

代表理事挨拶

重城 幸一郎

2025 年度より、日本時計学会の代表理事を拝命いたしました。理事、運営委員、学会員の皆様とともに、本学会のさらなる発展に尽力してまいりますので、引き続きご支援とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

時計は、その名の通り「時を計る計測器」であり、機械式からクォーツ、電波時計へと技術の進化を遂げてきました。しかし、時計業界外の通信機器メーカーが、心拍や運動データ、位置情報などを計測できるスマートウォッチを市場に投入し、業界に大きな変革をもたらしています。これは、機械式時計からクォーツ時計への移行を引き起こした「クォーツショック」に続く、第二の波ともいえるものです。

このような変化に対し、時計業界各社は「時を計る計測器」としての精度や持続時間といった機能価値の向上に加え、「身を飾る装身具」としての感性価値を高めることで、新たな価値を創造しています。手加工による部品の磨き、エナメルなどの伝統工芸の採用、記念碑的な製品の復刻など、その取り組みは多岐にわたります。

フランス語で「時計」を意味する *montre* と「見せる」を意味する *montrer* は、どちらもラテン語の *monstrare* (示す、見せる) に由来すると言われています。かつて時計が王侯貴族の所有物であった時代、美しい装飾や複雑な機構が施されていたように、時計は単なる計測器ではなく、持ち主の美意識やステータスを「見せる」存在でもありました。この語源のつながりからも、時計における感性価値の重要性をご理解いただけるのではないのでしょうか。

日本時計学会では、機構や回路、潤滑油など、時計を支える基盤技術の研究を行うとともに、それらを活用し製品として具現化する「製品化技術」にも注目してきました。一方で、感性価値は装飾やデザインなど技術と直接関係しない要素にも宿るため、学術的に扱いにくい分野とされてきました。しかしながら、製品化技術を機能価値実現の手段としてだけでなく、感性価値を含んだ製品価値の向上の手段と定義し、製品化技術をより輝かせることこそが、日本時計学会における重要な使命の一つであると考えます。

感性価値を重要視する潮流は時計業界にとどまらず、広く工業製品全般にも波及し始めており、時計業界が先駆けて取り組んでいる製品化技術見直しの動きは、製品価値向上への関心の高まりとともに、日本時計学会の役割をさらに重要なものとするはずです。

最後になりますが、日本時計学会は今後も、時計に関する幅広い分野において研究者や技術者の皆様が交流し、技術発展を促進する場として、積極的に活動を続けてまいります。引き続き、ご支援とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

研究論文

簡易月齢計算法の誤差要因解析と 精度向上のための補正方法

原口 大輔

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

(2025 年 3 月 23 日受付, 2025 年 5 月 20 日再受付, 2025 年 5 月 21 日採録)

Analysis of Error Factors in Simple Lunar Age Calculation Methods and Correction Methods to Improve Calculation Accuracy

Daisuke HARAGUCHI

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

(Received March 23, 2025, Revised May 20, 2025, Accepted May 21, 2025)

ABSTRACT

CITIZEN developed Cal.H874, an analog solar-powered radio-controlled movement with an automatic lunar age calculation function. We focused on the simple lunar age calculation method that can reduce the computational burden. To improve calculation accuracy, we identified the sources of calculation error and devised a correction method. As a result, we derived the lunar age calculation method with improved calculation accuracy that can be utilized under low-power operation conditions.

1. はじめに

古来より、月齢および月の満ち欠けは暦の観点で重要な役割を果たしてきた。地球上から観測すると月は概ね一定の周期で満ち欠けを繰り返すことから、新月を含む日から次の新月を含む日までを 1 か月とすることで太陰暦や太陰太陽暦といった暦が生まれ、農業や行事など社会の発展に貢献してきた。やがて人々に時刻を知らせるために教会に時計が設置されるようになると、一部の教会には月の満ち欠けをはじめとした天体の動きを再現した天文時計が作られるなど、時間計測と天体の動きは密接に結びついてきた。腕時計についても、月齢を表示するムーンフェイズ機能を搭載したモデルが数多く存在する。これは月を描いた円板が一定周期で回転し、その一部を窓から覗かせることにより、月齢に対応した月の満ち欠けを表現するというものである。2 つの満月を描いた円板と扇形の窓を使用するものが一般的である。(Fig. 1)

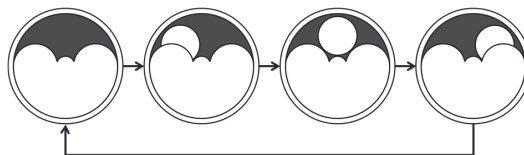


Fig. 1 Moon phase display of watches.

しかし、ムーンフェイズ機能を搭載した腕時計は広く一般に普及しているとは言い難い。その理由のひとつに、操作仕様や設定の複雑さが挙げられる。ムーンフェイズ表示部は一度設定すれば長期間にわたりその後の修正が不要であるものの、正しく使用するためには月齢に関する基礎知識や時計での設定方法を理解しなければならない。そのためムーンフェイズ機能を搭載した腕時計は、コンセプトやデザインに興味を抱いたとしても、購入し正しく使用するに至るユーザーがあまり多いとは言えない状況であった。

このような背景から、シチズン時計は 2023 年 7 月、月齢自動計算機能を搭載した世界初のアナログ式光発電電波時計ムーブメント、Cal.H874 を開発し発売した (Fig. 2)。このムーブメントは、電波受信およびパーペチュアルカレンダーによる正確な日付情報を基に、内部でその日の月齢を計算しムーンフェイズ表示部 (月齢表示部) を自動修正する機能を有する。これによりユーザーは、月齢表示部を含む時刻情報を自ら設定・修正することなくムーンフェイズ機能を使用することが可能となった。このムーブメントでは内部の月齢計算において、従来の計算方法に独自の補正を加え計算精度を高めている。本稿ではその計算方法に関して報告する。



Fig. 2 Cal.H874.

2. 月齢とムーンフェイズ機能

2. 1 月齢について

月齢とは、新月の時を 0.0 として、そこからの経過日数を日単位で表したものである。新月のことを朔と呼び、「月と太陽との視位置の黄経が等しくなること。また、その時刻」と定義されている¹⁾。月齢は一般に小数点第一位まで表され、月齢 0.1 は $24 \times 60 \div 10 = 144$ 分である。日数のため、単位には日が用いられる。

“今日の月齢”といった形である一日の月齢を記す場合、その地域のその日の正午における月齢 (正午月齢) を使用するのが少なくとも日本では一般的である。例えば日本では、2023 年 7 月 18 日 3 時 32 分に朔の瞬間を迎える。このとき 2023 年 7 月 20 日の月齢は、朔の時刻から 2023 年 7 月 20 日正午までにかかる時間が 3388 分であるため、 $3388 \div 144 \times 0.1 \approx 2.4$ となる。

さらに、日本 (UTC+9) で 2023 年 7 月 20 日の月齢を 2.4 としたときに、ブラジル (UTC-3) で同日の月齢について考えてみる。日本とブラジルの時差は 12 時間であり、日本の 2023 年 7 月 20 日正午の 12 時間後にブラジルが同日正午となる。一方、朔の瞬間は月・地球・太陽の位置関係によって決まり、地球上の時差とは無関係である。そのため、ブラジルの 2023 年 7 月 20 日の月齢は、日本の月齢 2.4 に 0.5 (12 時間) を加えた 2.9 となる。このように、正午月齢の考えに基づくと、日付に対する月齢は時差 (経度) の影響を受ける。

続いて、月齢と月相（月の満ち欠けの見え方）の関係性について説明する。月相である満月は望と呼ばれ、「月と太陽との視黄経の差が 180 度になること、またはその時刻」と定義されている¹⁾。惑星の公転は楕円軌道を描き、焦点の近くでは移動速度が上がり遠くでは移動速度が落ちる。このことから、月の楕円軌道と太陽・地球・月の位置関係により、望における月齢は一定ではなく変化する。また、地球の公転と月の楕円軌道の関係から、朔望月（朔から次の朔までの期間）も変化する。具体的には、満月となる月齢はおおよそ 13.9～15.6 日で平均約 14.8 日、朔望月は 29.3～29.8 日であり、平均朔望月は 29.530 589 日である。

2. 2 ムーンフェイズ機能について

腕時計のムーンフェイズ機能は月の満ち欠け、すなわち月相を表示しているように思われることもあるが、実際には月齢に合わせた動作となる。2 つの月を描いた円板（月齢板）が 59 日で 1 周し、その間に 2 朔望分の月を表示するという仕様が一般的である。すなわち、1 朔望月を $59 \div 2 = 29.5$ 日として扱う仕様である。月が完全に隠れる表示を新月として合わせ込んだ場合、14～15 日後に満月表示、29～30 日後に新月表示、44～45 日後に満月表示となる。

ムーンフェイズ機能（月齢表示）および日付表示機能がある腕時計を実際にユーザーが使用する場合の合わせ方は以下となる。まず、直前の新月の日を調べ（例えば 2023 年 7 月 18 日）、日付表示をそれに合わせたうえで月齢表示を新月の状態に設定する。その後、時刻の連続修正により（2023 年 7 月 20 日の場合は 48 時間分に加え現在時刻までの修正）日付に加えて月齢を連動させた修正を行う。

また月齢表示の精度について考えると、一般的なムーンフェイズ時計では 1 朔望月を 29.5 日として扱うが、実際の朔望月は 2.1 節で説明したように、平均 29.530 589 日となっている。このため、正確に実際の月齢に合わせたとしても、平均的には 29.530 589 日後に 0.030 589 日分、時計の月齢表示が進むこととなる。これは 1 日あたり 0.001 036 日進むことと等しく、約 966 日で月齢 1 日分の誤差が生じるといえる。高精度を謳うムーンフェイズ機能搭載時計では、1 日に 1 日分まとめて月齢板を動作させるのではなく、より細かく動かすことで上記の誤差を抑制している。例えば $0.030\ 589\ 日 = 44\ 分\ 2\ 秒\ 89$ であることから、月齢板半周を 29 日 12 時間 45 分で回転させる仕様が挙げられる。

3. 月齢計算方法

年月日から正確に月齢を計算するためには、複雑なシミュレーションに伴う膨大な計算が必要となる。一方、平均朔望月を利用した近似的な計算方法であれば、計算量を抑えた月齢算出が可能である。一般に知られる平均朔望月を利用した月齢計算方法として、以下の 2 つが挙げられる。

3. 1 基準日からの経過日数で算出する方法

2.1 節で説明したように、月齢は朔からの経過日数で算出される。さらに、朔望月は長期的に平均約 29.53 日であることから、ある日の月齢と 29.53 日後の月齢は概ね等しくなる。このことを利用して、式(1)により特定の暦日の月齢を算出できる。なお、 $A_M(0)$ および $A_M(d_e)$ はそれぞれ基準日および基準日からの経過日数 d_e における月齢を、%は剰余算を表す。

$$A_M(d_e) = (d_e \% 29.53 + A_M(0)) \% 29.53 \quad (1)$$

例えば、基準日を 2023 年 1 月 1 日とし、基準日の月齢を 8.7 日とする。このとき、2023 年 7 月 20 日は基準日からの経過日数が 200 日であることから、この日の月齢を $(200 \% 29.53 + 8.7) \% 29.53 \approx 2.0$ と算出することができる。実際には朔望月の変動があるため、この計算方法は基準日の設定に依るが、実際の月齢とは±1 日程度の誤差での計算となる。

この計算方法は式自体が単純な上に月齢計算精度も高いが、経過日数に対し小数点第二位まで使った剰余算という、桁数の大きな計算処理が必要となる。

3. 2 簡易月齢計算法

1968 年に天文月報で報告された堀による文献²⁾には、整数のみを使った月齢算出方法である簡易月齢計算法が記されている。剰余算を用いた計算式では式(2), (3)および Table 1 で表すことができる。例えば 2023 年 7 月 20 日の月齢 $A_M(Y, M, D)$ を求める場合、年、月、日をそれぞれ Y, M, D として、 $Y=2023$, $M=7$, $D=20$ として計算する。 C_{Month} は M から Table 1 より得られる数である。なお、堀の文献²⁾では $M=7$ の C_{Month} の値は 5 で紹介されているが、他の著者による文献^{3,4)}では 4 を採用されている場合もある。後述する計算原理からは 4 がふさわしいと考えられるため、本稿では 4 を採用する。

$$A_M(Y, M, D) = (C_{\text{Year}} \times 11 + C_{\text{Month}} + D) \% 30 \quad (2)$$

$$C_{\text{Year}} = (Y - 1968) \% 19 \quad (3)$$

Table 1 Correspondence table for month and C_{Month} .

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C_{Month}	0	2	0	2	2	4	4	6	7	8	9	10

以下、簡易月齢計算法の原理を説明する。初めに、月齢は経過日数によって増加していくため、暦日の日(D)に関しては直接数値として使用し、これを基準に計算式を作成する。さらに整数のみでの計算のため朔望月を 30 日とし、月齢は 0~29 の整数で出力する。そのため計算の最後には 30 での剰余算を行う。

メトン周期というものが古代より一般に知られており，19 太陽年（現在の暦での年）と 235 朔望月がおよそ等しくなる．例えば 2025 年 10 月 5 日（月齢 13.3）とその 19 年後である 2044 年 10 月 5 日（月齢 13.7）はほぼ同じ月齢となる．日本では 1 月 1 日が月齢およそ 1 日となる年が存在する（1968, 1987, 2006, 2025, ...）ことから，簡易月齢計算法ではこれらの年を基準としたときの経過年 C_{Year} を式(3)より求めている．

続いて，ある暦日の月齢が与えられているときに，1 年後の同じ暦日の月齢について考える．4 年に 1 度のうるう年を加味して 1 年の日数を 365.25 日，朔望月を 29.53 日とすると， $365.25 \div 29.53 = 12.39$ となる．すなわち，ある暦日の月齢に対し，翌年のその暦日の月齢はおよそ 12 を足した値となる．よって D を基準とした計算を行う上では，経過年に係数 12 をかけたものを D に足すこととなる．

さいごに，暦上の月（1 月，2 月，...）に対する調整を行う．ある年の 1 月 1 日の月齢が 1 であったならば，2 月 1 日は 31 日後であるため，月齢は $(1 + 31) \div 29.53 = 2.47$ と求まる．同様にして各月の 1 日の月齢を求め，それを整数の月齢に近似し，月毎に一定の値 C_{Month} を加えるという計算処理 $C_{\text{Month}} + D$ の形に合わせる場合の各 M に対応する C_{Month} を求めることができる．導出の過程を Table 2 に示す．

Table 2 Derivation process of C_{Month} .

Calendar day	Number of days elapsed since January 1	Result of calculating lunar age by the remainder operation	Lunar age (integer)	C_{Month}
January 1	0	1.00	1	0
February 1	31	2.47	3	2
March 1	59.25	1.19	1	0
April 1	90.25	2.66	3	2
May 1	120.25	3.13	3	2
June 1	151.25	4.60	5	4
July 1	181.25	5.07	5	4
August 1	212.25	6.54	7	6
September 1	243.25	8.01	8	7
October 1	273.25	8.48	9	8
November 1	304.25	9.95	10	9
December 1	334.25	10.42	11	10

以上より、 D を基準に C_{Month} および C_{Year} の 2 つの数を加え、最終的に 0～29 の整数を出力するために 30 での剰余算を行うことにより、式(2)を導出することができる。式(3)の 1968 という数字は 19 の倍数を加減算した任意の整数でも同様の結果となるため、2006 や 2025 などを使用してもよい。堀の文献²⁾では、この計算式の精度について「誤差は±1 日で 2 日とずれることはめったにない」との記載があるほか、山田による著書⁴⁾にも「誤差±1～2 ていどで求められる」との記載がある。

式(1)に対し式(2)は発生誤差がやや大きいものの、整数値のみでの計算処理となるため計算負荷が低い。アナログ時計を光発電のみで駆動するためには IC の低消費電力動作が求められ、時計の持続時間や処理速度の観点からも、内部での計算処理負荷は小さいことが望ましい。そこで今回、光発電エコ・ドライブ電波時計の内部での月齢計算として活用するべく、この簡易月齢計算法をベースに誤差を抑制するための方法を検討した。

4. 誤差発生要因と補正方法

4. 1 周期性を持つ誤差

簡易月齢計算法による月齢算出結果と実際の月齢にどの程度の誤差が発生するか、日本 (UTC+9) における 2023 年 7 月～2099 年 12 月の満月を含む日を対象に調査を行った (Fig. 3)。なお、本書では実際の月齢の数値として、こよみのページ⁵⁾のものを使用している。Fig. 3 には単日の誤差値、および前後 6 回分を含む 13 回移動平均の線を示している。移動平均線から、発生誤差が約 19 年の周期性を持っていることが確認できる。この誤差の発生要因について、以下に考察する。

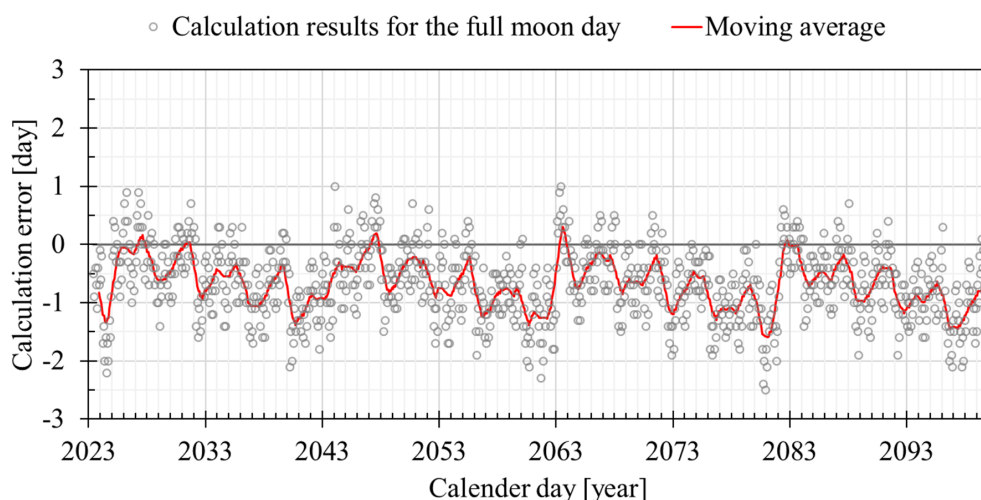


Fig. 3 Errors in simple lunar age calculation methods.

ここでは「月齢カウント」という数を用いて説明を行う。月齢カウントは簡易月齢計算式において、1日経過の際にどの程度月齢計算結果が増加するかを表す。計算結果は0～29の整数値で月齢を表すことから、月齢カウント30が1朔望月に対応する。簡易月齢計算法における月齢であるため、単位としては日を用いることができる。

簡易月齢計算法では C_{Month} により、奇数月から偶数月への日跨ぎの際に月齢カウントを+2、それ以外では毎日月齢カウントを+1ずつ加算していくこととなる。例として簡易月齢計算法による計算結果は、2025年3月31日が月齢1、2025年4月1日は月齢3となり、この日跨ぎでの月齢カウントは+2である。また、うるう年の2月29日から3月1日への日跨ぎでは月齢算出結果は変わらず、月齢カウントは+0である。以上より、うるう年か否かに依らず、簡易月齢計算法の1年間の合計月齢カウントは371となる。

また、12月31日から翌年1月1日への日跨ぎでの月齢カウントは通常+1だが、 $C_{\text{Year}} = 18$ となる年の12月31日から $C_{\text{Year}} = 0$ となる年の1月1日への日跨ぎでは月齢カウントは+2となる。例として簡易月齢計算法による計算結果では、 $C_{\text{Year}} = 17$ の2023年12月31日が月齢18、 $C_{\text{Year}} = 18$ の2024年1月1日が月齢19となるため、月齢カウントは+1である。一方 $C_{\text{Year}} = 18$ の2024年12月31日が月齢29、 $C_{\text{Year}} = 0$ の2025年1月1日が月齢1となることから月齢カウントは+2であり、ほかの年のこの暦日での日跨ぎよりも月齢カウントが+1多くなることが分かる。このことから、メトン周期である19年間の合計月齢カウントは、 $371 \times 19 + 1 = 7050$ となる。

続いて、平均朔望月（29.530 589日）に従う場合の理想的な月齢カウントの値について考える。29.530 589日後に月齢カウントを30にするための1日の月齢カウントは、 $30 \div 29.530\,589 = 1.015\,896$ である。この場合は簡易月齢計算法と違い、特定の条件下での日跨ぎにおける例外的な処理は不要である。うるう年を考慮した1年間の理想的な月齢カウントは $1.015\,896 \times 365.25 = 371.055\,924$ 、19年間の理想的な月齢カウントは $371.055\,924 \times 19 = 7\,050.062\,564$ となる。

これらをまとめたものが Table 3 である。平均朔望月に対して簡易月齢計算法では1年あたり0.056ずつ月齢カウントの遅れが生じ蓄積していくが、19年毎の C_{Year} が0にリセットされるタイミングの日跨ぎで蓄積した誤差が0.063まで解消されるということになる。

Table 3 Difference between the results of simple lunar age calculation methods and average of synodic month.

(Unit: Lunar age counts)	Simple methods of lunar age calculation	Average of synodic month	Difference
1 day	(0 - 2)	1.016	
1 year	371	371.056	-0.056
19 years	7050	7050.063	-0.063

簡易月齢計算法での算出結果と実際の月齢との誤差に関して、 C_{Year} 毎に平均値を算出したものを Fig. 4 に示す。対象は Fig. 3 と同様、2023 年 7 月～2099 年 12 月の満月を含む日である。直線近似による傾き、すなわち 1 年あたりの誤差は-0.0573 という値が得られ、表に示した 1 年あたりの月齢カウントの差と近い値が得られている。また、年 (Y) 毎の平均誤差量と、それらの 19 年移動平均 (該当データと前後 9 年分データ) を算出したものを Fig. 5 に示す。こちらでは移動平均線の直線近似の傾き、すなわち 1 年あたりの誤差変化量は-0.0032 という値が得られている。Table 3 の 19 年分での差は 1 年あたりにすると-0.0033 という値となるため、こちらについても計算どおりの結果が得られている

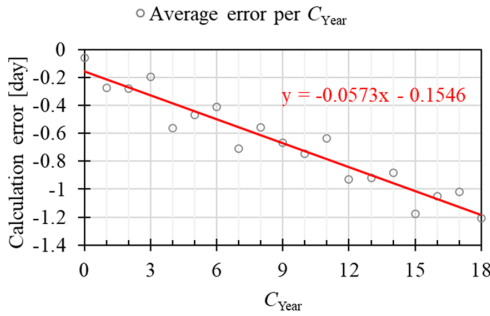


Fig. 4 Error average for C_{Year} .

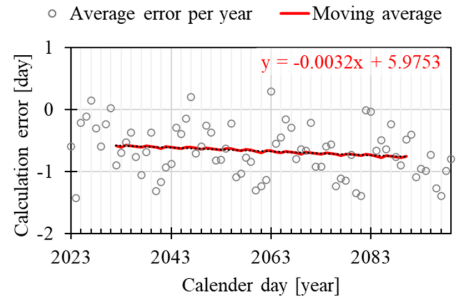


Fig. 5 Long-term amount of variation in error of simple lunar age calculation methods.

以上より、簡易月齢計算法で周期的に発生する誤差の特徴として以下の 2 点が挙げられる。

- ① 19 年周期の中で、1 年あたり平均 0.056 日ずつの遅れが生じる
- ② 19 年周期がリセットされる際、①の誤差は 19 年あたり 0.063 日の遅れまで解消される

計算誤差を低減させるためには、②を考慮した上で①を抑制する必要がある。この解決策のひとつとして、19 年周期の後半に月齢計算結果へプラス方向の補正をかけることが考えられる。この方法であれば 19 年周期の開始から数年経ち、遅れ方向の誤差が大きくなったタイミングで補正をかける、つまり①を解決しつつ、19 年周期がリセットされるタイミングでは補正を解除する、すなわち②も活かすことができる。

では、この“19 年周期の中の後半”をどのタイミングとするかについて考える。簡易月齢計算法の「整数のみを用いた計算」というメリットをそのまま活かすために補正幅を整数値である+1 とすると、19 年周期の中で遅れが生じる中で誤差量が-0.5 を下回るタイミングで+1 の補正を行うのが最も適している。Table 3 より 1 年あたりの誤差変動量を-0.056, Fig. 4 より 19 年周期開始時の誤差量 (切片) が-0.155 であるとする、 $(0.5 - 0.155) \div 0.056 = 6.16$ となることから、19 年周期の開始から 7 年経過以降に+1 の補正をするのが最も発生誤差を抑えることができると考えられる。これを計算式にしたものが式(4)である。 C_{Year} が 7 以上のときに+1, そうでなければ 0 を式(2)に加える。なお、今回のこの値は日本の 2023 年 7 月～2099 年 12 月の期間に適した値であり、そ

れよりも過去もしくは未来の暦日の月齢を計算する場合には、この処理によりかえって誤差が大きくなる可能性がある。

$$C_{\text{Cycle}} = \begin{cases} 0 : C_{\text{Year}} < 7 \\ 1 : C_{\text{Year}} \geq 7 \end{cases} \quad (4)$$

係数 C_{Cycle} を導入した月齢算出結果と実際の月齢との誤差、および C_{Cycle} による補正前後の誤差 13 回移動平均線を Fig. 6 に示す。19 年周期後半の遅れ誤差が大きくなるタイミングで+1 日の補正が入り、発生する誤差（特に-1~-2 日の誤差）を低減し、多くのタイミングで±1 日以内の発生誤差に抑えることができていていることが確認できる。このことから、 C_{Cycle} による補正は簡易月齢計算法の精度向上に対し有効であるといえる。

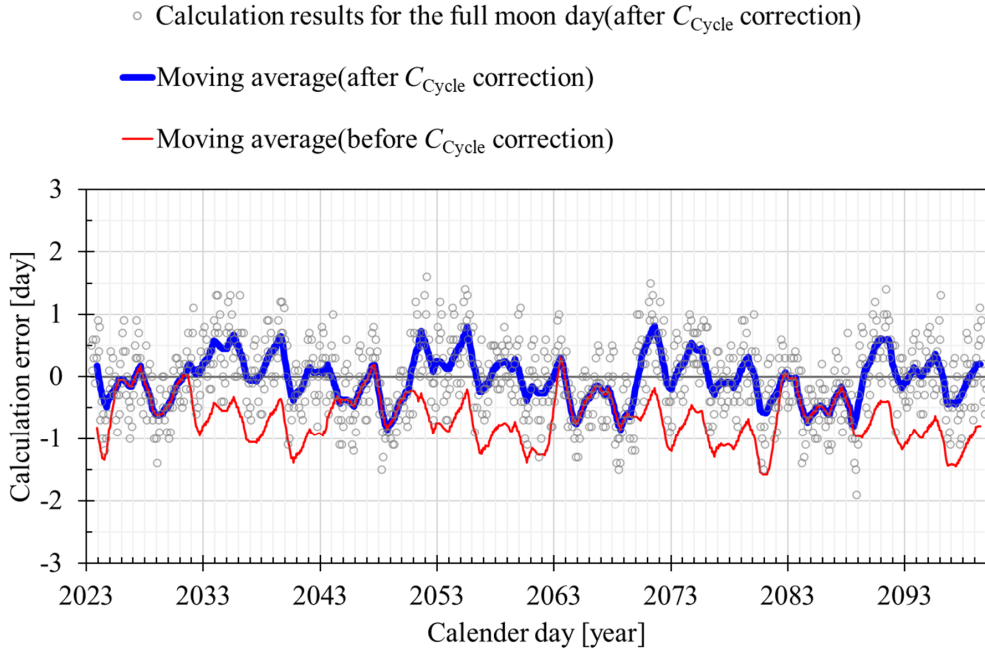


Fig. 6 Correction result by C_{Cycle} .

4. 2 ユーザーの時差帯により発生する誤差

2.1 節で説明したように、ある暦日の月齢を正午月齢として考える場合、観測者の時差帯すなわち地球上の経度によって月齢は変わる。時差 1 時間（経度 15 度）あたりの月齢変動量は $1 \div 360 \times 15 = 0.0417$ [日] であり、時差がマイナス側すなわち西側にいくほど月齢が大きくなる。簡易月齢計算法は日本において 19 年毎に 1 月 1 日の月齢が約 1 日となることを利用したものであり、ほかの時差帯においてこの計算を使用する場合、日本との時差による月齢変動量が系統誤差として発生することとなる。

例として、 C_{Cycle} による補正をかけた簡易月齢計算法を用いて 2023 年 7 月～2042 年 6 月の 19 年間の月齢を計算し、UTC+9（日本）および UTC-10（ハワイ）における実際の月齢との差をグラフ化したものを Fig. 7 に示す。UTC+9 ではほとんどが誤差 ± 1 日の範囲に収まっているのに対し、UTC-10 では -1 日以上遅れ誤差が発生する割合が高く、計算精度が低いことがわかる。対象の誤差の平均値は、UTC+9 が +0.043 日に対して UTC-10 では -0.741 日となり、この差は 0.784 日である。時差 1 時間あたりの月齢変動量を 0.0417 日とするならば 19 時間の時差の月齢変動量は $0.0417 \times 19 = 0.7923$ 日であり、値は概ね一致している。

このように、すべての時差帯で同じ月齢計算式を使用すると、計算式の基準地点（今回の場合は日本）より西側の地域になるほど、実際の月齢に対して遅れ誤差が大きくなる。地点に依らず計算精度を高めることを目的に、計算を行う時差帯に応じた補正 C_{Zone} を導入することとした。

この補正に関しても C_{Cycle} のときと同様に、整数値のみで計算できることが望ましい。そのためある時差帯よりも UTC 基準でマイナス側（西側）のときに +1 日の補正をすることとする。

はじめに、月齢の計算誤差が最小となる設定について考える。UTC+9 の地域において、 C_{Cycle} を導入した計算式の月齢計算結果と実際の月齢との差の平均値は、2023 年 7 月～2042 年 6 月の 19 年間では +0.043 日、2023 年 7 月～2099 年 12 月の期間では -0.040 日となった。これは 4.1 節で分析したように、誤差が長期的にはマイナス方向にシフトしていくことが原因であると考えられる。UTC+9 の地域での誤差発生量を 0 とすると、+1 補正をするのは時差による誤差が -0.5 日を超えた際が適切であるため、時差でいうとちょうど 12 時間、UTC-3 が補正の境界として考えられる。

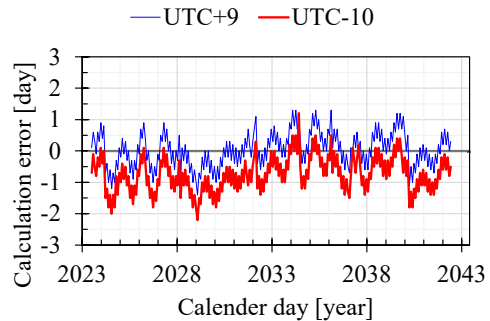


Fig. 7 Variation of error amount by time zone.

一方で、計算結果の解釈のし易さについても考えてみる。小数第一位までの月齢で考える場合、満月の月齢は 2.1 節で説明したように平均 14.8 日である。一方、今回の計算式では月齢を 0～29 の整数で表示する性質上、満月の日に月齢計算結果が 15 となると計算利用者には分かりやすい。この計算式を腕時計のムーンフェイズ機能で使用する際も、計算結果が 0 のときに新月表示とするならば、完全な満月表示となるのは計算結果が 15 となる場合である。このように、満月の日に月齢計算結果を 15 に合わせることを意識した場合の最適な境界値を算出すると、 $\{(15 - 14.8) - 0.5\} \div 0.0417 \approx -7$ となり、UTC+9 に対し時差を-7、すなわち UTC+2 が境界となる。

以上からまとめると、月齢の計算誤差を最小限に使用とする場合は UTC-3、計算結果の解釈やムーンフェイズ機能の動作として考えた場合は UTC+2 が、補正 C_{Zone} の境界として考えられる。今回はこの折衷案として、式(5)に示すように UTC-1 と UTC±0 の間に時差補正のしきい値を設けることとした。

$$C_{\text{Zone}} = \begin{cases} 0 : \text{Time zone} = \text{UTC} \pm 0 - \text{UTC} + 12 \\ 1 : \text{Time zone} = \text{UTC} - 1 - \text{UTC} - 11 \end{cases} \quad (5)$$

UTC+9 (日本)、UTC+8 (中国)、UTC+1 (ドイツ)、UTC-5 (アメリカ東部)、UTC-8 (アメリカ西部) の 5 つの時差帯での、 C_{Zone} による補正前後での計算結果と実際の月齢との差がとる割合を Table 4 に示す。対象期間は 2023 年 7 月～2042 年 6 月の満月日である。これらの地点は、現在のシチズン時計のグローバル電波時計が受信可能な基地局がある場所として代表して選出している。なお、 C_{Zone} による補正前・補正後ともに 4.1 節で説明した補正 C_{Year} を計算に適用している。

Table 4 Percentage of error in the calculated lunar age on full moon days
before and after C_{Zone} correction [%]. (July, 2023 - June 2042)

Error	UTC-8		UTC-5		UTC+1		UTC+8	UTC+9
	Before	After	Before	After	Before	(After)		
Progress of more than 2 days	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(1.6)	0.0	0.0
Progress of more than 1 day but less than 2 days	0.0	15.7	0.0	20.6	1.6	(31.5)	4.4	4.4
Less than 1 day	67.7	83.9	76.2	79.0	86.3	(66.9)	90.7	91.5
Delay of more than 1 day but less than 2 days	31.9	0.4	23.4	0.4	12.1	(0.0)	4.8	4.0
Delay of more than 2 days	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	(0.0)	0.0	0.0

UTC+8 および UTC+9 の 2 地点は C_{Zone} による補正の対象外であり、 C_{Year} による補正の効果により誤差 1 日未満の割合が 90%以上となっている。UTC-8 および UTC-5 の 2 地点は時差補正の対象範囲であり、補正前に比べて補正後は誤差 1 日未満となる割合が増加していることが確認できる。UTC+1 については前述の誤差低減のしきい値 UTC-3 よりもプラス（東）側の時差帯であり、補正を加えると誤差 1 日未満の割合がかえって低下してしまう。計算誤差低減の観点からは、UTC+1 では補正をかけない方が良いことが確認できる。

続いて、同地域・同期間・同条件における満月を含む日の計算結果の割合について Table 5 に示す。2.1 節で述べたように満月の日の月齢は変動するが、結果を簡潔に解釈する上では計算結果は 15 となるのが望ましい。時差補正の対象外である UTC+8 および UTC+9 では最頻値は 15 となっており、時差補正を適用する UTC-8 及び UTC-5 では補正をかけることにより最頻値を 15 とすることができている。UTC+1 については、この視点でのしきい値 UTC+2 よりもマイナス（西）にあり、補正をかけるほうが最頻値 15 を目指す上では望ましいことが分かる。

Table 5 Percentage of calculated lunar age on full moon days before and after C_{Zone} correction [%].
(July, 2023 - June 2042).

Calculation Results	UTC-8		UTC-5		UTC+1		UTC+8	UTC+9
	Before	After	Before	After	Before	(After)		
17	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	(4.0)	0.0	0.0
16	0.0	26.2	0.4	31.0	4.0	(44.4)	10.5	11.3
15	26.2	60.5	31.0	59.3	44.4	(47.2)	57.3	58.1
14	60.5	13.3	59.3	9.3	47.2	(4.4)	31.9	30.2
13	13.3	0.0	9.3	0.0	4.4	(0.0)	0.4	0.4

シチズン時計のグローバル電波時計は、ユーザーが自身のタイムゾーンを設定し、表示時刻を変更するワールドタイム機能を搭載している。これを利用し、設定されたタイムゾーンを参照することにより C_{Zone} の補正有無を切り替えることができる。

5. まとめ

整数のみで計算でき、かつ従来の簡易月齢計算法よりも精度を高めるための 2 つの補正を取り入れた最終的な月齢計算式が式(6)となる。周期的に発生する誤差を C_{Year} 、利用者のタイムゾーンが異なる場合に生じる誤差を C_{Zone} により抑制することができる。

$$A_M(Y, M, D) = (C_{Year} \times 11 + C_{Month} + D + C_{Cycle} + C_{Zone}) \% 30 \quad (6)$$

この月齢計算式の導出に伴い、シチズンは世界初の月齢自動計算機能を搭載したアナログ式光発電電波ムーブメントである Cal.H874 を開発した。腕時計で高負荷の月齢計算機能を使用するために計算処理能力が高く消費電力も高い IC を搭載すると、腕時計の充電持続時間の低下もしくは容量の大きい電池を採用することによる製品サイズ増大を招く。計算負荷を抑えつつ精度も高い月齢計算方法により、腕時計としての実用的なサイズやスペックを維持したまま、電波受信により時刻およびムーンフェイズ表示部の自動制御が可能となった。結果として、ユーザーが月齢に関する知識を持たずとも簡単に扱えるという、新たな魅力を持つアナログムーンフェイズ機能付き腕時計が実現した。

参考文献

- 1) 松村明：スーパー大辞林 3.0, 三省堂 (2008)
- 2) 堀源一郎：おに・おに・にしー簡易月齢計算法, 天文月報, Vol. 61, No. 10, pp. 174-176 (1968).
- 3) 山田卓：秋の星座博物館, 地人書館 (1975)
- 4) 森本宏志：月齢簡易暗算法の漸進的改良と科学入門としての天文学, 第 33 回天文教育研究会 (2019)
- 5) こよみのページ HP：月齢カレンダー, <https://koyomi8.com/>

技術論文

時計新モデル試作レスに向けた技術開発

小澤 優一

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

（2024 年 10 月 15 日受付，2024 年 12 月 16 日再受付，2025 年 4 月 25 日採録）

Technological Development to Eliminate the Need for Prototypes for New Watch Models

Yuichi OZAWA

Seiko Epson Corporation (Shiojiri Office), 390 Shiojiri-cho, Shiojiri-shi, Nagano Prefecture 399-0796, Japan

(Received October 15, 2024, Revised December 16, 2024, Accepted April 25, 2025)

ABSTRACT

Epson has set high goals from the past to the present and has been actively engaged in environmental activities. The current "Environmental Vision 2050" shows Epson's "responsibility as a manufacturing company" regardless of whether it can be realized or not. In the watch business, we are also working to reduce the use of underground resources by 2050 and to make effective use of resources. In the design and development process, many actual dummies are produced, and many of them are discarded without being adopted. For this reason, we are working on improvements to reduce and eliminate actual prototypes by utilizing AR/VR technology, clarifying the need for actual prototypes at each phase, and replacing various requests with AR or VR applications.

1. はじめに

当社は、豊かな自然や文化に恵まれた信州で誕生し、「省・小・精」の技術で、人々の暮らしを豊かにしたいという想い、そして、自然の豊かさを守り、未来へつないでいきたいという強い想いで、これまで世界に先駆けてフロンを撤廃するなど、つねに社会課題に目を向け、誠実に取り組んできた。

時計事業においても、限りある資源を未来へつないでゆくための一つの取組みとして、Fig. 1 のように 2050 年「地下資源消費ゼロ」に向けて取り組んでいる。

今回の報告では、時計を生産するうえで高い関連性をもつ地下資源の使用量削減活動の一つ、「デザイン開発時の実機試作「0」」を目指す AR 技術を用いたデザインサンプルシステムの開発について報告する。

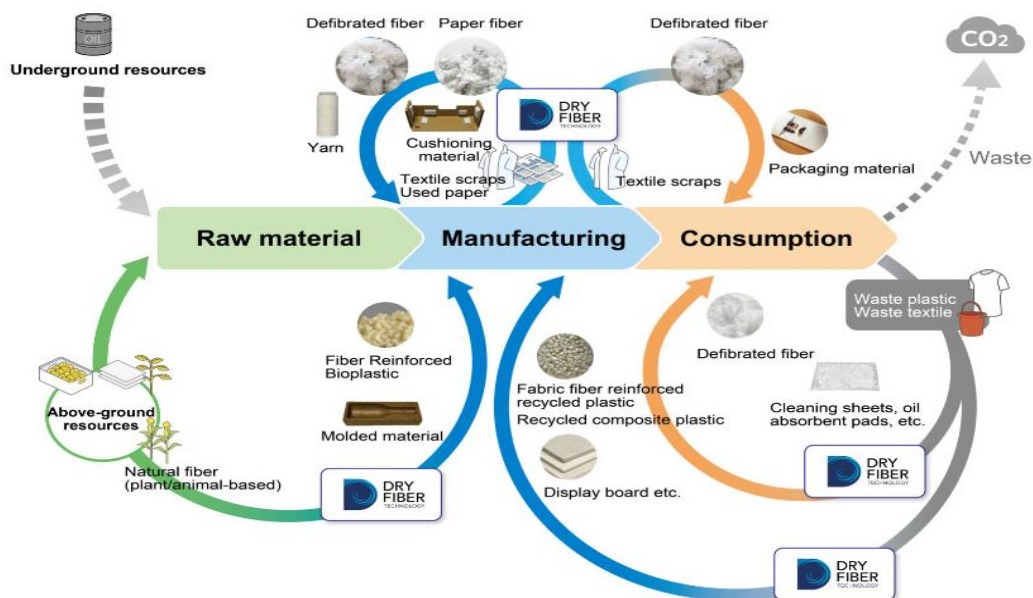


Fig. 1 Image of resource utilization toward zero underground resource consumption.

2. 従来の研究

デザイン開発の流れと、デザイン決定の具体的なポイントは、以下の通りである。

2. 1 アイデアスケッチ

アイデアスケッチとは、デザイナーが頭の中にあるアイデアを Fig. 2 の様に全体の雰囲気が分かるように、また他者に説明し易くするために自分のアイデアを紙にまとめたものである。



Fig. 2 Idea sketch example.

2. 2 アイデアスケッチ検証（必要に応じ 3D CG 作成）

アイデアスケッチに対し、複数人でレビューを実施し、アイデアの精度向上を図るためのものである。

2. 3 アイデアのレンダリングと試作

- ・レンダリングとはレビュー結果から Fig. 3 の様に、アイデアスケッチを拡張した複数パタ



Fig. 3 Rendering example.

ーの製品デザインをイメージ画像として生成し、具現化するためのものである。

- ・レンダリングから製品候補のデザインを選定し、実機デザインサンプルの試作を行う。

2. 4 確認ポイントに基づく評価, 採用デザイン決定

以下の2つのポイントから、デザインを決定し、商品化している。

2. 4. 1 確認ポイント「物性」

ここでの「物性」とは、一般的な物質の物理的性質（機械的性質、熱的性質、電気的性質、磁氣的性質、光学的性質）ではなく、デザイン開発時にデザイナーが気に掛ける特性、要素を指している。代表的な項目として、着用時の雰囲気イメージするための「サイズ感」や「重量感」「装着感（腕馴染み）」などがある。

機種仕様、イメージによって Fig. 4 の様にダイビングシーンなど、特殊な使用例を想定する必要もある。さらに使用時の「操作感」や「視認性」なども、開発時の重要な要素である。



Fig. 4 Examples of use in special environments.

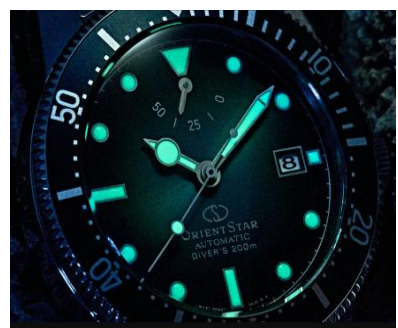


Fig. 5 Illumination state image.

時に、トータルデザインの観点から Fig. 5 の様な蓄光材の発光具合、残光時間の検証が必要になる場合もある。

評価基準については、明確に数値で表すことが困難であるため、実際にデザイナーに比較確認してもらい、4段階で有効度を評価、判断する。

2. 4. 2 確認ポイント「質感 (※CMF)」

※Color・Material・Finish の略

質感としては、大きく分けて完成時の雰囲気（文字板針のカラーリング組合せ、仕上がり具合）と加工性の2つがある。

Fig. 6 下の様に、鏡面仕上げとヘアライン仕上げの組み合わせや Fig. 6 上の様に、同じシルバー色でもグレーに近いシルバーと、白に近いシルバーをどこまでの濃さで組み合わせるか、各パーツとの見栄えも含め文字盤上で色の濃さを変更しながら組み合わせ検証を行う必要がある。

また、Fig. 6 上の様に複雑な多層形状の場合、加工に課題がないかなど加工性検証も必要になる。



Fig. 6 Texture and finish image.

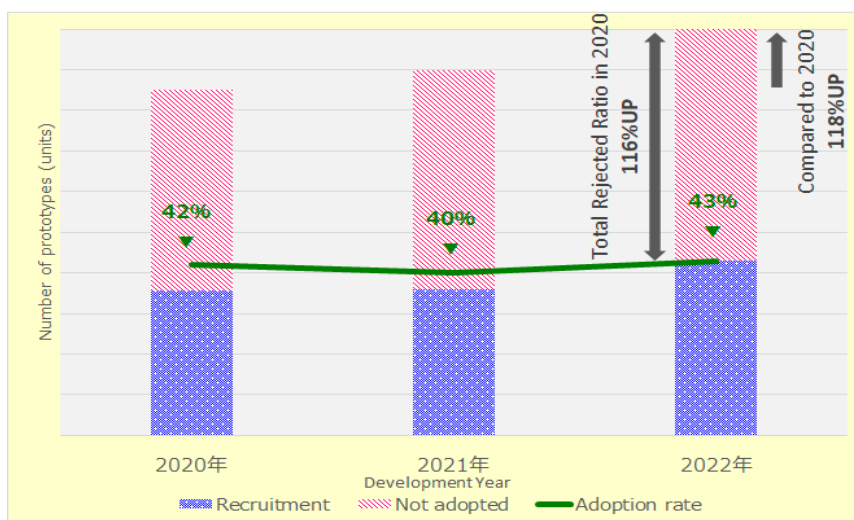


Fig. 7 Number of prototypes produced during new model development and adoption rate.

3. 実機デザインサンプル代替方法の検討

3. 1 デザインサンプル作製の問題点

各確認ポイントの実際のイメージ確認のために、ほとんどの案について実機試作の作製を行っている。また、昨今の価値観多様性の時代、時計選びも転換期を迎え市場の要求に応えるために、レンダリングの数も増え、Fig. 7のように試作製作数も増加傾向にある。

試作からのデザイン採用率を見ると採用率は 40%程度に留まり、60%は不採用、廃棄となり資源を効率よく活用できていない状況が浮き彫りとなった。

3. 2 デザインサンプル代替方法の検討

実機試作以外で確認ポイントを見ることができないか、ハードとソフトの両面から検討を行い、3つの代替え方法の案が出された。

3. 2. 1 3Dプリンタ試作方法

3Dプリンタでの基本的な加工の流れは、どのメーカーの装置を使用しても Fig. 8の通り、「3Dデータの作成」「3Dプリンタ専用コードへのデータ変化」「サポート部分の計算追加」「データ送信」「加工」「サポート部分の除去」から成り立っており、大きな違いはない。

3. 2. 1 a) メリット

3Dプリンタでの試作作製のメリットには、以下の4つが挙げられる。

- ・これまでの試作作製より、大幅に時間短縮が行える。
- ・時計用の材料に比べ、サポート材、ラフ材は安価であるため、開発コストの削減が行える。
- ・現行試作に比べ、簡単に実体化し易いため、アイデアの実現性が高くなる。
- ・一般的な材料であり、一週間以内に確保が可能であるため、在庫管理が不要である。

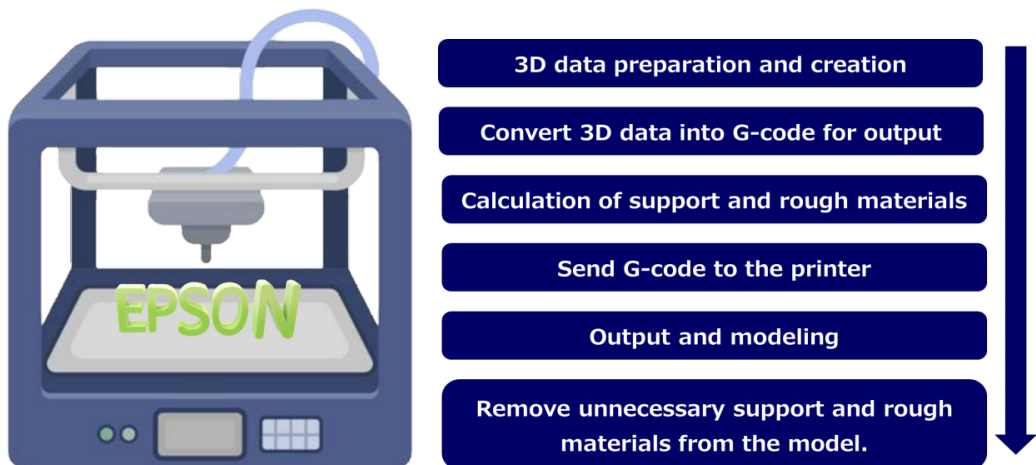


Fig. 8 3D printer processing procedure.

	AR (Augmented Reality)	VR (Virtual Reality)
A space where you can experience	Augmented reality on your device	Virtual World
Real objects	Can be seen	I can't see
Example of how it looks		
Can you access the content?	On-device	impossible
Devices used	Smartphones, tablets, and smart glasses	Head-mounted display

Fig. 9 Comparison of AR and VR technology functions.

3. 2. 1b) デメリット

3D プリンタでの試作作製のデメリットには、以下の 2 つが挙げられる。

- ・材料によって、専用の 3D プリンタを用意する必要があるため、ランニングコストがかかる。
- ・微細な表現に対しての強度が弱い。

3. 2. 2 映像技術

「Augmented Reality (AR)」 「Virtual Reality (VR)」 の大きな基本特性の違いは、Fig. 9 で示した通り、AR 技術は現実世界とデジタル情報を融合させ、画面上に両方を視認できる「拡張現実世界」である。それに対し、VR は限りなく実体験、現実に近い疑似体験が得られる「仮想世界」である。

3. 2. 2a) メリット

AR での試作作製のメリットには、以下の 4 つが挙げられる。

- ・ Fig. 10 の様に、現実の背景にデジタルで作られた情報画像を重ねることが可能である。
- ・ あたかも着用している様なリアルな体験、サイズ感の確認が可能である。
- ・ 実物の用意が不要で、複数の種類を瞬時に、手軽に体験が可能である。
- ・ スマートフォンやタブレットなど、一般機器利用を目的



Fig. 10 AR usage image.

としているため、VR のよりも安価で特別な機器も必要としない。

3. 2. 2b) デメリット

AR での試作作製のデメリットには、以下の 2 つが挙げられる。

- ・物体の影の再現や、物体の表面の質感など、細かな部分の再現性に課題がある。
- ・現実世界とデジタル情報を完全にシームレスに統合する技術もまだ発展途上である。

3. 2. 3 VR 技術

3. 2. 3a) メリット

VR での試作作製のメリットには、以下の 3 つが挙げられる。

- ・あたかも着用している様なリアルな体験が可能である。
- ・どんな空間にも変更が可能であるため、現実では体験しづらい様なことも体験可能である。
- ・実物の用意が不要で、複数の種類を手軽に体験し易い。

3. 2. 3b) デメリット

VR での試作作製のデメリットには、以下の 3 つが挙げられる。

- ・個人差によるが、身体的な不快感が生じることがある。
- ・AR よりはるかにデータ容量が重く、ネット環境に左右され易い。
- ・VR ゴーグルなど専用デバイスが必要となり、AR より費用がかかる。

詳細については、加莉の AR (Augmented Reality)/VR (Virtual Reality)を用いた設計支援システム¹⁾、岩井のプロジェクション型 AR²⁾を参照。

3. 3 デザインサンプル試作案の検討

Table 1 の様なマトリクス表を作成し、デザイナーの要望を満たし、環境負荷低減、コスト削減が行なえる方法を選定した。

Table 1 Performance evaluation matrix table.

	Physical properties						Texture				Others			
	Size	Wearing Image	Weight	Arm fit	Operation	Illumination	atmosphere	Finishing condition	Processability study	Color combination	Design Comparison	environment	cost	Ease of use
Current prototype	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	◎	○	○	x	x	x
3D Printer	◎	△	△	△	x	x	△	x	△	x	x	△	○	○
AR	◎	◎	△	△	x	◎	○	x	△	◎	◎	◎	◎	◎
VR	△	△	x	x	x	◎	○	x	△	◎	◎	◎	◎	○

◎ : pretty good ○ : good △ : Somewhat good x : Gets worse

AR での評価が現状の試作に最も近いことから、AR を活用することにし、試作作製のためのアプリ選定、性能評価を行うこととした。

4. AR技術によるデザインサンプルの製作結果

以下のようにAR技術で解決できる内容を実現した。

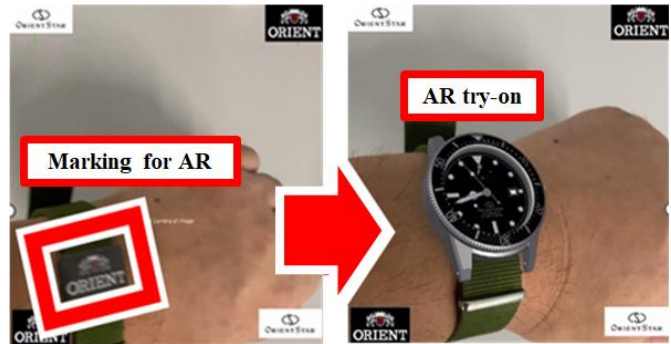


Fig. 11 Rendering size and wearing image.

4. 1 AR試作品モデルの揭示

4. 1. 1 サイズ感、着用イメージ

精度の高いサイズ感を実現するために、現在の AR 技術で最もサイズ、表示位置の精度が高く実現もし易い、マーキングを用いた表示方法を採用し AR アプリの作成を行った。

マーキング方式とは Fig. 11 左太枠の様な、特定の視覚情報（以降：マーキング）を AR アプリに登録することで、Fig. 11 右の様に登録したマーキング上に仮想画像を出現させることができる方式である。

この方式の特性として、高い位置精度とマーキングのサイズを基にした表示サイズの指定、調整が容易にできることがあげられる。この機能を使用することで、マーキングとカメラの距離が変わっても違和感のないサイズ感で表示を行うことができる。

4. 1. 2 蓄光材の発光、残光時間検証の実現

光度、残光時間の減光ベクトルを再現できるプログラムを作成し、リアルな蓄光材の発光状態を表現できるアプリを作成した。

Fig. 12 右の様に、蓄光材の仕様に基づき発光状態



Fig. 12 Checking the luminous state of phosphorescent materials.

を再現し疑似着用することで、実際に暗所下で使用した際同等のリアルな視認性や全体を俯瞰したデザイン上の発光状態バランスを確認することができるようになる。また、残光時間を任意のスピードで早送りすることで、消灯までの見た目を確認する評価時間を短縮することができる。



5. 考察

5. 1 実物と AR モデルの比較

5. 1. 1 簡易的な質感イメージの実現

アプリ内のペイント機能を活用し、データを適切なパーツ毎に分割し着色を実施した。

Fig. 13 上の様に、アプリ機能を活用し部品ごと着色することで Fig. 13 下右の様に、製品の完成イメージをある程度想起することができる。



Actual item

AR

Fig. 13 Comparison of texture between real object and AR image.

5. 1. 2 カラー組合せ、デザイン比較の実現

比較を前提とし、比較し易い着用アプリの作成を行った。

1 マーキングに対し、1 イメージを表示する利用方法が一般的だが、本アプリでは1 マーキングに対し、あらかじめ複数イメージを設定し手動で選択表示することで、実物に近いイメージでデザインの比較が行えるアプリを作成した。

本アプリ内の構造としては、Fig. 14 上写真の様に当社ブランドの [オリエント] ロゴ上に各 AR 画像パーツを表示させていき実物との融合表示を行っている。

Fig. 14 下写真の下部のボタンから、それぞれのデザインを変更、選択し同一画面上でデザインの比較が行える。

実際のバンドにロゴを貼付け、人が着用し実物状態に近い完成イメージのデザインを、隣り合わせで確認することで、これまでの 3D 単体での画像比較より精度の高い比較選択を行うことができる。

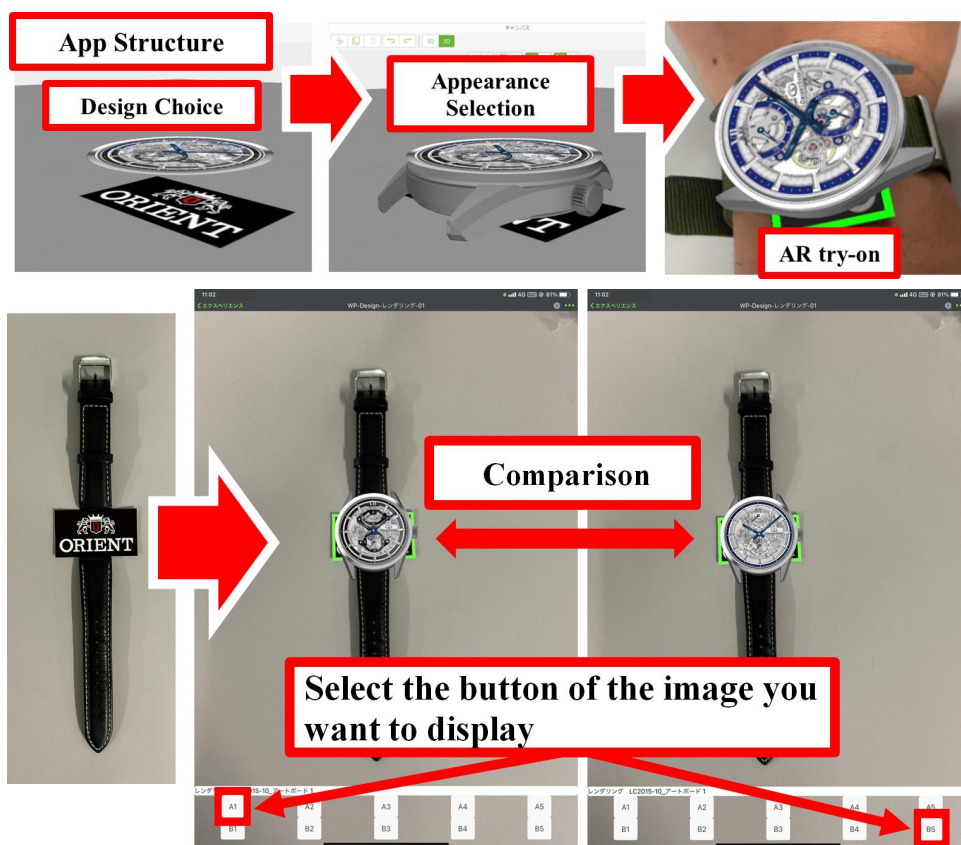


Fig. 14 Design comparison app image.

5. 2 有形効果

- ・開発関係者に過去開発機種のデザインをもとに本アプリを使用して、試作作製の有無を判断してもらった。前回開発時の試作作製率 100%だったのに対し、今回試作作製が必要と判断されたデザインは、全体の 75%であった。結果、本アプリを使用することで次回以降の開発で 25%の試作削減が見込める。

5. 3 無形効果

- ・Fig. 15 左の様に、微細なデザインの文字板や Fig. 15 右の様に、特徴的なデザインの製品は、試作作製費用が高く、製作期間も通常より長くなるため、デザイナーも簡単に評価が行え

ず、新たなデザイン開発を躊躇していた。AR 試作は、通常の試作で 3D データを作製する工程までは一緒だが、それ以降の一番手間とお金がかかる金属加工がなく、通常製品も複雑製品も同じ費用、同じ期間で試作製作ができるため、制限無くどんなデザインも検証することができる。

・ Fig. 16 の様に一般サイズを大きく上回るサイズのウォッチを企画した場合、どこまで大きくできるのか等、複数のサイズ違いの試作を製作していた。結果、サイズを決めるだけでも多くの費用と日数を要していた。AR 試作は、1つのデータの縮尺を変更するだけですむため、最短1日で容易に着用時のサイズ感、イメージを検証することができる。



Fig. 15 Design verification.



Fig. 16 Size verification.

6. まとめと今後の取り組み

○まとめ

- ・ AR 技術を活用することでデザイン開発時の実機試作数を削減させ、時計開発時の資源消費量削減を目処付けた。

○今後の取り組み

- ・ 残った課題について改善検討を行っていく。
 1. 重量感、着用感の表現方の実現：
触覚デバイスと AR を融合した、バーチャルデバイス技術を検討中。
 2. 詳細な質感表現の実現：

複数の AR ソフトを試し、素材サンプルがより多い、安価なソフトウェアを選定中.

3 データの活用：

開発から販売，アフターサービスまで 3D データを活用できる運用方法を検討中.

参考文献

- 1) 加莉政猛：AR (Augmented Reality)/VR (Virtual Reality)を用いた設計支援システム，計測と制御，Vol. 57, No. 7, pp. 538-540 (2018).
- 2) 岩井大輔：プロジェクション型 AR，精密工学会誌，Vol. 83, No. 6, pp. 494-498 (2017).

技術論文

10 振動機械式クロノグラフの開発

伊東 賢吾, 重城 幸一郎

セイコーウォッチ株式会社, 東京都中央区銀座1丁目26番1号, 〒104-8118

(2025年3月3日受付, 2025年5月14日再受付, 2025年5月16日採録)

Development of 5 Hz Mechanical Chronograph Watch

Kengo ITO, and Koichiro JUJO

Seiko Watch Corporation, 1-26-1, Ginza, Chuo-ku, Tokyo 104-8118, Japan

(Received March 3, 2025, Revised May 14, 2025, Accepted May 16, 2025)

ABSTRACT

This paper describes the development of the Cal. 9SC5 movement in Grand Seiko's first mechanical self-winding chronograph, the Tentagraph, which oscillates at 10 vibrations (5 Hz), a rare performance in the chronograph field. The movement also has a 72-hour power reserve, which is a particularly noteworthy feature in a chronograph. On the other hand, the difference in height between the buttons and the crown, a challenge often encountered with modular chronographs, has also been resolved. Furthermore, the movement components have been carefully patterned to enhance their aesthetic appeal. Clearly, these efforts have contributed to the product's favorable market reception. This paper expounds on the authors' endeavors to enhance functional values, including elevated precision and extended durability, as well as sensory values, encompassing collaboration with the company's developmental history and meticulous attention to appearance, in conjunction with the design procedures. Additionally, the new Grand Seiko certification setting will be discussed, and the enhancement of functional and emotional value beyond the scope of product development will be elaborated upon. By means of these concrete examples, a novel methodology for the technological realization of products in the domain of horology will be put forward, and the efficacy of product value enhancement will be demonstrated.

1. はじめに

グランドセイコー初の機械式自動巻クロノグラフ“TENTAGRAPH”¹⁾に搭載するムーブメントとして、Cal.9SC5を開発した。Cal.9SC5は、世界的にも数少ない1/10秒計測が可能な10振動(5Hz)という高い振動数でありながら、クロノグラフを作動した状態で、72時間持続という高い性能を実現している。

腕時計の価値は、カタログに記載される数値にあり、これらの数値をより良くするための開発に心血を注いできた。その代表格が、精度であり、機械式時計の日差から始まり、クォーツ時計で月差、年差、そして電波やGPSを時間源とした実質的に誤差ゼロまでたどり着いた。精度と同

様に、持続時間や電池寿命といった駆動時間，あるいは，ムーブメントの直径や厚みといったサイズ，果てには，ムーブメントに使用されている石数すら数値として競ってきた歴史がある。

一方，この数値競争に対し，別の角度から新しい価値を導入したのが，過去クォーツ化で日本時計メーカーに後塵を拝したスイス時計メーカーである。1990年代から始めた新しい価値観を重視した開発が，彼らを現在の成功に導いたことは間違いない。この新しい価値観は，「感性価値」と呼ばれており，数値で比較する価値である「機能価値」とは，大きく異なる。

本稿では，Cal.9SC5の開発にあたり「機能価値」と「感性価値」の2つの価値観をどのように製品開発へ展開してきたか，クロノグラフ機構の選定や部品形状の決定などの実例を通じて報告する。

2. 製品概要

Cal.9SC5が搭載されたグランドセイコー初の機械式自動巻クロノグラフ「テンタグラフ」をFig.1に示す。なお，TENTAGRAPHは，ムーブメントの特徴である“TEN beat (10振動)”，“Three days (3日間持続)”，“Automatic (自動巻)”，“chronoGRAPH (クロノグラフ)”に由来した造語である¹⁾。

世界に評価されたデザイン文法である「エボリューション 9 スタイル」²⁾を基に，グランドセイコーならではのスポーツウォッチとして，「瞬時の判読性，直感的に分かる操作性，頼れる堅牢性」を追求して開発を行った。

外装としては，力強い針と溝が刻まれた太いインデックスにより，誤読のない，優れた視認性を実現し，さらに，2枚のダイヤルを重ね，メインダイヤルとサブダイヤルの領域を立体的に区分し高い判読性を実現した。

また，ムーブメントとしては，2020年に発表した，高い基本性能を有する Cal.9SA5³⁾をベースとし，モジュール型のクロノグラフ機構を重ねることで，精度と堅牢さを達成した。



Fig. 1 Cal.9SC5 (Ref. SLGC001).

3. 機能価値と感性価値

腕時計における「機能価値」と「感性価値」とは、定義が曖昧なため、受け手によっては千差万別なものになってしまう。このため、下記に示すように、それぞれの価値について、出来るだけ簡潔な表現を使い、なおかつ具体的な例を併記することで、定義の明確化を図った。

機能価値：必要な機能／性能として、数値化でき、頭で理解されるもの

例：精度、持続時間、サイズ（直径、厚み）、石数、防水性能、耐磁性など

感性価値：数値化できない特徴／特性だが、ユーザーの心を揺さぶるもの

例：着け心地、巻上げなどの操作感、ムーブメントの美しさ、歴史的背景など

4. クロノグラフ構造

4. 1 クロノグラフ構造の分類

本開発でのクロノグラフ構造の決定にあたり、初めに、ユーザーが参考にする時計専門誌や時計関連 HP で行われている分類をベースに、Fig. 2 に示す「全体構造(Chronograph structure)」、「司令塔(Control)」、「クラッチ(Clutch)」という3つの視点で選択可能な構造を整理したマトリクスを作成した。

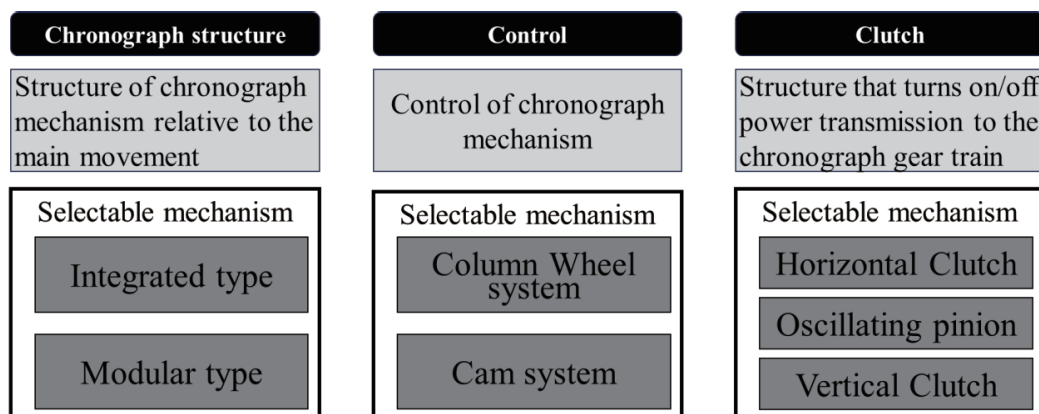


Fig. 2 Classification of chronograph structures.

4. 2 クロノグラフ構造の評価

次に、このマトリクスで分類されたそれぞれの構造について、市場における一般的な評価を比較した結果を、以下にまとめた。

- a) 全体構造：統合タイプの評価が高く、その理由としては、①裏蓋側からクロノグラフの作動が見えること、②ボタンと竜頭が同じ高さにあり、デザインの美しいことなど、外観

的な理由が挙げられる。

b) 司令塔：機能的にはカム式は作動ボタンが硬いという課題があったが、現在では周辺機構が見直され、コラムホイールとの差はほとんど無くなっている。一方、コラムホイールは、別名ピラーホイールとも呼ばれるように、三角形の柱が円周上に立ち並んでおり立体感と切削加工による高精度感があるなど、大量生産がイメージされるプレス加工されたカムに比較して、外観上の理由でコラムホイールの評価が高く、高級品＝コラムホイールというイメージが形成されている。

c) クラッチ：機能面から、クロノグラフのスタート時におけるクロノ秒針飛びが課題とされ、その飛びの小さい順に、垂直クラッチ<揺動ピニオン<水平クラッチが良いとされる。感性的な面では、クロノグラフの作動時のレバーや歯車の動きがダイナミックに見えることが好まれ、水平クラッチ、揺動ピニオン、垂直クラッチの順に評価が高い。

以上述べてきた一般ユーザーの視点だけでなく、製造側の視点としてコストやアフターサービス性などの評価も必要である。Cal.9SC5 の開発にあたり、検討したクロノグラフ構造の評価項目を例として、Table 1 にまとめた。

Table 1 Examples of structural endpoints for chronographs.

	Functional value	Emotional value
Overview	A measurable and comprehensible function or performance	The value of a product or service that resonates with consumers' emotions and senses.
Chronograph structure	✓ Does it work well? ✓ Is assembly easy? ✓ Can the chrono operation be easily inspected?	✓ Is the chronograph mechanism/operation visible? ✓ Are the buttons and crown at the same height? ✓ Is the finish of each component beautiful?
Control	✓ Does it work well? ✓ Is durability/replaceability an issue? ✓ Is the manufacturing cost economical?	✓ Is it nice to look at? ✓ Is it recognised as a luxury item?
Clutch	- In chronograph start/stop operation ✓ Does it work reliably? ✓ Does the chronograph secondhand jump?	- In chronograph start/stop operation ✓ Does the chronograph operation (movement of levers and gears) look dynamic?

4. 3 クロノグラフ構造の選定

クロノグラフ機構を、それぞれの構造ごとに Table 1 の基準を用い、機能価値と感性価値で総合的に評価した結果、今回の Cal.9SC5 では下記の構造を選択した。

- a) 全体構造・・・モジュールタイプ
- b) 司令塔・・・コラムホイール
- c) クラッチ・・・垂直クラッチ

なお、評価判断が難しい全体構造の選択理由について、次に説明する。

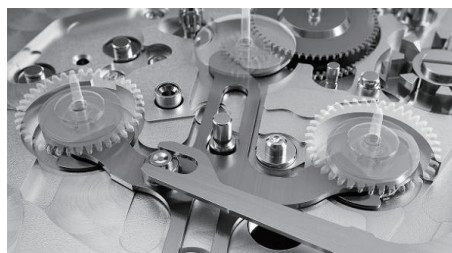


Fig. 3 Three-pointed hammer.

4. 4 モジュールタイプの選択理由

Cal.9SC5 でモジュールタイプを選択した第一の理由は、Fig. 3 の三叉ハンマー⁴⁾というセイコーのオリジナル構造が採用できることである。垂直クラッチを選んだ理由にもつながるが、自社が発明した構造を採用することで、ヘリテージに対しリスpektする姿勢を通じて感性価値向上を目指した。

第二の理由が、メンテナンス性が高いことである。一般的に機械式時計は、メンテナンスの難度が高いが、クロノグラフ機構を搭載すると、この難易度が跳ね上がり、メンテナンス作業時間が長くなる。しかし、モジュールタイプを採用することで、Fig. 4 に示すように、それぞれのモジュール毎での検査が可能となり、メンテナンス作業時間の短縮という機能価値向上につながる。

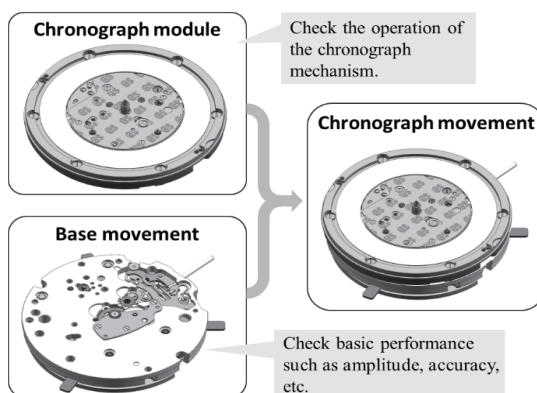


Fig. 4 Schematic diagram of inspection in modular structure.

4. 5 モジュールタイプの課題と対応

モジュールタイプはクロノグラフ機構が土台となるムーブメントの上に重ねて配置されるため、クロノグラフモジュール内に配置されるクロノグラフを作動させるレバーと土台のムーブメント内に配置される巻真は、Fig. 5 に示したように、竜頭とボタンの高さが異なるという課題がある。Cal.9SC5 でモジュールタイプを

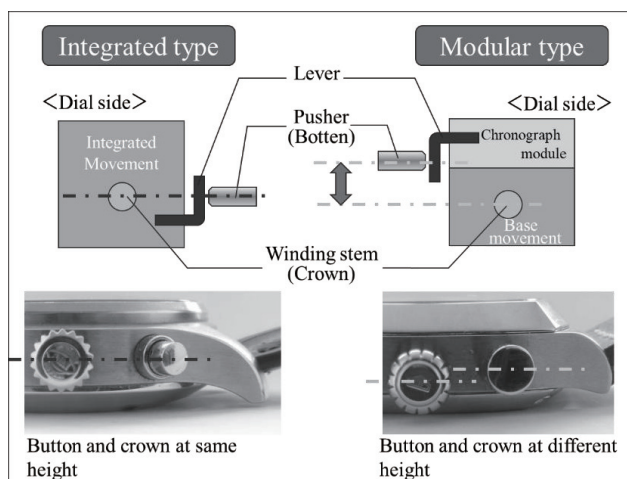


Fig. 5 Comparison of chronograph structure.

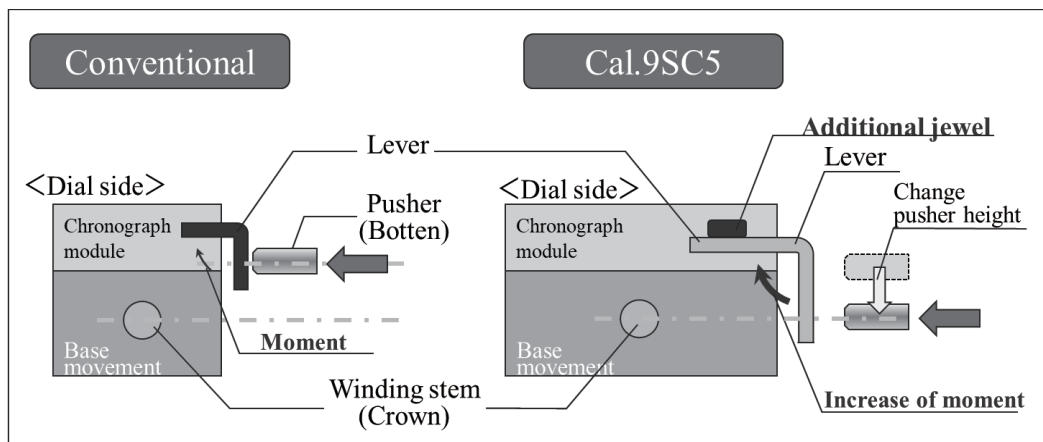


Fig. 6 Improvement method in Cal. 9SC5.

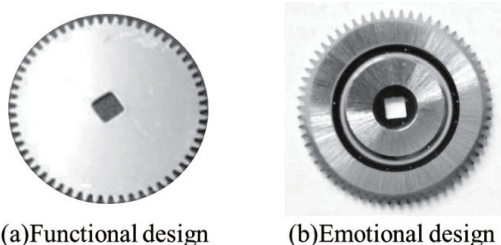
選択しつつ、この課題に対応するために、Fig. 6 のように、ボタンで押されるクロノグラフ機構用レバーを断面方向に延ばして対応を行った。この際に、ボタンによって押されたレバーに発生するモーメントが増加するために、クロノモジュール内に石を追加し、レバー作動による摩耗を防止した。

5. 部品デザインによる感性価値向上

5. 1 デザイン概念の比較

Cal.9SC5 は、Cal.9SA5³⁾をベースとして開発されており、設計思想が引き継がれている。その設計思想の一つが、ムーブメントの美しさの追求である。

腕時計の大半がクォーツとなって以降、日本時計メーカーを中心にクォーツムーブメントが大量に販売されるようになった。大量に生産されるが故に、その設計思想は、機能を有しながら、生産の合理性を目指したものとなっていた。一方で、スイス時計メーカーが機械式時計を用いた感性価値向上に舵を切り始めた後、ユーザーにムーブメントをいかに美しく見せるかを意識した設計思想になった。Fig.7には、それぞれの設計思想に基づくデザイン概念とそのデザイン概念を実現した部品として角穴車を例に比較したものを示した。



(a)Functional design

(b)Emotional design

Fig. 7 Differences in appearance of ratchet wheel due to different design concepts.

5. 2 部品形状の実例

美しさという感性価値が設計思想に入った

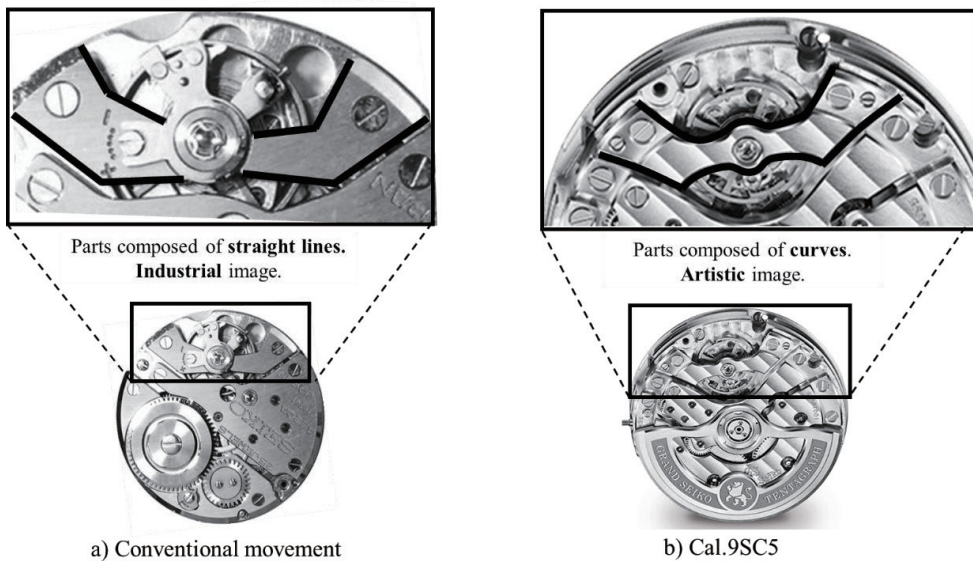


Fig. 8 Comparison of part shapes.

ことにより、デザイン概念が変わったが、具体的にどのように部品形状に展開したのかを実例を通じて解説する。Fig. 8 には、新旧の機械式ムーブメントとして、左側が古い製品、右側が新しい Cal.9SC5 を示した。

ここで、分かりやすい例として、てんぷ受部分を拡大し、太線でてんぷ受輪郭を示したものを Fig. 8 で比較した。図から分かるように、左側の従来ムーブメントは、てんぷ受が直線で構成され、右側の新しいムーブメントである Cal.9SC5 は、てんぷ受が曲線で構成されている。このように、部品の輪郭を曲線で構成することで、柔らかな工芸的なイメージになることが分かる。

5. 3 部品仕上げの実例

高級品として感性価値を向上させる具体的な施策として、部品の仕上げがある。Fig. 9 は、Cal.9SC5 のクロノグラフモジュール内部の写真である。通常は文字板、受に覆われ見ることはできないが、見えない箇所にも手を抜かず、部品表面に仕上げ模様が入っていることが分かる。

定量的に判断するのは難しいが、ネット等で時計の分解画像が多数出回っている現状を考えると、見えないところまで配慮することが間接的ではあるが、感性価値の向上に繋がっていると考ええる。

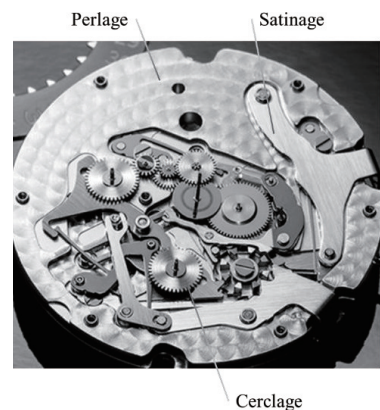


Fig. 9 Example of surface finish of parts comprising Cal. 9SC5.

6. 新GS検定の採用

Grand Seiko は、その誕生から現在まで一貫して「高精度」をブランドアイデンティティーとしており、その象徴として、高精度な時計の規格である ISO 3159（一般的にはクロノメーター検定規格）を上回る社内規格である G S 検定⁵⁾を定めている。

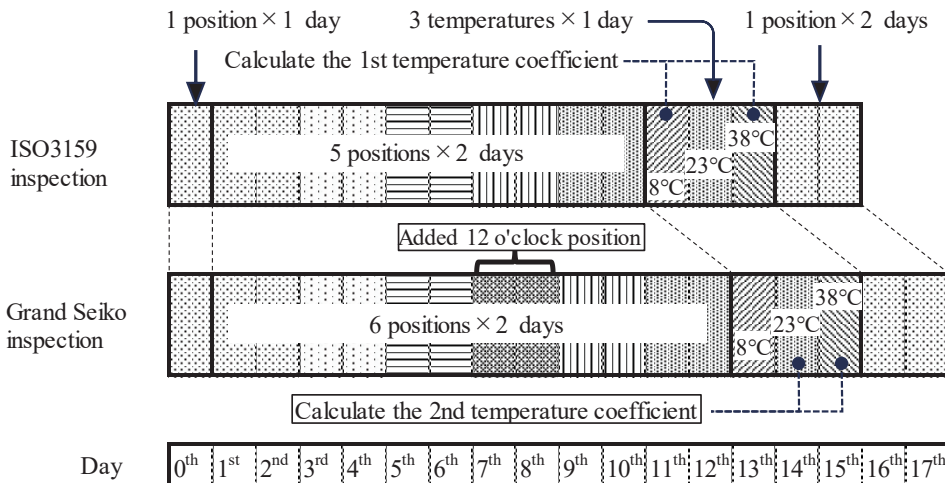


Fig. 10 Comparison of accuracy inspections.

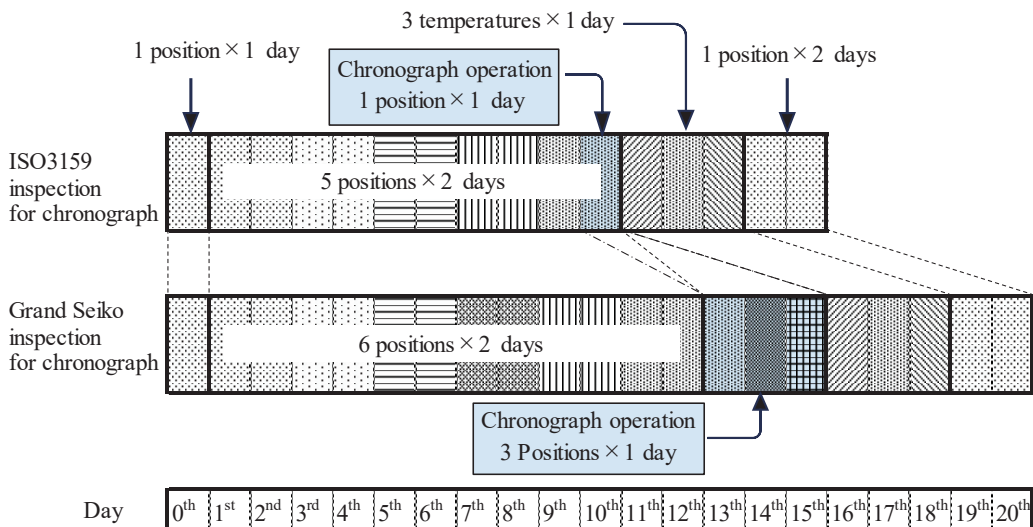


Fig. 11 Inspections performed on Cal. 9SC5.

このG S 検定の特徴としては、Fig. 10 に示すように、ユーザーの使用環境に配慮した測定条件を追加したことが挙げられる。具体的には、1)腕から外した保管状態として12時上姿勢を追加想定することで、検定姿勢を5姿勢から6姿勢へ増やした事と、2)腕に装着している状態での時計内部の温度影響に配慮した第二温度係数追加の2点となる。

使用環境に配慮するという考えを継承した、クロノグラフ向けの新しいG S 検定を本開発に合わせてFig. 11のように設定した。ISO 3159では、検定試験中の1日間1姿勢でクロノグラフ作動させて、精度測定を行っている。一方、クロノグラフ用新G S 検定では、通常の検査期間が終了した後に、クロノグラフを作動させながら3姿勢を各1日ずつ合計3日間検査を行うものとした。

このように、クロノグラフ非作動時と作動時の精度をそれぞれ検査することで、製品としての高精度を保証できるようになるため、機能価値が向上されるだけでなく、ユーザーの使用状況まで配慮して精度検定を実施しているメーカーの姿勢が感性価値の向上にもつながっている。

7. まとめ

Cal.9SC5では、単にストップウォッチとして時間を計測する「機能価値」だけでなく、高級品としてユーザーの視点を意識した「感性価値」にも配慮した開発を行った。さらに、新しいG S 検定を設定したことにより、「高精度」を追求し続けるブランドヘリテージという視点から「感性価値」向上を通じて、ブランディングの強化も実施した。

今後も、機構や構造の開発による「感性価値」の向上はもちろんのことながら、製品としてどのように見られるのかを意識した「機能価値」の向上を踏まえた新しい製品化技術の手法を発展させていきたい。

参考文献

- 1) セイコーウォッチ株式会社

<https://www.grand-seiko.com/jp-ja/news/20230327-1>

- 2) セイコーウォッチ株式会社

<https://www.grand-seiko.com/jp-ja/worldofgrandseiko/design/evolution9style>

- 3) H. Fujieda and Y. Hara: The new isochronal adjustment mechanism for free sprung balances, *Congrès international de chronometrie 2022*, Lausanne, Swiss, pp. 81-91(2022).

- 4) 平野圭, 河田正幸, 小野保: アナログクォーツ式クロノグラフ時計における瞬時帰零機構の開発, マイクロメカトロニクス, Vol. 56, No. 207, pp. 43-48 (2012).

- 5) セイコーウォッチ株式会社

https://www.grand-seiko.com/instructions/html/GS_9SA5_ja/AGFISYlmvxdvqd

技術論文

新 GPS ソーラーウォッチ Cal.5X83 の開発

中島 恭央, 柿澤 直紀, 向出 翔貴

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

(2025 年 3 月 22 日受付, 2025 年 5 月 14 日再受付, 2025 年 5 月 16 日採録)

Development of New GPS Solar Watch Cal.5X83

Yasuo NAKAJIMA, Naoki KAKIZAWA, and Shoki MUKAIDE

WP Design & Engineering Department, Seiko Epson Corporation,

390, Shiojiri-machi, Shiojiri-shi, Nagano-ken 399-0796, Japan

(Received March 22, 2025, Revised May 14, 2025, Accepted May 16, 2025)

ABSTRACT

GPS solar watches point you to the exact time, no matter where you are on earth. Cal.5X83 is the first GPS solar watch Astron with a dual time chronograph, which also improves operability and the quality of the dial. The technological development will be described.

1. はじめに

2012 年に、地球上のどこにいてもボタン操作一つで現在地の正確な時刻を取得できる GPS ソーラーウォッチを開発した。これが GPS ソーラーアストロンの第一世代である Cal.7X である。その後、2018 年に第三世代の Cal.5X53 を開発した。この過程において、GPS ソーラーウォッチの使いやすさを追求し、省電力化、小型・薄型化、そして GPS 信号の受信性能向上に取り組んできた。

今回開発した GPS ソーラーウォッチ Cal.5X83 は、Cal.5X53 をベース機種として、その構造を大幅に見直すことで、アストロン初のデュアルタイム・クロノグラフを実現した。そこで、Cal.5X83 の開発課題として以下の点を挙げる。

- ① 縦 3 つ目デザイン実現に向けたアンテナ開発
- ② デュアルタイム・クロノグラフの実現
- ③ 操作性向上
- ④ 文字板の質感向上



Fig. 1 SEIKO ASTRON
Cal.5X83.

これらの内容を中心に以下に説明を述べる． Fig. 1 には， Cal.5X83 を製品化したセイコーアストロンを示す．

2. 縦 3 つ目デザイン実現に向けたアンテナ開発

Cal.5X83 で縦 3 つ目デザインを実現するために行った， アンテナ開発について述べる． 既存 Cal.5X53 では箱型アンテナを使用していたが， Cal.5X83 では自社の独自技術により開発した平面アンテナへ変更している． Table 1 は既存 Cal.5X53 と新たに開発した Cal.5X83 のアンテナとデザインを比較した表である．

Cal.5X53 では箱型アンテナを採用することで， 金属縁デザインの対応とコンブ厚みの薄型化を実現した． しかし， 箱型アンテナでのデザイン上の課題として， アンテナの配置される 12 時位置にモーターと輪列を配置できず， デザインが下 3 つ目に限定されてしまう課題があった．

Table 1 Comparison of Cal.5X53 and Cal.5X83 antennas and design.

Cal.	5X53	5X83
Design (Layout of indicator rings)	Three indicator rings in a row on the underside 	Three indicator rings in a row vertically 
Antenna	Box type antenna 	Planar antenna 
Key design points	Only three indicator rings in a row on the underside are possible	Three indicator rings in a row vertically are possible

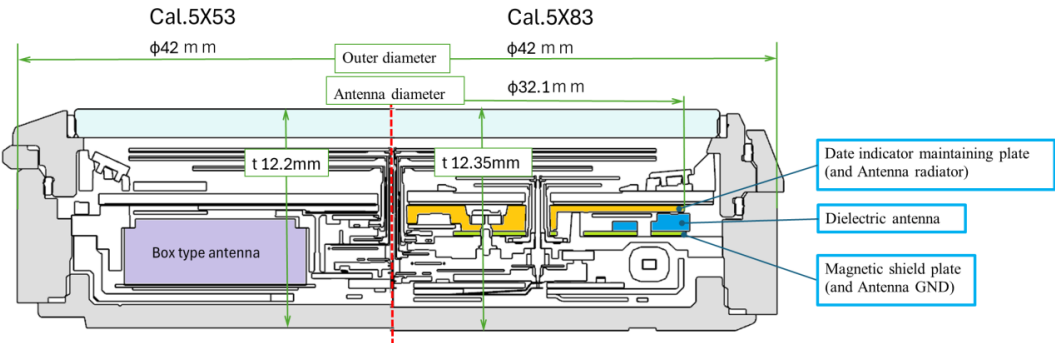


Fig. 2 A cross-sectional view of Cal.5X53 and Cal.5X83.

そこで今回 Cal.5X83 では、3X シリーズで開発した自社独自の平面アンテナを採用することで、縦 3 つ目デザインへの対応を実現した。Fig. 2 は Cal.5X53 と Cal.5X83 の断面図を比較した図である。Cal.5X83 では製品の外形サイズは大きく変えずに、アンテナを箱型アンテナから平面アンテナへ置き換えた。

2. 1 アンテナ構造

Cal.5X83 のアンテナ構造を Fig. 3 に示す。樹脂製の日車押さえにめっきを施しアンテナ放射部として利用するとともに、金属の耐磁板をアンテナの GND（グラウンド）として利用し、平面アンテナを構成している。これにより、Fig. 4 のような板状逆 F アンテナとして機能している。従来の日車押さえ部品を利用してアンテナを構成することで、アンテナとムーブメント部品の干渉というレイアウト上の課題を解決した。

Cal.5X83 ではさらなる受信性能改善を目的に、高誘電体部品を日車押さえ（アンテナ放射部）と耐磁板（アンテナ GND）の間に追加した。高誘電体部品を用いることで、アンテナの指向性を天頂方向に向け、筐体の影響を軽減し、アンテナ特性を改善する効果がある。この高誘電体部品を私たちは誘電体アンテナと呼び、誘電率の高い樹脂材料を使用した。

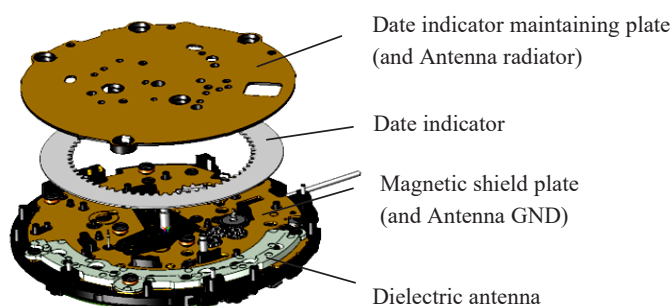


Fig. 3 Antenna configuration of Cal.5X83.

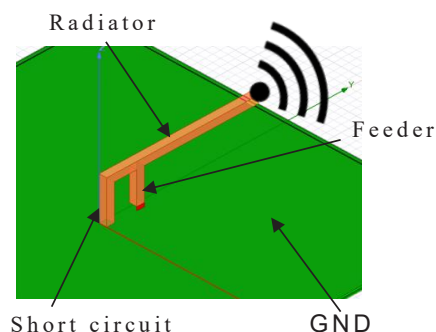


Fig. 4 Inverted-F antenna configuration.

2. 2 アンテナの特性改善

ここで、誘電体アンテナを用いた平面アンテナの特性改善に向けた取り組みについて述べる。

平面アンテナの特性を改善するため、初めに電界シミュレーションによる時計内部のアンテナの動作解析を実施した。Fig. 5 は、時計の 12 時-6 時断面でのアンテナのシミュレーション解析結果であり、入力電圧は 1V である。シミュレーション画像で色が赤く表示されているところが、電界密度の高いところになる。

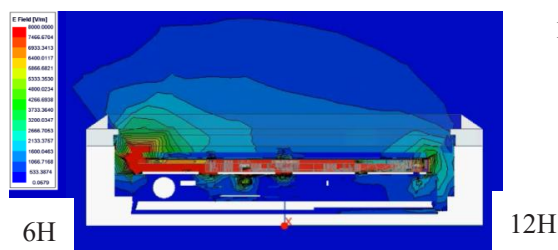


Fig. 5 Simulation analysis result of planar antenna.

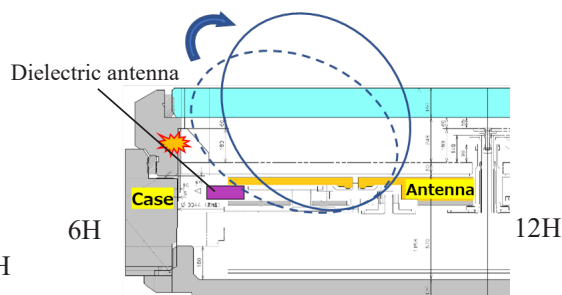


Fig. 6 Image model of directivity improvement by dielectric antenna.

このシミュレーション解析の結果より、時計の 6 時側に電界が集中しており、電波の受信が平面アンテナの開放端である 6 時側で行われていることが分かる。

また、シミュレーション解析の結果から、板状逆 F アンテナの原理で動作する平面アンテナは、指向性が斜めに傾いており、この傾きによりアンテナ近傍の時計筐体から影響を受け、アンテナ特性が低下していることが分かった。

そこで、アンテナの指向性を天頂方向に向けることで、アンテナ近傍の時計筐体の影響を軽減する方法について検討を行った。

シミュレーションを活用した検討を行い、電波を集める作用のある高誘電体部品をムーブメントの 6 時側へ追加することで、アンテナの指向性を天頂方向へ改善できることが分かった。Fig. 6 は誘電体アンテナを追加することによる平面アンテナの特性改善のイメージ図である。

次に誘電体アンテナの材料についての検討を行った。Fig. 7 は、誘電体アンテナの材料の誘電率を変えて試作した評価結果である。グラフの利得改善効果は、誘電体アンテナを追加することによるピーク利得の改善量を表している。試作評価の結果より、材料の誘電率が $\epsilon_r = 10$ 程度以上であれば、一定の改善効果が期待できることが分かった。また、様々な材料で試作評価を行った結

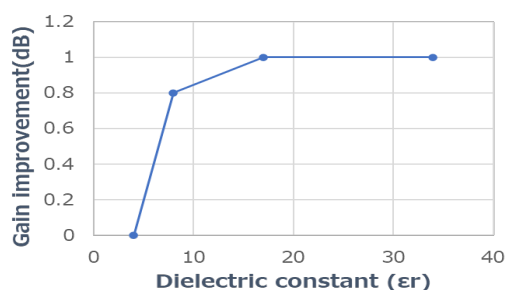


Fig. 7 Prototype evaluation results for dielectric constant and gain improvement antenna.

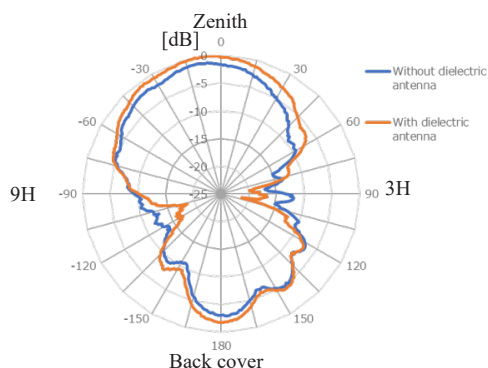


Fig. 8 Radiation pattern with and without dielectric antenna.

果、誘電率の高いセラミックなどの材料を使用した場合、脆さや複雑な形状の成型が困難といったデメリットもあり、時計部品としての採用が難しいことが分かった。そこで、誘電体アンテナで使用する材料は、成型性に優れた誘電率 $\epsilon_r=10$ 程度の樹脂材料を選定することとした。Fig. 8 は選定した樹脂材料で、実際に誘電体アンテナの効果を確認した放射利得特性の評価結果である。誘電体アンテナを追加することで、アンテナの指向性が $5\sim10^\circ$ 程度天頂方向へ向き、これにより、ケースの影響が軽減され、ピークのアンテナ利得が 7% 改善した。

3. デュアルタイム・クロノグラフの実現

クロノグラフ機能は、時計市場において非常に高い需要を持つ付加機能の一つである。特に、センター秒針を用いた 1/20 秒クロノグラフ機能は、精度と視認性の両面で優れており、消費者からの強い要望が寄せられている。しかし、既存機種の Cal.5X53 モデルでは、モーターの数が限られているため、センター秒針の 1/20 秒クロノグラフ機能を追加することは技術的に困難である。この制約により、操作が煩雑化し、ユーザーエクスペリエンスが低下する可能性がある。

Cal.5X53 は箱型アンテナを採用しており、箱型アンテナが配置されている 12 時側にはモーターや輪列を配置することができない。この制約により、従来の GPS ソーラーウォッチに本格的な 1/20 秒クロノグラフ機能を付加したデュアルタイム・クロノグラフの実現には、輪列の利用可能面積の最大化が課題となっていた。

そこで、Cal.5X83 では GPS 信号を受信するアンテナに平面アンテナを採用した。これにより、箱型アンテナの位置していた 12 時側にも時計部品を配置することが可能となり、輪列の利用可能面積が約 12% 改善された。この改善により、コンプサイズを変更することなくモーターを 1 つ追加することが可能となり、搭載モーター数は過去最大の 7 個となった。これにより、各表示針（時

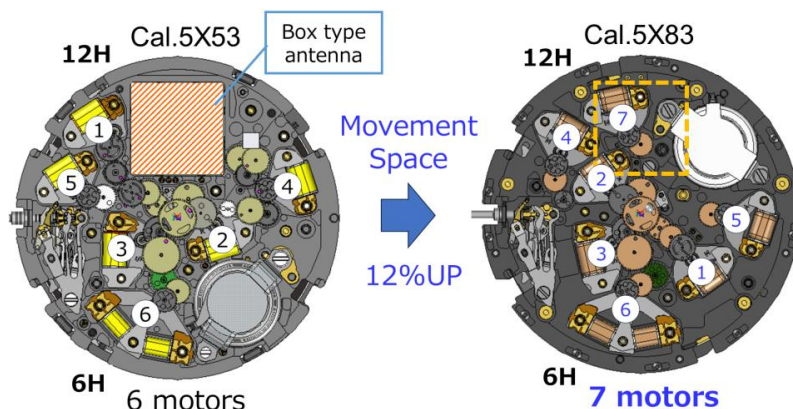


Fig. 9 Comparison of Cal.5X53 and Cal.5X83 movement structures.

針、分針、秒針、カレンダー、MI 針、1/20 秒クロノグラフ、HT 針) が独立駆動可能となり、センター秒針を用いた本格クロノグラフのデュアルタイム・クロノグラフの表現が実現した。Fig. 9 に Cal.5X53 と Cal.5X83 のムーブメント構造の比較を示す。

4. 操作性の向上

センター針の基本時計と 6 時位置の小时計の入れ替えを行う、タイムトランスファー機能の向上について説明する。既存機種である Cal.5X53 では、モード針とカレンダーが 1 つのモーターで兼用されていた。Cal.5X83 では従来よりもモーター数を 1 つ増やし 7 モーター構成を採用することで、モード針とカレンダーにそれぞれ独立したモーターを割り当てることが可能となった。これにより、日送りを伴う時刻修正にかかる時間が大幅に改善されるとともに、時計分針と 6 時位置の小时計の針の同時駆動が可能なり、タイムトランスファーにかかる時間を最大 40%短縮することに成功。操作性の向上を実現した。

また、表示機能が独立していることにより、2 つのボタンでも操作性が損なわれることなく、シンプルなデザインと使いやすさの両立が可能となった。



Fig. 10 Switching main-dial and sub-dial of Cal.5X83.

5. 文字板の質感向上

5. 1 太陽電池発電効率の改善

太陽電池の発電層電極は GPS 信号を遮断してしまうため、従来の箱型アンテナでは受信性能を

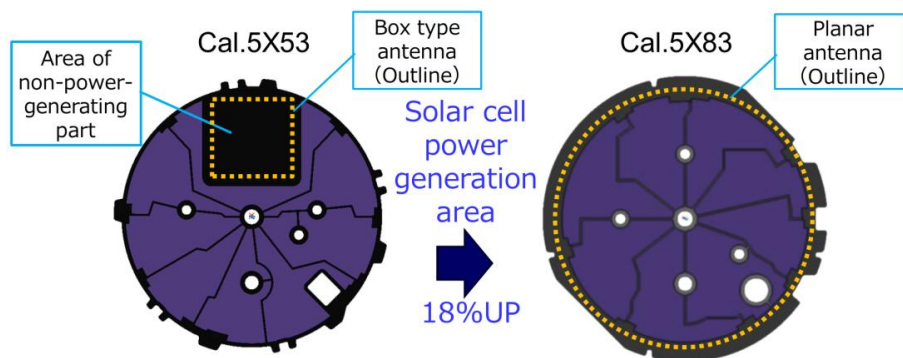


Fig. 11 Comparison of solar cells of Cal.5X53 and Cal.5X83.

確保するために、アンテナ上部の太陽電池に発電しない領域を設けなければならなかった。平面アンテナはアンテナ放射部を太陽電池より大きくすることにより、アンテナ放射部の外周部分で GPS 信号を受信することができる。平面アンテナを採用することで GPS 信号を受信するアンテナの外周部分以外のアンテナ上部に太陽電池の発電部を設けることが可能となった。Fig. 11 に Cal.5X53 と Cal.5X83 の太陽電池の構造の比較を示す。

これにより発電面積が 18%改善した。その結果、時計を駆動させるために必要な文字板の光の透過率を Cal.5X53 より低減することが可能になり、その分多くの塗装を吹くことで従来より濃い色調でコントラストの効いた文字板を実現した。

さらに、1 秒クロノグラフに比べ、電力消費が大きい本格 1/20 秒クロノグラフ機能を追加したうえで、従来と同じ 6 か月の電池寿命も実現することができた。

5. 2 逆パンダ文字板の実現

文字板の質感向上に向け、GPS ソーラーウオッチでは今までにないデザインである、サブダイヤル内の色分けによる逆パンダ文字板（黒いベースダイヤルに白いサブダイヤルをセットした文字板）の検討を行った。

サブダイヤル内の色分けを厚塗り印刷で行う場合、光沢感が無く外観が損なわれる。また、塗料の透過性も悪く GPS ソーラーウオッチでは発電量の確保が困難であった。そこで、透過性のある白・銀系の反射板を文字板下に組み込む構造を採用した。色分けを行う為の反射板はサブダイヤル部以外を抜き取る特殊形状となっている。

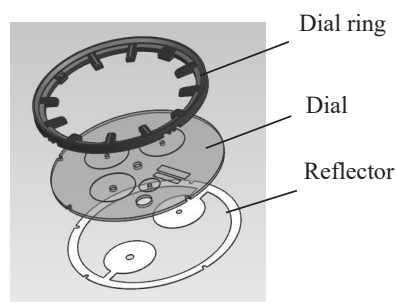


Fig. 12 Reflector assembly structure.

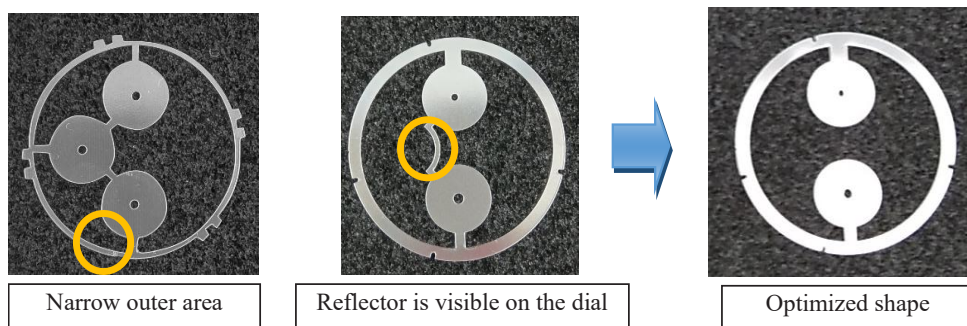


Fig. 13 Reflector shape optimization verification.



Fig. 14 Improved dial texture.

反射板について、従来の外周形状を維持しつつ、サブダイヤル部分のみを残す新たな形状を試験的に検討した。しかし、外周部の面積が狭くなりすぎたため、反射板の保護シートを剥がす際に変形が生じる問題が発生した。この問題を解決するために、外周面積を2倍以上に拡大し、変形の改善を図った。また、反射板を組み込んだ際に文字板上に不要な反射板が見えないように形状を再検討した。

最終的に、複数の試験形状を評価し、文字板への外観影響、剛性の強化、帯電による反射板の反りを考慮して最適な形状を決定した。初期形状と比較し、全体の剛性が30%程アップしたことで、反射板の変形が抑制され、保護シートの剥がし作業やムーブメントへの組み込み作業性の改善を図っている。

従来機種の Cal.5X53 では、逆パンダ文字板の展開がなかった。しかし、新機種の Cal.5X83 では、GPS ソーラーウォッチとして初めてサブダイヤルが白仕様の逆パンダ文字板を採用した。この取り組みにより、サブダイヤルが白のソーラーウォッチ展開が可能となり、派手すぎず落ち着いたデザインを達成した。これにより、カジュアルでもフォーマルでもシーンを選ばない文字板が実現した。さらに、黒ベースの色調だけでなく、他の色との組み合わせでも逆パンダ文字板を表現することができるため、モデル展開へのデザイン自由度が広がった。

6. まとめ

GPS ソーラーウォッチ Cal.5X83 においては、アンテナ開発により既存の Cal.5X53 から大幅に時計構造の見直しを行うことで、①縦3つ目デザイン実現に向けたアンテナ開発、②デュアルタイム・クロノグラフの実現、③操作性向上、④文字板の質感向上を達成し、GPS ソーラーウォッチの機能と外観品質の向上を実現することができた。今後もさらなるアンテナ性能改善とバリエ

ーション拡大を実現し、GPS ソーラーウォッチの商品価値向上に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 秋山利一，木下英治，尾沼篤：GPS ソーラーウォッチにおける小型化・使用感向上技術の開発，マイクロメカトロニクス，Vol. 64，No. 222，pp. 12-20 (2020).
- 2) 杉本亮，中島恭央：女性向け GPS ソーラーウォッチの開発，マイクロメカトロニクス，Vol. 65，No. 224，pp. 2-11 (2021).

解 説

「時計技術解説」 機械式時計

— X. 衝撃への対応 — 耐振軸受の構造と歴史

中川 太郎 *

1. はじめに

13 世紀から 14 世紀にかけて機械式時計が発明されて以来、現代に至るまで機械式時計の調速機にはてんぷが一般的に用いられている。

てんぷの軸心となるてん真は、摩擦を最小限に抑えるため、より細く・より硬く・より高精度に加工されてきた。一般的に、てん真の直径はおよそ 80~100 μm 程度であり、これは人間の毛髪と同程度の太さに相当する。しかし、その繊細な構造ゆえに、腕時計が落下したり衝撃を受けたりすると、てん真が変形または破損することが多く、結果として時計の停止や精度不良の原因となる。

懐中時計および初期の腕時計はいずれもこの問題を抱えていたが、懐中時計はポケットに収納して携帯されるため、落下時のみ衝撃を受ける状況に限定されており、実使用上の大きな問題とはならなかったと考えられる。一方で、腕時計は手首に装着されるため、常に外部環境の影響を受けやすく、日常生活において腕を何かにぶつけることで、てん真が破損する事象が頻繁に発生していた。また、腕時計を装着する際にも、不注意による落下事故が多発していたと推察される。

これらの理由から、初期の腕時計においてはてん真の破損が頻繁に発生しており、腕の立つ時計師は都度てん真を自作し、交換したものである。しかし、現代の機械式時計においては、外部からの衝撃を吸収し、てん真を保護する耐振装置（軸受機構）が一般的に採用されており、その結果、てんぷやてん真の破損は極めて稀な事象となっている。

そこで本稿では、現代の機械式時計において重要な役割を果たす耐振装置に関する考察を行う。

2. 耐振装置の歴史

本節では、耐振装置の歴史を概観する。

2. 1. 懐中時計

耐振装置は腕時計特有の機構であると考えられがちであるが、実際には懐中時計の時代にすでに発明されていた。その代表的な例として、1790 年頃にアブラアン・ルイ・ブレゲによって発明されたパラシュートが挙げられる。

この機構を搭載した時計がジュネーヴ美術・歴史博物館に所蔵されているが、現在は一般公開され

* シチズン時計株式会社

ていない。しかし、インターネット上には機械式時計の分解部品を公開しているサイトが存在し、Breguet et Fils 銘懐中時計に搭載されたパラシュート機構の分解写真が掲載されている。この写真から、ばね性を持たせた穴石と受石がてん真を保持する構造となっており、その原理は現代の耐振装置と共通する部分が多いことが確認できる。したがって、当時においても一定の耐衝撃効果があったものと推察される。



図1：アブラアン-ルイ・ブレゲのパラシュート 1800 年代

写真：ジュネーヴ美術・歴史博物館提供

しかし、その後、懐中時計において耐振装置が独自に発展することはなかったようである。その理由は明確ではないが、懐中時計が一般的に丁寧に扱われ、腕時計のように過酷な環境にさらされることが少なかったためと考えられる。

2. 2. 腕時計

腕時計に耐振装置が搭載され始め、その技術が広く大衆に普及した契機としては、1928年に発明された「インカブロック（Incabloc）」の登場が挙げられる。インカブロックは、それまで一部の時計に限定されがちであった耐振技術を、より量産型の時計にも展開可能とし、ひいては耐久性や品質に対する一般消費者の意識変化にも寄与した。

その後、1944年にキフ・パラショック（Kif Parechoc）社が設立され、耐振装置の製造・供給を開始したことで、市場における耐振装置の選択肢と競争が進展した。こうした背景の中で、耐振装置は広範な価格帯の製品に実装されるようになった。

時計史の一側面として、アンティークウォッチの仕様変遷を概観すると、おおよそ以下のような区分が見られる。すなわち、1920年頃までは「非耐振・非防水」、1930年頃までは「非耐振・弱防水」、1940年頃までは「非耐振・防水」、1950年頃によく「耐振・防水」が導入されはじめ、技術の安定とともにユーザーに一定の「安心感」が醸成されるに至った。なお、ブランドごとの採用時

期に差異があるため、このような区分はあくまで概観的な指標にすぎない。

第二次世界大戦後における「防水かつ耐振装置付き」という腕時計の基本仕様の確立においては、やはりインカブロックの果たした役割が大きい。特にその特徴的な押さえねの形状は視認性に優れ、時計職人にとっては一種の品質保証の象徴として、また価値基準として認識されるようになった。

加えて、戦後当時の消費者にとっても耐振装置の有無は重要な判断材料であったというような証言もある。具体的には、廉価な時計に多く見られたロスコフ式脱進機 (Roskopf escapement) を搭載する製品と、信頼性の高いスイスレバー脱進機 (Swiss lever escapement) を採用する製品とを識別する上で、インカブロックは極めてわかりやすい視覚的指標として機能していたという。

このように、インカブロックを中心とする耐振装置の技術的・視覚的特徴は、時計製造の現場のみならず消費者側においても一定の意味を持ち、戦後の時計文化における品質認識の一端を形成したと言える。

3. 耐振装置の種類

本節では、製品として実用化されている耐振装置の主な種類について、いくつかの例を挙げて紹介する。

3. 1. インカブロック

1928 年、フリッツ・マーティ氏によって開発された耐振装置「インカブロック (Incabloc)」は、機械式腕時計における耐衝撃性能を飛躍的に向上させる技術革新として位置づけられ、現代に至るまでその重要性を保ち続けている。この名前はフランス語の「incassable (アンカッサブル)」, すなわち「壊れにくい」「破損しない」といった意味の形容詞に由来しており、本装置の機能的特性を端的に表している。

同装置は、スイス、ラ・ショー＝ド＝フォンに本社を置く「エレクトロン (Election)」社において開発された技術に端を発する。その後エレクトロン社の幹部により、耐振装置メーカーとして「ポルト・エッシャップモン・ユニヴェセル (Porte-Echappement Universel)」社が設立され、専門的な量産体制を確立するに至った。

インカブロック社の製造する耐振装置は、その後、スイス国内の著名な時計ブランドをはじめ、大手エボーシュ (ムーブメント供給) メーカーにも広く供給されるようになり、汎用性と信頼性に優れた標準的な耐衝撃装置として広範に普及した。その普及を後押しした要因としては、視認性の高い特徴的な押さえね形状、優れた耐久性、ならびに大量生産に適した設計思想が挙げられる。これらの特性は、戦後における機械式実用時計の性能基準の一部を形成することとなった。

なお、インカブロックを最初に量産品として採用した時計メーカーは、「ウエスト・エンド時計会社 (West End Watch Co.)」であるとされており、同社は現在においてもそのブランドとしての活動を継続している。こうした事例は、耐振技術の実用化とその市場導入の過程を理解する上で、極めて示唆に富んでいる。



図2：インカブロック

3. 2. キフ・パラショック

インカブロックの開発から16年後の1944年にキフ・パラショック社はジョージ・ギャレー氏によって設立された。戦後の耐防水・耐衝撃時計の普及に貢献し、現在に至るまでインカブロックと双璧をなす大手のスイス耐振装置メーカーである。



図3：キフ・パラショック

3. 3. パラショック

次に、国産腕時計における耐振装置の先駆的存在として挙げられるのが、シチズンの「パラショック」である。同機構の登場に際して行われた、時計をヘリコプターから落下させるという公開実験は、当時大きな話題を呼び、広く知られるところとなった。当時社長であった山田栄一氏の回想によれば、この実験は大阪のある百貨店の催事の一環として提案され、応じたのがシチズン一社のみであったという。

なお、「パラショック」の名称に含まれる「パラ (para)」は、ラテン語を語源とし、「防ぐ」「効果を妨げる」などの意味を持つ接頭辞である。バネにより衝撃を吸収する同機構の機能を的確に言い表しているうえ、語感も良く、当時の洗練された命名感覚が伺える。

4. 耐振装置の動作

数多く存在する耐振装置の中で、現代において主流とされる三種の構造について、その動作機構を以下に解説する。本稿においては、耐振装置に求められる基本的特性を以下の三点に分類し、それぞれ「①耐振性」「②耐衝撃性」「③求心性」と定義する。加えて、耐振性能以外の観点においても、保油性やてん真のアガキを適切に維持するための加工・組立精度が重要である。

まず「耐振性」とは、軽微な衝撃あるいは微小な振動に対して、耐振機構が過剰に作動することなく安定して動作し、ひいては時計の歩度（精度）に悪影響を及ぼさない性能を指す。次に「耐衝撃性」は、時計に大きな外力（落下や衝突など）が加わった際に、てん真の損傷や変形を防ぐために、そのエネルギーを適切に吸収・分散する能力である。そして「求心性」とは、耐振装置が作動し、穴石および受石が中心軸から一時的に逸脱することによって衝撃を吸収した後、速やかかつ高精度に本来の中心位置へと復帰する能力を意味する。この復帰動作が不完全である場合、衝撃を受けた時計はその後に歩度不良を引き起こす要因となる。

耐振装置の開発および選定にあたっては、まずてん真の太さや素材を基にその機械的強度を十分に評価し、それに見合った耐衝撃性を確保することが第一である。そのうえで、最大限の耐振性および求心性を実現する設計が求められる。この三要素の最適なバランスこそが、信頼性の高い耐振装置を実現するための鍵となる。

4. 1. 平行作動型

インカブロックに代表される耐振機構は、仏語で「シャトン (chaton)」と呼ばれる穴石および受石を一体化したコンポーネントを、耐振枠内に収め、これを上部から押さえバネにより保持する構造を特徴とする。

平行作動型では、シャトンは平常時には耐振枠内においてガイドされ、所定の位置に保持されている（図参照）。シャトンの移動自由度は、衝撃が加わった際にてん真を損傷から保護するために設計されており、一定範囲内での動作を許容するよう構成されている。一方、外力が存在しない状態では、高い求心性によって速やかに元の軸中心位置へと復帰するようになっている。

このような構造は、耐衝撃性および求心性のバランスに優れ、現代においても広く使用されている耐振機構の一つである。

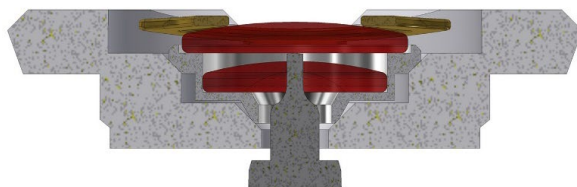


図6：平行作動型落ち着き位置

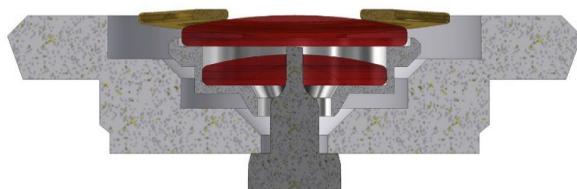


図7：平行作動型文字板方向衝撃印加時

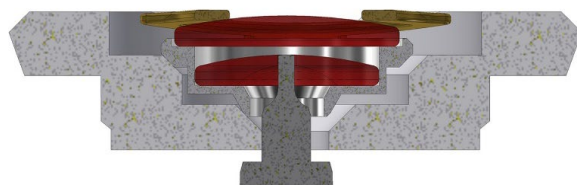


図8：平行作動型竜頭方向衝撃印加時

4. 2. 揺動作動型

揺動作動型では「シャトン (chaton)」を耐振枠内に収め、これを上部から押さえバネにより保持する構造は4. 1の平行作動型と同様であるが、竜頭方向に衝撃を受けた際の動作が異なり、シャトンがゆりかご状に揺動作動する。シャトンの構造がシンプルであり生産性がより高い。

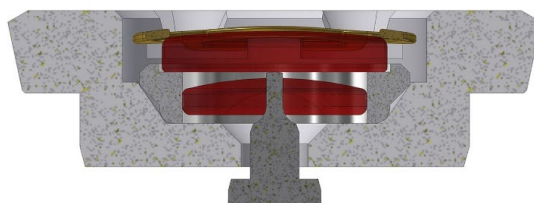


図9：揺動作動型落ち着き位置

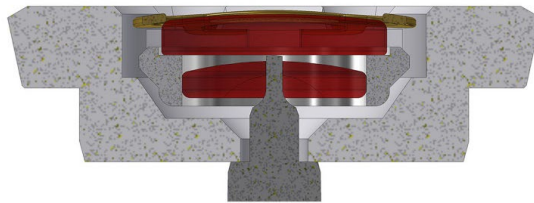


図 1 0：揺動作動型文字板方向衝撃印加時

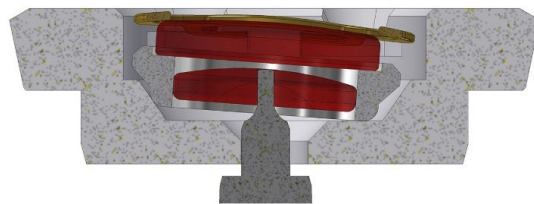


図 1 1：揺動作動型竜頭方向衝撃印加時

4. 1. 2 体ばね作動型

2 体ばね作動型では先に述べた 2 種の耐振機構とは異なり，文字板方向からの衝撃に対しては押さえばねにより，竜頭方向（側面方向）からの衝撃に対しては渦巻ばねにより衝撃を吸収する構造となっている．この構造であるがゆえ，渦巻ばねにはある程度の大きさが必要となるため，耐振装置全体のサイズは他方式と比較してやや大型化する傾向がある．しかしながら，本方式では衝撃の方向に応じてばねの反力特性を個別に最適化することが可能であり，それにより高い耐衝撃性能を実現している点が特筆される．すなわち，力の印加方向に応じた構造的応答の分離が設計上の自由度を高め，てん真の損傷防止に寄与される．

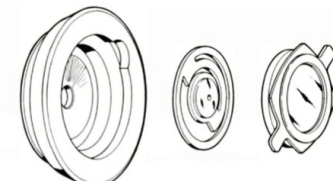


図 1 2：パラショック展開図

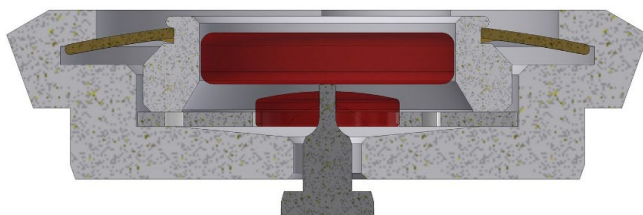


図 1 3 : 2 体ばね作動型落ち着き位置

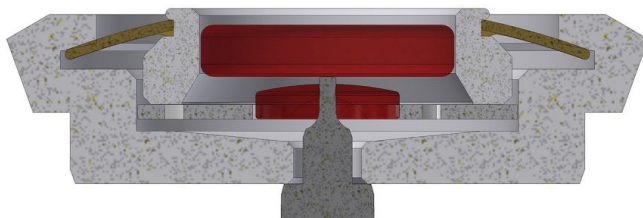


図 1 4 : 2 体ばね作動型文字板方向衝撃印加時

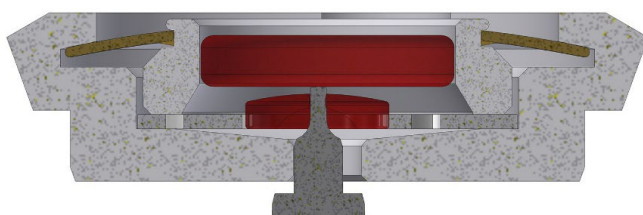


図 1 5 : 2 体ばね作動型竜頭方向衝撃印加時

5. 衝撃の計算

時計理論に関する文献は多数刊行されているものの、耐振装置の設計に関して具体的な理論的枠組みや設計手法を体系的に記述した書籍や論文は、筆者の知る限り存在しない。この背景には、耐振装置の開発が歴史的にもごく一部の限られた時計メーカーによってのみ行われてきたという事実がある。

また、現代においては、インカブロック社およびキフ・パラショック社といった専門メーカーから、高い信頼性を有する既製の耐振装置を安定的に供給できる状況が確立されており、それが独自開発の必要性を低下させている要因の一つと考えられる。本稿では、耐振装置設計の全容に立ち入ることはせず、衝撃荷重に関する基本的な計算式の紹介にとどめることとする。

スイス時計業界においては、「1メートルの高さからの自由落下により、てん真に加わる加速度はおおよそ 5000G である」という数値が事実上の業界標準として広く共有されている。これは特定の文献に基づくものというよりも、スイス国内の時計技術者や設計担当者間で共通認識として広く定着している経験則であり、誰に問いを投げかけても例外なく同様の回答が返ってくるほどである。

5000G という値は極めて大きな加速度であるが、時計におけるてんぷは、構造上衝撃を受けた際に

数マイクロメートル（ μm ）程度しか移動する自由度を持たない設計となっており，そのため衝撃が作用する時間（減速時間）は極めて短くなる．このような特性は，他の一般的な工業製品とは大きく異なる点であり，時計機構に特有の耐衝撃設計上の課題を示している．

以下に，この「高さ 1 メートルからの自由落下により，約 5000G の衝撃加速度が発生する」という経験則的な値が，どのような物理的前提と簡易的モデルによって導出されるかについて，簡潔に示す．

① 自由落下速度

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 1.0} \approx 4.43 \text{ m/s} \quad (1)$$

g : 重力加速度 h : 落下高さ

② 衝撃加速度

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

Δv : 着地直前の速度 Δt : 衝突の減速時間

てんぷが 0.0001 秒で減速したと仮定すると：

$$a = \frac{4.43}{0.0001} \approx 44272 \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

③ 単位を G に変換：

$$\frac{a}{g} = \frac{44272}{9.8} \approx 4518 \approx 5000G \quad (4)$$

を得る．

6. まとめ

機械式時計の発展において，耐振装置の進化は，防水性能の向上と並んで実用性向上に大きく寄与してきた重要な要素である．近年では，機械式時計にも高い耐磁性能が求められるようになりつつあり，それに伴い，耐振装置に用いられる部材にも新たな非磁性材料の適用が模索されている．このような背景のもと，耐振装置には今後さらなる機能性の向上が期待されている．

さらに、耐振装置はその機能的な重要性にとどまらず、機械式時計の審美的魅力の構成する中核的要素の一つをなす。特に、てんぷを中心とした周辺構造は時計愛好家にとって見逃せない関心事であり、耐振装置はその中心に位置する存在として、高い視覚的注目を集める存在となっている。

今後は、優れた機能性と洗練されたデザイン性を兼ね備えた耐振装置の実現に向け、さらなる研究開発の推進が求められる。本稿において述べた歴史的経緯および現代の技術的要件を踏まえ、耐振装置の一層の進化に向けた多角的かつ継続的な取り組みが展開されることを期待し、本論文の結びとする。

参考文献

- 1) MAH Musée d'art et d'histoire, Ville de Genève. (参照 2025-04-02)
- 2) FLUME STOSSICHERUNGS KATALOG
- 3) 山田栄一自叙伝 わが青春わが風雲録
- 4) BREGUET. Invention du dispositif antichoc dit《pare-chute》. (参照 2025-04-12)
<https://www.breguet.com/fr/maison-breguet/1775-1801/invention-du-dispositif-antichoc-dit-pare-chute>
- 5) WEST END WATCH CO. Milestones in the Brand' s History. (参照 2025-04-12)
<https://www.westendwatchco.ch/milestones/20-dates>
- 6) Incabloc SA. HISTOIRE D' UNE AVENTURE INDUSTRIELLE ET D' UN SUCCÈS.
(参照 2025-04-12). <https://www.incabloc.ch/historique/>

解説

日本の時計産業の概況

2024 年

目 次

ウォッチ完成品（グローバルオペレーション）

- 1-1 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）数量の推移 [機種別]
- 1-2 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）金額の推移 [機種別]
- 1-3 日本のウォッチ完成品輸出の推移 [機種別]
- 1-4 2024 年の日本のウォッチ完成品輸出 [地域別構成比]
- 1-5 日本のウォッチ完成品国内出荷の推移 [機種別]

クロック完成品（グローバルオペレーション）

- 2-1 日本のクロック完成品総出荷（輸出＋国内出荷）数量の推移 [機種別]
- 2-2 日本のクロック完成品総出荷（輸出＋国内出荷）金額の推移 [機種別]
- 2-3 日本のクロック完成品輸出の推移 [機種別]
- 2-4 2024 年の日本のクロック完成品輸出 [地域別構成比]
- 2-5 日本のクロック完成品国内出荷の推移 [機種別]

注)

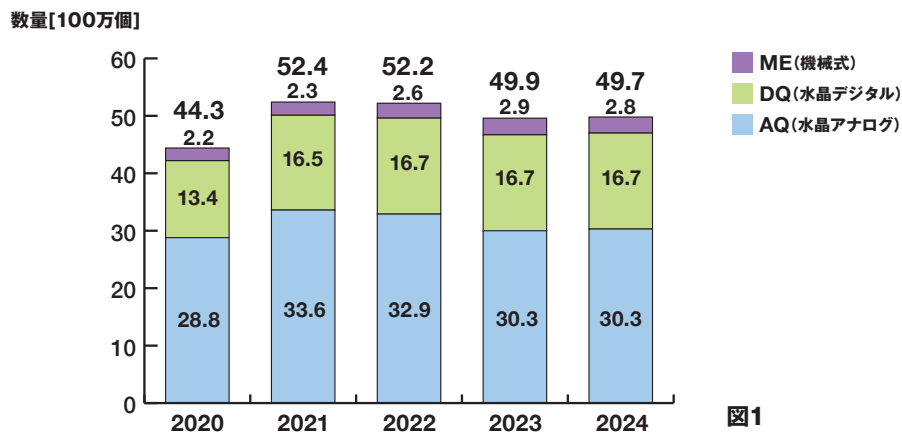
- 1. 日本のグローバルオペレーション：日本の時計企業の海外生産・出荷を含む事業活動
- 2. 図1～8，9～16は日本時計協会の統計データに基づく
- 3. 金額は、輸出はFOB、国内出荷は税抜き売り渡し価額
- 4. AQ は水晶コンビネーションを含む水晶アナログ、DQ は水晶デジタル、ME は機械式時計
- 5. 図中の各数値は四捨五入されているため、計算による合計値と表示されている合計値が一致しない場合があります。

2025年 4月

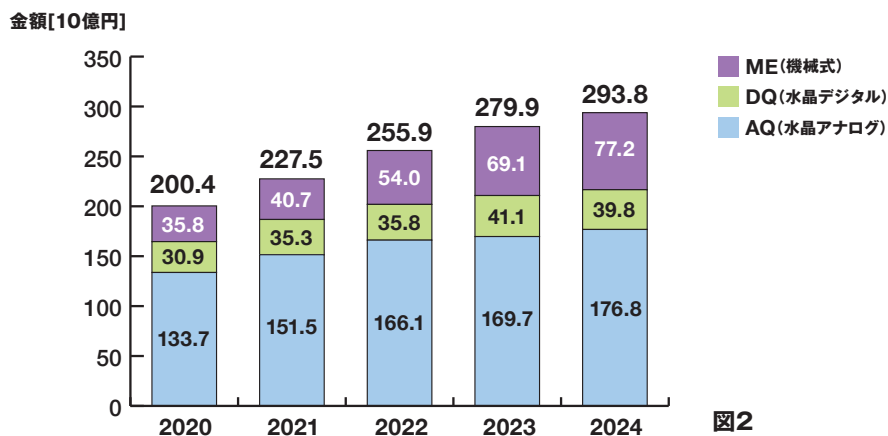
一般社団法人 日本時計協会

ウォッチ完成品（グローバルオペレーション）

1-1 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）数量の推移 [機種別]



1-2 日本のウォッチ完成品総出荷（輸出＋国内出荷）金額の推移 [機種別]



- 2024年日本の時計メーカーによるウォッチ完成品の総出荷（海外からの出荷を含む）は、数量49.7百万個で前年並み、金額2,938億円の前年比5%増であった。
- 機種別数量では、水晶アナログ及び水晶デジタルは前年並み、機械式は前年比3%減であった。
- 参考値として、2024年の完成品とムーブメントの合計の出荷は、数量225.9百万個（前年比1%増）、金額3,398億円（同6%増）であった。

1-3 日本のウォッチ完成品輸出の推移 [機種別]

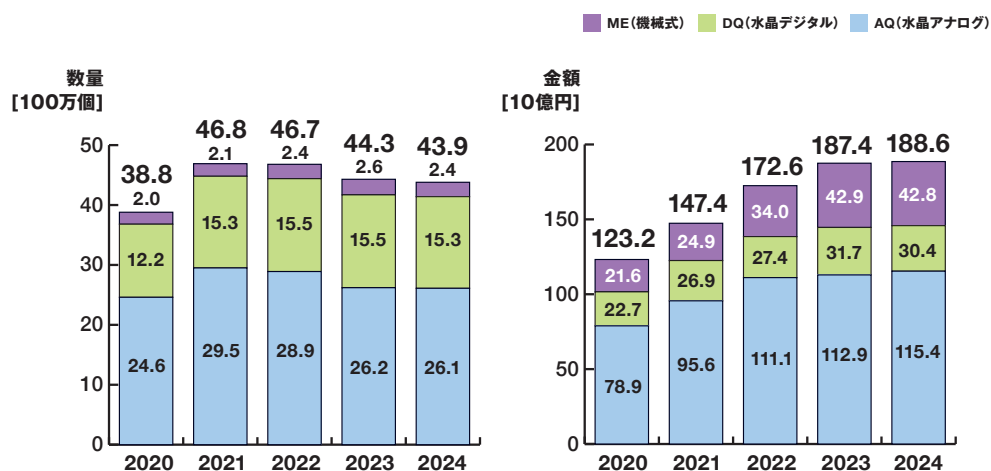


図3

図4

1-4 2024年の日本のウォッチ完成品輸出 [地域別構成比]

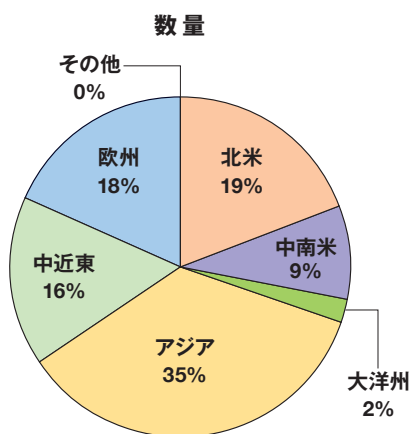


図5

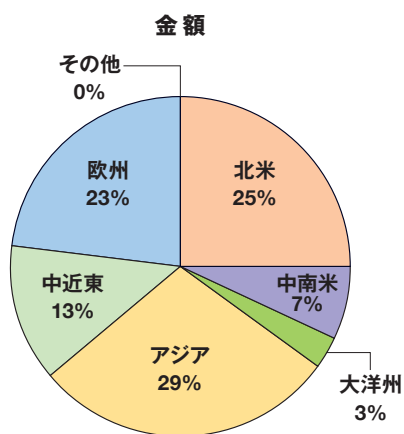


図6

- 2024年日本の時計メーカーによるウォッチ完成品の輸出は、数量43.9百万個で前年比1%減、金額1,886億円で同1%増であった。
- 完成品の主な輸出先の対前年金額比較では、欧州が4%増に対し、北米は5%減、アジアは10%減であった。

*輸出は海外からの出荷を含む。

1-5 日本のウォッチ完成品国内出荷の推移 [機種別]

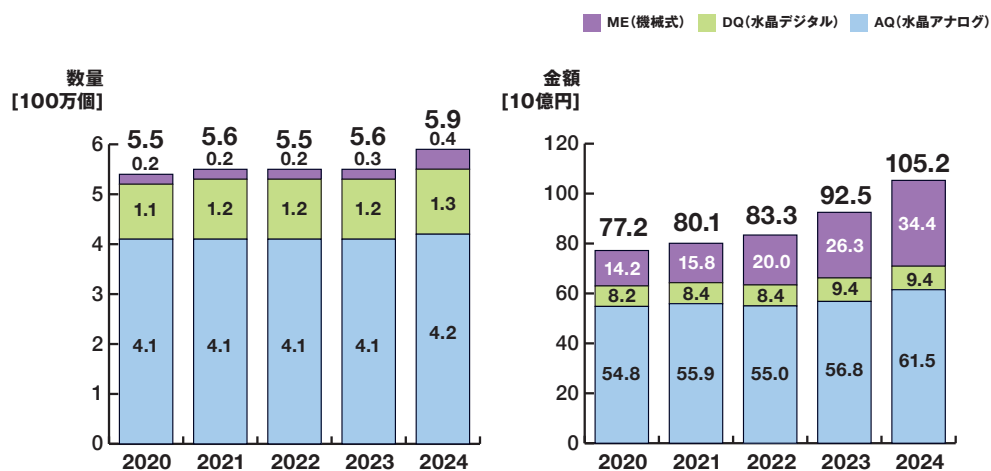


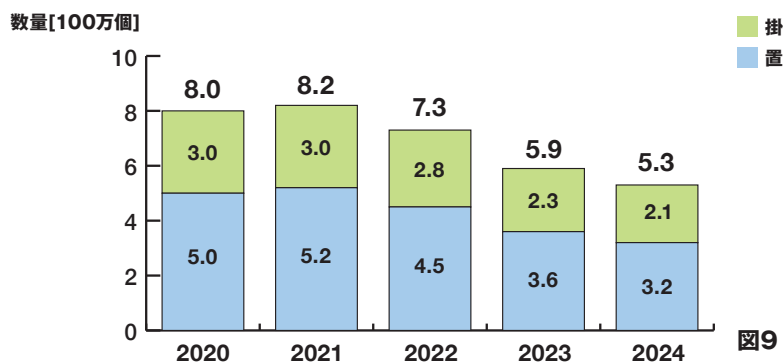
図7

図8

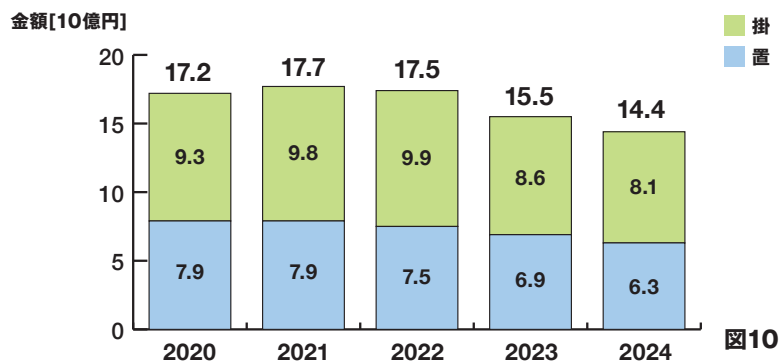
- 2024年日本の時計メーカーによるウォッチ完成品の国内出荷は、数量5.9百万個で前年比5%増、金額1,052億円で同14%増であった。

クロック完成品（グローバルオペレーション）

2-1 日本のクロック完成品総出荷（輸出＋国内出荷）数量の推移 [機種別]



2-2 日本のクロック完成品総出荷（輸出＋国内出荷）金額の推移 [機種別]



- 計器板・その他は含まない（前年比較も同様）。
- 2024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5.3百万個で前年比10%減、金額は144億円で同7%減となった。
- 機種別数量では、置時計が前年比11%減、掛時計は同9%減であった。
- 参考値として、2024年の完成品とムーブメントの合計の出荷は、数量6.4百万個（前年比9%減）、金額148億円（同7%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]

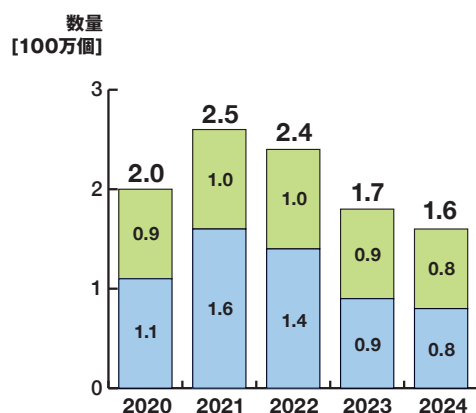


図11

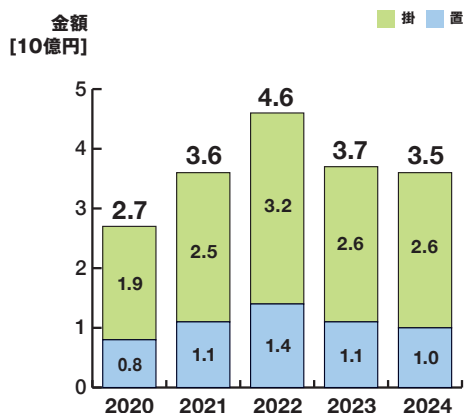


図12

2-4 2024年の日本のクロック完成品輸出 [地域別構成比]

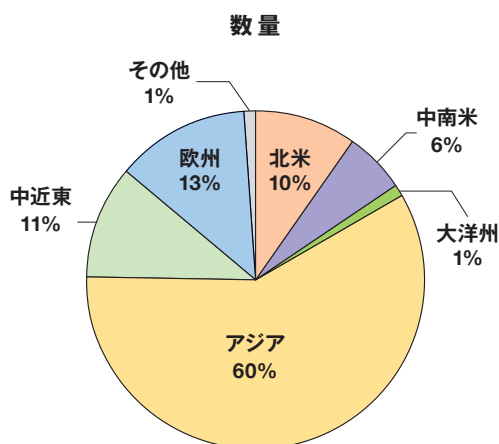


図13

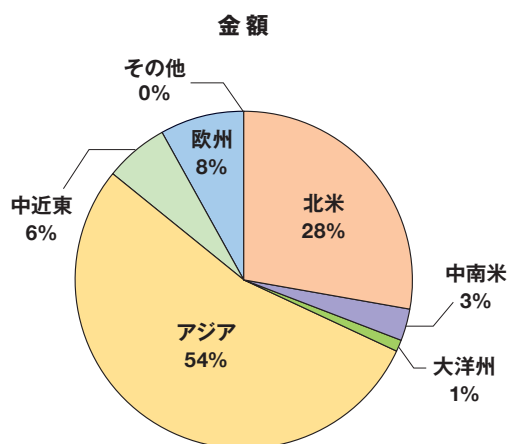


図14

- 2024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1.6百万個で前年比9%減、金額35億円で同5%減であった。
- 完成品の主な輸出先の対前年金額比較では、北米が17%減、アジアが3%減であった。

*輸出は海外からの出荷を含む。

2-5 日本のクロック完成品国内出荷の推移 [機種別]

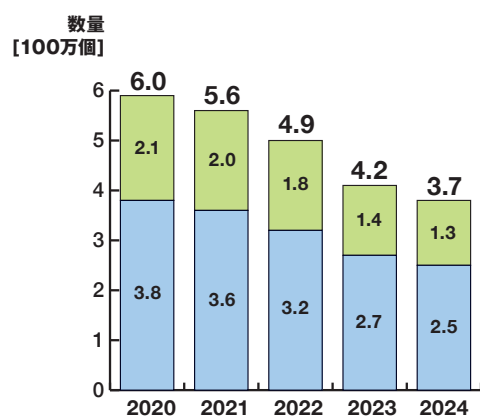


図15

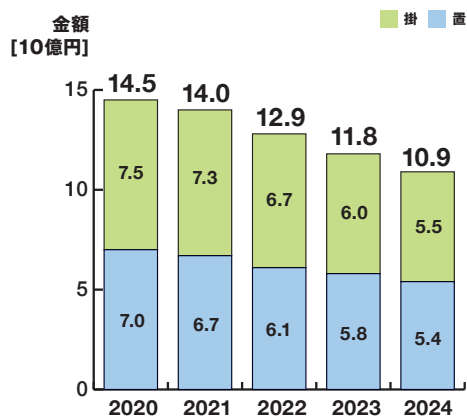


図16

- 2024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3.7百万個で前年比10%減、金額は109億円と同8%減であった。

研究会報告

GNSS の現状と今後の動向

講師 湯浅 明弘 氏

ポジション株式会社 GNSS 事業部 取締役

参加者 15 名 (正会員 7 名, 非会員 8 名)

セイコータイムクリエーション(株) 3 名 (正会員 1 名, 非会員 2 名)

シチズン時計(株) 2 名 (正会員 1 名, 非会員 1 名)

セイコーウォッチ(株) 1 名 (非会員 1 名)

セイコーエプソン(株) 1 名 (正会員 1 名)

東海大学 1 名 (正会員 1 名)

東京都立産業技術高等専門学校 1 名 (正会員 1 名)

その他 1 名 (正会員 1 名)

リズム(株) 5 名 (正会員 1 名, 非会員 4 名)

司会 鳴野 彰従 リズム株式会社 商品開発設計部

日時 2024 年 11 月 15 日 (金) 14:00 ~ 15:40

場所 中央大学後楽園キャンパス 2735 教室 及びオンライン(Webex ミーティング)にて開催

協賛学会 (一社)エレクトロニクス実装学会, (公社)計測自動制御学会, (公社)精密工学会,
(一社)電子情報通信学会, (公社)日本磁気学会, (一社)日本機械学会,
(公社)日本設計工学会, (一社)日本ロボット学会

講演概要 GPS, GNSS は現在ではカーナビ, ウォッチ, スマートフォンなど民生機器や 建機, 農機, 測量機器などの産業機器まで幅広く利用されている。

また, 日本の衛星としては 2018 年 11 月より 4 機体制でサービスを開始したみちびきが 2024 年度から 2025 年度にかけて順次衛星を打ち上げ 2026 年度から 7 機体制となり, より高精度のデータを活用したサービス開始が計画されている。

GNSS の現状と今後の動向に関してご講演いただいた。

第1部 講演

GNSS の測位の原理

受信機への電波到達時刻から衛星までの距離を測定します。

測位の手順は次の通りです。

1. 各衛星の位置はエフェメリスデータに乗って受信機に伝達
2. 座標 X,Y,Z 及び Time の未知解を得る為に 4 機以上の衛星からのエフェメリスデータを集める
3. 4 次元連立方程式を解く

測位方式

GNSS の位置測位には、複数の方式がある。

「単独測位」

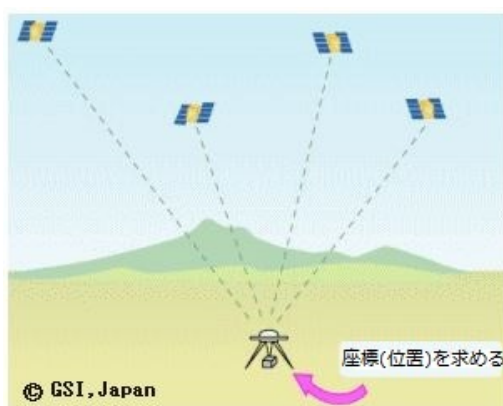
一般的で安価な方法。受信機単独で位置算出する。

「相対測位」

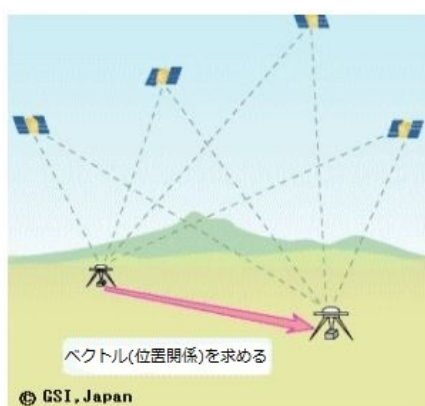
受信機 2 点間の相対的な関係を用いて時間誤差

(人口衛星位置誤差・対流圏・電離層遅延)を

キャンセルし、高精度な位置を算出する。



単独測位
(受信機は1台、衛星は4個以上)



相対測位
(受信機は2台以上同時測定)

「DGNSS」・・・(精度:2m)

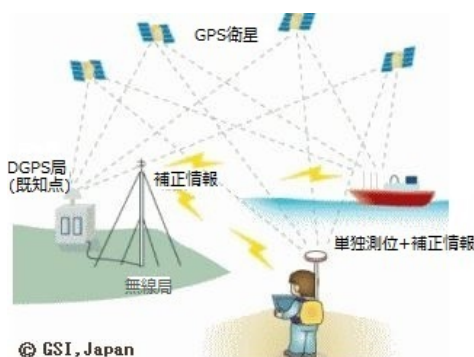
両点で単独測位を行い、基準局で観測された座標値の差を求め、観測点に補正情報を送信。
海上保安庁の中波ビーコンを使用した RTCM, 衛星から送信される SBAS の 2 種類がある。

「RTK-GNSS」・・・(精度:1cm 以下)

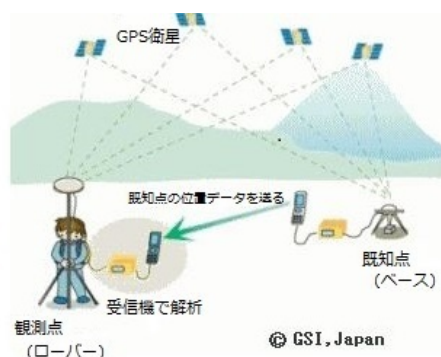
基準局と受信機の位相差から位置情報を計算する。固定点での測量で使用される。

「ネットワーク型 RTK」・・・(精度 2～20cm)

位置情報サービスが提供する電子基準点の補正情報をリアルタイムに受信し誤差の補正を行う。



DGPS測位



RTK-GPS測位

測位の種類

GNSS 衛星から送られてくる航法メッセージにはエフェメリス(衛星時刻や個々の衛星の詳細な軌道情報)とアルマナック(全ての衛星の大まかな軌道情報)の 2 種類の情報を持っています。

測位を開始しようとしたタイミングで受信機が持っている航法メッセージの種類によって、測位までの時間が変わります。

「コールドスタート」

航法メッセージが無い状態からの測位。測位までは約 60 秒かかる。

「ウォームスタート」

アルマナックデータのみ持っている状態からの測位。測位までは約 40 秒かかる。

「ホットスタート」

アルマナックデータとエフェリスデータを持っている状態からの測位。測位までは約 6 秒かかる。

また、エフェリスデータを工夫し生成することで、ホットスタートを行う方法がある。

・自己生成型拡張エフェリス

受信機単体でエフェリスの揺らぎを計算し、最大 3 日程度有効なエフェリスデータを生成する。

・サーバ生成型拡張エフェリス

GNSS チップメーカーが提供するサーバで、より高精度なエフェリス予測を行い、最長で 14～28 日程度まで有効なエフェリスデータを生成する。

・AGPS

スマートフォンのように通信回線に接続できる場合は、各通信会社などの SUPL サーバから現在のエフェリスデータを取得する。

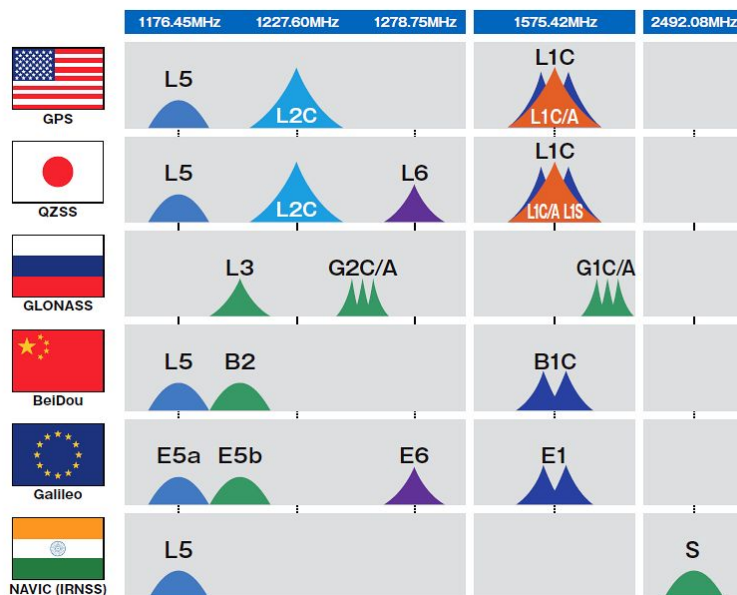
運用中の GNSS 衛星群

現在 GNSS 衛星層数は 100 機以上となっている。

各国の衛星は GPS の L1C/A 信号を基本としており、ほとんどの GNSS 受信機がこの電波を基本に位置演算を行っている。

そのため、衛星数が増えすぎてしまっていることから、電波が混信する懸念が発生しており、GPS 衛星と干渉しない新たな変調方式が必要になってきている。

現在のトレンドは L1+L5 の 2 周波による測位となっており、電離層補正とチップレート改善で高精度化してきている。



みちびきの概要

日本の準天頂衛星で、2018 年 11 月に 4 機体制でサービスを開始した。

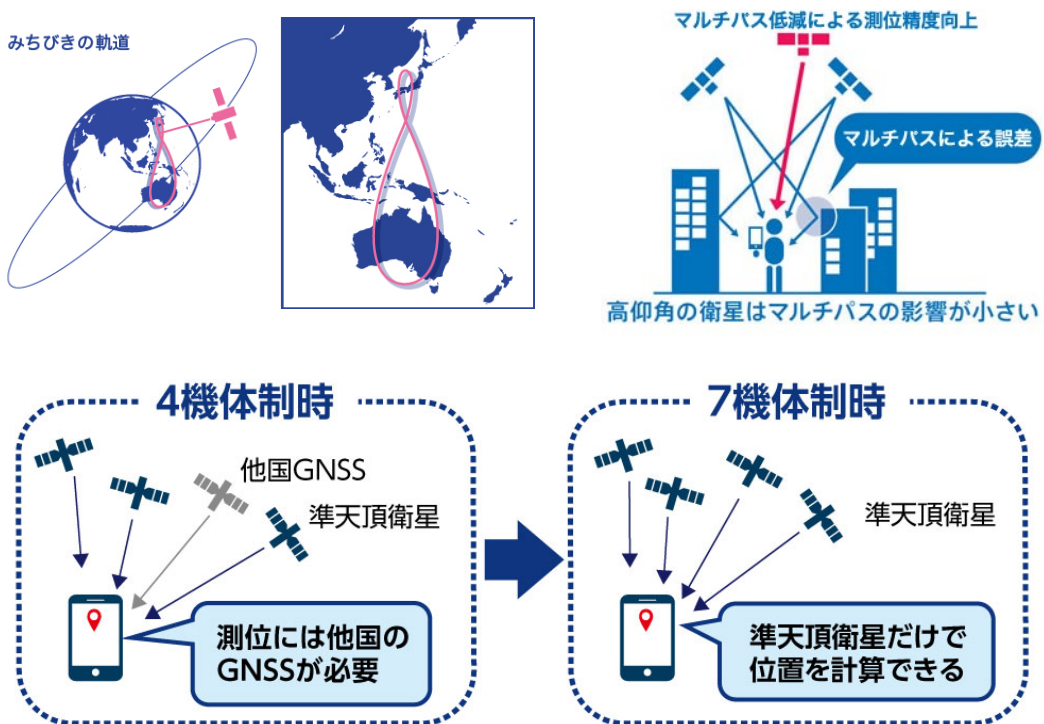
GPS 信号を補い、サービスを安定化させている。

みちびきの特徴として、サブメートル測位が可能(L1S:1575MHz)、災害・危機管理情報の利用が可能(L1S:1575MHz)、センチメートル級測位が可能(L6:1278MHz)、というものが挙げられる。

日本においては、衛星の軌道の関係で比較的仰角が高いためマルチパスの影響が小さい。

2026 年運用開始目標で 7 機体制に向けた研究が進んでいる。2030 年代後半には 11 機体制を目指している。

現在の 4 機体制では測位に他国の GNSS が必要だが、7 機体制になると、準天頂衛星だけで位置計算ができる。



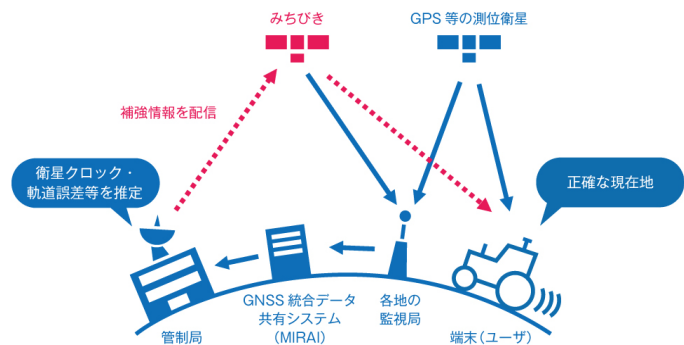
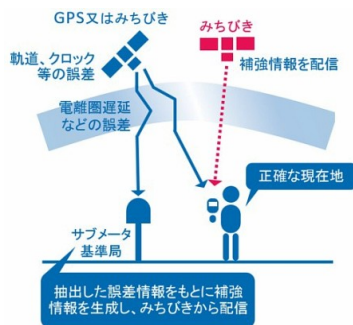
みちびきを利用した測位

「サブメーター級測位」

電離層遅延による誤差の補強情報を1周波(L1S)で送信し、測位精度の向上を行える。

「センチメートル級測位サービス (MADOCA-PPP)」

GNSS 監視局網の監視データを衛星が受信し、L6 信号として補正データ送信し、測位の精度を向上させる。基地局から離れた洋上などでの測位に有効である。



GNSS の近年のニーズ・課題

「ニーズと取り組み例」

- ・精度を上げたい

GNSS データを他のセンサー(ジャイロスコープ, 加速度計など)と組み合わせて精度を向上させる。

- ・屋内で測位したい

Wi-Fi,ビーコン,UWB 等あるが精度に課題がある。Bluetooth5.1 で発表された受信信号の角度を利用して位置を推定する AoA(Angle of Arrival)技術で屋内においてもより高い精度で測位させる。

「課題」

- ・衛星の種類が増え、周波数帯域が広がったためノイズの影響を受けやすくなった。また、受信アンテナが大型化した。これによってモジュールの小型化が困難となっている。
- ・チップの高性能化, 低機能チップの EOL によって価格が上昇している。
- ・演算処理が複雑で消費電流が多い。そのため低消費電力化がトレンドとなっている。
- ・みちびきが 7 機体制になる場合は米国からの混信の影響があるため、従来の L1C/A 信号から L1C/B 信号に変更する必要がある。

画像出典 : 国土地理院ウェブサイト 及び qzss.go.jp

第2部 質疑・応答

質問：L1C/A から L1C/B に変更となった場合、従来の受信機は使用できなくなるのか

回答：何かしらの対策が必要。ポジション社のモジュールでは、ファームウェアのカスタムも行っているため対応が可能。

質問：みちびきを使えばビル谷間の谷間などでも位置測位が可能か

回答：可能。ただし、従来の衛星よりも影響は少ないが、ビルによる反射によるマルチパスの誤差がある場合、補正が必要な場合がある。

質問：AoA で使用されているロケータはいくらくらいか

回答：そこまで高くなく、十数万円程度だったと記憶している。

質問：AoA でロケータと受信機の角度を算出して屋内測位を行うとのことだったが、
そもそもどうやって角度を算出するのか

回答：ロケータには多数のアンテナを備えたアンテナアレーを持っており、
それらを用いることで行っている。

他にも沢山の質疑応答や情報交換が行われたが、紙面の都合により割愛させていただく。

以上

会 報

一般社団法人 日本時計学会
2025年度 事業計画書
(自 2025年1月1日～至 2025年12月31日)

I. 事業計画

1. 学術講演会, 研究会, 見学会等の開催

[1] マイクロメカトロニクス学術講演会

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

[2] 研究会

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

[3] 見学会

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

2. 時計及び時計応用技術に関する研究調査分科会

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

[1] 名称:「機械式時計の組立・修理を行う AI ロボット」

(主査: 木村 南 東京都立産業技術高等専門学校非常勤講師・本学会理事)

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

2025年度はAI技術の応用事例・AIロボット研究について特別研究会を実施する.

[2] 時計技術解説

機械式時計の技術を後世に残すことを目的に, 「時計技術解説シリーズ機械式時計」として, 学会誌マイクロメカトロニクスにおいて12回の連載を実施する.

2025年度は, マイクロメカトロニクス Vol. 69, No. 232 と Vol. 69, No. 233 において, 2回の連載を実施する.

3. 学会誌, 学術図書等の刊行

[1] 学会誌「マイクロメカトロニクス」を下記のとおり年2回発行する.

Vol. 69, No. 232 : 2025年6月, 250部

Vol. 69, No. 233 : 2025年12月, 250部

学会誌を魅力的なものとする取り組みとして特集記事を掲載する.

[2] 学術講演会講演論文集を年1回発行する.

マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集 : 2025年9月, 電子配布

4. 研究の奨励及び研究業績の表彰

[1] 青木賞.

青木賞表彰委員会を設け、2023 年度および 2024 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 59 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 59 回青木賞贈呈式を行う.

[2] ベストプレゼンテーション賞

マイクロメカトロニクス学術講演会における優秀な講演発表者に対し、第 8 回ベストプレゼンテーション賞をマイクロメカトロニクス学術講演会の技術交流会において授与する.

5. 内外関係機関等との交流及び協力

[1] 国内機関との交流

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

科学技術振興機構へ学会誌の電子データを提供する. 日本時計学会は平成 18 年 5 月 9 日付で日本学術会議より協力学術研究団体として指定を受けている.

[2] 外国機関との交流

スイス時計学会 SSC: Société Suisse de Chronométrie との機関誌等の情報交換を行なう.

[3] 関係学会との協賛

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

II. 会議に関する事項

1. 理事会を 6 回以上開催する.
2. 定時社員総会を 3 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.

収支予算計算書

一般社団法人 日本時計学会

		2024年度		2025年度	自 2025年1月1日 至 2025年12月31日 (単位:円)
新会計基準 (新科目)	合計	予算額	決算	予算額	備考
【収入の部】					
売上高		3,392,000	3,529,000	3,610,000	
受取入会金		5,000	6,000	5,000	例年並 (新規入会 5 名)
正会員受取会費		650,000	635,000	635,000	会員数現状維持
学生会員受取会費		2,000	1,000	1,000	会員数現状維持 (1名)
賛助会員受取会費		2,000,000	2,000,000	2,000,000	会員数現状維持 (80口14社)
研究会収入		120,000	218,000	294,000	
通常研究会		78,000	162,000	120,000	(会員@2000×10名、非会員@4000×10名) × 2 回
特別研究会		42,000	56,000	174,000	(会員@3000×10名、非会員@6000×10名) × 2 回
講演会収入		600,000	654,000	660,000	会員@4000×30名、非会員@6000×40名、協賛30万
学会誌収入		15,000	15,000	15,000	昨年並 (3 書店×各 2 冊/年×@2500)
営業外収入		552,120	611,079	612,060	
受取利息		200	309	300	昨年並
雑収入		552,000	610,770	611,760	
広告収入		440,000	550,000	550,000	昨年並 (カラー 2 頁+白黒 3 頁)
著者抄録使用料		2,000	1,760	1,760	昨年並
著作権使用料等		110,000	59,010	60,000	昨年並
収入 計		3,944,120	4,140,079	4,222,060	
【支出の部】					
販売管理費	○	4,376,103	4,396,801	4,595,893	
事務委託費	○	1,500,000	1,470,096	1,500,000	昨年並
印刷製本費	○	630,000	705,254	705,000	
制作費		586,000	650,254	650,000	昨年並 (発行部数: 250部、ページ数: 昨年並)
広告手数料		44,000	55,000	55,000	昨年並 (カラー 2 頁+白黒 3 頁)
諸謝金	○	77,959	77,959	144,781	
特別(講演/研究)		33,411	33,411	100,233	2025年から特別研究会は増額 (資料配布付き)
通常研究会		44,548	44,548	44,548	昨年並 (2 回分)
雑給	○	72,000	69,410	79,200	
学会誌発送/発行		36,000	33,410	36,000	昨年並 (2 回分)
受付業務		36,000	36,000	43,200	学術講演会 + 研究会 2 回 + 特別研究会 2 回
外注費	○	434,000	507,320	414,000	
J-STAGE変換		60,000	34,320	40,000	昨年並 (@ 2 万×2 回)
会計事務所		374,000	374,000	374,000	月額2.2万×12ヶ月+決算11万/年
その他		0	99,000	0	昨年はサーバー移転の特別費用発生
広告宣伝費	○	132,000	132,000	132,000	昨年並
会議費	○	200,000	141,200	180,000	
学術講演会関連		200,000	141,200	160,000	例年並 (学術講演会弁当代、技術交流会)
特別研究会関連		0	0	20,000	新設 (特別研究会経費@1万×2回)
旅費交通費	○	30,000	52,636	70,000	例年分 + (研究会講師交通費@ 2 万×2回)
通信費	○	181,336	138,301	147,350	
NTT&ネット		51,000	50,575	51,000	昨年並
会計ソフト		72,336	39,336	39,336	昨年並
キャリアソフト		5,000	160	1,914	昨年並 (3 年契約)
往復はがき		20,000	14,400	22,100	はがき価格増 (126→170円) ×130名
学会誌送料		33,000	33,280	33,000	昨年並
その他		0	550	0	
消耗品費	○	30,000	16,532	30,000	
水道光熱費	○	50,000	42,306	45,000	
電気代		28,000	20,130	22,000	昨年並
水道代		22,000	22,176	23,000	昨年並
支払手数料	○	15,000	17,490	17,000	昨年並
賃借料	○	1,005,312	1,005,312	1,101,562	
家賃		1,005,312	1,005,312	1,005,312	賃借料(共益費込) = 84,436
更新料		0	0	96,250	2025年5月更新
保険料	○	3,496	5,015	5,000	事務所火災保険
租税公課	○	0	0	10,000	
源泉分離課税		0	34	34	利子に関する税金
理事登記費用		0	0	10,000	印紙代
雑費	○	15,000	15,970	15,000	青木賞メダル、ベストプレゼン賞賞状など
営業外支出		0	0	0	
法人税等		70,000	70,000	70,000	都税
支出 計		4,446,103	4,466,801	4,665,893	
収支差額		-501,983	-326,722	-443,833	

一般社団法人 日本時計学会
2024年度 事業報告書
(自 2024年1月1日～至 2024年12月31日)

I. 事業の状況

1. 学術講演会、研究会、見学会等の開催

[1] マイクロメカトロニクス学術講演会

日 時 : 2024年9月17日(火) 13:00～17:00
会 場 : 中央大学 後楽園キャンパス 5号館 5233号室
および、オンラインによるハイブリッド開催

プログラム

- ・講演発表 : 6件
- ・特別講演 : 1件

テーマ:「時計デザインの変調と変わる製品設計」

講師 : 時計 Web メディア「Hodinkee」日本版編集長 関口 優 氏

参加者 : 69名

[2] 研究会

① 春季研究会 :

テーマ: 次世代 電源 全固体電池 の 現状 と 今後の展望

講師: マクセル 株式会社 新事業統括本部 担当 本部長 山田 将之 氏

日時: 2024年4月12日(金) 14:00～15:40

会場: 中央大学 後楽園キャンパス 2号館 2215・2221号室(製図室)
および、オンラインによるハイブリッド開催

参加者: 36名(会場: 13名, オンライン: 23名)

② 秋季研究会 :

テーマ: GPS/GNSS の現状と今後の動向

講師: ポジション株式会社

GNSS 事業部 取締役 湯浅 明弘 氏

日時: 2024年11月15日(金) 14:00～15:30

会場: 中央大学 後楽園キャンパス 2号館 2735号室
および、オンラインによるハイブリッド開催

参加者: 15名

[3] 見学会 :

見学先:「ヒコみづのジュエリーカレッジ」

日時: 2023年6月14日 9:50～11:30

参加者: 22名

2. 時計及び時計応用技術に関する研究調査分科会

2024年度は次の特別研究会1件で、概要は以下の通りである。

[1] 名称:「職人技を超える難作業の自動化に挑むロボット技術の最前線」

熟練者による手先作業や目視による色検査の自動化を可能にする独創のテクノロジー
(主査：木村 南 東京都立産業技術高等専門学校・本学会理事)
講師：エプソン販売株式会社企画推進課 鹿島氏・梶田氏
日時：2024年8月30日(金) 13:00～15:00、見学会 15:00～16:00
会場：セイコーエプソン株式会社・豊科事業所

参加者：12名

[2] 時計技術解説

機械式時計の技術を後世に残すことを目的に、「時計技術解説シリーズ機械式時計」として、学会誌マイクロメカトロニクスにおいて12回の連載を実施する。

2024年度の連載は、以下の通りである。

・自動巻き : マイクロメカトロニクス Vol. 68, No. 230

また、本連載および、既に連載を終了した「時計技術解説シリーズクォーツ時計」の書籍化に向けて検討を開始した。

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. 68, No. 230 : 2024年6月, 250部

Vol. 68, No. 231 : 2024年12月, 250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(pdf) : 2024年9月, オンラインで配布

4. 研究の奨励及び研究業績の表彰

[1] 青木賞

第58回青木賞選考は、2022年度および2023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8編に対して、選考委員7名による予備審査と表彰委員4名による本審査の2段階で行われた。その結果、下記論文を第58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58回青木賞表彰論文：

「年差±1秒の光発電ムーブメントの開発」

2022年度 Vol.66, No.227

著者：長瀬智氏(シチズン時計株式会社)

- 推薦理由：予備審査を通過した論文は、どれも優れたものであったが、本論文は、本学会の学術論文として独創性、有用性、困難性のすべてにおいて高い評価を受け、総合評価でも最高得点を得た。

[2] ベストプレゼンテーション賞

2018年度より、優秀な講演発表者を表彰する日本時計学会ベストプレゼンテーション賞(英文名：HIJ Best Presentation Award)を新設した。下記の講演に対して、第7回ベストプレゼンテーション賞を授与した。

タイトル：月齢自動計算機能「ルナプログラム」を搭載したムーブメントの開発

所属：シチズン時計株式会社

講演者：原口大輔氏、宮原太郎氏

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」を納本した。また、科学技術振興機構へ学会誌の電子データを提供した。

日本時計学会は平成 18 年 5 月 9 日付けで日本学術会議より協力学術研究団体として指定を受けている。

[2] 外国機関との交流

スイス時計学会(SSC: Société Suisse de Chronométrie)へ学会誌を寄贈した。

[3] 関係学会との協賛

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

6. その他、学会の目的を達成する為に必要な事業

特に無し。

Ⅱ. 処務の概要

1. 役員等に関する事項

一般社団法人 日本時計学会 役員名簿

2024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	大隅 久	非常勤	2023年3月3日	無し	業務総括	中央大学
業務執行理事	重城 幸一郎	非常勤	2023年3月3日	無し	代表理事補佐 事務局（経理）	セイコーウォッチ（株）
業務執行理事	横山 正尚	非常勤	2023年3月3日	無し	事務局（総務）	セイコータイムクリエーション(株)
理事	足立 武彦	非常勤	2023年3月3日	無し	編集担当	
理事	今村 美由紀	非常勤	2023年3月3日	無し	編集委員長 青木賞・企画担当	セイコータイムクリエーション(株)
理事	木村 南	非常勤	2023年3月3日	無し	企画委員長 広報担当	東京都立産業技術高等専門学校
理事	佐々木 健	非常勤	2023年3月3日	無し	編集・事業担当	
理事	土肥 徹次	非常勤	2023年3月3日	無し	事業委員長 編集担当	中央大学
理事	永田 洋一	非常勤	2023年3月3日	無し	編集副委員長	シチズン時計(株)
理事	中川 誠	非常勤	2023年3月3日	無し	事業担当	カシオ計算機
理事	中島 悦郎	非常勤	2023年3月3日	無し	広報・企画担当	パイテックインターナショナル（株）
理事	中宮 信二	非常勤	2023年3月3日	無し	広報・編集 事業担当	セイコーエプソン（株）
理事	増田 純夫	非常勤	2023年3月3日	無し	編集担当	

監事	岸 良一	非常勤	2023年3月3日	無し	—	一般社団法人 日本時計協会
監事	吉村 靖夫	非常勤	2023年3月3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 2024年3月1日 (定時社員総会前)	・定時社員総会議案についての確認 - 1号議案 2023年度収支決算及び事業報告 - 2号議案 2024年度予算及び事業計画 - 3号議案 理事および監事の選任 ・出版編集関係 ・新入会員の承認 ・監事からの提案について	提案内容承認 承認 承認 継続審議
第2回理事会 同 3月1日 (定時社員総会后)	・定時社員総会議案についての確認 ・新任の運営委員の選任 ・2024年度の体制について ・2024年度春季研究会について ・2024年度見学会について ・2024年度理事会の日程について ・監事からの提案について	確認 承認 審議・承認 継続審議 継続審議 承認 継続審議
第3回理事会 同 4月12日	・出版編集関係 ・2024年度春季研究会について（速報） ・2024年度見学会について ・マイクロメカトロニクス学術講演会について ・青木賞選考について ・特別研究会について ・時計技術解説出版について	承認 承認 継続審議 継続審議 承認 継続審議 継続審議
第4回理事会 同 6月14日	・出版編集関係 ・第58回青木賞選考の経緯と表彰論文の推薦について ・マイクロメカトロニクス学術講演会について ・2024年度春季研究会実施報告 ・2024年度見学会について（速報） ・2024年度秋季研究会について ・特別研究会について ・時計技術解説出版について ・新入会員の承認	承認 審議・承認 審議・承認 承認 継続審議 承認 継続審議 継続審議 承認
第5回理事会 同 9月15日	・出版編集関係 ・2024年度見学会実施報告 ・2024年度秋季研究会について ・特別研究会実施報告 ・2024年度以降のベストプレゼンテーション賞について ・時計技術解説出版について	承認 承認 継続審議 承認 承認 継続審議
第6回理事会(以降予定) 同 11月15日	・出版編集関係 ・定時社員総会議案検討 ・マイクロメカトロニクス学術講演会実施報告 ・ベストプレゼンテーション賞の審査結果報告 ・2024年度秋季研究会実施報告（速報） ・時計技術解説出版について	承認 継続審議 承認 承認 承認 継続審議

第 7 回理事会 同 12 月 13 日	・ 新任運営委員の推薦 ・ 出版編集関係 ・ 定時社員総会議案確認 ・ 2024 年度決算見込, 2025 年度収支予算案 ・ 2024 年度事業報告, 2025 年度事業計画 ・ 2024 年度秋季研究会実施報告 ・ 2025 年度研究会・見学会幹事について ・ 2025 年度春季研究会について ・ 2025 年度特別研究会（案）について	承認 承認 継続審議 継続審議 継続審議 承認 承認 継続審議 継続審議
-------------------------	---	--

[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 2024 年 3 月 1 日	・ 1 号議案 2023 年度収支決算及び事業報告・監査報告 ・ 2 号議案 2024 年度予算および事業計画	承認 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

該当なし.

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	2024 年度末	2023 年度末	増減数
正会員	122 (名)	132 (名)	-10 (名)
賛助会員	14 (社)	13 (社)	+1 (社)
学生会員	1 (名)	3 (名)	-2 (名)
計	137	148	-11

*2024 年度末の会員数は 12 月度理事会承認後

8. その他重要事項

該当なし.

収支計算書

一般社団法人 日本時計学会

自 2024年1月1日 至 2024年12月31日 (単位:円)

新会計基準 (新科目)	予算額	決算	差異	備考
【収入の部】				
売上高	3,392,000	3,529,000	137,000	
受取入会金	5,000	6,000	1,000	
正会員受取会費	650,000	635,000	-15,000	会員減 (▲3名)
学生会員受取会費	2,000	1,000	-1,000	会員減 (▲1名)
賛助会員受取会費	2,000,000	2,000,000	0	
研究会収入	120,000	218,000	98,000	研究会 (固体電池) 効果 (平均20名に対し36名)
講演会収入	600,000	654,000	54,000	非会員の参加者増 (前年:32名⇒当年:41名)
学会誌収入	15,000	15,000	0	
営業外収入	552,200	611,079	58,879	
受取利息	200	309	109	
雑収入	552,000	610,770	58,770	
広告収入	440,000	550,000	110,000	カラー1→2頁+白黒4→3頁
著者抄録使用料	2,000	1,760	-240	
著作権使用料等	110,000	59,010	-50,990	海外委託留保分取り崩し終了による減額 (▲5万)
収入 計	3,944,200	4,140,079	195,879	
【支出の部】			0	
販売管理費	4,376,103	4,395,769	19,666	
事務委託費	1,500,000	1,470,096	-29,904	
印刷製本費	630,000	705,254	75,254	印刷経費増 (約3万円×2回)
諸謝金	77,959	77,959	0	講師謝礼 (研究会2回+学術講演会1回)
雑給	72,000	69,410	-2,590	学生バイト時給増
外注費	434,000	507,320	73,320	
J-STAGE変換	60,000	34,320	-25,680	学会誌ページ減
会計事務所	374,000	374,000	0	
その他	0	99,000	99,000	学会サーバー変更 (精密工学会要請による)
広告宣伝費	132,000	132,000	0	HP維持費用
会議費	200,000	141,200	-58,800	学術講演会弁当代、技術交流会
旅費交通費	30,000	51,636	21,636	研究会講師分増
通信費	181,336	138,235	-43,101	
NTT&ネット	51,000	50,575	-425	
学会誌発送料	33,000	33,280	280	
会計ソフト	72,336	39,336	-33,000	会計ソフトの契約プラン変更
往復はがき	20,000	14,400	-5,600	
セキュリティソフト	5,000	94	-4,906	3年契約による年会費削減
その他	0	550	550	切手代
消耗品費	30,000	16,532	-13,468	
水道光熱費	50,000	42,306	-7,694	
電気代	28,000	20,130	-7,870	事務所省エネ活動効果
水道代	22,000	22,176	176	
支払手数料	15,000	17,490	2,490	
賃借料	1,005,312	1,005,312	0	
家賃	1,005,312	1,005,312	0	
更新料	0	0	0	
保険料	3,496	5,015	1,519	火災保険 (保険期間の差異)
租税公課	0	34	34	
源泉分離課税	0	34	34	利子に関する税金
登記印紙税	0	0	0	
雑費	15,000	15,970	970	
営業外支出	0	0	0	
法人税等	70,000	70,000	0	都税
支出 計	4,446,103	4,465,769	19,666	
収支差額	-501,903	-325,690	176,213	

決 算 報 告 書

2024 年度

自 2024年 01月01日

至 2024年 12月31日

貸借対照表

2024年12月31日 現在

一般社団法人 日本時計学会

(単位： 円)

資 産 の 部		負 債 の 部	
科 目	金 額	科 目	金 額
【流動資産】	2,567,944	【流動負債】	210,000
現 金 及 び 預 金	2,564,059	未 払 法 人 税 等	70,000
前 払 費 用	3,873	前 受 会 費	140,000
未 収 入 金	12	負 債 の 部 合 計	210,000
【固定資産】	5,943,734	純 資 産 の 部	
有 形 固 定 資 産	500,000	【株主資本】	8,301,678
定期預金（基本財産）	500,000	利 益 剰 余 金	8,301,678
投 資 そ の 他 の 資 産	5,443,734	そ の 他 利 益 剰 余 金	8,301,678
敷 金	140,000	繰 越 利 益 剰 余 金	8,301,678
長 期 前 払 費 用	3,734		
定期預金（固定）	5,300,000	純 資 産 の 部 合 計	8,301,678
資 産 の 部 合 計	8,511,678	負 債 及 び 純 資 産 の 部 合 計	8,511,678

損 益 計 算 書

2024年01月01日 ～ 2024年12月31日

一般社団法人 日本時計学会

(単位： 円)

科 目	金 額	
【売上高】		
受 取 入 会 金	6,000	
正 会 員 受 取 会 費	635,000	
学 生 会 員 受 取 会 費	1,000	
賛 助 会 員 受 取 会 費	2,000,000	
研 究 会 収 入	218,000	
講 演 会 収 入	654,000	
学 会 誌 収 入	15,000	
売 上 高 計		3,529,000
売 上 総 利 益		3,529,000
【販売管理費】		
販 売 管 理 費 計		4,395,769
営 業 利 益		-866,769
【営業外収益】		
受 取 利 息	309	
雑 収 入	610,770	
営 業 外 収 益 計		611,079
経 常 利 益		-255,690
税 引 前 当 期 純 利 益		-255,690
【法人税等】		
法 人 税 等	70,000	
法 人 税 等 計		70,000
当 期 純 利 益		-325,690

販売費及び一般管理費内訳書

2024年01月01日 ～ 2024年12月31日

一般社団法人 日本時計学会

(単位： 円)

科 目	金 額
事務委託費	1,470,096
雑給	69,410
外注費	507,320
広告宣伝費	132,000
会議費	141,200
旅費交通費	51,636
通信費	138,235
消耗品費	16,532
水道光熱費	42,306
支払手数料	17,490
賃借料	1,005,312
保険料	5,015
租税公課	34
諸謝金	77,959
印刷製本費	705,254
雑費	15,970
販売管理費計	4,395,769

個 別 注 記 表

2024年01月01日 ～ 2024年12月31日

一般社団法人 日本時計学会

1. この計算書類は、「中小企業の会計に関する基本要領」によって作成しています。
2. 重要な会計方針に係る事項に関する注記
・消費税等の会計処理
消費税等の会計処理は、税込方式によっています。

損益計算書

一般社団法人 日本時計学会

自 2024年1月1日 至 2024年12月31日

勘定科目	収益	非収益	合計	備考
売上高による部門割合	25.96%	74.04%	100%	
[売上高]				
受取入会金	0	6,000	6,000	
正会員受取会費	323,190	311,810	635,000	
賛助会員受取会費	121,623	1,878,377	2,000,000	
学生会員受取会費	3,964	-2,964	1,000	
研究会収入		218,000	218,000	
講演会収入		654,000	654,000	
学会誌収入	15,000	0	15,000	
売上高合計	463,777	3,065,223	3,529,000	
[売上原価]	0		0	
期首商品棚卸高			0	
当期商品仕入高			0	
合計			0	
期末商品棚卸高			0	
売上原価			0	
売上総損益金額	463,777	3,065,223	3,529,000	
[販売管理費]			0	
事務委託費	381,588	1,088,508	1,470,096	
印刷製本費	705,254	0	705,254	
諸謝金	0	77,959	77,959	
雑給	33,410	36,000	69,410	
外注費	157,095	350,225	507,320	
広告宣伝費	34,263	97,737	132,000	
会議費	36,651	104,549	141,200	
旅費交通費	5,840	45,796	51,636	
通信費	60,523	77,712	138,235	
消耗品費	4,291	12,241	16,532	
水道光熱費	10,981	31,325	42,306	
支払手数料	4,540	12,950	17,490	
賃借料	260,946	744,366	1,005,312	
保険料	1,302	3,713	5,015	
租税公課	0	34	34	
雑費	0	15,970	15,970	
販売管理費計	1,696,684	2,699,085	4,395,769	
営業損益金額	-1,232,907	366,138	-866,769	
[営業外収益]			0	
受取利息	81	228	309	
雑収入	610,770	0	610,770	
営業外収益合計	610,851	228	611,079	
[営業外費用]			0	
営業外費用合計			0	
経常損益金額	-622,056	366,366	-255,690	
[特別利益]			0	
特別利益合計			0	
[特別損失]			0	
特別損失合計			0	
[当期純損益]			0	
税引前当期純損益金額	-622,056	366,366	-255,690	
法人税等	70,000	0	70,000	
当期純損益金額	-692,056	366,366	-325,690	

一般社団法人 日本時計学会 2024 年 11 月度 理事会議事録
－ 2024 年度 第 6 回理事会 －

（記録：横山 正尚 2024 年 11 月 15 日）

1. 開催日時：2024 年 11 月 15 日（金）16:00～17:00
2. 場所：中央大学後楽園キャンパス 2 号館 3735 教室，オンライン開催（Web 会議システムとして Webex を使用）
3. 出席者：

＜理事＞

大隅 久，重城 幸一郎，今村 美由紀，木村 南，横山 正尚（以上 5 名）

＜監事＞

岸 良一（以上 1 名）

以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した．

＜理事＞足立 武彦，中川 誠，中島 悦郎，中宮 信二，永田 洋一，増田 純夫（以上 6 名）

理事総数 13 名の過半数につき理事会成立

＜運営委員＞小笠原 健治，鳴野 彰従，萩田 拓史，藤井 浩司（以上 6 名）

以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した．

＜運営委員＞槌谷 和義，萩田 拓史，藤沢 照彦，松島 怜志（以上 4 名）

定刻，議長 代表理事 の大隅 久が開会を宣言した．議長は理事 足立 武彦，中川 誠，中島 悦郎，中宮 信二，永田 洋一，増田 純夫が Web 会議の方法により本理事会に出席する旨を説明し，Web 会議システムにより，出席者の音声と映像が即時に他の出席者に伝わり，出席者が一堂に会するのと同等に適時の確な意見表明が互いにできる状態となっていることを確認し，議事に入った．

4. 議事の経過の要領及びその結果

（1）2024 年 9 月度理事会議事録確認

9 月度（第 5 回）理事会の議事録（案）に問題ないことが確認された．

（2）出版編集関係（別紙資料配布 今村理事より説明）

マイクロメカトロニクス 2024 年 12 月号 (Vol. 68, No. 231) に向けて，入稿状況等の説明がされた．

- ・ 学術論文 校正中 2 件，内 1 件を採録予定．
- ・ 依頼原稿関連 入稿済み 7 件，校正中 1 件，入稿待ち 2 件

「時計技術解説」の連載について，著者都合により次号休載の予定．

（3）年度末に向けての確認

- ・ 定時総会，理事会の日程

定時総会：2025 年 3 月 7 日（金）開催予定．

2025 年度の理事運営委員会開催日を決定した．

総会資料案についてはメールで共有．また，来年度役員候補について検討を開始した．

（4）マイクロメカトロニクス学術講演会実施報告

- － 参加者：69 名（会員 28 名，一般 41 名）
- － 講演発表：6 件（第 1 セッション：3 件，第 2 セッション：3 件）
- － 特別講演「時計デザインの変調と変わる製品設計」
講師 時計 Web メディア「Hodinkee」日本版編集長 関口 優 氏

（5）ベストプレゼンテーション賞の審査結果報告（今村理事より報告）

2024 年度日本時計学会ベストプレゼンテーション賞の選考結果の詳細について報告がされた．

ベストプレゼンテーション賞受賞：

月齢自動計算機能「ルナプログラム」を搭載したムーブメントの開発
シチズン時計(株) 原口大輔氏，宮原太郎氏

(6) 2024 年度秋季研究会実施報告（速報）（幹事会社：リズム（株））

- ・テーマ：GPS/GNSS の現状と今後の動向
- ・日時：11/15（金）14:00～15:40
- ・会場：中央大学 2 号館 2735 教室およびオンライン。
- ・参加者 15 名(現地 8 名,正会員 7 名) 協賛 8 団体。

(7) 時計技術解説出版企画アンケートの中間まとめ（木村理事より報告）

企画委員内にて実施されたアンケートについて報告があった。

- ・若手時計技術者向けの教科書的な書籍の需要が確認された。
- ・一方で在庫リスクが高く，web 上での公開，オンデマンド出版などの手法を検討する方が良いとの意見が多く寄せられた。

2025 年度の継続課題とする。

(8) 2024 年度理事会の日程について

- ・2024 年 12 月 13 日（金）：第 7 回理事会

5. 報告事項

- ・会員数状況
入会：なし
退会：正会員 1 名，学生会員 1 名

会員数増減（2024.11.15 承認後）

正会員 122 名 学生会員 1 名 賛助会員 14 社（80 口）

以上をもって議案の審議等を終了したので，議長が午後 17 時 00 分に閉会を宣言し，解散した。

本日の Web 会議システムを用いた 2024 年 11 月度第 6 回理事会は，終始異状なく議題の審議を終了した。

以上

一般社団法人 日本時計学会 2024 年 12 月度 理事会議事録
－ 2024 年度 第 7 回理事会 －

（記録：横山 正尚 2024 年 12 月 13 日）

1. **開催日時**：2023 年 12 月 13 日（金）16:00～18:00
2. **場所**：中央大学後楽園キャンパス 2 号館 2215・2221 教室，オンライン開催（Web 会議システムとして Zoom を使用）
3. **出席者**：
<理事>大隅 久，重城 幸一郎，今村 美由紀，木村 南，佐々木 健，横山 正尚（以上 6 名）
以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した。
<理事>足立 武彦，中島 悦郎，中川 誠，永田 洋一，中宮 信二，増田 純夫（以上 6 名）

<監事>岸 良一（以上1名）

理事総数13名の過半数につき理事会成立

<運営委員>石井 慶子（新任）、小笠原 健治、 藤井 浩司（以上3名）

以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した。

<運営委員>越地 福朗、 嶋野 彰従、 槌谷 和義、 萩田 拓史、 藤沢 照彦、（以上5名）

定刻、議長 代表理事 の大隅 久が開会を宣言した。議長は理事足立 武彦、中島 悦郎、中川 誠、永田 洋一、中宮 信二、増田 純夫が Web 会議の方法により本理事会に出席する旨を説明し、Web 会議システムにより、出席者の音声と映像が即時に他の出席者に伝わり、出席者が一堂に会するのと同等に適時的確な意見表明が互いにできる状態となっていることを確認し、議事に入った。

4. 議事の経過の要領及びその結果

（1）2024 年 11 月度理事会議事録確認

1 月度（第 6 回）理事会の議事録（案）に問題ないことが確認された。

（2）新任運営員の推薦

大隅理事より、新任運営委員として以下の推薦があり、承認された。

石井 慶子 氏（中央大学）（正会員）

（3）出版編集関係（別紙資料配布 今村理事より説明）

マイクロメカトロニクス 2024 年 12 月号(Vol.68, No.231)が発行された。

また、マイクロメカトロニクス 2025 年 6 月号 (Vol. 69, No. 232) に向けて入稿状況等の説明がされた。

- ・研究／技術論文 校閲中 1 件
- ・依頼原稿関連 校正中 1 件、入稿待ち 7 件

マイクロメカトロニクス学術講演会で発表済みで、学会誌未掲載のものについて論文投稿を推進するよう各社に要望があった。

（4）定時社員総会議案確認（別紙資料配布、横山理事より説明）

定時社員総会の議案書が提示され、問題ないことが確認された。

また、会場とオンラインによる開催形式が提案され、承認された。

（5）2024 年度事業報告、2025 年度事業計画（別紙資料配布、横山理事より説明）

2024 年事業報告、2025 年事業計画等の資料の修正版が展開され、問題ない事が確認された。

（6）2024 年度決算見込、2025 年度予算（重城理事より説明）

2024 年度決算、2025 年度予算について説明があった。2025 年度予算について、特別講演会、研究会開催のために発生した費用については「会議費」として計上することとなった。

（7）2024 年度秋季研究会実施報告（嶋野運営委員より説明）

- テーマ：GPS/GNSS の現状と今後の動向
- 講師：ポジション株式会社 GNSS 事業部 取締役 湯浅明弘 氏
- 日時：2024 年 11 月 15 日（金） 14 時 00 分～15 時 40 分
- 会場：中央大学 後楽園キャンパス 2 号館 2735 教室およびオンライン開催
- 参加者：15 名（正会員：7 名、非会員：8 名）
- 収入：46,000 円／支出：25,874 円（講師謝礼、交通費、学生アルバイト）／差額：+20,126 円

（8）2025 年度の研究会、見学会幹事の件（別紙資料配布、藤沢運営委員より説明）

以下の幹事会社が提案され、承認された。

- ・研究会（春）：シチズン（株）
- ・研究会（秋）：セイコータイムクリエーション（株）
- ・見学会：セイコーウオッチ（株）

(9) 2025 年度春季研究会について (萩田運営委員より説明, 幹事会社: シチズン (株))

以下の開催案が提案され, 4 月度の開催に向けて次回理事会までに情報共有, メールベースで承認することとなった。

開催案: サークュラー・エコノミーに関連した講演 (タイトル未定)

(10) 日本時計学会 2025 年度特別研究会企画(案)について (別紙資料配布, 木村理事より説明)

以下の開催案が提案され, 開催に向けて進めることが確認された。

【タイトル】加工シミュレーションの高度化と AI 利活用の現状と展望

【講師】 SCSK 株式会社 プロダクト技術部 第四課 課長 星 雅人氏

(11) 次回理事会

・2025 年 3 月 7 日 (金) : 第 1 回理事会, 総会, 第 2 回理事会

5. 報告事項

- ・会員数状況
入会: なし
退会: なし

会員数増減 (2024.12.13 承認後)

正会員 122 名 学生会員 1 名 賛助会員 14 社 (80 口)

以上をもって議案の審議等を終了したので, 議長が午後 18 時 00 分に閉会を宣言し解散した。

本日の Web 会議システムを用いた 2024 年 12 月度第 7 回理事会は, 終始異状なく議題の審議を終了した。

以上

一般社団法人 日本時計学会 2025 年 3 月度 理事会議事録
— 2025 年度 第 1 回理事会 —

(記録: 横山 正尚 2025 年 3 月 7 日)

1. 開催日時: 2025 年 3 月 7 日 (金) 16:00~16:45

2. 場所: 中央大学後楽園キャンパス 2 号館 2 階 製図室, オンライン開催 (Web 会議システムとして Webex を使用)

3. 出席者:

<理事>大隅 久, 重城 幸一郎, 今村 美由紀, 木村 南, 佐々木 健, 中島 悦郎, 横山 正尚 (以上 7 名)

以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した。

<理事>足立 武彦, 増田 純夫 (以上 2 名)

<監事>岸 良一, 吉村 靖夫 (以上 2 名)

理事総数 13 名の過半数につき理事会成立

<運営委員>石井 慶子, 小笠原 健治, 鳴野 彰従, 萩田 拓史, 藤井 浩司, 藤沢 照彦 (以上 6 名)

以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した。

<運営委員>越路 福朗, 松島 怜志 (以上 2 名)

定刻, 議長 代表理事 の大隅 久が開会を宣言した。議長は理事足立 武彦, 永田 洋一, 中宮 信二, 増田 純夫 Web 会議の方法により本理事会に出席する旨を説明し, Web 会議システムにより, 出席者の音声と映像が即時に他の出席者に伝わり, 出席者が一堂に会するのと同等に適時的確な意見表明が互いのできる状態となっていることを確認し, 議事に入った。

4. 議事の経過の要領及びその結果

(1) 2024 年 12 月度理事会議事録確認

12 月度（第 7 回）理事会の議事録（案）に問題ないことが確認された。

(2) 定時総会議案について

以下の各議案について最終確認を行い、問題ないことが確認された。なお、理事・監事については全員中間期かつ新任者がいないことが確認された。

- ・ 1 号議案 2024 年度決算及び事業報告
- ・ 2 号議案 2025 年度予算及び事業計画
- ・ 3 号議案 理事及び監事の選任

(3) 出版編集関係（別紙資料配布 今村理事より説明）

マイクロメカトロニクス 2025 年 6 月号(Vol. 69, No. 232)に向けて入稿状況等の説明がされた。

- ・ 研究論文／技術論文 入稿済み 1 件，校閲中 1 件
- ・ 依頼原稿関連 校正中 1 件，入稿待ち 7 件

マイクロメカトロニクス Vol. 63, No. 221 に掲載された「時計技術解説「機械式時計」の掲載号について訂正を掲載することが報告された。

重城理事より、昨年末に逝去された，連載「TECHNICAL LECTURE Isochronism」の著者に対する追悼として著者紹介文を掲載することが提案され，承認された。

(4) 新入会員の承認

以下の入会申し込みがあり，承認された。

1. 正会員 1 名 届出 2025/2/14

5. 報告事項

入会：上記の通り

退会：正会員 3 名

・ 会員数状況

正会員 120 名 学生会員 1 名 賛助会員 14 社（80 口）（2025/3/7 承認後）

以上をもって議案の審議等を終了したので，議長が午後 16 時 45 分に閉会を宣言し，解散した。
本日の Web 会議システムを用いた 2025 年 3 月度第 1 回理事会は，終始異状なく議題の審議を終了した。

以上

一般社団法人 日本時計学会 2025 年度 定時社員総会議事録

（記録：横山 正尚 2025 年 3 月 7 日）

1. 開催日時：2025 年 3 月 7 日（金）17:00～17:40

2. 場所：中央大学 後楽園キャンパス 2 号館 2 階 製図室，オンライン同時開催

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 120 名，総社員の議決権の数 120 個，出席社員数 81 名（会場出席 14 名，Web 会議システムを用いた出席 7 名，委任状 60 名），この議決権の総数 81 個，

出席理事：大隅 久，重城 幸一郎，今村 美由紀，木村 南，佐々木 健，中島 悦郎，横山 正尚

Web 会議を用いた出席理事：足立 武彦，中宮 信二，永田 洋一，増田 純夫
出席監事：岸 良一，吉村 靖夫，樋口 晴彦

4. 議題

(1) 1号議案：2024年度決算及び事業報告（別途資料配布）

- 1) 2024 年度決算報告書について，経理担当 重城理事より説明報告がされ，また，監事より適正であることの監査報告があり，異議なく承認された。
- 2) 2024 年度事業報告について，総務担当 横山理事より説明報告がされ，異議なく承認された。

(2) 2号議案：2025年度予算及び事業計画（別途資料配布）

- 1) 2025 年度収支予算書について，経理担当 重城理事より説明があり，異議なく承認された。
- 2) 2025 年度事業計画について，総務担当 横山理事より説明があり，異議なく承認された。

(3) 3号議案：理事及び監事の選任

理事 13 名と監事 2 名について，本定時社員総会の終結と同時に任期満了し，退任することとなった。については改選の必要があり，議長より下記の通り，理事（重任 12 名）並びに監事（新任 2 名）が提案された。異議なく一同賛成したので可決確定した。

重任理事：足立 武彦 氏	重任理事：大隅 久 氏	重任理事：今村美由紀 氏
重任理事：木村 南 氏	重任理事：重城幸一郎 氏	重任理事：土肥 徹次 氏
重任理事：中川 誠 氏	重任理事：中島 悦郎 氏	重任理事：永田 洋一 氏
重任理事：中宮 信二 氏	重任理事：増田 純夫 氏	重任理事：横山 正尚 氏
新任監事：佐々木 健 氏	新任監事：樋口 晴彦 氏	

なお，被選任者は席上その就任を承諾し，欠席の土肥理事，中川理事については理事就任承諾書を提出した。

退任理事（任期満了）：佐々木 健 氏

退任監事（任期満了）：岸 良一 氏 退任監事（任期満了）：吉村 靖夫 氏

以上の決議を明確にするため，この議事録を作成し，議長及び出席理事がこれに記名押印する。

以上

一般社団法人 日本時計学会 2025 年 3 月度 理事会議事録 － 2025 年度 第 2 回理事会 －

（記録：横山 正尚 2025 年 3 月 7 日）

1. 開催日時：2025 年 3 月 7 日（金）17:45～18:35

2. 場所：中央大学後楽園キャンパス 2 号館 2 階 製図室，オンライン開催（Web 会議システムとして Webex を使用）

3. 出席者：

<理事>大隅 久，重城 幸一郎，今村 美由紀，木村 南，中島 悦郎，横山 正尚（以上 6 名）

<監事>佐々木 健，樋口 晴彦（以上 2 名）

以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した。

<理事>足立 武彦，中宮 信二，永田 洋一，増田 純夫（以上 4 名）

理事総数 12 名の過半数につき理事会成立。

<運営委員>石井 慶子，小笠原 健治，鳴野 彰従，萩田 拓史，藤井 浩司，藤沢 照彦（以上 6 名）

以下の出席者は Web 会議システムを用いて参加した。

<運営委員>越路 福朗，松島 怜志（以上 2 名）

定刻、議長 前代表理事 の大隅 久が開会を宣言した。議長は理事足立 武彦、中宮 信二、永田 洋一、増田 純夫、が Web 会議の方法により本理事会に出席する旨を説明し、Web 会議システムにより、出席者の音声と映像が即時に他の出席者に伝わり、出席者が一堂に会するのと同等に適時的確な意見表明が互いのできる状態となっていることを確認し、議事に入った。

4. 議事の経過の要領及びその結果

(1) 定時総会議案について

以下の各議案について、定時社員総会において異議なく承認・確認されたことを確認した。

- ・ 1号議案 2024年度決算及び事業報告
- ・ 2号議案 2025年度予算及び事業計画
- ・ 3号議案 理事及び監事の選任

(2) 代表理事、業務執行理事の選任

以下の代表理事、業務執行理事の選任が提案された。

特に異議はなく一同これに同意し承認された。なお、被選任者は席上その就任を承諾した。

新任代表理事	重城 幸一郎	氏	(セイコーウオッチ (株))
新任業務執行理事 (経理)	中川 誠	氏	(カシオ計算機 (株))
重任業務執行理事 (総務)	横山 正尚	氏	(セイコータイムクリエーション (株))

また、重城 幸一郎の代表理事就任に伴い、議長を交代した。

(3) 2025年度の体制について (別紙資料配布 横山理事より説明)

理事・運営委員の交代に伴い、2025年度の業務体制について協議した結果、別紙一般社団法人日本時計学会組織図、及び業務体制一覧のとおり承認された。

増田理事より編集委員内の校閲依頼担当者引き継ぎについて提案があり、現校閲担当委員から正副の担当を選出・引き継ぎを行うことが確認された。

(4) 2025年度春季研究会について (萩田運営委員、幹事会社：シチズン (株))

以下の開催案で予定通り開催準備が進んでいることが報告された。

- テーマ：【仮】サーキュラーエコノミーのキホン 「持続可能な経済を実現する事業」とは？
- 講師：アミタ株式会社 橋詰幹樹 様
- 日時：2025年4月11日 予定
- 概要：【講師作成中】
 - ・サーキュラーエコノミーの概要
 - ・欧州法規制の動向
 - ・サーキュラーエコノミーの事例 (時計に近い事例含む)

(5) 見学会について (小笠原運営委員 監事会社：セイコーウオッチ (株))

以下の内容での開催が提案され、承認された。

- テーマ：LVMH Watch & Jewelry Japan 株式会社 CSL(カスタマーサービス&ロジスティックス)
- 開催日及び定員
- | | |
|----------------------|-----|
| 6/6 (金) 13:00~15:00 | 10名 |
| 6/13 (金) 13:00~15:00 | 10名 |
- ・各開催日の参加者に偏りが出ないように、申込み締切後に調整を行う場合がある。
 - ・防犯上の都合から、HP 上等に所在地を明かさないこと。

(6) 2025年度特別研究会・見学会について (木村理事より説明)

木村理事より以下のテーマによる特別研究会の開催が提案された。

- テーマ：AI を利活用するシミュレーション技術の高度化と展望(仮)

- 材料加工からマテリアルズインフォマティクスまで -
講師 SCSK 株式会社 プロダクト技術部 第四課 課長 星 雅人氏
開催日時：8/1（金）または 8/22（金）
開催が承認され、日程の調整を進めることとなった。

（7）2024 年度理事会の日程について（第 3 回以降）

- ・ 2025 年 4 月 11 日（金）：第 3 回理事会，（春季研究会）
- ・ 2025 年 6 月 13 日（金）：第 4 回理事会，（見学会）
- ・ 2025 年 9 月 12 日（金）：第 5 回理事会，（学術講演会）
- ・ 2025 年 11 月 14 日（金）：第 6 回理事会，（秋季研究会）
- ・ 2025 年 12 月 12 日（金）：第 7 回理事会

（8）その他

研究会・見学会等の参加募集連絡先として，従来の理事・運営委員個人のメールアドレスではなく学会ドメイン（@hij-n.com）のメールアドレスを準備，使用できないかという提案がなされ，検討することとなった。

5. 報告事項

特になし

以上をもって議案の審議等を終了したので，議長が午後 18 時 35 分に閉会を宣言し，解散した。
本日の Web 会議システムを用いた 2025 年 3 月度第 2 回理事会は，終始異状なく議題の審議を終了した。

以上

会員募集

日本時計学会は時計技術で培った微小化・省電力化技術をベースに、マイクロメカトロニクス技術を基礎から応用までカバーするべく活動中です。活動の幅をより広げるためより多くの方の入会をお待ちしております。

入会されますと会員専用ページよりマイクロメカトロニクスの最新号が閲覧可能となります。また、紙媒体のマイクロメカトロニクスはモノクロ印刷ですが、電子データ版はカラー表示ですので写真や図表も鮮やかで判りやすく、印刷では見にくい細かい文字も拡大して見る事が可能です。

詳細につきましてはホームページ (<https://hij-n.com/>) の入会案内をご覧ください。

講演募集

日本時計学会では毎年9月に学術講演会を開催しており、常時講演を募集していますので、研究発表を希望される方は下記へお申し込みまたはお問い合わせください。2021年よりオンライン開催またはオンラインと会場とのハイブリッドで開催しておりますので、遠方からの参加も容易になりました。

〒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 e-mail : osumi@mech.chuo-u.ac.jp

編集後記

多くの皆様の学会活動へのご参加とご支援のもと、マイクロメカトロニクス 2025 年 6 月号を発行することができました。心より感謝申し上げます。

2024 年度の時計学会での活動を振り返りますと、時計の本質的価値を高める研究や技術開発の成果をはじめ、時計の伝統を継承する技術者や人々の趣味嗜好・生活スタイルに合わせたデザイン・設計の変化による感性的価値の創造、革新的技術で社会課題解決に貢献する社会的価値の創造について多くの成果を報告することができました。これは、社会や生活環境の変化と課題解決を機とした技術進化を背景に、時計の研究や技術開発が新たなステージへと移行し、今まで以上に時計が魅力的でなくてはならない存在として進化する可能性を感じるもので、時計の発展と時計を通じて人々を豊かにすることを志す多くの皆様と共有できたことを嬉しく思います。

時計学会は日本で唯一の時計技術に特化した学術団体です。その役割を果たすために、関係大学や時計各社が交流を深め、研究や技術開発の成果を共有し、それらの成果を活かした時計の新たな価値創造について意見交換が行える機会作りに取り組んでまいります。今後とも研究会・見学会・学術講演会等の学会活動へのご参加、および学会誌へのご投稿をよろしくお願い申し上げます。

(中宮 信二)