

技術報告

## 婦人用高精度自動巻付き機械式時計の開発

木村怜次, 荒川康弘 (退職者)

セイコーウオッチ株式会社 時計設計部, 千葉県千葉市美浜区中瀬 1-8, 〒261-8507

(2019年8月28日受付, 2019年11月8日再受付, 2019年11月17日採録)

### Development of High-precision Automatic Mechanical Ladies' Watch

Reiji KIMURA, Yasuhiro ARAKAWA (resignee)

Movement Design & Engineering Dept., Seiko Watch Corporation,

1-8, Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-8507, Japan

(Received August 28, 2019, Revised November 8, 2019, Accepted November 17, 2019)

#### ABSTRACT

We developed a high-precision automatic mechanical watch. We aimed at a thin watch which has high automatic winding performance. To achieve these requirements, we adopted a new design of going train in which a barrel and a third wheel don't overlap. In addition to that we expanded a gap between a third wheel and a balance to reduce viscous resistance of a balance. Furthermore we employed a reverser wheel whose unresponsive angle is small. With those efforts, we achieved a high-precision, thin watch with high automatic winding performance.

#### 1. はじめに

1970年代に各社から婦人用クォーツムーブメントが開発されて以来, 婦人用時計はその手軽さと薄さからクォーツが好まれるようになった. 特に日本国内市場においては, ソーラー充電式さらにはソーラー充電式電波修正時計が普及するに至って婦人用時計はクォーツが主流となった.

しかし, 近年において機械式時計がもつ機能性を越えた価値が見直されるようになり, 高い付加価値が与えられるようになった.

一般社団法人日本時計協会が発表する『2018年日本の時計産業の概況』においても機械式時計は出荷数量の伸び以上の出荷金額の伸びをみせている<sup>1)</sup>.

高級婦人用時計においても機械式を望むニーズが強まっていることを受けて, 現代の女性にふさわしい時計としてムーブメント Cal.9S25 を搭載した製品を発表した(Fig. 1).



Fig. 1 Cal.9S25.  
(Completed watch /  
Movement)

## 2. 開発の課題と対策

Cal.9S25 の仕様は Table 1, Table 2 の通りである.

Table 1 Specifications of Cal.9S25.

General spec.	3 hands, date Automatic with hand winding
Power reserve	50 h or more
Diameter	19.4 mm
Thickness	4.49 mm
Frequency	28,800 vph
Number of jewels	33 jewels
Accuracy	The Grand Seiko Standard for Ladies' watches (See Table 2)

Table 2 Accuracy standard.

Criteria	Units	Minimum requirements	
		Grand Seiko standard for Ladies' watches	Chrono- meters(*)
Mean daily rate	s/d	-3~+8	-5~+8
Mean variation in rates	s/d	3.2	3.4
Greatest variation in rates	s/d	6.0	7.0
Difference between the rates in horizontal and vertical positions of the watch	s/d	-8~+10	-8~+10
Greatest deviation in rates	s/d	13	15
Variation in rates as a function of temperature	Between 8°C and 38°C	s/(d·°C)	±0.7
	Between 23°C and 38°C		
Resumption of the rate	s/d	±6	±6
Number of positions in inspection		6 positions	5 positions
Condition of temperature in inspection		8, 23, 38°C	8, 23, 38°C
Length of tests		17 days	15 days

(\*)ISO 3159, International standard for Timekeeping instruments - Wrist-chronometers with spring balance oscillator, category 2

本稿では、自動巻性能を確保するとともに、高精度と薄型化を両立する上での技術的課題とその対策について述べる。

### 2. 1 高精度と薄型化の両立

実用性の観点から Cal.9S25 は精度として ISO3159 に定められる『てんぷ式腕クロノメーター』規格と同等級以上とし(Table 2), また自動巻き機構を搭載することとした. コンプリートとしての審美性の観点からムーブメントの厚みは 4.49 mm とした.

高精度を達成する手段として、持続時間を大きくとり、使用中のぜんまいのトルク変動幅を減らすこととした。具体的には地板直径 20.00 mm，ムーブ総厚 4.49 mm において持続時間を長く、すなわち香箱車(Barrel complete)を厚くできるように、三番車(Third wheel)を香箱車から遠ざけ、三番車と香箱車が平面的に重ならない構造とした。比較として Fig. 2 に既存のムーブメント Cal.9S85 と Cal.9S25 の表輪列の概略図を示す。Cal.9S85 においては香箱車の上に三番車、四番車(Fourth wheel)があるのに対して、Cal.9S25 においては四番車のみである。本レイアウトにより歯車一枚だけ香箱車を厚くすることができる。

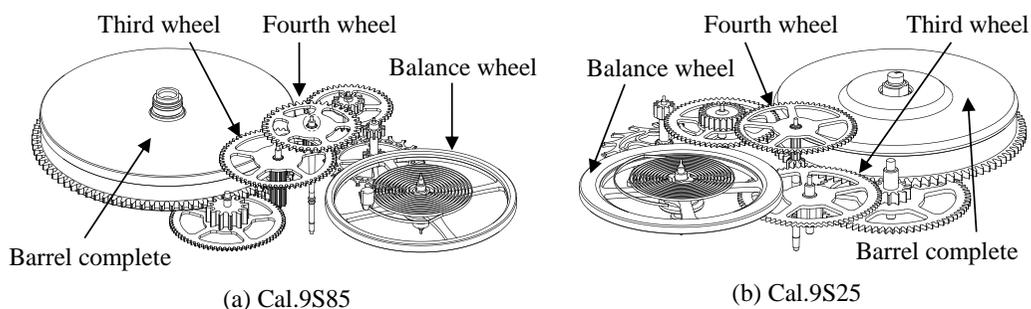


Fig. 2 Comparison of going train.

しかしながら、本レイアウトにおいてはてん輪(Balance wheel)と三番車が平面的に重なるため、てん輪と三番車の断面隙が狭くなることで空気粘性抵抗が増し、振り角が全般的に低下するという課題があった(Fig. 3)。この課題はてん輪と三番車の断面方向の隙間を適切に確保し、空気粘性抵抗を下げることで解決した。同じ平面レイアウトにおいて、てん輪と三番歯車の断面隙を 160  $\mu\text{m}$  から 340  $\mu\text{m}$  に増加させたことにより空気粘性抵抗係数を約 22% 低減できた(Fig. 4)。

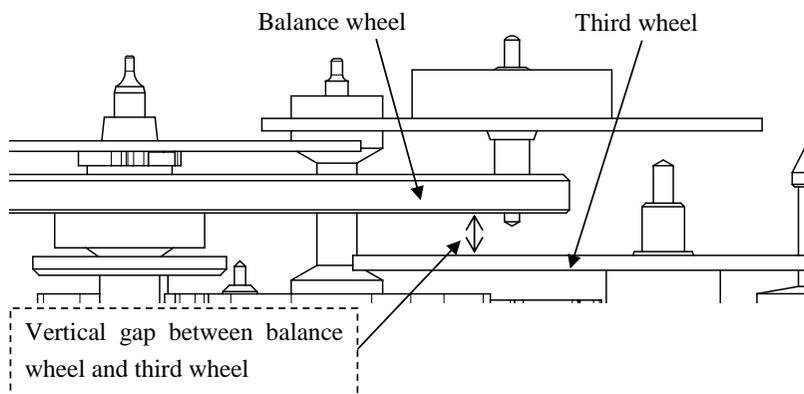


Fig. 3 Cross-section of 9S25, going train.

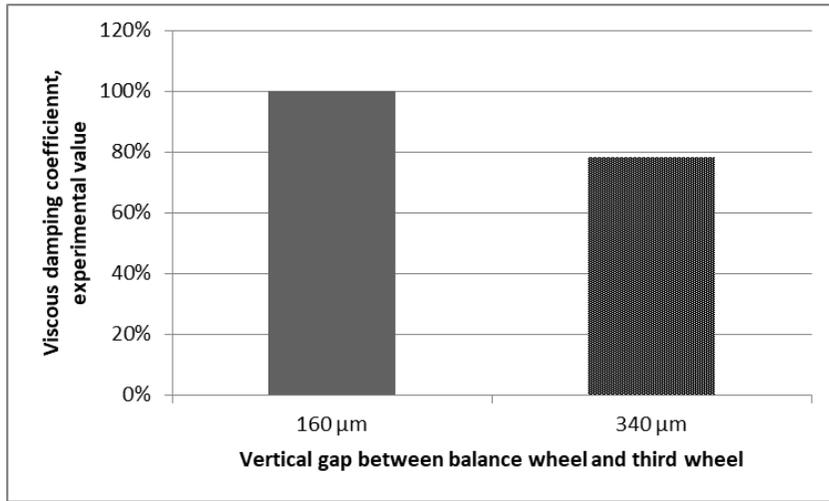


Fig. 4 Comparison of viscous damping coefficient.

## 2. 2 自動巻性能の確保

婦人用時計のようにサイズが小さい場合、精度とともに課題となるのが自動巻きの巻き上げ性能の確保である。それを示すデータとして、下式で定義する自動巻能力係数(Coefficient of automatic winding capability)の比較を Fig. 5 に示す。

$$\text{自動巻能力係数} = \frac{\text{回転錘 1 次モーメント}}{\text{フル巻から 0.5 h 後の香箱トルク}} \times 100$$

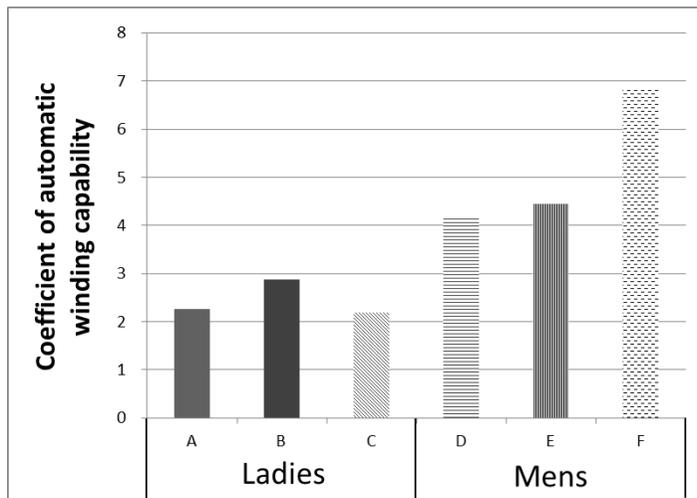


Fig. 5 Comparison of automatic winding capability coefficient.

Fig. 5 のように婦人用時計で自動巻能力係数が小さくなる主な理由としては、婦人用の基本機能として小型化、薄型化が要求されることにより回転錘の 1 次モーメントが制約を受けることや、歯車類は強度確保の観点から大幅な小型化が困難なことなどが挙げられる。また、高精度を求めて香箱トルクを強くすると自動巻能力係数がさらに低くなる。

自動巻能力係数が小さい場合でも、回転錘から角穴車までを大きく減速すればトルクとしては十分になるが、手巻時の耐久性が悪くなることや回転錘の回転数に対して巻上量が小さくなるというデメリットがある。

そこで、自動巻能力係数が小さい場合には以下を両立させる事が特に必要になる。

- ・手巻きに対しても耐久性を備えた機構
- ・腕の小さな動きも確実にぜんまいの巻上げにつなげるためのロスの少ない機構

手巻きに対して耐久性を備えた機構という点で重要なのは切換伝え車から角穴車間で減速しすぎないことである。限られた回転錘の 1 次モーメントを補うために切換伝え車から角穴車へ大きく減速すると、手巻き時に切換伝え車が高速回転し輪列の破損や摩耗などを招くことになる。

一方で、切換伝え車から角穴車へあまり減速しない場合、切換伝え車の不作動角 (Unresponsive angle, Fig. 6) による自動巻性能の低下が顕著になる。これは回転錘が反転したタイミングで角穴車が動力ぜんまいのトルクによって、切換伝え車の不作動角が詰まるまで逆転する (巻き解ける) 為である。ここで切換伝え車の不作動角とは、Fig. 6 に示す通り、切換伝え車内のつめ車 (Reversing pinion) の回転方向が空転方向 (Idle direction) から巻上げ方向 (Wind direction) に反転した際に切換つめ (Reversing lever) とつめ車が引っ掛かるまでの回転角のことである。

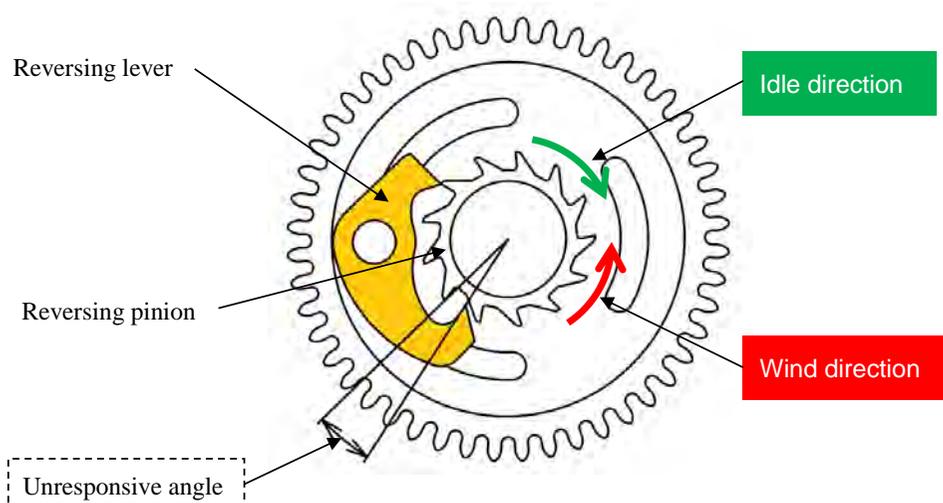


Fig. 6 Unresponsive angle of a reversing wheel.

不作動角の大きさは切換つめとつめ車の位置関係で変動し、その関係は Fig. 7 下部の概略グラフのようになる。Fig. 7 はつめ車が空転方向に回転するにつれて不作動角が大きくなり、ある角度を境に不作動角となる箇所（つめ車が巻上げ方向に回転した時のつめ車と切換つめの接触箇所）が変わるために不作動角の値が大きく変わる（グラフが不連続になる）ことを示している。Fig. 7 上部には不作動角の値が  $b$  から  $c$  へ変わる瞬間および  $d$  から  $a$  へ変わる瞬間を図示している。

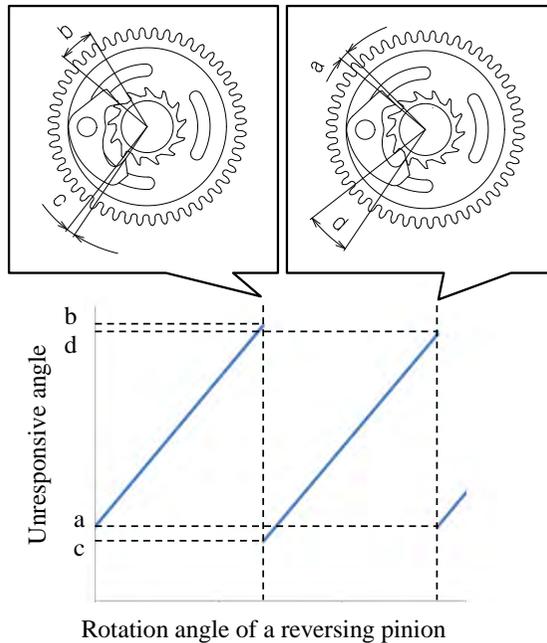


Fig. 7 Relationship between rotation angle of a reversing pinion and unresponsive angle.

回転錘反転時の角穴車の逆転（巻き解け）角と切換伝え車の不作動角の関係は下式となる。

$$\text{角穴車の逆転角} = \text{不作動角} \times \text{切換伝え車から角穴車までの減速比} \times a$$

$a$  : 輪列構成や歯車のバックラッシュなどによって決まる係数

例えば、不作動角  $30^\circ$ 、係数  $a$  が  $0.5$ 、切換伝え車から角穴車までの減速比が  $1/30$  の場合、角穴車の巻き解け角度は  $0.5^\circ$  だが、減速比を  $1/60$  にすれば角穴車の巻き解け角度は  $0.25^\circ$  に抑えられる。これは切換伝え車から角穴車まで大きく減速した場合、角穴車が逆転した際に切換伝え車が速く回り、その分不作動角が早く詰まる為である。

今回は切換つめの数を 3 つに増やすことで切換伝え車の不作動角を小さくし (Fig. 8)、それによって角穴車の逆転角を抑えた。切換つめを増やすと Fig. 7 に示す不作動角のグラフが切換つめの数だけ重ね合わされる (Fig. 9)。

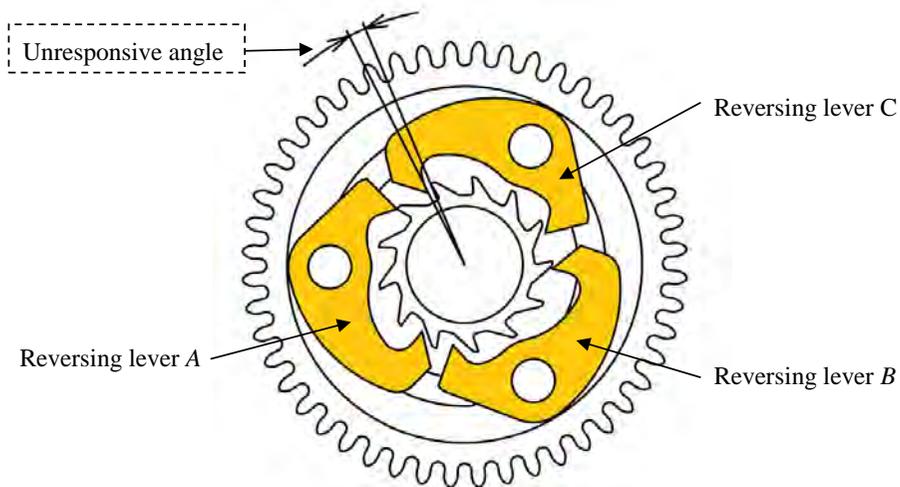


Fig. 8 Unresponsive angle of a reversing wheel, 3 reversing levers.

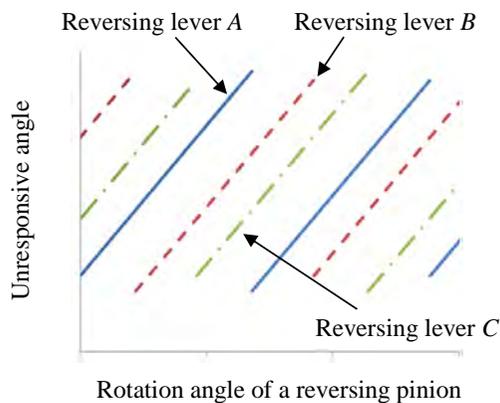


Fig. 9 Unresponsive angle of each reversing lever.

切換伝え車全体としては、Fig. 10のように、不作動角を構成する切換つめ（つめ車が巻上げ方向に回転した時につめ車と接触する切換つめ）がつめ車との位置関係によって変わり、Fig. 9におけるそれぞれの切換つめの不作動角のうち最も小さい不作動角が切換伝え車としての不作動角になるため、不作動角が小さくなる(Fig. 11).

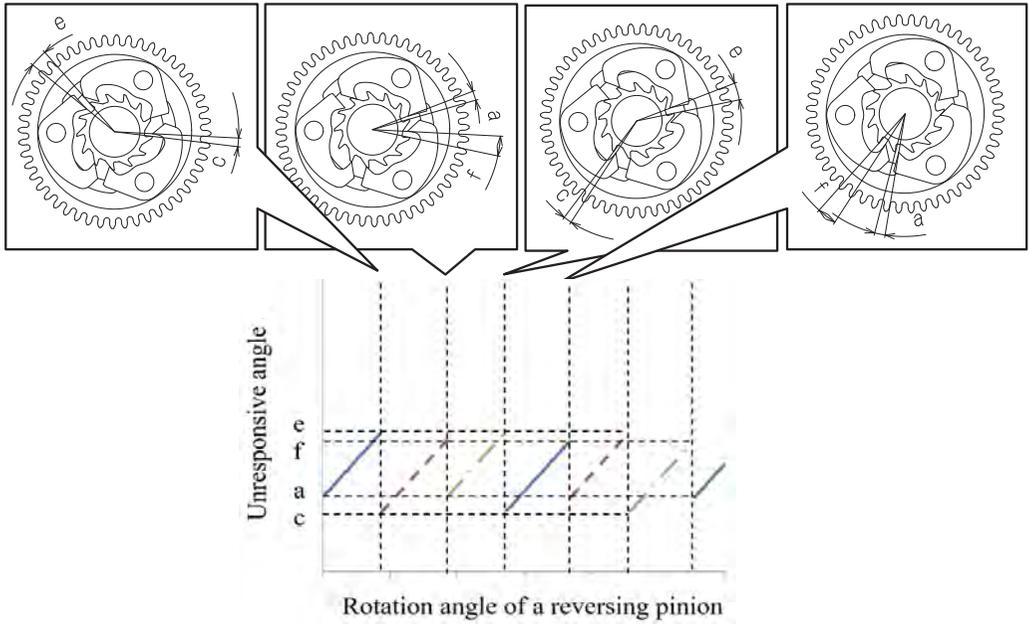


Fig. 10 Overall unresponsive angle, 3 reversing levers.

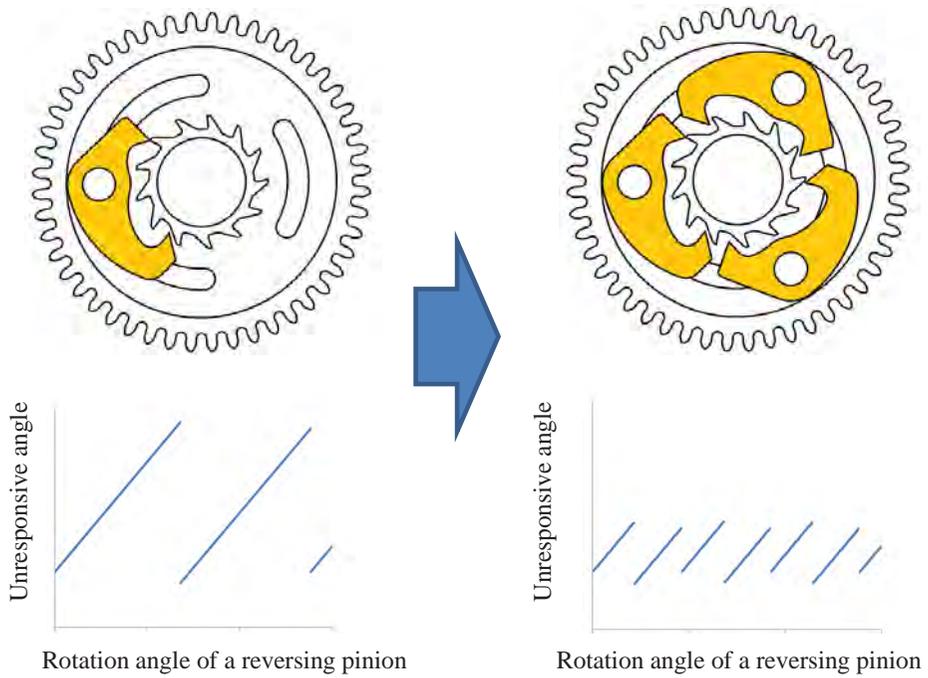


Fig. 11 Effect of the number of reversing levers on unresponsive angle.

今回の開発では切換伝え車から角穴車までの減速比を小さく抑えることで手巻き時の耐久性を確保しつつ、切換つめの数を3つに増やすことで切換伝え車の不作動角を小さくし、巻き上げ性能と耐久性を両立させることができた。

### 3. おわりに

今回の開発により以下の成果が得られた。

- ・ 小型薄型ムーブメントでありながら、長持続時間と振り角を確保することで、高精度を得られた。
- ・ 自動巻性能と耐久性を両立した自動巻機構を開発した。

### 参考文献

- 1) <https://www.jcwa.or.jp/data/industry/index.html>

技術報告

## シチズン独自の表面硬化技術デュラテクト 新技術『サクラピンク』の開発

長尾見侑, 石井美称, 塚原由紀子, 菅沼有紀

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

(2019年8月29日受付, 2019年11月15日再受付, 2019年11月19日採録)

### CITIZEN Original Surface Treatment Technology “Duratect” Development of New Technology “SAKURA PINK”

Miyuki NAGAO, Miya ISHII, Yukiko TSUKAHARA, and Yuki SUGANUMA

6-1-12, Tanashi-cho, Nishi-Tokyo-shi, Tokyo, 188-8511, Japan

(Received August 29, 2019, Revised November 15, 2019, Accepted November 19, 2019)

#### ABSTRACT

“DURATECT” is a surface hardening technology unique to Citizen Watch Co., Ltd. “SAKURA PINK” was developed as a new color of “DURATECT”. “SAKURA PINK” is composed of a hardened layer, an adhesive layer, and a gold alloy layer on the surface of titanium, and has a color inspired by cherry blossoms. By coating hardened layers, Vickers hardness exceeding 1000 HV and scratch resistance were realized. This product using “DURATECT SAKURA PINK” was released mainly for adult women.

#### 1. はじめに

シチズン時計株式会社(以下当社)では1972年から次世代の表面処理としてイオンプレーティングの開発をスタートさせ、1977年にTiNを被覆した『ミラドール』という時計を発売した。その後、日常傷から時計を守る概念が生まれ、1999年に表面改質技術による表面硬化処理を開発したことをきっかけに当社ではこの概念を『デュラテクト』と名付けた<sup>1,2)</sup>。

デュラテクトはお客様の様々なニーズに合わせて硬度、色調、アレルギー性など用途に沿った開発を進め、今では13種類のシリーズとなっている。今回はその中で当社製品ラインアップのひとつ・クロスシー(xC)<sup>3)</sup>の生誕20周年である2016年10月に、



Fig. 1 xC SAKURA PINK  
(EC1144-51W)

女性の肌を明るく美しく見せる色として開発したデュラテクト サクラピンク<sup>4)</sup> (Fig. 1) について述べる。

## 2. 開発の背景

クロスシーに採用されている主な色調はプラチナ色, 金色, ピンクゴールド色の3種類である。中でもピンクゴールド色は女性に好まれる色ではあるが, ビジネスシーンにおいて少し派手で若い印象もあった。このことからそれまでピンクゴールド色の顧客の中心だった20歳台のお客様だけではなく, もっと上の世代にも幅広く愛される商品を目指し, 大人の女性にも合う上品で淡いピンク色の表面処理開発を起案した。

女性の主な時計購入時期は入学や入社などの新しい事を始める心機一転のタイミングが多い。新しい季節や人生の新たなステージへ上がる象徴であるさくらの色をコンセプトに位置づけ, 新しいデュラテクト技術を『サクラピンク』として, 前へ進む女性の日常に長く寄り添う腕時計という商品を目指した。

## 3. 開発のコンセプト

デュラテクト サクラピンクに求められる要素は主に『色調』『チタン』『硬度』『膜構成』である。ピンクゴールド色と類似しない淡いピンク色である『色調』, 軽く日常生活を邪魔しない『チタン』, 傷つきやすいチタンの表面を硬く覆う『硬度』, そして硬さや変色を意識した『膜構成』これを順に説明する。

### 3. 1 色調

開発するにあたり一番初めになされた議論はさくらとは何色かということであった。さくらから連想される色の幅が広く曖昧で, 具体的に表現することが非常に難しかった。色見本サンプルをいくつも作製し肌に馴染む色, そしてピンクゴールド色とは違う第4の色を探した。候補に残った10種類のサンプルは屋内だけではなく屋外でも美しく見え, より肌に馴染む色を選定した。

最終的に決定したサクラ色はL\*a\*b\*表色系<sup>5)</sup>の赤味を表す $a^*$ , 黄色味を表す $b^*$ , 明度を表す $L^*$ の数値で見るとピンクゴールド色よりも $a^*$ 及び $b^*$ が低いのが特徴となる<sup>6)</sup>。また日本人女性の肌色色調<sup>7)</sup>と比較しても $a^*$ 及び $b^*$ が低めである (Table 1)。このことにより従来のピンクゴールドより淡く柔らかい印象であり, また肌の色よりもやや淡くなることで肌なじみのよい色調であると言える。

Table 1 L\*a\*b\* colour space.

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
PINK GOLD	$\geq 80$	9-15	15-20
SAKURA PINK	$\geq 80$	4-10	9.5-16
SKIN COLOR (JAPANESE FEMALE)	64.9	9.9	18.0

### 3. 2 チタン

当社はチタン製の時計を世界で初めて発表して以来、現在も積極的にチタンを採用している。なぜならチタンはステンレスと比較し 40%ほど軽く、耐メタルアレルギー物質として肌にやさしく、また海水にも高い耐食性を持つためサビにくい特長をもっているからである。

一方チタンはビッカース硬さ<sup>8)</sup> HV150 程度であり非常に傷つきやすい材料だが、前述したチタンの特長を活かすため、当社のチタン製品は基本的に表面を保護する『デュラテクト』を採用している。またチタンは粘性が高く加工が難しい金属としても知られているが、50年にわたる当社の加工経験により現在はより美しい鏡面加工とシャープなエッジ加工が可能となった。この『チタン加工』と『デュラテクト』を組み合わせたものを当社では『スーパーチタニウム』と名付け、より多くの方々にチタンの腕時計を体感して頂けるよう商品展開をしている。

今回のデュラテクト サクラピンクは女性に向けて開発された表面処理であるためやはり素材は軽く、肌の弱いお客様でもご愛用頂けるように『チタン』への表面処理加工とすることとした。

### 3. 3 硬度, 膜構成

前述のようにスーパーチタニウムとして採用するにあたり、このサクラ色をデュラテクトとして開発する必要があった。デュラテクトの定義は HV1000 以上である。一方金メッキはおよそ HV100~200 程度である (Fig. 2)。最終的な表面硬度を HV1000 以上にするためには軟らかい貴金属を支えるためにチタン上に複数の被膜を形成する必要がある。

以下デュラテクト サクラピンクの一例を示す。デュ

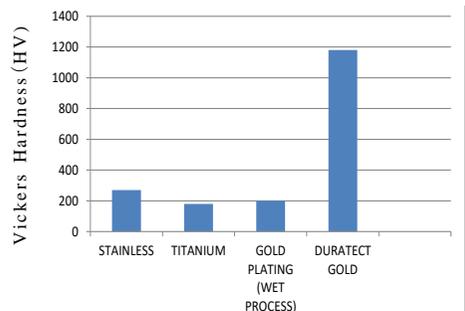


Fig. 2 Vickers Hardness.

ラテクト サクラピンクの膜構成はチタン上に合金による『密着層』『硬化層』そして最上層にサクラ色の『貴金属層』を形成したものである<sup>6)</sup> (Fig. 3) . このことによりデュラテクト サクラピンク自体の硬度を HV1200 程度まで高めることができた. また硬化層自体は HV2000 程度と高硬度になっており, 傷が目立ちにくくなることが特徴である.

デュラテクト サクラピンクと非デュラテクトのピンクゴールドメッキの耐傷性試験を行った. 試験条件は主成分をアルミナとするφ6 mm のメディアを使用し1分間バレル機を用いたものとした. 結果は, 非デュラテクトのピンクゴールドメッキは細かい傷が入っているのに対し, デュラテクト サクラピンクは, ほとんど傷付いていないことが分かる (Fig. 4) .

膜構成を決める上で最大限に配慮したのは, 硬化層に貴金属を使用せずいかに貴金属層に近い色が実現できるかであった. なぜなら日常生活において上層の貴金属自体が摩耗することがあるが, その場合に貴金属層と硬化層の色にギャップがあるとお客様に変色したと思われるからである. この2層の色の差をいかに抑えるか, また貴金属を使用せずに硬化層の明度をどこまで確保できるかが長く愛される時計にとって重要な要素となる. これは硬化層を

$L^*a^*b^*$ 表色系において  $a^*$  と  $b^*$  を Table 1 に示したサクラピンクと同等にし,  $L^*$  を 70 以上とすることで解決した. チタンの窒化物だけではこの色調を実現できないが, ニオブおよびタンタルより選ばれる少なくとも一種とチタンとを含む金属の窒炭化物にて膜を形成することにより実現した<sup>6)</sup>.

このように最終的な色だけではなく膜構成にこだわり開発したことによりデュラテクト サクラピンクは非デュラテクトのピンクゴールドメッキに比べて傷つきにくく, また変色も目立ちにくい表面処理を実現することができた.

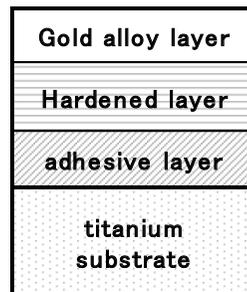


Fig. 3 SAKURA PINK layer composition.



DURATECT SAKURAPINK NON DURATECT PLATING

Fig. 4 Scratch test result

#### 4. おわりに

当社のレディース腕時計ブランド、クロスシーは発売当初ステンレスの時計が主軸であったが常に女性目線で進化し続けた結果、軽くてデリケートな肌のお客様にもご着用頂けるチタン素材を積極的に採用するようになり、今ではチタン製品がクロスシーを牽引するようになった。

表面硬化技術も同様に開発をスタートさせた当初からお客様目線で傷つきにくく長く使える時計を意識し進化を続けてきた。しかし店頭の時計には当然傷は入っていないため、デュラテクトの技術は店頭で体感することが出来ない。使って初めてわかる最後の技術として当社がデュラテクトの技術を日々進化開発し続けるのは、当社の製品をより長くお客様に使っていただきたい、そしてお客様が大切な人にプレゼントしたくなるような時計でありたいと考えているからである。

今後より多くのお客様に愛される製品を目指し常にお客様目線の開発を行っていきたい。

#### 参考文献

- 1) 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.
- 2) <https://citizen.jp/core-technology/duratect/index.html>
- 3) [https://citizen.jp/product/xc/images/catalog/xc2019ss\\_panf.pdf](https://citizen.jp/product/xc/images/catalog/xc2019ss_panf.pdf)
- 4) <https://citizen.jp/xc/special/sakurapink/index.html>
- 5) 色の表示方法—L\*a\*b\*表色系及びL\*u\*v\*表色系, JIS Z 8729: 2004
- 6) 装飾部材およびその製造方法, 【国際公開番号】WO2017/170324 (2017)
- 7) 濱田一輝, 溝上陽子, 菊地久美子, 矢口博久, 相津佳永:肌画像における肌色の弁別特性, 日本色彩学会誌, Vol. 42, No. 2, pp. 50-58 (2018)
- 8) ビッカース硬さ試験—試験方法, JIS Z 2244: 2009

## 技術報告

# Bluetooth Low Energy 搭載アウトドアウォッチの開発

清水洋, 井橋朋寛, 野村隆幸

セイコーインスツル株式会社, 千葉県千葉市美浜区中瀬 1-8, 〒261-8507

(2019年9月20日受付, 2019年11月5日再受付, 2019年11月8日採録)

## Development of Outdoor Watch Equipped with Bluetooth Low Energy

Hiroshi SHIMIZU, Tomohiro IHASHI, and Takayuki NOMURA

Seiko Instruments Inc., 1-8, Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-8507, Japan

(Received September 20, 2019, Revised November 5, 2019, Accepted November 8, 2019)

### ABSTRACT

We introduce our developed Outdoor Watches (S830 Alpinist / S833 LANDTRACER) equipped with Bluetooth Low Energy Wireless Communication Interface, and Smartphone Application for Watch. S830 ALPIST was developed in 2016 and S833 LANDTRACER was developed in 2017. The S830 ALPINIST is the first watch comprises Mountaineering Plan Achievement Rate Function. Watch users can use this watch to get safe climbing by using the climbing plan achievement rate function. The S833 LANDTRACER was developed as the next generation of S830 Alpinist. S833 LANDTRACER is increase the functionally from S830 ALPINIST, equipped powerful function that 3 Dimension Logging for activities of user movement of outdoor. These function of watches possible by using Bluetooth Wireless Communication Interface and Smartphone application.

### 1. はじめに

弊社はこれまで、トリプルセンサー搭載の登山用ソーラーウォッチ S822 アルピニストを製品化している。S822 アルピニストは、安全・安心な登山をコンセプトとし、登山の際の登り／下りの垂直方向の移動速度である登高スピードを表示する機能を搭載した。ユーザは自分に合った適切な登高スピードを保ちながら、無理のない登山を行うことが出来る。その後、S822 アルピニストの安全・安心に加えて、さらに登山を楽しむための機能を盛り込んだ製品開発に取り組み、2016年にS830 アルピニスト、2017年にS833 ランドトレーサーの2製品を開発した。これら2つの製品に搭載されている新機能・特徴について説明する。

### 2. 登山計画達成率機能 (S830 アルピニスト)

S830 アルピニストは、より安全・安心のため、登高スピード表示機能の他、日の出日の入り時刻表示機能／登山計画達成率機能で構成している。このうち、登山計画達成率機能は、登山が残りどのくらい有るかということがわかる本製品ならではの機能である。ユーザは、この登山計画達成率表示により、これまでかかった経過時間や現状の身体状況を鑑みて登山ペースを調整することが可能である (Fig. 1)。

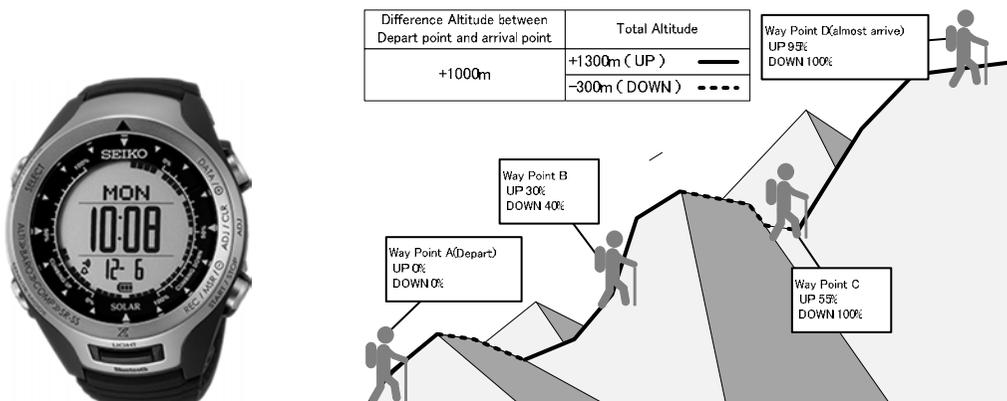


Fig. 1 Appearance of S830 ALPINIST WATCH, and relationship between Mountaineering Plan Achievement Rate and total altitude.

この登山計画達成率は、S830 アルピニスト専用スマートフォンアプリケーションで登山計画を作成することにより利用可能となる。ユーザは、アプリケーションに組み込まれたプリセットデータ (日本百名山<sup>1)</sup>+人気の山) から登山コースを選択して登録すると、自動的に登山計画が作成され、必要な積算高度データ (登り/下り) が Bluetooth 通信でウォッチへ転送される仕組みとなっている。登高達成率は、Fig. 1 に示すように、実際の登山における積算高度 (Total Altitude) と、ウォッチが計測する登山行程の積算高度との比率によるものである。また通常、達成率を示すウォッチのグラフィックは進行中の 1 ドットを点滅しているが、目的地に近づき到達域に入ったことをユーザにわかりやすくするため、達成付近でのゲージ点減量を増やす等の工夫も行った (Fig. 2)。

ウォッチは積算高度を計測する際、高度センサによって、実際の登山道における地形の凹凸をどの程度積算するかは、サンプリング間隔や、高度変化に対する判定によっ



Fig. 2 Graphical display flashing of Mountaineering Plan Achievement Rate.

て変動するため、アプリにプリセットした登山データとウオッチの計測データの整合性は課題であった。今回、データの作成の協力を得た山と溪谷社の積算高度を基準として、関東近隣の6つの山を実際に登山したフィールドデータ（10秒後の高度データ）をもとに、ウオッチの積算高度が整合するよう計測パラメータの調整（高度変化感度、移動平均回数等）を行っている。

さらに、登山後の楽しみとして、アプリケーションにアップロードした登山記録をもとに高度グラフを作成することが出来る機能も搭載した。



Fig. 3 Appearance of S833 LANDTRACER.

## 2. 3D フィールドログ機能 (S833 ランドトレーサー)

S833 ランドトレーサー (Fig. 3) は、登山の安全・安心に加えて、見える形で記録・記憶に残し、かつ SNS で共有することが可能な3D フィールドログ機能を搭載した。3D フィールドログは、S833 専用スマートフォンアプリとの連携で実現することが出来る。

スマートフォンは、高機能・大画面による表現豊かなアプリケーション作成が可能であり、かつ高速・高精度の位置情報取得機能が利用できる。3D フィールドログは、S833 ランドトレーサーウオッチ側の REC 機能開始操作とともに、Bluetooth 通信を開始し、スマートフォン側の位置情報 REC 機能を同時に開始する。以後、Bluetooth 通信を切断し、ウオッチとアプリケーションは、お互いの基準周波数に基づいて、同じ時間間隔で定期的に位置情報取得/高度計測を行い内部メモリに保存する。最終的に、ウオッチの高度ログは、Bluetooth 通信によりアプリケーションへ転送される。

Fig. 4 は、REC 機能によって計測された位置情報ログと、高度ログのデータを、アプリケーション上で表示したものである。左側の2D ログ (位置情報ログ) は平坦な地図上に移動軌跡を示したものであり、右側の高度ログは、時間経過に対する高度の変化を示したものである。



Fig. 4 Graphical display of 2 Dimension Log Data, and Time Transition Based Graph of Altitude.

Fig. 5 は、位置情報／高度の、2つのログデータを合成し 3D 空間上にマッピングしたアプリケーション表示である。ユーザは画面上的タッチでズームイン・アウト、ローテート・パン等の操作が可能であり、実際の登山の移動行程を 3D 空間の好みの視点で見ることが出来る、これによりユーザは登山行程のキツさ緩さといったものをビジュアル的に振り返ることが出来る。さらに、3D 動画を生成して SNS 共有することも出来る。

この 3D ログは、30 秒インターバルで REC 記録を行うロングモード（最長 12 時間）と、より精細な 2 秒インターバルのショートモード（最長 1 時間）を切り替

えることが出来る。ショートモードについては、ウオッチ側で計測した高度ログデータに対して、アプリケーションでセンサーデータフィルタリング（スムージング処理）をかけることで、高度方向のセンシングばらつきを抑え、緩い坂道や階段の登り降りといった高度変化の比較的小さい使用状況であっても違和感無く表示するよう調整した（Fig. 6）。

### 3. おわりに

Bluetooth 通信ウオッチとスマートフォンアプリの活用により、S830 アルピニストおよび S833 ランドトレーサーウオッチは、ソーラーウオッチとして低消費電力・電池交換不要性を確保し、腕時計としての利便性を損なうこと無く高度なログ機能（アプリケーションシステム）を構築することが出来た。今後も Bluetooth ウオッチの魅力を引き出すことのできる製品開発を行っていく。

### 参考文献

- 1) ウィキペディア日本百名山

<https://ja.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%97%A5%E6%9C%AC%E7%99%BE%E5%90%8D%E5%B1&oldid=73946260>

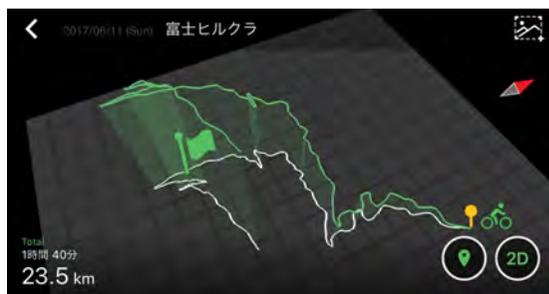


Fig. 5 Graphical display of 3 Dimension Log Data.

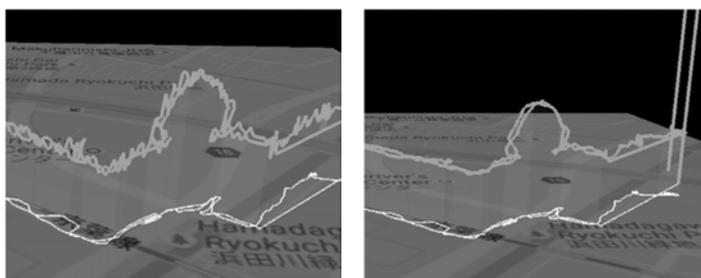


Fig. 6 3D Graph before apply smoozing filter and after.

## 特集

### 時計エネルギーの特集について\*

佐々木 健\*\*

時計技術の最も重要な課題は計時機能の正確さであることは言うまでもないが、少ないエネルギーで長時間動かすことも同様に重要な課題である。本特集では時計を動かすために必要なエネルギーを極限まで小さくしてきた技術の歴史と現状を、時計のジャンルや要素技術に着目してまとめたものである。

「機械式腕時計に使われるエネルギーについてー動力ぜんまいー」においては、ぜんまいの歴史、構造から材料に至るまで詳細な解説がなされており、ぜんまいには時計技術の歴史が凝縮されていることが分かる。

「クォーツ時計ーモーターに関する低消費電力化の遍歴」においては、1973年に発表された最初のアナログ式クォーツ腕時計に用いられていたモーターの消費電力を、2000年頃にはその約1/20にまで消費電力を小さくしてきた技術の数々が具体的に紹介されている。

デジタル腕時計はアナログ時計に比べてセンサや通信などの付加機能を有するものが多く、低消費電力化に関してアナログ式とは異なる技術課題がある。「時計のエネルギーーデジタルー」においては多機能デジタルウォッチの消費電力を減らす技術について定量的なデータに基づいた解説がなされている。筆者が所有しているデジタル腕時計は電池寿命10年として販売されていたものであるが、20年経った現在も動いており、低消費電力化の技術の高さに驚いている。

「時計エネルギーークロックの消費電力とエネルギー源についてー」においては、腕時計とは異なりクロックならでの動かし方、使われ方に依存する消費電力が解説されている。示されているデータは普及しているものの平均値ではない、との断りはあるが、腕時計や他の情報機器などとの位置づけを把握する上で貴重なデータとなるはずである。

最後の「時計エネルギーー自動巻き発電機能付き時計(キネティック)とぜんまい駆動式電子調速時計(スプリングドライブ)ー」においては、非常にユニークな時計の駆動技術について、エネルギーの観点で詳細な解説がなされている。駆動方式としては一見非効率とも思えるが、それを実現しているのは発電の高効率化と消費エネルギーの低減に関する高い技術である。

時計の消費エネルギーは非常に小さいということは知られていても、それを具体的な数値として知り、それを実現している技術の詳細を知る機会は少ない。本特集は時計のエネルギー消費とエネルギー源に関する重要な技術を集約したものであり、時計技術のアーカイブになるとともに、時計以外の分野の技術者にとっても非常に参考になる技術情報ではないかと考えている。

\* 原稿受付 2019年11月5日

\*\* 東京大学 新領域創成科学研究科

## 特集

# 機械式腕時計に使われるエネルギーについて\*

## —動力ぜんまい

早川 和樹\*\*

### 1. 緒 言

機械式腕時計にはぜんまいと呼ばれる部品が 2 種類存在する。これらは薄く細長い金属の板を渦巻状に癖付けをしたばね部品で、シダ植物の“ぜんまい(蕨)”の若葉の形に似ていることから名づけられた。2 種類のうち 1 つはてんぷに取り付けられており、ムーブメント状態で観察することが可能なひげぜんまい。もう 1 つは香箱車に収められており、通常は観察できない香箱ぜんまいや動力ぜんまいと呼ばれるぜんまいである。本稿では後者について取り上げる。動力ぜんまいは読んで字のごとく機械式腕時計の動力を司るぜんまいである。

このぜんまいが使われているものといえば、車体を手前に引くことでぜんまいは巻き上げられエネルギーを蓄える。そして手を離すとぜんまいがほどける勢いでエネルギーを開放しながら進んでいくプルバック・カーなどの玩具の動力として、身近な存在である。しかしながら、時計の動力ぜんまいには、その構造において玩具と異なる点も多々あるが、あまりスポットライトの当たらない部品である。

本稿では、機械式腕時計のエネルギー源について発展の歴史に触れつつ解説を行うことで、光を当てていきたい。

### 2. 機械式腕時計のエネルギー源

#### 2.1 香箱車と動力ぜんまい

図 1 に示すように動力ぜんまいが香箱に収められている。これと中心にある香箱真、そしてぜんまいが飛び出さないように設けられている香箱蓋とを合わせて香箱車と呼ぶ。香箱と香箱真は固定されておらず、動力ぜんまいを介して連結している。

図 2 には、動力ぜんまいが巻締め(巻き上げ)状態と巻解けた状態を示す。図 3 を参照すると、角穴車から香箱真を介して香箱の中で動力ぜんまいが巻締められるこ

とでエネルギーが蓄えられる。角穴車は巻き上げ方向のみに回転するようにこはぜ(図示せず)と呼ばれる部品と組み合っているため、蓄えられたエネルギーが角穴車へ逆流することはない。

ここで、プルバック・カーとの違いの 1 番目は、巻き上げと巻解けの動力伝達経路である。玩具の場合、タイヤを逆転させるとギアを介してぜんまい中心に取り付けられた中心軸で巻き上げ、巻きほどける際は、香箱が固定されているため、この中心軸が回転しギアを介してタイヤが正転する。すなわち、巻き上げ、巻解けでの動力伝達は同じ中心軸を介するため、両者の回転方向は逆である。

一方、機械式腕時計では巻き上げは中心軸(香箱真)から動力が入力され、巻解けでは香箱から動力が出力されるため、動力伝達経路が異なり、巻き上げと巻解けの回転方向は同じである。これは、常に動き続けている機械式腕時計において、止まる前に巻き上げるための工夫で、玩具と同じ構造にすると巻き上げ時に時計が止まってしまい、時刻が狂うことを防止している。

#### 2.2 動力ぜんまいの働き

プルバック・カーとの違いの 2 番目は、動力ぜんまいが一気にほどけるか、一定のスピードでほどけるかという点である。

動力ぜんまいに蓄えられたエネルギーは香箱車から二番車、三番車と順々に伝えられていく。このままだと勢



図 2 巻き締められた動力ぜんまい(左)と巻きほどけた動力ぜんまい(右)



図 1 香箱車(左)と蓋を外した状態の香箱車(右)

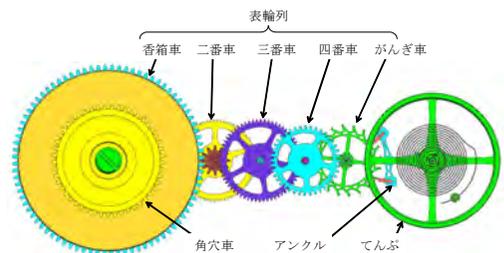


図 3 表輪列

\* 原稿受付 2019 年 10 月 23 日

\*\* セイコーウオッチ株式会社

いよく動力ぜんまいがほどけて終わりだが、図3の右側に示した特殊な形の歯形をしたがんぎ車とアンクル、そして一定の周期で振動するてんぷが組み合わせることで、一定のスピードで香箱内の動力ぜんまいが解け、それぞれの車が回転し計時することができるようになる。一方でてんぷの振動は何もしなければ種々の摩擦などで減衰してしまうが、がんぎ車・アンクルを介して動力ぜんまいのエネルギーが伝達されることで振動が維持される。[1]

### 2.3 香箱車の性能

香箱車の性能は中におさめられた動力ぜんまいによって決定される。動力ぜんまいの巻き数が多いほど持続時間（時計が動き続ける時間）が長くなる。また、出力されるトルクが大きいくほどてんぷの振動数を上げたり、慣性モーメントを大きくしたりすることで、精度を良くしたり、またはカレンダー機構や複雑機構など様々な機構を搭載し駆動することができる。

動力ぜんまいのおおよその性能について数式を用いて確認する。[3] なお、簡単のため動力ぜんまいの巻き上げ・巻き解け時に動力ぜんまい同士に生じる摩擦はなく、動力ぜんまいは完全弾塑性体であるという仮定のものに近い計算である。

最初に持続時間を決定するぜんまい巻き数  $N$  は以下のとおりである。

$$N = \frac{1}{e} \left( \sqrt{r^2 + \frac{Le}{\pi}} + \sqrt{R^2 - \frac{Le}{\pi}} - r - R \right)$$

ここで  $e$ : 動力ぜんまいの厚み,  $R$ : 香箱内径,  $r$ : 香箱真径,  $L$ : 動力ぜんまいの長さである。  $L$  に着目し,  $N$  を最大化する条件は  $L = \pi(R^2 - r^2)/2e$  の時であり、これは香箱容積の半分を動力ぜんまいが占めている時が最大であることを示す。なお、この時の巻き数  $N_{MAX}$  は次の通りである。

$$N_{MAX} = \frac{1}{e} \left( \sqrt{2(r^2 + R^2)} - r - R \right)$$

これより、持続時間を延ばすためには動力ぜんまいの厚み  $e$  が薄いほうが良い、つまり動力ぜんまいの長さが長いほうが良いということがわかる。

続いて動力ぜんまいの出力トルク  $T$  については以下のようなになる。

$$T = \frac{Ehe^3}{6L} \pi N$$

ここで、 $E$ : 動力ぜんまいのヤング率,  $h$ : 動力ぜんまいの幅である。上式を  $N = N_{MAX}$  で整理すると次のようになる。

$$T = \frac{Ehe^3}{6(R^2 - r^2)} \left( \sqrt{2(r^2 + R^2)} - r - R \right)$$

この式から出力トルク  $T$  を大きくするには、持続時間とは逆に動力ぜんまいの厚みを厚くするのが良いということがわかる。つまり、出力トルクと持続時間はトレードオフの関係となっている。これらを同時に改善するためには厚みと長さ以外のパラメーターである香箱の諸寸法、動力ぜんまいのヤング率や幅を変えていく必要があ

る。幅を増やすと香箱車としての厚みが増え、結果ムーブメント厚みが増えてしまうため、デザイン上の制約から無制限に増やすことはできない。

ヤング率について変更しようとする材料を変える必要がある。ここで注意が必要なのは動力ぜんまいに求められる性能は上記の持続時間や出力トルクだけではなくという点である。機械式腕時計は一時的な使用ではなく、長期間の使用が想定される。そのため使用中の動力ぜんまいの破断はもっともあってはならない。これの原因としては動力ぜんまい表面の小傷やサビなどである。小傷については表面を良く磨き除去することで対応可能であるが、サビについては材料の特性としてサビにくいということが必要である。また、使用中に動力ぜんまいがへたり、初期の形状と変化し、出力トルクが下がってしまうのも好ましくない。なぜならば出力トルクと精度には相関があるため、精度も変化してしまうからである。

以上が、動力ぜんまいにかかわる性能であるが、香箱車としては出力トルクの安定性や、動力ぜんまい同士の摩擦によるエネルギー損失の防止も重要で、香箱内面の平滑性や潤滑剤の潤滑性能も重要である。

### 2.4 動力ぜんまいを用いた時計の歴史

機械式時計の発明は12世紀から13世紀と考えられている。初期のものは現在の機械式時計や振り子時計とは大きく異なる形状であったが、動力は重力を使用したもので、仕組みとしてはドラムにひもを巻き付けひもの先端に錘を取り付けられており、錘が下に落ちる力を使って時計が動作させられる。重力式の動力を持つ時計は大型になりがちで、移動させることが困難であった。そこで、14世紀には動力にぜんまいを使用した時計が現れ、時計内部に動力が収められ小型化されたことで可搬性が高まった。[2][6] これにより時計が個人に所有されるようになった。

初期の動力ぜんまいを用いた時計は失われてしまっているが、では、現存する時計で最も古いものはいつ頃のものとなるのであろうか。これも今のところ定かではないものの、Melanchthon's Watch と呼ばれる Peter Henlein が Philipp Melanchthon から依頼を受けて1530年に製造されたニュルンベルク時計が最古であると The Walters art museum は示唆している。[4] 以前は Henlein がぜんまい時計を発明したと紹介されることがあったが、これは誤りで、文献上それより古いものが確認されている。また、大英博物館には1490年ごろに作成された時計が存在する（登録番号：WB. 222）。[5] ただし、比較的オリジナルのものに近い Melanchthon's Watch に対して大英博物館のテーブルクロックは1866年までに改造されているようでオリジナルの正確な年代特定が困難であるようである。いずれの時計が最古であるかは今後の研究成果を待つ必要があるが、いずれ1400年代の物となりそうである。

初期のぜんまい動力を持つ時計の動力ぜんまいは真鍮製であった。その後時代が下りひげぜんまいや現在も使われるクラブ・トゥース・レバー脱進機などが発明され19世紀後半には現在の機械式時計とほぼ同じような時



図4 Melanchthon's Watch[4]



図5 ぜんまい時計 (大英博物館 登録番号: WB. 222)  
[5]

計が現れるようになった。しかしこのころのてんぷは等時性（香箱トルクに対する瞬間歩度の安定性）が悪く、ぜんまいトルクの変動に敏感で動力ぜんまいが巻き絞まっている時とほどけている時で歩度が大きく変化した。そのためこの時代の懐中時計には図6に示すスタックフリードやフュジーと呼ばれる機構が組み込まれトルクの安定化が行われた。

その後から1950年ごろまでの機械式時計の動力ぜんまいは鋼鉄製で錆防止のため青紫色のテンパーカラーと呼ばれる酸化膜が付けられていた。その外観から黒ぜんまいと呼ばれていた。この黒ぜんまいは錆防止がされているとはいえ、酸化膜の欠陥などから錆が進行し、使用

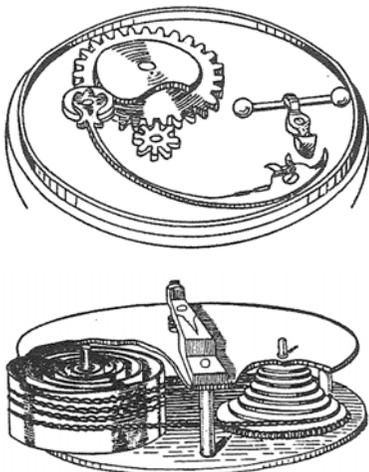


図6 スタックフリード(上)とフュジー(下) [6]

中に破断や折れが発生することがある。また、長期間の使用によりへたりも生じる。そこで、スイスのNIVAFLEX、アメリカのELGILOY、フランスPHYNOX、日本DIAFLEXなどのぜんまいが開発された。[7][8] これらは高弾性でさびにくくへたり難いという特性を持っており、黒ぜんまいに対して白ぜんまいと呼ばれていた。

また、形状についても見直されており、図7に示すように初期の動力ぜんまいは単純な渦巻形状であったため中心部の応力が高まりそこから破断することがあった。そこで、図8のようにS字形状にすることで応力を全体に分散することが可能となり、さらにその結果エネルギー密度が上昇し、出力可能なトルクが大きくなった。[9]



図7 渦巻形状ぜんまい



図8 S字形状ぜんまい

### 3. 機械式時計のエネルギー消費とその効率化技術

#### 3.1 主なエネルギー消費

香箱に蓄えられたエネルギーの使い方について2章で軽く触れたが、より具体的に解説する。初めに香箱内に蓄えられたエネルギーと出力されるエネルギーは一致しない。これは香箱車内で巻き締められた動力ぜんまいがほどける際に、動力ぜんまい自身の摩擦抵抗によってエネルギーが消費されるためであり、消費されるエネルギーがおおよそ8%程度である。続いて出力されたエネルギーは香箱車・二番かな、二番歯車……四番歯車ががんぎかな、と増速されながら伝達される。それぞれ歯車のエネルギー伝達効率が95%程度と考えるとがんぎ車までに伝達されるエネルギーは80%まで減少する。脱進機の効率は31%程度[10]とするとてんぷに伝えられるエネルギーは30%程度となる。てんぷは軸の摩擦や空気の粘性抵抗などによりエネルギーが消費されるので、伝達されたエネルギーと消費されるエネルギーが釣り合う振幅となる。[1]以上をまとめると図9のようになる。

これらは理想的な状態であり、実際には各車の軸部の摩擦や表示機構などのエネルギー消費などもありてんぷに伝えられるエネルギーはもっと小さい値となる。

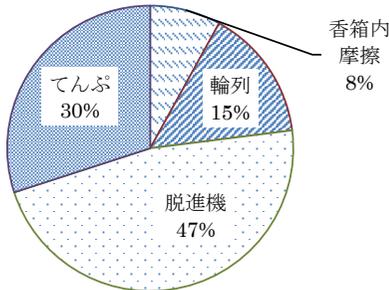


図9 エネルギーの各部での消費割合

### 3. 2 エネルギーの効率化

香箱やてんぷなどの部品サイズが決まると時計としておおよその性能が決まる。その中で最大の性能を発揮させるためエネルギー消費の効率化を図ることとなる。主な手法としては、軸部の摩擦を削減するために軸受にルビーを使用したり、軸の太さを細くするというものがある。そのほかにも歯車の摩擦を削減するため歯磨きを行ったり、てんぷの空気粘性抵抗を削減するためチラねじを削除し、油の性能を改善するといったことも行われてきた。摩擦によるエネルギー消費を減らすといった方法以外にも、歯形や脱進機の形状を見直すことでエネルギー伝達効率を上昇させるといった方法も取られる。

また、効率化ではないが輪列配置の見直すことで香箱サイズを大きくし、香箱真の径を細くすることで香箱容積の最大化を図るといふ香箱車に蓄えられるエネルギーそのものを大きくするという改善も行われてきた。

### 4. 新しい技術

現在も機械式時計のエネルギーにかかわる機構・部品についての改善・開発が進められており、その一部について紹介する。

**材料の改良** エネルギーの根幹にかかわる材料については現在も開発が進められており、国内では1985年にDIAFLEXをより改良したSPRON510が開発された。[11] また、国外では2010年代にNivaflex Plusが開発された。ほかにもバネとしての特性改善だけではなくREACH規則への適合を目的に上記の材料とは異なり、ニッケルやコバルト、ベリリウムを含まない動力ぜんまい材料としてBIOFLEXが開発された。[12] さらにこれらの材料は金属材料であるが、Cartierが発表したコンセプトモデルの“ID TWO”にはガラス長繊維と透明ポリマーの複合材料が使用されており、これは非金属材料である。

**エネルギーの最大化と効率化** 一般にムーブメントにおける香箱車の占める割合には制限があり、平面的には

ムーブメント直径の半分の直径を超えないことから、25%以下に抑えられる。一般的なサイズの時計において持続時間が40時間程度のものであるのはこれが理由である。この制約を回避するために2個の香箱を平面的に並べ持続時間を延ばした時計が存在する。昨今は7日持続や31日持続などの時計なども存在し、また、複雑な機構を搭載することから大きなトルクを必要とする時計なども現れ2個以上の香箱車を搭載する機械式時計も増えている。消費エネルギーを減らすアプローチも行われている。Deep RIEやLIGAプロセスを用いて歯車やがんぎ車、アンクルを作成することで、エネルギー伝達効率が良くなる取り組みも行われている。

## 5. 結 言

本稿ではぜんまいとそれを使用した時計についての解説を執筆した。ぜんまいは、仕組みは単純でありながら、機械式腕時計に使われる機構・部品の中でも歴史が古く、非常に奥が深い部品である。その魅力について伝えるべく努力したが、本稿が少しでも読者諸氏の知的好奇心に答えられたのなら幸いである。

### 参考文献

- [1] 小牧 昭一郎：新講機械時計学入門(8)等時性(1)，マイクロメカトロニクス，Vol. 44，No. 4，pp. 86-90，2000
- [2] G. H. バイラー，C. クラトン，C. A. イルバート 共著，大西平三 訳：図説時計大鑑，雄山閣出版，昭和55年
- [3] J. グロスマン，H. グロスマン，青木保（訳），：理論時計学，日刊工業新聞社，1958
- [4] THE WALTERS ART MUSEUM : <https://art.thewalters.org/detail/27471/spherical-table-watch-melanchthons-watch/> (2019/10/07)
- [5] The British Museum : [https://www.britishmuseum.org/research/collection\\_online/collection\\_object\\_details.aspx?assetId=306799001&objectId=35632&partId=1](https://www.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?assetId=306799001&objectId=35632&partId=1) (2019/10/07)
- [6] 時計百科事典，精密工業新聞社，昭和58年
- [7] 増本量，斎藤英夫：時計用材料の進歩と将来の展望，日本時計学会誌，41巻，pp. 97-111，1967
- [8] 佐藤二郎，池田国男，鎌田仲男：不錆ゼンマイについて，日本時計学会誌，20巻，pp. 39-51，1961
- [9] 水野正夫：香箱全舞の理想的曲線形について，精密機械，17巻，pp. 260-262，1951
- [10] 高附辰男：新講機械時計学入門(5)脱進機(2)，マイクロメカトロニクス，Vol. 44，No. 1，pp. 92-98，2000
- [11] 菅井富，高橋修：超高弾性合金SPRON510シリーズの開発，日本金属学会会報，30巻，4号，pp. 295-297，1991
- [12] Luis Espina, Maurizio Tucci : BIOFLEX Matériau innovant pour ressorts de barillet, Journée d'Etude, pp. 11-15, 2011



早川 和樹

2014年東京工業大学理工学研究科機械物理学専攻卒業，同年セイコーインスツル(株)入社，2019年セイコーウォッチ(株)出向。Cal. 9S68や6L35の開発に従事。現在も機械式時計の開発業務に携わる

特集

クォーツ時計 モーターに関する低消費電力化の遍歴\*

福島 敏明\*\*

1. 緒言

1970年代前半、シチズン・クォーツ時計のモーター消費電力は約  $7.5 \mu W$  であったが 1970年代後半以降、消費電力低減の取り組みを行ってきた。

今回は、モーターに関する低消費電力化の遍歴として、これまでの取り組み内容を紹介する。

2. 低消費電力化概要

最初のクォーツ時計は、Cal.8600 (1973年) である。(記載年は調査資料で確認した年を記載している。以降の年表記も同様。)

ローターは、白金コバルト等方性永久磁石 (外径  $\phi 2.9mm$  厚み  $0.5mm$ ) を使用し、等間隔に 6 極 (N/S 極 3 極対) 着磁されていた。白金コバルト磁石は慣性量が大きいことから、消費電力が高くなるという課題があった。消費電力は約  $7.5 \mu W$  (約  $5 \mu A$ 、 $1.50V$ ) であった。

その後、磁石は 1970 年代後半より、サマリウムコバルト磁石が用いられた。

Cal.7980(1979年)

磁石の外径は  $\phi 1.2mm$  厚みは  $0.44mm$  とし、慣性量は Cal.8600 と比較すると約 70 分の 1 に改善することが出来た。

消費電力は約  $2.24 \mu W$  (約  $1.45 \mu A$ 、 $1.55V$ ) である。

ローター以外の低消費電力化の取り組み内容を以下に示し、消費電力の推移を図 1 に示す。

1970 年代後半から 1980 年代前半

『負荷補償システム (シングル負荷補償)』

『負荷補償システム (マルチ負荷補償)』

1990 年頃

『圧入座ローター構造』

2000 年頃

『ノッチ式ローター穴部構造』

2003 年頃

『衝撃検知機能』

これらに関して順に説明をする。

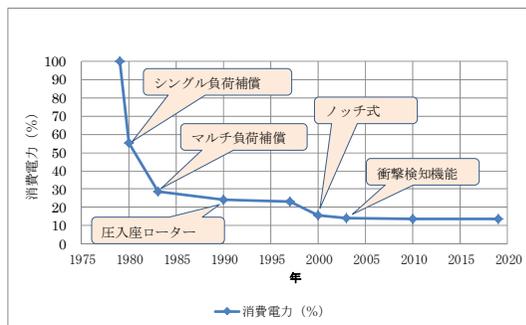


図 1 消費電力推移イメージ図

3. 負荷補償システム

1970 年代後半から 1980 年代前半にかけて負荷補償システムが採用された。

通常運針時は、エネルギーが小さい駆動パルスを用いて回転させ、回転出来なかった場合は、エネルギーが大きい補正パルスを用いて回転させている。

主な負荷補償システムは以下 2 種類である

- ・シングル負荷補償
- ・マルチ負荷補償

シングル負荷補償は、駆動パルスを 1 種類、補正パルスを 1 種類用意する。実際のパルスと消費電力は以下である。

Cal.1250 系(1980年)

通常パルス : パルス幅 5.9msDutyCycle12/16

補正パルス : パルス幅 5.9msDutyCycle16/16

消費電力 :  $1.24 \mu W$  ( $0.80 \mu A$ 、 $1.55V$ )

マルチ負荷補償は、駆動パルスを複数種類、補正パルスを 1 種類用意する。負荷や電圧変動に対応して、適正な駆動パルスを自動的に選択してモーター駆動を行った。実際のパルスと消費電力は以下である。

Cal.2930 系(1983年)

通常パルス : パルス幅 4.9msDutyCycle18~24/32

消費電力 :  $0.65 \mu W$  ( $0.42 \mu A$ 、 $1.55V$ )

\* 原稿受付 2019 年 10 月 3 日

\*\* シチズン時計

#### 4. ローター圧入座構造

圧入座構造を説明する前に、カップ座構造を説明する(図2)。カップ座構造は、カップ形状の座を用いてローター磁石を固定する構造である。金属材料のカップ座は、慣性量が大きいことから、消費電力が高くなることが課題である。

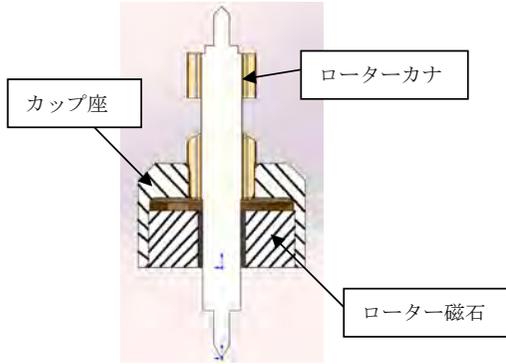


図2 カップ座構造ローター断面 (Cal.2930)

圧入座構造を説明する(図3)。

Cal.5430(1990年)

圧入座構造は、鍋蓋形状の座(圧入座)とローターカナとの間にローター磁石を挟み込み固定する構造である。圧入座は慣性量小さく、カップ座慣性量の約7%である。消費電力は $0.54 \mu W$  ( $0.35 \mu A$ ,  $1.55V$ )である。

圧入座構造は現在の主流の構造である。

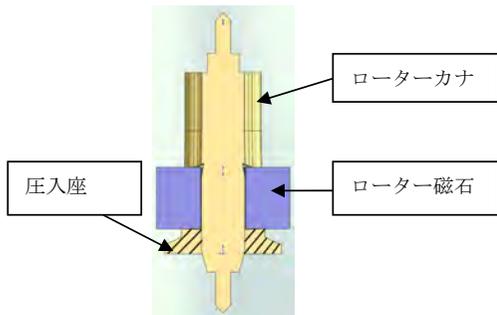


図3 圧入座構造ローター断面 (Cal.5430)

#### 5. ノッチ式ローター穴部構造

ノッチ式を説明する前に、段差式ローター穴部構造を説明する(図4)。

段差式ローター穴部の形状は、円を半分に分けてずらした形状である。ずれ量を段差と言ひ、段差は $30 \sim 40 \mu m$ 前後に設定している。

段差によって初期位相角度 $\theta_i$ が一義的に決まることから、消費電力が高いことが課題である。

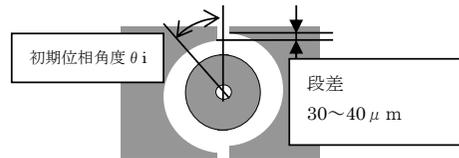


図4 段差式ローター穴部構造

ノッチ式ローター穴部構造を説明する(図5)。

Cal.B033(2000年)

ノッチ式ローター穴部の形状は円形状である。ローター穴部にノッチを2か所設けている。ノッチ設置角度とノッチ幅は個別に設計が可能であり、初期位相角度 $\theta_i$ を最適に設定することが出来る。

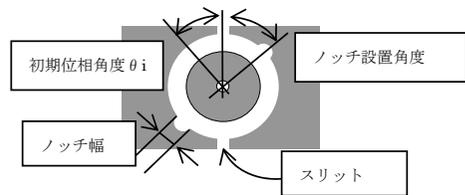


図5 ノッチ式ローター穴部構造

シミュレーション検討で得られた初期位相角度 $\theta_i$ と消費電力の関係を示す(図6)。初期位相角度 $\theta_i=55$ 度近辺で、最も小さな消費電力になることがわかる。消費電力は $0.35 \mu W$  ( $0.26 \mu A$ ,  $1.35V$ )である。

ノッチ式は近年多く採用されている方式である。

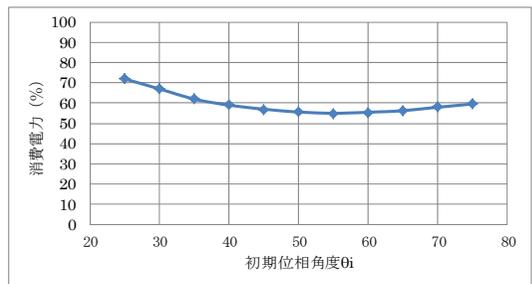


図6 初期位相角度 $\theta_i$ -消費電力(シミュレーション)

## 6. 衝撃検知機能

衝撃検知機能について図7、図8を用いて説明する。

時計が衝撃を受けると、指針は回転力を受ける。指針が受けた回転力は、輪列を介してローターに伝達される。ローター磁石が回転力を受けると、磁石の磁束変化によって誘起電圧が生じる。

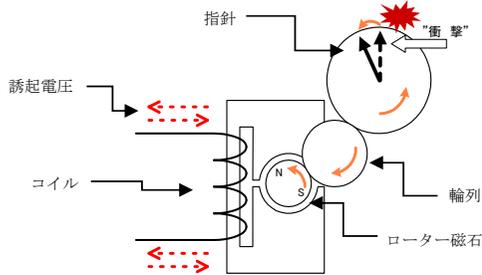


図7 耐衝撃：衝撃加わった時の説明図

誘起電圧を検出したとき、保持パルスを出力する。保持パルスは、ローター磁石、輪列、指針を元の位置に戻し、指針ずれを防止する。

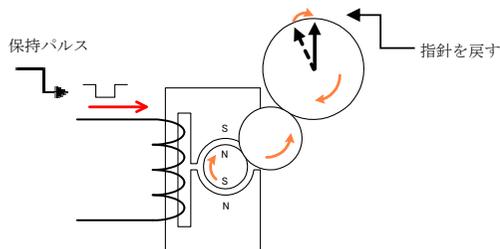


図8 耐衝撃：ローターを保持する説明図

衝撃検知機能は、ローター磁石の慣性量が増加すること無く、耐衝撃性能を向上できる機能であり、近年多く採用されている。

## 7. 結 言

本稿では、シチズン時計のモーター低消費電力化の遍歴に関して記述した。

シチズンエコドライブ時計は電圧変動有する二次電池を使用しているため、低消費電力化の構造、技術は必須となる。

近年は、更なる低消費電力化として、駆動パルス最適化、回転検出精度向上に取り組んでいる。

今後も小型、薄型、長寿命という魅力ある時計の提供に繋がっていきたいと考える。

特集

時計のエネルギー\*

ーデジタルー

カシオ計算機株式会社

1. 緒 言

デジタル時計で多機能を実現するために必要なエネルギーとエネルギー源について、そして、エネルギー消費を削減する手法について述べる。



Fig.1 PROTREK PRW-3100

2. 時計に必要なエネルギー

腕時計デジタルにおいて計時機能を含め様々なエネルギーを消費する要素がある. Fig.2, Fig.3, Fig.4 に示しているように、電力消費の増加を抑えたローパワーLSI と水晶振動子、様々な情報を表示するLCD、アラームやタイマー機能での報知機能としてブザー部及び振動モータ、夜間などでの表示部への照明デバイスとなる LED 回路や EL 回路、UART 等のインターフェースを用いての BLE マイコン制御、更に Fig.3 に示している位置情報や時刻情報を受信する GPS マイコン制御も様々な周辺回路と共にエネルギーを使用する。

この他にも時刻情報を取得する電波機能における Fig.4 に示す検波 IC 回路、多機能時計に搭載する気圧計/高度計センサー、温度計センサー、方位計センサー、加速度センサー等の各測定を行うセンサー類についても多くのエネルギーを必要とする。

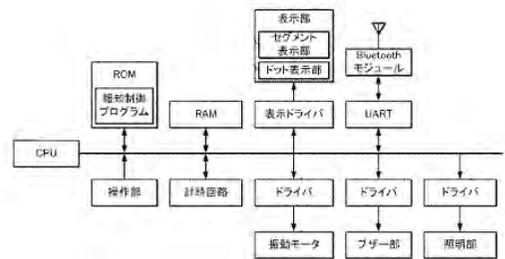


Fig.2 System Configuration<sup>1)</sup>

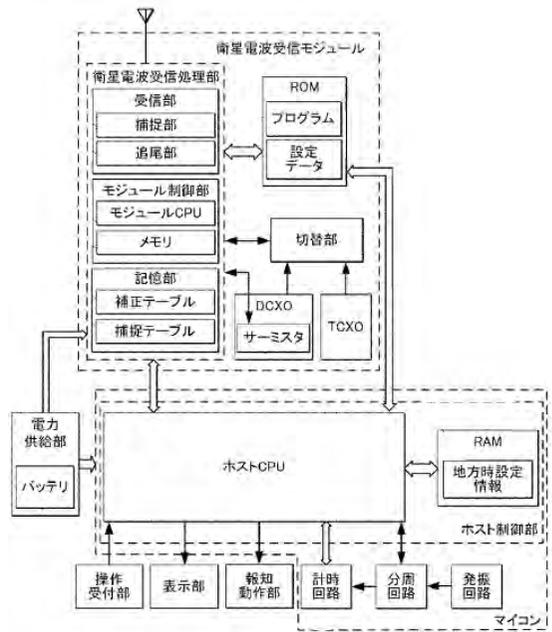


Fig.3 System Configuration (with GPS)<sup>2)</sup>

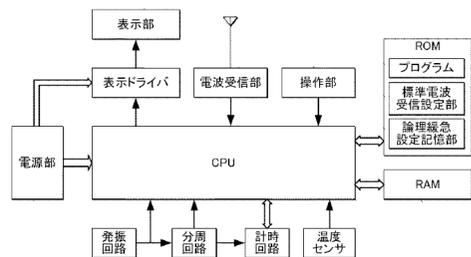


Fig.4 System Configuration (with Radio Wave)<sup>3)</sup>

\* 原稿受付 2019年10月10日

### 3. 時計のエネルギー源

#### ・電池について

電池は主に1次電池と2次電池の2種類の電池を使用しており、時計では、形状は大きさや厚みの面でメリットのだせるボタン型電池とコイン型電池を主に採用している。

#### ・容量と持続時間に関して

電池での容量は mAh という単位でよく表現がされる。例えば容量 60mAh の電池を例にとりて、時計での消費電流が  $3\mu\text{A}$  であった場合の持続時間を単純に計算してみると

(※正式な計算はもっと複雑なものになります)

$$60\text{mAh}/3\mu\text{A} = 20000\text{h} = \text{約} 2.28 \text{年}$$

単純計算で約 2.28 年電池寿命が持つ計算になる。

2次電池+ソーラーを採用しているものであるとエネルギー消費により容量が減るだけでなく、使用して減ってしまった容量をソーラー充電により増やすことができる。ソーラーの充電により電池容量を確保しながら時計を使用する使い方がメインとなる。

このように電池の容量と時計の消費電流、また電池の種類(1次電池, 2次電池等)などの条件によって持続時間を決定している。また、充電にかかる時間と、時計の消費電流算出に当たる条件は取扱説明書等に Fig.5 のようなガイドラインが記載してある。

#### 充電にかかる時間

充電の目安として、下表をご活用ください。

#### ◆ 1日、使用するために必要な充電時間

環境 (照度)	充電時間
晴れた日の屋外など (50,000 lx)	5分
晴れた日の窓際など (10,000 lx)	24分
曇りの日の窓際など (5,000 lx)	48分
蛍光灯下の室内など (500 lx)	8時間

#### ◆ 充電量の回復に必要な時間

環境 (照度)	時計が動くまでの充電時間	充電が完了するまでの時間
晴れた日の屋外など (50,000 lx)	2時間	19時間
晴れた日の窓際など (10,000 lx)	6時間	95時間
曇りの日の窓際など (5,000 lx)	12時間	193時間
蛍光灯下の室内など (500 lx)	170時間	—

#### ☞ 参考

実際の充電時間は環境によって異なります。

Fig.5 Charging time

### 4. エネルギー消費の削減

#### ・HALT 動作と ACTIVE 動作時の LSI の動き

通常、時計では1秒毎に時刻を計時する。時計では基本時計モード(Fig.5)において、基本的に1秒に1回のタイミングでLSIを駆動させて処理をまとめて行っている。(計時処理, アラーム監視など)LSIが駆動している時間を駆動時間Tactive, 駆動していない時間をTsleepとすると基本時計モードでは以下のように動作を行っている(Fig.7).



Fig.6 Basic watch mode

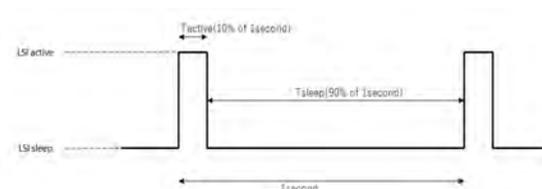


Fig.7 LSI action (Basic watch mode)

Tactiveの時間が短ければ短いほどLSIが駆動している時間が短くなり、低エネルギーでの時計動作につながる。時計ではユーザーが一番多く使用する基本時計モードでの動作でこのTactiveの時間をなるべく短くすることが長寿命化へとつながる一番の施策であるといえる。実装されているソフトウェアもTactiveの処理時間がなるべく短くなるように工夫して描かれている。

多機能なモードを備えている時計では、例えば、ユーザー操作によりセンサーの計測モード(Fig.8)に移行した際は、計時動作に加えてセンサー計測も行うようになるため、Fig.6で示したような駆動時間で済まないケースも発生する。例としてセンサー計測を加えた際の駆動時間TactiveとTsleepのイメージ図をFig.9に示す。

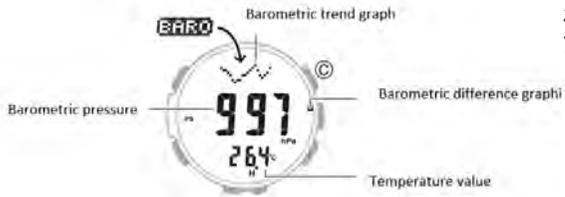


Fig.8 Barometric pressure measurement mode

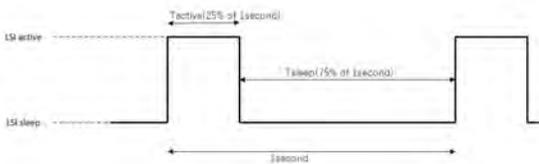


Fig.9 LSI action  
(Barometric pressure measurement mode)

常にFig.9のような駆動状態であると、電流を多く使用してしまう。そのため、時計では一定時間経過後に元の基本時計モードにリターンするオートリターン機能を備えている。例えば気圧計測モードは多くが60分程度で基本時計画面に戻るようになっている。こうすることでTactiveとTsleeeは、Fig.6の一番低消費電力の状態に戻ることができ、長寿命な時計を実現している。

・パワーセービング機能によるエネルギー削減  
時計の機能において最も基本となる計時機能であり、常に絶え間なく動作し続ける事が重要となるが、パワーセービング機能を備えている。

日常生活の中で、例えば睡眠中等で暗所にずっと置かれている環境下では、ソーラーパネルによる明暗の判定機能を使い、暗い状態が一定期間継続で表示液晶の消灯のみを行う第一段階の節電状態。更に暗い状態が続いた後に時計機能のみ動作させ、電力消費の大きい機能を止める、第二段階の節電状態に移行する。(Fig.10)

この時にデジタル時計表示においては、専用のパワーセービング状態を表すマークを他の表示と独立させて持つ事により、他の表示セグメントを完全OFFさせる。このマークのみをスタティック駆動で単独動作させる状態へ移行して他の表示を消すことによる節電と、前述の動作機能の制限を含め合わせて消費電力を削減する。

復帰動作は逆にソーラーパネルに光が当たり明るい環境へ移行したと判断した場合や、内蔵された傾

斜センサーを使用する事により、時計本体が動かされたことを検知すると、瞬時に時間の表示、節電状態からの復帰をさせることが出来る。

### 節電 (パワーセービング機能)

パワーセービング機能とは、午後10時から午前6時の間に、時計を暗い場所に置いておくと自動的に節電状態になる仕組みです。

- ・節電状態には、レベル1とレベル2の2段階があります。

節電レベル	節電開始までの所要時間	表示と機能の状態
レベル1	暗い場所に置いてから約1時間	 パワーセービングマーク <ul style="list-style-type: none"> <li>・パワーセービングマークが点滅します。</li> <li>・すべての機能は作動しています。</li> </ul>
レベル2	レベル1の状態が6～7日間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パワーセービングマークが点灯します。</li> <li>・時計機能のみ作動しています。</li> </ul>

Fig.10 Power saving function

- ・使用頻度による消費電流算出

センサーをはじめとした時計に搭載されているデバイスを動作させると、大きなエネルギーが消費される。しかし、このようなデバイスは常時動作しているわけではなく、機能として活用された時だけ、大きなエネルギーが消費されることになる。そこで、各デバイス毎に、実際に使われる状況、環境を想定して、使用頻度を定義している。例えば、高度計測機能付きの時計では、「登山へ行く回数の頻度」や、「1回の登山での高度計測の間隔と、連続計測時間」を定義。方位計測機能付きの時計では、「方位の計測頻度」や、「1回の方位計測での連続計測時間」等を定義している。Fig.11が、環境を想定した使用頻度の例となる。

使用電池：二次電池

持続時間：約7ヵ月

（ライト 1.5 秒 / 日、電子音 10 秒 / 日、方位計測 20 回 / 月、登山 1 回 / 月（高度計測 約 1 時間、気圧傾向インフォメーション計測 約 24 時間）、気圧傾向グラフ 2 時間おきに計測、電波受信 4 分 / 日、表示点灯 18 時間 / 日使用した場合）

Fig.11 Battery life conditions

この様に、使用頻度による消費電流算出を行うことで、必要なエネルギーを消費しながら、不便を感じずに実際に時計を使用することができる、製品仕様を実現している。

参考文献：

- 1)特開 2014-238305 デジタル表示装置、及び、電子時計（カシオ計算機株式会社）
- 2)特開 2018-044868 測位装置、電子時計、測位制御方法、及びプログラム（カシオ計算機株式会社）
- 3)特開 2015-179092 電波時計（カシオ計算機株式会社）

特集

時計エネルギー\*

—クロックの消費電力とエネルギー源について—

今村 美由紀\*\*

1. 緒 言

クロックには正時報時機能やアラームなど様々な付加機能を有している製品があり、また屋外用・屋内用等使用される場所も様々である。

ここでは一般的な屋内環境で使用されるクロックについて、その基本機能である時刻表示のために消費される電力量とエネルギー源についてまとめる。また、省電力を実現するためにセイコークロックが取り組んできた技術についても紹介する。

本稿に掲載する数値はあくまでも一例であり、国内に普及しているクロックの平均値を示すものではない。

2. 消費電力

2.1 アナログクォーツクロック

アナログクォーツクロックの主なエネルギー消費はモーターによる針の駆動と水晶発振回路によるものである。一部の方式を除き、秒針が1秒毎に運針するステップ方式と連続的に運針するスイープ方式の2通りに分かれ、運針方式により消費電力も異なる。表1に一般的なφ30cm程度の掛け時計に使用されるクォーツムーブメントの消費電力の一例を示す。

表1 アナログクォーツクロックの消費電力

運針区分	ステップ	スイープ
電源電圧	1.5V	1.5V
平均消費電流	110 μA	150 μA
平均消費電力	165 μW	225 μW

2.2 アナログ電波クロック

電波に重畳された時刻情報により時計の時刻を修正する方式としては標準電波、衛星電波、ラジオ放送の時報、近距離無線通信などを利用するものがある。ここでは標準電波と衛星電波を受信するクロックの消費電力の一例を示す。

電波クロックでは指針の位置を検出して時刻表示するが、より短時間での検出を可能とするため秒針と時分針を異なるモーターで駆動している。主なエネルギー消費はこの2つのモーターの駆動と水晶発振回路を備えたCPUおよび電波受信回路によるものである。また秒針を

を単独で停止する事が可能となるため、光センサーを用いて夜間など暗時に秒針を停止することで、省電力化および刻音低減を図っている製品が多い。

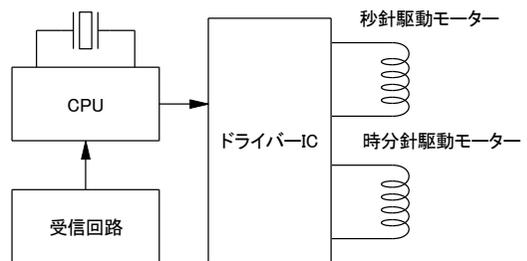


図1 アナログ電波クロックの主な電力消費源

衛星電波クロックで使用される汎用のGNSS受信回路の消費電力は標準電波受信回路の1000倍にもなる。このため衛星電波クロックでは受信環境に応じて受信頻度とタイムアウト時間をダイナミックに制御して電池寿命を確保している。

電波クロックは位置検出用の赤外LEDや受信結果や受信状態を表示するためのLEDを駆動するため、当初3V電源のムーブメントが主流であったが、現在は昇圧回路などを用いてLEDを駆動する1.5V電源のムーブメントが多い。表2にアナログ電波クロックの消費電力の一例を示す。

表2 アナログ電波クロックの消費電力

時刻情報源	標準電波		衛星電波
運針区分	ステップ	スイープ	スイープ
電源電圧	1.5V	1.5V	4.5V
平均消費電流	160 μA	160 μA	220 μA
平均消費電力	240 μW	240 μW	990 μW

2.3 デジタル表示クロック

国内で市販されているデジタル表示式クロックの殆どは標準電波受信機能付きである。また液晶パネルはTN方式の他にVA方式のパネルに常時バックライトを点灯してセグメントを表示するタイプのものもあるが、ここでは普及型の一例として図2の目覚まし時計と、比較用にデジタル表示式衛星電波クロックの消費電力を表3に示す。

\* 原稿受付 2019年10月25日  
\*\* セイコークロック(株)



図2 デジタル表示クロック

デジタル表示クロックのエネルギー消費は主に水晶発振回路を備えたCPUと液晶表示および受信回路によるものである。デジタル表示クロックの多くは温度や湿度を表示する機能を備えており、センサー検出時に電力を消費するが、本稿ではあくまでも時刻を表示するために費やされるエネルギーに的を絞っているので表3からは省いている。

表3 デジタル表示クロックの消費電力

時刻情報源	標準電波	衛星電波
電源電圧	3.0V	4.5V
液晶表示部サイズ	45×75mm	75×190mm
平均消費電流	15 μA	200 μA
平均消費電力	45 μW	900 μW

### 3. エネルギー源

クロックのエネルギー源として古くは重錘やぜんまいが用いられていたが、現在はマンガン乾電池やアルカリマンガン乾電池などの一次電池が最も一般的である。また、発電によるエネルギー源として太陽電池も多く用いられている。

余談ではあるが、密封されたガスの温度変化による収縮と膨張によって生まれた力でぜんまいを巻くことで半永久的に動作する機械式置き時計が90年前に商品化されている。この温度差時計の場合も太陽エネルギーを太陽電池とは別な形で利用していると言える。

以下にクロックの代表的なエネルギー源である乾電池の容量と太陽電池の発電量についてまとめる。

#### 3.1 マンガン乾電池の容量

2019年10月時点で乾電池メーカーが公表している放電カーブ(参考値)を元に容量を計算した結果を表4に示す。

データシートでは一般的に終止電圧を0.9Vとしているが、クロックでは最低動作電圧が1.1V程度である場合が多いので終止電圧を1.1Vとして計算した。

また放電電流がクロックで消費する電流よりかなり大きく、計算容量としては実際の値より少ない結果となっている。

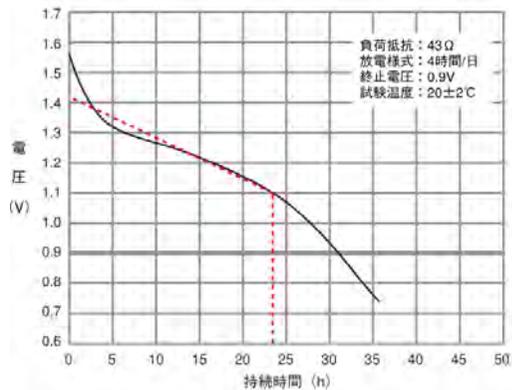


図3 単3マンガン乾電池の放電カーブ

図3は単3マンガン乾電池(R6)の放電カーブであるが、破線で示した台形部分の面積を求め放電抵抗値で除算することでおよその容量が計算される。

$$\text{容量 (R6)} = \frac{1.42 + 1.1}{2} \times 23.5 \times \frac{1000}{43} \approx 690\text{mAh}$$

表4 マンガン乾電池の容量

サイズ	放電抵抗	持続時間	計算容量
単1	10Ω	35.8h	4530mAh
単2	20Ω	34.7h	2190mAh
単3	43Ω	23.5h	690mAh

\* 終止電圧：1.1V，放電様式：4時間/日

#### 3.2 アルカリマンガン乾電池の容量

アルカリマンガン乾電池についてもマンガン乾電池と同様に放電カーブから容量を計算した結果を表5に示す。

昨今市販されている乾電池はアルカリマンガン乾電池がほとんどであり、時計購入時に添付されている電池はマンガン乾電池でも電池を入れ替える時はアルカリマンガン乾電池となるケースがある。

省電力設計のクロックにアルカリマンガン乾電池を使用すると電池寿命が伸びすぎて漏液につながる場合があるので注意が必要である。

表5 アルカリマンガン乾電池の容量

サイズ	放電抵抗	持続時間	計算容量
単1	10Ω	97.8h	12570mAh
単2	20Ω	93.5h	6030mAh
単3	43Ω	71.8h	2170mAh

\* 終止電圧：1.1V，放電様式：4時間/日

#### 3.3 太陽電池の発電量

太陽電池をクロックで用いる場合、意匠の観点から太陽電池の前面に白色のフィルターを配置する機会が多い、更にガラスなどにより減衰するため太陽電池の受ける光量は30%~50%まで低下する。クロックで一般的

に用いられる屋内用アモルファスシリコン太陽電池（8セル，ガラス基材サイズ 48mm×58 mm）を6枚並列に接続して、光の減衰率を50%とした場合のおよその発電量を表6に示す。この時の二次電池の電圧を3Vとした場合の二次電池に充電される電力を合わせて示す。

表6 太陽電池の出力電流と充電電力

照度	出力電流	充電電力
100lx	60 $\mu$ A	180 $\mu$ W
200lx	120 $\mu$ A	360 $\mu$ W
250lx	160 $\mu$ A	480 $\mu$ W

太陽電池を搭載したクロックでは二次電池以外に補助電池（一次電池）を搭載した製品も多数あり、「200lx（一般的な家庭の明るい場所）の光を1日8時間以上受けた場合に補助電池を減らさずに動き続けます」などとしている。

### 3.4 将来の可能性

一次電池以外のクロックのエネルギー源としては太陽電池の他に非接触充電やワイヤレス電力伝送等のエネルギー伝達技術も今後は視野に入ってくるが、得られる電力量やコストを考慮すると現状ではやはり太陽光発電が最も適していると考えられる。

クロックで利用する場合は低照度でも高効率で発電可能なデバイスが求められる。現在主流のシリコン系の太陽電池以外にも色素増感太陽電池、その一種であるペロブスカイト型などもその候補と考えられる。

## 4. エネルギー消費の削減技術

表2に示したアナログ電波クロックの平均消費電流は160  $\mu$ Aであるのに対して、表6の太陽電池の出力電流は200lxで120  $\mu$ Aでありこの組合せでは商品として成り立たない。

以下にセイコークロックがムーブメントの消費電力を低減するためにこれまで取り組んできた技術について紹介する。

### 4.1 省電力3針電波スリープムーブメント

秒針と時分針を独立して駆動する電波ムーブメントでは、時分針は10秒に1回程度しか駆動しないため秒針の消費電力が大半を占める。

セイコークロックでは2003年に省電力タイプのスリープモーターを開発し、駆動電圧2.2Vで平均消費電流30  $\mu$ A、秒針駆動トルク2.0gf $\cdot$ cmを実現している。

省電力化のためにステータの形状や材質、駆動コイルの線径や巻数、マグネットの材質、駆動パルスなどの各諸元をコストやサイズも考慮した上で最適化を図った。

図4は省電力スリープモーターの電圧特性であるが電源電圧に依存しない定電流化とばらつき要素を低減するため製品ではLDOを用いて定電圧で駆動している。

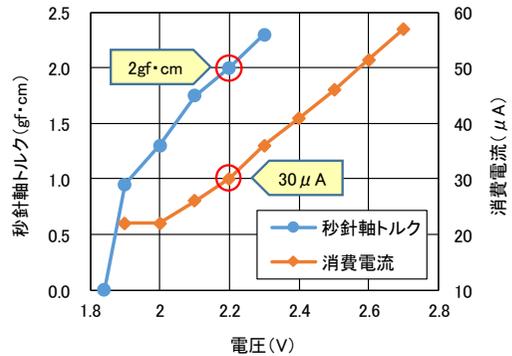


図4 省電力スリープモーターの電圧特性

### 4.2 省電力2針薄型電波ムーブメント

秒針の無い2針タイプではあるが、クロックとしては初めてローターの回転検出による適応制御を行うことで平均消費電流を7  $\mu$ Aまで低減したムーブメントを2008年に開発している。

またこのムーブメントではモーターや輪列および位置検出機構の薄型化、更にアモルファス製小型アンテナの採用により当時アンテナ一体型電波クロックムーブメントにおいて世界最薄の8.5mmを実現している。

長電池寿命タイプや太陽電池を電源とする電波クロックでは4.1の3針電波スリープムーブメントまたは2針薄型ムーブメントが使用されている。表7にこれら省電力型クロックの消費電力をまとめて示す。

表7 省電力型電波クロックの消費電力

表示仕様	3針	2針
電源電圧	3.0V	3.0V
平均消費電流	47 $\mu$ A	7 $\mu$ A
平均消費電力	141 $\mu$ W	21 $\mu$ W

## 5. 結 言

本稿では民生用クロックで消費する電力量とそのエネルギー源についてまとめたが、その値については一例であり、クロックの扱う電力量とウオッチのそれとの桁の違いを実感して頂ければと思う。

### 参考文献

- 1) Panasonic マンガン乾電池 (DWC) データシート 2009年
- 2) Panasonic アルカリマンガン乾電池 (XW) データシート 2009年



今村 美由紀

1987年 東京理科大学応用物理学科卒業。同年精工舎（現セイコークロック（株））入社。入社以来メロディ IC、電波クロック、無線親子時計、衛星電波クロックなどの開発に従事。

## 時計エネルギー\*

### —自動巻き発電機能付き時計（キネティック）と ぜんまい駆動式電子調速時計（スプリングドライブ）—

小池 邦夫\*\*

#### 1. 緒 言

本稿では、自動巻き発電機能付き時計（以下、キネティック）と、ぜんまい駆動式電子調速時計（以下、スプリングドライブ）に用いられているエネルギーシステムについて説明する。キネティックは、機械式時計の自動巻きと同じように、回転錘の動きを利用して発電し二次電池を充電する。キネティックは、磁石とコイルの電磁誘導によって腕の動きを電気エネルギーに変換している。発電した電気エネルギーを使ってステップモーターを駆動し針を運針する方式は、クォーツ時計と同様である。

一方、スプリングドライブは、機械式時計と同様、ぜんまいを動力源とし、針を運針する。ぜんまいのエネルギーの一部を発電機で電気エネルギーに変換し、そのエネルギーを使って発電機が一定速度で回転するように速度制御することで、クォーツ精度を実現している。二次電池は内蔵していない。

以下に、キネティックとスプリングドライブの発電とエネルギー制御について解説する。

#### 2. キネティック

##### 2.1 キネティックの概要

図1は、キネティックの発電機のシステム図である。キネティックは、機械式時計と同様な回転錘を備えている。機械式時計は、回転錘の回転を減速して香箱のぜんまいを巻き上げるが、キネティックの回転錘の回転は、輪列機構によって増速して発電ローターへ伝えられる。

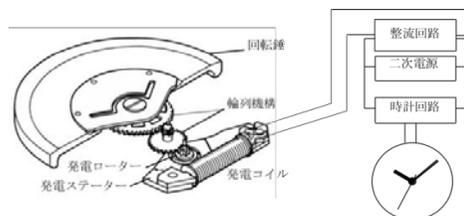


図1 キネティックの発電機のシステム

発電ローターには、図2のようにN/S一対の磁極を持つ磁石があり、その磁束は発電ステーターを經由して発電コイルへ導かれる。発電ローターが回りコイルを通過する磁束の量と方向が変わると、電磁誘導によって発電コイルに交流電流が流れる。これを整流回路で直流電流に変換して二次電源へ充電し、その電力で時計回路を動かす。この先はクォーツ時計と同様で、ステップモーターを駆動し、ローターの回転を輪列で伝達して時刻を指針で表示する。

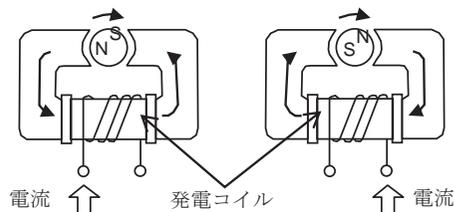


図2 発電動作

##### 2.2 技術内容

###### 2.2.1 増速型発電機

図1で、回転錘の回転は輪列機構で発電ローターに伝達されると説明したが、この輪列機構は回転錘1回転で発電ローターが約100回転するような、増速輪列である。

図3に発電機の断面図を示す。増速輪列は回転錘と同軸で回転する回転錘車と、伝え車、発電ローターで構成されている。その効果は、発電機の小型化と、誘導起電力が得やすいことにある。

二次電源へ充電するには、発電コイルに誘導起電力を発生させる必要があるが、誘導起電力は次の式(1)で表される。

$$e = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad \dots\dots(1)$$

$e$  : 誘導起電力  
 $N$  : コイルの巻き数  
 $d\Phi$  : 磁束の変化量  
 $dt$  : 磁束の変化時間

\* 原稿受付 2019年11月1日  
 \*\* セイコーエプソン(株)

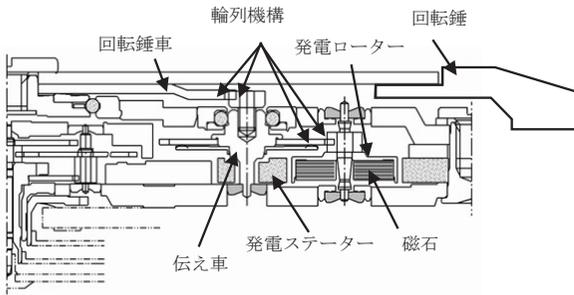


図3 発電機の断面図

増速輪列によって、発電ローターは回転錘の約100倍の速度で回転するので、磁束の変化時間  $dt$  が小さくなり誘導起電力  $e$  が上昇する。磁束の変化量  $d\Phi$  は、発電ローターに取り付けられた磁石の磁力、つまり発電コイルへ流れる磁束量になる。磁束が通る磁路は、磁気飽和しないように磁束量に見合った磁路の太さが必要である。具体的には発電コイルと発電ステーターの平・断面形状で、これは時計のレイアウトで制約されるので、磁束量の極端な増加は難しい。キネティックの小型発電機で誘導起電力を得るには、磁束量  $d\Phi$  だけではなく、増速輪列によって磁束の変化時間  $dt$  を小さくする手段が適していると考えられる。

### 2.2.2 発電・整流回路

回転錘が回ったとき、どのように発電されるかを図4の半波整流回路で説明する。発電ローターが回転すると、発電コイルを通過する磁束の方向が変わるので、発電コイルには交流の電流が流れる。ダイオードによって一方向の電流がカットされ、直流の電流が二次電源に充電される。

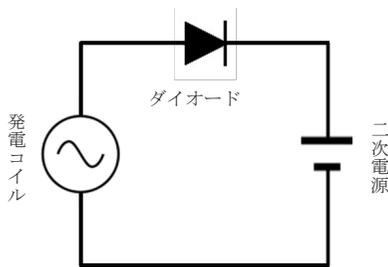


図4 半波整流回路

図5は、回転錘が上から自重で回転したときに発生する発電電流のイメージ図である。一つの電流波形は発電ローター1回転で発生し、流れる電気量は波形の面積(图中塗り潰し)になる。回転錘の回転は、止まった状態から徐々に速度を上げ、ピークを越えると速度が落ち

る。この速度変化は前記式(1)の  $dt$  の変化になるので、誘導起電力および発電電流も変化し、全体の波形が山形形状になる。

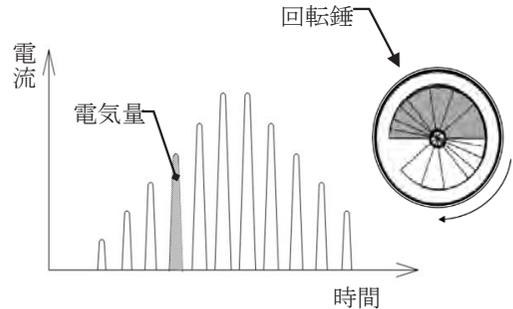


図5 発電電流

個々の波形の電気量を合計すると、回転錘が自重で回転したときの発電電流になる。また、このように電流が流れて二次電源を充電するには、発電コイルに発生する誘導起電力の電圧が二次電源電圧より高い必要があり、かつ、この電位差が大きいほどたくさんの電流が流れる。そのため、発電コイルに発生する電圧が同じであっても、二次電源電圧によって流れる電流が変化し、二次電源電圧が低いときは充電される電気量が多く、二次電源電圧が高くなるほど電気量が少なくなる。

図6にキネティックに採用されている整流回路を示す。キネティックの開発当初においては、整流による損失や整流部のスペースなどを考慮し、ダイオードを用いた半波整流回路や全波整流回路を採用していた。このときは、発電機(AG)の発電電圧を有効に充電するためにダイオードの順方向の電圧(Vf)降下の小さいショットキーバリアダイオードを用いていた。その後、ダイオードのVfによる電圧ロスがほとんど発生しない、ICプロセスで作ったトランジスタによる全波同期整流回路を採用して、充電効率を約30%向上させた。

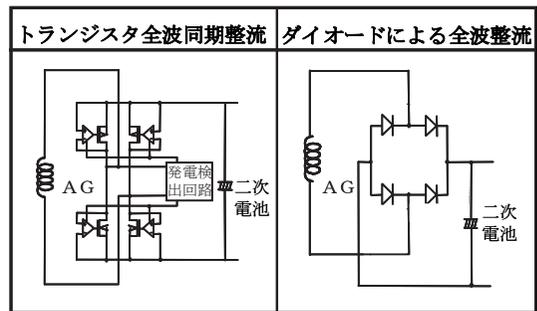


図6 キネティックの整流回路

### 2.2.3 多段昇圧回路

キネティックでは、二次電池が充電されていない状態から安定して動作を開始するまでの時間を短くするため、電源電圧を昇圧して充電する多段昇圧回路を採用している。図7は、多段昇圧の概念図で、二次電池の電圧推移と、昇圧後に時計回路に供給されるコンデンサの電圧の関係を表したものである。

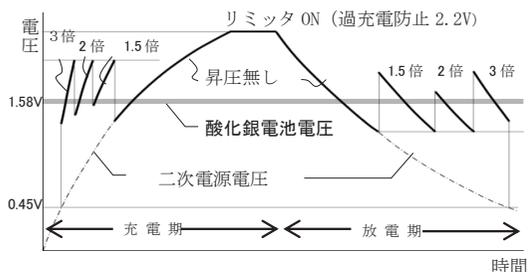


図7 多段昇圧概念図

キネティックなどの発電式の時計の二次電池は、1980年代は電気二重層コンデンサであった。一般的なクォーツ時計に使用される酸化銀電池が、放電初期から末期までほぼ一定電圧(約1.58V)なのに対して、電気二重層コンデンサの電圧は充放電によって電圧が変化する。そこで、二次電池の電圧を最大で3倍に昇圧することで、電圧が0.45V以上の範囲で時計駆動を可能にした。

多段昇圧回路の最大の効果は、前述したように起動時間の短縮である。時計が止まったまま放置しておく、回路のリーク電流や自己放電などによって、二次電池の電圧は徐々に低下する。これを起動するためには、時計を左右に振るなどして回路が動作できるまで二次電池を充電する必要がある。起動電圧を低くできれば起動に必要な充電量が減るので、止まった時計を早く動かすことができる。また、二次電池の電圧が低下してきた場合も、時計の運針動作ができなくなるまでの時間を延ばすことができるため、時計の止まりリスクを減らすことができる。

### 2.2.4 二次電池

キネティックの二次電池は、現在はリチウムイオン二次電池が内蔵されている。リチウムイオン二次電池は1990年代に入ってから登場し、大容量でありながら繰り返し充放電特性に優れるという特徴を有している。電池のサイズは同じだが、フル充電からの持続時間は、初期のキネティックでは約3日間だったものが、約6か月へと飛躍的に伸びている。リチウムイオン二次電池の電圧特性は、電気二重層コンデンサとは異なりほぼ一定の電圧で推移し、容量末期で急落する酸化銀電池に近い挙動を示すため、近年のキネティックでは、多段昇圧回路は内蔵されなくなっている。

### 2.3 まとめ

腕の動きでぜんまいを巻き上げる自動巻き機構は、時計のぜんまいを手で巻く煩わしさから解放した、機械式時計を代表するユニークな機構の一つである。身につけていれば針が止まることのないこの機構を、クォーツ時計に応用する自動巻き発電時計は、ごく自然な流れの中から発想されたものと思われる。今後も、キネティックを人々の日々の活動に寄り添う時計として発展させていきたい。

## 3. スプリングドライブ

### 3.1 スプリングドライブの概要

図8は、スプリングドライブの概システム図である。スプリングドライブのエネルギー源は、香箱内のぜんまいに蓄えられた機械エネルギーである。機械式時計と同様、時刻表示のための針は輪列に固定されており、輪列の回転とともに運針する。ぜんまいが解ける力は増速輪列を介して発電機のローターに伝えられる。ぜんまいの特性や輪列の増速比は、制御を行わない状態ではローターの回転数が設定速度(8Hz)より早く回転するように設定されている。

ぜんまいから伝わる機械エネルギーは、発電機で電気エネルギーに変換され、発電した電力で制御回路が駆動される。制御回路は発電機のローターの回転を1回転ごとに検出し、水晶振動子が発生する基準信号と比較して、輪列の回転速度が設定速度になるようにローターにブレーキを掛ける。ブレーキは発電機のコイルの両端をショートすることで生じる電磁ブレーキである。このようにして発電機のローターを設定速度(8Hz)になるように制御することで、増速輪列に取り付けられた秒針が1rpmで回転し、正確な時刻を表示することができる。

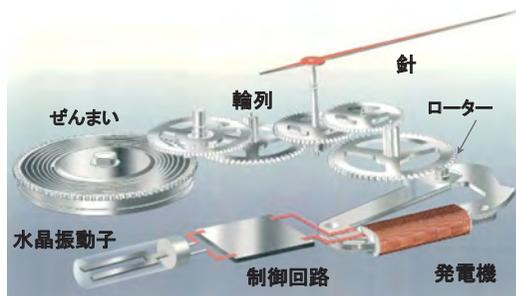


図8 スプリングドライブの概システム

図9にスプリングドライブの動作概念図を示す。スプリングドライブのシステムは、よく坂道を定速で下る自転車にたとえられる。自転車が坂道を下るとき、自転車は位置エネルギーを電気エネルギーに変換して、そのエネルギーを使って速度制御を行なう。自転車は時計の

針に相当し、位置エネルギーはぜんまいの機械エネルギーに相当する。ぜんまいの巻き数に相当する坂道の傾斜は、最初は急だが徐々に緩やかになっていく。坂道の途中には微妙な傾斜の変化や凸凹がある。この傾斜の変化や凸凹は、時計の姿勢差や時計が突発的に受ける衝撃に相当し、ぜんまいから輪列を介して伝わる機械エネルギーの変化と速度の変化をもたらす。スプリングドライブには電気エネルギーを蓄積する二次電池がないので、発電量の低下がシステムの破綻につながらないようにしなければならない。また、速度の変化に対して瞬時にブレーキ量の調整を行い、時計の進み・遅れが無いように制御を行なう必要がある。

この制御は、坂道の終わりに相当するぜんまいの巻き解け状態において自転車の速度が低下し停止する直前まで、ブレーキ制御により自転車が定速で動き続けられるように設定されている。

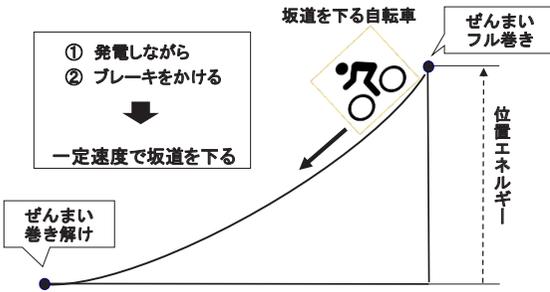


図9 スプリングドライブ動作の概念図

### 3.2 技術内容

#### 3.2.1 発電・調速システム

スプリングドライブの制御回路は、発電して得られた電気エネルギーを用いて発電ローターの回転信号を検出する。一方で、水晶発振回路から設定速度（8Hz）の基準信号を取り出す。この2つの信号を逐次比較して、発電ローターにブレーキをかけることで発電ローターは定速で回転する。スプリングドライブでは、発電機のサイズを小型化・薄型化して機械式時計のエネルギーを効率よく電気エネルギーに変換するために、チョッピング・ブレーキという技術を用いている。チョッピング・ブレーキとは、制動時に発電コイルの両端のショートとオープンを高周波数で繰り返し、高電圧を発生させて発電効率を高める技術である。

図10にチョッピング制御により得られる発電波形を示す。点線で示したチョッピングする前の8Hzの正弦波の発電波形に、高周波のチョッピング信号が重畳され、高い誘起電圧が発生していることがわかる。また、スプリングドライブでは、ブレーキ制御のために全ての動作期間にわたって発電ローターの回転を検出している。図より、チョッピング効果により波形が途切れるこ

となく出力され、チョッピング制御が回転信号の検出にも寄与していることがわかる。

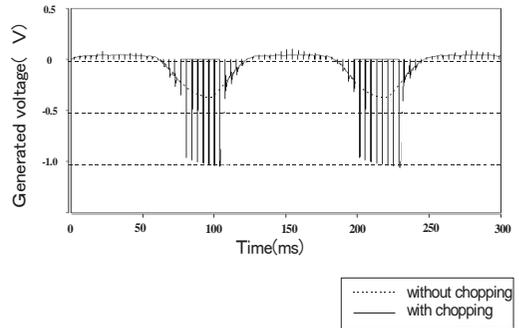


図10 スプリングドライブの発電波形

スプリングドライブのチョッピング制御は、発電電力を効率よく充電する一方で、発電機の回転速度を調速するブレーキ制御を担っている。ブレーキ方法は、発電コイルの両端をショートする電磁ブレーキである。チョッピング信号の一つのパルスのショート期間を長くすることによりブレーキ力は大きくなり、ショート期間を短くすることによりブレーキ力は小さくなる。

図11は、発電電圧とチョッピング制御のブレーキ期間の図である。ブレーキ力はブレーキデューティ比（発電コイルの両端をショートする時間比率）で表されている。図より、効率よく発電電圧が得られるチョッピングの周波数を求め、スプリングドライブでは256Hzとした。

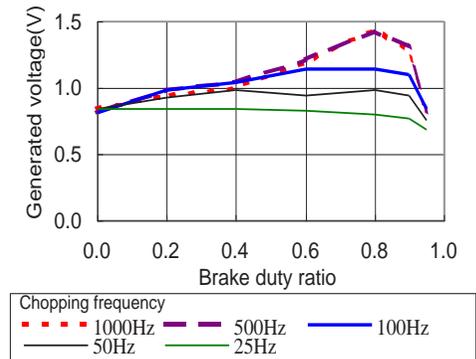


図11 発電電圧とブレーキデューティ比の関係

#### 3.2.2 消費エネルギーの低減

スプリングドライブでは、単位時間当たりのぜんまいのほどこける量を少なくするほど、持続時間の長い商品が実現できる。しかし発電機に伝わる機械エネルギーが小さくなると発電される電気エネルギーも小さくなるため、消費側の動作エネルギーを低減するために、制御回

路については従来の Bulk-IC ではなく、SOI (Silicon on Insulator) と呼ばれるトランジスタ構造を持つ、部分空乏型の SOI-IC を採用した。図 1 2 に SOI-IC の構造を示す。

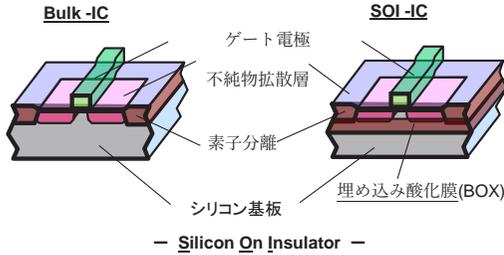


図 1 2 SOI-IC の構造

SOI-IC は、埋め込み酸化膜 (BOX) により、シリコン基板から絶縁分離された構造を持つことから、以下のような特徴がある。

- ① 低接合容量 → 高速動作, 低消費電力
- ② 基板浮遊効果 → 低電圧動作
- ③ 完全分離構造 → ラッチアップフリー  
ソフトエラーフリー, 基板干渉ノイズ抑制

図 1 3 に従来の Bulk-IC と SOI-IC の動作電圧と動作電流の関係を示す。スプリングドライブの SOI-IC は、動作電圧: 約 0.5 (V), 動作電流: 約 50 (nA) で、Bulk-IC と比較して消費電力を 70~80%削減でき、従来では考えられなかった低いレベルの消費電力を実現している。

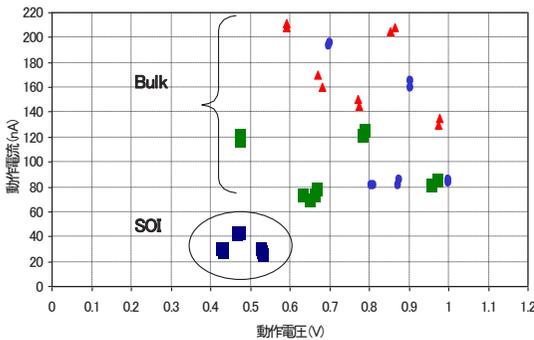


図 1 3 Bulk-IC と SOI-IC の動作電圧と電流分布

### 3. 2. 3 その他の発電効率向上の取り組み

スプリングドライブでは、限られたムーブメント (時計を動かす機械体) サイズの中で、制御回路動作に必要な電気エネルギーを作り出している。以下に、電気エネルギーを効率よく取り出すための取り組みの一部を紹介する。

#### 3. 2. 3. 1 磁気損失の低減

通常、ウォッチ用のモーターコアには軟磁性材料であるパーマロイ材を使用しているが、コアの鉄損が大きいため、スプリングドライブのコア材料にはアモルファス磁性材料を採用した。アモルファス磁性材料は磁気特性に優れ鉄損が小さく、スプリングドライブのコアには適した材料であるが、薄くて脆いという機械的特性があり量産化には大きな困難を伴った。

図 1 4 にスプリングドライブのアモルファスコアを示す。アモルファス磁性材料は 1 枚の厚みが約 20 $\mu$ m であるため 18~20 枚を積層させて使用している。また、積層する際、コアにずれが生じているとコギングトルクが大きくなりローターの動きが悪くなるため、ずれがほとんど無い特別な配慮をして積層している。アモルファス磁性材料を採用することにより従来のパーマロイ材に比較して鉄損を約 30%削減した。

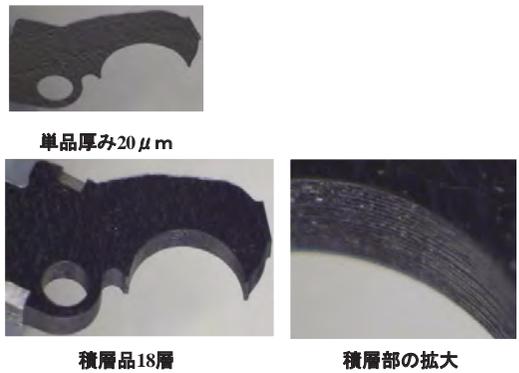


図 1 4 アモルファスコア

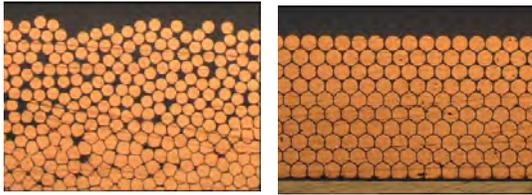
#### 3. 2. 3. 2 コイル巻効率の向上

大きな発電量を得るためには、単位時間当たりの磁束変化量を大きくするか、あるいは巻数を多くすることが必要になる。スプリングドライブの発電ローターは、8Hz の定速回転をしているため、発電量を大きくするには巻数を多くする必要がある。そこで、より多くの巻数を得るために巻効率を追求し、整列巻という巻線方式を採用している。整列巻により、同一コイル体積における巻数を多くし、かつ巻線の抵抗を小さくすることができる。

図 1 5 に発電コイルの断面図を示す。左側は一般のウォッチ用コイルであり、右側がスプリングドライブに用いられている発電コイルである。共に写真の下側がコア部を示す。スプリングドライブのコイルである右側の写真は、コア部に近い下方ほど銅線の形状が六角形をしている。反対に上方になると丸形状のままになっている。これは、巻線の送りピッチを一定にしているため、層状の場合、銅線が均一に積み重なり、周囲からの荷重が等荷重になりこのような形状になる。

整列巻により巻効率 (単位体積当たりの巻数) を従来

のウオッチ用コイルに比較して 20~30%改善した。



従来コイル

整列巻コイル

図 15 発電コイルの断面

### 3.3 まとめ

スプリングドライブは、機械式時計のぜんまいで指針を駆動しながら、クォーツ時計の高精度という、機械式とクォーツ式の2つの時計の特徴を合わせ持っている。

一方、スプリングドライブの秒針の動きは機械式時計のような細かく時を刻むビート運針でもなければ、クォーツ時計のようなステップ運針でもない、音もなくダイヤルの上を滑るスイープ運針である。この自然で流れるような針の動きは、機械式時計とクォーツ時計の長所を生かしたシステムを追求する中で生み出された必然の産物であった。

今後は、電池を内蔵しないスプリングドライブの技術をさらに発展させ、地球環境にやさしい時計としても広くアピールしていきたい。

## 4. 結 言

本稿では、自動巻き発電機能付き時計(キネティック)と、ぜんまい駆動式電子調速時計(スプリングドライブ)に用いられているエネルギーシステムについて解説した。

光や人の動き、熱などの外部エネルギーを電力に変換して利用する発電式のエネルギーシステムは、電池交換不要で止まらない、常に安心して使える時計を追求する中から生み出されてきた。追い風となったのは、制御回路(IC)の低パワー化と、二次電池の高容量化・信頼性の向上である。

電池交換の必要がない発電式の時計は、地球環境にやさしい時計として今後も発展していくと思われる。長く愛される時計になるよう、これからも取り組んでいきたい。

## 参考文献

- 1) 小池邦夫, 茂木正俊: ぜんまい駆動高精度ウオッチの発電・制御システムの開発, マイクロメカトロニクス, Vol.44, No.1 (2000)
- 2) 豊福篤, 小池邦夫, 高橋理, 原辰男: SPRING DRIVE 電子調速機の制御シミュレーションの開発, マイクロメカトロニクス, Vol.46, No.1 (2002)
- 3) 中村英典: The Development of self-winding watch SPRING DRIVE Cal.9R, Société Suisse de Chronométrie, Journé d'Etude (2005)
- 4) 永坂栄一: スプリングドライブの技術動向と展望, マイクロメカトロニクス Vol.53, No.200 (2009)
- 5) 小池信宏: KINETIC の技術動向と展望, マイクロメカトロニクス Vol.53, No.200 (2009)
- 6) 長尾昭一: 「時計技術解説」クォーツ時計, -X.発電機能付き時計(2.自動巻き発電)-マイクロメカトロニクス Vol.61, No.217 (2017)
- 7) 青木茂: 時計技術の系統化調査 共同研究編 第10集 ~機械式時計からクォーツ時計へ、更なる高精度を求めて~, 国立科学②博物館, 北九州産業技術保存継承センター (2017)



小池 邦夫

1982年 静岡大学工学部電気工学科卒業。

同年(株)諏訪精工舎(現セイコーエプソン

(株))入社。入社以来腕時計の開発に従事。

キネティック, スプリングドライブ, 電波時

計, GPS ウオッチ等の開発に携わる。

## 研究会報告

# 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 高橋浄久 Kiyohisa Takahashi \*

\*OQTA 株式会社 Chief Philosophy Officer, 東京都港区南青山 1-14-7 ベルメゾン 1F, 〒107-0062

参加者 18名 (正会員 11名, 賛助会員・非会員 7名, 学生会員 0名)

シチズン時計(株)	4名 (正会員3名, 賛助会員1名)
セイコーエプソン(株)	1名 (正会員1名)
セイコークロック(株)	1名 (正会員1名)
セイコーウォッチ(株)	2名 (正会員2名)
カシオ計算機(株)	3名 (正会員1名, 一般2名)
千葉工業大学	1名 (正会員1名)
(一社)日本時計協会	1名 (正会員1名)
リズム時計工業(株)	5名 (正会員1名, 一般4名)

司会 藤田大輔                      リズム時計工業(株)                      技術生産管理本部 回路設計課

\*2019年11月8日 中央大学後楽園キャンパス新2号館7階 2735号室にて開催

## 第1部 講演

### 1. 思いを届ける鳩時計の商品コンセプト

思いを届ける鳩時計 OQTA は時刻では鳴かない。インターネットに繋がった鳩時計をスマートフォンから遠隔で鳴らすことが出来る、IoT 鳩時計である。一般的な使用方法としては家族や恋人などの親しい関係性の相手に OQTA を渡して「あなたのことを思い出したらこの鳩を鳴かすからね」と言って鳩時計を鳴らすと、その音を聞いた相手は“私は今この瞬間、思われた”ということを感じて喜ぶという、音を利用したコミュニケーション装置である。この鳩時計を介して用事がなくても”思ったことだけ”を伝える事が出来、言語化出来ないエモーショナルな感情を発信、及び受信する事で日常生活の中でちょっとした楽しさを提供する IoT 製品である。

### 2. 開発にいたるきっかけとプロセス

OQTA の開発メンバーは最初 VR のチームであったが、Chief Creative Officer (当時) の高橋が (情報が多くなくても人間の感情は動かせる) という仮説のもと、コミュニケーションの手段を VR 映像から短い音という方向にピボットした。情報を最低限に抑えるという前例のないプロダクト開発は困難を極めたが、試作品を短いサイクルで開発、ユーザーインタビューや実証実験を繰り返し、2017年12月のクラウドファンディング Makuake での好反応 (+632%) を経て、現在の商品構成 “OQTA HATO” となった。



### 3. 潜在的なニーズ

人間は社会的な動物であり、コミュニケーションは生活に欠かせないものであるが、そこには時間や手間、情報、精神力などが必要で、個人の価値観や解釈の仕方によって時に意図しない軋轢を生むこともある。これを“コミュニケーションコスト”と呼び、電話やメッセージのような従来の通信手段とは別の方法で、このコストが少なく、かつ心地よい距離感のコミュニケー

ションができる手段があるのではないかとこの仮説のもと研究開発を進めた。

#### 4. ヘルスケア商品としての活用事例

東京都福生市に住むSさん(93歳)の事例を紹介する。7人の孫やひ孫達から3ヶ月で6280回(1日平均約70回)鳩時計が鳴ったSさんは、鳩時計の音を聴くたび(私はこんなにも思われている)と感激し、タブレットを購入して孫たちとLINEを開始したという事例がある。日常生活を送る上で誰かに思われていることや、人との絆を感じることは健康格差に於いて社会疫学的にも重要な因子であり、こういった高齢者の行動変容につながる事例などが評価され、2018年、経済産業省主催のジャパンヘルスケアビジネスコンテストで優秀賞を受賞した。



#### 5. ボタンを押す側のモチベーション維持

OQTAは鳩の音を聴く人のためのプロダクトであることをコンセプトとして開発されたが、鳩を鳴かせる側、ボタンを押し続けるモチベーションを維持するための仕組みを設計する必要があった。ポップアップショップで製品の説明員をしている時も「でも鳩時計が鳴かないと寂しいですよ」とお客様によく質問される。OQTAアプリは鳩を鳴動させるためのシンプルなボタンが単機能で存在するUIで、OQTAは鳩を鳴らすことによるフィードバックや、インセンティブは実装していない。



ボタンを押すだけのシンプルなUI

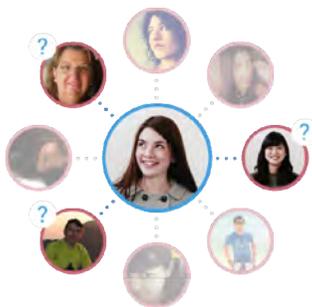
音を聴く相手が喜んでいる/聴いているなどの直接的なフィードバックがないことが長期的な利用の継続にどう影響するのか意見が別れるところであるが、リリースから約2年で50万回以上のボタンが押され続けている。



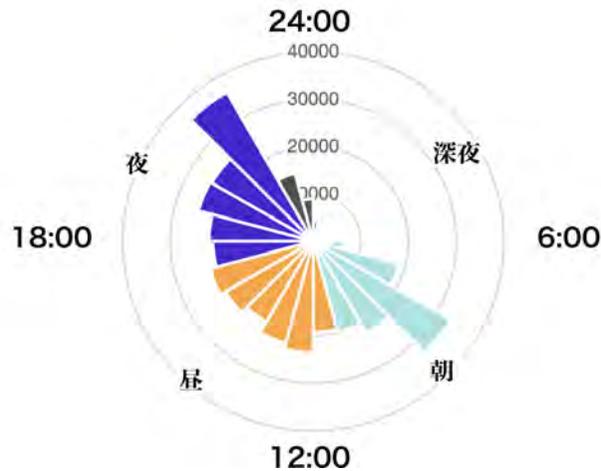
試作機でのテスト期間中、聴いている相手が鳩時計の利用を終了し回収したあとも、それを承知した上でボタンを押し続けていた事例もあった。押す側と聴く側のコミュニケーションが断絶したにも関わらず、押す行動が継続しているモチベーションは何か。開発段階では、この感情に注目した行動維持の仕組み・UXを作れないか検討することにした。

## 5. 1 セミ匿名性の効果

非言語コミュニケーションの例として OQTA HATO と近いものに Facebook Poke が挙げられる。それぞれコミュニケーションコストが非常に小さいという特徴があるが、大きな違いとして Poke は発信者と受信者がお互いに誰であるか認識しているのに比べ、OQTA は鳩を鳴らした人物が8人のうちの誰かはわからないというセミ匿名性の要素を持たせている点がある。Poke のように、行為の主体が誰かわかる/知られることで行為の意味が、セミ匿名性に比べて、長期に渡っては継続しにくいのではないかという仮説を立てた。行為の主体がわからないほうが意味が限定されにくく、押す側も聴く側も飽きずに OQTA を継続利用できるのではないかと考え、誰が押したか特定できる機能は省略した。(※但し利用者によっては1対nではなく、1対1で使用している例もある。) OQTA 社はこの構造をもとに国際特許を取得している。

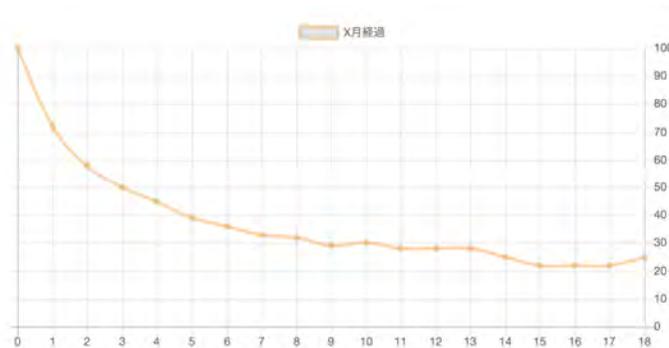






#### 7. OQTA HATAO app リテンションレート推移

OQTA HATO アプリのアクティブ率、リテンションレートを18ヶ月に渡って分析した結果、約5ヶ月で40%という推移をみせた。例えばこれはAndroidに登録されている1億5千万アプリの平均が90日以内に95%のユーザーが離脱するというデータと比較しても非常に優秀で、リテンションレートだけでみれば上位50位のアプリ平均値と同等の結果である。



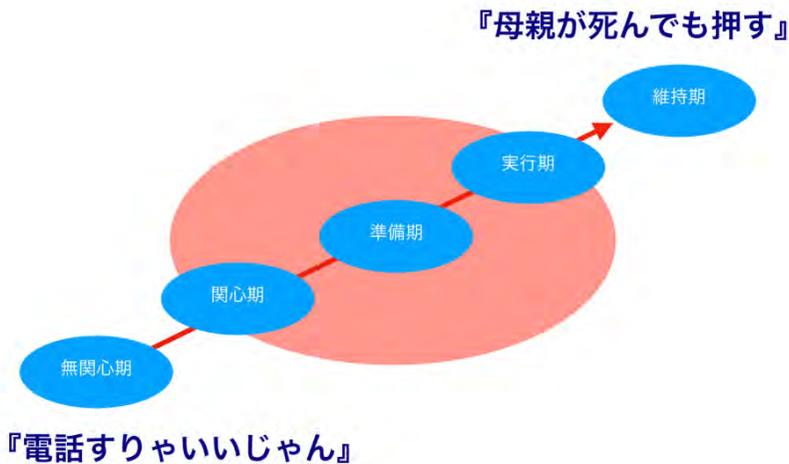
お盆やお正月になると鳩時計は良く鳴く

#### 8. 他者承認から自己効力感への変化

実証実験のインタビューで、発信者の多くは“相手が聴いていること”が重要であると答えた。この場合、聴く相手を喜ばせること（他者承認）がボタンを押し続けるモチベーションになっていると思われる。しかし検証を継続するに従って（相手が聴いているにこしたことはないが）聴いていなくても関係なく押す利用者が現れはじめ、またそのモニターと長期利用者（数ヶ月～1年半）との相関もみられた。

モニターのTさん（50歳 大学教授）はOQTAHATOの説明を受けた時「別に電話をすればいい」

と否定的であったが、OQTA HATO を利用するうちに「母親が死んでも押すかもしれない」と言うまでに意識が変容した。妻と娘に鳩時計を鳴らしているモニターI さん(36 歳 IT 会社勤務)は「はじめは義務感だったが、押すたびに自らが清らかになるような気がする」と感想を述べている。



行動変容 5 ステージ。関心期から実行期への移行中に自己満足が醸成される

彼らは揃って『自己満足』という共通ワードを口にした。OQTA モニターの利用開始時（無関心期→関心期）のモチベーションは他者の承認・あるいは期待であるが、実行期から継続期に移行した利用者のモチベーションに自己効力感（セルフ・エフィカシー）がそのモチベーションに関与しはじめたのではないか。繰り返しボタンを押すことによって（※ザイアンスの単純接触効果）、発信者にとっては相手のリアクションよりも、ボタンを押すという思いやりの行動・行為の方が快感の度合いが強くなっていくと考察する。

コミュニケーションコストの少ない単純な行為を繰り返すことで、自分の中にある潜在的・無意識的で言語化しにくい感情を以下に列挙する。

- ・社会的・道徳的な意味…「普段なかなか連絡できてなくてごめんね・いつもありがとう・愛してる」
- ・感情の高ぶり、情緒的な意味…「不安・寂しい・ちょっかい・嬉しい・なんだかよくわからない・連打したい」
- ・祈りの意味…「自分以外の何者かへの、接点・きっかけとして」
- ・習慣的な意味…「押さないと気持ちが悪い・連続日数・回数にチャレンジ」

大切な人とのつながりを通じて自らが受容されているような気分に入れる、というのも OQTA HATO のコミュニケーションデザインの重要なポイントである。



はじめは利他以でスタートするが徐々に自己満足の感情が mix されていく

## 9. まとめ

OQTA は新しいカタチのコミュニケーションを提案するにあたり、情報に意味を持たせないこと・意味がなくても成立する仕掛け/仕組みを意識した。また道徳的規範（思いやり・愛情に対する愚直さ・真摯さ）が強い人物が最も長期に継続しているということもわかってきた。OQTA HATO はコミュニケーションコストを徹底的に排除し、内観的な勘違い構造を取り入れることにより、ポジティブな感情の想起を促す。このコミュニケーションを我々はエモーションテクノロジーと定義する。エモーションテクノロジーの開発で得た知見をもとに今後は、医療分野との連携、脳神経学との連携、社会疫学などとの連携なども視野に入れて活動の範囲を広げていきたい。

## 参考文献

- [1] 松村真宏:仕掛学 東洋経済新報社 (2016)
- [2] 有田秀穂:「親切」は驚くほど体にいい!飛鳥新社 (2011)
- [3] 高橋徳:人のために祈ると超健康になる!マキノ出版(2018)

## 第2部 質疑応答

質問1：OQTAを作るのに難しかった事はなんですか？

回答1：製品アイデア、コンセプトを言語化するのが難しかった

質問2：プロトタイプを使ってもらった感想がバラバラであったが、どうやって製品に取り込んだのか？

回答2：そういう感想になった理由と、市場でのユーザーアクションを調整して製品に取り込んでいった。

質問3：なぜハト時計を選んだのか？

回答3：世の中にある音が出る製品で、世界中で知られていて生活に根付いている製品を考えた結果ハト時計を選んだ。

質問4：鳴らすためのアプリも大事だとおもうが、アプリに対しての思想を教えて欲しい

回答4：売り切りのモデルではなく、アプリを操作する側の自己満足に答えを求めた

質問5：年配ユーザーの感想はあったが、子供の感想はどうだったのか？

回答5：子供は動くものが好きなので、ハトが動くというギミックは受けたようだ。

孫と祖父祖母の関係性が濃くなっているという感想もあった。

質問6：送る側と送られる側の想いが一致しない事もあると思うが、どう考えているのか？

回答6：問題ないと考えている。この製品に関わらず双方の想いが一致しない事は多々ある。

逆にこのハト時計があることに想いの不一致はあるにせよコミュニケーションが増えてガス抜きの役割を果たしていると考えている。

特別研究会報告

## 日本時計学会 2019 年度特別研究会

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  
—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—

木村 南\*

講師 第一部 株式会社スカイディスク 富澤 拓氏  
第二部 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

参加者 講師を含め 21 名 (時計学会会員 6 名,協賛学会会員 0 名,一般 10 名,関係者 5 名)

司会 木村 南 神奈川工科大学

※2019 年 8 月 2 日(金) 中央大学理工学部校舎 2 号館 2 階 2221 号室 (後楽園キャンパス)

- 1.テーマ 第一部 射出成形・製品異音検査・半導体不良検査への AI の応用  
第二部 ディープラーニングによる車体溶接の良否推定技術 -ものづくりへの AI の応用-

### 2.講演概要

#### 第一部 製品異音検査への AI の応用

異音検知など「音」に特化した分析ツール SkySound は図 1 に示すように学習用音データを取得のために前処理→特徴抽出→AI 分析→AI モデルを作成する. 評価用音データを入力する.(この時に前処理が必要となる)→この AI モデルに入力分析し→API(Application Programming Interface)→判定結果を表示する.図 2 に SkySound の解析工程 1)音データの収集 2)AI モデル作成・精度テスト 3)モジュール組み込みを示した.2)工程の AI モデル作成と精度テストが重要ポイントである.図 3 に SkySound による効果を示した.AI モデルを作成することで人によるばらつきがなくなり,従来の手法では異音が FFT 解析で正常音に埋もれてしまうことや複数の異音を検知できないという問題があった.AI モデルが作成できると熟練工と同等の処理ができることや技術伝承の心配が少なくなる効果が得られるとのことであった.また省人化も期待できるとのことであった.AI モデルの作成と精度テストについては他の AI と同様にチューニング作業が必要となることから自社内での人材だけでは難しいこともあるそうである.そういう点で AI ベンダーの活用が求められるそうであった.射出成形条件についての AI の応用事例も紹介されたが紙面の都合で割愛した.図 4 に会場の様子を示した.



図 1 異音検査 SkySound の学習の流れ<sup>1)</sup>



図 2 SkySound の解析工程<sup>1)</sup>

### 質疑応答

問:音ではなく振動の場合にほとんど問題がない(不良データがない)のですが異常検知として SkySound は使えますか?

答:正常な状態で AI モデルを一度構築し運用を続けていく→異常が出たら AI に学習させ不良を発見できるようにする.もしくは別ラインでわざと NG データを取る手法もある.

問:一度良品と判定したものがその後よく見たら不良品が混入するような場合にはどうすればよいか?  
 答:データ量が大きくなるとデータセットが膨大になるので,人間の行った官能テストの結果で AI モデルをチューニングする方法もある。

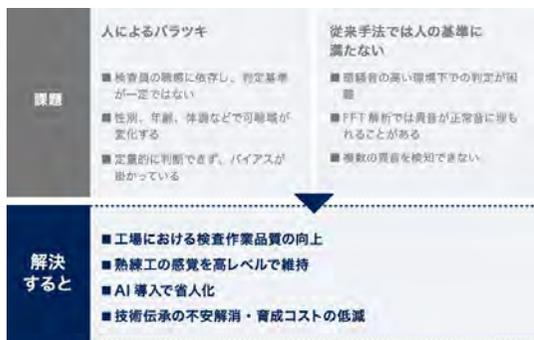


図3 SkySound による効果<sup>1)</sup>



図4 特別研究会(2019/8/2 中央大学理工学部)

## 第二部 ディープラーニングによる車体溶接の良否推定技術 -ものづくりへの AI の応用-

本講演は大手自動車メーカーの車体溶接工程に工程管理用のビデオカメラ動画を用いてディープラーニングを活用することで異常な溶接時の火花について 99.7%以上の識別能力を示した。ディープラーニングによる車体溶接の良否判定と生産工程のコントロールが可能になった事例が詳細なスライドとともに示された。秘密保持の関係からここでその詳細を報告できないが、自動車メーカーの生産技術者チーム(数名)に工程管理の専門コンサルタントとディープラーニングの専門家が指導して 3 か月間で成果を上げた。ディープラーニングにはいろいろな手法があるが今回は学習済みの VGG16(VGGNet<sup>2)</sup>の 16 層)を活用して 2 トライで成功したとのことであった。時系列波形データ+画像データ(VGG16)の場合の識別率 99.7%であったのが、画像データ(VGG16)では識別率 100%となった。どのような AI 手法を使うかは経験豊富なコンサルタントとの連携がポイントとのことであった。また良否判定を行う際に動画が利用できる方が AI とのマッチングが良好であるとコメントされた。

### 質疑応答

問:なぜ溶接工程の良否判定に AI を使おうとしたのか?

答:溶接時の火花の様子がわかる動画データがあり AI と動画のマッチングが良いのでトライした。

問:学習済み VGG16 を使った理由は?

答:長年の AI コンサルティングの経験によります。

問:音についても学習済み VGG16 は効果的ですか?

答:音を声紋データとして画像として使えば学習済み VGG16 を使えばうまくいくと思います。

問:ものづくりへの AI の利用についてアドバイスをお願いします。

答:(1)すでに保有している製造工程や検査の膨大なデータを活用すること。

(2)AI で全てを解決させるという大きな目標ではなくアジャイル的(不完全な情報から試行錯誤的に暫定的に)目標を設定すること。

(3)AI ベンダーに丸投げするのではなく、チーム運用(業務知識を有する製造・検査技術者と AI 専門家:外部でも良い)を行うこと。

(4)スケジュール管理をうまくすること。ディープラーニングではなかなか計算が収束しないことが多く日程が伸びがちなのでチームリーダーの日程管理が重要である。

(5)上司への適切な報告を行うこと。特に AI について非専門家の方への説明をわかりやすくすること。

### 参考文献

1) [https://skydisc.jp/service/sky\\_sound/](https://skydisc.jp/service/sky_sound/) 2019 年 11 月 10 日閲覧

2) K.Simonyan and A.Zisserman: Very deep convolutional networks for large-scale image recognition, *arXiv:1409.1556*, 2014.

## 見学会報告

### シチズンミュージアム

鈴木 紀寿  
シチズン時計株式会社

見学先： シチズンミュージアム  
〒188-8511 東京都西東京市田無町 6-1-12

日 時： 2019年6月27日(木) 13:10~15:00

スケジュール

- 13:10~13:20 シチズン時計の歴史とシチズンミュージアムの紹介
- 13:20~13:50 昭和30年代の時計工場を紹介した16mmフィルム視聴  
(休憩)
- 14:00~15:00 説明員による展示品の解説付き見学

参加者： 26名



本年は上記要項で日本時計学会見学会が開催された。開催に際し定員より10名を超える応募があり皆が見学できなかった事が残念である。

シチズンミュージアムは、シチズン時計の独自技術の説明や沿革と合わせてこれまでの歴史を彩る名作モデルが多数展示され、100年の歩みがまとめられている。

見学会では、はじめに社名の由来を含めたシチズン時計の歴史と、シチズンミュージアムの成り立ちをミュージアム館長からご説明頂いた。その後、昨年見つかった時計工場内を映した昔の16mmフィルムの焼き直し版を視聴し休憩に入った。

休憩後、2班に分かれミュージアム内の見学を開始した。特徴的な100年分の歴史を語る時計の展示コーナーでは、見学者たちの生い立ちと共に振り返る事が出来、昔ばなしにも花が咲いていた。見学の中では個々人違ったソーラー時計のお土産をもらい笑顔がこぼれていた。結局、45分の見学時間を大幅に超え、見学時間終了と共に、見学者全員で集合写真を撮影後、シチズンミュージアムを後にした。

最後に、この場をお借りして、今回の見学会にご協力頂いたシチズンミュージアムの関係者の皆様には、謝意を表します。なおこの施設は一般公開を行っていない。

見学会の様子



## 解説

### 「時計技術解説 機械時計」の連載に当たって

木村 南\*

1969年にクォーツ時計が誕生してから50年が経過して一時は衰退するかに見えた機械時計はICの寿命に左右されずに数十年以上の寿命があることや卓越した時計職人技術が必要なことから高級時計として評価され発展してきた。機械時計については「新講機械時計学入門」として1999年 Vol.43No.1から2002年 Vol.46, No.1まで連載された<sup>1)~12)</sup>。さらに機械時計についての研究<sup>13)~16)</sup>が進み最近では半導体製造のリソグラフ技術を活用したUV-LIGAプロセス<sup>17)</sup>によるがんぎ車やアングルさらにはシリコン製ひげぜんまいも実用化されている。その後時計技術解説シリーズクォーツ時計が2012年 Vol.56No.206から2019年 Vol.63No.220まで連載された。ステータス商品として国産機械時計への関心が高まり新キャリアの開発や普及価格帯への国産機械時計が投入されてきた。そこでスマートウォッチが台頭する中であらためて時計技術解説シリーズ機械時計として表1のような企画で連載を開始することになった。もし好評を得たならば続編を掲載する機会を持ちたい。

表1 時計技術解説シリーズ 機械時計

年	巻	号	タイトル	概要
2019	63	221	「時計技術解説機械時計」連載に当たって	最近20年間の機械時計論文リスト
2020	64	222	機械時計概論	メカ時計の歴史と技術解説の概要
2020	64	223	動力	香箱車, こはぜ, ぜんまい
2021	65	224	輪列 (表輪列のレイアウト)	表輪列の各種構造
2021	65	225	輪列 (歯形)	各種歯形
2022	66	226	脱進機 (必要な機能と作動)	スイスレバー脱進機の作動
2022	66	227	脱進機 (様々な脱進機)	各種脱進機の解説および開発史
2023	67	228	調速機	調速機の基本
2023	67	229	巻上機構 (手巻き)	手巻き構造+トルクリターン+巻印
2024	68	230	巻上機構 (自動巻)	自動巻機構
2024	68	231	衝撃への対応	耐振軸受の構造と歴史
2025	69	232	温度への対応	バイメタルとひげ材料に関する歴史
2025	69	233	高精度への対応 (その1)	トゥールビヨン, コンスタントフォース
2026	70	234	高精度への対応 (その2)	高振動, 巻上ひげ

また機械時計に関する論文・解説・雑誌・単行本のリストを下記にまとめた<sup>1)~61)</sup>。

- 1)久保田 浩司: 「新講機械時計学入門」を連載するに当たって, マイクロメカトロニクス, Vol.43, No.1pp.82-83,(1999)
- 2)酒見 録一郎: 新講機械時計学入門(1): 動力機構, マイクロメカトロニクス, Vol.43, No.1,pp.84-87,(1999)
- 3)酒見 録一郎: 新講機械時計学入門(2): 輪列系(1), マイクロメカトロニクス, Vol.43, No.2,pp.73-76,(1999)
- 4)酒見 録一郎: 新講機械時計学入門(3): 輪列系(2), マイクロメカトロニクス, Vol.43, No.3,pp.67-70,(1999)
- 5)高附 辰男: 新講機械時計学入門(4): 脱進機(1), マイクロメカトロニクス, Vol.43, No.4,pp.70-74,(1999)

\*東京工業高等専門学校名誉教授 神奈川工科大学非常勤講師

- 6)高附 辰男: 新講機械時計学入門(5): 脱進機(2), マイクロメカトロニクス, Vol.44, No.1,pp.92-98,(2000)
- 7)依田 和博: 新講機械時計学入門(6): 調速機(1), マイクロメカトロニクス, Vol.44, No.2,pp.83-86,(2000)
- 8)依田 和博:, 新講機械時計学入門(7): 調速機(2), マイクロメカトロニクス, Vol.44, No.3,pp.74-77,(2000)
- 9)小牧昭一郎: 新講機械時計学入門(8): 等時性(1), マイクロメカトロニクス, Vol.44, No.4,pp.86-90,(2000)
- 10)小牧昭一郎:新講機械時計学入門(9): 等時性(2), マイクロメカトロニクス, Vol.45, No.1,pp.48-52,(2001)
- 11)小牧昭一郎:新講機械時計学入門(10): 等時性(3), マイクロメカトロニクス, Vol.45, No.3,pp.43-49,(2001)
- 12)小牧昭一郎:新講機械時計学入門(11): 等時性(4), マイクロメカトロニクス,Vol.46,No.1,pp.67-75,(2002)
- 13)山中直晃,木村俊規,滝沢勝由,斉藤隆:3次元CADによるメカクロノグラフの開発設計,マイクロメカトロニクス,Vol.42,No.3,pp.73-81,(1998)
- 14)所毅,平野圭: 長持続・高精度機械式時計の開発,マイクロメカトロニクス,Vol.51,No.196, pp.1-7,(2007)
- 15)小牧昭一郎: てん真ほその立姿勢差におよぼす影響(平均値違い)の研究とその応用, マイクロメカトロニクス,Vol.52,No.198, pp.76-85,(2008)
- 16)廣瀬信行,高橋 理,茂木正俊,前島正明: トルク・リターン・システムの開発(研究), マイクロメカトロニクス,Vol.53,No.201,pp.9-17,(2009)
- 17) 新輪隆,重城幸一郎,岸松雄,保科宏行,菊地聖士,堀切和幸:UV-LIGA 技術の機械時計への応用(研究), マイクロメカトロニクス,Vol.53,No.201,pp.18-23,(2009)
- 18)田村修一,川口孝: パワーリザーブ表示・手巻き機構付次世代 KINETIC の開発(研究), マイクロメカトロニクス,Vol.53,No.201,pp.33-38,(2009)
- 19)内山博紀,新輪隆: 機械式時計の過渡応答解析手法の開発, マイクロメカトロニクス,Vol.55,No.204, pp.39-42,(2009)
- 20)重城幸一郎: 機械式時計の高精度技術の動向と展望(時計技術の動向と展望), マイクロメカトロニクス,Vol.53,No.200, pp.67-73,(2009)
- 21)小牧昭一郎: ひげぜんまいの重心移動の理論と実際-内端カーブの効果の最適化-,マイクロメカトロニクス,Vol.54,No.202,pp.1-10,(2010)
- 22)池口英司: 時計と鉄道史 : 世界一時間に正確な鉄道を支えた歴史の中の時計たち,マイクロメカトロニクス,Vol.54,No.203,pp.22-29,(2010)
- 23)内山博紀,新輪隆: 機械式時計の過渡応答解析手法の開発, マイクロメカトロニクス,Vol.55,No.204,pp.39-42,(2011)
- 24) 藤枝久: 高振動機械式時計の開発(技術報告), マイクロメカトロニクス,Vol.56,No.207,pp.32-35,(2012)
- 25)佐藤雄基: 機械式クロック, マイクロメカトロニクス,Vol.56,No.207,pp.92-94,(2012)
- 26)河本信雄: 時計からからくり人形への技術の伝達~脱進調速機構を中心に~,マイクロメカトロニクス,Vol.57,No.208,pp.1-12,(2013)
- 27)森裕一: 薄型トゥールビヨンウオッチの開発,, マイクロメカトロニクス,Vol.61,No.216,pp.11-16,(2017)
- 28)土屋建治: 機械式時計の歴史 1, マイクロメカトロニクス,Vol.61,No.217,pp.31-36,(2017)
- 29)土屋建治: 機械式時計の歴史 2,マイクロメカトロニクス,Vol.61,No.217,pp.37-42,(2017)
- 30)早川和樹,藤枝久: 機械式腕時計の原理と精度, マイクロメカトロニクス,Vol.61,No.217,pp.43-48,(2017)
- 31)木村怜次,森裕一: 機械式時計の特殊機構, マイクロメカトロニクス,Vol.61,No.217,pp.49-54,(2017)
- 32)木村南: 現代の機械式時計,マイクロメカトロニクス,Vol.61,No.217,pp.55-59,(2017)
- 33)菊池悠介,小牧昭一郎,笹谷卓史,菊野昌宏,居内友宏: Edouard Phillips によるヒゲゼンマイの理論の詳

解およびその実際の効果, マイクロメカトロニクス, Vol.62, No.218, pp.13-22, (2018)

- 34)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 1 腕時計の仕組み,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.56,(2002)
- 35)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 2 動力機構①,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.57,(2002)
- 36)東谷宗郎:機械式時計入門講座 3 動力機構②,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.58,(2002)
- 37)東谷宗郎:機械式時計入門講座 4 輪列機構①,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.59,(2002)
- 38)東谷宗郎:機械式時計入門講座 5 輪列機構②,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.60,(2002)
- 39)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 6 脱進機①,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.61,(2003)
- 40)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 7 脱進機②,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.62,(2003)
- 41)東谷宗郎:機械式時計入門講座 8 新しい脱進機①,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.63,(2003)
- 42)東谷宗郎:機械式時計入門講座 9 新しい脱進機②,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.64,(2003)
- 43)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 10 調速機①振動数,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.65,(2003)
- 44)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 11 調速機②テンプ,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.66,(2003)
- 45)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 12 調速機③,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.67,(2004)
- 46)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 13 調速機④,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.68,(2004)
- 47)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 14 調速機⑤,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.69,(2004)
- 48)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 15 調速機⑥,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.70,(2004)
- 49)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 16 調速機⑦,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.71,(2004)
- 50)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 17 調速機⑧,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.72,(2004)
- 51)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 18 調速機⑨,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.73,(2005)
- 52)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 19 調速機⑩,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.74,(2005)
- 53)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 20 調速機⑪,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.75,(2005)
- 54)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 21 ,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.76,(2005)
- 55)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 22 ヒゲゼンマイ,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.77,(2005)
- 56)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 23 刻音①,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.78,(2005)
- 57)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 24 刻音②,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.79,(2005)
- 58)小牧昭一郎:機械式時計入門講座 25 ひげぜんまいの調整における日欧の見解の違い,世界の腕時計,ワールドフォトプレス, No.80,(2005)
- 59)小牧昭一郎:機械式時計講座,東京大学出版会,(2014)
- 60)本間誠二(監修):機械式時計【解体新書】,大泉書店,(2001)
- 61)本間誠二(監修):機械式時計大全,誠文堂新光社(2013)

製品紹介

---

---

製品紹介

---

---

シリーズ史上最も薄く進化した“OCEANUS Manta”

薄さと曲線美を追求した厚さ 9.5mm のエレガントなデザイン

カシオ計算機株式会社



OCW-S5000E

カシオ計算機は、「Elegance, Technology」をコンセプトにした“OCEANUS（オシアナス）”より、上質な仕上げと薄く美しいフォルムを追求する“OCEANUS Manta（オシアナス マンタ）”の新製品として、シリーズ最薄※の『OCW-S5000/S5000E』を2019年6月7日に発売しました。

※ メンズ向けの“OCEANUS Manta”シリーズにおいて。2019年5月8日現在、カシオ計算機調べ。

今回ご案内します『OCW-S5000/S5000E』は、これまでの“OCEANUS”史上最も薄く進化したモデルで

す。1/100mm単位までこだわって部品を小型・薄型化すると同時に、従来は基板の両面に配置していた部品を片面のみに高密度で実装することで、同シリーズで今まで最もスリムだった「OCW-S3400 (2015年発売)」より1.2mm薄い、ケース厚9.5mmのスリムなデザインを実現しました。

ベゼルには“OCEANUS”らしい16面体にカットされた多角形のデザインを採用しています。また、新たにケースからバンドへのシルエットを流れるように繋がる曲線にすることで、エレガントなフォルムを実現。細部に至るまで熟練の技を要するザラツ研磨を施し、なめらかで上質な仕上げにもこだわりました。風防には両面無反射コーティングデュアルカーブサファイアガラス、ケースやバンドにはチタンカーバイト処理を施し、視認性や耐摩耗性にも優れたモデルに仕上げました。

機能面では、標準電波受信機能による時計単体での時刻修正に加え、Bluetooth®を利用したスマートフォンリンクによる時刻修正機能を搭載しています。ワールドタイムの時刻も、アプリ上から約300都市を選ぶだけで簡単かつ直感的に設定が可能です。自動でタイムゾーンやサマータイムの変更にも対応しています。

型番	カラー (ベゼル)	メーカー希望小売価格	発売日
OCW-S5000	シルバー	170,000 円+税	2019年6月7日
OCW-S5000E	ブラック	180,000 円+税	2019年6月7日

#### ■OCW-S5000

ベーシックなシルバーカラーでブランドカラーのブルーを際立たせた、シンプルでスタイリッシュなデザインを採用しています。

#### ■OCW-S5000E

硬度を高めるDLC加工を施した、深みのあるブラックのベゼルを採用しています。ブルーの蒸着を施したインダイアルに、華やかな新色のスパッタリングを採り入れたインダイアルリングを装着し、より洗練された印象に仕上げました。



OCW-S5000



OCW-S5000E



ケース側面



流れるように繋がるシルエット  
(ケース・バンド接合部)



新色のインダイヤルリング  
※ OCW-S5000Eのみ



1/100mm単位で部品を薄型化および小型化し、  
基板の片面のみに高密度で実装



両面無反射コーティング  
デュアルカーブサファイアガラス

OCW-S5000、OCW-S5000Eの主な仕様

防水性	10 気圧防水	
電波受信	JJY（日本）：40 kHz（福島局）／ 60 kHz（九州局）、WWVB（アメリカ）：60kHz、MSF（イギリス）：60 kHz、DCF77（ドイツ）：77.5kHz、BPC（中国）：68.5kHz	
電波受信方法	自動受信（最大 6 回／1 日、中国のみ最大 5 回／1 日）	
通信仕様	通信規格	Bluetooth® low energy（※ 1）
	通信距離	～2m（環境により変化）
ストップウォッチ	1 秒計測、24 時間計	
その他の機能	モバイルリンク機能（約300都市の世界タイム設定機能、自動時刻修正、ワンタッチ時刻修正、簡単時計設定、携帯探索機能）、針位置自動補正機能（時針、分針、秒針）、フルオートカレンダー、日付・曜日表示、バッテリーインジケーター、ワールドタイム（27都市+UTC、38タイムゾーン、ホームタイムの時刻入替機能）	
使用電源	タフソーラー（ソーラー充電システム）	
連続駆動時間	パワーセービング状態で約 18 ヶ月（※ 2）	
大きさ	48.8 × 42.3 × 9.5 mm	
質量	約 82g	

※ 1 Bluetooth ワードマークおよびロゴは、Bluetooth SIG, Inc. が所有する登録商標であり、カシオ計算機（株）はこれらのマークをライセンスに基づいて使用しています。

※ 2 暗所で一定時間が経過すると運針を止めて節電します。

## 学術講演会報告

### 2019年度マイクロメカトロニクス学術講演会実施報告

横山 正尚\*

\*セイコークロック株式会社, 東京都江東区福住 2-4-3, 〒135-8557

2019年9月19日、中央大学後楽園キャンパスにおいて2019年度マイクロメカトロニクス学術講演会を開催いたしました。今年度は、会員45名、一般参加者31名、講演・展示参加12件で、時計メーカー、大学等から合計約90名の参加をいただきました。

今年度の学術講演会では、午前中の第1セッションで4件、午後の第2セッションで3件、合計7件の研究成果発表が行われました。午後の研究成果発表に先立ち、青木賞授賞式が実施されました。今年度の青木賞は、セイコーエプソン株式会社の佐野史和氏、山形整功氏、前澤秀和氏の共著による論文「GPSと気圧センサーを用いた高精度標高計測技術」が受賞され、代表して佐野史和氏に表彰状が授与されました。

午後の研究成果発表に引き続き、時計メーカー5社により製品展示セッションが行われ、最新の製品紹介や注目の新技術が展示・紹介されました。

その後の特別講演では、高級腕時計専門誌 クロス日本版 編集長の広田雅将様より、「時計業界の今と今後」という題目で、ハイブリットスマートウォッ

チの台頭、文字盤を美しく、LIGAの普及、装着感の重視、の4つのキーワードに基づき、最新の技術トレンドとその今後の普及について示唆に富むご講演をいただきました。

最後に3号館1階Cキューブへ場所を移し、各セッションの講演者、特別講演の広田氏を囲んで技術交流会が行われました。技術交流会には、各社の多くのエンジニアが参加し、活発な意見交換が行われました。

技術交流会では、昨年度に新設されたベストプレゼンテーション賞の第2回受賞者として、「強化磁器材料を用いた腕時計用有田焼文字盤の開発」を発表されたセイコーウォッチの野口光一氏が選ばれ、表彰を行いました。

ご参加いただいた皆様、理事運営委員、スタッフの皆様のご尽力により、2019年度も盛会のうちに学術講演会を終えることができました。本学術講演会は、関係各社・大学が一堂に会して意見交換が行える貴重な機会ですので、これからも積極的にご参加いただけますようお願いいたします。



Fig.1 青木賞を受賞されたセイコーエプソンの佐野史和氏



Fig.3 講演をしてくださった広田雅将氏



Fig.2 毎年盛況な製品展示セッションの様子



Fig.4 ベストプレゼンテーション賞を受賞された野口光一氏(右)

## 学術講演会報告

# 特別講演 時計業界の今と今後

広田雅将

クロノス日本版編集長

株式会社 シムサム・メディア, 東京都千代田区麹町 2-2 VORT 半蔵門 II, 〒102-0083

(2019年10月12日受付)

1969年に始まり、業界を大きく揺るがすことになった「クォーツショック」。部品のシリコン化、新しい脱進機だけでなく、スマートウォッチ、eコマースなど時計業界を再び揺るがすような変革の波が来ています。ジャーナリストとして、世界の時計メーカーを見てきた広田雅将が、時計業界の今から、大胆に将来を予想して頂きました。



### はじめに

時計業界のこれからを語る上で、次の4つをポイントとして挙げたい。

1. ハイブリットスマートウォッチの台頭
2. より美しい文字板
3. 機械式時計でも当たり前になったL I G Aの普及
4. 各社がフォーカスするのは、装着感

これから、それぞれの項目について、時計の世界で何が起きているのか、そして、それがどのような方向に向かうのかを考えたいと思う。

### 1. ハイブリットスマートウォッチの台頭

スイス以外の時計メーカーは、スマートウォッチに脅威を感じており、対抗戦略として、液晶だけではなく、物理的な針がついている製品に活路を求めている。そして、これらの製品が台頭しつつあり、私としては、全面液晶+針という表現方法に一番将来性を感じている。

ただし、従来 Apple Watch では放置すると表示が消えていたため、物理的な針がある製品にはそれなりの競争力があると考えていたが、最新の Apple Watch 5 では、文字盤が暗くならないので、ハイブリッドがどのぐらい意味があるのかはわからない。

以下に、2019 年の香港フェア等での代表的な例を示す

アメリカ MOVARD グループ： ハイブリッドスマートウォッチ 1,000 ドル以下に可能性があるのではないかと考え、フォーカスしている。

香港 SUTEC 社： 物理的な針を載せるためにギアボックスがある。IC で精度をコントロール。水晶振動子を持たない。

香港 LEMOVE 社： 振動子なしのギアボックスを作るようになった。

日本 SII 社： 直径 18 ミリのギアボックスを出してきた。非常に小さいサイズに特徴がある。精度は IC で管理

日本 MIYOTA 社： ギアボックスを投入している

## **2. より美しい文字盤**

スイス時計メーカーのスマートウォッチに対する対抗策として、文字盤の質を上げるとい活動が行われている。

### **a) ザボンの薄膜化**

その具体的な例が文字盤の表面処理からザボン（文字盤を紫外線劣化から保護するために行う透明ラッカー吹付け処理）を薄くすることである。これには、技術的背景があり、塗料の進歩により、従来よりも薄い膜厚で同等の効果が得られたり、文字盤の塗料そのものが劣化しにくくなっている模様。また、薄膜化の効果としては、植字などエッジがダレないため、より文字盤を美しく見せることができる。

ザボンの薄膜化の例では、ブレゲ社：5 $\mu$ m、ランゲアンドゾーネ社：11 $\mu$ m、ブライトリング社：17 $\mu$ m、パテック・フィリップ社：20 $\mu$ m 以下となっている。

また、ルイ・ヴィトン社のように、風防裏側にUVカットコーティングを施し、紫外線劣化しない塗料を使うことで、ザボンを無くすことに成功したメーカーもある。

一方、日本はかなり厚く吹くことで信頼性を得てきており、Grand Seiko などは、ザボンの厚さを文字盤の色の深みに転嫁して、文字盤の独特の魅力的なニュアンスとすることに成功している例もある。

### **b) 文字盤材質の変更**

オメガ社：シーマスターダイバー300 メーター 文字盤がセラミックスの板でできている。それを真鍮の土台に張り付け、レーザーで波模様を掘っている。日付の穴もレーザー加工。ただし、1枚作るのに2時間かかるため、今後生産性を上げていくとのこと。

オメガ社：スピードマスター50周年も文字盤に金をかけている。黒のインデックスは酸化したオニキス。文字盤そのものは18金合金の配合比を変化して参加しにくくした。文字盤のラッカーを全く吹かない。すると、文字盤の積算計の仕上がりがシャープになった。オメガは壊れにくい耐久性のあるものを作るメーカーだが、そのオメガが保護用ラッカーをなくしている。

### c) 文字盤の加工

パテック、ロレックスは弱いバフをあてる。ケースは鍛造か切削で作り、バフをあてる。できるだけケースの加工精度を上げて、バフをあてることをできるだけ弱くする。昔は強いバフをあててエッジがダレたが、今は工作精度を上げて弱くバフをあてるようにしてエッジを残し、面をできるだけ出す。

パテックフィリップは、永久カレンダー以上とそれ以下ではケースの出来が違っていた（高いやつは上手な人が、安い時計は下手な人がやった。）。しかし、今のパテックはケースを精密に切削して弱くバフをあてて、低い価格帯でもよくできている。

## 3. 機械式時計でも当たり前になったLIGAの普及

時計の製造技術についての進歩が、単なる話題性を狙ったものだけでなく、キチンと機能向上に寄与したものがある。このような点からも、今後の時計に影響を与えると思われる。

### a) LIGA の進歩

以前、LIGAは脱進機のみに使われており、歯車には採用例が無かった。歯車は、放電加工や旋盤での機械加工で作るしかなかったため、LIGAのような精密なものは作れなかった。その後、スイスのMIMOTECHとアジェノーは、LIGAで、はさみのように分割され弾性を持った歯で出来た歯車を作るようになった。これにより、歯車同士の遊びをなくすことができ、針座のような歯車の遊びを規制するばねが必要なくなり、時計師の組立、調整するための時間が大幅に低減することが出来るようになった。

パテックフィリップがLIGA歯車を3番車に採用し、4番車の動きを規制するばねを外すことができた。→時計のパフォーマンスが一定になり、時計師によるパフォーマンスの違いがなくなった。（ロレックスはすでに使っている。）

ロレックスはLIGAの歯車を使うことにより、クロノグラフ使用時の性能を上げている。

シチズンも Cal. 0100 に LIGA を採用。これは LIGA でなければできなかった。弾性を持たせた部品を LIGA で成形する。それにより、秒針が正確な位置で止まるようになった。日本のメーカーも LIGA の採用例が増えるのではないか。

#### **b) 3Dプリンタの可能性**

パネライが 3D プリンタを用いた製品を出してきた。これは、ケース内部を中空にできることで、より軽くできる。リシュモングループのテストとして採用されたものかもしれない。今後、カルティエやルルトに採用されることがあるかもしれない。どうやら、リシュモングループは 3D プリンタで時計を作ることを真剣に考えていると思われる。

#### **c) ベアリングの進化**

MPS のベアリングを使って、ある程度以上の価格のベアリングは、白いセラミックスが標準である。バックルの留め金：通常はベアリングが入っているが、3～4年前から、バックルを抑えるためのベアリングはスチールからセラミックに変わっている。セラミックスを使うことで、注油が必要ない。安定したパフォーマンスを上げることができる。自動巻きのローターに使われている。音がシャカシャカなるが、パテックは解決した。

### **4. 各社がフォーカスするのは、装着感**

ミドルレンジでは、微調整バックルが標準となってきた。微調整のエクステンションがついている。ひと昔前のオメガは着け心地が良くなかった。それを微調整で着け心地を良くした。チューダーでは、ばねで伸び縮みするようになっている。

オメガ：時計の張り出しがないスタイリングを作るようになった。現在は直径よりも全長。つまりラグを含めた長さをどうコントロールするのかということを考えている。直径を大きくしても装着感を良くするように考えている。

ラクロアもインターチェンジャブルを採用。ブレスレットが簡単に外れるようになる。（アプルは？）前はバセロン等についていたがもっと安いものにつくようになった。

### **おわりに**

スイスでは、高価格帯のメーカー／モデルに採用されたものが、より低い価格帯で採用される場合があり、いくつかのメーカーが追従することで、広がりを見せる場合がある。よって、これからのトレンドを占うには、高価格帯ブランドの動きには敏感であるべきである。

そして、スイスと中国や香港に挟まれている日本メーカーには、是非、メイドインジャパンとは何なのかを改めて考えて頂きたい

会 報

一般社団法人 日本時計学会 2019年4月度 理事会議事録  
－ 2019年度 第3回理事会 －

(記録：常葉 輝久 2019年4月19日)

1. 開催日時：2019年4月19日(金) 16:30-19:00
2. 場所：中央大学理工学部 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, 佐々木, 滝澤, 中島, 増田, 常葉 (以上13名)  
<監事> (以上0名) 理事総数13名の過半数につき理事会成立  
<運営委員>大村, 橘田, 小池, 重城, 鈴木, 土肥, 永田, 藤沢, 藤田, 横山 (以上10名)

4. 審議事項

(1) 2019年3月度理事会議事録確認

(2) 出版編集関係 (今村理事(編集委員長)より説明)

- ・マイクロメカトロニクス2019年6月号(Vol.63, No.220)の入稿及び校閲状況等について

(3) 企画委員会検討課題について (木村理事(企画委員長)より説明)

2019年度特別研究会について提案がされた。

(4) 特別研究会報告 (木村理事より説明)

「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ー測長まで」

(5) 春季研究会報告(速報) (横山運営委員より説明, 幹事会社:セイコークロック(株))

(6) 学術講演会について (土肥運営委員より説明)

(7) 新入会員の承認

(8) 見学会について (鈴木運営委員より説明)

(9) 時計学会誌特集 企画案 (佐々木理事より説明)

- ・テーマ: 時計エネルギー

(10) 次回理事会

- ・第4回理事会開催日: 2019年6月27日(木) 16:30~17:30 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4月19日承認後)

- ・正会員 163名(+2), 学生会員3名(±0), 賛助会員17社(+1) (84口(+2))

(2) その他

- ・青木賞選考に関して(大谷理事(青木賞委員長)より説明)

以上

一般社団法人 日本時計学会 2019年6月度 理事会議事録  
－ 2019年度 第4回理事会 －

(記録：常葉 輝久 2019年6月27日)

1. 開催日時：2019年6月27日(木) 16:30 - 18:20
2. 場所：中央大学理工学部 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, 大谷, 木村, 佐々木, 中島, 増田, 常葉 (以上11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>大村, 橘田, 小池, 小水内, 重城, 鈴木, 永田, 藤沢, 藤田 (以上9名)
4. 審議事項
  - (1) 2019年4月度理事会議事録確認
  - (2) 出版編集関係 (今村理事(編集委員長)より説明)
    - ・マイクロメカトロニクス 2019年12月号(Vol.63, No.221)の入稿及び校閲状況等について
  - (3) 春季研究会報告 (今村理事より報告, 幹事会社: セイコークロック(株))
    - ・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
  - (4) 見学会報告(速報) (鈴木運営委員より報告, 幹事会社: シチズン時計(株))
    - ・「シチズンミュージアム」(シチズン時計株式会社 本社 田無)
  - (5) 青木賞に関して (大谷理事(青木賞委員長)より説明)
    - ・第53回青木賞選考の経緯について説明があり青木賞表彰論文を決定した
  - (6) 学術講演会について (大隅理事より説明)
  - (7) 特別研究会開催について (木村理事より説明)
    - ・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  
—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—
  - (8) 秋季研究会について (藤田運営委員より説明, 幹事会社: リズム時計工業)
    - ・(仮)OQTA～言葉にならない想いを伝える時計～時計と想いの融合
  - (9) 次回理事会
    - ・第5回理事会開催日: 2019年9月19日(木) 12:30～13:30 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6月27日承認後)
    - ・正会員 162名(-1), 学生会員 3名(±0), 賛助会員 17社(±0) (84口(±0))
  - (2) その他
    - ・志村運営委員の運営委員辞退が承認された
    - ・学会誌の発行日を, 曜日に関わらず6月15日と12月15日に統一する旨の提案があり, 承認された

以上

一般社団法人 日本時計学会 2019年9月度 理事会議事録  
－ 2019年度 第5回理事会 －

(記録：常葉 輝久 2019年9月19日)

1. 開催日時：2019年9月19日(木) 12:30 - 13:15
2. 場所：中央大学理工学部 後楽園キャンパス 5号館1階 5133号室
3. 出席者：  
<理事>木原, 大隅, 足立, 今村, 大谷, 木村, 佐々木, 滝澤, 中島, 増田, 常葉 (以上11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>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)
4. 審議事項
  - (1) 2019年6月度理事会議事録確認  
6月度(第4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 (今村理事(編集委員長)より説明)  
・マイクロメカトロニクス2019年12月号(Vol.63, No.221)の入稿及び校閲状況等について
  - (3) 秋季研究会について (藤田運営委員より報告, 幹事会社: リズム時計工業)  
・(仮)OQTA～言葉にならない想いを伝える時計～時計と想いの融合
  - (4) 見学会報告 (鈴木運営委員より報告, 幹事会社: シチズン時計(株))  
・「シチズンミュージアム」(シチズン時計株式会社 本社 田無)
  - (5) 特別研究会報告(速報) (木村理事より報告)  
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  
－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－
  - (6) 次回理事会  
・第6回理事会開催日: 2019年11月8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9月19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))
  - (2) その他  
・「JIS B 7025 時計 - 精度表示」に関して, 日本時計協会から JIS 定期見直し調査の  
確認依頼があった

以上

## 第53回 青木賞表彰委員会報告

第53回青木賞選考は、マイクロメカトロニクス平成29年度 Vol.61, No.216-217 及び平成30年度 Vol.62, No.218-219 に掲載された研究論文4編、技術報告9編、合計13編に対して行なわれた。選考は選考委員による一次審査と表彰委員による二次審査との二段階で行なわれた。

選考に先立ち、選考委員10名、表彰委員5名の選出を行なった。

一次審査は、各選考委員がそれぞれ与えられた5編または6編の論文を査読し評価した。その評価を集計、数値化し、合計点数の高い3編について、二次審査を行なう表彰委員会へ推薦した。

二次審査は、選考委員の推薦を受け、表彰委員会による議論の結果、二次審査対象論文3編を了承した。

これら3編の論文を表彰委員が査読し、その評価を一次審査と同様に集計、数値化した。この結果を基に表彰委員会にて議論した結果、最も高い評価を得た下記の論文を第53回青木賞表彰論文として推薦することに決定した。この結果を後日開催された日本時計学会理事会で報告し、下記の論文が第53回青木賞表彰論文に決定した。



写真 上:授賞の様子  
下:受賞者挨拶

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  
マイクロメカトロニクス, Vol.62, No.218, pp.1-12(2018)

執筆者:佐野 史和, 山形 整功, 前澤 秀和  
所属:セイコーエプソン株式会社

推薦理由:「独創性」,「有用性(貢献度)」,「困難性(努力度)」の3項目に関して評価が行われ、各項目及び総合評価として、A, B, Cの3段階で採点された。その結果、本表彰論文は独創性、有用性、困難性のすべてにおいて高い評価を受け、総合評価でも表彰委員から最高点を得た。

第53回青木賞の授賞式は、2019年9月19日に開催された日本時計学会、マイクロメカトロニクス学術講演会会場で行なわれた。

(委員長 大谷, 幹事 今村, 藤沢)

## 講演募集

日本時計学会では毎年9月に学術講演会を開催しており、常時講演を募集していますので、研究発表を希望される方は下記へお申し込みまたはお問い合わせください。

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 精密機械工学科 土肥 徹次  
Tel : 03-3817-1832 Fax : 03-3817-1820 e-mail : tokei@msl.mech.chuo-u.ac.jp

---

## 編集後記

台風15号および台風19号により被災された地域や皆様に心よりお見舞い申し上げますと共に、1日も早い復旧を心よりお祈り申し上げます。

2019年を振り返りますと、猛暑日の増加や自然災害の激化など地球気温の上昇による異常気象が多発した年でありました。

一方で、はやぶさ2の小惑星リュウグウへのタッチダウン成功、吉野彰氏のノーベル化学賞受賞、日本でのラグビーワールドカップ初開催&決勝トーナメント進出など、明るい未来を期待させるニュースも多かった事は非常に喜ばしい事だと思います。

加えて、即位礼正殿の儀が執り行われた際、儀式直前に強い雨と風がやみ、吉兆である虹がかかったことは、明るい新時代の到来を祝福しているかのようにも感じられました。

さて、日本時計学会をさらに魅力あるものにする為に学会誌発行はもとより時計学会ならではの企画を検討、計画しております。また、時計学会の更なる発展のため、皆様からの投稿、講演会発表の申し込みをお待ちしております。

(藤田 大輔 記)