

技術報告

ツインコイルモータ正逆高速運針システムの開発

田京祐

シチズン時計株式会社, 東京都西東京市田無町 6-1-12, 〒188-8511

(2020 年 1 月 16 日受付, 2020 年 5 月 7 日再受付, 2020 年 5 月 15 日採録)

Development of Twin Coil Motor with Forward/Reverse High-Speed Drive System

Yuh TAKYOH

CITIZEN Watch Co., Ltd., 6-1-12, Tanashi-chou, Nishitokyo-shi, Tokyo 188-8511, Japan

(Received January 16, 2020, Revised May 7, 2020, Accepted May 15, 2020)

ABSTRACT

In 2018, CITIZEN Watch Co., Ltd. released the Eco-Drive Satellite Wave GPS F990 watch that receives time signal information from artificial satellites and corrects displaying time and date accurately. This paper describes Twin Coil Motor with Forward/Reverse High-Speed Drive System mounted on the F990. This is a new stepping motor system that enables high speed by driving 2-steps collectively and monitoring the rotation of the motor. We succeeded in doubling the rotational speed of the hour hand and minute hand than former products.

1. はじめに

Eco-Drive SATELLITE WAVE GPS F990¹⁾は現行の F900²⁾からさらに進化した新たな GPS 衛星電波ムーブメントを搭載した時計である。(製品写真: Fig. 1)

これまでシチズン時計は Eco-Drive SATELLITE WAVE GPS として, シンプルなデザインが特徴の F100³⁾と, デュアルタイムやクロノグラフ機能などを搭載した多機能モデル F900 をそれぞれ 2014 年, 2015 年に発表した. とともに使いやすさを考慮し, 世界最速レベルの最短 3 秒での時刻受信に加え, 電波を受信してからの時刻表示を高速化している.



Fig. 1 Eco-Drive SATELLITE WAVE GPS F990.

時刻表示を高速化するにあたり、F100 では Fig. 2(a)に示すようにそれぞれの指針を、個別にモータで駆動させる独立モータ化の構成をとった。モータを独立させることで、それぞれの指針を高速で動かすことができる。しかし、その分部品点数が増え、ムーブメント内のスペースを圧迫することになる。

F900 では多機能化に伴い、複数の指針を搭載する必要がある、時計の薄さを維持するには個別のモータを入れることができず、時針と分針を輪列で連結して、一つのモータで動かす必要がある。そのため

時刻表示には時間がかかってしまう。そこで Fig. 2(b)に示す「ツインコイルモータ⁴⁾と呼ばれる特別

な構造のモータを採用した。ツインコイルモータは時計回りの方向にしか高速で回転させることができない従来型のモータとまったく異なり、逆方向、つまり反時計回りの方向にも、時計回りの方向と同じように高速で動かすことができる。このツインコイルモータの採用により輪列を減らすことができ、Fig. 2(a)に示すF100 から体積比を 35%削減することが可能となる。

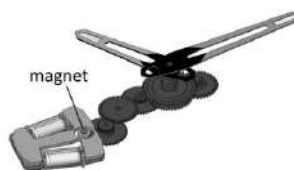
そして今回の F990 ではツインコイルモータの制御方法を見直すことにより回転スピードをF900 からさらに 2 倍に引き上げた。このスピードアップにより、例えば時差 1 時間（分針 1 周分）を修正するのにわずか 0.9 秒でできるようになった。本稿では、その回転スピードを 2 倍に引き上げたツインコイルモータ高速運針システムについて述べる。

2. ツインコイルモータについて

まず F990 に搭載したツインコイルモータの構造を Fig. 3 を用いて説明する。ツインコイルモータは主に磁石、二つのコイル、ステータによって構成される。コイルとステータは E 部でねじ（図示せず）止めされ地板（図示せず）に固定され、閉磁路を形成する⁵⁾。磁石は径方向に N 極、S 極が着磁された 2 極の円柱状の磁石である。コイルは軟磁性材料である磁心に銅線が複数回巻かれたものである。ステータは軟磁性材料からなり、コイルで発生した磁束を磁石に導くとともに磁石の回転によって発生した磁束をコイルに導く。そして Fig.3 の磁石から見て左右 2 つの磁



(a) F100



(b) F900 Twin coil motor

Fig. 2 Motor system of minute and hour hands.

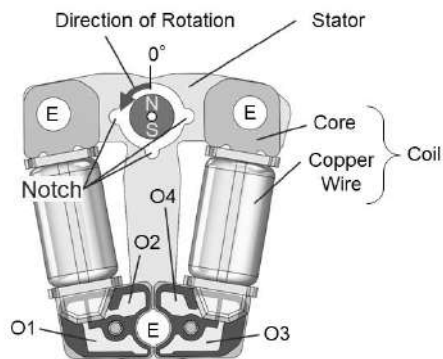


Fig. 3 Twin coil motor.

極の他，磁石下部の磁極の 3 つの磁極で構成されている．またステータにはノッチと呼ばれる 3 つの切り欠きが形成されている．ノッチの位置や大きさによってコイルに通電していない状態の磁石の停止位置を変更することができる⁶⁾．本ツインコイルモータは Fig. 3 に示すように磁石の N 極，S 極が紙面の上下となる位置と，磁石が Fig. 3 の位置から 180° 回転した位置が停止位置となるようにした．O1 および O2 は Fig. 3 の左側コイルのコイル端子，O3 および O4 は右側コイルのコイル端子を示している．回路（図示せず）から後述する Fig. 7 のパルスを出力することで各電極間の電位差に応じた方向に電流が流れて，Fig. 3 中の矢印方向に磁石が回転する．なお，反対方向に回転させる場合には O1 と O4 端子，および O2 と O3 端子とをそれぞれ回路上で切り替えればよい．

3. ツインコイルモータ高速運針システムについて

ツインコイルモータの駆動方法の概略を Fig. 4 に示す．Fig. 4(a)は従来の F900 の回転方法であり，磁石が 180 度回転すると指針が 1 ステップ進む．1 秒運針のような通常時の運針と高速運針とで回転方法は同様であり，F900 の高速運針時は 200 steps/s のスピードで回転させていた⁴⁾．

F990 では通常時の運針は F900 と同じであるが，今回開発した高速運針は Fig. 4(b)の回転方法をとった．即ち，磁石を一気に 360 度回転させて指針を 2 ステップ進めるようにした．

F990 では，ステップ毎の時間的な間隔を減らすことで 400 steps/s のスピードでの高速回転を実現している．

次に F990 の高速回転の原理詳細を Fig. 5 に示す．Fig. 5 の w 部はコイルに流す駆動電流の方向を模式的に示したもので，コイルに電流を流すことで，磁石の周りに磁極が発生することを示したものである．Fig. 5(p)のロータ磁石が停止した状態に対し，Fig. 5(q)に示すようにまず右側のコイル

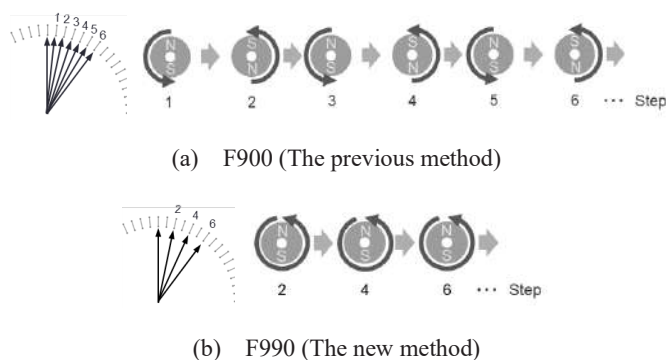


Fig. 4 Rotation method of magnet.

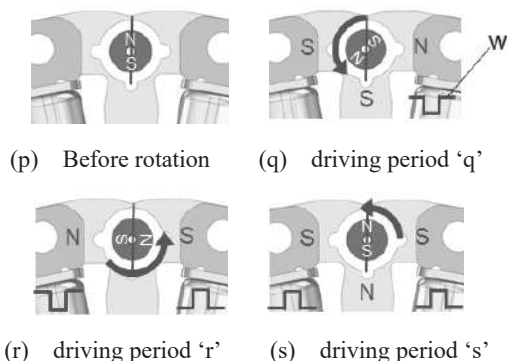


Fig. 5 Twin coil motor high-speed driving principle.

に通電し、約 135 度まで回転させる。次に Fig. 5(r) に示すように両側のコイルに通電し、約 270 度まで回転させる。最後に Fig. 5(s) に示すように Fig. 5(r) とは異なる通電極性にして両側のコイルに通電し、360 度まで回転させて一気に指針を 2 ステップ回転させている。この一連の流れを繰り返すことで指針を所定位置まで高速運針させている。

また Fig. 5 の回転方法は所定位置に回転するまで運針ステップ毎に時間的な間隔は無い。そのため高速回転かつ正転、逆転ともに見た目が滑らかな指針の回転になる。

なお指針を所定位置まで回転させるにあたって、Fig. 6(a) のように回転後の磁石の磁極が回転前と同じ状態になる場合は Fig. 5 の回転原理通りであるが、Fig. 6(b) のように回転後の磁石の磁極が回転前と反転した状態になる場合、例えば 3, 5, 7, … ステップといった奇数ステップで回転を終了させたい場合は、最後のステップのみを Fig. 5(s) ではなく、Fig. 5(q) で終了させればよい。Fig. 5(q) の状態でコイルへの通電を切れば、磁石は停止位置である 180 度まで回転し静止する。即ち、所定位置までの回転ステップ数が偶数あるいは奇数で終わるかに基づいて回転方法が切り替わる。

また本方法は Fig. 5(q) の期間において通電していない側のコイルで回転状態を検出しながら、基本的に回転と判断されるまでコイルに通電し続けることを行っている。これについて Fig. 7, Fig. 8 に基づいて詳述する。

Fig. 7 は回路から各コイル端子に出力される電圧パルス波形図である。Fig. 7 の O1 から O4 は Fig. 3 の電極 O1 から O4 にそれぞれ対応している。また Fig. 7 に示す期間 q が Fig. 5(q), 期間 r が Fig. 5(r), 期間 s が Fig. 5(s) の状態にそれぞれ対応している。Fig. 8 は Fig. 7 に示す期間 q の高速運針中の駆動制御の一例を示している。

期間 q においては O1O2 端子側のコイルは駆動に関与していないため、駆動回路から切り離して磁石の回転角検出に利用することができる。Fig. 8 の Coil は、O3O4 端子間に流した駆動電流による電圧と、磁石の回転による誘起電圧との和である。それをサンプリングした結果を Fig. 7 および Fig. 8 の O2 の縦線で示す⁷⁾。O3O4 端子側のコイルの通電によって生じた誘起電圧よりも磁石回転によって生じた誘起電圧が大き

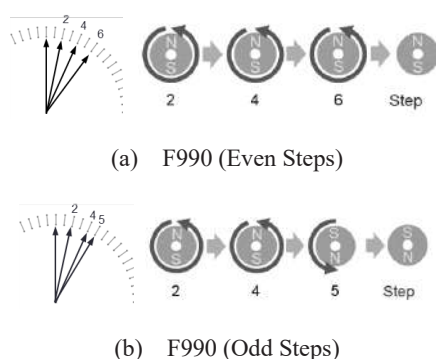


Fig. 6 Rotation method of magnet.

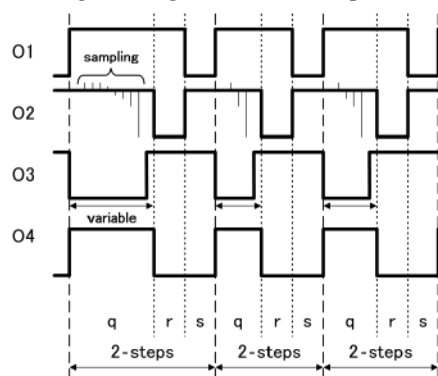


Fig. 7 Pulse waveform.

くなると、Fig. 8 の x 部で示すように波形がゼロクロスする。波形がゼロクロスしたタイミングは磁石が約 135 度回転したタイミングに相当することがわかっている。

O2 端子の電圧サンプリングによって誘起電圧のゼロクロス点を検出すると回転と判定され、O3 端子のパルス出力によるコイル通電を打ち切り、即時に次の期間 r のパルス

が出力されるようになっている。電池電圧が低下した時や回転開始時のようにモータが回転しづらい状態であれば Fig. 8(a)のように期間 q は長くなり、反対にモータが回転しやすい状態であれば、Fig. 8(b)のように期間 q は短くなる。そのため回転しやすさに応じてスピードが可変する。期間 q は高速回転中の回転を常に安定させる役割を担っている。

よって高速回転の定常状態では、Fig. 8(b)に示した期間 q の時間幅は短くなり、ロータは減速せず角運動量を保持したまま次の回転ステップに移行できるため無駄な時間は少なく高速運針化の効果があることはもちろんのこと、消費電流低減の効果もある。

4. 最後に

本稿で述べたツインコイルモータ高速運針システムがもたらす効果を述べる。

- ① 指針の移動・修正時間が大幅に減り、時差修正などの操作完了までの待ち時間が軽減される。
- ② 1つのモータで複数の指針を回せるようになり、時計の小型・薄型化が可能となる。

本方法は追加部品を使用することなく、駆動回路の変更だけで 400 Steps/s の高速運針を実現できた。様々な時計に搭載しやすいシステムである。

参考文献

- 1) https://citizen.jp/news/2018/20180322_7.html
- 2) <https://citizen.jp/news/2015/20150610.html>
- 3) <https://citizen.jp/news/2014/20140716-2.html>
- 4) 特公平 2-16679
- 5) 特開 2019-82491 (図2)
- 6) 特開 2016-170019 (図1, 段落0016)
- 7) 特公昭 62-62307 (第6図)

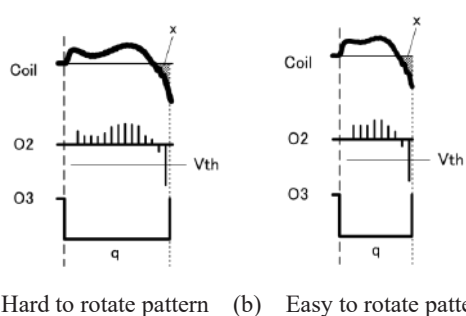


Fig. 8 Behavior in period 'q'.

技術報告

新電子りゅうず搭載の薄型スマートフォンリンク ソーラーアナログ時計の開発

國見遼一, 内林沙衣, 鈴木純一郎, 橘田典幸, 水口元尊
カシオ計算機株式会社時計事業部モジュール開発部, 東京都羽村市栄町 3-2-1, 〒205-8555
(2020 年 3 月 19 日受付, 2020 年 4 月 28 日再受付, 2020 年 4 月 29 日採録)

Development of the Thin Analog Watch with Smart Phone Link, Tough Solar Powered, and with New Electronic Crown

Ryoichi KUNIMI, Sae UCHIBAYASI, Jyunichiro SUZUKI,
Noriyuki KITTA, and Mototaka MINAKUCHI
Casio Computer Co., Ltd., 3-2-1, Sakaecho, Hamura-shi, Tokyo 205-8555, Japan
(Received March 19, 2020, Revised April 28, 2020, Accepted April 29, 2020)

ABSTRACT

In a multifunction timepiece, the size of a product generally increases with an increase in functions. On the other hand, there is also a certain demand for smaller and thinner products. Therefore, this time, focusing on miniaturization of wristwatches, we have developed an analog watch equipped with Bluetooth® communication function and radio wave solar function that are both thin and functional.

1. はじめに

カシオ計算機では Elegance, Technology をコンセプトに, グローバルな時代で活躍するビジネスマンに向けたブランドとして「オシアナス」を製品化してきた。

今回, Bluetooth®通信機能と電波ソーラー機能を搭載したアナログ時計「オシアナス」として, ケース厚 9.5 mm を達成する製品 OCW-S5000 (Fig. 1) を開発した。その技術概要について述べる。

2. 開発のポイント

今回の開発に当たり製品としてのストレスフリーな時刻表示や機能性を満たしつつ, 製品厚を 10 mm 以下とすることを目標とした。この目標サイズを達成するために, 大きく以下の 3 つの項目に焦点を当て技術開発を行った。

- ・薄型りゅうず構造
- ・モジュール部品薄型化
- ・片面高密度実装基板



Fig. 1 OCW-S5000-1AJF.

3. 薄型りゅうず構造

まずは従来までのりゅうず構造について説明する。従来のりゅうず構造は、2本の垂直に立ち上がったスイッチ端子がりゅうずの回転とともに移動し、基板端面のパッドに接触することで回転を検出していた。りゅうずの回転方向によりスイッチ端子の動く方向も異なるので、スイッチ端子が基板端面に2つあるパッドのどちらと接触したかで、りゅうずの回転方向を判断している。端子と基板の端面を接触させる構造のため、基板裏面への端子の飛び出しが必須となってしまう。(Fig. 2)

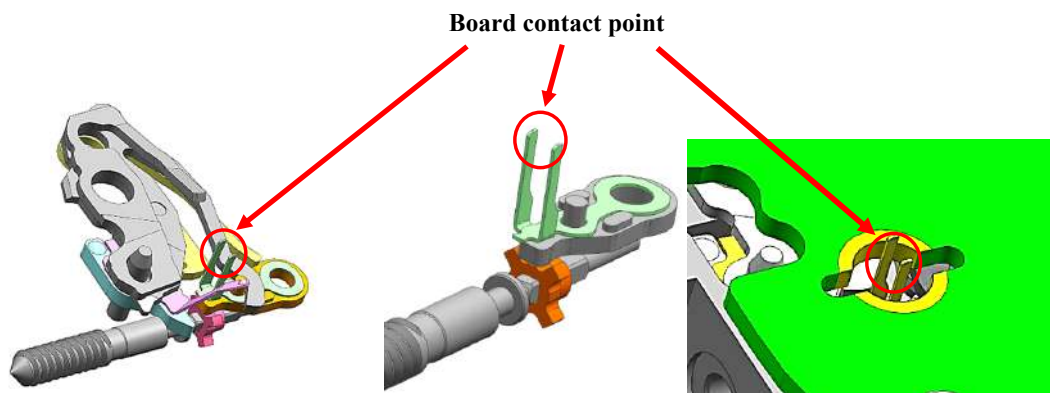


Fig. 2 Conventional shape crown.
Crown part appearance / Contact details / Board mounted state

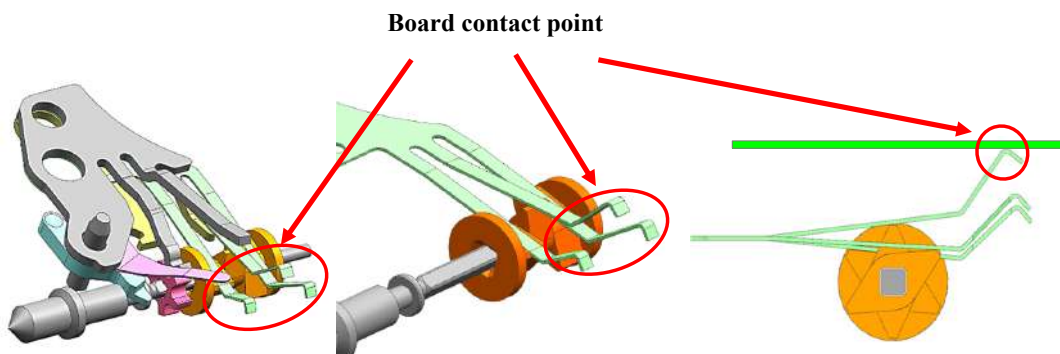


Fig. 3 Thin shape crown.
Crown part appearance / Contact details / Board mounted state

本機種である「OCW-S5000」では端子の形状を大きく変え、凸形状を付けたドラム型の部品の上に3本のスイッチ端子が乗っているような構造となっている。りゅうずが回転するとドラムの凸形状に沿ってスイッチ端子が上下する。端子がドラムにより持ち上がると、基板の表面でパッドと接触し回転を検出することができる。今回の構造では、ドラム型部品についている凸形状の角度が3本のスイッチ端子それぞれで異なるように配置されている。この角度の違いにより、りゅう

うずの回転方向によって 3 本ある端子の持ち上がる順番が異なり、基板のパッドとの接触順序も異なるようになっている。この接触順序のパターンの違いにより、りゅうずの回転方向を判断することが出来る。(Fig. 3)

また、基板と端子との接触部が基板裏面まで飛び出していた従来の構造では、飛び出している端子の部分を考慮して部品を構成する必要があった。そのため、製品厚にも端子の影響が避けられなかった。しかし、薄型りゅうずは基板表面のみでの接触で良く、厚み方向の部品点数も削減したため、巻真中心からりゅうず構成部品最上部まで 0.95 mm の薄型化を実現した。(Fig. 4)

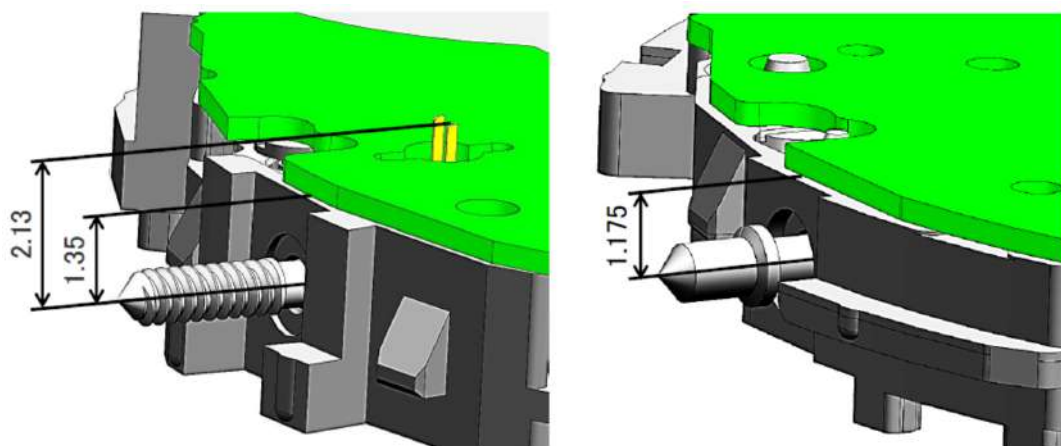


Fig. 4 Thickness from center of stem.
Conventional model / This model

4. モジュール部品薄型化

日付表示部品である日車は、従来プラスチックの射出成形により作製していた。射出成形では樹脂の流動性の都合により、作製可能な部品厚には制限がある。そのため、日車の厚さにも制限があり文字板側のモジュールの厚さの要因の一つとなっていた。「OCW-S5000」では、射出成形ではなく PET シートの材料をプレスにより打ち抜いて日車を作製することで、機能性を落とさずに 0.35 mm から 0.10 mm への薄型化に成功した。(Fig. 5)

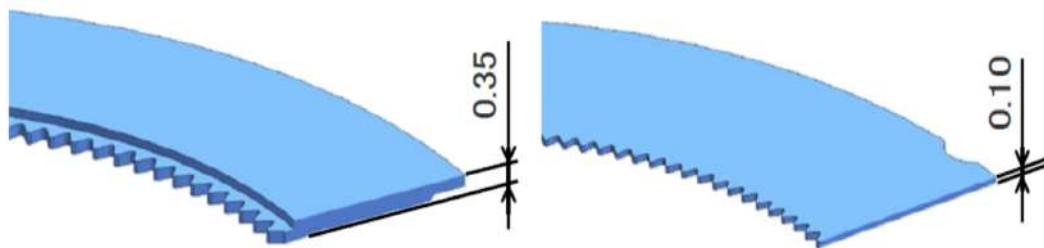


Fig. 5 Cross section of date indicator.
Conventional shape / PET sheet shape

また、日車には日車押さえと呼ばれる保持部品も必要不可欠である。本機種においては日車の薄型化に併せて、従来射出成形により作製していた日車押さえも金属のプレスにより作製することにより文字板側の厚みを 0.25 mm 削減することができた。(Fig. 6)

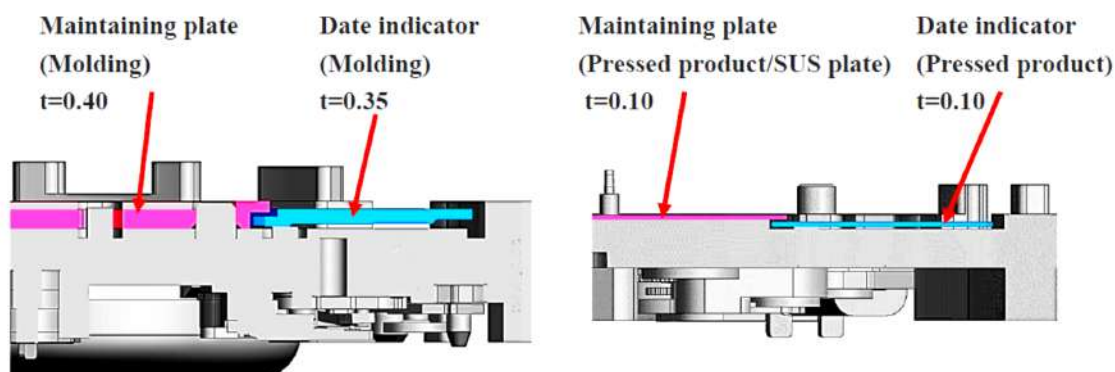


Fig. 6 Dial side configuration.
Conventional model / This model

5. 片面高密度実装基板

クォーツ時計では高機能・ハイスpekク化するほど多くの電子部品・デバイスが必要とする。しかし、基板上の電子部品の点数・サイズ・配置は製品厚に大きく影響し、特に基板裏面側に配置する場合には製品厚の増加に直結する。(Fig. 7)



Fig. 7 Module thickness difference image in the component mounting.
presence / absence of the back surface of the substrate.
Presence / Absence

電子部品による製品厚への影響を減らすために、「OCW-S5000」では Bluetooth システムを一新した。RF-IC のマッチング回路や、フィルター回路、デカップリングコンデンサーを統合した IC

チップにより、周辺に配置が必要な部品点数を従来の半分に削減した。アンテナを除いた部品の総面積で比較すると約 57%の省スペース化となる。

また、従来構造に比べ、本モデルのりゅうず構造では部品点数を削減しており、りゅうず部全体での実装面積を約 19%小型化した。(Fig. 8)

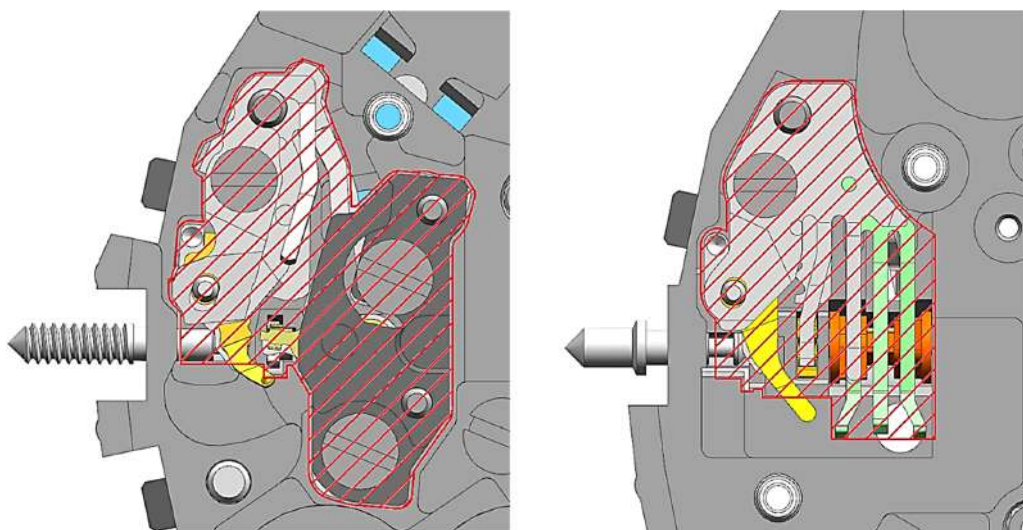


Fig. 8 Crown parts range.
Conventional shape / This model shape

以上 2 点により、使用する部品点数を減らしつつ基板の表面に部品を実装することの出来るスペースを確保した。Bluetooth®通信機能と電波ソーラー機能搭載でありながら、基板の片面のみでの部品搭載を可能とし(Fig.9)、同機能を持つ従来品に比べてモジュール厚を 0.7 mm 削減した。

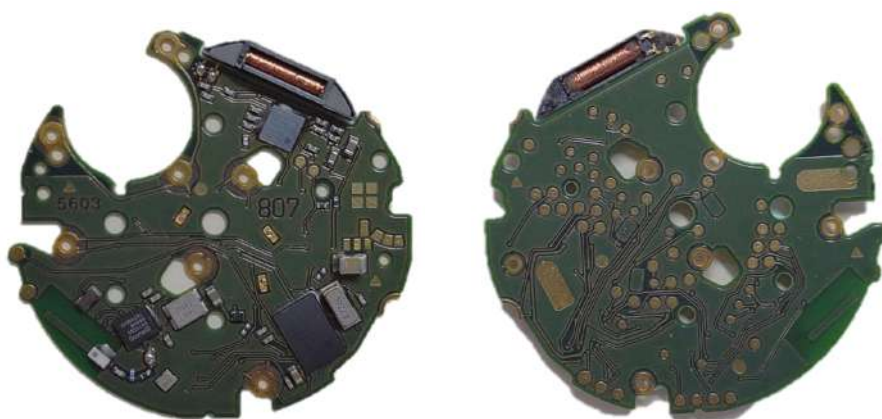


Fig. 9 OCW-S5000 single-sided mounting board.

6. まとめ

この様にリゅうず構造を含め小型薄型化を実現ための様々な技術を結集することにより、この薄型 Bluetooth 通信機能搭載ソーラーアナログ時計を上市する事が出来た。今後もお客様の要望にかなう商品の開発を行っていく。

7. おわりに

更に小型化、薄型化に向けた技術開発を進めていき、様々なユーザーに合わせたウォッチの利用シーンの拡大を目指していきたいと考えている。

技術報告

GPS ソーラーウォッチにおける小型化・使用感向上技術の開発

秋山 利一, 木下 英治, 尾沼 篤

セイコーエプソン株式会社 WP 開発設計部, 長野県塩尻市塩尻町 390, 〒399-0796

(2020 年 3 月 19 日受付, 2020 年 4 月 24 日再受付, 2020 年 5 月 4 日採録)

Development of Down-Sizing and Usability-Improvement Technology in GPS Solar Watch

Toshikazu AKIYAMA, Eiji KINOSHITA, and Atsushi ONUMA

SEIKO EPSON CORPORATION, 390, Shiojiri-machi, Shiojiri-shi, Nagano-ken 399-0796, Japan

(Received March 19, 2020, Revised April 24, 2020, Accepted May 4, 2020)

ABSTRACT

We developed the GPS solar watch Astron (Cal. 7X) in 2012, inheriting the name of the quartz watch "Astron". On going quest for the power reduction, down-sizing, and usability-improvement, the second generation GPS solar Astron (Cal. 8X) and the third generation (Cal. 5X) were developed. Cal. 5X achieved the size and usability for a long-time use. In this report, we explain the following three feature technology developed in Cal. 5X: (1) power reduction and receiving performance improvement of GPS-IC, (2) size reduction technology, and (3) improvement of automatic GPS time synchronization.

1. はじめに

地球上のどこにいてもボタン操作ひとつで、いつでも現在地の正確な「時」を手にすることができる GPS ソーラーウォッチ・アストロンは、2012 年に第一世代(Cal. 7X)¹⁾が開発され、2014 年に第二世代(Cal. 8X)²⁾、2018 年に第三世代(Cal. 5X53, 以下 5X)が開発され進化を遂げてきた。

第三世代(5X)はサイズだけではなくデザイン面での進化に注力し、8X と比較して外径は縮めているが、文字板の見切り径は広げ、高い視認性を実現した。また、見返し高さを薄くしているが、アストロンの特長である立体的な造形を踏襲している。5X を実現するにあたり、特に大きな開発項目は次の 3 つであり、以下にその概要を説明する。

① GPS-IC の低パワー化と受信性能強化



Fig. 1 SEIKO ASTRON Cal. 5X53.

- ② 小型化の追求
- ③ 自動受信成功率向上

2. GPS-IC の低パワー化と受信性能強化

5X における GPS-IC は第三世代となり，プロセスルール微細化や回路最適化という基本的な省電力化に加え，GPS 電波受信時の新しい信号処理アルゴリズムの開発により，第一世代 7X の GPS-IC と比較して約 1/4 の消費電力に低減させた．また衛星から送信される信号を探すサーチ能力（単位時間当たりに探すことができる衛星数）も 8X 比で約 1.5 倍に向上させており，時刻取得時間が 8X では 6 秒であったが 5X では最短 3 秒へ短縮するなど高感度化も実現している．Fig. 2 に各キャリバーに搭載されている GPS-IC の消費電力比とサーチ能力を 8X を基準として示す．

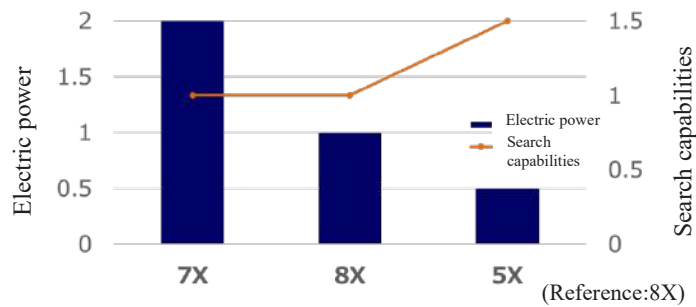


Fig. 2 Comparison of electric power and search capability in caliber 7X, 8X, and 5X.

ここで前述している省電力化を実現するための信号処理アルゴリズムについてもう少し詳細に説明する．GPS を用いた時刻修正，位置取得を行うためには，GPS 衛星から送信されている信号を探して見つけ，その見つけた信号を安定的に受信し続け信号から情報を取得する必要がある．ここで信号を見つめる処理を「サーチ」，見つけた信号を安定的に受信し続ける処理を「トラッキング」と呼ぶ．

まず，「サーチ」に対する低パワーアルゴリズム開発について述べる．一般的に信号を効率よく探すことを考えた場合，受信信号レベルが大きい信号から探していく．これは弱い信号になればなるほど，信号を探索する時間が長くなり，ひいては受信時間が長くなることを意味する．

8X では信号レベルを大・中・小の 3 段階に分けて，大きい信号レベルから小さいレベルへと段階的に信号を探していた．それに対して 5X では，信号レベルの分割を（大・中）と小の 2 段階とし，探索ステップを簡略化した (Fig. 3)．

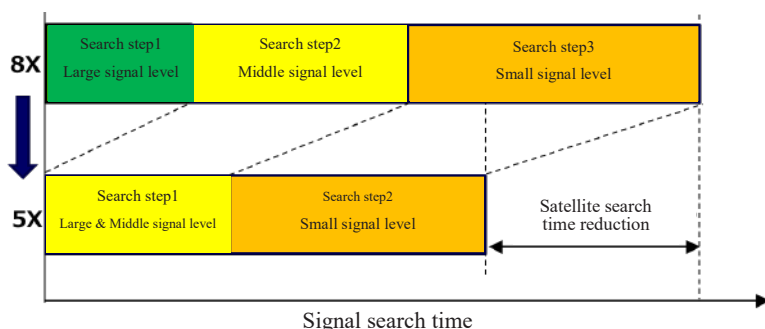


Fig. 3 Satellite search algorithm and search time reduction.

5X は 8X 比で約 1.5 倍というサーチ能力を生かして、8X より弱い信号レベル(Search step2)から「サーチ」を開始しながらも、「サーチ」全体の時間短縮をすることで低パワー化を実現している。

次に「トラッキング」に関する低パワーアルゴリズムについて述べる。「トラッキング」は「サーチ」によって見つけられた信号を連続的かつ安定的に受信し続ける処理である。この処理により衛星から送信されている情報を取得することで、時刻受信や現在位置取得を行う。5X では「トラッキング」に必要な能力(単位時間当たりに信号を探し出す処理が動作する時間)を、受信信号状態によって最適化している。トラッキング能力を大きくすると、弱い受信信号を捕捉できる代わりに消費電力が増加する。Fig. 4 に示すように受信信号レベルによって、トラッキング能力を可変しながら処理を行う。すなわち、受信信号レベルが小さい程トラッキング能力を大きくし、逆に受信信号レベルが大きい程、トラッキング能力を小さくしている。このように最適な能力で「トラッキング」を行うことで、低パワー化を実現した。

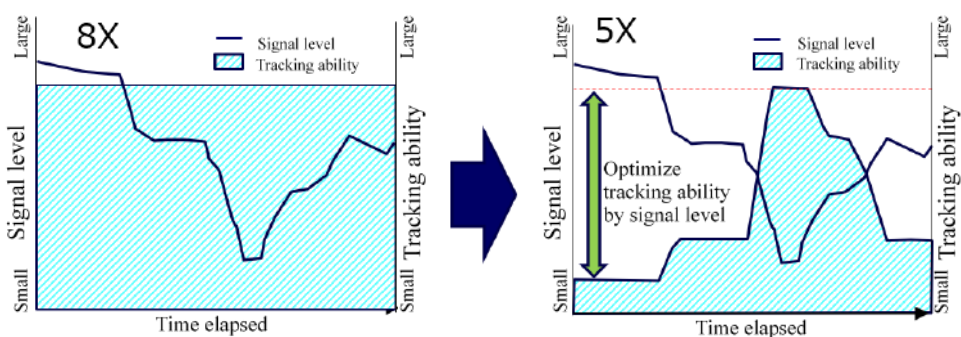


Fig. 4 Optimize tracking ability by signal level.

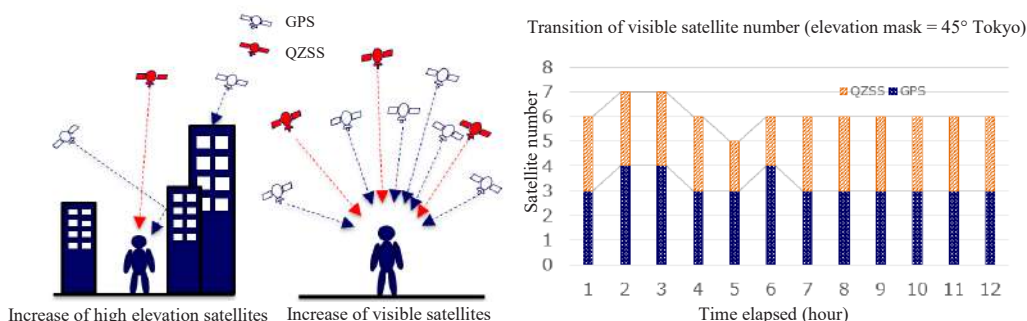


Fig. 5 Effect of 1st – 4th QZSS support.

最後に受信性能強化の観点から、準天頂衛星システム(QZSS)「みちびき」の受信を、8X では1機のみ対応としていたが 5X では全 4 機対応とした。「みちびき」は日本初の GPS 互換な衛星測位システムであり、アジア、オセアニア地域もカバーする。高仰角に長時間位置し、高層ビルなど障害物による影響が少ない「みちびき」を受信することで、受信する衛星数が増加し受信性能が強化された。Fig. 5 ではビル街を想定した時間経過に対する受信衛星数変化を示している。GPS のみと比較して平均的に 2 個以上多くの衛星が受信可能な可視条件であることがわかる。

3. 小型化の追求

5X では GPS-IC の高感度化に伴い、従来ベゼル下に配置されていた高性能のリングアンテナが必須ではなくなった。そこで、さらなる小型化を追求し、アンテナを小型化しムーブメント内部に内蔵することで、8X から体積を約 15%削減した。コンプ外径を約 3 mm 狭くして小型化する一方、見切り径を 2.3 mm 拡げ、視認性を向上させた。Fig. 6 は 8X と 5X の断面図比較を示す。

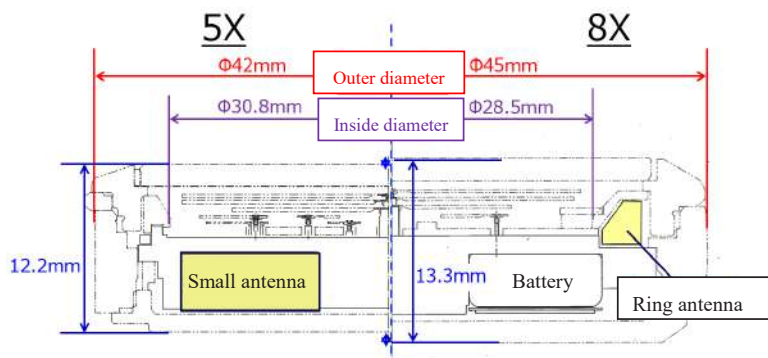


Fig. 6 A cross-sectional view of 5X and 8X.

更に厚みを薄くするために、アンテナの保護構造を工夫した。Fig. 7 にアンテナ周辺拡大図を示す。アンテナ上部に段差を設け地板に当てるようにすることで、落下衝撃の耐久性を確保すると共に、アンテナの受信面をできるだけ GPS 電波が入ってくる文字板側へ近付けた。

また、アンテナは内部の誘電体の体積が大きい程、受信性能が向上する。回路基板とアンテナをフレキシブル基板で接続することにより、アンテナが回路基板の下に飛び出しても問題がない構造にした。これにより、アンテナの厚みをできる限り厚くし、アンテナの体積を大きくすることができ、薄型化と受信性の両立化を図った。

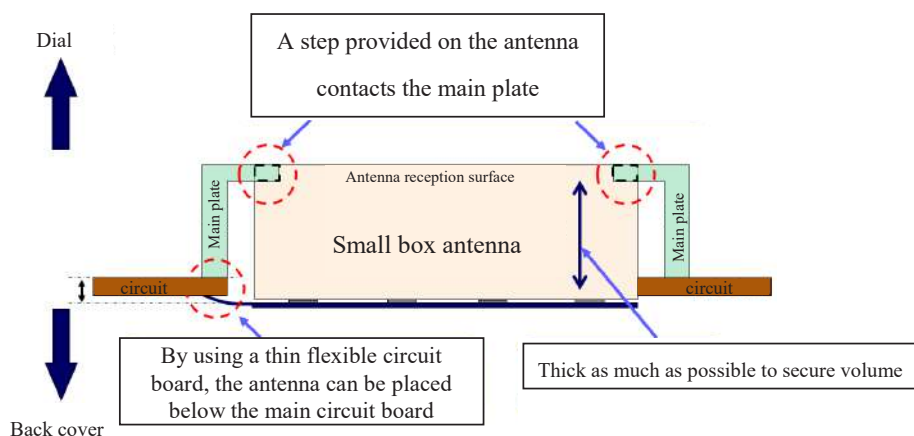


Fig. 7 Antenna structure.

8X では操作性を向上させるために電子式りゅうずを搭載し、直感的な操作が可能となったが、さらなる小型化をするにあたり課題があった。それは、りゅうず径により、入力信号のパルス形状が異なる点である。りゅうず径が小さくなる程、回転速度が速くなり、接点と接する期間が短くなるため、パルス幅が狭くなる傾向がある。Fig. 8 にりゅうず径とパルス幅の関係を示す。

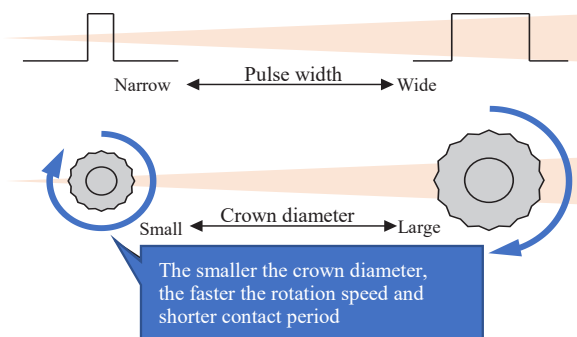


Fig. 8 Relationship between crown diameter and pulse width.

8X では入力信号のパルス判定をソフトウェアで行っていた為、8X より小さいりゅうずを搭載した場合、何かの動作中にりゅうずの回転操作があると信号判定を処理しきれず、安定動作できないリスクがあった。

そこで、5X では電子式りゅうずを判定する専用回路を搭載し、入力信号判定をソフトウェアからハードウェアへ移行することで、パルス幅が狭い信号でも漏らさず確実に検知できるようになった。その結果、デザインバランスの取れたりゅうず径を採用することができた。

4. 自動受信成功率向上

GPS 電波を受信する可能性が高い屋外を検知すると、自動受信を開始し取得した情報から時刻を修正することで、ユーザーが気付かないうちにいつでも正確なウオッチを実現する自動受信開始機能「スマートセンサー」を第一世代 7X から搭載している。本ウオッチが屋外にあることを検知して自動受信を開始するため、「スマートセンサー」は2種類のトリガーを備えている。一つは太陽光を検出した時に受信を行う「光検出受信」、もう一つはユーザーのボタン操作による受信で成功した時刻を記憶しその時刻に受信を行う「定時受信」である。

「光検出受信」はこれまで太陽光の照射を検出すると受信を即実施していたが、特定の条件では受信に失敗するケースがあることがわかってきた。Fig. 9 のような集合住宅の場合、玄関を出ると太陽光が時計に当たり、「光検出受信」が開始される。しかし、その後に住宅施設外に出るため階段やエレベーター等を使うことで、GPS 電波が遮断され受信に失敗してしまうケースである。

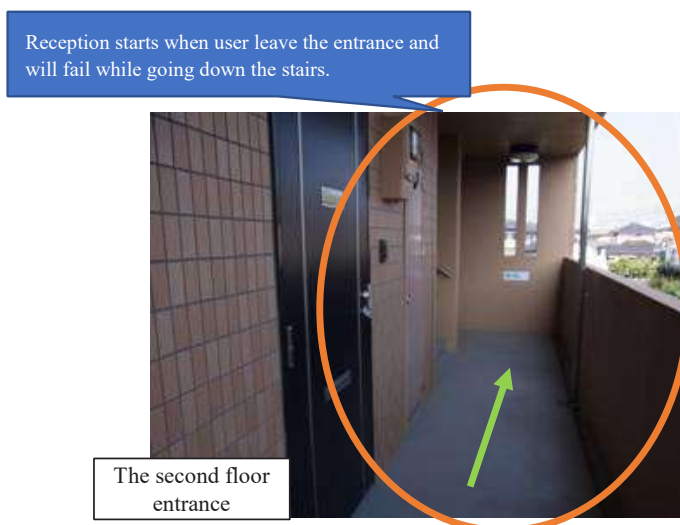


Fig. 9 Situations where light detection reception is likely to fail.

そこで、「光検出受信」は太陽光を複数回検出したら受信を開始するよう変更し、ユーザーの「光検出受信」の受信結果に応じて検出回数を適切に調整するようにした。「光検出受信」で受信を失敗したら、屋内と屋外を行ったりきたりしている状態であると判断し、光検出を行う回数を増加させる。次の受信の際には太陽光の照射が一定時間ないと受信が開始されなくなり、安定して屋外にいる状態のときのみ受信が行われる。

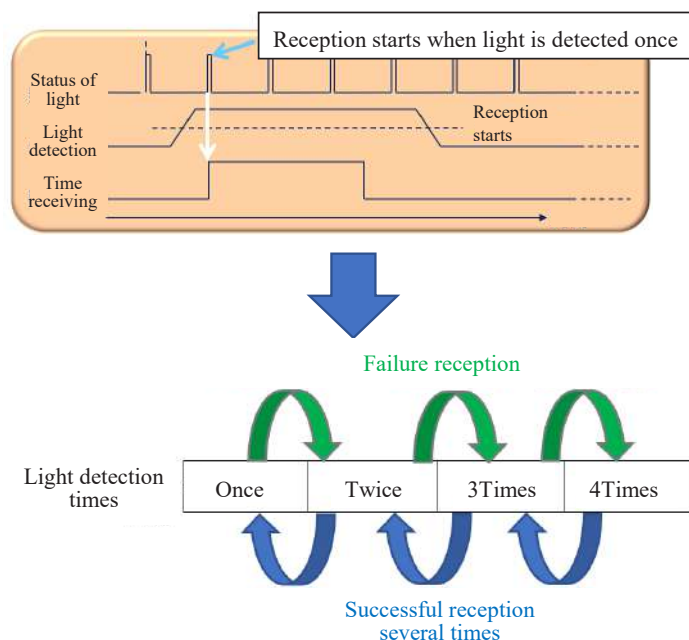


Fig. 10 Change of Light detection reception algorithm.

連続して「光検出受信」に成功する場合は、過去の受信失敗は一時的なものと判断し、検出回数を減らして受信を試行してみることで、屋外での安定受信と反応性の良さを両立するユーザーに応じた最適値になるよう調整を行う。結果として、ユーザーが屋外で活動する際に受信を行うため、GPS 電波を安定して受信する確実性が増した。

また、「定時受信」は、ユーザーが普段屋外にいる時刻(例 通勤途中の時刻)を設定していると、真冬等の袖口に隠れて太陽光が全く当たらない条件下では、時刻精度の維持に絶大な効果を発揮する。しかし、ユーザーが設定し易いようにボタン操作による受信での成功時刻を「定時受信」の時刻としているため、屋外にいない時刻に受信操作がされ、必ずしもユーザーにとって、適切な時刻に設定されないリスクもあると考えていた。8X までは持続性能から自動受信は 1 日 1 回との制約もあり、「光検出受信」と比較して「定時受信」の優先度を下げている。具体的には、受信日に太陽光が当たらず、「光検出受信」が全く行われず翌日になったところで、「定時受信」

を有効にしていた。5X では GPS-IC の低パワー化に伴い、持続性能を大幅に改善したため、1 日に 2 回の自動受信が可能となった。そこで、「光検出受信」と「定時受信」の実施優先度を同一とし、早く条件が合致した受信を同日に行い受信頻度を増やした(Fig. 11)。受信回数が増加することで、情報を取得する機会が増え受信成功率の向上を狙った。

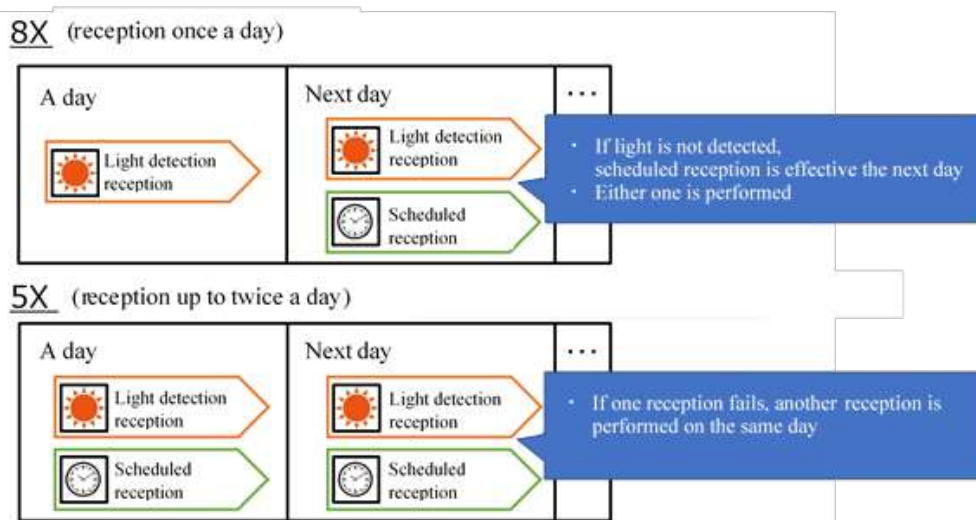


Fig. 11 Change of auto reception algorithm.

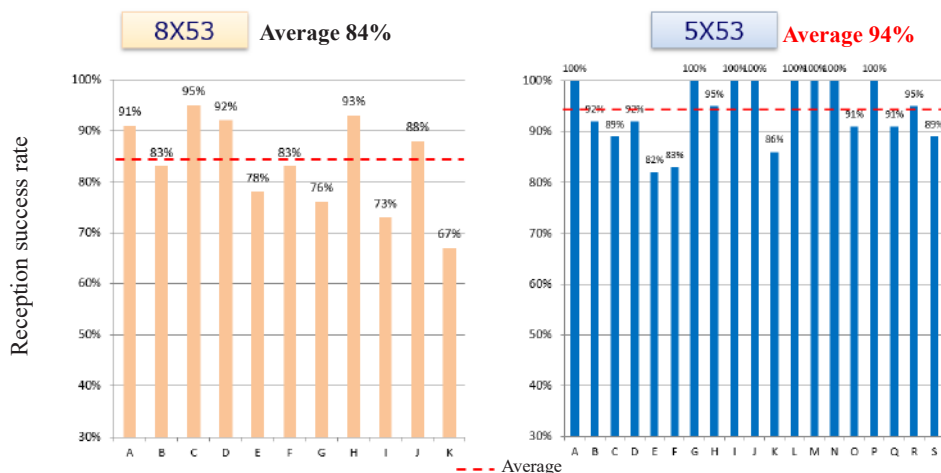


Fig. 12 Reception success rate comparison.

Fig. 12 は弊社における携帯試験の自動受信成功率をグラフ化したものである。横軸が携帯者、縦軸が受信成功率を示す。また、このグラフは腕が露出し太陽光がウオッチに照射され「光検出受信」が主に動作する夏と、防寒着等の袖口にウオッチが隠れ「定時受信」が主に動作する冬の結果を合計したものである。各々の機種開発時に評価したものであるため、実施年および実施人数が異なっているが、自動受信アルゴリズムの 2 点の改善により、自動受信成功率が 8X と比較して約 10%向上し、使い勝手を改善した。

5. まとめ

5X は「GPS-IC の低パワー化と受信性能強化」「小型化の追求」「自動受信成功率向上」の技術の開発により、世界最小最薄サイズでありながら視認性を向上しつつ使い勝手も改善し、第三世代 GPS ソーラーウオッチとして進化させることができた。

今後はさらに小型化を追求して、新たな GPS ソーラーウオッチの可能性を探求していきたい。

6. 参考文献

- 1) 本田克行, 柳澤利昭 : GPS ソーラーウオッチの開発, マイクロメカトロニクス, Vol. 58, No. 210, pp. 1-6 (2014).
- 2) 三谷敏寛, 田村修一, 馬場教充 : GPS ソーラーウオッチにおける小型化・薄型化技術の開発, マイクロメカトロニクス, Vol. 60, No. 214, pp. 21-26 (2016).

特集

時計の外装技術*

木村 南**

1. 緒 言

時計の外装は潜水艇よりも高い強度と耐食性, 航空宇宙機並みの軽量性, そして美術工芸品としての優れた美観が必要とされるほとんど唯一無二の工業製品である。ここではマイクロメカトロニクス誌に掲載された外装についての研究論文, 技術報告^{1)~7)}をまとめるとともに外装材料, 加工技術, 新素材・新加工技術への挑戦について解説する。ムーブメントの保護と付加価値を与える時計の外装技術の特集号の意義は大きいと考える。

本号には青木貴裕氏によりダイバー時計の防水構造, 清野和浩氏による PVD による表面処理, さらに横山正尚氏による発光クロックの外装技術が述べられており時計の外装について理解が深められることを期待する。

2. 腕時計の外装構造

2.1 外装構造と主要部品

図 1 に須田⁸⁾の主要外装部品構造図をベースに外装構造と部品名称を示した。アナログ時計ではガラス, ケースセンター, 文字板, 針, 裏ぶた, りゅうず, ばね棒, バンドが最低限の構成部品である。

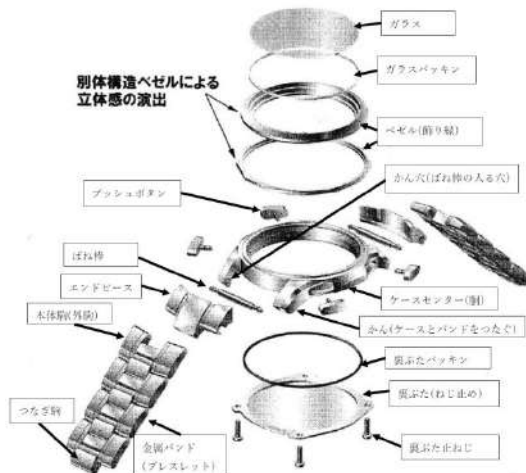


図 1 外装構造と部品名称 (須田誠⁸⁾電波ソーラー時計主要外装部品構造図をベースに作成)

2.2 外装部品の特徴と課題

表 1 に部品名称と特徴・課題をまとめた。時計外装部品の特徴としては①錆びないこと②切削性・研磨性があること③硬く・耐久性があることが三大要求事項である。自動車などの輸送機器や電子機器筐体などのように低コストはあまり要求されていない。むしろ手間をかけても付加価値が上がることになる。

表 1 外装部品の特徴と課題

部品名	特徴・課題
ガラス(風防)	傷つきにくい・割れにくい・歪みがない
パッキン	防水性・ガス発生が少ないこと
ベゼル	鏡面性・硬い
ケースセンター	鏡面性・強度・耐食性(表面処理)・切削性
文字板	視認性・耐食性・対候性・耐硫化ガス性
時計・分針・秒針	高比弾性率・硬さ・切削性・研磨性
ボタン	耐久性・耐摩耗性・研磨性
りゅうず	切削性・鍛造性
金属バンド	耐食性・研磨性・切削性・塑性加工性
ばね棒	耐久性・耐食性(錆びると外せない)
エンドピース	研磨性・切削性・寸法精度(かん幅)
本体駒	研磨性・切削性・連結穴強度
つなぎ駒	研磨性
裏ぶた	耐食性・強度・縦弾性係数・導電性
裏ぶた止めねじ	耐食性(チタン合金)・強度

2.3 ケースの冷間鍛造工程

図 2 にステンレス鋼ケースの冷間鍛造工程を示した。荒打ち・中打ち・仕打ちの 3 つの金型セットを用い各工程毎に無酸化炉で溶体化処理(1100℃→急冷)が必要となる。ケースに用いられるオーステナイト系ステンレス(Fe-18%Cr-8%Ni)は図 3 に示すような加工硬化⁹⁾を生じやすく, 溶体化処理せずに鍛造すると金型が破損する危

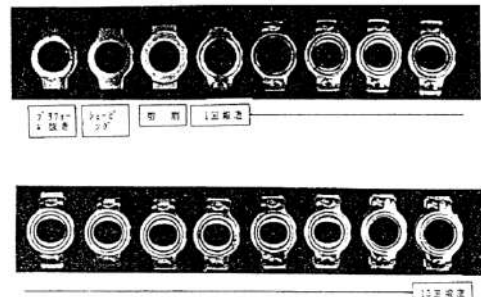


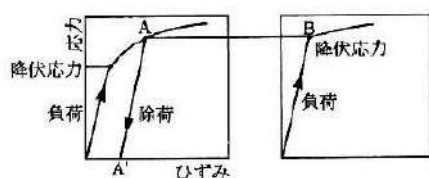
図 2 ステンレスケースの冷間鍛造工程⁴⁾

* 原稿受付 2020 年 5 月 22 日

** 神奈川工科大学

険がある。図3に示した冷間加工(室温での加工:厳密に言えば再結晶温度以下)において、一回目の負荷で応力Aのところまで加工して除荷するとA'に戻る。このA'から負荷をかけると2回目の負荷では降伏応力がBとなる。この降伏応力の増加を加工硬化と呼ぶ。オーステナイト系ステンレス鋼ではこの加工硬化が極めて大きい。加工硬化の要因は転位の増加である。転位の増加を無くするために再結晶温度以上の1100℃まで加熱し転位を無くすることができる。溶体化処理後はまた一回目の負荷と同じように加工できる。

またひずみはAよりもA'の方が小さい。これがスプリングバックと呼ばれる現象で加工後に形状が戻り金型の寸法通りには加工品寸法が得られない。そのため金型作りが難しい。腕時計のケースのために板厚5mm～15mmで厚板と呼ばれている。ステンレス厚板の冷間鍛造を行うのは時計業界だけである。



(a) 一回目の負荷と除荷 (b) 二回目の負荷

図3 冷間加工における応力-ひずみ線図の変化⁸⁾

2.4 製造工程管理項目

製造工場・作業現場の管理については5S運動もあり成果を上げているが、多岐にわたる外装製造工程では、土間に設置されたプレス機、装置搬入後の増改築などいろいろな作業環境を体験した。表2は時計外装の生産工程における管理と改良・課題についてまとめた。

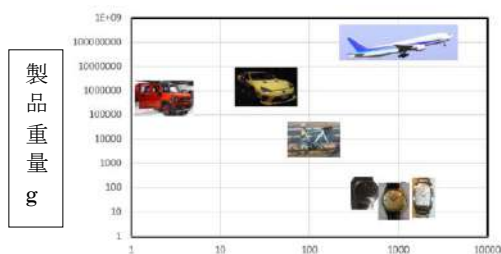
表2 時計外装の生産工程における管理と改良点・課題

工程	項目	通常	改良・課題
鍛造	潤滑油 洗浄	ノンフロン	お湯利用で環境負荷低減
鍛造	ブランク管理	通い箱、かご	新聞紙利用で腐食原因
金型	型管理	バーコード	RFID
切削	潤滑油管理	水溶性推奨	工作機械腐食
切削	チタン切削	極圧添加剤	工作機械腐食
空気圧	圧力管理	定圧運転	休憩・終業
難切削	チタン合金	低ヤング率	スプリングバック大
抜き	チタン合金	抜き勾配増	潤滑物質吟味
CFRP	切削・研磨	○吸引除去 ×吹飛ばし	C繊維による浮遊物・摩耗
熱処理	焼鈍	無酸化炉	脆性・脱亜鉛
研磨	メディア管理	メディア使い分け	銅を研磨したメディア混入
嵌合	カン股	バンドゲージ	メタル・革
色調	色差計管理	限度見本	経年変化

3. 外装材料

3.1 工業材料としての時計外装

腕時計外装材料にはムーブメントの保護(防水・耐衝撃・耐食性・耐紫外線・耐傷性)と美観(鏡面・色調・光沢・肌ざわり・質感)という相反する機能が要求される。そこで製品重量と重量当り単価の関係について、自動車・自転車・航空機という輸送機器と腕時計(チタン合金・黄銅・CFRP文字板)について図4にまとめた。1台2億円以上のハイパースーパーカーでも重量当り単価は100円/gで純銀並であるが、ステンレスケース・バンドで25万円の機械式時計の場合は重量当り単価は2000円/gとなる。重量当り製品価格が付加価値と考え、チタン合金腕時計68000円では重量当り単価が1500円程度でボーイング787(250トン、250億円)の1000円/gよりも高くなる。腕時計でカーボンファイバー文字板が開発されてから31年経過するが、チタン合金やCFRPという先端素材が腕時計に使われるのは付加価値が高い割には製品重量が少なく素材メーカーとしても先行技術の確認としてテストされることも多かった。



重量当り価格[yen/g] (撮影著者)

図4 製品重量[g]と重量当り価格[yen/g](発売当時)の関係

3.2 主な時計外装材料



図5 ケース・ベゼル・バンドにSUS316L使用

時計外装材料として最も一般的なのは、「18-8」ステンレスと呼ばれるオーステナイト系ステンレスである。図5にSUS316Lステンレスをケース・ベゼル・バンドに使用した例を示す。ステンレスは表面に数nmの安

定な Cr_2O_3 皮膜が存在するためにそれ以上の酸化が進行しない。同様にチタンでも TiO_2 の安定な皮膜が酸化の進行を防止している。ちなみにステンレスの上に金めっき処理すると安定な酸化クロム皮膜がなくなり非常にさびやすくなる。ステンレス上の金めっきによる Ni イオンの溶出防止技術も求められる。ポリカーボネートなどがプラスチック外装として用いられるが、香水などに含まれる揮発成分によりクラックが生じることもある。接着剤や防水パッキンから放出される硫化ガスによる文字板の銀めっき(下地処理として一般的に用いられている)が変色する場合がある。時計外装材料は外部に対する性能と時計ケース内での防水・密閉空間における腐食・変色防止も必要となる。時計外装材料の選定時に用いられる人工汗による耐食性テスト以外にも紫外線照射や大気暴露、めっきの耐摩耗性テストなど様々な試験に合格することが求められている。最近海外メーカーがブロンズを腕時計外装材料として用いていわゆる経年劣化による変色をエージングとして楽しむ提案は発想の転換ともいえる。ただしエージングは使用環境により異なり再現性が難しいことについての理解がどの程度得られるかは今後の課題といえる。表3に最近注目される主な外装材料を示した。

表3 最近注目される主な外装材料^{12~14)}

名称	組成	引張強度 [MPa]	硬 さ [MHv]	密 度 [g/cm ³]
ス テ ン レ ス 注 1	Fe-18%Cr-14%Ni	560	190	8.0
ス テ ン レ ス 注 2	Fe-18%Cr-8%Ni	560	190	8.0
純 チ タ ン 注 3	Ti:99.5%以上	340~	160	4.5
チ タ ン 合 金 注 4	Ti-4.5%Al-3%V -2%Fe-2%Mo	980	560	4.5
黄銅注5	Cu-35%Zn	275~	100	8.5
CFRP 注6)	高強度繊維(HT) VF60%	3400		1.8

注1) JIS SUS 316L

注2) JIS SUS304

注3) JIS 2 種 TP340H

注4) JFE スチール SP700

注5) JIS C2680

注6) 塩谷義・先進機械材料・培風館、2002 年。

3.3 CFRP

CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)は直径 $7\mu\text{m}$ の炭素繊維を 60%含むプラスチック材料である。その炭素繊維を低粘度の熱硬化性エポキシ樹脂で接着固化させたものである。炭素繊維そのものは鉄鋼の 10 倍の強度で鉄鋼の 1/5 の密度の夢の材料として説明されている。しかし CFRP の本質は炭素繊維を 60%含むそこそこ強度のあるプラスチック材料である。耐摩耗性に乏しく、埃や砂塵により非常に簡単に傷がついてしまう。著者も 30 年以

上も前から CFRP の光沢面の維持について研究したがガラスコーティングしか使えなかった。引張強度も繊維の配向に依存して繊維方向には強いが繊維に直角方向では強度が 1/10 以下に低下するので引張強度だけで見ると軽量化の有力な手段であるが、縦弾性係数がアルミニウムの 1/3 となり非常にたわみやすいプラスチックである。炭素繊維を含浸させて未硬化状態の物をプリプレグと呼び冷凍庫で保存すれば約 6 か月程度は成形素材として使える。保存期間(ポットライフ)を過ぎたものは通常廃棄される。このようなプリプレグを用いて加熱硬化させて使うものを「ドライカーボン」と呼ばれる。炭素繊維クロスにエポキシを手作業・あるいはポンプ加圧で含浸させる方法を「ウェットカーボン」と呼ばれることがある。炭素繊維の含有率と炭素繊維とエポキシ樹脂の密着性が CFRP の強度に影響し「ドライカーボン」か「ウェットカーボン」による影響は少ない。

表4に時計外装への CFRP の応用例を示した。最初に用いられたのは腕時計文字板でビニンファリーナのデザインで F1 に使われているカーボンファイバーを文字板に使いたいという要望があり著者が CFRP の精密せん断技術を開発し、板厚/穴径比が 2.5 という深穴のせん断に成功した。最小穴径 0.21mm でカーボンファイバーの引張強度が 3GPa と大変高強度であったが、CFRP 板を上下拘束することで無潤滑で打ち抜き、パンチの破断を防いだ。パンチ型材は冷間ダイス鋼 SKD11 で焼き戻し硬さを HRC60 とやや柔らかくしてパンチ寿命を延ばした。

CFRP の穴あけは刃先が鎌形のドリル切削で行われることが一般的であり、パンチによるせん断で穴あけする例は、近年欧州自動車業界で用いられつつある方法になってきた。CFRP の精密せん断加工としては一番初めの事例であった。今でも直径 0.21mm の鎌形ドリルの入手できないことを考えるとプレス抜きはかなりの冒険と思えるかもしれないが、CFRP を上下拘束して打抜き方法は理にかなっている。

表4 時計外装への CFRP の応用例

外観			
カーボン 素材使用 部位	文字板	目録ベゼル、ケース、表ブタ、パンチ	ベゼル
素材	1K 炭素繊維平織プリプレグ (ニモレイヨン1)	3K 炭素繊維平織クロス (ニモレイヨン1)	CFRP(GFRP)
加工方法	精密打ち抜き	シリコニアゴム型成形	精密加圧注成法・射出成形
防外縁 防止	クリア塗装	防外縁防止コーティング	
年度	1989 年~1990 年	2004 年(製作・日本製鋼所工業安 通(清次))	2019 年~
型番	R10001-70 C/S		MTG-B1060000
開発者	市村(前)サリエント設計(株)	市村(前)小林色生 (東京工業大学専攻校)	カンザシ精密機工(株)
参考文献	1)	5)	9)

3.4 時計外装用 CFRP シリコンゴム型成形技術

著者らが開発した CFRP シリコンゴム型成形法で腕時計外装の試作を行った。信越シリコン製 KE-12 で作製した時計外装用 CFRP 成形シリコンゴム型を示した。原型と CFRP 成形品の寸法は $\pm 5 \mu\text{m}$ で成形可能であった。



図6 時計外装用 CFRP 成形シリコンゴム型⁹⁾

シリコンゴム型成形 CFRP 製ケースを図 7 に示した。シリコンゴム型成形では低圧(数 kPa)で 24 時間加圧で硬化させた。



図7 シリコンゴム型成形 CFRP 製ケース⁹⁾

成形時に一気に加圧する方法と徐々に加圧する方法について硬質なテフロン®樹脂型を用いて比較し、走査型電子顕微鏡で撮影した結果を図 8 と図 9 に示した¹⁴⁾。図 8 は一気に 5MPa まで加圧した場合にはエポキシ樹脂の存在がなく炭素繊維しか観察されなかった。一方ステップ加圧で 5MPa まで加圧した図 9 では炭素繊維間にエポキシ樹脂の含侵が観察された。引張強度は前者が 597MPa で後者は 1050MPa であった。徐々に加圧することでエポキシ樹脂が炭素繊維間への含侵が十分に行われ、一気に加圧するとエポキシ樹脂が炭素繊維間へ含侵するのではなくそのまま流出することがわかった。

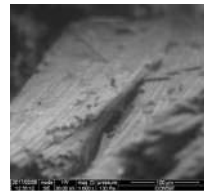


図8 SEM 像¹⁴⁾ $100 \mu\text{m}$
一気加圧 5MPa
引張強度 597MPa

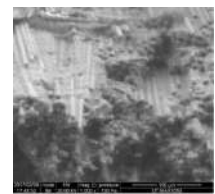


図9 SEM 像¹⁴⁾ $100 \mu\text{m}$
ステップ加圧 5MPa
引張強度 1050MPa

4. 新加工方法の応用

4.1 超塑性の利用

チタン合金、アルミニウム合金、ステンレス、高炭素鋼、ニッケル基超合金など 100 種類以上の合金で数 μm 以下の微細な結晶粒を持つ組織が得られた場合絶対温度で示した融点の 1/2 以上で数百～数千%の巨大な伸びが数 MPa 程度の低応力で得られる現象を微細結晶粒超塑性と呼ばれた。セラミックなどでも超塑性現象が発見されたので、1980 年代には日本で次世代基盤技術開発制度に基づき一大国家プロジェクトとなった。

著者は超塑性 Zn-Al 合金を用いた腕時計文字板を開発した²⁾³⁾。

低応力で巨大な伸びが得られることから図 2 に示すステンレスケースの冷間鍛造のように鍛造だけでも 13 工程必要で、金型も荒打ち型、中打ち型、仕上げ打ち型の 3 型が必要で、さらに焼鈍(溶体化処理)も必要ことから超塑性の利用による金型数の削減・焼鈍工程の削減への期待は大きかった。表 5 に超塑性チタン合金を利用した時計外装例を示した。

表 5 超塑性チタン合金を利用した時計外装例

外観 ^①		
チタン合金使用部位 ^②	ケース ^③	ケース・ベゼル ^④
素材 ^⑤	超塑性チタン合金 ^⑥ SF35(三菱マテリアル) ^⑦	超塑性チタン合金 ^⑧ SF700(JFE スチール) ^⑨
加工方法 ^⑩	超塑性鍛造 ^⑪	熱間鍛造 ^⑫
量産 ^⑬	1991 年 ^⑭	1995 年 ^⑮
型番 ^⑯	QM37-0000 ^⑰	WZ0021UL ^⑱
開発者 ^⑲	阿部昭彦, 深山茂 ^⑳ (セイコー電子工業(株)) ^㉑	木村南(オリेंट時計(株)) ^㉒

しかし材料だけ加熱する熱間鍛造に比べ超塑性鍛造では比較的小さなひずみ速度 $10^{-3}/s$ で行うために金型も高温にする恒温鍛造とし、素材・金型の酸化を防ぐために真空炉もしくはアルゴン雰囲気専用の設備が必要なものも課題であった。阿部ら⁴⁾は図 10 に示す構造の超塑性鍛造装置を開発しその外観を図 11 に示した。チャンバー内に成形前のプリフォームを設置して予熱しておく上下のラム部には過熱を防ぐために水冷装置が設けられている。

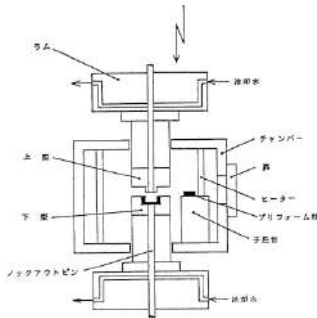


図 10 超塑性鍛造装置の構造⁴⁾

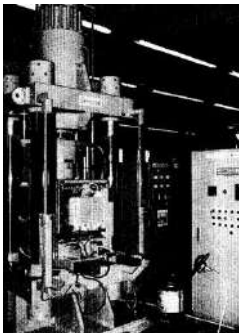


図 11 超塑性鍛造装置(100 トン)⁴⁾

一方著者は図 12 に示した加熱冷却装置、温度制御装置、ダイセットをすべて 30kg 以下で作製し、宅配便で全国どこでも超塑性鍛造できるシステムを開発した⁵⁾。



図 12 汎用ホッピングプレスに取り付けたポータブル超塑性加工装置(金型加熱 Max850℃)⁵⁾

図 13 にポータブル超塑性加工装置で超塑性鍛造した SP700 ブランクとショットピーニング後のケース外観を示した。SP700 は $\alpha + \beta$ 型タン合金であるため硬さを増加させるには β 温度領域に加熱し急冷させてその後の焼き戻しで粗大な β 相内に針状 α 相が分散した図 14 右側の条件が適していると考えられたが、比較のために $\alpha + \beta$ の二相領域から急冷した微細な $\alpha + \beta$ 組織図 14 左側組織を得た。非炭化物系研磨砥粒で研磨したところ図 14 左側の結晶粒径が $1 \sim 2 \mu m$ の微細な $\alpha + \beta$ 組織では鏡面が得られ、右側の粗大な β 相に針状 α 相が分散した場合は硬さが低い β 相と針状 α 相との境目で凹凸が生じるために鏡面にならないことがわかった。



図 13 超塑性鍛造した SP700 ブランク(左)とショットピーニング処理後(右)⁵⁾

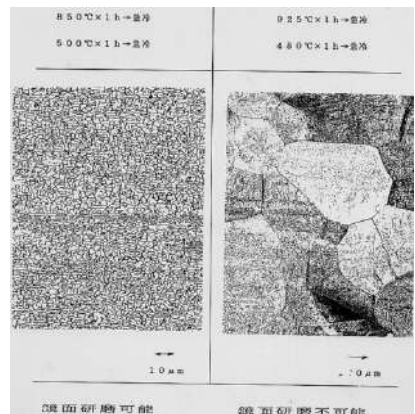


図 14 SP700 の微細組織左:鏡面研磨可能(850℃×1h→急冷 500℃×1h→急冷 右:鏡面研磨不可能 925℃×1h→急冷 480℃×1h→急冷⁵⁾

その結果 850℃×1h→急冷 500℃×1h→急冷という二段階熱処理で鏡面研磨が可能な組織が得られることが分かったので、ポータブル超塑性加工装置で作られたブランクを鏡面して図 15 に示すような鏡面外観の時計外装が得られた。



図 15 ポータブル超塑性加工装置で超塑性鍛造して得られた SP700 時計外装⁹⁾

4.2 金属粉末射出成形法

微細な金属粉末 60%と油脂などのバインダ 40%を混練して射出成形用ペレットを作製し、射出成形品(グリーンと呼ぶ)を作り、加熱して油脂を蒸発させる脱バインダした焼成体(ブラウンと呼ばれる)を液相焼結して焼結体を得るプロセスを金属粉末射出成形法(Metal Injection Molding, MIM)という。開発当初は研磨や切削がいらない究極のニアネットシェイプ加工として注目された。しかし原料金属粉末が直径 $7\mu\text{m}$ 以下できれば $3\sim 5\mu\text{m}$ が望ましいとされ、素材価格は溶性材に比べて 10 倍以上の高額となったこと、相対密度が 99.5%未満で鏡面が得られないこと、さらに SUS316L などの耐食性の高い材料でも焼結体に含まれる穴(ポイド)のため局部電池が形成されて耐食性が低下するという問題も発生した。

表 6 金属粉末射出成形(MIM)を利用した時計外装

外観		
部位	回転ベゼル	オーナメント(中留)
材料	金属粉末射出成形用チタン合金粉末(大同特殊鋼)	金属粉末射出成形用 SUS316L
量産	1997 年	2001 年
型番	UJ00-CO CA	FB01-CO CA

また焼結体表面に存在するポイドを埋めるために、焼結体を冷間鍛造して表面のポイドを潰すことが行われるようになった。せっかく省いた鍛造工程を加えることで納期は遅延しコストも上昇した。さらには脱バインダ工程と焼結工程の雰囲気調整により相対密度を上昇させ、耐食性を改善するプロセスなどが粉末材料メーカーから提案された。またグリーン体から焼結体への寸法変化は 18%程度とされてきたが、実際には X, Y, Z 方向で微妙に異なるという問題があった。

5. 結 言

時計外装はムーブメントの保護機能と美観という相反する機能が求められる。航空機よりも製品重量当たりの価格が高く非常に高付加価値であるためにチタン合金、CFRP などの素材単価の高い素材を超塑性鍛造や金属粉末射出成形などの先進的な加工方法が取り入れられてきた。

参考文献

- 1) 木村南：最近の腕時計部品の加工技術，熱処理，Vol.33(5)，pp.276-282,1993.
- 2) 木村南：超塑性 Zn-Al 系合金の腕時計用文字板への応用，日本時計学会誌，No.104，p.1-12,1983.
- 3) 木村南：超塑性を利用した腕時計文字板の加工設計，日本時計学会誌，No.129，p.34-54，1989.
- 4) 阿部昭彦，深山茂：超塑性成形技術を利用したチタン合金製腕時計用外装の開発，日本時計学会誌，No.136，p.16-27,1991.
- 5) 木村南：チタン製腕時計の加工設計，日本時計学会誌，No.155，pp.38-50,1995.
- 6) 須田 誠：電波ソーラー時計，マイクロメカトロニクス，vol.51，No.197，pp.55-59,2007.
- 7) 佐藤孝司，渋谷義雄，佐藤雅浩：チタンの表面改質と時計外装への応用，vol.45，No.4，pp.41-46,2001.
- 8) 平川賢爾，遠藤正浩，大谷泰夫，坂本東男共著：機械材料学，朝倉書店，p.72,2002.
- 9) 木村南，小林昌生：ゴム型を利用する CFRP 成形技術，平成 16 年度塑性加工春季講演論文集，pp.153-154,2004.
- 10) カシオ計算機：カーボン素材の積層ベゼルで強さと美しさを備えた“G-SHOCK”，https://www.casio.co.jp/release/2019/0904_mtg-b1000/
- 11) 塩谷義：先進機械材料，培風館，2002 年.
- 12) 馬場秋次郎・吉田嘉太郎編：機械工学必携第 8 版，三省堂，2003 年.
- 13) 橋本政哲：現場で生かす金属シリーズ ステンレス，工業調査会，2007 年.
- 14) 木村南，遊佐溪人，稲垣大貴：シリコンゴム・PTFE 製簡易型を用いる CFRP の成形条件，JCCM-9,3B-07,2018.

木村 南



1979 年早稲田大学大学院工学修士，1990 年長岡技術科学大学大学院博士課程修了(工学博士)，1979 年オリエント時計(株)入社。外装技術課長・商品企画部長・企画部長，2002 年東京工業高等専門学校機械工学科教授，2017 年東京工業高等専門学校名誉教授，現在神奈川工科大学工学部機械工学科非常勤講師。所属学会：日本時計学会，日本塑性加工学会，日本機械学会，日本材料学会，自動車技術会，日本デザイン学会，軽金属学会

特集

時計外装の表面処理技術*

－日常の傷から時計を守る表面硬化技術－

清野 和浩**

1. 緒 言

時計外装へ表面処理を施す目的の一つとして、カラーバリエーションや高級感などデザイン上の付加価値をつけることにある。デザインは消費者が時計を購入する際の商品選択における重要な要素であるため、商品戦略上においても表面処理技術は非常に重要であると言える。

さらに、表面処理は外装部品の耐食性向上という品質上の付加価値をつけることを目的にする場合もある。特に外装部品の基材として真鍮や亜鉛などの金属材料が多く使われていた時代は、耐食性向上のための表面処理が必須であり、当時の時計外装における表面処理技術としては湿式めっきが主流であった。

一方、今日では金属加工技術の進歩により外装部品の基材に耐食性の優れるステンレスやチタンが多く使われるようになった。そのため、耐食性向上のための表面処理は必須ではなくなった上に、従来の湿式めっきでは腐食や摩耗などの品質問題が度々発生していた¹⁾。一方、チタン素材は軟らかく傷がつきやすい欠点があり、表面処理の新たな性能として、時計を長期間使用しても美しさや輝きが持続する耐久性の向上が求められるようになる。

シチズン時計株式会社（以下、当社）では、新たな表面処理技術を開発する中で、金属硬質膜を成膜することで耐摩耗性が向上し、さらに日常使用による傷が付きにくくなることが判明した。そこから、「日常の傷から時計を守る」というコンセプトが生まれ、表面硬化技術の開発が進むこととなる。これらの技術は真空中で処理することから、従来の湿式めっきに対して乾式めっきとも呼ばれ、環境負荷の観点からもエコロジーな手法であり、今日の時計外装における表面処理の主流になっている。

現在、当社の外装部品に施されている表面硬化技術は大きく3種類に分類することができる。1つめは外装部品に金属などの硬質膜を成膜する技術、2つめは熱処理などによって外装部品そのものの表面を硬化する技術、3つめは硬質膜の成膜技術と熱処理による表面硬化技術を組み合わせた複合技術である。

本稿ではこれらの表面硬化技術の開発経緯と硬質膜の成膜技術として DLC (Diamond-Like Carbon) 、熱

処理による表面硬化技術としてチタンの表面改質について記述する。

2. 硬質膜開発

当社で現在の表面硬化技術の基礎となる硬質膜開発がスタートしたのは1974年のことである。それまでの表面処理の主流だった湿式めっきは、廃液処理や排水処理など環境面での問題と、当時の貴金属価格の高騰による製造コストの上昇を背景に次世代に向けた表面処理技術の開発が必要だった。そこでイオンプレーティング (IP) と呼ばれる真空中で金属膜を成膜する技術に着目し、新技術開発事業団 (現 国立研究開発法人 科学技術振興機構) から委託される形で開発がスタートした²⁾。

1977年にはIP方式を用いて金色のような色調を呈する窒化チタン (TiN) という硬質膜を成膜した商品「ミラドール」が発売されている (図1)。その後、TiNの上に金を薄く成膜する2層構造とすることで、金の輝きによる高級感と従来の金めっきよりも優れた密着性、耐摩耗性を両立する技術を確立した。この技術は日常使用において例えば表層の金が摩耗してしまっても、その下の層にある密着性の高いTiN硬質膜が金色と非常に近い色調となっているため、違和感なく使用可能な技術で、今日ではこの技術を基に多くの応用技術が開発されている。



図1 TiN成膜のミラドール



図2 チタン表面改質処理
の初代モデル

さらに、顧客価値の創造という点から「日常の傷から時計を守る」というコンセプトをベースに、1997年にはグレー色のチタンカーバイド (TiC) という硬質膜を成膜したモデルが発売され、さらに1999年に後述するチタンの表面改質処理が施された商品が発売された (図2)。また、「日常の傷から時計を守る」という技術を市場に対して積極的に訴求するため、当社ではこれらの表面硬化技術を施した場合の表面硬度を「ナノインデンテーション法による測定値をビッカース硬さに換算し

* 原稿受付 2020年4月23日

** シチズン時計(株)

て1,000HV以上であること」と定義し、他の一般的な表面処理技術と差別化を図っている。

その後、市場の様々なニーズに合わせた開発を行い、今日では多くのバリエーションが商品化されている(図3)。



図3 硬質薄膜のカラーバリエーション²⁾

3. DLC (Diamond-Like Carbon)

DLC は簡単に言うとグラファイトとダイヤモンドの中間の性質を持つ黒色の硬質膜であり、耐食性や耐摩耗性、表面平滑性などに優れることから様々な分野で使われている。当社の時計外装においては、1987年のパーゼルウォッチフェアにカーボン硬質膜を採用したモデルとして参考出展されている。

黒色モデルは様々なカラーバリエーションの中でもスタンダードなデザインとして特に男性向けモデルにおいて需要が高い。一般的な黒色膜は物理蒸着法(PVD)と呼ばれる真空技術を使った手法で成膜されており、先述のIPもPVDの一種である。一方、当社のDLCは化学蒸着法(CVD)という手法で成膜されているが、真空技術を使った手法という意味ではPVDと同じである。

DLC は一般的な黒色膜と比較すると表面が平滑で肌触りが良く、耐摩耗性に優れているという特徴がある(図4)。そこで一般的な黒色膜よりも耐久性の高いDLCに注目した。時計は日常の様々な場面で小さな傷が付くことが多い。外装部品にDLCを採用したのは、一般的なPVDによる黒色膜に比べ表面が滑らかであるため傷が付きにくいからである。

時計外装に施すDLCに必要な特性は、「外観」「耐金属材料アレルギー」「硬度」「密着性」である。この全てを兼ね備えることが、時計外装におけるDLCにおいては重要となる。

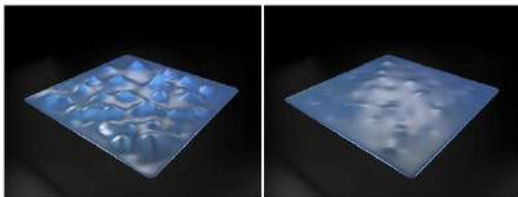


図4 表面状態のイメージ³⁾
(左：一般的な黒色膜 右：DLC)

3. 1 外観

時計は単に正確な時刻を知るためのツールではなく、機械的な精巧さやデザインの美しさ、輝きといった装飾品という側面を持つ。そのため、外装部品の表面処理においても外観は非常に重要な要素である。

外観という点で重要なのが外装部品へ均一に成膜するという点である。つまり時計としてどの角度から見ても同じように成膜されている必要がある。特にDLCはその特性上、均一に成膜されていないと虹色のような干渉色となりやすいが、外装部品は三次元形状であるため難易度が高く、独自のノウハウが必要となる。均一に成膜するためのこだわりの一つが時計バンドへの成膜である。

外装部品への成膜処理はそれぞれの部品毎に行うが、特にバンド本体は通常、バンド駒を連結した状態で処理することが一般的である。しかしこの方法では、駒と駒の間の隙間には膜が付着しにくい。そのため当社ではバンド駒を連結させた状態ではなく、バンド駒単体の一つひとつを処理し、その後組み立てることにより、バンド駒全体にDLCが成膜され製品としてより美しく仕上がる。処理の手間やコストは増加するものの、その分外観の美しさにこだわったものの作りを追求している。

3. 2 耐金属材料アレルギー

時計は常に肌に触れるものであるため、外観の美しさや輝きのみを追求するのではなく、日常的に着用する顧客視点で技術開発する必要がある。その一つとして耐金属材料アレルギーがある。

一般社団法人 日本時計協会では、「2013年11月21日時点で金属アレルギーの臨床例として判明しているものとして13種類の金属(銀、ニッケル、コバルト、クロム、スズ、パラジウム、白金、銅、亜鉛、金、カドミウム、マンガン、アンチモン)を金属アレルギー物質とし、その中でも特に発症例が多い銀、ニッケル、コバルト、クロムを4大アレルギー、さらにスズ、パラジウムを加えたものを6大アレルギーと称する場合もある。」としている⁴⁾。

DLCは炭素膜であるが、密着性の観点から外装部品へ直接成膜することはできない。そのため後述するようにDLCの密着性を向上させるために基材との間に中間層を挟むことが一般的であるが、この中間層に4大アレルギー物質であるクロムが使われることが多い。しかし当社では耐金属材料アレルギーに配慮し、金属アレルギー物質は含まれないよう設計した。そのため当社のDLCは肌に優しい表面処理とも言える。

加えて、より多くの方に時計を永く愛用してもらえようとして当社では外装にチタン素材を積極的に採用している。チタンはステンレスよりも軽く、高い耐食性を持ち、さらに生体親和性にも優れている。このチタン外装とDLCを組み合わせることで、金属アレルギー体質の方も安心して着用することが可能である。

しかしチタン外装に施す表面処理の種類によっては時計として耐金属材料アレルギー製品とは言えない場合も存在する。そのため他の表面硬化技術も貴金属を使用する場合を除いて、可能な限り耐金属材料アレルギーに配慮した構成としている。

3. 3 硬度

日常の傷から時計を守るには、硬度の高い膜である必要があり、硬度と傷の付きにくさには相関関係があることが知られている。そのため、先述の通り表



図5 耐傷性試験後の外観比較³⁾
を表面のビッカース硬さ (左: 一般的な黒色膜 右: DLC) が 1,000HV 以上としている。

DLC の表面硬度も当然、ビッカース硬さ 1,000HV 以上であり、加えて DLC は低摩擦係数などの特性を有するため、一般的な黒色膜に比べて傷が入りにくい(図5)。

3. 4 密着性

一般的に硬質膜は内部応力が高いため、膜を厚くすると基材との界面で剥がれが生じやすくなる。DLC についても同様で、基材との密着性をどのように確保するかが重要となってくる。

チタンは金属基材と強固に密着することが知られている。またシリコンと炭素は周期表では同族に分類されており共有結合することが可能であるため、DLC はシリコン上に安定して成膜することができる。そこで基材上に中間層としてチタンとシリコンを挟みその上に DLC を成膜することで強固な密着性を確保した⁵⁾ (図6)。

この2層の中間層を入れることにより基材を選ばず、ステンレス、SK 鋼、アルミニウムなどの金属やアルミナなどのセラミックスにも密着よく成膜することが可能となった。

DLC
シリコン
チタン
基材

図6 DLC の断面構造イメージ

4. 熱処理による表面硬化技術

当社では時計外装の耐摩耗性向上という観点から、硬質膜を成膜する技術と並行して、1995 年から外装部品そのものを硬化させる技術の開発にも着手した。当時は先述の IP などによる硬質膜の開発も行っていたが、剥がれや摩耗などの懸念がない外装部品そのものを硬くすることに着目し、熱処理によるチタン外装の表面改質技術を確立した⁶⁾。

当社のチタン外装の歴史は、1970 年に世界で初めてチタンケースの腕時計「X8 クロノメーター」を発売したときから始まった(図7)。当時、時計にチタンを素材として採用するのは極めて特殊ではあったが、その当時、チタンはアポロ 11 号の月面着陸などで脚光をあび

た宇宙素材だった。

しかしチタンはステンレスなどと比較して傷が付きやすいため、長期間の使用による外観劣化の問題があった。

そこで、チタンを真空中で高温加熱しながら硬化ガスを導入することで、チタン表面に硬化ガスが入り込み、表



図7 X8 クロノメーター
面を硬化させることに成功した⁶⁾。これによりチタンの耐食性や軽さという特性を生かしつつ、傷付きやすいというデメリットを克服することが可能となった。

4. 1 外観

チタンの表面改質処理は、硬化ガスをより深く侵入させるために高温で処理するため、チタンの結晶粒が成長し大きくなる特性があり、処理前後で外観が変化してしまう。この変化を小さくするには、処理前の結晶粒をできるだけ小さく均一にする必要がある、材料の段階から結晶粒の大きさに配慮する必要がある(図8)。さらに結晶粒の大きさや均一性は金属加工の影響も大きく受けるため、適切な加工工程が必要となる。このように、結晶粒の大きさや均一性に配慮することで外観を損なわない腕になじむデザインが実現する。

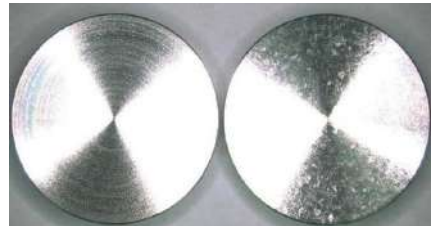


図8 チタンの結晶粒の違いによる硬化処理後の外観³⁾
(左: 結晶粒小 右: 結晶粒大)

4. 2 硬度および耐傷性

チタンの表面改質処理についても、硬度定義はビッカース硬さ 1,000HV 以上である。しかし、硬質膜との違いは硬化層の厚みにある。硬質膜の厚みは 1 μ m 程度であるのに対し、熱処理による硬化層は表面から深さ方向に 20~30 μ m 程度ある(図9)。そのため傷付きにくさという特性にも少し違いがある。

日常使用において時計を強くぶつけてしまった場合は、表面が変形してへこみが生じてしまうが、このへこみをできるだけ小さくするためには、表面を深さ方向に硬化する必要がある。チタンの表面改質処理は硬質膜よりも硬化層が厚いため、打ち傷にも強いと言える。

つまり、硬質膜はすり傷のような基材に対して水平方向の傷に効果を発揮する一方で、チタンの表面改質処理は水平方向の傷に加えて、打ち傷のような垂直方向の傷にも効果発揮すると言える。

そこでチタンの表面改質処理の耐傷性を検証するため、処理品と未処理品で約 9 年間の携帯試験を行った(図 10)。その結果、硬化処理品では傷が少なく、日常の傷に対して大きな効果があることが証明された。

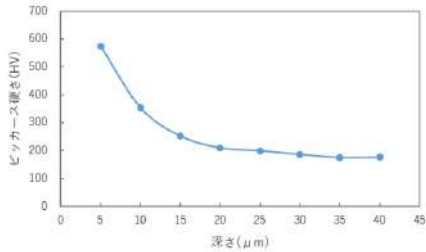


図 9 チタン表面改質処理後の断面硬度
(マイクロビッカース硬度計で測定)



図 10 携帯試験による耐傷性比較 ③
(左：未処理品 右：表面硬化処理品)

4. 3 新色の開発

一般的な時計に使われる金色は実際に金を使用しているため、耐金属材料アレルギーの時計にすることはできなかった。しかし以前より耐金属材料アレルギー時計対応の金色は強く要望されていた。そこで、これまでのチタン表面改質技術を応用して、貴金属を使用せず硬化ガスのみで金色を表現することに成功し、2019 年 6 月に商品化された(図 11)。



図 11 新色モデル

5. 表面硬化複合技術

熱処理による表面硬化処理は基材であるチタンそのものの表面を硬化するため、その上に硬質膜を成膜することも可能である。表面硬化複合技術は硬質膜の成膜とチタンの表面改質を組み合わせた技術である。

この複合技術はチタン表面改質処理の特性に加えて硬質膜の特性もそのまま反映されるため、傷付きにくさに対してはさらに大きな効果を発揮する。また、チタンの表面改質のみではカラーバリエーションが少なく、デザイン上の制約もあったが、硬質膜との組み合わせで

様々なバリエーションが可能となっている。

6. 結 言

本稿では、時計外装の表面硬化技術について、特に「日常の傷から時計を守る」という観点から紹介してきた。

時計外装の材質が時代と共にステンレスやチタンへ変遷したように、表面処理技術も湿式めっきから真空中で処理する乾式プロセスへと変化していった。その中で日常の傷から時計を守るというコンセプトの下、これまで様々な表面硬化技術が開発され商品化された。しかし、残念ながらこれらの表面硬化技術は店頭では体感することが出来ない。なぜなら店頭にある時計は傷がないのが当然だからである。表面硬化技術は時計を購入した方が実際に使うことで初めて実感できる技術なのである。

1974 年に開発がスタートした表面硬化技術は、その後多くの応用技術が生み出され、現在当社では時計外装のみならず、様々な分野の製品へ表面処理の受託加工を行っている。時計外装の表面処理だけに特化せず、様々なニーズに合わせた色調や特性の異なる表面処理技術を開発することで、さらに次世代の表面処理技術につながるものと考えている。

引用、参考文献

- 1) シチズン時計株式会社、技術研究所 40 年史、pp.96-107、2006
- 2) <https://citizen.jp/core-technology/duractec/index.html>
- 3) 森田修：美しさを傷つけない表面硬化技術『デュラテクト』シリーズ、精密工学会主催 第 403 回講習会テキスト、2019
- 4) <https://www.jcwa.or.jp/time/qa/qa09.html>
- 5) シチズン時計株式会社、カーボン硬質膜を被覆した金属部材、特公平 6-60404、1994-08-10
- 6) 佐藤惇司、渋谷義継、佐藤雅浩：チタンの表面改質と時計外装への応用、マイクロメカトロニクス、Vol. 45, No. 4, pp. 41-46, 2001.

特集

腕時計の外装*

ーダイバー時計の防水構造ー

青木 貴裕**

1. 緒 言

ダイバー時計は深海の過酷な環境でも正常に作動し、ダイバーの潜水時間を管理できるように多くの性能が搭載されている。特に防水性能に関しては、通常の腕時計に比べ高い防水性能が要求される。本稿ではダイバー時計の防水構造に関する内容について紹介する。

2. 防水時計の種類

まず腕時計の防水性能について簡単に説明を行う。腕時計の防水性能は使用環境・使用目的により多くの種類に分けられているが、日本工業規格 (JIS) では「一般防水時計」と「潜水時計」の二つに分けられる。ダイバー時計については後者の潜水時計に該当するが、潜水時計はさらに「空気潜水時計」と「混合ガス潜水時計」の2種類に分けられる。

2. 1 空気潜水と混合ガス潜水

空気潜水時計は、圧縮空気を呼吸気体として使用するスクーバダイビングなどの空気潜水で使用が可能な腕時計である。

一方で飽和潜水時計は、飽和潜水での使用が可能な腕時計である。飽和潜水とは、人工的な呼吸気体として酸素と不活性ガスの He ガスなどからなる高圧の混合ガスで満たされたカプセル内で居住し、長期間にわたる潜水活動である。

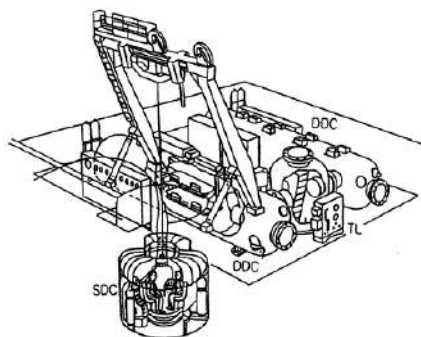


図1 飽和潜水イメージ図

深海の環境下では、気圧よりも遥かに高い水圧がかかるため、ダイバーたちは潜水前にあらかじめ混合ガスで満たされた高圧環境で体を慣らしてから潜水を行っている。

2. 2 腕時計における He ガス

飽和潜水時に使用される高圧状態の He ガスに、腕時計が長時間さらされると、He ガスが腕時計ケース内部に侵入してしまう。

これはヘリウムの原子が小さく、気体透過率が高い気体のため、パッキンを通して時計内に流入してしまうからである。高圧状態の He ガスが時計内部に侵入したまま大気圧に戻ると、気圧差で腕時計ケースが膨張しガラスが割れるなどの不具合が発生する。

このため一般的な飽和潜水時計には潜水終了後に He ガスを排出するバルブ構造を採用しているものが多い。しかしながら、高圧 He ガスの侵入経路そのものを可能な限り遮断することを目指し、より気密性や水密性などの信頼性を高めるために、独自の構造をこれまで確立してきた。

次項から、水や気体の流入のメカニズムから、水密性と気密性を確立するための構造を紹介していく。

3. 水密性・気密性

図2で示すように一般的な腕時計のケースには、ガラス部①、リュウズ部②、裏ぶた部③の3か所に入水経路がある。それらの箇所にはパッキンが設けられ、各部品の固定および防水機能の役割を担っている。

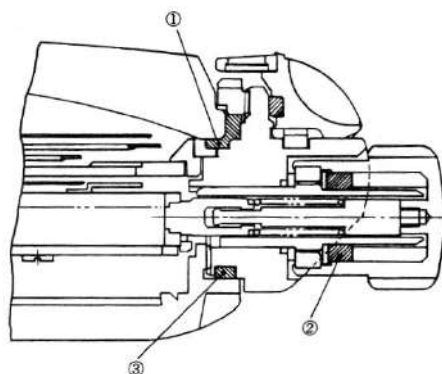


図2 腕時計ケースの防水箇所

* 原稿受付 2020 年 4 月 8 日

** セイコーエプソン(株)

このパッキン部で水や気体の漏れが起こると防水不良が発生してしまう。防水不良の原因としては、相接する接触面から漏れる「接面漏れ」と、パッキンの内部を透過して漏れる「浸透漏れ」の二種類がある。

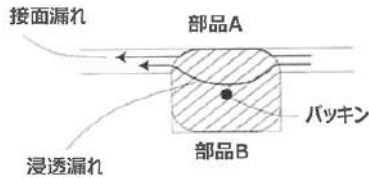


図3 接面漏れと浸透漏れ

3. 1. 1 接面漏れ

接面漏れは外部から水圧が加わると入水する、一般的な防水不良の原因である。この接面漏れの量はポアユイズの法則に従い、水の粘度を η 、ケースに加わる外圧を P_1 、ケース内圧を P_2 とし、接触面に半径 r 、長さ l の穴が開いているとすると、単位時間当たりの漏れ量 Q_1 は次式(1)で示される。

$$Q_1 = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)}{8 \eta l} \quad \dots (1)$$

パッキンが密封の役目を果たすには、時計ケースに外圧 P_1 が加わった状態において、相接する接触面における接面圧力が密封面に連続したループを形成し、かつループの圧力が外圧 P_1 よりも高いことが必要となる。

3. 1. 2 浸透漏れ

浸透漏れは、長時間に放置された状態で水分や気体がパッキンの物質内部を透過する現象である。これは短時間の水圧試験で入水が無くても、有機物の特性によって発生する防水不良の原因である。

浸透漏れの量は、拡散に関するフィックの法則に従い、ガスケットの透湿率を K 、ケースに加わる外圧を P_1 、ケース内圧を P_2 、パッキンと水や気体との接触面積を a 、時間を t 、パッキンの透過経路の長さを l とすると浸透漏れ量 Q_2 は次式(2)で示される。

$$Q_2 = \frac{K(P_1 - P_2)at}{l} \quad \dots (2)$$

透漏れを防ぐためには、透湿率 K の小さい材料を選定すること、パッキンの透過経路 l を長くすること、パッキンの水や気体との接触面積 a を小さくすることが重量となってくる。

3. 2 ワンピース型ケース

前述の流入のメカニズムから、まず流入経路を減らすことが、水密性・気密性を高めるために有効な手段となる。前述した通り、一般的な腕時計ケースの部品は、

ガラス部、りゅうず部、裏ぶた部の3か所にパッキンが設けられ防水性を確保している。

一方ワンピース型ケースは、腕時計ケースの胴と裏ぶたが一体となった構造であり、裏ぶた部パッキンの流入経路を無くし、水や気体の侵入経路を最小限に抑える構造となっている。

また流入経路を限りなく少なくするだけでなく、水圧に対する構造としても有利となっている。裏ぶたとケースが別個になった二体構造の場合、裏ぶたのみで水圧を食い止めるので、水圧を受ければ受けるほどたわみが生じる。一方でワンピース型ケースは、全体で水圧を受け止めるので、たわみが大幅に軽減される。



図4 ワンピースケース外観



図5 ワンピースケース断面

3. 3 高性能L字型パッキン

昔のダイバー時計には、一般的なゴム材質としてニトリルブタジエンラバー(以下 NBR)がパッキンとして使われてきた。当時のダイバー時計は空気潜水としては問題なくても、長時間の飽和潜水で使用する He ガスに対する気密性、および長期間潜水における水密性が悪く、プロダイバーから問題視されていた。

この問題に対する解決構造として変性イソブチレン・イソプレンラバー(以下 変性 IIR)の L 字型パッキンが開発された。



図6 L字型パッキン

3. 3. 1 変性 IIR

変性 IIR は耐オゾン性、耐候性、耐熱老化性、耐薬品性、電気特性などに優れ、特に気体透過率が極めて小さい。

防水時計を水中に長時間浸漬させた時の長期防水性に影響する水分透過係数は IIR の場合 $1.6 \sim 1.8 \times 10^{-9}$ ($\text{g} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$) と NBR の約 $1/70$ で、水や気体の透過性も低い。

浸透漏れ量 Q_2 に関する(2)の式からも、透湿率の小さい材質を使用することが浸透漏れを防ぐために重要であることがわかる。

表1 パッキン材質一覧

材質	透湿率
ブチルゴム (IIR)	1.73×10^{-9}
ニトリウム (NBR)	1.23×10^{-7}
スチレンゴム (SBR)	3.63×10^{-7}
アクリル樹脂 (PMMA)	4.40×10^{-8}
ポリカーボネート樹脂 (PC)	2.50×10^{-8}
エポキシ樹脂 (EP)	7.20×10^{-7}
四弗化エチレン樹脂 (PTFE)	0.43×10^{-9}

(単位 : $\text{g} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$)

3. 3. 2 L字型パッキン

浸透漏れ量 Q_2 に関する(2)の式から、浸透漏れを防ぐためには、パッキンの透過経路 l を長くすること、水や気体との接触面積 a を小さくすることも大切である。そこでパッキンの形状を、図7が示すように一般的な形状から L 字型の形状に変えることで、透過経路 l を長くし、水や空気の接触面積 a を小さくしている。またガラス固定構造として、L 字型ガラスパッキンをガラス固定リングにより、縦横に押圧してシーリングする技術により水密性と気密性をさらに高めている。

この変性 IIR からなる L 字型のパッキンで、浸透漏れは通常のパッキンから約 $1/100$ となり、高圧 He ガスそのものの侵入を遮断することが可能となった。

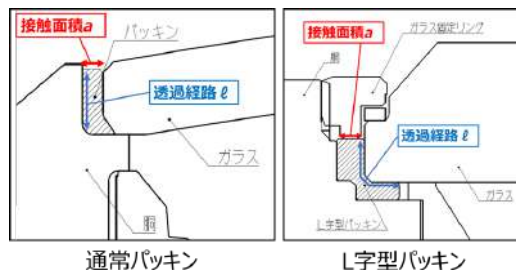


図7 各パッキン構造の断面図

3. 4 気密性の実績

図8は JAMSTEC で実施された 30 気圧の高圧 He ガス環境下での気密テストにおいて、各種潜水時計の内圧上昇の様子を示している。He ガスをケース内に侵入させないことを目指した当構想のダイバー時計は、内圧の上昇がほとんどないことを示すことができた。

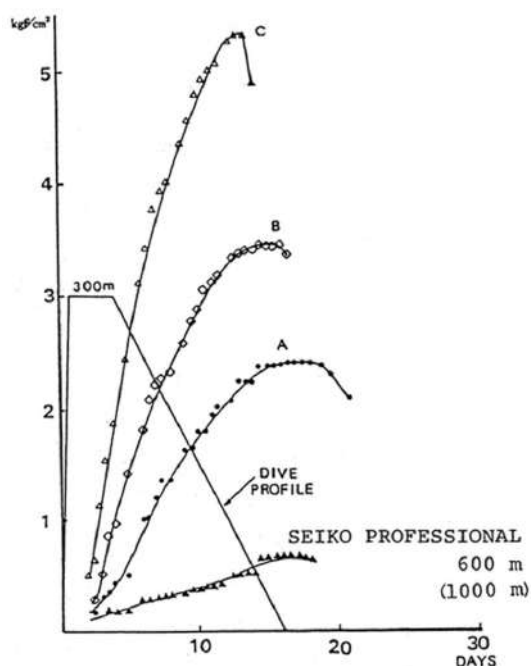


図8 高圧 He ガス環境下における腕時計の内圧

3. 5 まとめ

水や気体の侵入経路を最小限に抑える裏ぶたのないワンピースケース構造と、透湿率の低い変性 IIR からなる L 字型ガラスパッキンにより、世界初の He ガス排出バルブを用いずに飽和潜水に対応させた水密性、気密性が優れたダイバー時計の構造を確立した。

6. 結 言

本稿では、ダイバー時計の防水構造に関する水密性・気密性の内容について紹介してきた。

He ガスそのものを侵入させない、変性 IIR の L 字型パッキンやワンピースケース構造などは、長時間に渡る飽和潜水に耐え得る安全性、耐久性を備えた腕時計を追求する中で生み出された。

またダイバー時計の水密性・気密性に焦点を当てて代表的な構造を紹介してきたが、実際の深海潜水を想定した過酷な環境でも正常に作動するため、耐衝撃性・耐磁性・耐食性・耐外力性・耐温度性・視認性などの耐久性能・操作性能も必要となってくる。

長い歴史の中で確立されてきたダイバー時計の技術を今後も発展させ、より長く愛用されるようなダイバー時計となるよう、安全性・耐久性を追求した取り組みを行っていきたい。

引用, 参考文献

- 1) 徳永幾男：セイコーダイバーズウォッチ進化論，株式会社ワールドフォトプレス（2009）.
- 2) 徳永幾男：グランドセイコー進化論，株式会社ワールドフォトプレス（2020）.
- 3) セイコーウォッチ ホームページ：
https://www.seikowatches.com/jp-ja/special/tokinowaza-since1881/mitani_kobayashi/



青木貴裕

17 年 信州大学繊維学部機械ロボット学科卒業。同年セイコーエプソン(株)入社。外装設計に従事し、様々なモデル設計に携わる。

特 集

時計の外装技術*

－発光クロックの外装技術－

横山 正尚**

1. 緒 言

クロック、特に目覚し時計や掛時計には夜間など暗い中でも時刻を知りたいという要求が常にある。これに対し、メーカーでは針や文字板に蓄光塗料や EL (Electro Luminescence) を用いることで直接発光させるなどの工夫を行ってきたが、蓄光塗料には発光時間や素材の取り扱い、EL には専用の電源が必要となるなどの課題があった。近年では LED の登場により導光板の工夫で比較的大型の時計の文字板や針自身を光らせる製品が登場した。本稿ではこれらクロックの外装である文字板、針に工夫することで実現した発光時計の概要について紹介する。

2. 発光時計

2.1 LED による文字板発光時計

時計の時刻を夜間に判読させる方法として、精工舎（現セイコークロック）では EL 発光針による方式を採用した目覚し時計を 1989 年に発表した¹⁾。この製品は暗所での視認性に優れる色（ブルーグリーン）で面発光するという画期的な針を持っていたが、発光のために単 2 電池が 2 本必要（1 年寿命）という欠点があった。この当時すでに LED による発光方式を採用した製品もあったが、最も発光効率の良い赤色では夜間の視認性が悪いこと、LED の指向特性から点発光になりやすく、見栄えが悪いといった欠点があった。発光色に関しては LED の性能向上によって橙など様々な色を使用することができるようになったが、指向特性は LED のパッケージ技術だけでは対応しきれず、時計メーカー各社で様々な工夫を凝らしてきた。

LED を旧来の麦球の代替として使用した場合、その指向特性から一灯による照射では文字板全体を照らすことはできない。また、多灯を使用した場合でも LED の近傍は明るく、離れるほど暗くなっていく。このため文字板の外周に LED を配置した場合には針中心に近づくほど暗くなり、指針のパイプが陰を作るため対角の視認性はさらに悪化する。この対策として、LED の光を透明の文字板の端面に照射することで導光板として使用する方法が考案された。この際、LED 本体は前枠に設けられた突起で隠されていたが、照射光はその周囲から漏れ出すために突起の近傍が明るくなり文字板全体の視認性を悪

化させていた。これを改善するため、セイコークロックでは以下の工夫²⁾で文字板全体が均一に光る目覚し時計を発売した (KR310S)。

- ① 文字板に LED を収納する凹部を設けることで照射光が直接目に入ることを防止する
- ② 文字板の表裏に LED から離れるほど粗くなるシボを設ける
- ③ LED から離れるに従って文字板自体を薄くする
- ④ 2 つの LED を光軸を傾けて対向する位置に配置することで照射範囲を広げつつ指針軸による陰の発生を防止する

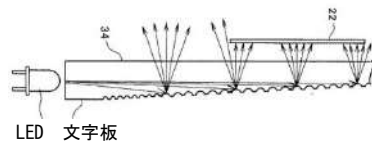


図1 文字板のシボ、厚みの変化

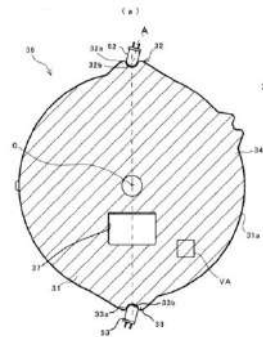


図2 光源の軸を傾けたLED配置



図3 KR310S

* 原稿受付 2020 年 4 月 17 日

** セイコークロック(株)

2.2 LEDによるカバー発光時計

文字板を発光させる場合、均一に光らせるために複数の光源を必要とする。消費電力やコストを考慮すれば光源の数は少ない方が有利である。そこで、少ない光源で文字板を均一に照射する方法としてカバー発光方式が考案された。これは、LED (40) の光を一度文字板 (24) とは正反対に位置する風防 (カバー) (30) 側に照射し、カバーを導光板として利用する方法である³⁾。照射された光はカバー及びベゼル部 (50) によって文字板側に反射され、文字板を均一に光らせる (文中及び図中の数字は参考文献に準ずる)。カバーからの反射光で文字板を照らす構成としたことによって文字板側の導光板が不要となり、従来困難であった黒色文字板の発光時計を実現することができた (KR872K)。

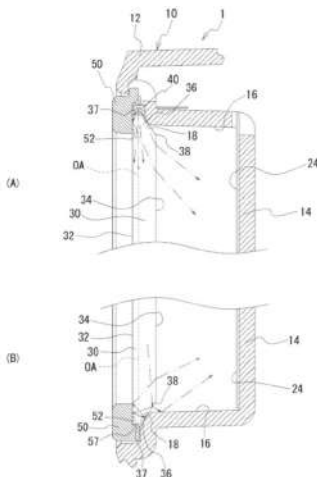


図4 カバー発光時計の構造



図5 KR872K

2.3 LEDによる指針発光時計

ここまで文字板を光らせる方法を紹介してきたが、これとは別に針を発光させることで時刻の確認を容易にする方法がある。前述の EL 発光針はこの方法に該当し、針の形にカットした EL を時分針に貼り付け、直接通電することで針発光を実現した。近年チップサイズに小型化した LED を EL と置き換えることで同様の製品が実現

可能であるが、針に光源を配置するためには常時動き続ける回転体に電源を供給する必要がある。このための接点として金メッキを施した二重接点を採用し、10年以上の耐久性を確保した¹⁾が、この構成は製造上の難易度が高く、機能メッキが必要になるなど管理が難しい。また、指針駆動用のモータ出力を摩擦によってロスするため掛時計用の 100 mm 以上の長さの針を動かすことには不向きである。これに対し、光源である LED (L) を針中心付近に設置し、時分針を導光部材で形成することで針全体を発光させる構成を考案した。この構成は自動車のスピードメータ等の針を発光させる技術として普及しているが、時計のように複数の針が重なった場合には正面側の針 (この場合は分針) への照射が不十分になるという問題があった。この問題に対し、LED と時針を直接対向させ、光学レンズメカと協力することにより時分針の基端部に図 6 のような導光部 (18, 18a) を設ける⁴⁾ことで時針のみならず分針まで光らせることができた。

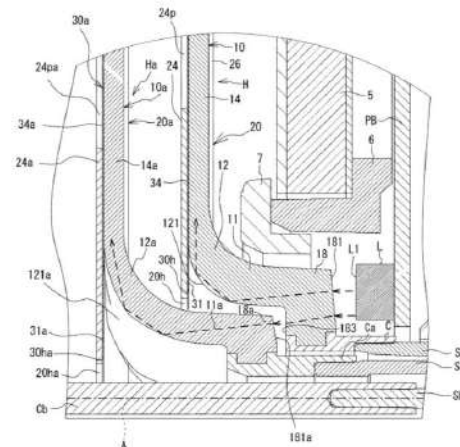


図6 導光部材で構成された指針

針を導光部材とすることで暗い環境での視認性が向上したが、導光部材が透明であるためにそのままでは明るい環境には適さない。また、指針の側面から光が漏れた場合、周囲の部材に反射することで暗い環境でも視認性が低下する可能性がある。この対策として指針の側面を含めた輪郭を有色不透明のカバーで覆うこととした⁵⁾。また、このカバーは針中心近傍に光源を多数配置したことによる過剰な明るさを抑制することにも有効である⁶⁾。

図 7, 8 の各部材は左からカバー、拡散板、導光部材、取付部材 (ハカマ) である。以上の構成により、LED による指針発光時計を実現した (KX393W)。

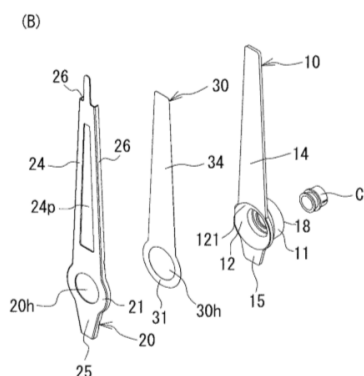


図7 LED 指針発光時計の時針

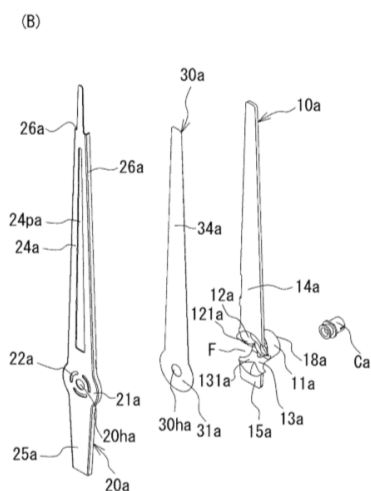


図8 LED 指針発光時計の分針



図9 KX393W

3 結 言

本稿では発光するという時計の機能に対する外装技術

からのアプローチについて紹介した。今回取り上げたセイコークロック以外の各社でも様々な工夫を凝らし、その成果を特許という形で広く公開している。国内外・業種を問わず各社の創意工夫に触れることで新しいアイデアが生まれることもあるのではないだろうか。

参考文献

- 1) 宮城孝一 (1991) 「EL 発光針時計の開発」, 『日本時計学会誌』 139 巻 pp. 28-37, 日本時計学会
- 2) セイコークロック (株) : 日本国特許公報 第 4520714 号 (2005.4.7) .
- 3) セイコークロック (株) : 日本国特許公報 第 5247658 号 (2011.5.19) .
- 4) セイコークロック (株) , コルコート (株) : 日本国特許公報 第 6362397 号 (2015.11.24) .
- 5) セイコークロック (株) : 日本国特許公報 第 6298700 号 (2015.11.24) .
- 6) セイコークロック (株) : 日本国特許公報 第 6298701 号 (2015.11.24) .



横山 正尚

2005 年 芝浦工業大学工学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年セイコークロック (株) 入社。クロック応用製品の開発に従事

解 説

「時計技術解説」 機械式時計

－ I. 機械式時計概論 －

所 毅 *

1. はじめに

機械式時計が最初に現れたのは 13 世紀後半と言われている。それから 700 年以上の時を経て、高性能な腕時計にまで進化を遂げた。この機械式時計にスポットを当て、これから 12 回にわたって機械式時計の要素や機構について語っていくことにする。

その前段で、本稿では機械式時計の歴史と基本的な機構について簡単に紹介する。

2. 機械式時計の歴史

機械式時計とは、巻き上げたぜんまいがほどける力を動力として伝達輪列を通じて針を動かし、ぜんまいがほどける速さは、ひげぜんまいを備えたてんぷによって調整される。このような機構を備えた時計を機械式時計と呼んでいる。

電気制御を一切用いず、機械加工部品の構成のみによって時刻や日付、その他の色々な表示を実現している点が特徴であり、置き時計や掛け時計を始め、懐中時計や腕時計まで様々な種類が存在する。

機械式時計は 13 世紀後半に、24 時間連続して時間を計測することができる錘を動力源とし、バージ脱進機とフォリオ（棒てんぷ）を持つ機械式時計が現れた (Fig.1)。しかし、その精度は一日あたり 15 分程度の誤差であったために分針はなく、大体の時間を知ることができるというものであった。

しかし、一方で当時のヨーロッパでは天文学の研究が盛んであったことから、高精度な時計が必要となっていた。そんな中、16 世紀にガリレオ・ガリレイが、『振り子の等時性』を発見した。17 世紀には、クリスチャン・ホイヘンスが振り子の等時性を利用した初めての振り子時計を製作した。この時計は 1 日で数分の誤差しかなく、非常に高精度なものだった。さらにひげぜんまい付き円てんぷを考案し、現在の機械式『腕』時計の礎を作った。

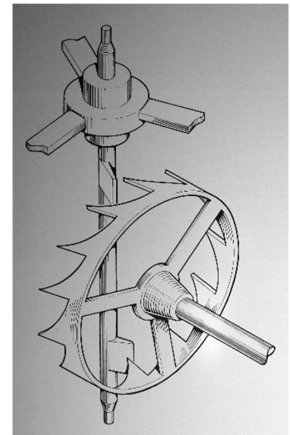


Fig.1 バージ脱進機の模式図

18 世紀にはアブラアン・ルイ・ブレグが「トゥールビヨン/ミニッツリピーター/パーペチュアルカレンダー」といった複雑機構を次々と開発し、機械式時計は一気に実用的かつ芸術的なモノとなった。

* セイコーウオッチ株式会社

しかし、19 世紀後半に入るとアメリカが大量生産方式によって懐中時計を安く開発できるようになり、さらには 1969 年にはクォーツ時計がセイコーから発売されたことにより、機械式時計の需要が大幅に減ることになった(クォーツショック)。クォーツ時計の誕生以降、時計は安価で大量生産できることが当たり前になり、さらには、電波時計・スマートウォッチといった電子化が進み、利便性が高くなってきている。

時計の数量を考えると、主流はクォーツ時計になっている。しかしながら 1990 年代頃から、精度ではクォーツに劣るものの熟練工によって作り上げられる機械式でしか味わえない魅力的な機構や装飾の美しさが再評価され始めている。実用品としての時計ではなく『嗜好性の高い高級アイテム』としての側面は大きくなったが、機械式時計の需要は続いている。

3. 日本での機械式時計

日本での機械式時計はキリスト教の伝来とともに始まったとされている。日本人が宣教師から時計や天文時計の製作方法を学び、そこから技術が広まっていった。江戸時代に入ると外国から輸入された機械式時計を参考に多くの日本人による機械式時計が作られるようになっていった。しかし江戸時代の時計づくりに大きな影響を与えたのが『鎖国政策』だった。これにより、日本の機械式時計は特異な道を辿り、和時計の誕生につながった。この和時計は欧米で用いていた「定時法」ではなく、「不定時法（夜明けと日暮れを境に昼と夜に分け、それぞれ 6 等分する）」を採用したのが特徴であり、昼と夜の長さが季節によって異なるため、それに対応した複雑な機構を作り出した。二挺てんぶ、割駒式文字板がその一例である。(Fig2,3)



Fig.2 二挺てんぶ目覚付袴腰櫓時計



Fig.3 割駒式文字板

1872(明治 5)年に太陰暦から太陽暦に変わるとともに、時刻の表し方も「不定時法」から「定時法

」に変わった。これにより和時計の終焉を迎え、時計産業への積極的な技術導入が図られ、現在に至っている。

近年、AHCI 会員である菊野昌宏氏が和時計改を発表し、話題になった。元来、和時計は時間を人々の生活に合わせるものであった。裕福な暮らしができるようになった今だからこそ、和時計とともに時間に縛られずに生きていく提案を具現化した菊野氏の時計が注目を集めたのだと、私は考えている。

4. 日本での機械式時計の発展

日本で腕時計が使い始められてきた明治時代に、服部時計店(現セイコーホールディングス)が 1881 年に中古時計を買い取り修繕して売り出す事業を開始した。その後、クロック、懐中時計の製造を経て、腕時計の国内製造を開始した。以降、日本の機械式時計の発展のキーワードは基本機能の追及、すなわち高精度化にあったといっても過言ではない。

1950 年、60 年代はスイスにおいて腕時計の精度向上をより奨励するために、長期間の精度を競ういくつかの天文台コンクールが開催されていた。ここに、国産メーカーである第二精工舎(現セイコーインスツル)は、1964 年からこれらのコンクールで最も規模の大きかったニューシャテル天文台コンクール参加し、並み居るスイス勢を追い抜き、わずか 4 年で第 2 位となり、優勝が期待された 5 年目の 1968 年に結果発表の直前に突然コンクールそのものの中止が発表され、時代もクォーツ時計の開発へ移行していった。同じセイコーグループの諏訪精工舎(現セイコーエプソン)は、ニューシャテル天文台コンクール中止が発表されると、ジュネーブ天文台コンクールへエントリーを行い、1 位を獲得した。これらセイコーグループは、非常に短い期間で世界の頂点へ駆け上り、国産時計メーカーの確かな爪痕を世界に残したのである。なお、この時の精度は、静止状態で 1 日あたり約 0.04 秒の誤差であった。

また、1918 年には、現在のシチズン時計の前身である「尚工舎時計研究所」を設立された。シチズン時計も 1956 年に国産初の耐振装置(パラショック)、1959 年に国産初の完全防水時計(パラウォーター)など、さまざまなエポックメイキングが行われ、国産機械式時計の歴史を彩ってきた。

セイコー、シチズンの他にもいくつかの国産時計メーカーが互いに競うことで、国産機械式時計の実力は更なる向上を続け、そこで培われた技術が日本をスイスと並ぶ時計製造国へ発展させた。現在も、この DNA が脈々と受け継がれてきており、例えばグランドセイコーは実用時計の最高峰と銘打って日本の機械式時計を支えている。

5. 現在の機械式時計

次頁 Fig.4 は、スイスにおける時計輸出推移を表している。上左図に示すように、時計全体の市場は年々縮小傾向にあるが、機械式時計(メカ)の数量は、ほぼ横ばいを維持していることがわかる。こ

れに加え，上右図に示すように，機械式時計の平均単価はクォーツ時計の 10 倍近く，ユーザーに高い付加価値を提供していることが分かる．近年では，機械式時計の単価は上がっていき，さらに高額化が進んでいることが窺える．機械式時計はどんな付加価値をどのようにつけていくのかが今後の課題になってきており，時計メーカーごとに，そのアピールポイントは様々である．独自性を如何にうまく消費者に訴えられるか，ここに鍵があると考ええる．

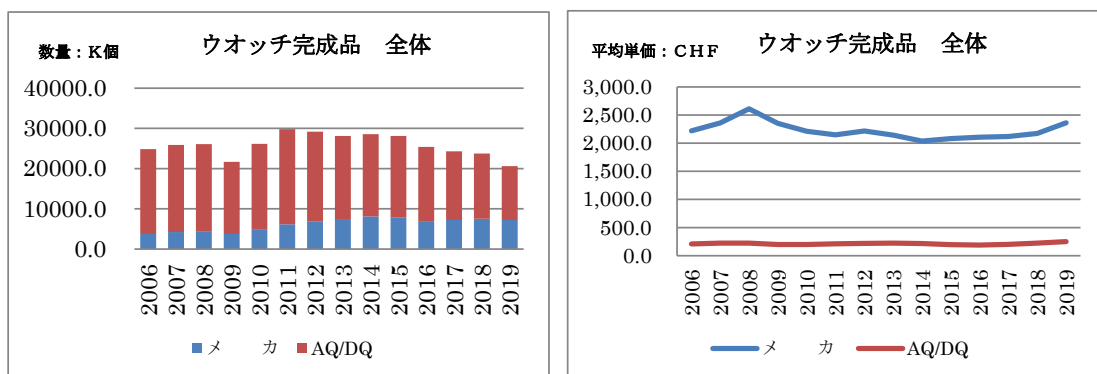


Fig.4 ウォッチの年度別数量および平均単価の推移

6. 機械式時計の基本構成

機械式時計の機構は大別すると，最少で動力機構，輪列機構，脱進機構，调速機構，指示機構，巻上機構，切換機構の 7 つに分類される．ムーブメントによっては，さらに，カレンダー機構やクロノグラフ機構，巻印機構などの特殊機構が備わる．

ここでは基本の 7 つの機構について代表的な例(Fig.5, Fig.6, Fig.7, Fig.8)を示して説明していく．

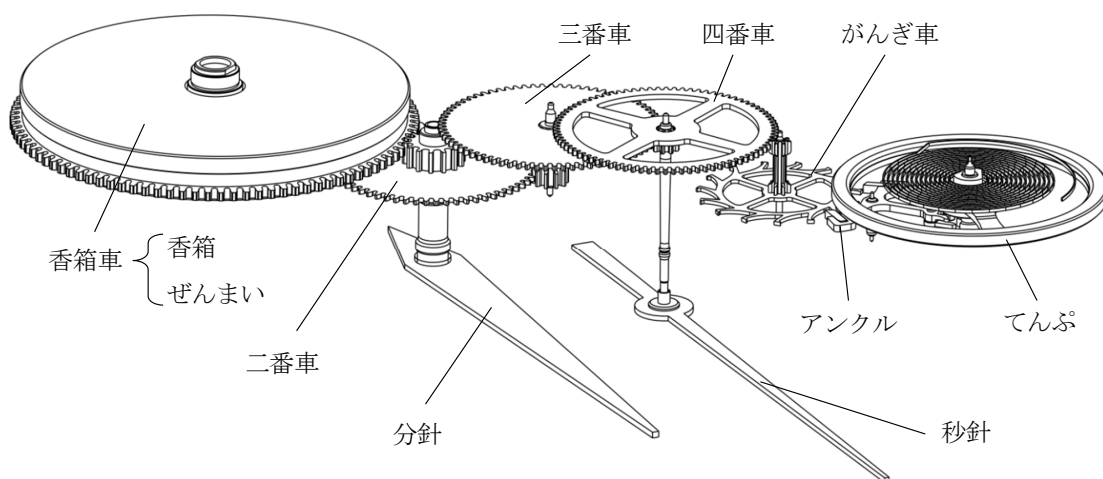


Fig.5 動力機構～輪列機構～脱進機構～调速機構

6. 1 動力機構

香箱車と呼ばれる部品を指す。この香箱車は香箱とぜんまいから構成され、時計を動かす動力源となる。香箱の中にぜんまいが格納され、このぜんまいが巻かれた後、解ける力を香箱の外側の歯車が次の輪列機構に伝える働きをする。

6. 2 輪列機構

香箱車の1回転は数時間かかる。これを複数の車を介してスピードを上げていき、分針や秒針の回転速度に合わせる働きをする車同士の組み合わせを輪列と呼ぶ。車は大きな歯車と小さな歯車が一体になっており、回転は歯車からかなを介して伝わっていく。

二番車は1時間に1回転、四番車は60秒で1回転するようにそれぞれの車の歯数比を決める。これにより、二番車には分針が、四番車には秒針が取り付けられる。

つまり、例えば香箱車が7時間で1回転する場合、香箱車と二番車は歯数比が7:1になる。

しかし、ぜんまいの解け方を何も制御しないと、ぜんまいは一気に解けてしまう。上述した香箱車が7時間で1回転するように制御する必要がある。これを司るのが、次項で説明する脱進機と調速機となる。

ちなみに、輪列は大別すると本中三針輪列、伝え中三針輪列、ETA輪列という3種類が存在する。

6. 3 脱進機構

がんぎ車とアンクルで構成される。輪列の回転運動は四番車を介してがんぎ車に伝えられる。がんぎ車の回転運動をアンクルによって、規則正しく進めたり止めたりする。これにより、

- ・ 輪列の回転運動を往復運動に変換する
- ・ がんぎ車の回転運動の力を規則的に調速機(てんぷ)に伝える
- ・ てんぷの往復運動を逆に輪列機構に伝達することで、その回転速度を制御する

の3つの役割を担っている。

6. 4 調速機構

てんぷと呼ばれる部品のことを指す。アンクルの動きによって、てんぷに力が加えられ、右に回転すると、ある程度回転したところでひんぷについているひげぜんまいの力によって元に戻され、さらにその勢いで左に回る。そしてまた、ひげぜんまいの力で元の位置に戻ろうとする。

このようにてんぷは、ひげぜんまいの拡張によって静止位置から周期的に左右への往復運動を繰り返すことで、てんぷの正確なリズムを逆にアンクルやがんぎ車を介して輪列機構の回転速度を制御しているのである。

6. 5 指示機構

実際に時計は時分秒の針により時刻が表示される。6. 2項では分針、秒針が二番車と四番車に取り付けられると記載したが、時針も含めて、実際の指示機構について説明する。

分針は二番車に取り付けられるが、実際には二番車の軸に筒かなを被せて、そこに取り付けている。筒かなは二番車に圧入されているため、二番車が回転すると筒かなおよび分針と一緒に回転する。筒かなは日の裏車とかみ合い、日の裏かなは筒かなに被せた独立で回転可能な筒車とかみ合う。

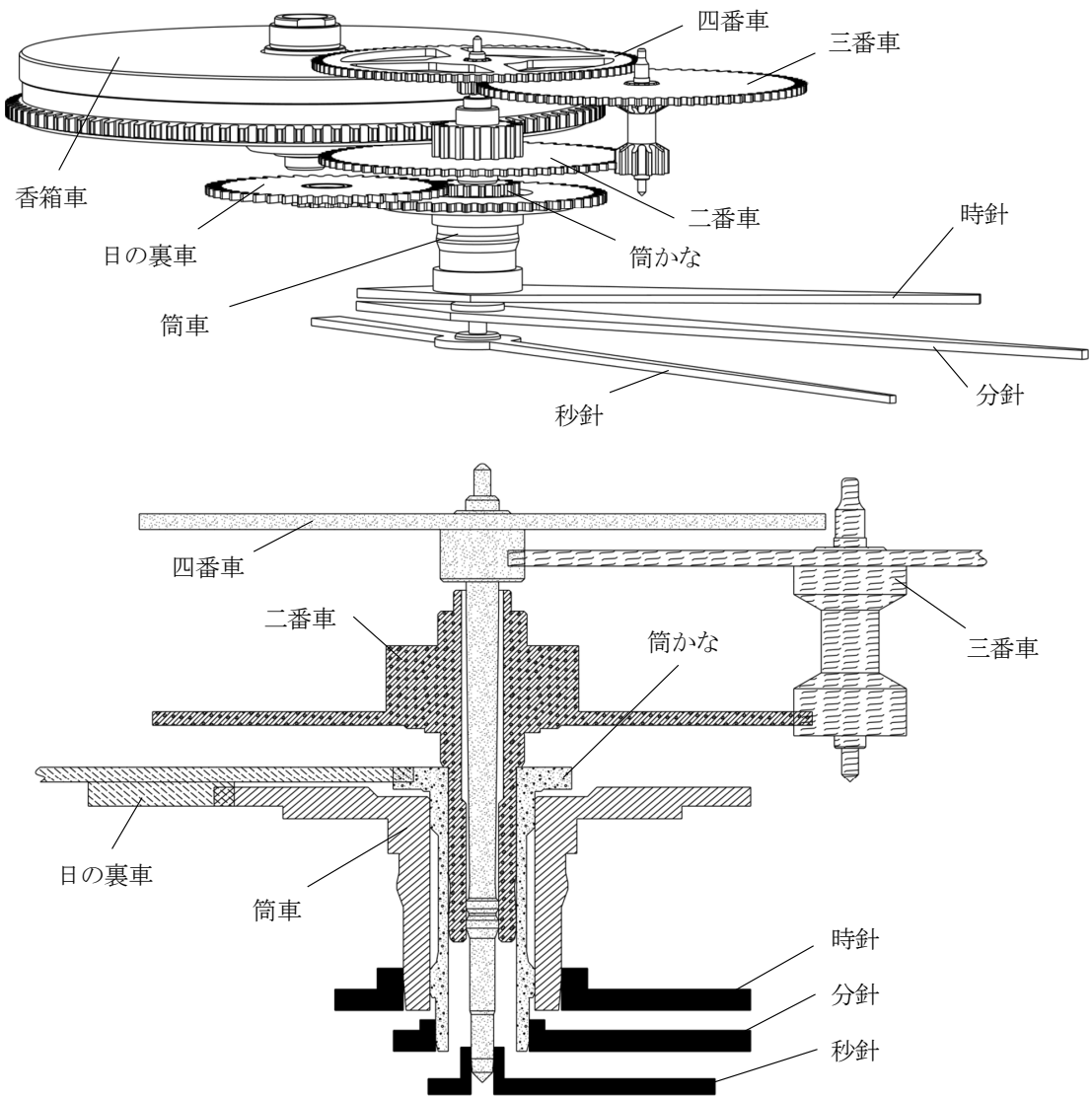


Fig.6 指示機構

この時、歯数比を筒車が 12 時間で 1 回転するようにして、この車に時計を付ける。

通常、時計、分針、秒針は時計の中心に同軸上に配置されるので、筒車と二番車の中心は中空になっており、そこを四番車が貫通する構造になっている。

6. 6 巻上機構

巻上機構には手巻と自動巻の 2 種類が存在する。前者は手で竜頭を回転させて、ぜんまいを巻き上げる、後者は手の動きで回転錘が回転して、ぜんまいを巻き上げるものである。

手巻は竜頭(巻真)⇒つづみ車⇒きち車⇒丸穴車⇒揺動丸穴車⇒二番伝え車⇒角穴車⇒香箱車(香箱真)、自動巻は回転錘(外輪)⇒一番伝え車⇒つめレバー⇒二番伝え車⇒角穴車⇒香箱車(香箱真)と伝わり、香箱真に取り付けられたぜんまいを巻き上げる。

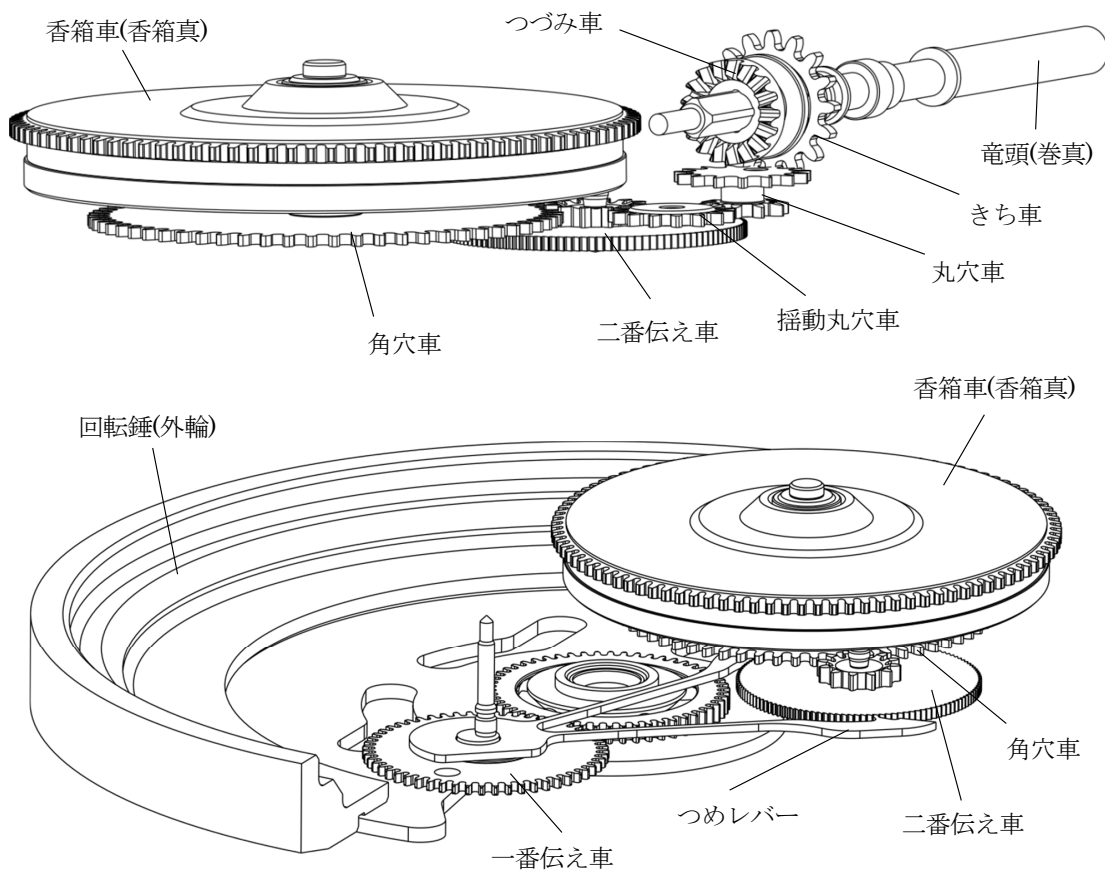


Fig.7 巻上機構(上段：手巻，下段：自動巻)

ちなみに、揺動丸穴車は竜頭を反時計方向に回転させると二番伝え車とのかみ合いが外れて、ぜんまいがほどける方向の回転を防止している。また、つめレバーは回転錘が左右どちらに回転しても二番伝え車を同一方向(ぜんまいを巻き上げる方向)にしか回転させない仕組みになっている。

6. 7 切換機構

主につづみ車、おしどり、かんぬきで構成され、竜頭を引くことによって、カレンダーや時刻を合わせられるように、車同士をかみ合わせる働きをもつ。竜頭が0段目の時は、おしどりとかんぬきの働きにより、つづみ車ときち車がかみ合うようにセットされる。これにより、6. 6で説明したようにぜんまいを巻き上げることができる。竜頭を1段目にひくと、巻真と係合しているおしどりが移動し、それにより、かんぬきも移動する。さらに、このかんぬきと係合しているつづみ車が移動し、きち車とのかみ合いが外れ、日の裏車と係合するようになる。これにより、日の裏車が回転することにより、筒車と筒かなが回転できるようになり、時刻修正ができるようになる。

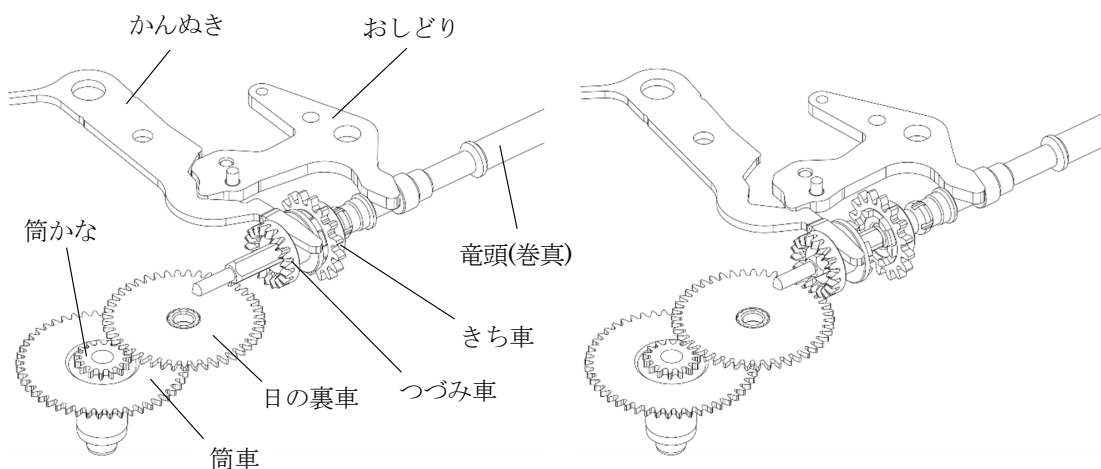


Fig.8 切換機構(左：竜頭0段目、右：竜頭1段目)

7. おわりに

『嗜好性の高い高級アイテム』として復活を遂げた機械式時計ではあるが、昨今は新機構、新加工、新要素の研究開発が各社競うように行われている。また、一方で、懐中時計から腕時計へ進化した際に残された課題である携帯精度の向上、さらに、その精度の長期的な安定性についても開発が進み、独自の精度保証基準を設けているメーカーも出てきている。これは、設計者の純粋な時計としての機能を突き詰めようという飽くなき探求心の表れに他ならない。

機械式時計はまだまだ進化を続けていくのではないかと期待せずにはいられない。

引用，参考文献

- 1) 重城 幸一郎：機械式時計の高精度技術の動向と展望 日本時計学会誌 vol.53 No.200 (2009)
- 2) 小牧 昭一郎：機械式時計講座 東京大学出版会 (2014)
- 3) 本間 誠二：機械式時計大全 誠文堂新光社 (2013)
- 4) セイコーミュージアムホームページ(<https://museum.seiko.co.jp/>)

日本の時計産業の概況

2019年

目 次

ウォッチ完成品（グローバルオペレーション）

- 1-1 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）数量の推移 [機種別]
- 1-2 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）金額の推移 [機種別]
- 1-3 日本のウォッチ完成品輸出の推移 [機種別]
- 1-4 2019年の日本のウォッチ完成品輸出 [地域別構成比]
- 1-5 日本のウォッチ完成品国内出荷の推移 [機種別]

クロック完成品（グローバルオペレーション）

- 2-1 日本のクロック完成品総出荷（輸出＋国内出荷）数量の推移 [機種別]
- 2-2 日本のクロック完成品総出荷（輸出＋国内出荷）金額の推移 [機種別]
- 2-3 日本のクロック完成品輸出の推移 [機種別]
- 2-4 2019年の日本のクロック完成品輸出 [地域別構成比]
- 2-5 日本のクロック完成品国内出荷の推移 [機種別]

注)

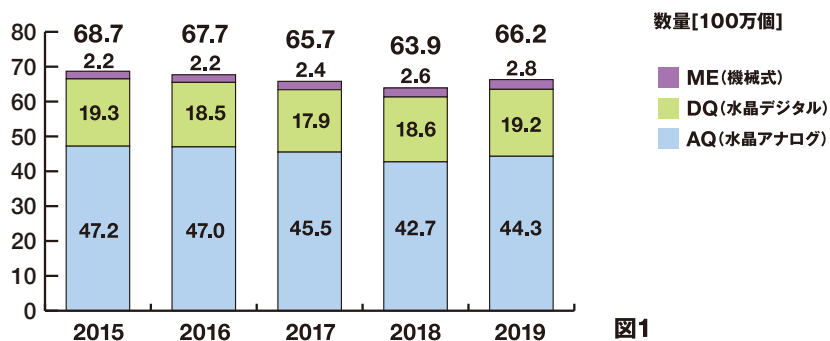
- 1. 日本のグローバルオペレーション：日本の時計企業の海外生産・出荷を含む事業活動
- 2. 図1～8、9～16は日本時計協会の統計データに基づく
- 3. 金額は、輸出はFOB、国内出荷は税抜き売り渡し価額
- 4. AQ は水晶コンビネーションを含む水晶アナログ、DQ は水晶デジタル、ME は機械式時計

2020年 3月

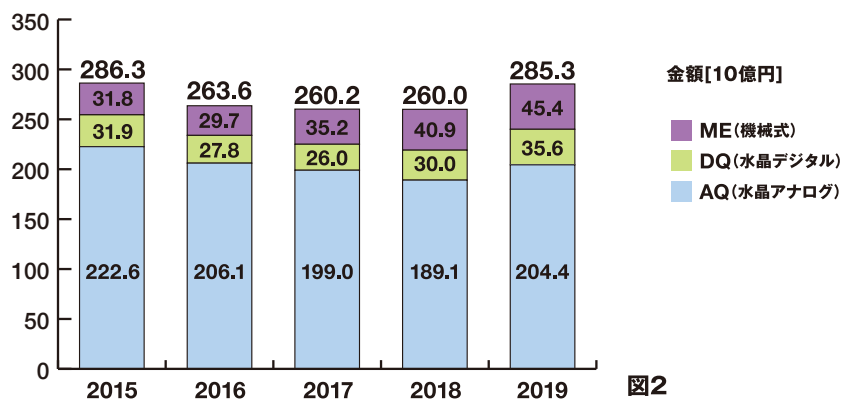
一般社団法人 日本時計協会

ウォッチ完成品（グローバルオペレーション）

1-1 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）数量の推移 [機種別]



1-2 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）金額の推移 [機種別]



- 2019年日本の時計メーカーによるウォッチ完成品の総出荷（海外からの出荷を含む）は、数量66百万個で前年比4%増、金額2,853億円で前年比10%増であった。
- 機種別数量では、水晶アナログが前年比4%増、水晶デジタルが同3%増、機械式は同5%増であった。
- 参考値として、2019年の完成品とムーブメントの合計の出荷は、数量 410百万個（前年比10%減）、金額3,388億円（同6%増）であった。

*四捨五入された数値を表示しているため、実際の計算結果と表示されている合計数が合わない場合があります。

1-3 日本のウォッチ完成品輸出の推移 [機種別]

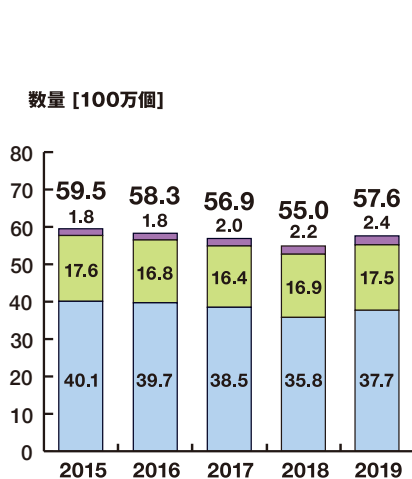


図3

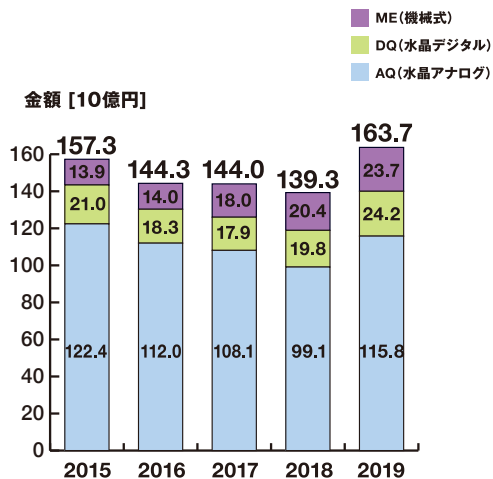


図4

1-4 2019年の日本のウォッチ完成品輸出 [地域別構成比]

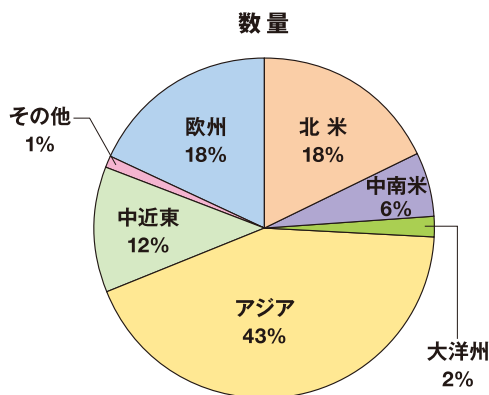


図5

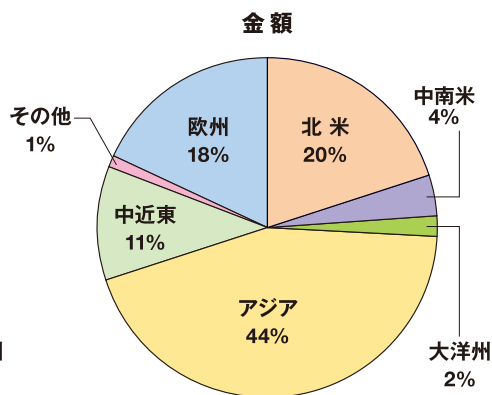
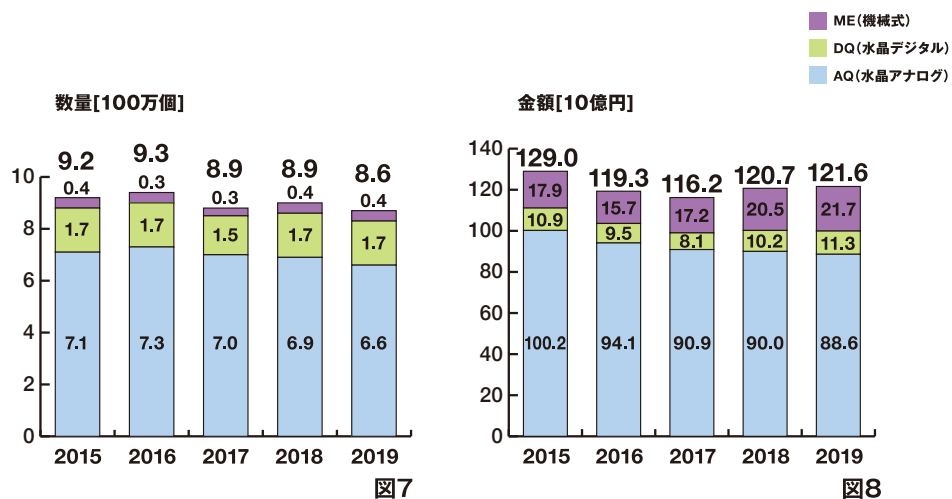


図6

- 2019年日本の時計メーカーによるウォッチ完成品の輸出は、数量58百万個で前年比5%増、金額1,637億円で同18%増であった。
- 完成品の主な輸出先の対前年金額比較ではアジアが25%増で、他の地域向けも増加した。

*輸出は海外からの出荷を含む。

1-5 日本のウォッチ完成品国内出荷の推移 [機種別]

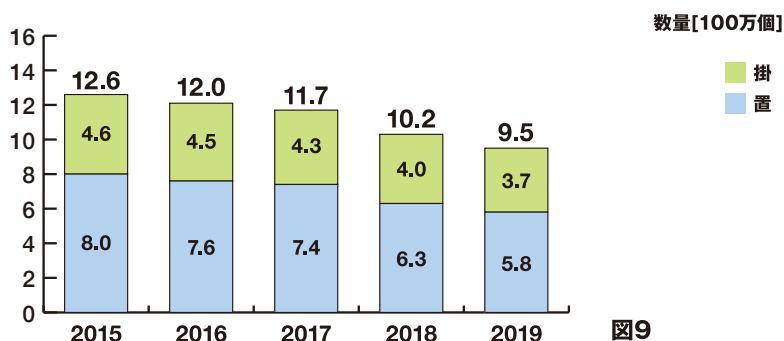


- 2019年日本の時計メーカーによるウォッチ完成品の国内出荷は、数量9百万個で前年比3%減、金額1,216億円と同1%増であった。

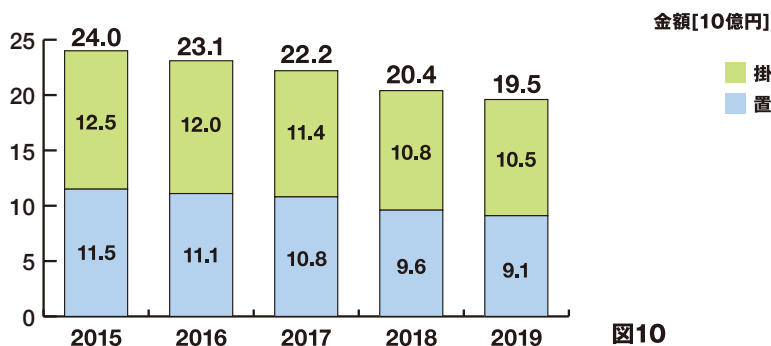
*四捨五入された数値を表示しているため、実際の計算結果と表示されている合計数が合わない場合があります。

クロック完成品(グローバルオペレーション)

2-1 日本のクロック完成品総出荷(輸出+国内出荷)数量の推移 [機種別]



2-2 日本のクロック完成品総出荷(輸出+国内出荷)金額の推移 [機種別]



- 計器板・その他は含まない(前年比較も同様)。
- 2019年日本の時計メーカーによるクロック完成品の総出荷(海外からの出荷を含む)は、数量が10百万個で前年比7%減、金額は195億円と同4%減となった。
- 機種別数量では、置時計が前年比7%減、掛時計も同7%減であった。
- 参考値として、2019年の完成品とムーブメントの合計の出荷は、数量11百万個(前年比9%減)、金額199億円(同5%減)となった。

*四捨五入された数値を表示しているため、実際の計算結果と表示されている合計数が合わない場合があります。

2-3 日本のクロック完成品輸出の推移 [機種別]

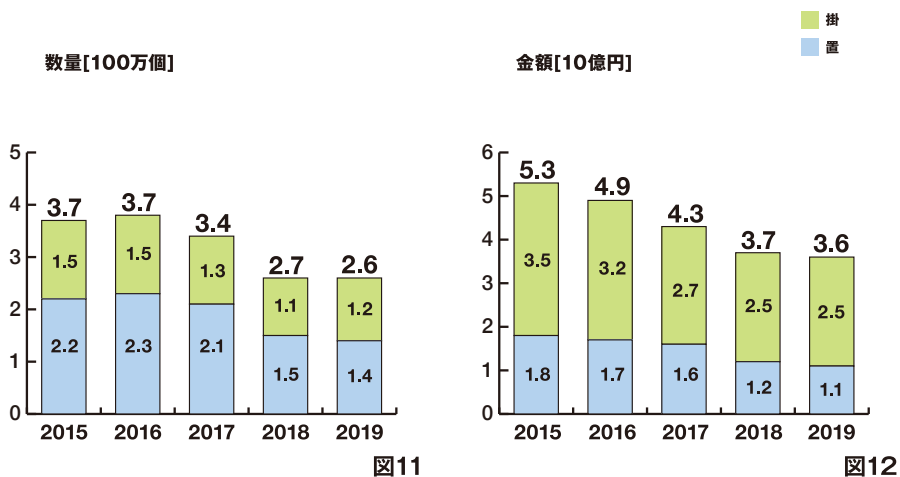


図11

図12

2-4 2019年の日本のクロック完成品輸出 [地域別構成比]

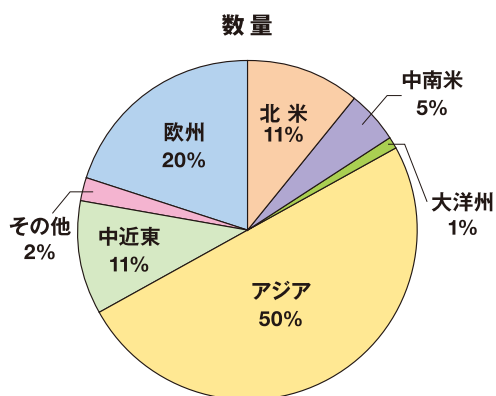


図13

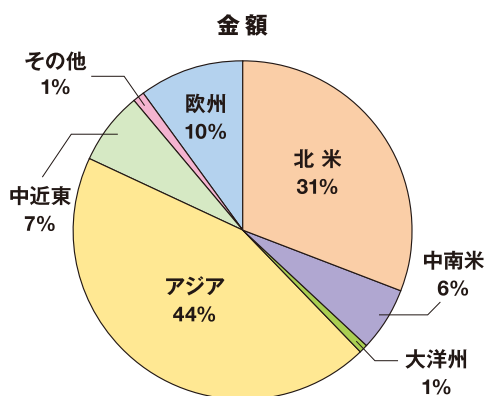


図14

●2019年日本の時計メーカーによるクロック完成品の輸出（海外からの出荷を含む）は、数量2.6百万個で前年比1%減、金額36億円で同2%減であった。

●完成品の主な輸出先の対前年金額比較では北米が11%増で、アジアは9%減であった。

*輸出は海外からの出荷を含む。

*四捨五入された数値を表示しているため、実際の計算結果と表示されている合計数が合わない場合があります。

2-5 日本のクロック完成品国内出荷の推移 [機種別]

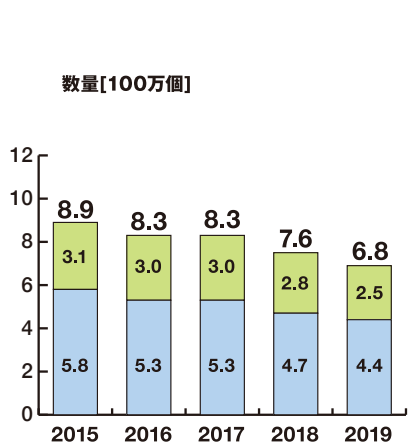


図15

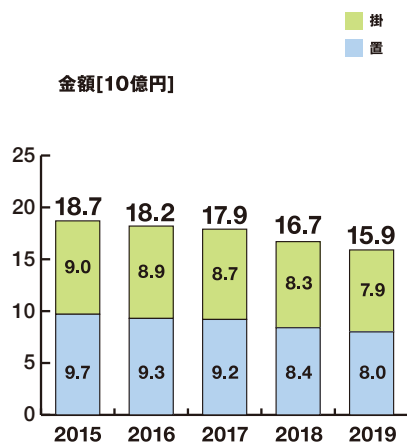


図16

- 2019年日本の時計メーカーによるクロック完成品の国内出荷は、数量7百万個で前年比9%減、金額は159億円で同5%減であった。

*四捨五入された数値を表示しているため、実際の計算結果と表示されている合計数が合わない場合があります。

会 報

一般社団法人 日本時計学会
2020年度 事業計画書
(自 2020年1月1日～至 2020年12月31日)

I. 事業計画

1. 学術講演会, 研究会, 見学会等の開催

[1] マイクロメカトロニクス学術講演会

マイクロメカトロニクス学術講演会を9月中旬, 中央大学 後楽園キャンパスで開催する。
研究論文発表12件程度を予定する。

[2] 研究会

時計及び時計応用技術に係わる最先端のテーマを2件選定し, 専門の講師を招いての研究会を,
4月及び11月の2回, 中央大学 後楽園キャンパスで開催する。
また, 特別研究会を年2回程度開催する。

[3] 見学会

会員の研修のため, 産業界, 特に時計技術に関連する分野において顕著な業績を挙げている工場,
研究機関等の見学会を6月に行う。

2. 時計及び時計応用技術に関する研究調査分科会

時計及び時計応用技術に関する研究調査を行うため, 過年度より進行中の研究調査分科会1件を
継続して進める予定である。研究調査分科会の成果は報告書または学会誌の記事によって報告す
る。

[1] 名称:「機械式時計の組立・修理を行うAIロボット」

(主査: 木村 南 神奈川工科大学非常勤講師・本学会理事)

「機械式時計の組立・修理を行うAIロボットの可能性」をテーマとした先端技術研究・調査を
継続して実施する。

2020年度はAI技術の応用事例・AIロボット研究について特別研究会を実施する。

3. 学会誌, 学術図書等の刊行

[1] 学会誌「マイクロメカトロニクス」を下記のとおり年2回発行する。

Vol. 64, No. 222: 2020年6月, 280部

Vol. 64, No. 223: 2020年12月, 280部

学会誌を魅力的なものとする取り組みとして特集記事を掲載する。

[2] 学術講演会講演論文集を年1回発行する。

マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集: 2020年9月, 150部

4. 研究の奨励及び研究業績の表彰

[1] 青木賞。

青木賞表彰委員会を設け, 2018年度および2019年度の日本時計学会誌「マイクロメカトロニクス」

に掲載された研究論文の中から, 当学会初代会長青木保博士を記念した第 54 回青木賞受賞の対象として研究論文を 1 編選考する.

マイクロメカトロニクス学術講演会の際, 第 54 回青木賞贈呈式を行う.

[2] ベストプレゼンテーション賞

総会・学術講演会における優秀な講演発表者に対し, 第 3 回ベストプレゼンテーション賞をマイクロメカトロニクス学術講演会の技術交流会において授与する.

5. 内外関係機関等との交流及び協力

[1] 国内機関との交流

国立国会図書館へ学会誌「マイクロメカトロニクス」およびマイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集を納本する.

科学技術振興機構へ学会誌の電子データを提供する.

[2] 外国機関との交流

スイス: スイス時計学会 SSC: Société Suisse de Chronométrie, ドイツ: Technische Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek Hannover(TIB/UB)等との機関誌等の情報交換を行なう.

[3] 関係学会との協賛

研究会および学術講演会を, 一般社団法人エレクトロニクス実装学会, 一般社団法人日本機械学会, 公益社団法人精密工学会, 一般社団法人電気学会, 公益社団法人応用物理学会, 公益社団法人計測自動制御学会, 一般社団法人電子情報通信学会, 公益社団法人日本設計工学会, 一般社団法人日本ロボット学会、公益社団法人日本磁気学会等, 関係学協会の協賛を得て開催する.

II. 会議に関する事項

1. 理事会を 6 回以上開催する.
2. 定時社員総会を 2 月に開催する.
3. 各研究調査分科会を 4 回程度開催する.
4. 企画委員会を 3 回程度開催する.
5. 青木賞表彰委員会を 2 回程度開催する.
6. 編集委員会を 4 回程度開催する.

収支予算書

一般社団法人日本時計学会

自 2020年 1月 1日 至 2020年12月31日 (単位:円)

科 目	予 算 額	前年度予算額	増 減	備 考
〔事業活動収支の部〕				
〔事業活動収入〕				
【基本財産運用収入】				
基本財産利息収入	100	100	0	
【入金収入】				
入金収入	10,000	2,000	8,000	
【会費収入】				
正会員会費収入	800,000	800,000	0	
学生会員会費収入	4,000	4,000	0	
賛助会員会費収入	2,125,000	2,075,000	50,000	
【事業収入】				
事業収入(研究会)	200,000	150,000	50,000	
事業収入(講演会)	760,000	550,000	210,000	
広告収入	237,000	170,000	67,000	
【雑収入】				
受取利息収入	50	100	△ 50	
雑収入	60,000	50,000	10,000	
事業活動収入計	4,196,150	3,801,200	394,950	
〔事業活動支出〕				
【事業費支出】				
臨時雇用賃金支出	1,100,000	1,100,000	0	
広報活動費支出	132,000	130,200	1,800	
旅費交通費支出	60,000	80,000	△ 20,000	
通信運搬費支出	60,000	60,000	0	
消耗品費支出	10,000	20,000	△ 10,000	
印刷製本費支出	500,000	500,000	0	
光熱水料費支出	25,000	25,000	0	
賃借料支出	550,000	497,400	52,600	
諸謝金支出	100,000	80,000	20,000	
雑支出	100,000	100,000	0	
会議費支出	300,000	300,000	0	
【管理費支出】				
臨時雇用賃金支出	450,000	450,000	0	
会議費支出	1,000	5,000	△ 4,000	
旅費交通費支出	30,000	30,000	0	
通信運搬費支出	50,000	50,000	0	
消耗品費支出	50,000	50,000	0	
印刷製本費支出	2,000	10,000	△ 8,000	
光熱水料費支出	25,000	25,000	0	
賃借料支出	550,000	497,400	52,600	
租税公課支出	80,000	80,000	0	
雑支出	10,000	5,000	5,000	
事業活動支出計	4,185,000	4,095,000	90,000	
事業活動収支差額	11,150	△ 293,800	304,950	
当期収支差額	11,150	△ 293,800	304,950	
前期繰越収支差額	1,656,246	1,873,624	△ 217,378	
次期繰越収支差額	1,667,396	1,579,824	87,572	

一般社団法人 日本時計学会
2019年度 事業報告書
(自 2019年1月1日～至 2019年12月31日)

I. 事業の状況

1. 学術講演会、研究会、見学会等の開催

[1] マイクロメカトロニクス学術講演会

日 時 : 2019年9月19日(木) 11:00～19:30

会 場 : 中央大学 後楽園キャンパス 5号館 5134, 5135, 5136, 5234号室

プログラム

- ・講演発表 : 7件
- ・製品展示セッション : 5社
- ・特別講演 : 1件

テーマ:「時計業界の今と今後」

講師 : クロノス日本版 編集長 広田 雅将氏

- ・技術交流会

*午後より談話室でのコーヒーの無料サービスを実施し、会員の交流を図った。

参加者 : 76名

[2] 研究会

① 春季研究会 :

テーマ: CNC 画像測定システムによる寸法/形状自動測定技術の概要,

導入事例とソフトウェア技術

講師: (株) ニコン 門元 伸吾氏

(株) ニコンインステック 大家 清 氏、 柴田 秀和 氏

日時: 2019年4月19日(金) 14:30～16:10

会場: 中央大学 後楽園キャンパス 2号館7階 2735号室

参加者: 18名

② 秋季研究会 :

テーマ: OQTA～言葉にならない想いを伝える時計～時計と想いの融合

講師: OQTA 株式会社 チーフクリエイティブオフィサー 高橋 淨久氏

日時: 2019年11月8日(金) 14:00～15:30

会場: 中央大学 後楽園キャンパス 2号館7階 2735号室

参加者: 18名

③特別研究会1 :

テーマ: 人工知能の基礎 - ノート PC で体験する AI -

講師: シンギュラーテクノロジーズ代表 森出 茂樹 氏

日時: 2019年1月15日(火) 14:00～16:00

会場: 中央大学 後楽園キャンパス 5号館 5233号室

参加者: 26名

④特別研究会2 :

テーマ: 「世界に誇る精密計測 経度の測定と時間計測-マリンクロノメーターから
レーザ測長まで-」

講師：ミットヨアメリカ計測学院 須賀 信夫氏

日時：2019 年 3 月 15 日(金) 13:30～17:00

会場：ミットヨ測定博物館

参加者：21 名

⑤特別研究会 3：

テーマ：使える人工知能 実践編 そこが知りたい「ものづくり」への AI の応用

講師：株式会社スカイディスク 富澤 拓氏

株式会社フューチャーマネジメントアンドイノベーションコンサルティング

鈴木 稔氏，○森出 茂樹氏

日時：2019 年 8 月 2 日(金) 14:30～16:30

会場：中央大学 後樂園キャンパス 2 号館 2 階 2221 号室（製図室）

参加者：21 名

[3] 見学会：

見学先：「シチズンミュージアム」（シチズン時計株式会社 本社）

日時：2019 年 6 月 27 日（木） 13:10～15:00

参加者：21 名

2. 時計及び時計応用技術に関する研究調査分科会

2019 年度は次の 1 件で，概要は以下の通りである．

[1] 名称：「機械式時計の組立・修理を行う AI ロボット」

（主査：木村 南 神奈川工科大学・本学会理事）

2019 年度は，特別研究会を 2 回開催した．

- ・人工知能の基礎 ノート PC で体験する AI-
- ・使える人工知能 実践編 そこが知りたい「ものづくり」への AI の応用

3. 学会誌，学術図書等の刊行

[1] 学会誌「マイクロメカトロニクス」を下記のとおり年 2 回発行した．

Vol. 63, No. 220：2019 年 6 月，280 部

Vol. 63, No. 221：2019 年 12 月，280 部

[2] 学術講演会講演論文集を年 1 回発行した．

マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集：2019 年 9 月，150 部

4. 研究の奨励及び研究業績の表彰

[1] 青木賞

第 53 回青木賞選考は，2017 年度および 2018 年度の日本時計学会誌「マイクロメカトロニクス」に掲載された論文 13 編に対して，選考委員 10 名による予備審査と表彰委員 4 名による本審査の 2 段階で行われた．その結果，下記論文を第 53 回青木賞として推薦することで，表彰委員全員の賛同及び理事会の承認を得，マイクロメカトロニクス学術講演会において表彰した．

- ・ 第 53 回青木賞表彰論文：「GPS と気圧センサーを用いた高精度標高計測技術」
 - 学会誌掲載：Vol.62, No.218 (2018 年 6 月)
 - 執筆者：佐野史和氏，山形整功氏，前澤秀和氏（セイコーエプソン（株））
 - 推薦理由：予備審査を通過した論文は，どれも優れたものであったが，本論文は，本学会の学術論文として独創性，有用性，困難性のすべてにおいて高い評価を受け，総合評価でも最高得点を得た。

[2] ベストプレゼンテーション賞

2018 年度より，優秀な講演発表者を表彰する日本時計学会ベストプレゼンテーション賞（英文名：HIJ Best Presentation Award）を新設した．下記の講演に対して，第 2 回ベストプレゼンテーション賞をマイクロメカトロニクス学術講演会の技術交流会において授与した．

タイトル：強化磁器材料を用いた腕時計用有田焼文字盤の開発

所属：セイコーウォッチ（株）

講演者：野口 光一

5. 内外関係機関等との交流及び協力

[1] 国内機関との交流

国立国会図書館へ学会誌「マイクロメカトロニクス」およびマイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集を納本した．また，科学技術振興機構へ学会誌の電子データを提供した．

[2] 外国機関との交流

スイス：スイス時計学会(SSC: Société Suisse de Chronométrie),

ドイツ: Technische Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek Hannover (TIB/UB) へ学会誌を寄贈した．

[3] 関係学会との協賛

研究会および学術講演会を，一般社団法人エレクトロニクス実装学会，一般社団法人日本機械学会，公益社団法人精密工学会，一般社団法人電気学会，公益社団法人応用物理学会，公益社団法人計測自動制御学会，一般社団法人電子情報通信学会，公益社団法人日本設計工学会，一般社団法人日本ロボット学会，公益社団法人日本磁気学会等，関係学協会の協賛を得て実施した．

6. その他，学会の目的を達成する為に必要な事業

特に無し．

Ⅱ. 処務の概要

1. 役員等に関する事項

一般社団法人 日本時計学会 役員名簿

2019年12月31日現在

役職	氏名	常・非常勤	就任年月日	年間給与	担当	所属
代表理事	木原 啓之	非常勤	2019年3月4日	無し	業務総括	シチズン時計（株）
業務執行理事	大隅 久	非常勤	2019年3月4日	無し	代表理事補佐 事務局（経理）	中央大学
業務執行理事	常葉 輝久	非常勤	2019年3月4日	無し	事務局（総務）	カシオ計算機（株）
理事	足立 武彦	非常勤	2019年3月4日	無し	編集担当	
理事	飯田 謙司	非常勤	2019年3月4日	無し	編集担当	セイコーエプソン（株）
理事	今村 美由紀	非常勤	2019年3月4日	無し	編集委員長 青木賞・企画担当	セイコークロック（株）
理事	梅田 和昇	非常勤	2019年3月4日	無し	事業委員長 企画担当	中央大学
理事	大谷 親	非常勤	2019年3月4日	無し	青木賞委員長 事業・企画担当	千葉工業大学
理事	木村 南	非常勤	2019年3月4日	無し	企画委員長	神奈川工科大学
理事	佐々木 健	非常勤	2019年3月4日	無し	編集担当	東京大学
理事	滝澤 勝由	非常勤	2019年3月4日	無し	事業・企画担当	セイコーウオッチ（株）
理事	中島 悦郎	非常勤	2019年3月4日	無し	広報・企画担当	ブイテックインターナシ ョナル（株）
理事	増田 純夫	非常勤	2019年3月4日	無し	編集担当	一文機工（株）

監事	山本 尚	非常勤	2017年2月24日	無し	—	一般社団法人 日本時計協会
監事	吉村 靖夫	非常勤	2019年3月4日	無し	—	

2. 職員に関する事項

業務を担当する職員はいない。

3. 理事会及び総会に関する事項

[1] 理事会

開催年月日	主な議事事項	会議の結果
第1回理事会 2019年3月4日 (定時社員総会前)	・ 新任の運営委員の選任 ・ 定時社員総会議案についての確認 - 1号議案 2018年度収支決算及び事業報告 - 2号議案 2019年度予算及び事業計画 - 3号議案 理事および監事の選任 ・ 新入会員の承認	承認 提案内容承認 承認
第2回理事会 同 3月4日 (定時社員総会后)	・ 定時社員総会議案についての確認 ・ 2018年度の体制について ・ 出版編集関係 ・ 2018年度秋季研究会報告 ・ 2019年度春季研究会について ・ 2019年度見学会について ・ 2019年度理事会の日程について ・ 2019年度分科会企画提案について ・ 2019年度特別研究会について	確認 審議・承認 承認 承認 審議・承認 審議・承認 承認 審議・承認 審議・承認
第3回理事会 同 4月19日	・ 出版編集関係 ・ 2019年度特別研究会について ・ 2019年度特別研究会報告 ・ 2019年度春季研究会報告（速報） ・ マイクロメカトロニクス学術講演会について ・ 新入会員の承認	承認 継続審議 承認 承認 審議・承認 承認
第4回理事会 同 6月27日	・ 出版編集関係 ・ 2019年度春季研究会報告 ・ 2019年度見学会実施報告（速報） ・ 第53回青木賞選考の経緯と表彰論文の推薦について ・ マイクロメカトロニクス学術講演会について ・ 2019年度特別研究会について ・ 2019年度秋季研究会について	承認 承認 承認 審議・承認 審議・承認 審議・承認 審議・承認
第5回理事会 同 9月19日	・ 出版編集関係 ・ 2019年度秋季研究会について ・ 2019年度見学会報告 ・ 2019年度特別研究会実施報告（速報）	承認 審議・承認 承認 承認
第6回理事会 同 11月8日	・ 出版編集関係 ・ 定時社員総会議案検討 ・ 2019年度秋季研究会実施報告（速報） ・ 学術講演会来年度実施計画検討 ・ 2019年度特別研究会報告 ・ ベストプレゼンテーション賞の審査結果報告 ・ 新入会員の承認	承認 継続審議 承認 継続審議 承認 承認 承認
第7回理事会 同 12月20日	・ 出版編集関係 ・ 定時社員総会議案検討 ・ 2019年度事業報告、2020年度事業計画	承認 継続審議 継続審議

	・ 2019 年度決算見込，2020 年度収支予算案 ・ 2019 年度秋季研究会実施報告 ・ 2020 年度特別研究会について ・ 2020 年度研究会・見学会幹事について ・ マイクロメカトロニクス学術講演会実施報告 ・ 学術講演会来年度実施計画検討 ・ 新入会員の承認	継続審議 承認 承認 承認 承認 承認
--	---	------------------------------------

[2] 総会

開催年月日	主な議事事項	会議の結果
定時社員総会 2019 年 3 月 4 日	・ 1 号議案 2018 年度収支決算及び事業報告・監査報告 ・ 2 号議案 2019 年度予算および事業計画 ・ 3 号議案 理事および監事の選任	承認 承認 承認（選任）

4. 許可，認証，承認，証明などに関する事項

該当なし.

5. 契約に関する事項

契約年月日 : 2019 年 5 月 23 日 (2021 年 5 月 22 日まで)

相手方 : 株式会社 エム・シーリース

契約の概要 : 事務局として朝日九段マンション 522 号室の賃貸借契約

6. 主務官庁指示に関する事項

該当なし.

7. 会員数動向

会員種別	2019 年度末	2018 年度末	増減数
正会員	161 (名)	155 (名)	+6 (名)
賛助会員	17 (社)	17 (社)	±0 (社)
学生会員	1 (名)	3 (名)	-2 (名)
計	179	175	+4

*2019 年度末の会員数は 12 月度理事会承認後

8. その他重要事項

該当なし.

収支計算書

一般社団法人日本時計学会

自 2019年 1月 1日 至 2019年12月31日 (単位: 円)

科 目	予 算 額	決 算 額	差 異	備 考
〔事業活動収支の部〕				
〔事業活動収入〕				
【基本財産運用収入】				
基本財産利息収入	100	1	99	
【入金収入】				
入金収入	2,000	2,000	0	
【会費収入】				
正会員会費収入	800,000	790,000	10,000	
学生会員会費収入	4,000	1,000	3,000	
賛助会員会費収入	2,075,000	2,100,000	△ 25,000	
【事業収入】				
事業収入(研究会)	150,000	263,000	△ 113,000	
事業収入(講演会)	550,000	456,000	94,000	
広告収入	170,000	265,140	△ 95,140	
【雑収入】				
受取利息収入	100	602	△ 502	
雑収入	50,000	128,337	△ 78,337	
事業活動収入計	3,801,200	4,006,080	△ 204,880	
〔事業活動支出〕				
【事業費支出】				
臨時雇用賃金支出	1,100,000	1,116,477	△ 16,477	
広報活動費支出	130,200	130,200	0	
旅費交通費支出	80,000	64,730	15,270	
通信運搬費支出	60,000	62,096	△ 2,096	
消耗品費支出	20,000	7,760	12,240	
印刷製本費支出	500,000	571,525	△ 71,525	
光熱水料費支出	25,000	24,322	678	
賃借料支出	497,400	547,716	△ 50,316	
諸謝金支出	80,000	144,781	△ 64,781	
雑支出	100,000	15,755	84,245	
会議費支出	300,000	301,033	△ 1,033	
【管理費支出】				
臨時雇用賃金支出	450,000	441,029	8,971	
会議費支出	5,000	0	5,000	
旅費交通費支出	30,000	26,070	3,930	
通信運搬費支出	50,000	49,282	718	
消耗品費支出	50,000	55,280	△ 5,280	
印刷製本費支出	10,000	1,102	8,898	
光熱水料費支出	25,000	24,322	678	
賃借料支出	497,400	547,716	△ 50,316	
租税公課支出	80,000	80,000	0	
雑支出	5,000	12,262	△ 7,262	
事業活動支出計	4,095,000	4,223,458	△ 128,458	
事業活動収支差額	△ 293,800	△ 217,378	△ 76,422	
当期収支差額	△ 293,800	△ 217,378	△ 76,422	
前期繰越収支差額	1,873,624	1,873,624	0	
次期繰越収支差額	1,579,824	1,656,246	△ 76,422	

正味財産増減計算書

一般社団法人日本時計学会

自 2019年 1月 1日 至 2019年12月31日 (単位: 円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減
〔一般正味財産増減の部〕			
〔経常増減の部〕			
〔経常収益〕			
【基本財産運用益】			
基本財産受取利息	1	280	△ 279
【受取入金】			
受取入金	2,000	1,200	800
【受取会費】			
正会員受取会費	790,000	772,500	17,500
学生会員受取会費	1,000	1,000	0
賛助会員受取会費	2,100,000	2,075,000	25,000
【事業収益】			
事業収益(研究会)	263,000	106,000	157,000
事業収益(講演会)	456,000	448,000	8,000
事業収益(広告収入)	265,140	174,960	90,180
【雑収益】			
受取利息	602	335	267
雑収益	128,337	76,766	51,571
経常収益計	4,006,080	3,656,041	350,039
〔経常費用〕			
【事業費】			
臨時雇用賃金	1,116,477	1,116,477	0
広報活動費	130,200	129,600	600
旅費交通費	64,730	64,696	34
通信運搬費	62,096	59,335	2,761
消耗品費	7,760	30,223	△ 22,463
印刷製本費	571,525	527,925	43,600
光熱水料	24,322	23,577	745
賃借料	547,716	497,400	50,316
諸謝金	144,781	55,685	89,096
雑費	15,755	161,778	△ 146,023
会議費	301,033	311,876	△ 10,843
【管理費】			
臨時雇用賃金	441,029	441,029	0
旅費交通費	26,070	26,772	△ 702
通信運搬費	49,282	47,310	1,972
消耗品費	55,280	76,919	△ 21,639
印刷製本費	1,102	8,340	△ 7,238
光熱水料	24,322	23,576	746
賃借料	547,716	497,400	50,316
租税公課	80,000	80,000	0
雑費	12,262	17,166	△ 4,904
経常費用計	4,223,458	4,197,084	26,374
評価損益等調整前当期経常増減額	△ 217,378	△ 541,043	323,665
当期経常増減額	△ 217,378	△ 541,043	323,665
税引前当期一般正味財産増減額	△ 217,378	△ 541,043	323,665
当期一般正味財産増減額	△ 217,378	△ 541,043	323,665
一般正味財産期首残高	7,813,624	8,354,667	△ 541,043
一般正味財産期末残高	7,596,246	7,813,624	△ 217,378
正味財産期末残高	7,596,246	7,813,624	△ 217,378

貸借対照表

一般社団法人日本時計学会

2019年12月31日現在 (単位: 円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	
〔 資 産 の 部 〕				
【 流 動 資 産 】				
現 金 預 金	1,766,246	2,119,624	△	353,378
流 動 資 産 合 計	1,766,246	2,119,624	△	353,378
【 固 定 資 産 】				
(基 本 財 産)				
基 本 財 産	500,000	500,000		0
基 本 財 産 合 計	500,000	500,000		0
(その他固定資産)				
敷 金	140,000	140,000		0
定 期 預 金	5,300,000	5,300,000		0
その他固定資産合計	5,440,000	5,440,000		0
固 定 資 産 合 計	5,940,000	5,940,000		0
資 産 合 計	7,706,246	8,059,624	△	353,378
〔 負 債 の 部 〕				
【 流 動 負 債 】				
前 受 会 費	110,000	246,000	△	136,000
流 動 負 債 合 計	110,000	246,000	△	136,000
負 債 合 計	110,000	246,000	△	136,000
〔 正 味 財 産 の 部 〕				
【一般正味財産】				
その他一般正味財産	7,596,246	7,813,624	△	217,378
一 般 正 味 財 産 合 計	7,596,246	7,813,624	△	217,378
(うち基本財産への充当額)	(500,000)	(500,000)	(	0)
正 味 財 産 合 計	7,596,246	7,813,624	△	217,378
負債及び正味財産合計	7,706,246	8,059,624	△	353,378

財 産 目 録

一般社団法人日本時計学会

2019年12月31日現在 (単位: 円)

貸借対照表科目		場所・物量等	使用目的等	金 額
【 流 動 資 産 】				
	現 金			59,586
	現 金			59,586
	預 金			1,706,660
	普通預金 (りそな銀行)			1,132,527
	郵便振替貯金			574,133
流動資産合計				1,766,246
【 固 定 資 産 】				
(基 本 財 産)				
基本財産合計 (その他固定資産)	基 本 財 産			500,000
	定期預金 (りそな銀行)			500,000
				500,000
	敷 金			140,000
	その他固定資産			5,300,000
その他固定資産合計				5,300,000
固定資産合計				5,440,000
資 産 合 計				5,940,000
【 流 動 負 債 】				7,706,246
	前 受 会 費		2020年度会費	110,000
流動負債合計				110,000
負 債 合 計				110,000
正 味 財 産				7,596,246

一般社団法人 日本時計学会 2019 年 11 月度 理事会議事録
－ 2019 年度 第 6 回理事会 －

（記録：常葉 輝久 2019 年 11 月 8 日）

1. **開催日時**：2019 年 11 月 8 日（金）16:00～17:00
2. **場所**：中央大学理工学部 後樂園キャンパス 2 号館 7 階 2735 号室
3. **出席者**：
＜理事＞木原，大隅，足立，飯田，今村，梅田，大谷，木村，佐々木，滝澤，中島，増田，常葉（以上 13 名）
＜監事＞山本，吉村（以上 2 名）
＜運営委員＞橋田，小池，小水内，重城，鈴木，土肥，永田，藤沢，藤田，横山（以上 10 名）
理事総数 13 名の過半数につき理事会成立

4. 審議事項

(1) 2019 年 9 月度理事会議事録確認

9 月度（第 5 回）理事会の議事録（案）に問題無いことが確認された。

(2) 出版編集関係（別紙資料配布 今村理事より説明）

マイクロメカトロニクス 2019 年 12 月号(Vol.63, No.221)に向けて，今村理事（編集委員長）より入稿状況等の説明がされた。内容と継続確認事項は以下の通り。

- ・ 論文，記事で，カラー化が要望された場合，必要になった場合は，理事運営委員会で個別判断する（4 ページ単位でカラー化が可能）
- ・ 大学関係からの投稿が少なく，「研究論文」が減少傾向。
- ・ 依頼原稿の執筆者，査読をお願いした方へは，正会員では無い場合も学会誌を進呈する。

(3) 年度末に向けての確認

- ・ 定時総会、理事会の日程
2020 年 2 月 28 日（金），開催予定
- ・ 定時総会議題について
2019 年事業報告、2020 年事業計画等の資料の初校が展開され，大きな問題が無い事が確認された。
次回理事運営委員会で，修正した内容を報告予定。

(4) 秋季研究会報告（速報）（藤田運営委員より報告，幹事会社：リズム時計工業）

- テーマ：OQTA～言葉にならない想いを伝える時計～時計と想いの融合
- 日時：2019 年 11 月 8 日（金）14:00～15:30
- 参加者：18 名

(5) 学術講演会実施報告及び来年度実施計画検討

- ・ 学術講演会実施報告：準備が間に合わず，次回の理事運営委員会で報告。
- ・ 来年度実施計画検討：事前に決定する項目（場所，業務担当）の洗出しと，締切り定義のフォーマット作成を中心に，事業委員会で検討を行う。次回理事運営委員会で検討結果を報告。

(6) 特別研究会報告（別紙資料配布 木村理事より報告）

- テーマ：使える人工知能 実践編 そこが知りたい「ものづくり」への AI の応用
ー 不良要因解析 不良予知アラーム 車体溶接工程へのディープラーニングの適用ー
- 内容：射出成型時の稼働・検品結果のデータから，不良要因分析に AI を活用して不良が発生する前に事前に検出しアラームを出すことや大手自動車メーカーの車体溶接工程へのディープラーニングの適用など最新の AI 応用事例が紹介された。
- 講師：株式会社スカイディスク 富澤 拓氏

株式会社フューチャーマネジメントアンドイノベーションコンサルティング

鈴木 稔氏, ○森出 茂樹氏

- 日時：2019 年 8 月 2 日(金) 14 時 30 分～16 時 30 分
- 会場：中央大学理工学部 2 号館 2 階 2221 号室 (製図室)
- 参加者：21 名
- 収入：40,000 円／支出：30,489 円 (講師謝礼, 会場アルバイト, 飲料代) ／差額：+9,511 円

(7) 次回理事会

- ・第 7 回理事会開催日：2019 年 12 月 20 日 (金) 16:00～17:00
中央大学理工学部 後楽園キャンパス

5. 報告事項

(1) 会員数状況 (2019 年 11 月 8 日承認後)

- ・正会員 162 名 (±0), 学生会員 3 名 (±0), 賛助会員 17 社 (±0) (84 口 (±0))
- ・入会：なし
- ・退会：なし

(2) その他

- ・小水内運営委員が 11 月度の理事運営委員会で退任する事が承認され、後任として、12 月度の理事運営委員会から、岩崎氏 (日本時計協会) が運営委員に就任する予定である事が報告された。
- ・2019 年度日本時計学会ベストプレゼンテーション賞報告 (別紙資料配布 木村理事より報告) 選考結果の詳細について報告がされた。
- ・時計技術解説シリーズ報告 (別紙資料配布 重城運営委員より報告)
クォーツ時計, メカ時計に関して、過去の掲載内容と、今後の掲載タイトルと担当会社の計画案に関して報告がされた。

以上

一般社団法人 日本時計学会 2019 年 12 月度 理事会議事録 — 2019 年度 第 7 回理事会 —

(記録：常葉 輝久 2019 年 12 月 20 日)

1. 開催日時：2019 年 12 月 20 日 (金) 16:00～17:30
2. 場所：中央大学 後楽園キャンパス 2 号館 7 階 2735 号室
3. 出席者：
<理事>木原, 大隅, 足立, 飯田, 今村, 梅田, 大谷, 木村, 滝澤, 中島, 増田, 常葉 (以上 12 名)
<監事>吉村 (以上 1 名) 理事総数 13 名の過半数につき理事会成立
<運営委員>岩崎, 重城, 鈴木, 土肥, 永田, 藤田, 横山 (以上 7 名)

4. 審議事項

(1) 2019 年 11 月度理事会議事録確認

11 月度 (第 6 回) 理事会の議事録 (案) に問題無いことが確認された。

(2) 出版編集関係 (別紙資料配布 今村理事より説明)

マイクロメカトロニクス 2020 年 6 月号(Vol.64, No.222)に向けて、今村理事 (編集委員長) より入稿状況等の説明がされた。

- ・BASEL WORLD 2020 の 5 月開催に対して、原稿締切まで日程が短い為、レポート執筆者の事前検討が必要。
- ・依頼原稿筆者(6 名)、査読者(3 名)へ、マイクロメカトロニクス 2019 年 12 月号(Vol.63, No.221)を送付予定。
- ・時計外装に関する特集記事企画案が提案された。各社の記載項目を次回理事運営委員会で報告。

(3) 定時社員総会議案確認 (別紙資料配布 常葉業務執行理事より説明)

- ・定時社員総会の議題、日程が確認された
日時：2020 年 2 月 28 日(金) 17:00 - 18:00

(4) 2019 年度事業報告, 2020 年度事業計画 (別紙資料配布 常葉業務執行理事より説明)

2019 年事業報告、2020 年事業計画等の資料の修正版が展開され、問題無い事が確認された。

(5) 2019 年度決算見込, 2020 年度収支予算案 (別紙資料配布 大隅業務執行理事より説明)

- ・2019 年度決算見込, 2020 年度収支予算案が展開され、問題無い事が確認された。
- ・2020 年度主な変更点
収入増：学術講演会協賛金, 学会入会金の金額改定
支出増：学会事務所賃料の消費税

(6) 秋季研究会報告 (別紙資料配布 藤田運営委員より報告, 幹事会社：リズム時計工業(株))

- テーマ：OQTA～言葉にならない想いを伝える時計～時計と想いの融合
- 内容：OQTA とは用事が無くても、ふとした想いを相手に届けて、コミュニケーション量を自然に増やせる事を目的とした時計です。時計と Wi-Fi の融合により、言葉にならない想いを伝える事のできる時計について講演。
- 講師：OQTA 株式会社 高橋 淨久拓氏
- 日時：2019 年 11 月 8 日(金) 14 時 00 分～15 時 30 分
- 会場：中央大学 後楽園キャンパス 2 号館 7 階 2735 号室
- 参加者：18 名 (正会員：9 名, 非会員：9 名)
- 収入：54,000 円／支出：30,914 円(講師謝礼, 会場アルバイト, 飲料代)／差額：+23,086 円

(7) 特別研究会開催について (木村理事より説明)

以下の開催案(詳細はこれから検討)が提案され、承認された。

- テーマ：AI 技術の応用事例・AI ロボット研究について
- 講師：株式会社エクサウィザーズ
- 日時：2020 年 2 月 28 日(金)
- 会場：中央大学 後楽園キャンパス

(8) 2020 年度の研究会、見学会幹事の件 (別紙資料配布 大谷理事より説明)

以下の幹事会社が提案され、承認された。

- ・研究会(春)：シチズン(株)
- ・研究会(秋)：セイコーエプソン(株)
- ・見学会：カシオ計算機(株)

(9) 学術講演会実施報告 (別紙資料配布 土肥運営委員より説明)

- 参加者：76 名 (正会員：45 名, 非会員：31 名)
- 収入：456,000 円／支出：392,921 円(論文集, 技術交流会, ケータリング, 講演料, 会場アルバイト)／差額：+63,079 円

(9) 学術講演会来年度実施計画検討 (別紙資料配布 土肥運営委員より説明)

梅田理事(事業委員長), 土肥運営員(学術講演会担当)で、学術講演会の業務洗出し資料を作成し

共有がされた。来年度は、この資料を元に遅れの無い事前準備を行う

(7) 次回理事会

- ・第1回理事会：2020年2月28日（金）16:00～17:00
- ・定時社員総会：2020年2月28日（金）17:00～18:00
- ・第2回理事会：2020年2月28日（金）18:00～19:00
中央大学 後楽園キャンパス

5. 報告事項

(1) 会員数状況（2019年12月20日承認後）

- ・正会員 161名（-1），学生会員1名（-2），賛助会員17社（±0）（84口（±0））
- ・入会：なし
- ・退会：正会員1名，学生会員2名

(2) その他

- ・2020年度理事運営委員会日程
 - ・2020年2月28日（金）：第1回理事会，定時社員総会，第2回理事会
 - ・2020年4月17日（金）：第3回理事会，春季研究会
 - ・2020年6月19日（金）：第4回理事会，見学会
 - ・2020年9月18日（金）：第5回理事会，学術講演会
 - ・2020年11月6日（金）：第6回理事会，秋季研究会
 - ・2020年12月18日（金）：第7回理事会
- ・名称の変更と統一
 - ・中央大学 理工学部 後楽園キャンパス → 中央大学 後楽園キャンパス
 - ・新2号館 → 2号館

以上

一般社団法人 日本時計学会 2020年2月度 理事会議事録 － 2020年度 第1回理事会 －

（記録：常葉 輝久 2020年2月28日）

1. 開催日時：2020年2月28日（金）16:00～17:00
2. 場所：中央大学 後楽園キャンパス 2号館7階2735号室
3. 出席者：
 - <理事>木原，大隅，今村，大谷，木村，滝澤，中島，増田，常葉（以上9名）
 - <監事>山本，吉村（以上2名）
 - <運営委員>岩崎，橘田，重城，鈴木，土肥，永田，藤田，横山（以上8名）

4. 審議事項

(1) 2019年12月度理事会議事録確認

12月度（第7回）理事会の議事録（案）に問題無いことが確認された。

(2) 定時社員総会議案について

下記、定時社員総会の議案について内容の確認を行った。

- ・ 1号議案：2019年度決算及び事業報告（別途資料配布）
2019年度決算報告書について、経理担当大隅理事より説明報告がされ、総会議題として承認された。
質疑：学会誌の臨時での大量購入があった為、雑収入増へとつながった。
2019年度事業報告について、総務担当 常葉理事より説明報告がされ、総会議題として承認された。
- ・ 2号議案：2020年度予算及び事業計画（別途資料配布）
2020年度収支予算書について、経理担当 大隅理事より説明があり、総会議題として承認された。
2020年度事業計画について、総務担当 常葉理事より説明があり、総会議題として承認された。
- ・ 3号議案：理事及び監事の選任
理事、監事共に継続年度の為、変更が無い事が確認され、総会議題として承認された。

（3）出版編集関係（別紙資料配布 今村理事より説明）

- ・ マイクロメカトロニクス 2020年6月号(Vol.64, No.222)に向けて、今村理事（編集委員長）より入稿状況等の説明がされた。
- ・ 研究及び技術報告が1件と少ないため、各社状況を確認の上、報告。
- ・ 巻末記載の学術講演会申し込み先を、土肥運営委員→梅田理事へ変更。

（4）次回理事会

第2回理事会：2020年2月28日（金）18:00～19:00（定時社員総会后）
中央大学 後楽園キャンパス

5. 報告事項

（1）会員数状況（2020年2月28日承認後）

- ・ 正会員 156名（-5）， 学生会員 1名（±0）， 賛助会員 16社（-1）（83口（-1））
- ・ 入会： 正会員 2名，賛助会員 1名
- ・ 退会： 正会員 7名，賛助会員 2社

（2）その他

- ・ 中央大学後楽園キャンパスの5号館の工事日程の影響により、マイクロメカトロニクス学術講演会の開催を6号館で開催見込み。

以上

一般社団法人 日本時計学会 2020年度 定時社員総会議事録

（記録：常葉 輝久 2020年2月28日）

1. 開催日時：2020年2月28日（金）17:00～17:30
2. 場所：中央大学 後楽園キャンパス 2号館7階2735号室
3. 出席状況：以下の出席状況であり、定款の規定により本定時社員総会は成立
議決権ある社員総数 161名，総社員の議決権の数 161個，出席社員数 100名（委任状 81名を含む），この議決権の総数 100個，
出席理事：木原（議長），大隅，今村，大谷，木村，滝澤，中島，増田，常葉（議事録作成）
出席監事：山本，吉村

4. 議題

(1) 1号議案：2019年度決算及び事業報告（別途資料配布）

- 1) 2019年度決算報告書について、経理担当 大隅理事より説明報告がされ、また、監事より適正であることの監査報告があり、異議なく承認された。
- 2) 2019年度事業報告について、総務担当 常葉理事より説明報告がされ、異議なく承認された。

(2) 2号議案：2020年度予算及び事業計画（別途資料配布）

- 1) 2020年度収支予算書について、経理担当 大隅理事より説明があり、異議なく承認された。
- 2) 2020年度事業計画について、総務担当 常葉理事より説明があり、異議なく承認された。

(3) 3号議案：理事及び監事の選任

理事、監事共に継続年度の為、変更が無い事が確認され、異議なく承認された。

以上

一般社団法人 日本時計学会 2020年2月度 理事会議事録

－ 2020年度 第2回理事会 －

（記録：常葉 輝久 2020年2月28日）

1. 開催日時：2020年2月28日（金）17:40～18:15

2. 場所：中央大学 後楽園キャンパス 2号館7階2735号室

3. 出席者：

<理事>木原、大隅、今村、大谷、木村、滝澤、中島、増田、常葉（以上9名）

<監事>山本、吉村（以上2名）

理事総数13名の過半数につき理事会成立

<運営委員>岩崎、橘田、重城、鈴木、土肥、永田、廣川、藤田、横山（以上9名）

4. 審議事項

(1) 定時総会議案についての確認

定時社員総会で下記各議案が提案通りに承認されたことを確認した。

- ・1号議案 2019年度収支決算及び事業報告
- ・2号議案 2020年度予算及び事業計画
- ・3号議案 理事及び監事の選任

(2) 新任の運営委員の選任

新たに以下の運営委員の選任が提案された。特に異議はなく一同これに同意し承認された。

新任運営委員 廣川 潤一氏（カシオ計算機（株））

(3) 2020年度の体制について（別紙資料配布 常葉理事より説明）

定時社員総会の議決に基づき2020年度の業務体制について協議した結果、別紙一般社団法人日本時計学会組織図、及び業務体一覧のとおり承認された。

継続年度の為、2019年からの変更は、下記のみ

編集委員 小水内氏 → 岩崎氏 ， 大村氏 → 廣川氏

(4) 2020年度春季研究会について（別紙資料配布 永田運営委員より報告、幹事会社：シチズン時計（株））

以下の開催案が提案され、承認された。

- テーマ：光無線給電のインパクトー最新動向と課題，展望ー
- 日時：コロナウイルスの影響に合わせて，開催時期を第3回理事会(4月17日)に検討する。
(候補時期：6月初旬，7月，8月)

(5) 特別研究会について (木村理事より説明)

提案されていた，「AI技術の応用事例・AIロボット研究について」が，先方の都合により開催見合わせとなった。

別テーマの開催に関しては，コロナウイルスの影響と，それに伴う春季研究会の開催に合わせて，再検討する事となった。

(6) 見学会について (廣川運営委員より説明)

以下の開催案が提案され，承認された。

- 見学先：「羽田クロノゲート」(東京都大田区羽田旭町 11-1)
(京浜急行空港線「穴守稲荷駅」より徒歩約5分)
- 内容：羽田クロノゲートは，日本最大級の物流ターミナル。
見学コースで，宅急便をはじめとした物流のしくみやヤマトグループのめざす物流の未来「バリュー・ネットワーク」構想を，実際の設備や展示，アトラクションを通じてヤマトグループが提供する「物流の付加価値」を体感。
・物流知識豊富なアテンダントによるツアー「最新の物流を探検」(約70分)
・ツアー終了後、展示場を自由に見学可。(約20分)
- 日時：2020年6月19日(金) 14:00～15:30
- 定員：30名

※5月8日申込み締切りとして募集は行いが，「コロナウイルスの影響で中止，延期の可能性が有る」との内容を，参加募集案内に記載する。

(7) 2020年度理事会の日程について

- ・2020年2月28日(金)：第1回理事会，定時社員総会，第2回理事会
- ・2020年4月17日(金)：第3回理事会，春季研究会
- ・2020年6月19日(金)：第4回理事会，見学会
- ・2020年9月18日(金)：第5回理事会，学術講演会
- ・2020年11月6日(金)：第6回理事会，秋季研究会
- ・2020年12月18日(金)：第7回理事会

(8) 次回理事会

第3回理事会：2020年4月17日(金) 16:00～17:00

中央大学 後楽園キャンパス

※コロナウイルスの影響を考慮して，第3回理事会(4月17日(金))の開催可否に関して，3月末に判断をする。状況によっては，メールベースでの開催も検討する。

5. 報告事項

(1) その他

- ・マイクロメカトロニクス学術講演会の特別講演の候補として，下記打診予定
井上毅氏(明石市立天文科学館館長)
「時の記念日」の100周年記念行事の「時展覧会2020」へ実行委員会委員長としても参画されている。
- ・2020年度日本時計学会メーリングリストの更新。

以上

編集後記

2020 年 誰もがオリンピックイヤーと心躍らせて新たな年を迎えたのではないだろうか！

ところが3月には、「休校」、4月には「緊急事態宣言」と今までに経験のない事が起こりました。そして心待ちしていたオリンピックは来年に延期となってしまった。人々の健康を考えると致し方ない。この話、説明しなくとも今年前半の話題を一気攫った COVID-2019（新型コロナウイルス感染症）に伴う対策だ。私事だが 志村けんさん、岡江久美子さんと信じがたい思いをするとは思わなかった。ご冥福を祈りたい。

時計業界にもウイルスの影響が大きくのしかかっている。各種展示会が中止となり、新商品も影を潜めた。ウイルスと共に日々の動向に目が離せないほど時の流れの速さを感じる今日この頃だ。

しかし気が付けば 2020 年も折り返しに差し掛かる。残り半年は暗い話を払拭する流れに変わってほしいものだ。いや変える事が出来るのが、人間の強みではないだろうか。

（鈴木 紀寿 記）