代表理事ご挨拶

大隅 久

2017年度より、日本時計学会代表理事を仰せつかりました。大役ではございますが、理事の皆様と力を合わせ、円滑な運営を心掛けてまいりますので、ご支援のほどよろしくお願い申し上げます。

さて、日本時計学会は1948年に創設されて以来、時計に係わる技術を追求して今日に至っ ています。その間、時計は機械式からクォーツ、電波時計、GPS ウォッチと、精度が飛躍 的に向上し、機械式時計では最も重要な要素であった時計の精度も、日常生活においては もはや気になることはありません。携帯電話から進化したスマートフォンがあれば、時計 の役割であった時刻を提示するだけでなく、GPS で自分の位置までわかります。一方腕時 計の方も、様々なマイクロセンサを備え、情報通信端末としての機能が強化されつつあり ます。このような時計の進化と共に、それを支える技術の裾野もどんどんと広がっており、 これらを小さなパッケージに組み上げるというという究極のシステムインテグレーション こそが現代の時計技術と言えます。そして、このようなシステムインテグレーションの鍵 となるのが、技術者間だけでなくユーザまで含めた、分野横断的な意見交換、技術交流、 そして連携です。また、時計の進化がこのように進む一方で、歴史と伝統のあるブランド や精巧なメカを備えた機械式時計に対する魅力も健在です。最近では、現代の最新技術で トゥールビョンを再現したもの、新たなデバイスを用いた画期的な構造の置時計、マイク ロ技術を応用した超薄型の腕時計など、従来の概念の時計でありながら、最先端技術の粋 を集めたものが数多く登場しています。ただしこれらが魅力的であり続けるには、時計を 利用する方々の声に絶えず耳を傾けることが欠かせません。

昨年来の取り組みではありますが、これからも 9 月に行われるマイクロメカトロニクス学 術講演会において、関連企業、周辺分野の技術者の方々、更には時計を趣味とする方々の 意見交換、交流の場を積極的に設けていく予定です。そして、この交流の場を提供することこそ、当学会の最大の使命であると考えています。また、学会誌マイクロメカトロニクスにおける、機械式時計に関する歴史から GPS を利用した最新技術まで、幅広いテーマについての特集や、日本時計学会ホームページを利用した時計の魅力についての情報発信を強化していく予定です。これからの日本の時計産業の発展に向け、皆様の積極的なご参加を、心よりお願い申し上げます。

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 ウエアラブル商品の開発

三宅 哲也, 小越 剛

セイコーエプソン株式会社,長野県塩尻市塩尻町 390,〒399-0796 (2016年11月2日受付,2017年4月27日再受付,2017年5月23日採録)

Development of New Concept Wearable Watch with Active Matrix EPD

Tetsuya MIYAKE and Tsuyoshi KOGOSHI

SEIKO EPSON CORPORATION, 390 Shiojiri-machi, Shiojiri-shi, Nagano-ken 399-0796, Japan (Received November 2, 2016, Revised April 27, 2017, Accepted May 23, 2017)

ABSTRACT

We report why we decided to study new concept of wearable product and chose to use active matrix EPD for it. After we examine consumer acceptability for the concept, we found out key word "story". We named the new wearable product "Smart Canvas" which band and head can be seen as one canvas and show a "story" on the EPD screen. We developed new software platform which has multiple display layer based on different unit of time to show rich story.

1. 背景

2009 年, 腕時計業界は前年に起こった リーマンショックの影響で, 非常に苦しい 状況におかれていた. Fig. 1 に示すように 2006 年の国内ウオッチ市場規模を 100 と すると, 2009 年は約 63 となり, 国内市場 は僅か3年の間に 40%近くも急激に縮小 したのである. この縮小分を少しでも挽回 するため, 新しいウエアラブル商品につい てプロジェクトチームで検討を始めた.

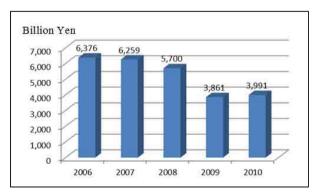


Fig. 1 Domestic watch market trend¹⁾.

2. ターゲットは腕時計を必要としなくなった人

プロジェクトチームでは、様々な視点から検討が行われた. その中で候補に上がったのが、「腕

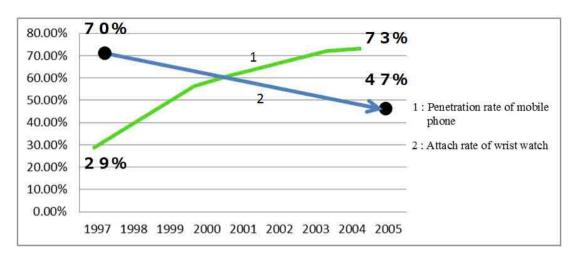


Fig. 2 Trend comparison between penetration rate of mobile phone and attach rate of wrist watch ²⁾.

時計を必要としなくなった人」をターゲットにするという案だった.

Fig. 2 に示すように当時は携帯電話の普及²⁾ に伴う腕時計装着率の低下が深刻化していた。セイコーウオッチの調査, その他の統計資料から独自に分析すると 1997 年に 70%だった腕時計装着率が 2005 年には 47%に下落。その後も歯止めが掛からない状況であった。

3. 左腕を取り戻す検討

時刻は携帯電話で見るという使い方が広まってきているため、腕時計としてはそれ以外の価値を提供する検討を開始した.携帯電話の普及により空いた左腕のスペースは、チャンスに見えた. そこで、次の二つの方向で検討を進めることにした.

方向A: 時刻情報以外の機能的価値

方向B: 機能以外の価値

3. 1 方向A: 時刻情報以外の機能的価値

機能としては、拡がりつつあった健康志向を軸にアウトドアスポーツやレジャーの楽しみを拡 げるセンシング情報の見せ方、GPS による位置情報の見せ方、ビジネスに便利なワールドタイム の見せ方などをコンセプトスケッチやモックを作成して検討を重ねた.

3.2 方向B: 機能以外の価値

機能的価値以外は全て感性的価値という単純なことではないが、仕様、数値で表される機能的価値ではなく、感情に訴えるものという広い間口から考え始めた。その頃、社内では電気泳動デ

ィスプレイ(Electrophoretic Display: EPD)と、アクティブマトリクス(AM)TFT 基板を組み合わせ、ソーラー電源と電波修正で動作するムーブメントの開発が進んでいた^{3,4)}. この自由な表示技術を時計に応用すれば、視覚による感性的価値を持ったリスト商品ができるのではないかと考えた. その案は以下の通り.

- ① Fig. 3 に示すようにバンドを含む商品全体を一つのキャンバスと見立て、製品全体で世界観を表現し、その中心にある画面の変化をお客さんに楽しんでもらう商品(時刻表示は無くても可). 画面の拡大図は Fig. 4 参照. 小さな文字、線まで表現できるようにするため、EPDパネルの解像度は 300 dpi、画素サイズは □85 μm/ドットとした.
- ② 多様化する人々の好みに合わせ、容易にバリエーション展開(バンドの柄、画面表示の内容)ができる商品.

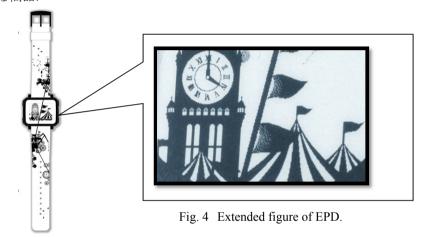


Fig. 3 Concept drawing.

方向A、方向Bの比較検討の結果、我々は方向Bをもっと深く検討することにし、その商品を "Smart Canvas"と名付けた.

4. 実証試験

時刻を情報として見せるだけなら機能価値になるが、感性に訴える表現は面白いのではないか?2010年10月末から7日間に亘って行われる大きなデザインイベント「東京ミッドタウン デザインタッチ2010」に出展し、「時を感じ楽しむ」という感性価値に訴えるメッセージに対する需要性調査(Smart Canvas 展)を行うことにした.

8名の気鋭のクリエーター(グラフィックデザイナ、絵本デザイナ、WEBデザイナ、書家、漫画家・アーティスト、メディアアート、詩人、グラフィックデザイナ)に上記メッセージをバンドから本体画面までのデザインで表現(Fig. 5 参照)してもらい、コンセプトの拡がりと需要性を

検証した.

Fig. 6 は展示ブースの片側を映した写真である。片側に 4 つの小窓があり、両側合わせて 8 つの小窓がある。それぞれの奥に各クリエーターの表現した世界が広がっている。ブースを一周して 8 つの小窓を覗くと、「時を感じ楽しむ」というコンセプトの拡がりが分かるという趣向である。展示は大盛況であった。



SMa/t Canuas

× 8

Short to the action of th

Fig. 5 Variety of works for test marketing

Fig. 6 Exhibition of Smart Canvas.

多くの来場者の中から男女 60 名にヒアリングを実施した. Fig. 7 に示すように「時を感じ,楽しむ時計」というコンセプトについて,85%が共感(腕時計の新しい道だ),7%が共感できない(時刻表示がないのは困る)という結果を得て,需要性が確認された.

さらに調査の中から商品の狙いどころは「時刻と画像が関連をもって流れていくストーリー性」 であることが見えてきた、狙いを実現すべく、開発をスタートさせた.

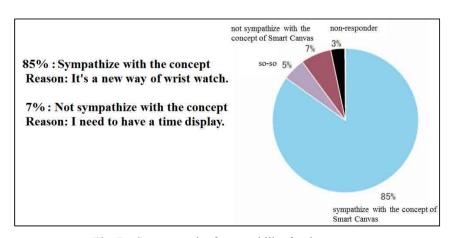


Fig. 7 Survey result of acceptability for the concept.

5. 商品仕様

2011年に投入したビジネス用 EPD ウオッチを基にして、Smart Canvas を開発するポイントを下記の 2 つに整理した.

- ① EPD のメリットである「見易さ・綺麗さ」を向上させること.
- ② 画面の変化に「ストーリー性」,「面白さ」を表現できるプラットフォームを整備すること. 詳細は Table 1 に示す.

Table 1 Comparison of specification between the present model and Smart Canvas.

Characteristics	Item	EPD watch released in FY2011-FY2012	Smart Canvas released in FY2013
Visibility	Usage environment	Good visibility under the direct rays of the sun	-
	Definition	300 dot per inch	←
	Contrast	10-11	About 10% higher than the EPD watch
	Emphasizing screen	Lay out solar cell battery around the screen.	To make the screen look larger relative to the external form of watch case, change the power source from solar cell to ordinal coin-type cell. (For enjoying contents on the screen purely, icons that shows mode or functions are not displayed.)
Expression on the screen	Numbers of modes	Three to four kinds of modes that shows only time and date.	Maximum 7 kinds of modes. Five of them displays mainly time and date. * A narrative scroll mode displays picture depending on the real time. * Football count down timer mode is good for watching a game in a stadium.
	Variation	Background of a screen changes hourly only.	Enrich options of changing the screen. Background of a screen or a part of it is changed in evry one minute, hourly or depending on day of the week, date, temperature or button operation.

6. ソフトウェアプラットフォーム

これまでに開発してきた表示の見やすさ、綺麗さに "ストーリー性", "不測の変化による驚き"を加えることが商品の肝であると考え、1日のストーリー×1年 365 日の変化を実現するシステム構成、ソフト構成を開発した、ソフトは、雛形となる画面のスタイルを複数用意し、スタイル毎に様々な表現のオプションを組み込んだ構造になっている.

各画面のスタイルは、バリエーション展開を様々に行えるよう、Fig. 8 にあるように複数のレイヤに展開された画像パーツを Fig. 9 に示すコントローラ IC 内で合成する仕組みになっている。レイヤは、1 分毎(1440 種類/日)、時間帯毎(24 種類/日)、曜日毎(7 種類/週)、日毎(366 種類/年)など変化のタイミングが異なる。

その組み合わせにより、時刻に合せて変化するストーリーを構成したり、ある日突然現れる不 測の変化などを加えることもできる.

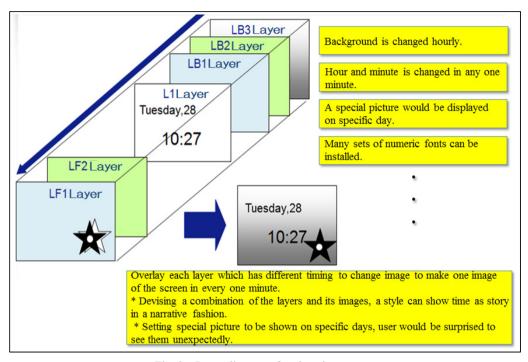


Fig. 8 Layer diagram of each style.

7. システム構成

Fig. 9 にスマートキャンバスのシステム構成を示す。2010 年以降に商品化した EPD ウオッチ $^{3,4)}$ に対して,ブロック B の構成は共通であるが,画像表現のバリエーションを大幅に拡充するため にブロック A の CPU を 4 ビットから 8 ビットに拡張し,多品種に短納期で対応するためにメモリを Flash ROM 化した.

また,時計離れが最も進む若者&女性もターゲットとするため,手に馴染む薄くて小さい外形 形状と画面が大きく見えることを狙い,太陽電池による充電機能や電波修正機能の搭載を見送っ た.

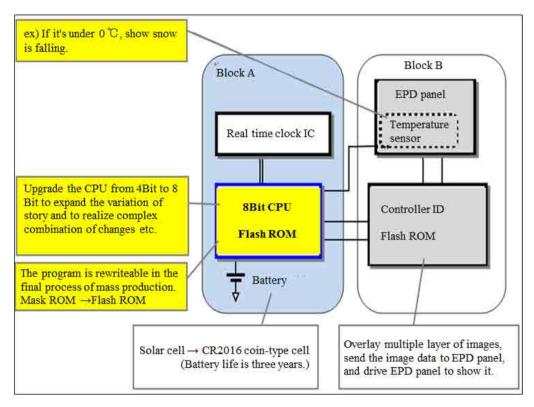


Fig. 9 System block diagram of Smart Canvas.

8. 完成した商品の紹介

Fig. 10 に WOW⁵⁾モデルの写真を示す. WOW は、東京と仙台、ロンドンに拠点を置くビジュア

ルデザインスタジオである. CM やVIといった広告における多様な映像表現から, さまざまな展示スペースにおけるインスタレーション映像, メーカーと共同で開発するユーザーインターフェイスのデザインまで, 既存のメディアやカテゴリーにとらわれない, 幅広いデザインワークを展開している. さらに最近では積極的にオリジナルのアート作品を制作し、国内外でインスタレーション展



Fig. 10 WOW model of Smart Canvas.

示を多数実施,ビジュアルデザインの社会的機能を果たすべく,映像の新しい可能性を追求し続けている.

我々は、スマートキャンバスをアートの方向に振ったときにどこまで独創的な商品ができるかを確認するため、WOWに画像、バンドを含めたグラフィックデザインの作成を依頼した.

出来上がったものは、これまでの時計とは全く異なる、まさに時をテーマにした作品と言える レベルに仕上がった。画面の中で、ある空想の町の一日の風景が時間の経過と共に移りゆく。さ らに、時に雨が降ったり、雪が降ったり季節の移ろいも表現されている。

Fig. 11 に Peanuts モデルシリーズの一例を示す. 温度による画面の変化, クリスマスなどの特別な日に特別な画像がでる驚きの演出等を盛り込んでいる.

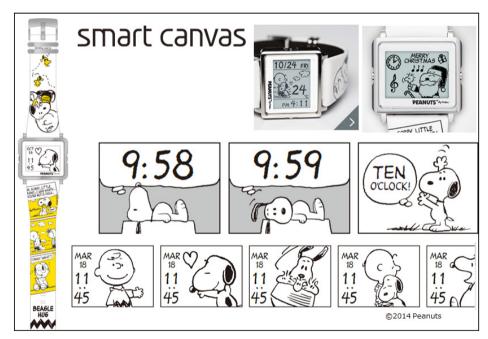


Fig. 11 Peanuts model of Smart Canvas.

9. 終わりに

我々はあえて IT 化の流れと逆の道を選んだ. その後,各社から多機能なスマートウオッチが発売されたが,あえて便利機能は一つもない本商品を多くのお客様が支持してくれており,ウオッチでもなく,スマートウオッチでもない,他の商品と比較されない独自の商品領域を生み出せたのではないだろうか. 今後もお客様の期待に応え,分かり易くシンプルで気軽に楽しめる商品展開で世界中の色々な「好き!」に応えていきたい.

参考文献

- 1) 一般社団法人日本時計協会, http://www.jcwa.or.jp/, 「統計データ・資料館」, 2016 年 10 月閲覧, 2017 年 4 月削除確認.
- 2) 総務省 (携帯電話の普及率): 移動体通信の年度別人口普及率と契約数の推移, http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/tool/tokeisiryo/idoutai nenbetu.html, (2015), 2017 年 4 月閲覧.
- 3) 小越剛, 関重彰, 村山哲朗: アクティブマトリクス EPD ウオッチの駆動技術開発, 2011 年度マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集.
- 4) 村山哲朗,小越剛,関重彰:アクティブマトリクス EPD ウオッチの開発,2012 年度マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集.
- 5) http://www.w0w.co.jp/, 2017 年 4 月閲覧.

薄型トゥールビヨンウオッチの開発

森裕一

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 (2017 年 3 月 17 日受付, 2017 年 4 月 28 日再受付, 2017 年 5 月 8 日採録)

Development of the Thin Tourbillon Watch

Yuichi MORI

Seiko Instrument Inc., 1-8, Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-8507, Japan (Received March 17, 2017, Revised April 28, 2017, Accepted May 8, 2017)

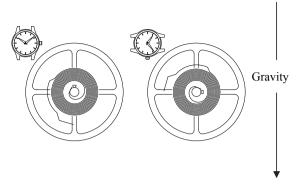
ABSTRACT

We developed a thin tourbillon watch for the first time as a major watchmaker in Japan with the aim of showing the people around the world the intricate charm of watches. We devised the new shape of the pallet for the escapement and realized substantial thinning and downsizing of the carriage. By using this carriage, we have developed the world's most compact (smallest) Tourbillon watch by now. And, by using titanium alloy instead of brass, we reduced the weight of the carriage and lengthened the driving time of the watch. We confirmed that the effect of the tourbillon can reduce the rate deviation in vertical positions to 10 to 17% of the conventional type mechanical watch.

1. はじめに

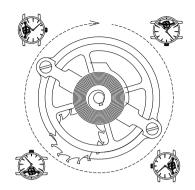
今からおよそ 200 年前の 1801 年,天才時計師と呼ばれたアブラアンールイ・ブレゲがトゥールビョン機構を発明した ¹⁾. 機械式時計を構成する部品の中でも特に計時精度の要であるてんぷは,重力によってひげぜんまいやてん輪のアンバランスの影響を受けるため,重力の方向,つまり時計の姿勢によって計時精度が変化する ²⁾. トゥールビョン機構は,てんぷ,アンクル,がんぎ車の収められたキャリッジと呼ばれる籠を一定速度で回転させることで,時計の姿勢による計時精度のばらつきを解消することができる.キャリッジの回転により重力の影響を平均化し,時計の姿勢毎の計時精度の差(姿勢差)を小さくするという仕組みである ³⁾ (Fig. 1) . そして,クォーツ時計,電波時計が広く普及した現在においても,スイスを中心に各社がこの機構を搭載した時計を作り続けている.その理由の一つは,トゥールビョンが精度の向上という目的だけでなく,てんぷで時を刻む機械式時計ならではの機構による動きの美しさや部品の仕上げの美しさが,人々を魅了し続けているからであろう.

時計メーカーである我々は、長年の時計製造によって培われた匠の技術を用いて、複雑機構で



(a) Conventional type mechanical watch

Accuracies of watch in each posture changes depending on influences of gravity.



(b) Tourbillon watch

By averaging influences of gravity, the accuracy difference of each posture is resolved.

Fig. 1 Comparison of a conventional type mechanical watch and a tourbillon watch.





Fig. 2 Cal.6830 (Completed Watch / Movement)

あるトゥールビョンを自社開発し、時計が持つ奥深さ、面白さ、美しさなどの魅力を世の中の人々に伝えるという目的のもと、日本の大手時計メーカーとして初めてとなる薄型手巻トゥールビョン Cal.6830 (Fig. 2) を開発した.

2. 薄型・小型化の課題と対策

Cal.6830 は極薄手巻 Cal.6890 をベースにトゥールビョン機構を搭載している. ムーブメントの厚みはベース部分でわずか 1.98 mm, トゥールビョン部分でも 3.98 mm, 更に直径が 25.6 mm と,

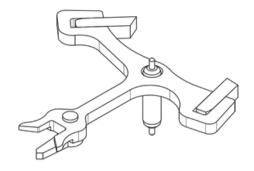
トゥールビョンを搭載した製品として 現在,世界で最もコンパクトな(体積の 小さい)ムーブメントである.

この薄型化,小型化を達成する上での 技術的課題とその対策について以下に 述べる.

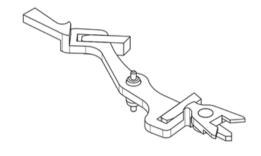
2. 1 脱進機の薄型・小型化

トゥールビョンはてんぷ,アンクル,がんぎ車の収められたキャリッジを回すという構造上,ムーブメントが大きく,厚くなってしまうという課題がある.そこで,限られたスペースに部品を配置できるよう,脱進機構のアンクルを,つめ石とハコが一直線に並び,且つハコ部分が断面的に折れ曲がった特殊な形状にした⁴⁾ (Fig. 3).

その結果, 従来の典型的なアンクル形 状を用いた場合に比べ、トゥールビヨン



(a) Conventional type



(b) Cal.6830

Fig. 3 Pallet fork

化した際のキャリッジは面積比で93%,厚み比で90%と共に縮小し,キャリッジ部の体積は84%に薄型・小型化することに成功した(Fig.4).

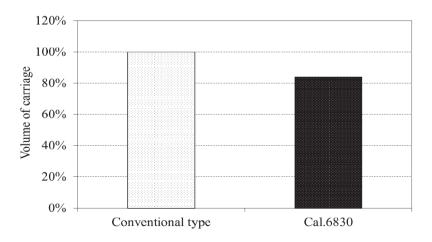


Fig. 4 Comparison of the carriage volume.

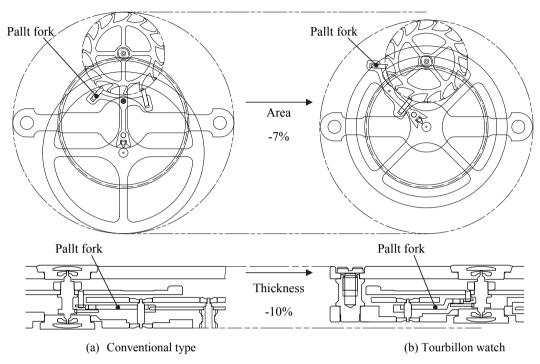


Fig. 5 Comparison of the carriage area and thickness

Fig.5 に、従来の典型的なアンクル形状と Cal.6830 のアンクル形状との違いによる、キャリッジの平面と断面の比較を示す.

2. 2 キャリッジの軽量化

Cal.6830 のキャリッジは、てんぷ、アンクル、がんぎ車とそれらを支持する受、ねじなど 59 個の部品で構成されている. 香箱からてんぷへの動力伝達の軸損失を減らすために、キャリッジの構成部品にチタン合金を採用した (Fig. 6 に部品名称を図示). チタン合金は密度が真鍮の約半分、強度は約 2 倍と、比強度(強度/密度)が真鍮の 4 倍にもなる金属である. チタン合金を用いることで、キャリッジ全体の質量は 260 mg と真鍮を用いた場合の約半分に軽量化され、かつ実使用時の衝撃に耐え得る強度も満足させることに成功した. これにより、香箱ぜんまいの力を効率的にてんぷに伝えることができ、持続時間の向上につなげることができる.

3. トゥールビヨン化による姿勢差の低減

機械式時計は、 てんぷにか かる重力の影響により、姿勢 によって計時精度が変化する. トゥールビヨンは、てんぷの 収められたキャリッジ全体が 一定の速度で回転することで, 重力の影響が平均化され、姿 勢差が低減される. 実際に Cal.6830 を用いてトゥールビ ヨン化の前後で振角 220° で の立姿勢差を比較した結果を Fig. 7 に示す. 測定方法は, てんぷ,アンクル,がんぎ車 が組まれたキャリッジをムー ブに固定した状態(キャリッ ジが回転しない状態)で立姿 勢 4 方向の歩度を測定する. 続いて、そのキャリッジを回 転させた状態(トゥールビョ ン状態) で同じく各姿勢の歩 度を測定する. そして各姿勢 での歩度の1分間の平均値か ら立姿勢差を算出した.

トゥールビヨン化により,

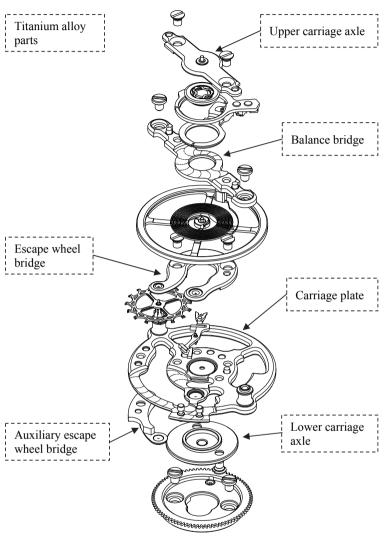


Fig. 6 Developed view of the carriage.

立姿勢差が $10\sim17\%$ に減少しており、立姿勢差の低減に効果があることが確認された.これにより、実使用環境における計時精度が向上する.

4. おわりに

今回の開発により得られた成果は以下の通り.

- ・ 新型脱進機の採用によるムーブメントの薄型化, 小型化
- チタン合金の採用によるキャリッジの軽量化
- トゥールビヨン機構の搭載による立姿勢差の低減

Cal.6830 は当社の作る時計の魅力をアピールできる製品となった. 今後も, より魅力的な機構, 美しさを追求した製品の開発を行っていく.

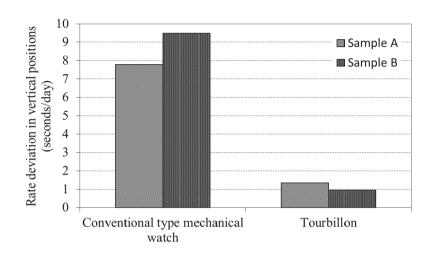


Fig. 7 Comparison of the rate deviation

参考文献

- 1) http://www.breguet.com/.
- 2) 宮里孝典: 「時計の話」と学生の反響, マイクロメカトロニクス, Vol. 48, No. 2, pp. 40-53 (2004).
- 3) 本間誠二:機械式時計【解体新書】歴史をひもとき機構を識る, 大泉書店, 東京, pp. 108-111 (2005).
- 4) アンクル, 調速脱進機, トゥールビョン, ムーブメント及び時計, 公開特許公報, 特開 2017-58247 (2017)

ソーラー発電ムーブメントの薄型化構造

保坂隆, 今村和也

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 (2017 年 3 月 17 日受付, 2017 年 4 月 26 日再受付, 2017 年 5 月 1 日採録)

The Structure to Achieve Thinner Solar-powered Movement

Takashi HOSAKA, Kazuya IMAMURA

CITIZEN WATCH CO.,LTD., 6-1-12, Tanashi-cho, Nishi-Tokyo-shi, Tokyo 188-8511, Japan (Received March 17, 2017, Revised April 26, 2017, Accepted May 1, 2017)

ABSTRACT

"Eco-Drive" is Citizen Watch Company's most significant technology and is thought to be the mainstream technology for developing the next generation watches. It is the total technological system integrating solar power generation, downsizing (reduction of size, weight, thickness), high-grade design, radio controlled watch, short-range wireless communication, and etc. Applying this technology, various watches have been developed. In this article, we will explain the detailed structure of extra thin-sized movements for Eco-Drive products.

1. はじめに

当社は、1976年に世界初のアナログ式ソーラー発電時計である「クリストロンソーラーセル」を発売した.以降、当社ではこのソーラー発電技術を「エコ・ドライブ」と名付け、次世代時計の本流技術として、いち早く、様々な技術開発と商品展開を行ってきた。当社のエコ・ドライブ製品は、ダイバーズウォッチやフルメタル電波時計、近年では衛星電波時計やスマートフォンと連動する近距離通信時計にまで至り、薄型、小型、高級感、先進機能を兼ね備えた、多彩なラインナップを展開している。

本稿では、これまで当社が開発してきた様々なエコ・ドライブ製品の中で、特に薄型化を特徴とするムーブメントの構造について説明する.

2. エコ・ドライブとは

エコ・ドライブについて説明する. エコ・ドライブとは当社が独自に開発した技術であり, 様々な先進技術が融合したソーラー発電式の時計駆動システムである. エコ・ドライブは, 光を電気エネルギーに変換して時計を駆動する光発電技術だけではなく, 長時間駆動, 先進機能や美しい

文字板の搭載,小型化や薄型化のための省電力化技術を兼ね備え,利便性や美観といった時計の本質的機能や価値を創出するためのベーステクノロジーである.

定期的な電池交換が必要ないエコ・ドライブは、電池交換で発生する使用済み電池を排出せず、環境負荷が少ない商品として環境保護の観点から評価され、公益財団法人日本環境協会から、1996年に時計としてはじめて「エコマーク商品」に認定された。また2014年には、エコ・ドライブ製品の普及を通じた環境保護に対する取り組みが評価され、時計業界初の「エコマークアワード2014金賞」を受賞している。このようにエコ・ドライブは、定期的な電池交換が不要な利便性の高い製品としてだけでなく、環境にやさしい製品として高く評価されている。

3. エコ・ドライブの構造

まず,エコ・ドライブの構造について述べる. Fig. 1 にエコ・ドライブの主な構造を示す. 現在, エコ・ドライブには、主に 4 つの構造がある。

- (1) スタンダード構造
- (2) 透明ソーラーセル構造
- (3) リングソーラーセル構造
- (4) 薄型構造

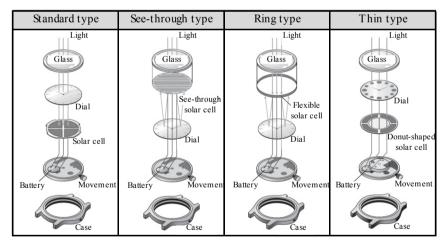


Fig. 1 Structure of Eco-Drive movements.

(1)のスタンダード構造は、エコ・ドライブとして最も一般的な構造である。ムーブメントの上面に平面状のソーラーセルを配置し、その上に透光性の文字板を配置することで、文字板を透過して入ってくる光を電気エネルギーに変換する構造である。

(2)の透明ソーラーセル構造は、カバーガラス上に微細なアモルファスシリコン線を配置して透

明ソーラーセル化した構造である.

(3)のリングソーラーセル構造は、スタンダード構造に用いる平面状のソーラーセルとは異なり、フィルム製のソーラーセルを受光面が内向きになるようにリング状に巻き、カバーガラスと文字板の間の見返し部に配置した構造である.

(4)の薄型構造は、エコ・ドライブの中で最も薄型化に特化した構造である。スタンダード構造 との違いは、中央部に穴が開いたドーナッツ状のソーラーセルを用い、ソーラーセルをムーブメ ントの上部に重ねるのではなく、ソーラーセルがムーブメント中央にある駆動部品と平面的に重 ならないようにムーブメント内に収納して薄型化を図っていることである。

4. エコ・ドライブの薄型化

次に、1976年発売のクリストロンソーラーセルを起点として、当社がどのようにエコ・ドライブの薄型化を行ってきたかについて述べる.

4. 1 Cal. 8629

1976年発売のクリストロン・ソーラーセルに搭載した Cal. 8629 の断面図を Fig. 2 に示す. 図示されていないが,この構造は文字板の断面厚内に単結晶ソーラーセルを配置した構造である. 文字板厚は,現在一般的なもので 0.5 mm 程度であるのに対して, 0.93 mm と非常に厚い. また,電池の厚みも 4.2 mm であり,ムーブメントの基礎部の厚さは約 6 mm であった.

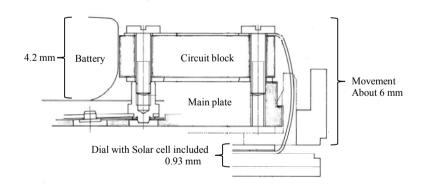


Fig. 2 Cross-section of Cal. 8629.

4. 2 Cal. 7810

1994 年発売の商品に搭載した Cal. 7810 の断面図を Fig. 3 に示す. Cal. 8629 とは異なり, ソーラーセルを文字板から分離し, ムーブメントの構成部品としてビルトイン化している. この構造は, 現在のスタンダード構造の原型となっている. ソーラーセルをムーブメントにビルトイン化した

ことで、一般的な厚さ 0.5 mm の文字板が使えるようになり、文字板のデザイン自由度も向上した. また、ソーラーセルはステンレス製基材としたことで 0.18 mm まで薄くなった. さらに電池の薄型化や低消費電力化も進み、ムーブメントの厚さを 3.43 mm まで薄型化した.

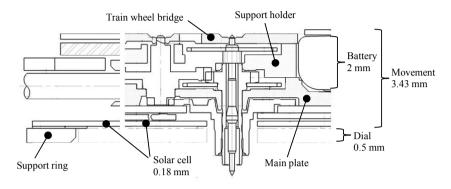


Fig. 3 Cross-section of Cal. 7810.

4. 3 Cal. A735

1997 年発売の商品に搭載した Cal. A735 の断面図を Fig. 4 に示す. ムーブメント構造は Cal. 7810 同様にスタンダード構造である. ソーラーセルや電池の厚みは Cal. 7810 同様であるが,他のムーブメント構成部品の大きさや隙間設定を見直すことで,ムーブメントの厚さを 2.73 mm まで薄型化した.

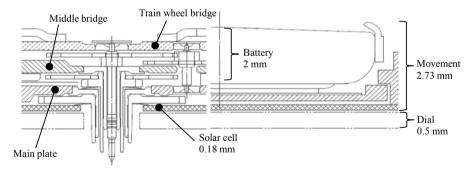


Fig. 4 Cross-section of Cal. A735.

4. 4 Cal. G820

2003 年発売の商品に搭載した Cal. G820 の断面図を Fig. 5 に示す. ムーブメント構造は、ドーナッツ型のソーラーセルをムーブメント内に収納した薄型構造である. 電池は厚さ 1.6 mm のものを搭載し、ムーブメントの厚みを抑えた. また、ソーラーセルの厚さは、基材をフィルム製としたことで 0.15 mm に薄型化した. ソーラーセルは薄型化に伴って強度が低下するが、ソーラーセル

をソーラーセル受板に接着することで十分な強度を確保した.これによって、ムーブメントの厚さは 1.91 mm まで薄型化した.また、厚さ 0.4 mm の文字板を採用し、ケース総厚は 4.4 mm に薄型化され、当時としては驚異的な薄型化に成功した.

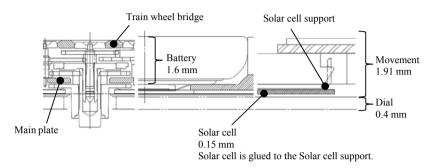


Fig. 5 Cross-section of Cal. G820.

5. 世界最薄エコ・ドライブ Cal. 8826 の薄型構造

当社は、世界最薄のソーラー発電ウォッチ「Eco-Drive One (エコ・ドライブ ワン)」をバーゼルワールド 2016 にて発表した。この製品は、ムーブメントの厚さが 1.00 mm である Cal. 8826 を搭載し、ケース総厚はわずか 2.98 mm であり、従来の薄型構造をベースに更なる薄型化を実現したものである。

以下で、Cal. 8826 がムーブメント厚さ 1.00 mm を実現するために、どのような技術開発を行ったのかについて説明する.

5. 1 C型ソーラーセルの開発

従来の薄型構造は、ドーナッツ型のソーラーセルをムーブメント中央の駆動部品と平面的に重ならないようにムーブメント内に収納することで、ムーブメント厚を薄くする構造であった. し

かし、更なる薄型化を図る場合、ソーラーセルとムーブメントの断面的な重なりを更に大きくしていく必要が生じる。この時、従来のドーナッツ型ソーラーセルでは、ソーラーセルを巻真の断面高さに配置することができないため、更なる薄型化は難しかった。

Cal. 8826では、ソーラーセルの一部をスリット状に開口させた C型ソーラーセルを開発して、この問題を解決した。Fig. 6に C型ソーラーセルを示す。C型ソーラーセルのスリット部を巻真位置に重ね

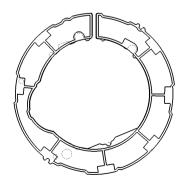


Fig. 6 C-shaped solar cell.

ることで、ソーラーセルを巻真の断面高さに配置することが可能となり、ムーブメントの更なる 薄型化を実現した.

5. 2 地板と輪列受の天地逆転構造の開発

通常、歯車を支持する輪列受は、地板に対して裏蓋側に配置される。また、地板はムーブメントを構成する他部品の土台となる部品であるから、地板の外形は輪列受より大きいことが一般的である。

このようなムーブメント構造の場合、C型ソーラーセルによってソーラーセルとムーブメント 基礎部の断面的な重なりを大きくしていくと、地板の外周部にはソーラーセルを収納するための 略ドーナッツ状の凹部が広範囲に必要となり、地板の生産性が低下する。また、断面的な重なり が大きいほど凹部はより薄肉となり、寸法精度と部品強度の確保が難しい。

Fig. 7 に Cal. 8826 のソーラーセル収納部における断面図を示す. Cal. 8826 では、輪列受を地板に対して文字板側に配置する天地逆転構造とした. さらに、輪列受の外形を地板より小さくすることでソーラーセル収納部を形成した. これにより、地板や輪列受に対して、ソーラーセル収納部を形成するための加工を不要とし、薄肉部を形成することなく、ムーブメントの薄型化を実現した.

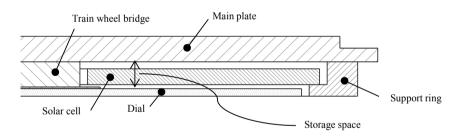


Fig. 7 Cross-section of the storage space of solar cell.

5. 3 吊るし式電池受け構造の開発

電池はムーブメントに設けられた凹状の電池収納部に収納されるが、従来の電池収納構造は地板に電池収納部の底面を設ける構造が一般的である。また、ムーブメントの薄型化を図る場合、地板は部品強度を確保するために金属板が使用されることが多い。この場合、地板に形成される電池収納部の底面の肉厚は、強度と加工性の問題から概ね 0.2 mm 程度の厚さを必要としており、更なる薄型化は難しかった。

Fig. 8 に Cal. 8826 の電池収納部の断面図を示す. Cal. 8826 では、電池収納部の底面を厚さ 0.10 mm の薄板からなる電池受板で構成し、電池受板を地板から文字板側へ吊るす構造とした. これ

によって、電池収納部の底面の厚さは最小限に抑えられ、更なる薄型化を実現した。

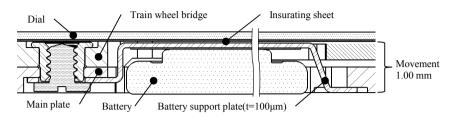


Fig. 8 Cross-section of the battery support plate.

5. 4 薄型ローターの開発

ローターには、金属製やプラスチック製のものがあるが、金属製ローターはムーブメントの薄型化、小型化の点で有利である。金属製ローターは、Fig. 9に示すように、ローターかな、ローター磁石、ローター座の3つの部品で構成されることが多い。この場合、ローターの全長は、ローターかなのほぞ長さとローターかなのかな長さ、ローター磁石の厚さ、ローター座の厚さによって決まる。

Cal. 8826では、ムーブメント厚さを 1.00 mm とするための薄型ローターを開発した。 Fig. 10 に Cal. 8826で開発したローターの断面図を示す。従来の金属製ローターに対して、ローター磁石とローターかなをレーザー溶接によって接合し、ローター座を廃止することで、全長 0.93 mm とすることが可能となり、ムーブメントの薄型化を実現した。

6. まとめ

以上のように、当社では 1976 年のクリストロンソ ーラーセル Cal. 8629 から、エコ・ドライブ ワン Cal.

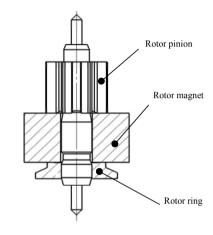


Fig. 9 General structure of rotor.

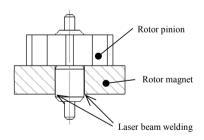


Fig. 10 Rotor structure of Cal. 8826.

8826に至るまで、ソーラー発電ムーブメントの薄型化に拘って開発を行ってきた. Cal. 8826では、 薄型構造をベースとして更なる薄型化技術開発を行い、世界最薄で厚さ 1.00 mm のソーラー発電 ムーブメントを開発することに成功した. 今後もソーラー発電ムーブメントの技術開発に一層努 め、お客様に新たな価値の提案と魅力ある製品を提供していきたい.

ダイバー向けトリプルセンサー電波ソーラーデジタル時計の開発

大村竜義, 山崎晋, 三宅毅

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 (2017 年 3 月 17 日受付,2017 年 5 月 19 日再受付,2017 年 5 月 20 日採録)

Development of the Digital Watch for Divers with Radio Controlled, Tough Solar Powered, and with Triple Sensor

Tatsuyoshi OMURA, Susumu YAMAZAKI, Takeshi MIYAKE

Casio Computer Co.,Ltd., *3-2-1, Sakaecho, Hamura-shi, Tokyo 205-8555, Japan* (Received March 17, 2017, Revised ***** **, 2017, Accepted ***** *, 2017)

ABSTRACT

CASIO Corporation has developed the divers watch "FROGMAN" as a brand of the Shock Proof Watch "G-SHOCK" specialized in durability under severe underwater. We aimed to be a more practical product in diving activities, developed new triple sensor and new diving user interface, and commercialized the GWF-D1000 as a new FROGMAN which has triple sensor, radio controlled, and tough solar powered digital watch. This paper explains the technical summary of the development of GWF-D1000.

1. はじめに

カシオ計算機では、耐衝撃ウオッチ「G-SHOCK」のブランドの中で特殊な水中環境での使用に耐える特化機能を備えたダイバーズウオッチとして「FROGMAN」を製品化してきた。

今回トリプルセンサー(水深計,方位計,温度計)を新規開発,ダイビング機能のUI(ユーザーインターフェース)を新規開発し、潜水活動でより実用性のある道具となる製品開発を目指してトリプルセンサー電波ソーラーデジタル時計 GWF-D1000(Fig. 1)を製品化した。その技術概要について述べる。



Fig. 1 GWF-D1000

2. 全体の構成

今回の FROGMAN ではプロダイバーの潜水活動をサポートする道具として使用される時計を目指し、プロダイバーに綿密に聞き取り調査を行なった.調査の結果、以下の開発事項があげられ、これらを達成することが目標とされた.

- ・ユーザビリティに優れた外装仕様
- ・高性能センサの開発
- ・ダイバーが安心して使える機能と UI

3. ユーザビリティに優れた外装仕様

プロダイバーの使用を想定し、潜水活動を行う際の装備や環境を考慮し、最適な外装を実現している。以下にその内容を述べる。

3. 1. 大型異型鍛造ボタン

ライトボタン, コンパスボタンを操作しやすい右側にレイアウト. また, 左側には水中の活動を簡易的に記録できるポイントメモリボタン(ポイントメモリボタンは潜水活動中の時刻や水深値などをボタン操作で簡単に記録ができる機能)を配置している. 以上の3つのボタンは潜水活動中に操作を行う可能性の高いボタンであるため, 潜水活動中にグローブを装着した手でも操作が行いやすいように, 大型デザインを採用するとともに, 滑り止めの役割として凹凸のついた加工を施した(Fig. 2).

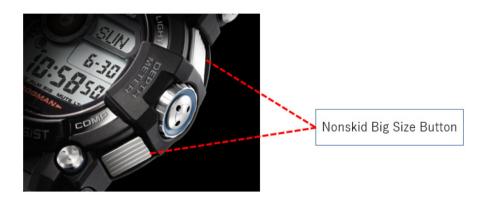


Fig. 2 Nonskid big size button.

3. 2. 長尺カーボンファイバーインサートバンド

過酷な水中の環境下での使用を想定し、弊社の従来技術である引っ張りや摩耗に対しての耐久力に優れたカーボンファイバーを樹脂にインサートした強靭なバンド構造を採用した。またバンド長を従来品よりも長くしている。潜水活動を行う際に着用するウエットスーツやグローブの上からの装着もストレス無く行えるよう工夫されている(Fig. 3).



Fig. 3 Long, carbon-fiber inserted band.

3. 3. サファイアガラス

潜水活動をサポートする表示部を岩場やダイビング機材と接触した際の傷から守るため、傷が付きづらいサファイアガラスを文字盤の前面を覆う風防の素材として採用. 圧力の高い水中での使用にも耐えられるように、2.8 mm 厚のものを採用している. サファイアガラスを採用することで傷に強く、過酷な環境下である潜水活動においても視認性を保証する製品に仕上がっている.

4. 高性能センサの開発

4. 1. 水深センサ

水深値の情報を細かく知ることができ、急浮上アラームの判定アルゴリズムを可能にするために高分解能である事、プロダイバーの使用に耐えられる水深まで計測できる事、さらに ISO 規格防水を達成可能であることを目標とし水深センサを開発した。弊社の従来使用している圧力センサの技術を応用することで上記目標を達成できるセンサを開発した。

通常の水深計測の計測範囲は $0 \text{ m} \sim 80 \text{ m}$, 計測分解能は0.1 m, 浮上速度アラームの判定アルゴリズムに用いている水深値は0.01 m の単位での判定を実現しており、これらの数値はプロダイバーの要求仕様を満たす値となっている.

4. 2. 自動水平補正機能付方位計

従来弊社がラインアップしている方位計は地磁気センサが取得した2軸の地磁気測定値をもとに方角の演算処理をしており、取得時の姿勢情報を取得し補正をかける処理はしていないため、時計を水平にしないと正しい方角を算出することができなかった.しかし、水中で方位は重要な情報であるにも関わらず、環境上水平な姿勢を保って正確に方位を計測する事は難しい.

そこで新たに高精度・超低消費な加速度センサを採用,また地磁気センサの計測軸を増やし3軸計測に対応.地磁気センサで取得した3軸の地磁気測定値と,加速度センサで取得した測定値を算出した姿勢情報を組み合わせ,3軸の地磁気測定値に姿勢情報の補正をかけてから方角の演算処理を行うアルゴリズムを開発する事で,傾けても方角が正確に計測できる機能を実現した.

4. 3. 3軸地磁気センサ補正アルゴリズム

3軸の地磁気センサの原点を補正しようとすると、3点の決められたポイントで補正のための値を取得する必要がある。これは時計を腕から外す事が必須となり、ユーザーの負担が大きい。そこで、8の字を描く事で補正のための値を複数のランダムな箇所で取得し、原点の補正を実施するアルゴリズムを開発した。この補正方法を時計マイコンの処理能力で実現するために、使用するデータの判定方法・原点の算出方法・確からしさの判定方法で処理量を低減させるアルゴリズムを新たに開発し、実現している。以下に8の字を描く補正を実施した際のユーザーの操作イメージを図示する(Fig. 4)。

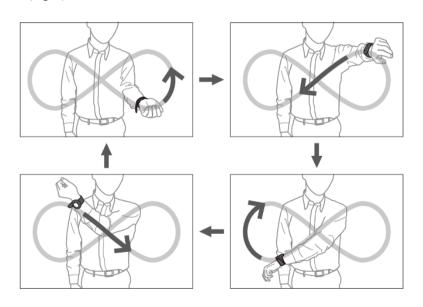


Fig. 4 Brevity calibration motion.

5. ダイバーが安心して使える機能とUI

トリプルセンサーをフル活用し、潜水活動中の状況変化をリアルタイムに表示. 多機能でありながら、ダイバーが水中で安心して使いやすい表示構成と、シンプルな操作性を実現した.



Fig. 5 Diving mode display (During diving activity).



Fig. 6 Diving mode key operation (During diving activity).

5.1.表示構成と操作性

潜水活動中,最も重要な潜水時間と水深表示は,常に同じ位置に表示し続けるようになっている(Fig. 5). 機能を使用する際,各専用ボタンが配置されており(Fig. 6),必要な時にボタンを押すだけの操作性になっている.方位や水温,浮上速度警告等の機能は機能有効から一定時間 Fig. 5の"Current time"部分の表示と置き換わるように統一されており,水中での表示や操作に混乱が起きないように工夫している.

5. 2. ダイビングログ

ダイビングモードへの切替えは左下のボタンを長押しするだけとなっており、切替えを行ってからの動作は全て自動で行うことができるよう工夫されている。ダイビングモードで 1.5 m以上の水深を検知すると、自動で入水時刻を記録し、潜水時間の計測をスタートする。潜水時間の計測がスタートした状態で 1.5 m未満の水深値を検知した際に計測をストップする。潜水時間の計測のスタートストップは水深値の値から自動で判断するようになっている。潜水時間の計測をスタートしている最中は最大水深、最低水温、潜水時間の情報が常時 1 秒毎に自動で更新される。また、1.5 m未満の水深に浮上してから一定時間以内に再度 1.5 m以上の深度の水深値を検出した場合は、前回の潜水活動の続きとみなし前回記録した潜水時間に再び数値を加算する形で計測を再開する。下記にある潜水パターンに応じて記録される潜水時間の例を示す(Fig. 7)。

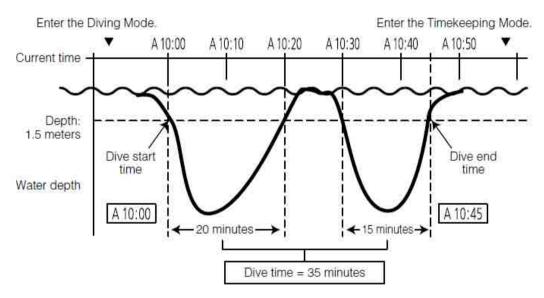


Fig. 7 Dive time measurement example.

5. 3. ダイバーの安全管理

潜水病予防のため、1 cm 単位を検知できる水深センサでダイバーの浮上速度を監視する事が可能となっている。また、浮上後も自動的に水面での休息時間を計測するため、次の潜水活動の計画や潜水活動終了後の休息時間の管理に役立たせることができる。水面での休息時間を計測する例を示す(Fig. 8).

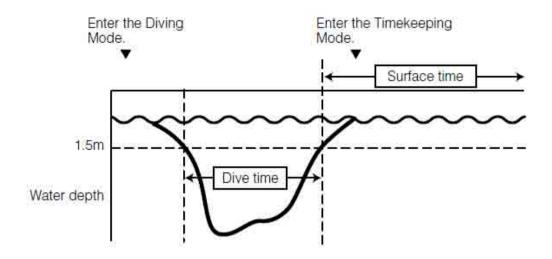


Fig. 8 Surface time measurement example.

6. おわりに

この様にユーザビリティに優れた外装仕様、高性能センサの開発、ダイバーが安心して使える機能とUIを達成することにより、潜水活動を行うプロダイバーに向けた製品を開発することができた.

今後の課題としては、センサの更なる低消費電力化・小型化によるサイズの適正化、新規セン サの開発と、ユーザーの使いやすさを追求した新規機能開発を行い、ウォッチの利用シーンの更 なる拡大を行っていくことである.

参考文献

1) 常葉輝久: トリプルセンサー電波ソーラーアナログウォッチの開発,マイクロメカトロニクス, Vol. 57, No. 208, pp. 19-25(2013).

時計外装への鍛造シミュレーションの応用

三浦 紗葵*, 小林 資昭*, 小川 剛主*, 佐藤 雅浩*, 黒須 恵美, 山中 謙太**, 千葉 晶彦** *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 **東北大学金属材料研究所, 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1, 〒980-8577

Application of Forging Simulation to Watchcase

(2017年3月20日受付, 2017年5月15日再受付, 2017年5月22日採録)

Saki MIURA*, Motoaki KOBAYASHI*, Takayuki OGAWA*, Masahiro SATHO*, Emi KUROSU, Kenta YAMANAKA**, Akihiko CHIBA**

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

**Institute for Material Research, Tohoku University, 2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8577, Japan

(Received March 20, 2017, Revised May 15, 2017, Accepted May 22, 2017)

ABSTRACT

Co - Cr - Mo alloy has excellent corrosion resistance and abrasion resistance, and it is widely used as a biomaterial such as an artificial hip joint. This alloy's hardness, scratch resistance, and light weight will be merits when used for watch exteriors. However, the alloy has poor plasticity and difficulty in hot forging. These shortcomings must be overcome to satisfy the high aesthetic demand for watch exteriors. This paper reports optimum forging conditions and process design guidelines obtained by forging simulation. The simulation enabled us to evaluate the forging processes and allowed us to fabricate the fine features of watch exteriors.

1. はじめに

Co-Cr-Mo 合金は、耐食性や耐磨耗性に優れていることから人工股関節などの生体用金属材料として広く使われている. 近年では、Ni フリー化が実現され、安全性と審美性に優れるという利点を活かし、指輪等の宝飾用途への展開も図られている.

Co-Cr-Mo 合金を時計外装用途に使用した場合,従来使用されている SUS316L や Ti 材と比較して,硬度が高くて傷がつきにくいこと,また色の明るさの度合いを表す明度が高いという特徴を

有する.よって、審美性の高い時計外装が実現できると考えられるが、その一方で Co-Cr-Mo 合金は塑性加工性に乏しく、熱間鍛造を行うことは困難であると考えられていた.

しかし、これらの課題を解決するために、鍛造シミュレーションを用いた鍛造工程設計が注目されている。例えば、Co-Cr-Mo 合金の人工股関節ステムの熱間半密閉型鍛造において、成形条件の解析によりニアネット化が可能であることが報告されている¹⁾. また鍛造条件とエネルギー分散効率の整合を得ることで、加工時に生じる組織変化を評価し、内部組織の微細化による高機能化を実現している²⁾.

そこで、本研究では、これらの知見を応用して、時計外装に適用する検討を行った。時計外装ではより精密で複雑な形状となるため、適した鍛造条件の検討が必要である。これより本研究の目的を、鍛造シミュレーションを用いた Co-Cr-Mo 合金製時計外装の鍛造条件と、工程設計の指針検討とする。

2. 実験

2. 1 金型設計

本研究では、有限要素法を用いた三次元シミュレーションソフトである DEFORM (STFC 社製)を使用した. 実際の鍛造条件と合わせるために、成形前に被鍛造材を加熱炉から取り出し、金型上に位置決めする時間を 10 s と仮定した被鍛造材の温度解析を実施した後、半密閉型鍛造工程の解析を実施した. 解析に使用する被加工物の材料データには、Co-29Cr-6Mo-0.18N 合金の種々の温度とひずみ速度で行なった圧縮試験データに、温度補正および摩擦補正を施して変形抵抗に変換したデータを適用した.

Fig. 1 に鍛造シミュレーションで用いた被加工物の形状および金型形状を示す.この金型形状は,評価変数として,被加工物のバリ形状,使用プレス機の荷重値等を考慮して決定した. Fig. 2 に鍛造シミュレーションの解析条件と鍛造工程解析後の外観図を記載する.

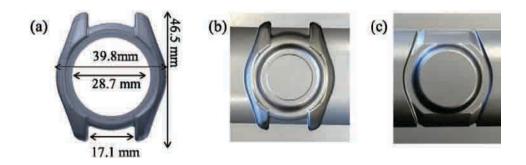


Fig. 1 Appearance diagram of (a) artificial watch case model, (b) bottom die and (c) upper die.

Model definition	Quarter	
Work piece - type - material - initial temperature	Rigid-plastic body Co-20Cr-6Mo-0.18N 1200°C	
Die - type - material - initial temperature	Rigid body SKD61 20°C	



Fig. 2 Appearance diagram of artificial watch case model by hot forging simulation.

2. 2 鍛造条件の検討

先の研究 $^{1,2)}$ より Co-Cr-Mo 合金を用いた人工股関節ステムの熱間半密閉型鍛造において、安定した塑性加工領域が得られる鍛造条件は、①成形中に被加工物のひずみ速度が 1 s^{-1} 以上、②成形中の被加工物の内部温度が 1000 C以上、であることが報告されている.

この知見を時計外装に応用する際の人工股関節ステムとの違いは、中心部には凹部を有すること、先間部分には張り出しがある等、形状が複雑になり加工率が大きくなる点である。そのため上記①、②の条件に比べ、複雑形状に適した鍛造条件を定めるための新たな指標が必要だと考えた。

Co-Cr-Mo 合金の高温引張試験結果より、900 から 800℃にかけて伸びが低下する傾向が知られている. これより、伸びが低下し加工しにくくなった 800℃における引張強度を超えた力が加わると、ヒビや割れ等の外観不具合が生じる恐れがある. そこで、複雑形状に対応する条件として③被加工物の表面の温度が 800℃以上で最大主応力が 700 MPa 以下となること指標として定めた.

上記①②③の3つの項目を満たす条件を見出すため、鍛造シミュレーションを実施した. Co-Cr-Mo 合金の熱間鍛造において伝熱の影響が大きいと考え、熱伝達率の異なる2条件でのシミュレーションを実施した.条件 A は熱伝達率が極めて良好な状態で、条件 B が一般的な熱間鍛造条件である. Table 1 に結果を示す.この表から分かる通り、条件 A ではいずれの条件も満たしているのに比べ、条件 B では内部温度と表面温度の低下及び最大主応力の上昇がみられた.これより、条件Aのような熱伝達率を低下させる加工条件が必要であることがわかった.

Table 1 Forging simulation result under various condition.

Simulation Lubrication		A	В
Simulation result	①Effective strain rate / s^-1	1~	1~
	②Work piece temperature / °C	1000~	900~
	③Work piece surface temperature / ℃	970~1130	780 ~ 1060
	③Work piece surface maximum principal stress / MPa	600	800
Determination		0	×

2. 3 鍛造実験

鍛造実験には、油圧サーボプレス機(EFP-300、アサイ産業製)を使用した。被鍛造材は、Ni フリーCo-Cr-Mo 合金を使用し、初期形状は ϕ 35×10.5 mm とした。被鍛造材は 1200℃大気環境下 10分間加熱し、成形終了後に水冷した。

成形した鍛造品は、外観観察、後方散乱電子回折法(EBSD)による微細組織観察、マイクロビッカース硬度計による硬さ試験を行なった.

3. 結果と考察

Fig. 3 に鍛造品の外観写真を記載する. 条件 A にならった熱伝達を抑制した加工条件では外観の不具合なく鍛造することができたが、条件 B では、放射状の割れが発生した(Fig. 3 内点線箇所). 条件 B において、鍛造工程のストロークを変えた加工を行った結果、ストローク 2.5 mm 時に割れを発生したことがわかった. 最大ストロークは 8.5 mm であり、この 2.5 mm ストローク付近で発生したひびが、加工が進むにつれ大きな割れに繋がったものと考える.

次に Fig. 4 に、シミュレーションとの相関を確認するため、条件 A 及び B において 2.5 mm 時の温度と最大主応力の解析結果を示す。Fig. 4 中の上段が温度分布で、下段は最大主応力分布である。条件 A に比べ条件 B では表面温度の低下と最大主応力の上昇が確認できる。また割れが発生した箇所はいずれも、最大主応力が大きい箇所と一致しており、条件 B において最大主応力値は 720 MPa 以上であった。先に示した通り、複雑形状における割れを防止する最大主応力の上限値を 700 MPa とする指標を定めており、シミュレーション評価係数の妥当性が確認できた。

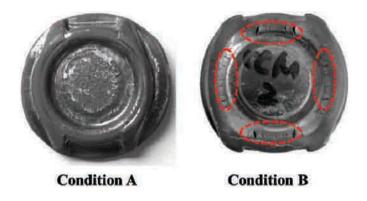


Fig. 3 Appearance diagram of artificial watch case model by hot forging experiment.

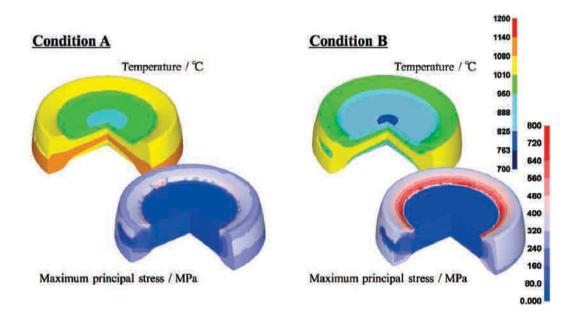


Fig. 4 Forging simulation results of each condition A and B of the temperature and maximum principal stress of stroke 2.5 mm.

Fig.5 に、今回の最適化した条件 A で鍛造を施した時計外装材の内部組織及び硬度測定結果を示す。 鍛造前の組織では、粒径 100 μm 程度でビッカース硬度 291 であったのと比較し、鍛造後には粒径 10 μm 程度でビッカース硬度 400 以上を示した。また、鍛造後の内部組織は、凸形状の内部①と凹形状の内部②を示しているが、ほぼ同様の微細かつ均一な組織が得られている。これは被

加工物のひずみ速度及び温度条件が適したものであったため、加工中の動的再結晶により実現できたものである.

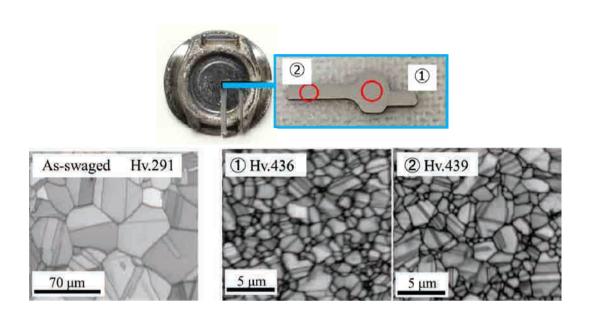


Fig. 5 EBSD result and the hardness of Co-Cr-Mo alloy after forging; As-swaged (before forging)

4. 結論

時計外装への鍛造シミュレーションを用いた Co-Cr-Mo 合金の鍛造条件を検討し,工程設計の指針とすることを目的とし取り組んだ.

- I. 金型設計に鍛造シミュレーションを用いることで、荷重及び形状不具合を考慮した加工工程 の検討ができた.
- II. 鍛造条件の検討として、安定した塑性加工領域として示されていた先行研究の指針に加えて、 今回は新たに複雑形状における割れを防止する指標を定めた.
- III. 鍛造実験では、外観不具合のない時計外装形状を得ることができ、シミュレーションの妥当性を確認することができた. 得られた鍛造品は、高硬度化され、均一かつ微細な結晶組織を有しており、これにより時計外装形状への Co-Cr-Mo 合金の熱間鍛造を実現することができた. 本研究では鍛造シミュレーションを用いることで加工条件の最適化を行い、難加工材のCo-Cr-Mo 合金製時計外装を作製した. 今後は、後加工を考慮しより生産性を考えたモデルでの解

析を実施する.

参考文献

- 黒須信吾, 山中謙太, 松本洋明, 野村直之, 千葉 晶彦: 生体用 Ni フリーCo-29Cr-6Mo 合金の熱間半密閉型鍛造による人工股関節ステムの試作, 塑性と加工, Vol. 50, No. 578, pp. 256-260(2009).
- 2) 小野寺恵美, 黒須信吾, 李云平, 松本洋明, 千葉晶彦:インテリジェント鍛造法による Ni フリーCo-Cr-Mo 合金製人工股関節ステムの成形加工プロセスの検討, 塑性と加工, Vol. 51, No. 590, pp. 227-232(2010).

研究会報告

国際リニアコライダーについて

講師 山下 了氏(理学博士)

東京大学 素粒子物理国際研究センター 特任教授

一般社団法人 先端加速器科学技術推進協議会

連携戦略推進コーディネーター 大型プロジェクト研究部会長

参加者 17名 (正会員 7名, 賛助会員 10名)

東京大学1名(正会員)セイコーエプソン株式会社1名(正会員)セイコークロック株式会社2名(正会員)リズム時計工業株式会社1名(正会員)カシオ計算機株式会社1名(正会員)

シチズン時計株式会社 11名(正会員 1名, 賛助会員10名)

司会 寺嶋一彦 シチズン時計株式会社 生産技術部

※2016年11月18日 中央大学 後楽園キャンパス新2号館2階 2221号室にて開催

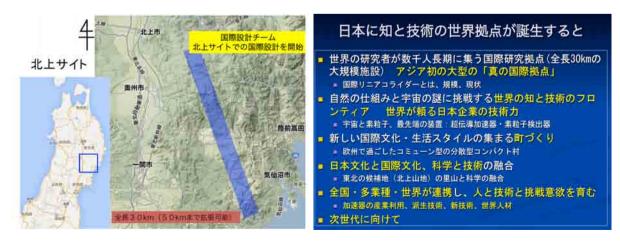
第一部 講演

はじめに、ILC(国際リニアコライダー; International Linear Collider)計画の概要と目的について説明する. 科学技術分野において、いくつかの巨大プロジェクトが展開されている. 例えば国際宇宙ステーション、LHC(大型ハドン衝突加速器)、ITER(国際核融合実験炉)、次世代スーパーコンピューター「京」などである. ILCもその一つ(ppt.1)であり、ILCとそれを囲む国際研究施設の立地候補に各国が名乗りを上げている. コライダーとは電子と反対の電荷を有する陽電子を加速して衝突させるための装置である. ILCはその名の通り直線状の加速器であり、日本の北上山地に計画中のものは深さ100m程度の地中に作られ、全長はおよそ30kmを有する(ppt.2)、(ppt.3).



ppt.1 ppt.2

この30kmとうい長い距離を用いて、反対方向から電子と陽電子を光に近い速度まで加速し、正面衝突させるとビックバン直後の宇宙、すなわち高エネルギーで素粒子に満ちた状態を再現することが可能になる。これにより宇宙を構成する新たな素粒子を見出し、宇宙の謎を解明することにつながるのである。



ppt.3 ppt.4

この北上でのILC計画については2016年に詳細設計が行われ、現在、政府検討中である. 誕生すればアジア初の大型施設となり、前述のように宇宙の謎に挑戦するとともに地域の国際研究拠点化も期待されている(ppt.4).

ILCの研究対象となる素粒子物理であるが、承知のように邦人ノーベル物理学賞受賞者を輩出する日本が世界を牽引する分野である. ILCで観測する素粒子と宇宙の物理とは深くつながっている. 例えば「ヒッグス粒子」は宇宙に多様性と秩序をもたらす特別な粒子である. これが無ければ「時間」の概念はなかった. 本日は日本時計学会主催の研究会なのであるが、「時計」とは人々に共通の場と秩序をもたらす特別な装置と言えるだろう.

これまで素粒子物理の挑戦から数々の発明, 発見が生まれてきた. 素粒子物理研究の2つの大きな特徴は世界を「結ぶ」ことと, 見えないものを「見る」という点にある(ppt.5).

素粒子物理の挑戦から生まれた発明、発見の数々。 素粒子物理研究 2つの大きな特徴 1. 世界を「結ぶ」 2. 見えないものを「見る」 国・人種・宗教に関係なく 見たことのない世界を見るため 世界でひとつの目標のために、 研究者が新技術を 協力して研究 発明·実用化 シリコン測定 ×線測定装置 ールドワイドウェ 放射光 、非磁導技養、構造解析、 高感度光センサ 子籍・重イオン線・中性子! ガン治療、信性核融合、 放射線検出

ppt.5

「結ぶ」とは国・人権・宗教などに関係なく、世界で一つの目的のために協力して研究することであり、その方法としてワールドワイドウェブなどが挙げられる。一方、「見る」手段としては電子線、放射光、などが研究され利用されてきたのである。

今後、この素粒子物理分野でILCは「宇宙はどうやって始まったか」「宇宙は何でできているのか」「宇宙にどうして我々がいるのか」といった謎の解明に挑戦してゆく.

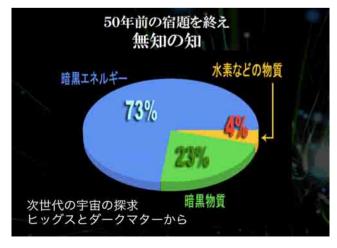
138億年前に起きたビックバンの後,拡大し続けている宇宙であるが,その謎を解明する方法として次の3つが挙げられる. すなわち,宇宙に「行く」,宇宙を「観る」,そして宇宙の始まりを「創る」である(ppt. 6).

宇宙の謎を解明する3つの方法



ppt.6

「行く」はスペースシャトルなどで、「観る」は過去の宇宙になるのだが、天体望遠鏡によって実現できる. 一方、「創る」はILCで可能となるのである.素粒子の研究は、新しい素粒子の発見⇒その素粒子の性質の発見⇒自然の仕組み(宇宙の法則)の発見と継続する.そのための理論・装置・技術の開発が必要とされる.現在、宇宙の構成については4%の既知物質、23%の暗黒物質、73%の暗黒エネルギーというところまで明らかになっている(ppt.7).このうち「暗黒物質」が大きな謎であり、宇宙の始まりを解く「鍵」なのである.宇宙を観測すると、既知の素粒子以外に暗黒物質がたくさんあることが分かっている.この暗黒物質は今のところ正体不明だが、これもILCで作り出せるかもしれないのである.



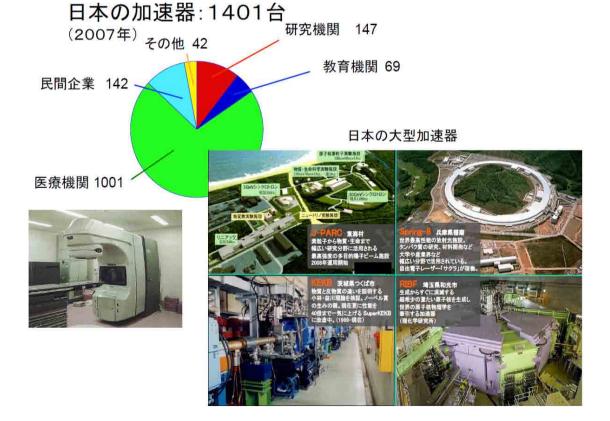
ppt.7

次に、加速器のハードウエア側面について触れたい。実は民生用の「加速器」が身近に多数存在し、活用されている。例えば、テレビ等に使用されるブラウン管、電子顕微鏡、放射線治療装置等である(ppt. 8)(ppt.9). 一方、実験等に使用される加速器も国内に1400台存在(2007年統計)する(ppt.10).





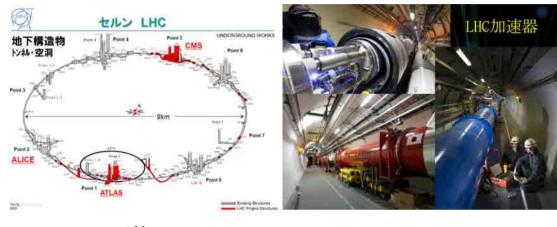
ppt.8 ppt.9



ppt.10

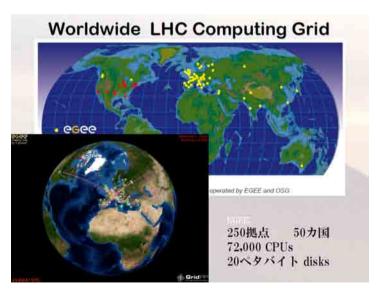
ILCは規模や性能の点で加速器の頂点に位置するものである。電子と陽電子を光の速さの99.99 9・・・%まで加速して、ぶつかるエネルギーが新しい物質に変わる瞬間をとらえようとするものである。

研究開発体制を含んだILCの最良のモデルはジュネーブのセルン(欧州原子核研究機構CERN: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)研究所である. 本研究所は現在の最先端の素粒子物理学研究機関であり、大型ハドロン衝突型加速器 (Large Hadron Collider, 略称 LHC)を有している.



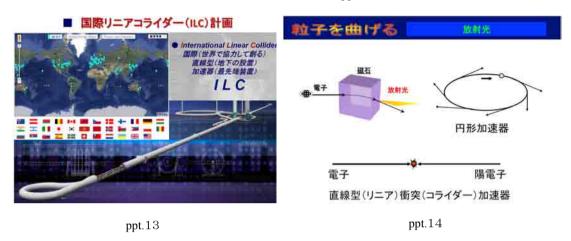
ppt.11 ppt.12

セルンのLHCは直径9kmの円形加速器であり(ppt.11),多くの日本企業の技術がセルンの設備に使われている(ppt.12).また,ここではクラウドの次世代技術であるグリッドコンピューティング(世界中の PC の演算能力を繋げる)も重要な要素となっている。



ppt.12

一方, ILCも世界約50ケ国, 約400研究機関, 研究者約2000人が協力して計画を作成しているが, その中でも日本は素粒子物理, 装置開発等で主導的役割を果たしている(ppt.13). また, LHC と比較してILC の特徴は直線型(リニア)衝突(コライダー)加速器という点である. 円形の加速器では電子を磁石で曲げるので光速の極近くまで加速するのは難しくなるのである(ppt.14).



ILC サイトの候補地として日本以外に 欧州, アメリカ, 近年では中国なども参入しているなかで, オールジャパンで北上サイト実現のための活動を進めている. 国際設計チームが北上サイトでの国際設計を開始しており, 北上山地は世界の候補地として認知されている. ILCの北上サイト立地が実現すれば, 地域

の国際化や経済効果も期待できる. ILCは設置後も長期間にわたって広い分野の技術の進歩に貢献することになる(ppt.15). 当学会の関係者の製造業を生業とする方々が多いと想像するので,この大きなプ



ロジェクトに是非ご協力いただきたい.

ppt.14

第2部 質疑

質問: 現在の観測用センサーは予想される現象に追いついているか

回答: 技術が追いついていない. 例えば時間の計測単位をもっと大きなものにしたい. 時間の精度が上がることで現象の解析精度を上げることが出来る. またコストが膨大なので高品質なものを安く作らなければならない.

質問: この計画のピンポイントの目的は何か

回答: 暗黒物質を見つけ作り出すこと. そこでポイントとなるのがヒッグス粒子. 暗黒物質は見えないものでセンサーも通り抜ける。エネルギーの衝突で飛び出た暗黒物質は観測できないが, 残りを見ることで解析する.

質問: 暗黒物質も粒子なのか

回答: ガスやブラックホールでは説明がつかないので粒子と考えられている.

質問: 1ピコセックはどうやって測定しているのか

回答: TDC(チップサイズ)を使っている.

質問: 重力とは?

回答: 重力を素粒子で説明しようとすると矛盾が生じる. 今までにない概念を使わないと説明できない. ヒッグス粒子を調べ, ビッグバンの謎を解かなければ重力の謎が解けないと考えられている.

質問: 直線加速器はなぜ 30Km もの長さが必要か

回答: 反発力の関係で必要な距離. そのためにコストも大きくなっている. ただし, 今後の再利用も考え 設計されている.

質問: 衝突で発生するエネルギーは相当大きいと想像するが、どのように処理するのか

回答: 1 回の衝突のエネルギーの大きさは蚊が飛ぶ程度. ただし, 粒子の大きさに集まったエネルギーなので超高密度になる. また, 数多くの衝突が発生するのでエネルギーは大きくなるが冷却によって鎮める.

質問: なぜ長時間の観測をして膨大なデータを集めるのか

回答: ヒッグス粒子が発生する確率が低いため. より高エネルギーで衝突することでその可能性を高めることが出来る. それが大型の直線加速器の目的.

質問: 他の候補と比較して日本の北上山地は有利なのか

回答: アメリカは以前の計画で頓挫(アメリカ国内の政策変化のためだが)したのでで国際的信用が下がった. ヨーロッパは別計画を実行中のため ILC を誘致する余裕がない. 中国が ILC の半分の性能の施設をローコストで短期間に作ろうとしている(土地とインフラは安く用意できるため). 中国が先に動き始めると計画の推進に支障をきたす恐れがあるので早く今の計画を進めていきたい.

解 説

「時計技術解説」 クオーツ時計 - X.発電機能付き時計(1.ソーラー発電) - 渡辺 滋*

1. はじめに

本号ではソーラー発電を用いた腕時計について説明をします.

古くはぜんまいを用いた機械式時計しかなかった時代,自動巻きという技術が発達して主流になって行ったように,電気をエネルギー源としたクオーツ時計が生まれてからは,当然のように発電機能付きの腕時計が開発されるようになりました.その思想は腕時計の日常使用という性格から来る「止まり」の解消と,もしも止まったとしても再起動の容易さです.その最初のエネルギー源が光エネルギーであり,クオーツ腕時計自体が1960年代末に商品化されたのに対して,すでに1970年代半ばには光エネルギーを用いたソーラー発電腕時計は世に出ているのです.その後一般化されるまでには多少時間を要しましたが,最近では腕時計には必須の技術と言っても過言ではありません.今回は,主役となるソーラーセル(太陽電池)の構造,原理,基本特性から,腕時計としてのソーラー発電について述べてゆきます.

2. 腕時計用ソーラーセル

1976年にシチズン時計からアナログ式のソーラー発電腕時計であるクリストロンソーラーが発売されています。当時使われていたソーラーセルは単結晶あるいは多結晶シリコンを材料に使ったものでした¹⁾。当時屋外発電用としても本格量産が始まったころであり、一般的な発電効率としては十分な値は得られていましたが、腕時計へのマッチングを考えた場合コスト、加工性などの課題が残っていました。

1980年代に入った後、屋外発電事業における低コスト化への施策として、アモルファスシリコンを使った太陽電池の開発が本格化し始めました。アモルファスシリコン太陽電池は、本来の屋外発電用としてはなかなか本格導入には至りませんでしたが、急激な低消費電力化が進んでいた電卓業界にはいち早く導入がなされました。電卓の需要により小型ソーラーセルをメーカーが作り始めたことから、腕時計への搭載も考えられ、腕時計用のソーラーセルもその後すべてアモルファスシリコンを使うようになって行きました²⁾³⁾.

アモルファスシリコンソーラーセルは薄膜技術を利用して製造され、電卓用に代表されるようにガラス基板を用いていましたが、アナログ時計においては針用の中心穴を開ける、曲線加工が必要などから、ガラス基板では結晶性シリコンを代替するメリットは大きくはありませんでした。しかし、その後の製造技術の進展により、まずはステンレス基板での製造が可能となり、さらに今に至るフィルム基板を用いたセルが登場するようになりました。これにより穴あけや自由な外形加工が可能となっ

^{*}シチズン時計株式会社

たことで、腕時計に最も必要なデザイン性という面が克服され、ソーラー発電時計進展の重要な要因となりました。ただしソーラー発電の実用化には、同時に時計自体の低消費電力化、あるいは二次電池の進歩というところが平行して貢献していますが、それについては別の解説をご覧ください。

3. ソーラーセルの構造と発電原理

3.1 ソーラーセルの断面構造

アモルファスシリコンを用いたソーラーセルは、基板上に薄膜を多層化した構成をとっていますが、その簡単な断面構造を Fig.1 に示しました。セルの基板には先に述べたステンレス、有機フィルムなどを用いています。発電層がアモルファスシリコン膜ですが、その内部はさらに p型半導体と真性半導体(i 層)と n型半導体の三層構造になっています。主に光を吸収するのは i 層でありここで光励起による電荷分離が起こっています。発電層は基本的にダイオードや I C などと言ったものと同じような p n 接合半導体です。しかし、ソーラーセルの面積は I C とは比較にならないくらい大きな半導体です。広い面積内で僅かなショート箇所があれば十分な発電特性が得られなくなりますので、アモルファスシリコンの薄膜品質は非常に重要になります。

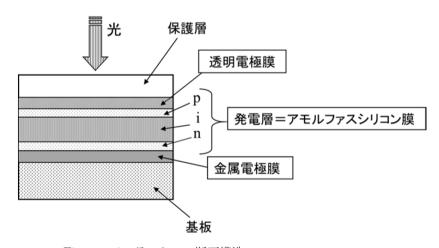


Fig. 1 ソーラーセルの断面構造

分離した電荷は上下に配置した電極膜から外部回路へ流れて行きます。上面側の電極は光が透過する性質を持ったITO (インジウム・錫酸化物)などの透明電極を使うのが一般的です。透明電極は効率を上げるためには勿論光透過率が高いことが重要です。しかし、透過率向上と電気伝導率向上には相反する所があり、バランスよく膜設計をすることが必要です。また基板に接している電極は金属薄膜電極ですが、こちらは反射率の高さが必要であり主にアルミニウムなどの金属が用いられます。吸収されずに通過した光はこの金属電極膜で反射することで、再度発電層にて吸収させることが出来、

効率アップに貢献します. 透明電極の上には光透過性の保護層が配置されてソーラーセルの信頼性確保に役立っています. なお, ガラスを基板に用いた場合は, 光をガラス側から取り込めるように積層構造が反対になります.

3.2 腕時計用ソーラーセルの平面構造

腕時計用ソーラーセルの平面構造は、Fig. 2のようになります。この図ではソーラーセルの発電部は4つに分かれて形成されています。4段セルと呼ばれるもので、それぞれのセルは独立に発電をしますが、接続部においては隣同士の金属電極と透明電極とが接続され、すべて電気的に直列化されています。直列の端のセルには外部接続電極が形成され、電力を回路に供給するようになっています。腕時計には、当然ながら針の取り付けが必要で中心軸を通す穴が必要です。その他にも機能的な各種針、日付や曜日の表示のためには、文字板とほぼ同じようにソーラーセルにも様々な抜き加工がされています。また実物のソーラーセルでは、ムーブメントに取り付けるためにはセルの外周部も異形に加工されたりします。このように時計をデザインするための複雑な形状を実現できるのもフィルム等の基板を用いた薄膜ソーラーセルだからです。

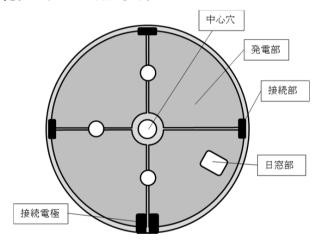


Fig. 2 ソーラーセルの平面構造

3. 3 ソーラー発電の原理

上述しましたように、アモルファスシリコンのソーラーセルでは、p型、i型、n型の半導体が 3 層構造になっています。透明電極側から入射した光は薄いp層を通過してi層にて主に吸収されます。吸収した光エネルギーにより半導体内部では電荷の分離が起き、電子がn層方向へ、正孔がp層方向へ移動して行きます。

Fig. 3 (b) のエネルギーバンド構造のほうが見やすいかもしれません. (ここでは便宜上簡単なp

n構造図で書いています。)エネルギーを得た電子はバンドギャップを超えて伝導帯に移動し、価電子帯に正孔が残ります。電位勾配に沿って両者の電荷は移動するため、p 層とn 層で電荷の偏りが生じます。それにより電位差が発生し、ソーラーセルの開放電圧につながります。そして外部回路と繋ぐことで電荷は外部に流れ出し、光電流となっていきます 4)。

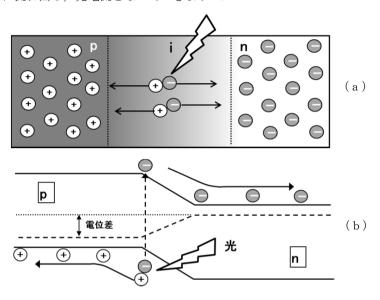


Fig. 3 ソーラーセルの発電原理

4. ソーラーセルの各種特性

4.1 ソーラーセルの電流電圧特性

腕時計用ソーラーセルに室内光をあてた時の一般的な発電特性は、Fig.4に見られます.縦軸に発電電流値(A)、横軸に電圧値(V)をとっていますが、それぞれの最大値は、短絡電流値(Isc)、開放電圧値(Voc)となっています.ソーラーセルの性能指標として変換効率ということが議論されますが、それはグラフでのPmaxにおける電力を入射光エネルギーで除したものになります.発電としてもここで使うのが最適ではありますが、充電される側の電池電圧の変動、あるいは照度によっても最大電圧は変化します.腕時計に応用する場合はそのあたりを考慮に入れて、全体設計として効率が良くなるような動作電圧を選択し決めておく必要があります.なおPmaxにおける最大電力をIscとVocの積で除して得られたものを曲線因子(Fill Factor: FF)と呼びます.FFが高いということは、電流電圧曲線が角型に近く電力が大きいということを示しており、太陽電池の良さを表す指標になっています.もともとのダイオード特性がよくなかったり、配線や接続の抵抗が大きかったりするとこの<math>FF値は低下して行きます.

グラフに見られるようにアモルファスシリコンソーラーセルでは、数100Lx (ルクス)の室内

光においても開放電圧は0.7 V前後が得られています.太陽光のような高照度下ではさらに向上し, 0.8 Vを超えるレベルになります.通常の結晶性シリコンでは,せいぜい0.6 Vほどの開放電圧であるため,アモルファスシリコンソーラーセルでは電圧面でも結晶シリコンと比較して有利になります.実際に腕時計で使う場合,ソーラーセルは単セルが数段直列化された構造になっており,それは搭載している二次電池に充電するに足る電圧を得るためです。開放電圧がもともと高ければその段数は少なく設定することが出来ます。全体の発電面積は限られていることから,単セルあたり広い面積が使えるようになり電流アップにつながります。

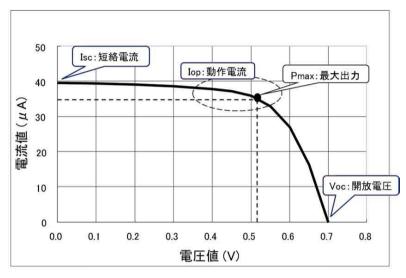


Fig. 4 ソーラーセルの電流電圧特性

4. 2 アモルファスシリコンソーラーセルの波長特性

アモルファスシリコンの電圧が高いのは、その吸収波長特性に起因しています。Fig. 5 に示したように結晶シリコンの吸収ピーク波長が長波長側にあるのに比べ、アモルファスシリコン (a-Si) はより短波長を吸収する特性があります $^{5)}$. 短波長の光を吸収するということは半導体のエネルギーギャップが結晶シリコンより大きいために発電電圧が高くなります。なお、可視光領域において波長は光の色の違いになって現れます。アモルファスシリコンは長波長側に吸収領域がないので、つまり赤色に近い光は使われずに透過しやすくなっています。アモルファスシリコンセルの色が赤みを帯びて見えるのはこの影響です。

そして吸収波長の違いは、ソーラーセルの発電効率の違いにも影響を与えます.一般に結晶シリコンは変換効率が高く、単結晶では20%近い効率が得られますが、アモルファスシリコンではせいぜい10%ほどと言われています.しかし、それは太陽電池の性能評価が太陽光(もしくは擬似太陽光)を利用して行われるのが普通だからです.結晶シリコンは広い範囲の光を利用できるため、太陽光に

は適しています.しかし腕時計の利用を考えた場合,人は一日の多くの時間を室内で過ごしており, 蛍光灯などの人口光での発電が主になります.アモルファスシリコンの吸収特性は蛍光灯の波長範囲 とほぼ一致しているため,蛍光灯を基にした変換効率を計算すると結晶シリコンを優に超える値とな ります.このように,発電特性からもアモルファスシリコンは腕時計に適した材料であると考えられ るのです.

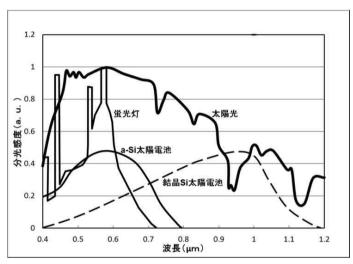


Fig. 5 太陽電池の光吸収特性と照射光の波長分布

4. 3 多段セル特性

先に述べましたように、アモルファスシリコン単セルにて効率よく発電に使える電圧は、 $0.4 \sim 0.5 \text{ V}$ あたりです。これでは、公称電圧が $1.5 \text{ V} \sim 3.7 \text{ V}$ に至る各種の二次電池を充電することはできません。そのため、時計用のソーラーセルは Fig. 2 のように直列接続による多段化したものを使うのが一般的です。つまり乾電池を何本も繋ぐようにソーラーセルも直列化することで、その電圧を高めることが可能です。Fig. 6 には多段化セルの電流電圧特性を模式的に現しています。

基本的に単セルの段数を重ねることで、およそ開放電圧は段数倍に増え、また短絡電流は段数分の1の値で減少します。それによって、動作電流と動作電圧が決まってきますので、用いる二次電池の動作電圧と見比べて段数は決めてゆくことになります。ここで模式図ではセルを均等に分割していますが実際は異なります。直列化したソーラーセルの電流はもっとも面積の小さい(電流の小さい)単セル値以上は得られないからです。たとえば、Fig. 2のソーラーセルも均等割りをしていますが、日窓が抜かれている単セルの面積がもっとも小さくなります。このソーラーセルは日窓のある単セルの電流しか得られなくなるということです。最近、文字板のデザインが複雑になって来ていることから、ソーラーセルの抜き穴形状も多種多様です。デザイン性を維持しながら、必要な段数にソーラーセルを分割するのも一つの設計要因となっています。

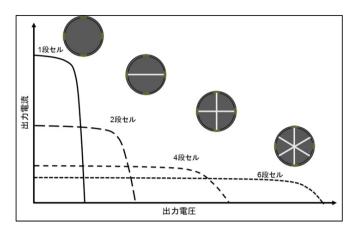


Fig. 6 多段ソーラーセルの電流電圧特性

5. ソーラーセルの腕時計への搭載

5. 1 ソーラーセルを用いた充電

発電機能付きの時計は、自ら電気エネルギーを生み出すため電池が要らないと考えられるかもしれません。しかし、ソーラー発電の腕時計では、夜間の使用、非使用時での暗所保管、衣服による遮光などから、使う人によって発電しにくい期間が必ず存在します。その為、発電エネルギーの保存は必須であり、現在のソーラー発電時計ではほぼすべてに二次電池が搭載されて、非発電時の駆動エネルギーを確保するように作られています。過去の実験から季節的な要因は結構大きく、特に冬場の発電量はかなり小さいことはわかっています。そこで現在のソーラー発電時計では、約半年は非発電でも動作できるだけの電力を保存できる二次電池を、多くの時計が搭載するようになっています⁶⁾。

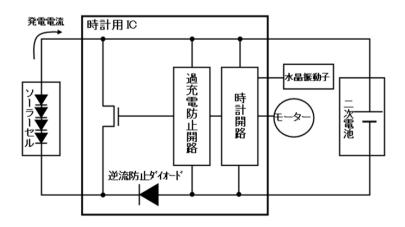


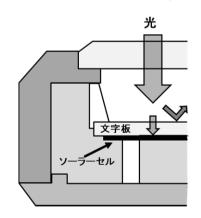
Fig. 7 ソーラー発電腕時計の充電回路

ソーラーセルで発電したエネルギーは充電回路を介して二次電池に蓄えられますが、主に二つの安

全要素が必要になります. ソーラーセルは基本的にダイオード構造ですが, 発電時は通常のダイオードとは逆向きに電流が流れます. 反対に発電していないときは, せっかく電池に貯めた電荷はソーラーダイオードの順方向にたやすく流れて消費されてしまうため, 回路上は逆流防止回路が必要になります. また, 二次電池が満充電になるのは理想ですが, もともとソーラーセルの開放電圧のほうが高く設定されていますので, 充電し続けると過充電になり時に電池が劣化してゆく可能性があります. そこで, 二次電池の保護のための過充電防止回路は必須になっています.

5. 2 ソーラーセルの配置構造

従来からソーラーセルは腕時計の顔と言える文字板部分に配置されるため、腕時計のデザイン性を大きく左右してしまいます。かつてソーラー発電の腕時計がなかなか主流にならなかったのは、時計としてのデザインの多様性を制限していたことも大きな要因です。その後消費電力の飛躍的な改善、あるいは二次電池の進歩とソーラーセル自体の改良も奏効して、発電エネルギーにだいぶ余裕が出るようになりました。そこで、ソーラーセルに到達する光が多少弱くなっても、時計駆動には問題ないと考えられました。そして発想されたのが、ソーラーセルを光透過性の文字板の下に入れて隠すという構造です。現在はこの隠し文字板構造がソーラー発電時計の主流になっており、文字板光透過率の低いものでは20%ほどです。つまり、現在のソーラー発電時計は、ふりそそぐ光の8割を捨てても、まだ残った光エネルギーで十分駆動が出来るほど進化しているのです。当然それによって文字板の外観は、非常に綺麗に作れるようになり、デザインバリエーションは大きく広がっています。





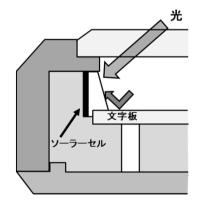


Fig. 9 リング型ソーラーセルの配置構造

この光透過型文字板は透過率の制御や所望の色調に合わせるなど、幾つかの開発要素を含んでいます。そこで文字板の材質などを全く考慮せず、ソーラー発電腕時計を実現する工夫も生まれるようになって来ました。一つは、フィルム状のアモルファスシリコンソーラーセルの特徴を十分に生かした

リング型ソーラーセルがあります。Fig. 9 に見られるように、ソーラーセルは文字板の周囲にリング 状に立てて配置されています。発電には、斜めに入射した光と文字板で反射した光が使われます。文 字板は一転反射材として使われますので、金属板をそのまま使うような従来からある文字板製法を応 用することが可能になります⁷⁾。

もう一つはソーラーセル自体を透明にしてしまおうと言う試みです。アモルファスシリコンは薄膜状に形成されますので、半導体で使われるような微細エッチング加工が応用できます。そこで、アモルファスシリコンを線幅 $20~\mu$ m以下くらいまで細く加工すると、肉眼では認識することが出来なくなります。その微細線状のソーラーセルはガラス板に形成することで、時計の風防ガラスの下面に配置することが出来ました。発電量としては全面よりはだいぶ低下しますが、通常の3針時計を駆動するには十分であり、透明ソーラー腕時計としてすでに商品化されています2)。

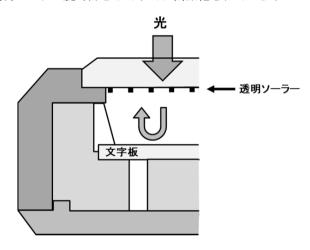


Fig. 10 透明ソーラーを用いた腕時計構造

アモルファスシリコンという特徴ある太陽電池により、腕時計のソーラー発電は様々な構造で進化しています。それは配置だけではなく、いろいろな表現をするためにソーラーセル自体の構成にも様々なアレンジが加えられつつあります。今後も機能に見合った十分な電力の確保と腕時計としての美しさの表現という両者を兼ね備えながら、新しい形のソーラー発電腕時計は開発され続けると思われます。

6. おわりに

ソーラー発電の腕時計が世に出てから、40年の時が経過しました。発電機能は腕時計の止まりを 解消する技術であり、現在の腕時計では基本となる重要な要素となりました。それは、新たな機能が 加わったために、取捨選択されるようなものではありません。過去のソーラー発電時計は3針時計か らスタートしましたが,近年の進歩により各種機能の付加,長波標準電波の利用,衛星電波の利用と 今やソーラー発電付きで腕時計も進化しています.

この流れは今後も続くと思われ、特に通信機能を軸とした電力の需要はより大きくなってゆきます。これらに対応するためには、腕時計としての太陽電池の使い方への工夫は必須でありますが、太陽電池自体の高効率化も大いに望まれるところです。アモルファスシリコンソーラーセルにおいてもまだ特性向上はありますが、大きな変化を期待するのは難しそうです。近年急速な効率の伸びを見せている有機系の太陽電池などには、材料の選択肢がまだまだ広いこともありブレークスルーをもたらしてくれることを期待したいところです。

(参考文献)

- 1) シチズン時計 ホームページ: http://citizen.jp/locus/product/072.html
- 2) 樋口晴彦: ソーラーウオッチの技術動向と展望 マイクロメカトロニクス Vol. 53 No 200 56-66 (2009)
- 3) 研究会報告: 太陽電池の現状と今後の展望 マイクロメカトロニクス Vol.53 No200 164-171(2009)
- 4) 佐藤勝昭: 「太陽電池」のキホン ソフトバンククリエイティブ (2011)
- 5) パナソニック エコソリューションズ アモルトン ホームページ: https://panasonic.co.jp/es/pesam/
- 6) 村上知巳: 人に優しい時計作りと二次電池 Electrochemistry Vol.68 No.9 726-730(2000)
- 7) 長孝 他: リングソーラー時計の開発 マイクロメカトロニクス Vol. 46 No. 3 32-42 (2002)

日本の時計産業の概況

2016年

目 次

ウオッチ完成品(グローバルオペレーション)

- 1-1 日本のウオッチ完成品総出荷(輸出+国内出荷)数量の推移 [機種別]
- 1-2 日本のウオッチ完成品総出荷(輸出+国内出荷)金額の推移 [機種別]
- 1-3 日本のウオッチ完成品輸出の推移 「機種別]
- 1-4 2016 年の日本のウオッチ完成品輸出 [地域別構成比]
- 1-5 日本のウオッチ完成品国内出荷の推移 「機種別]

クロック完成品(グローバルオペレーション)

- 2-1 日本のクロック完成品総出荷(輸出+国内出荷)数量の推移 [機種別]
- 2-2 日本のクロック完成品総出荷(輸出+国内出荷)金額の推移 [機種別]
- 2-3 日本のクロック完成品輸出の推移 「機種別]
- 2-4 2016年の日本のクロック完成品輸出 [地域別構成比]
- 2-5 日本のクロック完成品国内出荷の推移 [機種別]

注)

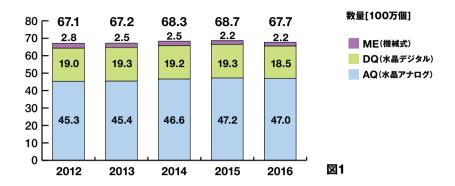
- 1. 日本のグローバルオペレーション: 日本の時計企業の海外生産・出荷を含む事業活動
- 2. 図 $1\sim8$, $9\sim16$ は日本時計協会の統計データに基づく
- 3. 金額は、輸出はFOB、国内出荷は税抜き売り渡し価額
- 4. AQ は水晶コンビネーションを含む水晶アナログ、DQ は水晶デジタル、ME は機械式時計

2017年 3月

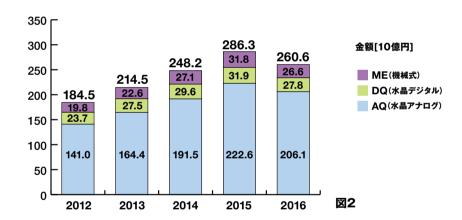
一般社団法人日本時計協会

ウオッチ完成品(グローバルオペレーション)

1-1 日本のウオッチ完成品総出荷(輸出+国内出荷)数量の推移 「機種別]



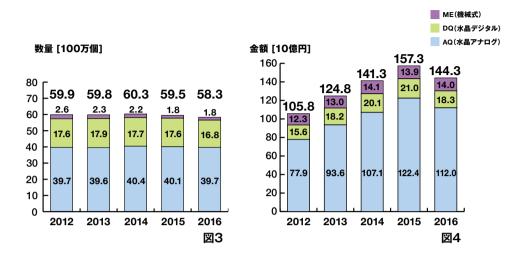
1-2 日本のウオッチ完成品総出荷(輸出+国内出荷)金額の推移 「機種別]



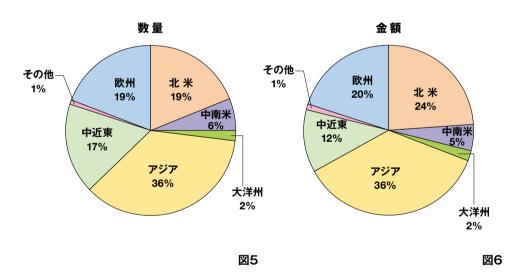
- ●2016年日本の時計メーカーによるウオッチ完成品の総出荷(海外からの出荷を含む)は、数量67.7百万個で前年比2%減、金額2.606億円の同9%減であった。
- ●機種別数量では、水晶アナログが前年並み、水晶デジタルが5%減、機械式は1%増であった。
- ●参考値として、2016年の完成品とムーブメントの合計の出荷は、数量487.6百万個(前年比6%減)、金額3,234億円(同10%減)であった。

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

1-3 日本のウオッチ完成品輸出の推移 「機種別]



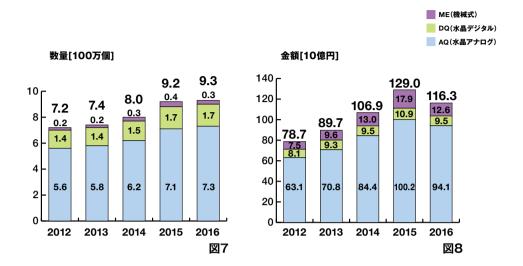
1-4 2016年の日本のウオッチ完成品輸出 [地域別構成比]



- ●2016年日本の時計メーカーによるウオッチ完成品の輸出は、数量58.3百万個で前年比2%減、金額1,443億円で同8%減であった。
- ●完成品の主な輸出先の対前年金額比較では欧州のみが前年並みで、他の全ての地域向けは減少した。

^{*}輸出は海外からの出荷を含む。

1-5 日本のウオッチ完成品国内出荷の推移 [機種別]

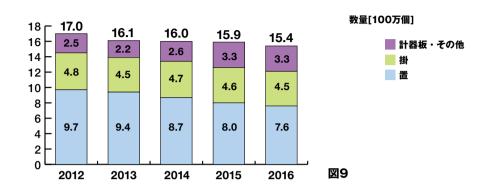


●2016年日本の時計メーカーによるウオッチ完成品の国内出荷は、数量9.3百万個で前年並み、金額1,163億円で10%減であった。

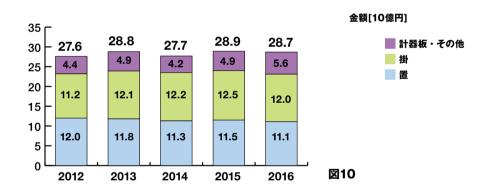
*四捨五入された数値を表示しているため、実際の計算結果と表示されている合計数が合わない場合があります。

クロック完成品(グローバルオペレーション)

2-1 日本のクロック完成品総出荷(輸出+国内出荷)数量の推移 [機種別]



2-2 日本のクロック完成品総出荷(輸出+国内出荷)金額の推移 「機種別]

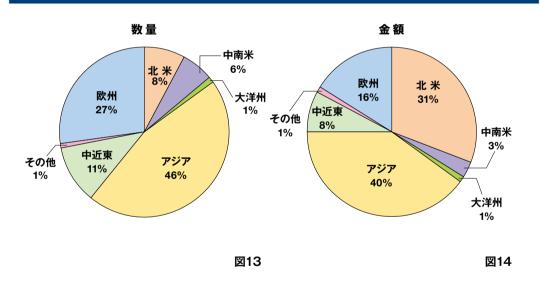


- ●計器板・その他は、計器板及びその他のクロックを含む。
- ●2016年日本の時計メーカーによるクロック完成品の総出荷(海外からの出荷を含む)は、数量が15.4百万個で前年比3%減、金額は287億円で同1%減となった。
- ●機種別数量では、置時計が前年比5%減、掛時計が同2%減であった。
- ●参考値として、2016年の完成品とムーブメントの合計の出荷は、数量18.0百万個(前年比4%減)、金額299億円(同1%減)となった。

2-3 日本のクロック完成品輸出の推移 「機種別]

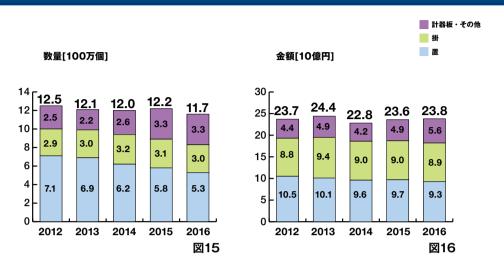


2-4 2016年の日本のクロック完成品輸出 [地域別構成比]



- ●2016年日本の時計メーカーによるクロック完成品の輸出 (海外からの出荷を含む) は、数量3.7百万個で前年比2%増、金額49億円で同8%減であった。
- ●完成品の主な輸出先の対前年金額比較では、欧州向けのみが増え、他の全ての地域向けは減少した。
 - *輸出は海外からの出荷を含む。
 - *四捨五入された数値を表示しているため、実際の計算結果と表示されている合計数が合わない場合があります。

2-5 日本のクロック完成品国内出荷の推移 [機種別]



●2016年日本の時計メーカーによるクロック完成品の国内出荷は、数量11.7百万個で前年比4%減、金額は238億円で同1%増であった。

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

BASEL WORLD 2017 レポート





1. 概要

今年も世界最大級の時計・宝飾の見本市 BASEL WORLD が、3 月 22 日 \sim 30 日までの 8 日間、スイスのバーゼル市で開催された。

1917年に29ブランドでの初めてのイベント開催から、今年はちょうど100年という記念の年であり、世界100カ国以上から約10万6千人の来場者(昨年比-4%)、70カ国以上から約4,400人(昨年同等)のプレス関係者も来場したが、出展者数が大きく減ったようで、2018年は会期を2日短縮し、出展費用の削減も行われることが発表されている.

2. 主な動向について

ROLEX では、DAYTONA が 18 ct ゴールドの塊から作られるミドルケースにブラックセラクロムベゼル、メタルブレードで強化したエラストマーのストラップを採用した新モデルをラインアップ. また TAG Heuer では、CARRERA のスケルトンに 43mm サイズが追加され、SS ブレスレットの他、カラーに合わせ、レザー/ラバーのストラップが選択可能となっており、さらに、AQUARACER においても、カラーに合わせ、カモフラージュ柄、カーキ柄ストラップのモデルをラインアップ(Fig.1). さらに、OMEGA でも SEAMASTER において、ブルーセラミックケースの PLANET OCEAN "BIG BLUE"にても、ダイアルのカラーリングと同じ、ブルーとオレンジの挿し色で構成されたラバーストラップがセット(Fig.2)されるなど、高級時計にもカジュアルなファッションとのコーディネート可能な、カジュアルイメージのストラップとの組み合わせが散見された.



(Fig.1) (Fig.2)

一方、スマートウォッチ関連では、TAG Heuer が、Android Wear 2.0 搭載の新スマートウオッチ「コネクテッド モジュラー45」を発表.その名の通り、ケース径 ϕ 45mm のウォッチモジュールで、ケース、ラグ、バンドを 56 種類の組み合わせから、ユーザーの好みでカスタマイズでき、機械式ムーブメントのモジュールも選択可能となっている.

また、今回 Samsung が初めて BASEL WORLD への出展を行っていた. ブースを Hall 1.1 に構え、メインストリートには面していないものの、初出展としては、異例とも思える好位置を確保していた. 展示内容としては、Gear S3 の展開バリエーションが主となっていた.

4. カシオ計算機の取り組み

ブースを Hall 1.1 に構え、複数の大型モニターを組み合わせて一つの映像を投影する巨大なサイネージが、ひと際、来場者の目を引いた. (Fig. 3)





(Fig.3)

今回は、「CASIO CONNECTED」をテーマとし、カシオの時計事業参入時の開発思想である「完全自動腕時計」の実現に向け、新たな一歩を踏み出す最先端のムーブメント「Connected エンジン 3-Way」を搭載した新製品を中心に、デジタル技術をもとにした最先端のアナログ時計と日本の伝統工芸との融合による美を表現した。

「Connected エンジン 3・Way」は、カシオ独自の GPS ハイブリッド電波ソーラーにあらたに Bluetooth によるスマートフォン接続を加え、3 つの時刻受信方式を備えると共に、 時計に内蔵するタイムゾーンデータ、サマータイムルールデータもスマートフォン経由でアップデートする仕組みを組み込むことにより、「完全自動腕時計」の実現に、また一歩、近づいた。また同時に、 各モデル専用のスマートフォン App との連携にて、それぞれのブランドコンセプトに基づいた機能・

■MR-G「MRG-G2000HT」 (Fig-4)

演出表現を行っている.

新開発の「Connected エンジン 3-Way」を搭載し、日本の伝統工芸技術「鎚起」を融合. ベゼルとブレスレット中駒には、一つ一つ職人の手によって刻まれた「霞鎚目」を施し、そのベゼルおよび裏蓋には、ブルーDLC 処理により、日本で古くから親しまれている深みのある「藍」を表現.

■OCEANUS 「OCW-G2000S」 (Fig-5)

MR-G 同様、「Connected エンジン 3-Way」を搭載. 陶器における「釉溜まり」をデザインテーマに、新開発のグラデーションスパッタリング技術を採用し、青から紫への美しいグラデーションを表現したサファイアガラスとチタンベゼルと融合. ケース、バンドにはディープブルーDLC 処理を施し、深みのある落ち着いたブルーを表現.

■G-SHOCK「GPW-G2000」 (Fig-6)

「Connected エンジン 3-Way」を搭載により、時刻の正確性を保ちつつ、主時刻表示の視認性の向上、新開発の耐振動ビスレスストラップ取り付け構造等、パイロットニーズに応える進化を果たしつつ、専用スマートフォン App との連携により、ワールドタイムやタイマー等、時計の設定がかんたんに行えると共に、時計のボタンワンプッシュでポイントメモリーを行い、その移動履歴を 3D マップ上で演出を加えて再生する「フライトログ機能」にも対応.



5. まとめ

時計業界としては、AppleWatch をはじめとするスマートウォッチや GARMIN 等の高機能スポーツウォッチが、時計市場においてその存在感を大きくしており、時計業界全体が変革期を迎えている.

また、消費者の時計に対する価値観も、特に若年層において変化してきているため、それら動向を 注視しながら、日本メーカーが有する高い技術力をベースにしつつ、独自のポジション構築が必要で ある.

カシオとしては、「CASIO CONNECTED」をさらに進化させ、デジタル技術をベースに時計基本性能の向上を図り「完全自動腕時計」の実現を目指しつつ、Connectedによる価値をさらに進化させ、日本の伝統技術との融合や新たな表面処理・加工技術の開発との組み合わせにより、魅力のある商品の提供を続けていきたい。

6. 参考資料

http://www.baselworld.com/

http://www.rolex.com/

http://www.tagheuer.com/

http://www.omegawatches.com/

http://casio.jp/

製品紹介

世界初 3 つの時刻取得システムを搭載した "G-SHOCK"

新しいバンド固定構造を採用した航空コンセプトの"GRAVITYMASTER" カシオ計算機株式会社



G-SHOCK 「GRAVITYMASTER」シリーズ GPW-2000

カシオ計算機は、耐衝撃ウオッチ "G-SHOCK" より、航空コンセプトの "GRAVITYMASTER" シリーズの 新製品として、内蔵のタイムゾーンとサマータイム情報を自動更新し、全世界で正確な時刻を表示する Bluetooth "搭載 GPS ハイブリッド電波ソーラーウオッチ 『GPW-2000』を 5 月 19 日より発売しました。

今回ご案内します『GPW-2000』は、世界中どこにいても常に正しい時を刻み続けるための最新モジュール「Connected エンジン 3-way」を搭載しました。世界で初めて(2017年3月1日時点、カシオ調べ)標準電波と GPS 衛星電波の受信に、スマートフォンを介したタイムサーバー接続を加えた3つの

時刻取得システムを採用。新たに構築した独自のシステムにより、スマートフォンを経由してサマータイムやタイムゾーンの情報も自動更新することで、時計の内蔵データを最新の状態に保ちます。

今回、航空コンセプトの"G-SHOCK"として、その世界観をデザインや性能面でも表現しています。文字板は航空機の計器をモチーフとし、取得した位置情報から緯度を9時側インダイアル、経度を6時側に設けた小窓で簡易的に表示します。また、時計側のボタンを押した際の地点情報を時刻情報とともにスマートフォンの地図上に表示できるフライトログ機能を搭載しました。

構造面では、振動の影響によって緩むビスを、バンドを固定するパーツとして使用せず、バンドをファインレジンのシャフトカバーと、カーボンファイバーを封入したファインレジンのパーツで固定するビスレス方式を採用しています。

もちろん、衝撃、遠心重力、振動の3つの重力加速度に耐える"TRIPLE G RESIST"、引張耐久力の高い"カーボンファイバーインサートバンド"、JIS1種に準拠した耐磁性能など、過酷な環境に耐え得るタフネス性能も充実。ブランドのアイデンティティである「タフ」を、構造、機能、デザインなどあらゆる面で体現しています。

製品名	メーカー希望小売価格	発売日
GPW-2000	100,000 円+税	5月19日

GPW-2000 の主な仕様

構造	TRIPLE G RESIST (耐衝撃性能、耐遠心重力性能、耐振動性能)	
防水性	20 気圧防水	
耐磁性能	JIS1 種耐磁性能	
受信電波	GPS 電波:1575.42MHz 標準電波:40kHz~77.5kHz 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	
11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	GPS 電波:時刻受信(自動(※1)、手動)、位置受信(手動) 標準電波:自動受信(最大 6 回/1 日、中国のみ最大 5 回/1 日)	

通	通信規格	Bluetooth Low Energy (※2)
信仕様	通信距離	~2m (環境により変化)
ワー	ールドタイム (※3)	世界 28 都市 (39 タイムゾーン、サマータイム自動設定機能) +UTC (協定世界時)の時刻表示、二都市時刻表示、ホームタイムとの時刻入替機能
スト	ップウオッチ	1 秒計測、24 分計
	タイマー	セット単位:1分、最大セット24時間、1秒単位で計測
	アラーム 時刻アラーム1本	
		モバイルリンク機能(約300都市のワールドタイム設定機能、自動時刻修正、フライトログ、簡単時計設定)、針位置自動補正機能、日付・曜日表示、フルオートカレンダー、LEDライト(スーパーイルミネーター、残照時間3秒)、緯度・経度表示、バッテリー充電警告機能
	使用電源 タフソーラー(ソーラー充電システム)	
連	続駆動時間	パワーセービング状態(※4)で約 23 ヵ月
	大きさ 66.0 × 57.2 × 18.2 mm	
	質量	約 120g

- ※1 受信できる環境と判断した場合、自動受信を行います。
- ※2 Bluetooth® のワードマークおよびロゴは、Bluetooth SIG, Inc. が所有する登録商標であり、カシオ計算機 (株) はこれらのマークをライセンスに基づいて使用しています。
- ※3 スマートフォンとの連携により更新される場合があります。
- ※4 暗所で一定時間が経過すると運針を止めて節電します。

プロフェッショナルスポーツウオッチとしての高い性能に加え、「想像力」という価値を提案するブランド

『シチズン プロマスター』

陸・海・空を制覇する 3 つのプロフェッショナルモデルを発表



世界初※1の光発電

1,000m飽和潜水※2用防水 計測可能

エコ・ドライブ※3 プロフェッショナルダイバー1000m アルティクロン

2017年7月発売予定 BN7020-09E 260,000 円+税

高度 10,000mまで

エコ・ドライブ

2017年7月発売予定 BN4044-23E 66,000 円+税

世界最速最短※4

3 秒で GPS 衛星電波受信※5

エコ・ドライブ GPS 衛星電波時計 F900

2017年7月発売予定

CC9023-13X 185,000 円+税

シチズンは BASELWORLD2017 にて『PROMASTER (プロマスター)』から、陸・海・空それぞれのフィ ールドで高い性能を発揮するプロフェッショナル向けの商品3モデルを発表いたします。プロマスターは 1989 年以来、過酷な環境下でも至高の耐久性を発揮し、幅広い専門分野で優れた機能性を示す時計として、 世界中で多くのファンに支持されてきました。山を登る、海に潜る、空を飛ぶ――これら環境下での具体的 な行動を想定し、それぞれ機能を追求した『LAND』『MARINE』『SKY』の3カテゴリーを用意。高性能な 仕様と耐久性を兼ね備えたプロマスターは、スポーティな見た目にもこだわる多くのユーザーのために、多 種多様なモデルを提案し続けています。

さらに、プロマスターは、頑丈で、ハイエンドなアクティブ機能を備えるだけでなく、身体的にも、精神的 にも自身の限界に挑む人達に「機能性」「耐久性」「安全性」という3つの特性を兼ね備えた商品を提案する ことで、「想像力」を掻き立て、未知の領域への憧れや夢の実現を応援します。

- ※1 1,000m 飽和潜水用防水の光発電時計として。2017年2月当社調べ。
- ※2 飽和潜水:深海域で潜水作業をする際に、タンク内で圧力に体を慣らすとともに、ヘリウムと酸素の混合ガスを体内に取り込み飽和させ、長期間の深 海域作業を可能にする潜水方法です。減圧症のリスクを減らすため、作業後の減圧もタンク内で行います。
- ※3 エコ・ドライブ: 定期的な電池交換が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。
- ※4 光発電 GPS 衛星電波時計として。2017年2月当社調べ。
- ※5 GPS衛星電波受信: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します。

PROMASTER キーメッセージ

GO BEYOND. 想像のその先へ

PROMASTER が提案する **3** つの価値観

機能性:人類にとっての未知の領域に足を踏み出すことを念頭に開発し、革新的なテクノロジーを搭載しています。 一見オーバースペックにも思える性能も、自身の限界に挑む人の想像力を掻き立てるのに必要なスペック

だと考えています。

耐久性:高い視認性や防水性、耐衝撃性、耐傷性などを兼ね備えており、過酷な環境にも耐えうる、世界トップ

レベルの耐久性を誇ります。

安全性:使う人のために考え抜かれた安全性により、いかなる場所におけるチャレンジでも、最大限の力を授けて

くれます。



世界初の光発電 1,000m飽和潜水用防水 ダイバーズウオッチ

シチズン プロマスター エコ・ドライブ プロフェッショナルダイバー1000m 2017年7月発売予定 BN7020-09E 260,000円+税

■ISO/JIS_{※6} 規格適合。飽和潜水にも対応する光発電 1,000m防水

今回発売する、「エコ・ドライブ プロフェッショナルダイバー1000m」は ISO/JIS 規格に適合し、飽和潜水にも対応。

ケースの 10 時位置にヘリウムガス排気バルブを設けており、飽和潜水時に時計内部に侵入したヘリウムガスを排出する事により減圧時の時計の破損や損傷を防ぐ事ができます。また、光発電エコ・ドライブを搭載しているため、定期的な電池交換が不要。

充電量表示機能_{※7}がついているため、事前に充電量を



把握することができ、時計が急に止まる心配をする事なく、ダイビングに臨むことができます。 海洋に関する日本の調査・研究機関「国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)_{※8}」の協力により、 高水圧下での防水機能の動的試験や、水深による文字板色調の変化、夜光の視認性の確認などを行い、より

実践的な性能を実現しました。

■ダイバーズウオッチの信頼性を高める3つのポイント



ベゼルロック機構

ダイバーズウオッチの生命線である時間計測機能の安全性をより高めるため、回転ベゼルの設計を一から見直しました。

その結果、不意の動作で、設定した時間がズレないよう、従来の 逆回転防止機構に加えてロック機構を設けています。

操作が複雑にならないよう、回転ベゼルを操作するのと同じ感覚で「ロック/ロック解除」ができる構造になっています。



高い視認性

文字板のインデックスや大型の時分針に、夜光塗料を塗布する事により、高い視認性を確保しています。

夜光塗料を従来品と比較すると、5時間後の輝度が2倍以上あり、 長時間使用でも従来品より明るい状態を維持します。

また夜光塗料は放射性物質を含まない、人体に安全なものを使用しています。



警告色

ベゼルロックが「FREE」になっている時は、正面から見ると、 オレンジの警告色が見える構造になっており、ロック忘れを防止で きるようになっています。

りゅうずも同様に、ねじロックりゅうずを正しく締めてロックしていない状態の時は、ケースとりゅうずの間に警告色が見えるように工夫されています。

※6 ISO 規格: 国際標準化機構規格 JIS: 日本工業規格 ISO 及び、JIS ではダイバーの安全確保のために、ダイバーズウオッチに対して「ISO 6425 ダイバーズウオッチ」 「JISB 7023-潜水用携帯時計」で仕様を規定しています。

※7 充電量表示機能:エコ・ドライブに使われている二次電池の充電量レベルをインディケーターで目安として表示する機能です。

※8 JAMSTEC: 平和と福祉の理念に基づき、海洋科学技術の水準向上と学術研究の発展を目的とした、日本の文部科学省管轄の国立研究開発法人。

■世界初を実現した高い耐久性、防水性を発揮する技術の結晶

飽和潜水対応の 1,000m防水時計は、JIS の規定により、防水試験に加えて加圧したヘリウム混合ガス、 又は 1 0 0 %ヘリウムのなかに 1 5 日間保持、その後圧力を急速減圧し 3 分以内に大気圧まで戻すという試験に合格しなければなりません。その圧力は「125 気圧」という想像を絶する圧力であり、高い耐久性、防水性が必要となります。それゆえ光発電技術を搭載したムーブメントで飽和潜水対応の 1,000m 防水は世界初となります。

シチズン独自のチタニウム素材であるスーパーチタニウム™_{※9}には多彩な表面硬化技術があり、このモデルではパーツごとに、求められる特性に適した技術を使い分け、堅牢性の高い外装に仕上げました。さらにパーツの接合が高圧にも耐えられるようにするため、硬化技術の1つであるデュラテクト_{※10}MRK を応用して、りゅうずパイプ、排気バルブパイプの接合を原子レベルで行い、外装の耐摩耗性を高めるだけでなく、耐衝撃性を飛躍的に向上させました。またシチズンが独自に開発した素材で、ヘリウムが透過しにくく長期間変形しない「ブチルゴム」パッキンを大型化し、さらにダブルで使用することで、風防ガラスや、りゅうず、排気バルブ等の高い防水性を実現しています。

■貝殻の構造から得たインスピレーション

「エコ・ドライブ プロフェッショナルダイバー1000m」は、同シリーズの 200m、300m モデルと同じく、貝の造形 や構造からインスピレーションを得ています。より本格的な 使用が想定されるこのモデルは、特に貝の頑丈さ、力強さを イメージしてデザインされています。

貝の堅さはレンガ状の構造にあることから、ケースサイドのモチーフに取り入れています。また、ベゼルは巻貝の螺旋のように方向性を持たせたデザインになっています。これは商品のアイコン的な役割としてだけでなく、ベゼルの回転方向が感覚的にわかるためでもあります。

高い防水性と耐衝撃性を確保しながら、貝をモチーフにした 一連のシリーズの世界観を引き継ぐデザインに仕上がって います。



方向性を持たせたベゼルデザイン



レンガ状の構造をモチーフとしたケースサイド

【商品仕様】



ブランド / 商品名	CITIZEN PROMASTER(シチズン プロマスター) / エコ・ドライブ プロフェッショナルダイバー1000m
商品番号	BN7020-09E
発売時期	2017年7月 (予定)
希望小売 価格	260,000 円+税
ケース / バンド	ケース:スーパーチタニウム™(デュラテクト DLC+MRK+TIC) バンド:ウレタン
ガラス	サファイアガラス(無反射コーティング)
文字板色	ブラック
サイズ	ケース径 52.5mm/ 厚み 21.4mm(設計値)
主な機能	Cal.J210 / 月差±15 秒 / 光発電エコ・ドライブ / フル充電時 1.5 年可動 / 逆回転防止ベゼル / ベゼルロック機能 /日付表示 / 充電量表示機能/ 飽和潜水用防水 1,000m / 夜光 (針・インデックス・ベゼル 12 時位置)
付属品	延長バンド

[★]商品のデザイン及び価格、発売日、スペックなどは、一部変更になる場合があります。

^{※9} スーパーチタニウム [™]: 軽量(ステンレスより約 40%軽い)、肌に優しい、さびにくいという特性を持つ純チタニウムを美しく研磨、さらに表面に表面硬化技術「デュラテクト」を施し、ステンレスの 5 倍以上の硬さを持たせたシチズン独自のチタニウム素材です。

^{※10} デュラテクト:シチズン独自の硬化技術。ステンレスやチタニウムの金属表面硬度を高め、優れた耐摩耗性により、すりキズや小キズから時計本体を守り、素材の輝きを長期間保つ技術の総称です。



高度 10,000mまで 計測可能 高度センサー搭載ウオッチ

シチズン プロマスター エコ・ドライブ アルティクロン 2017年7月発売予定 BN4044-23E 66,000円+税

光発電エコ・ドライブやアルティメーター (高度計)など先端技術を搭載したアウトドアウオッチ「エコ・ドライブ アルティクロン」から、新デザインが登場します。

高度の計測範囲は、地球上のあらゆる山の高度を上回る地上 10,000m から海抜 - 300m まで。全ての情報を、デジタルではなくアナログで表示することにこだわりました。時計の基本機能である「時刻」を表示したまま「高度」または「方位情報」を同時に読み取ることができます。



また3本の針を使って高度を表示することで、精度の高い表示をすることが可能に。感覚的に操作できるよう、それぞれの計測表示と時刻を指す針の色を分け、一目で判断できるよう工夫しています。多くの情報を表示する文字板は、可能な限りシンプルにレイアウトすることで、視認性を高めました。

今回の新作はデザインを大幅に変え、黒を基調にアクセントカラーの色味を抑えることで、アウトドアは もちろんビジネスシーンにも合わせることができるシックなデザインに落とし込みました。

オン/オフ問わず着けていただけるアウトドアスタイルの腕時計として新たなデザインを纏い、コレクションの充実を図ります。

【商品仕様】



ブランド / 商品名	CITIZEN PROMASTER(シチズン プロマスター) / エコ・ドライブ アルティクロン
商品番号	BN4044-23E
発売時期	2017年7月(予定)
希望小売 価格	66,000 円+税
ケース / バンド	ケース : ステンレス / バンド : ウレタン
ガラス	クリスタルガラス(無反射コーティング)
文字板色	ブラック
サイズ	ケース径 46.0mm / 厚み 14.4mm(設計値)
主な機能	Cal:J280 / 月差±15 秒 / 光発電エコ・ドライブ / フル充電時 11 ヶ月可動 / 高度計測機能:-300m~10,000m / 電子コンパス / 日付表示 / 充電量表示機能 / 20 気圧防水 / 夜光(針、インデックス)

[★]商品のデザイン及び価格、発売日、スペックなどは、一部変更になる場合があります。



世界最速最短 3 秒で GPS 衛星電波を受信する パイロットウオッチ

シチズン プロマスター エコ・ドライブ GPS 衛星電波時計 F9002017 年 7 月発売予定
CC9023-13X
185,000 円+税 **世界限定 700 本**

裏ぶた

プロマスター SKY シリーズの最上位モデル、GPS 衛星電波時計 F900 に新たな顔が加わります。

このモデルはデュアルタイムやクロノグラフ機能などを搭載した多機能モデルです。航空機のコックピットや、レーダースクリーンに映し出される現在位置等を表示する座標軸からインスパイアされたデザインはそのままに、ダイアルをブラウン、ケースをゴールドにすることで個性的で華やかなデザインに仕上がりました。

ガラス 文字板

デュラテクト Gold

ケースにはキズに強く、軽く、肌にやさしく、サビにくいスーパーチタニウム TM を採用。ビッカース硬度 Hv1,100~1,500 を誇る高硬度のデュラテクト GOLD を施しています。パイロットウオッチに求められる時刻の正確性、過酷な環境下でも耐えうる仕様に、新たなバリエーションが加わり、エコ・ドライブ GPS 衛星電波時計 F900 の世界を広げました。

【商品仕様】



ブランド / 商品名	CITIZEN PROMASTER(シチズン プロマスター) / エコ・ドライブ GPS 衛星電波時計 F900
商品番号	CC9023-13X
発売時期	2017年7月 (予定)
希望小売 価格	185,000 円+税
限定数量	700本
ケース / バンド	ケース:スーパーチタニウム [™] (デュラテクト GOLD) / バンド:カーフ
ガラス	サファイアガラス(無反射コーティング)
文字板色	ブラウン
サイズ	ケース径 47.1mm / 厚み 14.6mm(設計値)
主な機能	Cal:F900 /月差±5 秒(非受信時) / 光発電エコ・ドライブ / フル充電時約 1.5 年可動 (パワーセーブ作動時:5年) /衛星電波受信機能・位置情報取得機能・自動時刻受信機能 / ワールドタイム (40 タイムゾーン) / パーフェックス※11 /日付表示 /パワーセーブ機能※12 / デュアルタイム表示 / クロノグラフ機能 (1/20 秒・24 時間) / アラーム機能 / 充電量表示機能 /ライトレベルインディケーター※13 / パーペチュアルカレンダー機能 / サマータイム機能 / 20 気圧防水 / 夜光 (針・インデックス)

- ★商品のデザイン及び価格、発売日、スペックなどは、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時計株式会社の登録商標または商標です。
- ※11 パーフェックス:「JIS1 種耐磁」、「衝撃検知機能」、「針自動補正機能」という三位一体の機能で、より正確な時刻表示を可能にしたシチズン独自の先進技術です。
- ※12 パワーセーブ機能:暗闇で光発電が停止すると、自動的に針を止めて節電状態となる機能。光が当たり発電が開始すると自動的に現在時刻まで戻ります。
- ※13 ライトレベルインディケーター:シチズンの基幹技術である光発電エコ・ドライブならではの機能で、文字板にあたる光による発電量を7段階で表示する機能です。角度や場所が変わることによる発電量の違いがわかり、快適な充電環境選びの目安を知ることができます。

<シチズン時計とは>

シチズン時計とは、部品から完成時計まで自社一貫製造するマニュファクチュールであり、世界 130 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ひらいていきます。

一般社団法人 日本時計学会 平成29年度(2017年度)事業計画書

(自 平成29年1月1日~至 平成29年12月31日)

I. 事業計画

1. 学術講演会, 研究会, 見学会等の開催

[1] マイクロメカトロニクス学術講演会

マイクロメカトロニクス学術講演会を9月中旬、中央大学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1件で進める予定である。研究調査分科会の成果は報告書または学会誌の記事によって報告する。

[1] 「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 29 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.

3. 学会誌、学術図書等の刊行

[1] **学会誌「マイクロメカトロニクス**」を下記のとおり年2回発行する.

Vol. 61, No. 216: 平成 29 年 6 月, 280 部 Vol. 61, No. 217: 平成 29 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29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 27 年度および平成 28 年度の日本時計学会誌「マイクロメカトロニクス」に掲載された研究論文の中から、当学会初代会長青木保博士を記念した第 51 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51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

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

科学技術振興機構へ学会誌の電子データを提供し登録する.

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

収支予算書

一般社団法人日本時計学会

科目	自 平成29年 子 算 額	三 1月 1日 至 平成 前年度予算額	増減	単位: P 備
[事業活動収支の部]				
事業活動収入)				
基本財産運用収入】				
基本財産利息収入	100	100	0	
【入会金収入】				
入会金収入	3,000	2,600	400	
【 会 費 収 入 】				
正会員会費収入	800,000	780, 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)	100, 000	100,000	0	
事業収入 (講演会)	550,000	390,000	160,000	
広 告 収 入	170,000	170,000	0	
雑 収 入 】				
受取利息収入	1, 000	1,000	0	
雑 収 入	25, 000	25, 000	0	
事業活動収入計	3, 803, 100	3, 622, 700	180, 400	
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	129, 600	129,600	0	
旅費交通費支出	147,000	147,000	0	
通信運搬費支出	35, 000	47,000	△ 12,000	
消耗品費支出	20, 000	50, 000	△ 30,000	
印刷製本費支出	450,000	450, 000	0	
賃 借 料 支 出	450,000	300, 000	150, 000	
諸謝金支出	80,000	80,000	0	
雑 支 出	115, 000	115, 000	0	
会議費支出	300,000	120,000	180, 000	
管理費支出】		254474404	5001000	
臨時雇用賃金支出	409,000	409, 000	0	
会 議 費 支 出	10, 000	10,000	0	
旅費交通費支出	100, 000	100, 000	0	
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	10,000	0	
賃 借 料 支 出	450,000	300,000	150,000	
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	0,000	129, 600	△ 129, 600	
事業活動支出計	3, 931, 100	3, 622, 700	308, 400	
事業活動収支差額	△ 128, 000	0	△ 128,000	
当期収支差額	△ 128,000	0	△ 128,000	
前期繰越収支差額	3, 351, 859	3, 422, 988	77 100 100 100 100 100 100 100 100 100 1	
次期繰越収支差額				
以 29 种 20 以 X 左 假	3, 223, 859	3, 422, 988	△ 199, 129	

一般社団法人 日本時計学会

平成28年度(2016年度) 事業報告書

(自 平成28年1月1日~至 平成28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

: 平成 28 年 9 月 16 日 (金) 9:40~20:00

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

プログラム

 講演発表 : 11 件 ・製品展示セッション:5社 特別講演 : 1件

テーマ:「独立時計師の仕事」

講師 :独立時計師 浅岡 肇 氏

技術交流会

*午後より談話室でのコーヒーの無料サービスを実施し、会員の交流を図った。

:92名 参加者

[2] 研究会

① 春季研究会:

: 平成 28 年 4 月 21 日 (木) 14:00~15:40 日時 : 中央大学理工学部 2 号館 2735 号室 会場

:「電気機器製品開発における電磁界 CAE の最新技術動向」

: 株式会社 JSOL 講師

たに 浩司 氏

参加者 : 14 名

② 秋季研究会:

: 平成 28 年 11 月 18 (金) 14:00~15:40 日時 会場 : 中央大学理工学部 2 号館 2221 号室 :「国際リニアコライダーについて」 テーマ

講師 :東京大学 素粒子物理国際研究センター 特任教授

山下 了 氏

参加者 : 17 名

[3] 見学会:

日時 : 平成 28 年 7 月 7 日 (木) 13:40~15:00 : TEPIA 先端技術館(東京都港区北青山) 見学先

参加者 : 12 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28年度は次の1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28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、報告書の作成を進 めた。

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. 60, No. 214:平成28年6月,280部 Vol. 60, No. 215:平成28年12月,280部

[2] 学術講演会講演論文集を年1回発行した.

マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集:平成28年 9月,150部

4. 研究の奨励及び研究業績の表彰

第50回青木賞選考は、平成26年度および平成27年度の日本時計学会誌「マイクロメカトロニクス」に掲載された論文11編に対して、選考委員9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2段階で行われた。その結果、下記論文を第50回青木賞として推薦することで、表彰委員全員の賛同及び理事会の承認を得、マイクロメカトロニクス学術講演会において表彰した。

- ・第50回青木賞表彰論文:「3Dプリンターを用いた時計外装の鋳造」
 - 学会誌掲載: Vol.59, No.212 (2015年6月)
 - 執筆者:小林 資昭, 三浦 紗葵, 佐藤 雅浩, 木川 計介, 寺嶋 一彦, 山本 博邦
 - 推薦理由:本論文は、本学会の学術論文として独創性において特に高い評価を受け、個別 評価及び総合評価で最高得点を得た。

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「マイクロメカトロニクス」を納本した。また、国立国会図書館へマイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集を納本した。2016年6月号の学会誌で国立情報学研究所(NII)への納本は終了した。また、その後(12月号以降)は、科学技術振興機構(JST)に電子データを提供し登録することとなった。

[2] 外国機関との交流

スイス:スイス時計学会 (SSC: Société Suisse de Chronométrie), ドイツ: Technische Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek Hannover (TIB/UB) へ学会誌を寄贈した. 2016年3月に中島代表理事がバーゼル・ワールド2016の視察を兼ねてスイス時計学会(SSC: Société Suisse de Chronométrie)を訪問し交流を行った.

[3] 関係学会との協賛

研究会および学術講演会を、一般社団法人 エレクトロニクス実装学会、一般社団法人 日本機械学会、公益社団法人 精密工学会、一般社団法人 電気学会、公益社団法人 応用物理学会、公益社団法人 計測自動制御学会、一般社団法人 電子情報通信学会、公益社団法人 日本設計工学会、一般社団法人 日本ロボット学会等 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28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	中島 悦郎	非常勤	平成27年2月24日	無し	業務総括	ブイテックインターナショナ ル(株)
業務執行理事	大隅久	非常勤	平成27年2月24日	無し	代表理事補佐 経理・企画担当	中央大学
業務執行理事	小池 邦夫	非常勤	平成27年2月24日	無し	総務・企画担当	セイコーエプソン (株)
理事	足立 武彦	非常勤	平成27年2月24日	無し	校閱担当	横浜国立大学
理事	今村 美由紀	非常勤	平成27年2月24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27年2月24日	無し	事業委員長 企画担当	中央大学
理事	大谷 親	非常勤	平成27年2月24日	無し	青木賞委員長 事業担当	千葉工業大学
理事	木原 啓之	非常勤	平成27年2月24日	無し	企画担当	シチズン時計(株)
理事	木村 南	非常勤	平成27年2月24日	無し	企画担当	東京工業高等専門学校
理事	佐々木 健	非常勤	平成27年2月24日	無し	企画担当	東京大学大学院
理事	竹中 雅人	非常勤	平成27年2月24日	無し	企画委員長	盛岡セイコー工業(株)
理事	楢林 達雄	非常勤	平成27年2月24日	無し	編集校閲委員長 企画担当	東海大学
理事	増田 純夫	非常勤	平成27年2月24日	無し	校閲担当	横浜国立大学
理事	吉澤 弘	非常勤	平成28年2月26日	無し	広報委員長	カシオ計算機(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	吉村 靖夫	非常勤	平成27年2月24日	無し	_	_

2. 職員に関する事項

業務を担当する職員はいない.

3. 理事会及び総会に関する事項

[1] 理事会

開催年月日	主な議事事項	会議の結果
第1回理事会	・定時社員総会議案についての確認	提案内容承認
平成 28 年 2 月 26 日	- 平成27年度収支決算及び事業報告	
(定時社員総会前)	- 平成28年度予算計画及び事業計画	
	- 理事の選任	
	・出版編集関係	承認
	・平成28年度研究会・見学会の幹事会社・日程	審議・承認
	について	
	・新入会員の承認	承認
	・J-STAGE への移行手続きについて	報告・承認
第2回理事会	・定時社員総会議案の確認	確認
同 2月26日	・新任の運営委員の選任	承認
(定時社員総会後)	・平成28年度の体制について	審議・承認
第3回理事会	・新任の運営委員の選任	承認
同 4月21日	・出版編集関係	承認
	・春季研究会実施報告(速報)	承認
	・見学会について	承認
	・青木賞について(青木賞 50 周年の提案)	承認
	・学術講演会について(講演募集のお知らせ)	承認
	・企画委員会より(学術講演会の特別講演、学会	審議・承認
	誌の連載について)	
	・新しい事業に関する提案(学会活動の活性化案、	審議•承認
	学会誌の表紙刷新について)	
	・新入会員の承認	承認
	・スイス時計学会/バーゼル・ワールド出張報告	承認
	・J-STAGE 要件審査採択通知受領について	報告・承認
第4回理事会	・日野須磨子氏ご逝去に対する学会の対応につい	審議・承認
同 7月7日	7	
	・出版編集関係	承認
	・学会誌「マイクロメカトロニクス」の表紙刷新	審議・承認
	について	
	・学術講演会の特別講演について	審議・承認
	・学会活動の活性化案について	審議・承認
	・春季研究会実施報告	承認
	・秋季研究会について	承認
	・見学会実施報告(速報)	承認
	・青木賞について(選考状況報告)	承認
	・新入会員の承認	承認
/// a	・学術講演会の講演申込状況の報告	承認
第5回理事会	・久保田浩司氏ご逝去に対する学会の対応につい	審議・承認
同 9月16日		7 27
	・出版編集関係	承認
	・学会誌「マイクロメカトロニクス」の表紙刷新	審議・承認
	について	

	・秋季研究会について	承認
	・見学会実施報告	承認
	・青木賞について(選考結果報告)	承認
	・運営委員の退任について	承認
	・新入会員の承認	承認
第6回理事会	・出版編集関係	承認
同 11月18日	・定時総会議案検討	継続審議
	• 学術講演会実施報告	承認
	・秋季研究会実施報告(速報)	承認
	・新入会員の承認	承認
第7回理事会	・出版編集関係	承認
同 12月22日	・定時総会議案の検討	継続審議
	· 秋季研究会実施報告	承認
	・新入会員の承認	承認

[2] 総会

開催年月日	主な議事事項	会議の結果
定時社員総会	平成27年度収支決算及び事業報告・監査報告	可決・承認
平成 28 年 2 月 26 日	平成28年度事業計画・予算計画	承認
	理事の選任	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

契約年月日 : 平成 28 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 28 年度末	平成 27 年度末	増減数
正会員	165 (名)	160(名)	+5 (名)
賛助会員	18 (社)	19 (社)	Δ1 (社)
学生会員	4(名)	4 (名)	±0 (名)
計	187	183	+4

^{*}平成28年度末の会員数は12月度理事会承認後

8. その他重要事項

該当なし.

貸借対照表_

一般社团法人日本時計学会

科目	当年度	平成28年12月31 前 年 度	日現在 (単位:円) 増 減
[資産の部]			In .
【流動資産】			
現 金 預 金	3, 709, 367	3, 553, 188	156, 179
流動資產合計	3, 709, 367	3, 553, 188	156, 179
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	9, 509, 367	9, 353, 188	156, 179
[負債の部]			
【流動負債】			
前 受 会 費	345, 000	130, 200	214, 800
預 り 金	12, 508	0	12, 508
流動負債合計	357, 508	130, 200	227, 308
負 債 合 計	357, 508	130, 200	227, 308
[正味財産の部]			
【一般正味財産】			
その他一般正味財産	9, 151, 859	9, 222, 988	△ 71, 129
一般正味財産合計	9, 151, 859	9, 222, 988	△ 71, 129
(うち基本財産への充当額)	(500, 000)	(500,000)	(0)
正味財産合計	9, 151, 859	9, 222, 988	△ 71, 129
負債及び正味財産合計	9, 509, 367	9, 353, 188	156, 179

正味財產增減計算書

一般社団法人日本時計学会

19 E1	自 平成28年 1月 当 年 度	1日 至 平成28年12 前 年 度	月31日 (単位 増 減	: 円)
科 目 [一般正味財産増減の部]	3 平 度	則 午 及	1日 600、	
[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	90	105	Δ	15
【受取入会金】	50	100		10
受取入会金	3, 600	4, 200	Δ	600
【受取会費】	3,000	1, 200		000
正会員受取会費	777, 500	805, 000	Δ 27	, 500
学生会員受取会費	1,000	2,000	100	,000
贊助会員受取会費	2, 100, 000	2, 125, 000		, 000
【事業収益】	2, 100, 000	2, 120, 000	123	, 000
事業収益(研究会)	92,000	206,000	Δ 114	, 000
	581,000	389, 000		, 000
事業収益 (講演会)	A Service Constraint		102	000
事業収益 (広告収入)	174, 960	174, 960		
【雑収益】	1 000	0.404	Δ 2	2, 208
受 取 利 息	1, 286	3, 494		
雑 収 益	50, 887	77, 569		682
経常収益計	3, 782, 323	3, 787, 328	Δ 5	, 005
[経常費用]				
【事業費】	N HER SEEN	10 102 1020		070
臨時雇用賃金	1, 080, 291	1,007,918	12	373
広報活動費	129, 600	129, 600		0
旅 費 交 通 費	377, 294	109, 259		3, 035
通信運搬費	34, 224	35, 244		, 020
消耗 品費	3, 562	216		3, 346
印刷製本費	523, 532	438, 393	85	, 139
賃 借 料	300, 000	300,000	_	0
諸謝金	55, 685	111, 370		685
雑費	30, 456	14, 154	16	5, 302
会 議 費	347, 034	135, 941	211	, 093
【管理費】			1	
臨時雇用賃金	427, 663	400, 932	26	5, 73
旅 費 交 通 費	42, 947	45, 947	Δ 3	3, 000
通信運搬費	18, 718	26, 883	3 △	3, 165
消耗品費	58, 388	92, 639	△ 34	1, 251
印刷製本費	0	1, 102	Δ 1	, 102
賃 借 料	300, 000	300, 000		(
租 税 公 課	80,000	80,000		(
維費	11,658	11, 400		258
委 託 費	32, 400	129, 600	△ 97	7, 200
経常費用計	3, 853, 452	3, 370, 598	482	2, 85
評価損益等調整前当期経常増減額	△ 71,129	416, 730	△ 487	7, 859
当期経常増減額	△ 71,129	416, 730		7, 859
税引前当期一般正味財産増減額	△ 71, 129	416, 730		7, 859
当期一般正味財産増減額	△ 71, 129	416, 730	17.0	7, 859
一般正味財産期首残高	9, 222, 988	8, 806, 258		5, 730
一般正味財産期末残高	9, 151, 859	9, 222, 988		1, 129
正味財産期末残高	9, 151, 859	9, 222, 988		1, 129

財産目録

一般社团法人日本時計学会

O. ob. Titl Lat. 40. AM.	0 2	Apply that is the control to be	平成28年12月31日現在	(#(
質情对照表科目	III	場所・物量等	使用目的等	金額
【流動資産】				
五	会			94, 718
祖	89			94, 718
展	석원			3,614,649
更帰	普通預金(りそな銀行)			3,014,908
9 第	便板替貯金			599, 741
旋動資産合計				3, 709, 367
【固定資産】				
(基本財産)				
群 3	本 財 産			200, 000
定期	定期預金(りそな銀行)			200,000
基本財産合計				200, 000
(その他固定資産)				
401	その他固定資産			5, 300, 000
定期	定期預金(りそな銀行)			5, 300, 000
その他固定資産合計				5, 300, 000
固定資產合計				5, 800, 000
資産合計				9, 509, 367
【流動負債】				
4	受会被		2017年度会費	345,000
955	り金			12, 508
流動負債合計				357, 508
負債合計				357, 508
正味財産				9, 151, 859

一般社団法人 日本時計学会 平成 28 年 (2016 年) 11 月度 理事会議事録 - 2016 年度 第 6 回理事会 -

(記録:小池 邦夫 2016年 11月 18日)

- 1. **開催日時**: 平成 28 年 (2016 年) 11 月 18 日 (金) 16:00-17:40
- 2. 場所: 中央大学理工学部 後楽園キャンパス 2 号館 2 階 2221 号室
- 3. 出席者:

〈理事〉 中島、大隅、今村、大谷、木原、佐々木、増田、吉澤、小池 (以上9名)

<監事> 吉村(以上1名)

理事総数14名の過半数につき理事会成立

〈運営委員〉 重城,寺嶋,土肥,常葉,藤田,古川,横山(以上7名)

4. 審議事項

- (1) 新任の運営委員の選任
 - ・新たに以下の運営委員の選任が提案され承認された.

新任運営委員:横山 正尚 氏(セイコークロック株式会社)

- (2) 平成28年(2016年)9月度 第5回理事会議事録の確認
- (3) 出版編集関係 (寺嶋運営委員 (編集委員) より説明)
 - ・マイクロメカトロニクス 2016 年 12 月号 (Vol.60, No.215) の入稿・校閲状況等について.
- (4) 年度末に向けての確認事項(小池業務執行理事より報告)
 - ・定時社員総会 平成29年(2017年)2月24日(金)17:00-18:00 中央大学後楽園キャンパス
 - ・定時社員総会議題の確認
- (5) マイクロメカトロニクス学術講演会実施報告(土肥運営委員(事業委員)より報告)
- (6) 秋季研究会報告(速報)(寺嶋運営委員(秋季研究会幹事)より報告)
- (7) 新入会員の承認
- (8) 次回理事会
 - ・2016年12月22日(木) 16:00~17:00 中央大学理工学部 後楽園キャンパス
- (9) 青木賞選考について
 - ・青木賞選考結果の報告について(大谷理事(青木賞委員長)より提案)
 - ・青木賞の歴代論文の閲覧について(中島代表理事より提案)

5. 報告事項

- **(1) 会員数状況** (2015 年 11 月 18 日承認後)
 - ・正会員 162 名 (+1) , 学生会員 4 名(±0), 賛助会員 18 社(±0) (85 口)

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 28 年 (2016 年) 12 月度 理事会議事録 - 2016 年度 第 7 回理事会 -

(記録:小池 邦夫 2016年 12月22日)

- 1. 開催日時: 平成 28 年 (2016 年) 12 月 22 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 新2号館2735号室
- 3. 出席者:

<理事> 中島,大隅,今村,大谷,木原,增田,吉澤,小池 (以上8名)

<監事> 佐藤, 吉村(以上2名)

理事総数 14 名の過半数につき理事会成立

〈運営委員〉 小水内, 重城, 土肥, 常葉, 藤田, 古川, 横山(以上7名)

4. 審議事項

- (1) 平成28年(2016年)11月度 第6回理事会議事録の確認
- (2) 平成 28 年度決算見込み, 平成 29 年度予算(案)の確認(大隅業務執行理事より説明)
- (3) 平成 28 年度事業報告(案), 平成 29 年度事業計画(案)の確認(小池業務執行理事より説明)
- (4) 出版編集関係 (増田理事 (編集委員) より説明)
 - ・マイクロメカトロニクス 2016 年 12 月号 (Vol.60, No.215) 発行の連絡
 - ・マイクロメカトロニクス 2017 年 6 月号 (Vol.61, No.216) への投稿依頼について.
- (5) 秋季研究会報告 (寺嶋運営委員 (秋季研究会幹事) より報告)
- (6) 平成 29 年度研究会・見学会幹事 (案) について (大谷理事 (事業委員) より説明)

平成 29 年度 研究会および見学会の幹事	
春季研究会(4月頃)	リズム時計工業(株)
秋季研究会(11 月頃)	セイコーエプソン(株)
見学会(6月頃)	セイコーインスツル(株)

- (7) 平成29年度見学会の提案(重城運営委員(見学会幹事)より説明)
- (8) **定時社員総会議案の確認**(小池業務執行理事説明)

1号議案 平成28年度収支決算及び事業報告

2号議案 平成29年度予算及び事業計画

3号議案 理事・監事の選任

- (9) 新入会員の承認
- (10) 次回理事会
 - ・平成 29 年度第1回理事会開催日:2017年2月24日(金)15:00~16:00 定時社員総会前中央大学理工学部 後楽園キャンパス
- (11) 平成29年度 理事・監事及び運営委員の候補について
- (12) 平成29年度 日本時計学会組織図(案)について
- 5. 報告事項
- (1) 会員数状況 (2016年12月22日承認後)
 - ・正会員 165 名 (+3) , 学生会員 4 名 (±0) , 賛助会員 18 社(±0) (85 口)
- (2) その他(事務局からの報告事項他)

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 29 年 (2017 年) 2 月度 理事会議事録 - 2017 年度 第 1 回理事会 -

(記録:小池 邦夫 2017年2月24日)

- 1. 開催日時: 平成 29 年 (2017 年) 2月 24 日 (金) 16:00-17:00
- 2. 場所:中央大学理工学部 後楽園キャンパス 新 2 号館 2735 号室
- 3. 出席者:

 <理事> 中島,大隅,今村,梅田,大谷,木原,佐々木,竹中,増田,吉澤,小池(以上11名)

 <監事> 佐藤,吉村(以上2名)
 理事総数14名の過半数につき理事会成立

 <運営委員> 小水内,重城,寺嶋,常葉,藤田,古川,横山(以上7名)

4. 審議事項

- (1) 平成 28年(2016年)12月度理事会議事録確認
- (2) 定時社員総会議案についての確認(大隅業務執行理事、小池業務執行理事より説明)
 - 1号議案 平成28年度収支決算及び事業報告
 - 2号議案 平成29年度予算及び事業計画
 - 3 号議案 理事・監事の選任
- (3) 出版編集関係 (寺嶋運営委員 (編集委員) より説明)

・マイクロメカトロニクス 2017 年 6 月号 (Vol.61, No.216) の入稿状況等について

(4) 新入会員の承認

(5) 次回理事会

・2017年2月24日(金) 定時社員総会終了後 中央大学理工学部 後楽園キャンパス

5. 報告事項

- (1) **会員数状況** (2017年2月24日承認後)
 - ・正会員 165 名(±0), 学生会員 4 名(±0), 賛助会員 17 社(-1)(84 口(-1))
- (2) その他(事務局からの報告事項他)

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 29 年 (2017年) 度 定時社員総会議事録

(記録:小池 邦夫 2017年2月24日)

- 1. 開催日時: 平成 29 年 (2017年) 2月 24 日 (金) 17:00-18:00
- 2. 場所:中央大学理工学部 後楽園キャンパス 新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社員総会は成立 議決権ある社員総数 165 名、総社員の議決権の数 165 個、出席社員数 107 名 (委任状 87 名を含む)、 この議決権の総数 107 個、

<出席理事> 中島(議長),大隅,今村,梅田,大谷,木原,佐々木,竹中,増田,吉澤,小池(議事録作成)

<出席監事> 佐藤, 吉村

4. 議題:

(1) 1 号議案: 平成 28 年度収支決算及び事業報告

- 1)「平成28年度決算報告書」について、経理担当 大隅業務執行理事より説明報告があり、また、監事より適正であることの監査報告があり、異議なく承認された.
- 2)「平成28年度事業報告」について、総務担当 小池業務執行理事より説明報告があり、異議なく承認された.

(2) 2号議案:平成29年度予算及び事業計画

1)「平成 29 年度収支予算書」について,経理担当 大隅業務執行理事より説明があり,異議なく承認された.

2)「平成29年度事業計画」について、総務担当 小池業務執行理事より説明があり、異議なく承認された。

(3) 3号議案:理事および監事の選任

1) 理事13名並びに監事1名について,定時社員総会の終結と同時に任期満了し,退任することになる ため改選の必要があり,議長より理事13名(重任12名,新任1名)並びに新任監事1名が提案さ れた.一同異議なく,承認された.

新任理事:滝澤 勝由 氏(セイコーインスツル株式会社)

新任監事:山本 尚 氏 (一般社団法人 日本時計協会)

2016年度で退任する理事並びに監事

退任理事(任期満了): 竹中 雅人 氏(盛岡セイコー工業株式会社)

退任監事(任期満了):佐藤 孝雄 氏(一般社団法人 日本時計協会)

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 29 年 (2017 年) 2 月度 理事会議事録 - 2017 年度 第 2 回理事会 -

(記録:小池 邦夫 2017年2月24日)

- 1. **開催日時**: 平成 29 年 (2017 年) 2月 24 日 (金) 18:00-19:10
- 2. 場所:中央大学理工学部 後楽園キャンパス 新2号館 2735号室
- 3. 出席者:

< 理事 > 中島,大隅,今村,梅田,大谷,木原,佐々木,滝澤,増田,吉澤,小池(以上11名) <監事 > 山本,吉村(以上2名) 理事総数14名の過半数につき理事会成立 <運営委員 > 小水内,重城,寺嶋,常葉,藤田,古川,横山(以上7名)

4. 審議事項

- (1) 定時社員総会議案についての確認
 - ・定時社員総会で各議案が提案通りに承認されたことを確認した.
- (2) 2017 年度の体制について (小池業務執行理事より説明)
 - a) 2017 年度の業務執行体制について協議した結果,下記の体制で運営することを決定した.
 - 代表理事:大隅 久
 - · 業務執行理事(代表理事補佐·経理担当): 木原 啓之

- 業務執行理事(総務担当):小池 邦夫
- b) 2017 年度の組織体制について協議した結果,下記の体制で運営することを決定した.
 - 広報委員会:委員長 重城委員
 - · 編集委員会:委員長 寺嶋委員
 - · 事業委員会:委員長 梅田理事
 - 青木賞委員会:委員長 大谷理事
 - · 企画委員会:委員長 吉澤理事
- (3) 春季研究会計画 (藤田運営委員 (春季研究会幹事) より説明)
- (4) 2017 年度理事会の日程について
- (5) **平成 29 年度見学会の提案(**重城運営委員(見学会幹事)より説明)
- (6) 青木賞受賞論文を時計学会ホームページで閲覧可能とする提案(吉澤理事より説明)
- (7) J-STAGE 利用説明会の報告 (小池業務執行理事より説明)
- (8) 学会事務所移転検討について (小池業務執行理事より説明)
 - ・現在の学会の事務所である朝日九段マンション 902 号室を間借りしている精密工学会より、マンション解約の連絡があり、これを受けて時計学会事務所の移転についての報告と提案がされた.
- (9) 次回理事会
 - ・2017年4月21日(金) 15:00~16:00 中央大学理工学部 後楽園キャンパス

5. 報告事項

(1) その他(事務局からの報告事項他)

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込みまたはお問い合わせください。

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 精密機械工学科 土肥 徹次 Tel: 03-3817-1824 Fax: 03-3817-1820 E-mail: dohi@mech.chuo-u.ac.jp

お詫びと訂正

本学会誌「マイクロメカトロニクス, Vol. 59, No. 213, 2015 年 12 月発行」の pp. 1-8 に掲載した論文「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」の題目に関し、表紙目次に「…脈波伝搬時間…」とすべきところ「…脈波伝播時間…」と誤って記載してしまいました。著者並びに会員の皆様に深くお詫びして訂正させていただきます。なお、学会誌 web 版の目次は訂正済みとなっております。

編集後記

2017年のWBCで日本は3位という結果に終わりました。

1次ラウンド、2次ラウンドを通して全勝というすばらしい結果だったので、前回大会の雪辱を果たせるかと期待していた身としてはとても残念です。

しかし、負けたとはいえ、準決勝、決勝の結果を見ると、日本の実力は優勝したアメリカと遜色ない 事がわかります。

昨今、野球以外でも日本人選手の世界での活躍が多く見られるようになりました。

2020年のオリンピックでも日本人選手の活躍を期待しております。

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

(藤田 大輔 記)