

自動車用駆動系軸受および軸受関連製品の最近の動向

佐藤秀樹

Trends of Bearings and Bearing-Related Products for Automotive Drive Train Application

H. SATOU

In correspond to such needs as energy efficiency or environmental friendliness, transmissions or other driving units of automobiles are required to be more compact, lighter weight, or higher efficiency. Due to these movements, rolling bearings are needed to be improved not only in their individual rolling fatigue life and friction loss, but in fatigue life, anti-seizure, rigidity, anti-wear, anti-vibration performance in compactly designed vehicles. Similarly, bearing-related products are being unitized or integrated to modules for more compactness and higher function. Here, these technical trends are introduced briefly.

Key Words: rolling bearing, trend, automobile, drive tvain.

1. はじめに

地球温暖化に代表される地球環境の悪化は早急に解決すべき課題として各方面で対応が進められている。自動車技術においては燃費向上や軽量・コンパクト化が重要課題であり、一方では動力性能の向上、走行性能の安定化、快適性向上が求められている。

自動車の駆動系においても長寿命化、低摩擦化、軽量・コンパクト化への取り組みが進んできている。図1に駆動系の技術ニーズと軸受の対応例を示す。

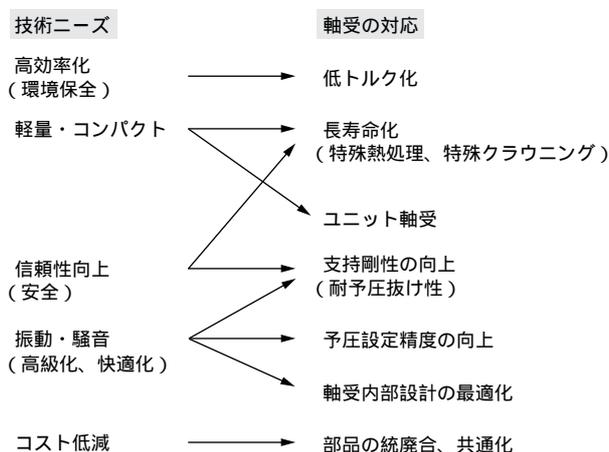


図1 駆動系の技術ニーズと軸受の対応例

Needs for drive train and solutions in bearing technology

前号では、転がり軸受技術の動向について基礎技術、製品加工技術の総論的な考察が示されているが^{1),2),3)}、ここでは自動車の駆動系軸受および軸受関連製品に関する最近の技術動向について述べる。

2. 転がり軸受

2.1 長寿命化

1) 異物油中での寿命向上

変速機や差動減速機などの油潤滑で使用される軸受は部品加工時に発生する切粉、ばり、使用中に発生するギヤの摩耗やケースに付着した異物の脱落などによって、異物を含んだ油中で潤滑される。特に硬質の異物を含んだ潤滑条件下での軸受のはく離モードは異物噛み込みによる圧痕の縁を起点とした表面はく離や摩耗を伴った表層はく離となり(図2)⁴⁾、一般的な軸受では清浄油中の場合の数分の一から数十分の一の短寿命になる。そこで、以下に示すような材料・熱処理面や密封技術面からの対応がなされている。

材料・熱処理技術による対応

円すいころ軸受では当社独自の浸炭鋼材料、熱処理技術により長寿命化をはかった。異物による圧痕の縁の早期消失、クラック発生および伝播を鈍感にするため、表面硬さを上げ、残留オーステナイト量の最適化を施した特殊熱処理を開発、通常の軸受に対し約10倍の長寿命を達

種類	汚れ油中			清浄油中
	表面起点はく離			内部起点はく離
	表層はく離	混合はく離	圧痕起点はく離	
外観				
メカニズム	小さな硬い粒子による摩耗 	小さな硬い粒子による摩耗と大きな硬い粒子による塑性変形 	外力による塑性変形または大きな硬い粒子による塑性変形 	最大せん断応力深さの材料欠陥
対策	表面硬さ = 高 耐摩耗性向上 a = 適正化 塑性変形部早期消失			マトリックスC% = 適正化 ころ表面硬さ = 適正化

図2 軸受のはく離モード⁴⁾
Flaking modes of rolling bearings

成した。KE軸受として好評を得ている。さらに炭化物の微細化などによる超長寿命化技術の開発を進め、コンパクト化を推進していく。

玉軸受、円筒ころ軸受については、ずぶ焼き鋼に浸炭窒化処理をした長寿命軸受が長年使用されている。

シールのデザインによる対応

変速機の密封型玉軸受ではシールリップデザインを工夫して、ギヤ荷重による軸方向、角方向の変位に対し、しめしろの変化量を改善し油中の異物の侵入を大幅に減少させるとともに低トルク化を図っている(図3)。また、シールのゴム材は油との相性と耐熱性を考慮して選定され、軸受内の玉の転動空間には初期潤滑性向上のためグリースを封入している。

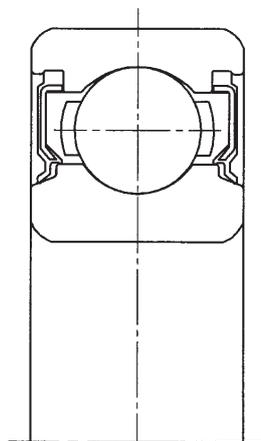


図3 シール付き軸受
Bearing with seals

2) 高負荷、高モーメントへの対応

変速機などのユニットのコンパクト化、軽量化に伴ない軸受もコンパクト化が求められる。

一方、エンジントルク増大やユニットケースの軽量化は軸受荷重の増大や軸のたわみの増大につながり、軸受にとって過酷な環境となる。この結果、特に線接触する円すいころ軸受ではエッジ応力により短寿命に至る場合がある。当社では最新のコンピュータ技術を駆使し、ケース～軸系の剛性解析結果にもとづき、ころと軌道輪の接触部の接触応力分布を均一にする軸方向特殊クラウニング形状を開発し、LC(Long Life Crowning)軸受として量産中である。モーメント負荷下でLC軸受は一般的な軸受に対し、約3倍の寿命向上が図られている。

2.2 低摩擦化

円すいころ軸受は他の軸受形式に比較し、小さいサイズで大きなラジアル、アキシアルの両荷重を受けることができるため、コンパクト化に有効で多くの駆動系ユニットに数多く用いられている。しかし、内輪のつばとこ間が滑り接触のため摩擦トルクが玉軸受に比べ大きいという問題点がある。この滑り面の接触状態に改良を加え、さらにはころの構成(径、長さ、数)、接触角および軌道形状を最適化し、負荷容量、剛性などとのバランスを取りながら、滑りトルク、転がり粘性トルクの双方を通常品に比べ20～50%低減したLFT軸受を開発し、現在量産中である。今後さらに積極的に拡大をしていく予定である。図4に回転トルクの測定例を示す。

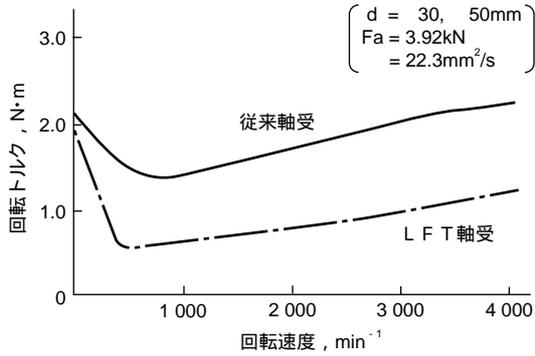


図4 回転トルクの測定例

Example of rotational torque measurement

2.3 軽量・コンパクト化, ユニット化

変速機の多段化などによりユニット構造は複雑になっている。そのため、軸受支持方法の設計自由度の向上、支持剛性の確保、組み込み作業の簡素化、組み込み予圧の安定化が要求される。

当社ではコンパクトな各種ユニット軸受を生産し、省資源、信頼性の向上に寄与している。また、各種ギヤ油に対応した樹脂材料を開発、玉軸受を中心に針状ころ軸受、円筒ころ軸受に樹脂保持器を採用し、軽量化に寄与している。図5にユニット軸受の代表例を示す。

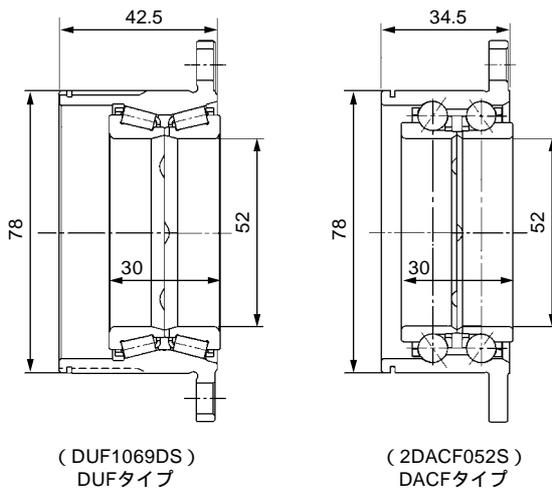


図5 自動変速機用ユニット軸受の代表例

Typical examples of unit bearings for automatic transmission

自動変速機に数多く使用されるスラスト針状ころ軸受の保持器を2枚合わせから1枚化を行ってきており、レース一体化、薄肉化などともあわせ、スラスト針状ころ軸受の軽量化への対応を行っている。

軸受のコンパクト化にあたっては寿命の確保のみならず、軸受周辺、変速機などのユニットの剛性、振動・騒音の考慮が必要であり、系としての最適化研究も進めている。

3. 軸受関連製品

ここでは各ユニットへのニーズに応じて商品開発を行ってきている代表例を示す。

1) ダイレクトリリースシリンダ(DRC)

DRCとは油圧シリンダを内蔵した軽量・コンパクトなクラッチリリース軸受のユニットであり、コンパクトなクラッチ機構およびシフトの自動化対応にもその適用が期待されている。DRCの全体構造図、シリンダ部の構造図を図6, 7⁵⁾に示す。

開発のポイントは油圧シリンダ部の信頼性の確保であり、パッキンおよびシリンダ部の設計が最も重要である。

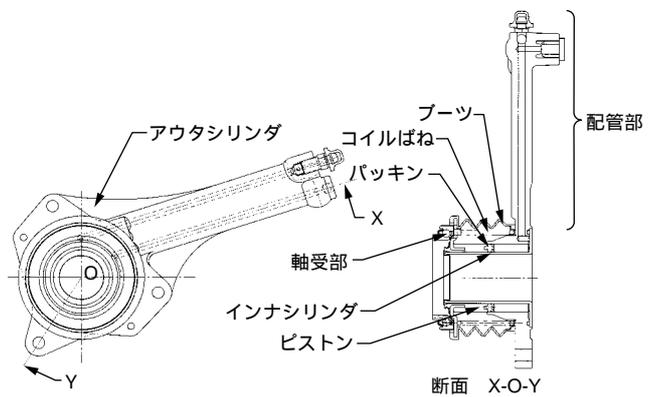


図6 DRC構造図⁵⁾

Cross section of DRC

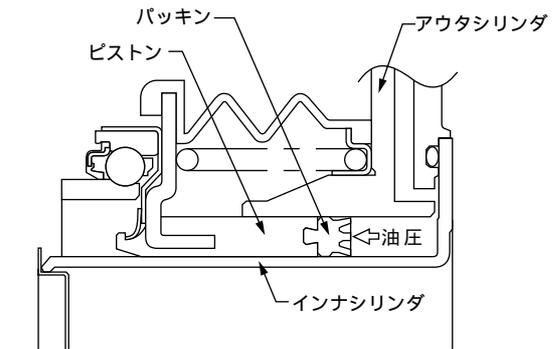


図7 シリンダ部⁵⁾

Cylinder portion of DRC

2) 一方クラッチ

一方クラッチは自動変速機の変速制御に必要な機能部品である。2重保持器タイプのKWシリーズが用いられてきているが、当社ではSKF社との合弁により保持器が1枚であるKXシリーズを開発、軽量化に貢献している。

また最近ではKWシリーズについて、軽量化・低コスト化を狙いとして保持器の樹脂化に取り組んでいる。KXシリーズ、樹脂保持器のKWシリーズの外観および構造を図8~11⁶⁾に示す。

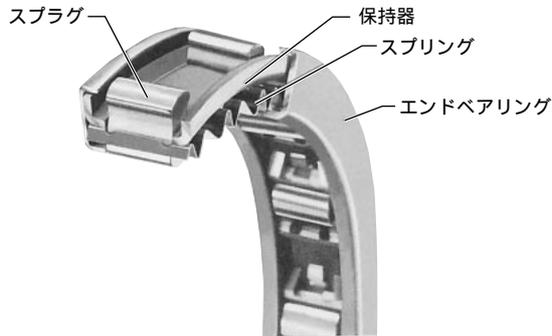


図8 KXシリーズ一方クラッチ⁶⁾
KX series one-way clutch

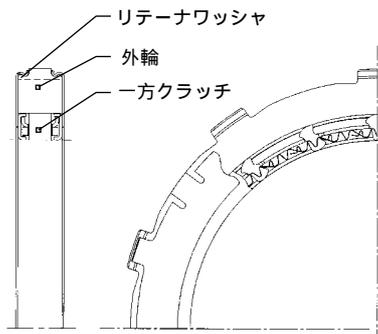


図9 KXシリーズの外輪の一体化例
An integration example of KX-series one way clutch with outer ring



図10 KWシリーズ樹脂保持器⁶⁾
KW series plastic cage

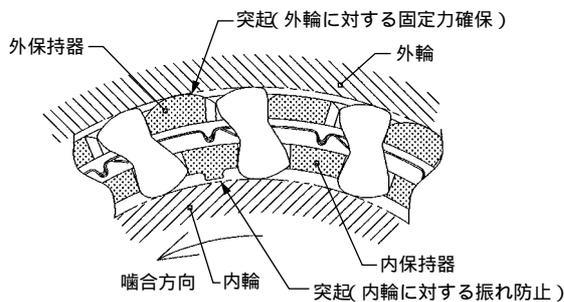


図11 樹脂保持器の構造
Structure of one way clutch with plastic retainers

3) 電動ポンプユニット

エンジンの停止時の油圧源として駆動系に適用できる電動ポンプユニットを開発した。本ポンプユニットは外接ギヤポンプでサイドプレートを付与した構造となっており、モータはブラシレス

ンサレスでドライバも新たに開発した。

自動変速機，無段変速機(CVT)にアシストポンプユニットを搭載したときのシステム例を図12⁷⁾に示す。また，電動ポンプユニットの効率評価を行った例を図13⁷⁾に示す。効率面，耐久面でも駆動系に適用可能な性能が得られている。

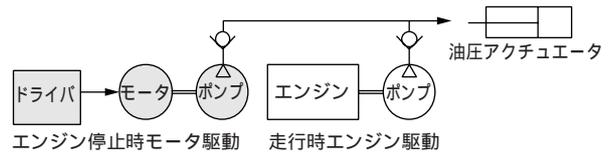


図12 電動補助ポンプを使用したシステム例⁷⁾
An example of system using electric assist pump

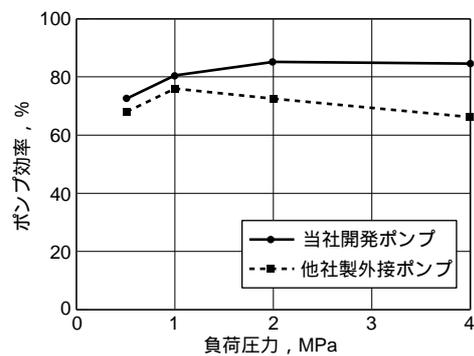


図13 ポンプ効率評価結果⁷⁾
Results of pump efficiency

4) プロペラシャフト用針状ころ軸受

乗用車のプロペラシャフト用には低コスト，軽量，走行性能向上を目的にジョイント軸受部にシェル形針状ころ軸受(シェルベアリング)が使用される。シェルベアリングの構造について図14⁸⁾に示す。

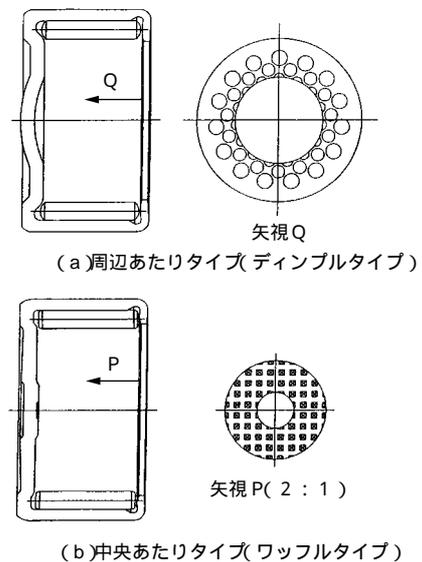


図14 シェルベアリングの種類⁸⁾
Designs of drawn cup needle roller bearings

最近プロペラシャフトの搭載角の低減が振動低減の関係より図られてきており、クロス軸端面(シェル内底)の潤滑性向上が必要であり、シェル内底の形状を図15⁸⁾のようにし、潤滑の改善が大幅に達成された。

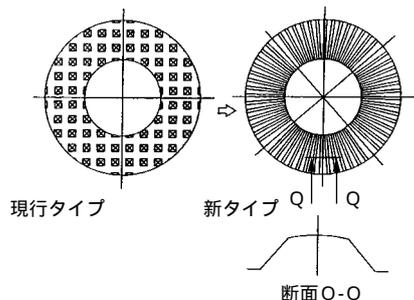


図15 内底形状改良⁸⁾

Design for inside bottom of new drawn cup

5) ダブルカルダン等速ジョイント(DCJ)

DCJは高速・高角度の使用条件下で低振動・低騒音が要求される4WD車両などのプロペラシャフト用に開発された等速ジョイントであり(図16)⁹⁾、近年では小型・軽量化、アンバランス低減、コンパクト化が要求されている。

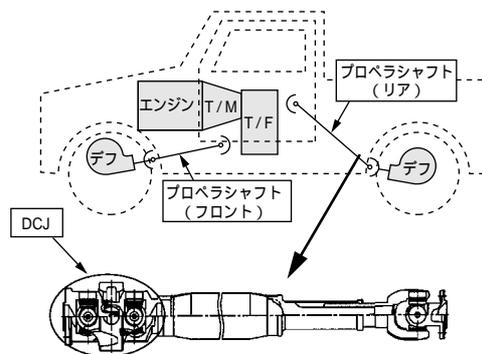
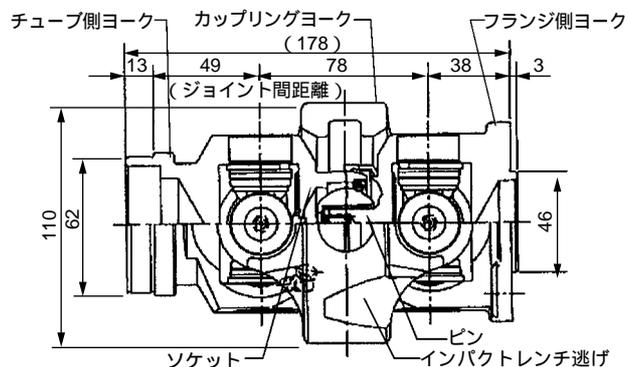


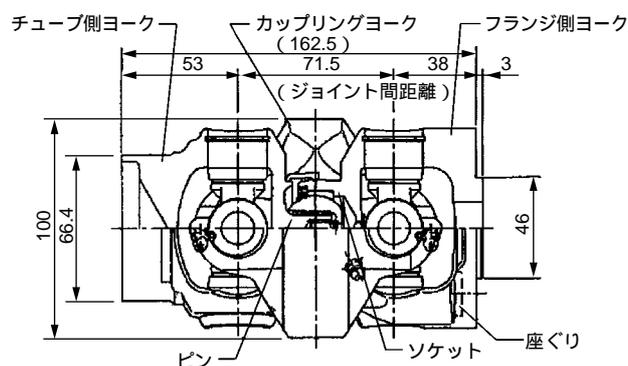
図16 DCJ使用例⁹⁾

Layout of propeller shaft

これらのニーズに応えるため当社では新DCJを開発、量産化している。図17⁹⁾に構造を従来構造と比較して示す。最近ではエンジンの高トルク対応に応えるべく強度UPにさらに取り組みを行っている。



(a) 現行品の構造



(b) 開発品の構造

図17 DCJ概略図⁹⁾

Cross sections of DCJ

4. おわりに

以上、駆動系について最近の技術成果の概説をおこなった。言うまでもなく、自動車に対する社会的要求はますます高まってきており、特に燃費向上につながる駆動系の研究開発が進展している。今回はインテリジェント化、モジュール化、革新的技術対応に言及できなかったが、5~10年先を睨んだ商品開発、技術開発を行い、魅力ある商品・技術を提供していきたい。

参考文献

- 1) 荒井 肇 : KOYO Engineering Journal, no. 159(2001)20.
- 2) 湯川義清 : KOYO Engineering Journal, no. 159(2001)25.
- 3) 森田圭二 : KOYO Engineering Journal, no. 159(2001)33.
- 4) 星野照男 : KOYO Engineering Journal, no. 159(2001)107.
- 5) 三浦義久, 本 孝, 内藤光一郎 : KOYO Engineering Journal, no. 159(2001)78.
- 6) 北畑浩二, 中川義浩, 石橋信行 : KOYO Engineering Journal, no. 158(2000)38.
- 7) 阪田隆敏, 横井弥壽雄 : KOYO Engineering Journal, no. 159(2001)74.
- 8) 厚海敏幸 : KOYO Engineering Journal, no. 147(1995)42.
- 9) 角田貴志, 上村篤司 : KOYO Engineering Journal, no. 156(1999)39.

筆 者



佐藤秀樹*
H. SATOU

* 理事 軸受事業本部 軸受技術センター
自動車ユニット技術部