



## 浜の真砂は尽きるとも…

**手** 作り模型に夢中になっていた少年時代に、一番世話になったのがモータだ。乾電池で回るDCモータの当時の値段は、確か、100円くらいだったと覚えている。基本的には当時も今も構造は変わらないし、値段もそんなには変わっていない。だからというわけではないが、小型DCモータの開発に注力している企業は意外に少ない。

そんな中、同じサイズで1.5倍高いトルクを発生するモータを開発した企業がある。埼玉県は狭山市にある狭山精密工業だ。コアレスモータのコイルにある工夫を施し、小型DCモータの新たな可能性を切り開こうとしている。

### 発注は100万個から

小型DCモータの市場はとにかくでかい。だから、大量生産で安く造る企

業が圧倒的な競争力を発揮し、寡占状態が当たり前という状況をつくり出している。冗談ではなく、ある企業が量産メーカーに新規注文をしようとしたら、「ロットは100万個から」と言われてビックリしたという話があるほどだ。1個100円くらいだから、100万個でも1億円。そう言われれば、そのくらいのオーダーをもらわないと利益も出ないのだろう。

クルマを見れば分かるが、1台に小型モータをいくつ使っているのか、数えるのが大変なくらいだ。シート一つでも高級車なら最低3個は使うので、クルマ1台だとシートだけで10個以上。こんな具合だから、クルマ全体となれば、その数の膨大さは推して知るべしである。

そのため、ユーザーは低価格を求め、

量産メーカーの寡占化と規格化が進んだのである。結果、小型DCモータを新たに開発しようなんて考える奇特的な企業が少なくなるのは当然だろう。ところが、先に紹介した狭山精密工業は違った。小型DCモータの開発にチャレンジし続けているのだ。

同社はシチズンホールディングスの100%子会社で、実は小型ギアヘッドの大手である(図1)。ギアヘッドとはいわゆる減速機のことだ。小型モータに取り付けければギアードモータと呼ぶ。もともと、狭山精密工業の強みは精密なギアヘッドにあり、小型モータに関してはユーザーに合わせて選択していた。ところがユーザーが、より小型でより高トルクのギアードモータを求め始めると、



図1●小型ギアヘッド  
小型で高トルク、長寿命がウリだ。



図2●コアレスモータの構造  
鉄心がない。コギングがなくて起動特性が良い。

たき よしひこ：1951年生まれ。1988年システム・インテグレーション設立、代表取締役後に、現在40数社の顧問、NPO日本知的財産戦略協議会理事長、宇宙航空研究開発機構知財アドバイザー、日本特許情報機構理事、金沢大学や九州工業大学の客員教授などを務める。

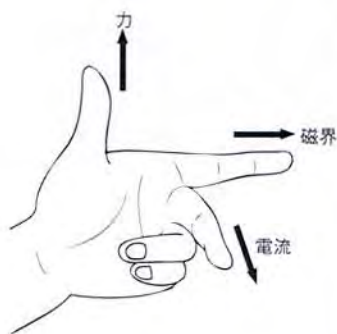


図3●フレミングの左手の法則  
電磁気学の基本の一つだ。

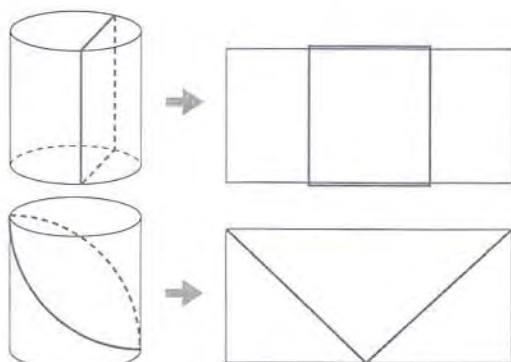


図4●空芯コイルの巻き線構造の比較  
開発した空芯コイル(上)と、一般的な空芯コイル(下)。開発品は回転方向に対して垂直なのが分かる。

ギアヘッドだけでは十分に対応し切れなくなり、自ら小型高トルクモータの開発に迫られたのである。

### 簡単だからこそ難しい

狭山精密工業の戦略は実に明快だ。量産メーカーと同じ小型モータを開発したところでかなうわけがないと、ロータ(回転子)に鉄心を使用しないコアレスモータに特化して開発を進めたのである。

コアレスモータの特徴は、コイルを巻

いてロータ(空芯コイル)とするので、回転体が軽くコギングと呼ぶ回転ムラが発生しないし、慣性モーメントが小さくて起動特性にも優れる。とりわけ優れた起動特性は、インダクタンスによるサージ電圧が小さくなることを意味し、ブラシやコミュテータの摩耗が減って長寿命化に貢献する。そして、小型DCモータと同じサイズあるいは同じ質量で、高トルク化が可能になるというわけだ。

ただ、コアレスモータの開発はそう

易しくはない。逆説的な言い方になるけれど、構造が簡単だからこそ難しいのだ。

通常、コアレスモータの構造はとてもシンプル(図2)。空芯コイル構造のロータがシャフトに結合し、そのロータの内側に磁石を固定する。あとはブラシに直結した端子とブラシ台、コミュテータ、ベアリング、ハウジングなどを組み付けるだけ。構成部品はざっと10個ほどだ。しかもモータ自体、製品として世に出てから既に100年以上が経過しているので、改善や改良はおおよそ出尽くしていると考えられる。

つまり、構造的にも歴史的にもやれることはやり尽くし、もはや開発の余地は少ないのである。よく冗談で、「知恵がないのなら汗をかけ」「乾いたと思っっているぞうきんでもしっかりと絞れば水が出る」などということがあられるけれど、それはいまだに手を着けていない部分があればこそできること。こんなに簡潔な構造で、こんなによく知られて

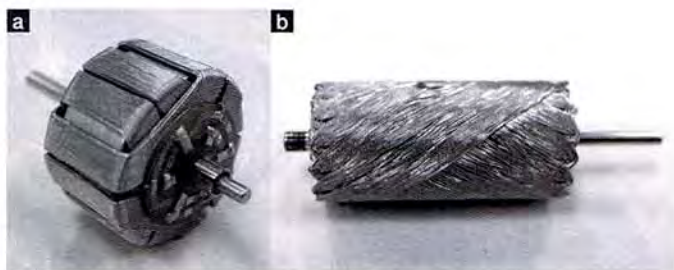


図5●開発した空芯コイルと一般的な空芯コイル  
(a)開発した空芯コイルの巻き方は回転方向に対し直角だが、(b)一般的な空芯コイルでは角度が付いて斜めになっている。



図6●図5を分かりやすくするためにイラスト化した  
(a)開発した空芯コイルと、(b)一般的な空芯コイル。

# 高精度の『樹脂成形試作品』を 超スピード納品。

高速・高精度切削加工技術による、  
金型製作から、量産品同等の試作品の  
成形まで超短納期でお届けします。

製品の早期投入のための  
高付加価値の試作品製作が可能。

私どもクラフトは、『高精度の試作品製作』に加え、『リードタイムの大幅な短縮』と『量産化へのスムーズな移行』を実現するための提案力を保有し、これにより新製品の開発をトータルにサポートすることが可能です。



- 基盤技術は高精度高速切削加工(40000rpm)
- 豊富な経験と独自の加工ノウハウを保有。
- 基盤技術を3DCADと高次元で活用し、本型同等の試作金型をスピーディーに製作、量産品レベルの試作成形品を一貫体制でお届けしています。
- 射出成形による試作品製作以外にも、金属パーツの削り出しや、真空注型による試作まで多様な方法での対応が可能。

**CRAFT**

株式会社クラフト  
〒190-1232 東京都西多摩郡瑞穂町長岡2-6-2

■資料のご請求、お問い合わせ  
TEL: 042-568-7776  
FAX: 042-557-7945  
Mail: info@craft-corp.com

<http://www.craft-corp.com/>

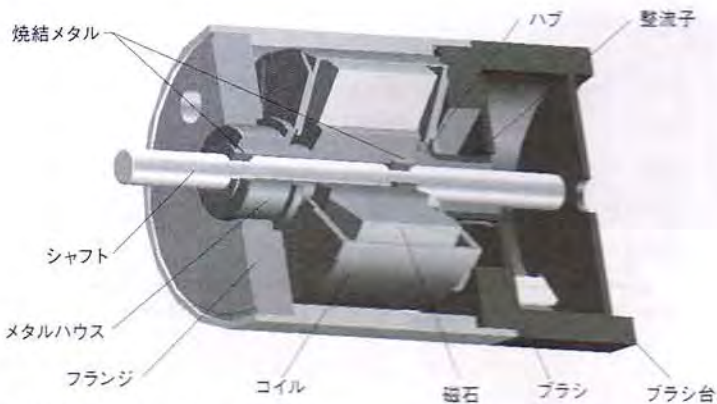


図7●開発したコアレスモータの構造図  
コイルが磁石を包囲している。まるで鳥かごのよう。一体、どうやって通るのだろうか。

いて、技術的にもビジネス的にもこんなに成熟しているコアレスモータでは、もはやかく汗もなければ絞り出す水もないと思われていた。

なのに、同社の開発マンはあきらめなかった。コアレスモータの性能が良くなれば必ず新しい顧客が増えるはずと、何度も何度もコアレスモータの構造を見直す。そしてついに、ロータである空芯コイルの巻き方に工夫の入る余地を見いだしたのである。

## 原点はフレミングの左手の法則

その説明に入る前に、中学校で習った「フレミングの左手の法則」を思い出してほしい(図3)。念のために説明すると、左手の親指と人さし指と中指を互いに直角になるように曲げたり伸ばしたりしたときに、親指のさす方向が電磁力の、人さし指のさす方向が磁界の、中指のさす方向が電流の向きを示

すというのが、フレミングの左手の法則だ。狭山精密工業が空芯コイルの巻き線の巻き方に着目するに至った原点は、この法則にあった。

要は、原理原則に立ち返って、磁界の方向、電流の方向、そして電磁力の方向が互いに直角になるように空芯コイルの巻き方を工夫すれば、高いトルクを取り出せるのではないかと考えたのである。実際に同社の開発マンが自分の左手を見ながら開発したかどうかは聞きそびれてしまったが、まさに原点回帰。空芯コイルの巻き線の巻き方を回転方向に対して直角にしたのである(図4)。

当たり前といえば当たり前だ。だって、法則はウソをつかないのだから。けれど、法則を忠実に再現すること、すなわち実際に空芯コイルの巻き方を回転方向に対して直角にすることは至難の業だった。



図8●コアレスモーター開発部の皆さん

### コアレスモーターの巻き方

図5は新旧コイルの実物写真で、図6がそのイラストだ。

図4を見ても分かるように、一般的なコアレスモーターの巻き線構造は、回転方向に対して斜めに角度が付いているが、フレミングの左手の法則からいえば、この斜めに付いた角度の分だけ効率が落ちてしまう。それならばと、狭山精密工業が開発したコアレスモーターの空芯コイルでは、法則に従って両者の関係が直角になるようにした。ちょうど磁石全体を包むように、コイルが回転方向に対して直角に巻かれている様子が分かる(図7)。

コイルは自己融着で固形化(円筒化)してハブと接合し、そのハブはシャフトに固定される。磁石とコイルのすき間は小さいほど効率が上がるため、このギャップをいかに狭く精度良く造るかがカギになる。

あらかじめ四角形の平面状に薄く巻いたコイルを磁石の周囲を覆うように配置することから、極数が多くなる。実

はこれ、コギングをなくして回転を平滑にする一方で、極ごとに分けて巻く分、組み立てが厄介になる。これに対し一般の空芯コイルの場合には斜めに巻くので、効率は落ちるけれど自動巻き線機を使える分、コストが安くなるのである。

さて、このコイル、一体どのようにして巻くのだろうか。当たり前だが、極ごとにブラシに接続しなければいけないし、あらかじめ四角形の平面状に巻いたコイルをかご状に成形して磁石を内包させなければならない。その際、磁石とコイルのギャップを上述の通り、ギリギリに管理することが求められる。これはもう、神業の世界というほかない。

そして実際に、神の手は存在した。このややこしい空芯コイルを鮮やかに巻き上げる職人さんが、ここ狭山精密工業にはいたのだ(図8)。

### いいものは高くて当たり前

開発した製品は、安い方がいい。でも、今のところコストが下がる気配はない。

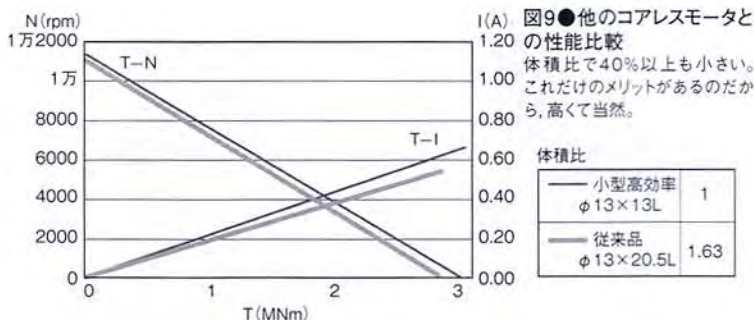


図9●他のコアレスモーターとの性能比較  
体積比で40%以上も小さい。これだけのメリットがあるのだから、高くて当然。

それはそうだ。このように半ば手作りに近いし、それだけ工数が掛かっているのだから。

いつも言うことだが、いいものは高くて当たり前だと思う。コストダウンの努力をせず知恵も出さずに高いのはただだけないが、今回紹介したコアレスモーターのような製品に関しては高くて当たり前ということユーザー側が受け入れればよいのだ。高くてもそのコストを吸収して余りあるメリットを享受できると(図9)。

開発したコアレスモーターは、意外なところで使われている。高級で超精密な鉄道模型の動力源である。想像してほしい。鉄道車両を精密に縮小した模型では、そのモーターの収納スペースも同様に縮尺されているわけだから、一般の小型DCモーターでは収まり切らない。しかも、本物さながらに動かすには大きな力を必要とするので、小型で高トルクのこのコアレスモーターを使わなければ忠実な縮尺ができないそうだ(図10)。



図10 ●開発したコアレスモータを載せた高級鉄道車両模型  
縮尺1/87。これ1両で30万円はする。

写真: Models IMON

いわれてみれば、このようなニーズはほかにもある。例えば、これから開発が進む人型ロボットのアクチュエータもその一つだろう。人型という制約上、手足の関節部分などに配置するアクチュエータがそれだけ大きくなったら美しくない。そもそも駆動部分が小さくなれば設計の自由度が上がるので、このコアレスモータは設計者の強い味方になるはずだ。そこに得意のギアヘッドを一体化すれば、それこそ鬼に金棒といえよう。

### 決め付けてはいけない

モータを食に例えれば、お米みたいなものかもしれない。機械装置には欠かせないものとしてたくさん使われているけれど、米粒と同様、一つひとつ数えるようなマネはしない。そして、物事には必ずピンからキリまでであるように、モータの世界にも「コシヒカリ」や「ササニシキ」から、業務用のお米、安い古米や古古米など、いろいろあってしかるべきである。お米にも超高級品があ

るそうで、水や土壌を特別に管理したものは、何と普通のお米の数倍というお値段が付くそう。

以前、ある会社でねじの開発のお手伝いをしたことがある。緩み止め機能が付与された構造についてだ。その時、ねじなんてとうの昔からあって成熟したもので何を今さらと思ったが、おっとどっこい、そこではまだ誰も考えていなかった構造を発明したのだ。そして特許を取得し、そのねじは見事ヒット商品に。今回の話も、本質はあのときと同じである。

ねじが組み立てのお米なら、モータは機械装置のお米。だからといって、そこにはもう開発の余地などあるはずはないと決め付けてはいけない。そういえば、昔、希代の大泥棒が処刑の間際にこんな辞世の句を残している。「石川や 浜の真砂は尽きるとも 世に盗人の種は尽きまじ」。

浜の真砂は尽きることがあっても、世に開発の種が尽きることもまたないのである。

企業のあらゆる活動現場

**実践指導**  
**効率化**  
**活性化**  
**合理化**  
**収益改善**  
**体質革新**など  
**実現**  
 しております。



製造業を中心とした

### コンサルティングの特徴

「机上の検討ではなく、実際に現場の方と一緒に、体質革新と改善を実施していく」  
 企業の社内に**プロジェクトチーム**を立ち上げていただき

弊社の**コンサルタント**が、そのプロジェクトメンバーと**共に活動を**進めていきます。



- 活動実績**
- (1) 経営診断・工場診断
  - (2) 実践コンサルティング
  - (3) 経営トップマネジメントセミナー
  - (4) 講演会 (5) 技術セミナー (6) 企業内研修

### Future Consulting の基本的な考え方

活動理念を「Future Consulting」とし、最重視するのが、将来の経営ビジョンと現状の乖離である「機会損失」の顕在化。目標のビジョンが達成できた場合と比べ、現実とはどれだけロスが多いかを明確にし、目的意識を明確化・機会損失を徹底的につぶす根本治療のプランニングが可能となります。企業の実態を的確に把握すると共に、経営者とコンサルタントがパートナーとして問題意識を共有し、これに基づき、契約期間内に成果目標を確実に実現していきます。

IPC 株式会社 **アイピック**

URL : <http://www.aipick.co.jp>  
 E-mail : [info@aipick.co.jp](mailto:info@aipick.co.jp)

本社 広島市東区光町1丁目11番5-314号  
 〒732-0052 TEL.082-568-7666 FAX.082-568-7667  
 大阪支社 大阪市淀川区宮原4丁目4-63  
 〒532-0003 TEL.06-6350-8440 FAX.06-6350-8441

多喜義彦氏の最新刊「ものづくり 無敵の法則～鉄人が説くものづくりのこころ」(日経BP社、税込2520円)が2007年末に発売されました。開発を成功に導くポイントや、失敗に陥る落とし穴を短文でまとめたものです。ご一読ください。