

転がり軸受の機構学

転がり軸受：荷重を受けながら **回転運動** を案内する **機械要素**

機械要素：機械を構成する上で、共通の役割を果たす部品



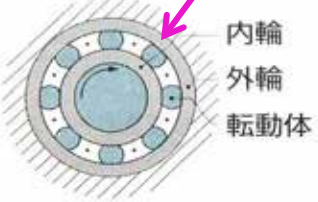

ねじ、ばね、ベルト、チェーン、歯車、……



多くが規格化されている
(ISO、JIS)

転がり軸受の特徴

転動体の存在

特 性	転がり軸受	滑り軸受
構 造	<p>一般に内輪と外輪を有し、この間に玉又はころの転動体が介在し、この転がりによって回転荷重を支える。</p>  <p>内輪 外輪 転動体</p>	<p>回転荷重は面で支持され、直に滑り接触する場合と、流体を媒体として膜厚で滑りを保持する場合がある。</p>  <p>回転軸</p>
寸 法	転動体が介在するため断面積が大きい。	断面積が非常に小さい。
摩 擦	起動時、回転中とも摩擦トルクは非常に小さ	起動時の摩擦トルク大、回転中は条件によっては、小さいものもある。
内部すきま・剛性	内部すきまを負にして軸受として剛性をもたせて使用することができる。	すきま有の状態で使用。したがってすきま分だけは動く。
潤 滑	原則として潤滑剤が必要、グリース使用等で保守が容易、ごみに対しては敏感。	無潤滑で使用できるものあり、一般にはごみに対しては比較的鈍感。油潤滑条件に十分な注意が必要。
温 度	高温から低温まで使用可、潤滑剤により冷却効果が期待できる。	一般に高温及び低温に限界あり。

なお、転がり軸受は寸法が国際的に規格化されており、互換性、入手性にすぐれ、安価なため広く使用されています。

転がり軸受の種類

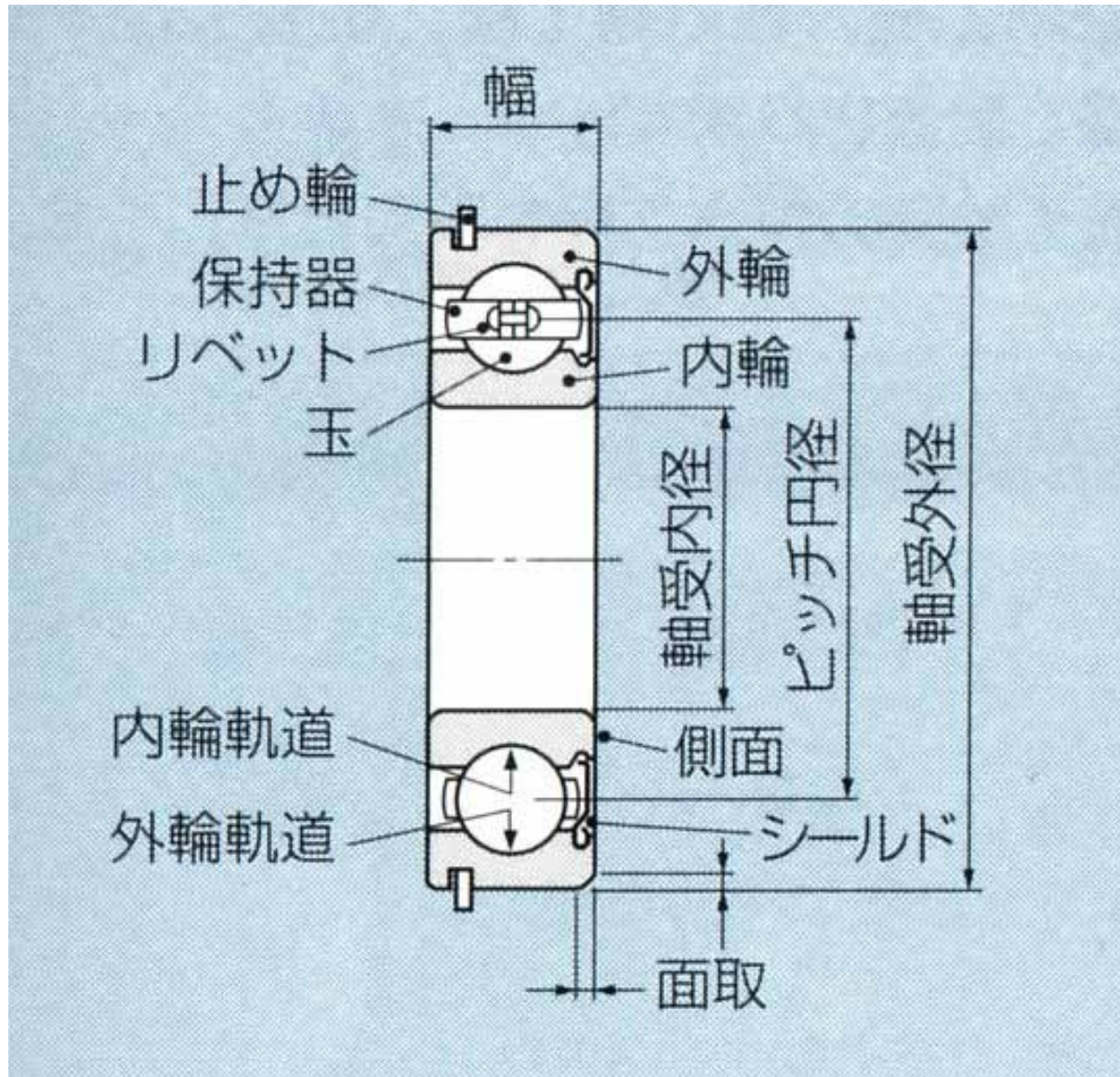
軸受形式	完成品	部品			
		外輪	内輪	転動体	保持器
深溝玉軸受					
円筒ころ軸受					
円すいころ軸受					
自動調心ころ軸受					
針状ころ軸受					

図2.1 代表的な転がり軸受の比較

転動体の形状で呼び名が決まっている

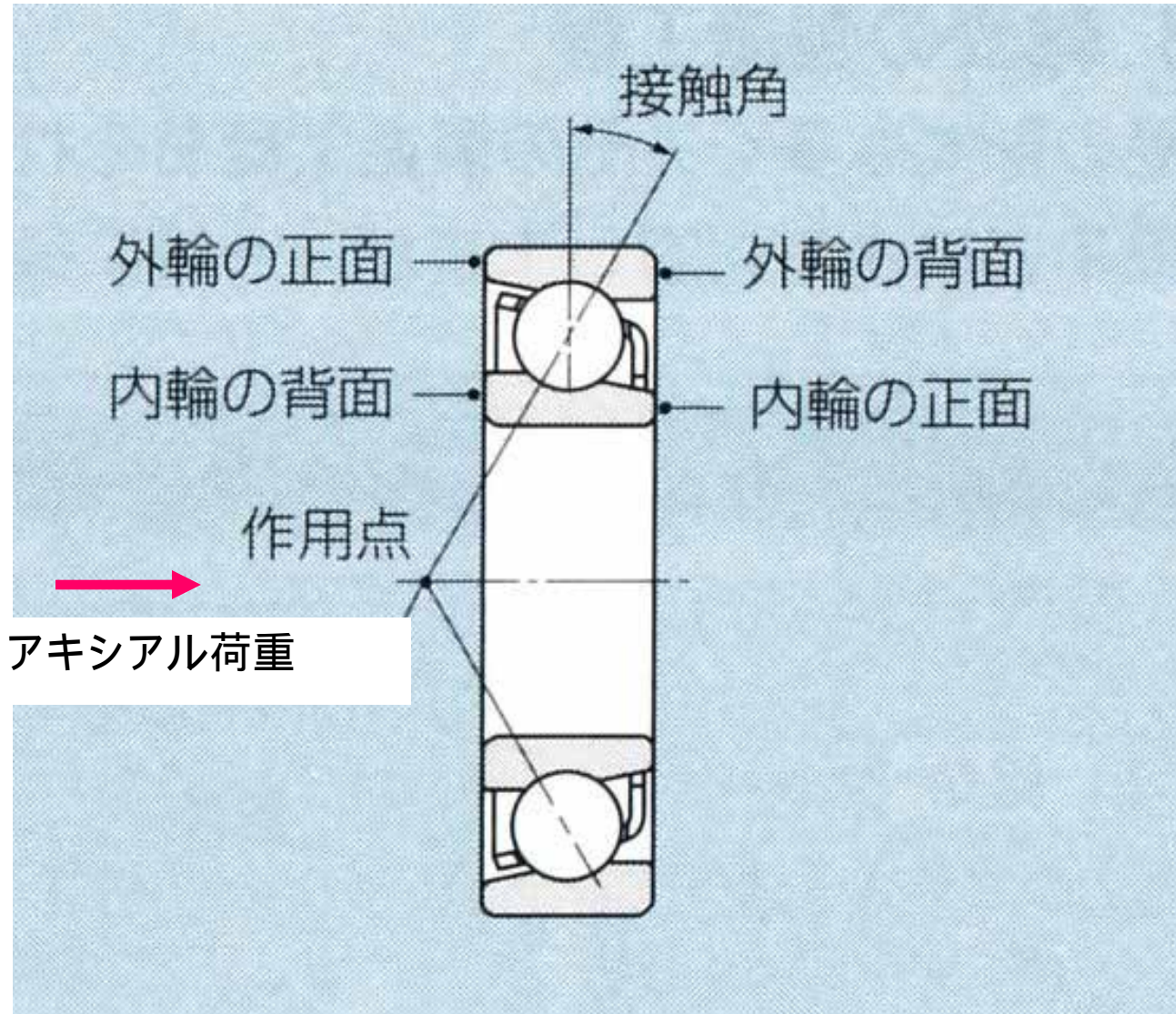


深溝玉軸受の構造



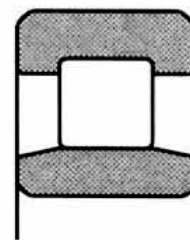
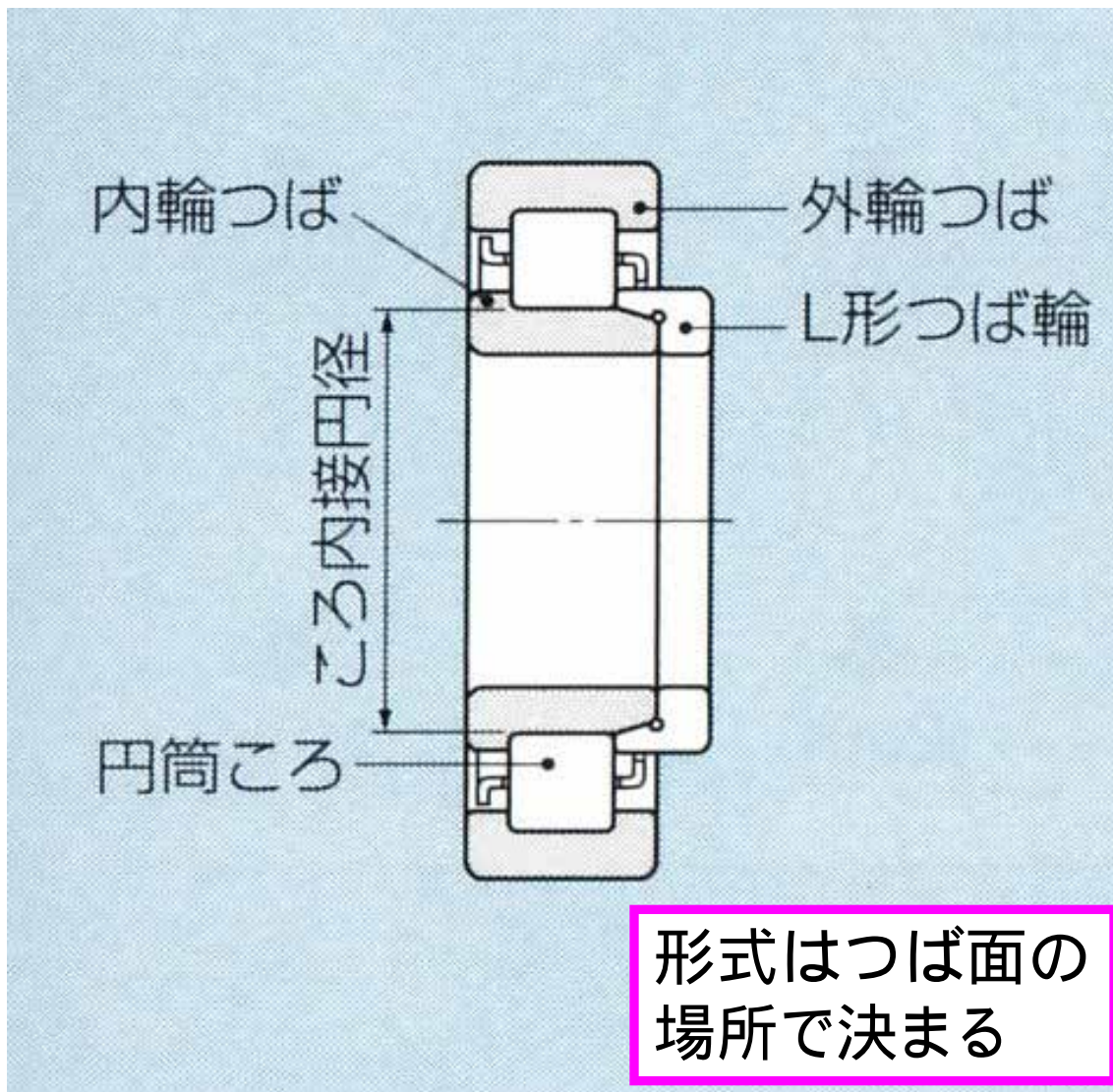
ラジアル荷重と
両方向のアキ
シアル荷重を
負荷することが
できる
(左右対称な
断面形状)

アンギュラ玉軸受の構造

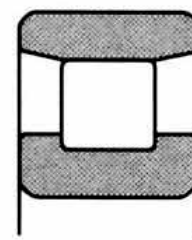


深溝玉軸受は
両方向のアキシ
アル荷重を負荷
できるが、アンギ
ュラ玉軸受は、
1方向のアキシ
アル荷重しか負
荷できない

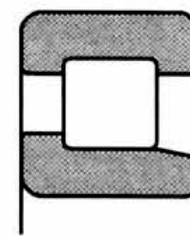
円筒ころ軸受の構造と種類



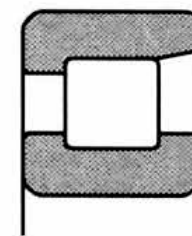
NU形



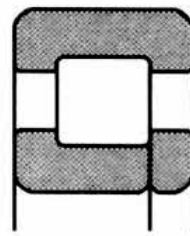
N形



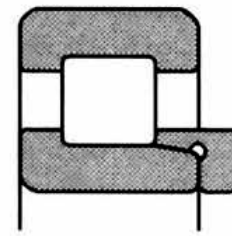
NJ形



NF形

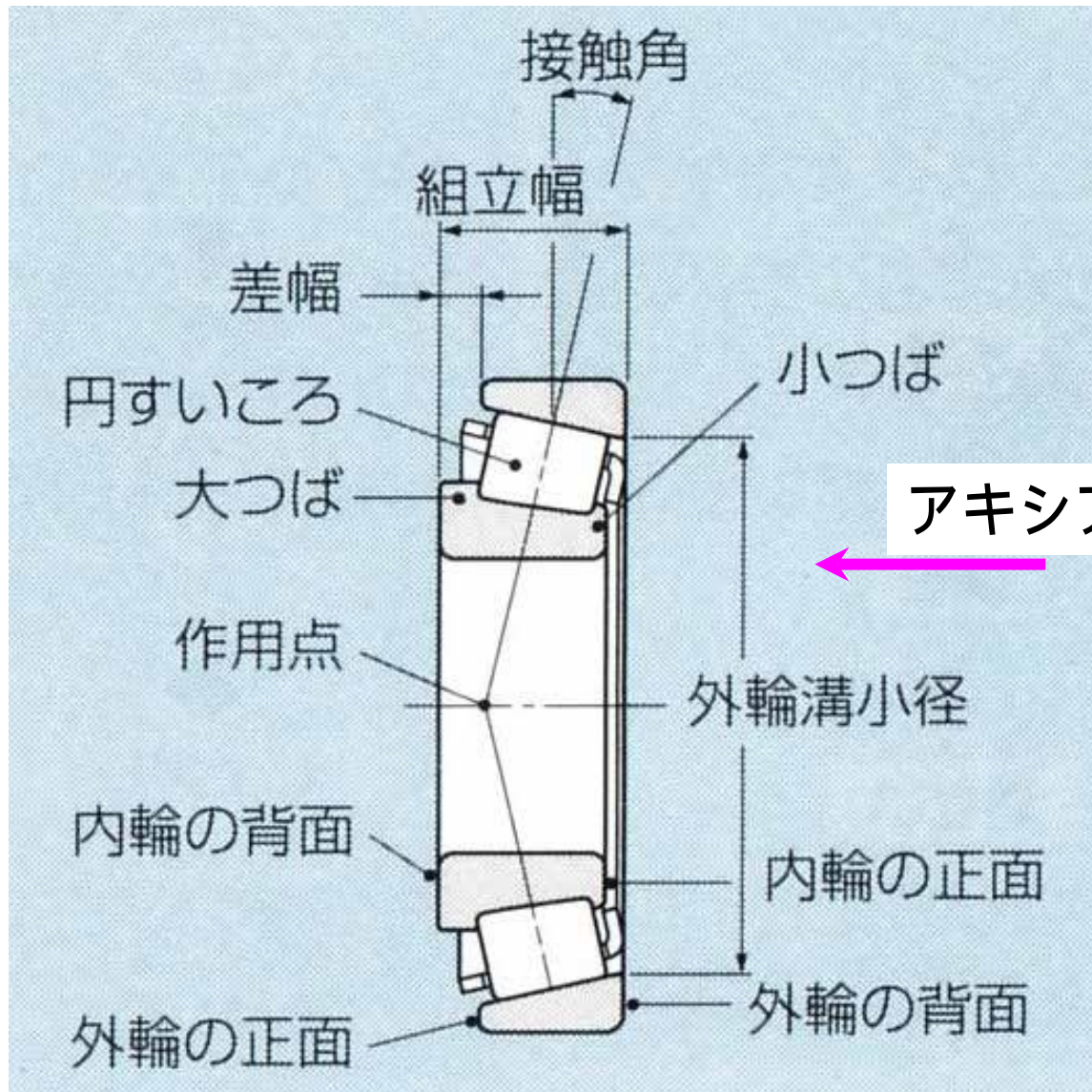


NUP形



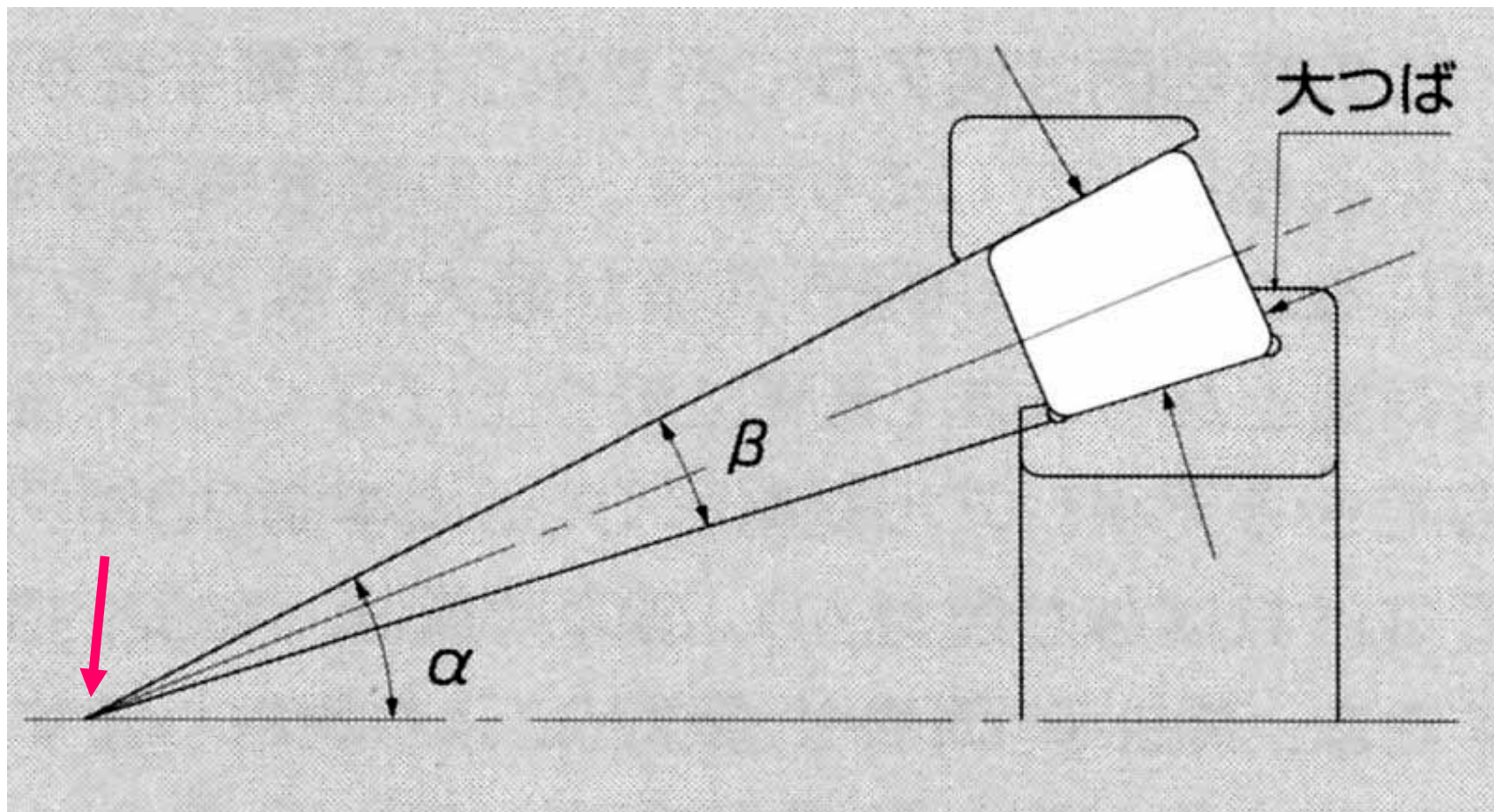
NH形

円すいころ軸受の構造

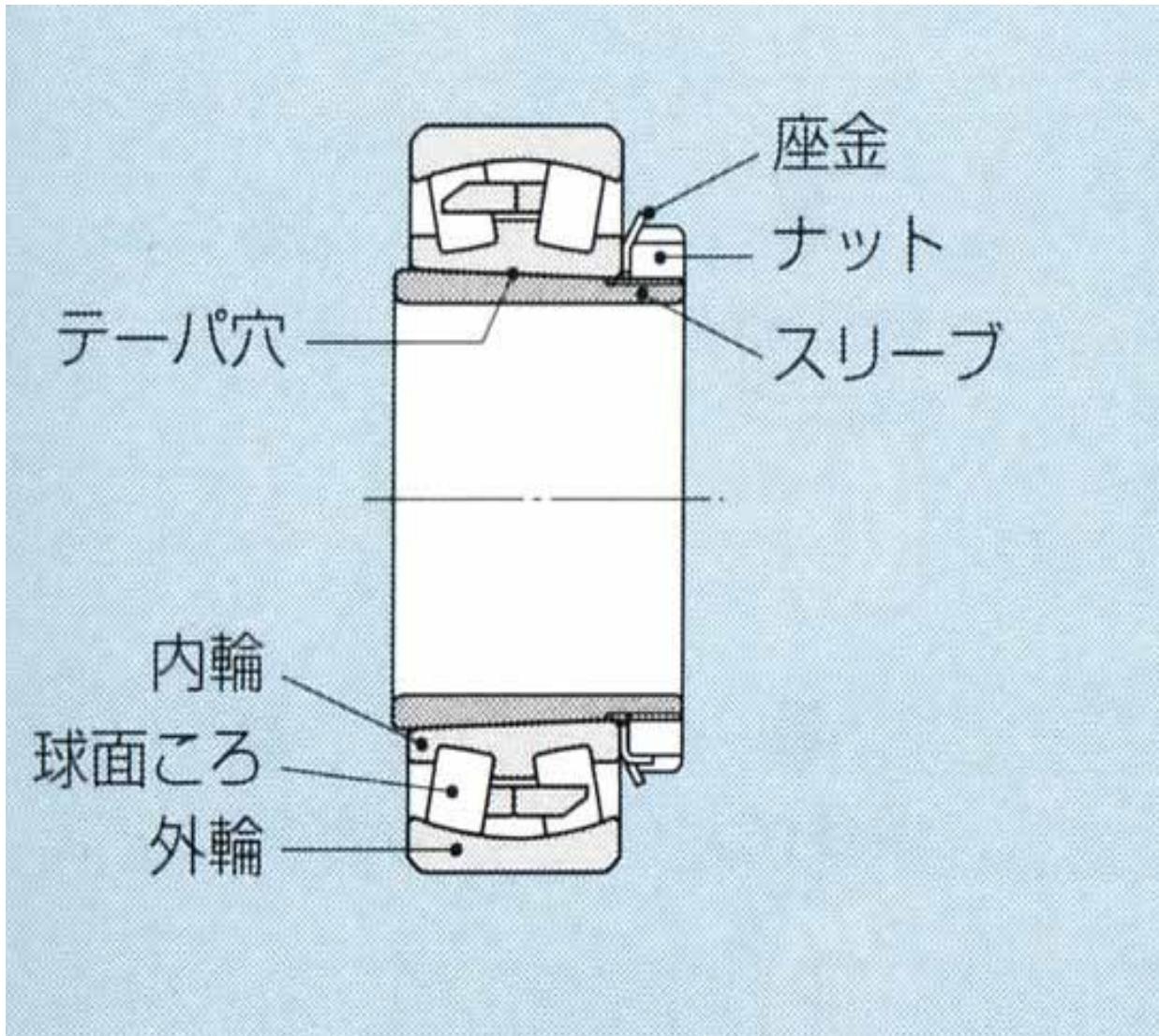


円すいころ軸受の内部

テーパ部の中心は、軸受中心線上の1点
(Cone Center)で交わるように設計



自動調心玉軸受の構造

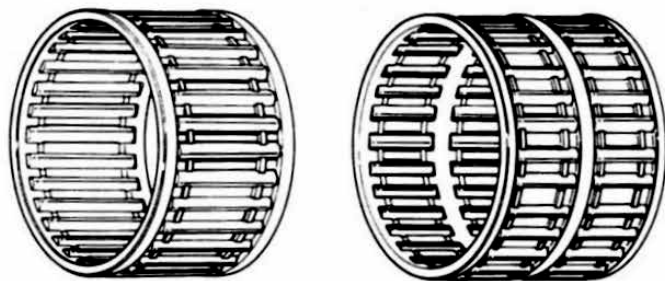


外輪軌道面
が単一円弧
形状をしており、軸は傾斜
することができる

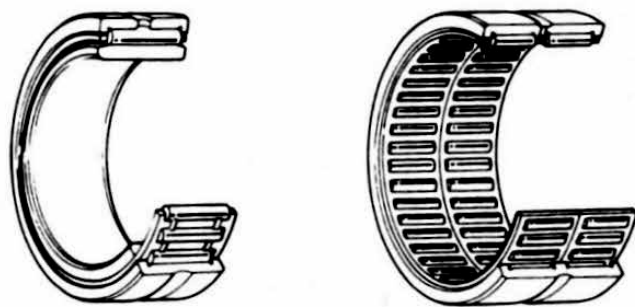


取付け誤差
(心ずれ, 傾斜)
を吸収できる

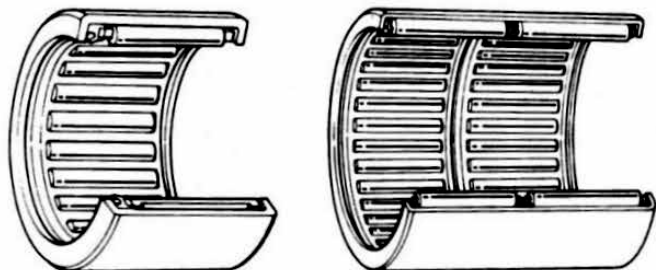
● 保持器付針状ころ軸受



● ソリッド形針状ころ軸受



● シェル形針状ころ軸受



ニードル軸受の構造

ころとニードルの区別

直径 d と長さ l の比率で区別

円筒ころ

$$l/d \leq 3$$

棒状ころ

$$d > 5\text{mm}$$

$$3 < l/d < 10$$

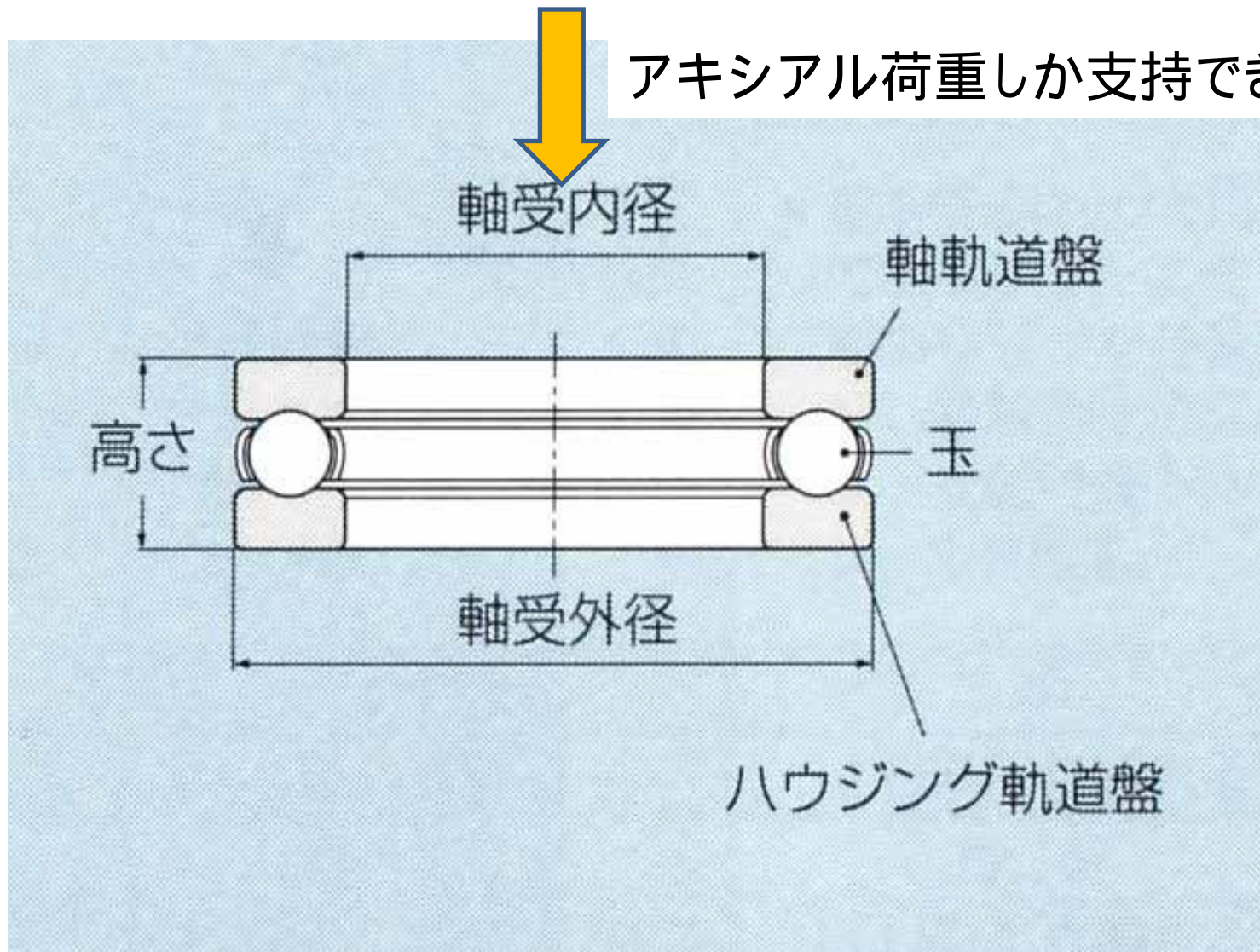
ニードル(針状ころ)

$$d \leq 5\text{mm}$$

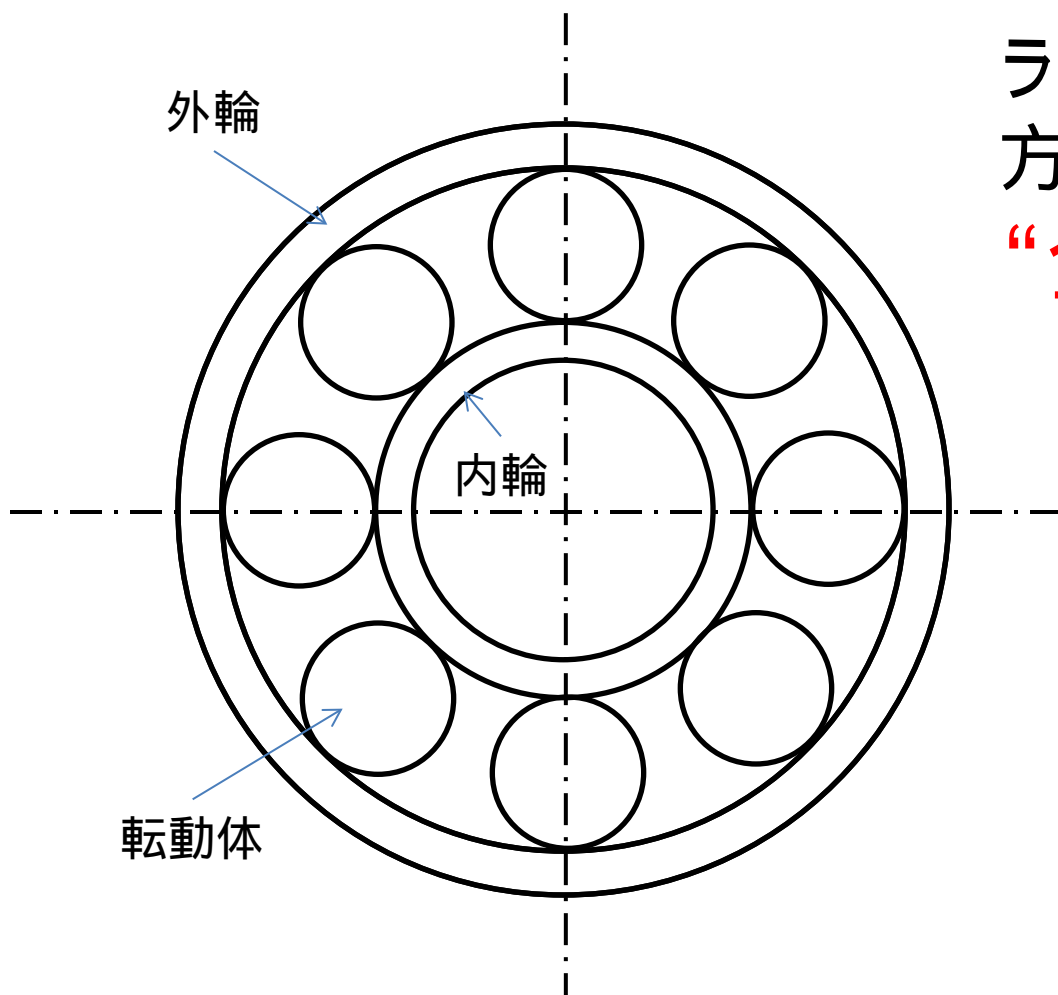
$$3 < l/d < 10$$

スラスト玉軸受の構造

アキシアル荷重しか支持できない

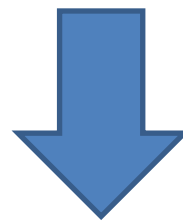


転がり軸受の機構学



ラジアル軸受の横断面図
(保持器を除く)

ラジアル軸受を転がり
方向に切断すると、
“全部、丸い”

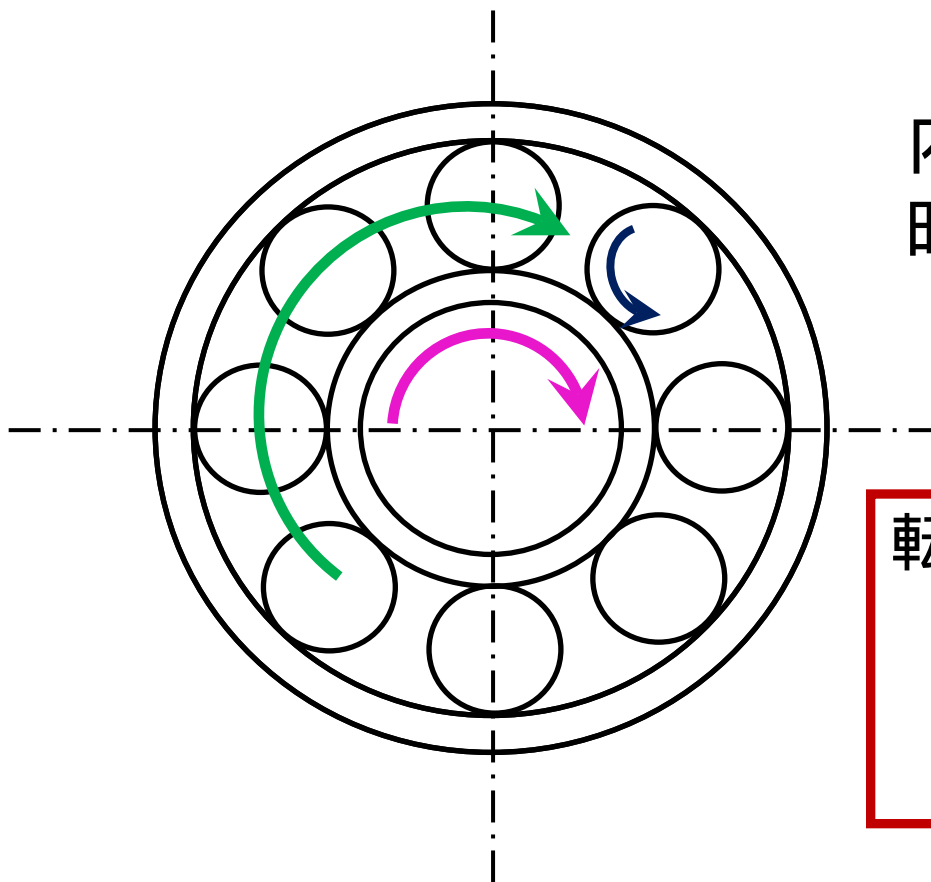


だから、転がる

基本的な使い方は、

- ・外輪をハウジングに固定し、
- ・内輪に軸を入れて

回転させる



内輪を右方向に回転させた
時の、転動体の運動を考える

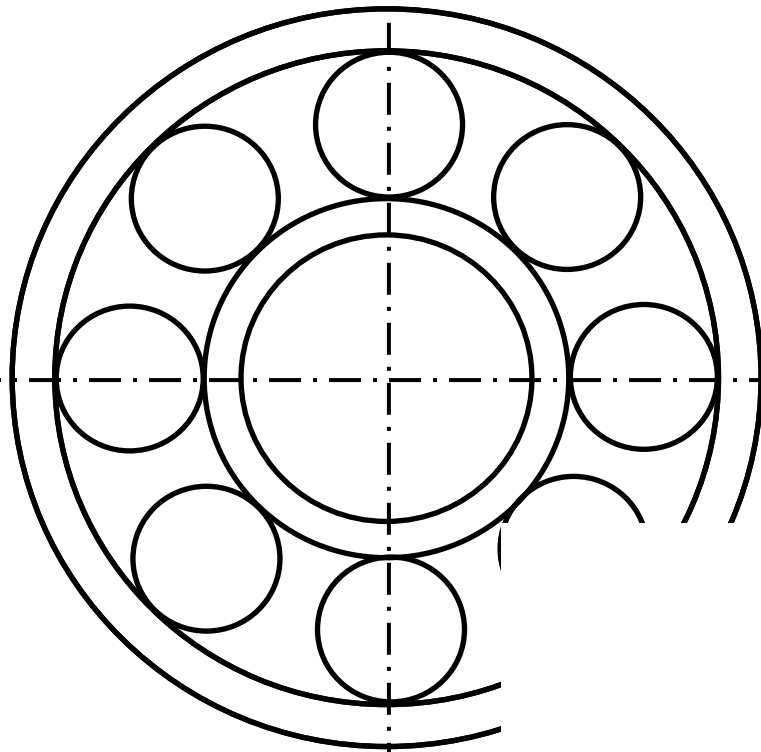


転動体は、

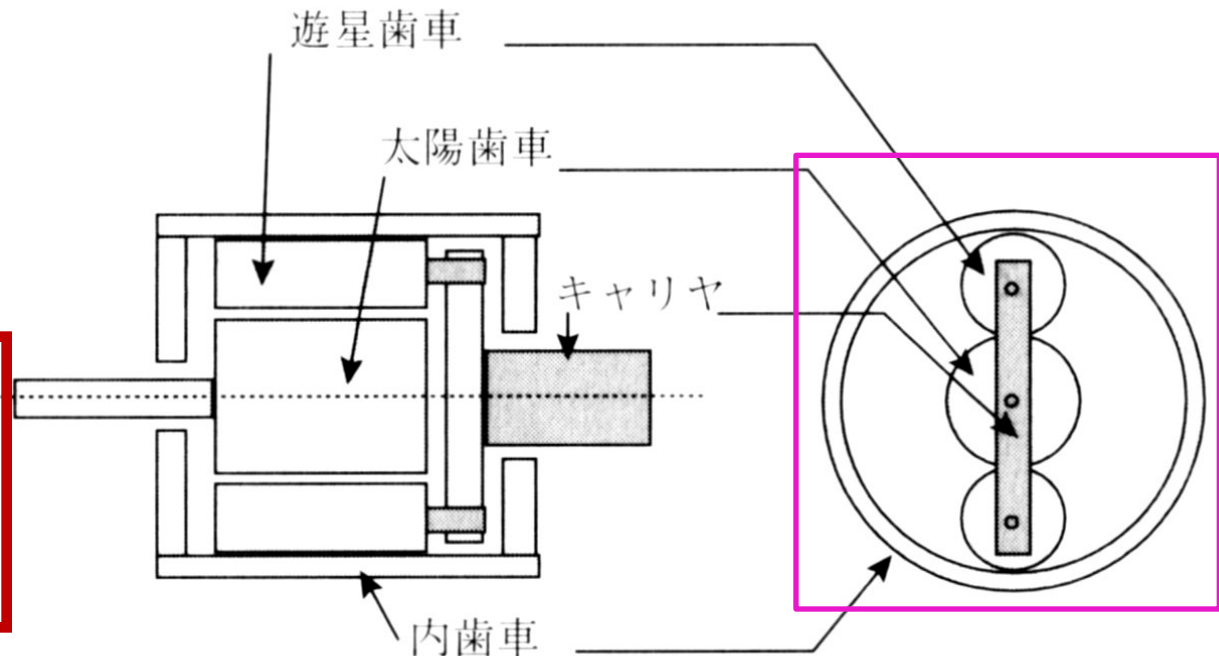
自転 (青矢印) しながら、
公転 (緑矢印) する

この断面図は、何かと似ている

外 輪：内歯車
転動体：遊星歯車
内 輪：太陽歯車
転動体公転：腕の回転



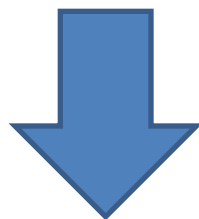
遊星歯車機構



要は、摩擦駆動の
遊星歯車装置と
考えればよい

寸法関係は？

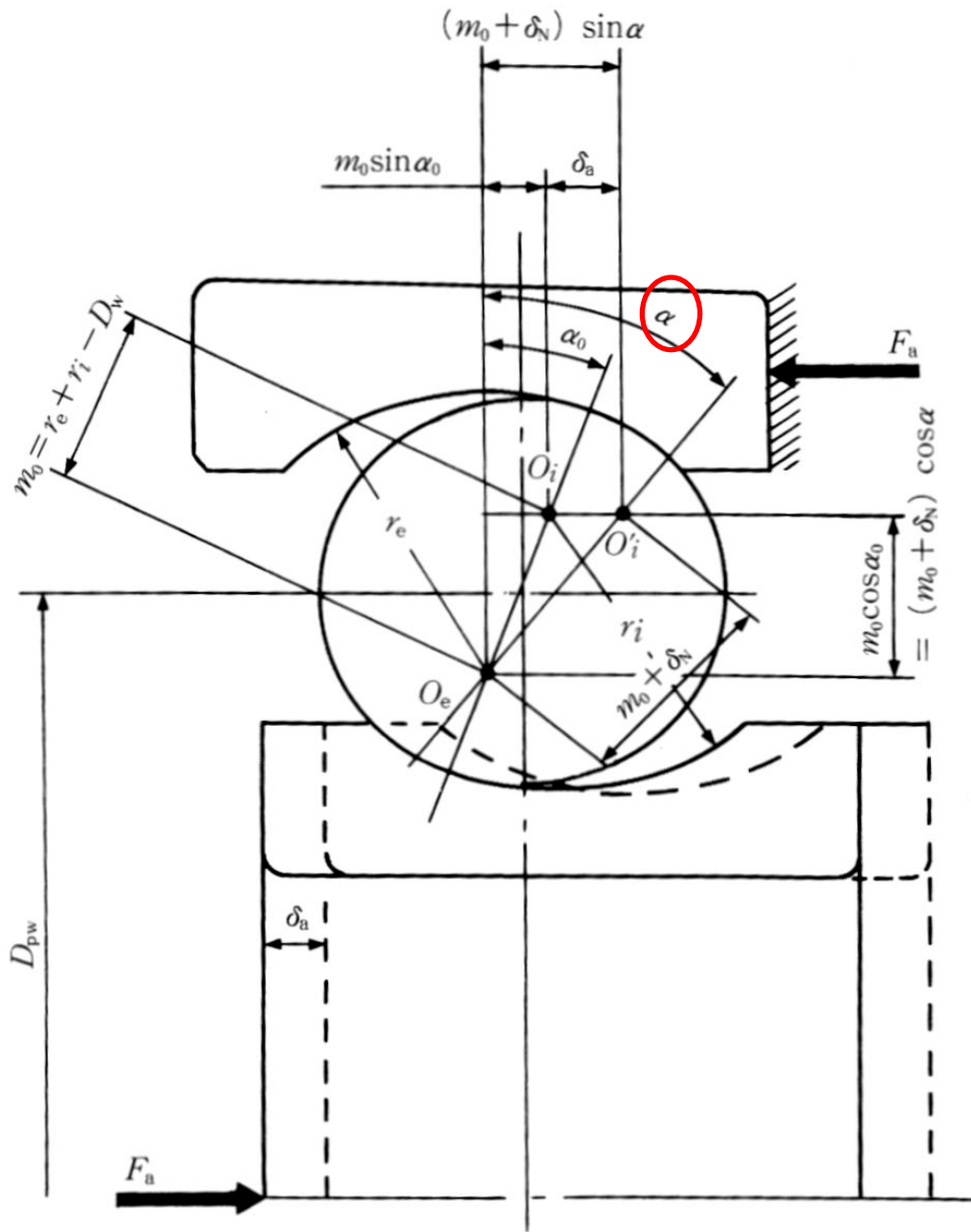
歯車は、 $d=mz$ で表現できた
寸法関係は、モジュール(m)と歯数(z)で決まる



転がり軸受では、
転動体直径 (D_w)
転動体ピッチ円直径 (D_{pw})
[接触角 (α)]

で表現できる。

接触角 α とは？



玉軸受には、回転を安定させるために予圧(アキシアル方向の力)を付与する。予圧が加わると、玉軸受内部は、左図のようになり、内輪、外輪の接触点を結んだ軸が垂直ではなく、傾き α をもつようになる

転動体の運動は、次の式で与えられる

$$\text{自転数 } n_a = \left(\frac{D_{pw}}{D_w} - \frac{D_w \cos^2 \alpha}{D_{pw}} \right) \frac{n_e - n_i}{2}$$

公転数（保持器回転数）

$$n_c = \left(1 - \frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}} \right) \frac{n_i}{2} + \left(1 + \frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}} \right) \frac{n_e}{2}$$

ここで、 n_i : 内輪回転速度 (min^{-1})、 n_e : 外輪回転速度 (min^{-1})

また、固定する軌道輪の回転速度は、0とする。

(二次元平面問題とすれば、 $\alpha=0$ としてよい)

標準的な玉軸受の内部設計は、外形寸法に対して

$$D_{pw} = (D + d)/2$$

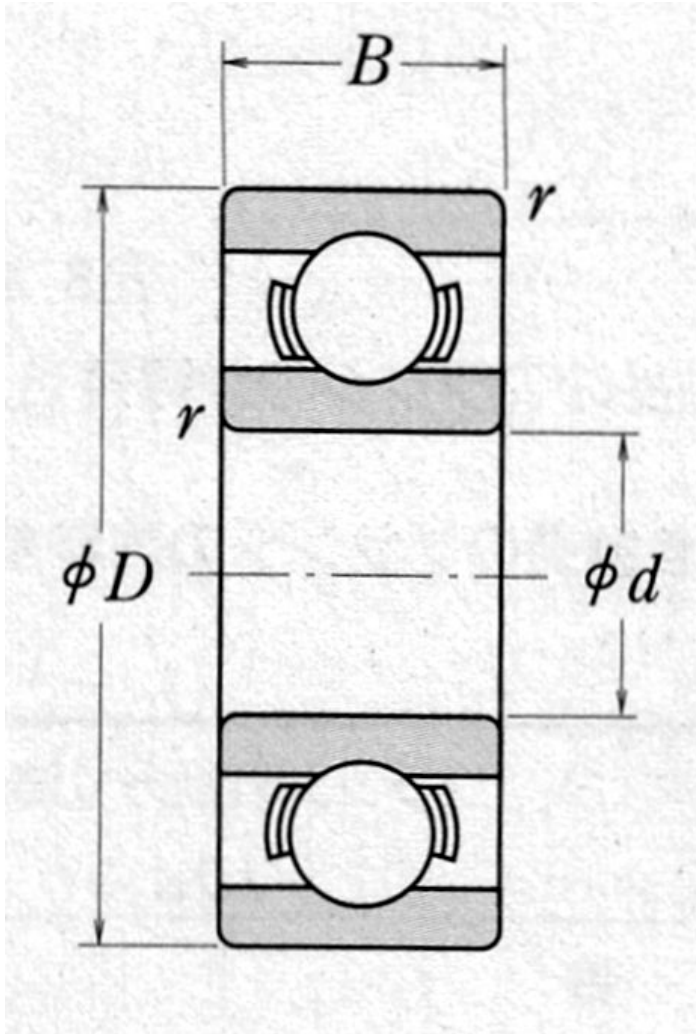
$$D_w = (D - d)/4$$

となっているので、 $\alpha=0$ とすると
 転動体公転速度は、

$$n_c = 0.4n_i$$

$$n_c = 0.6n_e$$

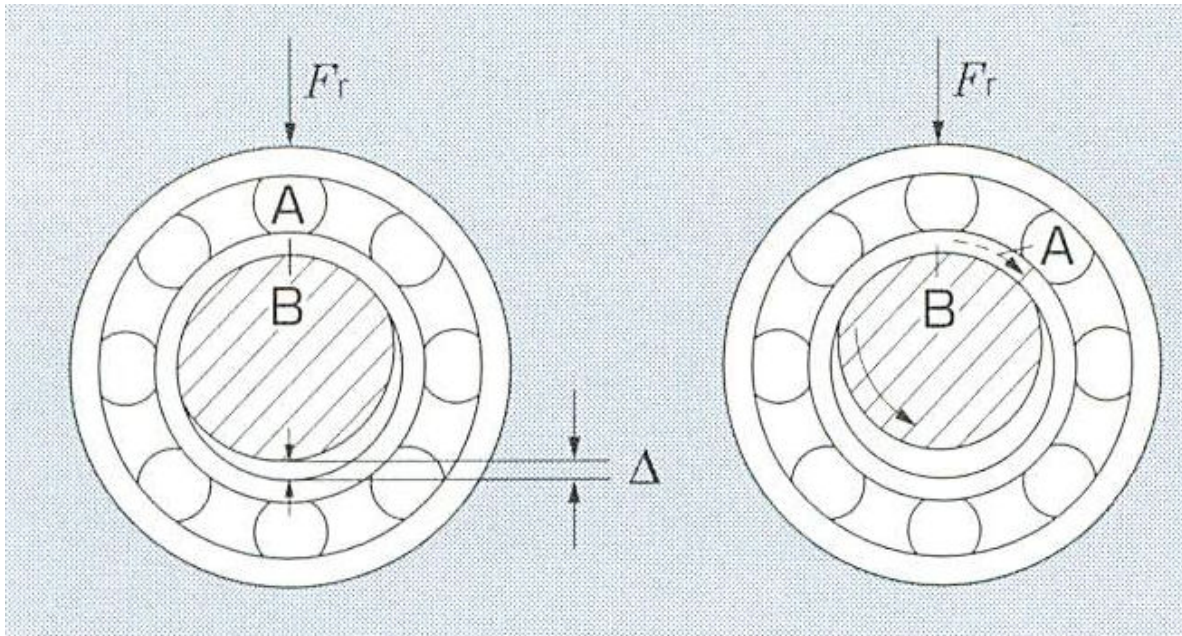
となる





軸受の不具合と機構学

軸と内輪の間にすきまがある場合には、接触部に微小滑りが生じ、軸と内径面に摩耗が発生する



動作原理については内面 / 外面接触の摩擦伝導と同じ原理で説明できる

⇕ 矛盾

しかし、接触部で滑りがないのであれば、摩耗は生じないはず

クリープ現象