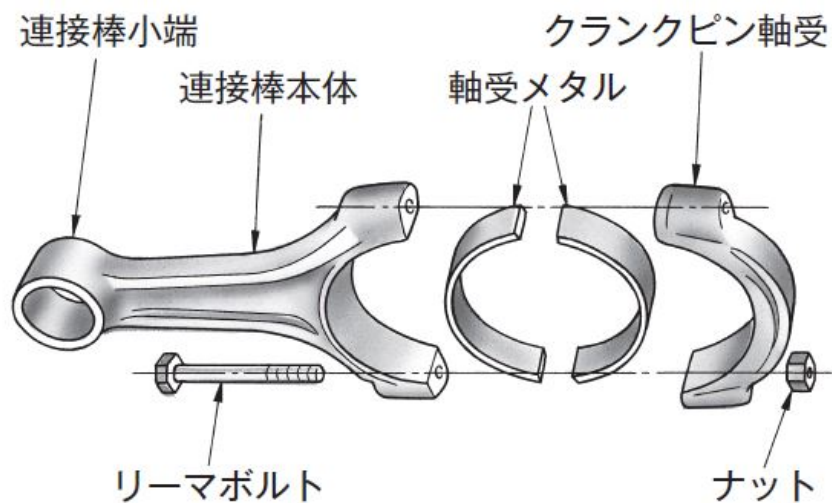


7.3 滑り軸受 (トライボロジー学会では、すべり軸受)

7.3.1 作用する力から見た種類

(1) ラジアル軸受 → ジャーナル軸受



軸受メタルの要求性能

熱伝導がよく、焼き付きにくい
疲労、圧縮に対する強さが大きい
摩擦や摩耗が少ない
耐食性がよい

表 7-5 滑り軸受用金属材料

軸受材料	硬さ HBW ^④	軸の最小 硬さ HBW	最大許容 圧力 p_a [MPa]	最高許容 温度 [°C]
砲金	50~100	200	7~20	200
黄銅	80~150	200	7~20	200
りん青銅	100~200	300	15~60	250
Sn基ホワイトメタル	20~30	< 150	6~10	150

非金属材料: グラファイト(黒鉛)、プラスチックなど

含油軸受: 内部に潤滑油を染みこませた軸受

樹脂系ベアリング



複層系ベアリング



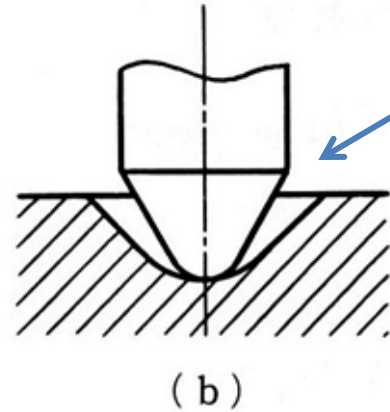
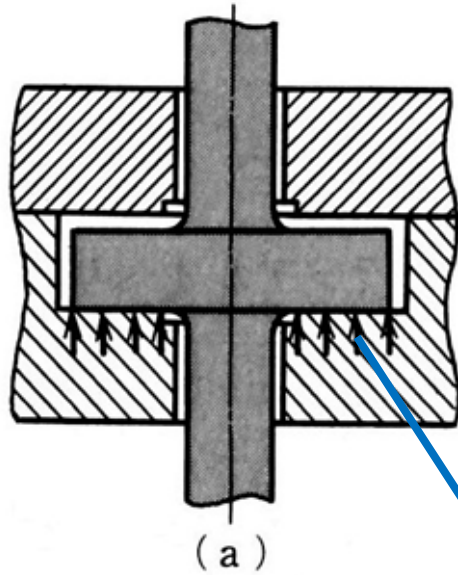
滑り軸受は
潤滑油の
補給が必要

金属系ベアリング

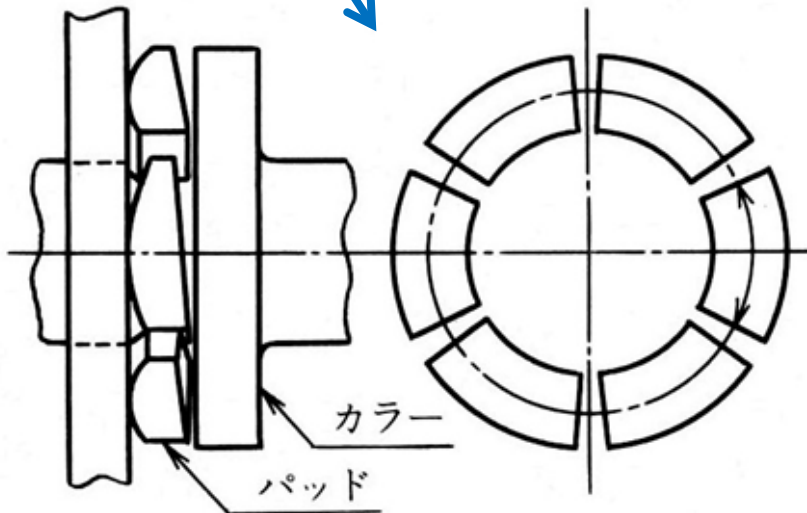


(2) スラスト軸受

軸方向の荷重を支持する



計器や機械式時計



スラスト面の構造の例
(発生圧力を強くする)

7.3.2 構造から見た種類

(1) 動圧軸受

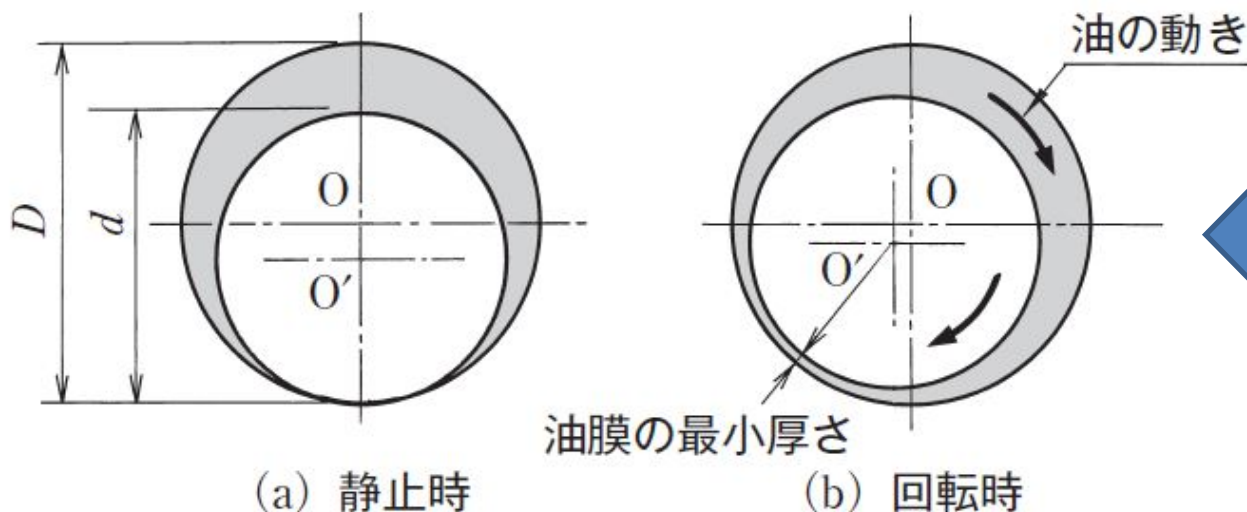
静止時は接触



動圧軸受: 軸が回転することによって、**自ら圧力を発生し、外力を支持する**

真円軸受の原理

静止時には軸は穴の垂直軸線の位置にある
軸が回転すると軸表面近傍の油は回転に巻き込まれる
広いすきまから狭いすきまへ導かれる際に高圧を発生する(流体力学の連続の式)
軸が浮上する(非接触で回転続ける)

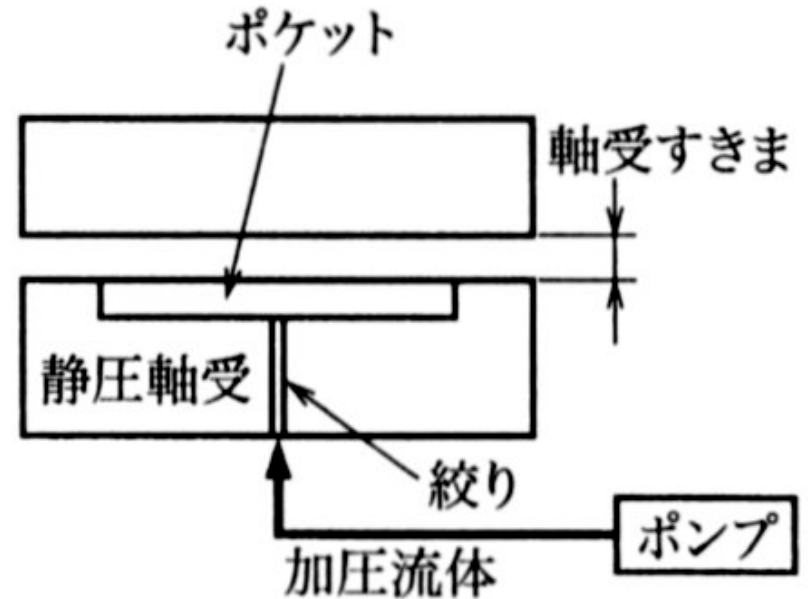
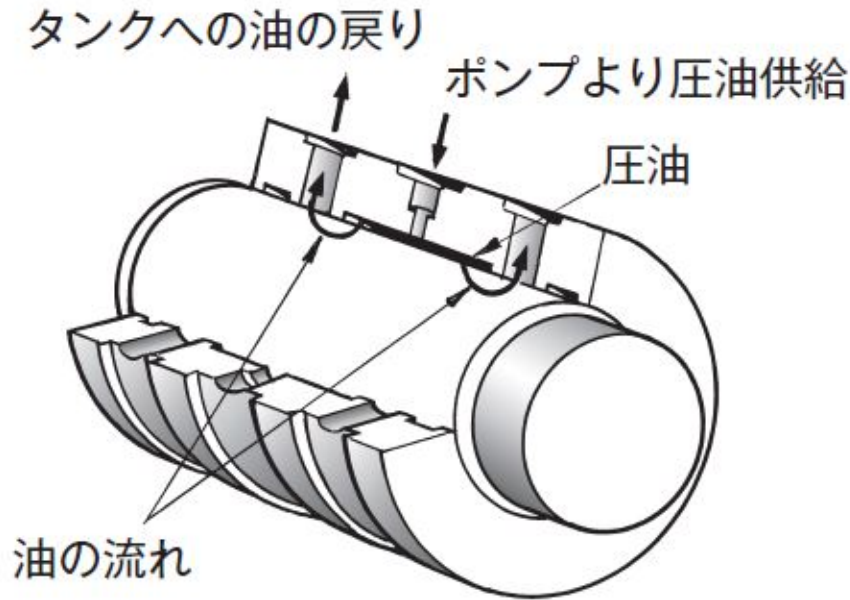


くさび作用

(2) 静圧軸受

← 静止時も浮上

静圧軸受：すきまに外部から圧縮流体を注入することで外力を支持する



特徴

- ・ 起動時や低速でも低摩擦
- ・ 高回転精度
- ・ ポンプなどがランニングコストが必要

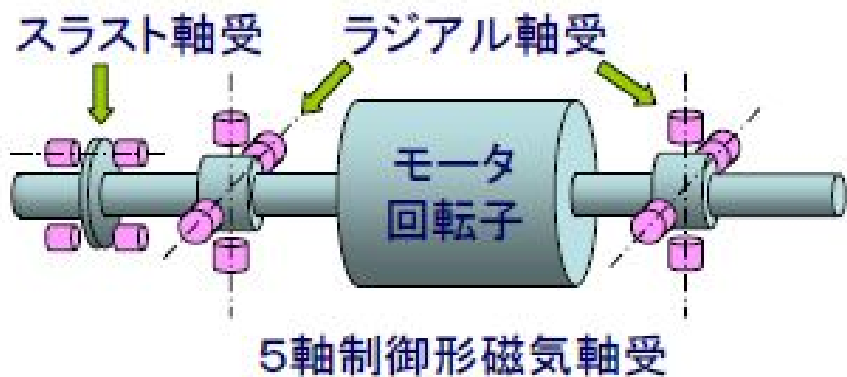
絞り形式としては、
オリフィス絞り
表面絞り
多孔質絞り

← 流量を減らして
圧力を高める

(3) 磁気軸受

電磁石の磁力で軸を浮上させる

- 利点:** 電子制御をするため、負荷が変化しても軸心位置を補正できる(制御することにより変化に対応可能)
滑り軸受とは違い、すきまに流体は必要ない
- 欠点:** 軸受本体よりも制御機器の方が大がかり
センサ等が複数必要となり、非常に高価



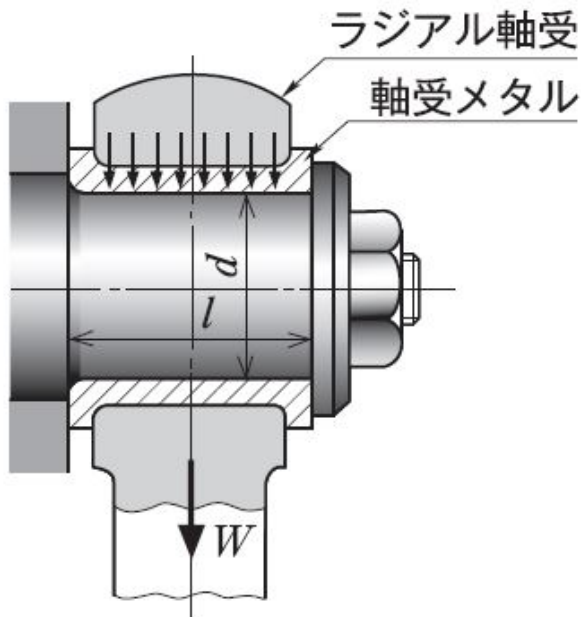
磁気軸受の構造



市販されている磁気軸受

7.3.3 ラジアル滑り軸受の設計

(1) ジャーナルの曲げ強さ



軸受部に荷重 W が加わった場合の曲げモーメントに耐えるために必要な軸径

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_a}} = \sqrt[3]{\frac{32Wl}{2\pi\sigma_a}} = \sqrt[3]{\frac{16Wl}{\pi\sigma_a}}$$

σ_a : 許容曲げ応力

(2) 軸受圧力: 荷重/ジャーナルの投影面積 (直径 × 幅)

$$p = \frac{W}{dl} \leq p_a$$

軸受圧力が大きくなると、**摩耗の増加**、**焼付き**が生じやすくなる

p_a : 最大許容圧力

(3) 幅径比 = l/d

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16Wl}{\pi\sigma_a}} = \sqrt[3]{\frac{16pdl^2}{\pi\sigma_a}} \quad \leftarrow \quad W = pdl$$

$$\frac{l}{d} \leq \sqrt{\frac{\pi\sigma_a}{16p}}$$

幅径比は使用部位、運転条件などにより、**標準的な経験値**がある

(4) 最大許容圧力速度係数

発熱を考慮した設計パラメータ → **pv値**として表す

$$pv = \frac{Wv}{dl} = \frac{W}{dl} \cdot \frac{\pi dn}{1000 \times 60}$$

$n: \text{min}^{-1}$

摩擦仕事として計算できる

(2) ~ (4)の設計パラメータの標準的な値 (+ 軸受すきま)

機 械	最大許容圧力 p_a [MPa]	最大許容圧力 速度係数 pv [MPa·m/s]	標準すきま比 $\frac{D-d}{d}$	標準幅径比 $\frac{l}{d}$
遠心ポンプ	1~1.5	2~3	0.0013	0.5~2
伝動軸	1	1~2	0.001	2~3
工作機械	0.5~2	0.5~1	< 0.001	1~4
減速歯車	0.5~2	5~10	0.001	2~4

例題 3

$W = 2 \text{ kN}$ の荷重を受け, $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ で回転する鋼製伝動軸の端ジャーナルの直径 d と幅 l を求めよ。軸の許容曲げ応力 σ_a を 45 MPa , $pv = 1.5 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$ とする。

解答

ジャーナルの幅 l は、式 (7-9) から、

$$l = \frac{W}{pv} \cdot \frac{\pi n}{1000 \times 60} = \frac{2000 \times \pi \times 1000}{1.5 \times 1000 \times 60} = 69.81$$
$$\doteq 70 \text{ [mm]}$$

ジャーナルの曲げ強さによる直径 d は、式 (7-5) から、

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16Wl}{\pi\sigma_a}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 2000 \times 70}{\pi \times 45}} = 25.1 \text{ [mm]}$$

表 7-6 を参考に、幅径比を $\frac{l}{d} = 2$ とすれば、

$$d = \frac{l}{2} = \frac{70}{2} = 35 \text{ [mm]}$$

となる。表 6-2 から $d = 35 \text{ mm}$ とすれば、ジャーナルの曲げ強さから求めた直径 25.1 mm より大きくなり、じゅうぶんな強さをもつ。式 (7-6) から、

$$p = \frac{W}{dl} = \frac{2000}{70 \times 35} = 0.82 \text{ [MPa]}$$

これは、表 7-6 の最大許容圧力 p_a を超えていない。

答 $d = 35 \text{ mm}$, $l = 70 \text{ mm}$

7.4 滑り軸受の潤滑

(1) 軸受すきま

滑り軸受は、すきまに潤滑油が入って油膜を形成する

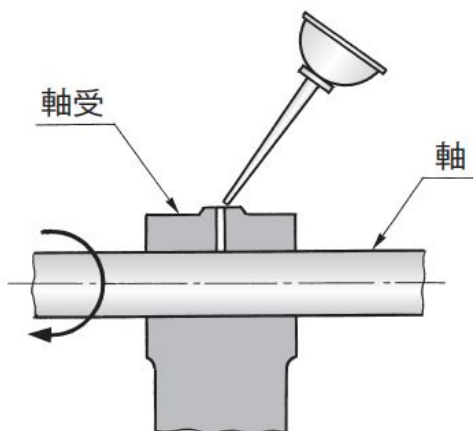


軸受すきまは必須であり、すきまが無くなれば焼付く

$$\frac{D - d}{d}$$

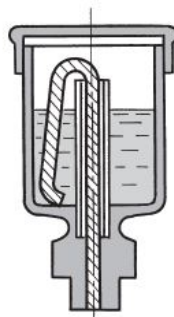
: 軸受すきま比 → 標準値は表7-6

(2) 潤滑法



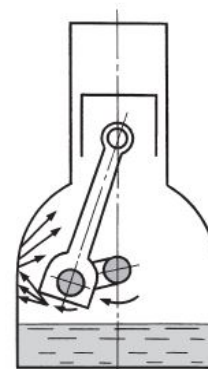
手差し注油器で適時給油。
軽荷重、低速用。

(a) 手差し法



オイルカップで、ほぼ一定量を
を常時給油。軽・中荷重用。

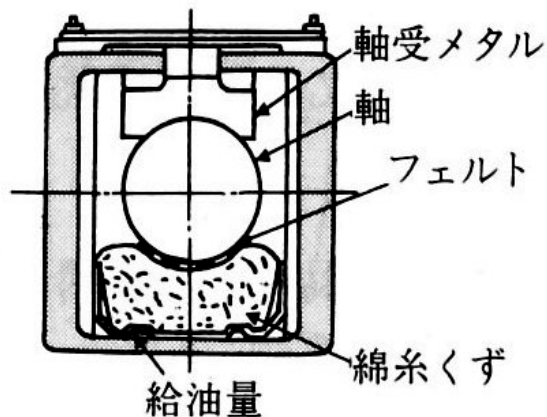
(b) 灯心給油法^③



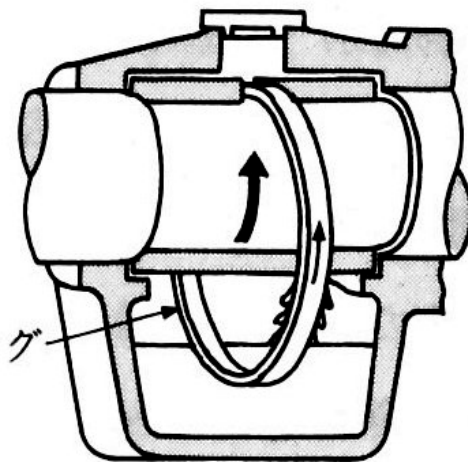
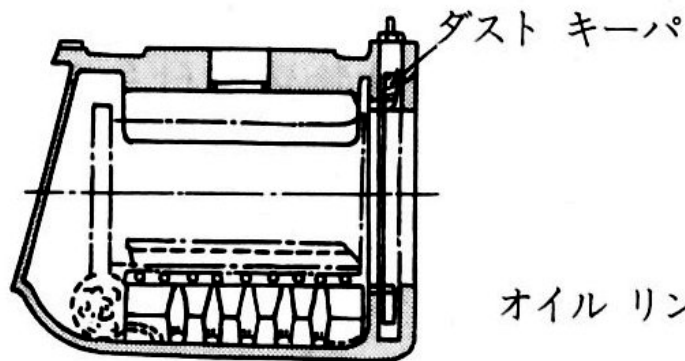
油だめの油をはねかけて
給油。

(c) はねかけ法¹

潤滑法(2)



(a) パッド潤滑³⁹⁾

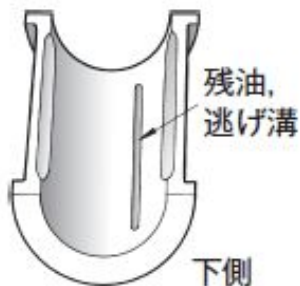
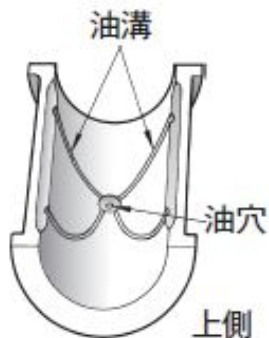


(b) リング潤滑³⁹⁾

(3) 潤滑剤

表 7-7 工業用潤滑油のおもな種類と用途

種類	特徴	おもな用途
マシン油	潤滑性能がよく、広く用いられている。	各種機械の潤滑
タービン油	さび止め、水分離性にすぐれている。	タービンなどの軸受の潤滑
軸受油	さび止め、耐摩耗性にすぐれている。	各種機械の軸受の潤滑
ギヤ油	酸化安定性、さび止め、水分離性、極圧性にすぐれている。	密閉歯車の潤滑



7.4 直動軸受 (リニア軸受)

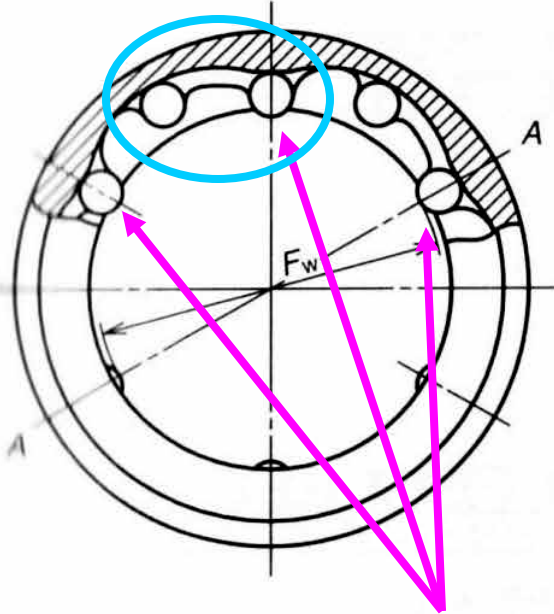
(1) 直動玉軸受 (リニアボールブッシュ)

特徴：直動と回転が可能 (2自由度)
(スプラインは直動のみ)

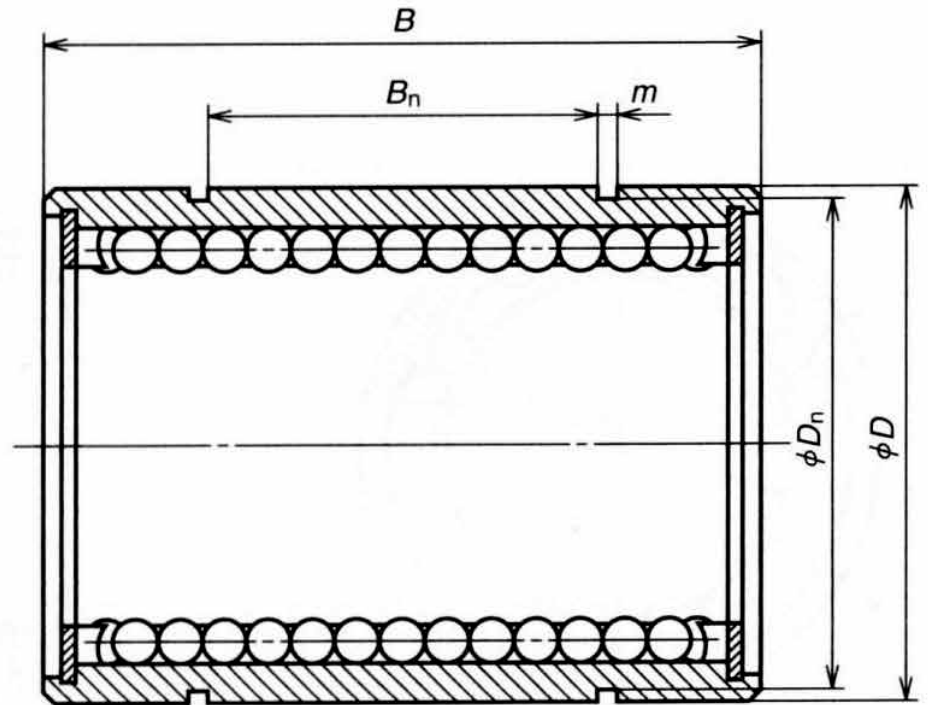


ボールブッシュの構造

このペアで循環



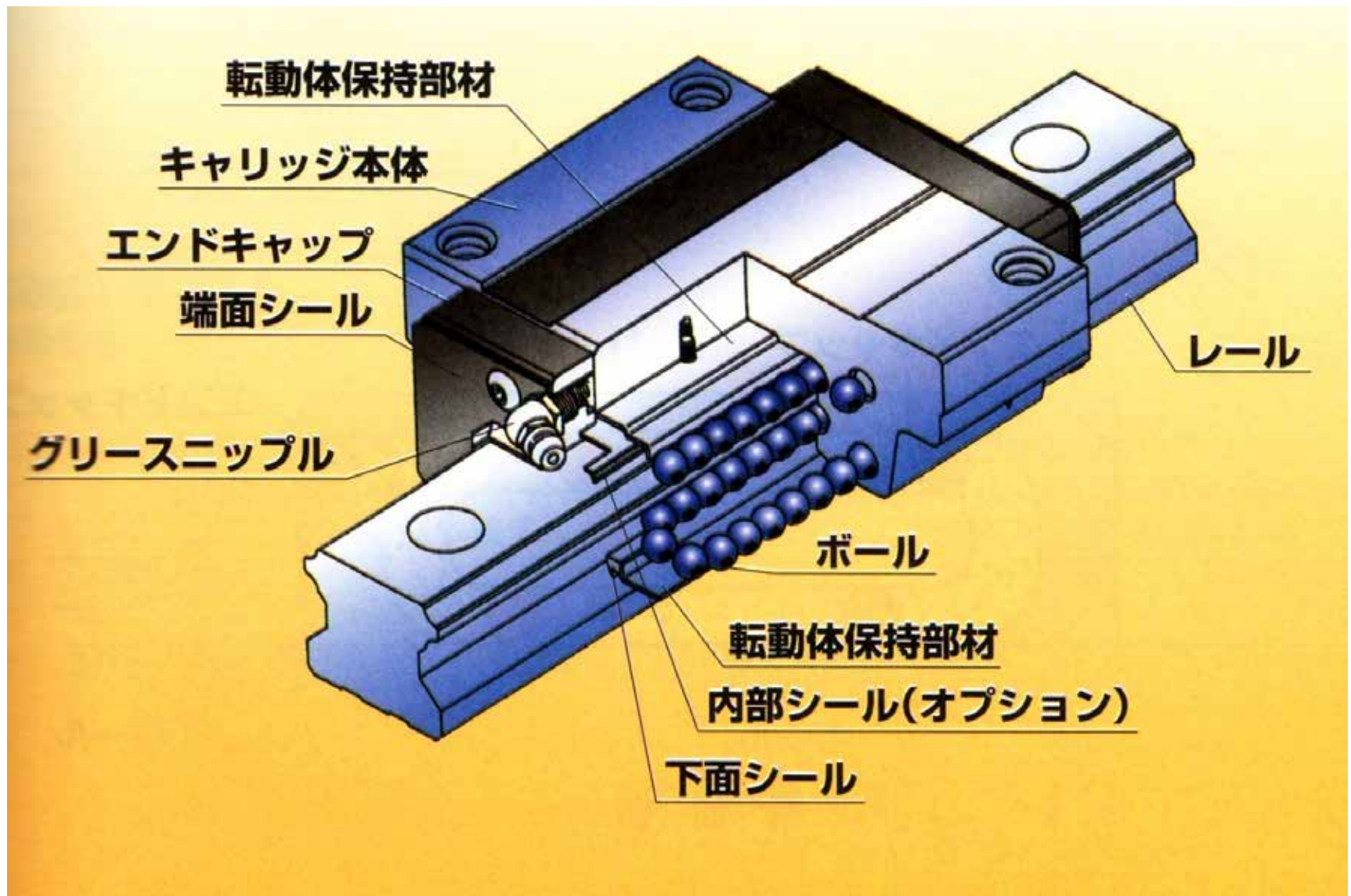
軸と接触

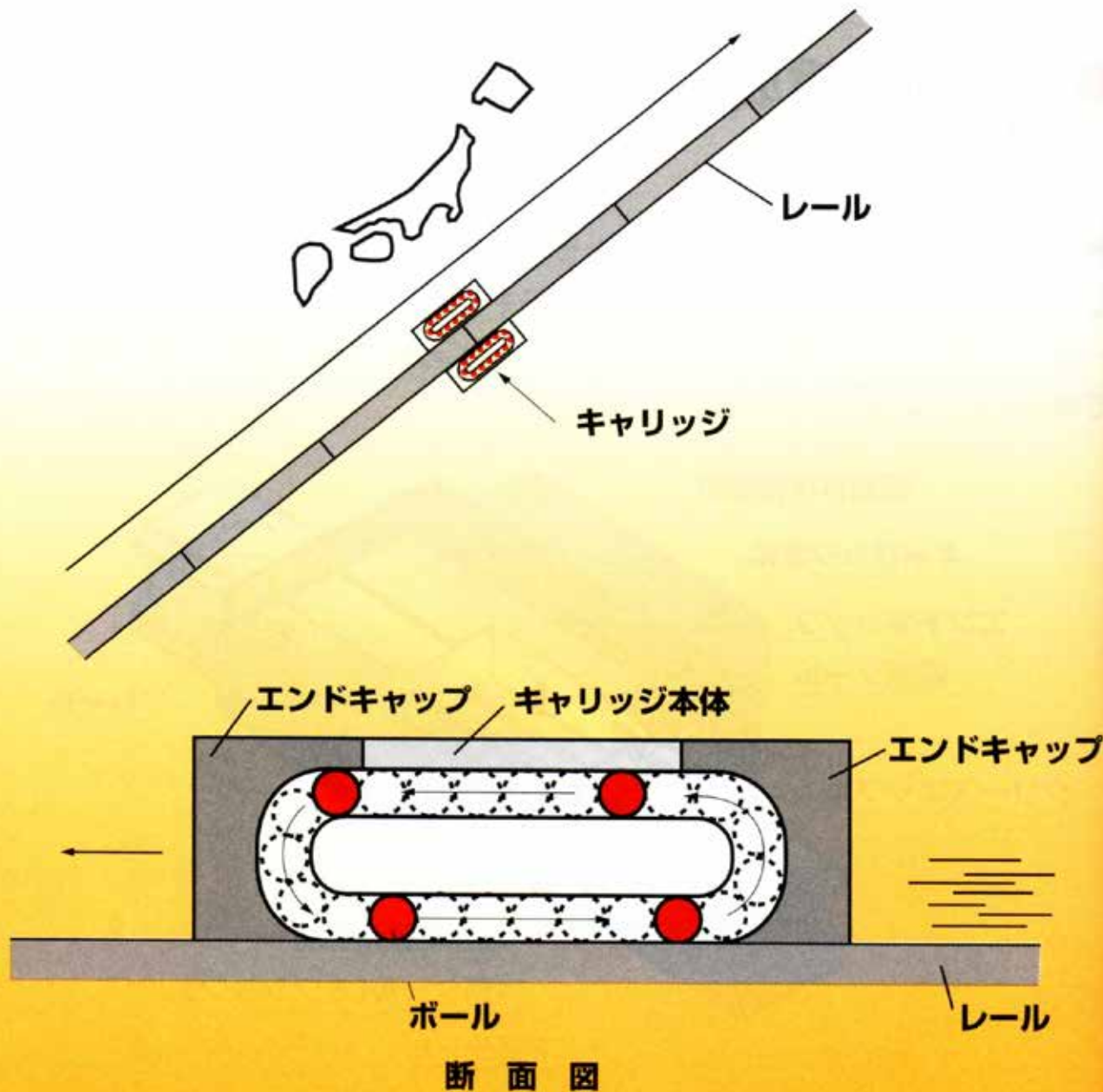


断面 A-A

止め輪溝

(2) リニアボールガイド

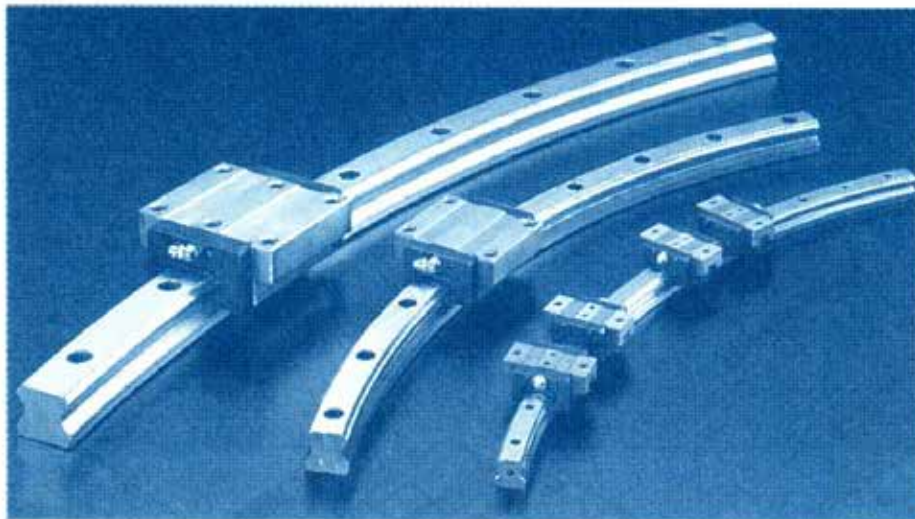




転動体は
循環する



レールを延ばせば(つなげば)、
どこまでも!

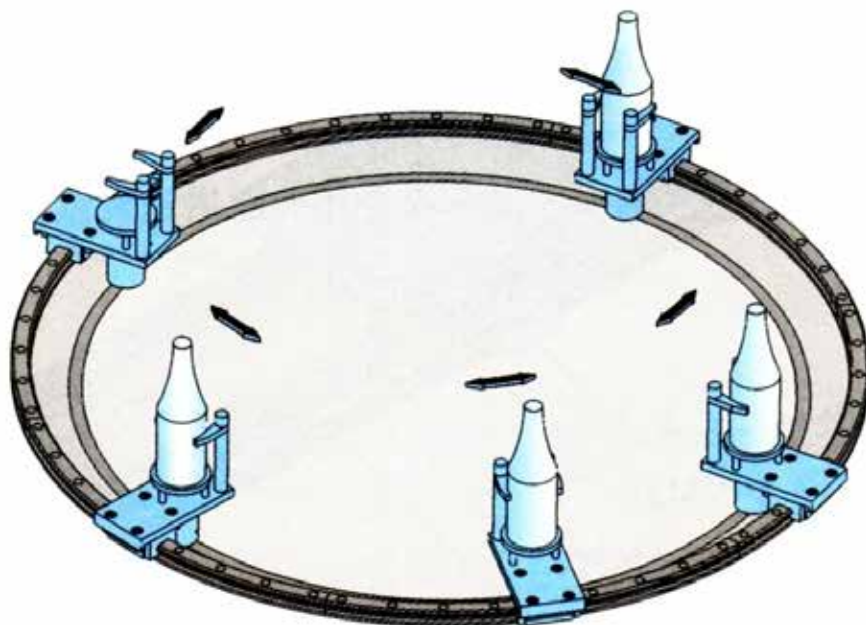


円弧用ガイド

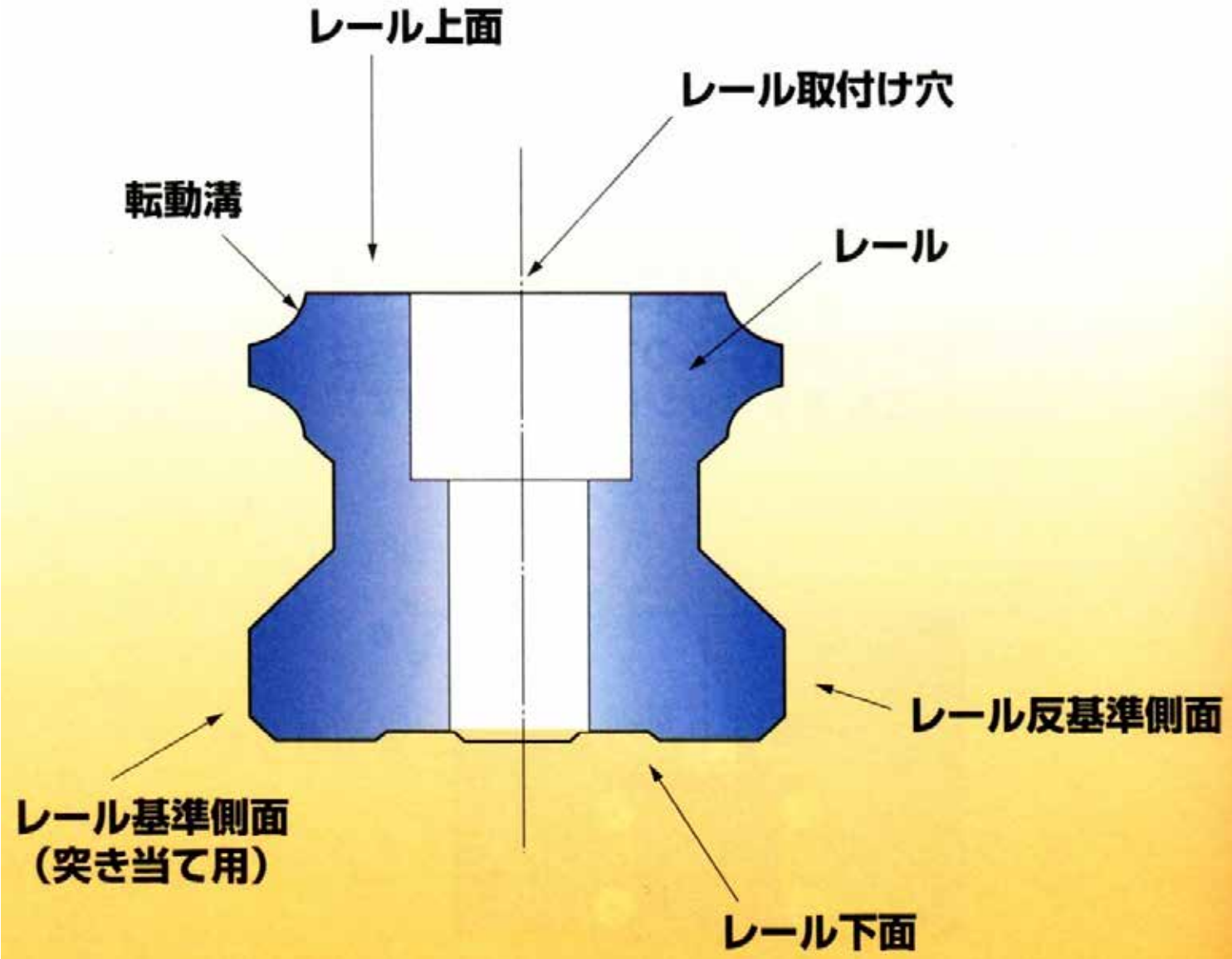
緩やかな曲率ならば、
円弧運動も可能



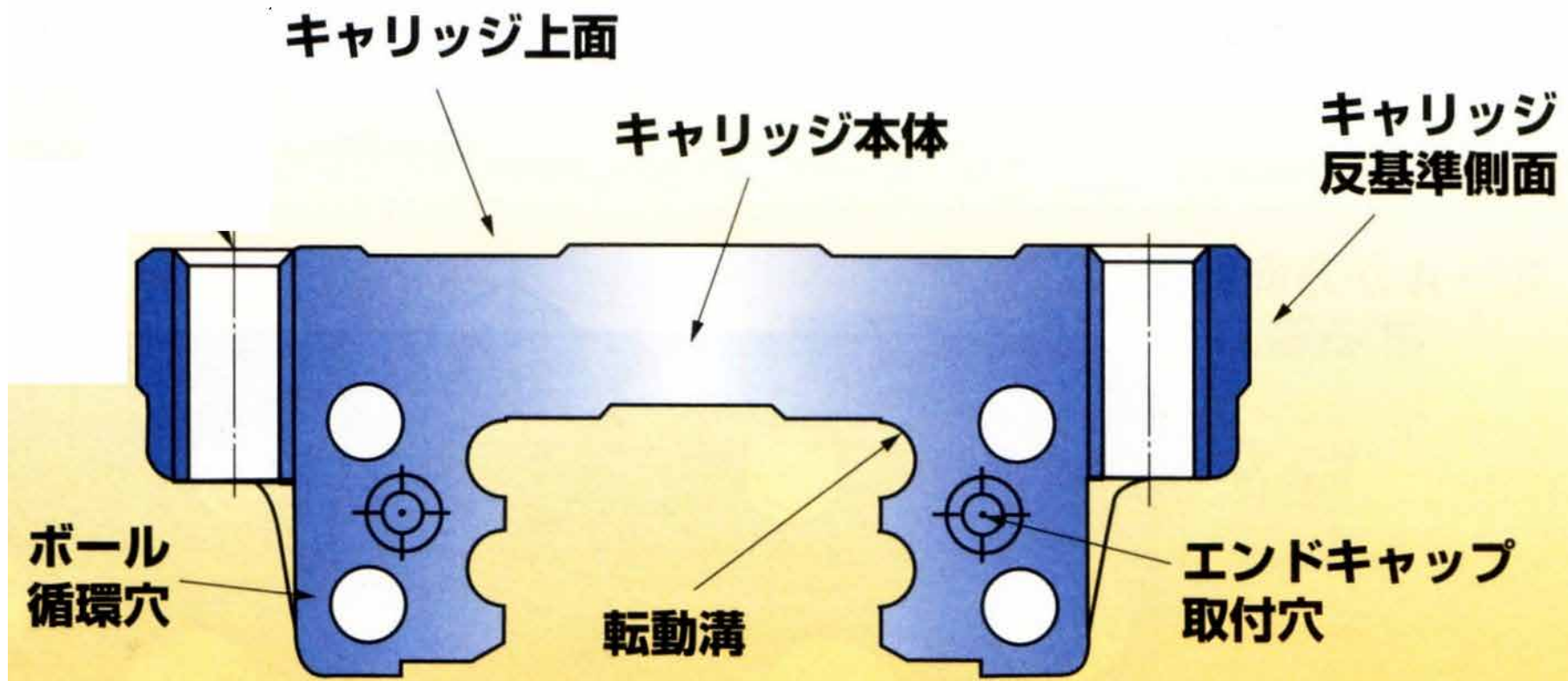
つないで大きな円
も可能



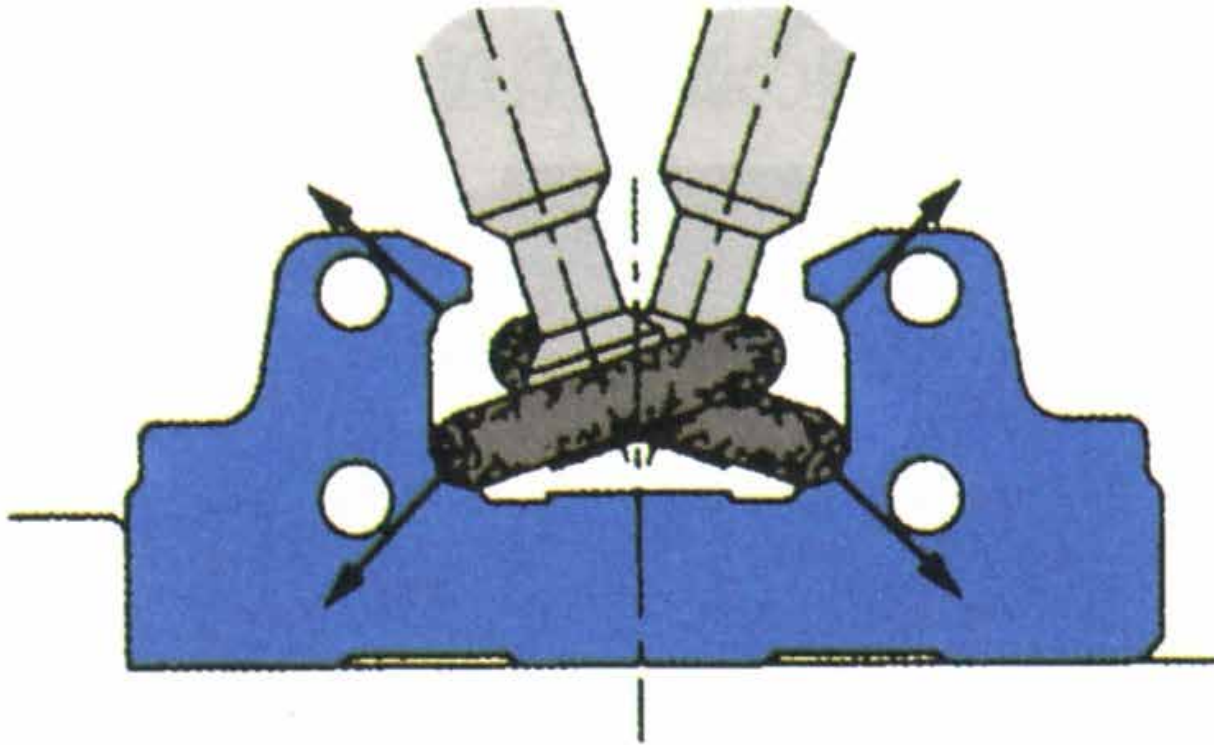
レール構造



スライダ構造



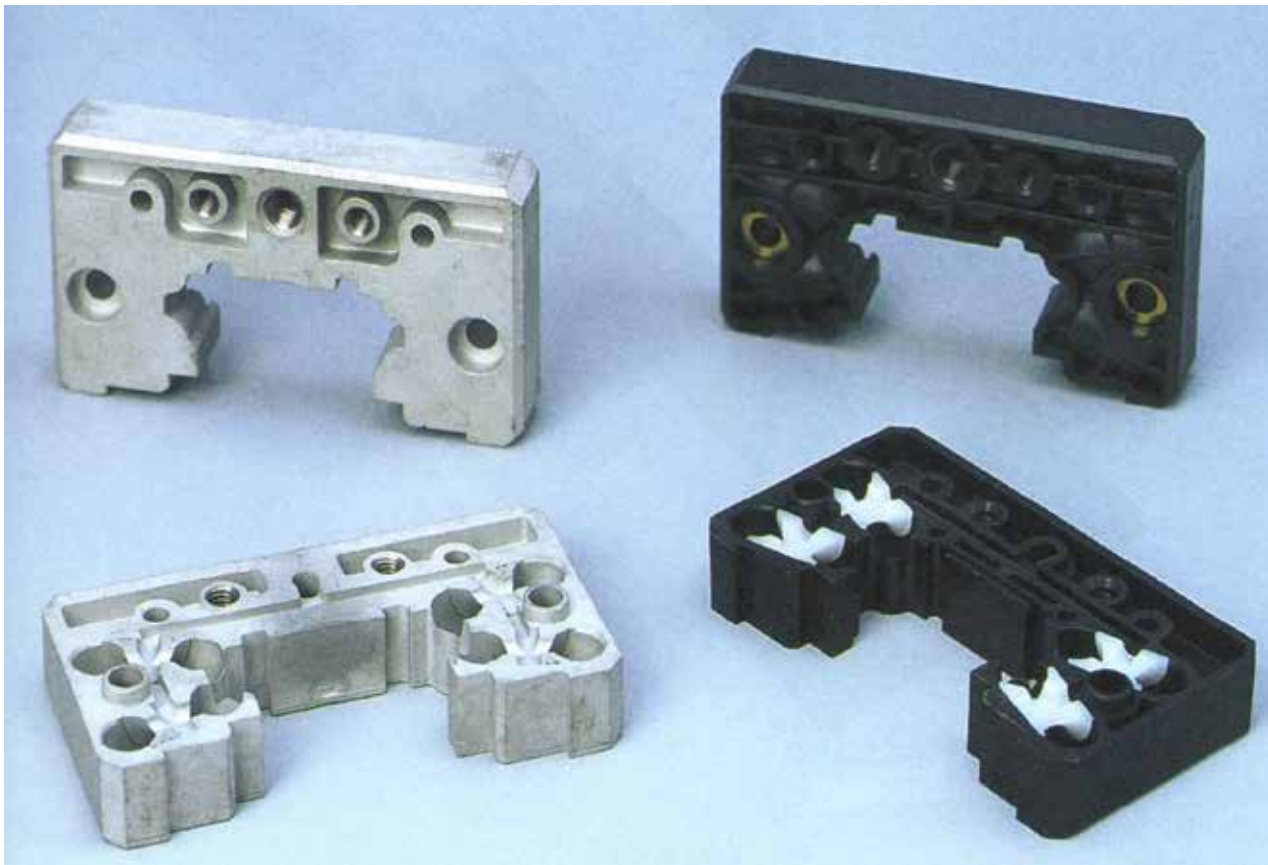
溝加工法



複数個並べてチャックし、同時に研磨する

エンドキャップ

スライダの両端面に装着され、転動体を循環させる

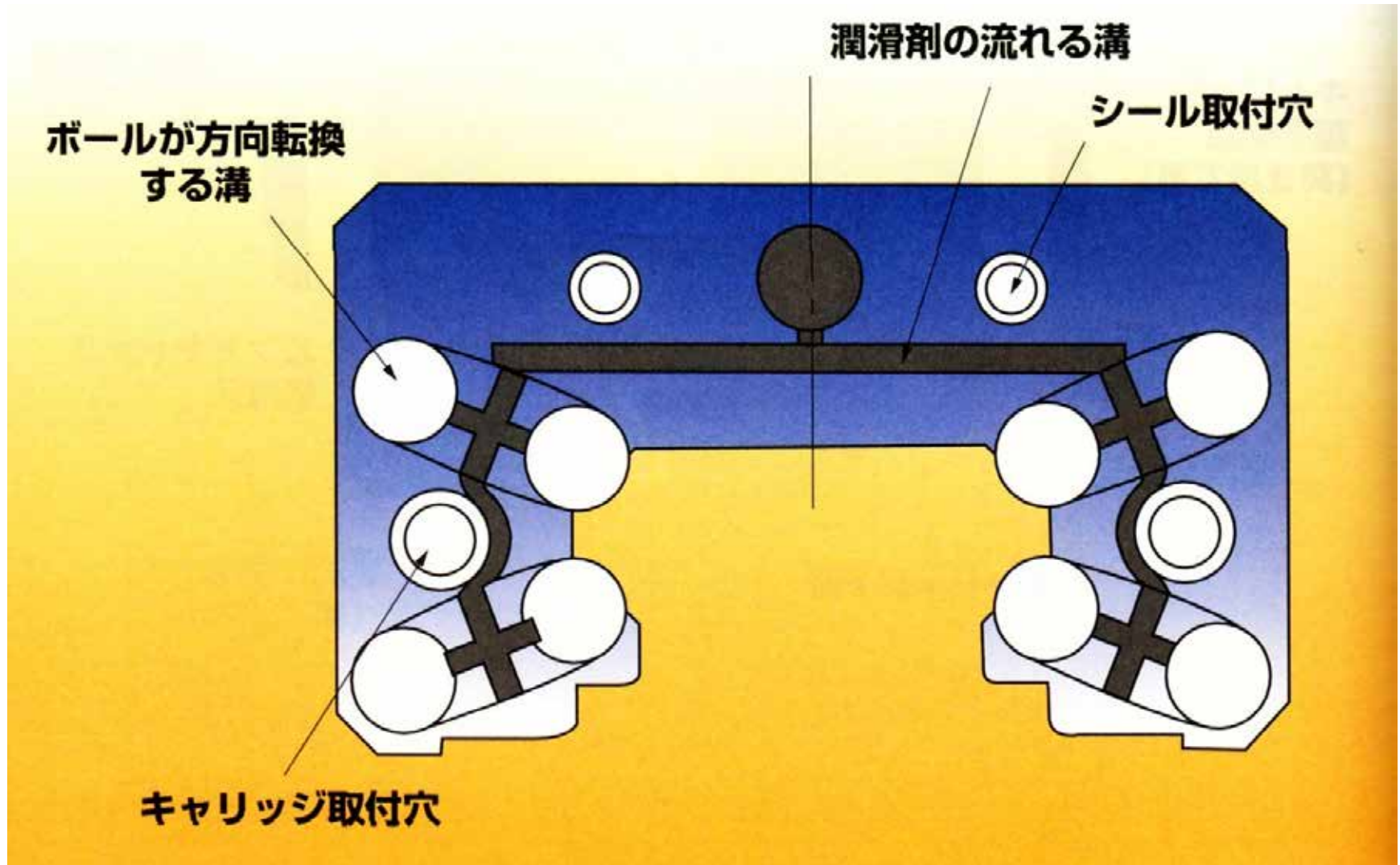


最近では、樹脂
成型品が多い



コストダウン
騒音対策

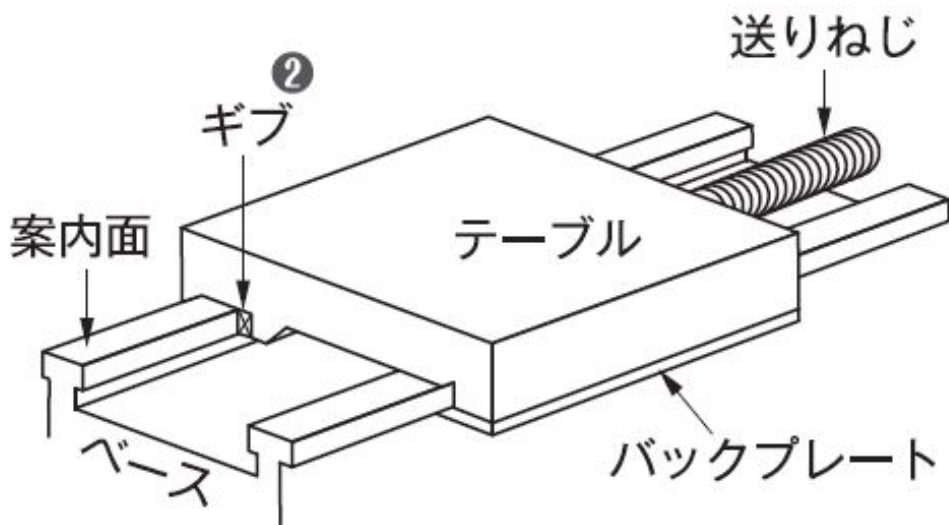
スライダとエンドキャップの組立



(3) 滑り直動案内

面対抗 + 潤滑油で直動案内

→ 工作機械の送り案内などに使われている

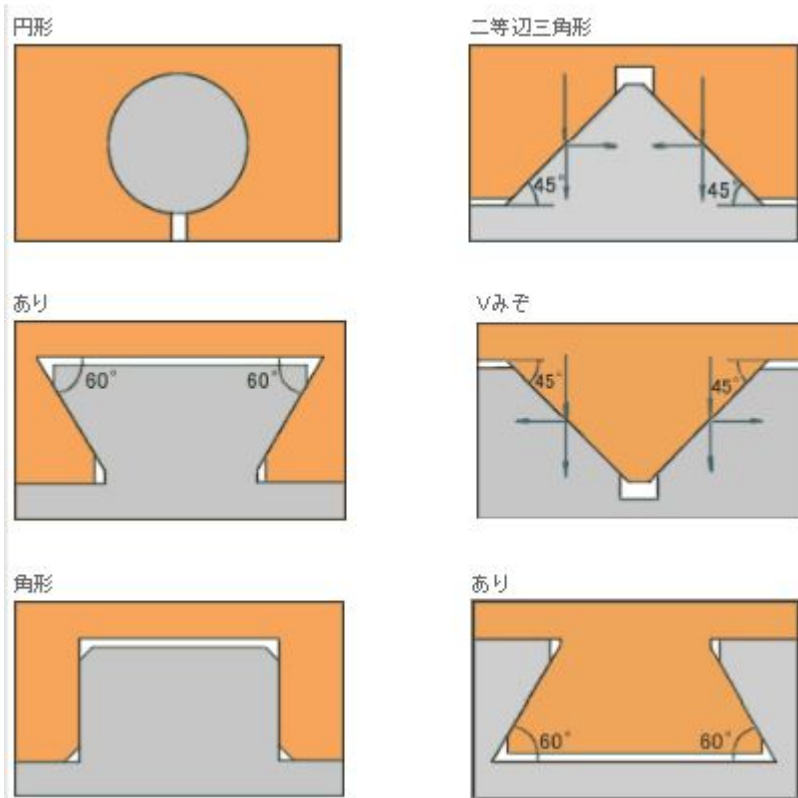


負荷容量を向上させる工夫

しゅう動方向



案内部分の断面形状

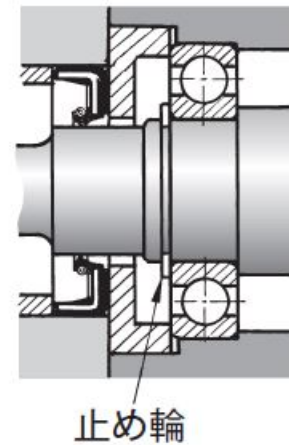
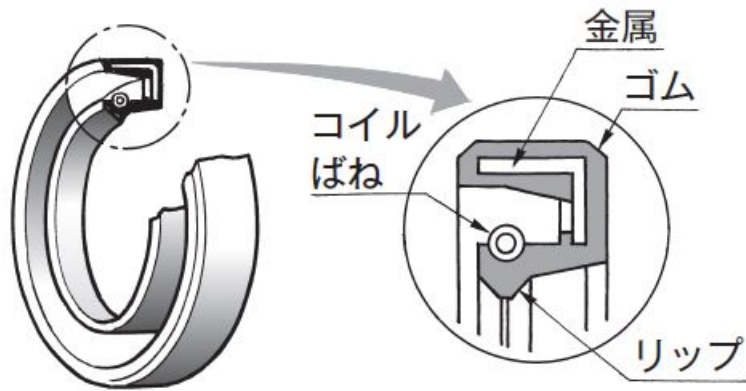


7.5 密封装置

内部からの漏洩と外部からの侵入防止

(1) オイルシール

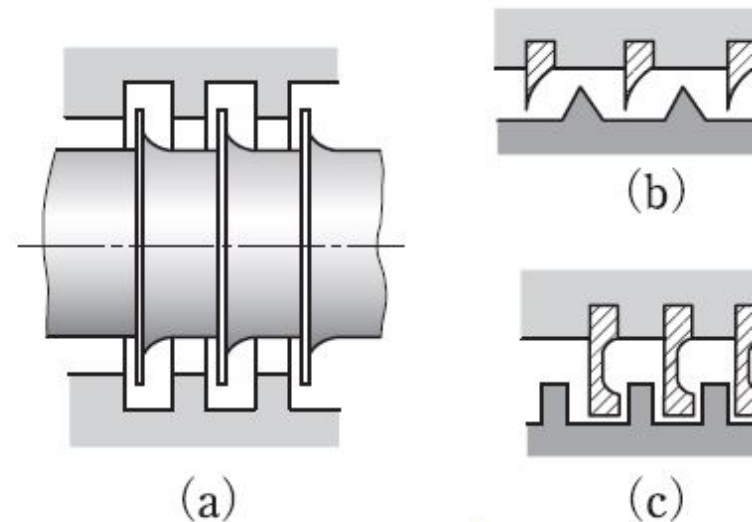
軸端に取付け、外界と内部を遮断する



(2) ラビリンスパッキン

曲折した狭いすきまを利用

→ 狭いすきまを迷路のようにして流体抵抗を大きくして、漏洩、侵入を防止する

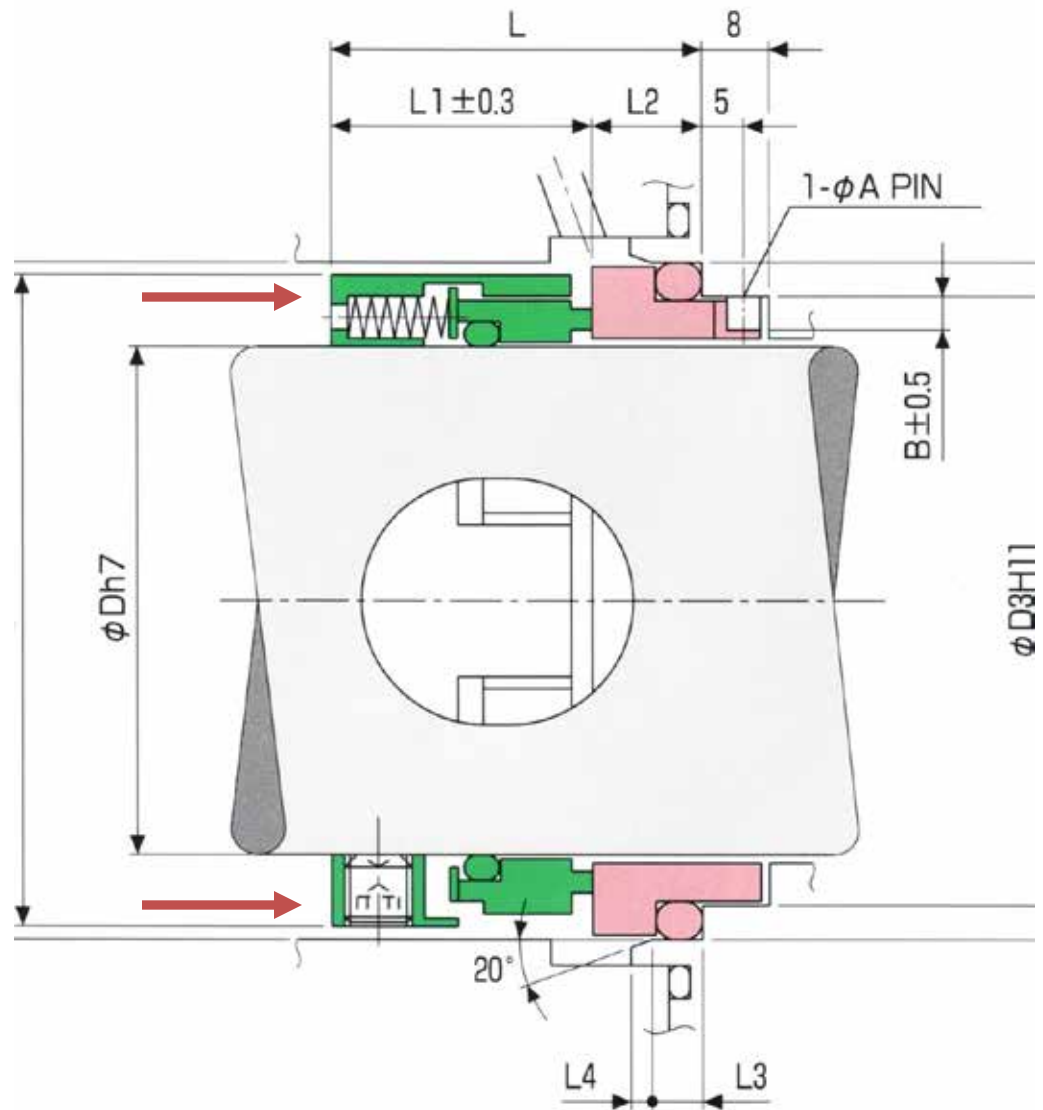


(3) メカニカルシール

軸方向に移動しない
シートリング (ピンク色)
の端面に, 軸方向に
移動できる従動リング
(緑色) を押し付けて
密封する構造



長期間安定した密封
特性が得られる



メカニカルシールの部品



今週の演習問題

テキストP160、問題5。
ただし、荷重を15kNではなく、
20kNとする。