
3	4.7	0.5	3
4	5.9	0.5	4
5	7.4	0.6	5
6	8.6	0.6	6
7.5	10	0.6	7

# 研削にげの寸法

軸やハウジングが研削加工



すみRではなく、研削にげが必要



にげ

## 3.3 軸とハウジングの精度

### 15.3 軸及びハウジングの精度

通常の使用条件での一般的に必要な精度は表15.3に示します。

また軸受にはそれぞれの形式において、傾き許容限度があります(表15.4)。

これを超えて使用されると軸受寿命の低下、保持器破損などの不具合を発生する恐れがあります。

したがって軸及びハウジングの剛性、加工精度に起因する取付誤差、更に軸受形式の選定において十分な注意が必要です。

表15.3 軸及びハウジングの精度

項目		軸	ハウジング
寸法精度		IT6(IT5)	IT7(IT5)
真円度(最大) 円筒度		IT3	IT4
肩の振れ公差		IT3	IT3
はめあい面の粗さ	小形軸受	0.8a	1.6a
	中形・大形軸受	1.6a	3.2a

備考 精密軸受(P4, P5精度)の場合、真円度・円筒度については本表精度の1/2程度におさえる必要がある。

表15.4 軸受許容傾斜角(参考)

許容傾斜度	
深溝玉軸受	1/1 000~1/300
アンギュラ玉軸受	
単列	1/1 000
複列	1/10 000
背面組合せ	1/10 000
正面組合せ	1/1 000
円筒ころ軸受	
軸受系列2, 3, 4	1/1 000
軸受系列22, 23, 49, 30	1/2 000
円すいころ軸受	
単列及び背面組合せ	1/2 000
正面組合せ	1/1 000
針状ころ軸受	1/2 000
スラスト軸受	1/10 000
(スラスト自動調心ころ軸受を除く)	
許容調心度	
自動調心玉軸受	1/20~1/15
自動調心ころ軸受	1/50~1/30
スラスト自動調心ころ軸受	1/30



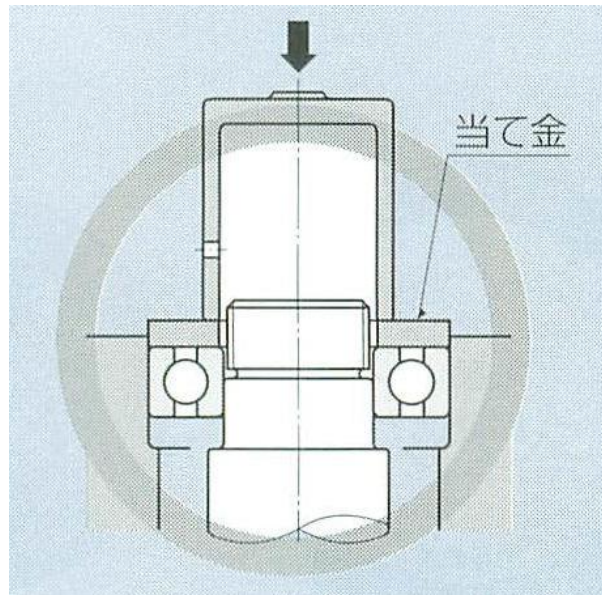
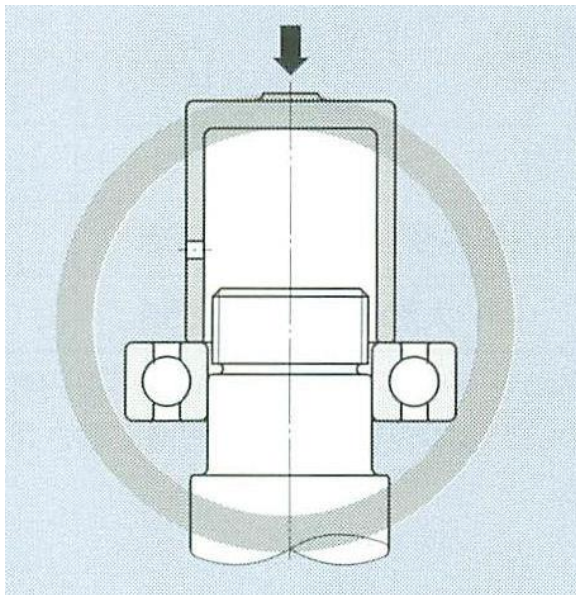
## 4. 軸受の取扱い

### 注意事項

- ・ **軸受を清浄に保つ**: 摩耗、音響に影響、空气中浮遊ゴミにも注意
- ・ **衝撃を与えない**: 軌道面に圧痕、割れに影響、ハンマーや落下での衝撃は不可
- ・ **錆防止**: 素手での取扱い、防錆剤塗布、湿度60%以下での保存

### 4.1 軸受の取付

回転輪側をしまりばめにする → 軌道面に圧痕を付けないように



(1) 圧入

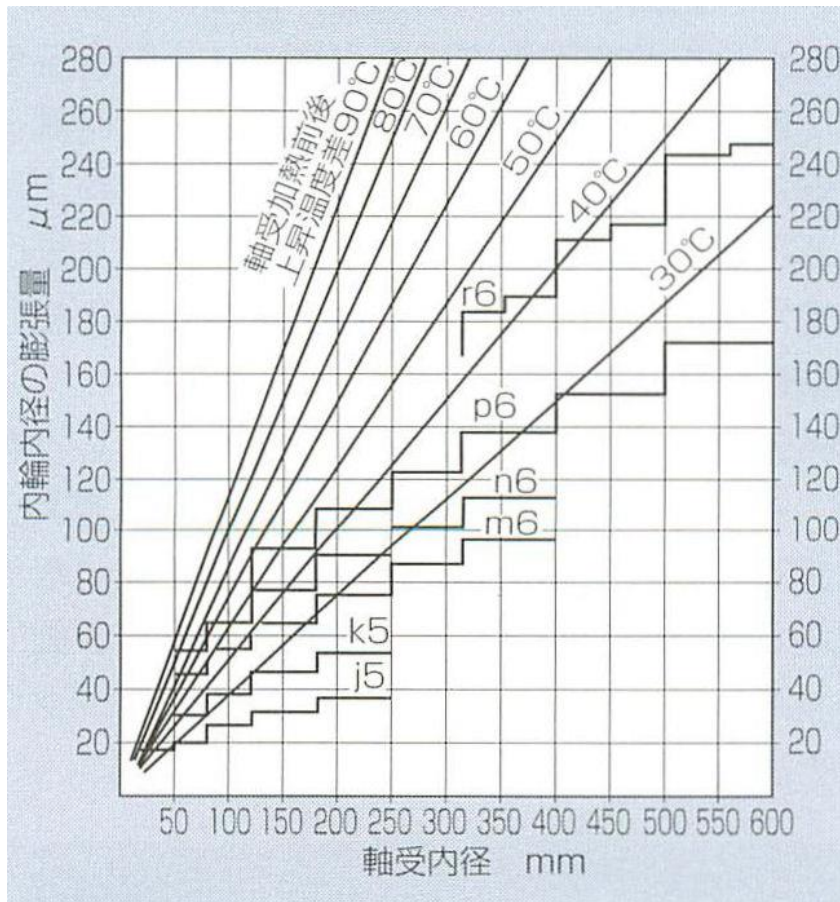
転動体を介して力を伝えることは避け、軌道輪に均一の力を加える

## (2) 焼きばめ

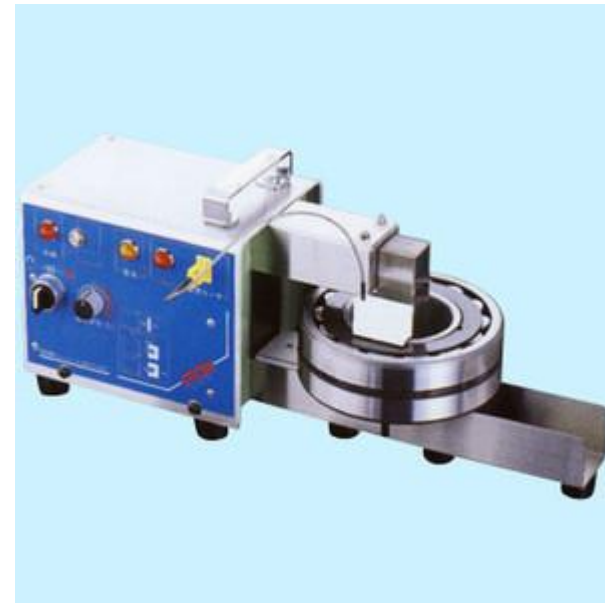
熱を加えて内輪を膨張させて、一時的にすきまばめにして挿入



均一な応力と成るが、熱を加えすぎると焼き戻しとなり、強度、硬さが低下するので注意が必要



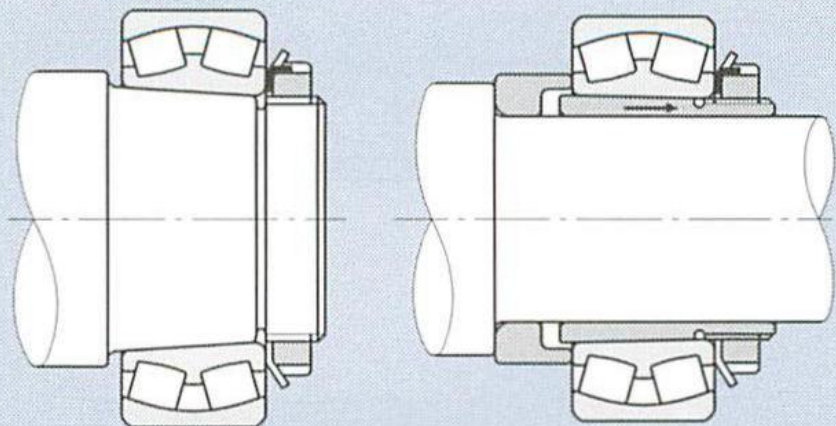
120°C 以上には加熱しない



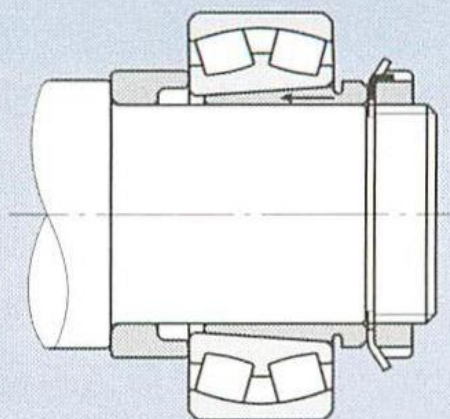
ベアリングヒーター

### (3) テーパ穴軸受の取付

テーパの食い込みにより、確実なしまりばめとなるが、締め込み過ぎると、内輪割れの原因となる。

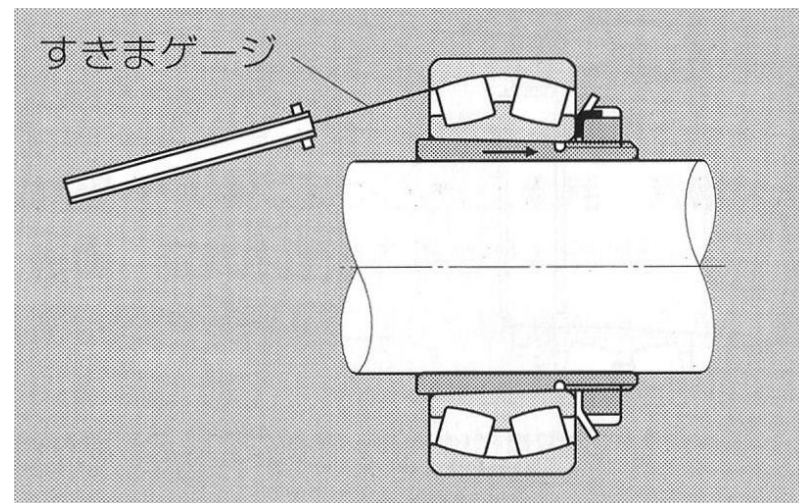


(a) テーパ軸への取り付け (b) アダプタによる取り付け



(c) 取外しスリーブによる取り付け

逆に締め込みが少ないとクリーブが起こる



すきまを監視しながら締め込みを行う

## 4.2 取付後の回転検査

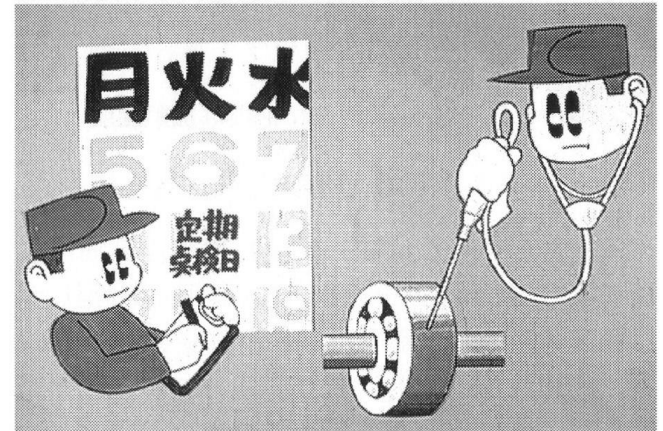
軸受が正しく取り付けられたかを回転させてチェック



正しく取り付けられていない場合には、**初期不良的に**  
**振動・音響**が大きい  
**温度**が上昇



正しく取り付けられていない  
場合には、取り外して再取付  
や調整（バランス修正等）

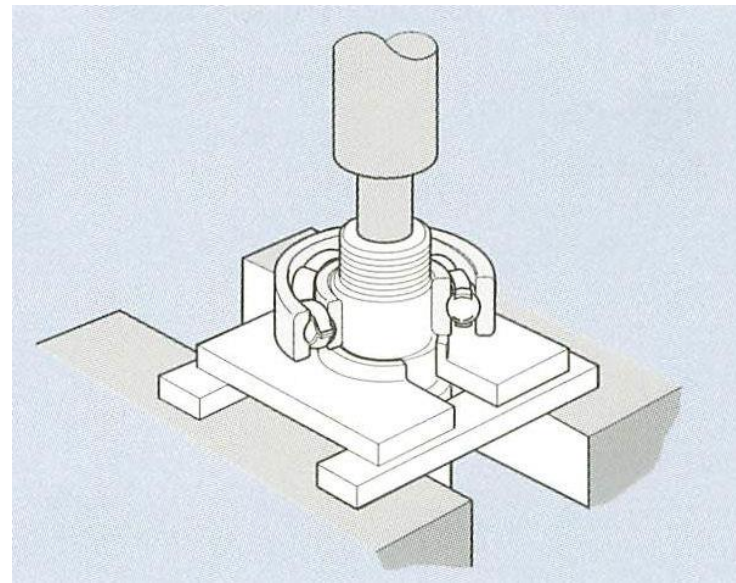
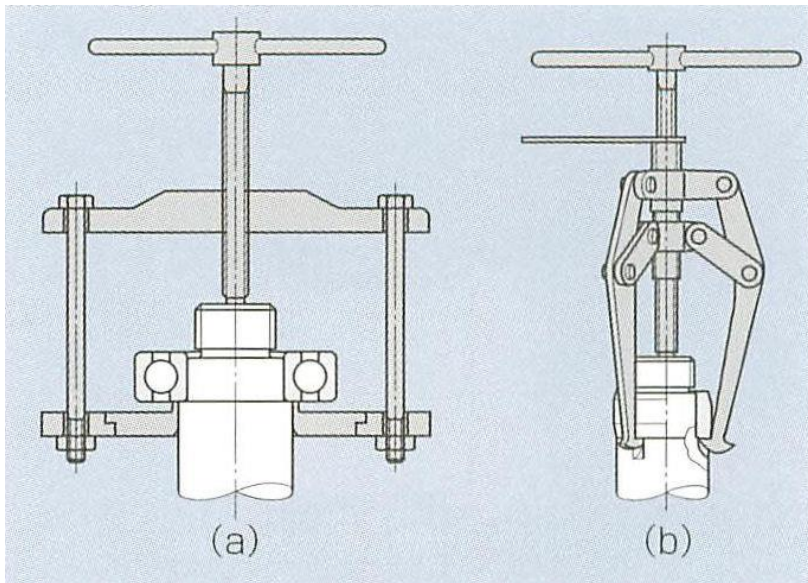


## 4.3 軸受の取り外し

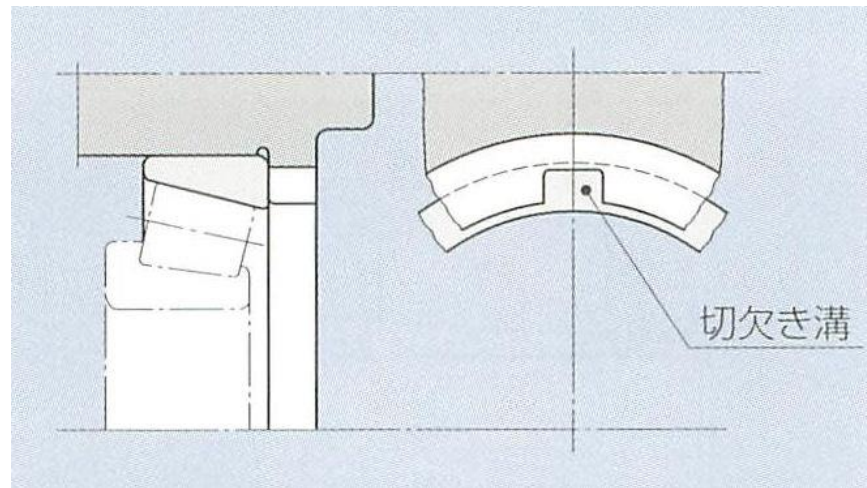
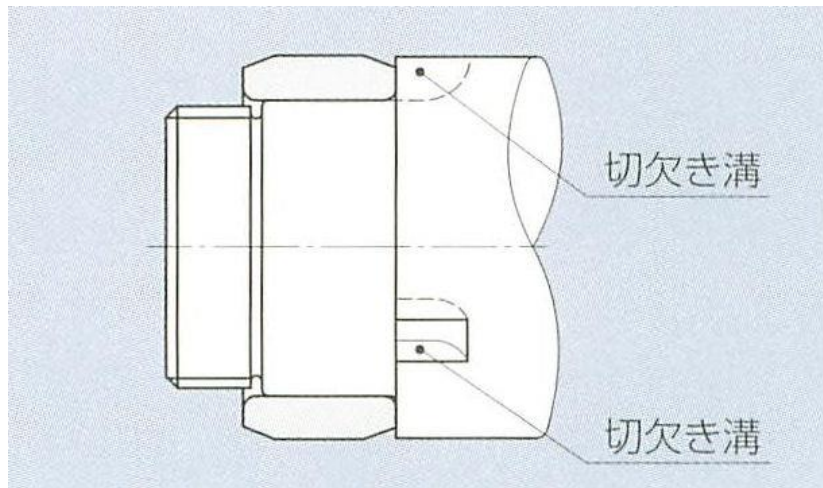
基本的に転がり軸受を再利用することは少ないが、取り外す際は、圧入されている**軌道輪に力を加える**ようにして、転動体を介しての取り外しは行わない



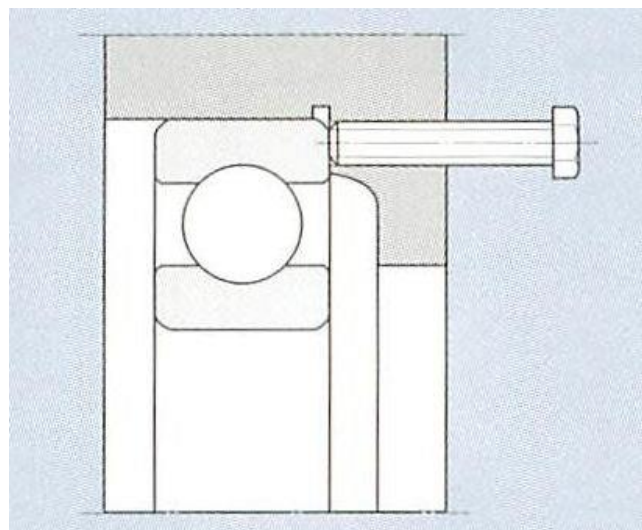
取付時と同じく、軌道面に圧痕を形成させない



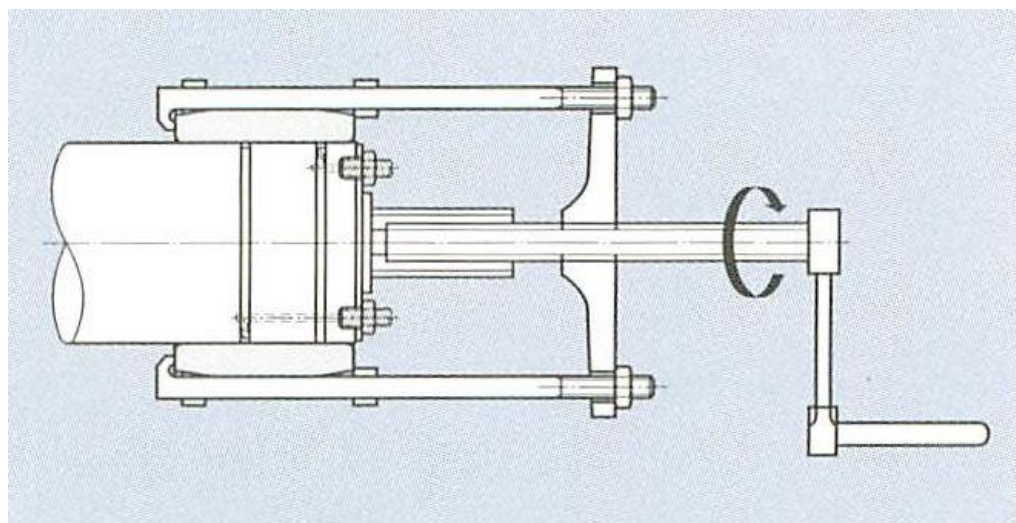
軸からの取り外し方法



取り外し用切り欠き溝



外輪取り外し用ねじ穴



油圧による取り外し

## 4.4 圧入及び引き抜きに要する力

軸と内輪の場合

$$K_d = \mu \cdot P \cdot \pi \cdot d \cdot B$$

ハウジングと外輪の場合

$$K_D = \mu \cdot P \cdot \pi \cdot D \cdot B$$

ここで

$K_d$  : 内輪の圧入または引抜き力 N {kgf}

$K_D$  : 外輪の圧入または引抜き力 N {kgf}

$P$  : はめあい面の面圧 MPa {kgf/mm<sup>2</sup>}

$d$  : 軸径, 内輪内径 mm

$D$  : ハウジング内径, 外輪外径 mm

$B$  : 内輪または外輪の幅

$\mu$  : 滑り摩擦係数

円筒穴、軸の場合は  
引き抜きの方が大きな  
力を必要とする



### 滑り摩擦係数の目安

項目	$\mu$
内(外)輪を円筒軸(穴)に圧入するとき	0.12
内(外)輪を円筒軸(穴)から引抜くとき	0.18
内輪をテーパ軸又はスリーブに圧入するとき	0.17
内輪をテーパ軸から引抜くとき	0.14
軸, 軸受にスリーブを圧入するとき	0.30
軸, 軸受からスリーブを引抜くとき	0.33