



ベアリング博士の“おもしろ”誌上講義
ベアリング入門



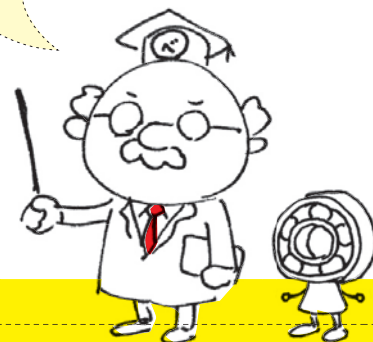
ベアリングとは、なにか？

みなさん、こんにちは。私の名は“ベアリング博士”。

本日は、私の誌上講義へようこそ。本講義は、日本が世界に誇る『ベアリング』なるテクノロジーに光を当て、その「なんたるか」を明らかにすることを目的とするものであります。

私は、諸君の「ベアリングってなに？」を「なるほどね！」へ導く専門講師であり、この小冊子のナビゲーター。諸君がお感じのベアリングに対する素朴な疑問、いやいや珍問・奇問の類いにまで、ズバリ回答することをお約束しましょう。基礎の基礎から、やさしく、なるべく具体的にお教えしていこうと思います。この小冊子を閉じた時には、「ベアリングがどんなもの」で、「どのようにして世の中の役に立っている」のか、きっとおわかりいただけることでしょう。諸君の疑問が消え、さらにベアリングに興味をいだいてくれたならばこれ幸い。ナビゲーターとして名誉というもの。

ちなみに、隣にいるのは、助手の“ベアリン君”。誌面の随所で、めざましい活躍を見せてくれますよ。私ともどもよろしく願い申し上げます。



さて…。講義の時間割は、以下の通りであります。

1限目

ベアリングの自己紹介 P3

- ・ベアリングは、実はとっても身近な存在。
- ・ベアリングを、見てみよう。
- ・ベアリングは、こんな“構造”をしている。
- ・ベアリングは、こんな“働き”をしている。
- ・ベアリングは、こんな“貢献”をしている。

2限目

ベアリング今昔物語 P13

- ・ベアリングの発祥と起源。
- ・日本のベアリング発展史。
- ・世界的に見たベアリング。
- ・多種多様化するベアリング。

3限目

ベアリング驚異の高性能列伝 P24

- ・いったいどれくらい？極小vs.最大級。
- ・想像を絶する！超高速ワールド。
- ・さらなる超高精度へ挑む、究極の玉。
- ・性能を磨くことで、自然と磨かれた美しさ。

4限目

Bearing's Dream P31

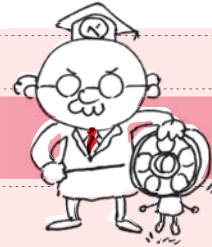
- ・ベアリングの見る夢。

なお、質問は随時受け付けますよ。オホン…。

「聞くは一時の恥、聞かぬは一生の恥」、先人の尊いアドバイスの通りです。

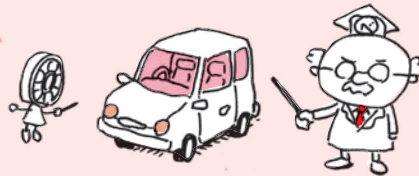
ベアリングの自己紹介

ベアリングは、実はとっても身近な存在。



さて、まず…。 「ベアリングを見たことがある」という方。挙手をお願いします。ウム…。思ったより、少ないですね。しかし、まあ、仕方のないこととも言えます。なぜなら、ベアリングが働いている現場の多くが、外側から諸君が直接うかがい知ることのできない、機械の内部や重要な部分に集中しているためなのです。それだけデリケートな場所で、シビアな条件の下、黙々と活躍しているんですね。機械が安定して能力を発揮するためにはなくてはならない、縁の下の力持ちなんですよ、ベアリングと言うものは。その上、驚くほど身近にあるものなんですよ。それもたくさん。

100~150個!

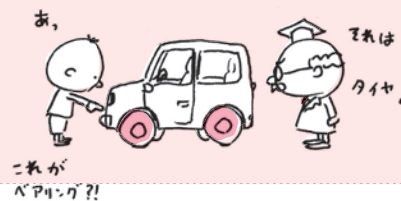


例えば、現代生活になくてはならない自動車を例にとって考えてみましょうか。ベアリングは、自動車には通常100~150個も必要とされています。(どこで、どんな働きをしているかの説明は、後の講義に譲りますが) もしベアリングがなければ、自動車は円滑には動かないでしょう…(オヤッ! 驚いていますね)。第一、タイヤがガタついて、とても乗り心地を云々できる代物になりません。トランスミッション(変速機)とて同じ。ギアがしっかり噛み合うかどうかさえ怪しいものになってしまいます。大袈裟に言えば、もしもベアリングがなかったら、自動車はとても、諸君がご存知の自動車のように発展してはこれなかったでしょう…。

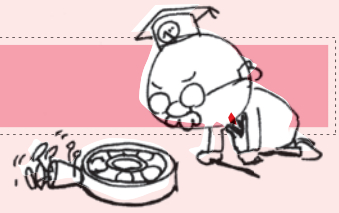


ベアリングは、鉄道にも飛行機にも、洗濯機に冷蔵庫にエアコンに掃除機に、コピー機からパソコン、遠い宇宙の人工衛星にまで、あらゆる機械に組み込まれています。それも、性能の維持・向上の決定的要素の一つとしてです。断言してもいいですが…、今朝起きてから今まで、ベアリングの恩恵にあずからずにいられた人は、諸君の中に一人たりともおりませんぞ! どうか? それほど身近で重要なテクノロジーなんですよ、ベアリングは。たいしたものでしょう?

さて、そろそろ。まだ多くの諸君が「見たことさえない」ベアリングとは、いったいどんなものか、ご披露するとしましょうか。「百聞は一見にしかず」ですからな。



ベアリングを、見てみよう。



まずは、下の写真をとくにご覧あれ。



たま
玉軸受 (Ball Bearing)



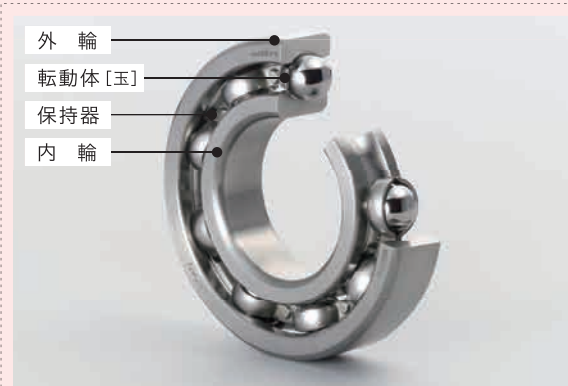
ころ軸受 (Roller Bearing)

なやら“^{せいかん}精悍な顔つきをしたリング”状のもの。これらがもっともベーシックなベアリングの姿であります。ベアリングのスペルは“Bearing”です。英語の得意な諸君はもうお気づきでしょうが、“ベア (Bear)”には“支える”や“耐える”という意味がありますね。“Bearing”とは、読んで字のごとし。“支え・耐える”ためのものなのです。ウム…。では、いったいナニを“支え・耐える”のでしょうか? ベアリングは、日本語では『軸受(じくうけ)』と呼ばれています。ベアリングが“支え・耐えている”のは、クルクル回転する、軸。“軸を受け支える”から『軸受』と呼ばれているのですね。漢字で表わすと、実にわかりやすくなります。ちなみに上の写真は2つとも、正確には『転がり軸受(Rolling Bearing)』と呼ばれる種類に属します。機械の中に組み込まれている様々な形式の軸受の中で、もっとも多く一般的なものです。後で詳しく述べますが、“転がるもの”を使って、軸を受け支えているので、そう呼ばれているのです。きわめてストレートなネーミング。覚えましょう。さらに写真左は『玉軸受 (Ball Bearing)』といい、右は『ころ軸受 (Roller Bearing)』といいます。そうです。みなさん、鋭いですね。“転がるもの”が左は『玉』で、右は『ころ』だからです。また本講義も、世の慣例にならい、これら世界的にもっともたくさん使われている『転がり軸受』を指して『ベアリング』と称し進行いたします。

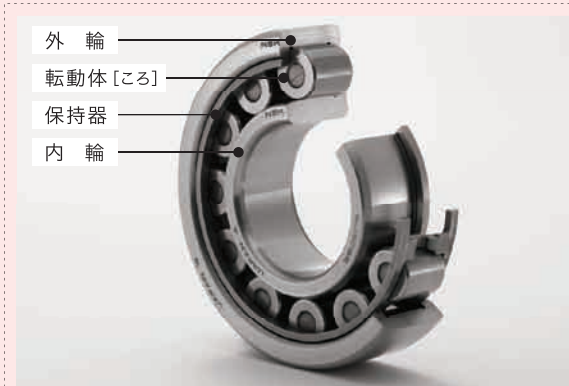


ベアリングは、こんな“構造”をしている。

『**転**がり軸受』の基本構造は、外側の大きな輪っか〈外輪^{がいりん}〉と内側の小さな輪っか〈内輪^{ないりん}〉、その2つの輪っかの間にはさまれた、いくつかの玉やころ〈転動体^{てんどうたい}〉と、その〈転動体〉の位置を定める〈保持器^{ほじき}〉の4つの要素から成り立っています。いたってシンプルな構造ですね。



玉軸受 (Ball Bearing)



ころ軸受 (Roller Bearing)



外輪



保持器



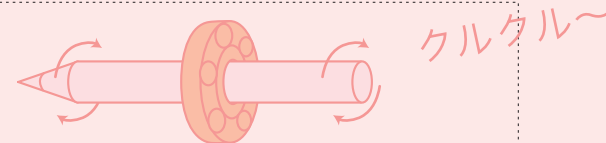
転動体 [玉]



内輪

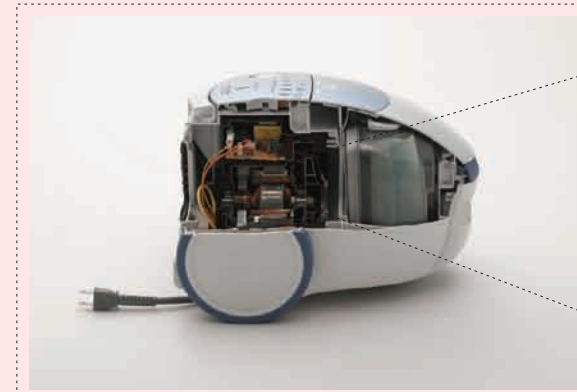
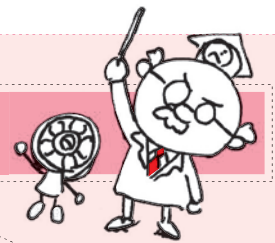
ちょっとした思考実験をしてみましょう。あるベアリングの〈内輪〉の内径が、諸君の手に握られている鉛筆がしっかりとハマる大きさだったと仮定しましょう。〈外輪〉を持ち、さあ！鉛筆を差し込んで、クルクルと回してみてください。どれくらい軽く回りますか？おそらく、実際に回してみたら、諸君の想像をはるかに上回る軽さで鉛筆を回すことができますよ。鉛筆にしっかりとハマった〈内輪〉が、一緒に回っているにもかかわらず、その驚くほどの軽さが、ベアリングの能力なのです。どうやら…。〈外輪〉と〈内輪〉の間にはさまれた〈転動体〉に、驚異的に軽やかな回し心地の秘密が隠されていそうですね。

イメージ実験

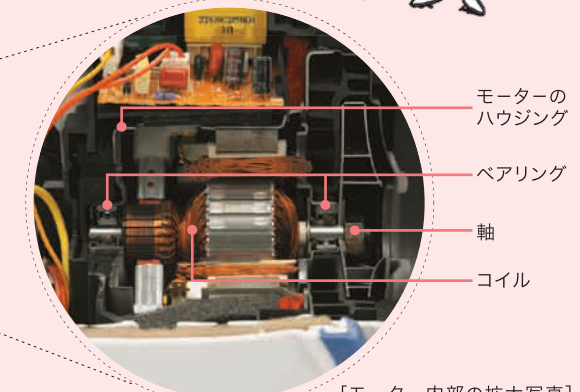


よるしいかな…。講義は早くも、最初の山にさしかかっていますよ。ベアリングは、独立した状態にあっては、たんなる美しい“輪”に過ぎません。機械に組み込まれてはじめて、その真価を発揮するのです。なぜ組み込まれているのか？

ベアリングは、こんな“働き”をしている。

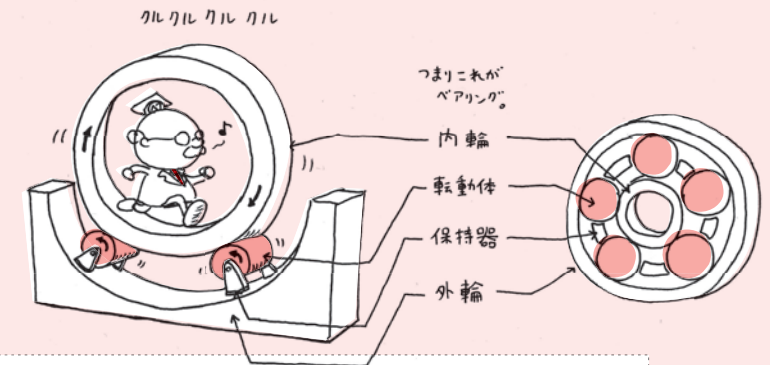


[三菱電機株式会社製家庭用電気掃除機]



[モーター内部の拡大写真]

そのなぜを解明するために、家庭用電気掃除機の電動モーターの内部をのぞいてみましょう。ちなみにモーターを形づくっている円筒形をした外壁全体を、ハウジングといいます。モーターの内部で、導線を螺旋状に巻いたコイルへ電流を流すと、電磁誘導現象によって電磁力が生まれ、軸が回りはじめます。その動力を確実にモーター外部へ伝達し、機械の能力を発揮させるためには、回る軸の位置をモーター内部にしっかりと定め、回転を安定させる必要があります。そのために回転する軸を受け支え、ハウジング内の一定の場所に安定させているのもベアリングの役割です。このような働きを、専門的には、軸を“案内する”と言います。モーターの内部で、ベアリングのある2箇所に注目してください。コイルから出た軸を前後で受け支え、強力な吸引力を生むための高速回転に日々耐え続けているのです。



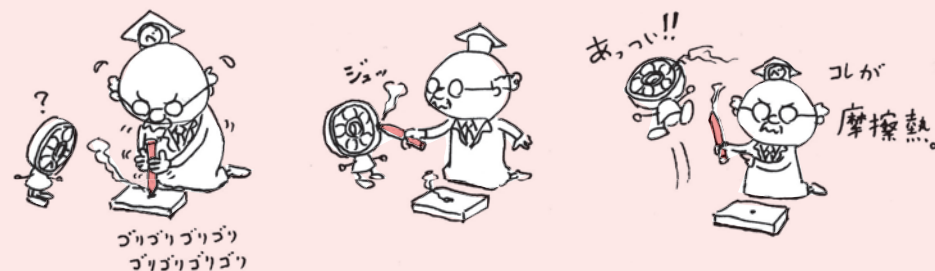
Question

博士！質問があります。軸を支えるだけであれば、モーターのハウジングに穴をあければ済むことじゃありませんか？そこに軸を通せば、ベアリングがなくても大丈夫じゃありませんか？小学生の頃よく作ったクルマのプラモデルについていたモーターは、なんの変哲もない普通の穴から、軸が顔を出していました。

君はすばらしいです…。

私のここまでの話を、とてもよく理解している証拠です。ウン、ウン。実によい質問だ。

ここで、ベアリングの永遠のライバル、『摩擦』の登場とあいなります。ベアリングを知る上で、『摩擦』は非常に重要なキーワードです。覚えましょう。少しばかり、説明が長くなりますが…。諸君のような現代っ子は、もうやらないのでしょうか？寒い時に、両手の平をこすり合わせたりしたことはありませんか？あれは、『摩擦』によって発生する“熱”を利用した、とても身近な暖の取り方なんですね。古代の人が木の板をこすって火を起こした“きりもみ法”などの発火方法も、摩擦熱を利用したものです。



摩擦とは、“ある動きに抵抗しようとする力”です。ウ〜ム、少しアバウト過ぎましたかな…。『広辞苑（第四版）』では、いくつかある摩擦についての説明の2つ目に、こう書かれていますね。「接触している二物体が相対的に運動し、または運動し始める時、その接触面で運動を妨げようとする向きに力の働く現象、またはその力」いかにもその通り。



さっきの手の平のこすり合わせで実験してみましょう。Let's try! 左手を固定し、右手だけをゆっくりと大きく往復させてみてください。いいですか…。右手の平は、向こうへ行こうとする。そして、こちらへ帰ってこようとする。そのたびに左の手の平には、右手の平を向こうへ行かせまいとする力が生まれる。こちらへ帰ってこさせまいとする力が生まれているんです。ある方向への運動を妨げようと抵抗する力、それが『摩擦』です。

そして！徐々にスピードをアップ!! どうです？ほんのり両手の中が暖かくなってきませんか？手の平のこすり合わせで生まれる摩擦は微弱なものですから、「これが摩擦か」となかなか実感はできませんが、その暖かみ、その熱は、摩擦があったなよりの証拠なのですぞ。そして、その熱も、ベアリングの存在意義に大きく関わっているのです。

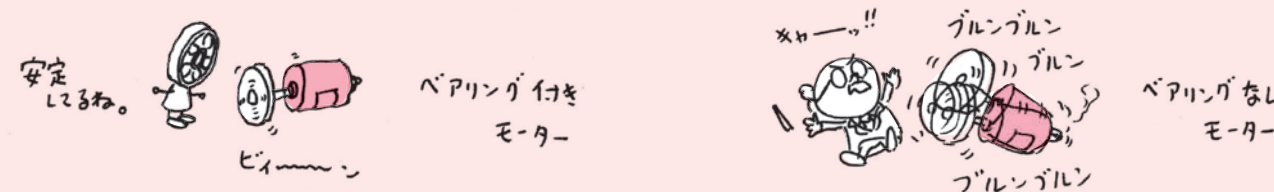
さてと…。君の質問に答える予備知識が整いました。



少しばかりミクロな世界へとイメージを膨らませてみてください。諸君は今、小人となって、モーターのハウジングの穴と、その穴を通る軸を間近に見ているとします。軸が回転をはじめました。軸の回転が安定するためには、軸の通る穴は、軸の直径に対してほんのわずかだけ大きいわけです。軸は、穴のいたるところで接しながら回転を続けます。さあ、なにが起こるでしょう。思い出してください。軸に接している穴の面では、常に回転をやめさせようとする『摩擦』が起こっているわけですね。軸はその抵抗をもろに受けながら回り続けなければなりませんから、たいへんな労力を消費することになります。ずっと摩擦に邪魔されながら、回るので…。そしてやがて、軸と穴の接している面は、たいへんな熱を帯びてきますね。



万が一こんなモーターを組み込んだ掃除機があったとしたら、それは使いものになりません…。なぜなら、電気は食うのに出力はさっぱり…。振動はすごいし、ゴミを吸い終わったあたりでボディがとっても熱くなってくるし。挙げ句の果てに買って1ヶ月も経たずに、うんともすんとも言わなくなる。モーターが、熱で焼付いてしまったんですね…。焼付いたモーターの中で、もしこの軸が口をきけたら、きっこう言うでしょう。「摩擦さえ無かったら、もっと楽に、もっと強く、もっともっと長く回転できたのに…」と…。「摩擦さえ、どうにかしてくれたら!」と…。



そして、我らがベアリングを組み込んだモーターの登場です。ベアリングは、この役に立たない掃除機を、みなさんの暮らしの中でしっかり活躍できるものへと劇的に変える、すばらしいテクノロジーなのですよ！ベアリングを組み込んだモーターの軸は、摩擦を減らして回転をはじめ、回り始めてからはさらにスムーズに運動を続けるのです。

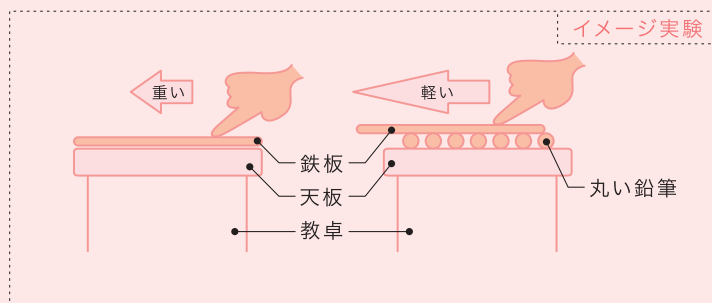
前 に述べたベアリングのないモーターに比べ、圧倒的に省電力で、静かに、力強く、掃除機などの部品が寿命を迎えてもなお、スムーズに回り続けるのです。なぜなら！ベアリングこそ、摩擦を制するものだからです。摩擦を制するベアリングの原理、それを“転がり接触”と呼びます。覚えましょう。

なぜ、“転がり接触”をするベアリングは、摩擦をかくも少なくできるのでしょうか？かんたんな実験で、証明してご覧にいれよう。

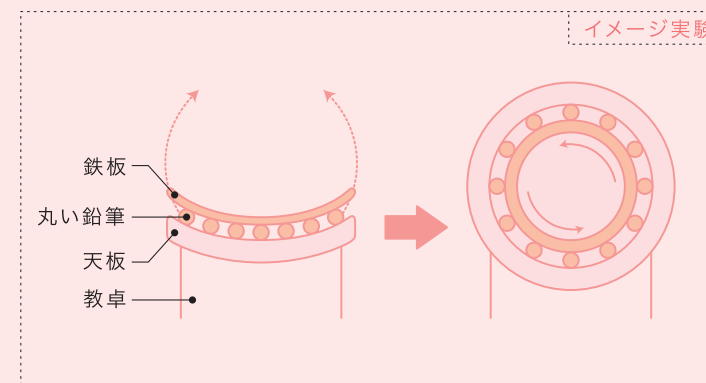


今、私は教卓の上に、一枚の鉄の板を用意しました。かなり重いですよ。人差し指1本で、この鉄板を押してみます。ここまで学んだ諸君にはもう、教卓の天板と鉄板の間に生まれている、(目には見えない)摩擦なる力が、今にも見えてきそうではありませんか？相当な重さですぞ…。私の指先は、摩擦によるかなりの抵抗を感じています…。ウーン。実に重い。なんとか教卓の端から端まで、鉄板を押していくことができました。フウウ～。

今度は、この鉄板の下に、丸い鉛筆を数本置いてみます。アラ！不思議！！さっきの重さがウソのように軽々と鉄板を押していけます。ホラ、ホラ、ホラ。これは、“転がり接触”がいかに摩擦を小さくできるか、手軽に確認できるよい方法です。もう勘のいい諸君はお気づきのようですね。そうです。



この教卓の天板を〈外輪〉。間に置いた鉛筆を〈転動体〉。鉄板を〈内輪〉に見立てて、天板と鉄板の端と端を持ち上げて、輪にしてみてください。ベアリングの完成です。よくできました！これで、なぜベアリングに受け支えられたモーターの軸が、摩擦の抵抗をほとんど受けることなくスムーズに回り続けることができるのか、実感としておわかりいただけたのではありませんか？よろしい。ボクシング界に伝わる(本当ですかね?) 金言「左を制する者は世界を制す」になぞらえて言うなら…。「摩擦を制するものは機械を制す」です。ベアリングは、機械がスムーズに長く動くことを妨げる『摩擦』を、克服するためにあるわけなのです。



ベアリングは、こんな“貢献”をしている。



ベアリングの根本的な働きは、“主に機械の回転運動の摩擦を減らす”ことと聞いていいでしょう。さて、ここで。ベアリングが摩擦を減らすことで生まれる様々なメリット、ベアリングの性能的“貢献”を整理してみましょう。ベアリングの重要性が、すさまじいリアリティをもって実感されますよ、きっと。

まず…。ベアリングを知っていく上で、はずすことのできない重要なキーワードをまた一つご紹介しようと思います。『摺動』。読める人がいたら、講義の後でコーヒーをご馳走しますよ。どうです？

ハイ！ハイ！博士！
『しゅうどう』ではありませんか？



正解…。あなたは、いったい漢字検定何級をお持ちですか？フウ～。講義の後、自販機コーナーで待っててください。(気を取り直して…) そうです。『しゅうどう』と読みます。『摺』は見慣れない漢字ですが、「する」とか「こする」との意味を持ちます。機械の中で、表面を「すり合わせ」ながら「こすり合わせ」ながら動く、そのお互いの表面のことを『摺動面(しゅうどうめん)』と呼びます。覚えましょう。手の平の実験に置き換えれば、手の平同士は『摺動面』です。鉄板の実験では、互いに接した教卓の天板と鉄板の下面とが『摺動面』ですね。モーターの軸と、ハウジングの穴の接触面も、もちろん『摺動面』。つまり、「広辞苑」にあった「接触しながら相対運動する二物体の表面」のことです。

機械の中には、実にたくさんの『摺動面』があります。そして『摺動面』には必ず、動かす力と反対方向に働く力の摩擦が生まれます。ベアリングは、これらたくさんの『摺動面』に機械部品として組み込まれることで、厄介な摩擦を減らしているのです。ちょうど、教卓の天板と鉄板の間に丸い鉛筆がはまり込み、劇的に抵抗(=摩擦)を退治したように!

● ベアリングの“貢献”その1 >>> 摩擦を減らすことで、機械が働く“効率を高めている”。



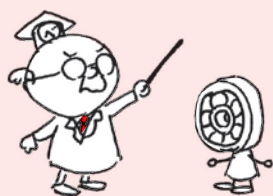
摺動!
しゅうどう

そして…。諸君に聞こう。摩擦は、結果、なにを生むかね?

ハイ! 博士! 『摩耗』です!

その通り。チョークを黒板に当て、滑らせる。チョークの先と黒板の表面にはやはり摩擦があり、柔らかい方のチョークが激しくすり減ることで、結果、字や線が残るのですね。さらには、この黒板の下に散った^{おびただ}夥しい、色とりどりの粉をご覧下さい。これぞ『摩耗』の鮮やかな証! 『摩耗』のない摩擦など、どこにもないのです…。ベアリングは、微弱ながらも完全に“0”にはならない摩擦によって、動く摺動面が長い時間をかけてすり減っていく『摩耗』の度合いを、できる限り小さく抑えているのです。『摩耗』ができるだけゆっくり進むよう食い止める、このことがなにを意味するのか?

● ベアリングの“貢献”その2 >>> 摩耗を減らすことで、機械の“寿命を長くしている”。



さらに…。古の発火方法“きりもみ法”を思い出していただきたい。人力による、あれほどの遅い回転でも、摩擦熱で火がついたのですよ。近代機械の高速回転が生む摩擦熱、それがいかにすさまじいか…。If! 摩擦熱がベアリングによって大きく減らされていなかったら、(そんな不完全な機械などありえませんが) 至る所で摺動面は煙を吐き、機械はすぐさま“焼付き”を起こし、止まる…。そんな機械に、安心して、なにを任せられるでしょう…。

● ベアリングの“貢献”その3 >>> 焼付きを防ぐことで、機械の“故障をなくしている”。

以上を、ベアリングの“三大貢献”と定義して差し支えないでしょう。そうです。きわめてシンプルな貢献です。だからこそ、機械にとって本質的で根源的な貢献とも言えるのです。そして、ベアリングは、機械に対する時代の要求に応え、驚異的な進化を遂げ続けてきました。日本のベアリングが、現在のような世界最高レベルへと至るいきさつは、実に興味深いと思いますよ。我が国がMade in JAPANベアリングに固有の高性能さや進化の歴史は、2限目3限目の講義で詳しくお話しします。乞う、ご期待。さて、ここまででなにか質問はありますか?



博士!“貢献”の1つめ“効率”と関連していると思うのですが、私はエコロジーにとっても興味があります。そして「ベアリングは地球環境にやさしい」と言われています。具体的には、どのように「やさしい」のでしょうか?

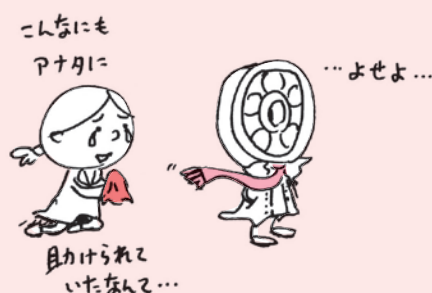
いい分野に関心をお持ちだ。「ベアリングは地球環境にやさしい」理由。

それはベアリングが、エネルギー節約に大いに貢献しているからですね。

例えば、自動車のエンジンの燃焼室で燃料と空気の混合気が燃焼して生まれるパワー。その力のうちの少なからぬ割合は、残念ながらタイヤまで届かず、車を動かす力として使われることなく、伝達の途中で摩擦と熱に変わり失われてしまいます…。先ほども触れましたが、摺動面の摩擦を低減できればできるほど、効率よくパワーを伝えることができるのでしたね。要するにベアリングは、少ない燃料消費で自動車を走らせる“低燃費”性能に、なくてはならない存在ということなのです。ベアリングは、“省エネ”に直結!。「地球にやさしい」わけです。ハイ。

[ベアリン君のアシスト・コラム]

もし、自動車にベアリングが使われていなかったとしたら、日本で年間60万kℓにも相当するガソリン(原油)が、余分に必要になるとの試算もあります。60万kℓは、ドラム缶で積み上げると、なんと富士山の約720倍くらいの高さに達します。ヒョエエ～



ベアリング今昔物語

諸君。よくがんばりました。実は1限目が、もっともヘビーな内容だったんですよ。おめでとう！
諸君のベアリングに対する基礎知識は、すでに相当なレベルに達しています。私が保証
いたしましょう。ここからは肩の力を抜いて、リラックスして聞いてください。ただし！居眠りは
厳禁ですぞ…。なぜなら、ベアリングのすばらしさやおもしろさや可能性のお話は、ここからが
本番なのですから。さてと…。

ベアリングの発祥と起源。



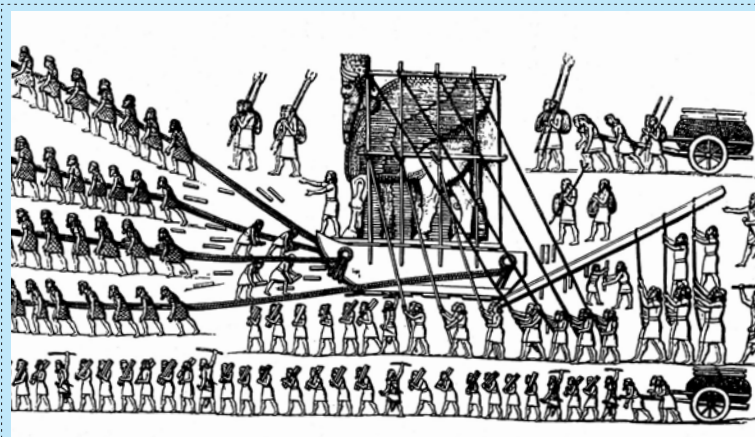
ベアリングに対する理解をさらに深めるためには、発祥や起源を知っておいた方がよろしいですね。



Question

博士！ベアリングの原理は、紀元前のエジプト、ファラオ権勢の象徴であったピラミッド
作りの頃に、すでに発見され利用されていたんですよ。でも、そんな古代の事実を示す
証拠はあるのでしょうか？

ウム…。君、なかなかの博学ですね。まず、下のイラストをご覧ください。これは、ファラオが君臨した
エジプトと並んで、都市文明を开花させた古代メソポタミア（現在のイラク付近）のレリーフ（浮き
彫り）を、模写したものです。描かれたのは、なんと紀元前8世紀！実物は、ロンドンの『大英博物館』に
展示されています。さて…。なにかに気が付きませんか？ シ～ン…… オホン…。それではヒントです。
巨像を乗せた舟のようなソリのような形をした台の下！若干わかりづらいますが、なにか見えませんか？



[古代アッシリアの首都ニネベ出土のレリーフより]



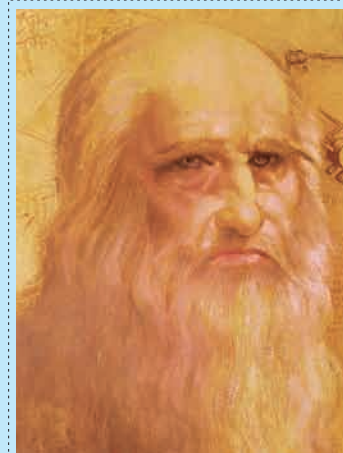
博士！『丸太』のようなものがズラリと並べてあります！

Great! あなたには、もう単位をあげたいくらいです。

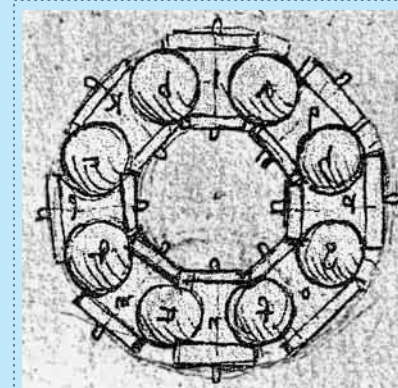
いかにも…。今日の私達には信じられないような巨大な石像を古代の人々が運搬できた謎、それが
可能であったのは“転がり接触”で大きな摩擦力を低減できたからなのです。その証しが描かれ
ているのですね。いくら絶大な権力を誇ったファラオが「でっかあ～いピラミッドを作るのじゃー！」と、
いばって杖をふりかざしたところで、巨石を運ぶアイデアがなければそんなものは作れなかった
わけです。まさに必要から生まれた人類の英知！『重いものを動かす労力を減らすには、重いもの
下に転がるものを置けばいい』ことに、古代メソポタミア人が気付いた瞬間。その時こそ！ベア
リングの原理に人類が開眼した記念碑的一瞬であり、ベアリング進化史の原点なのです。ちなみに、
台の下に並べられた丸太のことを一般に『ころ』と呼びますね。思い出してください。そうです。
『玉軸受』と双壁を成すベアリング、『ころ軸受』と言いましたね。巨石を運んだ『ころ』の原理が、
現在のベアリングにそのまま息づいているまぎれもない証拠と言えるでしょう。

[ベアリン君のアシスト・コラム]

驚くほど現在のベアリングに近い、その基本的な構造を考案していたのは…。中世が生んだ
万能の天才、かのレオナルド・ダ・ヴィンチだったんです。真ん中が、ダ・ヴィンチによる玉軸受の
デッサン図。『マドリッド手稿』と呼ばれる機械部品のスケッチ集の中で発見されました。
なんと15世紀のもの。モナリザを描いた指先は、飛行機を空想していた想像力は、もしかしたら
今日のような機械文明を予見していたのかもしれないですね。スゴオ～イ



[レオナルド・ダ・ヴィンチ]

[レオナルド・ダ・ヴィンチの描いた玉軸受デッサン図]
[写真提供：スペイン国立図書館
(BIBLIOTECA NACIONAL de ESPAÑA)][デッサン図に基づき、近年作製されたベアリングの模型]
[写真提供：フィレンツェ科学史博物館
(Istituto e Museo di Storia della Scienza)]

日本のベアリング発展史。

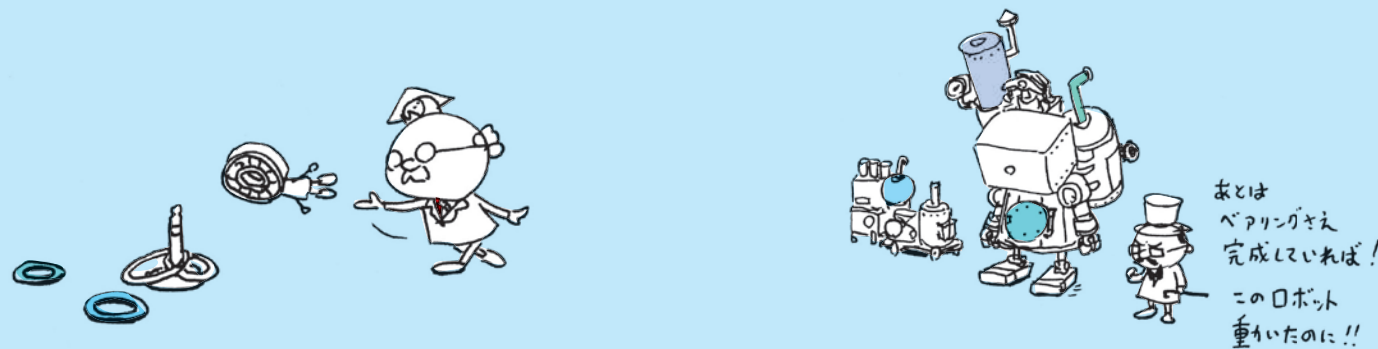


残念ながら講義には終業時間があり、誌面にはページの都合がありますね…。さあ！古代から、一気に近代へ飛びますよ。すでに諸君はご存知のように、ベアリングは機械に組み込まれてはじめてその能力を発揮する部品、つまり“機械要素”であります。であるからまずここで、我々が日々漠然と指し示している『機械』なるものを、しっかりと定義しておきたいと思えます。『機械』とは（少々難解な言い回しになりますが）“複数の部品を組み合わせ、外部から与えられたエネルギーを用い、組み合わせられた部品間に決められた運動を起こさせることで、人の役に立つ働きをするもの”であります。18世紀。人類は、様々な『機械』の発明によって、それまでの人の筋肉労働の代替に成功しました。世に言う、産業革命ですね。産業革命の立て役者となった『機械』は、パワーも正確さも持続力も効率もそれまでの人の働きを大きく上回り、今日のような機械文明の基礎を築いたのです。

【ベアリン君のアシスト・コラム】

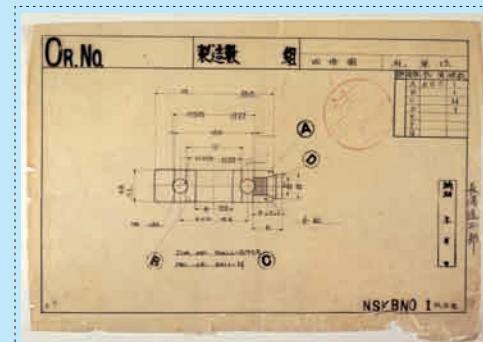
現代のほとんどの『機械』は、電子制御のテクノロジーと一体化して、人間のように賢い働きをする“メカトロニクス”になってます。ホント、便利になりました。そして、究極の“メカトロニクス”の一つは二足歩行する人間型ロボットです。

さあ！おさらいです。接触しながら相対的に動く摺動面があれば？そうですね。必ず摩擦があります。摩擦があれば、それを低減させるためにベアリングが不可欠でしたね。



ですから、18世紀以降の機械の爆発的な発達、ベアリングの発達をも自然に要求したわけです。そして、ベアリングの発展に中心的な役割を果たした自動車が、産業史のメインストリームに踊り出てきます。産業革命の150年後。1900年代の自動車産業の隆盛と期を一にして、欧米でベアリングは未曾有の進歩を遂げることとなります。

ここで、視点を日本に移しましょう。日本で、専門のメーカーによりベアリングの生産がはじまったのは、1916年です。しかし日本のベアリング技術が大輪の花を咲かせるのは、実は戦後のことです。戦後復興の道を遮二無二駆け上がった日本では、1955年頃から“三種の神器”（おわかりかな？電気洗濯機／電気冷蔵庫／白黒テレビです）が、驚異的な普及を見せ、さらに1965年頃からは“3C”（カー／クーラー／カラーテレビ）が、その旺盛な需要の中心に取って代わります。とくに電気洗濯機／電気冷蔵庫／カー／クーラーの性能に対する「ある要求」が、日本のベアリングに神がかり的な進歩をもたらすこととなったのです。



日本国内で生産がはじまったころのベアリングの図面

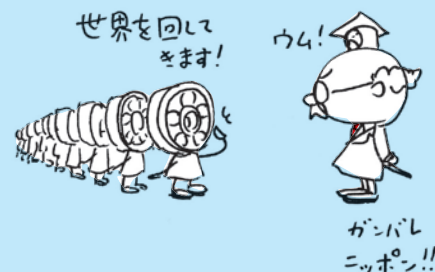
その進歩とは、日本の“国土と国民性”に深い関係がありました。繊細な感性を持つ（どうも繊細らしからぬ顔も見受けられますが…）日本人にとって、生活家電の重要な性能の一つであったのが静かに動くという“静粛性”でした。広大な大陸に住み、ラジオをガンガンかけながら、大型車で広大なハイウェイをブツ飛ばす、そんな環境に暮らす人々にはあまりピンとこない性能かもしれません…。しかし日本は国土も狭い。家々が軒を接して、人々が肩を寄せ合って暮らす生活環境です。“静粛性”をあまり重要視しない外国製のベアリングは、日本の家電製品になじまなかったわけです。自動車産業先進国の欧米が作った、優れていたはずのベアリングが、使えない。もちろんあわてたのは…、日本のベアリングメーカーです。



消費者が満足する“静粛性”を持った生活家電と自動車を生産するためには、自分達で世界一静かなベアリングを作らなければならなかった…。たいへんです。



しかし、日本の産業は常になにかしらの逆風を追い風に変え、世界の頂点へと登りつめたわけですね。作ってしまったんですよ。世界一の“静粛性”を誇る国産ベアリングを！いや、実にアツパレではないですか。誇りです。そこで資源小国の日本です。繊細な国民を満足させたなかなかできのいい製品群が、自動車を先頭に欧米へ輸出されていきました。しかし次に要求されたのは、広大なハイウェイを何時間もブツ飛ばし続けるワイルドな生活を何年重ねても壊れない、“高耐久”性能でした。その難問も、ジャパニーズ・ベアリングエンジニアの知恵と努力はクリアしていくのです。



さらに、日本のベアリングが世界を驚嘆させたトピックスを二つご披露いたしましょう。それにて（駆け足でしたが）発展史のご紹介とさせていただきます。熟練と時間を必要としたデリケートな“仕上げ加工”の工程を、新たな仕上げ方法の発案により、世界で初めて自動化に成功しました。この新たな仕上げ方法は『超仕上げ法』と言います。1952年に確立していました。みなさんが「チョ～なんとか」なんて言い始める約50年も前です。〈内輪〉と〈外輪〉の軌道面と〈転動体〉の表面をチョ～“ツルツル”に仕上げた革新技術。1960年代唯一日本だけが、この超精密加工技術の自動化により、精密ベアリングの大量生産に成功したのです。

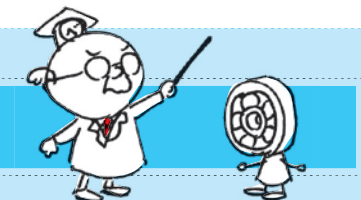
博士！チョ～すごくない？



今日、日本の輸出品の多くは機械製品です。日本の様々な機械が輸出され、世界中で愛用され重用されている要因の一つは、高性能で高品質なベアリングの働きにあるのです。現在では、世界中の機械をスムーズに動かしている全てのベアリング（転がり軸受）の4割程度が、日本の技術を使って様々な国々で生産されています。現在、国内で生産されているベアリングは、年間約20億～30億個。その4割以上は自動車用で、4割以上が輸出されています。日本のベアリング技術と、日本で日々生産されるベアリングがなかったら、さぞ地球は摩擦でギシギシするでしょうな…。



世界的に見たベアリング。



さて…。どうですか？諸君。ベアリングが発展の早い段階から、グローバルな環境で鍛練されてきた事実が驚かれたのではありませんか？常に時代のニーズを先取りしながら、さらなる摩擦低減へ捧げられる努力と研究。軽量化への、小型化への、長寿命への、省力化への、エコロジーへの、あくなき果敢な挑戦…。必然、ベアリングはその高度な専門性ゆえ、おもにベアリング専門メーカーによって大量に生産され発展してきました。よってベアリングの規格の国際的標準化は、古くから、世界産業全体の要求でありました。ISO、もう聞き慣れた言葉になりましたね。

ISO?

【ベアリン君のアシスト・コラム】

正式名称は、International Organization for Standardizationです。和訳すると「国際標準化機構」ですね。ちなみに、日本の鋳工業製品についての全国的な統一規格はJIS、Japan Industrial Standard「日本工業規格」です。常識？ジョーシキ〜

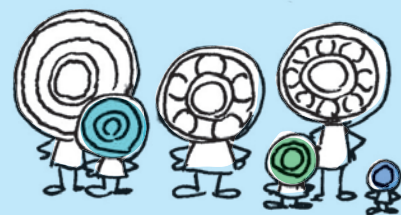
Yes. そのISOにおいて、なんと1927年の昔から、活発にベアリングの標準化活動が行われました。現在『転がり軸受(Rolling Bearing)』には約40のISO規格があります。日本のJISにも約40規格ありますね。これらの規格の大部分は〈外形寸法〉や〈精度〉に関するもので、他にも〈許容される最大荷重〉や〈寿命の計算式〉なども、標準化されています。ただし、材料と内部構造の設計はメーカーの自由にまかされ、ここで技術開発競争が激しくおこなわれているのです。

JIS?



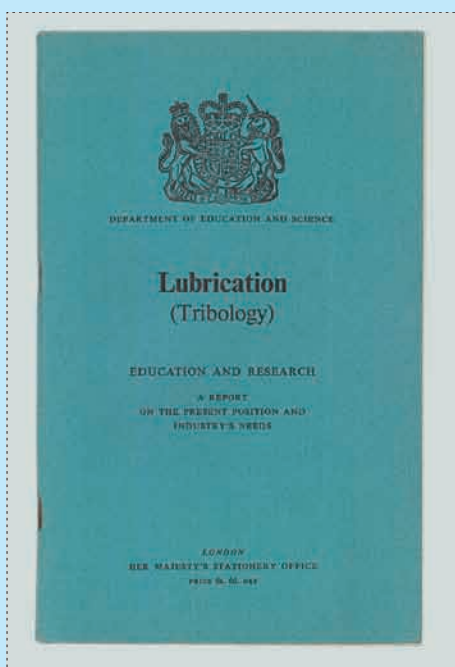
このように国際的に標準規格を設定することのメリット、もうおわかりですね。とにも角にも、機械の性能を決定づける最重要部品の一つであるベアリングが、“国際的な互換性”を持つことです。ベアリングの外形寸法や精度が、世界共通の仕様に基づいて作られていることで、いろいろな国で高性能機械の生産と修理が可能になるわけですから。要するに、厳しい国際規格をクリアした高性能ベアリングしか世の中には存在していないのです。

Tribology



さあ…。重要用語の登場です。世界的にベアリングを見た時、そして現在の、この先のベアリングを語る時、避けては通れない言葉があります。『Tribology(トライボロジー)』です。もう知っている方がいらっしゃったら驚きですし、その方は将来有望、ベアリング業界にとって期待の大型ルーキーとなる可能性大です。ただ残念ながら、まだ一般的には知られた言葉ではありませんから…。これを機に、ぜひとも覚えましょう。この『トライボロジー』の定義、少々長くなりますがご披露いたしましょう。オホン!「**相対運動を行いながら相互作用をおよぼしあう表面、およびこれに関連する諸問題、実際への応用についての科学と技術**」。やはりカタイですね…。もう少しブレイクダウンするなら「**摺動する表面におこる摩擦、摩耗、焼付きなどの現象を、二つの表面の間に第三の物質をはさみこむことによって制御(コントロール)する学問分野**」となりましょう。左様。人々の暮らしに役立てるための学問の分野ですぞ。この学問体系が産声を上げた記念すべき時期は、1966年。誕生の地は、かつて世界の工場と呼ばれながら、産業の弱体化に悩んでいたグレートブリテン、イギリス。当時の教育科学大臣が、H・ジョスト氏へ、「**産業の競争力を高めるためになにかいい考えはないか?**」と諮問した^{しもん}ことにはじまります。そこで、後に“ジョスト報告”と呼ば

れる答申書ができたのです。“ジョスト報告”の正式タイトルこそ『Lubrication (Tribology)』であったのです。『Lubrication』は『潤滑』^{じゆんかつ}を意味する英語ですね。『Tribology』は、この時作られた新造語で、語源はギリシア語の『摩擦』を意味する『Tribos』です。



【トライボロジーを提唱した“ジョスト報告”の表紙】

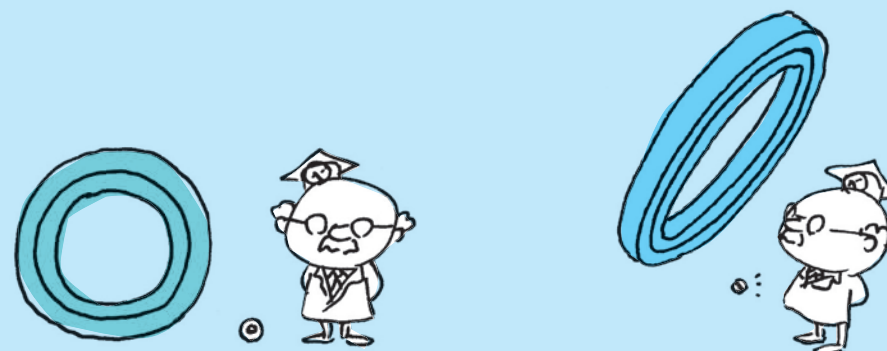


ム…。先を急ぎますぞ。この報告書が、世界的なインパクトを持っていた理由。それは“ジョスト報告”が、ズバリ指摘したからであります。「**トライボロジーを研究し実際の産業に適用することで、その省エネ効果によって節約できる金額は、イギリス全体で5億ポンドにも達する!**」と…。5億ポンドは、当時の円換算で約5,000億円(※以下、金額/GNP比などはすべて当時)。イギリスのGNPの1.3%にも当たる。これには産業先進国がこぞってあわてふためいた…。もっともビビッドに反応したのはココ、日本です。

つまり「いいベアリングを作る研究は、すぐ**国を豊かにする**」のです!!



時の池田勇人内閣が所得倍増政策を掲げ、経済の猛烈な発展途上にあつた当時の日本でまとめられた報告書は、「**トライボロジーの活用によってもたらされる社会費用の節約額は年間2兆円**」とはじき出しました。実にGNPの2.6%。すぐさま日本にも、時の通商産業省の研究所にトライボロジーの研究部門が発足します。1971年のことです。数年遅れてアメリカ政府は、『**トライボロジーによるエネルギー保存戦略**』をまとめました。四つの産業分野で40の研究開発プロジェクトに2,400万ドル投資すれば、金額換算で210億ドル(GNPの0.79%)、全米エネルギー消費の5.3%が節約できると報告されたのです。まさに“ジョスト報告”がトリガーとなって、『Tribology』の重要性に世界中が一斉に目覚めたのです!



トライボロジーを研究し実際の産業に適用することの効用を見直してみましょう。

その1! 機械の中で発生する様々な摩擦を低減し、メカニズムが働く効率を高めることで、地球規模での省エネルギーを実現できる。

その2! 機械の動く部分の摩耗を少なくし、寿命を長くすることで、地球規模での省資源に貢献できる。

その3! 焼付きを防いで機械の故障を減らし、機械文明社会の高信頼性を堅持できる。

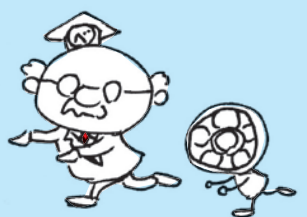
博士! トライボロジーの“効用”は、ベアリングの“貢献”と似ています!

Of course. トライボロジーの研究結果が、その実践の場として、ベアリングに注ぎ込まれているからですね。「トライボロジーなくしてベアリングなし。ベアリングなくしてトライボロジーなし」なのです。そして、21世紀がトライボロジーに期待する課題は多い。熱意とやる気に満ちた諸君の、トライボロジー研究への多数の参加を希望するところであります!

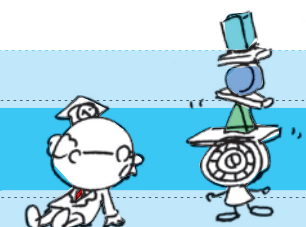
[ベアリン君のアシスト・コラム]

そして新造語『Tribology (トライボロジー)』は、1986年に『オックスフォード英語辞典(第二版)』に収められました。ちなみに『広辞苑』に採録されたのは1991年の第四版からでした。時間がかかりました…。

ボリの毎日に
どうしても必要なものが
2つあるんだ。



多種多様化するベアリング。



少々、しゃべり過ぎましたかな…。このへんで、誌上スライドショーといきましょうか。世にある機械という機械には、必ず組み込まれているベアリング。多様なニーズを受け、厳格な使命を背負い、そのニーズに最適に応えられるよう、進化を重ねてきました。一般的な世の慣例にならぬ、私が『ベアリング』と称しているものは、厳密には『転がり軸受』であること、この講義の冒頭でも申し上げました。ここでご紹介いたしますのは、ベアリングの“メジャー選手”ばかり! レディース・ア〜ン・ジェントルメ〜ン “転がり軸受ファミリー” でござあ〜い。拍手、拍手〜。なお、各メジャー級ベアリングの正式名称と、私からの初心者向けコメントを極々カンタンに付記しました。



- 1 / 深溝玉軸受
世界的にもっとも普及している軸受。国内でも生産数量ベースで約52%、金額ベースで約50%を占める、オールマイティ・タイプ。超人気のベアリング。
- 2 / アンギュラ玉軸受
〈転動体〉と〈内外輪〉が、接触角(Contact Angle)を持って接しているタイプ。その接触状態を“アンギュラコンタクト”と言います。縦・横両方向の荷重を支えるベアリング。
- 3 / スラスト玉軸受
軸受に対して、縦方向の荷重(専門用語で『アキシアル荷重』)と言いますが、上級者向けワードです)に強いタイプ。重荷重を支えられる力持ち。





4/円筒ころ軸受

読んで字のごとく。〈転動体〉が『円筒ころ』のタイプ。古代、ベアリングの誕生ヘインスピレーションを与えたのは“円筒ころ”でしたね。

6/円すいころ軸受

〈転動体〉が『円すいころ』のタイプ。そのため、ころが先細りになっていますね。縦横両方向からの、複合荷重に耐えるのが得意なタイプ。

8/スラストニードル軸受

自動車の室内を常に快適に保つため、なくてはならないエアコン。そのエアコンへ空気を送り込むコンプレッサーなどに使われているベアリング。

5/円筒ころ軸受

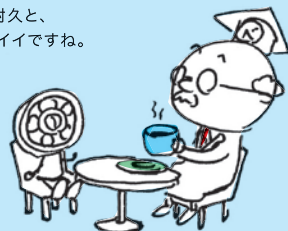
これも〈転動体〉が『円筒ころ』のタイプ。4の円筒ころ軸受とは、どこが違うでしょう？そうです。〈保持器〉の形状が違ってきますね。

7/自動調心ころ軸受

“自動調心”の働きは、まだ諸君には理解が難しいでしょう。回転中の〈内輪〉と〈外輪〉の微妙なズレを、自動的に調整する補正機能を持ったベアリング、といった感じ。

9/ケージ&ローラ

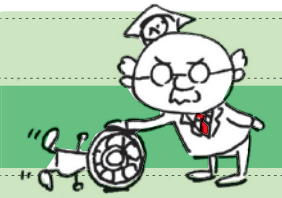
自動車のマニュアル・トランスミッションなどに組み込まれている、ベアリングの一種。高耐久と、コストパフォーマンスが自慢。名前もカッコイイですね。



3限目

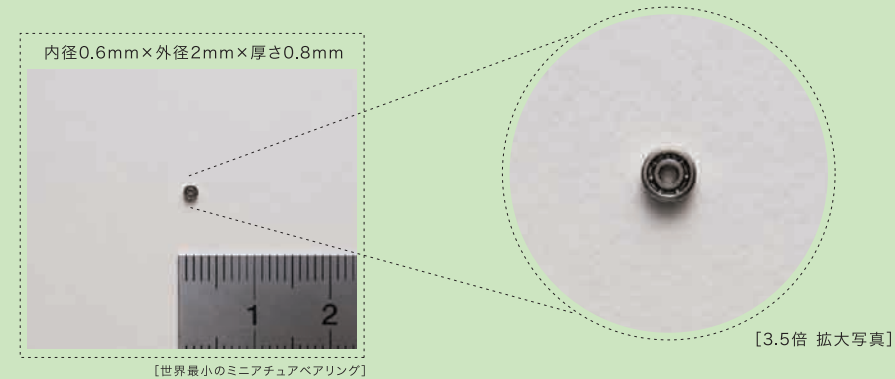
ベアリング驚異の高性能列伝

いったいどれくらい？ 極小 vs. 最大級。

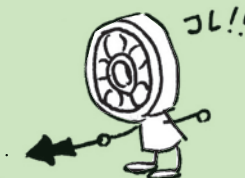


ハイ！諸君。顔つきが変わってきましたね。はじめて知るベアリングの、雄大な歴史や産業発展へのあまりに多大な貢献に、興奮しているではありませんか？お次の3限目は、日本が世界に誇る“ハイテクノロジー”ベアリングが、今現在実際にいかなる“高み”にあるのか、数値で具体的に明示して参りたいと思います。ただし最初にお断りしなければなりません、数値はすべて、“私の知りうる限り”というエクスキューズつきです。なぜなら、今この瞬間にも、最高記録が更新されている可能性がありますからな…。いやしかし知れば知るほど、ベアリングとは興味が尽きず、実に奥が深いもの…。ファンタスティック！かつエキサイティング！

さて、下の写真の中の小さなモノ、なんだかおわかりかな？『ミニチュア軸受』と呼ばれる小径ベアリング、実物大であります。内径0.6mm×外径2mm×厚さ0.8mmですぞ！



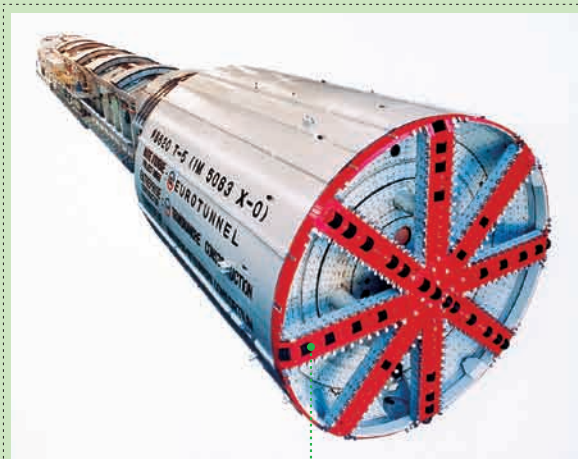
上の小径ベアリング、現在世界最小です！〈玉〉の直径にいたっては、なっ！なんと0.3mm…。どのくらいの小ささかと言いますと！ベアリン君が指し示してくれています。よお〜く見つめてみてください。そこに“点”が見えませんか？その極小の“点”が、0.3mmです。超小型モーターなどに組み込まれます。Very very small!



逆に大きい方。外径6mほどのものがあります。重さは、15トン(t)以上! 地下トンネルなどを掘る超大型掘削機に使われています。写真は、イギリスとフランスを結ぶドーバー海峡の下にユーロトンネルを掘った掘削機。一緒に写っている人達と比較してください。



[写真提供:三菱重工株式会社]



[イラスト提供:三菱重工株式会社]

[コゴが回転して掘り進みます。]



Question

博士! もっとも速く回転できるベアリングは、どのくらいの速さでクルクルするんですか?

想像を絶する! 超高速ワールド。

今からまさにそのお話をさせていただこうと思っていたところです。ずいぶん波長が合ってきましたね。すでに諸君はご存知の通り、ベアリングは超高速で回転できます。最速で、どれくらいの“回転数”だと思われますかな? ウ〜ム。難しいでしょうな…。



[ベアリン君のアシスト・コラム]

みなさんに、一つの指標をご紹介します。覚えていますよね? 1限目で、電気掃除機のモーターの中身を見学しました。あのモーターにはベアリングが2個使われていました。一般的な電気掃除機のモーターはおよそ、1分間に30,000回転、1秒間に500回転します。秒針がたった一つ進む間に、500回転! クルクルクルクルクルクルクルクルクル

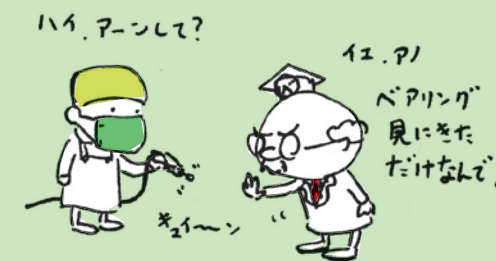
では“回転数”の想像はつかなくとも、みなさんの知っている『なに』に使われていると思われませんか? ヒント。おそらく諸君のうちの大多数が、一度くらいはお世話になった経験がおありのはずですぞ。質問されたあなた。白く健康的な歯をしていらっしゃいますね。

博士! 歯医者さんが使う、あのキュー〜ンキュー〜ンと虫歯を削るドリル! じゃありませんか?



[株式会社吉田製作所製 デンタルハンドピース]

ピンポン! もしや、あなたの彼女は歯科助手さんですか? アッ! イヤイヤ…。芸能人でなくても、歯は大切にいたしましょう。少々専門的な区分になりますが、高速での仕事を得意とするベアリングには、時間当たりの回転数が大きい『高角速度軸受』と、〈転動体〉が転がるスピードの速い『高周速軸受』の2タイプあります。前者は、細い軸がとにかくたくさん回るわけですから小型ベアリングに多く、後者は大ぶりの軸がブンブン回転する大型に多い。後者の軸が豪快に〈転動体〉を引き連れ一回転する瞬間、前者の軸は数十倍も数百倍も回ってしまうわけですから、同じ高速でも“速さの質”が異なるのです。ベアリングも当然異なりますよ。

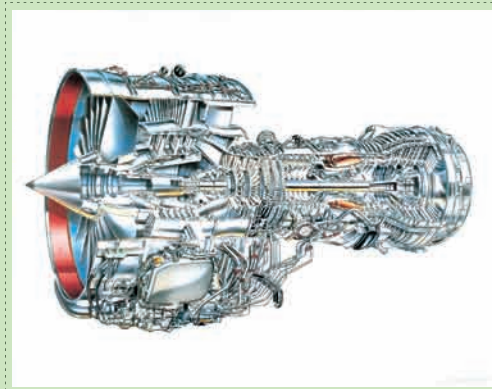


その前者『高角速度軸受』の代表選手が、彼氏のご指摘通り! 口の中でキュー〜ンキュー〜ン唸る歯医者さんのドリルなのです。正確には『デンタル・ハンドピース』と言いますね。内径3mm×外径6mm×厚さ2mm、直径1mmの玉を持つ超精密ベアリングが2コ組み込まれています。

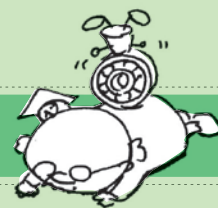
さあ。注目の回転数です。想像が追いつかないと思いますが…。回転数だけに、想像力をフル回転させてください。1分間に、400,000回転!! 1秒間に6,600回転!!!! ファ～オ～（みなさん、もっと驚くところですよ…）!。この想像さえ振り切る驚異の超高速回転のおかげで、治療を受ける人々が、どれほどの幸福を享受できているか? 痛みの大幅な軽減です。超正確な回転は振動を限りなく少なくします。患部に当たった時、痛みを感じる神経を無駄に刺激せず、(もちろん歯医者さんのテクニックによっていくぶん左右されますが…) 狙いすまして患部だけを削ることができるようになったのです。感謝、感謝。

後『高周速軸受』の代表格は、国際線旅客機用ジェットエンジン (V2500) 主軸に取り付けられるベアリング。現在、最高の回転ができるこのタイプのベアリングの中で起こっている“摺動する速度(周速)”は、秒速160m。時速580kmになります。これらの高性能高速ベアリングが、ジェットエンジンの速く強く長い回転を支え続けるからこそ、世界中のビジネスマンやトラベラーは安心して、地球狭しと飛び回ることができるのですね。

Good luck!



【航空機用ジェットエンジン (V2500) イラスト提供：日本航空機エンジン協会】



さらなる超高精度へ挑む、究極の玉。

このへんで、珠玉のエピソードをご披露いたしましょう。“珠玉”だけに“玉”のお話ですぞ。ホホホホホ。さて…。諸君も、もちろん私も、様々な機械の恩恵を受けて暮らしています。その機械に求められる精度は、飽くことなく高まり続けています。数多くの文明の利器を軽やかに使いこなすみなさんですから、機械精度の高まりをリアルに実感する機会も多いことでしょう。例えば、諸君のほぼ100%がお持ちであろうケータイ。この進歩のスピードときたら…。小さくなる、薄くなる、インターネットはできる、カメラはつく、ビデオはつく、TVも見られるようになって、最新のヒット曲をCDプレイヤー顔負けの音質で聞かせたと思ったら、今度はお金の代わりにまでなりはじめた。

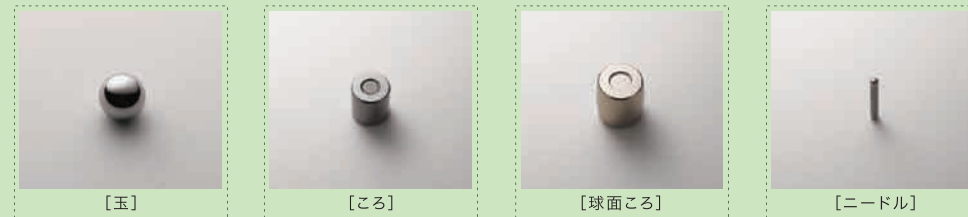
デジカメなどの画素数の飛躍的なアップも好例でしょう。これらは裏を返せば、機械に求められる精度なり性能なりが、どんどんどんどんシビアになっていることを意味しています…。さらに小さく! さらに正確に! もっと〇〇に! もっと××に! そんな必要に応えるため、今や機械加工の限界精度は“ナノメートル”の領域に達しておりますぞ…。



[ベアリン君のアシスト・コラム]

最新の極小単位、ナノ。もう様々な産業分野でメジャーになりました。1ナノメートル(nm)は、1/1,000,000mmです。1/1,000mmを表す1マイクロメートル(μm)は、もう一昔前の単位に感じます。この極小スケールへの挑戦、いったいどこまで行くのでしょうか…。

そうナノ。(シ～ン) 機械の精度は、=「ベアリングの回転精度」と申し上げて過言ではありません。ではここで、逆に私から諸君に質問です。「ベアリングの回転精度の決め手」とは、一体なにか? ハイ! 博士! 『玉』や『ころ』など、〈転動体〉の精度だと思いますが…。



みんな〈転動体〉の仲間!

ウム…。二つのベアリングが両端を支える回転軸、その軸の中心の振れ具合を、“軸心の振れ精度”と言います。これが大きいと機械に高性能は望めません。ビデオデッキの最重要部、画像と音声の信号を記憶・再生する『回転ドラム』や、パソコンの外部記憶装置『ハードディスク』などは、超精密ベアリングによって支えられています。そこでの軸心の振れは、なっ! なんと100ナノメートル以下。1/10,000mm以下です! この精度があるからこそ、ユーザーである諸君のボタン操作やクリックが、正確に実行されるのです。振れの許されない場所で、驚異的に少ない“軸心の振れ精度”を守り続ける、超精密ベアリング。その「ベアリングの回転精度の決め手」は…。ご名答! 〈転動体〉の精度です。超精密玉軸受の〈転動体〉である『玉』の精度が、いかにすさまじいか…。





博士!“玉”の精度とは、当然“完全な球”が最高精度ですよね？
超精密玉軸受の“玉”は、“完全な球”なのですか？

厳しい質問です。非っ常お～に残念ながら、ちがいます…。



[ベアリン君のアシスト・コラム]

宇宙空間は無重力なので、溶かした金属を冷たい空中に滴下^{てきか}させるだけで、均一に混合した材料から完全な真球ができると言われています。

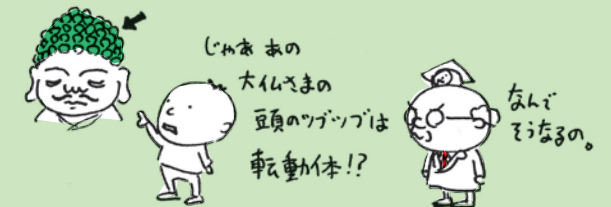
しかし、こうして真球の玉が作られたとしても、ベアリングには使えないのです。その理由は…。ベアリングの玉は、球状に成形された後で、850℃もの高温から、冷たい水や油の中へ“焼入れ”られ、あの頑丈な強さ硬さになるからです。

例え真球の玉であっても、高温から急冷するととても厳しい“焼入れ”処理のために、ひずみをおこして真球ではなくなります。そこで、精密な“ラップ加工”という作り方によって、地球上でもっとも真球に近い玉にするのです。

左様。真球ではない…。しかし、これだけは断言できる。地球上に存在するあらゆる〈玉〉の中で、ベアリングの〈玉〉はもっともダントツに、そして果てしなく“完全な球”に近い。『真球度』という値があります。〈玉〉の直径のどこを測っても、その差がどれほどの値以下におさまるかで、“玉の丸さ”を表す指標です。超精密玉軸受の場合、『真球度』は0.05マイクロメートル以下。ナノで表すと50ナノメートルです。つまり〈転動体〉の直径のどこに測定器を当てても、ちがいは5/100,000mm以下でしかないのです。また〈玉〉は、『ラップ加工』なる特殊な加工技術によって、鏡のようにピッカピカのツルツルに仕上げられます。それでもナノ・レベルでは表面に凹凸があります。その超極微細な凸凹^{ひょうめんあら}の山から谷までの高低差を表すのが『表面粗さ』です。超精密玉軸受の『平均表面粗さ』は0.008マイクロメートル(8ナノメートル)以下!



しかし…。どうにもミクロ過ぎて、その驚異的な精度も今一つピンとこないのではありませんか？ よろしい。これがいかに小さい値であるかをイメージしやすいように、例え話を伝授いたそう。目を閉じて想像してください。直径10mmの〈玉〉を、拡大して行ってください。そう、もっと、もっと。グングングン！地球の大きさ、直径12,000kmまで拡大してください。拡大できましたか？地球サイズの銀色の〈玉〉にまで。直径10mmの時にナノ・レベルだった『表面粗さ』が、直径12,000kmに拡大されてやっと、みなさんの見知ったものの大きさと同等になって現れてきましたよ。大仏です。大仏様。それも奈良じゃなくて、鎌倉の大仏さんです。10mmの〈玉〉を地球サイズに拡大して、鎌倉の大仏様より少しだけ小さい大きさとなって現れるのです。10mm〈玉〉の例で、それがいかに限りなく「ない」に等しいか！つかんでいただけましたかな？



性能を磨くことで、自然と磨かれた美しさ。

2限目の最後で、様々なベアリングをご覧に入れましたね。その時、まるでショーケースの中の指輪かブレスレットでも眺めるようにうっとりとした顔を、諸君の中に、私はいくつも発見しました。やはり感じましたか？ベアリングの“美しさ”を…。機能のため、一切の無駄を排し極限まで研ぎ澄まされた工業製品が、時として奇跡的なまでの美しさを獲得してしまう。ベアリングは、その好例ですね。ベアリングが“美しい”証拠は、先ほどのあなた方の恍惚とした表情であり、またベアリング(玉軸受)がニューヨークの『近代美術館』(MoMA)の「アーキテクチャーとデザイン」の部に展示されているという事実です。それも、永久展示。Bravo!

Bearing's Dream

ベアリングの見る夢。

諸君、本当にお疲れ様でした。「昨今の若者は飽きっぽい」などからかわれますが、どうしてどうして、みなさんの集中力と持続力たるや、正直驚かされました。頭が下がります。長く、時に難解な箇所もあったかもしれませんが、私の講義。この時間で、ひとまず終了となります。

さて、最後に…。ベアリングが今後、どのようなテーマに取り組みながら、さらなる進化の道を歩いていくこととなるのかを展望し、私のつたない講義のまとめとさせていただきたいと思います。ありがとう。ハイ。さらなるベアリング進化のテーマを、三つ挙げましょう。産業の発展に伴いベアリングが飛躍的な発展をはじめて以来、ベアリングは常に「人と地球のため」にありました。それは未来永劫変わらないし、変わってはいけません。以下に挙げる三つのテーマは、もっと「人と地球のために」、ベアリングがもっと果すべき使命とも言えるでしょう。



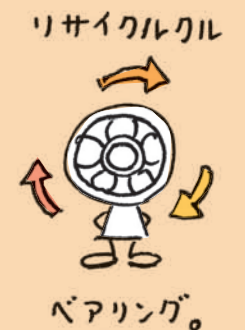
テーマの一つめ。さらなる“省エネ”へ。

ベアリングの精度が、すでにナノメートルのレベルにあることは、3限目で詳しくお話ししました。超精密をさらに磨き上げるベアリングの加工技術は、ナノの領域に入ってなお!『摩擦』を軽減するために戦っているわけですね。みなさんが使う機械が小さくなれば、それを構成する機械部品もまた、小さくなります。機械が小さくなり精密になればなるほど、摺動面(しゅうどうめん、でしたね)での、すでに「ない」に等しいほどのわずかな『摩擦』さえ、故障の遠因となりかねない。また、いかに機械が小さくしようと、そこで生まれるほんのわずかなエネルギー損失の総量は、地球規模で考えたら相当なものになるのです。ですからベアリングは、お家芸“省エネ”のため、21世紀も『摩擦』の軽減をさらにさらに追求しなければなりません。



二つめ。さらなる“クリーン”へ。

ベアリングが、組み込まれた機械へ性能貢献(1限目参照)することで、自動車などから排出される排気ガスが低減されますね。その大きな“クリーン”効果が、まず一点。そして(意外と見落とされがちですが)、ベアリング自身がとても“クリーン”な製品であるそのことが、今後はさらに重要になってくるでしょう。水銀や鉛にカドミウムなど、誤った使い方をすると、人体や生態系に悪影響をおよぼす化学物質があります…。ベアリングは大部分が鉄鋼材料ですから、これら有害な化学物質がほとんど含まれていないのです。じつに“クリーン”。さらに使い終わったベアリングは、リサイクルされて、新たな鉄鋼材料として生まれ変わります。いかがかな?ベアリングは、とても優れた循環型製品でもあるのですよ。エコロジーやリサイクルなど、21世紀のコンセプトを、ベアリングはもうとっくに意識していたのです。産業界の模範製品ですね!



最後、三つめのテーマです。さらなる“快適”へ。

機械は、それを使う人にとって快適で、それが使用される地球というステージにとっても快適なものでなければなりません。20世紀までの機械は“人にとっての利便性”を追求し発展してきました。しかし、これからの機械に求められるのは“人との親和性”のようなものではありません。これまで生産活動の向上を担ってきた機械には、例えば“教育/医療/福祉/遊び”など、社会生活や個人生活の充実が新たな活動領域になるでしょう。例えば、高齢化社会の到来を目前に控え、実用的な介護ロボットの登場が待たれていますね。人がするようにやさしく、ベッドから高齢者を抱き起こせる介護ロボットを想像してみましょう。そのロボットの、様々な部分に組み込まれるベアリングには、今までのものと異なる必要が生まれているかもしれません。機械とは、その必要から“固い”ものでした。しかし、今までの機械の概念となじまないような機械を、新しい世紀は求めるかもしれません。“柔らかい”機械を…。その機械は、どんな動きをするのでしょうか?そこには、未知のベアリングが組み込まれているかもしれませんね。一体どんなものなのでしょうか?ワクワクしませんか?この講義を聴講して下さった諸君の中から、もしも、そんな“21世紀のベアリング”作りに携わる人が誕生したりしたら、私は喜びに堪えません。感動的です。



キィーン コォーン カァーン コォーン オヤ…。終了の時刻が参りました。

お名残り惜しいですが、これにてテキストを閉じることにいたしましょうか…。

[ベアリン君のアシスト・コラム]

三つのテーマに関係して、最後に少し、ボクにも言わせてください。ベアリングは、宇宙開発にもなくてはならない存在です。天気予報や衛星放送、そしてカーナビの位置情報などは、私たちの生活を豊かで快適なものにしてくれます。それらは、地球の周りを回っている『人工衛星』から送られてくる情報です。その人工衛星には、フライホイールという装置が載っています。フライホイールとは、人工衛星が正しい位置や向きを保つようにするとても大切な装置で、そこには超精密ベアリングが使われています。そのベアリングは、ナ！ナント、15年間もの間、宇宙空間で働き続けるんですよ！驚きです……。また、いちばん低い温度で使われるベアリングは、宇宙ロケットの液体燃料ポンプに組み込まれていて、 -253°C の液体水素の中で回っています。人類の夢の代表格である宇宙開発にも、ベアリング技術は、なくてはならないものなんですね。夢があります、ベアリング！

博士も、先ほど“医療”に言及されました。体の断層写真を撮る『CTスキャナ』にも、かなり大きな高性能ベアリングが使われています。また $300\sim 500^{\circ}\text{C}$ にもなるX線を発生させるその真空管の中でも、ベアリングはみなさんの健康維持のため回っているのです。

“遊び／スポーツ”の分野でも、活躍が著しいです。小学生を中心に爆発的なブームとなった、現代版ベーゴマやヨーヨーにも、本格的ベアリングを搭載したタイプがありましたし、熱狂的なスケボー・ファンの間では、「自分のスケボーのタイヤをよりスムーズに回すため」ベアリングについての議論が過熱していると聞きます。ベアリングが人々の“楽しみ”にも貢献している、ステキな事例ですよ。



[人工衛星「あすか」 提供：JAXA 宇宙科学研究本部]

ハイ、ハイ。ベアリン君。もういいでしょう。いかがでしたかな？私の講義。みなさんのベアリングに対する「？」は、見事「！」へひっくり返ったのでしょうか？少なくとも、みなさんにはもう、今まで気にとめなかった『摩擦』や、それをコントロールするために多くの機械の中で回り続けている『ベアリング』が、鮮やかに見えていることでしょうね。それで、けっこう。今後の諸君の人生が、ベアリングのようにスムーズに回転をすることを願っています。ありがとう。またお会いしましょう。



ベアリング入門 制作実行委員会

監修：角田和雄（工学博士、元中央大学・名古屋大学教授）

発行：日本精工株式会社 広報部
〒141-8560 東京都品川区大崎1-6-3 日精ビル
Tel.03-3779-7050 Fax.03-3779-7431

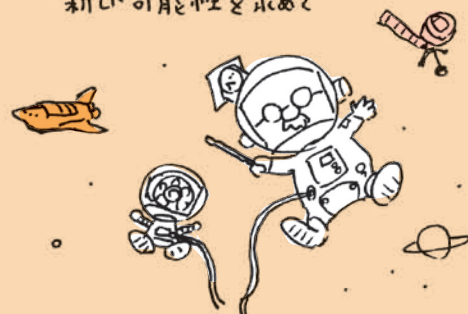
制作：協同広告株式会社

本書の無断複写（コピー）は著作権法上の例外をのぞき、禁じられています。

NSK used environmentally friendly paper and printing methods for this publication.



新しい可能性を求め



フェイス
メイドイン地球!!
ベアリング!!

