

まえがき

最近、家電がちょっとしたブームです。テレビでも関連した番組が見られます。鉄道趣味も盛り上がる傾向にあり、特に女性のファンが増えているのが最近の特徴のようです。これら「機械モノ」に興味を持つ人が増えることは、「機械モノ」に携わるわれわれにとってもうれしいことです。が…。

家電も鉄道も成熟した技術といえるでしょう。したがって製品間に大きな差は付きにくく、細かな違いをとらえてあれこれ判断することになります。ここに趣味性を感じることが、ブームの一因と思われます。家電の場合、とりどりの製品が持つ細かな機能の違いがその対象になります。ところが残念ながら、その機能を実現している仕組みについて、関心を持つ人は少ないようです。

遊園地のアトラクションのように、仕掛けを動かしている仕組みがわからないほど、仕掛けはすばらしく見えます。家電においても、背景にある仕組みはよくわからない「不思議」として残しておいて、その不思議が作り出すわかりやすい機能だけを見て楽しむ。ストレス解消のための娯楽としては、正当な楽しみ方といえるかもしれません。

本書は、そこを一步出て、「不思議」をのぞいてみませんかというお誘いです。機能を比較して

楽しむ、いわばバーチャルな楽しみ方を一歩超えて、それを生み出すリアルな世界を楽しみませんかというお誘いです。そして、主題として取り上げているのは、リアル中のリアルな技術といえる、トライボロジーです。

トライボロジーとは、摩擦や摩耗を扱う技術・科学です。ちょっとした機能の違いを実現するためにも必要な技術ですが、多くの製品の基本的な構造を作るのに不可欠な技術です。こすったり滑ったりする部分を受け持ち、いつまでも製品が滑らかに動くように支えています。

トライボロジーがなぜリアル中のリアルな技術といえるのか、本書を読めば理解していただけるでしょう。そして、単なるブームを超えた、より深いおもしろさを発見していただけると確信しています。

二〇二二年七月

平岡 尚文

もくじ

1 はじめに——摩擦と摩耗の知られざる脅威

機械設計者にとっての魔物 摩擦摩耗 1

魔物退治の伝家の宝刀 トライボロジー 3

2 最も身近な家電から

洗濯機 4

水漏れとの戦い 4

スキを見ては漏れようとする流体 5

シールの矛盾 6

力自慢とテクニク自慢 10

テクニクを發揮するために	13
掃除機	15
ゴミを吸い取る小さな宇宙	15
掃除機の構成と仕組み	16
吸込パワーの源泉 ファンモータ	16
ブラシモータの超高速回転	18
ブラシと整流子の敵しき世界	20
電流による摩擦	21
よりスムーズに、しなやかに	23
エアコン・冷蔵庫	27
熱の移動で涼しさを味わおう	27
エアコンの血液——冷媒と潤滑油	29
コンプレッサ——高性能の要	34

3 AV/OA機器の中の摩擦と摩擦

パソコンの中にも摩擦があった 40

ファンモータの中のトライボロジー	43
騒音を下げするための動圧軸受	43
ハードディスクの中はトライボロジーの宝庫	46
磁気ヘッドと磁気ディスクのすき間は分子の大きさくらい	47
分子が一層並んだ潤滑膜	49
ディスクを保護するカーボン保護膜	52
空気の流れて浮上する磁気ヘッド	55
熱膨張を利用した浮上量コントロール	57
磁気ディスクを回転させるスピンドルモータ	58
液晶ディスプレイにも摩擦？	59
摩擦で液晶分子の向きをそろえる	59
ラビング法の不思議	61
タッチパネルもトライボロジー技術の宝庫	62
薄くて強いハードコート層	64
指紋付着を防ぐ防汚コート層	66
ほこりが付着しにくいタッチパネル	68

4 身近な公共機械の中の過酷な世界

- 紙送りの秘密——プリンタ・FAX・ATM—— 70
- ローラと紙との摩擦をコントロールするには 73
- ATM（現金自動預け払い機）の中の紙送り 75
- 医用X線CTスキャナのダイナミックな世界 80
- スマートなのは見かけだけ？ 80
- 太陽系をなすメカニズム 82
- 過酷さトップレベル 83
- 転がるものも摩擦する？ 84
- 金属による潤滑登場 86
- 金属による潤滑に強力新人登場 87
- ヘリカルスキャンの泣きどころ 90
- 摩擦しながら電気を通す技 91
- 自動改札機の目にもとまらぬ世界 94
- ジェットコースターも真っ青の複雑コース 94

急ブレーキ急加速	95
ゴムの活躍	97
「重ねてもOKの秘密は摩擦にあり 詰まらないには秘密がある」	98 100
動かない変電所の中の隠れた摩擦	103
動いているのは電子だけ?	103
またまた急加速ブレーキ	105
そしてまた摩擦しながら電気を通す技	106
動かないに越したことはない?	108
エレベータ・エスカレータの秘密	110
超安全	110
事故を防ぐエレベータの仕組み	111
エスカレータの苦悩	117
おわりに	120
参考文献	123

1 はじめに——摩擦と摩耗の知られざる脅威

機械設計者にとっての魔物 摩擦摩耗

本書では家電を中心とする身近な機械の中で発生している摩擦や摩耗まうちと、それと闘う技術について紹介します。

摩耗とはものとものをこすったときに減ってしまう現象のことです。普段の生活で摩耗まうちというと、消しゴムや靴底のゴムが減ったり、鉛筆の芯が減ったりといった、軟らかいものやもろいものに起こる現象というイメージが強いかも知れません。しかし、摩耗はいたるところで起こっています。

どんなに優しくこすっても、顕微鏡で見ると、こすられたものには大抵その痕跡こんせきを見つけること

ができます。ある大学の先生は、豆腐屋さんが豆腐切り包丁を研いでいるところに出くわして、豆腐を切る包丁もやはり摩擦するんだなあと、改めて感心したということです。どんなに硬く強い材料でも摩擦は避けられませんし、硬いからといって必ずしも摩擦が少ないわけではありません。摩擦する材料の選び方が不適切だと、同じ条件でも一〇倍、一〇〇倍の摩擦が簡単に起こってしまいます。

ものをこするときの抵抗力は、摩擦力あるいは単に摩擦と呼ばれます。この摩擦もこする材料の組合せによって大きく変化します。摩擦もそうですが、材料だけでなく、その表面をどのように加工したか、どのような滑らせ方をするかによっても変わります。摩擦の大きさは何桁にもわたって変化してしまう可能性があるのに対し、摩擦のほうは、油などを使わないときにはその変化の範囲は一〇倍程度に収まりますが、機械を設計するうえでは大きな問題です。

このように摩擦・摩擦はちょっとした材料や使い方の違いで簡単に何倍、何十倍になってしまう現象です。こする部分を持つ機械には、このことを織り込んだ設計・製作が必要になりますが、それが難しいことは容易に想像できると思います。

魔物退治の伝家の宝刀 トライボロジー

摩擦や摩耗、およびそれらを減じコントロールするための技術である潤滑に関する科学や技術を、トライボロジーといえます。摩擦や摩耗は機械を作るうえで克服しなければならない最後の魔物であるといえます。しかし、トライボロジーに携わる人々の努力によって、魔物の正体はかなり明らかになり、それを押さえ込む方法、逆に利用する方法がどんどん開発されています。

本書では家電をテーマに、その中に注ぎ込まれているトライボロジーに関する技術について紹介します。いまや量販店で安く買える家電ですが、中を開けると摩擦や摩耗と闘う技術が満載です。軽く、小さく、安く作るというプレッシャーが、むしろ巨大な機械よりも条件を過酷にし、技術を難しくしている面もあります。最先端といえる技術が特売コーナーに並んでいる製品に組み込まれていることも珍しくありません。意外なところにひそむ過酷な環境と、それを克服するための技術の闘いのお話を、おもしろく読んでいただければ幸いです。

2 最も身近な家電から

洗濯機

水漏れとの戦い

家電量販店に並ぶ洗濯機を見ると、いろいろなタイプのものがあります。洗濯槽の向きだけ見ても、縦、斜め、横とさまざまです。しかし、タイプを問わず、洗濯機のトラブルといえば、まず水漏れということになるでしょう。

排水ホースの付け根から水が漏れて床が水浸しになったなど、怒りの経験をされた方もいるかもしれません。しかし、これなどは洗濯機設置時に無理にホースを曲げたりしたことが原因であるこ

とが多いと思われれます。たくさん水を室内で使う機械ですので、水漏れに対してはメーカーも相当地気を遣っています。この水漏れについて洗濯機の技術者が最も気にするのは、ホースの付け根よりも別のところにあります。

それは、洗濯槽内で水流を起こすための回転板や脱水槽を回す軸まわりからの水漏れです。この部分では基本的には動かないホースの付け根と違い、回転する軸の表面に沿って水が漏れてくるのを防がなければなりません。基本的に動かないものの接触部から水や空気などの流体が漏れないように、接触部にはさんで使用する部品をガスケット、この洗濯機の軸まわりのように、動くもの接触部に用いる部品をパッキンと呼び分けることが多いようです。両者を合わせて、流体を密封したり、逆に外部から異物が入り込まないようにするための部品や装置はシールと呼ばれます。シールはゴムなどの弾性的な材料で作られていることが多く、両者は漏れを防ぐための基本的な設計法にも共通点が多いのですが、動くほうには摩擦摩耗の問題が大きく立ちはだかります。トライボロジーの出番です。

スキを見ては漏れようとする流体

そもそも、ものの合わせ目から水や空気が漏れるのはなぜでしょうか。どんなに精密に加工して仕上げられた表面でも、拡大して見たならば必ず凹凸があります。これを表面粗さといいます(図

1)。鏡のように光るまでに磨かれた金属の表面でも $0.1\mu\text{m}$ ($0.01\mu\text{m}$) のレベルの高さの表面粗さがあります。普通の機械加工面では数 μm のレベルの表面粗さが普通です。局所的なこのような粗さのほかに、面全体を見てももう少し大きなうねりを持つこともあります。

このような表面どうしが接触すると、もちろんぴったりと全面的にくっつくことはありません。表面粗さやうねりによって粗さの高いところどうしだけがくっつき、高さが低いところは空洞となって残ります。金属のような硬い物質どうしの表面の接触では、むしろくっつく部分のほうが空洞となっているところよりずっと少なく、かなり強く押しつけても接触面全体の数百分の一しかないこともあります。この空洞が作るすき間を伝って水や空気が漏れます。たとえよく磨かれた面どうしの $0.1\mu\text{m}$ レベルのすき間であっても、水や気体の分子の大きさはその 1000 分の一程度ですので、漏れ出るのに十分な大きさです。

シールの矛盾

このようなすき間を埋めるのがシールです。ゴムのような変形させやすい材料を接触部に挟むこ

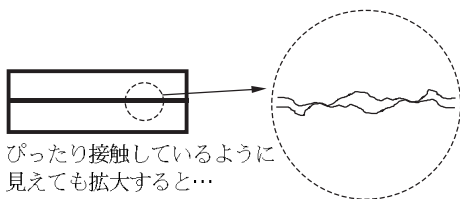


図1 ものとももの接触面

参考文献

- 粟津光昭…『設計実例 電気洗濯機、電気食器洗い機』、機械設計、二六卷四号、一九八二年
- 日本トライボロジー学会編…『トライボロジーハンドブック』、養賢堂、二〇〇一年
- 渡辺康博…『よくわかるシール技術の基礎』、技術評論社、二〇〇九年
- 豊島久則、小田原博志…『もっと便利に』掃除機における使い勝手の追求、日立評論、九二卷一〇号、二〇一〇年
- 田原和雄、田倉敏靖…『ユニバーサルモータの高性能化の動向』、電気学会研究会資料、R M 九八一三二、一九九八年
- 経済産業省、資源エネルギー庁…『平成二〇年度 新エネルギー等導入促進基礎調査 機械器具等の省エネルギー対策の検討に係る調査報告書』、財団法人 社会経済生産性本部、二〇〇九年
- 田原和雄…『整流子及びブラシの高性能化の動向』、電気学会研究会資料、R M 九八一七二、一九九八年
- 国分欣治…『集電すべり接触』、潤滑、一一卷三号、一九六六年
- 一木利信…『電機用ブラシの理論と実際』、コロナ社、一九七八年
- 武政隆一…『カーボンブラシの摩擦特性、潤滑』、一〇卷四号、一九六五年
- 山口光彦…『カーボンブラシと摩擦・摩耗』、潤滑、二六卷五号、一九八一年
- 平田哲夫ほか…『基礎からの冷凍空調』、森北出版、二〇〇七年
- 松隅正樹…『空気圧縮機』、省エネルギーセンター、二〇〇五年
- 飯塚薫、石山明彦…『環境対応家電用冷媒圧縮機のトライボロジー技術動向』、トライボロジスト、四八巻七

号、二〇〇三年

中尾英人、松川公映…『家電品に使用される圧縮機のトライボロジ』、トライボロジスト、五一巻八号、二〇〇八年

トライボロジスト、四一巻六号、四六巻二号、六号、四八巻一号、四九巻八号、五〇巻六号、七号、五一巻八号等

越石健司、黒沢理…『要点解説タッチパネル』、工業調査会、二〇〇九年

村田貴士…『耐指紋・擦傷性の付与と防汚技術および定量評価法』、技術情報協会、二〇一〇年

日立フリクシオンマテリアルカタログ、C.A.T. NO. G四〇二A、日立電線

村上励至…『MFPの紙送り技術』東芝レビュー、六三巻一号、二〇〇八年

渡辺嘉宏…『ATM（自動取引装置）潤滑』三〇巻八号、一九八五年

土肥元達…『X線管と回転極軸受』、トライボロジスト、三九巻一号、一九九四年

服部仁志…『液体金属を用いたX線管用高速回転機構』、トライボロジスト、五四巻三号、二〇〇九年

深津邦夫、平岡尚文…『自動改札機的设计における摩擦係数』、トライボロジスト、四七巻四号、二〇〇二年

平岡尚文、石亀新一、堀直樹…『券類整列機構用スティックフリー搬送路の一設計法』、日本機械学会論文

集（C編）、六六巻六四四号、二〇〇〇年

宮内明朗…『崩壊した神話 エレベーター』、丸善プラネット、二〇〇七年

長田朗、小林英彦…『高層ビルエレベータのトライボロジ』、トライボロジスト、五〇巻十一号、二〇〇五年

豊田健夫、西住茂紀、宇野修悦…『超大電流の通過とトライボロジ』、電力用遮断器、トライボロジスト、

四一巻七号、一九九六年

摩擦との闘い
—家電の中の厳しき世界—

© 社団法人 日本トライボロジー学会 2011

2011年8月12日 初版第1刷発行

検印省略

編者 社団法人 日本トライボロジー学会
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (0) 41- 1 1(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 8-4- -0 0 -0

(吉原) (製本: 愛千製本所)

P n nJapan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします