

# 産業の米「ベアリング」の産地を訪ねる 日本精工(株) 藤沢地区

## 1 はじめに

機械系の人間ならベアリングを見たことがない人はいないと思うが、それ自体は普段あまり見かけることはない。しかし、回転する機械にとっては欠かすことのできないものである。そういった必要不可欠なものを作り出す技術を持ち、さらには車で先端の技術であるトロイダル CVTや EPS(電動パワーステアリング)を作り出す技術を持つ日本精工。われわれ取材班はその技術力の秘密を見るために日本精工(株)[以下日本精工]へと取材へ行ってきた。

## 2 世界有数の企業

日本精工は、国内で第一号のベアリングを作り出したベアリングメーカーである。現在では国内最大、世界でもトップクラスに入るベアリングメーカーとして、多種多様なベアリング製品をグローバルに供給している。なかでも標準ボールベアリングなどいくつかの分野では世界でもトップシェアを誇っている。そのため世界に欠かせないといっても過言ではない大きな企業である。また、ベアリングの開発・生産だけでなく、EPSや無段変速機であるトロイダル CVTも開発・生産を行ってきていて、これらの分野においても世界の最先端を走っている。

今回われわれが訪問させていただいたのは、ベアリングの研究・開発の中心である藤沢技術開発センターと大小多品種のベアリングを生産している藤沢工場である。

## 3 日本精工の技術基盤とベアリング

日本精工の誇る四つのコアテクノロジーは材料、潤滑、解析、メカトロである。これらのテクノロジーについて研究所の中を見ながら説明をしていただいた(図1)。

・材料技術...材料テクノロジーの分野には、耐久寿命や耐摩耗性などの評価を行う技術や材料設計技術、熱処理技術が含まれている。ベアリングの性能、特に寿命には材料の影響が大きいため、どの材料が適しているのかを分析したり、使用環境に適した新しい材料を開発したりしている。

疲労度について研究をする部署では、X線を用いて世界中から回収したベアリングの疲労度を解析し、その使用状況を推察していくことで次世代のベアリングに活かしていくそうだ。また、疲労度の解析のためにそれ専用の

測定装置を開発していて、分析にかかる費用も半端ではないことに驚いた。これまでに蓄積されたデータを統計的に評価した疲労度インデックスと呼ばれるものを計算し、それをもとに、ユーザの用途に適したベアリングを勧めたりもしている。

ベアリングの疲労は表面から始まるものだと取材班は考えていたのだが、ベアリングの疲労破損には、使用条件によって内部から始まるものと表面から始まるものがあり、それぞれについて疲労度の解析ができるそうだ。

・潤滑技術...シール付きベアリングには必ずグリースが必要であるが、その性質によってベアリングの寿命や焼きつき性などに大きな影響を与える。また、ベアリングの使用目的や環境によっても変化させなくてはならないので、グリースに対しても企業内で試作・評価を行っている。

潤滑剤の一つであるグリースは多く



図1 今西さんの説明を聞く取材班

の種類があるが、ユーザの使用目的によってはその目的にあわせて新しく作ったりしているそうだ。さらに環境保全に配慮したグリースを作っている。ここでもわれわれの想像をはるかに超えるユーザ対応と環境保全対策を施していることに驚かされた。

・解析技術...ベアリングの高性能化には、コンピュータを利用した数値解析が活用されていて、運転時のベアリング内部の摩擦、あるいは振動や変形、温度なども計算できるとのことである。解析結果を確認するための実験も行われていた。

例としてボールベアリングの音響評価を行っているところを見てきた。二つのスピンドルから発生する音を聞いてみたが、その音の差に驚いた。見た目にはまったく同じなのに、音の大きさが明らかに違うのだ。二つの違いはベアリング内のボールの形状や表面の粗さにあるそうで、実際にそれぞれのスピンドルに使用しているベアリングのボールを見せていただいたが、その違いはわれわれが見ただけではわからなかった。ベアリングの音響性能などに影響するボールの形状（真円度）や表面の粗さを測定するためには、世界でも最高レベルの精度を持つ測定機が必要とのことである。同じように見えるボールでも、形状を拡大した図を見せていただくと差は歴然で、微小であっても表面がでこぼこしているものは、ベアリングとして音響レベルに差が現れる。より滑らかに、より丸くという超高精度への追求が続けられているそうだ。

ベアリングにとっていちばん重要なのは寿命がどの程度持つのかであるの

で、寿命試験を行う試験場も見学してきた。ここには非常に多くの試験機が整然と並んでおり、壮観な眺めだった。この回転試験場で前述の説明に出てきたグリースや材料・試作品の評価のための回転試験を実行・管理しているそうだ。

・メカトロ技術...日本精工の持つトライボロジー技術にモータや機械テーブル、センサなどを組み合わせてメカトロ商品を作り出している。

例えば、ベアリングに各種のセンサを取り付けることによって、温度や回転速度などを測定できるセンサ付きベアリングを開発している。

#### 《ベアリングの製造過程について》

ベアリングは、構造自体は非常に簡単で、外輪、内輪、転動体、保持器の四つの単純な部品から構成されている。しかし、その種類は多種多様で、トンネル掘削用シールド機に使用される直径 5m を超える大きなものから外輪が 2mm 程度の非常に小さなものまで、実に 10 万種以上のものがあるそうだ。

では、その製造の過程について図を見ながら追っていくことにしよう（図 2）。

まず、管材を切断したり、棒材を鍛造したりしてリングを作り、次に旋削することで、ベアリングの部品の概形を作る。

その後、熱処理を行うのだが、この過程でいかに確実な熱処理ができるかによってベアリングの寿命が左右される。そのため、この工程が非常に重要な工程の一つだそうだ。

熱処理を行った外輪、内輪は、次に精密に仕上げるために研削加工をす

る。何万個と同じ製品を作っても、寸法のばらつきがほとんどなく、この精度がベアリングの寿命、振動や音響など使用時の性能にも大きな影響をあたえる。自動車に使うような小形ベアリングは、自動搬送、自動制御された機械で研削するが、製鉄所の圧延機に使う 1m 以上の超大形のベアリングは、熟練の人手と生産技術の組合わせで高い精度に研削で仕上げられる。マイクロ単位の精度のため、測定技術もベアリングの性能を確実にする大切な技術だそうだ。企業の技術力を支えるのはやはり人であることを感じた。

そして、最後にそれらの部品を組み合わせさせてベアリングが完成する。

今回、日本精工を見学して、ベアリングの製作だけでなく、それに必要な新しい技術の開発に余念がないように感じられた。しかし、それこそが、世界のトップをいく企業としての大きな役割であり、その研究があるからこそ、今のベアリングがあるのだと思う。

## 4 CVT と EPS

### 4.1 CVT

例として現在主流である AT 車を考えてみよう。エンジンを使っている限りは、変速機が必要で、その変速の段数が多いほど、燃費や加速性能が向上する。世界で最初の AT は 2 速しかなかったが、現在では 4 速、5 速が主流となってきている。さらに、最近では AT 多段化という流れもあり、6 速や 7 速のものも市販されている。それに対して、変速の段数を増やすよりも一

■軸受製造工程からの排出物と3Rの取り組み



図 2 ベアリングの製造工程〔提供 日本精工(株)〕

気に無段階にしたほうがいいのではないかというのが CVT の発想である。しかし、ギヤを使用した変速機では無段階の変速は行えない。それを解決したのが CVT なのである。

日本精工が開発した CVT はトロイダル CVT と言い、中・小型車向けに使用されている金属ベルト CVT とは異なるタイプのものである。構造は図 3 のような感じで、入力と出力のディスク（二つの富士山型の部分）、パワーローラ（半球の部分）で構成されている。変速の仕組みは、非常に簡単で入力と出力のディスクとパワーローラが接触してパワーローラの傾き角度により変速比が決まり、その変速の比は入力側接触点の回転半径と出力側接触点の回転半径、この二つの回転半径の比で回転比となる。確かにこれなら低速から高速まで、パワーローラの傾きを変えるだけで、回転半径の大小が変わり、無段階で変速することができる。

構造と変速の仕組みは分かったのだが、次に疑問になるのはギヤがないのにきちんと動力を伝達できるのか？ということである。

これは非常に特殊な油を使用することで解決したとのことである。この油はオイルメーカと共同で開発したもので、高い接触圧力のもとでは固体化して、粘性係数が急激に増大し、限界せ

ん断応力が高くなり、動力を伝えることを可能にしたそうだ。ちなみに高い接触圧力がどの程度かを伺ったところ、例えば 4 の乗用車に搭載する CVT での接触圧力は最大 4GPa、五円玉の穴に 5t もの力がかかっているのと同じ状態をしているそうだ。このような大きな力に耐える部品（ディスクとローラ）を開発できたことが、CVT のもう一つのポイントであるとのことである。この特殊な油を使用してディスクとローラの間油膜を存在させ、この油膜によってディスクからパワーローラに摩擦駆動で動力を伝えることを可能としている。液体の油が固体化して動力を伝達する方法には取材陣も非常に驚いた。

さらに、メリットとしてあげられるのが、油膜を介しているのでディスクとパワーローラは直接接触しないという点である。接触しなければ焼きつきや摩耗などの耐久性の問題から解放される。

このように、ギヤ式のものに比べてさまざまなメリットを持つトロイダル CVT を実際に積んだ車も出てきている中で、CVT 技術部の今西氏にこれからの展開について伺ったところ、「この CVT 技術を載せた車を世界中に普及させていきたい」とのことだそうだ。

## 4.2 EPS

EPS とは Electrical Power Steering (電動パワーステアリング) の略で、その名のとおり、ステアリング (ハンドル) をきるために使用する装置である。

機構としては運転者が車のハンドルをきることで軸についたトルクセンサが捻られて信号を発生する。そこから出た信号を元に ECU がモータに対して回転の指令を出し、そして、モータが回転することによってハンドルを回すのに必要な力を軽減、つまりアシストする装置である。

EPS のいちばんの特徴は、構造が非常に簡単である点であろう。従来の油圧式のステアリングでは、油圧のための配管系があるために構成が複雑であるのに対して、EPS はリンク機構に対してモータとトルクセンサをつけただけなので簡単なのである。また、構成が簡単であるだけに油圧式と比べて軽いということも特徴である。さらに、環境面でも優れており、油圧式では動力源となる油圧ポンプを常時駆動させているため燃費が悪くなるのに対して、EPS ではそれが不要なことが挙げられるだろう。エンジンによけいな負担がかからなければ当然環境にも優しく、省エネをはかることができるというわけだ。

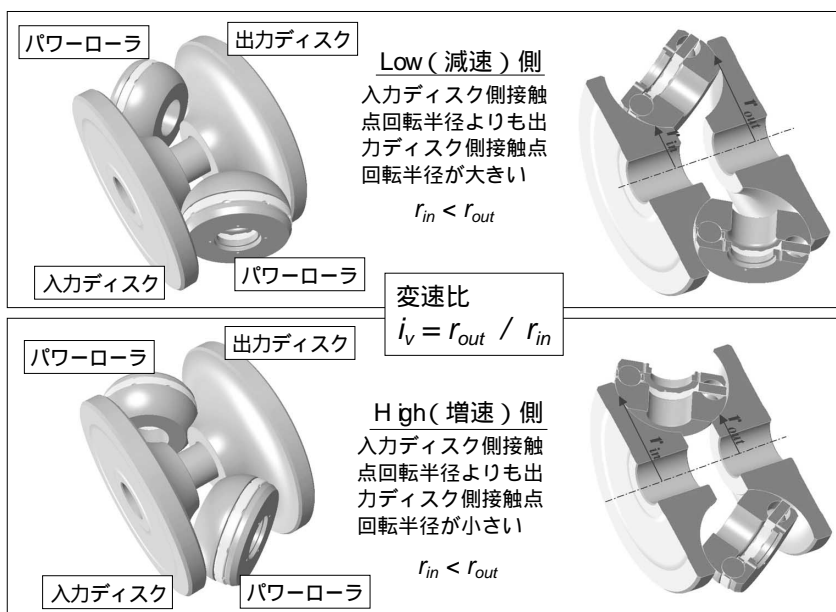


図 3 CVT の仕組み [提供 日本精工(株)]



図4 案内して下さった今村さん、谷口さん、今西さん  
(後列左から 2, 3, 4人目)と取材班

さらに、EPSのいちばん大きなメリットはなんといっても電子制御であるがゆえに統合制御系への適用がしやすいことが挙げられる。

統合制御の基本的な考えは、車の状態や周囲の環境をセンサ類で取得し、得られた情報をコントローラに処理させて、EPSに対してトルクアシストなどの指令を与え、EPSの中でトルクを発生させハンドルを操作しようということである。

例えばカメラを使用して車道の白線を認識して、もしも左右へそれて走っていくような時にはハンドル操作をアシストするレーンキープコントロールを行ったり、また、急ハンドル時にも安定して走行できる限界性能を高めるようにアシストする機能などを付けたりすることができる。こういった走行のために必要な操作を補助できる機能を付加し、それらを統合的に制御できるのがEPSの強みとなっている。

このEPSの分野においても、日本精工は日本で4割近くのシェアを占めており、世界でも有数のシェアを有するとのことである。

## 5 おわりに

案内していただいた今西さんから、機械系学生へのメッセージをいただいた。

「回転軸を支える軸受は、シンプルな形だけを見るとほとんど変化は見られませんが、長寿命・高負荷容量、低摩擦・低温度上昇化、低振動・低騒音化、あるいは高速化などの性能・機能の向上が絶えず図られています。このような軸受機能の向上には、精密加工技術とともに、材料・熱処理技術、潤滑技術、解析技術といった基盤技術の弛みのない進化と高度化が必要であることがわかっていただけたことと思います。基盤技術開発の成果を駆使して、従来にはなかった新しい機械部品やシステムを生み出すことは、技術者冥利に尽きる仕事であると思います。

機械工学を学ぶ皆さんにも、今後の研究や会社での仕事の中でこのような『技術屋である事の喜び』を味わっていただきたいと思います。」

われわれは幸運にもCVTを搭載した車に乗ることができた。その乗り心

地は普通の車と変わらず、ギヤを使用していないということがうそのようである。また、力強い加速、低速から高速まですべての速度において快適な乗り心地を体感することができ、非常に良い経験になった。その乗り心地に驚くとともに改めてその技術力の高さを感じた。

今回の取材で、世界のトップグループを走る日本精工の技術力の高さを垣間見ることができた。しかし、今回の取材で見ることができたのはほんの一部であり、ほかにもさまざまな技術が存在するはずである。次の機会にはそういうところを見たいと思いながら今回の取材を終えた(図4)。

最後になりましたが、ご案内いただいた今西尚さん、今村浩司さん、手戸浩俊さん、谷口雅人さん、平野猛さん、また、お忙しい中時間を割いて説明をしていただいた社員の皆さんに心よりお礼申し上げます。ありがとうございました。

(文責 奥元敦洋, 落合貴志, 鈴木良平, 滝 康嘉)