

自動車パワートレイン系軸受の動向

Trends of Bearing-Related Products for Automotive Power Train Applications

北村昌之 M. KITAMURA

Due to recent trends to smaller, lighter and shorter engine accessories, and wider use of poly V-ribbed belts for accessory drives, rolling bearings for automobiles are exposed to severe conditions like vibration, high speed rotation, and high temperature. Each bearing for engine accessories has been diversified and evolved for special performance due to various operating conditions and required performance.

Here representative bearings for powertrain applications including valve drive applications are presented with respective activities for technical issue and trends.

Key Words: rolling bearing, technical trend history, design application, development

1. はじめに

今日の実用的な自動車の歴史(ガソリン自動車)は、1886年にドイツのゴットリーブ・ダイムラーとカール・ベンツがそれぞれ別々に四輪車と三輪車を作った時に始まったといわれている。以降100余年の間に自動車は目覚ましい進歩を遂げ、21世紀は地球環境や安全・快適をテーマに更なる進化をとげようとしている。この自動車の進化に対して転がり軸受は、摩擦と支持剛性という技術課題に挑戦し、現在も自動車の進化に大きく貢献し続けていることは言うまでもない。自動車に用いられる転がり軸受のうち、特にエンジン補機用軸受は、耐振動性、高速回転性、高温耐久性、耐環境性が求められる過酷な部位で使用される。また、エンジン補機それぞれに使用環境、要求性能が異なり、軸受設計仕様も多様化、特化した仕様となっている。ここでは前号の自動車用駆動系軸受および軸受関連製品の最近の動向¹⁾に続いて、パワートレイン系軸受(エンジン駆動系軸受と動弁系軸受)の動向と技術課題について述べる。

2. 各種のエンジン補機用軸受について

電子制御化が進んだ現在のエンジンは、多くのセンサや電子デバイスによりさまざまな方向から制御されているが、潤滑系、冷却系、制御系、燃料系、電気系などの基本的な機能に大きな違いはない。しかし、アルミ材料の多用化や小型コンパクト化、一体化など軽薄短小の傾向は、多くの自動車部品、産業機械部品と同じである。ここではエンジン補機のうち代表的なものを取り上げ、現

在の転がり軸受における技術課題と今後の動向を展望する。

2.1 オルタネータ用軸受について

オルタネータは、ビルトインICレギュレータ、ロータファンの内蔵化によって出現した小型高出力オルタネータが現在の主流である。時を同じくして開発され普及したポリVリブドベルトは、伸びが小さいがエンジンの振動やベルトの張力変動の伝達性が高いといった特徴がある。

このポリVリブドベルトによって駆動されるオルタネータ用軸受は高荷重、高振動というかつてない大きなストレスを受けることになった。その結果、軸受メーカーが今までに経験したことのなかった組織変化(WEA)を伴う軌道輪のフレーキング(図1)⁵⁾という技術課題に直面することになった。Koyoでは、その発生メカニズムの解明をもとに材料・熱処理面の対策を推し進め、一方でさらに潤滑面での研究を重ね、エーテル油をベースとしたフレーキングに強い新グリースを開発して、対策を確固たるものとした。この新グリースは、材料熱処理面での対策に比べコスト面で優れることから、エンジン補機用の多くの軸受に採用されている。(組織変化を伴うフレーキングはKoyo Engineering Journal no. 150にも“エンジン補機用軸受における転がり疲れによる新しいタイプのミクロ組織変化”として紹介)

更には発電効率の向上や静粛性を追求した高効率オルタネータ(図2)²⁾や水冷式のオルタネータも開発されており、これらのロータ支持軸受では特に高い耐熱性が要求される場合が増えている。

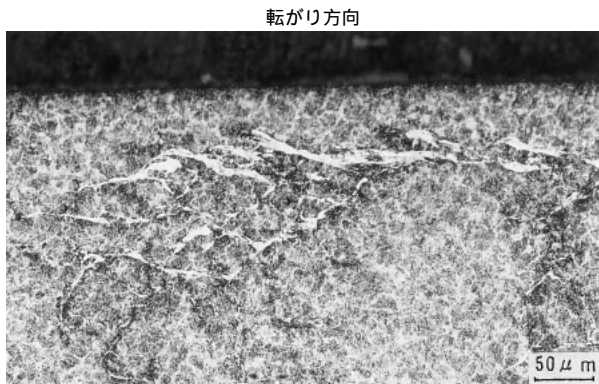


図1 WEAの光学顕微鏡観察例⁵⁾
Example of WEA by optical microscope

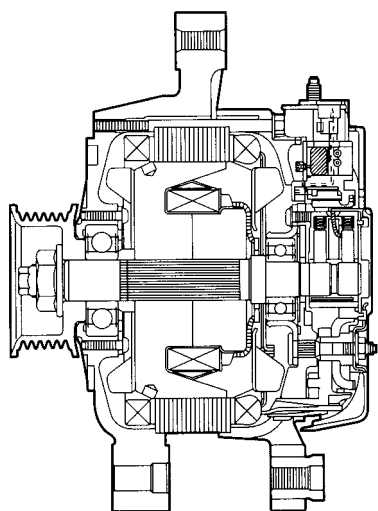


図2 高効率オルタネータ²⁾
High efficiency type alternator

当社では一般的なオルタネータの要求仕様温度である150を基本とし、180 および200 の耐熱仕様のオルタネータ軸受も開発を完了し、シリーズ化して量産している(図3)。

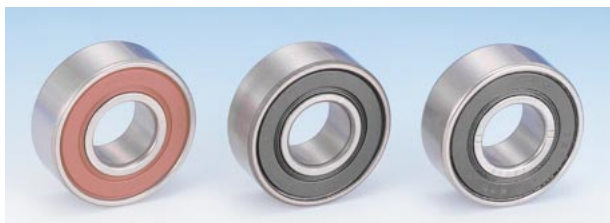


図3 オルタネータ用耐熱ベアリング
Heat resistant bearings for alternator

一方、今後の動向に目を向けると、オルタネータはその役割にスタータとしての機能が付加されたスタータジェネレータ(図4)³⁾が市場投入されている。これはハイブリッド車の走行時におけるモータ駆動とエンジン駆動の切り替え、並びに車両停止、エンジン停止状態からでもスムーズなり

スタートができること、および電力のブレーキ回生を意図したものである。スタータの機能を付加することで、スタート時には高いベルトテンションが必要となり、軸受には従来品にない大きな荷重が作用することから、負荷容量の大きな軸受が用いられている。今後、燃料消費量の大幅削減にはアイドルストップや電動モータとガソリンエンジンのハイブリッド技術が不可欠であり、スタータジェネレータはハイブリッド車に必須の補機として将来増加していくものと考えられる。スタータジェネレータはオルタネータと基本的には同様の構造をとるため、最高回転数、耐熱・耐環境性や耐振性などの要求仕様はオルタネータ軸受で培ったアプリケーション技術が十分適用できると考える。

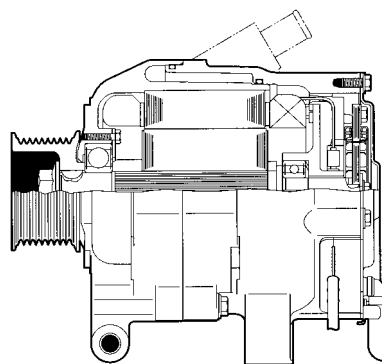


図4 スタータジェネレータ³⁾
Starter generator

また、低燃費、低エミッション対応として直噴ディーゼルエンジンの普及が進んでいる⁴⁾。

直噴ディーゼルエンジンでは、エンジンの回転変動が大きくなり補機ベルトの鳴き音、ばたつき、寿命低下が問題になってきている。当社では、補機部品の中でも慣性トルクが大きいオルタネータについて、その駆動プーリにベルト張力変動を吸収する一方クラッチを内蔵し、補機ベルトの鳴き音の問題を解決し、さらにベルトの長寿命化に貢献できるオルタネータ用ワンウェイクラッチプーリを開発している(図5)。



図5 オルタネータ用ワンウェイクラッチプーリ
Clutch pulleys for alternator

2.2 テンショナ・アイドラ軸受

1990年代のサーペンタインベルトシステムの普及はエンジン補機用ベルトのレイアウトに大きな変革をもたらしたが、テンショナ・アイドラ軸受もベルト張力自動調整機能をもったオートテンショナ(図6)のニーズが高まり、Koyoでは補機用オートテンショナを開発・商品化した⁶⁾。一方ベルトを支えるプリー部はプレス成形もしくは機械加工で製造されたが、Vリブプリーは成形性やコストの面で難点があるため、今後はエンジニアリングプラスチックの射出成形プリー(樹脂プリー)が、その設計自由度と生産性の点から拡大していくものと予想される(図7)。樹脂プリーの弱点は耐熱性、耐摩耗性であるが、Koyoでは強化ポリアミド樹脂プリーのほかに180 レベルの耐熱性と十分な耐摩耗性を有するフェノール樹脂プリーを開発し量産している(図8)。タイミングベルトでは一時コグドベルトが静粛性、レイアウトの簡素化、潤滑面で普及し、調整用テンショナ・固定用アイドラの需要が伸びたが、メンテナンス性、耐久性およびスペースの面から再びタイミングチェーンに戻る傾向にある。

また、最近では動弁系の電動化の動きに合わせて、エンジンの構造においても大きな変化が訪れると予想される。



図6 エンジン補機駆動ベルト用オートテンショナ
Auto-tensioners for drive belts



図7 フェノール樹脂プリー
Phenolic resin pulleys

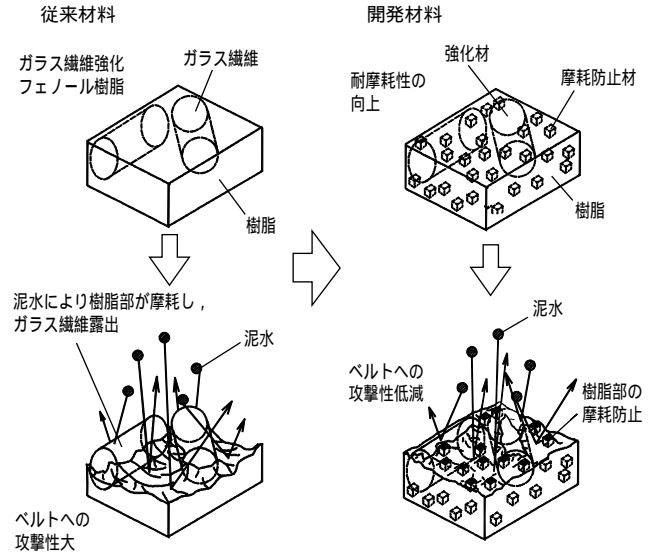


図8 フェノール樹脂材料の摩耗性改善
Improvement in anti-wear performance

2.3 水ポンプ軸受⁷⁾

水ポンプ軸受の最大の技術課題は、クーラントに隣接する軸受シールの密封性能である。メカニカルシールから漏洩するわずかなクーラントが、軸受内に浸入し軸受損傷に到ることがあるからである(図9)。従来のシールは、外部からのクーラント浸入を防止する外向きラジアルリップと軸受内部のグリース洩れを防止する内向きラジアルリップで構成された2重リップシール構造であった(図10)。しかしこれでは水洩れ時の耐水性が十分でないため、第3のリップをアキシャル方向に設け、スリンガーと組合せた耐水性に優れた3重リップシールを開発した(図11)。ゴム材には、従来のニトリルゴムから耐熱性やクーラントとの相性に優れた水素化ニトリルゴムを新たに開発し採用した。現在はこの3重リップシール付きウォーターポンプ軸受が国内では主流となっており、最近では海外でも採用拡大の方向にある。

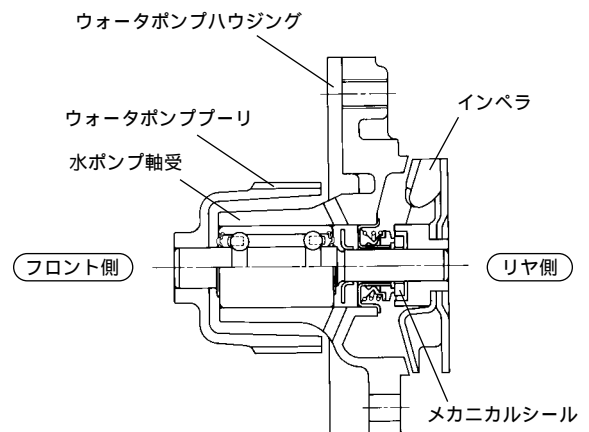


図9 水ポンプの構造
Water pump

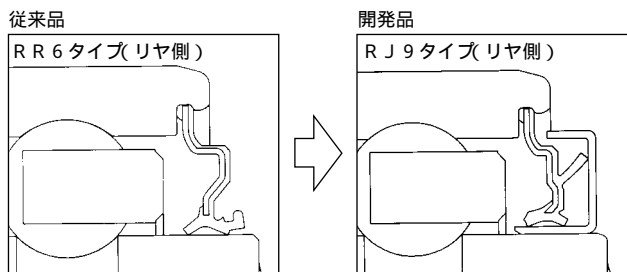


図10 2重リップシール
Double lip seal

図11 3重リップシール
Triple lip seal

2.4 エアコンコンプレッサ・プーリ用軸受

自動車用エアコンはコンプレッサ駆動軸にクラッチを配置し、必要に応じ断続運転されている。従来クラッチには電磁クラッチが用いられるのが一般的であった。近年、可変容量のエアコンコンプレッサの普及にあわせ、補機ベルト直結駆動のものが増えてきた。このタイプは電磁クラッチがなく、トルク制限機構と回転変動吸収機構をもつプーリで駆動される。このプーリは電磁クラッチプーリに比べて幅狭となり、プーリ中心位置に軸受を配置でき軸受のモーメントが小さくなる特徴がある。Koyoでは従来の複列アンギュラ軸受(図12)から軽量・コンパクトでコスト的にも有利な多点接触単列軸受(MPC軸受: Multi-Point Contact)を開発し(図13)、量産化に向け評価を進めている。今後欧州における乗用車のエアコン装着率の増加が十分予想されることもあり、この電磁クラッチを持たないエアコンシステムの拡大とともにMPC軸受の採用が進むものと予想している。

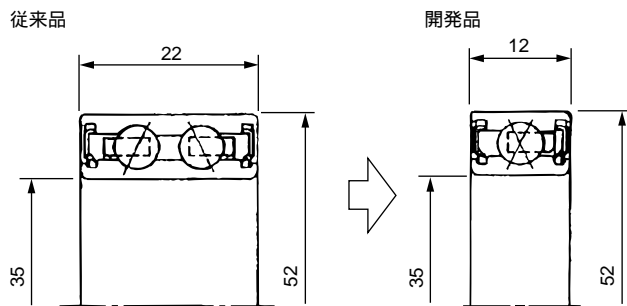


図12 複列アンギュラ玉軸受
Double row angular contact ball bearing

図13 MPC軸受
MPC bearing

3. 動弁系の低燃費化技術

地球温暖化抑制と環境保護に対する世界的な動きの中で国内でも自動車の燃費に関する2010年目標値(図14)が定められており、この対応策として動弁系では可変バルブタイミング機構や可変リフト機構などが低燃費化技術として市場投入されている。

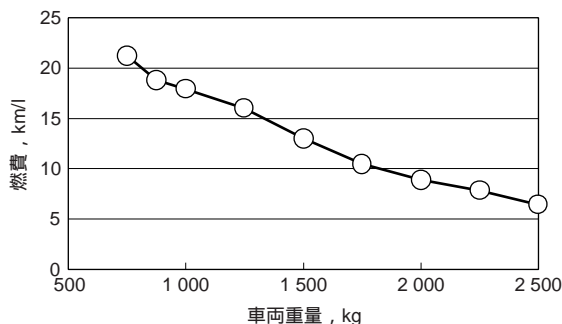


図14 2010年国内燃費目標値

Target value of domestic fuel economy in 2010

その中でもロッカアームにおいてはカムとの滑り接触部を転がり化することで燃費向上(特に低速域)に効果を上げているが、軸受には「より一層の低トルク化」が求められている。

また、部品点数の増加や加工コストの増加などから「コスト削減」「小形軽量化」も求められており、Koyoでは板金製ロッカアームの開発に成功し市場投入している(図15)⁸)。

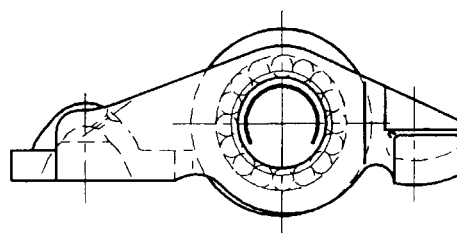


図15 板金製ロッカアームユニット
Stamped steel rocker arm unit

4. おわりに

今回は一部の代表的なパワートレーン系軸受の動向と技術課題について述べたが、今後環境面からハイブリッド車の普及が進むのに伴い、そのパワートレーン系の制御機構や補機はますます多様なものになっていくものと考えられる。

さらに燃料電池車など新しい車が登場する今後においても、長年培ってきた自動車軸受技術の更なる深化と特殊環境対応技術との融合により、21世紀のこの100年に生かす技術の数々を提案していきたいと強く思う。

参考文献

- 1) 佐藤秀樹：Koyo Engineering Journal, no. 160
(2001)10.
- 2) トヨタ自動車(株)：ESTIMA L ESTIMA T新
型車解説書(2000)1-47.
- 3) トヨタ自動車(株)：ESTIMA HYBRID新型車
解説書(2001)1-42.
- 4) 湯川義清：Koyo Engineering Journal, no. 159
(2001)25.
- 5) 柴田正道，後藤将夫，小熊規泰，三上
剛：Koyo Engineering Journal, no. 150(1996)
16.
- 6) 白木利彦：Koyo Engineering Journal, no. 147
(1995)25.
- 7) 柳井邦夫：Koyo Engineering Journal, no. 147
(1995)33.
- 8) 本橋信綱，荻野 清：Koyo Engineering
Journal, no. 157(2000)57.

筆 者



北村昌之*
M. KITAMURA

* 軸受事業本部 軸受技術センター
自動車軸受技術部