

研 究

トノメトリ法と脈波伝搬時間を利用した 較正可能な血圧脈波計測デバイス

土肥徹次

中央大学理工学部, 東京都文京区春日 1-13-27, 〒112-8551

(2015 年 11 月 6 日受付, 2015 年 11 月 28 日再受付, 2015 年 11 月 29 日採録)

The Blood Pressure Pulse Wave Measurement Device Using Arterial Tonometry Method Calibrated by Pulse Transit Time

Tetsuji DOHI

Faculty of Science and Engineering, Chuo University, 1-13-27, Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8551, Japan

(Received November 6, 2015, Revised November 28, 2015, Accepted November 29, 2015)

ABSTRACT

This paper reports on a blood pressure pulse wave measurement device using the arterial tonometry method calibrated by the pulse transit time. The pressure sensor for arterial tonometry method and the optical sensor for pulse transit time were fabricated. The sizes of pressure sensor and optical sensor are $19 \times 19 \times 9 \text{ mm}^3$ and $13 \times 25 \times 4 \text{ mm}^3$, respectively. The blood pressure was calculated by the pulse transit time measured by the pressure sensor and the optical sensor. The blood pressure was also measured by the pressure sensor using arterial tonometry method, and by the commercially available sphygmomanometer for comparison. The blood pressure calculated by the pulse transit time was similar to the blood pressure measured by the sphygmomanometer. Therefore, it is useful for the blood pressure measured by arterial tonometry method to calibrate by the blood pressure calculated by the pulse transit time.

1. はじめに

近年, 高齢化社会が進むにつれて健康に対する意識が高まってきており, その中でも日本人の 3 人に 1 人が該当すると推定される高血圧症は, 日本人に最も多い病気のひとつであるため, 関心が高まっている. 高血圧症は血圧が高い状態が続くものであるが, この状態が続くと動脈硬化を促進し, その結果, 心筋梗塞や脳卒中などの致命的な病気のリスクが高まることが知られている¹⁾. また, この高血圧症の診断において, 血圧値がその時の環境や状態によって変化してしまい, また日内での変動も大きいことから, 家庭での日常的な血圧計測が重要であり, さらに長時間連続して血圧計測を行うことが有効であるとされている²⁾.

従来, 家庭での連続的な血圧計測にはオシロメトリック法を応用した手法が用いられてきた³⁾. オシロメトリック法では, カフによって上腕や手首を加圧して血流を一時的に遮断して血圧計測

を行うため、被験者への負荷が高く、圧迫によるしびれや握力低下を伴う急性神経痛が報告されており、また圧迫感による睡眠障害を伴うことも報告されている⁴⁾⁵⁾。そのため、日常生活における血圧変動を長時間連続して計測するためには、カフによる加圧の必要がない、より低負荷な血圧計測法が望まれている。

カフによる加圧が不要な計測手法として、トノメトリ法⁶⁾、脈波伝播時間より算出する方法⁷⁾、光電脈波から推定する方法⁸⁾などが挙げられる。これらの手法の中でも、我々はトノメトリ法による血圧計測デバイスの研究を進めている⁹⁾。トノメトリ法の原理を Fig. 1 に示す。トノメトリ法では、皮膚の上からセンサを押し当て、血管上面を平坦に変形させる。血管上面が平坦に変形すると、血管壁に働く張力 T の垂直方向成分がゼロとなる。そのため、押し付け力 F と血管内圧 P が等しくなり、血圧の変化をセンサにより直接計測できる。さらに、トノメトリ方法による計測では、血圧を連続した血圧脈波として計測できるという特徴を持っている。しかし、試作中のトノメトリ法の血圧センサは、誤差が大きく、定期的な較正が必要となってしまう。

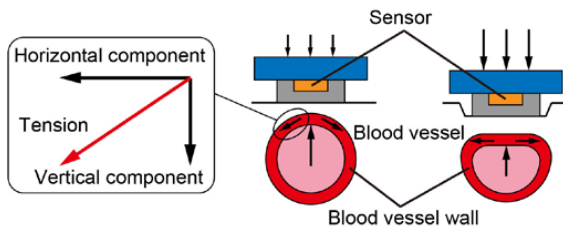


Fig. 1 Principles of measuring the blood pressure by arterial tonometry method.

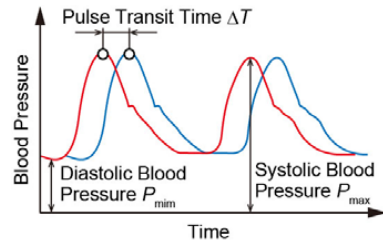


Fig. 2 Relationship between blood pressure and pulse transit time.

そこで、負荷の小さい較正方法として、脈波伝播時間 (Pulse Transit Time, PTT) により血圧を算出する方法を利用することを考えた。Fig. 2 に示す2つの脈波のピークの時間差である脈波伝播時間 ΔT と収縮期血圧 P_{MAX} は、係数 a 、 b を用いることで式(1)のように表すことができる¹⁰⁾。

$$P_{MAX} = a \ln \Delta T + b \quad (1)$$

この脈波伝播時間を計測するために、本研究では負荷の小さい反射型光電式容積脈波法を利用する。反射型光電式容積脈波法では、赤外LEDから赤外光を照射して動脈血層で反射させ、その反射光をフォトダイオードで計測する。動脈以外の組織からの反射光量は拍動中に変化しないため、脈波をフォトダイオードの受光量の変化として計測することができる。

本研究では、トノメトリ法を用いた血圧脈波センサと、反射型光電式容積脈波法を用いたセンサによる脈波を同時に計測する。計測脈波から脈波伝播時間を求め、脈波伝播時間から算出される収縮期血圧を用いて、トノメトリ法で計測した血圧を較正する。この方法により低負荷な較正を実現することで、日常的な血圧脈波計測デバイスの実現を目指す。

2. デバイスの概略と試作

較正可能な血圧脈波計測デバイスとして、本研究ではトノメトリ法による血圧脈波を計測するための圧力センサと、容積脈波を計測するための光電式センサを試作する。

試作する圧力センサの概略を Fig. 3 に、試作したセンサの写真を Fig. 4 に示す。試作する圧力センサは、カンチレバーを穴のあいた剛体の土台に配置し、弾性体で覆ったものである。センサ上部に力が加わると弾性体が変形し、それに追従してカンチレバーも変形する。このカンチレバーの変形を、カンチレバーにはり付けたひずみゲージの抵抗値変化により検出する。

圧力センサの試作は、まず $2.0 \times 6.0 \times 0.1 \text{ mm}^3$ のりん青銅板のカンチレバーにひずみゲージを貼り付け、アクリル板の土台に接着する。アクリル板は厚さ 3 mm、外形 $19 \times 19 \text{ mm}^2$ で、内部に $7 \times 7 \text{ mm}^2$ の穴を加工してある。このアクリル板を治具に固定し、弾性体であるシリコンゴム (Polydimethylsiloxane, PDMS) を流し込み、不要な部分を切除する。なお、アクリル板の上部に突出している PDMS 部の寸法は $12 \times 10 \times 6 \text{ mm}^3$ である。

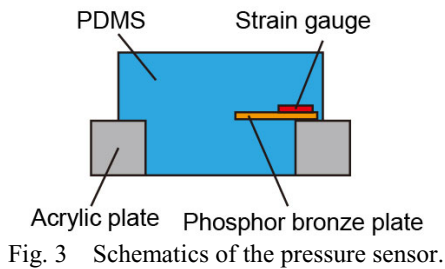


Fig. 3 Schematics of the pressure sensor.

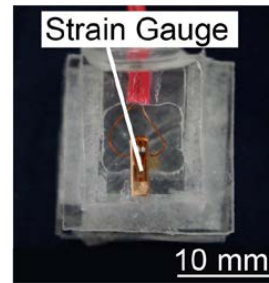


Fig. 4 Photograph of the fabricated pressure sensor.

次に試作する光電式センサの概略を Fig. 5 に、試作したセンサの写真を Fig. 6 に示す。試作する光電式センサは、フレキシブル基板上に発光素子、受光素子、増幅素子を配置し、透明な弾性体で覆ったものである。反射型光電式容積脈波法を利用しており、発光素子から照射された光が生体内で部分的に吸収・反射し、血流に応じた反射光を受光素子で検出し、信号増幅することによって、血管の容積変化を反射光の光量変化として検出することができる。

光電式センサの試作は、まず $13 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \times 47 \text{ }\mu\text{m}$ のフレキシブル基板上に、電気回路配線を Cu のエッチングにより形成する。この回路上に、発光用の波長 880 nm の近赤外線 LED、受光用のフォトダイオード、増幅用オペアンプのはんだ付けを行い、治具に固定した状態で PDMS を流し込む。PDMS の硬化後に治具を取り外し、余分な PDMS を切除して、 $13 \times 25 \times 4 \text{ mm}^3$ の光電式センサが完成する。

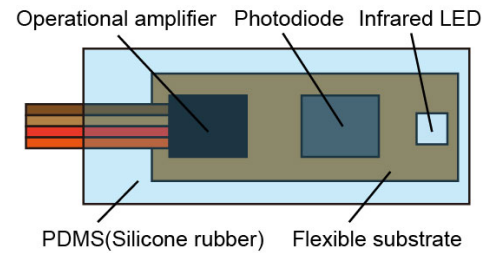


Fig. 5 Schematics of the photoelectric sensor.

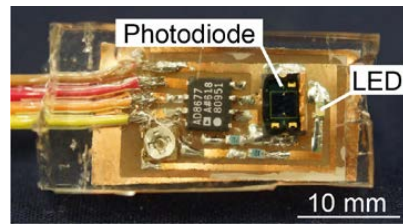


Fig. 6 Photograph of the fabricated photoelectric sensor.

3. 実験と考察

3. 1 血圧脈波計測センサの基礎特性実験

まず、血圧脈波計測センサとなる試作した圧力センサの基礎特性を計測する。Fig. 7 に示すように、圧力センサを Z 軸ステージに固定されたフォースゲージの先端に配置し、Z 軸ステージに鉛直下向きに変位を与えて押し付けることで、0~29.8 kPa (0~223 mmHg) の垂直応力を加える。この際、ひずみゲージの抵抗値変化をブリッジ回路と増幅回路によって電圧に変換し、垂直応力と出力電圧の関係を計測した。計測結果を Fig. 8 に示す。実験結果より、垂直応力と出力電圧がほぼ線形の関係にあることがわかる。そこで、最小二乗法により出力電圧から垂直応力に変換する、式(2)を求めた。

$$P \text{ [kPa]} = 59.6 \text{ [kPa/V]} \times \Delta V \text{ [V]} \quad (2)$$



Fig. 7 Experimental setup for measuring the basic property of pressure sensor.

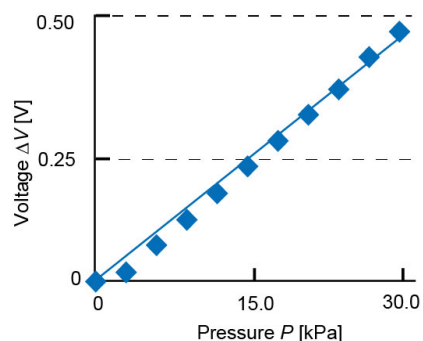


Fig. 8 Basic property of the pressure sensor.

3. 2 血圧脈波計測実験

次に、試作した圧力センサを用いて、トノメトリ法による血圧脈波計測実験を行う。実験セットアップを Fig. 9 に示す。ここで、血圧脈波計測実験と、後述する脈波伝播時間計測実験のセットアップは共通となる。実験の被験者は 20 代の成人男性 1 名とし、左腕と心臓を同じ高さにした状態で 10 分間安静にした後、実験を行った。また、血圧脈波計測実験では、左手首の橈骨動脈に圧力センサを押しあて、計測される血圧脈波の振幅が最大となるような位置、押しつけ力の条件で実験を行っている。

血圧脈波計測実験の結果を Fig. 10 に示す．実験結果より，周期的な血圧変動が問題なく計測できており，血圧の最大値となる収縮期血圧は 149 mmHg，血圧の最低値となる拡張期血圧は 123 mmHg であった．被験者の通常時の血圧が収縮期で 140 mmHg，拡張期で 100 mmHg 程度であるため，本来の血圧値より 10～20 mmHg 程度大きな値が計測されてしまっている．これは，センサの押しつけ力が小さいと皮下組織に力が分散してしまい血管上部を平坦にできないため，押しつけ力が実際の血圧値以上になり，血圧が実際の圧力よりも高く計測されたと考えられる．

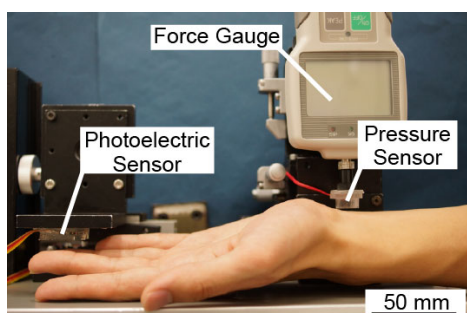


Fig. 9 Experimental setup of the measurement.

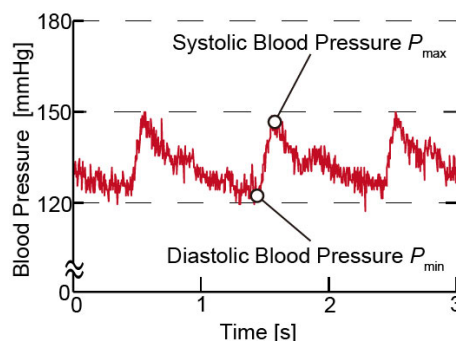


Fig. 10 Blood pressure pulse wave measured by the fabricated pressure sensor.

3. 3 脈波伝播時間計測による係数の算出

次に，試作した光電式センサと圧力センサの両方で脈波を計測し，計測された脈波から脈波伝播時間を算出する．さらに，算出された脈波伝播時間から式(1)の係数 a ， b を求める．実験のセットアップは血圧脈波計測実験と同じ Fig. 9 のセットアップで行う．血圧脈波計測用の圧力センサを左手首の橈骨動脈直上，容積脈波計測用の光電式センサを左手中指に配置し，2 点同時に脈波計測を行った．

まず，計測脈波からの脈波伝播時間の算出を行う．試作した光電式センサと圧力センサで計測された脈波を Fig. 11 に示す．計測された脈波では，血圧が最大となるタイミングを基準とし，圧力センサと光電式センサで計測された脈波の時間差を計測する．ここで，光電式センサで計測された脈波では反射型光電式容積脈波法を利用しているため，血圧が最大となるタイミングで血流の容積が最大となり，血液による赤外光の吸収も最大となるため，反射して計測される光量は最小となる．そのため，血圧が最大となるのは，出力電圧が最低値をとるタイミングとなる．また，圧力センサは手首に配置し，光電式センサは指先に配置してあるため，圧力センサが最大値を取った後に，光電式センサが最小値を取り，その時間差が脈波伝播時間となる．Fig. 11 より，計測された脈波伝播時間は $\Delta T = 0.198$ s であった．ここで圧力センサから光電式センサまでの距離は 220 mm であるため，脈波伝播速度の逆数である脈波伝播速度は 1.11 m/s となる．脈波伝播速度は通常 1～1.5 m/s であるため¹¹⁾，適切な計測が行えていることがわかる．

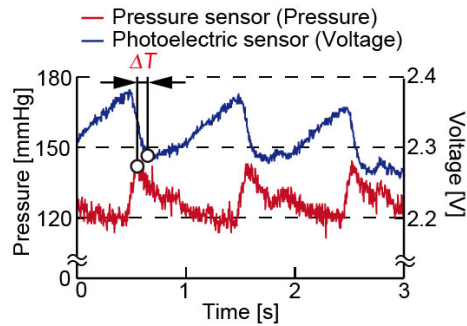


Fig. 11 Measurement of the pulse transit time by the pulse waves of fabricated sensors.

次に、算出された脈波伝播時間から式(1)の係数 a , b を求め、脈波伝播時間からの血圧算出を行う。ここで、血圧と脈波伝播時間を変化させるため、Fig. 12 に示すように心臓に対して腕の高さを変え、試作センサの相対的な計測高さを変えることで血圧を上下させ、計測を行った。この際、比較のため市販血圧計（オムロン社製、デジタル自動血圧計 HEM6310）でも血圧を計測した。

実験結果を Fig. 13 に示す。圧力センサと光電式センサによって計測された脈波伝播時間 ΔT を横軸に取り、その際に市販血圧計によって計測された収縮期血圧 P_{cuff} を縦軸に取っている。ただし、脈波伝播時間 ΔT の横軸は対数グラフを使用している。Fig. 13 より、脈波伝播時間の増加に応じて、収縮期血圧が減少傾向にあることがわかる。そこで、Fig. 13 の実験結果の傾きと切片を最小二乗法により求め、 ΔT から収縮期血圧 P_{MAX} を算出する式(3)を導出した。

$$P_{\text{MAX}} [\text{mmHg}] = -19.5 \times \ln \Delta T + 98.7 \quad (3)$$

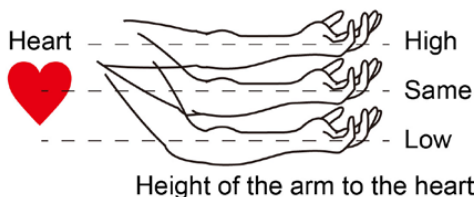


Fig. 12 Changing the blood pressure by changing relative height of the arm to the heart.

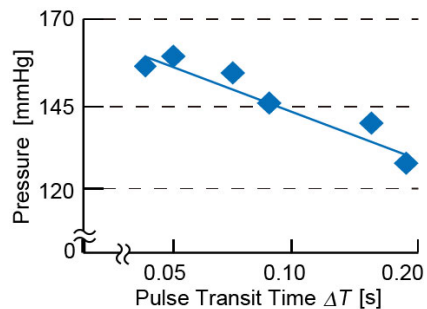


Fig. 13 Relationship between PTT and blood pressure measured by sphygmomanometer.

3. 4 血圧比較実験と考察

最後に、試作デバイスと市販血圧計を用いて4日間の血圧計測実験を行った。計測実験の最初の12時間は3時間ごとに計測を行い、それ以降は12時間ごとに計測した。それぞれの計測時に、圧力センサにより計測された血圧値、脈波伝播時間から式(3)を用いて算出した血圧値、市販血圧計による血圧値を計測した。計測結果を Fig. 14 に示す。また、それぞれの血圧計測結果について、

計測開始から 12 時間前後における市販血圧計による計測値と、トノメトリ法により圧力センサにより計測した血圧値，脈波伝播時間から算出した血圧値との相関係数を Table 1 にまとめた。

トノメトリ法により圧力センサで計測した血圧値と市販血圧計を比較すると，計測開始から 12 時間の計測については約 30 mmHg の差があるものの，相関係数は 0.76 であり，高い相関がみられることがわかる．これに対して，計測 12 時間以降は計測結果がばらついてしまっており，相関係数も -0.19 と大幅に低減してしまっている．一方，脈波伝播時間から算出した血圧値は，計測開始から 12 時間までは相関係数 0.89 と高い相関を示し，さらに，計測 12 時間以降でも相関係数は 0.55 であり，長期間計測を行っても比較的精度が低下し難いことがわかる．

以上より，トノメトリ法による血圧計測は，短期的には高い精度で計測可能であるが，長期間の計測では精度が大幅に低減してしまうため，定期的な較正が必要であることが確認できた．これに対し，脈波伝播時間から算出される血圧値は，長期間使用しても比較的精度が低下し難いことがわかった．そのため，トノメトリ法による血圧計測を，精度の低下し難い脈波伝播時間により算出された血圧値によって較正することで，高精度かつ連続的な血圧脈波が計測できるデバイスを実現できることを示唆できたのではないかと考える．

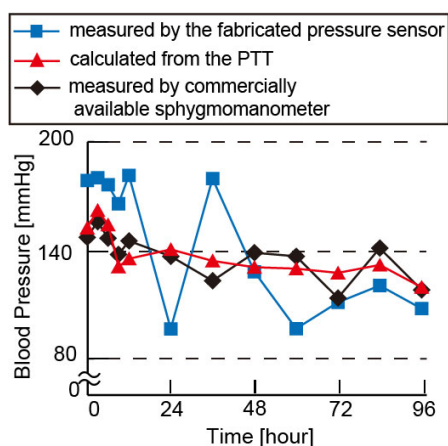


Fig. 14 Blood pressure measured by the fabricated sensors and sphygmomanometer.

Table 1 Correlation coefficient of blood pressures measured by sphygmomanometer and fabricated sensors.

	Before 12 hours	After 12 hours
Fabricated pressure sensor	0.76	-0.19
Calculated from the PTT	0.89	0.55

4. 結論

本研究では長期間の連続した血圧脈波計測を実現するために，トノメトリ法による血圧脈波計測用の圧力センサと，反射型光電式容積脈波法を利用した光電式センサを試作した．試作センサは，それぞれ $19 \times 19 \times 9 \text{ mm}^3$ ， $13 \times 25 \times 4 \text{ mm}^3$ である．試作した圧力センサを手首に，光電式センサを指先に装着して脈波計測実験を行い，それぞれのセンサで脈波が問題なく計測できることを確認した．さらに，脈波から脈波伝搬時間を計測するとともに，脈波伝搬速度が 1.11 m/s となることを確認した．試作したトノメトリ法用の圧力センサ，市販血圧計，脈波伝播時間から算出

した血圧値を比較した結果, 計測開始から 12 時間まではトノメトリ法による計測と市販血圧計の相関が高く, 脈波伝播時間から算出した血圧値は平均して相関が高いことがわかった. そのため, 脈波伝播時間から算出した血圧値によりトノメトリ法の血圧を較正することで, 高精度かつ連続的な血圧脈波が計測できるデバイスを実現できる可能性を示した.

謝辞: 本研究は日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費助成事業 (科研費) 挑戦的萌芽研究「マイクログセンサを用いたトノメトリ法による血圧脈波計測デバイスの研究」(課題番号: 15K12522) の助成を受けたものです.

参考文献

- 1) 桑島巖: 総説 24 時間血圧変動, 心臓, Vol. 25, pp. 491-502 (1993).
- 2) 大久保孝義: 非医療環境下血圧による脳卒中リスク予測とその予防, 第 33 回日本脳卒中学会, Vol. 30, No. 6, pp.829-833 (2008).
- 3) 島田和幸, 今井潤, 桑島巖, 梶久保修, 林博史, 河野雄平, 川崎晃一, 阿部圭志, 小澤利男, 斎藤郁夫, 大塚邦明, 石井當男, 竹下彰: 24 時間血圧計の使用(ABPM)基準に関するガイドライン, *Jpn. Circ. J.*, Vol. 64, Suppl. V, pp. 1207-1248 (2000).
- 4) P. B. Bottini, R. B. Rhoades, A. A. Carr, and L. M. Prisant: Mechanical trauma and acute neuralgia associated with automated ambulatory blood pressure monitoring, *Am. J. Hypertens.*, Vol. 4, No. 3, p. 288 (1991).
- 5) E. Heude, P. Bourgin, P. Feigel, and P. Escourrou: Ambulatory monitoring of blood pressure disturbs sleep and raises systolic pressure at night in patients suspected of suffering from sleep-disordered breathing, *Clin. Sci.*, Vol. 91, No. 1, pp. 45-50 (1996).
- 6) 飴物修: トノメトリ法による血圧測定, 呼吸と循環, Vol. 42, No. 12, pp. 1173-1179 (1994).
- 7) G. Lopez, M. Shuzo, H. Ushida, K. Hidaka, S. Yanagimoto, Y. Imai, A. Kosaka, J. J. Delaunay, and I. Yamada: Continuous blood pressure monitoring in daily life, *J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf.*, Vol. 4, No. 1, pp. 179-186 (2010).
- 8) 鈴木新, 辻佳起, 植瑞貴, 劉和輝: 脈波センサーによる血圧推定, 生体医工学, Vol. 52, Supplement, pp. OS-60-61 (2014).
- 9) K. Shioya and T. Dohi: Blood pressure measurement device based on the arterial tonometry method with micro triaxial force sensor, *17th Int. Conf. Solid-State Sens. Actuators Microsyst. (Transducers '13)*, pp. 2389-2392 (2013).
- 10) D. J. Hughes, C. F. Babbs, L. A. Geddes, and J. D. Bourland: Measurements of Young's modulus of elasticity of the canine aorta with ultrasound, *Ultrason. Imaging*, Vol. 1, No. 4, pp. 356-367 (1979).
- 11) 菅原基晃, 前田信治: 血液のレオロジーと血流, コロナ社, pp. 103-108 (2003).

技術報告

GPSハイブリッドソーラー電波時計の開発

尾下佑樹

カシオ計算機株式会社時計事業部モジュール開発部, 東京都羽村市栄町 3-2-1, 〒205-8555

(2015 年 9 月 25 日受付, 2015 年 11 月 25 日再受付, 2015 年 11 月 29 日採録)

Development of a GPS Hybrid Radio-Controlled Solar-Powered Watch

Yuki OSHITA

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

(Received September 25, 2015, Revised November 25, 2015, Accepted November 29, 2015)

ABSTRACT

We have developed a solar powered watch which has hybrid timekeeping system by combining both GPS signal and the long wave radio signal reception capability. We have reduced the GPS power consumption so that the battery has been downsized. We also achieved the hybrid timekeeping system by developing GPS and radio signal reception algorithm, and by high-density packaging design. This hybrid watch will give users more chance to receive the exact time information than before.

1. はじめに

カシオ計算機では, これまでに日本/北米/欧州/中国の 6 局の標準電波を受信して時刻を補正する電波時計を製品化し, 好評を博してきた. しかし標準電波が届かないエリアでは時刻を補正する事が出来ないという課題があった. この課題を解決するために GPS 受信システムを搭載する事で, 世界中の全エリアで正確な時刻を受信する事が可能となった. また今まで培ってきた標準電波受信機能を搭載する事により, GPS の弱点である屋内での受信確率も高める事が可能となった. この 2 つの受信システムを搭載した GPS ハイブリッドソーラー電波時計「GPW-1000」(Fig. 1)を製品化したので技術ポイントを紹介する.



Fig. 1 GPW-1000, GPS hybrid radio-controlled solar-powered watch.

2. 開発のポイント

今までカシオが製品化してきた GPS 搭載時計は、今回製品化を目指した高級アナログ時計にとってはサイズが大きくデザインを大きく損ねてしまう課題があった。サイズが大きくなってしまいう要因は、GPS 受信 IC の消費電力が大きいため大きな電池を採用せざるを得なかったという事と、感度を確保するためにアンテナをモジュールの外側に配置せざるを得なかったためである。また、GPS 単体では屋内での受信が困難であるという事も課題としてあった。そこでモジュールサイズと受信環境の課題を解決するべく、以下の3つのポイントの開発に注力したので次項以降に詳細を解説する。

- ・ GPS 受信の低消費電力化
- ・ GPS／標準電波ハイブリッド受信システムの開発
- ・ 受信感度と小型化を両立したモジュールの開発

3. GPS 受信の低消費電力化

開発スタート当時、SONY から「CXD5600GF」という低消費電力が特長である GPS 受信 IC が発表されており、一般的な GPS 受信 IC と比較し低消費電力であった事から採用を決定した。本 IC のスペックと目標とするモジュールサイズから、 $\phi 20\text{ mm}$ 厚さ 18.5 mm の小型リチウムイオン2次電池「CLB2016」を選定した。しかし GPS 受信 IC の標準的な受信アルゴリズム制御で消費する電流値では、CLB2016 の低温時の負荷特性に課題があったため、受信アルゴリズムを新たに時計用途に最適化させ、さらなる低消費電流化が必要であった。

また標準受信アルゴリズム制御の電流値では、ソーラーによる発電に必要な電力を賄わせるために、文字板の色を薄くしてソーラーセルに透過する光量を大きくしなければならなかった。高価格帯の腕時計に見合った品位を持たせるためにも、消費電流をより下げ、文字板の色をより濃くする必要があった。

低消費電流化を達成した最大の開発ポイントは、GPS 送信信号から時刻情報のみを取得する時刻受信モードを開発する事であった。

時刻受信モードの詳細を説明する前に、一般的な GPS の現在位置測位方法の概要を理解する必要があるのでここで解説を行う。まず GPS 受信機は4基以上（2D-fix 時は3基）の GPS 衛星の信号を受信し、4 衛星分のエフェメリスと呼ばれるその衛星自身の軌道情報と、各衛星から送られてくる時間情報を取得する。時間×光の速さで衛星と受信機までの距離を算出する計算式を4つ作り、連立方程式を解いていく事で現在位置を特定する事が出来る。GPS から送信される信号は、サブフレームと呼ばれる6秒を1区切りとする5つのデータの集合体で構成され、30秒で一巡する。サブフレーム1には衛星状態とクロック補正係数などが含まれ、サブフレーム2と3に

エフェメリス情報が格納されている。現在位置を算出するためには、最低でもサブフレーム 1 ～ 3 まで取得する必要があるため、18 秒間かけてデータをダウンロードしなければならない(Fig. 2)。

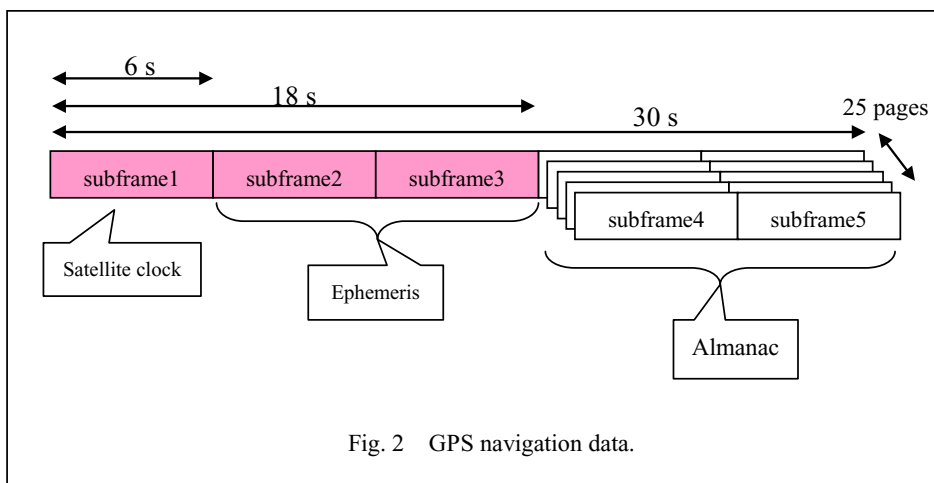


Fig. 2 GPS navigation data.

一般的なカーナビやスマートフォンに搭載されている GPS は、受信時に上記のような現在位置の算出を行っているが、今回製品化した腕時計では現在位置を表示するのではなく、時刻を修正するために使用される。本製品では、ユーザーがまず初めに上記のような現在位置を算出する受信方法を「位置受信」と呼ぶ。位置受信によりその場所のタイムゾーンを取得した後は、タイムゾーンの異なる場所へ移動しない限りはしばらく同じタイムゾーンの環境で過ごす事になると想定される。タイムゾーン取得後は時刻情報さえ受信出来れば正確な時刻を維持出来るので、位置受信で毎回現在位置を算出する必要はない。そこで普段の時刻修正だけを行う時は、時刻情報だけを取得する「時刻受信」と呼ぶ受信方法を行うようにした。具体的には下記のような受信方法を採用している。

1つのサブフレームは全 300 ビットで、ワードと呼ばれる 30 ビット 10 個で構成されている。ワード 1 にはサブフレームの先頭を示すプリアンブルコードが、ワード 2 には日曜の 0 時からカウントされる 1 週間単位の時刻情報 (TOW) が含まれている²⁾。時刻受信時は、6 秒毎に送信されるこの TOW のデータを受信する事により、時計の時刻を修正するという工夫を行った。この結果、位置受信時は最短約 30 秒程度受信時間がかかるのに対して、時刻受信時は最短約 7 秒程度で済むようになった。また位置を算出するためには 4 基以上 (2D-fix 時は 3 基) の衛星を捕捉する必要があったが、時刻受信では時刻情報さえ取得出来れば良いので、捕捉衛星は 1 基で済み衛星を捕捉する時間も位置受信と比べ短縮する事が出来る。この結果、標準受信アルゴリズム制御動作時と比較して、この時刻受信動作時では約 50% 電流値を削減する事が出来た。

4. GPS 標準電波ハイブリッド受信システムの開発

GPS 受信は標準電波受信と比較して、室内での受信が難しいという問題があり、受信を行うためには空が開けている屋外で受信をしなければならない。その問題を解決するために標準電波機能も一緒に搭載した GPS とのハイブリッド受信システムを開発した。

標準電波の周波数は 40 kHz~77.5 kHz で、GPS の周波数 1.57542 GHz と比較すると低い周波数であるため回折し易く、木造家屋の室内や窓際であれば受信出来る確率が高い。また GPS と比較し消費電流も数百分の一ほどの値しかないので、標準電波を受信出来るエリアであれば GPS で時刻を修正するよりも標準電波を受信した方が圧倒的に消費電流は少なくて済み、電池の持続時間も延ばす事が出来る。この標準電波のメリットを最大限活かすために以下のようなシステムの工夫を行っている。

まずユーザーがタイムゾーンの変わる移動をした際、GPS による位置受信を行い現在位置の緯度経度を算出する。FLASH メモリ内に保存されている地図データから、算出された緯度経度の地点のタイムゾーン/サマータイム/標準電波受信可否といった情報を取り出す事が出来る。現在位置が標準電波受信可能エリアだった場合は、以降の自動時刻受信時に標準電波を優先して受信し、もし標準電波の受信が失敗した場合でも条件が整えば GPS による時刻受信を自動で行うようにする事で、受信確率を高めると共に標準電波の低電流のメリットを最大限享受できるシステムとなっている。また GPS による自動時刻受信は、ソーラーセルで強い太陽の光を検知した時にだけ屋外に居る確率が高い判断して自動で受信しにいく制御を行っているため、GPS を受信する際も無駄な電流を消費しないような工夫が成されている。

5. 受信感度と小型化を両立したモジュールの開発

一般的なアナログ時計と同様のデザインとするために GPS 用アンテナはモジュール内部に搭載しなければならない。しかしモジュール内部にアンテナを搭載する場合、アナログブロックやソーラーセルがアンテナより上側に配置されるため、受信感度性能は厳しくなる。そのため感度を確保するために縦横約 11 mm、厚さ約 3 mm のパッチアンテナを採用した。目標とするモジュールサイズを達成するためには、このパッチアンテナと GPS 部品を 1 つの基板に搭載し、尚且つ 5 つのモーターを搭載するためにパッチアンテナ上部を避ける形でアナログブロックを配置しなければならなかった。

今回パッチアンテナ上部以外のスペースに 5 つのモーターを配置するにあたり、2013 年末モデルから採用されていた従来のモーターの約 75%に小型化されたモーター (Fig. 3) を採用す

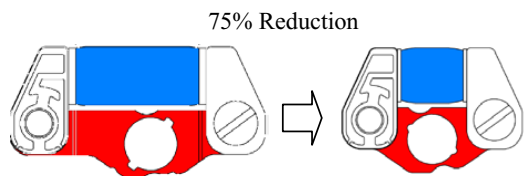


Fig. 3 Small-sized motor.

る事で、少ないスペースでも5つのモーターを配置可能となった。さらにこのアナログブロックをマザー基板から浮かせた構造とする事で空間が生まれ、その空間にGPS部品や標準電波部品など多数の電子部品を表面実装する事が可能となり、多数の電子部品を1枚の基板に収めることが出来た (Fig. 4)。以上の工夫を行う事により、目標のモジュールサイズφ35 mm, 厚さ 8.05 mm を達成する事が出来た。

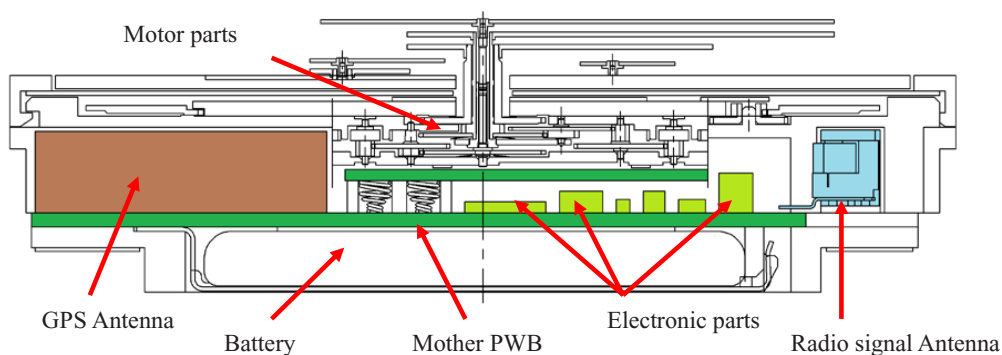


Fig. 4 The sectional view of the GPS hybrid module.

6. まとめ

以上のような電流値の削減と実装的工夫により、目標とするモジュールサイズを実現でき、時計として競争力のある製品を作る事が出来た。また標準電波とGPSによるハイブリッド受信システムを実現した事で受信確率が高まり、今まで以上に正確な時間をユーザーに提供できる事が可能となった。

7. おわりに

GPS時計のさらなる小型化、薄型化、文字板品位の向上のために、GPS受信システムのさらなる低消費電力化とアンテナの小型化が課題となる。

参考文献

- 1) 坂井文泰: GPS 技術入門, 東京電機大学出版局, pp. 36-41, pp. 69-79 (2003).
- 2) トランジスタ技術編集部編:GPS のしくみと応用技術, CQ 出版社, pp. 40-43, pp. 77-89 (2009).

見学会報告

本田技研工業株式会社 埼玉製作所 狭山完成車工場

寺嶋一彦

シチズン時計株式会社

見学先：株式会社本田技研工業 埼玉製作所 狭山完成車工場

〒530-1392 埼玉県狭山市新狭山 1-10-1

日時：2015 年 6 月 17 日 14:00～16:00

見学内容：狭山完成車工場概要説明⇒工場内見学⇒DVD（埼玉製作所案内）⇒質疑応答

参加者：38 名

本年度も日本時計学会見学会が上記の要領で開催された。見学会は、先ずオリエンテーションルームにおいて口頭による狭山完成車工場概要説明、続いて工場内見学、その後オリエンテーションルームに戻り DVD による埼玉製作所の案内、最後に質疑応答の順で進められた。

埼玉製作所・狭山完成車工場の操業開始は 1964 年

(昭和 39 年) 5 月であり、本田技研工業における初の 4 輪車量産工場として誕生した。今年で 51 周年を迎えている。敷地面積 385,000 m² (東京ドーム 8 個分に相当)、建屋延床面積は 428,652 m² とのこと。生産される車はアコード、ステップワゴン、CR-V、フィット、ジェイド、オデッセイ等である。



図 2 正門看板



図1 工場正門

つづけて 2 班に分かれて完成車組み立て工場内を見学した。見学できた工程は①エンジンドレスアップ、②完成車メインラインとガラス取付けライン、③シート取付け工程、④検査工程、⑤溶接工程であった。工場内は写真撮影禁止となっていた。



写真3 工場外観

また塗装ラインはノウハウが多く、いずれの自動車会社でも見学はできないはずとのことだった。最初に見学したエンジンドレスアップ工程とはエンジンにミッションとサスペンションを取り付ける工程である。当狭山完成車工場では車体とエンジンを同期させて生産を進めるという。原材料の鋼板プレス加工から車体完成までおよそ 16 時間であり、60 秒に 1 台の能力で完成車が製造できる。

完成車メインラインではモデルチェンジして間もないステップワゴンが生産されていた。ラインを流れる車体毎に主要部品のみならず顧客の希望オプションも組み込まれて行く。車体の溶接工程では複数のロボットアームが、

あたかも釜首を持ち上げた大蛇が獲物を咬みに行くかの如き動きを見せ、速やかに所望の溶接端部にアームを伸ばすと、次々に火花を散らしていく様が圧巻であった。

工場内見学の後、オリエンテーションルームに戻り埼玉製作所の案内 DVD を拝見した。埼玉製作所は狭山完成車工場、寄居完成車工場、小川エンジン工場の 3 拠点から成る。寄居完成車工場は 2013 年に稼働スタートし、年間 25 万台の生産能力を有する。敷地面積は東京ドーム 20 個相当とのこと。また隣接する小川町にエンジン専用の小川エンジン工場設け、2009 年より稼働を開始している。

DVD 観賞の後、今回の見学全体を通しての質疑応答の時間を設けていただいた。参加者が 38 名と多いことも有り、活発な意見交換がなされた。時計のような小型精密機械とは異なる大きな部品の製造方法や品質管理体制など興味深い点が多かった。

今回見学させていただいた本田技研工業・埼玉製作所・狭山完成車工場は関東近郊に残った数少ない完成車工場であるため、工場見学の人気も高く、本見学中也他の団体と工場内ですれ違うこととなった。帰りに工場オリジナルの帽子を見学の記念品としていただいた。生産等の本業で多忙な中にあっても多くの見学者を快く受け入れる本田技研工業・埼玉製造所各位の「もてなしの心」に敬意を表したい。また、今回丁寧なご対応、ご説明をいただいた担当の方々に誌面を借りて御礼申し上げたい。



写真4 工場外観

研究会報告

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 佐野 健一 氏 日立マクセル株式会社 エナジー事業本部 MD 技術部 部長

参加者 22名 (正会員 11名, 非会員 11名)

東京大学大学院	1名 (正会員)
シチズンホールディングス (株)	1名 (非会員)
シチズン時計 (株)	4名 (正会員 1名, 非会員 3名)
シチズン時計マニュファクチャリング (株)	1名 (正会員)
セイコーインスツル (株)	6名 (正会員 3名, 非会員 3名)
盛岡セイコー工業 (株)	1名 (正会員)
リズム時計工業 (株)	1名 (正会員)
セイコークロック (株)	1名 (正会員)
カシオ計算機 (株)	1名 (非会員)
セイコーエプソン (株)	5名 (正会員 2名, 非会員 3名)

司会 小池 邦夫 セイコーエプソン (株) ウォッチ事業部 W商品開発部

*2014年11月21日 中央大学 後楽園キャンパス新2号館7階2735号室にて開催

第1部 講演

1. 概要

クォーツ式ウオッチの電源は酸化銀電池（使い切りの一次電池）が主流であったが、その後ウオッチの充電技術の進化により、ソーラーや振り子、スプリングを利用した充電方式により、小形で充電可能な二次電池（略称：MT, CLT, TC など充電して繰り返し使える）が使われるようになった。更に日本でクォーツ式ウオッチが誕生して、50年振りの革新と言われる、衛星から時刻情報や位置情報を受信する事が出来るようになったウオッチが製品化された。

このウオッチは衛星から情報を受信する際に 10～20mA の大きな負荷が必要となるため、高出力の二次電池が必要となってきた。

本講演では、衛星受信方式を搭載したウオッチに使用されている、高出力コイン形リチウム二次電池の現状と今後の展望について紹介する。

2. 高出力コイン形リチウム二次電池（略称：CLB）の開発経緯と特長

1960年を過ぎると一般的に電池を使用する機会が増えるようになった。電池は、電池を必要とする機器のニーズに対応して進化、成長してきた。

一般的な化学電池の場合、容器（筐体）の中に正極活物質、負極活物質、電解液及び正極活物質と負極活物質を隔離するセパレータが構成されている。機器のニーズに対応した電池とは1）筐体のサイズ、形状、2）活物質の組合せによる電圧設定、3）広い温度範囲でエネルギーを取り出し、劣化を抑制するために必要な電解液、4）出力特性と安全性を両立するためのセパレータ、5）これらを実現する設計と製造プロセスが必要となる。

2. 1 多様化するニーズ

ウオッチを代表として、体に身に着ける機器の進化が進みつつある。Body Area Network (BAN) の領域の機器が開発されその多くは、ワイヤレス技術に必要な通信技術の進歩を伴うものである。

言い換えると通信技術の進化により機器がワイヤレス化して、体に身に着ける事が目的になったことで小形機器のニーズが広がってきたと考えられる。

また、通信により電池により出力特性が必要となって来たため、使い切りの電池では極端に電池寿命が短くなることから、小形二次電池が必要となっている。

Fig. 1に通信を使った小形機器の事例を示す。

これらは全て小形二次電池の導入が検討されているものである。BAN機器、小形機器での電池に対する要望は、上記に述べたような各種センシングのための重負荷放電性能や小形化による機器への装着性だけでなく、安全性と長期信頼性が最も重要である。



Fig.1 通信を使った小形機器

2. 2 電池の課題

Fig. 2に一般的に知られている既存の電池の課題を示す。機器を大電流で長時間使用するためには、携帯電話機などで一般に使用されているリチウムイオン電池の特性が最適である。しかし、ウェアラブル機器向けに要求される電池体積（2.5 cc以下）の面では、ラミネ

課題	解決策	既存製品			
		CR コイン電池	リチウムイオン電池		
			角形	円筒形	超小形 ホリマー
超小形 (2.5cc以下)	コイン形 ラミネート形	○	×	×	△
大電流	反応面積を大きくできる電極構造 積層または捲回電極など	×	○	○	○
繰り返し 使える	二次電池(充電式)	×	○	○	○
変形しない、 安全	コイン形筐体、ステンレス筐体 積層電極構造 ガス発生が少ない材料	○	△	○	△
10年寿命	高信頼性クrimpシール封止 レーザー封止	○ (耐熱:◎)	○	○	△

Fig. 2 既存電池の課題

ート形電池は構造的な理由によって体積エネルギー密度が低くなる。また、角形リチウムイオン電池や円筒形リチウムイオン電池でも構造的に小形化自体が困難である。

2. 3 高出力コイン形リチウム二次電池（CLB）

Fig. 3にCLBの断面構造図を示す。日立マクセル社が開発したCLBは、従来からあるバックアップ用途の二酸化マンガンリチウム二次電池（ML電池）の出力特性とは異なり、リチウムイオン電池の特長である重負荷特性と、サイクル特性に加え、安全性を確保するという特長をもち、既存の電池の課題を解決することが可能である。

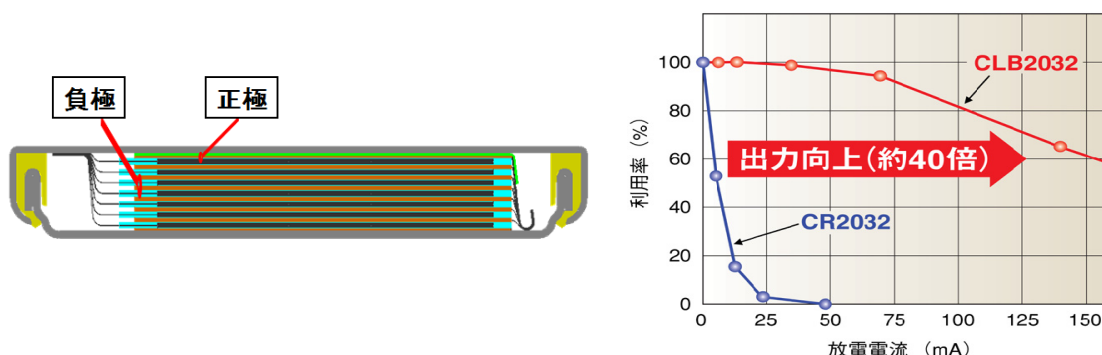


Fig. 3 CLBの断面構造図及び出力特性

従来のコイン形電池の電極は、セパレータを介して正負極電極が1枚ずつ相對して配置する構造となっており、出力特性に大きく影響する電極表面積が制約されていた。CLBでは独自の積層技術により、正負極電極を複数枚積層させることで電極表面積を拡大しており、同一サイズのリチウム系コイン電池比で40倍の出力特性を確保した。本構造は特許技術であり、権利は弊社が有している。ウェアラブル機器では無線通信や種々測定のため高出力が求められることが予想され、小形で高出力のCLBは相性の良い電源と考えている。

2. 4 CLBを使ったニーズへの対応事例

ニーズへの対応事例としてCLBを使って課題を解決した事例を示す。

Fig. 4に充電回路や安全性の機能を組み込んだCLB2032ユニットを示す。CLBを安全に使用するために必要な充電制御や保護機能はユーザー側で準備しなければならないことが普及の妨げとなっていた。そこで、一次電池を使った既存機器の回路設計を活かしながら、一次電池から二次電池への置き換えが簡単になる電池ユニットを2011年3月に製品化した。CLBを搭載し、電池制御に必要な4種類の機能（充電制御機能、電池保護機能、電



Fig. 4 CLB2032 ユニットの写真

圧変換機能、残量検知機能)をφ20mm×5mm サイズにワンパッケージ化した。必要な周辺回路を搭載することで機器回路設計の負担を軽減し、短期間での組み込みが可能となった。充電機能はCLBに最適な定電流・定電圧充電方式(CC-CV)を自動で充電制御する。電池保護機能は

過充電や過放電からの保護、再充電禁止や短絡による大電流をカットする機能といったCLBを安全に使用するために必要な機能を提供する。

端子形状については、接触タイプとピンタイプをラインナップしており、CLB2016 など他のサイズへの展開も可能である。

既存BAN機器には一次電池を利用したものが多く、電池ユニットによる電源ソリューションは各種小形機器の二次電池化を促進できるものとして期待している。

Fig. 5にワイヤレス化を実現した無線式ポータブル振動診断計の採用事例を示す。工場設備の保全に使用する振動計の主電源に大電流放電の可能なCLBを採用することで、センサーの無線化が可能となり、遠隔モニタリングや、製造現場での現地診断が可能となり、診断・保全作業の大幅な時間短縮が可能となった。

無線式ポータブル振動診断計

工場配管等の振動測定



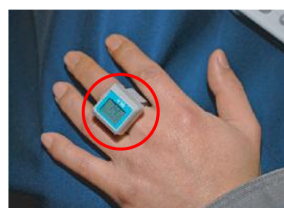
Fig. 5 採用事例 無線式ポータブル振動診断計

Fig. 6に無線式パルスオキシメーターへの採用事例を示す。

CLBの重負荷放電性能により、指輪型での無線送信が可能となり、従来のクリップ型ではできなかった日常生活の連続自動測定により、より正確な疾患測定が可能となっている。

パルスオキシメーター

脈拍数、血中酸素濃度を測定



CLB2032搭載

CR2032を使用、電池寿命3日

繰り返し使える二次電池

Fig. 6 採用事例 無線式パルスオキシメーター

Fig. 7に衛星電波ウォッチへの採用事例を示す.

従来、衛星電波ウォッチに必要な重負荷放電特性と長期信頼性を満足する小型二次電池は存在しなかった. 次項で述べる4つの要素技術により、衛星電波ウォッチ用電池として必要な重負荷放電特性と長期信頼性を達成し、GPSウォッチ唯一の電源として採用された.



Fig. 7 採用事例 衛星電波ウォッチ

2. 5 C L Bの4つの特長

Fig. 3に示した構造のC L Bは主に4つの特長を備えている. 1) 薄膜塗布電極を並列に積層構造にすることで反応面積を最大化し、優れた重負荷特性を有すること, 2) 正極電極をセパレータで包み込む(ラッピング技術, 弊社特許)ことで内部ショートのリスクを限りなく低減した安全性を有すること, 3) 独自の材料評価技術と電極の均一塗布技術により達成した高エネルギー密度, 4) 二酸化マンガンリチウム電池(C R電池)や酸化銀電池(S R電池)で長年培ったクリンプ封止技術により、小形電池の長期信頼性を確保した事.

Fig. 8にラッピング電極構造を示す. 正極電極をセパレータで包み込むことにより、正極電極と負極電極と直接の接触(内部ショート)を絶対的に防ぎ、高出力電池にとって危険な内部短絡による発熱・発火を防止している.

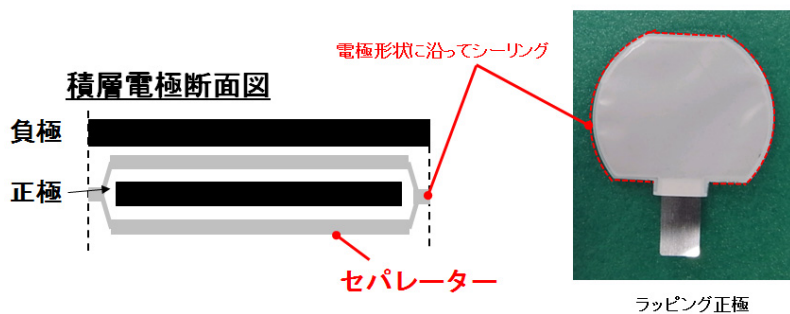


Fig. 8 ラッピング電極構造

3. ウォッチ用 CLB2016 について

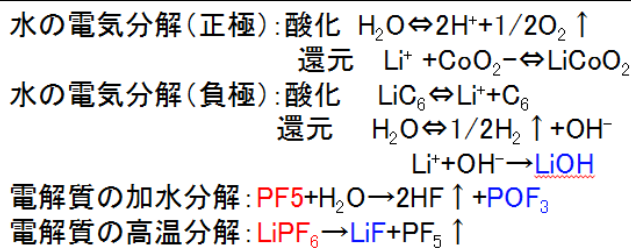
衛星電波ウォッチ用に製品化した、CLB2016 の信頼性技術について紹介する。ウォッチの要求は 10 年間安全に安定して使える事であるが、クリンプ封止構造を有する小形電池の場合の最も重要な特性は電池内への水分流入を防ぐことである。もう一つは 10 年間寸法変化が小さく安全であることである。携帯電話機用リチウムイオン電池では筐体には主にアルミニウムを使用することが多い。そのため材料自体が比較的柔らかく電池が膨張しやすい。これに対し CLB では強度の面で有利なステンレス材料を電池筐体に採用することで電池膨張を最小化、安全性はもちろんのこと、信頼性についても確保されている。

3. 1 10 年信頼性技術

Fig. 9 に 10 年間使用を想定した電池の劣化メカニズムを示す。

貯蔵による劣化現象のメカニズム

電池内での電解質分解と副生成物生成反応



※赤字:電解質 青字:副生成物

Fig. 9 電池の劣化メカニズム

ウオッチのような長期使用される機器では、空気中の水分が長い期間にわたり徐々に電池内に侵入し、電池の性能劣化が進行する。また、侵入した水分は、電解液中の電解質との化学的反応だけでなく、正極での酸化、負極側での還元という電気的分解反応により分解ガスを発生し、性能劣化だけでなく、内部ガスによる電池の膨れを引き起こすことが問題となる。CLBでは、①高信頼性封止技術による経年劣化抑制、②長期総高維持技術による膨れ抑制を達成した。

3. 2 高信頼性封止技術

Fig. 10に高信頼性封止技術について示す。CLBのようなコイン電池は、樹脂製ガスケットを介し、正極缶と負極缶をかしめる封止構造を採っている。CLBにおいては、①ガスケットに高耐久性材料（スーパーエンブラ）を採用、②スーパーエンブラおよびステンレス筐体の特性を最大限に生かした新形状により、衛星電波ウオッチに必要な長期な信頼性、常温環境において10年の設計寿命を達成した*。（弊社試験条件による）

封止・構造技術アプローチ

- ①高耐久性材料（ガスケット）の採用
- ②高信頼性封止構造の開発

①高耐久性ガスケット

スーパーエンブラを採用

採用例)
○タイヤ空気圧センサ用：耐熱CR電池
○火災警報器、ガスメータ：CR筒型電池

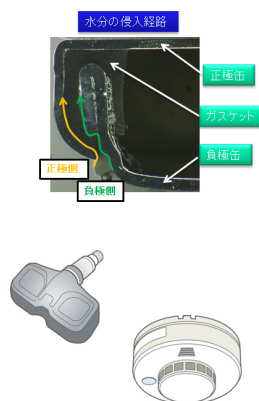


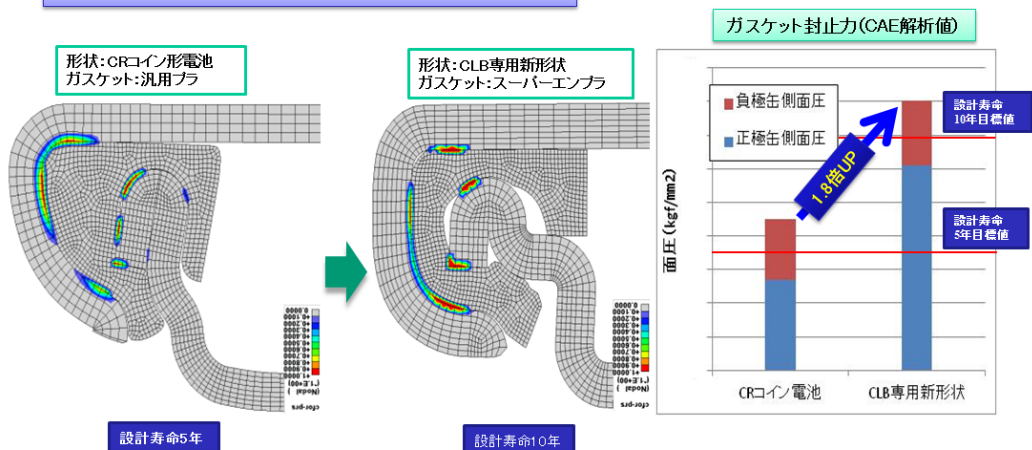
Fig. 10 高信頼性封止技術

Fig. 1 1に CLB2016 の CAE 封止構造について示す。

従来の設計寿命 5 年に対して、赤色で示す面圧力の向上により従来比 1.8 倍の封止力を確保し、設計寿命 10 年を実現した。

②高信頼性封止構造の開発

スーパーエンブラの特性を生かした新構造



ガスケット封止力を向上させ
10年耐える新構造を設計

Fig. 1 1 CLB2016 の CAE 封止構造

Fig. 1 2 に CLB2016 の水分侵入耐久テスト結果を示す。CAE 解析による面圧力 1.8 倍の向上により、85℃90%RH 貯蔵における水分侵入量を 65%減少することを確認した。

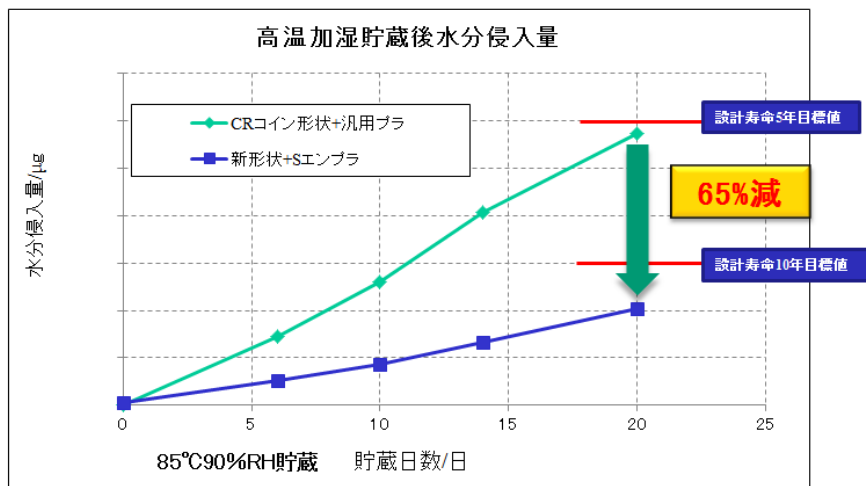


Fig. 1 2 CLB2016 の水分侵入耐久テスト結果

3. 3 電池膨れ抑制技術

Fig. 1 3に水分侵入による電池膨れメカニズムを示す。密封封止したコイン形電池は電池内部で発生したガスが電池膨れ現象となる。電池内部への僅かな水分侵入により電解液は、正極での酸化分解によるCO, CO₂, 負極側での還元分解によるCH₄, C₂H₆という分解ガスを発生する。また、電池内に侵入した水分は、電解質である六フッ化リン酸リチウム (LiPF₆) と反応し、フッ化水素 (HF) ガスを発生する。これらの反応に起因する電池の膨れを抑制することが大変重要である。

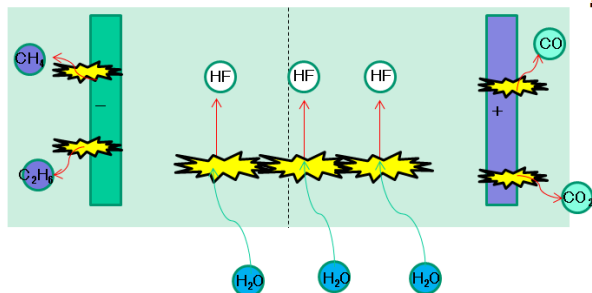
Fig. 1 4に電池膨れ抑制技術の効果について示す。HFは、水分による反応だけでなく、熱分解によっても発生し、その蓄積が長期的な電池の膨れの要因となってしまう。CLBにおいては、発生したHFを吸着・トラップする添加剤により、HFによる膨れを抑制することで、長期的な形状の安定性を確保出来るようになった。

電池膨れのメカニズム

電池反応模式図

セパレータ

電解液

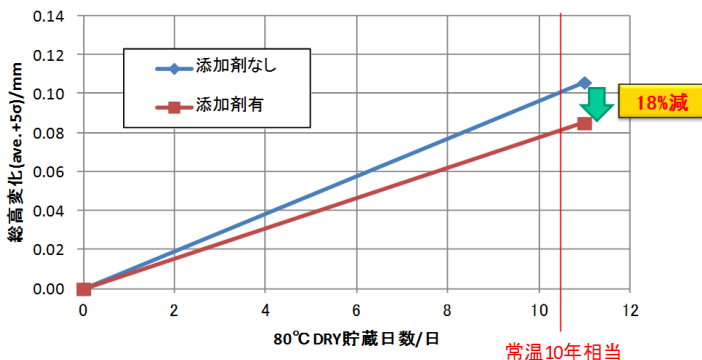


正極側: 電解液の酸化分解によりCOやCO₂が発生
負極側: 電解液の還元分解によりCH₄やC₂H₆が発生
電解液: 電池内に侵入した水分と反応し、HFが発生

水分による分解・反応ガスの発生

Fig. 1 3 水分侵入による電池膨れメカニズム

電池膨れの抑制



HF(フッ化水素)をトラップする添加剤を導入

Fig. 1 4 電池膨れ抑制技術の効果

3. 4 安全性試験結果のご紹介

Fig. 1 5に外部ショート発生時の電池表面温度の挙動を示す。CLBのような大電流放電性能に優れた電池は、その反面、機器の回路上や、金属ピンなど導通物との接触等の誤使用により外部ショートした際に大きな熱を伴う。外部短絡した際の温度上昇は、電池の容量に比例するため、機器の組込等、取扱いには注意が必要である。

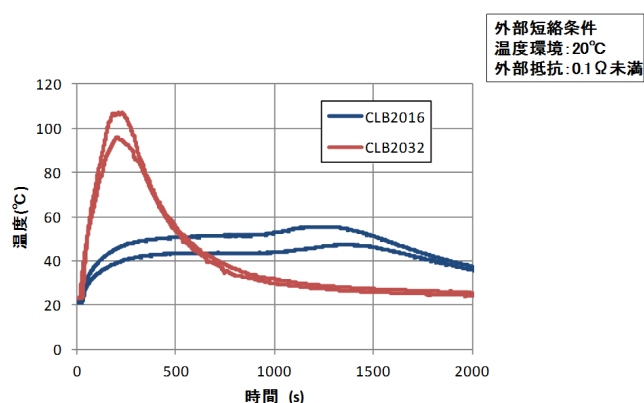


Fig.1 5 外部ショート発生時の電池表面温度

Fig. 1 6に CLB2016 安全性試験結果を示す。異常な使用状態を想定した、安全性試験を実施しており、温度上昇はあるものの、発火、破裂、開裂等の危険を及ぼす事象には至らない設計性能を確保している。一方で、使用機器の設計の際には、推奨の充電、保護条件を順守することが必要である。

試験	方法	充放電条件 (CCCV)	N	結果	最高到達温度(°C)
過充電	満充電電池(4.25V)を充電する。	15mA 12V 24時間	4	NF,NE,NV	29.6
		30mA 12V 24時間	5		33.3
		60mA 12V 5時間	5		61.4
		90mA 12V 5時間	5		60.3
逆充電	満充電電池(4.25V)を逆充電する。	15mA 12V 24時間	4	NF,NE,NV	24.6
		30mA 12V 24時間	5		26.2
		60mA 12V 7時間	5		32.5
		90mA 12V 7時間	5		39.0
外部短絡	満充電電池(4.25V)を抵抗100mΩ以下にて外部短絡を行う。		3	NF,NE,NV	52.8
釘刺し	満充電電池(4.25V)をφ2.5mmの釘を用いて5mm/秒の速度で刺す。		5	NF,NE,NV	49.1
丸棒衝突	満充電電池(4.25V)にφ15.8mmの棒を横たえ、9.1kgの重りを61cmの高さから落下させる。		6	NF,NE	63.9
圧壊	満充電電池(4.25V)を平板に挟み、13kNの力で2秒間挟む。		6	NF,NE	64.6
加熱	満充電電池(4.25V)を蓋つき金属製容器にて5°C/分の速度で温度を上げ、130°Cにて1h保持する。		6	NF,NE,NV	128.2

NF= No Fire, NE=No Explosion, NV=No Venting

Fig.1 6 CLB2016 安全性試験結果

4. CLBご使用上のポイント

Fig. 17に0V再充電禁止のメカニズムについて示す。CLB電池は多くのリチウムイオン電池と同様、負極電極基材に銅を使用している。銅は電気導電性が高く、使いやすい材料である反面、過放電による内部短絡の要因となる可能性をもっている。

電池が過放電され、負極材料の電位が銅の電気化学的に溶出する

電位に至った場合、銅の溶出が起こってしまう。次に銅溶出の起きた電池を再充電した場合、溶出した銅イオンは還元され、電極上に析出した銅は、セパレータを突き破り、正極と内部短絡を起こす。これは、電気化学的に起こる反応であり、内部短絡を防ぐために電池電圧で0.7Vを下回った電池は、再充電をしない回路設計とすることがある。

再充電禁止領域での挙動

プロセス	起こる現象	メカニズム
過放電(0.7V以下)	銅箔溶解	銅の溶解電圧 0.7V
0.7V以下からの再充電	銅析出	再充電による銅イオンの析出
	内部短絡	銅イオンの析出
	発熱	充電時ジュール熱
再充電終了後の使用	容量低下	内部短絡
	発熱	内部短絡

結果的に内部短絡に発展する

Fig. 17 0V再充電禁止のメカニズム

Fig. 18に高温貯蔵後の電圧挙動を示す。

放電後電池の電圧低下と充電時の挙動

長期貯蔵による回復容量の比較

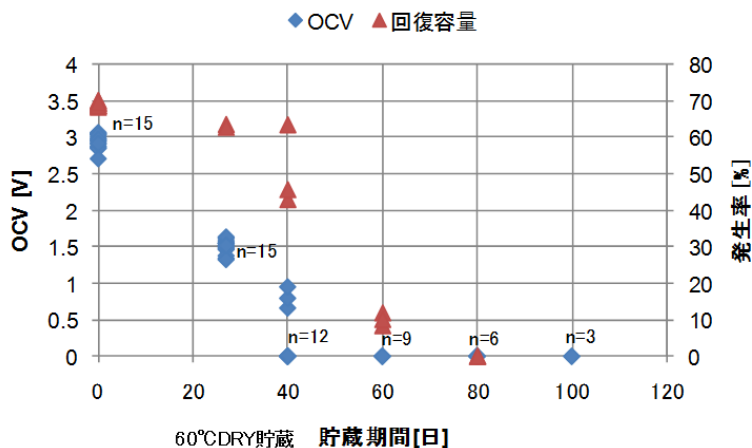


Fig. 18 CLB2016 放電後の高温温貯蔵特性

放電後（3V）の 60℃貯蔵により電池電圧は低下し、40 日貯蔵で電池電圧は 0V に至る。その後充電により回復する容量は 60 日後に 10%程度しか回復しない。電池電圧が 0.7V 以下まで進行するとこれは銅の溶出し充電により析出することで内部短絡が発生している事を示している。ただし、このようなケースにおいても、電池の破裂、発火等の危険な事象は起こらず、充電が終わらないという故障モードで死に様を迎える。これらを回避する方法は現在見出されていないため、これらを考慮した機器の設計が必要となる。

5. CLBの今後の技術展開

CLBの今後の課題としてのポイントを3つあげると、1）小径化技術、2）薄型化技術、3）高容量化技術が考えられる。これらの技術課題についての考え方について以下に説明する。

1）小径化技術

CLB2016 の電池外径は $\phi 20\text{mm}$ 、電池容量は 30mAh であるが、例えば現在の技術を活用した場合 $\phi 6.8\text{mm}$ 程度までは小径化が可能である。例えば厚みを 1.65mm 程度とすると容量は約 1 mAh 程度となる。

2）薄型化技術

正極活物質、負極活物質共に薄い金属の上に塗布する構造であるため、理論上正極、負極 1 対の組合せが最も薄くなる。電池厚みにするとおよそ 0.5 mm 程度になる。例えば、 $\phi 20\text{mm}$ で電池厚み 0.5 mm とした場合、電池容量はおよそ 5 mAh である。

3）高容量化技術

高容量化技術として材料を変更した場合と正極活物質の電位を高く（電池の高電圧化）した場合の 2 つのアプローチを紹介する。

材料を変更した場合では、正極活物質を従来の LiCoO_2 （コバルト酸リチウム）から LiNiO_2 （ニッケル酸リチウム）に、負極活物質を C（グラファイト）から SiO（一酸化ケイ素）にすることで高容量化出来るとされている。

これらの活物質を CLB2016 に採用した場合、電池容量はおおよそ 5% 増加する。

高電圧化の場合は、正極の電位を高める手法が一般的だが、正極の電位が高くなると正極活物質そのものや筐体を使用している金属が溶けてしまう可能性がある。そのため、高容量化が実現したとしても長期保存中に電池特性が劣化したり、充放電サイクルによる容量低下のリスクが発生する。

そのため、正極活物質の溶解を抑えるために活物質の粒子表面を被覆したり、電解液に溶解を抑制する添加剤を加えたり、高出力化に伴う安全性の低下を懸念してセパレータの改良なども必要となってくる。

これらの課題をクリアした場合、CLB2016 で最大 12%程度の容量アップが実現できる。

6. 講演を終えて

日本時計学会で電池の講演をさせて頂き、学会に参加頂きました関係各位の皆様にこのような機会を与えて頂いたことに感謝申し上げます。

今回、衛星電波ウォッチに対応したCLB電池の講演をさせて頂きましたが、大きくは2つの課題が見えたと感じております。1つは、0V充電禁止の制限があること。もう一つは電池の価格が高い事です。

今後、皆様の期待に応えて行けるようCLBの改良を進め、ウォッチの発展に貢献出来るよう弊社一同頑張っていきたい所存でございます。

第2部 質疑・応答

質問1： 製造におけるクリアーしなければならない課題，および特性面での課題は？

回答1： 小型化，薄型化によりばらつきが大きくなる．容量が小さくなるので，打ち抜く精度や塗布する精度のばらつきのウエイトが上がってくる．精度を一桁程度上げないといけないため設備にも工夫がある．性能面では，容量が小さくなることで最も大きな障害は負荷特性であり，負荷特性の改善が大きなポイントである．

質問2： 充電の回数はどれくらいまで大丈夫か？

回答2： 時計用としてはサイクル特性は重要視していないが，100 回程度までは全く問題はない．

質問3： 大電流が取れるので実験装置にも使ってみたいが，2032 サイズで 140mAh は保証している値だと思うが，どれくらい乱暴に使っても大丈夫か？たとえば 500mA 数秒流しても大丈夫か？

回答3： 10C での試験はおこなっている．500mA だと約 8C になるが常温で実験的に使う上での数秒から数 10 秒レベルの短時間の放電は問題ない．

質問4： 0.7 ボルトからの再充電の方法はあるか？

回答4： 銅が析出してショートする可能性があり制御不能なので理論的には再充電できない．0.7 ボルトを切らない範囲での使用を推奨している．

質問5： 60℃で放置すると 40 日位で自己放電で使えなくなるのか？

回答5： 実験では，放電末期の 3V からの放置で 60℃で放置すると 40 日位だが，フルに充電されていれば温度にもよるが数か月から数年は放置可能．（携帯電話の電池も同様の特性）

質問6： いままでの電池に比べて，積層構造にしたことで HHW（高温高湿特性）が強くなっているのか？

回答6： 今回の構造では特殊材料を使って，水分の侵入量を 1/3 にすることで HHW 特性を強くしている．

質問 7: 時計のソーラーでは 2.3 ボルトが主流だが、4.2 ボルトでスターティングの設計ということは、強制的なバッテリーチャージをする商品を主力に考えているのか？

回答 7: ニーズによって選択肢は出てくる。今あるニーズはブルートゥース等の通信をメインとすると充電が課題となるので充電特性が良い方がいいということもあって、ベースの考え方は通信を前提として十分な負荷特性を持つことがコンセプトにしている。少し電圧を下げる可能性はある。

質問 8: 低温での負荷特性や充電特性を改善していく予定や見通しはあるか？また、0.7 ボルトの再充電で回復容量が中途半端に見えるが、どういう状態か？

回答 8: 低温特性は、電解液と電極がポイントになる。低温充電を重視した電解液と電極を選択することになる。高温側は不利になり、温度特性をワイドレンジにすることは難しい。中途半端に見えるのは、短期間の試験の中での小さいレベルの短絡発生が原因と思われる。(マイグレーションではなく、単純な酸化還元。放電してイオンになる、充電して金属に戻る現象)

質問 9: 外形はコイン形のリチウムイオン 2 次電池だが、同じようには使ってはいけないものだと思うが規格はあるか？

回答 9: コイン形の電池の規格は現在検討されている。市販はしない。危ないので、時計では電池交換できないようにしてもらっている。

質問 10: リサイクルの方法は？

回答 10: リチウムイオン電池は 3 R 規定に従って、資源活用法でリサイクルされる。JISC 8711 に定義されるリチウムイオン電池には該当せず、リチウム二次電池であるということで、今はその法律には従っていない。規格が I E C という規格の中で協議されている。

質問 11: 0.7V からの再充電の中で、0.7 ボルトになるとオープンになって危険な状態にならないような研究はされているか？

回答 11: アプローチの仕方によっては回避する技術はあるが、特殊技術を入れないといけないので実用的には厳しいと考えている。

質問 12: コストを安くするためのブレークスルーは？

回答 12: 一つは数、もう一つは生産技術的なプロセス開発。生産技術的に高精度がポイントなので高精度で速く安い機械ができれば加工コストが安くなる。材料は数が増えれば安くなる。

質問 13: 10 年の長寿命の小型の電池を作るためにコイン形のケースを使って入れるということだが、もっと薄型化したときに例えばラミネート形の電池と比較してどちらが薄型に向いているか、閾値の見解はお持ちか？

回答 13: コイン形の限界は 0.5mm としている。電極と筐体を合わせた厚みではこれが限界。0.1mm, 0.2mm ではラミネートのようなものになると考えている。当社ではコイン形にこだわり厚みを追及している。

質問 14: 薄型化ではガスケットは全く違うものになるか？

回答 14: 構造も材質も全く違ったものになる。

質問 15: Apple Watch にはこのような電池は入るか？

回答 15: お答えできない。(あくまでも私見として、ラミネート形の丸型はない。四角しかない。どちらを使うかはデザインによる。この電池は価格が高いため使えないといわれると考えている。)

質問 16: スケールメリットが出てくるともう少し安くなるという話があったが、今 C L B の市場はどれくらいの生産個数があつて、なおかつ時計はどれくらいのシェアなのか？

回答 16: 生産能力は明確な数はない。半自動で作っている。一部能力があるところは 30 万個/月。ハンドの部分は注文を受けた個数で対応している。非時計に用途が広がっていくと数量が増えればコストは下がる。

質問 17: 負荷特性が良いので使いやすいが、一方でコストが高いということで、いわゆるリチウム金属二次電池とリチウムイオン二次電池の中間くらいの負荷特性で値段も中間くらいのものを望んだ場合、C L B のようなもののコストが劇的に下がるアプローチか、もしくは、リチウム金属二次電池の負荷特性が劇的によくなるのか、としたとき、リチウム金属二次電池の負荷特性が劇的によくなる可能性はあるか？

回答 17: 材料では無理で、答えは構造にあると思っている。材料は単位面積当たりの電流密度が決まっている。金属リチウムは面積を増やせない。C L B も表面積が大きくなっただ

け、構造の工夫で可能性があると思うが、CLBより簡単なプロセスになれば可能性はある。新しい電池は構造を変えるだけで5年かかり、事業になるには10年かかるといわれている。

(CTLの構造では反応面積が増えない。)

質問18： 時計メーカーに要望や宣伝があれば。

回答：18： CLBを開発したことで時計の革新に協力させていただいた。革新の時計を世界に広めていただき、より付加価値の高い、日本発の新しい技術で世界に浸透してもらうことで、貢献させていただきたい。社内でも革命だといっている。みなそう思っている。IR的にもよい内容。アイデア、進化、衛星電波時計のバリエーションを増やして発展してもらおうと、我々も提案できたり開発できたりする。ニーズに応えていきたいので、何でも提案をしていただきたい。

以上

「時計技術解説」 クォーツ時計

— VIII. クロックの運針 —

馬場 康治

1. はじめに

前号までは主にウォッチを例にとりクォーツ時計の技術を紹介してまいりました。ウォッチ（腕時計）もクロック（掛・置・目覚時計）もその基本部分は同じですが、主に使用環境とサイズの違いゆえにそれぞれの事情とそれに対応するための独自の技術が存在します。たとえば、ウォッチは小さいサイズの中に電池を収める必要があり非常に少ない消費電力が求められますが、その点クロックは比較的大きな電池を使用することができるためウォッチに比べ消費電力を大きくすることが可能です。一方、身に付けて使用するウォッチと違い、クロックは遠く離れたところからも表示が確認できるように視認性の高い大きな指針が必要となることから、大きなトルクのモータが必要となります。

このように、ウォッチとクロックは同じ技術をベースにしつつ、その使われ方の違いによりそれぞれ独自技術を生み出しながら発展してきました。今回はそんな技術の一例としてクロック独特の運針方法についてご紹介します。



2. ステップ運針とスイープ運針

クォーツ時計が登場する以前から使われ今でも人気の高い機械式時計は、ゼンマイや重錘などで貯めたエネルギーを動力源とし、テンプや振り子とガンギ・アンクルなどを組み合わせた調速機構によって一定の速度で指針を運針します。ガンギ車がアンクルから解放されると針が進み、次のタイミングまで停止するという動きを一定の周期で繰り返しながら、まさしく時を刻んで進みます。

やがて 20 世紀前半にクォーツ時計が登場するとその動力源はモータに変わります。水晶発振器と電子回路によって作られた駆動信号を利用してモータを一定速度で回転させ、モータの回転を歯車で減速して指針を運針します。この時用いられるモータには前号 (Vol.57, No.208) でも述べたとおり省電力化に有利なステップモータが使用されることが多く、近年では $5 \sim 40 \text{ ms}$ で 180° 回転しこれを 1 秒周期で間欠駆動するステップモータが主流となっています。秒針はモータの回転が $1/30$ に減速され、1 秒に 1 回間欠運針します。これを『ステップ運針』と呼んでいます。

1 秒ごとに時を刻む指針の動きは正確な時間を読み取りたいユーザーや環境で好まれます。ステップモータは消費電力を少なく抑えることが可能なため電源を小型化することが可能で、電池のサイズに制約があるウォッチはほとんどがこの運針です。

指針が間欠回転するステップ運針はモータが“動く”“止まる”を繰り返すため、この動きを針に伝える歯車はそのたびにかみ合い部分で衝突を繰り返します。指針の小さいウォッチではあまり問題になりませんが、クロックは大きな指針を動かすために高出力のモータを使用するためその衝突音も大きくなる傾向にあります。このような課題を持つステップ運針に対して、指針が等速で連続的に回転するものを『スイープ運針』と呼んでいます。モータには等速で連続回転するスイープモータを利用します。等速で連続回転するモータの動きを歯車で減速して指針に伝えるため、歯車間の衝突が起らないへん静かに動き続けます。その動きは優雅に時の流れを表現できることから、居間や書斎、寝室等の静かな環境で使う掛時計、耳元で使用する目覚し時計等で好まれます。スイープ運針のウォッチはほとんど見られないことから、クロック独自の技術と呼んでよいでしょう。

3 スイープ運針の技術

3. 1 スイープモータ

ここではステップモータとスイープモータの違いを説明します。

Fig.1 にステップモータとスイープモータを駆動するための駆動パルスの違いを記載します。ステップモータの動作については前号 (Vol.57, No.208) で詳しくご紹介したように、1 秒間に $5 \sim 40 \text{ ms}$ 程度交互にその方向を切り替えながらモータのコイルに電流を流します。ロータは電流が流れている間に 180° 回転し、残りの時間はステータとロータの保持力で停止しています。

一方、スイープモータは 62.5 ms 周期で方向を切り替えながら常にモータのコイルに電流を流

します。ロータはステップモータに比べて慣性モーメントが大きくなるように設計します。慣性の大きなロータほどゆっくり回転することから、ロータがちょうど駆動パルスの周期である 62.5 ms で 180° 回転するようにロータの慣性モーメントとモータの駆動力を合わせこむことで、モータは常に回転を停止することなく一定速度で一方向に連続回転することが出来るようになります。

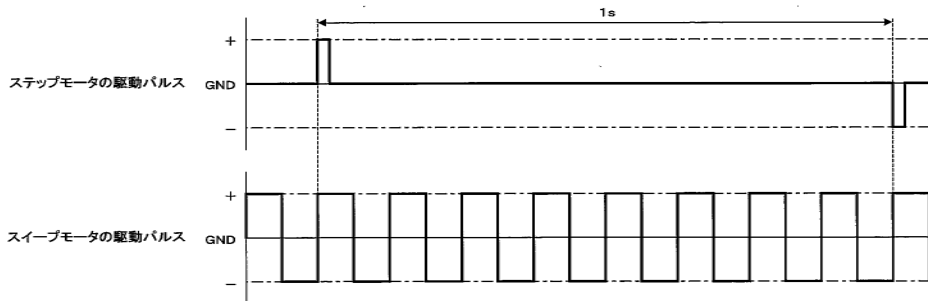


Fig.1 ステップモータとスライプモータの駆動パルス

3. 2 逆転防止歯形

ステップモータの場合、静止状態のロータの向きに対してコイルに流す電流の向きが適正な場合はロータが正転し、逆方向に電流を流した場合は回転しないために、モータの回転方向が一方向に決まります。しかし、スライプモータの場合はその回転方向が決められないという課題があります。これを解決するために、スライプ運針する時計には、使用する輪列に逆回転の方向への回転を規制する仕組みを取り入れています。

Fig.2 にモータから秒針まで回転を減速する輪列の中に用いられる特殊なかなと歯車の形状を記載し、その仕組みを説明します。

かなの歯形は正転時に後段の歯車とかみ合う面がインボリュート形状をしており、反対の面は特殊な形状をしています。一方、後段の歯車はかなと噛み合う歯面がインボリュート形状に、そしてカナと噛み合わない面をそぎ落とした形状になっており、バックラッシが非常に大きくなるように設計されています。

Fig.2(a) はモータが正転方向に回転している時の噛み合い状態です。かなと歯車のインボリュート形状の歯が噛み合い、常に接触しながら回転を伝達します。これに対して Fig.2(b) はモータが逆転方向に回転した時の噛み合い状態です。大きくとられたバックラッシが逆転方向に詰まり、このことによってかなに形成された異形歯形と歯車の歯が回転を阻止するように接触し、逆方向に回転出来ない状態を作り出します。回転が止められたモータはコイルに流れる電流の方向が切り替わり逆方向の磁界が発生することで正転方向に回転を始め、秒針は正転方向にのみ回転する仕組みです。

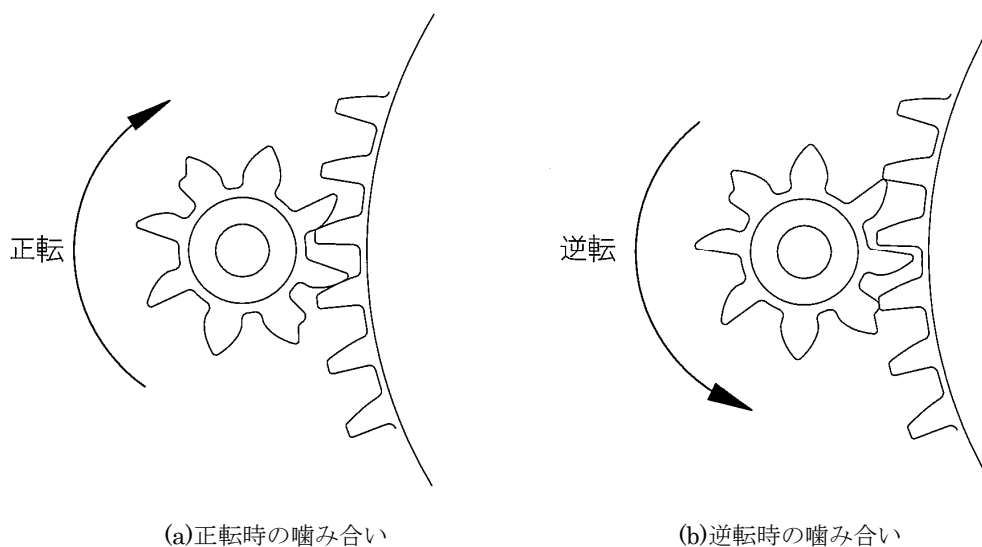


Fig.2 逆転防止歯形

4. クロックに使われるその他の運針

クロックには他にも特徴のある運針をするものが製品化されています。

日本時計学会誌 1996 年 NO.158 には 1,994 年に(株)精工舎（現セイコークロック(株)）より発売された、ステップモータを使いながら運針をスィープにすることでステップ運針の省電力化・小型化とスィープ運針の静かさを兼ね備えた時計が紹介されています (Fig. 3)．ステップモータで輪列の途中に設けられたコイルばねを間欠的に巻き込み、後段に設けたビスカスカップリングの粘性抵抗を利用して等速でそのエネルギーを開放する仕組みになっています．これにより、当時では初めてスィープ運針でありながらコイン電池一つで 5 年間電池交換が不要な掛時計を実現しています。

また、リズム時計工業(株)からはスィープモータで秒針を 0.5 秒で 6° 運針し、その後 0.5 秒停止するステップ運針の商品が発売されています．これはスィープ運針の技術を利用してステップ運針の課題を解決したものです。

5. 終わりに

今回は普段からよく目にする時計の指針の動きを例にとりてクロック独自の技術を紹介いたしました．時計と一言でいっても、時を知るという目的こそ同じですがウオッチとクロックではその使われ方が全く異なります．その差はサイズやデザインの違いだけと思われがちですが、中身を見てみるとそれぞれ用途に合わせた工夫とそれを可能にする技術を垣間見ることが出来ます。

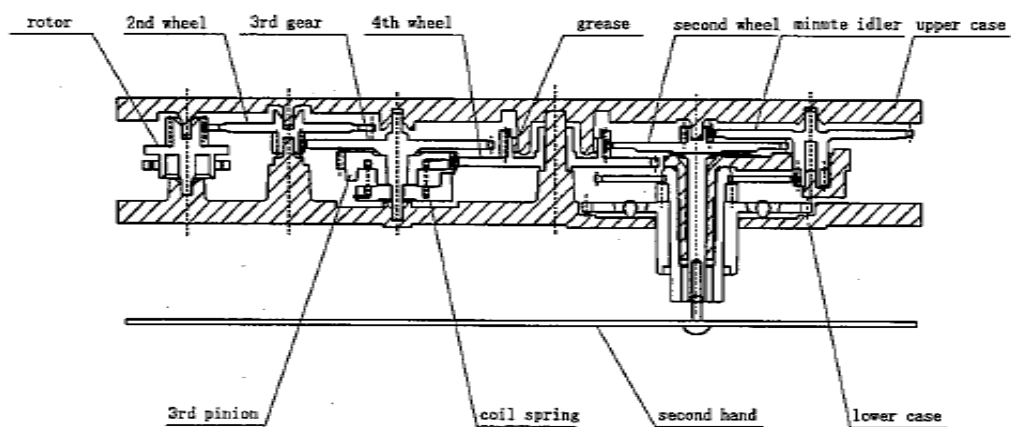


Fig.3 低刻音薄型長寿命掛時計用ムーブメント

参考文献

馬場康治, 低刻音薄型長寿命掛時計用ムーブメントの開発, 日本時計学会誌 No.158 (1996 年)

解説

コネクテッド・ウォッチが切り拓く 身近な “IoT”

山崎光男*

Nordic Semiconductor ASA (Japan), 東京都港区港南 4-1-6-314, 〒108-0075

(2013 年 4 月 12 日受付, 2013 年 6 月 28 日再受付, 2013 年 7 月 2 日採録)

Potential Market of “IoT” enabled with “Connected Watches”

Mitsuo YAMAZAKI *

Nordic Semiconductor ASA (Japan), 4-1-6-314, Konan, Minato-ku, Tokyo 108-0075, Japan

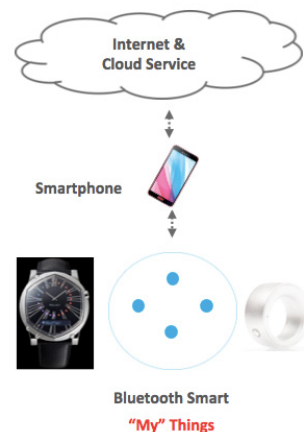
(Received September 12, 2012, Revised June 28, 2013, Accepted August 19, 2013)

ABSTRACT

Due to the broad expansion of Smartphones and new connectivity technology of “Bluetooth® Smart” from Bluetooth SIG, various types of “Things” around personal area (“My Things”) have been developed with the Internet connectivity and have become very popular. And for the next, all of the “Things” are considered to be “always connected” to Internet & Cloud services, with the innovation of “IoT” (Internet of Things). It is expected to change the whole world with the significant quality of service & convenience, but not only for those, it is also expected to create innovative human communication, experience, and value with “Connected Devices/Watches” with those “IoT” technologies.

1. Inter of “My” Things の急速な普及

昨今のスマートフォンの急速な普及、インターネットを介したクラウドサービスの普及、さらには、手軽な端末間の無線通信を可能にする *Bluetooth Smart* (*Bluetooth 4.x* 規格に含まれる旧称 *Bluetooth low energy* 技術)の発展により、この2～3年において、これらを融合し、個人の身の回りの機器がスマートフォンというインテリジェントなゲート（高解像度の表示器や高機能のユーザー・インターフェイスや高度な処理能力を搭載）を介し、インターネット上にあるクラウドを活用したサービスを利用するパーソナル機器やアプリケーションが、世界的に爆発的な普及



を見せている。

代表的なアプリケーションの例としては、日常の歩行の距離や歩数、消費カロリーや睡眠中の状態などを記録するリストバンド型活動量計を利用して、クラウド上でこれらのログデータを管理したり、友人同士のコミュニティで各自のデータを比較し合ったりすることができるアプリケーション／サービスなどがその代表的なものである。

2. Internet of “My” things から Internet of (All) Things” (IoT) へ

こういった「Internet of “My” things」の普及を受け、現在、個々人が持つスマートフォンというプライベートのゲートに頼らずに、常設されたゲートウェアを介してすべてのものをインターネットに(常時)接続していくことで、駅構内、学校、スタジアムなどの公共施設や、ショッピング・モールや商業ビルなどの商業施設や工場などの各種のインフラ設備において、また、スマート・ホームなどのホーム・オートメーションなどのセグメントで、クラウドコンピューティングやビッグデータの活用と合わせた様々なサービス提供のビジネスが世界規模で大きな注目を集めている。

現在、この世界規模の膨大なマーケットへの実現に向け、様々な企業や規格団体がそれぞれ様々な接続技術やプロトコル技術を利用した方式の開発に凌ぎを削っており、それぞれの方式の差異によつての互換性の欠如やセキュリティの不足・相違など、相互接続・相互乗入に関して多くの課題があり、将来に向けた”IoT”に向けた製品やサービスを開発する際にその選択に迫られる状況となっている。これらの各種の方式は、短期的には早期のマーケット参入を可能にするものではあるが、中～長期を見据えた、広範囲の普及を実現する為には、こういった異種技術間の融合・統合や、総合的な通信方式及びセキュリティ確保の方式を確立していくことが不可欠であり、IETF（インターネット技術タスクフォース）や Bluetooth SIG などの世界規格団体においてこれに向けた規格策定が急速に進められている。

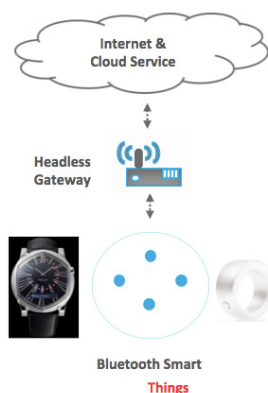


Fig-2: Internet of “Things” via Headless Gateway

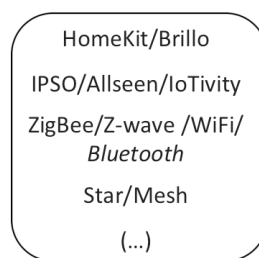


Fig-3: Various Initiatives & Technologies for “IoT” implementation

3. シームレスな IP ベースネットワークの実現へ

3.1 IPv6/6loWPAN

様々な異なる物理レイヤー及びリンクレイヤーが混在することが想定される広範囲の普及に向けた”IoT”においては、その全てノードが既存のインターネットに接続されることから、最も既存のインターネット技術との親和性が高く、さらに、最も異種技術間の融合をシームレスに実現する方法として、IPv6 技術をベースとした「IP ベースのネットワーク」の規格化及び実現が最も重要かつ有効な手段であると考えられ、現在、この実現に向けての世界標準規格の策定や、商用利用可能な実行的ソリューションの開発が進められている。IP をベースとしたインターネット・プロトコルは、すでに現在のインターネットにおいて広く標準として利用され確立された技術であり、これと極力共通性を実現することで、新たなゲートウェアやネットワークのインフラへの投資を最少に抑えて、既存のクラウドベースのネットワーク及びネットワーク・サービスとの融合が容易に実現可能とすることができる。

また、小型省電力のノードに向け、すでに IEEE802.15.4 のリンクレイヤーに向けての”6loWPAN”が規格化されており、現在、これを *Bluetooth* のリンクレイヤーに適用するための規格化も進められており、これらが実現されることで従来よりインターネットに接続されているイーサネットや WiFi、あるいは、3G/4G ネットワークなど、複数の異なる接続技術が混在するネットワークをシームレスにインターネット上に接続・融合させることが可能となり、ネットワーク技術の差異、利用するデバイスの差異、提供されるクラウドの差異などを超えて、サービスの提供及びサービスの利用において、より高い相互接続性とより高い利便性を提供することができるようになる。

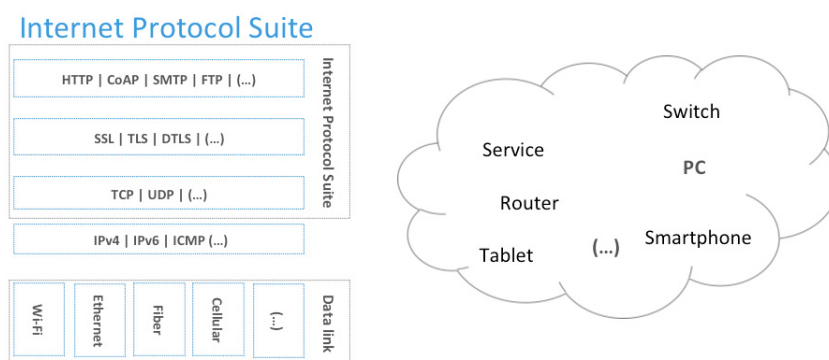


Fig-4: “IoT”～Connecting to Internet

3.2 小型・省電力・低コストの *Bluetooth Smart* Node と IPv6/6LoWPAN

今日の“IoT”へのマーケットの期待の高まりは、スマートフォンと親和性の高い *Bluetooth* 機器が、*Bluetooth Smart* によってボタン電池や乾電池で数ヶ月～数ヶ年駆動が可能な、小型・省電力・低コストの装置（小型の環境センサーなど）を実現可能としたことが大きな要因であるが、この *Bluetooth Smart* においても、IPv6/6LoWPAN を実装できる仕組みがすでに規格化されており

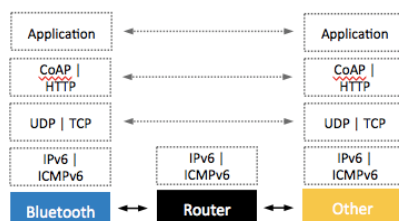


Fig-5: Various Initiatives for “IoT” implementation

（*Bluetooth* 4.1/4.2），今後は、現在商用利用が開始されている *Bluetooth Smart* ビーコンやスマートフォンのアクセサリ機器なども IPv6/6LoWPAN に対応し、広く活用されるシームレスなネットワークの末端のノードとして活用されるようになることが予想される。また、今後もさらに関連する規格の進化が進められており、*Bluetooth Smart* を利用したより複雑なメッシュ・ネットワークの実現なども実現されることだろう。



Fig-6: “IPv6 over Bluetooth Smart

しかしながら、こう言った小型・省電力・低コストの *Bluetooth Smart* 装置（小型の環境センサーなど）でも、単純なルーターやゲートウェイを介してインターネットに（常時）接続されることから、コンピュータ・ネットワークで利用されているのと同等のセキュリティ機能（DTLS/TLS など）を搭載することが必須であることに注意を要したい。また、このようなセキュリティ機能は、状況に応じて、アプリケーション機能や通信プロトコルのアップグレードと併せ、セキュリティの穴を修正するためのフィールドでのアップデート／アップグレード機能が不可欠となることも重要なポイントとなる。

すなわち、こういった *Bluetooth Smart* の IoT 対応のノード・機器は、IoT のノードとして動作するためのインターネット・プロトコルに加え、十分なセキュリティ機能、さらには、こういったフィールドでのアップデート／アップグレード機能の全てを実装し、その上でさらに、“小型”・“省電力”・“低コスト”を実現することが求められるため、これらの機能・拡張性・柔軟性を実現できる 1-チップのソリューションを選定することが製品開発の重要な要素となることに留意すべきである。

こういった要素を全て網羅したソリューションとして、Nordic Semiconductor では、プログラムのフィールドでのフレキシブルなアップデート／アップグレードを可能にするフラッシュ・メモリー搭載と、重厚な通信プロトコルやセキュリティの処理や、各種センサーの信号処理に対応する為の ARM Corete-M シリーズ・プロセッサを搭載した、*Bluetooth Smart* 対応のマルチ・プロトコル対応 SoC (System-on-Chip) である、「nRF51 シリーズ」および「nRF52 シリーズ」を提供し、加えて、これらの SoC チップ上に IPv6/6LoWPAN および TCP/UDP~CoAP/MQTT などのインターネット・プロトコルを実装する為の SDK (Software Development Kit) である”IoT SDK”の提供も開始しており、これらを活用することで、ボタン電池で数ヶ月～数ヶ年動作可能で、柔軟にフィールドで機能やセキュリティのアップグレードに対応する、小型・省電力の *Bluetooth Smart* の IoT ノードを低コストで実現が可能になる。

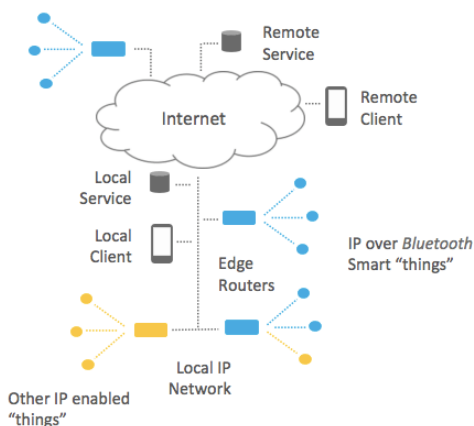


Fig-7: Seamless Network for Heterogeneous Technologies

4. パーソナルな Connected Devices/Connected Watches と IoT

IoT が活用されると想定されるシーンは、主に、施設関連やホーム・オートメーションなどのように、常時接続された末端ノードとネットワークおよびクラウド・サービスといった環境となるが、個々人が持つあるいは身に付けるようなウェアラブル端末も、IoT の重要なノード機器になりうるであろう。また、そういったサービスも今後は展開されていくであろう。

この点で、多くの人々が性別の区別なく身につけている共通のデバイスとして、「腕時計」は、そのウェアラブル機器の代表として、今後、より多くのものが小型・省電力を実現できる Bluetooth Smart 対応の“Connected Watch”としての機能を持つようになるであろう。

この時、これからのウェアラブルな“Connected Devices”/“Connected Watches”として、どういった機能やサービスが求められ、また、どういったユーザー体験を提供できるであろうか。

高性能な電子機器が広く普及し、様々に多様化し、また、製品単体としてのみではなく、ネットワークやクラウド連携のサービスに関連した商品がこれまでにないユーザー体験を提供している近年、製品単体の昨日追求も重要ではあるが、「製品を利用するエンド・ユーザーがどういった体験を求めているか」、「エンド・ユーザーにどういったユーザー体験を提供できるか」、さらには、「多様化するユーザーの体験要求を、どのようにそのバリエーションの提供できるか」といった、“ユーザー体験”を重視した製品およびサービス開発が、今後は益々重要な要素となっていくであろう。

この“ユーザー体験”に関しては、ヘルスケア機器のように、精密な解析データやそのログ管理などもあるであろうが、最近の一つの特徴としては、(数値的なデータに基づくサービスではなく)“人と人とのつながりを感覚的に体験させる”といった、より感情的にユーザーに訴えかける商品やサービスも生まれてきている。クラウドの情報を基にしたより性格で詳細な情報を表示させるメガネ型端末(グーグル・グラスなど)に対し、電話やメッセージの着信をさりげなく LED の光り方でユーザーに伝えるメガネ端末(雰囲気メガネなど)が、そういった相対的な一つの事例であろう。IoT の末端ノードとしてのウェアラブルな“Connected Device/Connected Watch”は、専用のアプリを搭載したスマートフォンの介在なくして、クラウドをベースしたサービスから直接(今後広がるインフラとして整備されるゲートウェイと介して)遠隔地の家族や友人とのつながりを実現してくれる可能性を持つ。これまでも、そしてこれから多くの人々が毎日身に付けるであろう“Connected Watch”は、自分や家族・友人がどこにいても、“お互いのつながり”をさり気無く気付かせてくれるデバイスに成り得るであろう。

デジタル技術やインターネットの躍進・普及によって、人間同士のコミュニケーションが大きく変化し、人と人との直接的なつながりが希薄になってきていると言われる現代、今後、そういった“Connected Device/Watch”製品が多く開発され、人と人との“温かいつながり”を思い起こさせてくれる・・・、そういった近未来像はどうであろうか。

製品紹介特集

<クレドール>塩島敏彦氏との共同企画

1. <クレドール(CREDOR)>について

クレドールは、日本人の感性と精緻を極めた技術により、豊かな個性を持つ高級ドレスウォッチのシリーズとして 1974 年に誕生しました。フランス語で「黄金の頂き(CRÊTE D'OR)」を意味する名前に相応しく、ムーブメントから細かな部品のひとつひとつに至るまで、厳選された素材に名工の技術を注ぎ込み、その美しさと品質を守り続けています。

2. 塩島敏彦氏との共同企画

2012 年よりクレドールは、ジュエリー作家・塩島敏彦(としひこ)氏とのコラボレーションに取り組み、他にはない独創的なレディースウォッチを開発してきました。象嵌作家の塩島東峰氏を父にもつ塩島敏彦氏は、象嵌技術を修得されたのち、独学でアンティークジュエリーの研究を重ね、既に途絶えてしまった様々な技法を再現されていることで注目されています。



Fig.1 塩島敏彦氏

塩島氏が手掛ける 3 つの特殊技法が「ピクウェ」「ミニアチュール」「パート・ド・ヴェール」です。いずれも非常に細密な手加工により製作されるものですが、その技法を時計に採用する為には、宝飾の世界では想定を超えるような、緻密な寸法精度の実現が必要となりました。以下にその具体的な内容を、それぞれの技法ごとに代表的な商品とともにご紹介していきます。

3. 「ピクウェ」(piqué)

ピクウェは、象嵌技法のひとつで、蝶貝・べっ甲・象牙など有機素材の表面に模様を彫ってくりぬき、貴

金属・貝などをはめ込む高度な技法です。16 世紀末頃からフランスで作られ始め、貴族や富裕層向けのみならず一般の人々にも宝飾品や装身具として流行しましたが、19 世紀末には時代とともにその技術は途絶えてしまいました。その失われた技法に魅せられた塩島氏は、1980 年代にヨーロッパに渡ったのち、アンティークのピクウェを解体するなどして研究を重ね、再現困難とされていたピクウェの復元に成功しました。

そのピクウェを時計の文字盤に採用するには、文字盤となる約 0.6mm の薄くてやわらかい白蝶貝に、その 60%にあたる約 0.35mm の深さまで彫りを入れ、その母材の個体差も配慮しながら破損しないように慎重に貴金属を嵌め込むという、職人の高い技能と感性によって実現しています。

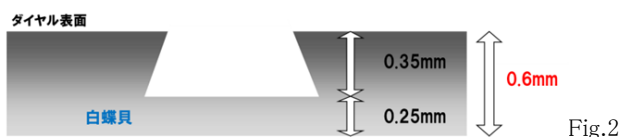


Fig.2

2012 年に初めて商品化して以来、クレドールならではの優美なデザインで施された独自技法は好評を博し、現在に至るまで「ピクウェ」を活かした多くの商品を作り続けています。



Fig.3 <クレドール>2012 年「ピクウェ」限定モデル

4. 「ミニアチュール」(miniature)

ミニアチュールとは、一般には写本などの挿絵や装飾として描かれた細密画のことを指していましたが、その後広く解釈され、小さなサイズの絵や緻密な装飾を指してミニアチュールと呼ばれるようになったと言われています。塩島氏の手掛けるミニアチュールのジュエリーは、主に象牙に細密彫刻を施した植物や

動物などのレリーフを、背景部の薄い板にセットし、その上に水晶レンズをかぶせることでレリーフの立体感を強調したリングやブローチです。

時計へのあしらい方には苦労しながらも、ウオッチのふたの部分にミニアチュールを取り入れることで、いつでも腕元で見て楽しめるものとして 2014 年に商品化が実現いたしました。レリーフ素材には、独特の柔らかい風合いが美しい貴重なマンモスの牙を採用。わずかに約 0.9mm という限界の薄さの中で、下書きもせずに、華やかなバラの花束とブランドネームの由来となる「crête d'or」の文字を超細密彫刻によって浮かび上がらせています。



Fig.4 レリーフ部分



Fig.5 <クレドール>2014 年「ミニアチュール」限定モデル

5. 「パート・ド・ヴェール」(pâte de verre)

今年の夏に新製品として発売いたしましたのは、3 つ目の技法となるパート・ド・ヴェールです。パート・ド・ヴェールとは、フランス語でガラスの練り粉を意味する言葉で、日本語では「鑄込みガラス」と呼ばれる特殊なガラス工芸技法です。ガラスの粉末に糊料を加え練ったものを、型に詰めて窯の中で焼き上げ、冷却後さらに磨きをかけて仕上げるという加工工程となります。一般的なガラスの成型方法とは異なり、ガラス粒子が熱で溶着する際に気泡を多く含むことから不透明で柔らかな発色が特徴です。

歴史的には非常に古く、紀元前のメソポタミア時代に考案された技法と言われていますが、量産可能な吹きガラスの発明とともに衰退していきました。19 世紀にアール・ヌーボーの作家たちによってよみがえったものの、その製作方法は後世に残されず大半が途絶えることとなりました。塩島氏は、パート・ド・ヴェールの技法を長年にわたり独自で研究され、卓越した造形力と色彩感覚によって美しいジュエリーとして再現することに成功しました。



Fig.6 塩島氏のパート・ド・ヴェール作品

今年発売したウオッチは、その”幻のガラス“といわれたパート・ド・ヴェールを、ダイヤルの装飾に用いた非常に希少性の高い商品です。パート・ド・ヴェール部分は、格調高い蘭の花をモチーフにデザインされ、最厚部でわずか 2.5mm という範囲の中で、ガラスとは思えない精密な形状と豊かな色彩を表現しています。

その製造は、多岐に亘る大変手間のかかる作業を伴います。象牙を彫刻し原型を作成→反転させた石膏の雌型作成→複数色のガラスの粉末を筆でおいていく(このおき方が絶妙な色だしを左右すること、加熱によりガラス粒子が融解後固まることで体積が大幅に縮小することも考慮しなければいけない)→計算された温度管理のもと、一昼夜、炉に 1 個ずつ加熱(その間、炉は開けられない)→徐冷後石膏を壊して取り出し、研磨後完成となります。今回のパート・ド・ヴェールのパーツは、6 回製作して 1 回成功するという確率ですので、いかに大変なものかがわかります。



Fig.7 <クレドール>「パート・ド・ヴェール」2015 限定モデル



Fig.8

塩島敏彦氏の類まれな工芸技法と精緻な寸法精度を実現するテクニックが、クレドールがもつエレガントなデザイン・繊細な時計作りと融合することによって、世界でも希少性の高い、新しい表現のウオッチが誕生いたしました。今後も、芸術ともいえるクラフトマンシップの技とともに、クレドールは女性の心を豊かにするウオッチを作り続けていきます。

<プロフィール> 塩島敏彦(しおじま としひこ)

1954 年 甲府生まれ

1983 年 有機素材に平象嵌をする特殊象嵌を習得後、渡英。

1985 年 中世ヨーロッパを起源とし、幻の技法と呼ばれたピクウェ技法を復活。

1998 年 日本象嵌工芸展において東京都知事賞受賞。

2000 年・2003 年・2004 年 日本象嵌工芸展において経済産業省製造産業局長賞受賞。



『カンパノラ』

カンパノラ 15 周年を祝う、3 つの美しい漆文字板モデルが登場

2015 年 11 月中旬発売

シチズン時計株式会社（本社：東京都西東京市/代表取締役社長：戸倉 敏夫）は、「カンパノラ」誕生 15 周年を記念した最高峰モデルとして、日本三大漆器のひとつである会津漆の伝統工芸士、儀同哲夫氏 製作による漆文字板を備えた 3 モデル【希望小売価格：800,000 円+税、/750,000 円+税】を 2015 年 11 月中旬より、百貨店時計売り場や時計専門店、およびシチズンコンセプトショップで発売します。

シチズンの『カンパノラ』は 2000 年にデビューして以来、「ステータスを遊ぶ」そして「時を愉しむ、日常を愉しむ、個性を愉しむ」をテーマに掲げ、腕時計を単に時刻を知るためのツールを超えた存在にすべく、先端技術や匠の技を生かした独創的なモデルを発表し、高い評価を得てきました。

「カンパノラ」誕生 15 周年を記念した最高峰のモデルでは『GLOBAL ART』をコンセプトに、日本の伝統工芸である漆と、「ラ・ジュール・ペレ社 (La Joux-Perret SA)」の自動巻きメカニカルムーブメントを組み合わせることで、日本の美意識を世界に発信するモデルを展開します。

螺鈿の輝きにより、星々の様子を写し取った『琉雅（りゅうが）』、奥行きのある朱色のグラデーションが楽しめる『紅明（べにあけ）』、金粉を蒔き、桐炭による研ぎを繰り返して出来上がる『聚楽（じゅらく）』——

「カンパノラ」誕生 15 周年を記念した最高峰のモデルでは、3 種類の異なる漆の加飾技法を用いて、それぞれ独特の美しさを創出しています。



カンパノラ誕生 15 周年記念 モデル

左から	『琉雅（りゅうが）』	NZ000-07F / 800,000 円+税
	『紅明（べにあけ）』	NZ000-07W / 750,000 円+税
	『聚楽（じゅらく）』（限定品/50 本）	NZ000-07P / 800,000 円+税

<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 榎本・木下・椎葉 TEL 090-2475-1684 / FAX 03-3797-4702
株式会社由田企画 加藤・木村・堀内 TEL 03-3408-2811 / FAX 03-3408-2801

会津漆の第一人者、儀同哲夫氏制作の文字板

今回の「カンパノラ」誕生15周年を記念した最高峰モデルの装飾を担当したのは、2002年のモデルから制作に携わり、今年で13年目となる会津漆の伝統工芸士、儀同哲夫氏です。

その作業工程は非常に手のかかるもので、今回のモデル「琉雅（りゅうが）」を例に挙げると、下地となる部分を作る為に、漆を塗っては乾燥を繰り返すという作業を5回以上繰り返します。1回に塗布される漆の厚さはわずか30ミクロン（1ミクロンは1000分の1ミリ）と極薄でありながら、下地が完成するまでに1ヶ月はかかるという手の込んだもの。その後完成した下地の上から細かく加工された貝を1枚1枚選別しながら下地に載せていき、更にその上から漆を塗り重ねます。そして乾燥後、表面を研ぎ出す事により文字板表面を平らにならしていきます。この工程によって漆や貝の厚みによる表現の濃淡が生まれ風格ある文字板となるのです。当然ながら、これらの工程はすべて手作業で行われるため、ひとつとして同じ文字板は存在しません。

儀同哲夫氏プロフィール

昭和23年福島県会津若松市に生まれる。板金塗師として父藤四郎の後を継ぐ。
平成元年、(有)儀同漆器工房を設立。 伝統工芸士、一級技能士、職業訓練指導員

作歴 昭和50年 会津総合美術展工芸部市長賞
昭和52年 福島県総合美術展工芸部文部大臣奨励賞
昭和53年 重要無形文化財保持者(人間国宝)赤字友哉先生より
髹漆（きゅうしつ）の指導を受ける。
昭和55年 福島県総合美術展工芸部特別賞
昭和57年 日本伝統工芸展入選
昭和58年 日本新工芸東北会展大賞
昭和60年 全国漆器展工業技術院長賞
昭和61年 全国伝統的工芸品展商工会議所会頭賞
平成7年 皇室御買上
平成19年 全国伝統的工芸品展内閣総理大臣賞



会津漆器とは

福島県会津地方に伝わる伝統工芸。歴史は古く、縄文時代の遺跡や平安時代の仏像・仏具などに漆が使われていたことがわかっています。本格的に漆工芸品として発展を遂げたのが天正18(1590)年のこと。伊勢松阪（三重県）から会津領主となった蒲生氏郷が豊臣秀吉の命を受けて、地場産業の振興策として奨励したことによります。ここから同地は漆の栽培から加飾まで一貫して手掛ける一大産地となっていきました。会津漆器は日本三大漆器のひとつとされ、ほかに石川県加賀市の山中漆器、和歌山県海南市の紀州漆器があります。

「ラ・ジュール・ペレ」の自動巻きムーブメントを搭載

搭載されるムーブメントは、2012年にシチズン時計が傘下に収めたスイス、ラ・ショー・ド・フォンのメカニカルムーブメントの専門会社「ラ・ジュール・ペレ社」の機械式ムーブメントです。同社は、高級ムーブメントの開発と製造で名を馳せ、様々なブランドにも多数使われています。昨年発表したメカニカルコレクションに初めて搭載され、好評を博しました。今回のモデルでは、日本の伝統の漆同様、ムーブメント製作もスイスの伝統技術であり、スイスと日本の伝統が融合することにより、『GLOBAL ART』を高いレベルで表現できると考えています。ローターにはカンパノラのロゴが刻印されており、ムーブメントとともにシースルーバックからその様子を見ることができます。



デザイン

文字板から風防ガラスの間に空間を取り、秒を刻んだ五徳リングなど複数のパーツを組み合わせた多層構造により、立体的な造形を創出することができ、カンパノラが提唱してきた『宙空の美』が表現されているのです。

メカニカルモデルのケースサイズは日本人の腕に合うよう、ケース直径を 42mm として設計。このラウンド形ケースは手にした時にしっくりなじみます。

針にはミラー仕上げと梨地仕上げの、左右違った仕上げを施しています。これは視認性を確保するためのもので、あらゆる角度から光に当たっても、時間を確実に読みとることができます。

『琉雅』、『紅明』、『聚楽』はそれぞれメカニカルコレクション専用ボックスが用意されます。また日本独自の金の美しさを表現する『聚楽』は 50 本限定となっており、シチズンコンセプトショップ（全国 12 店舗）のみでの取り扱いとなっています。

※店舗については別紙参照

NZ0000-07Z



NZ000007W



NZ0000-07P
コンセプトショップ限定モデル



	カンパノラ誕生 15 周年記念モデル		
商品番号	NZ0000-07F	NZ0000-07W	NZ0000-07P
希望小売価格	¥800,000 + 税	¥750,000 + 税	¥800,000 + 税
発売日	2015 年 11 月中旬		
ムーブメント	Cal.Y513 機械式（自動巻き + 手巻き）		
精度	平均日差 -5 ~ +10 秒		
駆動時間	約 42 時間（最大巻上時）		
振動数	毎時 28,800 振動（毎秒 8 振動）		
石数	25 石		
原産国	スイス製ムーブ・日本組立		
ケース	ステンレス		
バンド	ワニ革（ブラック）	ワニ革（エンジ）	ワニ革（ブラック）
文字板	漆塗り + 電気鑄造 ^{※1}		
ガラス	デュアル球面サファイアガラス（99%クラリティ・コーティング）		
主な仕様	ビッグデートカレンダー機能 / パワーリザーブ表示機能 / 秒停止機能 / 日常生活用防水		
裏ぶた	スクリュー式シースルーバック / サファイアガラス		
ケース径/厚み	径 42mm（設計値） / 厚み 14mm（設計値）		

※1 電気鑄造：1/1000ミリ単位の精度で作り上げた電極をもとに作られた電気鑄造金型に、長時間かけてめっきを積み重ねて原型を写し取っていく技術です。繊細な形状や起伏を、極めて忠実に表現できます。

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

カンパノラとは

2000年、ミレニアムを迎えたこの年に「ステータスを遊ぶ」をコンセプトに誕生。時を知るだけでなく「時を愉しむ」「日常を愉しむ」「個性を愉しむ」ことを意識し、伝統的な技法や最新の技術を盛り込んだモデルがラインナップされています。2000年にパーペチュアルカレンダーやミニッツリピーターを搭載した「コンプリケーション」、2001年に全天の動きと文字板上の動きが連動する本格的な天体時計「コスモサイン」、2006年に、シチズンの根幹技術である「エコ・ドライブ^{※2}」を搭載したコレクション、2014年には第4のコレクションとしてシリーズ初となる機械式ムーブメントを搭載した「メカニカルコレクション」を発表しています。シリーズ名のカンパノラは、紀元5世紀に史上初めて人々に時を知らせた教会の鐘に由来します。場所は南イタリアの街「ノラ」で、その鐘は「カンパノラベル」と呼ばれています。時とヒトの関わり方にロマンを感じてほしいという願いを込め、初めて時と人が関わり合ったこの鐘からブランドの名前が取られています。



2000 年
コンプリケーション



2001 年
コスモサイン



2006 年
エコ・ドライブ



2014 年
メカニカル

※2 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。

★エコ・ドライブはシチズンホールディングス株式会社の登録商標です。

最先端の「時と美」を発信する、シチズンコンセプトショップ

「シチズンコンセプトショップ」は全国に12店舗。お客様がゆっくり商品をご覧ください。時計の魅力を最大限に引き出すことを考えたショップデザイン、ディスプレイを心がけております。シチズンコンセプトショップならではのコレクションも用意しています。「カンパノラ」誕生15周年を記念した最高峰モデルの『聚楽』は、このコンセプトショップのみでの取り扱いになります(限定50本)。ここでしか出会えない、ここにしかない時にふれて、シチズンの「今」を体感いただけます。

仙台 三原堂	宮城県仙台市青葉区中央2-5-2	☎022-222-2028
大丸 東京店 10階 時計売場	東京都千代田区丸の内1-9-1	☎03-6895-2631
日新堂 銀座本店	東京都中央区銀座7-9-13	☎03-3571-5611
東武百貨店 池袋店 6階10番地 時計サロン	東京都豊島区西池袋1-1-25	☎03-5951-8272
ジェイアール名古屋タカシマヤ 10階 時計サロン	愛知県名古屋市中村区名駅1-1-4	☎052-566-8423
松坂屋 名古屋店 北館5階 時計サロン	愛知県名古屋市中区栄3-16-1	☎052-264-2694
大丸 京都店 6階 時計サロン	京都府京都市下京区四条通高倉西入立売西町79	☎075-211-8111
大丸 心斎橋店 南館4階 時計サロン	大阪府大阪市中央区心斎橋筋1-7-1	☎06-6271-1231
あべのハルカス近鉄本店 タワー館 11階時計サロン	大阪府大阪市阿倍野区阿倍野筋1-1-43	☎06-6624-1111
大丸 神戸店 8階 時計サロン	兵庫県神戸市中央区明石町40	☎078-331-8121
大丸 福岡天神店 東館エルガーラ4階 時計売場	福岡市中央区天神1-4-1	☎092-712-8181
熊本 鶴屋百貨店 東館5階時計ギャラリー	熊本県熊本市中央区手取本町6-1	☎096-327-3650

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ヶ国以上で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。

PRO TREKの歴史

牛山 和人

カシオ計算機株式会社

時計事業部 モジュール開発部

1. はじめに

PRO TREK は 1995 年に誕生したカシオのアウトドアギアウォッチで、ヒマラヤを登るクライマーから富士山を目指す山ガールまで、幅広いユーザーにご愛用いただいております。Feel the field をブランドコンセプトに、方位、高度／気圧、温度を計測するトリプルセンサーを駆使して、いかなる状況でも、すばやく自然を感知する、そんなギアとしてのユーザビリティを追求し、常に進化を続けてきました。今年で 20 周年を迎えた PRO TREK の進化をひも解き、その歴史を紹介させていただきます。

2. PRO TREK の歴史

カシオ計算機では経営理念である「創造貢献」を実践し、人々の生活を助け・人々を楽しませるような商品開発が日々行なわれています。そんな活動の中でプロトレックは誕生しました。Fig. 1

プロトレック誕生

- ・ 高密度実装技術でセンサーを搭載し、世の中に無かった新しい腕時計を次々と開発していた。

- ①圧力センサー → 高度を知る・気圧傾向を知る
- ②磁気センサー → 方位を知る・北を知る
- ③温度センサー → 気温を知る・水温を知る



- ・ アウトドアで役立つ3つのセンサーを搭載して、登山者向けに商品化した。
- ・ 1995年「DPX-500」発売



Fig. 1

腕時計で高度や方位が分かることは、登山の世界では画期的なことでした。しかし専門的な領域で使われる商品なので、改善すべき点も多くありました。Fig. 2

最初の進化

- 1995年にブランドが誕生して数年、プロトレックは次の進化を求められていた。
- 一方でカシオには、現場で使うものは現場を知って開発する、フィールドワークという考え方があった。



- しかし、本格的な登山をする者がいなかったため、アドバイザーの意見を聞いて開発していた。

Fig. 2

岩崎氏のアドバイスを商品化したことで、プロトレックは大きく進化しました。中高年の登山ブームとも重なり、中高年のお客様にとっても喜ばれました。Fig. 3

岩崎元郎氏との出会い

- NHK「中高年の登山学」講師
- 山道具として求められた3つのこと
 - ①文字が小さい → 大画面・中央表示
 - ②操作が複雑 → ダイレクト計測ボタン
 - ③表示が分かりにくい → 2層液晶

岩崎元郎氏



- その後のプロトレックの基本性能となる、大画面／ボタン／2層液晶が確立した。
- 2000年「PRG-40」発売



Fig. 3

プロトレックは3つのセンサーや大きな液晶パネルを駆動するため、たくさんの電池が使われていました。このため電池交換には安価ではない費用と防水検査などの時間が必要でした。Fig. 4

ソーラー化

- ・ プロトレックはアウトドアで使用されるので、太陽発電であることは非常に有利だと考えた。
- ・ しかし、当時使っていたセンサーは、消費電力が大きくて太陽発電では動かせなかった。



- ・ そこで、世の中に無かった消費電力の小さなセンサーを開発した。
- ・ 2002年「PRG-50」発売



Fig. 4

プロトレックにおいて電波時計は、時間が正確なことよりも手間がかからないこととして強く要望されていました。何度も評価を繰り返し、アンテナに適した場所を見つけました。Fig. 5

電波時計

- ・ 時計の時刻が正確に保たれる電波時計は、カシオでは当たり前の機能になっていた。
- ・ しかし、電波時計のアンテナは磁石になるため、方位計の計測に悪影響するので、プロトレックは電波時計にできなかった。



- ・ 方位計の計測に悪影響しない、最適なアンテナの場所を探した。
- ・ 2005年「PRW-1000」発売



Fig. 5

電波ソーラーになった PRW-1000 は集大成と言える商品であり、ヒマラヤの 8000m 峰でも問題なく活躍すると考えていました。この出会いが後にプロトレックを大きく進化させることになります。Fig. 6

竹内洋岳氏との出会い

- PRW-1000をヒマラヤ登山で使ってもらうことで、プロトレックの商品完成度を高めたいと考えた。
- 日本人初の8000m峰14座登頂を目指していたプロ登山家 竹内洋岳氏。



- しかし……



Fig. 6

ハンディタイプの高度計に比べると小さくて正確だったため、辛うじてヒマラヤ登山で使ってもらえました。この遠慮ない報告が開発チームに火をつけ、プロトレックに新たな目標を与えました。Fig. 7

腕につけてもらえなかった

- 2005年 竹内氏はPRW-1000を装備して、ヒマラヤの8000m峰シシャバンマに登頂。



- ところが、報告会で語られたのは、あまりにも厚過ぎて手首の動きを妨げるので、首からぶら下げて高度計として使い、腕には他社の腕時計をしたというものだった。

Fig. 7

岩崎氏、竹内氏のアドバイスを正しく理解できていたか振り返り、登山の知識が不足していたことに気づきました。そこで岩崎氏が主宰する山岳会、「無名山塾」の本科登山学校に所属しました。Fig. 8

本物の道具になるために

- それからのプロトレックの目標は、竹内氏にヒマラヤ登山で使ってもらうパートナーになること。
- それには登山の現場を正しく理解する必要があった。



- フィールドワークを実践し、開発者が自ら登山者になるしかない。
- 自立した登山者になるために、山岳会に所属して雪山から岩壁まで登った。

Fig. 8

【左上】槍ヶ岳（残雪期）、【右上】劔岳（源次郎尾根からのクライミング）、【左下】北岳（バットレスからのクライミング）、【右下】ネパールヒマラヤ（エベレスト街道のトレッキング）。Fig. 9

フィールドワークの記録



Fig. 9

液晶を2枚重ねて東西南北を表現する2層液晶は、分かりやすいと好評でした。しかし最も有効な改善が薄型化であることは明白であり、2層液晶の削除を決断することができました。Fig. 10

薄型化

- ・ 雪山からロッククライミングまで経験して、厚さが最大のデメリットであることを痛感した。
- ・ しかし、当時の技術では2層液晶のまま薄型にすることは不可能だった。



- ・ そこで、3つの基本性能の1つである、2層液晶の削除を決断した。
- ・ 2007年「PRW-1300」発売



Fig. 10

薄型化を実現して初めて、竹内氏に腕時計として使用してもらうことができました。実はこのことによりネパールの時差に対応していなかったことに、気付かされます。Fig. 11

ヒマラヤ登山のパートナーに

- ・ 2007年 竹内氏はPRW-1300を装備して、ヒマラヤの8000m峰マナスルに登頂した。
- ・ その後ガツシャブルムII峰で雪崩に遭い、瀕死の重傷を負うが奇跡的に生還した。



- ・ 救助された竹内氏の手元に残っていたのは、衛星携帯電話と腕につけられていたPRW-1300だけだった。

Fig. 11

PRW-1300 が竹内氏の腕に装着されてマナスル登頂を経験したことにより、プレステージライン「マナスル」が誕生します。もちろんネパールの時差に対応しました。Fig. 12

2層液晶を取り戻せ

- ・ **ただし、2層液晶は東西南北の視認性が良いので、惜しむ声も多かった。**
- ・ **このままの厚さで、2層液晶を取り戻したい。**



- ・ **そこで、全ての部品を薄型化して、2層液晶のまま薄型化を実現した。**
- ・ **2009年「PRX-2000T
MANASLU」発売**



Fig. 12

登山の世界に入り込むことで、プロトレックを使用しない登山者の共通点に気がきました。その人達は登山用ではないアナログの腕時計を使用していました。Fig. 13

アナログ化

- ・ **登山において時刻は最も重要な情報であり、時間の管理はアナログ時計と言う声が多かった。**
- ・ **どんなにプロトレックが進化しても、アナログ時計のユーザーはデジタル時計を使ってくれない。**



- ・ **デジタル時計に針をつけるのではなく、アナログ時計を目指した。**
- ・ **2010年「PRW-5000」発売**



Fig. 13

潜在していた多くのアナログユーザーと出会い、アナログ時計として次のステップを目指しました。
たとえ液晶パネルが無くても、高度は数値として情報を得られなければなりません。Fig. 14

アナログの追求

- ・ 大ヒットしたPRW-5000にも、「これはアナログ時計ではない。」という声があった。
- ・ 液晶パネルが付いていては、アナログ時計として認められない。



- ・ アナログ時計のユーザーに向けて、本物のアナログ時計を目指した。
- ・ 2012年「PRX-7000T」発売



Fig. 14

竹内氏はPRX-7000Tに対し「時間が量的に把握できたことは、今回の登山の成功の大きな鍵になった。」と語ってくれています。日本人初の偉業に立ち会う歴史的な腕時計となりました。Fig. 15

日本人初14座達成



Fig. 15

アナログモデルを開発していた数年間、プロフェッショナルの要望に応えるための新しいセンサーを開発していました。これにより10年ぶりの新しいセンサーシステムが誕生しました。Fig. 16

センサーの進化

- ・その後、竹内氏や山岳救助隊からの課題に応えるためには、新しいセンサーが必要だった。
 - ①手首の動きを妨げる → 小型化
 - ②登っても高度が増えない → 高度計測単位1m
 - ③捜索中に計測が終わる → 方位連続計測60秒
- ▼
- ・高度計と方位計の性能を高めた、新しいセンサーを開発した。
 - ・2013年「PRW-3000」発売



Fig. 16

新しいセンサーシステムと小型モーターやリゅうずスイッチなどの新しいデバイスが、アナログモデルをさらに進化させました。アナログ時計を好むお客様に高く評価されています。Fig. 17

スマートアクセス

- ・同様に、アナログモデルのPRW-5000にも、山岳救助隊や山岳ガイドから改善提案があった。
 - ①厚過ぎる → 薄型化
 - ②針が液晶に重なりと見えない → 針退避
 - ③高度補正の操作が難しい → リゅうずスイッチ
- ▼
- ・独立駆動針とリゅうずスイッチによる、表現と操作を開発した。
 - ・2014年「PRW-6000」発売



Fig. 17

学術講演会後の2015年10月5日に発表された最新モデルを追記します。フラッグシップモデルであるマナスルシリーズのコンセプトを、「8000m 峰を登頂するためのギア」と再定義しました。Fig. 18

MANASLU(マナスル)

- ・ 8000m峰登頂のための腕時計として、
視認性・堅牢性・装着性の全てを研ぎ澄ませた。

- ①視認性 →ワイドフェイスとハイコントラスト
- ②堅牢性 →サファイアガラスとSUSベゼル
- ③装着性 →サイズ調整が可能なバックル



- ・ PRW-6000の機能性はそのままに、
腕時計としての価値を高めた。
- ・ 2015年「PRX-8000T」発売



Fig. 18

製品の詳細は下記よりご覧いただけます (<http://protrek.jp/>)。今後ともプロトレックをよろしく
お願いいたします。



これからもユーザーの立場になって、
進化するブランドであり続けます。

製品紹介特集

ギヤードモータ・マイクロポンプ リニアアクチュエータの紹介

セイコークロック株式会社 開発マーケティング部

1. はじめに

セイコークロックはクロック技術に応用した新規事業として、小型歯車減速機とその応用製品のマイクロポンプ、リニアアクチュエータを開発しました。

2. 開発の経緯

2000 年以降数社から専用減速機の開発依頼を受け、その際以下のご要望がありました。

総合家電メーカ、モータメーカ、大学研究室からのご要望 ～ 現行品では

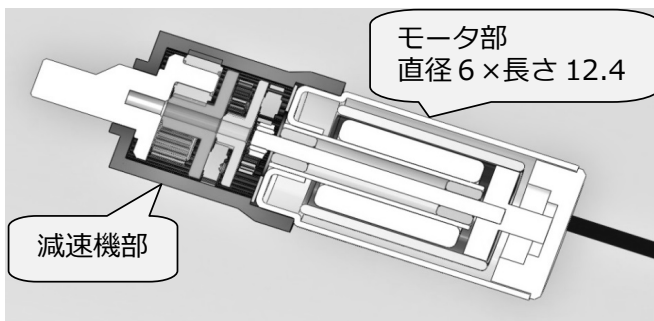
1. 歯車がすぐダメになる
2. 減速機の効率が悪い
3. 希望するサイズのモータ減速機がない

具体的な品目としては、折りたたみ式携帯電話機開閉用ギヤードモータ、電動歯ブラシ、車載ギヤードモータ、小型ロボット用ギヤードモータ等があります。その経験を基に、当社の特徴を活かした小型減速機の自社開発を進めてまいりました。開発のキーワードは「高速、軽量、小型、省エネ」です。

ご要望を精査することで浮かび上がってきた疑問は、「我々が当たり前と考えてきた事が、実は他ではまだ意外性がある？」という事でした。そこから「市場にありそうで無いものを作ろう」をコンセプトに開発をスタートし、現在に至っています。

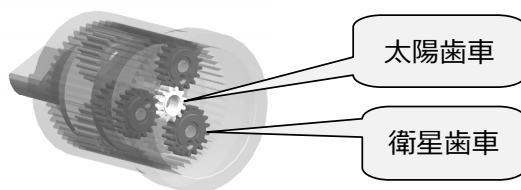
3. マイクロギヤードモータ

既存品に対しサイズ比較で出力 5 倍を実現

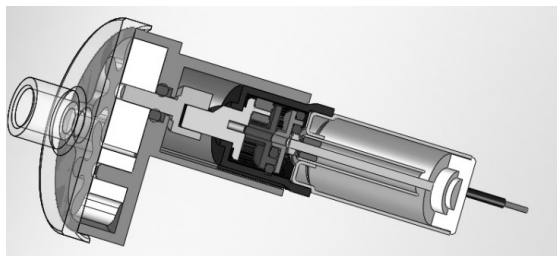


定格負荷	6mNm 100rpm
外形	φ 6 長さ 22mm
減速機効率	75%

ギヤードモータの
遊星歯車減速機構

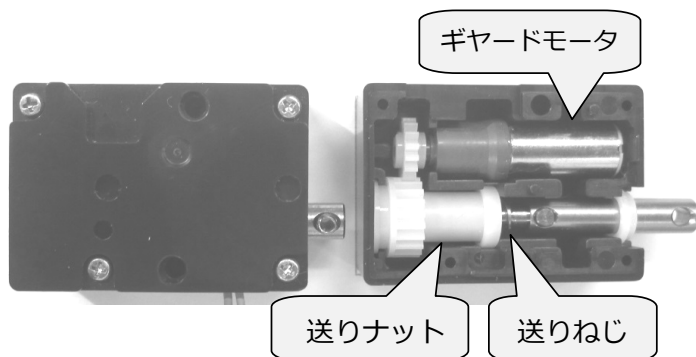


4. マイクロポンプ



定格電圧	3Volt
定格流量	15cc/min
最大圧力	40kPa
定格電流	40mA
重さ	3 g

5. リニアアクチュエータ



型番
2 段減速 LA002
3 段減速 LA003

外寸, ストローク
(10mm) は共通

仕様	LA003	LA002
定格電圧	3V (DC)	3V (DC)
定格電流	60mA	60mA
最大電流	200mA	200mA
定格動作速度	2mm/sec	10mm/sec
定格推力	700g(7N)	160g(1.6N)

お問い合わせは セイコークロック株式会社開発マーケティング部 山口

営業時間 9:30~18:00 TEL 03-5639-6170

製品紹介

製品紹介

プロ登山家 竹内洋岳氏と共同開発した最上位モデル

“8000m 峰の過酷な登頂を支えるアウトドアウォッチ“PRO TREK MANASLU”

カシオ計算機株式会社



PRX-8000T

カシオ計算機は、アウトドアウォッチ“PRO TREK (プロトレック)”の新製品として、機能性とデザイン性を追求した最上級ライン“MANASLU※(マナスル)”より、8,000m 峰登頂時における極限状態での使用を想定し、優れた視認性と装着性を実現した『PRX-8000T』を 10 月 30 日に発売しました。

※ 世界に 14 座ある 8,000m 峰のひとつで、1956 年に日本隊が世界で初めて登頂に成功した“マナスル”に由来。

今回ご案内します『PRX-8000T』は、地球上に存在する標高 8,000m を超える 14 座全ての登頂を、日本人で唯一達成したプロ登山家の竹内洋岳氏のアドバイスを受け開発した“MANASLU”の最上位モデルです。

8,000m 峰の過酷な状況での使用を想定して、ブラックの文字板に、太く立体感のあるホワイトのインデックスとカーボンファイバーを使用した大型の時分 針を配し、ロゴや都市コードなどをあえて目立たないように配色することで、高いコントラストを実現。特に指標となる 12 時位置のインデックスはひととき大きく特徴のある形状と

し、バンドの付け根部分に矢印を刻印しました。さらに、インデックスに二重の蓄光処理を施し、高所の低酸素状態による意識低下や悪天候、暗闇の中でも、登頂時に最も重要な情報である時刻をしっかりと把握できる視認性を追求しています。また、バンドや裏蓋など主要な金属部分には、チタンカーバイト処理を施した軽量素材のチタンを採用。長時間の装着でも負担を感じさせることなく頂上への道のりをサポートします。

方位・気圧/高度・温度を高精度で計測する「Triple Sensor Ver.3」を“MANASLU”で初めて搭載したほか、急激な気圧変化を知らせる「気圧傾向インフォメーションアラーム」や世界6局の標準電波を受信する「マルチバンド6」などを搭載。加えて、ベゼルやボタン、りゅうず耐摩耗性に優れたDLC加工を施し、風防には傷がつきにくいサファイアガラスを採用することで、高い機能性と堅牢性を備えました。

機種名	秒針カラー	メーカー希望小売価格	発売日
PRX-8000T-7A	オレンジ	160,000 円＋税	10 月 30 日
PRX-8000T-7B	グリーン		



PRX-8000T-7A



PRX-8000T-7B

竹内洋岳（たけうちひろたか）

1971 年東京生まれ。一気に頂上を目指すアルパニスタイルを積極的に取り入れた少人数・軽装備の登山で一時期に複数のサミットを狙うスタイルで知られるプロ登山家。1995 年に初めてマカルー（8,485m）に登頂して以来、8,000m 峰への挑戦を続け、2012 年 5 月 26 日にダウラギリ（8,167m）に登頂。日本人として初めて 8,000m 峰 14 座の完全登頂に成功した。

【PRX-1000 の主な仕様】

構造・防水性	耐低温仕様(−10℃)、10 気圧防水
受信電波	JJY(日本):40 MSF(イギリス):60 kHz、WWVB(アメリカ):60 kHz、 kHz(福島局)/ 60 kHz(九州局)、 BPC(中国):68.5kHz DCF77(ドイツ):77.5kHz、
電波受信方法	自動受信(最大 6 回 / 1 日、中国のみ最大 5 回 / 1 日)、手動受信
方位計測機能	16 方位・方位の角度(0° ～359°)を計測、方位連続計測(60 秒)、北方位指針機能、磁気偏角補正機能、方位補正機能
気圧計測機能	計測範囲:260hPa～1,100hPa、気圧傾向グラフ表示(過去 20 時間分を表示)、気圧差インジケータ(±10hPa)、気圧傾向インフォメーション(特徴的な気圧変化が起こった場合に報音と表示で報知します)
高度計測機能	相対高度計(計測範囲:−700m～10,000m)、高度メモリー(計測年月日・時刻・高度を最大 30 本マニュアルメモリー)、自動記録データ(最高/最低高度、積算(上昇 / 下降)メモリー)、高度傾向グラフ、高度差インジケータ(±100m / ±1,000m)、計測間隔設定機能(5 秒 / 2 分、最初の 3 分間は 1 秒毎に計測)
温度計測機能	計測範囲:−10℃～60℃、計測単位:0.1℃
ストップウォッチ	1/100 秒、24 時間計、スプリット付き
ワールドタイム	世界 29 都市(29 タイムゾーン、サマータイム設定機能)+UTC(協定世界時)の時刻表示、UTC ダイレクト呼出機能、ホームタイムの都市入替機能
タイマー	セット単位:1 分、最大セット:60 分、1 秒単位で計測
アラーム	時刻アラーム 5 本、時報
その他の機能	バッテリーインジケータ表示、フルオートカレンダー、12/24 時間表示切替機能、操作音 ON / OFF 切替機能、ダブル LED ライト(文字板・液晶部、フルオートライト、残照機能、残照時間切替機能 1.5 秒 / 3 秒)、針退避機能(手動、自動:高度、気圧、温度計測時)
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 25 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	59.7×52.5×14.4 mm
質量	約 140g

PRO TREK の詳細は、右記ホームページをご覧ください。 <http://protrek.jp/>

会 報

一般社団法人 日本時計学会 平成 27 年（2015 年）4 月度 理事会議事

－ 2015 年度 第 2 回理事会 －

（記録：小池 邦夫 2015 年 4 月 23 日）

1. 開催日時：2015 年 4 月 23 日（金）16:00-17:30

2. 場所：中央大学理工学部（後楽園キャンパス） 2 号館 7 階 2735 号室

3. 出席者：〈理事〉中島，大隅，今村，大谷，佐々木，竹中，増田，小池，（以上 8 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，寺嶋，土肥，馬場，藤田，古川，吉澤（以上 7 名）

〈監事〉佐藤，吉村（以上 2 名）

4. 審議事項

- （1）出版編集関係（別紙資料配布：増田理事説明）
- （2）春季研究会報告（吉澤運営委員説明，幹事会社：カシオ計算機）
- （3）見学会について（寺嶋運営委員説明，幹事会社：シチズン時計）
- （4）青木賞について（大谷理事説明）
- （5）企画委員会活動報告（別紙資料配布：竹中理事説明）
- （6）新入会員の承認
- （7）次回理事会開催日

2015 年 6 月 19 日（金）15:00～ 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 4 月 23 日承認後）
- （2）平成 27 年（2015 年）2 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）6 月度 理事会議事

－ 2015 年度 第 3 回理事会 －

（記録：小池 邦夫 2015 年 6 月 19 日）

1. 開催日時：2015 年 6 月 19 日（金）15:00-17:00

2. 場所：中央大学理工学部（後楽園キャンパス） 新 2 号館 6 階 2629 号室&2631 号室

3. 出席者：〈理事〉中島，大隅，今村，大谷，木原，佐々木，竹中，檜林，増田，小池（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〉小水内，寺嶋，土肥，馬場，藤田，古川，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（別紙資料配布：楢林理事（編集校閲委員長）説明）
- (2) NII 終了に伴う学会誌の電子化について（小池理事（総務担当）説明）
- (3) 学術講演会について（別紙資料配布：土肥運営委員（事業委員）説明）
- (4) 春季研究会実施報告（別紙資料配布：吉澤運営委員説明，幹事会社：カシオ計算機）
- (5) 見学会実施報告（寺嶋運営委員説明，幹事会社：シチズン時計）
- (6) 青木賞について（別紙資料配布：大谷理事（青木賞委員長）説明）
- (7) 新入会員の承認
- (8) 次回理事会開催日

2015 年 9 月 11 日（金）中央大学後楽園キャンパス（学術講演会昼休み中）

5. 報告事項

- (1) 会員数状況（2015 年 6 月 19 日承認後）
- (2) 平成 27 年(2015 年)4 月度理事会議事録
- (3) その他（別紙資料配布：小池理事（総務担当）説明）
 - ・研究会，見学会の学会業務のマニュアル案の説明

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 27 年（2015 年）9 月度 理事会議事

－ 2015 年度 第 4 回理事会 －

（記録：小池 邦夫 2015 年 9 月 11 日）

1. 開催日時：2015 年 9 月 11 日（金）12:00-12:40
2. 場所：中央大学理工学部（後楽園キャンパス） 5 号館 5233 号室
3. 出席者：〈理事〉中島，大隅，今村，梅田，大谷，木原，佐々木，増田，小池（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〉小水内，寺嶋，土肥，馬場，藤田，吉澤（以上 6 名）

〈監事〉佐藤，吉村（以上 2 名）

4. 審議事項

- (1) 出版編集関係（別紙資料配布：増田理事（編集校閲委員）説明）
- (2) 青木賞表彰について（別紙資料配布：大谷理事（青木賞表彰委員長）説明）
- (3) 秋季研究会について（別紙資料配布：小池理事代理説明，幹事会社：セイコーインスツル）
- (4) 新入会員の承認
- (5) 次回理事会開催日

2015 年 11 月 20 日（金）16:00～（秋季研究会終了後） 中央大学後楽園キャンパス

- (6) その他

- ・ 2015 年度マイクロメカトロニクス学術講演会ニュースリリース報告（別紙資料配布：吉澤運営委員（広報委員長）説明）

5. 報告事項

- (1) 会員数状況（2015 年 9 月 11 日承認後）
- (2) 平成 27 年(2015 年)6 月度理事会議事録
- (3) その他（別紙資料配布：小池理事（総務担当）説明）
 - ・ 迷惑メール対策について
 - ・ American Watch の件について

以上

2015年度 マイクロメカトロニクス学術講演会

主 催：(社)日本時計学会

協 賛：(社)エレクトロニクス実装学会，(社)応用物理学会，(社)計測自動制御学会，(社)精密工学会，(社)電気学会，

(社)電子情報通信学会，(社)日本磁気学会，(社)日本機械学会，(社)日本ロボット学会，(社)

日本設計工学会

期 日：2015年9月11日(金)	学術講演会	9:00～14:25
	製品紹介セッション	14:40～16:00
	特別講演	16:15～18:00
	懇親会	18:20～20:20

会 場：中央大学理工学部校舎 5号館 5234号室(後樂園キャンパス)

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

交 通：東京メトロ丸の内線・南北線「後樂園」駅下車徒歩3分，都営三田線・大江戸線「春日」駅下車

徒歩5分，JR中央線(総武線直通各駅停車)「水道橋」駅下車徒歩12分

参 加 費：学術講演会(製品紹介，特別講演含)：

正会員 2,000円 非会員 4,000円 学生 1,000円(いずれ

も予稿集代金)

(会員は個人会員に限ります。協賛学会員は正会員価格です。)

懇親会： 2,000円

マイクロメカトロニクス講演会 プログラム

講演番号	時 間	講 演 題 目
------	-----	---------

第1セッション(9:00～10:20)

- | | | |
|----|-------------|---|
| 1. | 9:00- 9:20 | 掃除ロボットを応用した見守りシステムのやりとり機能
東京高専 ○多羅尾進，丸川拓，林文晴 |
| 2. | 9:20- 9:40 | 定荷重ばねのばね力とストロークとの関係についての考察
土屋 栄夫，○吉村 靖夫
東京高専 志村 穰 |
| 3. | 9:40-10:00 | 血圧脈派計測のためのバンド型無線計測デバイス
中央大学 ○土肥 徹次，五嶋 亮祐 |
| 4. | 10:00-10:20 | 放熱性を考慮した CFRP 製筐体の試作
東京高専 ○木村 南 |
| | 10:20-10:35 | 休 憩 |

第2セッション(10:35～11:55) 司会 土肥徹次(中央大学)

5. 10:35-10:55 高温圧電材料の機械的強度の検証
シチズンホールディングス ○木下 嘉将, 早田 智史, 野々垣陽一,
赤羽隆志
6. 10:55-11:15 衛星電波時計の針位置検出システム
シチズン時計 ○加藤明, 今村和也, 和泉輝
7. 11:15-11:35 時計用 Bluetooth プロファイルについて
カシオ計算機 ○道蔦 聡実
8. 11:35-11:55 低周波振動切削技術「LFV」の開発
シチズンホールディングス ○北風絢子, 野口賢次, 村松正博, 加
藤聖子
- 11:55-12:50 休 憩
- 12:50-13:05 青木賞授賞式

第3セッション(13:05～14:25)

9. 13:05-13:25 GPSソーラーウォッチにおける小型化・薄型化技術の開発
セイコーエプソン ○三谷 敏寛, 田村 修一, 馬場 教充
10. 13:25-13:45 近距離無線通信機能(NFC)搭載ランニングウォッチの開発
セイコーインスツル ○土屋 忠士, 野邊 哲也
11. 13:45-14:05 腕による活動量計測
株式会社アコーズ ○原 稔
12. 14:05-14:25 アクティブマトリクスEPDを活用した新しいコンセプトのウェア
ラブル商品の開発
セイコーエプソン ○三宅 哲也, 小越 剛
- 14:25-14:40 休 憩

時計製品紹介セッション(14:40～16:00) 司会 吉澤弘(カシオ計算機)

- A-1. 14:40-15:00 セイコーウォッチ(株) 小野 由美 氏
- A-2. 15:00-15:20 シチズン時計(株) 北川 正人 氏
- A-3. 15:20-15:40 カシオ計算機(株) 牛山 和人 氏
- A-4. 15:40-16:00 セイコークロック(株) 山口 英樹 氏
- 16:00-16:15 休 憩

特別講演

特別講演① 16:15-17:00 司会 中島悦郎（カシオ計算機）

「コネクテッドウォッチが切り拓く身近なＩｏＴ」

講師 ノルディック・セミコンダクタ カントリー・マネジャー 山崎 光

男 氏

（17:00-17:15 休 憩）

特別講演② 17:15-18:00 司会 大隅 久（中央大学）

「独立時計師が考える機械式時計の価値と未来」

講師 独立時計師 菊野 昌宏 氏

懇親会

18:20-20:20

理工学部 2 号館 6 階 2629/2631 号室

2015 年 9 月 11 日

第49回 青木賞表彰委員会報告

第49回青木賞選考は、マイクロメカトロニクス 平成25年度 Vol.57, No.208-No.209 及び平成26年度 Vol.58, No.210-211 に掲載された研究論文3編、技術報告8編、合計11編に対して行なわれた。選考は、選考委員による一次審査と表彰委員による二次審査との二段階で行なわれた。

選考に先立ち、選考委員9名、表彰委員5名の選出を行なった。

一次審査は、各選考委員がそれぞれ与えられた5編の論文を査読し、その評価を集計し数値化し、合計点数の高い4編について、二次審査を行う選考委員会へ推薦した。

二次審査は、選考委員の推薦を受け、表彰委員会による議論の結果、二次審査対象論文4編を了承した。

これら4編の論文を、表彰委員5名全員が査読し、その評価を一次審査と同様に集計し数値化した。この結果を基に、表彰委員にて議論した結果、最高点の評価を得た下記の論文を第49回青木賞表彰論文として推薦することに決定した。この結果を、後日開催された日本時計学会理事運営委員会で報告し、下記の論文が第49回青木賞表彰論文に決定した。



上：授賞の様子 下：受賞者挨拶

第49回青木賞表彰論文：スプリングドライブ ミニッツリピーターの開発、マイクロメカトロニクス、Vol.58, No.210, pp.7-18(2014)

執筆者：茂木 正俊，中田 克美，広瀬 信行 所属：セイコーエプソン株式会社

推薦理由：「独創性」、「有用性（貢献度）」、「困難性（努力度）」という3項目に関して評価が行われ、各項目及び総合評価として、A, B, Cの3段階で採点された。その結果、独創性、困難性の二項目について特に高い評価を受け、総合評価でも最高得点を表彰委員から得たことによる。

第49回青木賞の受賞式は、2015年9月11日に開催された日本時計学会、マイクロメカトロニクス学術講演会会場で行なわれた。

（委員長 大谷，幹事 重城，古川）

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で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

今年も残すところわずかとなりました。一年を振り返ると、今年も天災や人災がもたらした不幸な出来事が数多くあった一方で、ラグビー日本代表の活躍やノーベル賞受賞などの明るい話題も世間を沸かせました。産業界では様々な機器・デバイスのネットワーク接続が加速し、IoT、IoEなどのキーワードとともに時計業界を取り巻く環境も大きく変わりつつあります。

今後テクノロジーがどのような方向に進み、時計がどのように進化するのかを予測するのは容易ではありませんが、進むべき道を考える時に、去る9月の学術講演会の製品紹介コーナーで流されたプロモーションビデオの中で、ある著名なジュエリー作家が語っていた「本来ソフトが先にある」という言葉がヒントになるかも知れません。ここでの「ソフト」とは「思い」「目的」といったような意味合いでしょうか。

時計学会の更なる発展のため、皆様からの投稿、講演会発表や研究会・見学会へのお申込み、ご意見をお待ちしております。

(今村 美由紀 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. 213 2015年 12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