



セイコーエプソン (株) 塩尻事業所

1 はじめに

日本で、古くから職人による精密な工芸品が作られてきた。とくに江戸時代には、からくり人形といった精巧な機構も作られていた。微小な機械部品が組み合わされて動く機械式時計、日本における時計の発展はこれらの文化を背景として生まれてきたものだろう。今回訪問させていただいたのは、最先端の腕時計を製作しているセイコーエプソン、信州時の匠工房だ。

2 セイコーエプソンの概要

見学にうかがったセイコーエプソン塩尻事業所では、セイコーの高級時計の製造・組立を行っている。時計の開発・設計から部品製造、組立、完成まですべての過程を自社の工場で行う、マニファクチュールを実現している点に特徴がある。セイコーの時計製品の歴史概要をここで示す。

セイコーは1881年に服部時計店として創業した。1913年に国産初の腕時計、ローレルを製造。1964年スイスの時計精度コンクールに出展するも、144位に終わる。しかし、その後技術力を磨き、4年後には同コンクールにおいて、歴代最高記録を達成した。また1959年より、精度を求めてクォーツ時計の開発に着手した。クォーツ時計は従来たんすほどのサイズだったが、それを持ち運び可能なサイズへと小型化する取り組みが始まった。そして4年後にそれを実現し、持ち運び可能なクォーツ時計を開発した。これは、1964年の東京オリンピックでの公式時計としても使用された。

1969年世界初のクォーツ腕時計クォーツアストロンを発売。開発するに当たって、重要な発明がなされた。音叉型の水晶振動子、オープンレイアウトモータ、CMOS IC、などだ。現在の水晶時計のほとんどは、セイコーから生み出された技術が使われている。1977年、ぜんまいで駆動・発

電し水晶で制御するという、スプリングドライブの開発に着手。持続時間などの問題に対して、改良を続けていった。そして1999年スプリングドライブ搭載製品の発売。以降、スプリングドライブは高級時計の主力製品となっている。

これを見ると、セイコーは日本の時計史を担ってきた存在だとわかる。そして今も、ほかでは作れない精巧な時計を製作している。

3 信州時の匠工房

3.1 匠工房

見せていただいたのは、職人が手作業で製造・組立を行う匠工房、文字板工房、宝飾工房、ケース工房だ。歴史資料室と製造ラインについても見学した。今回中を見られなかったマイクロアーティスト工房を含めて、これらの工房が信州時の匠工房と命名されている。

まず、時計ムーブメントの組立を行う、匠工房へ向かった。

入る前に全員が白衣に着替える。エアシャワーで衣服のホコリを落とした後、工房の中へ。工房内は明るく整頓されており、とてもクリーンな印象だ。化学系の研究所を思わせる雰囲気がある。職人がそれぞれに作業机へ向かい、真剣に作業を行っている(図1)。部屋全体で上から下へ空気が流れているため、半導体工場ほどではないが、工房内はゴミやホコリをほとんど寄せつけない環境となっている。また部品にホコリがついたままだと、外から持ち込んだ際に室内へ入ってしまうの

で、部品は帯電防止容器に入れて搬入する。工房での組立では、一つのムーブメントを一人ですべて組み立てる。スプリングドライブの部品点数は276点あり、工房に入る前にユニットへ組まれて176点となる。一人が1日に仕上げられるムーブメントは7台前後だ(図2)。ストップウォッチ機能付きのクロノグラフという機種では、部品点数はさらに多く416部品となり一日に仕上げられるムーブメントの台数は3台のみだ。また、組み立てられたムーブメントは誰がいつ、どのロットを用いて組んだかがわかる仕組みとなっている。そして製品のオーバーホールの際に戻ってきた時計を調査し、情報をフィードバックすることで現在作っている時計に反映してゆく方式をとっている。確認するのは、長期間使われたことにより油が切れてしまった部分がないか、止まりに繋がる要因となる油量はどれくらいか、などの項目だ。

作業台に備えられたPCには、注意点や作業工程といったマニュアルが入っている。職人は皆手順をすべて覚えているとのことだが、手順書を確認しながら作業を進めている。組立においていちばん難しいのは、潤滑油を差す作業だ(図3)。使用する油は5種類あり、それをおよそ90箇所に対して、最適量を差すことが必要となる。受けと歯車の軸というように回転・摺動部分は粘性の低い潤滑性のあるものを、金属同士が擦れるようなぜんまいと箱の接地面には粘性の高い潤滑油を、などというように使い分けている。油の量を最適化することで、時計の耐久性を向上させることができる。注油



図1 ムーブメント組立を行う職人



図2 組立が完了したムーブメント



図3 ムーブメントへ注油を行う職人

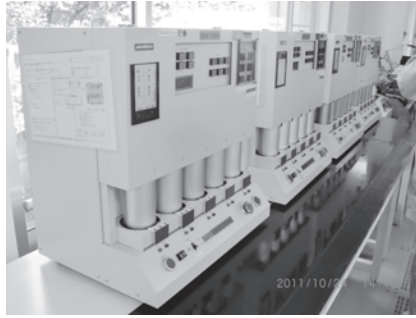


図5 時計の防水試験を行う装置

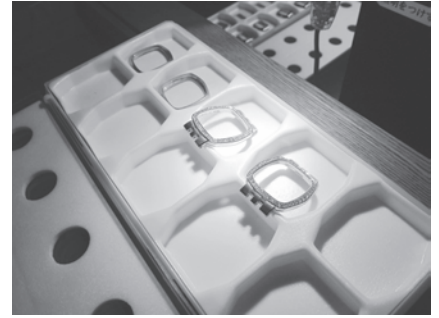


図7 ダイヤモンドの据え付けが完了したケース



図4 文字板と針の装着を行う職人



図6 宝石の据え付けを行う職人

の量は顕微鏡を使い、適量を決められた箇所注油する。デジタルでの管理や、指標となる目盛りなどがあるのではなく、経験がものをいう作業である。油量の判断はすぐには習得できず、適量を差せるようになるまで、少なくとも1年はベテラン職人に見てもらって作業をする。クリーンで精密に管理された工房という第一印象だったが、製品の質を支えているのは人間の感性だということに驚いた。

クリーンルーム内で次のエリアへ移動した。部屋の様子は、ムーブメント組立を行っている所とほぼ同じで、職人がそれぞれに机へ向かっている。ここでは、先の部屋で組んだムーブメントへ、針や文字板を装着する作業がされている(図4)。針に施したダイヤモンドの面粗度は10nmという非常にシビアな製作になる。針と針の間隔は、100分の10mm。ピンセットに傷があると部品を傷つけてしまうので職人は皆、毎朝道具を磨いている。もし針にうねりがあると、針が周回する間に時計と分針がすれて針に傷ついたり、時計が止まってしまう。そのため、均一な状態になるように組み込むことが必要となる。クォーツ時計の裏面の軸受部には、ルビーが使われており、受け部品は磨かれて綺麗になっている。使用される際には蓋で隠れてしまうこともある。

ここで、セイコーエプソン(株)塩尻事業所生産部部長の樋口さんにお話をうかがった。

樋口さん(以下、敬称略) 見えないところまで丁寧に作っているのがグラ

ンドセイコーです。

壁際には、時計の気密性・防水性を試験するエアリークテストや防水試験機が置いてあった(図5:エアリークテスト)。防水試験機は水中で35気圧まで加圧することが可能だが、グランドセイコーは10気圧防水機能が通常スペックのため、10気圧での検査を行っている。いきなり水中試験を行わず予備的な試験を行ってから水圧をかける段取りとなっている。まずエアリークテストで空気での加圧を行い、ガラスのたわみを計測することにより、気密性が保たれているかチェックするのだ。

メカライフ編修委員(以下、メカ) 女性の職人さんが多いですね。

樋口 毎日、正確に適量注油する作業は、やはり繊細な神経の女性のほうが適していますね。

メカ (笑)

樋口さんは、作業している職人に気さくに話しかけ、職人の方は笑顔で応じている。製作は個人作業だが、職人たちがトップが結束感を持って時計づくりに取り組んでいる様子が見て取れた。

3.2 宝飾工房

クリーンルームを出た後、宝石の装飾された高級時計の製作室へ入った。ここでは職人は白衣姿ではないが、それぞれの机へ電灯と顕微鏡が据えつけられ、繊細な作業をしていることが見てとれる。この工房と次に見せていただいたケース工房では、男性の職人さんがほとんどだ。製作しているのは、ダイヤモンドや金により装飾された、

5000万円前後の一品物から数十個レベルの数量を製作している高級時計だ。

手前では、貴金属材料のバンドとケースのろう付け作業が行われている。工程としては、貴金属のバンドとケースをまずスポット溶接により仮固定する。その後トーチバーナを使い、双方を熱し、適温になった瞬間に金ろうをわずかな隙間に差して溶融させ、その後バーナにてあぶり、バンドとケースを均熱させることで拡散させ一体化させるものである。まさしく職人技が必要な作業である。

宝石を金属の時計へかきしめ固定をする石留め作業エリアへ移動した(図6)。行っていることは、宝石を固定するための溝を時計ケースの金属へ彫り込み、石を設置した後に金属の爪をかきしめて固定する作業だ。見せていただいた高級時計ケースは、宝石特有の輝きを持っており、また全体として整った自然な印象がある(図7)。同じ宝石を使う装飾品でも、指輪などのジュエリーとは異なる難しさが高級腕時計にはある。まず、複数の宝石を曲面上に設置するため、それぞれの石が同じ高さになっていなければ体裁が悪くなってしまう。さらに宝石の大きさも単一ではないため、それも考慮して彫る深さを決めなければならない。次に、多数の宝石を隣り合わせて設置するため、単純に宝石を固定しただけでは十分な光が内部へ差し込まず、宝石が輝かない。そのため、宝石の横方向から光が入る構造にする必要がある。宝石の支持は最低限の肉厚として、余分な肉をすべてそぎ落とさねばならない。また、時計の場合には服の裾とこすれる位置で使用するため、毛糸などの生地が金属へ引っかからないためのミル打ちという工程が必要となる。宝石固定のためにたがねを使いかきしめた爪を丸めて、宝石と爪が隙間のない状態にしてゆく作業だ。このように細かな気遣いと蓄積された多くのノウハウがあつてこそ、質の高い高級時計ができて上がっているのだ。



図8 時計ケースの研磨を行う職人



図9 歴史資料館前での記念撮影

3.3 ケース工房

次に向かったのが、時計ケースの研磨を行っている場所だ。研磨機と集塵機が卓上に据えつけられ、ファンと研磨の音が聞こえる。来る前に想像していた工房の印象と一番合っていたのが、このケース工房だ。研磨の音量はあまり大きくなく、むしろ空気が吸引される集塵機の音が目立っている。グランドセイコーでは、面の綺麗さも特徴となっている。普通に切削した金属を磨いてもきれいな表面にはならず、一度整面しなければならぬ。その際、耐水ペーパーにただ1カ所を押し付けていると、綺麗な整面ができない。そこで、「ザラツ研磨」という特殊な研磨行程を行うことで、きれいな整面を作り込む。そのときにも、人間の感性が精密な作業を支えている。研磨をするとき、手で追い込むときの感覚は100分の1ミリくらい。図8の人は特級技能士で、手の感覚だけで100分の0.5ミリまで判別できる。

メカ これは1人前になるのにどのくらいかかるのでしょうか？

吉江 (職人さん) 最低15年かな。

以前の研磨職人は、薄暗い屋内でマスクを装着して作業しているイメージがあった。明るいと、表面のハイライトがうまく判別できないという問題があったためだ。時の匠工房では、間接照明をつけることで比較的明るい環境で作業できるようにしている。また、集塵機を設置して研磨によって生じる粉じんの吸い込みを行っているため、他社と比べクリーンな環境になっている。ザラツ研磨だけで表面の研磨が完了という訳ではなく、さらに先の工程もある。たとえば筋目を整える作業がある。ヘアラインと呼ばれる、目が通った筋を形成してゆく。力加減や目付の回数、また研磨後にどの方向へケースを動かすかによって筋目の質に影響する、繊細な作業だ。

4

質疑応答

見学を終え、歴史資料室の前で記念

撮影をした(図9)。その後設計者の小島さん、北原さんを交えてさまざまな質問をさせていただいた。

4.1 時計製作

メカ 他の製品と比べ、時計の設計に特有な点がありますか？

小島 よく言われるのは、製品のサイズが小さいので、加工精度を注意深く取り扱う必要があるという点ですね。実際に加工できる加工精度と、それが組み合わせることができる加工精度にはずれが生じます。それをある程度設計者側がめどをつけて、余裕をつけてあげなくてはいけないのです。その点が普通の設計とは違うところですね。たとえば、今言われている新しい材料を使うときに、外の素材メーカーとかにお願いすると、時計専用の規格で材料を納入してもらわなければ、時計として成り立たない場合があります。

メカ 時計の製品を作る場合、企画から商品化までどのくらいの期間が必要ですか？

北原 だいたい1年半ですね。ただ、スプリングドライブのように複雑な時計だと、設計の難しさだけでなく、性能の作り込みが困難となります。その場合は開発期間が必要で、そう考えると開発期間は時計によって異なります。

メカ といいますと、やはりムーブメントのところが一番難しく、それが決まっていれば、あとはニーズにあわせて外装等を決めて編み出すという感じですか？

北原 基本的にはそうです

メカ 製造のほうで、あれだけ匠たちが技術を持っていてやっても、なかには試験段階で欠陥が出てくるということはあるですか？

樋口 一つの機種をおこすのに、基本精度などを全部含めて耐久試験や加速試験をしながら開発し、それでOKという状態にして、量産の工程に入っています。ですので基本的には、その段階で確認はすべて終わってしまいます。最終的にできたものが、試験でこれまで積み重ねてきたテスト基準を満たしているかどうか図るので、発売直

前で欠陥が見つかるといったことは、まずありえないことです。

4.2 職人さんについて

メカ 作業されている職人の方が多数おられましたが、そのような人が初心者から熟練になるまでにどのような教育や引き継ぎが行われているのですか？

樋口 いきなりあのような高い技能を必要とされる工程の仕事を行うわけはありません。たとえば石留め作業がありましたよね。ダイヤをかしめる作業です。あの人は、その前にケースの研磨工程も経験しています。それで材料の硬さみたいなものを、身を持って覚えたりします。そういうところから本人の特性や適正を見てゆきます。たとえば、ちょっと手先が器用だと見込みがある場合には、石留めをやらせてみようかなというようになります。また石留めは、最初からそれをやるのではなく、練習としてジグザグに印をつけて、その印だけがついてるところを掘るという作業をします。それを2年ぐらいやった後、徐々に要素のほうにいきます。また組立の技能者も、たとえば量産品の組立を経験した人たちの中でちょっとできそうだなという人をローテーションします。基本的な技能の向上というものは社内技能認定競技会というのがあるって時計基本種目が10種以上あります。そこで3級2級1級、要は難易度によって職種のクラスが分かれています。まず3級をとってから技能を高めていくというようなことをしております。

メカ そうすると、現場で先輩から教わるのではなく、会社全体で育成や人数管理をシステム化しているのでしょうか？

樋口 そういう面で行くと、やはり職場に入って先輩に教えてもらいながらその背中をみて手に職をつけていきたいと思いますよという世界は持っていますね。それについては今「見える化」というので、そういう技能やノウハウをできるだけ残していくことをやっています。しかし、今言ったように人の勤の世界になると、なかなか難しいですね。人づてに聞いていってそれを体で覚えるというのは難しいです。機械的なものは誰がやっても同じものができのですが、人間の感性の世界というのは、なかなか難しいですね。「このくらいで押しつける」って言われても「どのくらいで押しつけばいいんだ」ということになりますよね(笑)。

メカ 優れた職人たちがいるのは、会社としてこだわりや教育に工夫したことはあったのでしょうか？

樋口 たとえば一時研磨職人が 50 人くらいでその中で技能者の競い合いが起きて、自然に高度な技能者が出てきたんです。そういう人たちが現在残っています。10 年後にはそのような技能者が去ってしまい、現在の 30 代の技能者で途切れてしまうことを危惧しています。だから会社としてもそこで断ち切れないように、技能認定競技会などに参加してもらいながら生産活動を続け、技能の伝承をしてもらっています。

4.3 最先端時計と今後

メカ 時計では中身までかなりこだわっているとうかがいましたが、設計についてもやはり美意識などを持って設計しているのですか？

小島 難しい質問ですね。ある程度は持っているのですが、どうしても足りない部分、たとえばスプリングドライブですと、部品の分割の仕方など、デザイナーが最初から参画しアイデアを出してもらいながらそれを実際に図面として作る、というようなことはやっています。とくにシースルーのような中身が見える時計は気を使っています。

メカ 宇宙空間で使える時計を作っていると伺いましたが、地上の時計に対して大きく変更した点などはありましたか？

小島 いくつかスペシャルモデルを用意した結果、実際、少し気を使えば宇宙空間の軌道衛星上の船外で使用できるということがわかりました。もし月に行った場合には、長期間にわたって使用できるかはわかりません。今の量産レベルで軌道衛星上での使用は可能です。

メカ 宇宙での使用に関しての一番の問題は何でしょうか？

小島 一番の問題は温度ですね。人工衛星は軌道上を約 90 分で一周して光と陰を繰り返すので、温度の変化は絞られます。月の裏側のように全く光の当たらないところや、逆に常に当たっているところなど、大きく気温が変化する環境に関してはわからないのが現状です。いちばん厳しいのは潤滑に使っている油の粘性が高くなることです。カリフォルニア工科大学で、人工衛星の評価を行っているので、技術提携して評価を行ってもらいました。

メカ スプリングドライブの開発には長い期間を要したとうかがいましたが、開発においていちばんネックになっていたことは何でしょうか？

小島 ネックになっていたのは消費電力の問題です。IC で制御するのですが、その消費電力をどこまで抑えられるか、ものすごい低電圧で駆動しているのでそこがいちばんネックですね。

だいたい 0.8V ぐらいで動く IC で、消費電流がわずかに 50nA という非常に省電力の IC を使用しています。

メカ スプリングドライブの機構を製品に合わせて、小型化や大型化することは可能なのでしょうか？ たとえば女性用のスリムなデザインには対応できますか？

小島 大型化は可能です。小型化に関してはいろいろ要素開発をしています。現状より小さくすると一気に課題が増えてきます。研究を続ければ小型化は可能ですが、女性はあまり機能面を求めていると思います。スイスの時計を見ればわかると思いますが、女性ものの小さい時計はクォーツが多いですね。

メカ 時計について、どのような技術発展があるとお考えでしょうか？

小島 まだまだやることはありますね。ここ数年で出てきた電波修正時計ですが、あれは外から電波をもらって修正するものじゃないですか。そういうものよりは、時計の中で修正できる仕組みがあるとよいですね。あと、時計というのはすごく長く使ってもらえる可能性があるものなので、いかに耐久性をよくするかといった点は、まだまだやることはあると思いますね。

メカ 腕時計の技術で世界一だという自負はありますか？

樋口 何をもって技術と呼ぶのかですが、この工場の中で開発からすべてやっているのはうちだけで、それは強みだと思います。不具合があればすぐに開発者のところに持って行けるし組立から設計まですぐにフィードバックできることを考えたら一番じゃないかな。その中で技能を継承しているのかもね。

メカ いろいろな工場へ見学に行っているのですが、他の場所に比べてセイコーエプソンではみな愛がある感じがするのですが、なぜでしょうか？

樋口 やっばみんな時計が好きなんじゃない？

質問の合間には、樋口さんから私たち編修委員の学生が、若者の時計に対する好みやブランド意識などを尋ねられた場面もあり、密度の濃い質疑応答ができたと思う。

5 おわりに

帰り際に、樋口さんから手のひらに乗る小さなお鈴を見せていただいた(図 10)。このお鈴を、腕時計の中に丸々ひとつ収めた時計があると聞き、驚いた。日本ならではの文化を表現し



図 10 ソヌリに使用するため特注したお鈴



図 11 和の心を表現した時計、ソヌリ

た時計、ソヌリだ(図 11)。小さなバチで叩くと、澄んだよく伸びる音が鳴った。お鈴を鳴らす制御は、630 点にも及ぶ部品による機構で実現している。技能大会でスイスをおさえて活躍した、最高級の技術力を持つ職人たちの製作だ。

今回見てきた職人たちの技は、世界に誇れる日本の技術だと思う。機械による自動化ができない精密な製造は、手先が器用で、またものづくりに対し粘り強く取り組む姿勢のある日本人にしかできないだろう。世の中の製品は技術向上により高度化が進み、製品がすたれるのも速くなっている中で、ソヌリのような高級時計は変わることはない価値を持ち続けるだろう。

最後になりましたが、今回の見学で施設の説明をしていただいた生産部部长・樋口邦彦氏に深く御礼申し上げます。また、見学会の後でお話を聞かせていただいた小島さん、北原さん、仕事を見せていただいた匠工房の方々にも、この場をお借りして感謝申し上げます。

(文責 メカライフ編修委員 関口拓人、市川賀康、岩淵健二、近藤瑠歩、中村恭子、松下 真)