

機械式でありながら、クォーツ並の精度を実現したスプリングドライブ。  
メカトロニクスの理想形がここにある。

## 究極の機械式腕時計 スプリングドライブ

セイコーエプソン株式会社



いままぜ機械式時計なのか？

一九六九年に世界初のクォーツ腕時計を商品化し、現在セイコーブランドのウォッチの開発・製造を担っているセイコーエプソンが、クォーツ誕生から三〇年余の時を経て世に送り出した「クレドール スプリングドライブ」。この時計の特徴は、なんとといっても手巻きの機械式腕時計でありながら、クォーツ並の精度を実現しているところにある。平均的な機械式腕時計の精度は、日差±一五秒〜二〇秒、高性能といわれるものでも日差数秒であるのに対して、スプリングドライブは月差±一五秒以内（日差±二秒以内相当）。まさに究極の機械式腕時計と呼ぶにふさわしい。

しかし、素朴な疑問が頭に浮かぶ。電池不要の高精度ウォッチという点ではすでにセイコーの顔となっているキネティック（自動巻き発電の腕時計）がある。そこになぜ機械式なのか？ キネティックとはどう違うのか？ ウォッチ事業部W商品開発部部長の青木茂氏に尋ねてみると――

「当社は、もともと機械時計の製造をおこなっていましたが、その機械時計に対してより精度をあげたいということでクォーツウォッチを開発しました。おそらく開発したメンバーは、クォーツを開発した段階で、この精度を維持しつつ、電池交換のない時計というのを最終的には求めているのだと思います。そういうなかで、次にエネルギーをつくり出すキネティックを開発したわけです。ただ、二次電池にためこんだ電気によってモーターを動作させ運針するという機構はクォーツウォッチの技術の発展上にあります。要するに、ク

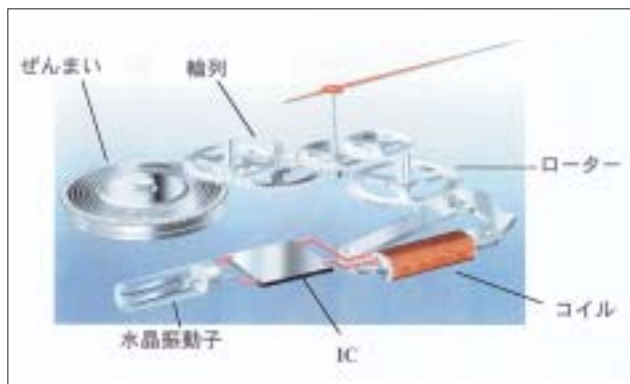


図1 スプリングドライブの基本メカニズム

ォーツウォッチの電池部分を発電機と二次電池が代替しているというシステムです。

一方で、スプリングドライブでも電気エネルギーを使いますが、それが使われるのは速度を制御する部分。動力はあくまでぜんまいによって供給されるのです」

スプリングドライブのメカニズムは次のようなものだ(図1)。まず、巻き上げたぜんまいの力が輪列を伝ってローターを回転させる。その回転運動が発電コイルを通じて電気エネルギーに変換、この電気エネルギーが水晶振動子を駆動させ、IC制御によってローターの回転速度、すなわち運針の速度を調整する。青木氏が説明してくれたように、IC部分は速度の制御に用いられるだけで、針を動かすのはぜんまいの力のみ。

## メカトロニクスの理想形

ウオッチ事業部事業部長  
上 脇 修



スプリングドライブは、商品としてはセイコーのクレドールブランドの商品という位置付けになっています。クレドールは、セイコーのなかでは最高級のブランド。つくり方もそれにふさわしく、メカの部分だけでなく針や文字盤、ベルト、ケースに至るまで、徹底的にこだわってつくっています。セイコーエプソンには匠工房というのがあって、スプリングドライブはそこで選ばれた技術者が精魂込めて一つずつ丁寧に組み立てているんです。部品製造から組み立てまで、すべてが職人の手造りの世界ですね。それだけに大量生産は現状では難しく値段も高価ですが、確実な需要があることを実感します。

その理由の一つには、世の中が、本当にこだわったつくり方をしたものに価値を認める時代になってきていると思うんですね。大量生産、使い捨てということに対して、時代はノーのサインを出しています。そういう世の中に合わせたものづくりをしようということで、ムーブメントの金属部品にしても非常に細かい技巧が施されているわけです。美しい工芸品のようだという方もいますね。

技術的な面での位置づけとしては、時計にはさまざまな進化の仕方があるので、これが一番進化しているというのは難しい。精度を極限まで追求した完璧な実用品という方向での進化がある一方で、デザインや装着感などを含めた、総合的な時計のたたくまいという方向での進化もあります。スプリングドライブは後者の側ですね。つまり、エレクトロニクスがすべてということではなく、メカニカルな構造を有している最高峰を狙っています。ゼンマイで駆動しているので電池はありませんが、歯車の回転の制御にはICや水晶振動子を使っている。そういう意味ではメカトロニクスの理想形といってもいいかもしれません。

精度だけでいえば、原子時計や電波時計と呼ばれるものがあります。電波を受け取って時刻を修正するのは、精度的には進化した形でしょう。スプリン

グドライブの場合は、精度もおろそかにはしませんが、さらに人間の感性的な部分——時間の感じ方や人間をとりまく自然や環境——がデザインに反映されています。お客さまも時間を計るツール以上の思いを腕時計には寄せています。スイスの機械時計は、精度としてはクォーツに比べれば非常に劣るわけですが、ゼンマイの力のみでなげに動いているところが評価されているところもあるんでしょうね。だから、精度だけではない、腕につけることに対する想いというものは確実にあるんです。リュウズでゼンマイを毎日巻き上げることで時計に愛着がわくというお客さまもいらっしゃいます。

国内ではこちらの予想を上回る反応をいただいて正直驚いています。機械時計への注目が高まっているように思いますね。世界的にはまだバーゼルフェアに出展しただけなので、反応を見守っている段階ですが、世界のどこに出しても負けられないという自負はあります。スプリングドライブそのものは、もっともっと進化させていきたいと思っています。本音を言えば、ライバルに出てきてもらいたいんですよ。一社でやっていくよりも数社で競合するほうが発展しますから。



動力をゼンマイにするメリットのひとつに、デザインの自由度がある。というのも、二次電池を使うかぎりモーターやICの消費電力を抑える必要から、どうしても針の大きさや太さに制限が設けられる。その点、ゼンマイを動力とするスプリングドライブは、運針のエネルギーがゼンマイと輪列からもたらされるため、デザインの自由度が飛躍的に高まるのだ。つまり、スプリングドライブは、構造的な新しさがそのままデザインの新しさにもつながっているといえよう。

## 「二〇年にわたって持続した」夢

このスプリングドライブ、商品化に至るまでには何重もの技術的なハードルがあった。アイデア自体は二〇年以上前に出されたものであるのだが、それが商品化されたのは一九九九年。それまでの開発については、社内でも知っている者はわずかだったようだ。先の青木氏も当時は長寿命のクォーツ開発に取り組んでおり、スプリングドライブは「なにかやっている」程度の印象だったという。

「当時の開発のメインは、長寿命をテーマにした三種類の時計でした。クォーツの長寿命タイプ、ソーラー時計、そしてキネティック。スプリングドライブは重流だったと思いますよ。時代としてもクォーツ全盛でしたから。二〜三人のチームが実験室レベルでちょこちょこやっていたというのが開発当初でした」(青木)

一〇年寿命のクォーツ、ソーラー時計、キネティックが次々と商品化に向けて開発が進められるなかで、スプリングドライブは一向に実用化の目

処が立たない。もちろんそれには理由があった。

スプリングドライブの生命線は、動力を制御・調速するIC部分。ICを使う以上、当然のことながら消費電力の問題が生じる。手巻きの機械式時計であれば、二日分四八時間の持続はほしい。だが、開発当時のIC技術では、ゼンマイのエネルギーとICの消費電力とのギャップを埋めることはできず、ICを二日間動かすだけのエネルギー効率の実現は不可能だった。

結局、八二年にスタートした第一次開発は、翌年中断。以降、九三年から始まる第二次開発を経て、ようやくアイデアに技術が追いついたのは一九九七年の第三次開発のこと。第三次開発ではスタップも一挙に一〇人規模へと増え、実用化を最優先課題に開発が進められた。この段階では、発電やエネルギー効率の問題も、キネティックの開発技術を応用することでクリアでき、九八年にはパーゼルフェアで技術発表、九九年に念願の商品化を達成した。

## スプリングドライブを支えるキートクノロジー

スプリングドライブのキートクノロジーとしてまず挙げられるのは、発電機の役割を担っているコイルの部分だ。

「ふつうのクォーツのコイルは巻き数を稼ぐためにただ巻いているんですね。断面を見るとわかりますが、バラバラしています。これだと効率が悪くて、時計のサイズも大きくなってしまいます。そこで一糸も乱れることなく巻きましょうと。この技術はキネティックから踏襲している技術なんですけど、キネティックの場合はこの巻線の径が三〇

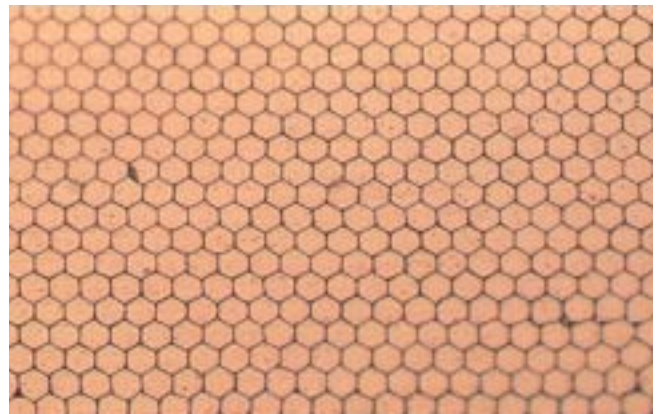
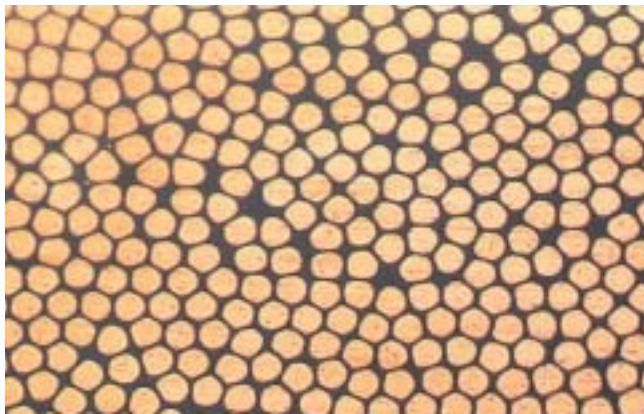


図2 従来のコイル巻き(左)と整列巻き(右) (断面図の比較)



「四〇ミクロンと太いんです。スプリングドライバーの場合、この線は世界で一番細い一三ミクロンという線を、二つのコイルにそれぞれ三万ターンずつ巻いています。ちなみに線をまっすぐ伸ばすとあわせて四〇〇メートルぐらいになります」

(W商品開発部・原辰男)

コイルの断面(図2)を見比べればその差は一目瞭然。整列巻きの方では、ラインのテンションが加わって六角形が隙間なく折り重なっている様子が確認できる。この整列巻きによって、サイズとエネルギー効率のハードルを同時にクリアすることが可能となったのだ。

この発電コイルには、技術者の思いを感じさせるエピソードがある。スプリングドライブは、裏がスケルトンになっているのもデザイン面での大きな特徴なのだが――

「技術者サイドとしては発電コイルの部分を見せたいという思いがありました。やっぱり自分たちの技術の成果を見てもらいたいものですから。ただ、機械時計として見ると発電機の部分は違

感があるんですよ。また、最高級腕時計のデザインとして考えると野暮ったい印象を与えかねない。で、議論の末、結局は隠しちゃったんですけれど(原) それだけ技術者の側に誇りと矜持があったということだろう。

ものづくりの原点回帰

開発当初からの難題であったICの消費電力も、キネティックで用いられた低消費電力技術を開発させて、約五〇ナノワット(〇・六ボルト、八〇ナノアンペア、一九九九年商品化レベル)を達成し、さらにSOI(シリコン・オン・インシュレーター)の技術を開発したことで、約二五ナノワット(〇・五ボルト、五〇ナノアンペア、二〇〇一年レベル)まで達している。

「時計の場合、既存の技術がそのままでは使えない場合が多いんです。サイズがサイズですから。SOIもそう。そこで、ないんだったら自分たちでつくってしまえということ、当社の半導体事業部が頑張ってくれました」(原)

時計の運動があとどのくらい持続するかを示す

パワーリザーブ表示もユーザーにはありがたい機能だが、これは「巻きすぎ防止装置」と「運針停止装置」というすぐれた技術を可視化したものだそう。前者は、ゼンマイの巻きすぎから生じる調速の狂いを防ぐために、後者はトルクの出力が低下して運針が遅れることを防ぐために、ゼンマイの巻き数がある一定のレベルを超えたときにロックされるしくみになっている。

スプリングドライブの精緻な技術は、メカ内部のみならず組み立てにもおよんでいる。部品数にして二一五個。これらを卓越した技能を持つ数名の匠たちが寸分の狂いなく組み立てていく。そのため、年間二〇〇個の限定生産となっている。

「この腕時計は、クレドールブランドというだけでなく、メイドインジャパンの技術として世界に認めてもらいたいですね」(青木)

同感だ。二〇年におよぶ技術者たちの格闘の末に誕生したスプリングドライブは、日本のものづくりの原点を感じさせてくれるものであった。



ウオッチ事業部W商品開発部・部長・青木茂



ウオッチ事業部W商品開発部・原辰男