

# ステアリングシステム用各種転がり軸受の概要

谷山 宗久

## Trends and Outlines of Rolling Bearings for Steering Systems

M. TANIYAMA

For steering system application, bearings are used in column, gear Ass'y, or pump.  
This report presents the type of bearings fit into each part, the characteristics of the used way.

- 1. はじめに
- 2. ステアリングシステムの種類
- 3. 各部位の軸受の使われ方と要求性能
  - 3.1 ステアリングコラム用軸受
  - 3.2 ステアリングギヤ用軸受
  - 3.3 ポンプ用軸受
- 4. 電動式パワーステアリング( EPS )用軸受
- 5. ステアリング用軸受の今後の動向
- 6. おわりに

### 1. はじめに

車には走る、曲がる、止まるといった基本的機能があるがそれらの1つ“曲がる”を分担するのがステアリング装置である。ステアリングはハンドルでの回転変位がステアリングギヤを介し車輪の回転に変換される機構であるが、その回転の各部位に各種の転がり軸受が使用されている。

本報ではステアリングの各部位に使用されている軸受の紹介、および動向について示す。

### 2. ステアリングシステムの種類

ステアリングシステムは一般に乗用車、RV車などにはラックピニオン式ステアリングが、トラック、フォークリフトなどの産業機械にはボールねじ式ステアリングが採用されている。両タイプにはそれぞれマニュアルタイプ、パワータイプがある。

ハンドルから操向輪へ至るまで下記部品で構成されている。

- ・ステアリングコラム
- ・ハンドルジョイント
- ・ステアリングギヤ

パワーステアリングシステムの場合にはこれらに、

- ・油圧ポンプ、リザーバタンク

・高、低圧ホース  
などが加わる。<sup>1)</sup>  
その中で軸受はステアリングコラム、ステアリングギヤ、ポンプに使用されている。

### 3. 各部位の軸受の使われ方と要求性能

軸受の要求性能は使用される部位によって多少異なるが、ステアリングコラム、ステアリングギヤといった操舵感に影響を及ぼす部位は、軸方向のがたを抑える必要がある。

#### 3.1 ステアリングコラム用軸受

コラム軸サポート用軸受として、アッパー側に玉軸受、ロア側に針状ころ軸受または玉軸受が使用されている(図1)。ロア側にはブッシュが使用されている場合もある。ハウジング(コラムチ

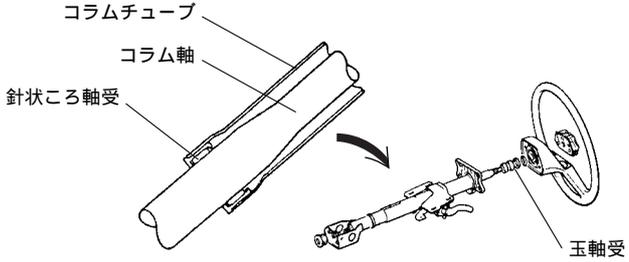


図1 コラム Ass'y 構造図  
Column Ass'y

ューブ)には一般にパイプ材が使用され、はめあいはハウジングはタイト、軸はルーズの組合せである。ハウジングにパイプ材を使用するため内径寸法差が広く、内径真円度もそれほど精度よく加工できないといった条件で軸受が使用される。以下に玉軸受と針状ころ軸受について示す。

### 3.1.1 ステアリングコラム用玉軸受

ステアリングコラム用玉軸受は、ハンドルの径方向・軸方向のがたを抑える必要があるため、軸受の組込み後ラジアルすきまをわずかに負すきまにしている。玉軸受は薄肉のものが使用されるため、ハウジングの内径精度が外輪真円度に影響しやすく、回転調子に影響を及ぼす場合があるため注意が必要である。

アップー側軸受には、通電性を要求される場合もある。ボールねじ式ステアリングの場合ホーンの電流は、アップー軸受およびステアリングギヤを介してアースされているが、ラックピニオン式ステアリングの場合、ハンドルからギヤに至るまでの継ぎ手が多くアースが困難なため、ホーン電流のアースが不完全になってホーンが鳴らない場合があるためである。

通電には、軸受に通電グリースを封入する方法、ワイヤを採用した通電軸受(図2)<sup>2)</sup>を用いる方法の2種類があるが、前者はグリースの劣化により通電性が失われることがあるため、安定した通電特性を持続する後者の方法を採用するが多い。図3に通電特性を、図4に通電耐久性を示す。

通電軸受の構造は外輪に設けたみぞにワイヤを入れスプリング力で固定し、内輪にもワイヤの接触部にみぞを設けて位置を安定化させている。

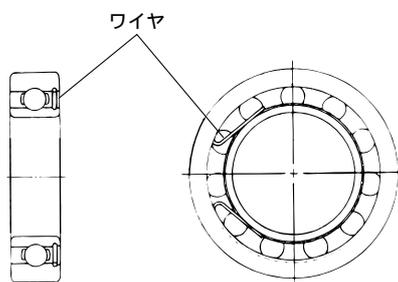


図2 通電軸受  
Conductive bearing

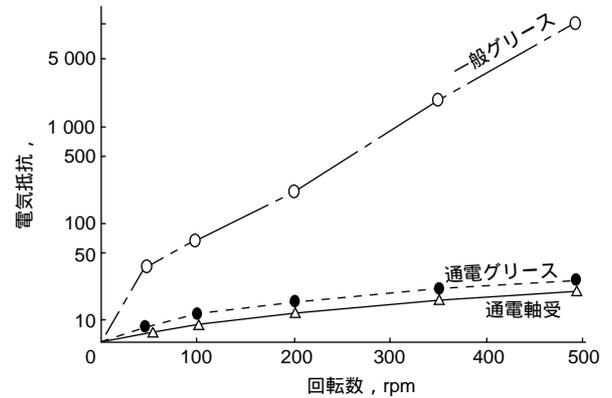


図3 通電特性  
Conductivity

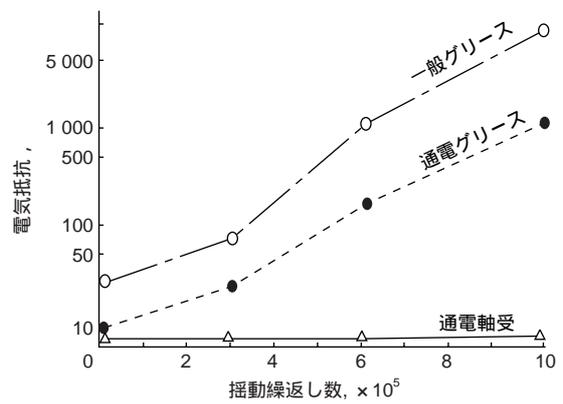


図4 通電耐久性  
Conductive durability

### 3.1.2 ステアリングコラム用針状ころ軸受

ハンドルの径方向のがたを抑えるため、弾性予圧式針状ころ軸受(図5)が使用されている。この軸受は、外径部がゴムのケースとスリット付きの外輪を用い、取付け後のころ内接円径と軸との間にしめしろを持たせ、常時軽予圧を与えることにより、ラジアルすきまをゼロにすることができるようになっている。

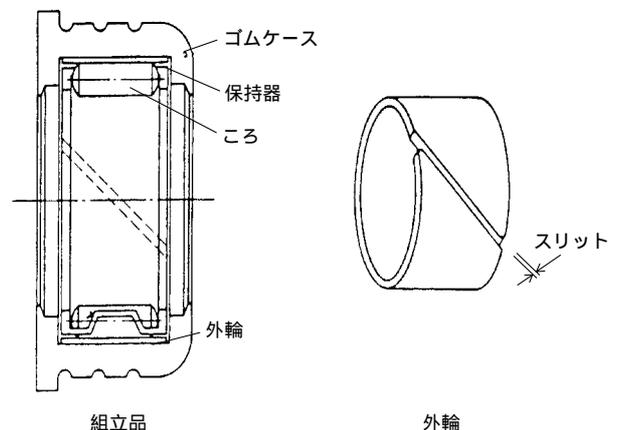


図5 弾性予圧式針状ころ軸受  
Needle roller bearing with rubber

### 3.2 ステアリングギヤ用軸受

ラックピニオン式とボールねじ式に分けて示す。またパワーステアリングの場合は、トーションバー部に軸受が使用されており、これについても示す。

#### 3.2.1 ラックピニオン式ステアリングギヤ用軸受

ギヤサポート用には2個の軸受が使用される(図6)。2個のアンギュラ玉軸受を使用しているものもあるが、一般にはいずれかが深溝玉軸受、もう一方がシェル形針状ころ軸受(図7)の組合せである。ギヤの反力によりアキシャル荷重やラジアル荷重が発生するが、アキシャル荷重は玉軸受が担う。ハンドルのあそびをなくす目的で深溝玉軸受の軸方向のがたを抑えるために、軸受の組込み後ラジアルすきまを負すきま設定にしているが、それ以上に軸方向のがたを抑える必要がある場合には、4点接触玉軸受(図8)を使用する場合がある。深溝玉軸受を4点接触玉軸受に変更すると同じラジアルすきまでのアキシャルすきま(軸方向のがた)は1/4以下に抑えることができる(図9)。いずれの玉軸受でも、軸受に負荷されるアキシャル荷重が大きいことから仕様を決定する場合には、軸受の許容アキシャル荷重について十分な検討が必要である。

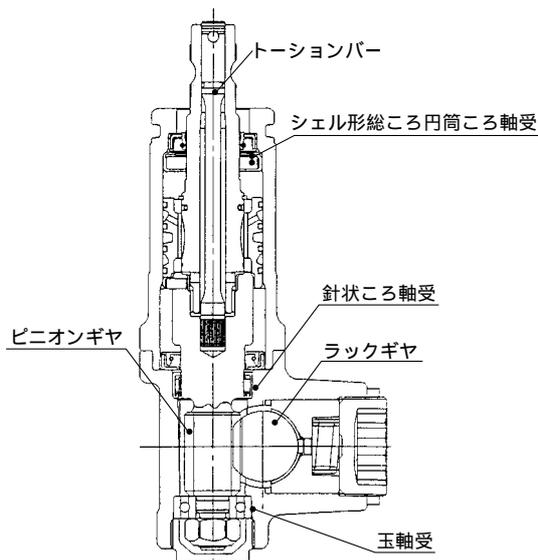


図6 ラックピニオン式ステアリングギヤ(パワータイプ)  
Rack and pinion type steering gear (Power type)

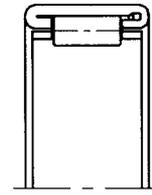


図7 ラックピニオン式ステアリング用  
シェル形ニードル軸受

Drawn cup needle roller bearing for rack and pinion type steering gear

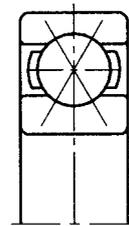


図8 ラックピニオン式ステアリング用  
4点接触玉軸受

Four-point contact ball bearing for rack and pinion type steering gear

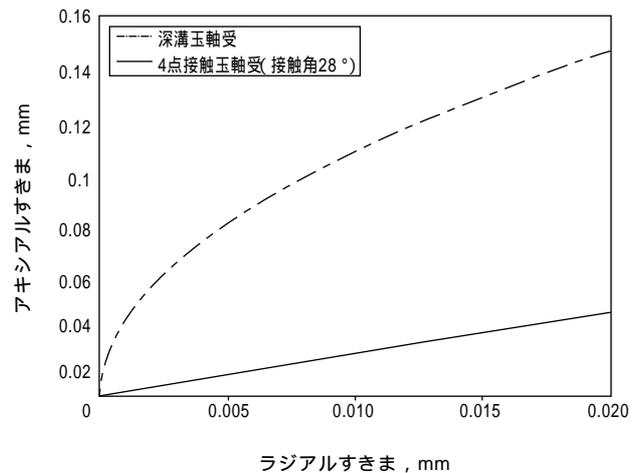


図9 深溝玉軸受と4点接触玉軸受の  
アキシャルすきま比較(無負荷, 6203)

Axial clearance comparison between deep groove and four-point contact ball bearing

### 3.2.2 ボールねじ式ステアリングギヤ用軸受

ボールねじ部とセクタ軸部に分けて図10に示す。

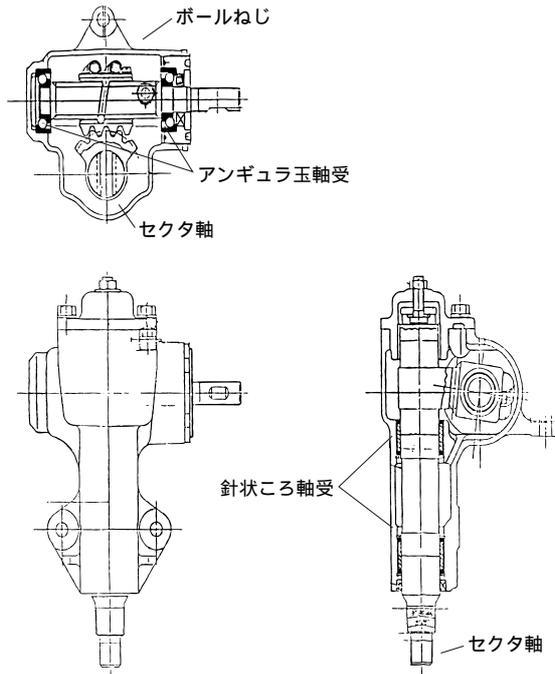


図10 ボールねじ式ステアリングギヤ  
Recirculating ball screw type steering gear

#### (1) ボールねじ部

ギヤの反力により発生するアキシアル荷重とラジアル荷重を、アンギュラ玉軸受で支持する構造でありアキシアル荷重負荷能力を向上させた接触角45°のアンギュラ玉軸受(図11)が使用されている。アンギュラ玉軸受の代わりに、4点接触玉軸受を使用する場合もある<sup>1)</sup>。この4点接触玉軸受(図12)はラックピニオン式のものとは異なり外輪を2つ割にして接触角を45°とし、アキシアル荷重負荷容量の向上を図っている。スペースの関係から軸が内輪の役目をする場合もある。

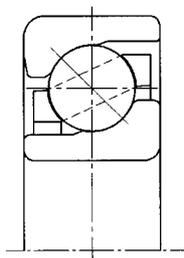


図11 アンギュラ玉軸受  
Angular contact ball bearing

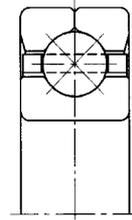


図12 外輪割りタイプ4点接触玉軸受  
Separated outer ring type four-point contact ball bearing

#### (2) セクタ軸部

ハウジングの径方向寸法を大きく取ることができないため、針状ころ軸受(図13)が使用されている。セクタ軸部はラジアル荷重が大きく、ころ軸受特有のスキュー(軸受中心軸に対し、ころの自転軸が傾く)の発生が予想され、軸受の内部アキシアル荷重が増加する。このため、ハウジングからの軸受抜け出しや外輪つば欠損が考えられ、仕様検討時にはこれらの問題に対して十分な配慮がされている。

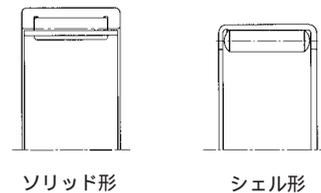


図13 セクタ軸用針状ころ軸受  
Needle roller bearing for sector shaft

### 3.2.3 トーションバー部軸受

この部位ではシェル形総ころ円筒ころ軸受や深溝玉軸受が使用される。操舵感や異音に対して問題がなければ、シェル形総ころ円筒ころ軸受(図14)が使用される場合もある。図6はシェル形総ころ円筒ころ軸受が組み込まれた構造図を示す。シェル形総ころ円筒ころ軸受は、外輪とところで構成され、ころ径・ころ数を調整してころ落ちが発生しない様に組み立てられているため取扱い性も良く深溝玉軸受よりコスト的に有利である。しかし、組込み後の正すきまが異音の要因となる場合には深溝玉軸受を使用し、組込み後のすきまを負すきまとしている。

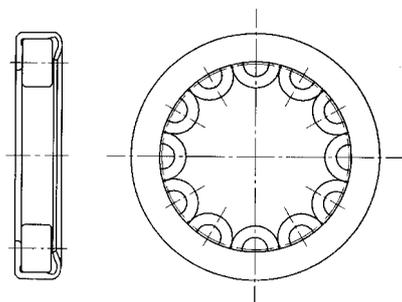


図 14 シェル形総ころ円筒ころ軸受  
Drawn cup cylindrical roller bearing

### 3.3 ポンプ用軸受

油圧式パワーステアリングの動力源として、従来から広く使用されているエンジン駆動式油圧ポンプ(ベーンポンプ)には、プーリサポート用に玉軸受が使用されている。図 15 に構造図を示す。プーリ側の軸受端面はエンジンルーム内の外気に面していることから、シール付き軸受が必要であり、さらにエネルギー損失を抑える(燃費向上)ため、起動トルクが小さな軸受が必要であることから、極軽接触形 RD シールを採用している(図 16)。

また、ポンプがエンジンルーム内で路面に近い位置に搭載され、プーリ側から軸受に泥水がかかる場合には、軸受内部に泥水が浸入しない様に、接触形 RKB シールが採用されている(図 17)。

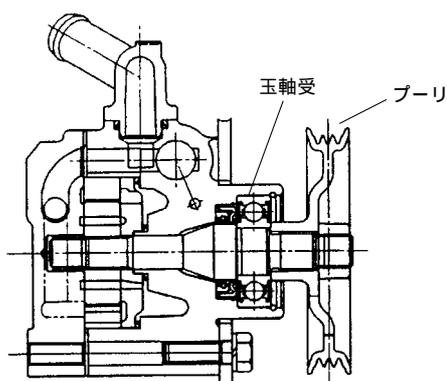


図 15 油圧ポンプ(ベーンタイプ)  
Hydraulic pump (Vane type)

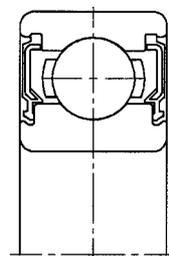


図 16 ポンプ用 RD シール付玉軸受  
RD sealed type ball bearing for pump

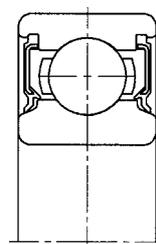


図 17 ポンプ用 RKB シール付玉軸受  
RKB sealed type ball bearing for pump

## 4. 電動式パワーステアリング(EPS)用軸受

電動モータを動力補助の動力源として使用している省エネルギー性の高い電動パワーステアリング(EPS)は、エンジン駆動の油圧式パワーステアリングに代わって、採用されつつある。この種のステアリングには、軽自動車に採用されているコラムタイプEPSと、大出力が必要な一般乗用車向けのピニオンタイプEPSがある。<sup>1)</sup>

### (1) コラムタイプEPS

コラムタイプEPS(図 18)の特長は、モータ・減速機などのパワーユニットをコラム周りにまとめているため、ステアリングコラムの変更だけでパワーステアリング化が可能であること、基本的にはモータと減速機が付加されただけなので、油圧式パワーステアリングと比べて軽量かつコンパクトであり、ボンネットスペースの少ない軽自動車に適している、などが挙げられる。モータ・減速部が車室内にある唯一のパワーステアリングシステムである。<sup>3)</sup>

図19にモータと減速機の構造図を示す。軸受はウォーム軸サポートに2個、およびモータ部に玉軸受が使用されている。ウォーム軸の2個の軸受は、モータ側軸受の外輪側から予圧をかけて遊びを抑え、ウォームギヤの反力により発生するアキシャル荷重・ラジアル荷重を両軸受でサポートする。モータは車室内に位置するために特に静粛性が要求され、軸受も音響に対して十分な配慮が必要である。

## (2) ピニオンタイプEPS

モータが減速機を介してピニオン軸に直結するタイプを指す。ピニオン軸上にギヤのかみあいが2箇所存在することから、仕様を決定する場合には、軸受の許容アキシャル荷重について十分な検討が必要である。

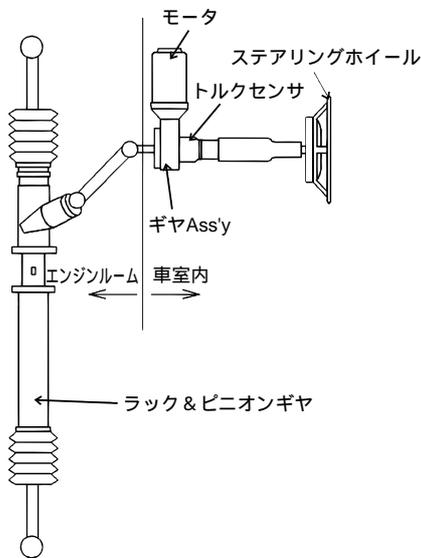


図18 コラムタイプEPSシステムレイアウト  
System layout of column type EPS

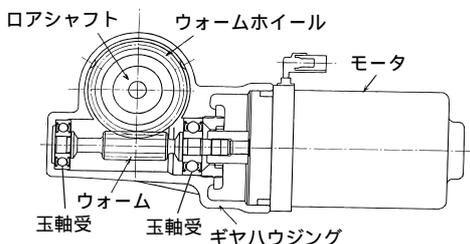


図19 コラムタイプEPSギヤ Ass'y 構造図  
Gear Ass'y of column type EPS

## 5. ステアリング用軸受の今後の動向

コスト低減要求や、電動パワーステアリング化の中で、軸受の新しいニーズがあるので紹介する。

### (1) ステアリングコラム用プレス軸受

コラム用の玉軸受は薄肉品で標準肉厚品よりコスト高であることから、コスト低減の目的でプレス製の玉軸受(図20)の使用例が海外中心に増加している。この軸受はアンギュラタイプであるため予圧を与えて使用し、軸方向のがたを抑えることができる。軸受周辺を予圧構造とする必要があるため、コラム全体での仕様検討が必要である。軸受組込み例を図21に示す。

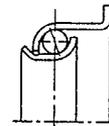


図20 ハンドルコラム用プレス軸受  
Press type bearing for column

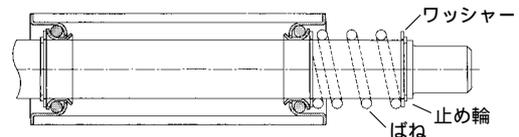


図21 ハンドルコラム用プレス軸受の組込例  
Structural drawing of press type bearing for column

### (2) ピニオンタイプ電動パワーステアリングモータ用軸受

モータのギヤ出力側軸受は負荷されるアキシャル荷重が大きく、予圧構造とすることなく軸方向のがたを抑えるために、4点接触玉軸受を使用する場合(図22)がある。4点接触玉軸受が従来から使用されているステアリングギヤ部は低速回転であるため音響特性を必要としなかったが、モータ用軸受の場合、高速回転で使用されるため、音響特性を良くする必要がある。今後、この部位のニーズに合わせ、加工精度の向上が必要である。

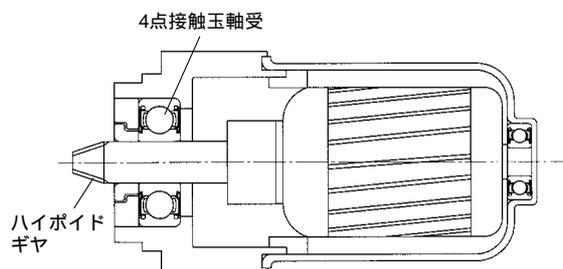


図 2 2 4点接触玉軸受を使用した  
パワーステアリングモータの組込例

Structural drawing of four-point contact  
ball bearing for power steering motor

## 6 . おわりに

以上，ステアリングシステム用軸受とその動向について概説した．今後，自動車の軽量化・燃費向上の要求はますます高まり，ステアリングシステムも電動パワーステアリング化に集約される方向にある．軸受は1つの構成部品として，重要な機能を担っておりこれらのニーズに対応するため，精度の向上，コストの低減など一層進める必要がある．

## 参考文献

- 1) 野口昌彦：KOYO Engineering Journal, no. 148, (1995) 6.
- 2) KOYO Engineering Journal, no. 127, (1985) 62.
- 3) 黒川貴則・竹田泰典・山元達裕：KOYO Engineering Journal, no. 153 (1998) 56.

## 筆者



谷山 宗久\*  
M. TANIYAMA

\* 軸受事業本部 自動車技術センター  
自動車軸受技術部