

代表理事挨拶

中島 悦郎

一般社団法人日本時計学会では時計産業界と大学が主体となって時計及び時計応用技術の調査研究活動を行っておりますが、時計メーカーや大学関係者だけでなく、国内外の部品メーカー、時計の流通、修理などアフターサービスにかかわる皆様、その他多くの方々にも広く参加のお声掛けをして、サービス拡充をしつつ正会員・学生会員と賛助会員の増員を図っております。

今年は円安の恩恵もあって各国からの観光客による国内のインバウンド需要が拡大し、新興国の市場の伸びも期待されます。またスマートウォッチやリストバンドタイプの商品が世界規模で拡大する変化の年です。本学会では、かねてより守備範囲を広げ、従来の概念でいう時計だけではなくウェアラブルデバイスとその周辺技術も取り込んできましたが、ここへきてようやくグローバルなプレーヤーが揃った感があります。

これからも会員の皆様にとって魅力のある学会にするために、理事会で活性化施策を検討し、事業と学会誌についての改善案を中心に、順次行動計画に盛り込んでいきます。とりわけ事業のメインとなる9月11日開催予定の学術講演会には多くの会員の皆様に参加いただけるよう内容を充実させたいと考えております。

本学会の歴史は長く、時計産業と応用技術に携わる皆様の交流の場であり、そこで残された資料が後世の技術者や時計に興味をお持ちの皆様にとって貴重な存在であり続けるよう、さらなる発展を目指していきます。どうぞご支援のほどよろしくお願いいたします。

3軸加速度センサー搭載ウォッチの開発

清水洋, 井橋朋寛, 津端佳介

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
(2015年3月4日受付, 2015年5月12日再受付, 2015年5月15日採録)

Development of a Watch Equipped 3-Axis Accelerometer

Hiroshi SHIMIZU, Tomohiro IHASHI, and Keisuke TSUBATA

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

(Received March 4, 2015, Revised May 12, 2015, Accepted May 15, 2015)

ABSTRACT

We introduce our newly developed running watch equipped 3-axis accelerometer (ASICS AP01). The watch comprise a three-axis acceleration sensor to count SPM (SPM is an abbreviation for “Step Per Minute”). The detecting circuit to count steps can be small and support not only run but also walk by using three-axis acceleration sensor. Also our newly developed algorithm enables detecting SPM based touchdown impact (landing impact) of the foot and swing of the arm during running/walking with checking the watch display. Furthermore, we were able to achieve the high-precision detection by optimization of detecting condition.

1. はじめに

東京マラソンの申し込み者数は, Fig. 1 に示す様に約 30 万人, 当選倍率は 10 倍を超えており¹⁾, 2011 年あたりまでの急激な増加を示した以降も高い抽選倍率を維持するなど, ランニング人口は依然増加を続け, 活気ある市場となっている. あわせて, 数々のランニング・ポータルも様々なサービスを提供しており, ユーザーのランニングデータの蓄積のためのデータベースや, その分析サービスなどの特色を持った Web サービスやアプリケーションソフトウェア (PC やスマートフォン用として) があり, さらにはユーザーのランニングスタイルに応じて個別にカスタマイズされたトレーニングプログラムを生成し提供することによって, ユーザーのランニングレベル向上を積極的に支援するものもある. ユーザーのランニングに対する嗜好は, ウォーキングやジョギングでの健康増進目的から, 本格トレーニングによるランニング能力向上といった広範囲におよんできている. 今回, このような多様で幅広い市場環境に対し, ユーザーのランニングトレーニングに活用できるランニングウォッチを開発し, 商品化するに至った.

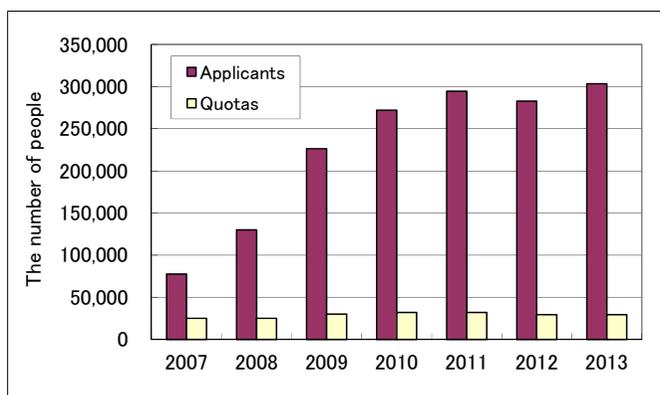


Fig. 1 The number of Tokyo marathon applicants.

2. 市場におけるランニングギア製品の課題

現在、市場におけるランニングギア製品が様々あるが、それらのランニングギアは何れも、ユーザーのランニングペースを管理する点で共通している。このペースコントロール機能について、手段毎に分類したものを Table 1 に示す。

Table 1 Function table of manage to running/walking.

Devices	Method of Control for Pace of Running	Problem
GPS (Wristwatch)	Speed and Distance	Size/Weight Life of Battery
Chronograph (Wristwatch)	LAP/SPLIT Time	Response of Information to the Runner
HRM (Wristwatch and Chest-Device)	Heart Rate	Discomfortable feeling by wear a Chest-Device
Pitch (Wristwatch and Foot Pod Clipped on the Shoe)	Pitch / Rhythm	Breakdown, Lost the Foot Pod

Table 1 でわかるとおり、ランニング中におけるペースコントロールのための手段としては4つが挙げられる。第一は、GPS 機能搭載ウオッチである。GPS は衛星からデータを受信することで現在位置を測位し、速度や距離を算出することができる。近年では小型省電力化が一段と進んだことから、GPS 搭載ウオッチがランニングユーザーに浸透している。しかしGPS は依然として重量やサイズ・電池寿命性能に課題がある。

次に、従来からのクロノグラフを搭載したランニングウオッチが挙げられるが、これらは、区間毎（例えば1 km 毎や5 km 毎）のLAPタイムによるペース確認を行うということになるため、

目標の LAP タイムを予め覚えておく必要である。また、ランナーへの情報として LAP タイムは、リアルタイム性が劣るなど課題がある。

次に、ハートレートモニター(HRM)機能を搭載したランニングウォッチにおいては、運動強度として管理出来る点は良いが、胸部に装着する検出用チェストの不快な装着感が課題であり、ファンランナーにおいては好まれていない。

そして、もうひとつ、走行時における 1 分間の歩数を示すピッチ（リズム）検出機能を搭載した製品が挙げられる。リアルタイム性が高いことが特徴であるが、その反面、ユーザーの走行ピッチを正確に計測するため、ランニングシューズに取り付けるタイプが一般的である。このため、装置の数がが増えてしまうことによる管理の手間や取り付けの煩わしさ、さらには装着場所が故の故障や紛失といったことが課題となる。

3. SPM によるリズムトレーニングの有用性

トレーニング効果をさらに高め、レースでよりよい結果を得るための指標として、リズムランニングが注目されている。リズムランニングでは、ランニング中のピッチを一定に保ちながらトレーニングすることでペースコントロール性やランニングレベルを高めることを目的としている。ここで、ピッチとは、ランニングにおける脚の回転数を示すことから、Steps Per Minute（1 分間の歩数）の頭文字をとって、以後、SPM と呼ぶ。このように、ランニング中の SPM をリアルタイムに把握し、一定に保つことで、下記の効果が得られる。

- ・ オーバーペースの防止

運動強度を一定に保つことで、オーバーペースを防止し、勾配の変化を含むコース状況変化に応じたランニングを維持することができる。

- ・ 走りの進化を可視化

SPM を維持したうえでトレーニングを重ねることで、同じ距離・ペースでもストライドの広いダイナミックな走りになる。

上記のような効果と高いリアルタイム性により、必然的にトレーニング効率を高めることができ、加えてレースにおいては、序盤のオーバーペース防止や、上り坂での無理なスピード維持を防止することで、レース終盤の失速を防ぎ、適切なペースでゴールまで導くことが可能である (Fig. 2)。

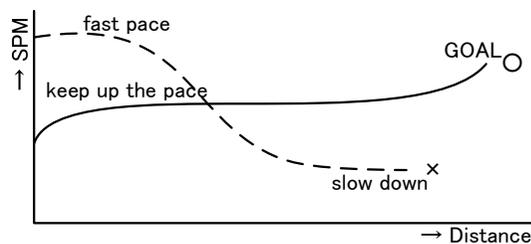


Fig. 2 SPM - chart during a race.

以上のことから、ペースコントロールのための各手段の特徴や課題を鑑みた結果、リアルタイム性と小型かつ省電力性に優れたランニングピッチ検出機能をリストウォッチに搭載した商品を実現することが、最もランニングユーザーのベネフィットに適うと判断した。

4. SPM 検出技術の開発

前述のとおり SPM によるトレーニングを行うためには、ランニングユーザーが実際に走行する SPM を全て正確に計測する必要がある。3 軸加速度センサーを搭載したウォッチにおいては、ランナーの脚の着地の衝撃加速度信号や、腕振り加速度信号を検出することになるが、これら信号は、ランナーの走行スタイル（ペース、ストライド、腕振り幅や方向・肘の角度等）によって様々な状態でミックスしている。これらの加速度信号を適切に処置し、正確かつ広範囲の SPM 計測を実現するためのアルゴリズムを開発した。この SPM 計測技術に関し、下記に述べる。

3 軸加速度ロガーを使用し、様々な被験者の協力を得て多くの実地データを収集した結果、Fig. 3 に示すとおり、検出する加速度値は、走行時におけるランナーの着地加速度が支配的となる領域と、腕振り加速度値が支配的となる領域があることが判明した。

Fig. 3 は横軸に SPM の変動、縦軸に加速度センサーから得られる加速度値を示しており、単純化したグラフデータではあるが、SPM が低い領域においては着地の衝撃が強く加速度波形に表れていることがわかる。

一方、SPM が高い領域において加速度波形が示すのは、着地による加速度波

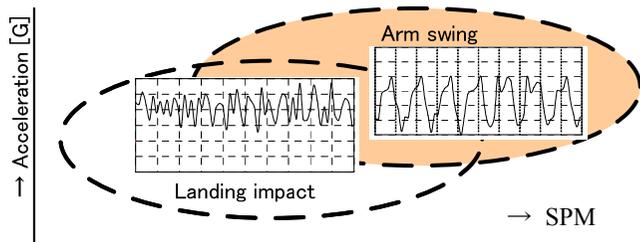


Fig. 3 A relation between acceleration and SPM.

形の周波数に対し、二歩あたり一往復する腕振りによる加速度信号の振幅が上回ることによって、腕振りの加速度信号が強く表れていることがわかる。今回、開発したアルゴリズムは、SPM の変動は有っても、各領域における主要因の加速度信号が自動的に抽出される演算を採用した。その後の実地テストにおいて最大 250 spm までという、トップランナー（サブ 10 クラス）からファンランナーまで全てのランナーに十分使用可能な性能を持っていることを確認した。

5. 走行ペース生成技術の開発

走行ペース表示において、ランニングユーザーの利便性と精度を保つため、計測技術開発に当たっては特殊なパラメータを必要としない方式を採用した。具体的には、今回開発した走行ペー

ス生成技術は、ランナーの歩幅情報を必要としない。このペース生成技術は、株式会社アシックスのスポーツ工学研究所の監修により開発した技術であり、演算パラメータは同研究所の持つランニングデータを基にして設定した。このアルゴリズムはランナーの性別と現在 SPM を使用し、リアルタイムでペース算出を行い、ペース表示や距離表示を行うことが出来る。アルゴリズムが示す標準的なペース関係グラフを Fig. 4 に示す。

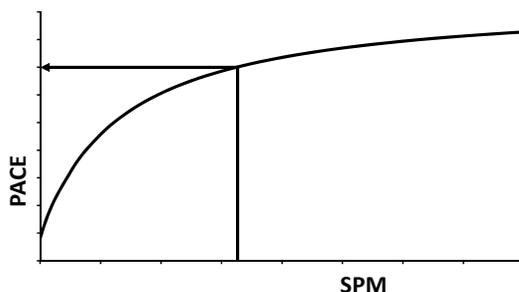


Fig. 4 Relationship between SPM and Pace based on Standard Parameter.

また、キャリブレーションを実行することで、ペース計測精度をユーザー個別のランニングスタイルに調整することが出来る。このためには、ユーザー個別の計測データが必要になるが、本技術を搭載した ASICS AP01 では、計測したログデータに対して正しい距離を入力するセットアップモードを搭載し、無理なくキャリブレーションを実行することが出来るように工夫している。キャリブレーションの方法は、基本的な 1 ポイントの SPM とペースの組み合わせを登録する方法と、より高度な複数ポイントの登録が可能なユーザーインターフェースとを搭載した。Fig. 5 に、基本的な 1 ポイントによるキャリブレーションのイメージを示す。

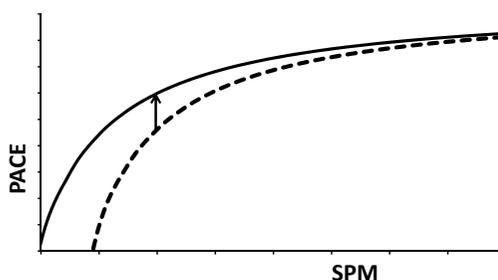


Fig. 5 Image of working the User Calibration by One Point Parameter.

6. SPM&ペース計測機能搭載 ASICS AP01

Fig. 6 に ASICS AP01 の外観を示す²⁾。本製品は、前述のリズムランニングをサポートするための効果的な機能を全面に打ち出した SPM&ペースランニングウォッチである。下記に、機能・

ユーザーインターフェースの特徴を概略紹介する。

<機能特徴>

- ・ 3 軸加速度センサー
- ・ クロノグラフ機能（1/100 秒，100 時間計測）
- ・ 走行 SPM 検出機能
- ・ 走行ペース（速度）検出機能
- ・ 走行距離検出機能
- ・ セットアップ（走行検出補正）機能

<ユーザーインターフェース特徴>

- ・ SPM トレーニング用クロノグラフモード
- ・ ペーストレーニング用クロノグラフモード
- ・ クロノグラフログモード
- ・ 月間走行距離ログモード
- ・ セットアップモード



Fig. 6 ASICS AP01.

前述の SPM 計測技術およびペース計測技術を搭載し、従来のデジタルウォッチ並みの小型軽量かつ電池寿命 2 年（一次電池）を実現している。ユーザーは SPM を利用したリアルタイムな走行状態の維持管理，およびペース・距離を把握することで，効果的なリズムトレーニングが可能となる。

7. おわりに

以上，SII の開発した高精度な SPM 検出技術と，株式会社アシックス スポーツ工学研究所と共同開発したペース計測アルゴリズムについて技術紹介した。この SPM&ペース計測技術を反映したランニングウォッチ製品により，効率の良いリズムランニング・トレーニングが実現可能となる。

今後，当社ではランナーのベネフィットに繋がる技術開発により，ランナーのベネフィットに繋がる価値あるランニングウォッチ造りを続けていく。

参考文献

- 1) 一般財団法人東京マラソン財団 東京マラソン 2015/ランナー参加者申込状況
http://www.tokyo42195.org/2015/news-media/press-release/pdf/140901_application_status_update_jpn.pdf
(参照 2015-02-24)
- 2) AP01 SPM TRAINING WATCH
<http://asics-watch.com/products/ap01.html>

登山用ソーラーデジタルウォッチの開発

長谷川貴則, 津端佳介

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

(2015年3月5日受付, 2015年4月15日採録)

Development of a Mountaineering Solar Digital Watch

Takanori HASEGAWA, Keisuke TSUBATA

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

(Received March 5, 2015, Accepted April 15, 2015)

ABSTRACT

We have developed a new solar digital watch for all kinds of mountaineers, from beginners to experts, young to elderly men and women. With the concept of “enjoy mountaineering in safety”, we invited a famous adventurer “Gota Miura” as a development-adviser. This watch have a new function “climbing speed display”, which support and enable users to mountaineer in a planned and safe way.

1. はじめに

健康志向を背景としたアウトドア人口の増加に伴い、登山やトレッキングの愛好家はシニア層や女性へと拡大している。「レジャー白書 2013 年（日本生産性本部）」によると、年 1 回以上登山する登山の参加人口は 2012 年に 860 万人で、前年から 50 万人増加した。更に、60 歳以上の割合は 4 割を超しており、シニア層を中心として拡大傾向にある。

同年の「ピクニック、ハイキング、野外散歩」の人口は 2150 万人で、登山人口と合わせると約 3000 万人に達する。さらに、2013 年 6 月には富士山が世界遺産に登録、2016 年からは 8 月 11 日が「山の日」として国民の祝日に定められたことで、今後も登山人気の拡大が予想される。

そこで、我々は“安全に登山を楽しむ”というコンセプトのもと、三浦豪太氏監修により、年齢、男女問わず、登山の初心者から上級者まで、幅広いユーザーの安全な登山をサポートする製品を目指して「SEIKO PROSPEX Alpinist (cal.S822)」を開発した。(Fig. 1)



Fig. 1 PROSPEX Alpinist (Cal.S822).

2. 登高スピード表示機能の搭載

登山は様々な魅力や楽しみをもつ一方、トラブルや事故といったリスクも潜んでいる。登山を楽しむには安全が第一であり、自分のコンディションに合わせた登山のペースを知ることが重要である。しかし初心者の場合、自分に適したペースを把握できずに、ガイドブックに記載されているコースタイムを参考にしてもペースが乱れてしまう、あるいはシニアの場合なら、経験は豊富だが若い時と同じペースで登ってしまい、後半ペースダウンしてしまうケースが想定される。自分に合ったペースをつかめないと、登山の後半で疲労し、日没後の下山や、疲労や体力の消耗が原因によるトラブルや事故といった不測の事態さえ起こる可能性がある。

そこで、安全な登山計画に欠かせない重要な指標となるのが「登高スピード」という概念である。登高スピードとは、自分が今どれくらいのペースで山を登っているかを表す指標であり、今の標高から前の標高を引いた高度差を時間で割ることで算出できる。(Fig. 2) しかし、登山中に疲労した状況下で、高度差と時間の2つを元に頭の中で登高スピードを計算することは非常に厄介であった。

そこで、本製品では移動中の高度変化と経過時間を計測し、登高スピードを1時間あたりに移動する高度差[m/h]として表示する機能を新たに開発し、搭載した。登山者はこのスピードを見ることで、今の自分のペースを知ることができる。

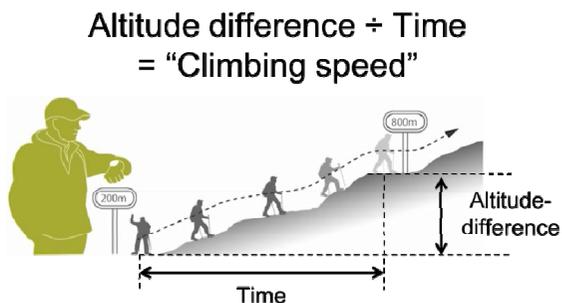


Fig. 2 How to estimate climbing speed.

3. 登高スピードの算出方法

登高スピードは高度を定期的に計測し、高度差を時間で割って算出するのが基本であるが、それだけでは表示されるスピードの値が実際に山を登っている登山者の感覚と合わないという課題があった。本項では主に3つの課題と改善策について説明する。

3. 1 単調な上りや下りの場合

まず、単調な上りや下りを移動している場合、Fig. 3のグラフの系列(1)に示すように、毎回計測した高度差を時間で割って登高スピードを算出すると、若干の勾配の変化でも値が大きく変動してしまい、一定のペースで登っている登山者の感覚と合わない、という課題があった。そこで、ある区間の高度差の移動平均から登高スピードを算出するようにしたところ、Fig. 3の系列(1)→(2)→(3)に示すように、移動平均の区間を大きくするほどスピードの変化は緩やかになって安定するが、一方で変化の応答が遅くなるという、相反する傾向が現れた。そこで、三浦氏に実際の登山でフィールドテストを実施してもらい、登山者の感覚に合うように移動平均の区間を調整した。

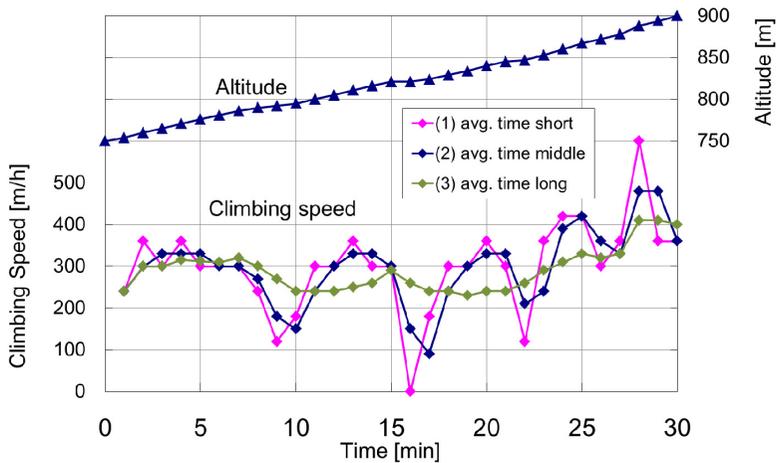


Fig. 3 The effect of averaging time to climbing speed.

3. 2 平地の場合

次に、平地を移動している場合、高度は一定のはずなのに登高スピードがゼロとならず僅かな値を表示してしまう、という課題があった。原因は、本製品が気圧を計測して気圧から高度を計算で求めるため、Fig.4 のグラフに示すように、気圧の計測誤差によって若干の高度差が生まれてしまうためであった。そこで、ある区間の高度差を見て、高度差がある値より小さければ平地と判定して、登高スピードをゼロと表示するようにした。

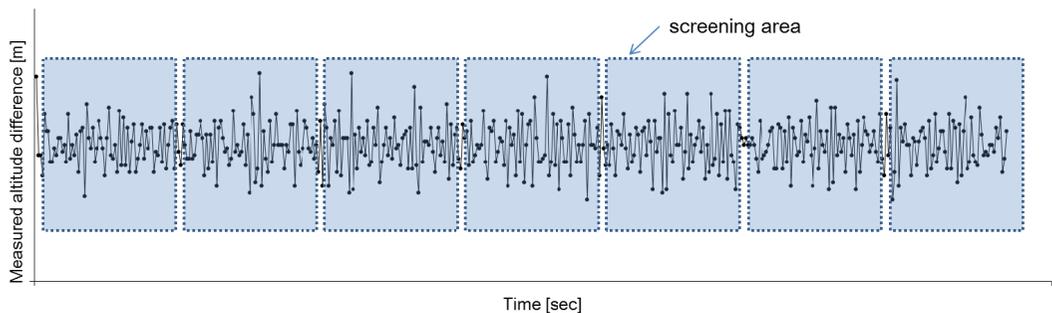


Fig. 4 Repeated altitude-measurements at a constant altitude.

3. 3 勾配が変わる場合

第三に、勾配が変わる場合、例えば Fig. 5 のグラフに示すように、上りから平地に差し掛かった場合、登高スピードがある区間の高度差の移動平均を元に算出しているため、すぐにはゼロに

切り替わらず、暫くしてからゼロとなる。すなわち、勾配の変化に対して登高スピードの応答が遅い、という課題があった。そこで、登高スピードよりも短い区間の高度差を見て、上り、平地、下りといった昇降状態を判定するようにした。例えば Fig. 5 の場合、短い区間の高度差を見て上昇から平地に変わったと判定すると、その時点で、移動平均から算出した登高スピードがまだゼロでなくとも、即、登高スピードがゼロに切り替わるようにした。(Fig. 5 グラフ系列の(1)→(2))

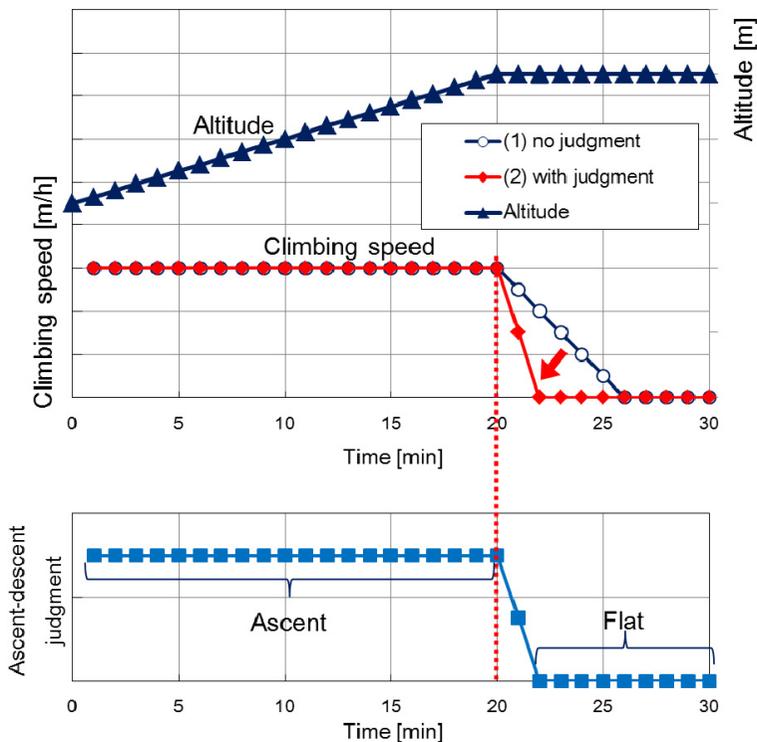


Fig. 5 The method of changing climbing speed by “ascent-descent judgment”.

3. 4 登高スピードの改善 まとめ

以上をまとめると、

- ・登山の感覚に合うように登高スピードの移動平均区間を最適化した。
- ・平地判定を導入して、平地では安定して登高スピードをゼロと表示するように改善した。
- ・昇降判定を導入して、上りや下り、平地といった勾配の変化に対して登高スピードがすぐに切り替わるように改善した。

これらの対策により、登山者が実際に山を登っている時の感覚に合った登高スピードの表示が可能となった。

4. 登山に役立つ様々な機能

本製品は、登高スピード表示だけでなく、登山に役立つ機能を多数搭載した。

例えば、①その日の登山を振り返ることができる登山データ保存、②エネルギー補給の目安がわかる消費エネルギー表示、③世界 35 都市に世界 7 大陸最高峰と富士山も追加したワールドタイム機能、④数日に渡る登山でも不意の電池切れの心配がないソーラー充電機能、⑤軽量かつ凹凸の少ないなめらかな形状で装着感を向上し、登山装備などによる引っ掛かりや誤操作の防止にも配慮したケース、などである。

5. 富士山世界文化遺産登録記念 限定モデル

アルピニストでは、富士山の世界文化遺産登録を記念した限定モデルも発売した。(Fig. 6) このモデルは、売上の一部を日本ユネスコ協会連盟へ寄附し、世界遺産活動に貢献している。



The “Goraiko” model The “Kansetsu” model

Fig.6 The limited memorial models of Mt. Fuji’s registered on the world’s cultural heritage list.

6. まとめ

SEIKO PROSPEX Alpinist(cal.S822)は、安全な登山をサポートするために、登山にとっての重要指標「登高スピード表示機能」を搭載し、さらに、登山に役立つ多数の機能を搭載した。今後も幅広いユーザーに向けた「安心、安全な登山用ウォッチ」として商品展開を目指したい。

参考文献

- 1) セイコーウォッチ アルピニスト スペシャルサイト, <http://www.seiko-watch.co.jp/prosplex/land/alpinist/special>

技術報告

高度計，方位計搭載の光発電アナログ時計の開発

小林和弘，北嶋泰夫，人見正彦，伊原隆史，池卓丙

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

(2015年3月4日受付，2015年5月12日再受付，2015年5月17日採録)

Development of Photovoltaic Analog Watch Equipped with Altimeter and Compass

Kazuhiro KOBAYASHI, Yasuo KITAJIMA, Masahiko HITOMI, Takashi IHARA, Takuji IKE

CITIZEN WATCH CO., LTD., 6-1-12, Tanashi-cho, Nishi-Tokyo-shi, Tokyo 188-8511, Japan

(Received March 4, 2015, Revised May 12, 2015, Accepted May 17, 2015)

ABSTRACT

We, CITIZEN WATCH CO., LTD., have been developing analog watches which have Alti-Depth measurements function. In addition to these functions, we developed the analog watch which is capable of measuring not only an altitude but geographic cardinal directions. And we also developed the solar-powered analog watch which has the digital compass function.

1. はじめに

シチズン時計株式会社ではエレクトロニクス技術を用いたセンサー搭載ウォッチとして，80年代より半導体圧力センサーを利用した水深計測，高度計測機能搭載ウォッチを製品化している。今回，我々は圧力センサーに加え，地磁気センサーを用いた方位計測機能と光発電『エコ・ドライブ』を搭載し，ハイキングやトレッキング等のアウトドア用途に好適な光発電アナログウォッチ『シチズン・プロマ

スター エコ・ドライブ アルティクロン』

(cal.J280／製品写真：

Fig. 1)を開発，製品化を行った。本稿では，その技術概要について述べる。



Fig. 1 CITIZEN PROMASTER ECO-DRIVE ALTICHRON.

2. 開発の背景

『シチズン・プロマスター エコ・ドライブ アルティクロン』の開発にあたっては、アウトドア用時計に求められるニーズを改めて精査し、以下の3項目を満たす事を開発目標とした。

1. 止まらない時計であること
2. 低温環境下で使えること
3. 表示が読みやすいこと

1つ目の「止まらない時計である」ことはアウトドアウォッチに限定されるものではなく、お客様にいつも安心してご使用いただくため必要最低限の条件であるが、登山中の突然の機能停止などを防ぐ意味でも大事な条件であると考えた。

2つ目の「低温環境下でも使える」ことは、登山やトレッキングなどで標高の高い場所で使用されることを考えたとき、低温環境下においても安心して使用できることがアウトドアウォッチに必要とされる条件であると考えたからである。

3つ目の「表示の読みやすさ」。これもアウトドアウォッチに限らないが、特にこのような実用時計では疲れて集中力が低下した場合でも時刻や高度、方位の確認をスムーズに行うために欠かせないものであると考えた。

3. 光発電に対応した省電力化技術

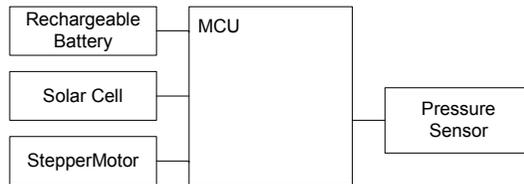
まず、1つ目の課題である「止まらない時計であること」に対しては、シチズン時計の基幹技術である光発電技術『エコ・ドライブ』を搭載し、電池交換を不要とした。またこれに伴い、新たにエコ・ドライブに対応した低消費電力な計測システムの開発を行った。

一般的に、高度計測用センサーや方位計測用センサーの消費電力は大きく、通常の時刻計時に加えてこれらのセンサーを常時動作させると、多くの電力を必要としてしまい電池寿命が短くなってしまう。そのため、いかに無駄のない動作をさせるかが課題となる。今回以下の2項目ついて低消費電力化のアプローチを行った。

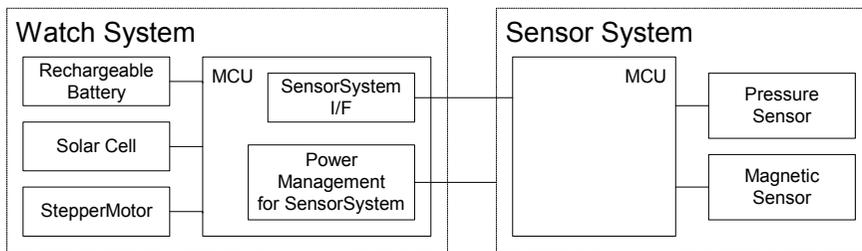
1. 計測システムと計時システムの分離
2. 計測システムのクロック最適化制御

今回、計測システムを時計システムから独立したシステムとして、センサー計測機能使用時に適宜、時計システムから計測システムの電源を制御する構成を採用した。従来の弊社製センサー搭載ウォッチの構成と、今回のアルティクロンの構成を Fig. 2 に示す。今回採用したシステムでは、時計システムとセンサー計測システムの2つに分割して時計システムからセンサー計測システムを独立させている。時計システムは、時刻及び計測値の表示を行うためのモーター制御、エネルギー供給のための太陽電池、太陽電池で発生したエネルギーを蓄える二次電池、全体の電源

を管理する電源制御，そして全システムを統括する時計マイコン（時計 MCU）からなり，センサー計測システムは，高度計測用の圧力センサー，方位計測用の磁気センサー，それらのセンサーの出力値を演算して表示できる形にする演算用マイコン（演算 MCU）からなる。



(a) Block Diagram of Usual Solar Battery Watch with Sensor Application



(b) Block Diagram of Altichron

Fig. 2 Power management system.

このような構成とすることで，時計システム側の処理を単純化することができた。また，一般的な多機能ソーラーウォッチ用の構成と大部分を共通化することができ，開発の効率化とコストダウン，そして低消費電力化に寄与する事ができた。

また計測機能を使用しないときは，センサー計測システムの機能を完全に停止させることができるため，一般的な多機能ソーラーウォッチと同等の消費電力を実現することができた。

また，演算 MCU を時計 MCU と分離したことで，演算 MCU の動作周波数を動的に制御し，消費電力を低減する構成を新たに採用した。

Fig. 3 に示すように，計測機能使用中の時計動作は大きく分けて，

- ・計測
- ・モーター駆動
- ・待機

の3つの状態に分けられる。

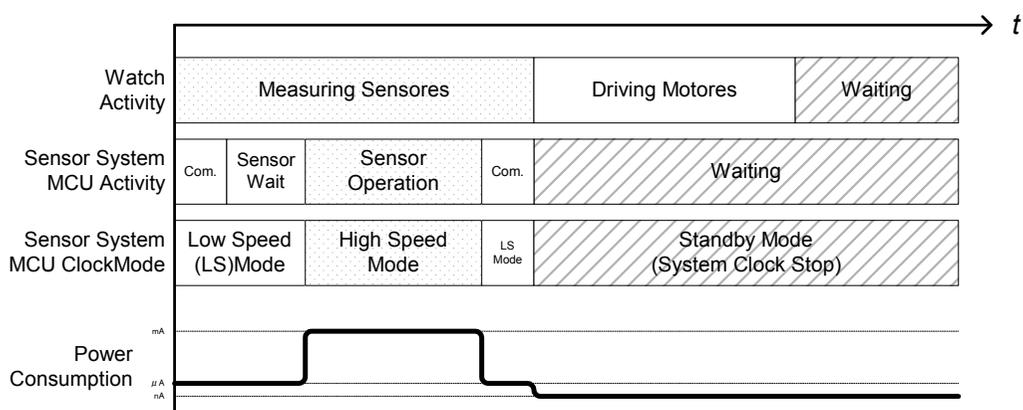
時計 MCU から計測開始指示があると、演算 MCU は時計 MCU と通信を行い、圧力センサーや磁気センサーを待機状態にする。この時、演算 MCU の動作周波数は低速モードに設定し、消費電力を抑制する。

次にセンサーが作動して計測を開始する。この時は演算用 MCU の動作周波数を高速モードに設定し迅速に演算を完了させる。センサーから得た情報を高度、方位情報に変換する演算処理は複雑であり、更に精度向上をも目指して演算しようとする演算処理に時間がかかるため、高速化して演算処理時間を短縮している。

得られた演算結果を時計 MCU に送信するときは、再度低速モードで動作させる。

その後演算結果に基づき、時計 MCU が表示用モーターを駆動させている間、演算 MCU は待機状態となり、この時は演算 MCU のクロックを完全に停止させる。

このシステムを採用することにより、従来のシステムに比べ消費電力を抑えることができた。更に、高速モードの採用により演算量を増加させることが可能になったため、演算精度を向上させることもできた。



*Com. : Communication with WatchSystemMCU

Fig. 3 Time sharing model for sensing.

以上 2 つの低消費電力化技術の開発により、弊社従来品に比べ約 2 倍の長電池寿命（フル充電から 11 ヶ月駆動、当社従来品 2~6 ヶ月）を実現することができた。

4. 低温環境下での動作保証への取り組み

本製品のようなアウトドアウオッチは、高高度・低温下の極めて過酷な環境下での使用が想定される。一般的に高度が 1000 メートル上昇すると、気温は 5~7°C 低下するといわれている。例え

ば高度 7000 メートルの環境下においては、夏期でも -20°C 前後にまで気温が低下する可能性がある。

このような過酷な環境下においても時計が確実に動作し、計測精度を保てることがアウトドアウォッチに必要な条件と我々は考え、本製品では -20°C での動作保証および計測精度保証を行う事とした。

低温環境下において特に問題となるのは、低温により電池の内部抵抗が増大し、電流が流れにくくなることである。特にこの状態で消費電力の多いセンサーを使用する場合、モーターを駆動させると、Fig. 4 に示すように、電源電圧が急激に低下し、最悪の場合は動作保障電圧を割り込み、時計の動作が停止したり誤動作することが考えられる。この問題の解決方法としては一般的に大容量のバックアップ用コンデンサーを搭載して電圧降下を抑制する方法がよく知られている。しかしながら単純に大容量のコンデンサーを追加することは弊害を伴う。

ひとつはコンデンサーを流れるリーク電流が発生し余分な電力を消費すること。もうひとつはコンデンサー自体が充電するときに一時的な電圧降下を招くことである。コンデンサーを小容量のものとするればこれらの問題を低減できるが、一方で電圧降下に対する抑制効果も少なくなってしまう。よって、低消費電力と低温環境下での動作という相反する命題を満たすかが開発課題となった。

今回『シチズン・プロマスター エコ・ドライブ アルティクロン』の開発にあたっては、大容量コンデンサーを搭載し電圧降下を抑制しつつ、リーク電流の影響を抑える技術を新たに開発した。

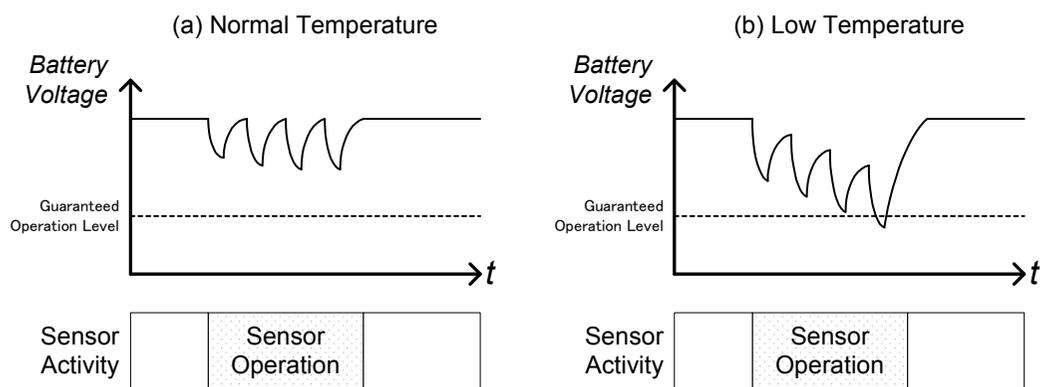


Fig. 4 The voltage drop model when sensor is active.

今回開発したシステムは、低温環境下での電圧降下を抑制するためにバックアップ用の大容量コンデンサーを前述の独立させた計測システムに搭載した (Fig. 5)。この大容量コンデンサーに

より計測時の負荷による電源電圧の急激かつ大きな変化を防ぐことができる。また前述のように計測システムと時計システムを分離したため、計測機能未使用時は計測システムごと切断される。これにより計測機能未使用時は、バックアップ用コンデンサーに起因する不要な電力消費をなくすることができる。

しかしながらこのシステムの欠点は、計測システムの電源投入時に、大容量コンデンサーへの充電電流によって電源電圧の降下を招くことである。先述のように一般に低温環境下においては二次電池の内部抵抗が増加するため、充電電流と内部抵抗によって発生する電圧降下により、短期的な電源電圧の低下を招く。また、コンデンサーが充電されると電圧降下は解消し元の電源電圧に復帰するが、コンデンサーが大容量になるほど元の電源電圧までの復帰に時間がかかる。この電圧降下による電源電圧の瞬時低下は、時計システムの停止や誤動作を引き起こす可能性がある。そこで Fig. 5 のような大容量コンデンサー専用のプリチャージ回路を搭載することとした。

計測システム起動の初期段階として、まず SW1 を接続し電流制限抵抗 R を介して大容量コンデンサーのみを充電する。電流制限抵抗 R を介しているのはコンデンサーへの充電電流を制限し、二次電池の内部抵抗による電圧降下を抑制してシステムの電源電圧低下を小さくするためである。

次に大容量コンデンサーが十分に充電されたところで SW2 と SW3 を接続してセンサー計測システムに電源供給を行う。大容量コンデンサーは既に充電されているから、電源に接続しても充電電流は流れない。また、SW2 により電流制限抵抗 R を短絡するので、センサー計測システム自身の消費電流と電流制限抵抗 R とによる電圧降下の発生も回避できる。

このような回路構成とすることで低温環境下での動作を保証し、なおかつ低消費電力のシステムを実現した。

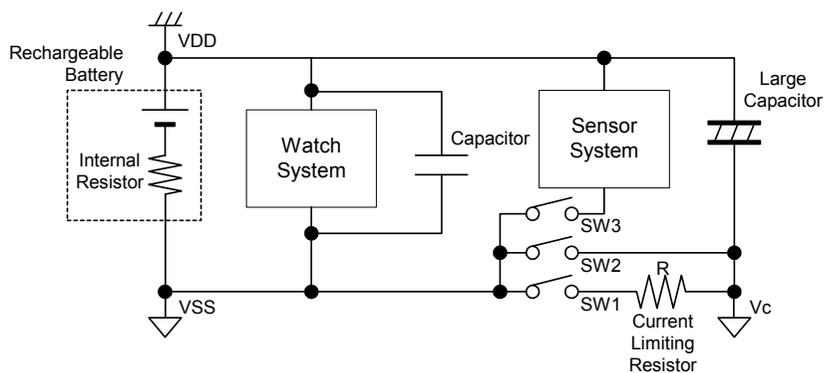


Fig. 5 Measures for operation guarantee at low temperature.

5. 計測値表示方法

計測値の表現方法としてはデジタル時計やコンビネーションタイプの時計では液晶などを使っ

たデジタル表現が一般的である。また気圧計を応用した高度計やコンパスなどは、時刻表示と同じように針を使用したアナログ表現が用いられている。

デジタル表現では数字が表示されるため、その数字を読むことで正確な値を知ることができるが、“読む”という動作が必要で、移動中などに瞬時に“どのくらいか？”を知るには難しい場合もある。一方アナログ表現では、1目盛の間隔が狭い場合など読み違いが発生することがあるが、移動中などに瞬時に“どれくらいか？”を知る、つまり感覚的に計測値を読むことができる利点がある。

今回我々はアウトドアで行動しながら計測値を読むことを想定し、感覚的に瞬時に読むことができるアナログ表現を選択した。前述のとおり、アナログ表現の長所として、針の位置によって感覚的に計測値を読むことができるが、数値が正確に読み取りにくいという欠点がある。このため、いかに表示間隔を広げ、誤認がないようにするかを課題として開発を行った。また、登山やトレッキングにおいて現在時刻の情報は、最も重要な情報のひとつであり、高度や方位の計測中であっても現在時刻は常に表示したい。

以上のような課題を克服するため、時刻表示針と計測値表示針をそれぞれ独立して用意し、専用針として表現している。加えて高度計測値の表示においては計測値を桁ごとに3分割し、100メートルで1周する2.5メートル針、文字板の右半分に配置され高度の100メートルの桁を表示する100メートル針、文字板の左側に配置され高度の1000メートルの桁を表示する1000メートル針の3本の針を使って表現している。

また、方位計測値の表示においては高度表示の100メートル針を使用し、コンパス同様に北を表示することにより現在時刻や高度の一部を表示しながら計測値を表現することを実現している (Fig. 6)。



Fig. 6 Parts identification.

これにより、最も重要な情報のひとつである時刻情報を表示しながら、計測値を知ることができ、かつ計測値の誤認の少ないアナログ表現を実現した。

6. まとめ

以上のような開発を行うことで“止まらない”，“低温環境下でも使える”，“表示の読みやすいアナログ表現“を備えた『シチズン・プロマスター エコ・ドライブ アルティクロン』を開発，製品化することができた。今後も低消費電力化技術やセンサー技術などを生かし，技術と美の融合した魅力的な製品を提案していきたい。

携帯電話と連携する Bluetooth アナログ時計の開発

流田寛史

カシオ計算機株式会社, 東京都羽村市栄町 3-2-1, 〒205-8555

(2015 年 3 月 25 日受付, 2015 年 5 月 14 日再受付, 2015 年 5 月 15 日採録)

Development of Analog Wristwatch Which Links with Smartphone Using Bluetooth

Hirofumi NAGAREDA

Casio Computer Co., Ltd., 3-2-1, Sakaecho, Hamura-shi, Tokyo 205-8555, Japan

(Received March 25, 2015, Revised May 14, 2015, Accepted May 15, 2015)

ABSTRACT

We have developed an analog wristwatch featuring new benefits including a solar powered movement, water resistant and refined design that only a metal watch can offer, while enabling smartphone connectivity using Bluetooth Low Energy. This improves the usability of watch filled with functions that need difficult operation and setup.

1. はじめに

カシオ計算機では, 世界 29 都市の時刻を表示するワールドタイムやストップウォッチ, アラームなどの多彩な機能を搭載した多針のアナログ時計を製品化している. また一方では, Bluetooth Low Energy を搭載して, スマートフォンと機能を連携するデジタル時計も製品化している. 今回, 多針のアナログソーラー時計に Bluetooth Low Energy を用いた通信機能を搭載して, スマートフォンと連携するアナログ時計「EDIFICE EQB-500 (Fig. 1)」を製品化した.



Fig. 1 EDIFICE EQB-500

2. 開発のポイント

今まで製品化してきた Bluetooth Low Energy を搭載した時計の多くは、スマートフォンのアクセサリとしての利用を目的としてきた。これに対して本製品は時計そのもののデザインや質感をそのままに、スマートフォンと接続することによって新しい利用価値を生むことをポイントとして開発した。

3. 時計としてのデザインや質感

時計本来の魅力をそのままに、メタルアナログの多針ソーラームーブメントの構成を目指した。

防水性能を持たせたメタルケースによる通信性能の低下を抑えるために、アンテナの配置とアンテナ周りの配線を最適化することによって、安定した通信性能の確保を実現した。

ソーラーセルには発電効率に優れた遮光分散型を採用 (Fig. 2) した。

時計に用いられるソーラーセルは文字板下に配置され、扇形に6分割して直列につないだ形状のものが一般的に用いられる。この形状のデメリットは時刻表示によって1つのセル上に針が存在しない場合だけでなく複数の針が集中する場合が発生することである。それぞれのセルの実質の受光面積は針の影を除いた部分となるため、全体のソーラーセルの発電量は針が集中したセルの影響を受けて減少してしまう。

渦巻き形状に分割した遮光分散型¹⁾の採用によって、受光面積の減少を1つのセルに集中することなく常に複数のセルに分散させた。これによってソーラーセル全体の安定した発電と発電量を向上させると同時にそれぞれのセルの実質の受光面積を拡大させたことにより、力強い造形でダイナミックな表情を見せる大きなインデックスを配置するデザインを実現した。

4. 時計の新しい利用価値

時計そのものの使い勝手を向上させることを目的に、常にスマートフォンと接続してスマートフォンに発生したイベントを待ち受けるのではなく、時計の機能を使う必要のあるときにスマー



Fig. 2 Solar Cell

トフォンと接続して簡単に使いこなすというコンセプトで開発した。機能性と実用性だけでなく、操作性の向上をスマートフォンと連携することで実現している。

4. 1 自動時刻修正機能

アプリケーションが起動している状態で、接続専用の時計に配置したボタンを押すと、スマートフォンと接続する。接続すると同時に時刻は自動で修正される (Fig. 3)。時刻の修正はタイムゾーンの設定やサマータイムの切り替わりにも対応するため、都市を設定する難しい操作は不要となる。また、毎日決まった時刻に自動でスマートフォンと接続させる仕様の搭載により、ユーザーが意識することなく自動で時刻が修正される仕様も実現した。



Fig. 3 Time Adjustment

海外に渡航する際にも難しい操作は不要である。現地時刻に切り替わったスマートフォンと時計を接続させるだけで、時刻やタイムゾーン、サマータイムの設定は自動で修正される。

4. 2 多機能を簡単に使いこなす

時計が持つ多彩な機能をスマートフォンのアプリケーションを利用することによって、簡単に確実に使いこなすことを可能にした。時計単体では操作が煩雑になることや、設定に必要な表記をデザイン的に、スペース的に入れられない、などの理由で搭載が困難であった機能を実現できただけでなく、限られたボタン操作を必要とせず多機能を簡単に使いこなすこともアプリケーションでおこなうことによって容易にした。

4. 2. 1 デュアルダイアルワールドタイム

センターのメインダイアルとインダイアルで2都市の時刻を12時間製の指針で同時に表示する構成を採用。現在地の時刻とワールドタイムを瞬時に確認することができる (Fig. 4)。

ワールドタイムはアプリケーションによって Fig. 5 に示す地図や Fig. 6 に示すリストで表示される約 300 都市の中から選択して時計に送信する。時計の文字板にはワールドタイムの設定に必要な都市やサマータイムに関する表記が一切無くシンプルなデザインでありながら、世界中の主要

な都市を自由に設定することを実現した。サマータイムの切り替わりにも自動で対応するため、都市を選択するだけで正しい時刻を表示させることを可能にした。

時計のボタン操作でメイン時刻とワールドタイムをボタン操作で入れ替えることにも対応した。海外への渡航時は事前にワールドタイムを渡航先の都市に設定しておき、到着する前に2都市の時刻を入れ替えることで、メイン時刻は渡航先の時刻に、ワールドタイムは出発地の時刻を表示することになる。この状態でスマートフォンと接続すると、入れ替わったそれぞれの時計の都市設定はそのままに時刻が修正されるため、ワールドタイムを設定し直すことなく使用することができる。



Fig. 4 Dual Dial World Time

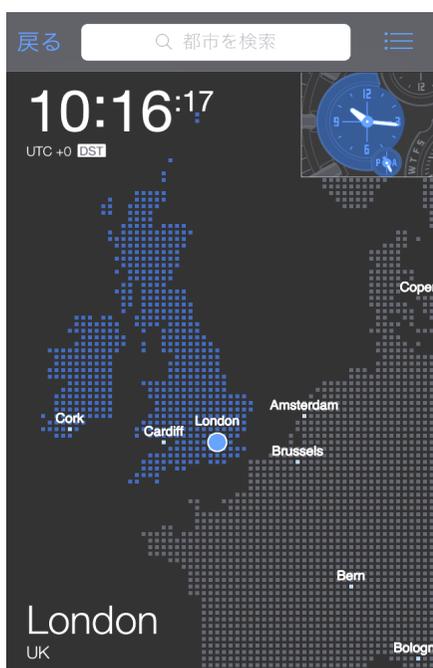


Fig. 5 World Time Setting (Map)

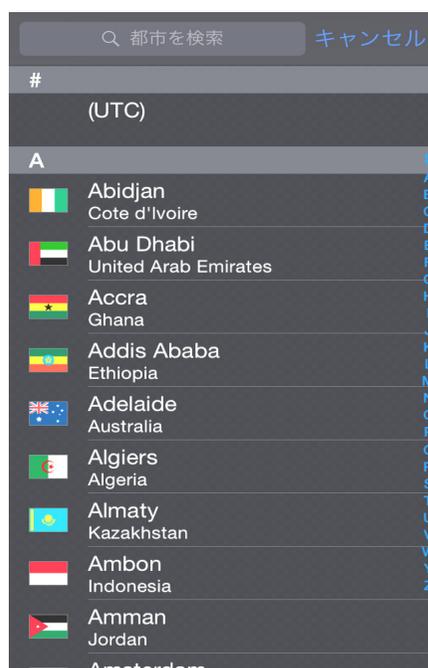


Fig. 6 World Time Setting (List)

4. 2. 2 ストップウォッチ

時計単独では1秒単位の24時間ストップウォッチと、計測したラップ値毎の平均速度を表示する仕様とした。通常の時計では速度を算出するための距離を入力する仕様を盛り込むこ

とが困難なため、距離：1 に相当するタキメータの目盛りを記載する仕様に留まる (Fig. 7)。

アプリケーションを利用して距離を設定することにより、平均速度を直接表示することを可能にした。距離の設定は Fig. 8 に示す数字を直接入力する手段に加え、プリセットされたモーターレースのサーキット場の中から選択する手段も盛り込んだ。

時計内部では 1/1000 秒単位でストップウォッチを計測しており、記録したラップ/スプリットデータをアプリケーションに転送することを実現した。アプリケーションは受け取った計測データをラップ順、タイム順に一覧表示することができるほか、ベストラップやワーストラップも一目で確認することができる (Fig. 9)。また計測データをアプリケーションから転送することにも対応したことで、ユーザーが他のアプリケーションを利用してデータ管理に活用することも可能にした。

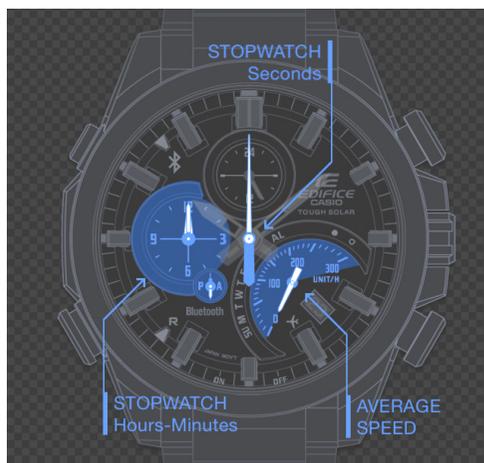


Fig. 7 Stopwatch



Fig. 8 Distance Setting

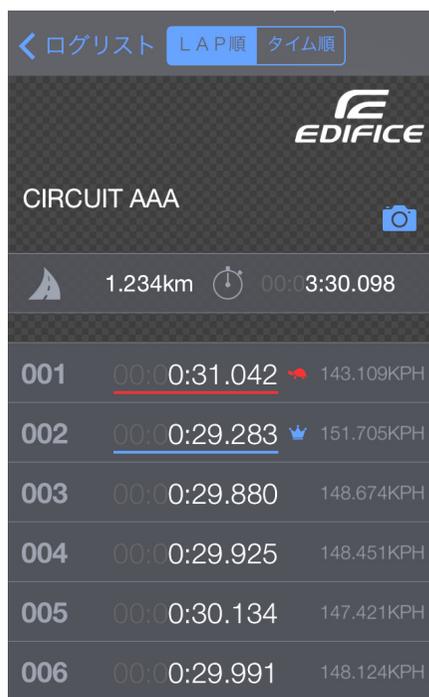


Fig. 9 Stopwatch Data

4. 2. 3 その他の機能

- ・アラーム機能

時計のアラーム設定をアプリケーションで簡単におこなうことを可能にした。

- ・携帯電話探索機能

時計のボタン操作でスマートフォンと接続して報音させて探すことを可能にする機能。

- ・eメール確認機能

スマートフォンと接続してeメール受信の有無を確認する機能。

- ・ガイド表示

アプリケーション内に時計の操作ガイドを取り入れた。説明書を参照せずに使いこなせる。

5. まとめ

Bluetooth Low Energy を搭載してスマートフォンと機能を連携することによって、電波時計に続く新たな時刻の自動修正機能を搭載することとなった。加えて、高い機能性を便利に活用することができるようになり、難しい設定であってもアプリケーションを用いて簡単におこなえるため、針で表現しなければならない設定の表記が不要となり、機能を拡充させながらシンプルで見やすいデザインを実現した。

6. おわりに

さらなる小型化・低電力化、スマートフォン以外の Bluetooth Low Energy 対応製品との連携を進め、機能の開発と使用用途を拡大し、多くのモデルに展開させることが今後の課題となる。

参考文献

1) ソーラーパネルおよび時計， 公開特許公報，特開 2014-169916.

3D プリンターを用いた時計外装の casting

小林資昭, 三浦紗葵, 佐藤雅浩, 木川計介, 寺嶋一彦, 山本博邦*
シチズンホールディングス株式会社, 東京都西東京市田無町 6-1-12, 〒188-8511

*バニクリエイツ, 東京都多摩市落合 2-26-1-508, 〒206-0033

(2015年3月20日受付, 2015年5月20日再受付, 2015年5月21日採録)

Casting for Watchcase Manufacturing Using a 3D-Printer

Motoaki KOBAYASHI, Saki MIURA, Masahiro Satoh, Keisuke KIGAWA, Kazuhiko
TERASHIMA, and Hirokuni YAMAMOTO*

Citizen Holdings Co., Ltd., 6-1-12, *Tanashi-cho, Nishi-Tokyo-shi, Tokyo 188-8511, Japan*

*Vani Creates, 2-26-1-508, *Ochiai, Tama-shi, Tokyo 206-0033, Japan*

(Received March 20, 2015, Revised April 20, 2015, Accepted April 21, 2015)

ABSTRACT

Industrial products have a production-related problem that it is not easy to accurately reproduce designs which product designers aimed. In watchcases, designs which have complicated patterns or undercuts' shapes correspond to that problem. When those designs are reproduced in products, a conventional machining method will not be satisfied at cost-effective processing time. Moreover, by a conventional press-forging method, it is not able to form a forging-die to reproduce shapes such as undercuts. In this study, we applied a 3D printer that has less limitation of molding shapes than a machining method or a forging method. Specifically, using Lost-wax casting process that used the "Master" molded by a 3D printer, we attempted to form the watchcase including complicated designs and undercut shapes which were not able to reproduce easily by conventional manufacturing processes. By this process, it was verified that the formation of the watchcase which reproduced the original design faithfully was possible.

1. はじめに

工業製品が抱える課題の一つに、プロダクトデザイナーの意図したデザインを忠実に再現することが容易でない点が挙げられる。時計外装の場合、複雑な模様が付加されていたり、あるいはアンダーカット形状を有していたりするデザイン等がこれに当てはまる。このようなデザインを製造する際、通常の切削加工では、コストに見合った加工時間に収まらない可能性がある。また、プレス鍛造では、アンダーカット等の形状を再現する型作製が困難な場合がある。

本検討では、切削や鍛造と比較して造形形状の制約が少ない 3D プリンターを応用し、従来の加工方法では再現が困難なデザインを有する、金属製時計外装の形成を目的とした。

2. 3D プリンターの応用

昨今の 3D プリンターの高機能化、低価格化により、Additive Manufacturing (付加製造) の市場は拡大を続けている。試作のみならず少量製品製造も可能な産業用 3D プリンターも登場しており、今後、工業製品へのさらなる応用が見込まれる¹⁾²⁾。特に、樹脂材料の積層ピッチは最小 10 μm 台であり、精細な造形が可能となってきた。

一方、金属 3D 造形機 (金属 3D プリンター)、すなわち金属粉末をレーザーや電子ビームを用いて溶融しながら積層して 3 次元造形する方法も、既に実用段階に入った³⁾。但し現状では、金属 3D 造形機で実用的に使用可能な金属粉末は限定的で、材料選択に制約がある。また、材料の積層ピッチは現状、レーザー溶融方式で 20~40 μm 、電子ビーム溶融方式で 50~70 μm であり、造形物の表面には積層段差が生じる上、金属材料粉末の溶融凝固に伴う凹凸や気孔も存在する⁴⁾。このため、時計外装等の装飾品に適用するには、デザインや美観上の難がある。

そこで本検討では、時計外装を形成するために金属 3D 造形機を利用せず、ワックス造形品を 3D プリンターで製造し、これをロストワックス鑄造の“マスター”として利用した。これにより、金属 3D 造形よりも表面の荒れが少ない、精細なデザインの時計外装形成を目指した。

3. デザイン及び造形プロセス

Fig. 1 は、本検討で形成を試みた時計外装のデザインであり、開発名称は“3D Surface”である。本デザインは、外装の全面に“シボ模様”が施されており、約 1 mm 角のシボの山が幅数百 μm の溝を挟んで並んでいる。シボ模様は外装の裏蓋周囲まで回りこんだアンダーカット形状となっている。従来の切削やプレス鍛造では、忠実な再現が容易でないデザインである。

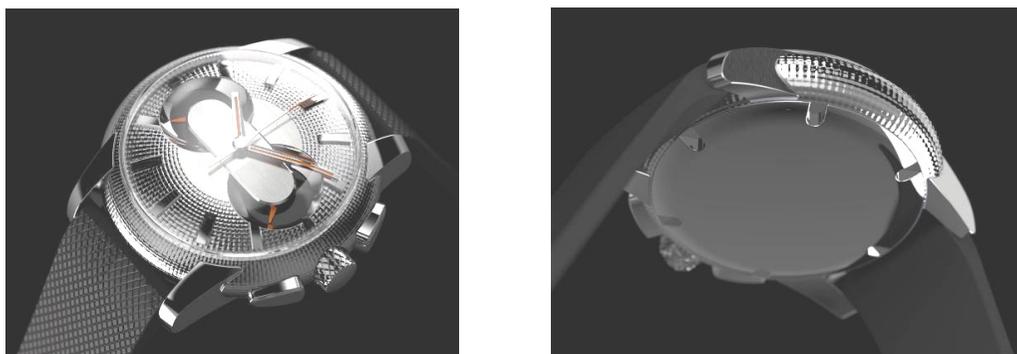


Fig. 1 Design of the “3D Surface” watchcase.

本検討の時計外装形成プロセスは、Fig. 2 に示すように、3D プリンター用データ作成とロストワックス鑄造の組み合わせである。

3D プリンター用データ作成プロセスは、次の通りである。“3D Surface” デザインを CAD で 3D モデルとして作成する。次に、3D モデルにシボ模様のマッピング画像を付加し、3D プリンター用造形用データを作成する。そして、鑄造の再現性や材料の収縮を考慮し、造形用データの模様深さや湯口の調整を行う。

ロストワックス鑄造プロセスは、次の通りである。ワックス造形用 3D プリンターでワックス製マスターを積層造形する。マスターに粘結材とセラミックスを塗布し、乾燥させる。粘結材の乾燥後にワックスを加熱し溶出させたのち、セラミックスを焼成して鑄型を作製する。鑄型に時計外装の材料となる金属溶湯を鑄込み、鑄造する。鑄造した時計外装を冷却して、鑄型を除去する。最後に、鑄造上がり品にトリミング加工、ブラスト処理等の後加工を加え、仕上げる。

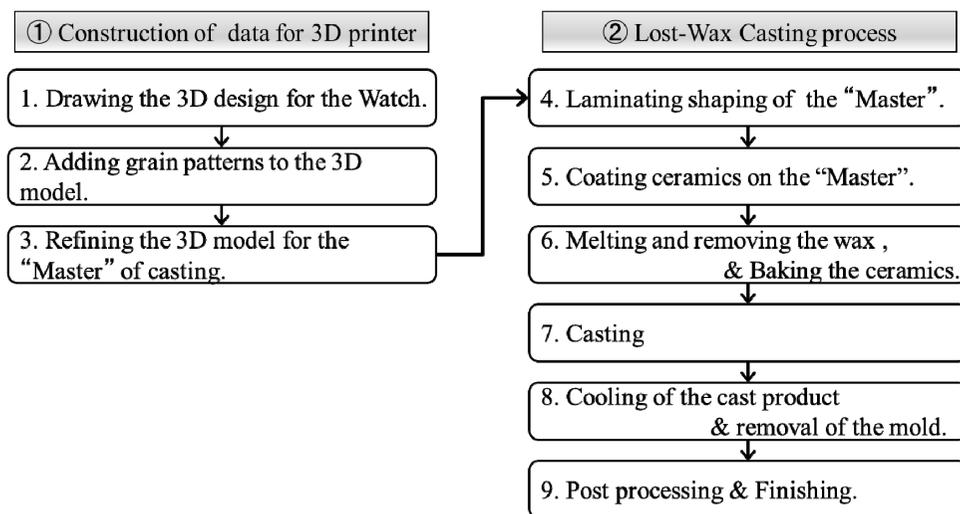


Fig. 2 Formation process of the “3D Surface” watchcase.

4. プロセスの詳細

本検討において、“3D Surface” のデザインを忠実に再現するため注力したプロセスを本項に記す。

3D プリンターを有効に活用する際には、デザインを正確に反映した 3D データ化が重要とされる¹⁾。4-1. ~ 4-3. はこのデータ化に関する工程である。

ロストワックスをはじめ鑄造品は、鑄肌の荒れや気孔の除去および磨きといった仕上げが必須

である。4-4. はこの仕上げの一工程である。

4-1. 時計外装デザインの 3D モデル化

シボ模様以外の時計外装の 3D 設計を行い、Fig. 3 に示すケースのソリッドデータを作成した。昨今では、3D CAD を使用してソリッドデータに直接シボ模様を付与することが可能となった。しかし、本デザインのシボ模様をソリッドデータに直接形成すると、データ容量が過大となる。3D プリンター造形でのデータ処理に支障が生じないように、まずは模様の無いプレーンなデータを作成した。

4-2 では、このプレーンなデータへシボ模様の画像を貼り付ける。そこで、Fig. 4 に示すシボ模様のマッピング画像 (jpg, bmp 等) を作成した。

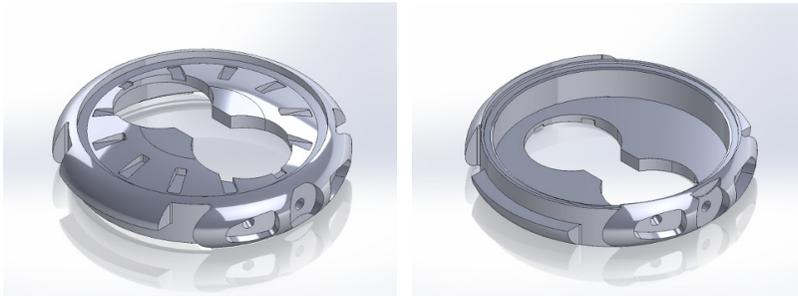


Fig. 3 Solid data of watchcase without “Shibo” (= grains) patterns.

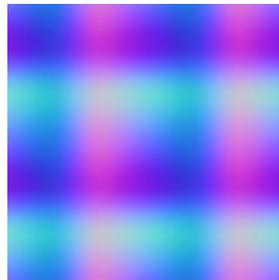
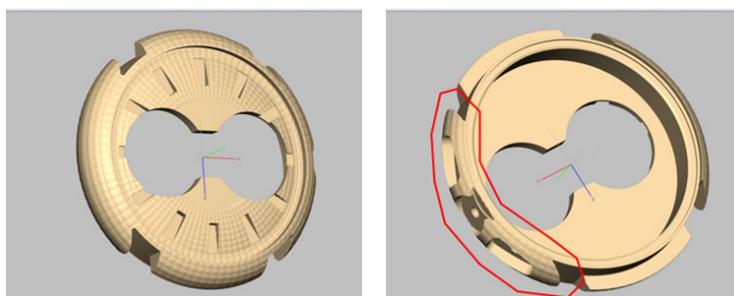


Fig. 4 Image for mapping on solid data.

4-2. 3D モデルへのシボ模様付加

4-1 で作成したソリッドデータを、三角形パッチを用いた多面体 (ポリゴン) データである、STL データへの変換を行った。さらに、Fig. 4 のマッピング画像を元に 256 階調の高さ情報付き画像データを作成した (Fig. 5) 。この画像データを STL データに立体的に貼り付けることで、デザイナーの意図を損なうことなく、3D プリンターでの造形に適したファイル形式かつデータ容量を抑えた 3D モデルを作成できた。



(a) The face cover.

(b) The back cover.

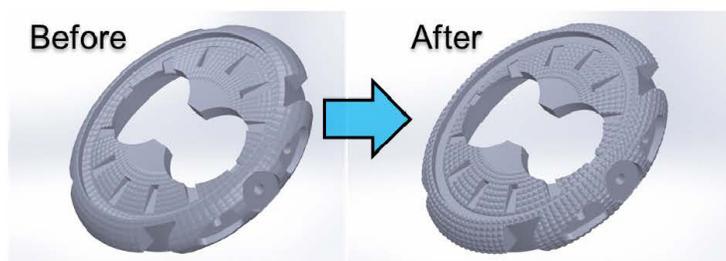
Fig. 5 Surface-textured STL data.

4-3. ロストワックス鑄造に適した 3D モデルの調整

一般に、ロストワックス鑄造の鑄型にはワックス製「マスター」の形状が転写されたセラミックスを用いる。そのため、マスター表面の模様によっては鑄造品にマスターを正確に再現できない場合があった。本検討のデザインにおいては、微細かつ浅いシボ模様が鑄造品では失われる懸念が生じた。

そこで、前述の STL データのシボ模様の溝深さを目標値より意図的に深く設計した。Fig. 6 に示すのは、溝深さを目標値 0.3 mm から 0.6 mm へ修正した STL データである。

また、STL データには、鑄造での材料収縮を考慮してサイズ調整を行った。具体的には、SUS 材料の収縮を考慮して、ケースの設計値より+3.5%体積を拡大させた。さらに、鑄造時の金属溶湯の湯道となる、湯口の追加も行った。



(a) Before modified (0.3 mm).

(b) After modified (0.6 mm).

Fig. 6 Modified texture's depth.

4-4. 鑄造後の時計外装の磨き

ロストワックス鑄造上がり品の鑄肌は通常、ブラスト処理、バフ研磨等により仕上げられる。しかし、今回形成した時計外装はその形状により、仕上げが容易ではない。Fig. 7 に示すのは、

鋳造試作した時計外装のシボ模様の光学顕微鏡像である。さらに、シボ模様の溝底部の形状をレーザー変位計で測定した画像を Fig. 8 に示す。Fig. 7, Fig. 8 から明らかなように、溝底部には鋳造由来の凹凸が残留しており、時計外装の鏡面品質に及ばない恐れがある。凹凸を除去し、鏡面に仕上げるには、鋳造品 1 点ずつシリコンポイントでの磨き作業を要する。仕上げの簡略化のため、ブラスト処理工程のみを長時間化した時計外装も作製し、効果を検証した。

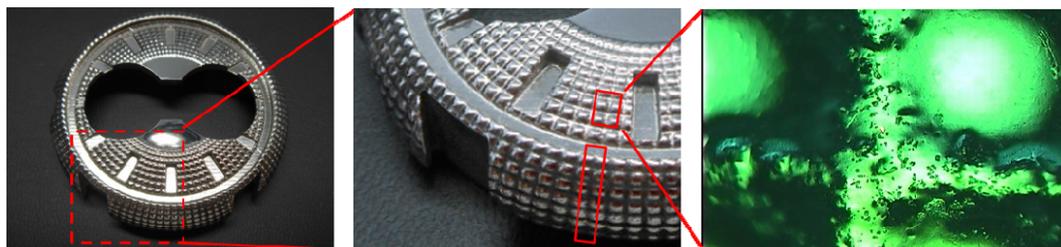


Fig. 7 Casting case of the Prototype.

Roughness caused by casting remained in the bottom of the “Shibo” (=grains) pattern’s ditch.

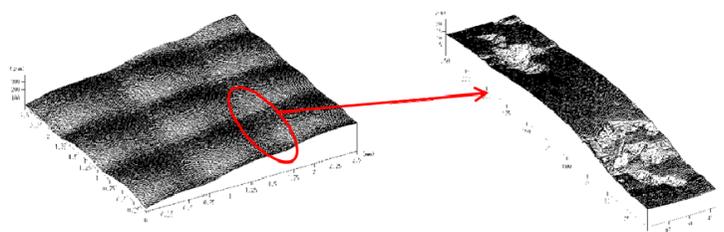


Fig. 8 Surface profile in the bottom of the “Shibo” pattern’s ditch measured with a laser displacement gauge.

5. 結果

前述のプロセスを踏まえ、“3D Surface” 時計外装の形成、およびモックアップの作製を試みた。

3D プリンターで造形したワックス製マスターを Fig. 9 に示す。ワックス製マスターのシボ模様は、ほぼ 3D モデルに近く再現された。

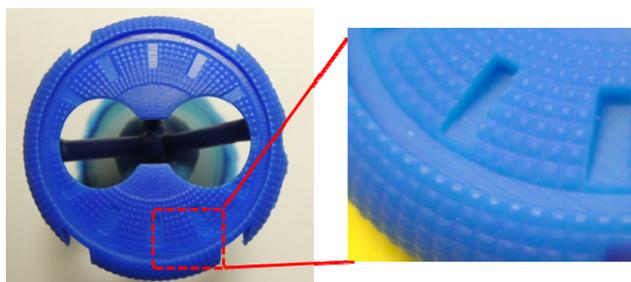


Fig. 9 The “Master” for casting made of wax using a 3D printer.

このワックス製マスターを用いて、ロストワックス鋳造で形成した時計外装を Fig. 10 に示す。外装の材料には、オーステナイト系ステンレス鋼である SUS316L を用いた。

鋳造した時計外装においても、シボ模様の再現性は良好であった。Fig. 10(b) に示すように、アンダーカットに当たる時計裏蓋周囲についても同様である。



(a) The face cover.

(b) Grain patterns around of the back cover.

Fig. 10 Watchcase made of SUS316L formed by casting.

鋳造後にブラスト処理を長時間化した外装の表面粗さを評価した。Table 1 に、シボ模様の光学顕微鏡像およびレーザー変位計で測定した溝底部の表面粗さを示す。表面粗さは、ブラスト長時間処理品 (Table 1 ②~④) では Ra 0.15 ~ 0.28 μm であり、いずれも未処理品 (Table 1 ①) の Ra 1.08 μm より低減した。

Table 1 Optical microscope images of the “Shibo” (=grains) patterns and surface profile in the bottom of the “Shibo” pattern’s ditch measured with a laser displacement gauge.

Blast condition	① no addition	② coarse abrasive grain : 13min	③ coarse abrasive grain : 7min + small abrasive grain : 4min	④ small abrasive grain : 4min
SUS316L casting trial				
Semi-finishing : barrel, blast				
Finishing : buff				
Surface roughness in the bottom (Ra)	1.08 μm	0.15 μm	0.28 μm	0.21 μm

デザインに忠実な時計外装の再現のためには、シボ模様を大きく崩すこと無く、かつ溝底部の表面粗さの低減が望まれる。本検討では、Table 1 ③のように、粗砥粒を吹付け後に微細砥粒を吹付ける方法が有効であることが判明した。すなわち、各砥粒の吹付け時間を適正に選択することで、粗砥粒で溝底部の荒れを均し、微細砥粒で平滑化することに成功している。

ブラスト長時間処理により溝内の粗さが改善されたことで、目視による外観の見栄えも向上した。さらに、シリコンポイントでの磨きを要さずとも、溝内の表面品質が改善できる可能性を見出した。

また、SUS316L 製時計外装にボタン、リュウズ等の小部品を付加したモック品の作製を行った。

Fig. 11 にモックの写真を示す。



Fig. 11 The “3D Surface” mock-up made of SUS316L.

6. 結論

複雑かつ微細なシボ模様、およびアンダーカットを有する時計外装デザインの 3D モデル化を実現した。次いで、3D プリンターとロストワックス鑄造の組み合わせにより、時計外装の形成およびモックアップ作製を行った。

さらに、鑄造後の時計外装に追加のブラスト処理を施し、シボ模様の表面品質を改善した。

以上、本検討により、従来の切削やプレス鍛造では容易に形成できない形状の時計外装を、デザイナーの意図に近づけて再現できる可能性を見出した。

一方で、以下の課題も明らかになった。

想定以上に鑄造品がマスターの形状を正確に再現したため、シボ模様の輪郭が強くなり元のデザインとは若干異なる印象となった。

また、鑄造による金属収縮により、時計外装にサイズの個体差が発生した。個体差は、時計外

装に付加する針，ボタン，風防等の部品との嵌合不適合の原因となる。

今後は，これまで造形が困難と考えられてきた様々なデザインニーズに対応するための，3Dプリンターの応用を継続して検討する．さらに，一般的に加工困難とされる高硬度素材や高靱性素材について，本報告の製造プロセスを適用して時計外装の形成を図る．

7. 謝辞

本検討を進めるにあたり，「D3 テクスチャー(R)」を用いてロストワックス鑄造用 3D CAD データの作成にご協力いただいた，株式会社ケイズデザインラボ 弘田 舞氏，岸本 慎也氏に深く感謝いたします．

また，時計外装のロストワックス鑄造およびモックアップ作製にご協力いただいた，株式会社ケイ・ウノ 高田 明博氏，河村 智勇氏，繁田 徳幸氏に深く感謝いたします．

参考文献

- 1) 小林広美：3D プリンタ「現状と今後の可能性」，マイクロメカトロニクス，Vol. 58, No. 210, pp. 24-33(2014).
- 2) 田中哲也：我が国における 3D 積層造形技術開発等に係る政策，金属粉末の積層造形技術セミナー2014, pp. 33-42(2014).
- 3) 千葉晶彦：電子ビーム積層造形技術の現状と将来動向，金属粉末の積層造形技術セミナー2014, pp. 1-10(2014).
- 4) 京極秀樹：金属粉末レーザ積層造形の現状と開発動向，金属粉末の積層造形技術セミナー2014, pp. 11-19(2014).

分科会報告

「長波標準電波時計技術の歴史と動向」に関する分科会報告

主査 岩倉良樹

シチズンマイクロ株式会社, 埼玉県狭山市富士見町 2-15-1, 〒350-1306

1. はじめに

電波時計が誕生してから四半世紀が経ち、すでにインフラの整った欧州、日本、アメリカ、中国市場では利用者が年々増している。特に国内市場では顕著で累積出荷個数で 8000 万個を超えており電波時計の認知度も高い。通称“電波時計”は長波標準電波を利用している。その電波時計の製造メーカーは日本の時計メーカーが概ねであることから、本学会の関係者が中心となり電波時計とその周辺技術の歴史および技術動向をあらためて纏めることを目的に 2011 年に本分科会が設立提案された。

2. 分科会の活動内容

分科会活動メンバーとして学会の理事・運営委員会所属の国内時計メーカーの技術者に参加していただき、それらの方々を中心に調査結果の情報交換をしながら進めてきた。最終目標を「調査発表会の実施および発表会における報告内容の本学会誌への掲載」とした。

<本分科会メンバー>

カシオ計算機 (株)	時計事業部モジュール開発部	佐野 貴司
シチズン時計 (株)	時計開発本部時計開発部	八宗岡 正
セイコーインスツル (株)	時計設計部	佐久本 和実
セイコーエプソン (株)	W商品開発部	宮原 史明
セイコーロック (株)	開発部	馬場 康治
シチズンマイクロ (株)	技術部	岩倉 良樹 (主査)

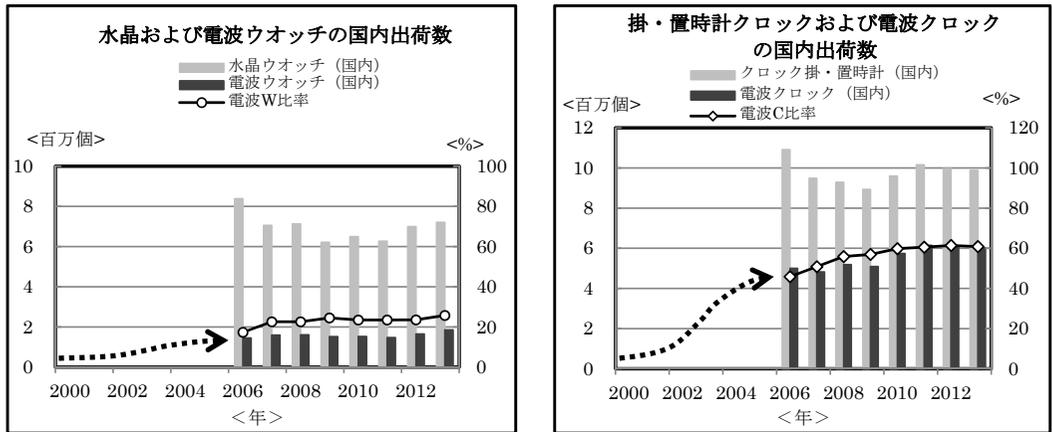
3. 調査結果

3.1 電波時計の変遷

<年度>	1985	1990	1993	1996	2000
国内: ウォッチ→クロッカー			アナログ電波時計	ソーラー化 電波クロック	
ドイツ: 電波置時計発売		デジタル腕電波時計	電波懐中時計		1999年: おたかどや山開局 →
		—— 実験局として出力 (茨城県大和町) ——			

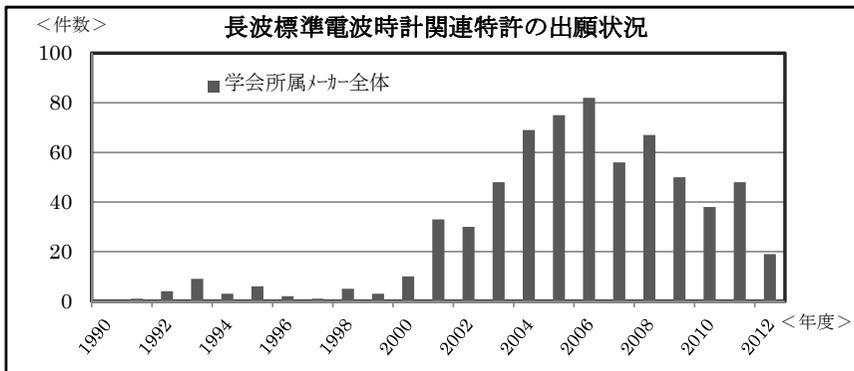
	2000	2001	2003	2006~	2010
		針位置自動補正 / 金属外装対応		女性用 / ワールド受信対応 / 高機能化	
		ソーラー電波クロック / 高付加機能化		親機子機無線システム	
		2001年: はがね山開局 →			
		1999年: おたかどや山開局 →			
		国内2局体制開始 (福島県, 佐賀県), 各社次々に製品化! →			

3.2 電波時計の国内出荷数



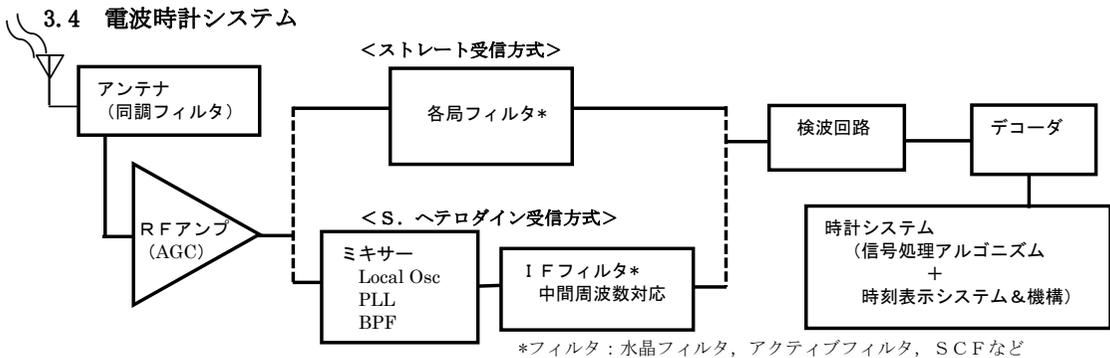
- <補> 1. 日本時計協会の統計データに基づく (2014.4公表)
 2. 水晶ウオッチはアナログ式、デジタル式およびコンビネーションタイプを含む
 3. ウオッチ、クロックを合わせた国内累積出荷数は8000万個強

3.3 電波時計関連技術の出願状況



<補> 長波電波時計の文字板・電池関連も含む

3.4 電波時計システム



- ◆基本システムはAMラジオとほぼ同じだが、変調方式がアナログからデジタルとなっている。
- ◆時計という商品性から、小型/薄型/堅牢性、低電力、高感度受信、高精度表示等の開発に重点が置かれている。

3.5 分科会活動発表会（まとめ）の実施

＜分科会活動発表会概要＞	
日 時：	2014年 9月 26日(金) 14:00～18:00
場 所：	中央大学理工学部後楽園キャンパス 2号館 2735室
参加者：	19名 (情報通信研究機構, 横浜国立大学, 時計メーカー各社)
プログラム：	
はじめに	岩倉 良樹 (司会)
「長波標準電波送信システム, その近況と今後の取り組みについて」	岩間 司 (情報通信研究機構)
「各社の電波時計開発の歩み」	八宗岡 正 (シチズン時計)
	宮原 史明 (セイコーエプソン)
	佐野 貴司 (カシオ計算機)
	馬場 康治 (セイコークロック)*
	*急用のため中止, 報告書を提出.
「長波標準電波の TAD 直交検波システム — オールデジタル化・歩度同期・多重通信など」	増田 純夫 (横浜国立大学)
「長波標準電波時計製品化の歩みと開発動向のまとめ」	岩倉 良樹 (シチズンマイクロ)

昨年秋に実施した。発表会では各時計メーカーの分科会メンバーによる報告に加え、情報通信研究機構、横浜国立大学の関係者の方々にも特別に参加して頂き興味あるお話を伺うことができた。

岩間氏には、現在国内で運用中の長波標準電波送信システムの近況と今後の取り組みについて、さらに2011年の震災時の福島県おたかど山送信所の対応でご苦労されたお話もしていただき、関係者皆様のご努力あって国内“電波時計”の運用がなされていることを痛感いたしました。

また増田氏には、直交検波を用いた時刻コードのオールデジタル復調システムについての説明をして頂きました。と同時に搬送波である長波が周波数安定度が高いことを利用し、本受信システムで得られる位相ロック出力から水晶時計本体の歩度補正に利用できることも思い起こした次第です。

尚、今回の各発表内容は本分科会報告に続いて特集として掲載されていますので、是非詳細はそちらを一読頂きたい（尚、増田氏発表内容は次号掲載の予定）。また分科会のまとめとして各社で取り組んできた長波標準電波時計における技術開発項目を次頁3.6の表に纏めた（次ページ参照）。

4. おわりに

前述の特許出願状況から“電波時計”に関する技術開発はひと段落の感はあるが、国内出荷約600万個/年のペースは当分続きそうである。今回の分科会発表報告内容および技術討論を通して継続開発すべきテーマも残されていると思われる。例えば、①メンテナンスフリーのさらなる充実に向けた受信性能/発電効率の向上と低消費電力化、②操作性、機能、外観の向上、③受信性能検査の効率化、④海外でのさらなる普及率向上に向けた対応等があげられる。同時にGPS衛星電波、携帯電話接続用Bluetoothそして無線LANなど高周波帯電波時計も近年商品化されており、今後の時計業界の動きに注目していきたい。

最後に本分科会活動に協力していただいた時計メーカー各社・研究機関・大学・日本時計協会の関係者皆様に深く感謝いたします。また時計メーカー技術者の良き交流の機会ともなりました。本テーマ発案者であります日本時計学会代表理事 佐々木健先生にお礼申し上げます。

<本文追記>

3.6 長波標準電波時計における主な開発項目のまとめ

ブロック	電波周波数帯 (長波標準電波)	アンテナ	同調フィルタ	RF アンプ (LNA)	フィルタ (狭帯域 BPF) (① BPF、②水晶フィルタ、③SCF)
内容	日本 JJY:40/60KHz ドイツ DCF77:77.5KHz イギリス MSF:60KHz アメリカ WWVB:60KHz 中国 BPC:68.5KHz スイス (2011年閉局) HBG:75KHz	・フェライト コアやアモ ルファスを コアとする 超小型パー (ループ) アンテナ ・磁界検出	・インダクタン ス (L) と容 量 (C) によ る同調	・低ノイズアンプ	A. ストレート受信方式 フィルタ (複数, 各局対応) B. ヘテロダイン方式 局部発振器←PLL 回路 (←マイコン) ミキサ回路 (乗算器) フィルタ (単数) → 中間周波数
特徴	・地表波+反射波で 1000km 以上伝搬 ・長波周波数帯は環 境ノイズによる受 信への影響大	・超小型化 ・高感度化	← - - 自動利得制御 (AGC) 100dB 以上 - - ← - - 低電圧, 低消費電流, 小サイズ化, モジュール化 - -		
主な 開発内容	・自動受信の時間帯 設定 (低ノイズ時間 帯の利用) ・受信困難な場所対 応で特定小電力無 線を利用した親機 子機時計	・アンテナの 材料, 形状, 集磁束構造 衝撃耐性 ・外装材質, 最適配置	・同調回路の 最適調整およ び低損失化	・低ノイズ増幅 ・AGC システム 最適化 ・低電圧, 低消費 電流, 高感度受 信回路の開発/ 金属外装対応	・水晶フィルタの高性能化 ・水晶フィルタレス化 狭帯域 BPF の実現 スイッチャブル (SCF) の導入 ・多局受信システム化 ヘテロダイン方式の高性能化 自動選局機能 ・オールデジタル処理化

ブロック	検波回路 (整流, 検波, LPF)	復調回路 (1 bps)	デコード (マイコン)	時刻表示システム (針, デジタル) (マイコン)
内容	・包絡線検波	・A/D 変換化	・時刻データ化 ・信号処理アルゴリズム (耐ノイズ対策, 高検出等)	・正確な時刻自動表示 ・時刻データの表示制御 ・針位置検出システム
特徴	- - - - -		・高感度受信システム	・正確な時刻表示 ・時刻自動取得+電池交換不要 (ソーラー システム) によるメンテナンスフリー化
主な 開発内容	(全ブロックも含め) ・部品の小型化、薄型 化, 高密度実装 ・受信回路のモジュ ール化 (SIP)	・耐ノイズ性	・長波高感度受信アルゴリズムの 最適化 (予測化, 耐ノイズ性 能の向上) ・受信検査の効率化	・低電力受信システム ・針位置自動修正システム (センサー応用, 高速性, 高精度/組立性等) ・受信環境/受信状況の表示, 環境対応動作 ・操作性, 利便性, 表示のわかり易さ

分科会報告

長波標準電波送信システムその近況と今後の取り組みについて

岩間 司

国立研究開発法人 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 時空標準研究室, 東京都小金井市貫井北町 4-2-1, 〒184-8795

1. はじめに

標準電波は昭和 15 年 1 月 30 日に運用が開始されてから平成 27 年 1 月 30 日で 75 周年となる。国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT : National Institute of Information and Communications Technology) は、法律に基づき周波数国家標準に責任を持つ日本で唯一の機関として、標準周波数と日本標準時を決定、維持している¹⁾。本稿では現行の長波標準電波送信システムの近況と今後の取り組みのひとつとして標準電波による周波数遠隔校正システムの開発について報告する。

2. 日本標準時と標準電波

2.1 日本標準時

かつて我々が日常生活で用いる時刻は地球の運行に基づく天文時系による時刻であった。しかし、地球の自転速度は潮汐摩擦などの影響によって変化するため、精密に測定すると 1 日の長さ (1 秒の長さ) が一定ではないことが分かってきた。このため、1967 年に 1 秒の長さの定義は、地球の運行に基づく天文時系から、セシウム 133 原子の放射の周波数に基づく原子時系に変更された。

原子時は正確であるが地球の自転速度は変化するため、長期間運用すると天文時と原子時の間に差が生じる。我々の日常生活は太陽の動きと深く関わっているので日常的に用いる時刻は天文時に準拠するように調整された原子時である協定世界時 (UTC : Coordinated Universal Time) が用いられる。そして天文時と UTC の差が 0.9 秒以上にならないように不定期に 1 秒を挿入・削除する調整が「うるう秒調整」である。

図 1 のように 1958 年 1 月 1 日 0 時に原子時と天文時の原点を一致させてから、うるう秒調整は 1972 年の特別調整 (10 秒) 以降導入され 2014 年までに 25 回行われている。この間のうるう秒調整はすべて挿入調整だったため、この 50 年余りで原子時と天文時は 35 秒ずれたことになる。さらに 2015 年 7 月 1 日に 26 回目のうるう秒挿入が予定されている。近年のうるう秒調整は 1 月 1 日か日曜日が多かったため平日にうるう秒調整が行われるのは 1997 年 7 月 1 日 (火) 以来 18 年ぶりである。

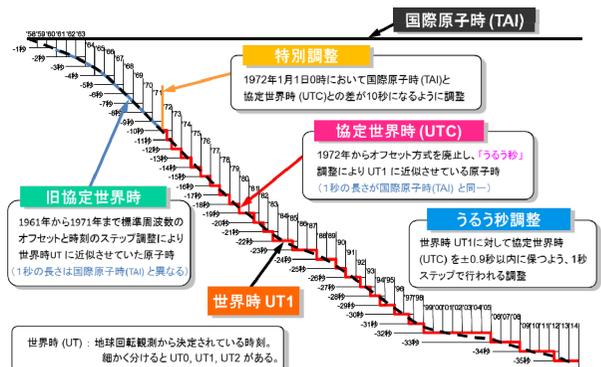


図 1 原子時と天文時

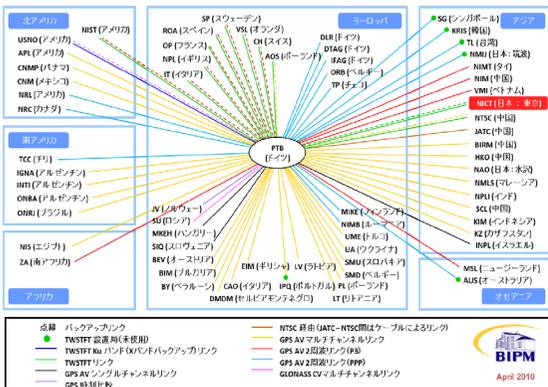


図 2 国際時刻比較ネットワーク

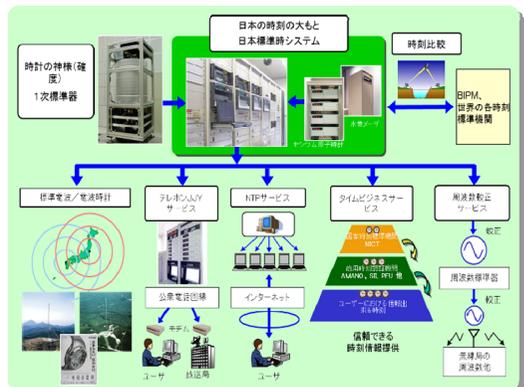


図 3 日本標準時の供給

UTCはNICTのような各国の標準時を扱う機関の有する多数の原子時計の合成周波数を基に国際度量衡局が決定する時刻である。このため、他の度量衡とは異なり原器にあたる基準時計は存在せず、約1か月後に計算によって値を決定する仮想的な時刻である。このため、実時間でUTCを表現するために各標準機関は独自にUTCを生成している。このためkという標準機関が生成したUTCをUTC(k)と表現してUTCと区別することになっている。例えばNICTが生成したUTCはUTC(NICT)表現される。

このように実時間で使用するUTC(k)は各標準機関が独自に生成しているため、各UTC(k)の時刻を比較・調整する必要がある。このため、図2に示すようなGPS衛星などを用いた時刻比較方式と静止衛星を用いた時刻比較方式を使用し、高精度な国際時刻比較ネットワークが構築されている。

国際時刻比較ネットワークによって各国の原子時計のデータが収集されUTCが決定される。さらに決定したUTCを基準とした各UTC(k)の評価結果がフィードバックされUTC(k)の調整に用いる。UTC(NICT)はこの5年間、UTCに対し±20ナノ秒以内に調整されている。

日本標準時はUTC(NICT)を9時間(東経135度分)進めた時刻である。日本標準時の供給方法を図3に示す。日本標準時の代表的な供給方法が標準電波である。

2. 2 標準電波

標準電波はNICTが決定した標準周波数と日本標準時を日本全国に供給するための電波である。国内で広く普及している電波時計はこの標準電波を受信することによって日本標準時に合わせている。

日本の標準電波は昭和15年1月30日に千葉県の見検川送信所から搬送周波数4, 7, 9, 13 MHz、変調周波数1kHz、出力各5kW、周波数精度 1×10^{-6} で発射開始したことから始まる。以来、終戦の影響で一時停止したことはあるものの75年にわたり発射され続けている。標準電波の歴史についてはNICTのホームページの方に詳細に掲載されている²⁾。その中で長波標準電波に関するトピックを幾つか示す。

まず、昭和63年12月1日に長波実験局(JG2AS)において1分1フレームによる長波タイムコード

送出実験を開始した。この際のタイムコードが現在のタイムコードの基礎となっている。

また平成 11 年 6 月 10 日には、福島県の大鷹鳥谷山山頂付近の「おたかどや山標準電波送信所」の運用が送信周波数 40kHz で開始された。さらに平成 13 年 10 月 1 日から福岡県と佐賀県の県境にある羽金山山頂付近で「はがね山標準電波送信所」が送信周波数 60kHz で運用を開始した。これら長波局の運用が開始されるなか、短波標準電波は平成 13 年 3 月 31 日をもって停波した。以降、標準電波は長波局 2 局体制で運用されている。

2. 2. 1 長波標準電波の特徴

おたかどや山、はがね山の両送信所とも時刻信号を生成するための複数の原子時計を有している。また原子時計の時刻信号から UTC (NICT) に同期した時刻・周波数を生成するための時刻信号管理システムと送信機システムはそれぞれ 2 系統の冗長系を有するシステムとなっている。

おたかどや山、はがね山両送信所の主要緒元を表 1 に示す。

天候の急変や機器の故障に対応するため、それぞれの送信所には送信システムの運用監視を行う人員が 24 時間体制で常駐し、(おたかどや山は平成 23 年以降、小金井に常駐) システムのメンテナンスとして日常的に機器の点検・整備を行っている。また山頂付近という電力供給の不安定な状況に対応するため、大規模自家発電装置を装備し数日の停電にも対応できる体制となっている。

また送信所自体も福島県と九州という離れた地域に立地し、天候等の影響で電波を送信できない場合に相互バックアップできる体制をとっているため、両局が同時停波することは稀であり稼働率はほぼ 100%である。

2. 2. 2 東日本大震災の影響について

平成 23 年 3 月 11 日に東北の太平洋沖を震源とする東日本大震災が発生したが、おたかどや山標準電波送信所には幸いにも被害はなかった。しかし、東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故に際し、発電所から約 17km の距離に位置するおたかどや山送信所には、3 月 12 日に避難勧告が発せられて長波の送信を停波した。

停波後に寄せられた多くの問い合わせとご意見は、このサービスの重要性を改めて示すこととなり、事故対策の状況を踏まえつつ、可能な限りの国民サービスを実施できるように対策を行うとともに、職員および関係者の安全確保に万全を期しながら送信を再開するための準備を行った。

まずは地元自治体の協力を得て送信所への緊急立入条件を迅速に整備し、被爆回避対策の整備及び無人運用が可能となるように送信設備の改修を

表 1 長波標準電波送信所の主要緒元

	おたかどや山送信所	はがね山送信所
運用開始日	平成11年6月10日	平成13年10月1日
所在地	福島県	佐賀県/福岡県
緯度・経度	北緯 37度22分 東経 140度51分	北緯 33度28分 東経 130度10分
標高	790m	900m
アンテナ型式	支線式基部絶縁型頂部傘型	同左
アンテナ高さ	250m	200m
空中線電力	50kW	50kW
アンテナ効率	約25%以上	約45%以上
搬送波周波数	40kHz	60kHz
電波型式	A1B	A1B
周波数精度	$\pm 1 \times 10^{-12}$	$\pm 1 \times 10^{-12}$



(1) 一時立ち入りによる復旧作業



(2) 立ち入り作業後のスクリーニング

図4 東日本大震災対応

実施して4月21日には一時立ち入りによる送信再開に成功した。その後、雷害による停波及び送信機の損傷等をもあったが5月9日以降は一時立ち入りを繰り返すことで暫定的に9月まで運用を実施した。この間、一時立ち入りは被曝回避の関係で短時間の滞在しかできないため雷害回避等で停波すると翌日まで停波することがあった。

併せて遠隔運用制御システムを緊急に開発し9月に現地へ導入して小金井本部から遠隔運用を開始した。以降、10月から3月の送信時間率は99.8%とほぼ東日本大震災以前の水準に戻すことができた。

この時期を含め長波標準電波の運用状況は送信開始からすべてホームページで確認できる³⁾。

3. 標準電波による周波数遠隔校正システムの開発

3.1 システム開発の背景と目的

長波標準電波の利用分野としては電波時計に代表される日本標準時の利用が多いが、表1にあるように標準電波の周波数は単一であり送信端では標準周波数として $\pm 1 \times 10^{-12}$ という高い確度を有している。この長波標準電波を用いた周波数発振器を開発することにより日本中で手軽に正確な周波数源を確保できる。また、この周波数発振器はNICTが実施している周波数校正サービスに応用できる可能性がある。このため我々の研究室では標準電波による周波数遠隔校正システムを開発し、その実現可能性について検討を行っている。

3.2 標準電波受信システム (JJY 受信システム)

標準電波受信システム (JJY 受信システム) は、標準電波による周波数遠隔校正システムの参照標準信号を生成するという校正の性能を決定する中心的な役割を有している。このため JJY 受信システムでは、受信波への同期の確保、特に時間帯により変動する地表波と電離層反射波との干渉を考慮して安定した同期を確保する必要がある。開発した JJY 受信システムでは変動する受信波の搬送波を同期検波し、位相変動の状態に応じて同期を追従することにより標準周波数を再生する。

比較データとして小金井本部で受信し web 上で公開している標準電波の公表データの周波数安定度

を図5に示す。赤色が40kHz、黒色が60kHzの受信データである。小金井からおたかどや山及びはがね山までの距離はそれぞれ約220km及び890kmである。

周波数遠隔校正システムは日本全国をターゲットとしているため、開発したJJY受信システムを小金井本部以外にサロベツ電波観測施設、金沢大学角間キャンパス及び沖縄電波技術センターに設置し、JJY受信システムで再生した標準周波数の周波数安定度を測定した。それぞれの受信システム設置場所を図6に示す。

図7は開発当初のJJY受信システムによる周波数安定度である。初期の受信システムではアンテナの利得が低く、受信系の感度も低かったためサロベツ電波観測施設では距離的には近い40kHzの標準電波では十分な同期追従が行えず60kHzの受信で周波数の再生を行った。

図7の結果から小金井40kHzの受信データを除き、それぞれの受信データは6~24時間程度の相関時間の部分(横軸 $2 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5}$ 付近)に小さなピークを持ち多少アラン標準偏差が小さくなるもののほぼ横ばいであることがわかる。すなわち6~24時間の間に相関を阻害する要因があることとなる。実際の受信データの位相を確認すると地域により時間帯のずれはあるものの昼から夜あるいは夜から昼になるあたりで受信位相のサイクルスリップが生じている。これは受信システムに到達する電波のうち、主として電離層反射波の強度や位相が時間帯などで変動しているためと思われる。また100秒以下の短期の安定度が悪いのは位相変動に対する制御と基準となるOCXOの変動によるものである。

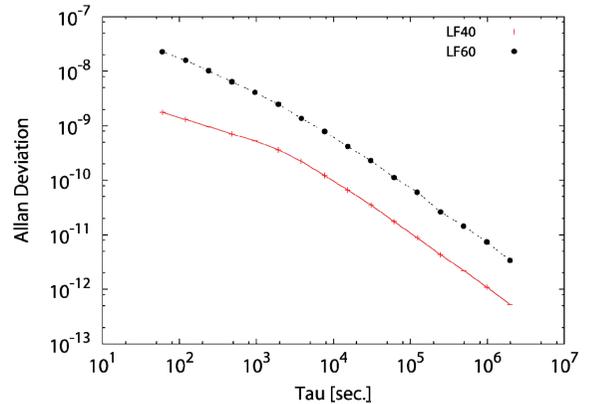


図5 小金井本部における2つの標準電波公開データの周波数安定度

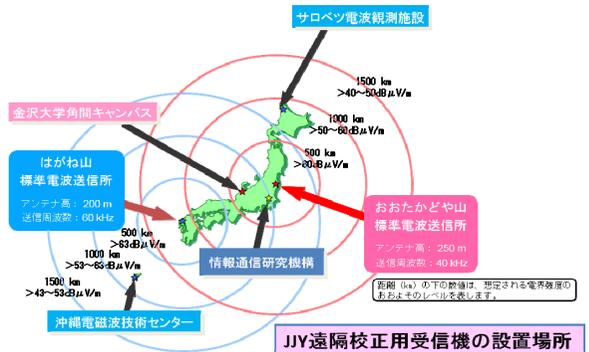


図6 JJY受信システム設置場所

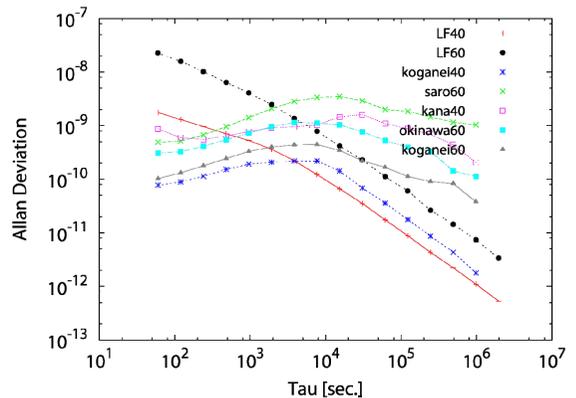
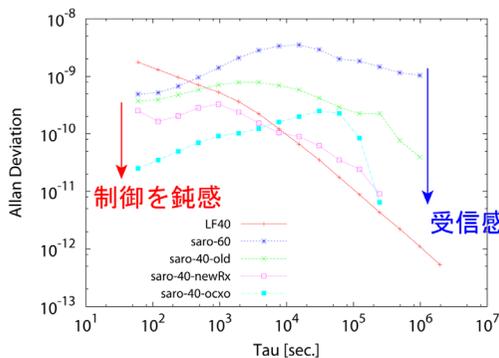
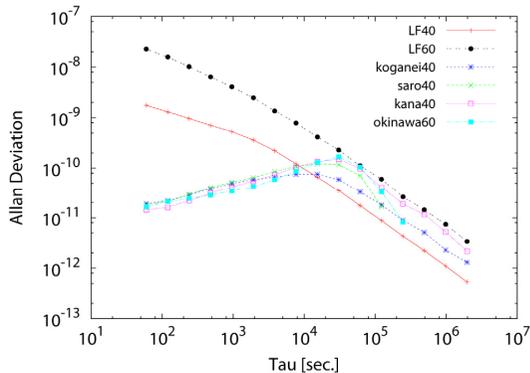


図7 初期のJJY受信システムで再生した標準周波数の安定度



(1) サロベツにおける改良の効果



(2) 改良システムによる結果

図8 改良後の JJY 受信システムで再生した標準周波数の安定度

そこでアンテナ系を含めた受信系の感度向上と位相同期制御手法の見直し、及び基準の OCXO の交換等の改良を行った。改良後の JJY 受信システムによる周波数安定度を図 8 に示す。図 8 (1) では改良に伴う効果についてサロベツ電波観測施設における受信データで示している。アンテナ系を含めた受信系の感度向上により長期的な安定度が向上し、位相同期制御手法の見直しと新規の OCXO を導入したことにより短期的な安定度が向上したことがわかる。

すべての JJY 受信システム設置場所における受信結果を図 8 (2) に示す。全体的にはほぼ 1×10^{-10} 以上の安定度を示している。即ち、日本全国で図 8 に示す周波数安定度を実現できた。しかしながら昼夜の入れ替わり時に生じるサイクルスリップが完全には解消しておらず短期安定度が向上したことにより、顕著になってきている。周波数遠隔校正システムとするためにはこれらへの対処が必要である。

4. 終わりに

本稿では、現在の長波標準電波送信システムについて述べ、東日本大震災による影響について解説した。また今後の標準電波利用に向けた取り組みのひとつとして標準電波による周波数遠隔校正システムについてこれまでの開発状況を報告した。

謝辞

本稿を執筆するに当たり様々なご助言・ご協力を頂いた花土ゆう子室長、今村國康研究マネージャーをはじめ時空標準研究室の皆様様に深謝いたします。

参考文献

- 1) 総務省設置法第四条七十三及び国立研究開発法人情報通信研究機構法第十三条の三
- 2) http://j.jy.nict.go.jp/QandA/reference/chrono_table.html
- 3) <http://j.jy.nict.go.jp/jjy/log/index.html>

分科会報告

シチズン電波時計の歩み

八宗岡 正

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

1. はじめに

シチズン時計では、1993年世界初の多局受信型電波時計 CAL. 7400 を発売して以来、電波時計の開発と市場への導入に力を入れてきた。ここまでの商品と技術の歩みについて振り返る。

2. 電波時計の開拓期

1980年代の終盤、ドイツの市場において長波標準電波を受信する電波修正時計が現れ、弊社でも将来へ向けた技術力向上を目指し長波標準電波の受信技術の開発と、商品化の検討を開始した。当時、国内の長波標準電波は、茨城県の名崎から送信されている実験局 JG2AS であり、開発環境も未整備の中手探りでの開発であった。弊社では JG2AS のみでなく、ドイツの DCF77、イギリスの MSF を受信可能なスーパーヘテロダイン受信方式の開発を開始した。アンテナはケースやムーブメントの金属を避けて時計文字板中央に配置し、ベゼルにセラミックを使用した。そして1993年世界初の多局受信型電波時計 CAL. 7400 (Fig. 1) を発売。一目でわかるデザインで、今でもマニアには人気の商品である。さらに翌1994年、アンテナを9時側のプラケースに収納して外部アンテナデザインとし、文字板を通常の時計のデザインにした多局受信型電波時計 CAL. 8410 を商品化した。



Fig.1



Fig.2

その後、弊社のエコドライブ開発の流れに合わせて、電波時計も大幅な低消費電流化を図り、ソーラセルと二次電池を使用したエコドライブ電波時計を実現、1996年光発電エコドライブ電波時計 CAL. 9410 (Fig. 2) を商品化した。

このように技術的に苦勞しながら電波時計の商品化を続けたが、CAL. 7400 は金属外装にするためにアンテナを文字板上に配置したことによりデザイン上大きな制約をうけ、CAL. 8419/9410 もプラスチックでケーシングされたアンテナを金属外装の側面に配置し、デザイン上の制約はやや薄まったが、広い購入層を獲得するに至らなかった。

しかし、電波時計のエコドライブ化（ソーラ化）は、電波時計の外部からの時刻情報取得という機能と、電池交換不要というソーラ時計の特徴が結びつき、将来のメンテナンスフリーへの可能性を伺わせた。

3. 電波時計時代の幕開け

1999年に福島県のおおたかどや山に正式局 JJY が開局し、2001年には佐賀県のはがね山に2箇所目の送信所が設置された。実験局 JG2AS では出力も低く日本全国をカバーするには至らなかったが、正式局 JJY では送信出力も増強され、2局体制で北海道から沖縄までが受信可能となった。

弊社では、2001年の2局化に備えて長波電波時計開発に負荷投入。2001年シチズン時計初のアンテナ内蔵型電波時計(セラミック製) CAL. A410 (Fig. 3) の商品化を行った。CAL. A410 はアンテナ内蔵の電波時計をムーブメントの小型化で実現。デザインを普及型腕時計に近づかせることが出来、2002年にコンポジットケース電波時計を商品化することにより、受信エリアが全国に広がった事と、デザイン的に一般の腕時計に近づいた事により、販売と消費者の理解を得ることができた。



Fig.3

4. 電波時計の隆盛期

CAL. 7400 から10年目にして、ようやく市場に認知された電波時計は、2003年



Fig.4

世界初フルメタル電波時計 CAL. H410 (Fig. 4) の商品化により、飛躍的な発展を遂げるようになった。継続的な電波時計開発による技術的な蓄積と、開発戦力の充実により、アンテナ内蔵でケース、裏蓋を金属とすることに成功し、デザインは限りなく普通のエコドライブ時計に近づき爆発的な売れ行きとなった。



Fig.5

他社もフルメタル電波時計の開発を追従し、スイス勢に押されていた国内高価格帯時計市場に日本勢が食い込む足がかりとなった。

2004年フルメタルクロノグラフ電波時計 CAL. E600 (Fig. 5) を開発し、フルメタル電波時計の商品バリエーションを増やしていった。

5. 小型薄型化への挑戦

エコドライブでフルメタル化に成功し、通常の腕時計のデザインを実現したのち、開発のスピードを緩めることなく、2004年ケースの総厚 6.82 mm の世界最薄の電波時計 CAL. H430 を商品化した。さらに2年後には、ケースの総厚 8.8 mm の世界最薄のデイト付電波時計 CAL. H110 の商品化を行った。

一方、CAL. 7400/8410 以来搭載していなかったスーパーヘテロダイン受信方式を新しく開発し、2005年に外径 28.6 mm の待望の女性用モデル、世界最小の電波時計



Fig.6

CAL. H330 (Fig. 6) を商品化した。

この CAL. H330 では、受信性能を左右するフィルタを内蔵し、アモルファスアンテナも採用して、小型ムーブメントの開発を行った (CAL. H330 は感度 UP のためフィルタは外付けにもどした)。

さらに小型化への開発は続き、2008 年世界最小のレディース電波時計 CAL. H010 (Fig. 7) を商品化した。



Fig.7



Fig.8

このムーブメントは一円玉より小さく (Fig. 8)、女持電波時計市場の確立に大きく貢献した。

2008 年には、世界初ダイバーズ電波時計 CAL. H112 を商品化し、ダイバーズ時計に求められる耐磁性能と長波電波の受信という、相反する性能の両立を実現した。

2010 年光発電エコ・ドライブの世界観を表現したコンセプトモデル ECO-DRIVE-DOME (Fig. 9) に代表されるように、電波時計は弊社の看板商品に成長することができた。



Fig.9

6. グローバル化

レディース電波時計で再び開発されたスーパーヘテロダイン技術と、フルメタルケース内での受信



Fig.10

アンテナ性能の向上を受けて、2007 年日・米・欧の世界 3 エリアで受信可能な電波時計 CAL. U600 (Fig. 10)、さらに翌年、日・米・欧・中の世界 4 エリアで受信可能な電波時計 CAL. U680 を開発した。これらのグローバル電波時計は、単に多局の長波電波を受信可能というだけでなく、



Fig.11

各国のユーザが広範囲で使用可能なように、受信感度アップにこだわり、特にアメリカの西海岸や中国の香港/華南地区でもテストを繰り返して改良し実用化にこぎつけた。

2009 年には世界初ディスク式都市選択ワールドタイム機能搭載電波時計 CAL. H610 「ダイレクトフライト」 (Fig. 11) を商品化し、CAL. U600/680 のような CQ ではなく、AQ でありながら都市選択の操作性やクロノグラフ機能の操作感を充実した。



Fig.12

2010 年針表示式ワールドタイム電波時計 CAL. H145 (Fig. 12) の商品化により、スタンダードな腕時計でのグローバル電波時計を商品化し、海外の電波時計市

場の拡販にも貢献している。



Fig.13

レディースでも、2011年世界最小世界多局受信型電波時計 CAL. H240 を商品化し、2012年針表示式都市選択ワールドタイム機能搭載電波時計 CAL. H800 を商品化し、グローバル化でやや大振りになっていた多機能電波時計の小型薄型方向へ引き戻すことに成功した。2013年デュアルタイム表示の「ダブルダイレクトフライト」電波時計 CAL. H820 (Fig. 13) の商品化により、海外の電波時計市場の商品ラインアップも充実させることが出来ている。

7. 技術と美の融合への無限の挑戦

以上のように、1993年以降弊社では電波時計の開発と商品化を行ってきたが、1993年のスタートから常にメタルケースを意識し、針式の腕時計での完成度を求めてきた。特に2003年のフルメタル化の成功以来、電波時計が国内腕時計市場の主力製品としての地位を築くことに貢献してきた。

これは常に技術力(必ずしも長波受信技術だけでなく外装もムーブメントも)の向上を目指しながら、腕時計としての完成度である「美」を意識した開発と商品化を継続してきたことが大きい。

近年、電波時計の流れをくむ、精度を追求した衛星電波時計やBluetooth時計も市場に登場し、技術の幅が広がり、ますます「技術と美の融合」が重要となっているが、長波電波時計はもちろんのこと、新技術も取り入れながら技術開発と商品開発の挑戦を続けていく。

分科会報告

アナログ電波ウォッチの歩み(セイコーエプソン)

宮原 史明

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

1. アナログ電波ウォッチ開発の歩み

Fig.1 はセイコーエプソンで開発した主なアナログ電波時計の一覧である.

2004 年に当社初のアナログ電波時計として Cal. 5B21 を製品化し, 同年下期にはソーラー機能, 針位置自動修正機能を搭載した現在の電波時計の基礎となる Cal. 7B22 を製品化した. その後, 日本, 欧州, 北米, 中国の標準電波を受信するワールドタイム機能を搭載したマルチ受信時計, デュアルタイム, ビッグカレンダー, クロノグラフなどの機能を搭載した多機能時計を製品化すると共に, 部品を小型化して女性用アナログ電波時計を実現してきた.

このように 2004 年から毎年のように新しいキャリバーを開発して製品のバリエーション拡大を図り, お客様に多くの製品を提案してきた. 当社では電波時計が占める割合が年々増加傾向にあり, 特に国内腕時計市場ではこの十年で重要な位置を占めるまでに成長した.

2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2012年	2013年	2014年
<p>Cal.5B21</p>  <p>ソーラー化 針位置自動修正</p> <p>Cal.7B25</p>			<p>多機能化</p> <p>Cal.8B53</p>  <p>World Time /Dual Time</p> <p>Cal.8B43</p>  <p>Big Date</p> <p>Cal.8B82</p>  <p>Chronograph</p>					
<p>Cal.7B22</p>  <p>Solar</p> <p>World Time</p>		<p>Cal.3B21</p>  <p>3st</p>			<p>女性用</p>	<p>Cal.1B22</p>  <p>3C</p>		<p>Cal.1B25</p>  <p>World Time</p>

Fig.1 アナログ電波ウォッチ開発の歩み

2. 製品開発のコンセプト

電波時計を開発するにあたり、当社では以下のコンセプトを掲げて製品化してきた。

① お客様の手を煩わせないこと

電波時計は標準電波が受信可能な環境において、時刻修正やカレンダーの月末修正が不要という強みを持っている。お客様が特別な操作をしなくても正確な時刻を表示し、常に安心して使える時計を目指した。

② デザイン性の追求

電波時計はアンテナなどの電子部品の点数が多いことから小型化が困難であるという点、又、電波の受信性能に影響を及ぼす外装・ムーブ部品の材質が制限されるなど多くの制約がある。そこで、各部品の小型化・薄型化・高機能化を図り、受信性能を改善してデザインの制約の少ないキャリバー開発を行ってきた。

3. キーテクノロジー

製品開発コンセプトを実現するにあたり、当社が開発し電波時計に搭載した技術について説明する。

3. 1 針位置自動修正機能

電波時計は正確な時刻を表示することが求められる。しかし、アナログ時計の表示はモーターの駆動であるため、強力な磁気等により針位置と時計内部の時刻がずれるとユーザーが複雑な操作により針の位置補正をおこなう必要があった。そこで、自動で針の位置補正をし、常に正確な時刻を表示することができる針位置自動修正機能を搭載した。

Fig.2 は針位置自動修正機能の構造である。歯車に直径約 0.4~0.5 mm の小さな穴が開いており、穴の上下にそれぞれ LED とフォトトランジスタを配置する。針が 0 時位置にきた時に全ての歯車の穴位置が一致するように組み立てることで、LED の光を歯車の穴を通してフォトトランジスタが検出し、針の位置が確認できる。

これを秒針は 1 分毎、時分針は 12 時間毎に行なうことで、針位置のずれは自動的に修正される。

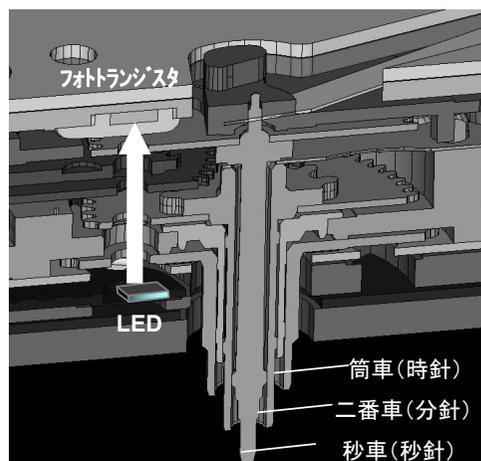


Fig.2 針位置自動修正機能の構造

針位置自動修正機能を実現するためには、かなと歯車の高精度アッセンブル技術(Fig.3)や、各歯車の検出穴を合わせて時計を組み立てる技術、針の位置を正確に取り付ける技術などが必要となる。

以上のように内部時刻情報を持つ電波時計と針位置自動修正機能はとても相性が良い。SEIKOのアナログ電波時計は全て針位置自動修正機能を搭載している。

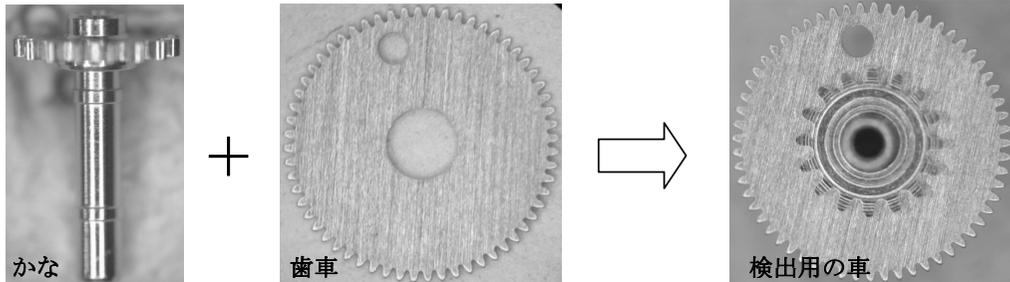


Fig.3 かなと歯車の高精度アッセンブル

3. 2 小型・薄型化

女性用の小型電波時計などのデザイン性向上を図るために、電子部品の小型・薄型・高性能化を図ると共に、発電効率に影響を及ぼす文字板の制約を少なくするために、低パワー化を実現してきた。このキーテクノロジーについて説明する。

<受信 IC>

受信 IC は受信システムの小型化を図るため、小型・低パワー・高性能化が求められてきた。当社の受信 IC で確立した技術は以下の通りである。

- それまでの電波時計に搭載されていた受信 IC はストレート方式であり、受信局（受信周波数）毎に一つのフィルタ用水晶が必要であったため小型化が困難であった。ヘテロダイン方式にすることにより、フィルタ用水晶 1 個でマルチ受信に対応できるようにした。
- 従来、外付け部品であった EEPROM やコンデンサアレイ等を受信 IC に内蔵することにより、電波時計全体としてシステムの小型化を図った。
- 低パワー A/D コンバーターを用いたデジタル信号処理を採用することにより、機能性の向上を図った。
- 必要な機能以外の動作を止めて消費電流を抑えるスリープ機能を搭載し、間欠駆動で電波を受信することにより、実効消費電力を約 15%削減した。

<高密度実装>

電波時計は従来のアナログ時計と比較して部品点数が多く、回路ブロックの配線も複雑であるため、小型・薄型化を実現するためには高密度実装が必要不可欠である。当社では高密度実装を実現するにあたり、以下の技術を確立した(Fig.4)。

- ・NCF(non-conductive film)による高密度 FC 実装により実装エリアの小型化を図った。
- ・エンボスマスクを使用した印刷技術開発により、IC とチップ部品とのギャップを従来と比較して約 60%に縮小した。

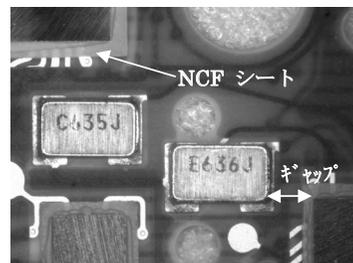


Fig.4 高密度実装

4. 今後の課題

今後の電波時計の開発にあたり、現在課題となっている主な問題点を挙げる。

- ・耐ノイズ特性の向上
近年、増加傾向にある電子機器などから発生するノイズの影響を受けにくい受信システムの確立が必要と考える。
- ・受信性能検査の効率化
他局受信できる製品が増えている現在、受信性能検査に要する時間が長くなっており、検査の効率化（検査時間の短縮）が必要となっている。

5. まとめ

当社のアナログ電波時計はお客様の手を煩わせない時計を実現するために多くの技術を確立すると共に、部品の小型化・高性能化を実現し、デザイン性の高い小型の女性用ウオッチや多機能ウオッチなど多くの製品を提供してきた。

今後、アナログ電波時計という強みを最大限に生かした技術開発を継続し、多くのユーザーに安心して使ってもらえる製品を提供していきたい。

分科会報告

カシオ電波時計の歩み

佐野 貴司

カシオ計算機株式会社, 東京都羽村市栄町 3-2-1, 〒205-8555

1. はじめに

電波時計は長波標準電波の時刻情報を受信する自動時刻修正と、ソーラー発電による電源システムをあわせメンテナンスフリーを具現化しました。その後、高感度小型化、省電流等の技術進化によりデザイン自由度が向上し『電波を受信する』を意識した製品から、針式の耐衝撃技術など、高信頼性技術とあわせて『電波を受信する』を感じさせない高品位な時計を実現できるようになりました。ここに到るまでの電波時計デバイスの開発、試みをいくつかまとめます。

2. 製品の流れと主要技術

電波時計の技術開発は、長波標準電波を受信させることから始まり、アンテナの衝撃耐性、ソーラー電源システムの効率を向上させています。そして、デバイス開発改良を施し、時刻修正機能が強化され国内の二局化とあわせ海外の時刻放送の受信も可能にしました。電波により自動的に時刻修正する機能や、ソーラーセルによる発電を利用した電源システムは、時計の基本機能であることから、さまざまなジャンルの時計に展開されていきます。

	第一世代(～2004年)	第二世代(～2008年)	第三世代(2008年～)
■電波時計基本仕様 ・アンテナ耐衝撃性向上 ・ソーラー電源システムの高効率化	■メタルケース対応 ・金属損失対応	■受信機能強化 ・5局受信	■タフムーブメント搭載 ・針式高信頼性機構: 耐衝撃技術/エレガンス ・6局受信

・ソーラー+2周波3局+耐衝撃対応
※標準電波設備 本局化/2局体制

・センサ機能機種対応
■デジタルノイズ対応

・女性向小型
■省電流: 検波IC、マイコン、受信時間短縮
■省スペース: 部品の小型・薄型、空間有効利用



Fig.1 製品の流れと主要技術

受信性能の向上でデザイン自由度が広がり、デジタル表示のプラスチック製品から、針式表示で、電波受信に困難とされる金属外装の製品に搭載されるに到りました。さらに、針式の高信頼性ムーブメントが開発され高品位な時計に発展していきます。

3. デバイス

3.1 デバイス概要

時計の一般的なデバイスと、電波受信時刻修正のためのデバイス（アンテナ、検波 IC、水晶フィルタ、受信ソフトウェア）で構成されています。実装、外装も感度関連要素になります。後に水晶フィルタはヘテロダインすることで半導体に置き換えられました。

フィールド環境調査や、シミュレーション、量産化設備等、技術要素は多々ありますが、主デバイスについて記載いたします。

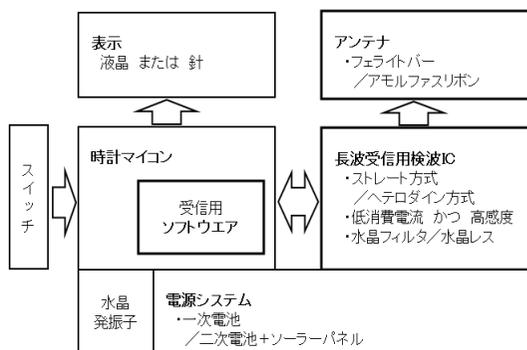


Fig.2 電波時計システム構成

3.2 アンテナ

バーアンテナを搭載しています。コア材料はフェライトからアモルファス金属箔の積層になりました。アモルファス箔はフェライトと比べて軽量で衝撃に強く、温度特性はフラットです。薄膜で利用すると損失が少なく実用的な利得が得られます。

アンテナはサイズが大きく、製品デザインにかかわるので、感度、製品サイズ、汎用性等を念頭に、回路接続の方法や搭載構造などが検討されました。

形状自由度が高いフレキシブルコア、コンポジットコア、ノイズ耐性向上のためのシールド、シミュレーション等、吟味されています。

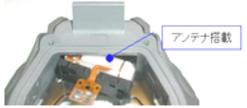
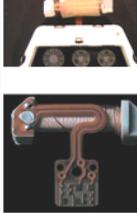
フェライト:初期	アモルファス 耐衝撃、小型、高感度、特性の安定化		アモルファス モジュール内スペースの有効活用	
	外装ケースに搭載 ・コア形状:アレイタイプ ・フレキシブル基板による接続 ・同調用のコンデンサを搭載 		モジュールに搭載 ・コア形状:Rタイプ ・リードフレームによる接続 ・基板下アンテナリード配置 	

Fig.3 アンテナ及び搭載の遷移

3.3 検波 IC

検波 IC は、ストレート方式から、ヘテロダイン方式へと移りました。アンテナ同調切替回路が内蔵され、選局用のフィルタは水晶から半導体素子に置換り、諸パラメータで特性を設定、調整できるようになりました。そして製品は多局受信へ展開してゆきます。

3.3.1 ストレート方式

ストレート方式の検波 IC は、水晶を使うことによって、無調整で高性能なフィルタを構成し高感度を実現しています。複数局受信するためにはアンテナの同調容量の切替えと、複数の水晶フィルタを持つことが必要になります。部品の増加を吸収するために SIP (System In Package) も考えられます。

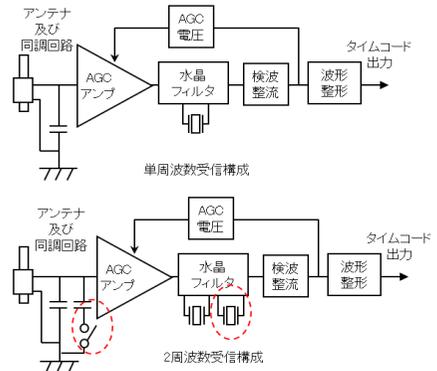


Fig.4 ストレート方式 ブロック図

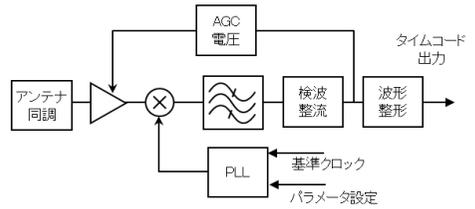


Fig.5 ヘテロダイン方式 ブロック図

3.3.2 ヘテロダイン方式

ヘテロダイン方式では、希望波と局部発振信号とを乗算することで低周波数へ変換します。そして、低周波数域の Low Q フィルタを水晶並みの High Q フィルタのように利用しています。

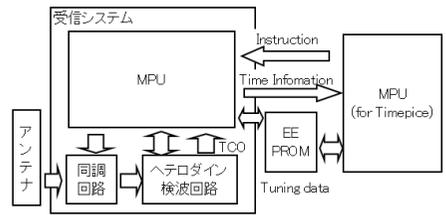


Fig.6 検波専用マイコン搭載の試み

試例 1: マイコン混載

検波専用マイコンで RF 回路ブロックを制御し、時計マイコン処理負荷軽減。また、RF からベースバンド、検波整流部分をバイポーラプロセス、マイコン及びスイッチ等を MOS プロセスと、所望するデバイスを利用する試みをしています。SIP (システムインパッケージ) を利用することで検波部 2 チップを 1 パッケージで扱えるよう考えられました。

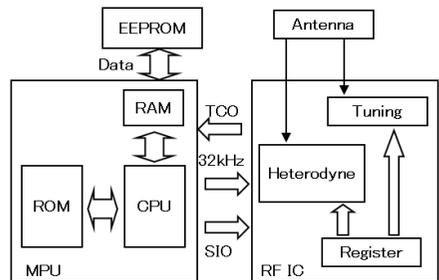


Fig.7 総 MOS 化の試み

試例 2: 総 MOS 化

MOS に適した検波方式の開発を行い IC 化しました。各パラメータを選択式にして、放送局毎に適し

た回路設定を可能にしています。時計用のマイコンには、処理能力向上と共にリライタブルな不揮発性メモリ内蔵し設定を記憶します。小型、低背に仕上げています。(CSP)

3.4 ソフトウェア

受信は、秒同期から、符号を取込みマーカを検出して分同期を行います。これを起点として一連の時刻情報を取込み、データ整合確認のうえ表示時刻更新といった手順が考えられます。高感度、確実な受信を実現するために、さまざまな手法が試されています。

3.4.1 受信アルゴリズムの試み例

検波 IC で復調された TCO (TimeCodeOut) 信号の 1/0 を読取るだけでも、立上り、下りのエッジ間隔を測定する方法や、所定のタイミングでレベルを検出し判別する方法、特定範囲の積算値によって符号に振り分ける、などが考えられます。また、受信したパターンが用意したどのパターンに近いかで復号することも考えられました。

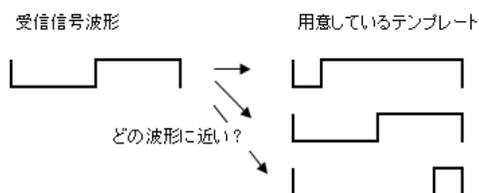


Fig.8 波形の相関による復号例

3.4.2 電波特有の仕様例

例えば、FM や AM などでの音声放送であれば、音声が聞取りづらいつきは窓際など受信状態が良い場所へ移動させることが直感的に出来ます。電波時計でもこのような指標が必要と考えました。受信状態を知らせる何らかの指標が示されないと、環境ノイズ、信号遮蔽、指向性もあり、この場所で受信できそうなのか全くわかりません。そこで、受信状態をイメージできるよう、受信フローの進行状況に信号品質等を加味しレベルを表示するインジケータのような機能を持たせています。

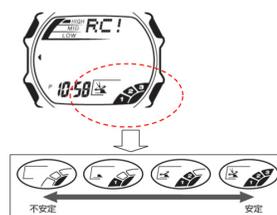


Fig.9 インジケータ表示

4. 後記

電波時計は多くの改善を重ね発展してきました。その機能は、近年では衛星の時刻情報による時刻修正時計として市場に登場している。

分科会報告

電波クロック普及に向けた取り組み (セイコークロック)

馬場 康治

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

1. はじめに

日本では1999年に福島局標準電波送信所が開局し、正式に長波による日本標準時の運用がスタートした。2001年には九州局標準電波送信所が開局し、いよいよ電波クロックを全国展開する環境が整った。これを機に当社でも電波クロックの市場投入を積極的にいき、現在では製品の約65%を電波時計が占めるまでに至っている。

本稿では、この間当社が行った電波クロック普及に向けての取り組みについて紹介する。

2. 電波時計普及に向けた課題と取り組み

電波時計は、電池を投入しただけで自動的に標準電波を受信し現在時刻を表示する手軽さと、毎日標準電波を受信して表示時刻を修正することによる正確さが特徴である。現在の標準電波受信可能エリアは、福島局と九州局からそれぞれ発信する電波で日本全国をほぼカバーしており、時計メーカー各社が積極的に電波時計を投入したこともあって、その利便性は多くのユーザーに認知されるに至っている。

標準電波は長波を利用しており、遠距離までの伝搬が可能な一方で、その直進性から障害物に対して回り込みが少なく、地形やビル等の影響で電波が遮られる環境も多い。鉄筋のビルや家屋ではその壁がシールドとなって電波の屋内への侵入を妨げる。長波電波の受信に使われる一般的なアンテナには指向性があり、送信局に対するアンテナの向きによってもその感度が変化する。

これを受信する電波クロックは、携帯されず常に同じ環境に固定して使用される場合が多く、またそのインテリア性から、ユーザーが時計を置きたい場所はある程度決められている。このような中でユーザーに安心してご購入、ご使用いただくためには、受信できない環境をいかに減らすことが出来るかが一つの大きな課題である。当社ではこの課題を解決し電波時計を普及させるため、様々な角度から製品の開発に取り組んできた。以下にいくつかの事例を紹介する。

2.1 自動選局機能付電波時計『ツイン・パ』

標準電波には福島局から発信される周波数40kHzの電波と九州局から発信される周波数60kHzの電波があり、ユーザーは受信しやすい方を選択する必要があった。ただ電波の強さは地形や障害物、またアンテナの向きによっても影響されるため、単純に送信局からの距離だけでは判断

できない場所があり、局選択するのはユーザーにとって煩わしい作業となる。そこで2001年の九州局開局に合わせて、ユーザーが意識することなく、時計が自動的に受信可能な局を選択する自動選局機能付電波時計『ツイン・パ』を発売した。

時刻情報取得の前に40kHzと60kHzそれぞれで一定時間秒同期受信を行い、その結果を比較して最適な一方を自動的に選択、その後は選択した周波数で時刻情報の受信を行うこととした。秒同期受信の結果はリアルタイムでLEDにより表示し、ユーザーがその状況を見ながら時計を使用する場所を選べる機能も設けた。

電波選びも時刻合わせも全自動、電波クロックの決定版「ツイン・パ」登場!

2つの標準電波で日本全国をカバー

標準電波をキャッチして常に正確な時刻に修正してくれる
便利な電波クロック。

2001年10月1日、既存の福島局(周波数40kHz)に九州局(同60kHz)が加わり、日本全国で安定した質の高い標準電波を受信することができるようになりました。いよいよ本格的な電波クロックの時代が到来したといえます。

電波選びも時刻合わせも全自動! 電波クロックの決定版「ツイン・パ」登場!

東日本と西日本で周波数の違う二つの標準電波から、より受信しやすいほうを自動的に選んで受信する新機能を搭載した「セイコー電波クロックツイン・パ」。電池を入れるだけで、日本全国どこでも正確な時刻を表示するので、安心してお使いいただけます。



Fig.1

2. 2 無線時計システム『タイムリンク』

電波が十分に届く地域であっても、時計を使用する建物の構造によっては受信が出来ないことがある。たとえば鉄筋のビル内や地下などはその壁がシールドとなり、電波を大きく減衰させてしまう。特に大規模オフィスや工場などはフロアのスペースが広く、窓から奥まった場所まではなかなか電波が届かず電波時計が使えないといった事例が多かった。このような場所で正確な時間を表

示させたいという要望は強く、そういった声にこたえるために、親機が標準電波を受信可能な場所で時刻を受信し、子機に対して無線で時刻を転送する無線時計システム『タイムリンク』を2004年に発売した。

窓際等、標準電波が届きやすい場所に親機を置き、親機は受信した時刻情報を特定小電力無線で子機に転送する。親機から子機へは見通し距離約40mまで届く。親機は中継機能も併せ持ち、複数の親機を中継器として一定間隔に配置することで、標準電波が届かない広いエリアの子機を正確な時間に合わせる事が出来る。

建物内のあらゆる場所に日本標準時を… 無線時計システム タイムリンク

「タイムリンク」は、ビル内部や地下など標準電波が届かないところでも日本標準時を表示させる無線時計システムです。

特長

1. 親機からの無線が届く範囲内（見通し距離約40m）にある全ての子機が日本標準時を表示します。
2. 無線の届く範囲内であれば子機は何台でもOKです。
3. 無線なので配線工事は不要で、設置も簡単です。
4. 電波環境を気にせずに使えるのでパーソナルギフトにもおすすめです。

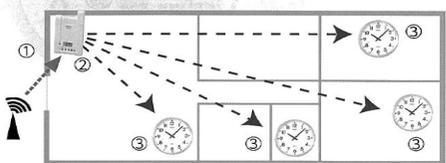
タイムリンクのしくみ-1 親機1台の場合

- ① 親機が標準電波を受信
- ② 親機が日本標準時データを無線に変換して送信
- ③ 子機が無線を受信し日本標準時を表示

親機1台、子機複数台の例

中規模のオフィスや工場の時計をいつもピッタリ合わせたい！

- 中規模オフィスで
- 中規模工場で
- 学習塾、カルチャーセンターで



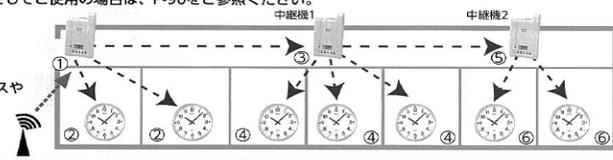
タイムリンクのしくみ-2 親機複数台の場合(親機の中継機能を使用)

- ① 親機が標準電波を受信し、無線に変換して子機に送信
- ② 子機が無線を受信し日本標準時を表示
- ③ 中継機1が無線を中継
- ④ 中継機1の無線を子機が受信し日本標準時を表示
- ⑤ 中継機2が無線を中継
- ⑥ 子機が中継機2の無線を受信し日本標準時を表示

親機3台(中継機としての使用2台)、子機複数台の例

中継機能を使えば、配線工事をせずに無線の届く範囲を拡大できます。本格的な設備時計としてご使用の場合は、P-90をご参照ください。

- 大規模なオフィスや工場施設など



※中継機を使用する場合の事前の環境チェックおよび設置に関する費用は別途見積りとなります。詳しくは担当セールスまでお問い合わせください。

Fig.2

2.3 いいとこ2 in 1の『ラ・クロック』

ユーザーによっては「使い始めは馴染みのある針回しで時刻をセットしたい。」「正確な時間より少しだけ進めて使いたい。」など従来の時計で出来たことを電波時計にも求める声があった。これに応えるべく、従来の時計と電波時計のメリットを併せ持った『ラ・クロック』を2011年に発売した。

針は従来通り針回しを使って簡単にセットでき、運針を始めた時点から定期的に標準電波を受信して正確に進んだ分だけ時を刻む。今までの時計で使い慣れた簡単操作と、電波時計の高精度を融合した新しい発想の電波時計である。

2つのいいとこが1つになった。
いいとこ2 in 1の“ラ・クロック”

電波を受信
して、ずれない

定期的に受信した電波情報をもとに、前回受信した時刻から今までの時間のずれを修正。

針回しで
かんたん操作

針回しを使って時刻を早めたり、遅らせたりなど、任意の時刻に設定して使用する事も可能。

Fig.3

2. 4 衛星電波クロック『スペースリンク』

時刻情報を含み、長波標準電波信号と並んで広く使われている電波信号としてGPS衛星信号が挙げられる。GPS衛星信号は日本国内に限らず世界中で受信が可能であり、また電波法の規制により長波と比べて家電やOA機器から発生するノイズの影響を受けにくい等のメリットがあることから、GPS衛星が発信する時刻情報を受信し時刻を自動修正する衛星電波クロック『スペースリンク』を2013年に発売した。

衛星電波クロックは受信可能なエリアが長波電波クロックと比べ約5倍に広がり（当社フィールドテストにおいての平均値）、受信にかかる時間も最短約10秒と大幅に短縮されるなど、これまでの長波電波クロックと比べメリットも多く、電波クロックのさらなる普及につながることを期待される。

衛星電波クロックについて

GPS衛星の時刻情報を受信し、自動的に時刻を修正する「電波クロック」です。

進化するセイコー電波クロック
びったり環境が広がります。

※写真はイメージです。

GPS衛星からの電波をキャッチ
高精度の原子時計を搭載したGPS衛星の時刻情報を受信することで、自動的に表示時刻を修正する「電波時計」です。
※GPSとは、Global Positioning System（全地球測位システム）の略です。

拡がる受信範囲
従来の電波時計に比べて、窓や建物の出入り口などからの電波到達距離が長いので、室内の奥にも設置していただけます。

オフィスビルや工場に好適
遠くから見ることも多い広いスペースにも好適。GP201Wは防湿・防塵仕様ですので水まわりやほこりの多い所でもご使用いただけます。
※屋外時計ではありません。

従来電波クロック
衛星電波クロック

Fig.4

3. 終わりに

1999年に最初に電波クロックを発売して以来、当社ではここに紹介したような“使用可能な環境の拡大”“利便性の追求”だけでなく、目覚まし時計やからくり時計、設備時計などすべてのカテゴリーへの電波修正機能追加、省電力化によりソーラーバッテリー駆動を可能にしたメンテナンスフリーのエコ商品の展開など、電波時計の普及に向けた様々な取り組みを行っている。今後もユーザーの満足度向上とともに電波時計の普及に向けた取り組みを継続していきたい。

解 説

「時計技術解説」 クォーツ時計

— VII. センサ技術 —

吉澤 弘*

1. はじめに

前回の「デジタル時計 液晶表示技術」に続き、デジタルクォーツ腕時計(以下デジタルウォッチ)の特長の一つであるセンサを搭載したウォッチの開発の歴史としくみについて紹介します。センサ技術によってデジタルウォッチは、「時を知る道具」から、「環境情報や生体情報を知る道具」へと進化しました。そして、時計市場において、アウトドア用やスポーツ用といったユーザーのライフスタイルに合致した独自のカテゴリーを築いていきました。

2. センサとは

センサ(sensor)とは、人間の五感に代わって物理量や化学量を定量的に計測する装置、あるいは五感では感じ取ることのできない物理量、化学量を検出する装置をいいます。一方、光や音などのエネルギーを電気信号に変換するものをトランスデューサ(transducer)と呼んでいます。しかし、実際には、センサとトランスデューサは明確には区別されず、各種の物理量あるいは化学量を電気信号に変換するものを一般にセンサと称しています。また、センサを利用し計測・判別を行うことをセンシング(sensing)といいます。

センサは、検出しようとする信号がどのような物理法則や化学法則を使用しているかという観点から Fig.1 のように大まかに分類することができます。

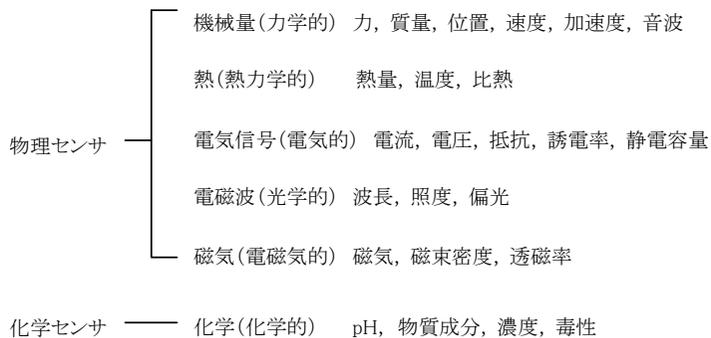


Fig.1 センサの分類

光や音などの物理量を対象としたセンサを物理センサ、化学物質の種類やその濃度などの化学量を対象としたセンサを化学センサと呼びます。人間の五感に例えれば、視覚や聴覚、触覚にあたるものが、物理センサによって計測可能で、力、光、電気、磁気、温度、音声などが該当します。一方、化学量としては、pH、物質成分、濃度、毒性などが挙げられます。

センサが検出する出力信号はアナログ値でかつ微小なものが多いので、演算増幅器(オペアンプ)を用いて信号の増幅を行います。その後、A/D 変換器(A/D コンバータ)を用いてマイコンで使用できるようにデジタル値に変換します。これらのセンサ信号処理は極めて重要で、その方法が結果に大きな影響を与えます。

3. ウォッチにおけるセンサ区分

センサを搭載したウォッチでは、センシングした検出値の使用用途によって、センサを大きく2つに区分できます。Fig.2 は、これまでウォッチに搭載された主なセンサを用途別に区分したものです。まず、第一に、「制御系センサ」です。検出値をウォッチの制御のために使用するセンサです。次に、「機能系センサ」です。これは、温度、気圧、方位などの環境情報や、脈拍や歩数などの生体情報を検出するセンサです。今回は、「機能系センサ」を中心にその歴史としくみを説明します。なお、ここで紹介する方式以外にも別の方式や構造もありますが、ここでは主に弊社で使用している方式を中心に説明します。

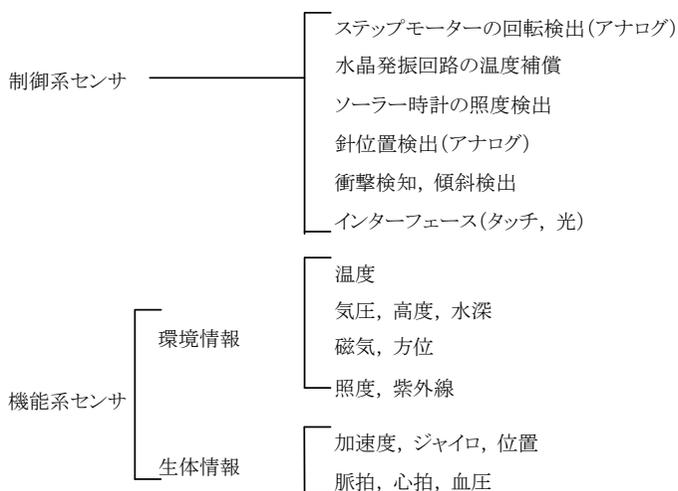


Fig.2 ウォッチにおけるセンサの用途

4. 1970 年代後半のデジタルウォッチの進化

1972年に市販が開始されたデジタルウォッチの1976年までの進化の歴史は前々回紹介しました。その後アナログクォーツ腕時計(以下アナログウォッチ)との差別化をはかるために、マルチアラーム、1/100 秒クロノグラフ、ワールドタイムなどの多機能製品の開発が進みました。

シチズン(Citizen)は、1977年3月に国産メーカー初の計算機能付きデジタルウォッチ「デジタル カリキュレーター」(価格9万8千円)を発売しました。操作ボタンを表示の外周に配置したユニークなデザインで、四則計算(8桁表示)が可能でした。この後、計算機能付きのデジタルウォッチは、国産時計メーカーから続々と発売されました。

またその一方で、マルチプレックス駆動や二層パネルの開発による表示性能の大幅な向上や、リチウム電池の本格的実用化による電池寿命の延長が図られ、デジタルウォッチは、ハード、ソフトの両面に渡って大きく進化していきました。

セイコー(Seiko)のデジタルウォッチは、1977年に公開された「007 私を愛したスパイ」という映画の中で、三代目ジェームズ・ボンドを演じたロジャー・ムーアが着用し人気を博しました。1978年にはカレンダーと時刻を二層のパネルで別々に表示する多機能デジタルウォッチ「セイコークォーツ デジタル メモリーバンクカレンダー M354」(価格3万円)を発売。この時計は、1979年公開映画「007 ムーンレイカー」でジェームズ・ボンドが着用しました。その後もセイコーのクォーツウォッチは、「007 ユア・アイズ・オンリー」(1981年公開)では、世界初の「テレビウォッチ」、「セイコーハイブリッド」(コンビネーションウォッチ)、「007 オクトパシー」(1983年公開)では、「デジボグ G757」というようにジェームズ・ボンドの強い見方になりました。このように当時のデジタルウォッチには、実用性のみならず男心をくすぐるかっこ良さや近未来的なイメージがありました。

一方、カシオ(Casio)は、1979年にローパワーLSIの開発とボタン型小型リチウム電池(BR-2325 1個)採用により、電池寿命7年の長寿命を実現した「65CS-28B」(価格2万2千円)を発売しました。クォーツウォッチ用の電池は、酸化銀電池(1.5V)とリチウム電池(3V)に分かれます。デジタルウォッチの黎明期には、アナログウォッチ同様に酸化銀電池が採用されており、電池寿命は2年程度でした。リチウム電池は酸化銀電池と比較し、電池容量が大きく、耐液性に優れ、自己放電率が低いので、長寿命化に最適な電池となりました。また、この「65CS-28B」は、1/100秒ストップウォッチ機能やデュアルタイム機能、2029年まで完全無修正フルオートカレンダー機能を搭載していました。

このように、多機能化、表示の進化、電池の長寿命化で、デジタルウォッチは、着実にアナログウォッチとの差別化を図っていきました。そして、更なる差別化の一つの手段として、センサを搭載したデジタルウォッチが開発されていくことになりました。

5. 脈拍センサ(pulse sensor)

ここからは、センサを搭載した主なデジタルウォッチの歴史としくみを紹介します。

まず、最初に脈拍計です。セイコーは、1981年に国内メーカーとして初の「パルスメーター」を発売しました。「パルスメーター」といえば、時計業界では、ベゼルや文字盤に設けた専用目盛とクロノグラフ針から、一分間の脈拍数を読みとる機能のことを言います。医師や看護師などが、患者の脈拍を知るための道具として開発されたものでした。セイコーは、そのパルスメーターを電子化しました。この時計は、現在ブームの常時検出脈拍計を搭載したActivity Tracker(活動量計)やSmart Watch(スマートウォッチ)といったWearable Device(ウェアラブル端末)に発展する画期的な製品でした。

一方、シチズンは、「時計が健康を科学する」をテーマに、1984年2月に脈拍計を搭載した「バイオスポー

ツ」(価格1万1千5百円)を発売しました。ランニング後の脈拍推移を検出する光電式脈拍検出センサ、ランニングペースを検出する小型圧電式加速度センサ、ランニング時の運動消費カロリー及びエアロビクスポイントの算出機能などランニングに必要な多くの機能を搭載していました。これらの機能は、有酸素運動能力の向上や健康増進などに寄与することになりました。

一方カシオは、1987年1月に「JP-100W」(価格7千9百円)を発売しました。しかし、いずれの製品も運動時の脈拍の測定は不可能であり、一旦運動を中断し計測する必要がありました。

脈拍計測方法に関して、当社が採用した光電式脈拍検出方式を説明します。原理的には、血液中のヘモグロビンが、赤外線を吸収する性質を利用したものです。脈動による血液の増減に応じて変化する赤外線の透過量を、高感度のセンサで感知し、脈拍を計測するというものです。

反射型フォトインタラプタを用い、脈拍に同期して変化する血中ヘモグロビン(吸光物質)の量が変化する周期を検出します。Fig.3は反射型フォトインタラプタを使用した脈波計で、センサ部は赤外線LED(発光素子)とフォトトランジスタ(受光素子)および可視光カット(エポキシ樹脂)から構成されています。LEDから発せられた赤外光は、指の表面や指に入射してから反射・散乱し、一部がフォトトランジスタに入射します。赤血球に含まれるヘモグロビンの量は脈波により周期的に増減します。そのためフォトトランジスタに届く反射光は、脈波に応じて増減します。

また、Fig.3に示すように、外光の中の赤外線も指を透過しフォトトランジスタに入射します。この光もヘモグロビンで吸収され、ノイズの原因となります。Fig.4が検出回路の概要です。フォトトランジスタに抵抗RLが接続され、その接続点が電圧出力となります。脈波に応じてフォトトランジスタへの入射光量が変化するため、脈波に応じた電圧出力波形となります。フィルタ等で外光に含まれるノイズ除去などの波形処理をし、周期的に変動する脈波波形を得て、その周期を時計のクロックで計測し脈拍数を算出します。

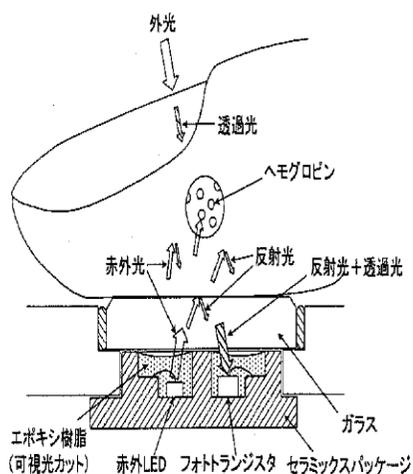


Fig.3 反射型フォトインタラプタ脈波計のしくみ

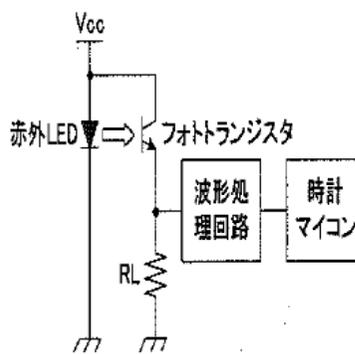


Fig.4 検出回路

これまで紹介した反射型フォトインタラプタ脈拍計では、S/N 比が悪く、また体動による血流の乱れに対応できず、よって運動中の脈拍を測定ができない欠点がありました。そこで、胸ベルトに内蔵された電極を身体に当てて電位差を測定し、心臓の鼓動(心拍)を計測し、測定結果をウォッチに無線で送信することのできるデジタルウォッチが開発・発売されました。この方式であれば、運動時の心拍を測定することが可能でした。しかし胸ベルトの装着は、使用者の精神的、肉体的な負担になりました。

そこで、セイコーは、1995年に世界初の脈拍トレーニング専用リストコンピュータ「パルスグラフ」を発売しました。時計本体と、本体との着脱が可能な脈拍センサユニットと、それを固定する固定用サポートで構成されていました。指先に装着した指袋型センサで脈拍を計測し、グラフィック表示する世界初の製品でした。この製品では、外光の影響を受けない受光素子と、脈波検出センサとして新たに青色発光ダイオードを用いることにより、血液の動きを高感度で計測することができるようになりました。また、体動センサと体動検出回路を開発することによって、検出した脈波の信号に重畳する体動成分(ノイズ成分)を除去することが可能となりました。このように運動時の脈拍が計測できるウォッチは、脈拍を指標にして高い運動能力を効果的に引き出す脈拍トレーニングに活用されました。

6. 温度センサ(thermo sensor)

気温や温度を測定するには、従来は純水銀や灯油などを用いたガラス製温度計や感部にバイメタルを用いた金属製温度計や白金を用いた電気式温度計などがありました。しかし、いずれも大きくウォッチの形状に納まるものではありませんでした。

1982年8月、温度計測機能を搭載した初のデジタルウォッチ「TS-1000」(価格9千800円)が、カシオから発売されました。温度を計測する機能のほかに、測定した温度が設定した温度範囲を超えるとブザーで知らせる温度アラーム機能が搭載されていました。これらの機能を実現するためにA/Dコンバータ付き1チップCMOSマイコンを開発。温度計測機能を有しながら、電池寿命3年を実現しました。

また、シチズンは、1982年11月に温度センサ搭載のコンビネーション(複合)ウォッチ「サーモセンサ」(価格2万6~8千円)発売しました。針と液晶表示が一体化したアナデジ表示は、近未来をイメージさせる個性的なデザインでした。また、温度変化が即座にわかる温度計測機能や、毎日決まった時刻の温度を記憶する温度メモ機能など多彩な機能を搭載していました。

温度計測用のセンサとして使用されるサーミスタ(Thermistor)は、温度を感知すると電気抵抗が変化するセラミック半導体です。NTC(Negative Temperature Coefficient)サーミスタは、温度上昇と共に抵抗値が減少するサーミスタで、温度と抵抗値の変化が比例的なため最も多く使われています。逆に抵抗値が増大するサーミスタをPTC(Positive Temperature Coefficient)といいます。NTCサーミスタの材料は、マンガン(Mn)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、銅(Cu)のうち2~4成分の酸化物を焼成し熱処理を加えて製造します。小型で熱応答性に優れ、検知精度に優れ、高信頼性かつ安価なメリットがあります。

Fig.5はサーミスタの構造の一例です。サーミスタ素体をガラスでコーティングし、端面に電極を形成します。Fig.6は、特性の一例です。抵抗値は温度によって大きく変化しますが、バラツキが小さいため温度計を容易に構成できます。サーミスタの温度特性による抵抗値の変化をCR発振回路で周波数に変換し、それを

時計のクロックで計測し温度に換算します。ただし、CR 発振回路を構成するデジタル素子の ON 抵抗のパラツキや温度特性、CR の C のパラツキなどを補正する必要がありました。そのため、基準となる抵抗で発振させたときの周波数を測り、サーミスタを発振させたときの周波数との比を計算し、サーミスタの抵抗値が基準となる抵抗の何倍であるかでサーミスタの抵抗値を割り出しました。このようにして抵抗値が決まれば、Fig.6 のように温度が求められます。

また、IC 温度センサというセンサもあります。これは、温度に対してリニア(線形)な出力電圧となるため、サーミスタの非線形と異なりリアライズ計算や調整が不要で、回路設計が容易となる利点があります。

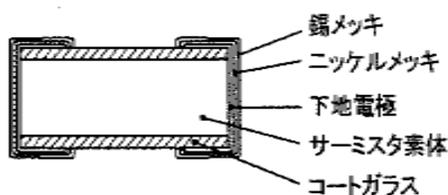


Fig.5 チップサーミスタの構造

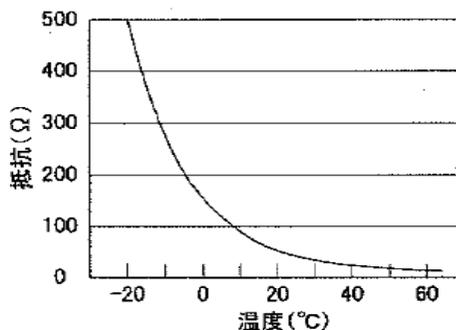


Fig.6 サーミスタの特性

7. 圧力センサ (pressure sensor)

1985年12月にシチズンは、世界初の半導体圧力センサを搭載した水深計測機能付きコンビネーションウォッチ「デプスマーター」(価格4万5千円~4万8千円)を発売しました。小型高性能の圧力センサを開発、水中では水深が深くなるほど水圧が高くなることを利用し、測定した圧力を水深に換算する画期的な製品でした。水深計測以外にも最大深度メモ、潜水時間計測メモ、深度アラーム、潜水時間アラーム、電池寿命切れ予告機能など、ダイビングをサポートする多くの便利な機能が搭載されていました。

またシチズンは、1989年5月に世界初の高度・気圧計測機能付きコンビネーションウォッチ「スポルテ アルティメーター」(価格5万8千円)を発売しました。海面よりも高度が高くなるほど気圧が低くなることを応用し、測定した圧力を高度に換算する製品でした。海拔-300m~5000mまでの高度を10m単位で5分間連続表示(任意計測も可能)、任意の7ヶ所高度と到達時刻を記録できました。その他にも、高度メモ、気圧計測、気圧変動表示、登山時間メモ、登山時間計測、高度計測、高度補正機能、耐低温(-20°C)といった多くの機能を搭載し、登山に新たな楽しさを提供しました。

そして、シチズンは世界初の水深計搭載のアナログウォッチ「スポルテ アナログ デプスマーター」(価格6万円~6万5千円)を1991年8月に海外で、1992年2月には国内で発売しました。従来のコンビネーションウォッチとは異なり液晶表示はなく、中心部に配置した5本の針で、最大深度と現在深度を表示することができました。現在深度、最大深度、最大深度メモ、最大深度メモ呼び出し以外にも、深度アラーム、浮上速度

警告、深度表示オーバー警告/エラー警告、異常時動作防止機能などダイバーの安全に十分配慮した設計となっていました。

その後もシチズンは、1994年6月に世界初のシステムダイバーズウォッチ「プロマスター ハイパーアクアランド」(価格ユニット付き6万3千円、ユニット無し5万8千円)を発売。コミュニケーションユニットを介してパソコンに各種潜水データを転送、データ処理を可能としたデジタルウォッチでした。このようにシチズンでは、半導体圧力センサを搭載した数々の製品を開発・発売、市場をリードしていくことになりました。

一方1989年12月にカシオは、半導体圧力センサを搭載したコンビネーションウォッチ ARW-320(価格1万1千円)を発売しました。それから3ヵ月後の1990年2月に、デジタルウォッチの「BM-100WJ」(価格9千800円)を発売しました。

「BM-100WJ」では、一般的に気圧が上昇傾向であれば天気は快方に向かい、下降傾向であれば悪天候に向かうという傾向を利用し、天気を予測する機能を搭載しました。内蔵の半導体圧力センサで3時間おきに気圧データを計測し、そのデータをバーグラフで表示。グラフが右肩上がりなら天気は良くなり、右肩下がりならその逆というわけです。「BM-100WJ」は大ヒット商品となりました。これ以降、カシオではセンサを利用したさまざまな機能を搭載したセンサウォッチを開発し、現在に至っています。

一方セイコーは、1990年に半導体圧力センサを搭載した世界初のダイブテーブル機能/水深計付きデジタルウォッチ「スキューバマスター」を発売しました。水深センサと水分感知センサを搭載することによって、安全なダイビングのために最も重要な「潜水時間と水深」に関するデータを自動的に計測、表示、記録することができました。そして、潜水中の危険防止指示を行なうことができるダイバーズウォッチとして話題を呼びました。

このように半導体圧力センサは、気圧、高度、水深計測機能に応用することにより、クォーツウォッチの使用シーンをアウトドア用、ダイビング用に展開することに成功しました。

次に、半導体圧力センサの原理に関して説明します。Fig.7とFig.8は半導体ピエゾ抵抗圧力センサの模式図です。シリコン基板をエッチングしてダイアフラムを形成し、そのダイアフラム面にピエゾ素子をFig.7のように形成します。Fig.8は圧力によってダイアフラムが凹んでいる様子を示す断面図で、ダイアフラム上のピエゾ素子も変形します。

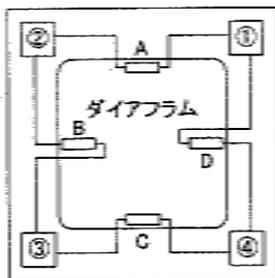


Fig.7 半導体ピエゾ抵抗型圧力センサ

A,B,C,Dはピエゾ素子

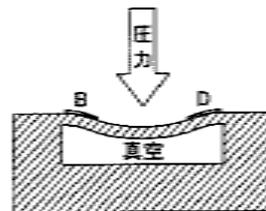


Fig.8 ダイアフラムの変形の様子

ピエゾ素子は、その変形方向と抵抗変化の方向に Fig.9 の関係があります。このため Fig.8 の変形により、Fig.10 のようにピエゾ A と C は抵抗が小さくなり、B と D は抵抗が大きくなります。各ピエゾ素子はブリッジ回路で構成されているため、Fig.10 のように電源を接続することによって、ダイアフラムが大きく凹むほど、端子①は電圧が上昇し、端子③の電圧は降下します。この①、③の差動出力がこのセンサの出力となります。そして、この出力電圧を増幅→A/D 変換→演算して気圧や高度、水深に変換します。

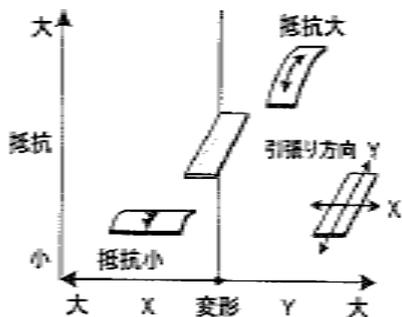


Fig.9 ピエゾ素子の変形方向と抵抗変化の関係

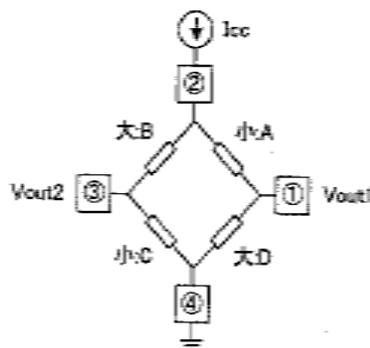


Fig.10 圧力センサの出力

8. その他の機能性センサ

ここからは、過去に開発・発売されたその他機能系センサ搭載のクォーツウォッチに関して説明します。

① 血圧センサ (blood pressure sensor)

カシオは、1992年2月に「血圧ウォッチャー BP-100」(価格1万9千円)を発売しました。腕帯を必要とせず、時計本体に指を乗せるだけで、いつでもどこでも、最高血圧・最低血圧・脈拍数を測定し表示しました。また、測定値を最大30組まで日付・時刻とともにメモリし、最高血圧・最低血圧ごとにグラフで表示することができました。

「脈波伝播速度は血圧に比例する」との医学的見解に基づき、「脈波伝播時間」をセンサで捉え血圧を算出する方式でした。このため、2種類のセンサが搭載されていました。1つは、心臓の拍動時に起こる電位変化を検知し、心臓の収縮時点をとらえる電極センサです。もう1つが、心臓の収縮によって起こる脈波が指先に到達する時点をとらえるフォトセンサです。この2種類のセンサが、脈波のスタート時点と到達時点を検知し、その時間差を測定します。そして、これら2種類のセンサをウォッチという限られたスペースに収めるために、センサ用の回路とCPUとを一体化しLSIをワンチップ化しました。「BP-100」は、50～60歳代の男性を中心に好評を博し、発売後1年間で出荷総数が50万台を超えるヒット商品になりました。

1993年4月には、メタルケースを採用した「BP-300」(価格2万4千円(シルバー)/2万8千円(ゴールドとシルバー))を発売しました。またこの年の3月には、非腕時計タイプで手のひらに収まる「ハンディ血圧計

HBP-500」(価格 1 万 7 千 5 百円)も発売しました。

また、同年 11 月には、コンビネーションタイプの「BP-400SG」(価格 3 万 4 千円)を発売し、アナログ志向のユーザーへの拡大をはかりました。しかし、これらの先進的なウオッチ型の血圧計は、一時的なブームを生むことはできましたが、その後急激に販売数が減少し、カシオでは後継となる機種を開発することはありませんでした。

②方位センサ(direction sensor)

カシオは、1993 年 4 月に方位センサを搭載したデジタルウオッチ「CPW-100/200」(価格 1 万 4 千円/1 万 6 千円)を発売しました。方位センサには、MR(Magneto-Resistance)素子、MI(Magnet-Impedance)素子、ホール素子などがありますが、「CPW-100/200」ではMR素子を採用しました。MR素子は、固体の電気抵抗は磁界によって変化するという磁気抵抗効果を応用したセンサです。センサ内部の直行する 2 組のコイルにより磁力線を 2 方向に分けて、MR(磁気抵抗)素子でその強さを検出し、電気信号に変換し方位を割り出しました。

この後、既に開発されていた気圧センサ(気圧・高度・水深)と温度センサとこの方位センサを複数搭載することによりアウトドアウオッチとしての利便性を向上させました。それが、1994 年 2 月に発売された「トリプルセンサ ACT-1100J」(価格 2 万 4 千円)でした。そしてカシオでは、1995 年 1 月にアウトドアウオッチ専用ブランド「PRO TREK(プロトレック)」を立上げ、センサ付きアウトドアウオッチの強化を図っていきました。

③紫外線センサ(ultraviolet sensor)

カシオは、1994 年 4 月に紫外線センサを搭載したコンビネーションタイプの「UV-700」(価格 1 万 1 千円)を発売しました。紫外線領域に感度のあるフォトダイオードと、可視光以上の波長の光をカットするフィルタを組み合わせて、紫外線量を電圧に変換します。紫外線の積算量(その日に浴びた紫外線の総量)を数字と針で、「日焼けしやすい」から「日焼けしにくい」の 6 段階で表示することができました。これにより、マリンスポーツや海水浴などでの UV ケアに役立つはずでしたが、セールスは期待には届きませんでした。

④サーモパイル(thermopile) 放射温度計

カシオは 1994 年 8 月に、サーモパイルを搭載した非接触温度計付きデジタルウオッチ「TSR-100J」(価格 1 万 4 千円)を発売しました。すべての物は、材料に応じて一定の割合(放射率)で赤外線を放射しています。同じ材料であれば、温度が高いほど放射する赤外線の量は多くなります。この性質を応用して、赤外線の放射量から、物の表面温度を測定する温度計を放射温度計といいます。

「TSR-100J」では、使用者がボタン操作で、3 種類の放射率(一般測定、皮膚温度測定、雪温測定)の中から選択することができました。また、具体的な放射率の数値を入力することもできました。そして、赤外線センサの受光部を測定したい対象に向けてボタンを押すだけで、瞬時に表面温度を計測・表示。物の表面温度が簡単に測れました。このため、つりでの水面温度やカーレスでの路面温度、スキー板のワックス塗りに重要な雪面温度などの用途に活用できました。

サーモパイルは、その後ハンディタイプの放射温度計や体温計などが他社から製品化されました。非接触

で物の表面温度が測れる「TSR-100J」は画期的な製品と思われましたが、セールスは期待に届かず、その後継機種をカシオが開発することはありませんでした。

⑤GPS センサ(Global Positioning System sensor)

カシオは、1999年に、世界初のGPS機能を内蔵したデジタルウォッチ「サテライトナビ PRT-1GPJ」(価格5万9千円)を発売しました。米国が運用するGPS(Global Positioning System 全地球測位システム)を利用したこの時計は、現在位置の計測機能(緯度、経度)やあらかじめ設定した目的地(緯度、経度)までの方向と距離を表示するグラフィカルナビ機能等を搭載していました。専用LSIの開発によりリチウム電池(CR2)1個3Vのローパワー駆動を実現しました。また、回路基板を積層化し実装することで、当時発売されていたハンディタイプGPSに対して重量、体積ともに約4割(65×66×29mm, 138g)と大幅な小型・軽量化を達成。ウォッチならではの携帯性の良さをアピールし、登山やトレッキング、釣りなどのアウトドアやツーリングなどのシーンにおいて、新たな需要を喚起することが期待されました。

カシオはその後、2000年10月にパソコンとのリンク機能を備えた第二弾の「サテライトナビ PRT-1GPJJ」(価格5万9千円)を発売しました。この時計は、新開発の充電式リチウムイオン電池を採用することで、更なる小型・軽量化(58.5×51.5×21mm, 84g)を実現しました。また、パソコンとケーブルで接続した通信用アタッチメントに、本体を装着するだけでデータの交換ができました。山岳詳細地図を収録した日本地図ソフトが付属しており、パソコンの地図上で予め出発地から経由地、目的地にいたる行程を作成し、時計本体に転送できました。そして登山中は、設定した目的地や経由地までの距離や方角がデジタルウォッチにグラフィックで表示され、移動行程が自動的に記録されました。登山が終了すると、パソコンにデータ転送し、地図上で実際の行程を確認・管理することができました。このように、新たな登山やアウトドアの楽しみ方を提案するツールとして注目を浴びました。

さらにカシオは、2006年9月にランニング用GPSデジタルウォッチ「PHYS GPR-100」(価格5万4千円)を発売しました。走行距離、速度、ペースを表示するこの時計は、当時最小・最軽量のGPS機能搭載機器(63.1×49.5×17.1mm, 64.9g)でした。このようにGPS機能付デジタルウォッチは、登山などのアウトドアからランニング用にシーンを拡大させていきました。しかし、カシオが開発されたこれらのGPSデジタルウォッチは、サイズが大きい、連続測定時間が短いなど使用上のデメリットがあり、大きく普及することはありませんでした。その後、カシオから後継となる機種が開発・発売されることはありませんでした。

一方、ハンディGPS機器世界シェアナンバー1のガーミン(Garmin)は、2004年9月に日本初のGPSランニングウォッチ「ForeAthlete201」(充電式)を発売しました。ストップウォッチなどのタイム計測機能に加えて、GPSによる距離測定、速度、進行方向、目的地までの到着予測時刻など、29種類の計測機能を備えていました。ウォッチとはお世辞にも言えない大型の製品でしたが、Garminはその後GPSウォッチの開発を粘り強く続けていきました。

そして、現在では、GPSモジュールやマイコンの小型化、低電力化、性能向上、高密度実装技術の進化等に伴い、GPS内蔵のデジタルウォッチが、Garminに限らず各社から発売されています。主な参入企業です。GPS専門メーカーのガーミン(Garmin)、トムトム(TomTom)、マゼラン(Magellan)、時計メーカーのセイコーエ

ブゾン(Seiko Epson), タイメックス(Timex), アウトドアセンサウオッチで高いシェア持つスント(Suunto), 心拍計ウオッチで高いシェアを持つポラール(Polar), スポーツ用品メーカーの ナイキ(Nike), ニューバランス(New Balance), アディダス(Adidas), ゴルフ用 GPS トップシェアの ゴルフバディ(GolfBuddy), サーフィン用品メーカーのリップカール(Rip curl)などです。これらの企業が、登山・トレッキングなどのアウトドア用やランニング用, ゴルフ用, サーフィン用などそれぞれの使用シーンに合致した機能・性能を有した GPS デジタルウオッチを発売しています。

またこれらの企業以外にも, ソニーモバイルコミュニケーション(Sony Mobile Corporation)やサムスン(Samsung)といったスマートフォンメーカーも, Smart Watch(スマートウオッチ)というカテゴリの中で GPS モジュールを内蔵した製品を発売しています。

国内メーカーとしてはセイコーエプソンが, GPS Sports Monitor「WristableGPS」の新商品「SF-810B」, 「SF-810V」を2014年10月に発売しました。この「WristableGPS」は, ランニング時の走行距離やペース, 脈拍などを正確に計測し, 記録, 保存, 検証することが可能な充電式の GPS+脈拍計測機能付きランニングウオッチです。またスマートフォンやパソコンにデータを転送することができ, 専用アプリ「NeoRun」を利用することで, ランニングの軌跡, 距離, ペース, 消費カロリーなどを管理・データ分析できます。時計本体に高精度脈拍センサを搭載することにより, 胸ベルト不要, 手首で脈拍の計測が手軽にできます。

そのしくみは, 時計本体の裏面から LED 光を手首の皮膚内の血管に照射し, ヘモグロビンが吸収せずに戻ってきた光を受光素子で測定し, 脈拍に換算する方式のものです。原理的には, 1981年にセイコーが発売した「パルスメーター」と同様です。しかし, 技術的には大きく進歩しています。例えば, 脈拍計測用にセンサを2個搭載し, メインセンサとセカンドセンサで異なる信号を検知することにより, 正確にノイズを除去することが可能となりました。また, 脈拍計測に必要な LED 反射光のみを捕らえる「角度制限フィルタ」と太陽光などの外光を除去する「多層薄膜フィルタ」の2つのフィルタを搭載することにより計測精度の向上がはかられています。さらに, 脈拍計測用に必要な3つの IC を1つの専用 IC に統合することにより, IC サイズを従来から50%削減しています。

またセイコーエプソンは, 2000年から GPS モジュールの自社開発に着手し, 本製品にも小型, 高精度かつ低消費電力の自社製 GPS モジュールが搭載されています。そして GPS 信号が届かない場所(トンネルや屋内のスポーツジム)でも, 距離やラップを計測可能なストライドセンサのように使用シーンを想定した開発がなされています。このような高機能でありながら, 「SF-810B」では脈拍連続計測時間20時間(GPS 機能使用時)を実現しています。

そしてセイコーは, 2012年9月に外部充電を必要としない世界初の自己完結型ソーラーGPS アナログウオッチ「アストロン」を発売しました。「世界中どこでも正確な時間を刻む, とまらない時計」を実現した画期的なアナログウオッチでした。汎用に比べ5分の1の低パワーで駆動する GPS モジュール, リング型構造の高感度アンテナ等の主要部品を新規に開発すると同時に, 文字盤や GPS 補正時の針の動きなどの感性的(情緒的)なデザイン価値も合わせて提供した商品でした。GPS モジュールを搭載した従来製品が, アウトドア, ランニング等のスポーツ用途の充電式デジタルウオッチが主流だったこと。また国内市場において既にソーラー電波ウオッチが定着していた等の中でのセイコーの新たな挑戦でした。この挑戦は見事に成功し, その後, シチズン, カ

シオからも同様のソーラーGPS ウォッチが発売され、国内市場でソーラーGPS ウォッチの人気が高まっていくことになりました。

⑥加速度センサ (acceleration sensor)

加速度センサは、センサ自体の加速度、つまり 1s(秒)当たりの速度変化を検出するセンサで、物体の傾き、振動、動き、衝撃、落下などの検出に利用されています。MEMS(Microelectromechanical Systems) 技術を用いた3軸検出可能なタイプ(XYZ の 3 方向を 1 つのデバイスで測定)が開発され、その利用用途も多岐に渡っています。

特に加速度センサを搭載したリストバンドタイプの活動量計(Activity Tracker)が、2012 年頃から米国で注目され始めました。従来の歩数計が、歩行活動を測定して歩数や歩行時の消費カロリーを表示するのに対し、活動量計では、歩行だけではなくデスクワークや家事、自転車での移動などさまざまな活動を測定し、1 日の総消費カロリーを測定するものです。

また、最近では睡眠時間や眠りの深さを測定できる製品もあり、健康管理に有益な製品としてブームになっています。これらの活動量計の中には、ブルートゥース(Bluetooth)などの無線通信手段によってスマートフォンやパソコンとリンクでき、計測したデータをスマートフォン上で保存、表示(グラフなどわかり易くビジュアル化)、または友達とデータを共有し(クラウドサービス)互いに競い合うことによって楽しみながら運動の継続をはかることができる製品もあります。

このような生体情報をモニタリング、ライフログをとり科学的に健康増進や体力向上、スポーツの能力の向上をはかる製品は、今後も市場の拡大が有望視されています。

最近その言葉を耳にする日がないほどに、ウェアラブル端末(Wearable Device)が身近な存在になっています。ウェアラブル端末とは、身に装着して持ち運びの出来る情報端末の総称です。ウォッチ型、メガネ型など既に道具として一定の市民権を得た製品をハイテク化することが多いように思えます。活動量計(Activity Tracker)は、スマートウォッチ(Smart Watch)に先駆けて成功した手首に装着するウェアラブル端末です。なお Smart Watch とは、ウェアラブル端末の一種で、手首に装着できる情報端末のことをいいます。

ウォッチ型の活動量計に関しては、既に多くの企業が参入しています。主要メーカーは、活動量計専門企業のフィットビット(Fitbit)、Garmin、Polar 等の GPS、ハートレートモニター等のウォッチで高いシェアを持つ企業。また、ファーウェイ(Huawei)、アップル(Apple)、ソニーモバイルコミュニケーションといったスマートフォンメーカー、時計メーカーとしては、セイコーエプソン(Seiko Epson) またマイクロソフト(Microsoft)やドコモ(NTT docomo)、エーユー(au)などの非メーカーからの参入も盛んです。

国内メーカーとしてはセイコーエプソンが、腕に装着するだけで脈拍を計測し、運動強度やカロリーの収支、睡眠やこころの状態を知ることができる活動量計 PULSENSE「PS-500B」、 「PS-100 シリーズ」を 2014 年 11 月に発売しました。スマートフォンやパソコンにデータを転送することができ、専用アプリ「PULSENSE View」を利用することで、心拍ゾーンごとの活動時間やその日の歩数、移動距離、カロリー収支や睡眠、こころバランスなどを表示することができます。

なおセイコーエプソンは、これらのウォッチ型のウェアラブル機器以外にもメガネ型のシースルーモバイルビ

ユーアー「MOVERIO BT-200AV」やゴルフクラブに装着しスイングを解析する「MT500G II」といったウェアラブル機器を開発・販売しています。同社はウオッチ製造技術で培ってきた精密加工技術をベースにし、「省・小・精」の技術を追求することにより、新たな市場開拓に力を入れています。その一つが、健康・スポーツにおけるウェアラブル機器とサービスの開発・販売です。

⑦角速度センサ(angular rate sensor) <ジャイロセンサ(gyro sensor)>

角速度センサ(ジャイロセンサ)は、物体の傾きや角度やその傾きの速度(角速度)を検出する慣性センサの一種です。角速度とは、物体の角度が単位時間当たりどれだけ変化しているか、つまり物体が回転している速度を表す物理量です。

動きを検知する慣性センサとしては、加速度センサが有名ですが、加速度センサは動きの速度の変化を検出するものです。一方角速度センサは、加速度センサでは反応しない回転の動きを測定します。もともとは、船や飛行機、ロケットなどの姿勢制御用として利用されていましたが、近年、利用用途が大きく拡大しています。例えば、ゴルフやテニスのスイング時の角速度を検出し、フォームの確認が可能な製品をセイコーエプソンが発売しています。また、カーナビゲーションの走行状態の検出や、傾けることによって操作できるゲームのコントローラー、デジタルカメラの手ぶれ補正やロボットの姿勢制御などにも応用されています。

そして、従来の単体でのセンサから、センサを複合化する技術開発が進んでいます。例えば、3軸加速度センサと3軸角速度センサを1パッケージに収めた6軸センサが開発されています。一方で、3軸加速度センサと3軸地磁気センサを1つにした6軸センサも開発されています。また最近では、3軸加速度センサと3軸角速度センサ、3軸地磁気センサを1つにした9軸センサも開発されています。この9軸センサは、サムスン(Samsung)、エルジー(LG)、モトローラ(Motorola)、エーサス(Asus)、ソニーモバイルコミュニケーションズなどから発売されている Smart Watch に搭載されています。

9. センサ技術およびデジタルウオッチの展望と課題

これまで説明してきたように、機能的センサ技術の開発は、アウトドア用(環境モニタリング)と健康・スポーツ用(生体情報モニタリング)のデジタルウオッチの発展に大きく寄与してきました。ここでは、これまで紹介してきたセンサ技術とそれを搭載したウオッチの将来展望と課題を以下の8つのテーマで説明したいと思います。

- ① 技術は進化する
- ② スマートセンサ、センサの複合化
- ③ プロダクトからサービスへ
- ④ 異業種からの参入が容易
- ⑤ スイス時計メーカーのウェアラブル端末(Smart Watch)参入
- ⑥ 国内時計メーカーのウェアラブル端末(Smart Watch)へのアプローチ
- ⑦ 商品の垣根がなくなる
- ⑧ デジタル時計は低価格イメージをいかに払拭するか

①技術は進化する

センサ技術に限らず全ての技術は進化します。センサ技術の場合は、半導体や有機・無機・微生物などの新素材の発見、そしてMEMS等の微細加工技術の進化及び新しい計測技術の開発等により、今後も大きく進化することが期待されます。そしてその技術進化の過程で、センサ素子またはセンサモジュールは、より高性能で高信頼性を持ち、かつ小型で低電圧、低電力が進み、また大量生産によるローコストを実現していくことと思います。

現在センサの大口の顧客はスマートフォンメーカーです。今後は各種ウェアラブル製品の拡大とともに、センサに要求される事項は、よりウオッチが必要とする内容に近くなっていくと思われます。小型・薄型化を追求するウオッチとしては追い風です。また、今後 Smart Watch 等のウェアラブル機器に最適化された省電力 CPU の開発により電池寿命の伸びが期待されます。このように技術が進化することを前提とした技術開発や製品開発のロードマップの作成が重要となります。

②スマートセンサ、センサの複合化

マイクロプロセッサとメモリ、センサを1チップに集積化させることにより、自動校正機能や自動補正機能が備わり、時計側のシステム回路の構成や処理の簡略化が可能となります。スマートセンサ (smart sensor)、インテリジェントセンサ (intelligent sensor) と呼ばれるものです。

そして前述したように、センサの複合化 (例えば 9 軸センサ等) による1チップ化も起こっています。これは、単一のセンサでは成しえない高度な計測が可能で、センサフュージョン (sensor fusion) と呼ばれています。今後は、前述したセイコーエプソンの製品のように、GPS+脈拍、GPS+活動量計のような複数のセンサ技術を複合した製品が開発・発売されていくと思われます。

一方で、センシングしたデータを解析し、有効的に活用するためのアルゴリズム開発がますます重要になってきます。同じセンサやシステムを使ってもアルゴリズムによって精度が大きく変わります。例えば生体情報のセンシングをもとにスポーツ用アルゴリズムを開発するためには、スポーツサイエンスや生体情報工学等の専門の知識やノウハウが必要になります。これらを自社内で独自に開発する場合がありますが、今後は専門の研究機関やスポーツ用品等の開発企業などとの共同開発が今以上に増えてくることと思われます。

③プロダクトからサービスへ

ウオッチで計測したセンサデータを表示するというスタンドアローン型のプロダクトから、ネットワークと繋げて各種サービスを提供するネットワークサービス(クラウドサービス)型の製品が今後も増えていくと思われます。そして、ウオッチ側には、ネットワークと繋げるために、Bluetooth Smart や NFC, WiFi 等の無線通信手段を実装した商品が増えてくると思われます。

顧客が製品を選択する際の条件として、製品の性能、機能、デザイン、価格などの要素以外に受けられるサービスが重要になります。単にセンシングしたデータをウオッチで確認するだけでなく、スマホやパソコンでネットワークやクラウドと繋がることにより、蓄積されたデータを分析、わかりやすく可視化して、今後の運動の

アドバイスや励ましを送ってくれるサービスがこれからも増えると思います。また動機付けやコミュニケーションのための仲間との情報共有のサービスもさらに進化していくことでしょう。そしてこれらのネットワーク(クラウド)サービスを自社開発するか関連企業とのアライアンスで進めるのかの見極めも重要になってきます。

④異業種からの参入が容易

Smart Watch や活動量計のようなウェアラブル端末は、比較的参入障壁の低いプロダクトになっています。これらは、機能ごとに完結したモジュール(要素)を規格化・標準化された繋ぎ方で接合することによって製品化が可能なモジュラー型(modular architecture)＝組み合わせ型の製品です。既にパソコンや携帯電話、スマートフォンがモジュラー型により誰もが開発できる製品になったように、ウォッチ型のウェアラブル端末も同様になっています。また、オープン化による分業体制が進むことにより、企画だけして後は、中国のメーカーに開発以降はおまかせというパターンや企画・開発・設計は自社でやるが製造だけ委託するというパターンまで、開発・製造方法の自由度も高く、今後も異業種からの参入が考えられます。

特に最近では、クラウドファンディング(CrowdFunding)といった資金調達の手法があります。これは、起業しようとする人が、製品・サービスの開発やアイデアを実現したい時に、インターネットを通じて不特定多数の人から資金の出資や協力を募ることをいいます。ウェアラブル端末でもこのクラウドファンディングを行って起業した企業が実際にあります。もちろん起業家への投資を専門とする会社や個人もいます。このように昔に比べると今は、アイデアと技術があれば起業しやすい時代と言えます。

一方で日本の時計メーカーは大企業が中心のため、当初は市場がないまたは市場規模が極めて小さい新規事業に参入することに躊躇したり、参入後の販売実績によっては、早期に撤退あるいは新製品の開発を中止せざるを得ない空気が社内には存在しています。例えばベンチャー企業では、年売上げ5億円は大きな金額ですが、日本の時計メーカーにおいては大した金額ではありません。

またベンチャー企業は、ニッチな市場を専門性の高い革新的なアイデアで解決することを目指します。このためベンチャー企業から、画期的な製品やサービスが開発されることが少なくありません。米国などの大手の企業では、早期のうちに可能性のあるベンチャー企業を買収することがあります。また、米国では水平分業型の企業が多く、中核となる業務以外はアウトソースする一方で、自社が保有しない技術等はアライアンスやM&Aを行うケースが多いです。一方国内では、自社独自開発に拘る場合があります。今後企業間競争が激しくなり、ますます開発スピードが要求される中で、自社開発、アライアンス、M&A など最適な開発手法の選択が必要になります。

新規参入したカテゴリーの製品の販売実績が芳しくない場合、その製品のコンセプトの問題なのかそれともパフォーマンスの問題なのかをしっかりと見極める必要があります。コンセプトに問題がある場合(例えば前述したカシオの日焼け用の紫外線ウォッチ)、その見直しが必要です。一方パフォーマンスの場合であれば、パフォーマンスの低下の原因が発展途上の技術にある場合には、ある程度の我慢と粘りが必要になります。技術ロードマップを描き、将来実現可能な技術レベルを想定し、製品の将来像を予測することでパフォーマンスの改善が可能かどうかの見極めが必要です。もし可能であれば、その実現に向けて果敢に攻めていくべきです。そうしなければ折角参入した新規市場を失う可能性があるからです。

前述した GPS ウォッチに関して言えば、お世辞にもウォッチとは言えない大型の製品を Garmin は粘り強く継続し、技術の進化とともに製品性能・サイズは大幅に改善、この結果現在 GPS ウォッチで高いシェアを獲得しています。Garmin が GPS ウォッチの開発を継続できたのは、彼らが GPS 機器専門メーカーであったことも起因しています。

一方カシオの場合、1999 年に世界初の GPS ウォッチを開発発売し、第三弾まで製品化しましたが、製品のサイズや電池寿命、性能がまだまだ発展途上で、販売量は期待値に届きませんでした。その後社内で事業戦略の見直しがあり、カシオから GPS デジタルウォッチが新に開発されることはありませんでした。GPS ウォッチの開発を継続していれば、違った未来を手にすることができたかもしれません。

新規参入に関して、もう一つ面白い傾向があります。新規カテゴリーが創出される場合に、既存の大手の企業ではなくベンチャー企業が成功する場合があります。例えば 2007 年創業のベンチャー企業フィットビット(Fitbit)は、リストバンドタイプの活動量計のトップメーカーです。(スタートアップ企業とも呼べますが、ここではベンチャー企業という名称にしています) 既存のセンサウォッチメーカーが、この市場を開拓したわけではありません。

特に最近の傾向としては、製品をワイヤレスでネットワーク(クラウド)に繋げてサービスを提供するというビジネスモデル開発の発想が必要です。また製品に関しては、ファッション性を有していること、そして製品を使うことが健康になるという機能的なベネフィットだけではなく、装着することがお洒落でポジティブなイメージを訴求することが必要です。そのために、綿密なマーケティング活動とブランディングの取り組みが必要ですが、米国のベンチャー(スタートアップ)企業はその能力に非常に長けているようです。

⑤スイス時計メーカーのウェアラブル端末(Smart Watch)参入

バーゼルワールド 2015 年の開催中とその前後に、スイスの時計メーカーから幾つかの Smart Watch の発表がありました。アルピナ(Alpina)、フレデリック・コンスタント(Frederique Constant)、モンドーイーン(Mondaine)は、美しく伝統的なアナログ文字盤上に活動と睡眠に関する情報を表示するアナログタイプの Smart Watch を発表しました。これらの製品は、iOS または Android OS のスマートフォンとリンクができ、専用アプリケーションを使うことで、日、週、月単位で、活動と睡眠の情報をわかりやすくグラフィックで表示することができます。従来市販されている活動量計(Activity Tracker)はデジタルタイプでした。しかし、これらのウォッチは、アナログウォッチのデザイン性や高級感を残したままで、活動量計を搭載するという独自の製品です。

製品開発に際して、フレデリック・コンスタントのオーナー達はシリコンバレーのフルパワー(Fullpower)社と新に、MMT(Manufacture Modules Technologies Sarl マニユファクチュール・モジュール・テクノロジーズ有限会社の略)という合弁会社を設立しています。フルパワー社は、2003 年に創業した活動量計の技術ライセンス会社で、既にナイキ(Nike)やジョウボーン(Jawbone)にライセンスを提供しています。このようにして、IT を得意とするシリコンバレーとウォッチ開発を得意とするスイスが手を組んでアナログタイプの Smart Watch が産まれました。

一方、ブライトリング(Breitling)は、iPhone とリンクし専用アプリケーションを使用することで、アラーム時刻やワールドタイムなどの設定が可能なコンビネーションタイプの「B55 CONNECTED」を発表しました。この製品も

針や文字盤といった高級時計のデザイン性を損なうことなく Smart Watch 化を図るといった新たな潮流の製品です。

このようにスイス時計業界は、活動量計や Smart Watch といった新たなウェアラブル端末のトレンドに対して危機感を抱き、独自の戦略を打ち始めてきました。デジタルタイプで比較的価格が手軽な製品が多い中で、スイス時計業界の放つアナログタイプの高級 Smart Watch は、スイス時計業界が出した1つの回答といえるでしょう。また、グッチ (Gucci)、スウォッチ (Swatch)、タグ・ホイヤー (Tag Heuer) といった企業も Smart Watch を発表しています。

国内で 2000 年代に新たな市場を創造したソーラー電波時計ですが、北米、欧州、中国などの長波標準電波のインフラ(基地局)が存在するエリアでは、国内ほどブームになってはいません。時間精度に対する国民性の違いや受信性能、マーケティング上の問題などが考えられます。一方で見方を変えれば、スイス、米国などの地場の時計メーカーが積極的に電波時計市場に参入しなかったためとも考えられます。

全く新しいカテゴリーの製品の場合、競合企業が多くなればなるほど、顧客へ伝達する情報量も増え、話題性が上がります。このように考えると、活動量計や Smart Watch への参入企業の増加は、市場を活性化し新たな市場を成功に導く可能性が高いと考えられます。また、現時点で発売されているこれらの製品にはまだまだ改良の余地が多いですが、これも見方を変えれば、将来はもっと良い製品・サービスが提供される可能性を残しているともいえます。いずれにしても、日本の時計メーカーとしては、ウェアラブル端末の今後の動向に関して、自社の取るべき戦略を明確にする必要があります。

⑥国内時計メーカーのウェアラブル端末(Smart Watch)へのアプローチ

ここでは、日本の時計メーカーのウェアラブル端末へのアプローチに関して説明します。

シチズンは、2006年7月に携帯電話に搭載された Bluetooth のハンズフリー機能を利用して、携帯電話への通話着信を振動と光で通知する世界初のデジタルウォッチ「アイバート(i:VIRT)」(オープン価格)を発売しました。そして、2007年11月に Bluetooth を搭載した新製品「アイバートM」(オープン価格)を発売しました。この製品は、Bluetooth で携帯電話と接続し、通話着信、メール着信、最新ニュース配信などを振動と表示で通知する世界初のデジタルウォッチでした。

シチズンではその後、2012年に Bluetooth 4.0 を搭載し、iPhone とリンクする世界初のソーラーアナログウォッチ「Eco-Drive Proximity」を米国で発売しました。(日本未発売) 異なる時間帯(タイムゾーン)に移動すると自動で時刻を修正する機能や新着メールを時計に通知する機能などを搭載しています。これまでのデジタル方式の Bluetooth ウォッチが充電電池を使用していたのに対して、本製品は Eco-Drive(ソーラー)でかつ、非常にスタイリッシュなデザインのメタル外装アナログウォッチでした。

一方カシオは、2012年3月にスマートフォンとリンクしメールや電話の通知や時刻修正等が可能な樹脂外装のデジタルスポーツウォッチ「GB-6900」(価格1万8千円)を G-SHOCK ブランドで発売しています。特長としては一次電池(CR-2032)1個で電池寿命2年を実現している点です。この後、カシオからは毎年新製品が発売されていきました。また、2014年9月にはスマートフォンで時刻修正や時計の各種設定が可能なメタル外装のソーラーアナログウォッチ「EDIFICE EQB-500」(価格4万円)が発売されました。カシオではこれらの製

品を Smart Watch ではなくスマートフォンリンクウォッチと呼んでいます。

また、セイコーエプソンがとったウェアラブル端末へのアプローチは前述した GPS Sports Monitor「WristableGPS」と Activity Tracker の「PULSESENSE」です。スポーツ・健康をサポートするデジタルウォッチの製品です。

このように日本の時計メーカーのウェアラブル端末へのアプローチに関しては、現在大きく2つのトレンドがあります。まずアウトドア、スポーツ、健康などの用途に使用する道具(ツール)として進化したデジタルウォッチの流れです。もう一つの流れが、アナログウォッチとしてのデザイン性を維持しながら、従来成しえなかった性能や機能を進化させる方向です。特に後者のアナログウォッチでの応用は、前述したスイス時計業界の取り組みに近く、時計メーカーならではのアプローチ方法だと思います。

⑦商品の垣根がなくなる

現在発売されているウェアラブル端末の Smart Watch を汎用用途と専用用途の2つに区分してみます。

汎用用途は主にスマートフォンの機能を補完する製品で、電話やメール、スケジューラーなどの機能を持った、Apple, Samsung, Sony, LG, Motorola, ペブル(Pebble), クークー(Cookoo)などの会社から発売されているものです。スマートフォンを取り出さなくても手で操作することによって必要な情報を確認できるものです。これらの会社は Pebble, Cookoo を除けば、スマートフォンのメーカーになります。

一方、Garmin, Suunto, Polar, SEIKO EPSON などは、GPS 機能を搭載したアウトドア、ランニングなどのスポーツ専用用途の Smart Watch を開発、これらの製品はスマートフォンやパソコンとリンクできます。

スマートフォンメーカーが開発した Smart Watch の中には、既に GPS や脈拍計測機能を内蔵したものもあります。また、ランミーター(Runmeter)やランタスティック(Runtastic)など、既にスマートフォン用スポーツアプリケーションとして市民権を得たソフトに対応した製品もあります。

また、スポーツ専用用途の Smart Watch にもメール通知などの機能があり、両者の商品の垣根が低くなっています。そして、Apple は、Apple Watch を今後、ヘルスケア用途に拡大する計画があるようです。ヘルスケアも成長が大いに期待できる市場です。

⑧デジタル時計は低価格イメージをいかに払拭するか

デジタルウォッチの歴史を振り返ると、1977年の第一次価格戦争、1979年の第二次価格戦争を経て大幅に単価が下がりました。量産効果によるコストダウンもありましたが、外装素材に従来のメタルから樹脂を採用することで、製造原価を大幅に抑えることができました。価格低下は、これまで時計を持つことができない国々やユーザー層への需要拡大に効果がありました。デジタルウォッチは、1980年代になっても価格低下に歯止めがかかりませんでした。機械式やアナログクォーツ式と比較して、モジュール開発が比較的容易なため、香港、東南アジアなどから超低価格な製品が大量に出荷されました。

低価格化が進む中で、80年代以降、日本メーカーを中心に、デジタルウォッチの更なる可能性を追求した高機能・多機能製品が開発されました。センサを搭載したスポーツ・健康用製品とメモリ技術、通信技術に応用したビジネス用製品です。スポーツ・健康用製品では、デジタル特有の多桁表示の優位性を活かし脈拍、

高度計、気圧計、水深計などのセンシング結果やクロノグラフなどを計測表示する機能がユーザーのニーズをとらえることができました。

一方、ビジネス用では、電話番号を記憶する機能、音声を録音できる機能、ラジオ付き、音声での操作、ウォッチ型のページャー、リストコンピュータやウォッチ型テレビやリストカメラ、MPS プレイヤーなどのエポックメーカー的な商品が続々と市場に投入されました。しかし、セールスとして成功した商品もありましたが、多くは技術的・性能的に発展途上で、デジタルガジェットとして話題性を獲得しただけで終わりました。このようにして、デジタルウォッチはスポーツと低価格(安物)の2つのイメージを持つことになりました。

1970年代の中ごろから後半にかけて、セイコー、シチズンなどの伝統的時計メーカーには悩みがありました。クォーツ化によって起きた低価格化への対応が、精密機械として長年築いてきたブランド価値を下げてしまう懸念があったからです。そこで、1979年セイコーはALBA(アルバ)、シチズンはVEGA(ベガ)という低価格用第二ブランドの開発を発表しました。この時に第二ブランド用に採用された時計がデジタルウォッチでした。

1981年になるとアナログ回帰ブームがおきます。また1983年のスイス製低価格ファッションアナログウォッチSWATCH(スウォッチ)のヒットもあり、1983年頃から日本の時計メーカーのアナログクォーツウォッチ(以下アナログウォッチ)の生産数量が大幅に増加していきました。そして、1982年にシチズンは、アナログクォーツムーブメント「2035」の外販を開始しました。セイコーも外販に追随します。この外販によって完成品を組み立てる新規参入のメーカーが増加、アナログウォッチブームに拍車をかけることになりました。

アナログウォッチは、文字板や針などのデザインで市場のニーズ(ファッション性)に対応することができました。一方で液晶表示を用いたデジタルウォッチは、デザイン上の制約が大きくファッション化に対応することが難しい状況でした。その後もセイコー、シチズンがアナログウォッチ戦略に主軸を移したこともあり、日本の時計メーカーが製造するデジタルウォッチは生産数量が伸びずに低迷していきました。

一方1984年にカシオから発売された耐衝撃時計「G-SHOCK」が、1990年代後半にブームを迎えます。大きくて厚く黒いこのデジタルウォッチは、常識を超えた衝撃性と意外性のあるデザインが当時のアンダーグラウンドなカルチャーと合致することによって新たなムーブメントを起こしました。そしてこのG-SHOCKも大きな枠組みでとらえれば、スポーツウォッチの範疇に入る製品でした。

時計メーカーは、その後もビジネス用デジタルウォッチの復権をはかることはできませんでした。Smart Watch がビジネス用(日常使い用)として、顧客の支持を得られる製品になるか非常に興味深いものです。Smart Watch は、表示デバイスに有機ELやTFT液晶などを採用した充電タイプのデジタル表示です。それでも画面表示をクロノグラフ顔や3針タイプなどのアナログタイプの表示から選択可能としているところが、現在のユーザーのアナログ志向を物語っています。

1970年代に日本の時計メーカーが放ったクォーツウォッチ量産の矢で大きな傷を負ったスイス時計産業は、1980年代以降自社の得意とする機械式ウォッチにおいてその復権をはかります。経営資源を機械式ウォッチの開発、製造に集中。同時にスイス時計産業では、1983年のSMH(のちのSWATCH Group)の設立に代表されるように大規模なグループ再編が実行されました。前述したようにSWATCHという低価格ファッションクォーツウォッチも成功しました。現在スイス製機械式ウォッチは、ブランド戦略と巧みなマーケティング戦略によって高級ウォッチとしての確固たるステータスを確保しており、世界の高級ウォッチ市場を席卷しています。

日本の時計メーカーが起こしたクォーツ革命は、スイス時計産業に大きなダメージを与えましたが、彼らは自分の強みを活かして大きな復活を果たしたわけです。ビジネスでは、闇雲にトレンドに流されることなく、自社の強みを活かし、独自価値を創造し差別化することがいかに重要かということがこの事例でわかります。

10. まとめ

3回に渡ってデジタルウォッチの技術と製品の歴史に関して説明してきました。ここでデジタルウォッチの変遷をもう一度整理してみます。

1972年に世界初のLED式デジタルウォッチが発売されてから約40年。当初「未来と時計」として大きな期待を持って迎えられたデジタルウォッチは、性能・機能を大きく進化させていきました。「クォーツウォッチの全電子化」に伴い、従来の精密機械メーカー以外にも半導体メーカー、電気メーカーなど多くの企業が参入しました。デジタルウォッチの開発には、より小型軽量で高性能LSIや電子部品が必要でした。このためデジタルウォッチは、日本の半導体産業(LSI)や電子部品産業(LCD等)の技術進化に大きく貢献することになりました。

ところが、1977年から猛烈な価格競争に巻き込まれていきます。その後もアナログウォッチには出来ない「腕に付ける情報機器」としての展開にチャレンジしますが、結果的にはPDA(Personal Data Assistance=携帯情報端末)や携帯電話、スマートフォンのような最先端のデバイスとの戦いで勝利を得ることはできませんでした。

その一方で、情報量が多い表示(LCD)の優位性や最新のセンサを搭載したデジタルウォッチが、アウトドア、スポーツ、健康カテゴリーで成功しました。脈拍センサを搭載したランニングウォッチ、圧力センサを搭載した高度・気圧計測可能なアウトドアウォッチや水深計測可能なダイバーズウォッチなどです。

これらのセンサ付きデジタルウォッチでは、時計の老舗メーカー以外にも、海外の非時計メーカーが新規に参入してきました。それらのメーカーは、ウォッチでセンシングしたデータをパソコンやスマートフォンに転送することによって、より利用価値を高めています。このようにして、現在デジタルウォッチ＝スポーツウォッチのイメージが強くなっています。

またここ数年のスマートフォンとリンクできる活動量計やSmart Watchといったウェアラブル端末が多数開発・発売されています。スマートフォンメーカー、ベンチャー企業、時計メーカーなど様々な企業がビジネスチャンスを狙って参入してきています。これらの製品の多くは、TFT LCDや有機ELなどの表示デバイスを搭載した充電タイプのデジタルウォッチで、電池寿命が数日から数週間レベルです。

一方、一部のスイスの時計メーカーや日本の時計メーカーは、スマートフォンとリンクするアナログウォッチやコンビネーションウォッチを開発、発売しています。これらの中には、充電不要な一次電池タイプやソーラー駆動タイプのものがあります。そしてウェアラブル端末は、スマートフォンを通じてネットワーク(クラウド)と繋がるという利便性を活かし、収集したデータをスマートフォンやクラウドで解析、結果を表示したりアドバイスを行うなど新たなサービスが提供されています。そして、これらのウェアラブル端末の今後の成長と発展が、大きく期待されています。

11. おわりに

最後に日本の時計メーカーが、センサウオッチ、ウェアラブル端末においてこれから取りうる策に関して書いてみたいと思います。あくまで私見ですので、参考程度にとらえてください。

Fig.11 にバリュープロポジション(Value Proposition)の模式図を示します。バリュープロポジションとは、マーケティング用語で、顧客に提供する価値、製品やサービスのメリット、自社の存在価値や独自性の3つの側面から見て顧客に提供する価値を高めていくことです。

A)顧客が望んでいて、B)自社が提供できかつ C)競合他社が提供できない価値を開発することが、バリュープロポジションになります。 Fig.11の網掛け部分に相当します。単に差別化するだけではなく、顧客の意向をくんだ差別化です。また、自社のみが提供できる価値を開発するために、他社よりも優れた技術が必要となります。

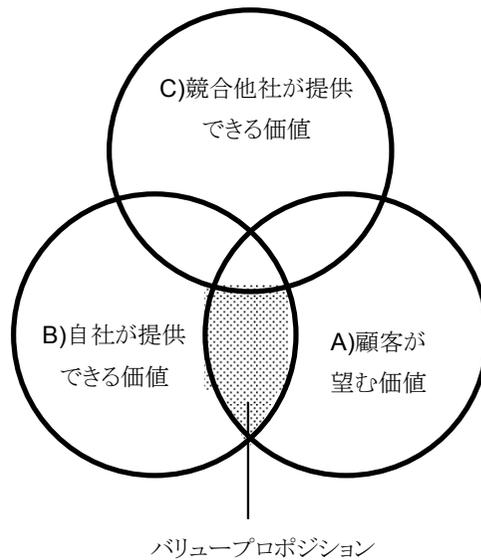


Fig.11顧客が購入する理由

セイコーが自己完結型ソーラーナログ GPS ウオッチ「アストロン」でとった戦略を参考にすると、

- A)顧客が望む価値(世界中どこでも正しい時刻を知ることができるアナログウオッチ)
- B)自社が提供できる価値(自社開発のローパワー・高性能 GPS モジュール+アンテナ+高密度実装技術等 GPS をアナログウオッチにまとめあげる技術)
- C)競合他社が提供できない価値(競合他社は、長波標準電波のソーラー電波時計が主流であり受信できるエリアが限られる。また GPS はデジタルウオッチが主流であり、アナログウオッチでの開発は技術的なハードルが高い)

というように、見事にバリュープロポジションの模式図に合致します。自社の強みを活かした素晴らしい技術戦略、商品戦略といえます。

一方製品開発のアーキテクチャー（設計思想）の側面から見ると、デジタルウォッチが、モジュラー型（module architecture）の傾向が強い製品であるのに対して、アナログウォッチは、インテグラル型（integral architecture）＝擦り合わせ型の製品で、それぞれの構成要素（部品）が相互に依存しています。そしてその部品を独自に設計し、互いに調整しながら擦り合わせることによって、高性能・高品質な製品が完成します。設計には時間と労力がかかりますが、モジュラー型ではできない小型化・薄型化・省電力化・高性能化が可能となります。

このようにインテグラル型のアナログウォッチの開発は日本の時計メーカーの強みであると同時に参入障壁になります。例えば「アストロン」はスイス、米国の時計メーカーやベンチャー企業が簡単に作れる製品ではありません。

一方、ウォッチという製品に顧客が望む価値は大きく2つに分かれます。まずは、機能的価値です。この価値には、時刻を知るという本質的な価値から、環境や生体の情報をモニタリングする付加機能まで多数あります。そしてもう一つの価値が、情緒的価値です。時計は装身具としての役割を持っています。身に着ける人のステータスやアイデンティティを代弁する機能を持っています。そして顧客は自己のライフスタイルや価値観に合致したデザインやブランドの時計を選択します。特にアナログウォッチに関しては、文字板や針などの表示部分でのデザイン上の工夫が容易で、情緒的な価値を表現するのに相応しい製品です。

また前述したようにデジタルウォッチ＝低価格（安物）のイメージが定着している中で、製品の単価アップには限度があります。一方アナログウォッチのステータス性は維持されています。よって時計メーカーとしては、高単価で利益率の高いアナログウォッチを作ることは、事業としても非常に魅力的です。

以上のことから、日本の時計メーカーが取るべきバリュープロポジションの一つは以下のように考えられます。アナログウォッチは広義な意味でコンビネーションウォッチを含んでいると考えてください。

- A) 顧客が望む価値:ライフスタイルに合致したセンサ機能や Smart Watch 機能
- B) 自社が提供できる価値:アナログウォッチでの提供（デザイン、ブランドなどの情緒的な価値も含める）
- C) 他社が提供できない価値:アナログウォッチでの製品化（他社はデジタルウォッチ中心）

既に一部の国内時計メーカーでは、センサを搭載した高度・方位が計測可能なアウトドア向けアナログウォッチ、水深計測可能なダイバーズウォッチ、スマートフォンとリンクして時刻を自動修正したり、時計の各種設定が可能なアナログウォッチなどが開発・発売されています。これらの製品は、ソーラー駆動という利便性も兼ね備えています。日本の時計メーカーだからできる省電力型の製品開発です。

また前述したように一部のスイス時計メーカーが活動量計の機能を内蔵したアナログウォッチを開発するなど、今後もアナログウォッチタイプのウェアラブル端末が増えてくると思います。将来的には各種センサを搭載し、スマートフォンなどを介してネットワーク（クラウド）と繋がることによって、新たな機能的価値と情緒的価値を提

供するアナログウォッチが開発されることと思います。アナログウォッチのセンサウォッチやウェアラブル端末は、日本の時計メーカーが得意とする擦り合わせ型の製品開発の将来像のひとつと言えます。

次にデジタルウォッチです。今後もアウトドア、スポーツ、健康カテゴリーに関しては、デジタルウォッチの特長を活かした製品が開発・発売されていくものと思います。既に各社から手首に装着するタイプのウェアラブル端末(Smart Watch, 活動量計)が開発・発売されています。現在製品化されているウェアラブル端末は、黎明期にあたるため電池寿命が短いとか、ユーザーインターフェースが不十分で使いにくいといった幾つかの欠点があります。しかし、今後はウェアラブル端末を意識した小型・低消費電力型の部品の開発が進むにつれて、より製品としての完成度が上がっていくことは間違いありません。

また Apple などの企業が開発に参入することにより、UX(User Experience=ユーザー体験)の向上が期待できます。UXとは、顧客が製品を使用する際に、目的とした機能を使いやすくするだけではなく、楽しく心地よく体験できることを重視した概念です。

また、今後ウェアラブル端末が成長する背景として2つの技術が後押しします。まずは、「モノのインターネット化」(Internet of Things=IoT)です。IoTは、世の中に存在する様々なモノに通信機能を持たせ、インターネットに接続したり、相互に通信 M2M(Machine to Machine)することにより、遠隔計測や自動認識、自動制御を行うという技術です。

例えば、生体情報をモニタリングする場合、センサを搭載した小型デバイスが身体の各部位に装着されて、Smart Watchに M2M で計測データを集結し、解析結果を表示するというものです。もちろん Smart Watch 内部にもセンサを搭載しても問題ありません。

次に「ビッグデータ」(Big Data)です。これは、従来のデータベース管理システムでは記録、保管、解析が難しい巨大データのことで、それらの大量なデータを用いて、社会や経済の問題解決や業務の付加価値向上をはかるといった概念です。

例えば、腕時計型のウェアラブル端末で顧客の日々の生体情報やライフログを取得し、ネットワークを介してクラウドに集め、大量のデータを解析するサービスが考えられます。これは、健康関連(ヘルスケア)での応用が期待されます。そのほかに位置情報や移動、転倒などの動きや近接検知や通過検知を利用したサービスも考えられます。

また前述したセンサを搭載したアウトドア、ランニングウォッチなどもインターネットと繋がることにより、大量の被験者のデータを解析し、最も理想的な走法やトレーニング方法をアドバイスするサービスなどが想定されます。このようにセンシングしたデータを解析する技術が重要になってきます。

スマートフォンを補完する汎用タイプの Smart Watch に関しては、前述したように資金力が豊富なスマートフォンメーカーが参画しています。Smart Watch において、時計メーカーが強みを発揮できる技術は、低消費電力技術、センサ技術、小型・薄型高密度実装技術と防水設計技術などです。この強みを最大限に発揮できる Smart Watch は、アウトドア、スポーツ、健康などの特定用途向けだと思われます。そして、特定用途のどのセグメントをターゲットにするのか、アウトドアやランニングのような既存のセグメントなのか、それとも Fitbit が活動量計でとったように全く新規のセグメントなのかの模索と選択が必要です。

そして、センシングしたデータをスマートフォンにリンクし解析し、アドバイスするサービス(ビジネスモデル)の

構築が必要です。同時に製品のデザインも含めファッションナブルで、顧客がその体験をすることがお洒落なイメージを訴求するといったブランディング戦略やマーケティング戦略が必要です。時計メーカーが、今後どのようなウェアラブル端末、Smart Watchを開発・販売していくのか興味が尽きないところです。

デジタルウォッチの黎明期から発展期にかけて、弊社でデジタルウォッチの開発にたずさわったエンジニアや企画者、デザイナーは本気で世界を変えてやろうと思っていました。変えられると信じていました。そして、デジタルウォッチで培った技術は、社内の事業の多角化に貢献しました。しかし、40年経ってウォッチ市場ではアナログウォッチが主流になっています。弊社でも、アナログウォッチの開発に力を入れています。一方で、非時計メーカーから、デジタル方式のウェアラブル端末が積極的に開発・発売されています。皮肉な話です。

「手首は一等地」とよくいわれます。時計メーカーがこの一等地を死守できるか、それとも奪われてしまうのか。40年前にデジタルウォッチで世界を変えようと思った、あの時の情熱が今一度必要な「変革の時代」に直面しているのではないのでしょうか。今後の国内時計メーカーの取り組みに大いに期待するところです。

長文をご覧いただきありがとうございました。これで3回に渡った「デジタル技術解説」を終わります。

(注意)

取り上げた企業名に関しては、「株式会社」等の企業形態を表す用語を割愛しています。

また、「服部セイコー」、「セイコーウォッチ」、「諏訪精工舎」、「第二精工舎」、「セイコー電子工業」、「セイコーインスツル」、「セイコーエプソン」等の企業名は、Seiko(セイコー)またはSeiko Epson(セイコーエプソン)と「シチズン時計」は、Citizen(シチズン)、「カシオ計算機」は、Casio(カシオ)と記述しています。

日本メーカーは多角化をはかっていますが、本資料では一律「時計メーカー」と記述しています。

「価格」とは、消費税抜きの価格です。

(参考文献)

松本 光春 しくみ図解シリーズ「センサが一番わかる」発行所:技術評論社(2012年)

清水 修, 日経産業シリーズ「時計」発行所:日本経済新聞社(1991年)

庄司 秀行 ウォッチの現状と展望 日本時計学会誌 No.150(1994年)

小野 治夫 時計用センサ技術の展開 日本時計学会誌 No.200(2009年)

永井 孝尚 「戦略力」が身につく方法 発行所:PHP研究所(2013年)

セイコーウォッチホームページ <https://www.seiko-watch.co.jp/>

セイコーエプソンホームページ <http://www.epson.jp/>

シチズンホームページ <http://citizen.jp/index.html>

カシオホームページ <http://casio.jp/>
ガーミンホームページ <http://www.garmin.co.jp/>
フィットビットホームページ <http://www.ftbit.com/jp>
フレデリック・コンスタントホームページ <http://www.clubfc.jp/>
Cressive ブランド腕時計＋正規店検索サイト 「バンドを支えた秘密兵器 セイコー・デジタル！」
<http://www.gressive.jp/special/premium/201301-03-007watch/02-01.html>
ウィキペディア フリー百科事典ホームページ <http://ja.wikipedia.org/>
公益社団法人 発明協会ホームページ 戦後日本のイノベーション 100 選「クオーツ腕時計」
<http://koueki.jiii.or.jp/innovation100/index.html>

トピックス

BASEL WORLD 2015 リポート

澤田 明宏, 秋山 利一 *

1. 概要

世界最大の時計・宝飾見本市バーゼルワールドが3月19日~3月26日にかけてスイス・バーゼル市で開催された。期間中の来場者数は約150,000人と昨年並みであるが、報道関係者は4,300人以上と昨年より+7.5%増加しており、世界の時計メーカーの最新のコレクションやトレンド・技術、そして時計の奥深い魅力に触れることができる一大イベントとなっている。

2. セイコーの取り組み

セイコーは今年 Hall 1.1 にて「時代とハートを動かす」をコンセプトに、グランドセイコーを中心とした歴史を感じさせるウイングと、アストロン・プロスペックスを中心とした進化を感じさせるウイングの2ブロックで展示していた。(Fig. 1, Fig. 2)



Fig. 1

今年のバーゼルで発表された内容を以下に紹介する。

・<セイコー アストロン>8X シリーズ デュアルタイム

昨年GPSソーラーウォッチの第2世代としてリリースした8X シリーズに、デビュー時のデュアルタイム機能を進化させ、グローバルトラベラーのニーズに応える12時制の小时計や曜日表示を採用したモデルを追加した。新開発ムーブメントにより、6時位置の12時制の小时計には、午前



Fig. 3

* セイコーエプソン株式会社 W 商品開発部

/午後表示を添えることで判読性をより向上させた。

また、限定モデルには、アストロンでは初となるシェルダイヤル（白蝶貝）やセラミックストチタンを組み合わせた新構造をとることで、エレガントな質感を高めている。（Fig. 3）

・〈グランドセイコー〉 ヒストリカルコレクション

昨年、日本製の機械式時計として初めてジュネーブ時計グランプリでハイビート 36000GMT 限定モデルが部門賞を受賞した「グランドセイコー」は、ブランド誕生から 55 周年を迎える。今年は、その歴史と進化の軌跡をたどり、1967 年発表のブランド初の自動巻モデル「62GS」をほぼ忠実に復刻した〈復刻デザイン〉(Fig. 4)と、メカニカルハイビート 36000 キャリバー9S85 とスプリングドライブ キャリバー9R65 を搭載することにより、現代的にアレンジし実用性を進化させた〈現代デザイン〉のモデルをリリースする。



Fig. 4

・〈セイコー プロスペックス〉 マリーンマスタープロフェッショナル

50 年の歴史の集大成として、外胴構造の飽和潜水用防水のダイバーズウォッチシリーズ「マリーンマスタープロフェッショナル」を刷新し、新モデルをリリースする。（Fig. 5）



Fig. 5

3. ウォッチ業界の潮流について

3. 1 スマートウォッチの動向について

今年のバーゼルワールドの特徴として、スマートウォッチ関連の発表が各社からなされた点が挙げられる。バーゼルワールド及びその前後で発表となった主要なスマートウォッチの例を以下に挙げる。

- ・ TAG HEUER : Google,intel と協力体制でのスマートウォッチ開発を発表
- ・ BREITLING : 「B55CONNECTED」…クロノグラフ機能のスマートフォン連携
- ・ BVLGARI : 「ディアゴノ」シリーズ…NFC 搭載で様々な電子認証が可能となるウォッチ
- ・ FREDERIQUE CONSTANT,Alpina : 「HOROLOGICAL SMARTWATCH」

…活動量計・睡眠計のスマートフォン連携

上記以外にも GUCCI からスタンドアロンで音声通話やテキストメッセージ送受信等が可能なるスマートウォッチの発表もあり、また、米アパレルブランド GUESS の「GUESS CONNECT」

など米 MartianWatches 製モジュールなどを搭載した比較的安価なスマートウォッチの展示が何社か散見された。

尚、会場での展示は無かったものの、スウォッチグループもフィットネストラッキングや NFC 搭載などのスマートウォッチをそれぞれ発表している。

上記の内、一例として FREDERIQUE CONSTANT の HOROLOGICAL SMARTWATCH についてバーゼル会場での展示内容を紹介する。(Fig. 6)

HOROLOGICAL SMARTWATCH は発売が間近(2015年6月発売予定)ということもあり、説明員がアクチャルサンプルを用いて商品仕様等について積極的にデモを行っていた。

MMT 社(米フルパワー社との合弁会社)の MotionX を搭載して活動量や睡眠の量・質の計測及びスマートフォンでのグラフ表示等の機能を備えている。

ケース径 42mm, 電池寿命は一次電池で 2 年, 価格は CHF995 ~1295 とのことで、価格相応の品位を備えたオーソドックスなアナログウォッチとして普段使いできる仕様に仕立てられていると感じた。



Fig. 6

尚、モデル違いで同グループの Alpina から同様にサンプルの展示・説明があった。また、MotionX はオープンプラットフォーム化も狙っており、今回のバーゼル会場でも他に MONDAINE から同プラットフォーム搭載の商品が展示されていた。(2015年秋発売予定, CHF850)

今年のバーゼルワールドでは、アップルウォッチの発売を約 1 か月後に控えていたこともあり、スマートウォッチ関連の商品発表や各社のスタンスなどについて注目が集まった。WEB のニュース記事等でもスマートウォッチ関連の記事が大変目立ったが、実際の会場でのスマートウォッチの存在感はまだまだ大きなものではなく、今のところ各社とも表面的には「危機感」を表すのではなく、あくまでも「備え」といったスタンスで様子を伺っているように見えた。

上記で例を挙げたスイスブランド各社のスマートウォッチのいくつかに通ずる考え方として、高級感が感じられる外装の仕立て、高品位なアナログ表示、使い勝手を犠牲にしない電池寿命など、時計本来の価値を損なうことなく利便性をプラスすることによって、低価格帯が多数を占める従来のスマートウォッチ勢やこれから発売となるアップルウォッチとの差別化を図る意図が感じられた。

アップルウォッチ発売による市場影響を含め、スマートウォッチの動向については今後も注視

していく必要がある。

3. 2 バーゼル 2015 トレンド考察（所感）

今年のバーゼルワールド会場を数日間歩いて得た所感としては、スマートウォッチ関連を除けば突出した新技術の発表はなく、ここ数年来のトレンドの延長上にあると感じた。ここではその中で2点について述べる。

① 原点回帰

リーマンショック以降の原点回帰の流れは今年も続いており、サイズやデザインは一層普遍的な価値を追求する方向に進んでいるように見受けられた。男性用のサイズに関しては40～42mmに落ち着きつつある印象である。

② 新素材の拡大

外装部材に新素材を用いる傾向も以前からトレンドとなっている。特にセラミック素材は多くのメーカーで用例が見られた。ケースに用いる例としては OMEGA のスピードマスター（ムーンウォッチ）や RADO のプラズマセラミックケースなど、またベゼルに用いる例としては OMEGA, BLANPAN, ROLEX など多数見られ、ベゼルに関しては定番化してきているように感じられた。（Fig. 7）

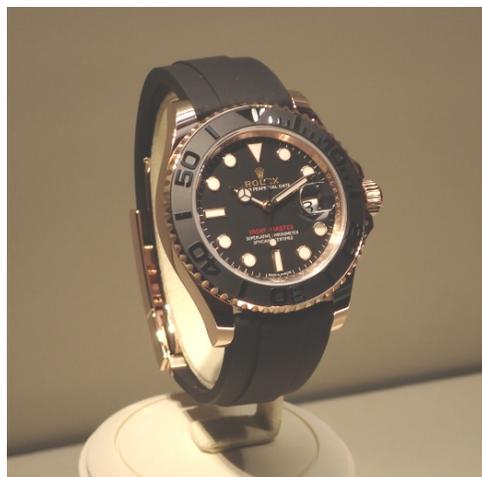


Fig. 7

その中で ROLEX の新作ヨットマスターのセラミックインサートベゼルはマット地と光

沢インデックスを組み合わせ視認性の向上を図るなど工夫が見られた。

セラミック素材以外にも、HUBLOT のカーボンケース、BLVGARI のマグネシウムケース、TISSOT や CERTINA のアルミニウムケースなど、新素材を外装部材に用いるトレンドはますます拡大してきている。

以上

製品紹介

CITIZEN.
BETTER STARTS NOW



エコ・ドライブ サテライト ウェーブ F900

クロノグラフ・デュアルタイム表示機能搭載、世界最薄^{※1} 13.1mm、
世界最速^{※2} 最短3秒で宇宙とつながる多機能 GPS 衛星電波時計^{※3} を発表
今秋発売予定

2015年、シチズン時計はブランドステートメント“Better Starts Now”^{※4}のもと、世界中の人々へ正確な時を届けるため、2014年よりさらに進化した「エコ・ドライブ^{※5} サテライト ウェーブ F900」を発表します。

メンズウォッチの機能として人気の高いクロノグラフ、同時に2か国の時刻を表示するデュアルタイムを搭載し、多機能 GPS 衛星電波時計として世界最速受信、世界最薄の時計がサテライト ウェーブのラインナップに新たに加わります。

2011年に光発電の時計として世界初となる GPS 衛星から時刻情報を受信して正確な時間を刻む衛星電波時計^{※3} 「エコ・ドライブ サテライト ウェーブ」を発売し、衛星電波時計市場を切り開いたシチズン。その後も、2013年には世界初のフルメタルケースの美しいデザインを実現した「エコ・ドライブ サテライト ウェーブ・エア」、2014年には全世界40タイムゾーンへ対応し、発表時、世界最速の時刻受信と世界で最も薄い衛星電波時計「エコ・ドライブ サテライト ウェーブ F100」を発売し、世界で高い評価をいただきました。

そして、本モデル「エコ・ドライブ サテライト ウェーブ F900」のコンセプトは、スピード。受信速度の速さに加え、新しく分針と時針用に「高速ツインコイルモーター」を採用。針の正転、そして逆転の高速回転を可能にしました。それにより、時差修正を行う際わずか数秒で分針が一周する、デュアルタイムの2か国表示がすばやく入れ替わるなど、ユーザビリティを考え、針の動きも驚くほどスピーディで、軽快な操作性を実現しました。

※1 世界最薄 ※2 世界最速 ともに光発電多機能 GPS 衛星電波時計として、2015年3月時点当社調べ。

※3 衛星電波時計/GPS 衛星電波時計：地上から約2万km、宇宙空間を周回するGPS衛星から位置・時刻情報を取得し、時刻・カレンダーを自動で修正する。
地球上のどこにいても広い空がある限り、正確な時刻を得ることができます。(位置情報の取得はGPS衛星電波時計のみ)

※4 Better Starts Now：「どんな時であろうと『今』をスタートだと考えて行動する限り、私たちは絶えずなにかをより良くしていきたいのだ」というシチズンの信念です。

※5 エコ・ドライブ：定期的な電池交換不要の光発電時計で、シチズンの機能ブランドです。時計で初めて「エコマーク商品」に認定されました。



主な新しい機能

デュアルタイム機能

ホームタイムとローカルタイムに設定した2つの都市時刻を同時に表示し、1ステップで入れ替えることが可能です。高速ツインコイルモーターにより、特に針の逆転が高速になり、わずか数秒で入れ替わります。

1/20 秒計測クロノグラフ機能

精度の高い1/20秒の24時間計測を搭載。プッシュボタンのクリック感が計測操作をより確実なものにします。

位置情報取得機能

GPS衛星から最短30秒で位置情報を取得。準天頂衛星「みちびき」にも対応し、日本やオーストラリアにて情報を受信しやすくなりました。

ケースは、多機能搭載でありながら、世界最薄13.1mmを実現。そして、シチズン独自の「スーパーチタニウム™」※6を使用し、時計を小キズから守り輝きを保ちます。「軽さ」というチタニウム素材の特性を活かし、時計としての装着感を高め、またシチズンが誇る加工技術によりエッジのきいたシャープなラインでスピード感を表現しました。

エコ・ドライブ サテライト ウェーブ F100 のデザインを踏襲し、2時、4時位置のプッシュボタンは人工衛星のフレームをイメージした空洞状のデザインで、宇宙とつながる喜びを表現しています。光発電エコ・ドライブならではの機能「ライトレベル インディケーター」も継続して搭載。文字板に当たる光による発電量を7段階で表示することで、今いる場所での発電量がわかります。さらに時計自体が持つ精度は、月差±5秒を実現しました。

時計を操る楽しさ、宇宙とつながる喜び、人をワクワクさせるような魅力を。シチズンの次世代を担う最新モデルにご期待ください。

※6 スーパーチタニウム™：シチズン独自の技術により、純チタニウムに表面硬化技術デュラテクトを施しステンレスの5倍以上の硬さを実現。キズに強く、軽く、肌にも優しいので、快適な着け心地で使用できます。



商品名	シチズン「エコ・ドライブ サテライト ウェーブ F900」	
商品番号(左から)	CC9004-51E	CC9000-51A
発売日	2015 年秋 予定	
希望小売価格	¥ 240,000+税 予定	
限定数	世界限定 1700 個	世界限定 1300 個
ケース/バンド	スーパーチタニウム (デュラテクト DLC+MRK ^{※7})	スーパーチタニウム (デュラテクトα+MRK ^{※7})
文字板カラー	ブラック	シルバー
ガラス	サファイアガラス (無反射コーティング)	
ケース径/厚み	ケース径 45.4mm/厚み 13.1mm(設計値)	
防水	10 気圧防水	
主な仕様	Cal:F900 / 月差±5 秒 (非受信時) / 光発電エコ・ドライブ / 衛星電波受信機能・位置情報取得機能 / ワールドタイム (40 タイムゾーン) / デュアルタイム表示 / クロノグラフ機能 (1/20 秒, 24 時間計) / アラーム機能 / ライトレベル インディケーター / 充電量表示機能 / パーペチュアルカレンダー / 耐ニッケルアレルギー	

※7 デュラテクトDLC+MRK、デュラテクトα+MRK 参考URL
<http://www.citizenwatch-global.com/baselworld/2015/jp.html#SuperTitanium>

シチズン時計とは：

シチズン時計は、部品から完成時計まで自社一貫製造するマニファクチュールであり、世界100ヶ国以上にビジネスを展開しています。1918年の創業以来、「Better Starts Now」「どんな時であろうと『今』をスタートだと考えて行動する限り、私たちは絶えず何かをより良くしていけるのだ」という信念のもと、世界に先駆けて開発した光発電技術「エコ・ドライブ」や、最先端の衛星電波時計など、常に時計の可能性を考え、開発を重ねてきました。シチズン時計は、これからも時計の未来を切り開いていきます。

★商品のデザイン及び商品番号、価格、発売日、スペック等は、一部変更になる場合があります。

★エコ・ドライブおよびスーパーチタニウム、デュラテクト、パーフェックス、ライトレベルインディケーターはシチズンホールディングス株式会社の登録商標または商標です。

＜製品についてのお問い合わせ先＞
シチズンお客様時計相談室
フリーダイヤル 0120-78-4807
受付時間 9:30～17:30 祝日除く月～金

＜本件に関する報道関係の方のお問い合わせ先＞
シチズン時計株式会社 広報宣伝部 岩橋・木下
TEL 090-2475-1684 / FAX 03-3797-4702
株式会社由田企画 加藤・小野沢・堀内
TEL 03-3408-2811 / FAX03-3408-2801

製品紹介

製品紹介

快適な着け心地を追求

“SHEEN” から世界最小*のワールドタイム付電波ソーラーウォッチ

バンドの長さを微調整できる新型アジャスターを採用

カシオ計算機株式会社



SHW-1700D-7A SHW-1700SG-4A

カシオ計算機は、「Elegant, Smart, Shining」をコンセプトにした女性用メタルウォッチ“SHEEN(シーン)”の新製品として、優れた実用性と高い装着性を実現した世界最小*のワールドタイム付電波ソーラーウォッチ『SHW-1700』を6月19日より発売します。

※ 2015年4月16日時点、ワールドタイム付電波ソーラーウォッチとして、当社調べ。

今回ご案内します『SHW-1700』は、世界で活躍する女性に向けて、世界6局の電波受信機能とワールドタイム機能の両方を備えながら、直径25.4mm、厚さ7.4mmの小型・薄型サイズを実現したモデルです。女性の腕にフィットする小ぶりのケースに、10気圧防水性能も備えています。さらに、バンドでも快適な着け心地を追求。工具を使用することなく、最大3.8mmの調節が可能な新型アジャスター“Fine adjust bracelet(ファインアジャ

ストブレスレット) ”を採用し、駒詰めだけでは調節しづらい微調整が簡単に行えます。

また、文字板には空と風の流れをイメージしたグラデーションを施し、柔らかな色の移り変わりが優雅な空の旅を演出。飛行機をモチーフにした秒針や、きらめく太陽をイメージしてカットリングを施したりゅうずなど、デザイン面からも世界を駆けめぐる女性の気分を盛り上げます。

機種名	カラー	IP 処理	メーカー希望小売価格	発売日
SHW-1700SG-4A	ピンク	○	45,000 円 + 税	6 月 19 日
SHW-1700D-7A	ブルー×ピンク	—	43,000 円 + 税	
SHW-1700D-2A	ブルー	—		



新型アジャスター“Fine adjust bracelet”



太陽をイメージしたりゅうず



飛行機をモチーフにした秒針

《OCW-G1000 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):60 kHz, 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 3 回/1 日), 手動受信
ワールドタイム	世界 24 都市(24 タイムゾーン, サマータイム自動設定機能)
その他の機能	秒針位置自動補正機能, バッテリー充電警告機能, 日付表示, フルオートカレンダー
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 19 ヶ月 ※暗所で一定時間が経過すると運針を止めて節電します。
大きさ	31.4×25.4×7.4 mm
質量	約 47g

詳細は,右記ホームページをご覧ください。 <http://www.casio.jp/>

会 報

一般社団法人 日本時計学会
平成27年度（2015年度）事業計画書
（自 平成27年1月1日～至 平成27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月上旬、中央大学理工学部で開催する。
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、中央大学理工学部教室で開催する。

(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2件で進める予定である。各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。

2. 1 「時計エネルギーに関する研究調査分科会」

（主査：佐々木 健 東京大学教授・本学会理事）

平成27年度は、時計に要求される電源の新しい要求仕様の調査結果をまとめ、報告書を作成する。

2. 2 「電波時計技術の歴史と動向に関する研究調査分科会」

（主査：岩倉 良樹 シチズンマイクロ株式会社・本学会元理事）

平成27年度は、昨年9月26日に開催した本分科会の最終報告会の内容をマイクロメカトロニクス誌 2015年6月号に投稿し、それをもって本研究調査分科会の活動を終了する。

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。

V o 1. 5 9, N o. 2 1 2 : 平成27年 6月, 280部

V o 1. 5 9, N o. 2 1 3 : 平成27年12月, 280部

(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：平成27年9月, 150部

4. 研究の奨励及び研究業績の表彰

青木賞表彰委員会を設け、平成25年度および平成26年度の時計学会誌「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49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49回青木賞贈呈式を行う。

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、科学技術振興機構、国立情報学研究所へ学会誌を寄贈する。

(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 日本ロボット学会等 関係学会などと協賛して開催する。

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. 編集校閲委員会を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 平成27年 1月 1日 至 平成27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	500	1,500	△	1,000
【入金収入】				
入金収入	2,400	2,400		0
【会費収入】				
正会員会費収入	780,000	800,000	△	20,000
学生会員会費収入	4,000	4,000		0
賛助会員会費収入	2,150,000	2,150,000		0
【事業収入】				
事業収入(研究会)	150,000	100,000		50,000
事業収入(講演会)	390,000	300,000		90,000
広告収入	170,000	170,000		0
【雑収入】				
受取利息収入	1,000	1,500	△	500
雑収入	60,000	60,000		0
事業活動収入計	3,707,900	3,589,400		118,500
〔事業活動支出〕				
【事業費支出】				
臨時雇用賃金支出	1,040,500	1,040,500		0
広報活動費支出	128,700	128,700		0
旅費交通費支出	147,000	147,000		0
通信運搬費支出	62,000	62,000		0
消耗品費支出	50,000	50,000		0
印刷製本費支出	521,500	480,000		41,500
賃借料支出	300,000	300,000		0
諸謝金支出	80,000	80,000		0
雑支出	15,000	20,000	△	5,000
会議費支出	200,000	145,000		55,000
著作原稿料支出	20,000	20,000		0
【管理費支出】				
臨時雇用賃金支出	409,500	409,500		0
会議費支出	10,000	10,000		0
旅費交通費支出	100,000	63,000		37,000
通信運搬費支出	20,000	20,000		0
消耗品費支出	80,000	80,000		0
印刷製本費支出	10,000	20,000	△	10,000
賃借料支出	300,000	300,000		0
租税公課支出	80,000	80,000		0
雑支出	5,000	5,000		0
業務委託費支出	128,700	128,700		0
事業活動支出計	3,707,900	3,589,400		118,500
事業活動収支差額	0	0		0
当期収支差額	0	0		0
前期繰越収支差額	3,006,258	2,661,223		345,035
次期繰越収支差額	3,006,258	2,661,223		345,035

一般社団法人 日本時計学会
平成26年度(2014年度) 事業報告書
(自 平成26年1月1日～至 平成26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 : 平成26年9月12日(金) 9:40～19:30
会場 : 中央大学理工学部(後楽園キャンパス)
講演発表 : 10件
製品紹介 : 3件
特別講演 : 1件
参加者 : 74名

[2] 研究会

① 春季研究会 :

日時 : 平成26年4月25日(金) 14:00～15:40
会場 : 中央大学理工学部 2号館 2735号室
テーマ : 「温湿度センサーの技術動向と最新技術の紹介」
講師 : センシロン株式会社
キーマン/アカウントマネージャー 宮山 修 氏
参加者 : 18名

② 秋季研究会 :

日時 : 平成26年11月21日(金) 14:00～15:40
会場 : 中央大学理工学部 2号館 2735号室
テーマ : 「高出力コイン形リチウム二次電池の現状と今後の展望」
講師 : 日立マクセル株式会社 エナジー事業本部 MD技術部
部長 佐野 健一 氏
参加者 : 22名

[3] 見学会 :

日時 : 平成26年6月27日(金) 14:00～16:30
見学先 : 株式会社 明治 坂戸工場 〒350-0289 埼玉県坂戸市千代田 5-3-1
参加者 : 10名

2. 時計及び時計応用技術に関する研究調査分科会

平成26年度は次の3件で、概要は以下の通りである。

(1) 名称 : 「時計エネルギー研究調査分科会」(主査 : 佐々木 健 東京大学教授・本学会理事)

平成26年度は、時計に要求される電源の新しい要求仕様の調査のため、エナジーハーベスティング技術、電気二重層キャパシタ、Li-ion 二次電池等に関する調査を進めた。

(2) 名称 : 「時計ものづくり研究調査分科会」

(主査 : 木村 南 東京工業高等専門学校教授・本学会理事)

平成26年度は、平成23年度末までの活動に加え、マイクロメカトロニクス誌に掲載された時計ものづくり技術に関する調査をまとめ、マイクロメカトロニクス誌 Vol. 58, No. 210 に投稿した。これをもって本研究調査分科会の活動を終了する。

(3) 名称 : 「電波時計技術の歴史と動向に関する研究調査分科会」

(主査 : 岩倉 良樹 シチズンマイクロ株式会社・本学会元理事)

平成26年度は、各社の調査報告から技術的特徴/開発内容を概略ひとつに整理、さらに電波

時計の変遷／出荷量／特許出願状況等を追補し纏めた。9月26日には分科会参加メーカー各社および長波電波技術に関係する大学／研究開発機関にもご協力をいただき本分科会の最終報告会を開催し基本的な活動を終えた。

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. 58, No. 210 : 平成26年 6月, 280部

Vol. 58, No. 211 : 平成26年12月, 280部

[2] 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 : 平成26年 9月, 150部

4. 研究の奨励及び研究業績の表彰

第48回青木賞選考は、マイクロメカトロニクス Vol. 56, No. 206-207 及び Vol. 57, No. 208-209 に掲載された論文15編に対して、選考委員8名による第一次審査と表彰委員5名による第二次審査の二段階で行われた。

その結果、下記論文を第48回青木賞として推薦することで、表彰委員全員の賛同を得、表彰した。

第48回青木賞表彰論文：チタンの陽極酸化を用いた時計用回転錘の開発

Vol. 57, No. 209 (2013年12月)

執筆者：石蔵 明子，村住 拓也，新輪 隆

推薦理由：本論文は、本学会の学術論文として、独創性、有用性、困難性のすべての項目で高く評価できる。

5. 内外関係機関等との交流及び協力

[国内機関]

国立国会図書館，科学技術振興機構，国立情報学研究所へ学会誌を寄贈した。

[外国機関]

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。

[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 日本ロボット学会等 関係学会などと協賛して実施した。

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

平成26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	佐々木 健	非常勤	平成25年2月28日	無し	業務総括	東京大学大学院
業務執行理事	中島 悦郎	非常勤	平成25年2月28日	無し	代表理事補佐 経理・企画担当	カシオ計算機(株)
業務執行理事	竹中 雅人	非常勤	平成25年2月28日	無し	総務・企画担当	盛岡セイコー工業(株)
理事	窪田 勝	非常勤	平成25年2月28日	無し	企画委員長	セイコーエプソン(株)
理事	足立 武彦	非常勤	平成25年2月28日	無し	校閲担当	横浜国立大学
理事	今村 美由紀	非常勤	平成25年2月28日	無し	企画担当	セイコークロック(株)
理事	梅田 和昇	非常勤	平成25年2月28日	無し	広報委員長 事業担当	中央大学
理事	大隅 久	非常勤	平成25年2月28日	無し	事業委員長	中央大学
理事	大谷 親	非常勤	平成25年2月28日	無し	青木賞担当 事業担当	千葉工業大学
理事	木村 南	非常勤	平成25年2月28日	無し	企画担当	東京工業高等専門学校
理事	増田 純夫	非常勤	平成25年2月28日	無し	校閲担当	横浜国立大学
理事 (補欠)	檜林 達雄	非常勤	平成25年2月28日	無し	編集校閲委員長	東海大学
理事	渡辺 滋	非常勤	(前任:平成25年2月28日) 平成26年2月25日	無し	企画委員	シチズン時計マニュファクチャリング(株)
監事	佐藤 孝雄	非常勤	平成25年2月28日	無し		一般社団法人 日本時計協会
監事	日野須磨子	非常勤	平成23年2月21日	無し		国際時計通信社

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
平成26年2月25日 (定時総会前)	定時総会議案 平成25年度収支決算及び事業報告 平成26年度予算計画及び事業計画 理事(補欠)の選任 運営委員の退任・就任 出版編集 平成26年度研究会・見学会の幹事会社・日程	審議・承認 提案内容承認 提案内容承認 提案内容承認 承認 承認 審議・承認
同 2月25日 (定時総会終了後)	定時総会議案の確認 代表理事・業務執行理事の選定 運営委員の退任・就任 平成26年度組織体制	確認 互選・承認 承認 承認
同 4月25日	出版編集 春季研究会報告(速報) 見学会実施計画	承認 承認 承認

	青木賞規定見直し 企画委員会依頼事項（学術講演会）	継続審議 承認
同 6月 27日	出版編集 企画委員会検討結果（学会誌の充実） マイクロメカトロニクス学術講演会実施計画 青木賞規定見直し・審査について 春季研究会報告 見学会実施報告（速報）	承認 審議・承認 審議・承認 確認・承認 承認 承認
同 9月 12日	青木賞選考審査結果 出版編集 見学会実施報告 秋季研究会実施計画 NII-ELS 終了について	審議・承認 承認 承認 承認 確認
同 11月 21日	出版編集 定時総会議案検討 学術講演会実施報告 青木賞の選考について（規定改訂） 秋季研究会実施報告（速報）	承認 継続審議 承認 継続審議 承認
同 12月 19日	定時総会議案の検討 出版編集 青木賞規定の改訂 秋季研究会実施報告	継続審議 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
平成26年2月25日	平成25年度収支決算及び事業報告・監査報告 平成26年度事業計画・予算計画 理事（補欠）の選任	可決・承認 承認 可決・承認

4. 許可，認証，承認，証明などに関する事項

該当なし。

5. 契約に関する事項承認

契約年月日：平成26年2月1日

相手方：公益社団法人精密工学会

契約の概要：事務局として朝日九段マンション902号室の借用

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	平成26年度末	平成25年度末	増減数
正会員	156 (名)	158 (名)	△ 2 (名)
賛助会員	20 (社)	20 (社)	± 0 (社)
学生会員	4 (名)	4 (名)	± 0 (名)
計	180	182	△ 2

8. その他重要事項

該当なし

貸借対照表

一般社団法人日本時計学会

平成26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	3,046,258	2,751,423	294,835
流 動 資 産 合 計	3,046,258	2,751,423	294,835
【 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)			
定 期 預 金	5,300,000	5,300,000	0
そ の 他 固 定 資 産 合 計	5,300,000	5,300,000	0
固 定 資 産 合 計	5,800,000	5,800,000	0
資 産 合 計	8,846,258	8,551,423	294,835
[負 債 の 部]			
【 流 動 負 債 】			
前 受 会 費	40,000	90,200	△ 50,200
流 動 負 債 合 計	40,000	90,200	△ 50,200
負 債 合 計	40,000	90,200	△ 50,200
[正 味 財 産 の 部]			
【 一 般 正 味 財 産 】			
そ の 他 一 般 正 味 財 産	8,806,258	8,461,223	345,035
一 般 正 味 財 産 合 計	8,806,258	8,461,223	345,035
(うち基本財産への充当額)	(500,000)	(500,000)	(0)
正 味 財 産 合 計	8,806,258	8,461,223	345,035
負 債 及 び 正 味 財 産 合 計	8,846,258	8,551,423	294,835

正味財産増減計算書

一般社団法人日本時計学会

自 平成26年 1月 1日 至 平成26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	105	5,612	△ 5,507
【受取入会金】			
受取入会金	1,400	2,200	△ 800
【受取会費】			
正会員受取会費	750,000	807,300	△ 57,300
学生会員受取会費	1,000	4,000	△ 3,000
賛助会員受取会費	2,150,000	2,150,000	0
【事業収益】			
事業収益(研究会)	150,000	92,000	58,000
事業収益(講演会)	396,000	300,000	96,000
事業収益(広告収入)	174,960	170,100	4,860
【雑収益】			
受取利息	615	4,718	△ 4,103
雑収益	65,389	88,010	△ 22,621
経常収益計	3,689,469	3,623,940	65,529
〔経常費用〕			
【事業費】			
臨時雇用賃金	1,001,918	1,007,840	△ 5,922
広報活動費	128,700	126,000	2,700
旅費交通費	125,678	369,548	△ 243,870
通信運搬費	39,070	41,660	△ 2,590
消耗品費	35,517	25,641	9,876
印刷製本費	355,060	360,928	△ 5,868
賃借料	300,000	300,000	0
諸謝金	83,959	78,037	5,922
雑費	12,960	13,282	△ 322
会議費	211,901	141,578	70,323
【管理費】			
臨時雇用賃金	400,932	400,932	0
旅費交通費	41,914	42,672	△ 758
通信運搬費	18,444	19,835	△ 1,391
消耗品費	79,051	159,422	△ 80,371
賃借料	300,000	300,000	0
租税公課	80,000	80,000	0
雑費	630	900	△ 270
委託費	128,700	126,000	2,700
経常費用計	3,344,434	3,594,275	△ 249,841
評価損益等調整前当期経常増減額	345,035	29,665	315,370
当期経常増減額	345,035	29,665	315,370
税引前当期一般正味財産増減額	345,035	29,665	315,370
当期一般正味財産増減額	345,035	29,665	315,370
一般正味財産期首残高	8,461,223	8,431,558	29,665
一般正味財産期末残高	8,806,258	8,461,223	345,035
正味財産期末残高	8,806,258	8,461,223	345,035

財 産 目 録

一般社団法人日本時計学会

平成26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	金		18,242
現金	金		18,242
預金	金		3,028,016
普通預金(りそな銀行)			2,594,569
郵便振替貯金			433,447
流動資産合計			3,046,258
【 固定資産 】			
(基本財産)			
基本財産合計	基本財産		500,000
(その他固定資産)	定期預金(りそな銀行)		500,000
その他固定資産	その他固定資産		5,300,000
定期預金(三井住友銀行)			5,300,000
その他固定資産合計			5,300,000
固定資産合計			5,800,000
資産合計			8,846,258
【 流動負債 】			
前受会費	前受会費		40,000
流動負債合計			40,000
負債合計			40,000
正味財産			8,806,258

一般社団法人 日本時計学会 平成 26 年 (2014 年) 11 月度 理事会議事

(記録：竹中 雅人 2014 年 11 月 21 日)

1. 開催日時：2014 年 11 月 21 日 (金) 16:00～18:00
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 室
3. 出席者：<理事>佐々木, 中島, 大隅, 大谷, 窪田, 檜林, 増田, 渡辺, 竹中 (以上 9 名)
理事総数 13 名の過半数に付き理事会成立
<運営委員>小池, 重城, 寺嶋, 土肥, 馬場, 藤田, 吉澤 (以上 7 名)
<監事>佐藤 (以上 1 名)

4. 審議事項

- (1) 出版編集関係 (別紙資料配付：檜林理事説明)
- (2) 年度末に向けての確認
定時総会 2014 年 2 月 24 日 (火) 17:00-18:00 中央大学後楽園キャンパス
- (3) 学術講演会実施報告 (大隅理事, 土肥委員報告)
- (4) 青木賞規定の改訂について (別途資料配布：大谷理事説明)
- (5) 新入会員の承認
- (6) 次回理事会
2014 年 12 月 19 日 (金) 中央大学後楽園キャンパス

5. 報告事項等

- (1) 会員数状況 (2014 年 11 月 21 日承認後)
- (2) 平成 26 年 (2014 年) 9 月度理事会議事録

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 26 年 (2014 年) 12 月度 理事会議事

(記録：竹中 雅人 2014 年 12 月 19 日)

1. 開催日時：2014 年 12 月 19 日 (金) 16:00～17:50
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>佐々木, 中島, 今村, 梅田, 大谷, 窪田, 檜林, 増田, 渡辺, 竹中 (以上 10 名)
理事総数 13 名の過半数に付き理事会成立
<運営委員>小池, 重城, 寺嶋, 土肥, 馬場, 藤田, 吉澤 (以上 7 名)
<監事>出席なし

4. 審議事項

- (1) H26 年度決算見込み, H27 年度予算 (別紙資料配付: 中島理事説明)
- (2) H26 年度事業報告, H27 年度事業計画 (別紙資料配付: 竹中理事説明)
- (3) 出版編集関係 (別紙資料配付: 檜林理事説明)
- (4) 総会議案確認
 - 1号議案 平成 26 年度収支決算及び事業報告
 - 2号議案 平成 27 年度予算及び事業計画
 - 3号議案 理事・監事の選任
- (5) 青木賞規定の改訂について (別途資料配布: 大谷理事説明)
- (6) 秋季研究会報告 (別途資料配布: 小池委員説明)
- (7) 次回理事会開催日

2015 年 2 月 24 日 (火) 16:00-17:00 中央大学後楽園キャンパス

5. 報告事項

- (1) 会員数状況 (2014 年 12 月 19 日承認後)
- (2) 平成 26 年(2014 年)11 月度理事会議事録

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 27 年 (2015 年) 2 月度 理事会議事 — 2014 年度 最終理事会 —

(記録: 竹中 雅人 2015 年 2 月 24 日)

1. 開催日時: 2015 年 2 月 24 日 (火) 16:00-17:00
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>佐々木, 中島, 今村, 梅田, 大隅, 大谷, 窪田, 檜林, 増田, 渡辺, 竹中 (以上 11 名)
理事総数 13 名の過半数に付き理事会成立
<運営委員>小池, 小水内, 重城, 寺嶋, 土肥, 馬場, 吉澤 (以上 7 名)
<監事>佐藤 (以上 1 名)

4. 審議事項

- (1) 定時総会議案についての確認 (別紙資料配布: 中島理事・竹中理事説明)
 - 1号議案 平成 26 年度収支決算及び事業報告
 - 2号議案 平成 27 年度予算及び事業計画
 - 3号議案 理事および監事の選任

- (2) 出版編集関係(別紙資料配付：檜林理事説明)
- (3) 研究会・見学会の担当について(別紙資料配付：大谷理事説明)

春季研究会(2015年4月23日)：カシオ計算機

秋季研究会(11月)：セイコーインスツル

見学会(6月)：シチズン時計

- (4) 新入会員の承認

- (5) 次回理事会開催日

2015年2月24日(火) 18:00- 定時総会后, 中央大学後楽園キャンパス

5. 報告事項

- (1) 会員数状況(2015年2月24日承認後)
- (2) 平成26(2014)年12月度理事会議事録

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成27年(2015年)度 定時総会議事

(記録：竹中雅人 2015年2月24日)

- 1. 開催日時：平成27(2015)年2月24日(火) 17:00-17:30
- 2. 場所：中央大学理工学部(後楽園キャンパス)2号館 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総会は成立
議決権ある社員総数148名, 総社員の議決権の数148個, 出席社員数98名(委任状77名を含む),
この議決権の総数98個,
出席理事：佐々木(議長), 中島, 今村, 梅田, 大隅, 大谷, 窪田, 檜林, 増田, 渡辺, 竹中(議事録作成)
出席監事：佐藤
- 4. 議題：
 - (1) 1号議案：平成26年度収支決算及び事業報告 ～承認
 - (2) 2号議案：平成27年度予算及び事業計画 ～承認
 - (3) 3号議案：理事および監事の選任 ～可決決定

以上

一般社団法人 日本時計学会平成 27 年（2015 年）2 月度 理事会議事

－ 2015 年度 第一回理事会 －

（記録：小池 邦夫 2015 年 2 月 24 日）

1. 開催日時：2015 年 2 月 24 日（火）17:30-17:45

2. 場所：中央大学理工学部（後楽園キャンパス）2 号館 2735 号室

3. 出席者：

〈理事〉 佐々木，中島，今村，梅田，大隅，大谷，木原，小池，檜林，増田，竹中（以上 11 名）

理事総数 13 名の過半数に付き理事会成立

〈運営委員〉 小水内，重城，寺嶋，土肥，馬場，古川，吉澤（以上 7 名）

〈監事〉 佐藤，吉村（以上 2 名）

4. 審議事項

（1）定時総会議案についての確認

各議案が提案通りに承認されたことを確認した。

（2）2015 年度の体制について

① 代表理事：中島理事

② 業務執行理事（代表理事補佐・経理担当）：大隅理事

③ 業務執行理事（総務担当）：小池理事

（3）次回理事会 2015 年 4 月 23 日（木）16:00～ 中央大学後楽園キャンパス

以上

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ます。会誌発行が年2回のため適切な時期に講演の会告ができず、これまでは小範囲の方だけにお知らせして募集してまいりました。今後は常時講演募集を致しますので、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 大隅 久
Tel : 03-3817-1824 Fax : 03-3817-1820 E-mail Address : osumi@mech.chuo-u.ac.jp

編集後記

ゴールデンウィークで各地がにぎわっていた頃、思いもよらぬ箱根での水蒸気噴出と火山性地震の発生により、日本有数の観光地も大きな打撃を受けたことと推察します。この記事が掲載される頃には治まりつつあることを切に望むところではありますが、箱根に留まらず、蔵王、吾妻山、御嶽山、桜島など多くのただならぬ活動は、火山大国に住む日本人にとっては穏やかならぬものがあります。火山と言えば、前に噴火したのが**年なのでそろそろ危険かというように、これまで周期的な噴火事例などが議論されていたと思うのですが、どうもその周期さえも乱されて来ているのではないかと感じてしまいます。それが人類の活動と何らかの関わりが有るのではないかと考えるのは私だけでしょうか。

さて、ここは時計学会の場であります。自然の流れが人類により影響を受けるかどうかはさておき、こちらは人類の力を持ってしてさらに正確な時を刻めるよう、今後も探究を進めてゆきたいところです。是非ともそれらの成果を、学会の場で発表・議論していただきたく、会員各位には今後ともご協力をお願いいたします。

(渡辺 滋 記)

複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の方でない限り、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル (中法)学術著作権協会

Tel : 03-3475-5618 Fax : 03-3475-5619 E-mail : jaacc@mtd.biglobe.ne.jp

著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

日本時計学会誌「マイクロメカトロニクス」 Vol.59, No. 212 2015年 6月 10日 発行

発行人 一般社団法人 日本時計学会
代表理事 中島 悦郎

〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-9-5 朝日九段マンション 902

Tel : 03-3288-5160 Fax : 03-3288-5175 E-mail : tokei@hij-n.com

ホームページ <http://www.hij-n.com>

学会事務局担当 三浦 敦子

印刷所 ニッセイエプロ株式会社 Tel : 03-5733-5151

〒105-0004 東京都港区新橋 5-20-4