

転がり軸受技術の動向と展望

Trends and Future Views on Rolling Bearing and Related Product Technology



湯川義清*
Y. YUKAWA

Rolling bearings are mainly composed of inner/outer races, rolling elements and retainers and this has not basically changed from the Leonard Da Vinci era, but the scope of the basic and application technology is indeed extremely wide and deep. Recently various and severe needs for rolling bearings have increased and diversified due to improvement in various industries and movement of environment protection.

Here technical trends and future views on rolling bearings and related unit products are briefly presented.

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

1. はじめに

転がり軸受は、内輪、外輪、転動体、保持器の4部品の構成で、ほとんど構造的には変化のない機械要素であるが、転がり軸受工学およびそれぞれの用途に最適な軸受の追求という観点にたつとさまざまな技術がからみ、限りない技術の深さを有している。

この技術の追求こそが顧客への満足度向上、ひいてはよりよい地球環境の維持や確保の一端を担うと確信し、日々新しい技術や製品の開発に取り組んでいる。

当社の創立80周年に鑑み、軸受を取り巻く社会環境の変化を考え21世紀の軸受の展望について考察する。

2. 社会環境の変化と対応

バブル経済の崩壊とともに右肩あがりの経済に終止符が打たれ、グローバル経済の進展に伴い、大競争時代(メガコンペティション)がスタートした。もの作りで支えられてきたJapan Power(日本経済力)にもかげりが見られる中で知恵、アイデアの時代といわれる21世紀を迎えた今、軸受に何が求められるかを考えてみる。

2.1 軸受を取り巻く社会環境の変化

1) 環境問題

地球誕生から46億年、間氷期が始まった1万年

前から約1 地球の気温は上昇した。これからの予測は、最悪の場合2100年までに3.5℃、最良の場合でも1℃ 上昇するといわれ今後の100年で1万年の温度上昇に匹敵する温度上昇が予測されている¹⁾。これは、地球上のCO₂排出量の激増に起因するとされている。要するに化石燃料の使い過ぎであり21世紀にはエネルギー問題とともに環境問題の解決が最重要課題になることは必至である。CO₂の排出量削減に関しては、CO₂を排出しない風力発電等の代替エネルギー源の確保という面から、軸受製造業として少なからず貢献できるものがあると考ええる。

自動車産業を含め幅広い産業において、機械装置の回転に関係する部分に必ず軸受が存在する。いわゆる産業の米と言われる軸受の継続的な進歩は省エネルギー化(トルク低減)、小形・軽量化、長寿命化にあり、この継続的な進歩がCO₂排出量の削減につながると言っても過言ではない。

2) I T革新

景気回復が低迷する中、各企業はI T革新による構造改革の推進に余念がない。I Tに関係する情報機器分野では、コンパクト化、低価格化に大きな可能性を示す電子部品の半導体化が急激に進められ携帯電話、自動車搭載用ラジオの半導体化の実現も近い。

この業界における技術変動や進歩は、極端に早く、製品サイクルも短い。そしてそのキーワードはスピードに他ならない。

*取締役 軸受事業本部 軸受技術センター

こうしたIT革新の中、軸受に要求されるニーズは高速性、高精度、低騒音、低トルクである。さらには、IT革新を支える半導体の生産設備に求められる特殊環境分野への貢献のための新たな軸受の開発ではなからうかと考える。

3 少子化、高齢化による労働人口減

中国における人口増加にかげりがみられ、また日本の人口も激減の方向に推移している。推定では、22世紀を迎える頃には、半数近くまでに減るといわれている²⁾。言い換えると、労働人口はかぎりなく減っていかざるを得ない傾向にある。ここで、製造業として考えなければならぬことは、如何に人という資源に頼らず、如何に効率よくもの作りをするかである。

2.2 軸受に求められる技術とその対応

社会環境、軸受のキーワード、対応技術を整理すると図1のようになる。

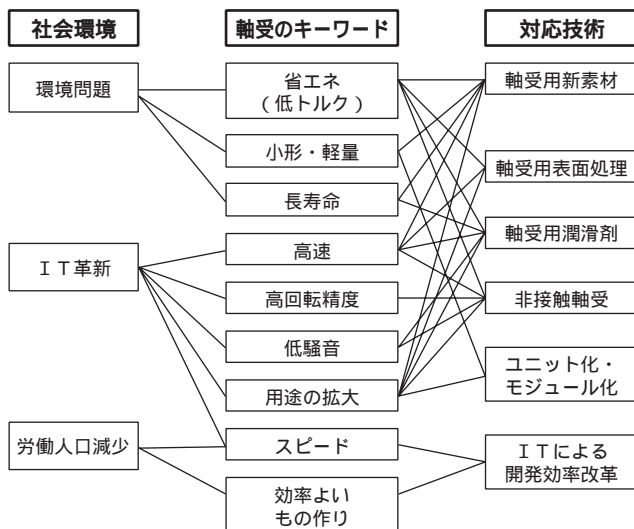


図1 社会環境と軸受対応技術
Trends and bearing key technologies

1 軸受用新素材開発

今後の軸受に求められる材料特性(軽量、耐荷重性)を満足するセラミックスはコスト面の課題が残っているものの次世代の軸受素材として大きな役割をになうものと考えられる。

セラミックス以外の新素材は今の段階ではボロン合金、チタン合金等の研究が進んでいる。しかしこれは用途範囲の限定により実用性拡大の可能性を秘めているが軸受に適用されるまでにはさらに時間を要する。

2 軸受用表面処理開発

限りない転がり摩擦の低減、ひいては省エネルギー、軸受の高速化への対応、さらには、超高真

空・超クリーン環境等の特殊環境への用途としての有効な表面処理の開発が必須であり期待される。

3 軸受用潤滑剤開発

転がり軸受の性能向上のためには重要な課題である。さらに転がり摩擦の低減に貢献し、自然界に返せる生分解潤滑剤の開発と適用の拡大も待たれる。

4 非接触軸受

これは転がり軸受の持つ課題である摩擦の低減、騒音を回避し高い回転精度を達成する有効な手段である。磁気軸受は電磁石の吸引力を制御して軸を浮上させ組み込まれたモータにより非接触で回転するので、超高速、低騒音(低振動)、無潤滑(真空中で可能)、長寿命といった特徴がある。

また、内蔵のセンサによるモニタ・診断機能とデジタル制御化による通信機能も利用でき、IT技術の発展とリンクしてターボ分子ポンプや流体機械などその応用が拡大している。

流体軸受は静圧軸受と動圧軸受に分類されるが、最近ではコンパクト設計に有利な動圧軸受の適用が拡大傾向にあり、低騒音、高回転精度の特徴を活かして情報機器関連の高速高精度モータへの適用、あるいは空気を潤滑流体として高温、高速条件下での使用に適した動圧フォイル軸受などが特に注目されている。

これらの非接触軸受は転がり軸受が適用不可能な高度の要求がある分野で使用され、それぞれの用途が拡大している。

5 ユニット化・モジュール化

自動車業界では数年前から課題として取り上げられているが、今や産業界全般に拡大されており小形・軽量化に寄与、軸受付加価値の増大のためにも、軸受メーカーが取り組まねばならない課題となっている。

これには、軸受に関わる設計、製造技術だけでなく周辺部品にかかわる技術ノウハウの蓄積および継続的な改善が必要と考える。

6 ITによる開発効率の改革

IT革新技術の進歩は極端に早く、その製品サイクルが短いことは、前述の通りである。その変化に追従するためには製造メーカーとしては単なる改善活動ではおぼつかない。まさに、開発から生産に至るフロントローディングの構造改革が要求される。その一つとして三次元CADの導入により設計環境の革新、業務プロセスの革新、技術情報の共有化を三本柱に製品毎のトライアルを積み重ね開発期間短縮1/2を目標に取り組んでいる。

3. 軸受技術の変遷

3.1 設計技術

統計学を利用した軸受の基本的な寿命理論が確立されて半世紀が過ぎる。その間、徐々に計算寿命と実際寿命の差が生じはじめ、寿命計算式に使用条件係数、定格係数(b_m)等の補正係数の採用を標準化せざるを得なくなった。さらに近年にいたっては、疲労寿命にまつわる寿命理論等新しい考えの論議がなされている。これらは、軸受工学の進歩、とくに材料技術、生産技術、品質管理の目覚ましい進歩によってもたらされた。

機械工学の立場から軸受の役割は、読んで字のごとく軸を支えることにある。さらに枝葉をつけるならば、より大きな荷重を支え、より長い寿命で、より早く、よりスムーズに回転することである。これらの追求が軸受の歴史といっても過言ではない。

次に設計面からそれぞれの特性に対してのアプローチ施策に触れてみたい。

まず、より長い寿命をえるための設計面でのアプローチでは転動体転走面の工夫があげられる。

1) 基本動定格荷重の設定

転がり軸受の基本定格荷重は、ISO291, JIS B 1518等公的な規格で定められている。特に、転動体数、転動体径を増やすことによって定格荷重を向上させることができ、こうしたことにより基本動定格荷重は同一寸法で20~25%向上し、転がり寿命にして約2倍の向上が期待できる(表1)。

表1 基本動定格荷重の増大例
Basic load rating

転動体径増大の例

呼び番号	主寸法	基本動定格荷重比	転動体径比	転動体数比
6205	25 x 52 x 15	14.0KN(1)	1	1
6205R	25 x 52 x 15	17.6KN(1.25)	1.2	0.89

転動体数増加の例

呼び番号	主寸法	基本動定格荷重	転動体径	転動体数
30205J	25 x 52 x 16.25	27.0KN(1)	1	1
30205JR	25 x 52 x 16.25	31.5KN(1.16)	1	1.23

これらは、すでに深溝玉軸受のRタイプ、マクシマムタイプ、円すいころ軸受のJRタイプ等としてシリーズ化され、いろいろな用途で利用されている。しかしながら、こうした設計面の変更による対応はもうすでに限界にきている。

2) ころ軸受の転走面形状の設定

ころ軸受の転動体と内外輪間は線接触となっており、モーメントが負荷されることにより相対傾

きを生じる。このため接触面圧が不均一状態となりいわゆるエッジロードを発生し局部的に接触面圧が増大しその部分から剥離現象を起こしやすい。これを防ぐために、あらかじめ軸受に負荷する荷重から接触面圧が均一になるよう理想的な転走面の形状を理論的にもとめ、それにしたがって転走面が加工される。ただこの場合、軸受に負荷する荷重条件により、形状が異なるため、用途毎の標準化等の必要がある。

3) 2重曲率

玉軸受も同様に内外輪相対傾きの発生により、転動体、内外輪間の接触楕円が内輪外径や外輪内径部にはみ出し、はみだし部の接触面圧が増大し、剥離にいたることがある。これを防止するために、転動体転走面の曲率を大きくしたり、あるいは小さくし、内輪外径(外輪内径)部近傍を大きくする2重曲率を採用したりする。

2番目のより早く回転するためのアプローチとして、次のことが取り上げられる。

4) ころ軸受の転走面形状の組み合わせ

LFT - 軸受(Low Friction Torque)は円すいころ軸受の転動面の超仕上げ加工とともに外輪転走面、内輪転走面、ころ端面の形状の適切な組み合わせにより、従来軸受に比べ約40%のトルクの低減を達成した。

5) 玉軸受の適切な転動体径、転動体数、曲率の設定

アンギュラ玉軸受の当社品ACH, ACTシリーズのように、高速回転による転動体の遠心力を軽減するために、転動体を小さくしその数を増やし剛性を向上させたり、曲率を大きくする設計が取られる。

主な設計面からのアプローチ手段を述べてきたが、より長い寿命、より早い回転を得るための手段は互いに背反関係にあり、二つの要求を満足することは難しい。軸受の用途に応じ、軸受に求められる機能を明確に把握しその設計を選択しなければならない。

3.2 用途別軸受の展望

軸受に要求されるニーズの多様化は進む一方であるが、そのニーズに対応するためにも軸受の用途に応じたいろいろな工夫がなされてきた。

それぞれの用途におけるこれまでの対応技術と現在の取り組み、および将来の展望について述べる。

3.2.1 自動車産業分野

1997年12月に地球温暖化防止京都会議が開催され、2010年に1990年比で先進国における温暖化効果ガスの削減率が6%で合意された。これ以降、地球温暖化防止に寄与するため、低燃費自動車、排出ガス低減自動車の普及推進が一段と図られ各国の自動車メーカーの熾烈な技術競争が続いている。環境・低燃費が最も重要な自動車の開発技術キーワードになっており、今後もこの傾向が続く

と考えられる。Koyoの主力製品である自動車用軸受製品は環境・省エネルギー技術そのものであり、その展望について紹介する。

1)自動車エンジン補機分野

自動車の省燃費、高性能化に伴い、エンジン補機用軸受の使用条件もますます過酷になっており、軽薄短小で耐久性、高速性に優れたものが要求される(表2)。

表2 自動車エンジン補機分野の展望

For automobile engine accessories

開発の歴史(1984年以降)		現状	将来展望(5~10年後)
1980: 高速オルタネータ用軸受 (150, 20 000min ⁻¹)	オルタネータ用玉軸受	<ul style="list-style-type: none"> ・ “白層” と呼ばれる高応力による炭素の拡散・凝集に起因する疲労層を伴う早期軌道輪剥離を実験的に解明し、材料熱処理とグリースで対策 ・ 新保持器、新グリース等の開発により超高温(200)用オルタネータ軸受実用化 ・ セラミック軸受開発中 	<ul style="list-style-type: none"> ・ さらなる高速化、小型化、高信頼性 ・ 従来型オルタネータに対して、一部スタータオルタネータに置き換わる。高温、高速性を確保の上、容量アップ品が必要。 ・ セラミック軸受化
1980: ポリアミド系樹脂アイドラプーリ			
1980: 転がり式ロッカアーム	針状ころ軸受	<ul style="list-style-type: none"> ・ カムシャフトによる回転から往復運動への変換に転がり式ロッカアーム採用。軽量化を狙う板金製アームを開発(図2)および部品一体化開発中 	<ul style="list-style-type: none"> ・ さらに軽量化のため特殊材料の適用
1985: 三重リップシール付き水ポンプ軸受			
1997: R Mシール	アイドラ	<ul style="list-style-type: none"> ・ エンジンタイミングベルト系のチェーン化と補機ベルトのサーペンタイン化の動向 ・ 補機ベルト用アイドラプーリの需要増加、補機ベルト用は振動条件過酷による “白層” を伴う剥離の発生と対策展開 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 樹脂プーリが主流 ・ 小型化に伴い、高速回転(20 000mn⁻¹)に耐える軸受プーリが必要となる
1998: フェノール樹脂アイドラプーリ			
1999: 超高温用オルタネータ用軸受 (200, 20 000min ⁻¹)	ベルトシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 車両への搭載性向上、軽量化、メンテナンスフリー化、サーペンタインベルトシステム拡大に伴い、一定張力を与えるオートテンショナを開発 オルタネータプーリ内に一方クラッチ内蔵(図3) ・ ベルトシステム解析技術の蓄積 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ベルトシステム解析による設計の最適化 ・ STOP & GOシステムに対応した高機能製品(可変等)
1999: 補機ベルト用オートテンショナ			
	無段変速機	<ul style="list-style-type: none"> ・ パワーステアリングの採用拡大、電装部品の増大によるオルタネータの必要出力増大のため、補機回転速度をエンジン回転速度から独立させ、補機回転速度とエンジン回転速度の比を自在変速可能な補機変速システムの要求、Vリブドベルト駆動方式に適用できる補機駆動用無段変速機(図4)開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 超軽量、安価仕様の追求 ・ 無段変速機能の他適用への展開

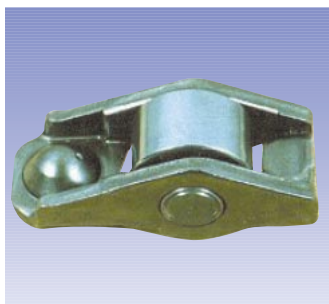


図2 板金製ロッカーアーム
Stamped steel rocker arm

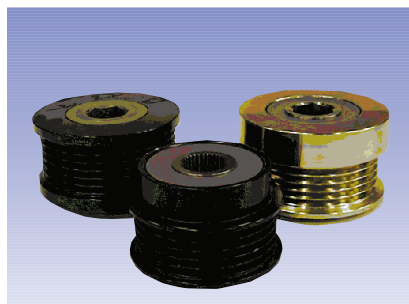


図3 一方クラッチ内蔵オルタネータプーリ
Clutch pulley for alternator



図4 補機駆動用無段変速機
Continuous variable accessory drive

2)自動車駆動分野

この分野では省燃費，軽量化が要求される一方で動力性能の向上が求められている．すなわち，高出力，小型軽量化という背反するニーズを同時に実現する必要があり，軸受には，長寿命化，低摩擦化，軽量・コンパクト化，ユニット化等が求められている(表3)．

3)自動車シャシ分野

自動車部品産業の大きな流れとして，単品からユニット化，モジュール化，システム化された製品納入が拡大している．特に欧米の部品メーカーでは，提携やM & Aを行うことで，システムサプライヤーとしての地位を強固にし，巨大な部品メーカーを目指すところが増えてきている．

さらには軸受技術，トライボロジー技術，精密加工技術，電子技術をコアにしたユニット商品が求められている(表4)．



図5 ダイレクトリリースシリンダ
Direct release cylinder

表3 自動車駆動分野の展望
For automobile drive trains

開発の歴史		現状	将来展望(5~10年後)
1983: LFT軸受 1992: KE軸受 1994: LFT軸受 2000: LC(Long life)軸受 2000: DRC	転がり軸受	<ul style="list-style-type: none"> ・省燃費，軽量化，高出力，小型軽量化ニーズが高まる ・長寿命化：特殊熱処理，クラウニング形状 ・低摩擦化：LFT ・軽量・コンパクト化・ユニット化 	<ul style="list-style-type: none"> AT，MTのさらなる成熟化 ・残存寿命推定精度の向上による限界設計 ・CAEの発達による開発期間の短縮 ・振動解析技術，シュミレーション技術の高度化 EV車の増加による高温，高速対応技術
	DRC	<ul style="list-style-type: none"> ・マニュアルトランスミッションクラッチレリーズとして軸受とレリーズシリンダを一体化したダイレクトリリースシリンダ(DRC)を開発(図5) 	<ul style="list-style-type: none"> ・センサ内蔵化等による作業系との連動
	CVT	<ul style="list-style-type: none"> ・金属ベルト型CVT：特殊曲率玉軸受 ・トロイダルCVTの取組み 	<ul style="list-style-type: none"> ・CVTの普及 長寿命化，コンパクト化

(注) AT: Automatic Transmission MT: Manual Transmission CAE: Computer Aided Engineering
EV: Electric Vehicle CVT: Continuous Variable Transmission DRC: Direct Release Cylinder

表4 自動車シャシ分野の展望
For automobile chasises

開発の歴史	現状	将来展望(5~10年後)
1998: ABSセンサ内蔵ハブユニット 1999: コーナモジュールアッシー	<ul style="list-style-type: none"> 遊動輪は第2世代, 第3世代のハブユニット(図6), 第3世代ではABSセンサを内蔵したタイプが主流(ABSセンサはパッシブタイプ アクティブタイプ) 駆動輪は第1世代が主流, 欧米を中心に徐々に第3世代を採用 軽量化・性能向上を図る目的で従来, ナットで固定されていた第3世代の内輪を, 軸端で揺動かしめする固定方式を実用化 ブレーキ性能向上のハブフランジの振れ低減(10μm) 	<ul style="list-style-type: none"> モジュール化, インテグレート化へと進化(図7)

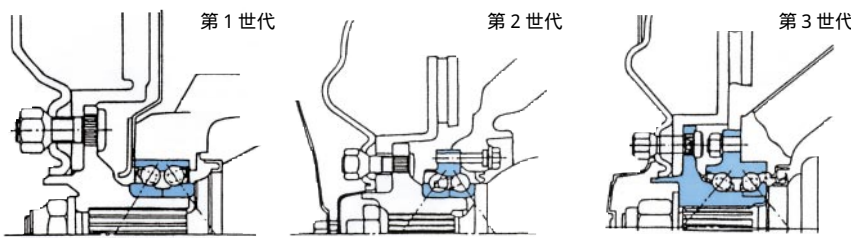


図6 ハブユニットの推移
Hub units

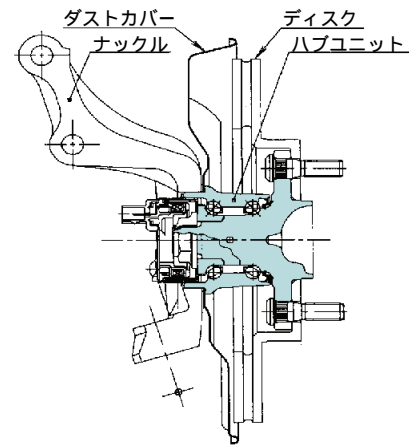


図7 アクスル・アッシー
Axle Assembly

3.2.2 産業機械分野

1) 一般産業機械分野

一般産業機械分野も他の産業と同様に大量生産による安価化, 高レベルの品質維持と生産性向上重視から地球に優しい環境保全重視の産業構造への変貌が要求されている。一般産業機械での軸受の関わりとして省エネルギー, 軽量化, メイテナスフリー等での貢献が考えられる(表5)。

2) 電機分野

通信機器はもちろんのこと, 事務機器, 家庭におけるTV, ビデオレコーダを含む情報機器に至るまでデジタル化が世界的に急速に進んでいる。その必要記憶容量は日増しに増える傾向にあり, 軸受には高速性, 高精度, 低騒音, 低トルク, 長寿命, 小形・軽量化が必要とされる(表6)。

表5 一般産業機械分野の展望
For general industrial machinery

開発の歴史	現状	将来展望(5~10年後)
<p><車両用軸受></p> <p>1991: 300系新幹線車軸用鍔付き円筒ころ軸受</p> <p>1996: 500系新幹線車軸用グリース密封複列円すいころ軸受</p>	<ul style="list-style-type: none"> 最高車速: 時速300km メンテナンス期間: 90万km 	<ul style="list-style-type: none"> メンテナンス期間: 240万km 軸受システム清浄度維持, 潤滑グリース劣化防止, 低トルクシール開発 車軸速度, 温度常時監視システム実用化, 予防安全の確立 リニアモーターカーの実用化 時速500kmへの挑戦
<p><鉄鋼用軸受></p> <p>1984: 世界初厚板ミルBUR転がり化改造</p> <p><その他産業機械></p> <p>1994: 超大型(7.2m)トンネル掘進機用旋回座</p> <p>1999: 大型光学赤外線望遠鏡すばる用軸受</p>	<ul style="list-style-type: none"> すべり軸受からの転がり軸受化 軸受の密封化 保守点検期間の延長 ユニット化による高機能化 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄鋼設備のコンパクト化, 維持管理に寄与 長寿命, 防錆材料の開発とシール性, 潤滑性向上の為の潤滑方式確立 軸受の薄肉化 メンテナンスフリー軸受の開発と異常監視機能付軸受による予知保全技術確立 低コスト使い捨て軸受

表6 電機分野の展望
For electric apparatuses

開発の歴史	現状	将来展望(5~10年後)
1979: VTR用軸受 1983: 小形一方クラッチ 1985: ファンモータ用玉軸受 1991: HDDスピンドル用玉軸受 1995: HDD用SGB 1997: 玉軸受内蔵一方クラッチ 1997: ON-OFF内蔵小形一方クラッチ 1998: HDDスピンドル用セラミック軸受	記憶容量 10~20GB/Disk NRRO 60nm 転動体: 鋼, セラミックス 	・HDD基本性能, ヘッドの高性能化による, 高面密度, 騒音低減, 電流低減, 速度向上. 70~140GB/Diskの実現 NRRO 1/4 転動体に新セラミック材質の採用 低騒音軸受, 新グリース開発 玉軸受の限界による動圧軸受化 ・AV市場 高密度化, 低騒音化 動圧軸受が主体に 低級機種: 玉軸受の使用存続 高級機種(サーバ用): セラミック軸受

(注) NRRO: Non Repeatable Run Out HDD: Hard Disk Drive

3) 航空機分野

航空機の場合, 特に高度な性能と信頼性が求められる. 劣悪な運転条件においても回転することが求められ, 300 度でも寸法変化および軟化しない耐熱性, 潤滑遮断後の耐久性(ドライラン), 温度や重力方向の変化により, 軸受のはめあいや作用荷重の変動があっても軸受が焼き付かないことが必要である(表7).

4) 工作機械分野

日本の工作機械の軸受に対する要求は, 高回転精度, 高剛性, 高速性, 高出力, 低騒音, 長寿命があげられるが, なかでも高速性は能率に大きく

影響し重要視される(表8).

5) 特殊環境機械分野

特殊環境用軸受はおもに半導体・液晶業界, 電子部品業界, 真空装置業界, 食品・医療品業界, 化学業界で用いられている.

これらの業界の著しい技術の進歩に伴って転がり軸受の使用環境は年々過酷化, 多様化していくものと思われる. 21世紀の産業界を索引していくと考えられる半導体・液晶関連業界では現状以上に真空, 耐食, 高温の上に, 低発塵, 高荷重, 非磁性といった多様化した性能が求められる(表9).

表7 航空機分野の展望
For aeroplanes

開発の歴史	現状	将来展望(5~10年後)
1979: 米国ITI社と技術提携 楕円軌道軸受国産開発 1982: アルミ合金製砲塔用旋回 座軸受国産開発 防衛装備協会より表彰 1989: 小型ジェットエンジン用 グリース潤滑特殊軸受開 発で防衛装備協会賞受賞 1989: セラミック軸受のジェッ トエンジンへの適用 (IHI, 東芝と共同開発) 1996: 純国産開発ヘリコプタ OH-1のスワッシュプレ ート用軸受国産初開発	航空機ジェットエンジン用軸受に ついて 高速: 玉軸受dn値 $2.0 \sim 2.5 \times 10^6$ ころ軸受dn値 $\sim 2.0 \times 10^6$ 高温: 200~300 軸受材料: (1)耐熱鋼: M50 (VIM-VAR) (2)耐熱浸炭鋼: M50NiL セラミック材: 窒化けい素(Si_3N_4) の組合せセラミック軸受を実用化 推進中 潤滑剤: 300 度オイル潤滑 軸受形式: 転がり軸受	航空機ジェットエンジン用軸受について 高速: 玉軸受dn値 $2.5 \sim 3.0 \times 10^6$ ころ軸受dn値 $\sim 2.5 \times 10^6$ 高温: 300~350 軸受材料: 耐熱性, 耐摩耗性の向上, 高速 回転時の円周応力に耐える破壊じん性値 (K_{IC})の高い材料 セラミック材は窒化けい素の一部の用途で 実用化 潤滑剤: 300 度油潤滑 軸受形式: 転がり軸受が主流だが, 一部で は流体(フォイル)軸受, 磁気軸受 dn値 4.0×10^6 の達成: 新材料・熱処理技術・表面処理・潤滑剤の 開発・設計技術, 検証技術の進歩 (シミュレーション技術, 実証試験技術の 高度化, 自己診断機能付軸受(モジュール), サービスシステムの構築)

表8 工作機械分野の展望

For machine tool

開発の歴史	現状	将来展望(5~10年後)
1981: 超高速円すいころ (HAタイプ)軸受	<ul style="list-style-type: none"> ・高速化 セラミック軸受の開発が大きく寄与 微量給油のオイルエア潤滑法も効果的 ジェット潤滑軸受で軌道直接給油軸受の実用 定位置予圧切替え技術開発 ・工作機械主軸の実用レベル グリース潤滑 dn: 1.0×10^6 オイルエア潤滑 dn: 2.0×10^6 ジェット潤滑 dn: 2.5×10^6 	<ul style="list-style-type: none"> ・高速化 高速, 長寿命グリースの開発 遠心破壊対策技術の開発 自己診断システム対応のセンサ付軸受 同上で予圧切換システムの普及 ・工作機械主軸の予想実用レベル グリース潤滑 dn: 1.3×10^6 オイルエア潤滑 dn: 2.5×10^6 ジェット潤滑 dn: 3.0×10^6 ・新規分野での技術開発の進展 マイクロマシン用スピンドルの開発での軸受要素技術開発 クリーン環境での加工機用磁気軸受
1982: オイルエア潤滑装置		
1984: ボールねじサポート用軸受		
1984: セラミック軸受 (転動体が窒化けい素)		
1985: 高速アンギュラ玉軸受 ACHシリーズ		
1985: ボールねじ サポート軸受ユニット		
1989: プラスチック保持器アンギュラ玉軸受		
1990: プラスチック保持器円筒ころ軸受		
1992: 外輪油穴溝付きアンギュラ玉軸受		
1996: 軌道直接給油ダイレクトイン軸受		
2000: 高性能軸受ハイアピリーシリーズ		

表9 特殊環境機械分野の展望

For extreme special environments

開発の歴史	現状	将来展望(5~10年後)
1984: セラミック軸受(窒化けい素)	高速回転, 非磁性, 絶縁等の要求性能とクリーン, 真空, 腐食, 高温等の環境に対応 <ul style="list-style-type: none"> ・内外輪, 転動体材質: ステンレス鋼, セラミックス, 工具鋼 ・保持器材質: ステンレス鋼, ふっ素樹脂, PEEK樹脂, グラファイト ・固体潤滑剤(転動体, 保持器に処理) 鉛, 銀のイオンプレーティングに適用 P T F E, 特殊ふっ素高分子二硫化モリブデン等のコーティング 	<ul style="list-style-type: none"> ・クリーン, 真空, 腐食, 高温といった環境の過酷化に伴う高性能品の開発 ・高速回転, 非磁性, 絶縁といった要求性能の高度化に伴う高性能品の開発 ・特殊環境装置の大型化に伴う高荷重・高剛性品の開発 ・ユニット化, モジュール化対応したユニット品の開発 ・超クリーン環境対応の軸受 ・超高真空対応の軸受
1986: 無潤滑クリーン軸受 (高硬度炭素球)		
1990: 低発塵軸受 (PTFEコーティング)		
1992: 高温用低発塵軸受		
1994: 耐食用セラミック軸受		
1996: 低発塵クリーンプロ軸受		
1998: 高温用クリーンプロ軸受		
2000: 高温・高荷重固体潤滑軸受 : 非磁性鋼軸受		

4. おわりに

軸受に対して多様化, 高度化する顧客のニーズを満足させると同時に, 強いて言えば人類存続のためにも, 地球環境の保護を踏まえた開発, LCA(Life Cycle Assessment)を考慮した製品開発推進につとめていきたい. そして産業社会の要求する転がり軸受を提供し続けることによって微力ながら世の中に貢献をしたいと思う.

参考文献

- 1) 岡田美津雄: トライボロジスト, vol. 45, no. 11 (2000) 2.
- 2) 加藤 寛: リコー ソリューション セミナー (2000. 11. 14) 「IT革命と日本経済の道」.