

クロック技術の系統化調査

Systematized Survey of Clock Technology

1

鈴木 哲郎 Tetsuro Suzuki

■ 要旨

時計とは、“時刻を指示する計時装置”であり、計時装置とは、“時刻の指示又は時間の測定を、個々に、又は同時に行う装置”である。尚、時計には、ウォッチ（どんな姿勢でも作動し、かつ携帯することを目的とした時計）とクロック（一定の姿勢で使用する時計）がある（日本時計協会ホームページより）。ウォッチはパーソナルユースとして使用されることが多いが、クロックはホームユースとして家庭の標準時刻として使用されることが多い。

本編ではクロックの技術動向についてクロックの歴史に遡りながらまとめた。

中世ヨーロッパでは、修道院において修道僧が、昼夜決まった時刻に神に祈りをささげる必要があった。

この宗教上の必要性が時計の進歩に大きく影響を与え、13世紀末から14世紀初めに機械式時計が出現したといわれる。最初の時計は文字盤は必要でなく、祈りの時間が来ると時報として鐘を鳴らすものであった。時計と鐘の動力に錘を使用していたので、錘がすぐに下に落ちて歯車が止まらないように、高い塔の上に時計を設置して、錘の歯車に调速脱進機構をつくって、ゆっくりと錘のついた歯車を一定の速さで回していた。

ちなみに、機械式時計のことを「クロック」というのは、ラテン語で鐘を Cloccam というところからきている。

市民社会の発達と共に「時間は貨幣と同じ価値のあるもの」として機械式時計の必要性が高まり、城郭・教会・市庁舎等に取り付けられた。当時の時計の最大の役割は、このように宗教活動のために修道士に定期的に時間を知らせる事であったが、塔の上から大きな鐘の音が辺りに響きわたったことで、修道院での時刻がその周りに住んでいる人々たちにとっての公共の時刻となり、やがて社会全体の時刻に変わっていった（セイコーミュージアムホームページより）。

このような歴史を持つクロックについて、その構造的な仕組みから電子化へのアプローチおよびクォーツ化・電波化・衛星電波化などの技術動向を調査した。特にクォーツ化により基本性能の追及が一段落し、各社共にユーザーの要求に応える商品開発に注力するようになった。

メロディ/音声認識等の半導体素子・時刻などの表示素子・各種センサー・ソフト開発力など総合的な技術進歩により、様々なクロック商品開発が行われて来た。本調査報告では、この多様化した各社の商品開発群の商品例を技術的な視点で調査することを重点を置いた。更に中世ヨーロッパ・中国で貴重な置時計として珍重された外装技術・技能を日本の工芸品技術・技能として応用したクロックも対象とした。

また、1964年東京オリンピックの計時が日本の計時技術を世界にアピールした画期的なイベントともなり、その内容を記述するとともに、そのクォーツ化技術の水平展開となった水晶親時計（放送局用・設備時計用・船舶時計用・その後のスポーツ計時用など）の動向及びクロックの原点でもある「からくり時計」の動向も調査した。

1999年および2001年、国立研究開発法人「情報通信研究機構」による長波帯標準電波送信所の開局後は電波受信クロックの普及が一気に進むと同時に、今まで複雑な操作性が課題であったデジタルクロックの操作性が大幅に改善（電波受信による自動時刻修正）するとともに、多機能による利便性およびカラー表示による視認性等により市場が拡大しており、その状況もまとめた。

このようなクロックの今までの技術動向を調査することにより、今後のクロックの方向性も記述した。

■ Abstract

A timekeeping instrument is "a time-measuring instrument for indicating the time," and a time-measuring instrument is an "instrument which indicates the time or measures a length of time, separately or simultaneously." There are two types of timekeeping instruments. One is a watch (a timekeeping instrument which operates in any position and is made to be carried or worn) and the other is a clock (a timekeeping instrument to be used in a certain position) (from the Japan Clock & Watch Association website).

A watch is often for personal use, and a clock is often for home use, as the standard time for the home. In this report, we provide an overview of the development of clock technology as we trace the history of clocks.

In medieval Europe, there was a need for monks in monasteries to offer prayer to their God at set times of the night and day.

This religious requirement had a great influence on the advancement of timekeeping instruments, and mechanical timekeeping instruments are said to have appeared around the end of the 13th century or the beginning of the 14th century. Dials were not required for the first timekeeping instruments, which sounded bells to signify the time for prayer.

Driven by the force of weights, the clock and bell were installed high in the tower to maximize the distance the weights would drop. The crown wheel escapement was fashioned on the wheel of the weight to fix the speed of the wheel's rotation and regulate the drop of the weight rather than letting it fall all at once.

By the way, the word "clock" derives from *clocca*, the Latin word for "bell."

With the development of civil society, the necessity of mechanical timekeeping instruments increased with the thought that "time is money," and they were installed in castle complexes, churches, governmental buildings, and the like. The most important role of the clock was to tell time for the monks, who organized their religious activities according to a time-governed schedule. Not long after the clock was installed, the time kept at the convent was adopted as the public time for people living nearby. Eventually it became the time for the whole society, conveniently sounded by the resounding bell in the tower (from the Seiko Museum website).

This survey considers such history of the clock, from its mechanical structure to approaches to its electronic forms, as well as its technological development with quartz, radio control, satellite radio control, and other advancements.

The use of quartz, in particular, brought about a pause in the pursuit of basic functionality, and companies turned their attention to developing products to meet the wishes of users.

With progress in technology as a whole—semiconductor elements for melodies, voice recognition, and other features; display elements for the time and other information; various sensors; and software development—a variety of clock products have been developed. In this survey report, we focused on surveying such varied products representing product groups developed by many companies from a technological perspective.

We included clocks for which technology and techniques as Japanese crafts were used, applications of technology and techniques used for the exterior prized as valuable desk or table clocks in medieval Europe and China.

Further, time measuring in the 1964 Tokyo Olympics became the revolutionary event to showcase Japan's time measuring technology to the world. As we discuss its details, we also survey the development of the quartz master clock, a related application of the quartz technology (for broadcasting, facility timekeeping, marine timekeeping, and later for sport time measuring). The development of the marionette clock, the starting point of the clock, is also surveyed.

The adoption of radio-controlled clocks increased immediately after Low-Frequency Standard Time and Frequency Transmission Stations were established by the National Institute of Information and Communications Technology in 1999 and 2001, and the complicated operations which had been a problem for digital clocks were greatly improved (time was now corrected automatically by radio control). This brought with it a growth of the market due to convenience as a result of numerous features, visibility as a result of color display, and other advancements. This state is also summarized.

By surveying the technological development of the clock thus far, we also discuss the direction clocks are heading.

■ Profile

鈴木 哲郎 *Tesuro Suzuki*

産業技術史資料情報センター主任調査員

1971（昭和 46）年 武蔵工業大学（現東京都市大学）
工学部機械工学科卒業
同年 株式会社精工舎入社
時計事業部設計部門配属
以後、クロックムーブメント開発・
設計業務に従事
1996（平成 8）年 クロック事業新会社
（セイコークロック（株））に伴い移籍
2001（平成 13）年 生産技術センター長
（生産技術および国内外製造管轄）
2007（平成 19）年 技術本部本部長
2014（平成 26）年 取締役（時計設計・技術管轄）
2016（平成 28）年 技術顧問（時計技術全般）
2017（平成 29）年 退職
2018（平成 30）年 国立科学博物館
産業技術史資料情報センター主任調査員

■ Contents

1. はじめに	4
2. クロックの機構別構造	5
3. クロックの変革	24
4. デジタル表示クロックの推移	54
5. からくり時計の技術推移	67
6. 水晶親時計の展開	75
7. クロックに使用される外装材の導入技術	92
8. 今後のクロック展望	97

1 はじめに

人間社会と時は切り離せないことは言うまでもない。人は農耕・狩猟生活においても時・暦を知ることが必要であった。季節を知るとは、種まきの時期や冬への準備など、厳しい自然環境の中で生きていくためにはなくてはならないものであった。農耕作業を計画的に進めるためには、気温の変化や日照時間、降雨量や洪水の起こる時期の把握など、自然の持つ周期性を知り、将来を予測することが必要であった。

恐らく日時計が始まりであろうと思われるが、水時計・砂時計・燃焼時計等様々な時計が出現した。

キリスト教の普及とともに、修道院では時刻ごとに祈祷時間や労働、読書などが厳格に決められ、時間が来れば自動的に鐘の鳴る要望が高まって行った。

ルネサンス期の1300年頃に、機械で自動的に鐘の時打ちが可能となった機械式時計が修道院や教会の塔の上で来たといわれている。更に市民社会の時間意識の革命、初期資本主義の成立に伴い、時計による時間の管理が重要な役割を果たして行く。また、15世紀大航海時代に「海を支配するものは世界を支配する」という構図の中で、各国は軍事力として強力な海軍を保有して競争するが、各国とも海上制覇にとってある意味決め手となった重要課題が「船の位置を知るための正確な経度の測定」であった。このためには1日3秒未満の精度を持つ正確な時計が必要であった。このように時を正確に測る装置は当時から最先端の技術であった。

日本では、1872(明治5)年、改暦(旧暦から新暦へ)と併せ、時刻制度を不定時法から定時法に変更し、国産の極めて小規模な時計製造業は転換期を迎え、不定時法に対応した和時計は「無用の長物」になった。国内に時計産業が芽生えるのは、1877(明治10)年頃で、欧米の時計をモデルに小規模な製造を始めた。

近代国家を目指した日本では、国内の需要を満たすには海外からの輸入に頼らざるを得なかった。明治6、7年で見ても輸入数量は約4万個／年レベルで絶対的に不足していた。

この需要増に対応して、東京・愛知・大阪などの時計製造業者によって生産が始まり、明治37、38年以後は輸入時計を駆逐するまでするまでになった。数量の上でも精工舎による生産が最も大であった。

第二次世界大戦によって時計生産業者も壊滅的な打撃を受けたが、昭和20年12月にクロック生産を再開した。

戦前の時計生産は主として外国品の模倣とその維持改良によって行われていた。戦後再開と共に開発・設計に人材を投入し、産学共同研究・開発を積極的に進め、クロックメーカーは新製品開発・生産設備の改善・統計的手法の導入等を行いQCDが大きく改善されていった。

クロック開発・設計から完成品／ムーブメント製造および販売まで一貫した経営体制を持った生産業者は海外では少なく、日本のメーカー特有の強みである。

一方、クロックは「多品種・中少量生産」の特性を持ち、コスト競争力対応から海外生産が進み、特にリーマンショック以降拍車がかかった。これに伴い、国内自社工場的大幅な縮小、国内外装製造業者の急激な減少が大きな課題である。このような背景を持つクロックに対して、技術的な視点で現代までの社会的な背景とともに技術動向の系統化という形で本報告書をまとめた。

第2章では、機械式時計、電子時計(トランジスタ時計、音片振動子時計、クォーツ時計、電波時計、衛星電波時計)の構造についておよびクロックムーブメントの設計・生産技術について述べる。

第3章では、クォーツ時計以後のムーブメント基本機種の高度化設計、多様な開発商品群、環境対応および更なる完成度向上を目指した開発技術を述べる。

第4章では、アナログ表示クロックと同等に重要度が高いデジタル表示クロックについて述べる。

第5章では、時計の出現以来様々な形で造られたからくり時計について機械式クロック以降の動向を述べる。

第6章では、時計の大きな変革をなしたクォーツ開発を最初に実現した水晶親時計(放送局用、スポーツ計時用など)について述べる。

第7章では、クロックに使用される外装材の導入技術を記述する。

最後に、益々多様化する今後のクロックの方向性について考察する。

2 クロックの機構別構造

13、14 世紀に出現した機械式時計は、調速機・脱進機・ぜんまい・ヒゲゼンマイ・輪列構成等大きな技術進歩を遂げた。日本のクロックは戦後、電子化の開発を進め、トランジスタ・IC・水晶振動子・情報通信研究機構の標準電波発信等技術革新に伴い、クロックの構造も大きく変化した。本章ではクロックの機構別構造推移をまとめる。

2.1 クロック機械式時計の構造

2.1.1 機械式時計の歴史

1 時間に 1 回、定時に規則正しく時刻の数だけ鐘をならす機械式塔時計は、キリスト教会の主導によって、イタリアからアルプスを越えて、14 世紀に、ドイツ、フランス、イギリス等に広がり、その後、ヨーロッパ全土の都市の教会・修道院に広がったといわれている。15～16 世紀になって、市庁舎や市場などの公共広場にも公共用時計として機械式塔時計が設置されるようになると、都市の市民たちは、定時法に沿った時間で秩序ある生活を営むようになる。

16 世紀後半になると時計の精度も改善して、ある程度正確に時を打つ機械式時計が各都市に普及し、都市で生活をする市民の時間に対する意識も変わり、行動範囲も広がっていく。それによって、ヨーロッパでは不定時法から定時法への大転換が起こる。これは、中世後半には、農村ではまだ自然のリズムに従って、季節によっても場所によっても時間の長さの違う自然な生活をしていた一方で、都市では人工の機械式時計が刻む年中一定の時間をもとに生活を始めたことを意味する。

機械式時計（図 2.1.1）は当時最も進んだ機械技術として他の分野へその技術を波及させていった最先端技術であった。（セイコーミュージアムホームページより）



図 2.1.1 初期機械式時計 ¹⁾

2.1.2 脱進・調速部

(1) 棒てんぷと冠型脱進機 ^{1) -4)}

初期の機械時計は、動力には重錘を用い、脱進機は両端に錘を付けた棒てんぷと冠形の脱進用歯車（冠形車）が付いていた（図 2.1.2）。冠型脱進機では、棒てんぷの心棒に脱進機の歯車の歯に噛み合うように上下で約 90 度に開いた二枚の爪（パレット）がついている。この上下の爪が冠の歯を片方で止めて片方で進めることを交互に繰り返すことで、棒てんぷを左右に揺らしながら、チックタックと音を立てて、1 秒間に 1 から 2 回の往復の振動で、時を刻んでいる。又、冠形車の歯数は奇数に設計されている。これは歯の位置を軸の中心につねに非対称にするためである（図 2.1.3）。

振動の周期が長いのは、噛み合う爪の振り角が大きいためである。ただし、棒てんぷには、等時性がない。棒てんぷ体の慣性モーメントと、それに対して左右交互に力を与える脱進機の回転トルクの釣合いで周期が決まるので、摺動部分の油の状態やきしみ具合で時間精度は大きくばらついた。重りの力が直接冠型脱進機にかかるため、爪や歯の摩耗も激しく、1 日に 1 時間程度の誤差があった。

当時は、棒てんぷの両側にある分銅の位置を変えることで振幅のスピードを変えて、時間の進み遅れを調整していた。

この冠型脱進機の発明者は明らかではないが、機械式時計の脱進機の基本となった極めて重要な発明である。

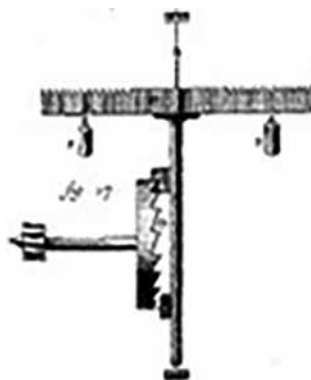


図 2.1.2 棒てんぷと冠型脱進機 ¹⁾

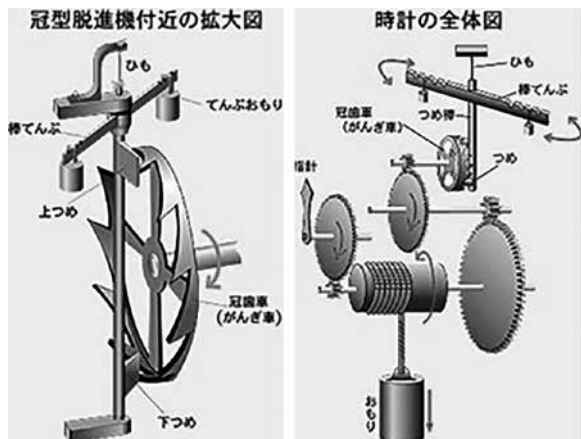


図 2.1.3 冠型脱進機拡大図²⁾

(2) 振り子の発明と退却式アンクル脱進機^{1) 3)}

その後、宗教裁判にかけられて「それでも地球は動いている」の有名な言葉を残した天才科学者ガリレオ・ガリレイが、1583年振り子の等時性を発見したことで、機械式時計は、まだ周期運動でコントロールされていなかった非周期制御時代から、一定周期で連続振動する共振制御時代に切り替わる。1637年、ガリレオは振り子時計を考案したが、完成には至らなかった。

ガリレオの死から14年後の1656年に数学者・天文学者・物理学者でもあるクリスチャン・ホイヘンスが、冠型脱進機の重錘時計に振り子を用いた。具体的には、調速に利用していたフォリオットの揺れを一定に保つために、振り子を加えてその等時性を活用し、更にはサイクロイド曲線の理論ののち、振り子の振幅を制限する補正板を両側につけた(図2.1.4)。

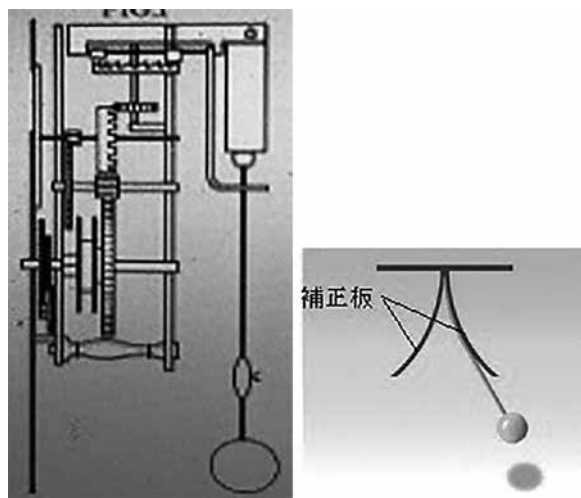


図 2.1.4 ホイヘンスの振り子時計¹⁾

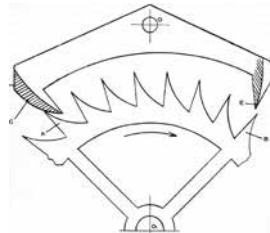


図 2.1.5 退却式アンクル脱進機³⁾

この時の脱進機もまだ冠型(バージ)であった。バージ脱進機は振り子の揺れに干渉されやすく、摩擦で摩耗するため、安定的な精度を出すには限界があったがこれによって、当時一日15分程度の誤差があるのは普通だった棒てんぷで調速する時計から、一日数分程度の誤差しかない正確な振り子付き時計が発明された。ホイヘンスは、1675年にらせん状のひげぜんまいを使ったてんぷの制御機構であるてんぷぜんまいも発明しており、これによって精度がまた一段と向上して、時計に分針が付くようになったといわれている。

1660年頃時計用に直線ひげぜんまいを発明したイギリスの科学者ロバート・フックは、1656年にホイヘンスが発明した振り子クロックを研究し、その振幅を大幅に抑えることを可能にしたアンクルとがんぎ車から構成される「退却式アンクル脱進機」をその後発明した(図2.1.5)。次いで、1671年頃同じくイギリス人の時計師ウィリアム・クレメントが、フックの退却式脱進機を改良してその後の普及に大きく貢献する。冠型脱進機では、大きな爪(バージ)に合わせて振り子の振幅角度がどうしても30度以上になり振動周期が長くなるのに対して、退却式アンクル脱進機は、2度から5度程度の小さな振り子の振幅で動くために、長さ1mにもおよぶ長い振り子を使用することができ、より正確な等時性が保たれるようになった。また、振り子のリズムに合わせてアンクルの爪が正確にがんぎ車の歯の回転スピードを進めることができたため、精度が飛躍的に向上し、その後秒針も付くようになり、間もなくクロックの脱進機は冠型からアンクル脱進機にとってかわるようになる。

ただし、この退却式アンクル脱進機は、その脱進歯車の動きが秒針の回転にも影響を及ぼすという難点があった。退却とは歯車が文字通り後退することを意味しており、がんぎ車が前進の直後にやや後退する時に、秒針にこの余分な動作が伝わって、それが精度に微妙な悪影響を及ぼしていた。

(3) 直進式アンクル脱進機¹⁾

続いて、更にそれらの欠点を改良したのが、トンビ

オンの弟子イギリス人ジョージ・グラハムである。まず彼は、1715年にクロック用に「直進式アンクル脱進機」を発明する。直進式とは、かんぎ車からアンクル、振り石、天真までを直線状に配列したアンクル脱進機のことである。これは、歯車の退却（後退）がないので、振り子にアンクルの爪が触れる時間が短く、抵抗が少ない分だけ振り子の等時性が保たれ、秒針も後退せずにピッタリと静止するという、時計史上画期的な機構であった。

(4) マッジによる革新的なレバー脱進機¹⁾

1756年頃、イギリス人のトーマス・マッジは、現代の脱進機にも繋がる、貴石入りの「分離式レバー脱進機（ラチェットトゥース・レバー脱進機）」を発明する（図2.1.6）。

彼は、グラハムのもとで修行して時計職人になるが、グラハムが発明した懐中時計用のシリンダー脱進機はまだ加工が難しかったので、グラハムのクロック用の直進式アンクル脱進機を、ウオッチ用に応用しようと考えたものである。

ウオッチでは、持ち運びをする際のてんぷへの衝撃や摩擦を最小限にしないと精度が向上しないが、彼はそれらをより減らすために、てんぷとがんぎ車を分離して間接的に連動するためのレバーを間に組み込んだ。また摩擦の激しい爪の先端部分には、ルビーやサファイヤなどの貴石を使い、精度の維持・向上をはかった。



図2.1.6 トーマスマッジ分離式レバー脱進機¹⁾

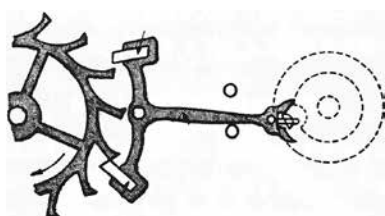


図2.1.7 クラブトゥース・レバー脱進機³⁾

(5) クラブトゥース・レバー脱進機¹⁾

この構造は、シンプルでありながら部品を高い精度で大量に生産するのに向いており、生産の難しい二重脱進機にかわって、その後クラブトゥース（ゴルフのクラブヘッド状の歯）・レバーをもつ「クラブトゥース

脱進機（スイスレバー脱進機）」にも応用され、大きく普及して、その流れは現代にも続いている（図2.1.7）。

英国式ともいわれるラチェットトゥース・レバー脱進機は、がんぎ車の歯先が尖っており、点でアンクルの爪石に作用するために、歯先も爪石も摩耗しやすいという短所があったが、スイス式のクラブトゥース・レバーは、がんぎ車の衝撃をクラブトゥースの面で吸収するために摩耗が少なく、爪石調整が可能で精度も安定するという長所があったために、形状としては、クラブトゥースに切り替わっていった。

いずれにしても、その基となったマッジのレバー脱進機は、時計工業の発展においては、機械式ウオッチに生産革命を起こした画期的な脱進機であった。

産業革命は、ジェームス・ワットが改良した蒸気機関の実用化が成功した1775年に始まるといわれているが、それに先立つこと、約20年前に、現代の時計工業の発展の原点になった、大量生産向きのレバー脱進機が発明されていたことは、より早い産業革命の開始を示唆する意味で、とても興味深い話である。

(6) 振幅に影響する温度の変化を補正する調速機の開発¹⁾

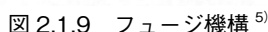
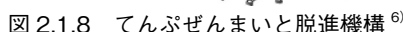
振り子は、「温度が上がると膨張して長くなるため振動が長くゆっくりになり、反対に温度が下がると収縮して短くなるために振動が速くなる」という特性があり、これが一般に知られるようになったのは1725年以降の事である。

この特性に着目し、より正確な調速機を求めて、ジョージ・グラハムが水銀によって振り竿の伸びを補正する水銀振り子を1726年に発明し、ジョン・ハリスンは、膨張しにくい鋼鉄と膨張しやすい真鍮のバイメタルによる伸縮補正振り子（すのこ型振り子）を1735年頃開発した。その後、同じくイギリス人のエドワード・トロートンが、バイメタルを応用した円筒型の円筒振り子を1845年に作り、ウエストミンスター寺院（通称ビッグベン）の塔時計に使われて、その精度向上に大きく貢献した。

(7) ひげぜんまいの付いたテンプぜんまいクロック¹⁾

振幅の誤差の大きい棒てんぷに替わる調速機として振り子が採用されたことにより、機械式時計の精度は飛躍的に向上したが、振り子時計はある一定の長さが必要で、揺れると振幅がずれてしまうため、小型化が難しく、携帯にも向いていなかった。この問題を解決したのが、巻きひげぜんまいとてん輪を組み合わせた「てんぷぜんまい」である。直線ひげぜんまいを時

2.1.9)。図 2.1.9 に示されるように香箱からのトルクを右側の均力車を経て、これに取付けられた 1 番車から 2 番カナへ伝えられる。均力車が円錐形をした渦巻き状の段車になっていて鎖を介する。巻上は香箱真ではなく、均力車の真（1 番真）の方を回すことになり、香箱の中のぜんまいが巻かれる。全巻の時は鎖が均力車の上の方まで巻き付いていることになる。ぜんまいが戻るときは、香箱車の外径に比べ均力車の細い部分を回すため、外径比の分だけトルクが弱められる。そしてぜんまいが戻り、トルクが弱くなったときには鎖は香箱車に巻きつき、均力車の下部の半径の大きい部分を回すことになり、その分だけ均力車のトルクは大きくなる。つまり、全巻で駆動トルクが大きい時は、1 番車の伝達トルクは弱められ、次第に駆動トルクが弱くなるにしたがって、外径比が 1 : 1 に近づいていきぜんまいの力がそのまま伝えられるようになる。こうして、全期間を通じてトルクの均一化が図られている。



(1) ぜんまい^{1) 5)}

また、ぜんまいは巻き初めと巻き終わりではトルクの差が大きく歩度に影響を与える。これを出来るだけ一定にするためにフュージ装置が考案された(図

機械式時計では重錘またはぜんまいの大きなトルクが歯車輪列部を介して调速機に伝達される。ぜんまいを収める香箱車は低速で回転し、脱進機構であるがんぎ車を高速で回転させるために輪列は増速輪列である。大きなトルクが掛かる増速輪列ゆえに伝達効率の高いサイクロイド歯形を基本とし製造上からもサイクロイドを近似した円弧にしている。

2.2.1 機械式から電子化へ^{8) -(1)}

1945（昭和20）年頃、戦後の再建期に当たっては、生産力の回復と品質水準の向上安定化が最大のテーマとされた。しかし1945年頃は同時に時計生産の実質的な中断によって停滞した時計生産技術の遅れを取り戻し、老朽化した生産技術の更新を図るために、様々な調査研究活動が積極的に展開された時期でもあった。1955（昭和30）年頃はこうした1945年以降の地道な努力の積み重ねによって、模倣を脱した自主技術を確立し、日本時計産業としての主体的な発展を遂げた時期といえる。1945年に生産を開始したのは目覚時計“コロナ”であった（図2.2.1）。



図 2.2.1 コロナおよびコロナ機械体⁷⁾

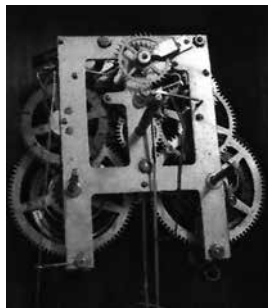


図 2.2.2 ボンボン時計機械体⁷⁾

また新製品開発として中型目覚時計“コメット”を1949（昭和 24）年 11 月に発売した（図 2.2.3）。



図 2.2.3 コメットおよびコメット機械体⁷⁾



図 2.2.4 リピート付 AB トラベラ¹⁷⁾

更に一丁ぜんまいで中 3 針の目覚時計“ロビン”が生まれたのは 1958（昭和 33）年 8 月であった（図 2.2.5）。

目覚時計は、時・打ち方用にぜんまいが 2 本、剣回しと目安回しが別々にあるのが一般的であったが、ロビンは 1 本のぜんまいと 1 つの剣回しですべての操作が出来るようになっている。

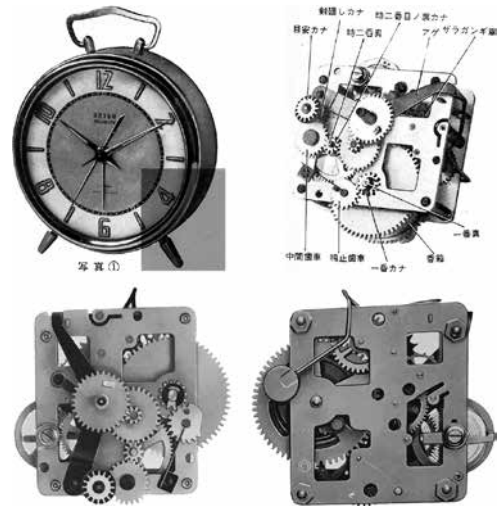


図 2.2.5 ロビンおよびロビン機械体^{7) 15)}

その後、輸出戦略機種として“AB トラベラ”が 1965（昭和 40）年に発売された（図 2.2.4）。

最後のぜんまい時計の開発となったのが“マイアラーム”で 1966（昭和 41）年秋に誕生し、発売された（図 2.2.6）。構成上の特色は、(1) 一丁ぜんまい方式、(2) 3 枚地板方式、(3) 振子型玉打方式、(4) 中 3 針・中心目安方式、(5) ダブルカプセル（機械体をカプセル入りとしてゴムパッキングで被い外装に取り付けるダブルパック方式）などで、操作性・耐衝撃性・澄んだ鳴り音、防塵性、オーバーホールのアフターサービスが飛躍的に改善された究極の目覚時計で好評であった。

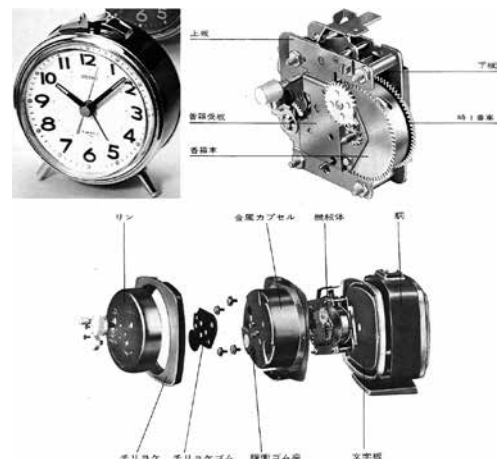


図 2.2.6 マイアラームおよびマイアラーム機械体^{8) - (2) 16)}

1945（昭和 20）年頃の時計のほとんどはぜんまい時計であった。1965（昭和 40）年頃も数量面では依然としてぜんまい時計が主流であった。手軽さや、値ごろ感や、携帯性から、また頑丈さから、その市場は大きかった。しかし 1955（昭和 30）年頃あたりから電池時計の関心が高まり、模索の時代が始まっていた。交流時計はシンクロナスモーターを回転させる時計で、本来は学校や工場など公共の場所での使用に適しており、戦前でも生産されていたが戦後は停電が多発しサイクルが不安定であり、また学校や会社で夜間メインスイッチを切ってしまうなど使用条件が極めて悪く使い物にならなかった。

また一般家庭で使用する時計としては電源コードが邪魔であり、市場では乾電池を用いた電池時計が強く要望されていた。そのために世界中のメーカーが各種の接点時計やモーター時計などを開発したが、主に電気接点部分に起因する故障が多く、十分な信頼性が得られなかった。

(1) モーター時計の開発^{8) - (1)}

日本真空時計株式会社（(株) ジェコーの前身）の発明による低速 CLOCK MOTOR（＝以下 CM モーター）は回転がおだやかであり、接点の傷みが少ない上にパワーがあって回転音も小さかったので、日本で最初の自動車時計として 1955（昭和 30）年頃にトヨタ自動車に採用され、その後全自動車メーカーに採用されるようになった。

精工舎では CM モーターを用いて日本で最初の本打ち式モータ時計を開発し、1959（昭和 34）年に発売した。使用した電池は平角 4 号乾電池 1 個で、電池寿命は 8 ヶ月であったがユーザーにとって電池の入手がやや困難であった。西独のディール社は 8 分ごとに直流モーターに取り付けられたウームでぜんまいを巻き上げる方式のモーター巻き上げ時計をラジオクロックとして登場させた。精工舎でも 1960（昭和 35）年に OEM でこの種の時計を出荷したが、モーターおよび接点の寿命、機械的、電気的ノイズなどの理由で短命であった。

(2) 接点時計の開発^{8) - (1)}

西独キンツレ社の電磁巻き時計は、電磁石によりほぼ 2 分ごとにぜんまいを巻き上げる方式の時計であるが、香箱の重心点を故意にずらしてあって、ぜんまいが緩んだ時にぜんまいトルクが減少した分を香箱自身の重量によっておきる回転力で補い、駆動トルクを常に一定にしていた。これは使用中の電圧低下にも影響されない一定駆動トルク機構を意味している。また電気接点の耐久性にも独自の優れた設計を取り入れて

あったので、精工舎はキンツレ社と技術提携を行い、日差 15 秒のセイコー・ポラリス EM600 を 1962（昭和 37）年に発売した（図 2.2.7）。そのほかの接点式構造があったが、いずれも接点を持つことの弱みは避けられなかった。トランジスタの発明は接点を持つことに起因する諸問題を一気に解決し、新たな電池時計時代の幕開けとなった。

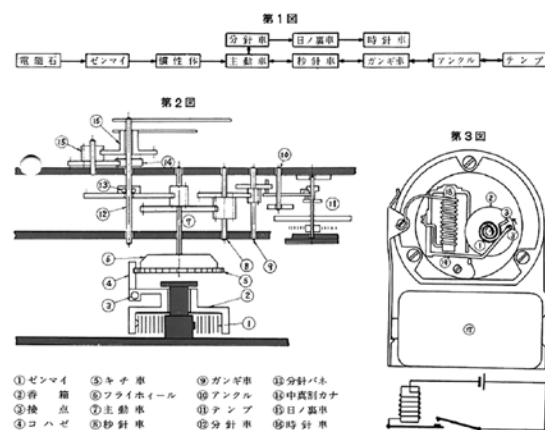


図 2.2.7 ポラリス構造^{8) - (1)}

2.2.2 トランジスタ時計の構造^{8) - (1)}

精工舎は戦前から交流電気時計を作っており、接点式の電池時計も試みていたが、1948（昭和 23）年にアメリカにおいてトランジスタが発明され、1953（昭和 28）年に時計への応用が発表されたことで、クロックはウォッチに先行して電子化に取り組むことになった。1960年代にはソノラそしてセルスターの発売となり、更に電池目覚ましのハイアラームやミニコンが開発され国内市場は急速に電子化への流れを強めていった。そして、この電子化の取り組み、すなわちエレクトロニクス技術の探求が、1959（昭和 34）年の放送局用報時装置の基幹である水晶時計の開発につながって多面的な展開を遂げ、さらにこれらの技術が東京オリンピックにおける大型計時機器に活用された効果は大きい。

トランジスタ時計とは、振り子やテンブなどの振動を維持するために、トランジスタ回路・コイル・磁石で構成し、非接触で駆動する構造の時計である。従来の機械的な接点構造を持たないため、信頼性が非常に高い。

(1) 振り子時計^{8) - (1)}

1948（昭和 23）年にベル研究所のショックレー、バーディーン、ブラッタンの 3 人がゲルマニウムを用いたトランジスタを発表し、電子材料革命が始まった。1953（昭和 28）年にマリウス・ラベールは「L・アトー社により達成された最初の成果の概要」という副

題のついたトランジスタ時計に関する研究論文をフランス時計学会誌に発表し、1954（昭和29）年9月には日本の特許庁に特許を出願し、1956（昭和31）年7月に公告になった。

トランジスタを使用した音叉腕時計アキュトロンも同じ時期にブローバのスイス工場で開発研究がすすめられていた。

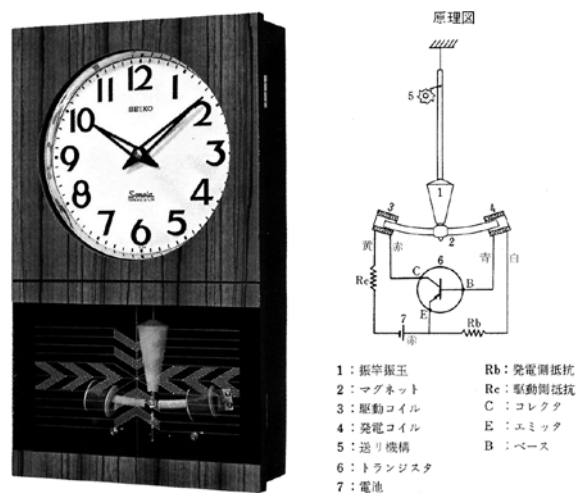
フランスのL・アトーから持ち込まれたトランジスタ振り子時計に精工舎服部正次社長が強い関心を持ち、開発の命令が下った。しかし当時の技術者の頭には、真空管はあったがトランジスタはなかった。

参考書を探すこと、規格を勉強すること、高価で貴重なトランジスタの特性を測定すること、特性のバラツキに戸惑い環境条件の変化に振り回されながら試行錯誤を繰り返すことなど、初めて経験することばかりであったが、どうにか試作品が出来上がり、トランジスタ時計の良さが次第に明らかになってきた。ぜんまい時計の場合は、振り子の自由振動が機械によって拘束されるので、精度が出にくい。一方トランジスタ時計は機械が軽く、駆動パルスの影響も小さいから、取り付けさえしっかりしていれば、精度が1桁以上良くなることが分かった。

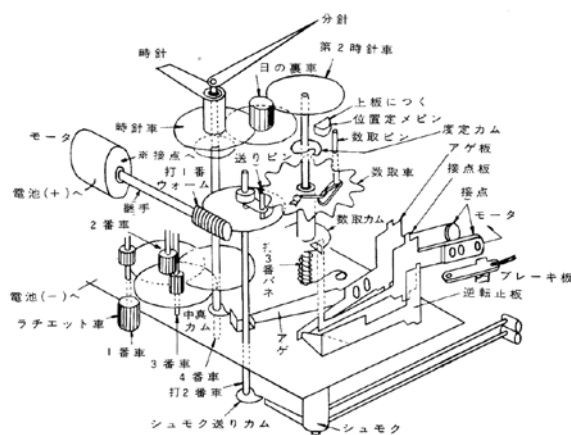
当時工場内でさえ電池時計を信用する人が少なく、トランジスタは何故信頼性が高いのか、半導体の内部はどうなっているのか、磁力線がどのように発生して、どうして振り子が動き続けるのか、どうして精度が良いのか、といった疑問に答えるわかりやすい解説書をこしらえ、現場監督、作業員など関係者に与えてよく説明し、造る人達に自信をつけてから生産を行い、1958（昭和33）年12月に出荷された。

(2) 本打ち式掛時計“ソノラ”^{8) - (1)}

当時の掛時計は一家の時間標準であり、報時が出来ることが重要であった。最初の振り子時計は報時が出来なかったのもので、発表と同時に打ち方付きの開発を希望する強い声が上がった。しかし、トランジスタ時計は、打方機構を動かすための力がぼんぼん時計のように強くないので、弱い力で作動する本打式の打方機構を開発する必要があった。また打方のぜんまいの代わりに直流モーターを用いなければならない。



a. トランジスタ時計NTと時計回路



b. ソノラ機械分解図

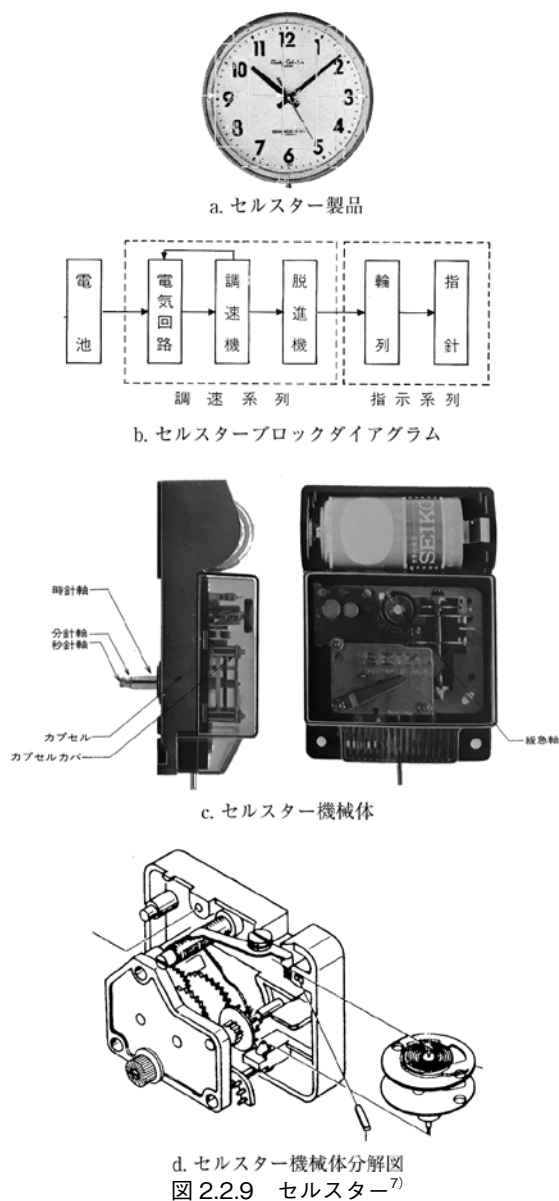
図 2.2.8 ソノラ^{8) - (1)}

そのために直流モーターで撞木を打つ新しい打方機構が考案され、1960（昭和35）年9月に本打式掛時計“ソノラ”が誕生した（図2.2.8）。そしてぼんぼん時計は次第にソノラに置き換えられていった。しかし、直流モーターを用いたことによる若干の品質問題の発生は避けられず、通電状態でモーターが止まると電池が漏液し、柱や衣類などを汚すことがあった。モーターメーカーに協力しモーターに関する改良を行い、また設計部門は機構の信頼性向上の努力を行って、トランジスタ時計の評価を高めることに寄与した。1962（昭和37）年にはカレンダー付きも発売され、やがて日本の住宅事情は変わり、和室は減り、部屋ごとの壁に時計を掛けるようになったので、掛けにくい振り子よりも扱いやすいてんぷ時計が好まれるようになった。

(3) てんぷ置時計“セルスター”^{8) - (1)}

置時計や目覚まし時計は移動を伴うことが多いから、置き方、掛け方の難しい振り子時計では具合が悪い。このような要請に対して、精工舎独自の1コイ

ル、1トランスの回路構成を持ったてんぶ置時計“セルスター”EM-60が開発され、1962（昭和37）年3月に「正確で耐久性に優れ、乾電池1個で約1年動く」というキャッチフレーズで売り出された（図2.2.9）。セルスターは安定した精度、優れた耐久性を念頭に置いて設計されたトランジスタ時計であり、恐らくは世界で最も早い時期に発売された置時計であった。1年を待たずして西独のユングハンスがアトー回路で単2乾電池を用いたてんぶ式トランジスタ時計“ATOMA794”を発売した。この時計は普及品を意図したユニークな設計であり、その後のてんぶ式トランジスタ時計の基本形となった。

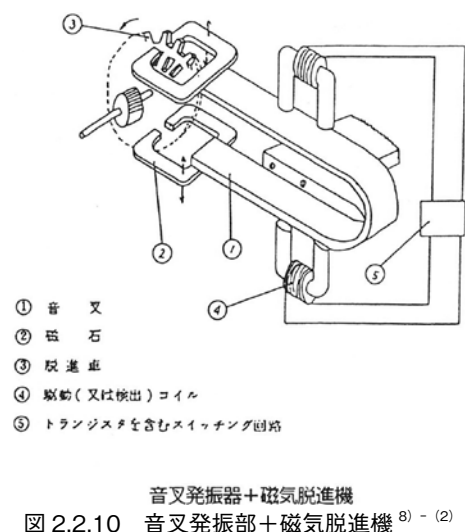


としては、音叉の利用または水晶振動子の利用があげられるが、駆動回路が複雑になるために、トランジスタが出現するまでは電気通信分野で用いられるだけで、一般の時計には使われなかった。ところが、トランジスタが市場に出て暫くした1960（昭和35）年、ブローバ社は360Hzの音叉時計“アキュトロン”を宇宙時代の時計として市場に出してきた。当然、時計業界はその着想に沸き立った。従来時計と比較して精密加工の極点にあるアキュトロンは、特に音叉の振動を歯車の回転に変換する部分の精密さが素晴らしかった。しかもブローバ社が特許を公開しなかったことも大きな問題であった。

1964（昭和39）年、（株）ジェコーは音叉と磁気脱進機を組み合わせたジェコー方式の音叉時計を発表した（図2.2.10）。これまでの磁気脱進機は従来のガンギ・アングルにかわる無接触の脱進機であって、チクタク音のないことが特長とされていたが、ジェコーでは振動数の高い音叉の振動を回転に変換する変換器として用いた。しかもこのような逆の使い方は脱進機とはいえない、即ちクリフォードの特許に抵触しないものであった。さらにシチズン時計は、平板3又音叉時計“エリトロン”を1966（昭和41）年に発売した。

(2) H型音片型

精工舎は1968（昭和43）年に十字振動子時計を投入、1970（昭和45）年にはH振動子の“ビブロン”を発売した（図2.2.11）。しかし水晶時計の波はすべてのクロックに波及しつつあり、振動子時計をものみ込んでいった。



2.2.3 音片振動子時計の構造^{8) - (2)}

(1) 音叉型^{8) - (2)}

振動子の振動数を大幅に高くして精度を高める方策

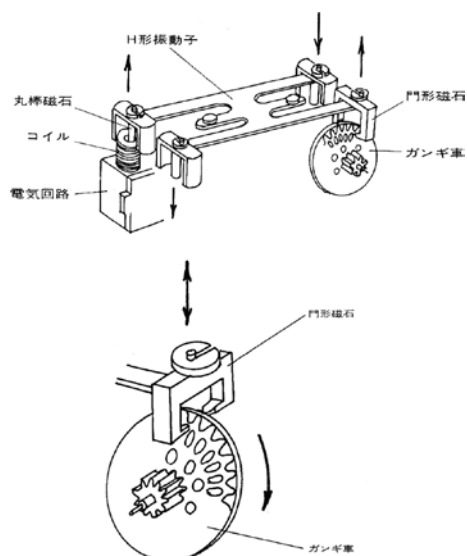


図 2.2.11 H 型振動子 + 磁気脱進機および脱進構造^{8) - (2)}

2.2.4 水晶時計の構造^{8) - (2)}

1960 年あたりから、放送局や船舶に精工舎の水晶親時計が出荷されるようになったが、1964（昭和 39）年には諏訪精工舎のクリスタルクロノメーター 951 型が携帯用標準時計として東京オリンピックで採用され、またスイスのニューシャテル天文台コンクールでも優秀な成績をおさめ、水晶時計はその後の IC の進歩や新しい生産手法の進歩に支えられて目を見張る小型化と低価格により、公共用計測用から民生用家庭用へと急速に普及していった。

欧米においても水晶時計の研究が盛んに行われていたが、中でも西独のシュタイガー社からは、1971（昭和 46）年 3 月に基本的な掛置時計のムーブメントとして“クロメトロン” Chrometron CQ2000 が発表され、その発想が評価された。翌年の 3 月には体積で 53% ほど小さく、単体部品で 40% ほど少なく、しかも単 2 乾電池 1 個で 1 年寿命の掛置時計 CQ2001 が、合理化ムーブメントとして公表された。このシュタイガー社は 3 年ほど前にプラスチックを使った電子時計を発表し、155 部品を 45 部品に減らすことに成功した会社であった。クロメトロンは回路部分と機械体部分に分かれているが、たった 1 年の進歩といいながら、CQ2001 の回路は非常に簡素化され進歩していた。機械体は振動電磁石による毎秒爪送り方式であって、騒音防止のために歯車はゴムで支え、すべての歯車、軸受、その他の部品は錆と摩耗を避けるために、アセタールレジンにしてあった。そして回路と機械体もバランスよく配置されていた。その後の CQ2004 では、単 3 アルカリ乾電池 1 個で 1 年の寿命の目覚時計となり、新しい生産手法の進歩による回路基板主体のまと

め方で、いっそう合理化された時計になっていた。

(1) 水晶振動子^{8) - (2)}

ややさかのぼるが、1965（昭和 40）年に入って精工舎が最初に商品化を目指したのは、低周波スパイラル水晶振動子を用いた水晶時計であった。



S P X 構造図

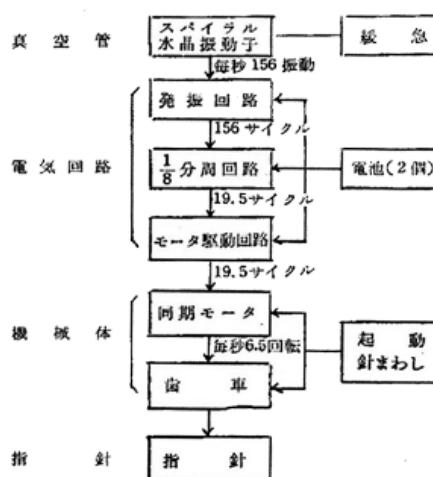


図 2.2.12 SPX - 961 および構造図⁷⁾

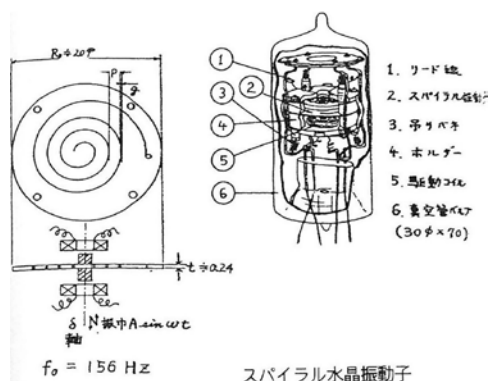


図 2.2.13 スパイラル水晶振動子および構成図^{8) - (2) 18)}

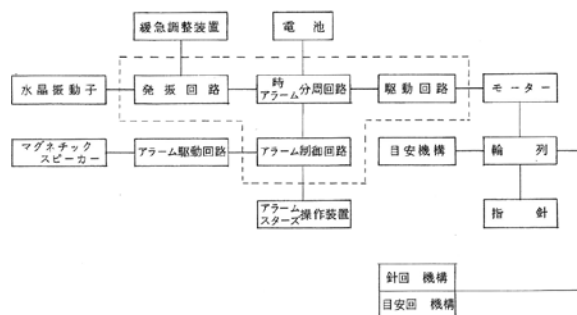
当時の技術論文にはその構造が次のように説明されている。

「低周波スパイラル振動子とは、水晶の薄板面に数回巻きのアルキメデス渦巻スリットを切り取って得られる渦巻バンドを主にスティフネス要素として動作させるもので、その外周部分を固定し、振動の自由端となる中心部分は板面に直角な軸方向へほぼ直線的に単振動する1素子の機械振動子のことであって、従来このような形式のものは見当たらない。本例では中心部に Mass 要素と電磁駆動用とを兼ねるフェライト磁石の小片を固着し、これと結合するコイルによって励振する方式を取り、共振周波数は156サイクルを選んである。水晶板としては、一般に高周波用として広く使われている AT カットの面方位にかなり近いものを用いて零周波数温度係数を実現することができた。」

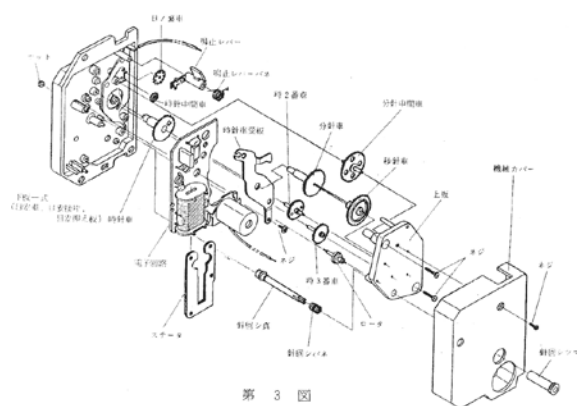
この振動子は真空管の中に封入され、毎秒6.5回転のトランジスタモーターによって駆動される機械体に正確な信号を送る役割を果たした(図2.2.13)。機械体は大別してモーター部分と運針部分に分かれるが、運針部分については通常の時計と変わらない。モーターに関しては、毎秒6.5回転の連続回転に耐え、しかも消費電流を少なくするために、ローター軸の上・下とも穴石・受石(回転軸を受けるサファイヤ製軸受と軸の先端を支える円盤状サファイヤ部品)を使用して耐久性を高め、軸受部分には油ダメを設けた贅沢な設計であった。高精度で故障のない水晶時計 SPX961 は1968(昭和43)年6月に発売された(図2.2.12)。日差はプラスマイナス1秒以下、持続時間は単1乾電池2個で1年以上であった。これは世界初の家庭用クォーツ掛時計であった。スパイラル振動子は生産に限度があり、コストダウンも難しかったので、沖電気製の1.2MHz AT カット水晶振動子ユニットとスパイラル水晶時計の頑丈な機械体と組み合わせて、小型実用標準時計セコトロン QCX として1970(昭和45)年5月に発売した。さらに163.84kHzの水晶振動子を用い、初めて低消費電力のICを採用し、普及型的水晶時計が発売されたのは1972(昭和47)年12月である。1976(昭和51年)に世界初のクォーツ目覚時計 QP701 が発売された(図2.2.14)。



a. QP701

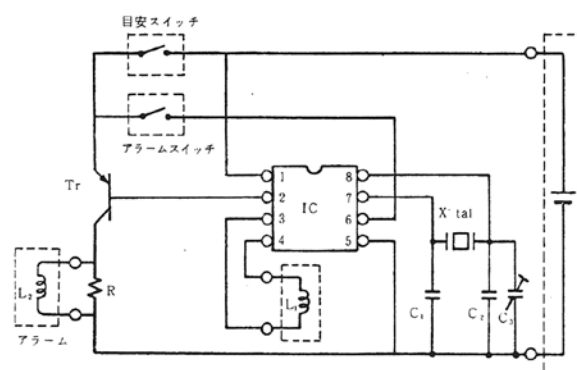


b. ブロックダイアグラム



第3図

c. 輪列展開図



d. 回路図

図2.2.14 世界初のクォーツ目覚時計 QP701⁹⁾

1980年代半ば頃になってウォッチに使用している32kHzの音叉型水晶振動子の価格が急激に安くなり、しかも平均月差20秒を実現することが可能であり、周波数が下がった分だけ電気回路の消費電力が減り、コンパクトでムーブメントの小型化に役立ち、普及型

クロックに急速に広まっていった。

時計の小型化とコストダウンの目的で、ICチップを直接プリント基板に装着する方式を開発し、CB（Chip on Board）と名付けた。この方式では、半導体メーカーは半製品を出荷する訳であるから、ICの性能を100%保証できないという意見があり、半導体メーカーの出荷検査の在り方、即ちICチップの外観検査、性能検査項目、機能検査項目の再検討が行われた。また、生産現場ではCBの信頼性をチェックする体制を整え、CBの不良解析技術を身に付けることになった。ICにおける難問の一つは静電気耐力である。電池の出し入れのとき、人体に帯電していた静電気がICを破壊することが問題であった。当時は静電気耐力の計測が確立していなかったので、手探りで人体の静電容量を決めて破壊電圧を計っていたが、100pFのコンデンサで、期待値より1桁下の数10ボルトで破壊してしまうことがあって難渋した。結局は半導体の静電気耐力を向上して貰うしかなく、改善にはかなりの時間がかかった。このようにしてCMOS-ICの技術が固まり、より複雑な回路を設計するようになった。

(2) モーターの構造¹⁰⁾

ウオッチとクロックもモーターの基本構成は同一であるが、主に使用環境とサイズの違いゆえに、それぞれに対応するための独自の技術が存在する。ウオッチは小さいサイズの中に電池を取める必要があり、非常に少ない消費電力が求められるが、クロックは比較的大きな電池を使用することができるために、ウオッチと比べ消費電力を大きくすることが可能である。身に着けて使用するウオッチと違い、クロックは遠く離れたところからも表示が確認できるように、視認性の高い大きな指針が必要となることから大きなトルクのモーターが必要となる。このようにウオッチとクロックは同じ技術をベースにしつつ、その使われ方の違いにより、それぞれ独自技術を生み出しながら発展してきた。

(3) ステップ運針¹⁰⁾

水晶発振器と電子回路によって作られた駆動信号を利用してモーターを一定速度で回転させ、モーターの回転を歯車で減速して指針を運針する。この時に用いられるモーターには省電力化に有利なステップモーターが使用されることが多く、近年では5~40msで180°回転し、これを1秒周期で間欠駆動するステップモーターが主流である。秒針はモーターの回転が1/30に減速され、1秒に1回間欠運針する。これを

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

指針が間欠回転するステップ運針はモーターが“動く”“止まる”を繰り返すため、この動きを針に伝える歯車はそのたびにかみ合い部分で衝突を繰り返す。指針の小さいウオッチではあまり問題にならないが、クロックは大きな指針を動かすために高出力のモーターを使用するためにその衝突音も大きくなる傾向にある。このような課題を持つステップ運針に対して、指針が等速で連続的に回転するものを“スイープ運針”と呼んでいる。モーターには等速で連続回転するスイープモーターを利用する。等速で連続回転するモーターの動きを歯車で減速して指針に伝えるため、歯車間の衝突が起こらずたいへん静かに動き続ける。その動きは優雅に時の流れを表現できることから、居間や書斎、寝室などの静かな環境で使う掛時計、耳元で使用する目覚時計などで好まれている。スイープ運針のウオッチはほとんど見られないことから、クロック独自の技術と呼べる。

(4) スイープ運針の技術¹⁰⁾

図2.2.15にステップモーターとスイープモーターの違いを示す。

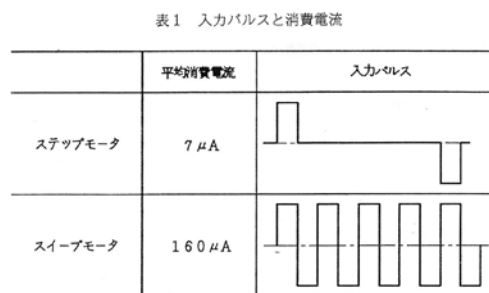


図2.2.15 ステップモーターとスイープモーターの駆動パルス¹⁰⁾

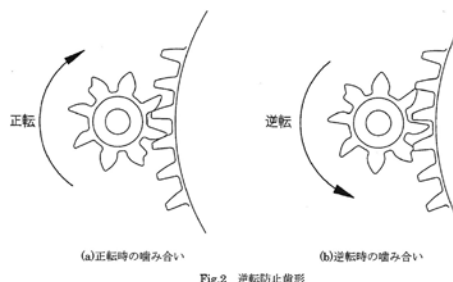


図2.2.16 スイープモーター逆転防止歯形¹⁰⁾

ステップモーターは1秒間に5～40ms程度交互にその方向を切り替えながらモーターのコイルに電流を流す。ローターは電流が流れている間に180°回転し、残りの時間はローターの保持力で停止する。一方、スィープモーターは62.5ms周期で方向を切り替えながら常にモーターのコイルに電流を流す。ローターはステップモーターに比べて慣性モーメントが大きくなるように設計する。慣性の大きなローターほどゆっくり回転することから、ローターがちょうど駆動パルスの周期である62.5msで180°回転するようにローターの慣性モーメントとモーターの駆動力を合わせこむことで、モーターは常に回転を停止することなく一定速度で一方向に連続回転することができるようになる。

(5) 逆転防止歯形¹⁰⁾

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

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

図2.2.16左図はモーターが正転方向に回転しているときの噛み合い状態を示す。カナと歯車のインボリュート形状の歯が噛み合い、常に接触しながら回転を伝達する。図2.2.16右図はモーターが逆転方向に回転した時の噛み合い状態を示す。大きく取られたバックラッシュが逆転方向に詰まり、このことによってカナに形成された異形歯形と歯車の歯が回転を阻止するように接触し、逆方向に回転できない状態を作り出す。回転が止められたモーターはコイルに流れる電流の方向が切り替わり逆方向の磁界が発生することで正方向に回転を始め、秒針は正転方向のみに回転する仕組みである。

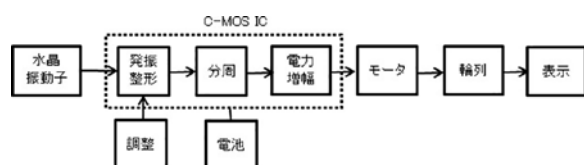


図2.2.17 水晶時計のブロックダイアグラム¹¹⁾

2.2.5 電波修正時計の構造^{8) - (2)}

精工舎の電波時計は、トランジスタラジオでNHKの時報音を拾い、機械的に指針を修正する方式で実用化され、1962（昭和37）年の春の大阪国際見本市に初めて出品されて話題となり、翌1963年から市販された（図2.2.18 NTR）。

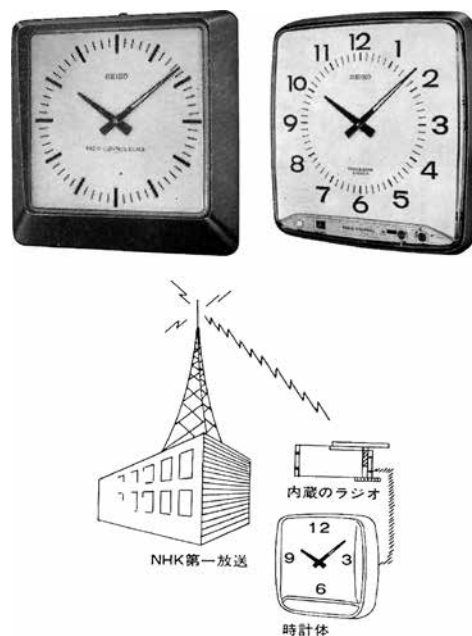


図2.2.18 振子式電波時計 NTR と
てんぷ式電波時計 TTR^{8) - (2)}

電波修正時計においては、修正信号、すなわち時報を確実に選別することが大きな問題になる。ラジオの時報は、民間放送においては、その形式が統一されていないため、NHKのものを利用しようとするのが一般的である。この場合、サービスエリアがほとんど全国をカバーしていることも有利な条件になる。時報の正報音は、880サイクルの正弦波であるが、単に周波数のみに着目しても、これと同じ周波数成分は一般の音声信号にも含まれているから、一般的には信号パターンの識別の問題として取り扱う必要があるわけで、時報が備えている比較的識別しやすい特長のいくつかに着目して識別する。今回は最も簡単な方法として、正報音の880サイクルが固定周波数の純音で、しかも1秒以上持続する点に着目し、880サイクル以外の周波数成分があった場合には、これを一種の禁止信号として使用する方法、つまり時報ではないと判断することによって、時報と一般の音声信号とを識別し、良い結果が得られた。電波時計では、間違った時間に修正信号が出ると正しい時計でも狂わせてしまうことになることから、間違った信号を避けることが一番肝要であり、電界強度が特に大きい場合とか様々なノイズが入った場合とかを想定して構成に工夫を凝らし、

信頼性テストを行い、午前と午後の7時に1分半だけラジオが入り修正を行うことで、誤った修正が行われにくい構成にして、1963（昭和38）年5月に出荷した。市場からの信頼度は高く、時計店や学校、家庭などの標準時計として愛用された。

1978（昭和53）年11月23日には全国的にラジオ放送周波数を変更された。この時期までの出荷されたモデルは掛時計、置時計、ホールクロックなど高級時計ばかり20機種以上もあって、その数は大変なものであったし、周波数変更放送局は北海道から沖縄まで170局もあったが、各営業所、サービス部門の努力によって無事に転局調整を完了することができた。

日本における本格的な電波時計の普及は、1999（平成11）年に福島局標準送信所（おたかどや山）が開局し、正式に長波による日本標準時の運用がスタートしてからである。2001（平成13）年には九州局標準電波送信所（はがね山）が開局し電波クロックを全国展開する環境が整った。

標準電波は、独立行政法人である情報通信研究機構によって、およそ10万年に1秒の誤差といわれる超高精度の「原子時計」をもとに日本標準時として管理・運用されている（図2.2.19）。標準電波には福島局から発信される周波数40kHzの電波と九州局から発信される周波数60kHzの電波があり、ユーザーは受信しやすい方を選択する必要があった。ただ電波

の強さは地形や障害物、またアンテナの向きによっても影響されるために、単純に送信局からの距離だけでは判断できない場所がある。そこで2001年九州局開局に合わせて、ユーザーが意識することなく、時計が自動的に受信可能な局を選択する自動選局機能付電波時計が発売された。時刻情報取得の前に、40kHzと60kHzそれぞれ一定時間秒同期受信を行い、その結果を比較して最適な一方を自動的に選択、その後は選択した周波数で時刻情報の受信を行うこととした。秒同期受信の結果はリアルタイムでLEDにより表示し、ユーザーがその状況を見ながら時計を使用する場所を選べる機能も設けた。

従来、クォーツムーブメントの時刻修正は人が針回しつまみを回して行っていたが、電波修正ムーブメントは標準電波を受信すると、自動的にその受信時刻に修正されなければならない。そのために時針歯車・分針歯車・秒針歯車の位置を検出する機構が組まれている。発光素子と受光素子によって位置検出がされる（図2.2.20～2.2.22）。



図 2.2.20 電波クロックムーブメント¹³⁾

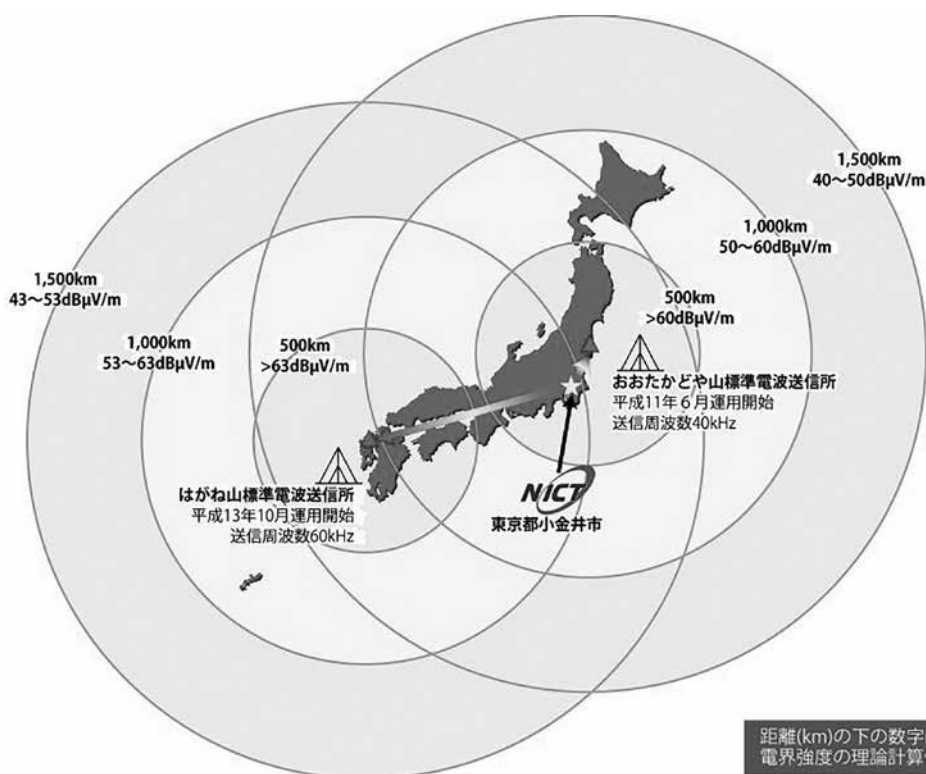


図 2.2.19 国立研究開発法人情報通信研究機構ホームページより

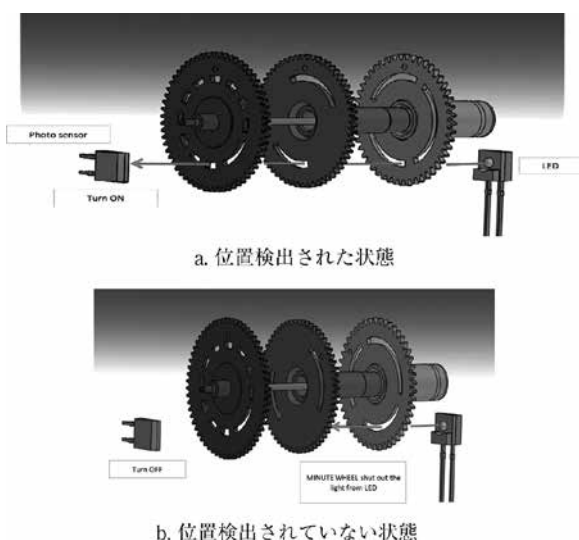
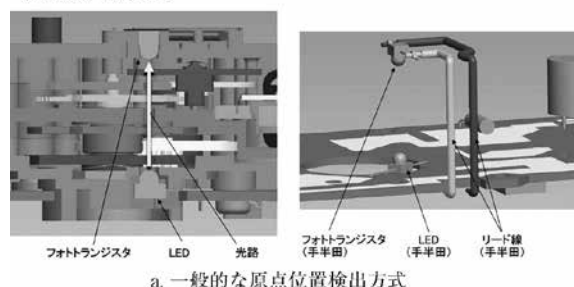


図 2.2.22 位置検出例（セイコークロック）¹³⁾

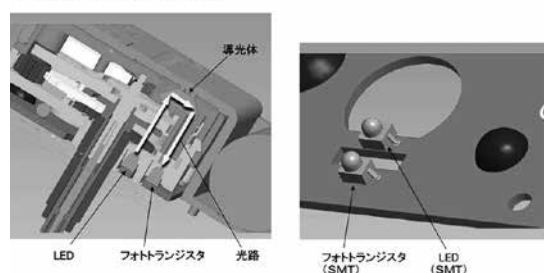
リズム時計は原点位置検出にフォトトランジスタとLEDを使用し、その光路に導光体を設ける設計によりコンパクト化とムーブメント内レイアウトの制約低減、組立作業の工数低減を図っている（図 2.2.23）。¹⁴⁾

一般的な原点位置検出方式



a. 一般的な原点位置検出方式

導光体を利用した原点位置検出方式



b. 導光体を利用した原点位置検出方式

図 2.2.23 位置検出例（リズム時計）¹⁴⁾

一般に原点位置検出のフォトセンサーには、反射型と透過型のいずれかを利用しているが、下記の問題点があった。

- (1) 反射型は光路を短くする必要がある。また反射板の設置が必要になる。
- (2) フォトトランジスタとLEDを使用した透過型は、反射型に比べ光路を長くできるが、フォトトランジスタとLEDを2箇所に分けることや、一方からリード線を配線する必要があり、ムーブメント内のレイアウトの制約や組立作業の工数アップという欠点がある。

この改善策としてフォトトランジスタとLEDを使用し、その光路に導光体を設け、その光路を180°曲げることで、フォトトランジスタとLEDを同一回路基板上に配置可能となり、ムーブメント内レイアウトの制約の低減、組立作業の工数低減となった。一方、フォトトランジスタとLEDを近接して、同一回路基板上に搭載したことで、LED光が光路とは別に直接フォトトランジスタに入射し、誤動作が発生したので、フォトトランジスタとLEDの間を遮光するための工夫を行っている。

また、リズム時計は、2000年に暗い場合には秒針を止めて、受信感度向上と省エネと運針騒音の低減を図った電波時計を開発した。

従来の電波ムーブは、下記の問題点があった。

- (1) 運針時のモーターノイズにより電波受信がしづらい。（特に連続運針は、ステップ運針に比べ、モーターが停止しないので、モーターノイズにより受信しづらかった。）
- (2) モーターが複数あるので電池の消費量が多い。
- (3) 寝ているとき時計の刻音が気になるユーザーが多い。

通常、クォーツムーブメントは時・分・秒針を一つのモーターで動かしているが、電波時計のムーブメントは、時刻修正時間を短縮するため、複数のモーターを使用しており、一般的には時針と分針を一つのモーター、秒針を一つのモーターで運針している。この構成の場合、秒針が独立しているため、時分に影響せず秒針のみを止めることが可能である。そこで、秒針を

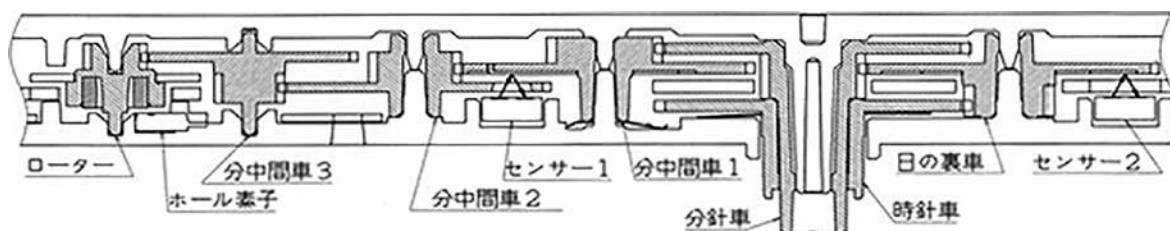


図 2.2.21 電波修正機械体（2針）の断面図¹³⁾

暗い場所で止めることで、電波受信時の感度アップと約 20%（当時）の省エネおよび刻音の低減を実現し、ユーザーの使い勝手向上につなげた。¹⁴⁾

2.3 クロックムーブメントの設計・生産技術¹⁹⁾

1950 年代の機械式時計の復活の時期のムーブメントは旧来技術の延長線上での調速系（テン輪、ヒゲゼンマイ、脱進機）と動力系（ゼンマイ、歯車列）の性能向上が中心となっていた。

主な開発要素技術を下記にあげる。

- (1) 高振動化
- (2) 軽量で大慣性モーメントを持つテン輪
- (3) ヒゲゼンマイの最適巻数、形状、支持方法
- (4) トルクコンスタント歯形

主体はこれらを達成するのに必要なサブミクロンの圧延やアンバランスマスを除去するための生産技術や高張力・恒弾性素材の開発のウエイトが高かった。

トランジスタの実用化が電池時計の無接点化を可能にして、機械式時計から高信頼性電池時計に変わっていった。

この時期の開発要素技術を下記にあげる。

- (1) 寸法、重量のバラツキの少ない磁石
- (2) 当時では極細線（ ϕ 0.02～0.05）の巻上がり寸法精度の良いコイル
- (3) 低電圧、低電流下で信頼性の高い接点
- (4) 微小電流で長期間安定した出力が得られる漏液のないマンガン電池（電池メーカーとの協同開発。ナショナルハイトップに代表される今日の高性能乾電池が生まれる切っ掛けをなしている。）
- (5) 逆脱進機構

マンガン電池について²⁰⁾

最初にマンガン電池を用いた時計は振り子時計であった。振り子の先端部分に永久磁石を取り付け、振り子の最大振幅付近にコイルを置き、磁力とコイルの関係から電気を発生する。この電圧をトランジスタで増幅しコイルに電流を流し、コイルに流れる電流と磁力の関係で永久磁石に力を与え、振り子は運動し続ける。この時の電流はパルス状のもので時間は数十ミリ秒、電流の大きさは数ミリアンペアである。振り子の周期 2 秒ほどなので、電池から流れ出る電流の平均値はごく小さい値になり、1 個の電池で約 1 年時計を動かすことができるわけである。この時計を売り出してみたら、大きなクレームになった。これは、「我が家の大事な柱に大きなシミを作った」「壁に大きなシミができた」というものであった。原因は、電池から漏液し、時計の外へ流れ出し、柱や壁を汚したのである。

技術陣は、漏液しない電池を求めて動き出した。当時大きな電池供給会社は松下電池工業であった。精工舎の技術陣はどう検査したら、漏液しないか、するか判断できるかいろいろ検査方法を試して、行き着いた結論は、「電池をショートして水の中に入れ気泡がブクブク出るようだと漏液すると判断できる」という結論に達し、松下電池工業に改善を求めた。電池業界も漏液することは承知していて問題視していた。松下電池工業の技術陣は、精工舎の漏液試験方法に、こんな試験方法があるのかと大変驚くとともに積極的に改善に努めた結果、漏液しない電池が提供されるようになり、電池の表面に「SEIKO」の表記が入るようになり、漏液しにくい電池という代名詞になった。この表記は松下電池工業の製造技術の進歩に伴いなくなった。

当時、マンガン電池の使用は、懐中電灯・ラジオ・玩具等大きな電流を流す使い方では問題が発生しなかったが、時計は平均数百マイクロアンペア以下の低消費電流下で 1 年以上動作させるので、特殊な使い方であった。クロックのように低消費電流下では、陰極の亜鉛缶に微細な穴があき、その穴を基点として電池外部から酸素の流入により水素ガスが発生し、亜鉛缶の腐食が進行し電圧低下となる問題点を解決した。

また、1991（平成 3）年 4 月から日本の電池メーカーは「水銀 0 使用」マンガン乾電池を販売し始めたが、「水銀 0 使用」もクロックのような使い方は「負極の亜鉛の腐食を如何に防ぐか」の技術課題があった。今までは、マンガン電池は亜鉛缶の腐食を防止するために水銀を添加していた。これに対して、亜鉛缶の厚みを増したり、亜鉛缶内面に塗布する糊材質および塗布量の変更、低電位マンガンの混合など様々な対策をとった。

このように時計の特殊な使い方に対する電池メーカーの品質改善が進み、マンガン電池の性能は大きく向上した。

(6) エンジニアリングプラスチック製フレーム、歯車類（ゼンマイ時計に比べて各部材の応力が小さくなって、導入に好都合な条件ができた。）

次に機械式時計とクォーツ時計ムーブメントの構成について述べる。両者は力の伝達系が大きく異なるのでそれに適した設計手法がとられる。

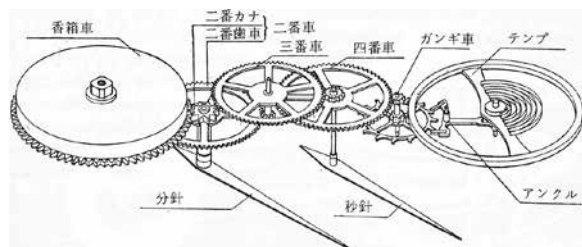


図 2.3.1 機械式時計ムーブメント³⁾

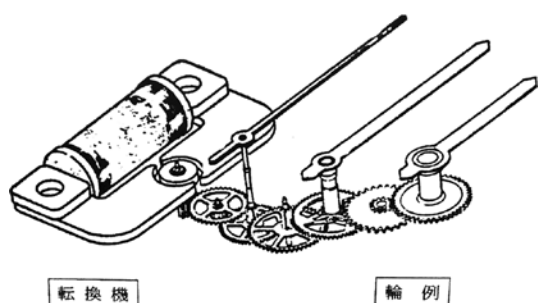


図 2.3.2 クォーツ時計ムーブメント⁵⁾

機械式時計は、ぜんまいを収納している香箱車の回転が二番車（分針）→三番車→四番車（秒針）→ガンギ車→アンクル→テンプに動力が伝達される増速輪列である。香箱車1回転に対して二番車は7～8回転（ムーブメントにより異なる）し、二番車（分針）に対して四番車（秒針）は60倍の速度になる（図2.3.1）。

一方、クォーツ時計は、ステップモーターのローター（180°回転/1秒）→二番車→秒針車（6°回転/1秒）→中間者→分針車→時針車に動力が伝達される減速輪列である。ローターに対して秒針車は1/30の減速、分針車は秒針車に対して1/60の減速、時針車は分針車に対して1/12の減速になる（図2.3.2）。

機械式時計は香箱車の回転力が常に軸受に加わり、側圧の高い状態で回転しているのに対し、クォーツ時計はローターが停止しているときには回転力を受けないことに大きな差がある。

このように、機械式時計はトルクの伝達効率や歯面の摩擦、歯車間の中心距離変動に強い歯形設計など歯車設計の役割はクォーツ時計に比べて非常に大きく左右する。増速比が大きいゆえに、最小歯数は6枚が必要とされ、双方の歯形が正しくかみ合うために、サイクロイドを近似した円弧の設計が極めて重要になる。

クォーツ時計は機械式時計のように大きな側圧がかからず、減速比もそれほど小さくなく、歯車間の中心距離の公差許容が比較的とれる加工容易な修正インボリュート歯形が使用される。

トランジスタ時計・水晶時計化により、フレームおよび歯車のプラスチック化が進み、機械式時計のムーブメントの150点前後の部品から20点前後の部品数になり、生産性が飛躍的に向上した。

クォーツムーブメントの生産拡大に伴い、精工舎では合理化ムーブメントの開発と全工程無人生産という2つのテーマを設定し開発に着手した。電池接片上にICを実装し、回路も構成してプリント基板を廃止することや磁場2色成形機（図2.3.6）の導入によりローターとカナの同時成形とマグネットの異方化、プラスチック材料の徹底的な見極めなどを行い、部品点数の削減とモーターの50%小型化を実現した。総部品点数21点という世界で最も部品点数の少ないムーブメントを開発した（図2.3.3）。

また全工程無人化に関しては、これまで自動化が困難であったコイルの端末処理、NC巻線機によりコイルボビンに端末をからげ、リードフレーム（電池接片）に直接自動溶接する方法が考案されたので、駆動回路の構成部品含めて一方向組立て（図2.3.4）が可能となり、全工程の組立自動化が達成された。1986（昭和61）年に新工場が完成し、以後順次機械、自動倉庫などが導入され、自動組立システムは1988（昭和63）年フル稼働体制となった（図2.3.7）。



図 2.3.3 クロックムーブメント^{8) - (3)}

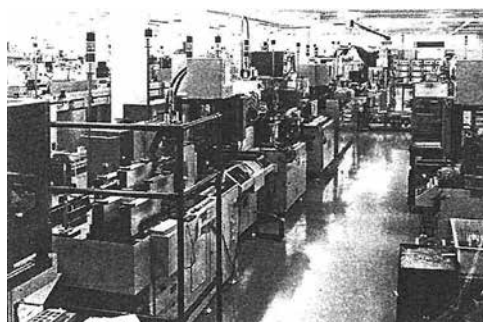


図 2.3.4 回路組立機^{8) - (3)}



図 2.3.5 空中搬送ロボット 8) - (3)

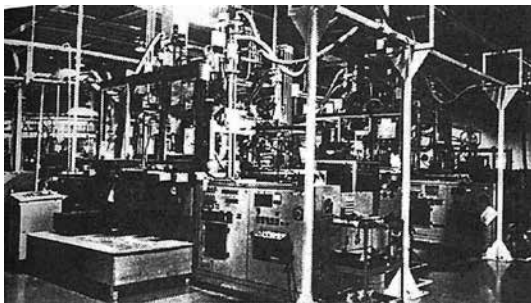


図 2.3.6 磁場二色成形機 8) - (3)

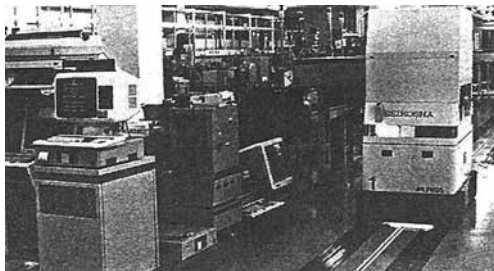


図 2.3.7 ムーブメント自動組立機 8) - (3)

1991（平成3）年2月発行のJETRO 海外向け機関誌「NEW TECHNOGY JAPAN」では次のように新工場を紹介している。

「同工場のムーブメント製造ラインはIC実装、回路組立、プラスチック部品（歯車など）成形、ムーブメント組立などの部門からなっている。以前はこれらの部門は分離したラインであったが、現在ではみごとに統合され、成形から箱詰めまで一貫した無人に近い生産ラインとなっている。プラスチック部門の原料供給、射出成型、IC実装部門のチップ実装、ワイヤーボンディング、回路組立のコイル巻線など、異種の製造技術が一本の途切れのないラインの中で合流し、一つのものとなって生み出されていく様はダイナミックである。生産タクトは85年には3秒だったが現在は1.25秒、つまり1.25秒に1個のムーブメントが出来上がっている。タクトに合わせて、各工程が遅滞なく、他工程と連動して作業するよう、ラインは綿密に

計算された設計となっている。工程間の接続に欠かさない搬送システムも、無人搬送車の他に天井走行型搬送車を用いてスピードアップと無人化を達成している。またFA化段階で最後まで完全自動化の難しかった外観検査、機能検査といった最終検査工程についても、画像処理装置等を用いて無人化を達成している。ここでは検査で不合格となったものも原因を調べて改善、復帰させるようにしているため歩留まりも100%に近いという。組立ラインには機械の監視員として2名の要員が配置されている。機械のトラブル解決のための配置で、一人でもすむが、孤独感をやわらげるために2人にしているという。

工場の無人化を支えているのは、いうまでもなく各種の機械や装置とそれを動かすコンピュータである。CIM（Computer Integrated Manufacturing）化した工場では、コンピュータは単体ではなく、ネットワークを組んで、生き物のように全機械を動かすが、栃木工場でも、各種の自動機械はセルごとにFAコンピュータでネットワークされて管理され、さらにそこで収集された機械の作業状況や、部品在庫数、不良品数といった数値情報は、構内LANを通じて中央管理室の8台の精工舎製コンピュータにリアルタイムで集められ管理されている。段取替えや生産数量などの生産指令は、その中央管理室のコンピュータを通して行えるようになっている」

リズム時計は、多機種のムーブの部品共通化による部品管理工数・作業工数の低減および自動組立ラインの統合化を狙いとして、2000（平成12）年に掛時計用ムーブ（図2.3.8）・目覚時計用ムーブ（図2.3.9）の部品共通化設計を行った。¹⁴⁾

従来の技術におけるステップ運針用のムーブメント及び連続運針用のムーブメントは、4番車以後の指針駆動輪列に関しては同一の構成とすることが可能であったが、モーターの回転を減速する歯車に関しては、その数や位置等が異なっていたため、これらの歯車を支持する地板についてはまったく別個に用意することが必要であった。このため、それぞれのムーブメントのために別々の地板をストックすることが必要となり、コストの上昇をまねくということがあった。

また、ムーブメントを自動組立する時に、異なる地板を使用する場合、部品供給装置が異なったり、地板上の歯車の位置を検出するための座標が異なるため、同一の座標データで組み込むことができず、座標データの組換えをしなければならなかった。*地板とは、下板、中板、ダストカバー、上板などをいう。

そこで、下記のような部品共通化をはかったムーブメントを開発した。

- (1) 掛時計用ムーブメント：ステップ運針と連続運針で、下板・中板・ダストカバー・指針用歯車を共通化
- (2) 目覚時計用ムーブメント：ステップ運針と連続運針で、下板・中板・ダストカバー・指針用歯車を共通化
- (3) 掛けと目覚まし用ムーブメントでは、中板および各運針のローター～5番車までの輪列部品を共通化

共通化設計時の課題解決点：

- (1) 掛時計用と目覚時計のモーター形状の共通化
掛時計は針が長いので運針トルクが必要であり、一方目覚ましはアラームの電流が必要となるので通常運針の消費電流を小さく抑える必要があった。これについては、コイル線径および巻数を掛け用と目覚まし用で分け最適化を行った。
- (2) ステップ運針と連続運針の中板とダストカバーの共通化

ステップ運針と連続運針では、ローター～4番車までの歯車の数が異なるので、ステップ運針と連続運針の4番車と5番車とローターの座標を合わせるようにレイアウトの設計を行った。

＊ステップ運針は、ローター～5番車～4番車

＊連続運針は、ローター～7番車～6番車～5番車～4番車

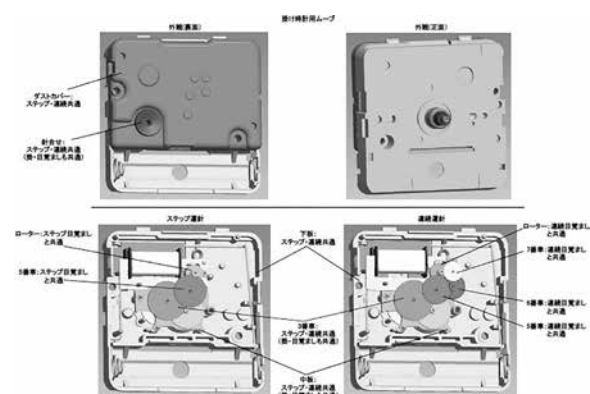


図 2.3.8 掛時計用ムーブメント（リズム時計）¹⁴⁾

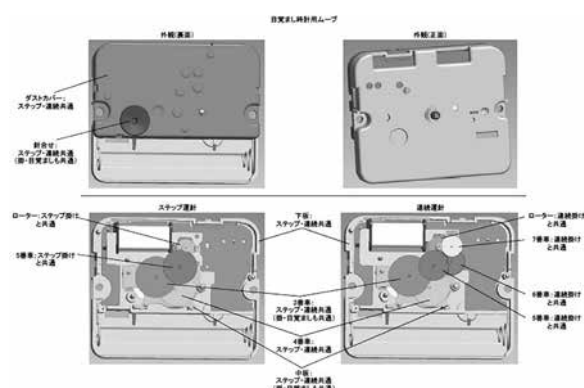


図 2.3.9 目覚時計用ムーブメント（リズム時計）¹⁴⁾

日本の時刻制度の話

（日本時計協会ホームページ「時と時計の豆知識」）

「時」についての最も古い記録として「日本書紀」に“漏刻（水時計）”のことが載っている。漏刻の時代の時刻制度は、奈良時代などと同じように1昼夜を12等分していたと思われる。12振（しん）刻に区切った時代には、十二支をあてはめて呼んだ。子（ね）の刻とは現在の午後11時から午前1時の2時間分をいい、午（うま）の刻とは午前11時から午後1時をいう。

現在、1昼夜を24等分して1時間毎に区切った時刻を使っているが、これを定時法という。これとは別に夜明け・日暮れを境にして昼と夜を区別し、季節により長さの違う昼と夜をそれぞれ6等分して時刻を決める方法を不定時法という。奈良・平安時代は庶民の生活は別として、一部では定時法が使われていたが、鎌倉・室町時代は不定時法で、江戸時代は定時法と不定時法が併用され、不定時法は明治5年まで続いた。

そして1872年（明治5年）12月3日（太陰暦では明治6年1月1日にあたる）に国の暦が太陰太陽暦から太陽暦に変わり、その一環として現在と同じ定時法の時刻制度が定められた。

参考・引用文献

- 1) 時計ものしりコーナー 時計の種類と機構 セイコーミュージアム ホームページ
- 2) 「時」と「時計」のエトセトラ 機械時計のはじまり 一般社団法人 日本時計協会 ホームページ
- 3) 脱進機 時計理論マニュアル3 SEIKO
- 4) 调速機 時計理論マニュアル4 SEIKO
- 5) 動力 時計理論マニュアル1 SEIKO
- 6) 宮里孝典 「時計の話」と学生の影響 マイクロ

メカトロニクス Vol.48 No.2

- 7) SEIKO クロック技術解説書 (株) 服部時計店
- 8) SEIKO 時計の戦後史
 - (1) 第3章 第1節 クロックエレクトロニクス時代の幕開け P61~72
 - (2) 第4章 第6節 クロックの充実と多角化への取り組み P184~189、P194~199
 - (3) 第5章 第6節 シェアを奪回する精工舎 P267~270
- 9) 新製品紹介 「SEIKO クォーツアラームクロック 電子音スヌーズ付 (QP-701) 日本時計学会誌 No.81 (1977)
- 10) 馬場康二「時計技術開発」クォーツ時計 マイクロメカトロニクス Vol.59 No.213 P34~38 転載
- 11) 宮里孝典 「クロックの現状と展望」日本時計学会誌 No.83 P28~31 1977
- 12) 馬場康二「電波クロック普及に向けた取り組み」マイクロメカトロニクス Vol.59 No.212 P34~38
- 13) セイコークロック (株) 社内資料
- 14) リズム時計工業 (株) 社内資料
- 15) SEIKO NEWS 新製品セイコーロビン 1958 年 No.8
- 16) SEIKO セールス マイアラーム 1966 年 10 月
- 17) SEIKO セールス ソノラ ST-439 トリップメイト AB204
- 18) SEIKO クロック今月の新製品 “新製品” スパイラル水晶時計 SPX-961
- 19) 土屋栄夫 2.2 時計 (社内資料)
- 20) 伊澤實 「マンガン電池について」 (社内資料)

3 クロックの変革

現在、国内において、クロックの一世帯あたりの平均保有台数は6.2個といわれ、平均家族数、平均居室数に比べはるかに高い普及率にある。そのクロックが、かつて一家に一台の標準時計として使われ始めてから「進化と変化」を繰り返し現在に至っている。クロックが機械式・てんぷ・振り子からクォーツ化になるまでの発展期の開発目標は進化であり、精度の追及が常にメインテーマであった。クォーツの時代になると、精度の向上とICの集積度飛躍的な進歩が、本来の「時計」の意味を変えることになり、1982（昭和57）年以降、クロックムーブメントの多様化がスタートしたといえる（図3.1）。

本章では、クロック基本機能の高度化技術および様々なクロック開発商品を紹介する。

3.1 基本機種の高度化設計

3.1.1 10年電池寿命高精度薄型ムーブメント

（セイコークロック）^{2) - (2)}

クォーツクロックにおける機械体の厚みは、使用される電池の厚みに影響される。また、薄い電池を使用するためには、モーターのローパワー化が課題で、1970年の初めには単一乾電池を用いた初期のクォーツ時計が発売された。単二乾電池タイプは1975年に開発・量産化され、その後急速に生産数を伸ばしクォーツ時代の最初の一時代を築いた。ほとんど同時期にクォーツ時計のローパワー化に着手し、1977（昭和52）年には掛時計としてはクォーツ化以前に例のな

い単三乾電池タイプの機械体が開発された。機械体厚みは28mmから単三乾電池の直径と同じ14.5mmに薄型化された。第二の薄型化の挑戦は1985（昭和60）年に厚さ5.2mm、10年電池寿命機械体として実現した（図3.1.1）。長期信頼性に優れたコイン型のリチウム電池の出現により、単三乾電池タイプ厚さの1/3、電池寿命5～10倍の高性能な機械体が開発されることになった。第三の挑戦は1980年代の後半からプラスチックにおける超精密・薄肉成型技術が開発されたことにより達成された。その技術は具体的にはウオッチの薄さで、クロックの大きさのムーブメント成型技術を開発する事であった。従来の金型構成にとらわれない発想で、1989年に厚さ2.5mmのウオッチに引けをとらない超薄型の機械体が開発された（図3.1.2）。

高性能マグネットを含むモーターの開発、高精度超薄型のプラスチック歯車類の開発、水平配置の設計思想などを取り入れた。年差10秒の精度で超薄型で電流消費の少ない水晶発振器が必要である。そこで従来の4MHz発振回路に比べ消費電流を1桁低減させるために低電圧で安定して発信するICを開発し、特製的水晶振動子と一緒に薄型の缶の中に封じ込んだ。

最終的には外装最大厚み9.5mm、機械体厚み2.5mm、表示2針、平均年差±10秒以内、電池寿命10年という高性能でしかもほぼ一枚と呼ぶにふさわしい外観の超薄型掛時計が誕生した（図3.1.3）。

外装は機械体・回路体・電池ボックスなどを取り付けるために、クロック外観サイズの薄型プラスチック成型技術および当時的高级自動車に採用されていた金属枠にバースアイ・メープルの突板（貴重な木材を薄

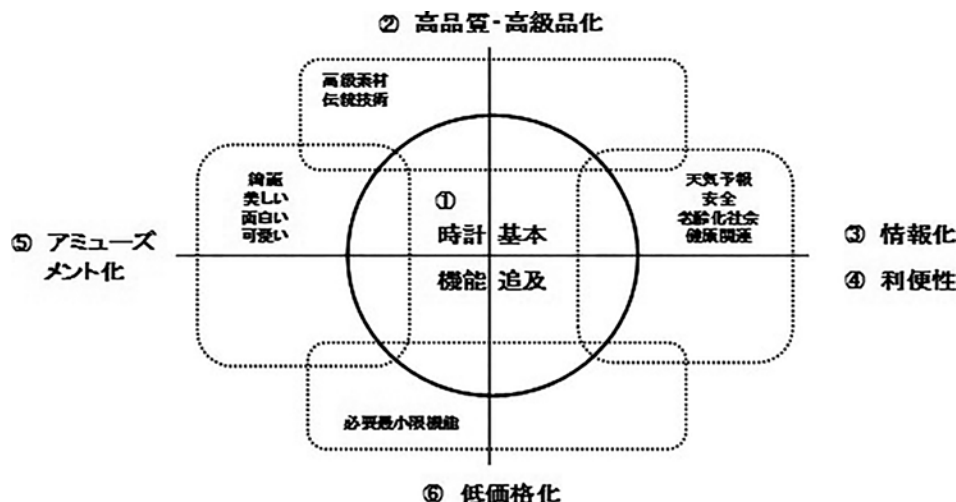


図3.1 クロックの方向性マップ¹⁾

くスライスしたもの) 貼り研磨光沢仕上げという難度の高い技術を克服した。



図 3.1.1 薄型 10 年電池寿命 SH302³⁾

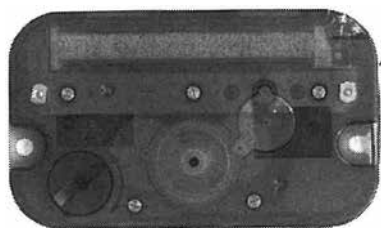


図 3.1.2 HS301 ムーブメント⁴⁾



図 3.1.3 超超薄型 HS301⁵⁾

3.1.2 低刻音薄型長寿命ムーブメント

(セイコークロック)⁶⁾

これまでユーザーの時計に対する多種多様な要求に答えるべく様々な機能を持たせた時計の開発がされてきた。しかしそれらの声を満足させるには至っておらず、時計に対していまだ不満を抱きながら使用している人は多い。ユーザーの不満の内容を見てみると「刻音がうるさい」、「電池交換が面倒だ」と感じている人が上位を占めた。これに対して市場で発売されている時計は、刻音に関しては、刻音の小さい時計として秒針が連続的に滑らかに回転する時計（スイープ時計）が知られている。しかしスイープ時計の電池寿命は最長でも 1 年で毎年電池交換をする必要がある。このように「ある面では優れているものの別の面ではユーザーを満足させるに至っていない」のが現実であった。「刻音がうるさい」、「電池交換が面倒だ」というユーザーの不満に対して、その両方を満足させるべく取り組んだ「低刻音薄型長寿命掛時計用機械体」の開発について述べる。

(1) 刻音の音圧目標：23dB 以下

(マイク全面 9cm、A レンジ、インパルス)

ある音源に対して、それをうるさいと感じるかどうかは個人差がある。そこで実際に音源の音圧を一定の測定基準で測定しその数値に対してどの程度離れば聞こえないと感じるか官能試験を行った。この官能試験結果から、平均的な人は 28dB のものを 1.5m 離れると聞こえないと感じ、耳の良い人でも 23dB のものは 1.5m 離れば聞こえないと感じることがわかった。このムーブメントは掛時計用であるため製品使用状態では時計から 1.5m 以上は離れると仮定し、刻音は 23dB 以下を目標とすることにした。

(2) 刻音発生の原因

刻音が発生する主な原因として以下の 3 点に注目して対策を検討した。

①秒針の振動により発生する歯車同士の衝突音

掛時計の場合、離れたところから見ることも多いため、秒針はそのような場合でも十分に認識できるだけの長さが必要である。この秒針を間欠的に運針させると（以降ステップ運針と呼ぶ）その度に秒針に振動が発生する。ローターは磁気的に拘束されるため、振動する慣性の大きな秒針とローターをつなぐ輪列はそのバックラッシュ分だけ秒針の振動により暴れることになる。このとき生じる歯車同士の衝突音が刻音となる。

②ローターのステップ運動により発生する歯車同士の衝突音

ローターがステップ運針する場合、その動き出し時に歯車の伝達面にバックラッシュによる隙間があるとそこで歯車同士が衝突する。このときの衝突音が刻音となる。

③歯車と上下ケースの衝突音

歯車が回転を伝達する場合、回転力だけを伝達するのが理想だが、実際には軸方向にも力が発生してしまう。特にローターの回転がステップ運針である場合、歯車の上下方向を支持しているケースと歯車の間でローターが回転する度に衝突が起こる。このときの衝突音が刻音となる。

(3) 刻音対策

①秒針の振動による刻音発生対策

秒針をステップ運動させた場合、慣性の大きな秒針の振動が歯車を振動させ、大きな衝突音（刻音）を発生してしまう。この刻音を抑えるという面から秒針をスイープ運針させるのが望ましい。秒針をス

イープ運針させる方法としては一般にスweepモーターを使用する方法が知られている。しかしスweepモーターは慣性の大きなローターの動きを制御する必要があるためステップモーターに比べて大きな電力を消費し、長寿命の時計には向かないという欠点がある。そこで、輪列中に歯車とカナをコイルバネで弾性結合した3番車とグリースの粘性抵抗により回転負荷を与えた4番車を設けることにより、モーターのステップ回転をスweep回転に変換して秒針を滑らかに回転させる開発を行った。

図3.1.4にローターから秒針までの輪列構成を示す。

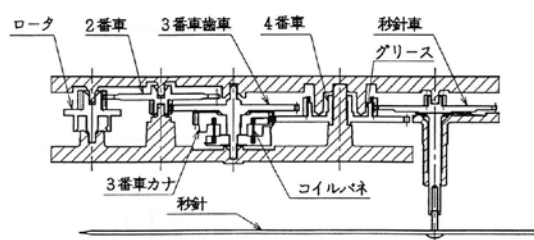


図3.1.4 輪列構成⁶⁾

2極ステップモーターによりステップ回転するローターの動きは2番車、3番車歯車へ伝達される。2番車、3番車はステップ回転をする。3番車歯車と3番車カナ（小さい歯車をカナと呼ぶ）はコイルバネによって回転方向に弾力的に結合されている。このため、3番車歯車のステップ回転はコイルバネを介して3番車カナに伝えられようとする。3番車カナは4番車歯車とかみ合っており、4番車は上ケースとの間にグリースを介しているため、その粘性で3番車カナと4番車歯車は回転しづらくなっている。そのため3番車歯車の回転速度と3番車カナの回転速度の差はコイルバネに巻き込むことでねじりモーメントとして蓄えられる。コイルバネに蓄えられたエネルギーが大きくなると、4番車を回転させようとするモーメントが大きくなり4番車の回転も速くなる。そしてコイルバネのねじりモーメントと4番車の粘性抵抗モーメントが釣り合い、3番車歯車の回転速度と3番車カナの回転速度が釣り合ったときに3番車カナ、4番車は低速で滑らかなスweep回転することになる。この回転が秒針車に伝達され秒針車はスweep回転となる。これにより秒針の振動は抑えられ、秒針の振動により発生する歯車同士の衝突音は防げる。

② ローターのステップ運動による刻音発生の対策

輪列を設計する際、歯車のバックラッシュを無くすることができれば歯車同士の衝突が生じない。こ

れによって刻音の発生は抑えられる。しかし実際には歯車の寸法誤差、軸間距離の誤差などを考慮してある程度のバックラッシュをとって設計する必要がある。そのためステップモーターを使用すると駆動する歯車とそれに動かされる歯車の間に衝突が起こり刻音が発生してしまう。これに対して次のような対策を行った。図3.1.5に輪列のローターカナから3番車までの平面図を示す。

3番車歯車と3番車カナの間にはコイルバネが配置され、その両端は歯車とカナにそれぞれ固定されている。コイルバネは動作中常にある程度巻き込まれた状態にあり、そのねじりモーメントにより3番車カナを介して4番車を回転するように作用している。このとき、同時に3番車はその反力で回転とは逆の方向に力が作用する。3番車歯車、2番車、ローターカナはこれによって回転方向とは逆に回転させようとする力が働いている。そのためローターが回転するときには常にコイルバネのねじりモーメントによりローターカナ、2番車、3番車歯車はそれぞれ回転を伝達する面がある程度の力で押しつけられ、バックラッシュが詰められた状態にある。結果として歯車同士の衝突が抑えられ刻音発生の防止になる。

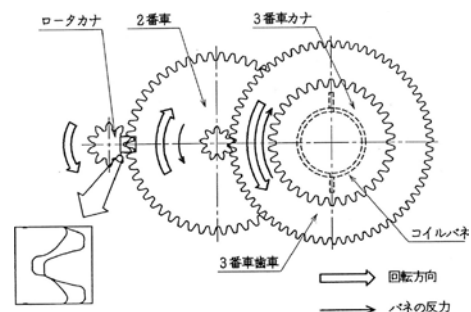


図3.1.5 輪列平面図⁶⁾

③ 歯車と上下ケースの衝突による刻音発生の対策

歯車とそれを受けているケースの衝突によって発生の対策として、「保油性の良い潤滑油の採用」と「歯車の材質を柔らかくする」を行った。

「潤滑油」は従来のものについても軸受部に塗布し、歯車とケースの衝突を和らげることをおこなってきた。しかし潤滑油の保油性が悪く、経時的に刻音が大きくなってしまったという課題があった。そこで対策として、モーターのトルクアップ等によりさらに保油性の良い潤滑剤を採用できるようにした。

「歯車の材質」は、歯車とケースが衝突した際に発生する刻音を抑えるため歯車の材質に今までのものより柔らかい材質を使用した。柔らかい材質を

使用することは成形上の問題や伝達効率の低下などの問題があったが、前者についてはゲート形状やひけ対策など型構造の工夫による成型技術の向上で可能になり、後者についてはモーターのトルクアップなどで課題を解決した。

(4) 秒針の動き

刻音対策のために掛時計用ムーブメントとして初めてビスカススweep方式による秒針のsweep運針化を図ったが、秒針の動きをより正確に、そして滑らかにするためにコイルバネのバネ定数や粘性抵抗モーメントの大きさが秒針の動きにどのような影響を与えるか検討した。

強いコイルバネでは秒針の動きが滑らかでなく、小刻みなピクツキが目立つようになる。一方、バネ定数が小さいほど負荷変動に対して見かけ上の時間の狂いが大きくなるので、コイルバネのバネ定数選定は非常に重要である。また、4番車の粘性抵抗モーメントが大きい方がねじりモーメントの変化に対する速度変化が小さい。つまり、モーターの出力トルク、コイルバネのねじり量の許す限り4番車は粘性抵抗モーメントが大きいほど秒針の動きが滑らかになる。

(5) 結果

刻音 : 18 d B
電池寿命 : 約 5 年 (CR2477 使用)
秒針軸トルク : 1.8gfcm

本開発により「刻音が小さい」、「電池交換の頻度が少なくてすむ」という2つのユーザー要求への対策を兼ね備えたムーブメントを実現することができた。

3.1.3 サイレントステップムーブメント

(リズム時計 2001 年)⁷⁾

従来、電波時計の秒針の運針方法はステップ運針と連続運針があり、「ステップ運針は秒まで正確に分かるが運針騒音が心配 (実状は連続と遜色ないレベルだが)、連続運針は、運針騒音は心配ないが秒の時刻が分かりづらい」との事で、電波時計の秒運針に要望される「分かりやすい正確な表示と静かさ」を同時には満足できなかった。特に掛時計のような長い秒針をステップ運針させた場合、目盛りに対し行き過ぎてから正常な位置に停止するという、いわゆる秒ブレ動作があり、秒運針の見栄えが良くないものがあったので、新しい運針の開発を行った (図 3.1.6)。また、ステップ運針の刻音大やコチコチ音への対策も同時に行うことになった。

本開発は1秒運針を「連続運針 0.5 秒、停止 0.5 秒」の方法 (図 3.1.7) により、電波時計の正確な時刻を秒まで分かりやすく知らせるとともに、静かで滑らかな運針は騒音の心配もなくし、電波時計に要望される、「正確な時刻が分かりやすく静か」な秒運針を実現した事である。モーターから秒針までの歯車の減速比をステップ運針の10倍以上にし、ステップモーターを早送り回転させて、秒針を連続で動かす。秒針の動きは1秒角 (6°) を0.5秒で動かし、0.5秒停止させる。秒針の振れが無くなり、1秒ごとの正確な時刻表示も可能とした。

苦労した点はステップ動作で秒針を連続運針に見せるためのローター慣性、モーター駆動パルスの最適化であった。



図 3.1.6 ムーブメント外観およびムーブメント内部⁷⁾

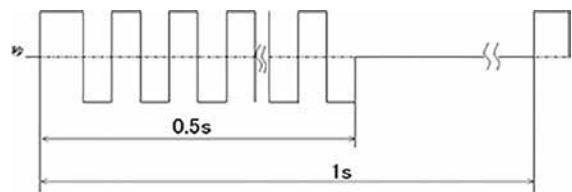


図 3.1.7 駆動パルス⁷⁾

3.2 多様化するクロックの開発

1975 年以降 (昭和 50 年代) は、水晶時計が本格的に量産を開始した時期であり、金属部品からプラスチック部品を多用した各種の水晶時計が開発され、それに続く多くの基本機種が出荷された時期であった。

一方、クォーツ化によって各社間の商品力の差が無くなってきた中で、付加価値の高い商品開発が各社間で活発に行われた。本編ではクロック特有の「サイズ・電源・素材」の制約が少ない特性を生かしたユニークな商品群を「利便性」「アミューズメント化」「高品質化」「情報化」に分類して紹介する (図 3.1)。

3.2.1 利便性

(1) ポケットアラーム

(セイコークロック 1978 年)^{2) - (1)}

液晶表示全電子時計は多機能化が可能であり、多種

の情報を数字で表示できる上に、刻音がないとか消費電力が少ないとかの利点もあり、今後の成長商品と捉えて検討を開始した。

商品化にあたっては、従来のデジタルウォッチのイメージを払拭した「高級感のある簡単操作のデジタルポケットアラーム」を開発コンセプトとし、海外出張の多いエグゼクティブビジネスマンに狙いを付けた。基本スペックとしては、次の3項目を上げたが、それを満たすためには多くの開発項目を解決しなければならなかった。プロジェクトチームが発足し、開発部門によるプロトタイプをもとに、各項目の開発が始まった。“ポケットアラーム”はデザイン・電気・機械・物理・化学・外装のスタッフが丸となって開発した最初の商品であった。

1) アラーム機能とワールドタイム機能があること

ウォッチより大きく、常に主・副の2系列を同時表示するマルチ駆動のLCDパネルは、開発部がその開発と社内生産を担当した。アラームは圧電素子を貼り付けた振動版を前後の圧入ホーンで締め付けて共振点を変化させ、薄型・低消費電力ながら高音圧を発生する方式を開発した。

2) アナログ時計の感覚で簡単に操作出来ること

腕時計と同じ感触のりゅうずを念頭におき、ゆっくり回すと表示がゆっくり、速く回すと表示が早く進み、且つ正・逆転可能にした(図3.2.2b)。

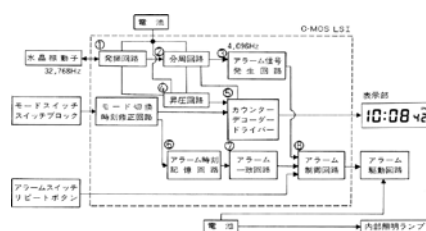
3) 小型・薄型で高級感のある外装であること

高級感を出すために、外装は薄板アルミ押し出し材に、ヘアライン・ミガキ・マーブル塗装など、高級感のある表面処理を行い、外からはネジ1本見えない枠にした。従来よりチップサイズの大きいICの回路実装では、PCBの材料・多ピン金線ボンディング・ポッティング材の選択など、試行錯誤を重ね、薄型の実装に成功した(3.2.2c)。試作品ができ、国内外の営業関係者に紹介したところ、特に海外で評価が高かった。

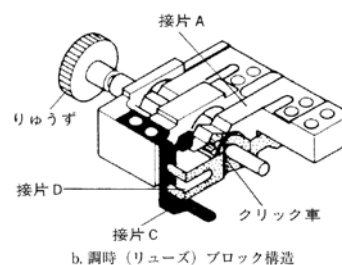
“ポケットアラーム”は1978(昭和53)年2月に海外が先に、同年4月には国内で発売され(図3.2.1a)、12,000円という当時としては高価格にもかかわらず、国内・海外ともに大ヒットした。その後、シリーズとしていろいろなバリエーションが作られ(図3.2.1b、c)、累計売上数量は100万個に達した。



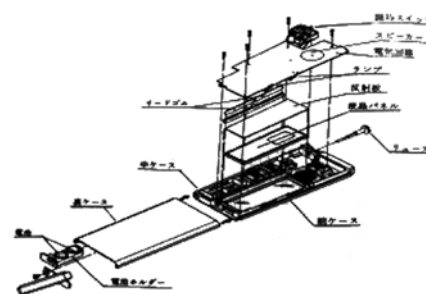
図 3.2.1 ポケットアラーム製品



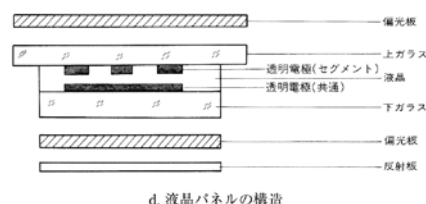
a. ポケットアラームブロック図



b. 調時(リユーズ)ブロック構造



c. ポケットアラーム展開図¹²⁾



d. 液晶パネルの構造

図 3.2.2 ポケットアラーム内部構成¹¹⁾

液晶表示パネルには主表示と副表示の2系列の時刻を同時に表示するために、セグメント数が従来の切換表示パネルに比べて約2倍近くある。そこで各セグメント電極をそれぞれペアにして結線し、さらに共通電極COM1とCOM2を形成することにより引出電極を半減させた。位相差をもった2系列の駆動波形を印加すると、ペアの電極でも交互に点灯させることが可能で2桁ダイナミック駆動と呼ぶ。このような駆動方式では、特に液晶の応答速度と温度特性が重要な係わりを持っているので非常に優れた性能の液晶表示パネルが必要となる。特に1.5V系の低電圧駆動でニュートラル色（ブルーグレイ）を実現するピフェニール系液晶はなおさらである（図3.2.2d）。現在は、液晶・駆動回路も大きな進歩を遂げているが、当時は大きな課題で試験を繰り返し実用化に成功した。

(2) ピラミッドトーク

（セイコークロック 1983年）²⁾⁻⁽¹⁾

1970年代からのIC技術の進歩で、IC内部に音声情報の蓄積が可能になった。テキサス・インスツルメンツ社から世界で初めて音声を使った教育用機器“スピーク・アンド・スペル”が発売されて評判になったのが1978（昭和53）年である。昭和55年にはシャープから世界で初めてのポケットサイズの音声合成目覚時計が発売され、第二精工舎（現セイコーインスツル（株））からは音声ウオッチが売り出された。精工舎では第二精工舎からこのICを分けて貰い検討を進めたところ、クロックならば充分満足のできる新商品が生まれるという見通しが立ったので、デザイン部門と協力し当時話題になっていたピラミッドパワーをシンボリックイメージとした面白い商品を作ろうということになった。不思議なイメージを強調するために、あえてデジタル表示の時計は底面に置き、頭上のスピークボタンを押すと音声で時刻を知らせる方式にした。心臓部である回路は、CPU・音声合成ICとアンプICの3チップ構成の沖電気製ICを改良して採用したが、デザイナーの推奨するモデルサイズにするためには、回路の集積度を上げねばならず、技術開発部門の協力により、社内に3チップのCB実装のためのパイロットラインを作って検討を行った。その後、このラインは回路の歩留まり向上や品質向上に大きな貢献をすることになった。マルチチップ実装にふさわしい信頼性の高い実装材料の選定は開発部門と共同して行ったが、特にプリント基板の材質とメッキ処理、そしてICの表面をカバーするポッティング材の選定には多大な労力を費やし、このときの生産技術と信頼性

技術が今では財産の一つとして残されている。最初の“ピラミッドトーク”はサムシングニューを待ちわびている海外市場からの要請に応えた英語版で発売は昭和58（1983）年12月であった。国内向けの日本語版は、英語版から2カ月後に発売された（図3.2.3a 1万円）。ここで最初に遭遇したのは、一部の音声判別できないというクレームである。音声合成による言語は全体として問題がないようであっても、音声の組合せによっては不明瞭になる。1年余りの時間をかけて試作を繰り返し、音声合成方式も改良してどの時刻でも判別可能にした。絶え間ないICの進化によって初代と比較すると、はるかに高音質で明瞭な報時が実現されている。国内・海外ともに好評で、合わせて100万台以上販売された。



図3.2.3 ピラミッドトーク製品

なお、派生商品として携帯タイプの“ポケットトーク”、四角形デザインの“キュービクトーク”、都市のボタンを押すと、各国の都市名と現地時間をスピーチする“音声ワールド”などがシリーズとして商品化された（図3.2.3b、c、d）。これらはピラミッドトークとともに、世界各地で愛用されたが、特に視力の低い人から大きな賞賛を受けている。日本においては、この中の“ポケットトーク”が昭和63（1988）年度グッドデザイン選定商品の中で、特に優れた福祉商品と認められ、通商産業大臣表彰を受けた。

(3) 人感センサー付きELパネル照明クロック

（リズム時計 1986年）⁷⁾

従来、暗い場合の表示確認には蓄光性夜光塗料やランプ照明が使用されていたが、蓄光性夜光塗料は視認性が長続きしないので必要な時に見えない場合があることや、ランプ照明はポイント照明になりやすく見づ

らいというデメリットがあった。この時計は表示をはっきり確認できるように文字板全面に EL パネルを使用し、人感センサーにより人を感知したときに一定時間の照明にすることで消費電力を抑え電池での商品化を実現した。

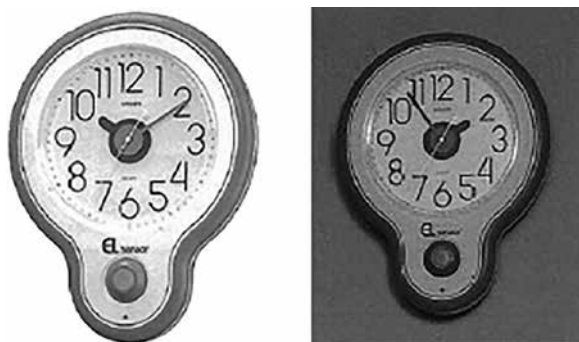


図 3.2.4 EL センサー600⁷⁾

EL に関しては、当時新しかった有機 EL を使用した。人感センサーは、焦電型の赤外線センサーの前面にフレンネルレンズを付けることでセンサーの感知範囲を制限し過剰に反応しない様にすると共に、センサー部分自体の向きを上下左右に微調整できる様に工夫した。

(4) 香で起こすアラーム

(セイコークロック 1988 年)¹⁶⁾

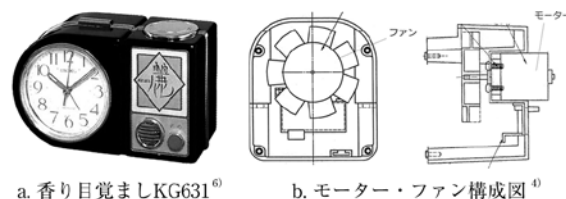
森の中にいるような爽やかな気分で朝を迎えることを狙った香り目覚まし「麗(うらら)」KG631 を 1988 (昭和 63) 年 11 月発売した (図 3.2.5a)。

「麗(うらら)」は「森の朝」、「森の中での目覚め」をイメージしたユーカリや松の香りを、時計のアラーム時刻とともに放出し、その後電子音が鳴って目を覚ましたときには枕元に森の精気が漂い、快適な気分で目覚めることを狙った目覚時計である。「麗」はアロマコロジーという基本コンセプトをもとに、(株)資生堂と共同開発されたものである。アロマコロジーとは香りが人間の心身に有用な効果を及ぼすという考え方である。快い香りは生活に潤いを与えるだけでなく、生理・心理面から様々な有用な効果をもたらし、人間と自然の調和を促進する。このアロマコロジーの考え方に基づき、一日のスタートとして快適な朝の演出を実現した時計が「麗」である。

仕組み

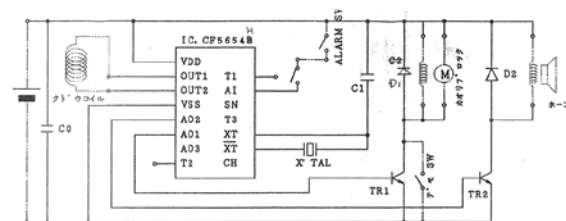
香りは香函(ゲル上になった香りの個体)に封入されているので、香函のシールをはがし、時計上部の香りブロックの所定位置にセットする。アラーム時刻になると香りブロックのふたが開き、香りがモーターファンによって約 24 秒間放出される (図 3.2.5b)。香

りが放出された後に電子音が鳴る。又、時計本体の前面にある香りデモスイッチを押すと、押している間のみ香りが放出される。(香りは約二か月間持続する)



a. 香り目覚まし KG631⁶⁾

b. モーター・ファン構成図⁴⁾



c. KG631 回路図⁴⁾

図 3.2.5 香り目覚まし KG631 概要

(5) 時計回転式アナログワールドタイム時計 TQ-130 (カシオ計算機 1988 年)¹⁷⁾

海外に行ったときに安心して使えるトラベラーはどうあるべきか、ユーザーの立場で企画・仕様検討を開始した。アナログ表示クロックで、海外に行ったときに回転ベゼルを回すことによって、現地時刻が直ぐ表示されることは大変便利で、その機構を如何にして実現するか設計に苦心した。

その解決方法は、分針の位置を変えないで時針だけを運針させる日の裏公転機構を開発することであった。世界の各都市名が時差に対応して印刷された都市表示板をフロントマスクの上面部の周縁部に設け、フロントマスク(ベゼル)を回転させて都市表示板に表示された各都市名のいずれかを指定することにより、フロントマスクの回転を中間車を介して日ノ裏台車に伝達し、この日ノ裏台車の回転に伴って日ノ裏車が分針車の周りを回りながら回転し時針車を回転させることにより、分針の位置を変えないで時針だけを運針させることが可能になった。

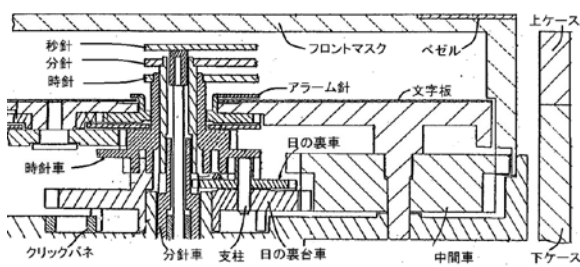
フロントマスクを 15 度回転させると時針が 30 度(1 時間)回転するようにクリック機構と歯車のギア比が設定してあり、フロントマスクを 1 回転させると時針は 2 回転(24 時間)するようになっている。昼夜表示機構も設けてあり午前午後の判断は色分けされた昼夜表示板で行えるようにした (図 3.2.6b, c)。開発途中でフロントマスクを回転させると日の裏台車に設けてある日の裏車の軸に力がかかって軸に白化やクラックが発生することがわかった。フロントマスクを速く回転させると軸が破断する可能性もあることがわ

かり、樹脂で一体成形した軸から金属製の支柱を圧入する構造に変更した。これにより信頼性の高い日の裏公転機構を開発することができた。TQ-130（図 3.2.6a）は海外・国内ともに大好評であった。

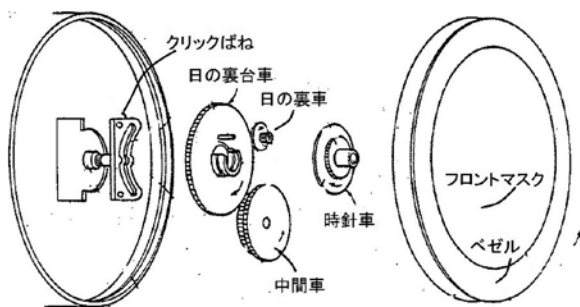


④ TQ-130UJ-1A

a. TQ-130製品



b. 輪列断面図



c. TQ-130 回転ベゼル構成図

図 3.2.6 時計回転式アナログワールドタイム時計

TQ-130 概要¹⁷⁾

開発されたことによって全面的に置き換えられ、放射性物質フリーとなった。蓄光材にセラミックスを採用したことで、明るさと発光時間が格段に向上した（一定の条件下で掛時計で約 5 時間、目覚時計で約 8 時間）。N 夜光の蛍光体は、ストロンチウムアルミネート（ SrAl_2O_4 ）を母体結晶とするもので、賦活剤としてヨーロッパウム、デスプロシウムなどの数種の希土類元素を含むものである。

更に暗闇でも確実に時刻を読み取りたいという要求に対して、エレクトロルミネッセンス（EL）を採用して、掛時計の針を直接発光させる開発に取り組んだ（図 3.2.7a）。EL には「点ではなく面で均一に発光する」「発光中に熱を伴わない」「薄い板状で使用できる」などの特長がある。EL メーカーは時計の針に用いる細い EL は供給が難しいとのことから内作を行った。回転する時分針に電極を構成し、EL を点灯できるようにするには、接点構造の工夫が必要であり（図 3.2.7b）、また EL は圧膜構造であって、吸湿による劣化が課題であり EL 寿命を長くするための苦労があった。こうした課題を解決し、1989（昭和 64）年に EL 発光針クロックが発売された。EL は空気中の水分に反応して輝度が落ちてしまう欠点があった。当初の EL は湿気を遮断するために EL のシート全体を防湿フィルムでおおう“パウチ”のような構造であるため厚みが増し、自由な形状ができない制約があった。引き続き検討を進め、湿気に弱い発光体をマイクロカプセル化する特殊処理方法を開発した。この開発により防湿フィルムが不要になり、薄型化及び自由に切断して使えるようになり、形状の制限がなくなった。針に電気を送る電極の取り付けも簡単になり、EL シートそのものを針の形にカットすることで、針全体を光らせることが可能になった（図 3.2.7c）。

（6）EL 発光針クロック

（セイコークロック 1989 年）^{2) - (2) 18)}

目覚時計でも掛時計でも、暗いところで時刻を知りたいという要求はいつの時代にも存在していて、長年の課題であった。当初、目覚時計の文字板・針には蓄光塗料が塗られていた。蓄光塗料は外からの光エネルギーを蓄え、放出することで光って見える方式で、硫化亜鉛が使用されたが発光時間が 30 分程度と短かった。又、硫化亜鉛に特定の放射性物質プロメチウム 147 を配合し、自ら発光するように作られた夜光塗料は長時間発光するが、放射性物質は法律により取扱が厳しく規制されていることもあり、1993 年に画期的な新規蓄光顔料 N 夜光が根本特殊化学（株）により

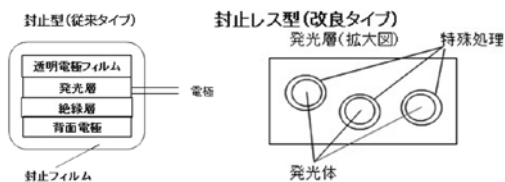
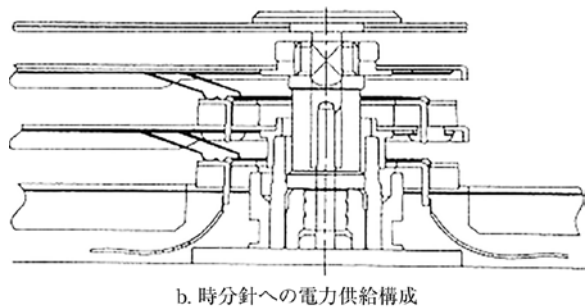
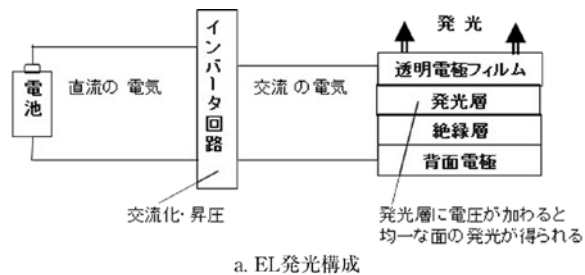


図 3.2.7 EL 発光針クロックの EL 構造⁴⁾



図 3.2.8 LED 発光針クロック製品および発光時の状態¹⁹⁾

現在は LED の普及が進み、導光板の進化と併せて時・分針と文字板を発光させることができる LED 発光が主力になっている（図 3.2.8）。

（7）電波アナログ目覚まし「ジャストアラーム」 （リズム時計 2001 年）⁷⁾

アナログ目覚時計ではアラーム精度は通常 ± 5 分であるが、電波時計の時刻精度は ± 1 秒なので、それに合わせ、アラーム精度 ± 0 秒の目覚時計の提供を行った（図 3.2.9）。

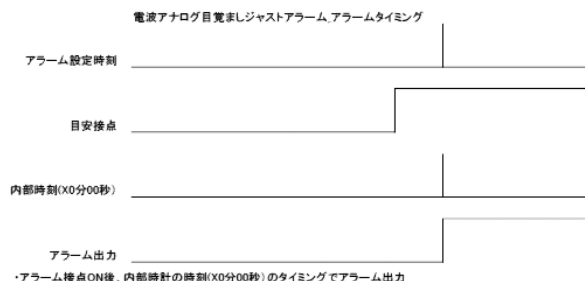


図 3.2.9 ネムリーナリバースとアラームタイミングチャート⁷⁾

目覚まし機能を備えた電波修正時計については、正確な時刻表示の他、アラーム出力を予定時刻に正確に発生することが求められる。この点、予定時刻をボタン操作にてデジタル入力する構成であれば、報知音の発生が予定時刻の前後にずれる心配はないが、ボタン操作は煩わしい。一方、文字盤上で動く目安針を見ながら予定時刻を設定することができるアナログ式の目覚時計は、使い勝手がよく便利であるが、時計車に連動する目安カムにより 12 時間に 1 回目安接点が入る構造のため、目安針が表示する予定時刻に対し、目安接点が切替わるタイミングが数十秒から数分の範囲で前後するという問題があった。

この目覚時計は目安アラーム設定時刻より 10 分未満、先に目安接点が ON する構造で、目安接点 ON 後に内部時計の X0 分 00 秒（10 分間隔）のタイミングでアラーム出力を行うことでアラーム精度 ± 0 秒を実現した。（アラームセットは 10 分単位）（図 3.2.9）

例えばユーザーが 6 時 30 分にアラーム時刻を設定すると、時計体は 6 時 25 分 $\pm$ 数分にアラーム接点が入るようになるように構成されているので、時計体が「ユーザーは 6 時 30 分に設定した」と判断することができる。この方式によりユーザーがセットしたアラーム設定時刻にぴったり合う目覚時計が得られた。

3.2.2 アミューズメント化

（1）電子メロディアラーム

（セイコークロック 1978 年）^{2) - (1)}

クオーツ目覚時計のアラーム音は、水晶発振回路の分周出力信号を利用した電子音と、従来の直流モータによるベル音が使われていたが、クロックが全面ク

オーツ化を展開する中で、アラーム音の新開発は必須であった。もっとさわやかな音で目覚めたいという要求に応えるものとして、オルゴールの電子化が開発テーマに挙げられていた。ちょうどその時に、諏訪精工舎からメロディICの照会があったが、クロックとしては音質の面で満足できる回路ではなかった。つづく諏訪精工舎との打合せの中で、高音質を図るためにメロディの音源を2個にして、主旋律と伴奏を演奏可能にすること、さらにメロディの余韻を残すためにエンベロープ回路を追加することが提案された。1週間後には改善された試作回路の評価が行われ、目覚時計に採用できると判断された。そこで電子メロディICの開発は諏訪精工舎に依頼し、精工舎では音響回路を設計することになり、新しい目覚ましの開発が始まったが、目覚ましの小さなスピーカーから大きな良い音を出すためには、外装設計部門を含めてなかなかの苦労があった。最初の“メロディA”QM501は、メロディ音とチャイム音が切替えられるようになっていて、昭和53(1978)年7月に発売された(図3.2.10)。

このメロディにはNHKラジオの放送開始の音楽サインを使用したいという希望があり、NHKにも相談して作曲者の山形大学教授熊沢為宏に編曲を依頼した。電子メロディAは、ぜんまい式のオルゴールに比べ音量の調節もでき、信頼性も高かったので、目覚時計の1ジャンルを築くことができた。その後、メロディA ICは大きく進歩し、メロディの高音質化や多極化が進められている。

現在では様々な楽器音を演奏できるICも開発され、編曲の良し悪しが議論されるようになり、また用途も目覚時計だけでなく、からくり時計をはじめ掛時計や置時計にも使われ、メロディが時計の重要な機能の一つとなっている。

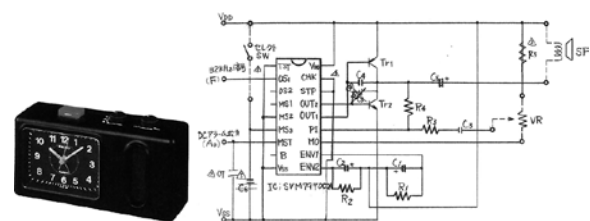


図 3.2.10 メロディA QM501 とメロディ回路図^{13) - (3) 4)}

以下、メロディICの推移を述べる。²¹⁾

古来より時計は、表示だけではなく音を奏でることによって時(刻)の到来を知らせる役割を担ってきた。発音体としては鐘、ベル、オルゴール、棒りん、チューブラベルなど機械的に振動するものが使われてきた。

1970年代後半になるとメロディICを用いた電子式の発音装置が用いられるようになり、その和音数や

音質も半導体技術の躍進と共に急速に進化を遂げ、機械式の発音装置に取って代わるようになった。

当初のメロディICは2和音であり主旋律と伴奏を各々単音で奏でるものであった。音質もICで合成が容易な矩形波に音量を徐々に減衰させるエンベロープを付したものが主流で、いかにも電子音的なサウンドであった(図3.2.11)

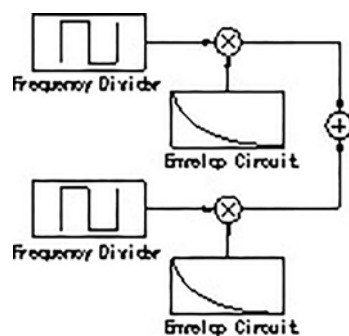


図 3.2.11 当初のメロディIC²¹⁾



図 3.2.12 QM701^{13) - (4)}

1989年に発売となった目覚し時計のムジカシリーズ(図3.2.12)にはセイコーエプソン製のSMV7570が採用された。SMV7570は3和音+リズム音で、音源も任意の波形を記憶するウェーブテーブルにプログラマブルなエンベロープを乗算するいわゆるPCM音源であったが、WAVE ROMが32ワード×5ビットと小さいため、楽器の音を再現するには不十分であった。それでも楽曲の表現力は大幅に向上し、それまでとは異なるメロディ時計の新しい領域を確立した。

1980年代に電子楽器の世界で一世を風靡した、ヤマハのデジタルシンセサイザーDX7の心臓部にはFM音源が採用されていた。1990年にそのFM音源を用いた1チップのマスク版4和音メロディICが開発された。特にYMU251では精工舎とヤマハが開発段階から共同して取り組み、目覚時計だけでなく、掛時計や置時計、からくり時計などにも広く採用されることとなった。

FM音源の特徴はキャリアに対して近い周波数、もしくはキャリアよりも高い周波数で周波数変調をかけ

る事で、多くの高調波やノイズ成分を含んだ複雑な波形を簡易な構成で作出せる事である。また、モジュレータに対してエンベロープを付す事で音色の時間的な変化も容易に得られる。

DX7では計6つのキャリアもしくはモジュレータを多彩に組合せる6オペレータのFM音源であるが、YMU251はキャリアとモジュレータ各1つの2オペレータ方式である。それでもバイオリンやオルゴールなど様々な楽器の音色を再現可能である。エンベロープもシンセサイザーで一般的に用いられていたADSR方式を採用しており、音色や音量の時間的な変化をより自然なものとしている(図3.2.13)。

ADSR方式とは発音開始から終了までをAttack、Decay、Sustain、Releaseの区間に分割し、各区間の時間やレベルに関するパラメータを設定するエンベロープ生成手段である。

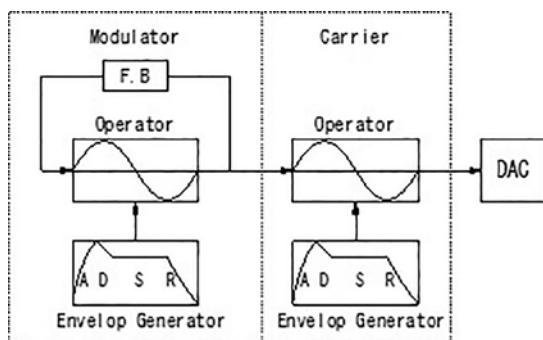


図 3.2.13 YMU251²¹⁾

ここで鍵盤楽器と時計の発想の違いが引き起こしたエピソードについて触れる。

一般にスタート信号などの入力回路にはチャタリングを防止する機能が備わっているが、時計の場合はスイッチのチャタリングよりもノイズによる誤動作を防止する役目が主であり、入力信号が所定時間以上継続した場合に入力がONしたと判定する回路を従来より採用していた。一方でキーボードの場合は演奏の観点から、鍵を押すと同時に発音を開始する必要があり、発音開始後のスイッチのチャタリングによるリトリガーを防ぐ、すなわちONと判定してから一定時間入力をマスクする回路となっている。YMU251も当初そのような設計となっていたが、時計で採用するには相応しくないため従来のチャタリング防止回路に変更するに至った(図3.2.14)。

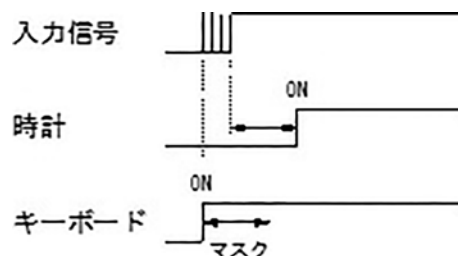


図 3.2.14 チャタリング防止²¹⁾

1991年には4和音のYMU251を3つ同時に動作させて、12和音のオルゴール音を奏でる製品を開発した。その音色は50弁のオルゴールに匹敵するほどであり高級商品に採用された。

1996年にはセイコーNPCからCF1350がリリースされた。和音数はYM251と同じく4和音であるが、クリアな音色とコーラス効果による広がりのある響きは、20年以上経った現在でも通用するものであり、時計以外の製品にも多く搭載されている。CF1350の音源はSMV7570と同じウエーブテーブル方式であるが、WAVE ROMのサイズが1024ワード×10ビットとSMV750の64倍ほどあり、クリアな音色を再生可能としている。また、メインウエーブとサブウエーブの2つの波形データに異なるエンベロープを付する事で、音色の時間変化を実現している。更に僅かにピッチの異なる波形データを加算して、揺らぎのあるコーラス効果を生み出している。つまり4和音ではあるが、同時に16個の波形データを合成している事となる(図3.2.15)。

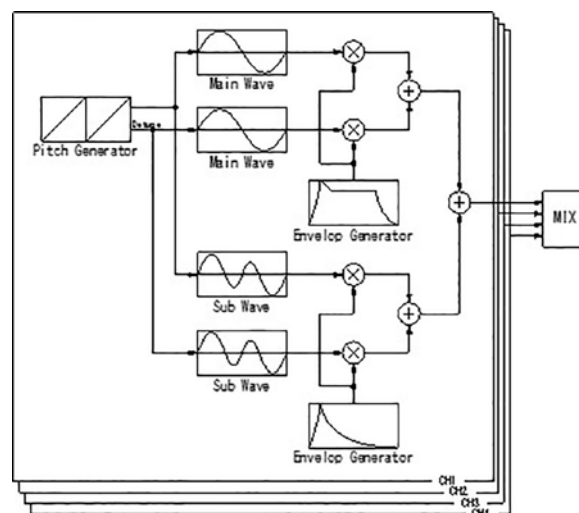


図 3.2.15 CF1350 システム²¹⁾

CF1350開発時の大きな課題は、この16個の波形データとエンベロープデータとの乗算回路を、いかに小さな面積で実装するかであった。エンベロープ発生回路と乗算回路を16個設けたのではチップ面積が膨大となりコスト競争力が無くなる。課題を解決する鍵

となったのが対数変換と時分割共有である。乗算は対数に変換すれば、乗算器より回路規模のはるかに小さい加算器で代替できる。また自然に減衰する楽器の音量変化は指数的に変化するのので、対数変換するとリニアになる。リニアであれば一般的なバイナリカウンタでエンベロープ発生回路が実現できることになる。そこで予め対数変換した波形データとリニアに変化するエンベロープデータを加算後に逆対数変換、すなわち指数変換することで波形データとエンベロープデータの乗算を簡素化した（図 3.2.16）。

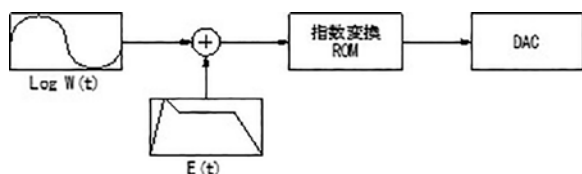


図 3.2.16 CF1350 指数変換²¹⁾

また、16 ステージのシフトレジスタを用いて、各々一つのエンベロープ発生回路、加算器、指数変換回路を時分割共有することで回路規模を大幅に抑えている。

1999 年になるとメロディ専用の IC ではなく、マイクロコントローラーにより I/O 制御、メロディ生成、音声合成が可能なチップが登場し、大きく流れが変わった。ROM 容量も従来のメロディ IC よりも増えて、メロディだけでなくドラムやパーカッションなどの打楽器も再生可能となった。また、メロディに同期して LED を様々に点滅させたり、明るさを徐々に変化させるなど、ビジュアル的にも付加価値を向上させることが容易となった。2000 年に発売したビートクラブはこの特徴を活かした製品で、模造品が出回るほどの大ヒットとなった（図 3.2.17）。

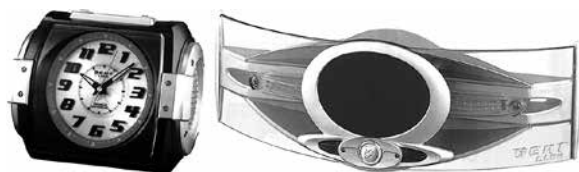


図 3.2.17 ビートクラブ QM726（アナログ表示 左）^{13) - (5)}
と SQ614（デジタル表示 右）^{13) - (6)}

2002 年には 16 和音のマイクロコントローラータイプのメロディ IC が登場し、更に高音質が進んだ。

一般的なサンプリングシンセサイザーと同様に、アタック部分とループ部分をメモリーに記憶し、アタックを読み出した後にループ部分を繰り返し読み出し、エンベロープデータを乗算する方式である。これにより弦楽器、木管楽器、打楽器などをリアルに再現可能である（図 3.2.18）。

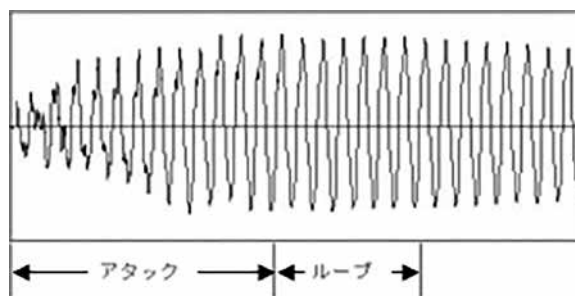


図 3.2.18 マイクロコントローラータイプのメロディ IC²¹⁾

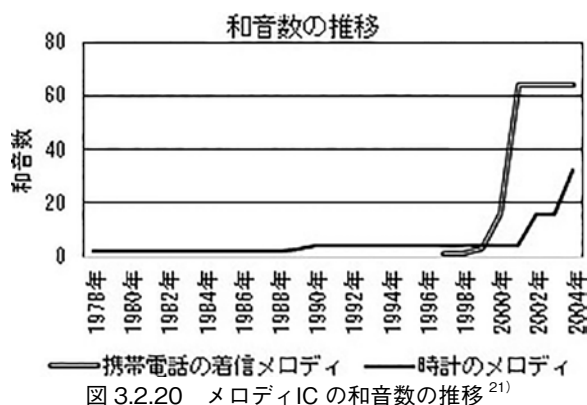
また、ベル系の音色では前述の CF1350 で用いた波形データを取り込み、更に僅かにピッチの異なるメロディを重ねてコーラス効果を付すことで、CF1350 の音色を再現する使い方もしている。この場合は 16 和音が実質 8 和音となる。この高機能のメロディ IC の登場で、昨今のからくり時計では高音質のメロディ再生と、からくりパフォーマンスの制御を 1 つの IC で実現可能となっている。

2000 年代前半には携帯電話の着信メロディが流行したが、2006 年に携帯電話でダウンロードしたメロディデータを、赤外線通信で時計に転送する時計が発売された。著作権を保護するシステムと、専用の 32 和音のチップが開発され、更に高音質の楽曲再生が可能となった。ユーザーは月額料を支払うことで、数千曲の中から好みの曲をダウンロードし、目覚まし音として利用出来る製品であった。（図 3.2.19）



図 3.2.19 着信メロディ目覚まし^{13) - (7)}

メロディ IC の和音数が携帯電話の着信メロディの登場で、どの様に変化したかを図 3.2.20 に示す。



着信メロディサービスは著作権を保護するシステムが構築された 1990 年代後半から急速に発展した。

当初単音だった着信メロディが、年を追う毎に 16 和音、32 和音、64 和音と進化し、着うた[®]が登場した 2002 年頃には和音数には言及しなくなっていた。

携帯電話が単音でメロディを鳴らしていた 10 年前から、時計では 4 和音のメロディIC を搭載していた訳だが、あっという間に追い越されていったのがグラフを見るとよく分かる。携帯電話関連事業に投入された資金がそれだけ大きかったと言える。

メロディIC の進化に伴い表現力が豊かになると共に、編曲の重要性が増したが、一方でそれでもメロディIC は機能的、性能的制約が多いため、編曲や音色づくりを行う際には、そのハードウェアを十分知り尽くした上で、IC の持つ能力を最大限引き出すことが重要であると言える。

「着うた[®]」は株式会社ソニー・ミュージックエンタテインメントの登録商標である。

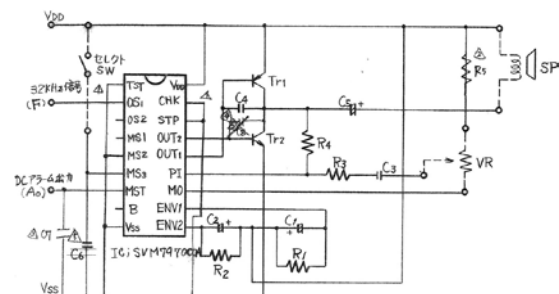
(2) 擬音目覚まし

(リズム時計、セイコークロック 1984 年)^{2)- (1) 7)}

ピラミッドトーク開発の成功により、アラーム音に擬音を使う“おしゃべり時計”という新ジャンルが生まれた。商品のターゲットは若者であり、新しい価値を持った実用的道具で、理屈抜きに若者の感性に訴求できるものである。言葉で言い表せば「可愛らしさ、ユーモア、不思議さ、遊び、ゆとり」であり、これらの要素を具現させるデザインである。当然のことながら、単なる一過性の子供のおもちゃではない内容と質を持ったものである。

音声の原音収録は、当時の NHK 音響効果室へ協力を依頼し、正規のアナウンサーと、ラジオ全盛時代に活躍された擬音効果技術者による制作が進められたが、後になって、精工舎にも小規模な録音室を作

り、簡単な収録は社内でもできるようになった。技術面では、ピラミッドトークの IC を制作した沖電気におしゃべり時計用の IC 開発を依頼した。音声合成技術は、ピラミッドトークと同じ ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) 方式を採用した。回路図を図 3.2.21 に示す。



また商品の位置付けとしては、中価格帯の目覚ましにするため、コスト面からおしゃべりの時間を 2 秒間とし、音声合成部とメモリー部の 1 チップ化を狙った。“どきどき目覚まし”の呼び名でどきどきシリーズ第一弾として FF701~706 が 1984 (昭和 59) 年 9 月に発売された。デザインは時計を意識せず、形のユニークさを強調するために、デジタル時計部を底面に置いた。当時は時計らしくない新しい時計ということで、マスコミにも注目され、何回かテレビで紹介された。第二弾からは、ラッパの音のような単なる擬音から、おしゃべりの言葉の面白さを加味した商品に仕立て直され、それが市場で評価されて爆発的なヒット商品となり、当初の企画通り目覚時計の中に新ジャンルを構築させた。その後、どきどきシリーズは、時計の部分はデジタルからアナログに変わり、時刻を常時表示するデザインになっている。又、IC の技術の進化により、初期は 2 秒のみのおしゃべりだったが現在は 10 秒を超えるものになっている。現在良く売れているのは、人気キャラクター時計であり、おしゃべり時計の企画のポイントは、人気者の形とおしゃべりをいかにして掴むかである (図 3.2.22a)。

リズム時計では擬音目覚ましの発売から 4 年間で累積 500 万個の販売を達成した (図 3.2.22b)。



a. セイコークロック擬音目覚まし例



b. リズム時計擬音目覚まし例⁷⁾

図 3.2.22 リズム時計とセイコークロックの擬音目覚し

(3) ミラクルクロック（リズム時計）⁷⁾

置時計はギフトとして利用されることが多く、時計以外のギフトアイテムにも対抗できる魅力ある商品を企画した。チョット見では駆動方法が分からない不思議さを追求（ミラクル時計）したデザインで、前後両側から見られる時計である。

- 1) 時針・分針を表示した透明円板の外周に歯車を形成し、外周を歯車で駆動回転させた時計（1985年）。



2: 分時刻表示回転体	8: 時時刻伝達車
4: 時時刻表示回転体	10: 中間伝え車
6: 分時刻伝達車	12: 3番車

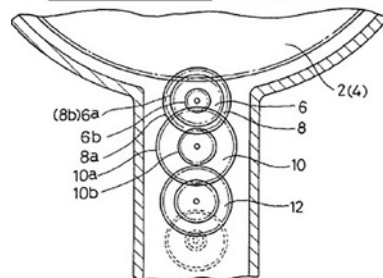


図 3.2.23 ラインゴールド 804 及び輪列構成図⁷⁾

モータからの回転力が3番車（12）→中間伝え車（10）に伝達される。さらに中間伝え車→時時刻伝達車（8）→時時刻表示回転体（8）に伝達されると同時に、中間伝え車→分時刻伝達車（6）→分時刻表示回転体（2）に伝達され、時刻が表示される。透明な分時刻表示回転体に表示された分針と時時刻表示回転体に表示された時針が空中で回転しているように見える。

- 2) 小型でスリムな角棒状（リニア）ムーブメントを使用した時計（1987年）。

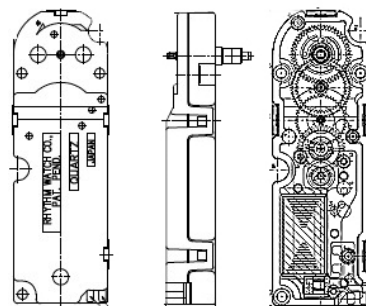


図 3.2.24 クレヴィス 419 およびムーブメント関係図⁷⁾

ユニークなデザインに合わせて輪列を設計したムーブメントである。

- 3) 透明な板で指針モジュールを駆動する時計（不思議クロック V-HG2 157.5万円）（2004年）

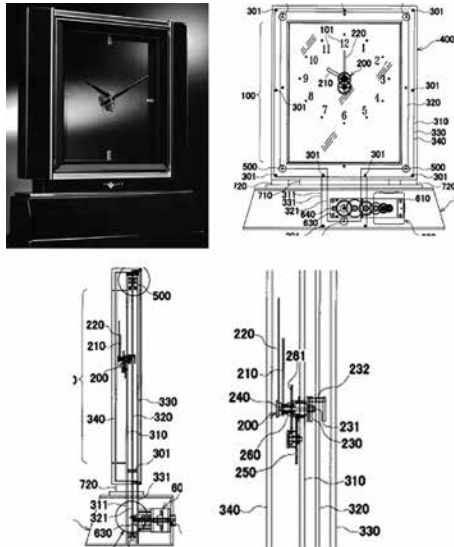


図 3.2.25 不思議クロック V-HG2 及び構成図⁷⁾

時計体下部にモータおよび輪列機構が配置され、時刻表示部は4枚の透明な板(図中の310、320、330、340)で構成されている。時分針は輪列機構から駆動されている透明板320の公転により分針軸230→日の裏車250→時針車261に伝達され時刻を表示する。時計外側からは時針と分針(および日の裏車)が空中で時刻表示しているように見える不思議機構である。

指針を駆動する機構が見た目からは解らないように構成された時計は、時計を見る者にとっては、なぜ指針が動くのかと興味をそそる不思議なものである。一方、駆動を伝達する透明板にゴミが付着すると、被駆動部を駆動する仕組みが容易に判明してしまうという問題があったので、透明板に対するゴミの付着を回避するための工夫を行っている。

(4) おしゃべり伝言くん(リズム時計 1986年)⁷⁾

従来から「ユーザーオンリーのアラーム音や報時音」とのニーズが多くあり、そのニーズに対応した製品でユーザー好みのアラーム音や家族間の伝言等を可能にした目覚時計である。



図 3.2.26 おしゃべり伝言くん⁷⁾

この時計は、カセットテープメーカーとの協業により録音/再生できるエンドレスのマイクロカセットテープを使用した目覚時計である。カセットテープには、プレゼントとして録音したテープを贈れる様に、本体から着脱・交換可能で入手しやすい留守番電話用テープを採用。カセットテープの耐久寿命は使用回数2,000回以上(1回/1日アラーム使用として5年以上)とし、外観形状は、持ちやすく使いやすいように、縦型とした。現在は、録音/再生の種々技術のIC使用により商品化されている。

(5) 音声認識クロック

(セイコークロック 1998年)^{4) 24)}

次世代テクノロジーとして注目を集めている“音声認識”技術(セイコーエプソン(株)との共同開発)を、「ミッキーマウス」と組合せ、使い手の声に反応して現在時刻を報時したり、簡単な挨拶や返事をする音声認識クロックを1998年9月に発売した。

従来の音声クロックは“ボタンを押す”などの操作で現在時刻を発声する「報時時計」や、セットしたアラーム時刻に7~8秒の決まった文句(声)が鳴り出す立体造形の「おしゃべり目覚まし」が中心であった。

この「音声認識クロック FD201A」はこうした時刻情報を一方的に告知する従来タイプの時計とは異なり、人間と時計の間でコミュニケーションをとるクロックである。

1) 「おはよう」「何時?」「いってきます」「こんにちは」「ただいま」「おやすみ」といった単語を聞き分け、現在時刻報時や、話しかけの内容に応じて選択されたあいさつや返事をミッキーの声で行う。

たとえば、使い手が「いってきます」と話しかけると、ミッキーは「いってらっしゃい、気をつけてね」「いってらっしゃい、忘れ物はないかな?」「いってらっしゃい、がんばってね」の中からランダムに応答する。

2) 時刻を設定する際や、目覚ましの時刻を設定するときも、ミッキーマウスの質問に答えながら、数字や「ごぜん」「ごご」「はい」「いいえ」などを言葉で行う。

という、ミッキーマウスと友達感覚の対話の中で時刻情報を得る「双方向コミュニケーション」型次世代クロックである。時刻の告知をすべて音声で行うため、アナログ(針・文字板)、デジタル(液晶表示)といった表示がないことも大きな特徴であった。特に認識が難しい数字を発声する「時刻合わせ」や「アラーム時刻合わせ」の際

には、言葉での設定がうまくいかない場合を想定して、本体裏面の「はい・いいえ」ボタンでミッキーマウスの質問に答えてセットする「ヘルプ」機能や使用する人の音声を記憶・登録し認識率を上げることで、より確実に対話することができる「音声登録機能」も搭載した。

消費電力を如何に抑えるかも重要なポイントであった。内臓のマイコンが音声を認識する過程では膨大な演算が行われ、電力を大きく消費する。通常は電力を最小化するため「スリーピング状態」にしてある。「スタンバイ状態」(音声を認識できる状態)にするために、はじめに話しかけるときは「おーい、ミッキー」といった1秒以上の音声で呼びかける。このときのミッキーは、「なーに?」「なんだい?」「はい」のうちの言葉をランダムに応答するように工夫した。

また、商品化に向けいくつかの障害があった。その一つに生活雑音の問題がある。

普段、思いのほか多くの音に囲まれて生活しているが、マイクがそれらすべての音を拾ってしまうと話しかけた声を正確に認識できなくなる。そのため、正面の音をメインに拾う単一指向性マイクを採用した。さらにはマイク自体を筒状のもので覆い、周囲の音を極力排除した。音声認識IC開発担当のセイコーエプソン(株)とはハード面及びソフト面で多くの課題解決に努め、着手から発売まで3年を要した。

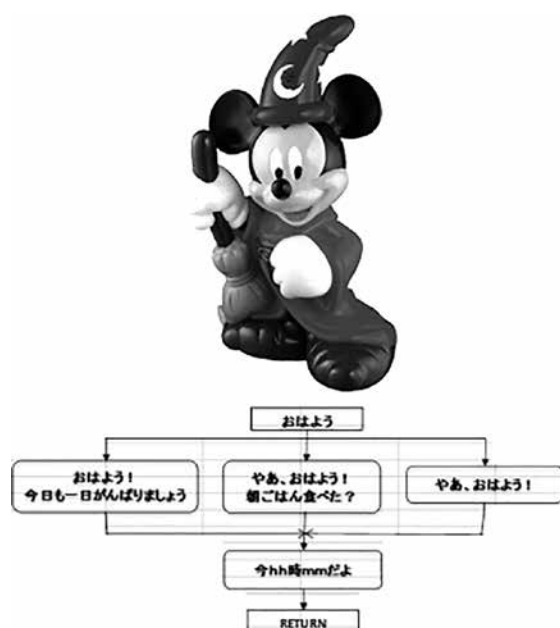


図 3.2.27 音声認識クロック FD201 およびランダム応答例^{4) 24)}

(6) カッコーヴァルト

(税抜5万円 リズム時計 2015年)⁷⁾

カッコー時計の生まれ故郷であるドイツ南西部シュバルツバルト(ブラックフォレスト)に佇む木小屋や自然をモチーフにした伝統的なフォルムを再現した(図3.2.28a)。職人の手でひとつずつ丁寧に手作りされている和紙製蛇腹式「ふいご」が「ホッホー」とカッコーの疑似音をやさしく奏でる(図3.2.28b、c)。

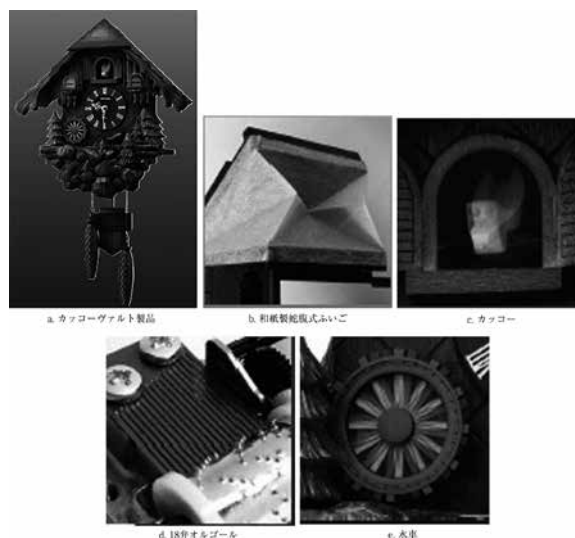


図 3.2.28 カッコーヴァルト製品および各構成ブロック⁷⁾

圧縮した空気を瞬時に送り出し笛を鳴らす和紙製蛇腹式ふいご機構。1つの笛を用い機械的にバルブを稼働し音程を変える独特の構造で「ホッホー」と味わい深いアナログな疑似音を奏でる。

伝統的なふいご機構はICによる擬音へと切替えが行われたが、リズム時計は約40年以上前から和紙製蛇腹式ふいご機構を生産している唯一日本において量産しているメーカーである。外装上部の窓から木製のカッコー飾りがふいご機構から奏でる「ホッホー」の音に合わせ、メカニカルにお辞儀をする。

ふいご機構、カッコー飾りの動作に続き、木製の筐体に取り付けることで情緒あるオルゴールの音が一層響くようになっており、曲に合わせて水車が回転する機構になっている(図3.2.28d、e)。

3.2.3 高品質化

(1) ディスクオルゴール「オルガニート」

(リズム時計 1995年)⁷⁾

もともと時計の技術から生まれたといわれるオルゴールだが、ピンを植えたシリンダーが回転して櫛歯をはじくシリンダーオルゴールは18世紀に生まれた。一方、1886年には薄い金属の円盤に穴をあけ音楽を記録させるディスク式オルゴールが登場、ディス

クの交換により、現在のCDのようにさまざまな曲が聴けることで人気を博した。ケースが小箱と違って木枠の大きな時計なので、音が共鳴・増幅され、一般の18弁オルゴールとは大きく異なる、深みのある豊かな音色が流れる。しかも電子音では表現できない低音域も自然な音でクリアに演奏。ガラス越しに見えるレトロなディスクの回転も郷愁を誘うディスクオルゴール「オルガニート」を1995年に発売した(図3.2.29a)。オルゴール導入には、オルゴールメーカーと共同開発を行った。

苦勞した点は耐久性で、音弁を大きくすることで、耐久性向上が図れた。また、音弁を大きくすることで、音量が出やすくなった。



図3.2.29 ディスクオルゴール製品例、ディスクオルゴール、オルゴール、スターロール構成⁷⁾

(2) 悠久 (セイコークロック 2005年)^{4) 25)}

今から900年以上も前、中国の北宋時代に造られたという大型天文観測時計装置「水運儀象台」は機械仕掛けの時計の原点ともいえる脱進機構を人類史上初めて備えたといわれている。この「水運儀象台」を当時の解説書「新儀象法要」を4年がかりで解析し、旧(株)精工舎の技術者達の加わったプロジェクトによって、諏訪の地に世界で初めて実物大で完全復元させた。水を動力とした天文観測塔は高さ12m、近代技術が生まれる以前に人類が作った最も巨大で精密な科学機械が水運儀象台である。

「悠久」は、セイコーエプソン(株)が技術の継承や向上のために、この儀象台の置時計化に取り組んだことがきっかけとなりセイコークロック(株)の開発力・精密加工技術力が加わって全く新しい形の工芸時計として誕生した。儀象台は水を動力とするが、粘性のある液体使用の可能性など様々な試行錯誤の末、一般家庭で可能な設置性・メンテナンス性など総合的な判断により「鋼球」の動きを動力源にすることを決定、

メカニズムの開発に着手した。スパイラル上をリフトアップされた鋼球が、レールを流れるように進み、綿密な計算のもと5つのレバーに制御された水車のバケットに落ち、水車が回転し時を刻む。この連続した時の流れを実感できる「悠久」は機械式時計の味わいを持つクロックとして2005年6月に発売された。(税抜380万円)(図3.2.30)



図3.2.30 悠久²⁵⁾

悠久の特長

- 1) ファイブ・レバー脱進機構：儀象台の水力で動く機構を、新しい発想で「鋼球」に置き換えた新機構である。鋼球が水車のバケットにはいると最初のレバー1が押し下げられ、連結されたレバー2への力が伝わり、鎌形レバー3を介してその先のストッパーレバー4を解除する。レバー5は逆回転を防ぐためのストッパーとして作動する。綿密に計算された作動タイミングで連携する5つのレバーによって脱進機構の理想である安定性・確実性を実現した(図3.2.31)。使用される鋼球は最高精度の真円球である。

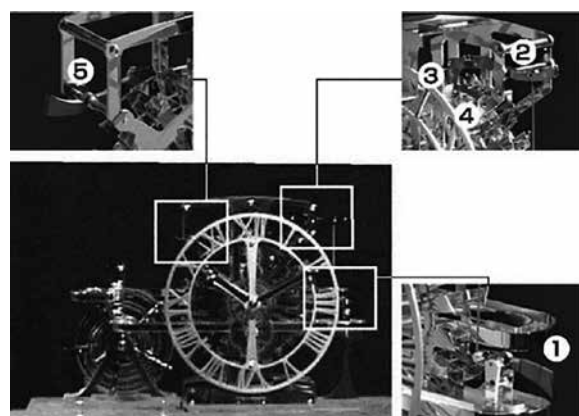


図3.2.31 ファイブレバー脱進機構²⁵⁾

- 2) スパイラルアップ機構：クォーツ制御モータを駆動源とする「スパイラルアップ機構」は、鋼球を“水車”部へ供給する役割を担う。スパイラルの回転運動を直線運動に変え、鋼球を垂直方向に持ち上げるこの機構は37.5秒に1回のタイミン

グでボールを供給している。鋼球と鋼球が上がるレールと支えの3点支持により摩擦を最小限に抑えると同時に、力を最小にするための鋼球の回転する力を上昇する力に変換する曲線をタワー（スパイラル機構の支柱部）に施し、わずかなエネルギーで鋼球を上昇させる。鋼球自体も“水車”部分を動かすための必要十分な重さを確保しながらかつスパイラル機構への負荷を最小化する計算の結果、ステンレス製＋重さ5.4グラム＋11mmと設定した（図3.2.32）。

水車 1バケット・・・37.5秒

8バケット・・・300秒 = 5分

24バケット・・・水車 1周 = 15分

96バケット・・・

水車 4周 = 60分 = 1時間

2304バケット・・・

水車96周=1440分= 24時間

つまり鋼球は1日で2,304個必要になる。鋼球は1個5.4gなので

$5.4g \times 2,304 \text{ 個} = 12441.6g \times 365 \text{ 日}$

$= 4,500kg = 4.5t$

スパイラル機構は1年で4.5tの鋼球をリフトアップし続けることになり長期信頼性が重要になる。

3) 鋼球が飛び込むタイミング：スパイラルの入口に鋼球が飛び込む絶妙なタイミングはレールの距離と斜度、摩擦などの綿密な計算により成り立っている。

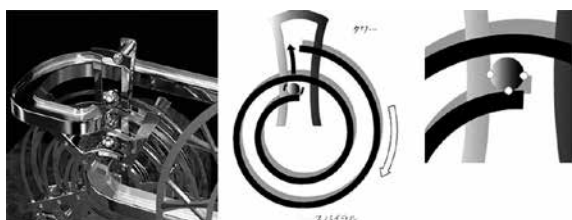


図3.2.32 スパイラル機構²⁵⁾

4) 機能美のこだわり：精緻で機械的な輪列の美しさを引き立てるために無駄な装飾を排しシンプルデザインにした。「構成美」「構造美」「機構美」がデザインコンセプト。機構の美しさを前面に打ち出した。最先端のレーザー加工やワイヤー加工を駆使することで実現したクラフトマンシップならではのデザインとも言える。素材も精度・耐久性・表面処理などを計算し、黄銅・鉄・ステンレスを適材適所に使用。例えば、鋼球が駆け抜けるレールは、鋼球の速度を一定にするために黄銅を用いている。「悠久」の機構に欠かせないファイ

ブレバーは機能面に限らず、デザインにも大きな役割を担う。他の部品とは異なる漆黒色のレバーは大きな羽を広げた鳳凰をイメージした。台も貴重なカリン玉杓の突板を贅沢に使用。ここでも機構の「構成美」を引き立てることに相応しい色・柄を選択している。

(3) 高精度機械式時計

(セイコークロック 2011年)^{4) 26)}

機械式クロックは1960年代に電子クロックの出現によって、1970年代後半には置き換えられ、生産は終了していった。このままでは機械式クロックの設計・製造技術・修理技術ノウハウなどが消滅していく危機感からセイコークロック社内にプロジェクトチームが結成された。幸いにもそのノウハウを持つ技術者・技能者が残っていた。第一弾としては、スイスメーカーから機械式ムーブメントを輸入し、企画・デザイン・完成品組立を自社で行い、2004年に高級機械式クロックとして発売した（図3.2.33）。

主柁の上下地板は黄銅に精工舎独自の特殊クリア塗装を社内生産で行った。柱部は黄銅彫刻金メッキ仕上げ（一部パラジウムめっき）、文字サークルは黄銅・白蝶貝（立体加工）、ガラスは白板カットガラス（無反射加工）、宝石はダイヤ・ブルーサファイヤ・ロイヤルブルームーン・本真珠など高級外装素材を使用したデザインである。柱部の彫刻加工、飾り板のエッチング加工、ガラスの曲げ加工などどれも高度な加工技術が必要であり、それらの高度な技術力を持つ日本の外注業者によってはじめて可能となったものである。特に装飾メッキができるメッキ業者が少なくなっており、昔から取引のあるメッキ業者に依頼し、特別ライン・熟練者によって可能となった。日本の装飾金属加工技術・装飾表面処理技術・技能は素晴らしいものがあり、非常に強みでもある。



AZ223 税抜250万円

AZ224 税抜150万円

図3.2.33 高級機械式クロック^{13) - (10)}

次に、機械式ムーブメントの開発設計に着手した。
従来の機械式ムーブメントには無い現代のムーブメントとして、下記の課題を設定し取り組んだ。

- 1) 美しいデザインのムーブメント形状
- 2) クォーツ並みの精度 ± 2 秒/日差（従来の機械体は日差 30 秒程度）、
- 3) オーバーホールタームは 10 年レベルで設計

OB の力を借りながらプロジェクトメンバーで検討を進め、試行錯誤の結果、130 年の技術力とデザイン力の結晶として JAPANESE MODERN を表現した置時計 AZ227、AZ229 を 2011 年 3 月に発売した（図 3.2.34）。



AZ227 サムライ(税抜235万円) AZ229 侘び(税抜220万円)
図 3.2.34 高精度機械式クロック^{13) - (11)}

AZ227: デザインコンセプト「サムライ＝思考の時」
侍が陣地で威厳を保ちながら、策を練り、采配の決断を思考している姿を表現。パワーリザーブは軍配を、香箱の彫の文様は甲冑を、また後部の地板は影武者をイメージ。

AZ229: デザインコンセプト「侘び＝緊張の時」

戦国時代に流行した文化の「茶道」に欠かせない要素である「茶室」をモチーフにムーブメントが浮いているかのような横配列で、茶室の狭い空間でのもてなしや密談などの張りつめた緊張感を表現。

高精度機械式時計の特長（図 3.2.35a、b）

- 1) 中 2 針サブセコンド付き
 - (1) 精度：日差 ± 2 秒（10° C～30° C）
 - (2) ぜんまい式 30 日巻き
 - (3) 社内 NC 加工による自由度の高い地板形状、歯車アミダ・香箱の彫刻可能
 - (4) 調速機はスイス製使用（5 振動）、社内では分解洗浄注油後調整
 - (5) メンテナンス 5 年（実力 10 年以上）
 - (6) パワーリザーブ付き（ぜんまいの巻き具合を表示する機構）

高精度・メンテナンス周期の長期化のために、ぜんまいはトルク変動の少ない「定荷重ばね」構成、歯車軸受に「小型精密ボールベアリング 9 個、ル

ビー 16 個（調速機 11 石含む）」使用、軸受に極めて劣化の少ない特殊オイルを採用した。歯車形状は摩擦が少なく、時刻精度向上、耐久性に効果的な独自の修正サイクロイド歯車を採用した。これは諏訪の水運儀象台や万年時計復刻に貢献した精工舎 OB の土屋栄夫の開発したものである。このように上記の設計を行い、また調速機のひげぜんまいの微調整を念入りを行うことで高精度を達成した。地板・歯車類など、NC 加工機を使うことでプレス加工では難しいデザイン性の高い形状が得られた。



図 3.2.35 高精度機械式クロックの構造 a^{4) 26)}



図 3.2.35 高精度機械式クロックの構造 b^{4) 26)}

(4) 工芸品クロック

中世ヨーロッパではクロックは貴重品で、王侯貴族が室内装飾品として愛用した。現代の日本のクロックにも引き継がれ、様々な工芸技法を駆使した高級外装枠クロックを紹介する。

1) 陶磁器^{4) 7) 27)}

九州の北部地域は古くから「やきもの」が焼かれ、1500 年代後半には唐津系の諸窯で陶器を焼いていた。1616 年、肥前有田郷泉山で白磁鋳が発見され、日本で最初に磁器が焼かれた。朝鮮人陶工集団の頭「李参平」が有田焼の始祖と伝えられている。

有田焼磁器は 400 年近い発展の途上でその描かれる文様によって、「古伊万里」様式、「柿右衛門」様式、「鍋島」様式に様式分類されるようになり、それぞれが大きな特色を持って確立し現在に至っている。

「古伊万里」様式は、豪華絢爛で華美な色絵磁器であり、バロック期のヨーロッパの王族・貴族の城の調度品として珍重された。現在、源右衛門が「古伊万里様式」と言われるようになった。

「柿右衛門」様式の最大の特徴は白い素地に余白をたっぷり残して描かれた色絵磁器であると言われている。温かみのある大和絵的な花鳥図、左右非対称の伸びやかな絵模様は、ヨーロッパの王侯貴族の心をとらえ、競って収集されたようである。酒井田柿右衛門が継承している。

「鍋島」様式は100%国内向けにそれも幕府・大名の贈答品のみに用いられた。純和風にこだわり独自の意匠を確立した。鍋島藩の手厚い保護のもとに管理・育成され、選ばれた原料と技術により、形状・模様・色彩（赤・黄・緑）とともに格調高い器を作り上げてきた。今泉今右衛門が継承している。



AZ736A (税抜20万円) AZ737Y (税抜35万円)
a. 源右衛門窯とセイコークロックとの共同開発²⁷⁾



御所車の図793 (50万円) 御所車の図554 (12万円)
b. 香蘭社とリズム時計との共同開発⁷⁾

図 3.2.36 磁器製品例

2) 漆塗り

漆は、縄文遺跡からも出土する漆器に見られるように、人類が文明を築いて以来、最も長く利用してきた植物性原料のひとつにあげられる。

日本の民族的な遺産ともいえる美意識をクロックの分野に表現した中で、漆塗りのクロックシリーズを紹介する。

①木曽塗⁴⁾ 13) - (12)

木曽塗は江戸初期より京阪、関東にまで出荷さ

れた漆器で宗和膳（そうわぜん：黒または朱塗りの4脚の膳）は特に有名である。現在もその伝統は続き、座卓、盆など大きなものを得意としている。

木曽堆朱（きそついしゅ）は木曽漆器の代表的な技法である。塗りを全体に班模様を表した漆塗りで、木地の上に布張りをしてその上に直に漆を塗って研ぎ出し、下地の布張りを活かしたもので、一般の漆塗りよりも堅牢である。仕上がりは、津軽の唐塗りに類似しており、木曽では座卓などの家具類に広く用いられている技法である。



a. 木曽塗 QY308S (50万円) b. QW446B (17万円)
図 3.2.37 木曽塗製品例（セイコークロック）^{13) - (12)}

②高岡塗⁴⁾ 13) - (12)

慶長14年に築かれた高岡城の城下町に、漆工が移り住み、長持、箱膳などを製作したのが起こりとされ、その後、幕末から明治初期に歴史に残る名工が出現して現在に続いている。加飾技術としての螺鈿（青貝細工）の優位性は他の追随を許さぬものがある。

螺鈿：古くエジプトやインドで起こり、中近東から中国で発達し日本に伝わった技法で、蒔絵と共に漆芸装飾の双璧をなすもので、鮑（あわび）貝を薄片貝にして使っている。

金螺鈿：高岡の青貝細工による螺鈿の中でも高級品で鮑裏面に金箔が貼られている。

拭き漆：素地の木目の美しさを活かした漆塗りである。天然の本漆を塗っては拭き取り、また塗っては拭き取るという作業を幾度も繰り返して作る。



a. QY404B (55万円) b. QY303R (50万円)
図 3.2.38 高岡塗製品例（セイコークロック）^{13) - (12)}

③輪島塗⁴⁾ 13) - (12)

昭和52(1977)年3月には、重要無形文化財の総合指定を受けるなど、輪島塗は日本の代表的地位を占めている漆塗である。輪島市内で産する黄土から、独特の製法によって作られる地の粉を下地に使っていることによる堅牢さと美しさにその特色がある。加飾技法としては、沈金と蒔絵が有名である。

沈金：中国の餞金(そうきん)という技法が室町期に日本に伝わったもので、輪島では明和年間に沈金の技法の基本が確立した。たつぷりと塗った漆塗りの表面を、独特の小刀で彫って金箔や金粉を押し込む技法である。金の色彩もさることながら、彫物の良さが身上である。



図 3.2.39 輪島塗 QY401K
(30万円 セイコークロック)¹³⁾ - (12)

④高松塗、山中塗他⁴⁾ 13) - (12)

高松塗：香川塗とも呼ばれ、彫漆(ちょうしつ)、存清(ぞんせい)、蒔薨(きんま)で有名である。江戸期より茶道が盛んであった影響の中で、寛政年間に玉楮象谷(たまかじ ぞうこく)が輩出し、その基礎を固めた。

山中塗：ろくろを巧みに使った挽物を主としており、その起源は戦国時代の天正年間にまでさかのぼる。江戸時代には、京漆や会津塗を学んで、漆塗りが発展した。

八雲塗り・長寛蒔絵：溜め塗の中に文様がしつとりと沈んでいる雅味が特長である。年月とともに漆にまぜた染料の色素が徐々に沈み、透明度が増すとともに文様が浮き出てくる技法である。高松では八雲塗、山中では長寛蒔絵と呼んでいる。

彫漆(ちょうしつ)：彫漆とは、いろいろな色の彩漆を幾十回も塗り重ねて作った厚い層を、正確に立体的に彫り出す精密な技法である。中国の唐代に起こり、日本には室町時代に伝えられた。



a. 高松塗QY411K (18万円) b. 高松塗QY312K (20万円) c. 山中塗QW411B (12万円)

3.2.40 高松塗、山中塗製品例 (セイコークロック)¹³⁾ - (12)

⑤津軽塗⁴⁾ 28)

伝統工芸「津軽塗」は、藩政時代から格調高い町並みと数多くの歴史的文化遺産の豊かな都市、みちのく弘前で培われ、優れた技術と三百年の歴史を経て今日に至っている工芸品である。その優美・堅牢さは、四十八工程にも及ぶ丹念な手作業の積み重ねと、二か月以上という納得いくまでの時間をかけることによって初めて生まれてくるものである。「津軽塗」は経済産業大臣指定伝統工芸品である。

「津軽塗」は素地に漆で凹凸を付けたうえに黄・緑・赤などの色素を塗り重ね、乾燥させた後に平坦に研ぎ出して色漆の斑点模様を表すことを主たる手法とする漆塗りで、数ある漆塗りの中でもその色層の美しさが特徴である。



a. AZ708G (税抜45万円) b. AZ709G (税抜40万円) c. AZ710G (税抜30万円)

図 3.2.41 津軽塗製品例 (セイコークロック)²⁸⁾

3) 七宝焼き⁴⁾ 29)

七宝焼きとは金属素地にガラスの釉薬を塗って文様を描き、700°~800° Cの温度で焼き付ける工程を数回繰り返して仕上げる工芸のことである。七宝という名前は、室町時代に名付けられ、金・銀・瑠璃(るり：青色の宝石)・砵磲(しゃこ：白色系のサンゴ)・玻璃(はり：水晶)・瑪瑙(めのう)・真珠の七つの貴重な宝石の輝きを合わせ持つほどの美しさがあることに由来している。

本クロックは最新の金属加工技術で仕上げた素材に、奈良朝時代に日本に伝来して以来、日本の伝統の技として磨きの掛けられてきた七宝焼きで仕上げたものである。純銅の素地に最新の技法で文様を描き、銀メッキをすることで格調高く銀色に輝く生

地を仕上げる。その上に創業 100 年を誇る京都の稲葉七宝（株）の手による優雅なイメージの七宝を施し、独特の風合いのある文字板飾りを作り上げ、時計に組み込んだ。

銀地に七宝釉薬を焼き付けた華やかな色合いと、精緻に刻まれる紋様は時空を越えたときめきを与える。



a. AZ713 (税抜50万円) b. AZ714S (税抜35万円) c. AZ715S (税抜20万円)
図 3.2.42 七宝焼き製品例 (セイコークロック) ²⁹⁾

4) スターリングシルバー ^{4) 30)}

スターリングシルバーとは銀の含有率 92.5% の割合で鑄造された銅合金である。銀は柔らかく、そのままでは加工や形状維持が難しい素材であるため、強度や耐久性を高めるために銅などの金属を配合して使用される。その中でもスターリングシルバーは純度が 92.5% と高く、高級な素材である。銀は、重厚な色調と光沢により独特の価値観を醸し出すが、時間の経過とともに硫化し黒く変色してしまう欠点がある。

独自の表面処理技術により変色の問題を解決し、銀の持つ高貴で知的な素材感を永く損なうことのない高級クロックを開発した。素材はスターリングシルバーを外装に使用し、文字板にはエメラルド・サファイアなどの貴石をあしらった。外装ケースはもちろん裏蓋に至るまで、これまで培ってきた金属加工の技術を生かし、部品ごとに銀塊を切削して研磨を繰り返すことで丁寧かつ精緻に作り込んだ。白蝶貝・マラカイト（孔雀石）・ラピスラズリ（瑠璃）などのジュエリー的装飾をふんだんに使用している。



a. AZ701S (税抜270万円) b. AZ702S (税抜200万円) c. AZ703S (税抜150万円)
図 3.2.43 スターリングシルバー製品例 (セイコークロック) ³⁰⁾

5) 「和」のあしらいを表現した置時計 ^{4) 31)}



a. AZ519A (税抜40万円) b. AZ520A (税抜32万円)
図 3.2.44 和のあしらい製品例 (セイコークロック) ³¹⁾

千年紀を迎えた日本文学「源氏物語」の四季や事象にまつわる要素や縁起が良いとされる吉祥紋様などをあしらい「和」を表現したクロックである。

AZ519A：楓の無垢材に木目の美しい天然銘木の突き板や白蝶貝を使った格調高い木象嵌で四季を表している。丸紋に花々や吉祥文様を配し、傍らに源氏香の図を配している。



図 3.2.45 和のあしらい 文様 1 (AZ519A) ³¹⁾

AZ520A：上質で温かみのあるノリタケ製の磁器（ボンチャイナ）に文様の表面が盛り上がるように金仕上げや、白厚盛りの手法を施し立体的な趣のある表情をつくっている。源氏物語の中から平安時代の宮廷文化を由来とする春夏秋冬の行事や花木、吉祥文様（きっしょうもんよう）や有職文様（ゆうそくもんよう）を配した。

吉祥文様：縁起の良いとされる図柄・祝意を表す伝統的文様。

有職文様：平安時代以来公家階級で装束・調度に用いられた伝統的文様。日本の文様の基調をなしている。

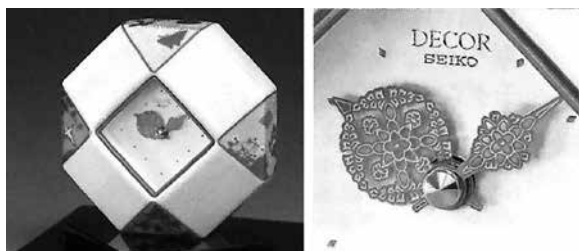
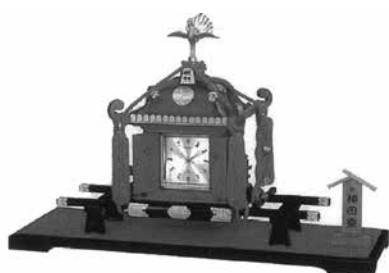
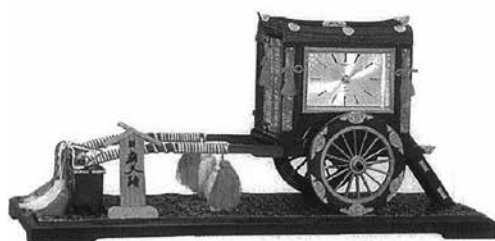


図 3.2.45 和のあしらい 文様 2 (AZ520A) ³¹⁾



a. 新神田祭 (税抜5万円)



b. 新都大路 (税抜4.5万円)



c. 新五萬石 (税抜5万円)

図 3.2.46 和のあしらい製品例 (リズム時計) ⁷⁾

このリズム時計製品は、日本の伝統美を新しい感覚でとらえ個性的なインテリアにマッチする置時計である。また、これらに使用する部品は、機械加工できないものや飾り類の入手先が無いなどの理由により、手造りをしたものが多く、手造りの良さも提供した。

6) 人造大理石 (特殊樹脂) ⁷⁾



a. 麗容の女神 (税抜8万円) b. 英雄 アポロン (5万円) c. 創世の女神 (2.8万円) ⁷⁾

図 3.2.47 人造大理石製品例 (リズム時計) ⁷⁾

ギリシャ彫刻をモチーフにしたアーティスティックな置時計で、手元の振子は左右に動く構造になっている。これらの製品は、特殊樹脂を使用しており、複雑な形状のため、ゴム型を使用し成形しているが、寸法・気泡・塗装などにおいて苦勞した。

7) 象嵌 ¹³⁾ - (13)

木象嵌は、木材の表面に、他の材料 (木も含む) を嵌め込む工法で、飛鳥時代に日本に伝わったとされ、正倉院にはその作品が収められている。



a. AS888B (税抜30万円) b. AZ731B (税抜万円)

図 3.2.48 象嵌製品例 (セイコークロック) ¹³⁾ - (13)

象嵌工法は「7.1 外装材」に記載したが、SEIKO DECOR の象嵌は嵌め込む隙間がない特殊な技法によって得られている。(北三 (株) との共同開発)

3.2.4 情報化

(1) TOKIOTO (リズム時計 2015 年) ⁷⁾

保存した音源を再生するにあたり、大型スピーカーを壁にかけるとは違和感があるが、時計であれば違和感なく設置が可能で、部屋の空間の有効活用になるのではと

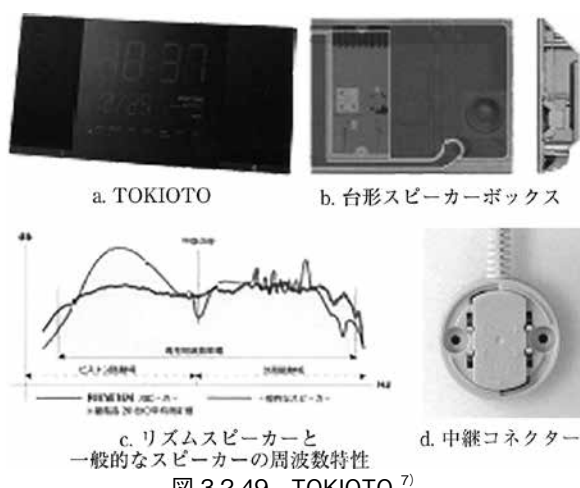
の着想で、保存した音源をワイヤレスで再生することができ、スマートフォン等に保存してあるお気に入りの音楽等を再生できる（ワイヤレススピーカー搭載）壁掛け時計を開発した（置時計としての使用も可）（図 3.2.49a）。

Bluetooth® 規格に対応したスマートフォンやデジタルオーディオプレーヤーなどの端末に保存した音源をワイヤレスで再生することができる。一度ペアリング*すれば次回からはペアリング不要で聴きたいときにすぐ音楽を聴くことができる。

*：ペアリングとは音源を送る側と受け取る機器を「ペア」として認識させる作業である。

独自開発した台形断面スピーカーボックス（図 3.2.49b）の音響効果により、一般的なスピーカーでは避けられない周波数特性上のピーク / ディップ（山 / 谷）が少ないフラット & スムーズな周波数特性が得られた（図 3.2.49c）。これにより再生周波数特性（フラットレスポンス領域）を 60Hz～20kHz まで確保でき、再生周波数のほぼ全域にわたって素直で高純度な音質を発揮する。デスクトップなど身近に置いて使用すると低音域が豊かに響き、壁に掛けて使用すると、バツフル効果*により遠くでもボーカル音がはっきり聞こえる特性に変化する。使用方法に合わせた音響特性が得られるように設計したスピーカーユニットである。

*：バツフル効果とはスピーカーユニットから放射された音波の内、背面方向に出た音が壁面に反射することで前面への放射効率が上がり、音の奥行き感が出る効果のことである。



また、AC 電源用コード自体の長さや材質による歪みや弛みによって、使用者の意図する視覚的な見栄えを反映するのが難しく、使用者の意図する視覚的な見栄えを反映しようとする、壁面に穴あけして、壁面内部に配線したり、又は、配線モールなどの別部品を用いて配線する必要性があった。

壁に掛ける場合、AC コードの見栄えも重要となるので、コード固定構造に関しても工夫している（固定コネクター使用）。（図 3.2.49d）

(2) アクティブスピーカークロック (Premium Time & Music) (セイコークロック 2017 年) 32)

スマートフォンなどの Bluetooth® 対応機器からのワイヤレス転送や USB メモリーに保存した音源を使って手軽に音楽再生を愉しめる高音質スピーカークロック SS501 を 2017 年 6 月に発売した（図 3.2.50a）。



図 3.2.50a アクティブスピーカークロック 32)

大画面 & ハイコントラスト液晶を使った見やすいデジタル表示で、ワイド FM 放送にも対応し、また心地よい眠りと目覚めをアシストするオリジナルメロディを内蔵するなど、様々な音と音楽に対応したマルチサウンドクロックである。開発に当たっては、アンプを内蔵するアクティブスピーカーの高音質設計と時計機能を如何に融合させるかがポイントであった。

1) L/R で分離されたスピーカーボックスを、セツト筐体内に独立配置

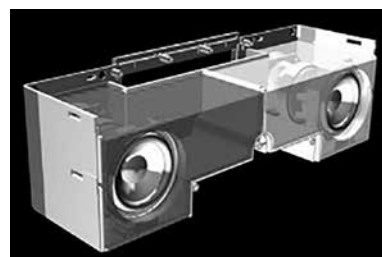


図 3.2.50b アクティブスピーカークロック (L/R 独立スピーカーボックス) 32)

持ち運びに優れた一体型デザインで有りながら、セパレーション感を得られる L/R 分離・独立したスピーカーボックスを採用。豊かな臨場感を再現した（図 3.2.50b）。

2) クラスを超えた重低音を実現、デュアルパッシブブラジエーター搭載

低音増強振動板ユニット「パッシブブラジエーター」を背面に二つ配置した「デュアルパッシブブラジエーター」を採用、迫力の重低音を再現。

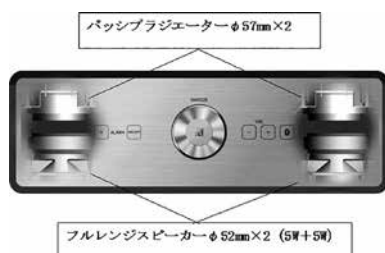


図 3.2.50c アクティブスピーカークロック
(フルレンジスピーカー及びパッシブラジエーター配置) ³²⁾

迫力の重低音を演出する為、セット筐体の剛性と気密性を高める設計を行った。メインスピーカーとパッシブラジエーターを同軸上に配置する事で、スピーカー筐体内での空気の流れを円滑にパッシブラジエーターに作用し、レスポンスの良い音を実現すると共に、パッシブラジエーターの駆動効率を最大限に高めている (図 3.2.50c)。

「パッシブラジエーター」とは、スピーカーユニットから電磁気回路を取り除いたもので、スピーカー筐体内の空気振動を利用して動作させるスピーカーユニットの事である。

3) Bluetooth® 対応でスマートフォンなどからもワイヤレスで音楽再生

スマートフォンや携帯音楽プレーヤーなど Bluetooth® 対応機器とワイヤレス接続で、離れた場所でもそれらの機器からの音楽が楽しめる (Bluetooth® 対応機器は最大 3 台まで同時接続可能)。さらに、NFC (近距離無線通信 Near Field Communication の国際規格) 対応機種ならワンタッチでスマート接続する。

4) USB メモリーの音源も再生可能

USB 端子に USB メモリーを接続すれば、MP3 もしくは WMA 形式で保存された音楽ファイルを再生することができる。

5) AM 放送もクリアな音声で聴けるワイド FM 対応

FM 周波数帯を利用して AM ラジオ番組を雑音の少ないクリアなステレオ音声で聴取できるワイド FM (FM 補完放送) に対応したラジオ搭載。ラジオは 10 局まで設定可能でアラーム音としてもラジオを設定できる。

ワイド FM: AM 放送局の放送区域において、災害や電波障害に強い FM 周波数を使って AM ラジオの番組を放送する FM 補完放送である (周波数、聴取可能エリアは地域によって異なる)。

6) 心地よい眠りと目ざめをアシスト

心地よい眠りに誘うオリジナルメロディ (1 曲)

と、爽やかな目覚めをアシストするアラーム音 (3 曲) を内蔵。内蔵メロディは自然界のゆらぎを再現した「1/f ゆらぎ」を含み、心地よく快適な気分を狙った。

3.2.5 クロック技術の応用製品

(1) 自動車時計 (リズム時計) ⁷⁾

リズム時計は、クロックの技術を展開して自動車時計分野に参入した。1976 年には自動車時計用ステップ水晶ムーブメントを開発した。

自動車車載時計は、昼間・夜間の運転中の視認性が良いことが求められる。さらに、明るさが均一である事、低コストである事 (部品点数が少なく、組立性が良い事) が求められるため、合理的な間接照明を実現する基板、導光板、文字板が設計されている機種もある。

一般クロックと比した苦労点は、厳しい使用環境での品質確保及びアフターパーツの対応である。

使用温度範囲は -30℃～80℃ (耐熱材料で対応) と広温度範囲にわたるので信頼性評価は試験項目が多く、試験時間も長くなる。

また、アフターサービスでは、量産～モデルチェンジまで通常 2～5 年だが、量産終了後のサービスパーツの保証期間がクロックに比べ長い (10～14 年程度) 事があげられる。

以下、自動車車載時計の開発実施例を述べる。

1) 中央矩形形状部分、目盛部分、文字板外環部の光る車載時計である (2006 年)。



図 3.2.51a 車載時計 1 ⁷⁾

時計文字板の中央矩形形状部分、目盛部分、並びに、文字板外環部は光透過式メッキ処理が施されており、時計文字板の裏側には、EL 素子等の発光体からなる光源を備えている。光源を点灯しない昼間は、目盛部分が金属光沢を呈し、光源を点灯した夜間は、中央矩形形状部分、目盛部分、文字板外環部が、下からの光を透過して加飾照明の役割を果たす。

2) 腕時計技術を用いた美しい文字板の車載時計
(2009 年)



図 3.2.51b 車載時計 2⁷⁾

VOLVO 社の車載時計である。

腕時計文字板メーカ製作の繊細な加飾文字板を搭載。白色 LED を文字板サイドから均一に導光させ、時目盛り、指針全体を立体的に見せる照明を持つ時計である。

3) 文字板全面発光車載時計 (2010 年)



図 3.2.51c 車載時計 3⁷⁾

NISSAN 社の車載時計である。

文字板全体が発光し、夜間での指針の位置を明確に表示する。印刷済みのフィルムを成形時に設置するインモールド成形の文字板で複雑な文字板形状を可能にし、半透過印刷で発光を容易にさせている。

4) LIN 通信用車載時計 (2014 年)



図 3.2.51d 車載時計 4⁷⁾

スズキ社の車載時計である。

メータからの時刻情報を LIN 通信により受け取り、表示する時計。ゼロ帰零機能をもつムーブメントを構成することにより、正確な時刻表示を可能にしている。

文字板は、多色塗り印刷にて立体感をかもしている。

LIN (Local Interconnect Network): ドアライト、シート位置センサー、パワーウィンドウモーターなどそれほど通信速度・信頼性を必要としないセンサーやアクチュエーターなどの制御に使用される通信プロトコロ。

3.3 クロックの完成度向上を目指して

電波クロックの完成度を上げるために、ソーラー発電利用による環境にやさしいクロックおよび電波受信性能を如何に改善していくか、各社で開発が進められ受信性能が大きく改善された。

3.3.1 ソーラー発電式電波クロック

(リズム時計 2004 年)⁷⁾

一般的にクロックは乾電池で 1 年以上の電池寿命を持つ省エネ設計をしているものが多いが、さらに乾電池不要のソーラー発電で環境にやさしい電波クロック (エコライフ M686) を開発した (図 3.3.1)。

低消費電力のモーターと回路構成、駆動方法の省エネ化により、一次電池を使用せずにソーラー発電だけで、1 日 100 ルクス以上の明るさ、8 時間以上の光を受ければ時計作動の持続可能である。

この性能により 2005 年に「エコマーク」を取得、2010 年には他製品も含めて「グリーン購入法適合商品」にも認定され、ユーザーからは環境に配慮した電波時計として受け入れられている。



a. エコライフ M686
(2004 年)

b. エコライフ M808
(2010 年)

図 3.3.1 エコライフ製品例⁷⁾

グリーン購入法適合商品: 「グリーン購入法」とは、2001 (平成 13) 年 4 月 1 日から施行された「国等による環境物品等の調達の推進に関する法律」の略称である。国等の機関が物品を購入する際には、環境への負荷ができるだけ少ないものを優先的に購入することを義務づけるもので、事業者や一般消費者に対しても情報提供を促進している。なお、特に重点的に調達を推進する品目ごとで、ガイドラインの判断基準を満た

している商品をグリーン購入法適合商品としている。

「掛時計」特定調達品目への判断基準（環境省資料）

1. 太陽電池及び小型充電式電池（二次電池）等の蓄電機能を有し、一次電池を使用せず作動するもの。2. 一次電池が使用される場合は、5年以上使用可能なもの。＊通常の執務室・会議室等の壁掛型（大型は除く）の時計。

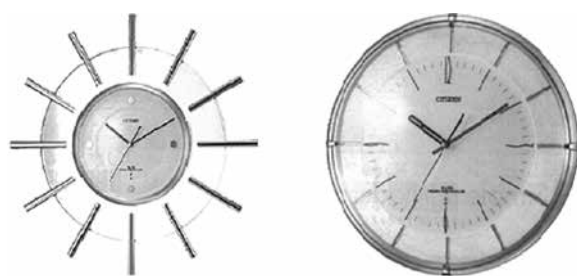
3.3.2 スリーウェイ高感度電波クロック

（リズム時計 2006 年）⁷⁾

標準時刻電波の受信しにくい環境でも正確な時刻表示をできるようにした電波時計で、「標準電波 40kHz と 60kHz+AM ラジオ時報」のスリーウェイ受信の電波時計である（図 3.3.2）。

標準電波送信局は、都心部から離れた場所に位置し、約 50kW と比較的低い送信出力で標準時刻電波信号を送信しているので、送信塔からの遠隔地やマンション内、環境ノイズの多い都心では受信できず、適切に時刻修正を行えない場合があった。スリーウェイ高感度電波クロックは、標準時刻電波の受信しにくい環境でもラジオ放送局の時報を受信させる事により受信感度の向上に繋げた、三つの電波を受信する電波時計である。

AM ラジオは標準電波よりも出力が強く、NHK ラジオは各地で発信しているので標準電波が受信できない場合でも AM ラジオ時報の受信の可能性は格段に高い。



a. スリーウェイM730

b. スリーウェイM732

図 3.3.2 スリーウェイ製品例⁷⁾

標準時刻電波時計に AM 電波受信機能と内部電源を設け、あらかじめ標準時刻電波を受信させて内部電源で時刻情報を保持させる。外部電源が接続されて電力供給が内部電源から外部電源の電力供給に切り替わると、電波を受信するが、40kHz、60kHz 局の電波が受信できない時、内部時計の情報に基づく受信タイミングで AM 放送の時報を受信して内部時刻情報を修正することとした。また、内部時計の情報に基づく受信タイミングで受信することで AM 電波の受信時間を短くすることができ、消費電流を抑えることができた。

3.3.3 快速表示電波時計（リズム時計 2003 年）⁷⁾

電波時計は下記のデメリットがあった。

- (1) 電波を受信してから時刻表示するので時刻表示までに時間が掛かる。
- (2) 電波が受信できない場合には時刻の表示合わせ操作が必要。

これに対して、リズム時計は電池を入れたと正しい時刻を素早く表示できるように下記対策を行った。

- (1) 生産出荷時に正確な時刻を記憶、内蔵電池（CR2032）で時刻情報を保持し、定期的な電波受信・更新をする。
- (2) 正逆転可能な時・分モーターにより、メイン電池投入時に保持した時刻情報から、時分針の移動時間が最短になるよう正転・逆転を選択して時分針の修正を行い、さらに位置修正中に電波を受信し、「3 分以内に正しい時刻表示する」を行う。また、電波受信できない場合は、記憶されている近似の時刻表示を自動で行う。

この機能により時計購入時または電池交換時に素早く正しい時刻が表示されるのでユーザーは安心して使用することが可能になった。

3.3.4 衛星電波修正クロックスペースリンク

（セイコークロック 2013 年）^{4) 33)}

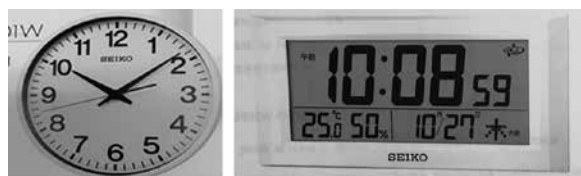
オフィスや工場では建物の構造やノイズの影響で通常の電波を受信しにくくなる。この課題を解決するために、GPS ウォッチの開発を進めていたセイコーエプソンから情報を入手し、クロックとしての検討を開始した。

GPS 受信モジュール試験機を作成し、関連各会社オフィス・中国／タイ工場などでフィールドテストを重ねた結果、従来の標準電波時計に比べて、窓や建物の出入り口からの電波到達距離は平均して約 5 倍であることがわかり商品化に着手した。

GPS 衛星信号は日本国内に限らず GPS 衛星の電波を受信できるところであれば、国や地域にかかわらず正確な時刻表示が可能になる。また衛星電波の周波数（1.57GHz）は、電波法によって電子機器から発生するノイズが厳しく規制されている周波数帯域であるため、標準電波（40/60kHz）に比べて電波環境が良好といえる。GPS 衛星からは、6 秒毎に時刻データが送信されており、標準電波に比べれば素早い受信が可能になる。（最短 10 秒でのスピード受信可能）

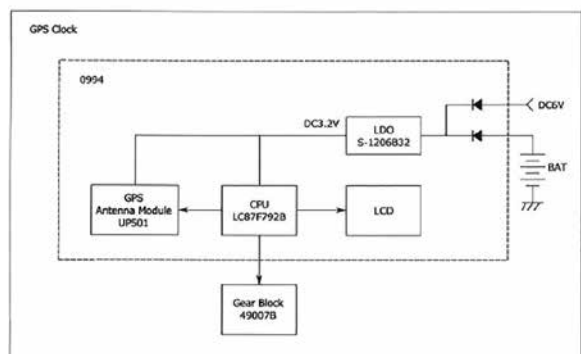
以上のメリットがあることから、GPS 衛星が発信する時刻情報を受信し時刻を自動修正する衛星電波クロック『スペースリンク』を 2013 年に発売した（図 3.3.3）。

GPS 衛星は約 30 基が上空 2 万 km を周回しており、その中のいずれか 1 基からの情報だけで正確な時刻表示を実現する。(測位には 4 基の衛星を捕捉する必要があるが、時刻情報は 1 基から取得可能である。)



a. GP201W

b. GP502W



c. スペースリンククロックブロック図

図 3.3.3 スペースリンク製品例およびブロック図⁴⁾ 33)

3.3.5 タイムリンククロック (セイコークロック)⁴⁾ 34)

タイムリンクは、標準電波 (長波) により受信した時

刻情報を、特定小電力無線 (短波) により室内のあらゆる場所に伝える新しい無線時計システムである。このシステムにより、今まで長波の受信が不可能だった場所でも日本標準時を表示することが出来る、および従来の設備時計の配線や工事が不要になるなどのメリットがある。

電波時計が国内で一般普及して 20 年近く経過し、一般家庭では時刻合わせ不要という大きなメリットが受入れられた。



a. タイムリンク送信機 ZA301N

b. タイムリンククロック ZS201S (左) と ZS203S (右)

図 3.3.4 タイムリンククロック製品例⁴⁾ 34)

一方、ビルや地下などの標準電波が届きにくい場所での使用や工場や電力設備などの近傍の電磁ノイズが多い場所での使用では通常での電波時計が利用しにくい環境があることもはっきりしている。このような場所では、有線で接続する設備時計を導入するしかなかった。これらの問題点を解決するために「標準電波を受信可能な場所で受信し、標準電波と別の形式で無

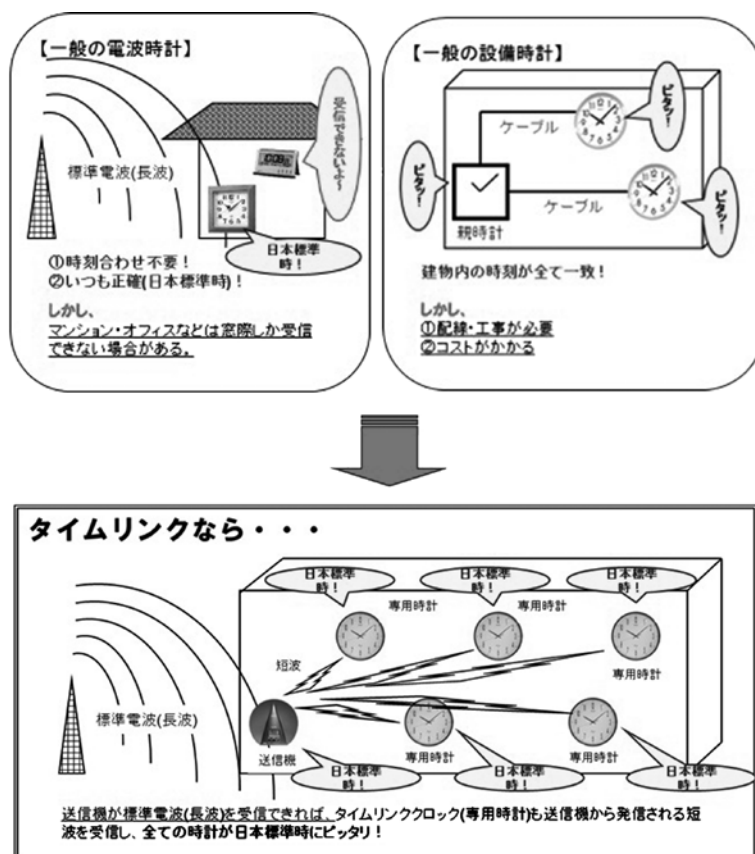


図 3.3.5 タイムリンククロック概要⁴⁾

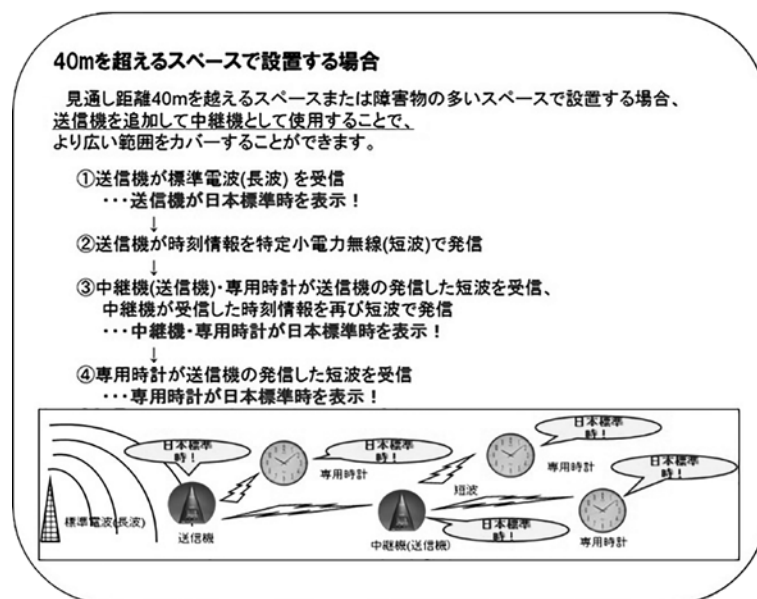


図 3.3.5 タイムリンククロック概要⁴⁾

線配信する」方式の技術的方策を探った。

開発されたタイムリンククロックの構成は、下記になる。

- (1) タイムリンク送信機：通常の電波時計と同様に標準電波（長波）を受信する。
- (2) タイムリンククロック：タイムリンク送信機からの特定小電力無線（短波）のみを受信する。

送信機の標準電波の受信方法は従来の電波クロック（アナログ）と同じである。

・毎日午前2時に、受信に適した周波数の電波（40kHzもしくは60kHz）の全ての信号（時刻／カレンダー）を受信する。

・以後3時間ごとに受信し「秒」のみの補正を繰り返す。（合計1日8回）

送信機、中継機（送信機）、専用時計ともに毎日12回短波を送信または受信する。（約1秒間で送信・受信完了）

以上、タイムリンククロックの開発により、電波時計の問題点の解決策を提案できただけでなく、ローカルの無線式時計システムとしての最適設計と格段のエ

リア拡大が見込める。

参考・引用文献

- 1) 伊澤實、田中公貴 「クロックの現状と展望」 日本時計学会誌 No.150 P67～74 1994
- 2) SEIKO 戦後の時計史
 - (1) 第5章 第7節 クォーツクロックの展開 P277～285
 - (2) 第6章 第3節 時計の完成度向上をめざして P332～339
- 3) セイコークロックニュース 「時のお中元」 1985年7月
- 4) セイコークロック（株）社内資料
- 5) HATTORI SEIKO NEWS 「高級志向に対するクロックの新ブランドを発売」超薄型の掛時計<セイコー エンブレム>（株）服部セイコー 平成元年9月19日
- 6) 馬場康二 「低刻音薄型長寿命掛け時計用ムーブメントの開発」 日本時計学会誌 No.158 P32～39 (1996) 転載

時の記念日の由来は？（日本時計協会ホームページ 「時と時計の豆知識」）

1920年（大正9年）に当時の「生活改善同盟」による日常生活を合理的にしようとの提唱を受けて、6月10日を「時の記念日」にすることが制定された。

西暦671年に天智天皇が唐から伝えられたという漏刻（ろうこく、水時計）を建造し、その漏刻で「時の奏で」（太鼓や鐘を打って時を知らせる）を行った。時の記念日は、この日が現在の太陽暦に直すと6月10日だったという故事に基づいている。

- 7) リズム時計工業（株）社内資料
- 8) SEIKO NEWS ポケットに入るしゃれたアラーム付時計「セイコークォーツデジタル ポケットアラーム QD801」発売 （株）服部時計店 昭和53年4月
- 9) SEIKO クロックニュース「女性のためのおしゃれでコンパクトなポケットアラーム」1979年9月
- 10) SEIKO クロックニュース「新製品 セイコーグラフィックタイム QD881」1980年6月
- 11) セイコークォーツクロック技術解説書 （株）服部時計店
- 12) 精工舎 「セイコークォーツデジタル ポケットアラーム」日本時計学会誌 No.87 (1978)
- 13) セイコークロックカタログ
 - (1) ピラミッドトーク 1980年 No.2
 - (2) ポケットトーク 1995年 No.1
 - (3) メロディア QM501 1978年 Vol.3
 - (4) ムジカ QM701 1989年 No.2
 - (5) ビートクラブ QM726 2001年 No.2
 - (6) ビートクラブ SQ614 2001年 No.2
 - (7) 着信メロディ 2007年 No.2
 - (8) ドラえもん 2000年 No.2
 - (9) ウルトラマン 2002年 No.1
 - (10) DECOR SEIKO カタログ 2005年
 - (11) DECOR SEIKO カタログ 2019年
 - (12) SEIKO 1982特選クロックカタログ 1981年8月
 - (13) DECOR SEIKO カタログ 2002年
- 14) HATTORI SEIKO NEWS 「どこに触れても音声で時刻を告げる時計」（株）服部セイコー 昭和63年10月12日
- 15) セイコークロックニュース 電波クロック「ピラミッドトーク」セイコークロック（株）2009年12月
- 16) HATTORI SEIKO NEWS 「さわやかな森の香りで起こす目ざまし時計」（株）資生堂と共同開発 セイコー香り目覚し「麗」（株）服部セイコー 昭和63年9月29日
- 17) カシオ計算機（株）社内資料
- 18) HATTORI SEIKO NEWS 「暗がりでも時刻の分かる便利な掛時計」昭和63年9月
- 19) Press Release 「針は緑色、文字板は白く光る暗い中でも時刻が読み取れる掛時計に新機種を追加」セイコークロック（株）2017年10月
- 21) 今村美由紀 「時計用メロディICの推移」セイコークロック（株）社内資料
- 22) HATTORI SEIKO NEWS 「おもしろい目覚し時計くどきどきシリーズを発売」（株）服部セイコー 昭和59年6月27日
- 23) HATTORI SEIKO NEWS 「ユーモラスな音声目覚し時計の新製品 くどきどきらんど」第3弾」（株）服部セイコー 昭和61年8月15日
- 24) Press Release 「音声認識」技術を使ったキャラクタークロックを新発売 ミッキーマウスと対話できる目ざまし時計 セイコークロック（株）1998年8月19日
- 25) Press Release デコールセイコー「悠久」セイコークロック（株）2005年3月8日
- 26) Press Release 「テーマ性の高い高級装飾機械式置時計」セイコークロック（株）2005年4月27日
- 27) Press Release 「高級磁器枠の電波置き時計」セイコークロック（株）2004年4月15日
- 28) HATTORI SEIKO NEWS 「漆塗りで仕上げたハイクラスの置時計 DECOR」（株）服部セイコー 1992年8月20日
- 29) HATTORI SEIKO NEWS 「七宝焼で仕上げた高級置時計」＜セイコーデコール＞（株）服部セイコー 1993年2月22日
- 30) Press Release 「スターリングシルバーの高級置時計」＜デコール＞（株）服部セイコー 1992年3月9日
- 31) Press Release 「美しき「和」を表現 DECOR SEIKO の新作置時計」セイコークロック（株）2008年5月15日
- 32) Press Release 「音楽のある生活を楽しむ新世代スピーカークロック」セイコークロック（株）2017年6月
- 33) Press Release 「超大型液晶表示の衛星電波クロックを発売」セイコークロック（株）2016年8月26日
- 34) Press Release 各「Time LinkTM」商品について セイコークロック（株）2003年12月18日

4 デジタル表示クロックの推移

1970年代に指針式のクロックに対して数字で時刻表示をするデジタル時計が普及した。時刻そのものを必要とする交通機関の要望もさることながら社会の近代化に伴った一つの新しい感覚の時計としてとらえられ、現在クロック分野の大きな商品となっている。初期の頃はその機構的な制約から大きな機械的エネルギーが必要であったため、交流モーター利用の交流デジタル時計製品が生産された。普及の背景には商用電源の安定に負う所も大きい。デジタル時計は次の世代の時計としてとらえられ、各社様々な性能機能のものを商品化し、機械式から電気式さらに電子式へと開発が進んでいる。

電子式デジタル時計は操作方法が難しいといわれてきたが、1999年6月日本標準時をのせた電波の本格運用以来、現在は液晶表示電波デジタルクロックが大きなウエイトを占めるに至っている。これからもさらに無線技術・センサー技術など電子技術の進歩とともに多機能化や他製品との複合化の方向に進んでいくであろう¹⁾。

4.1 機械式デジタル表示¹⁾

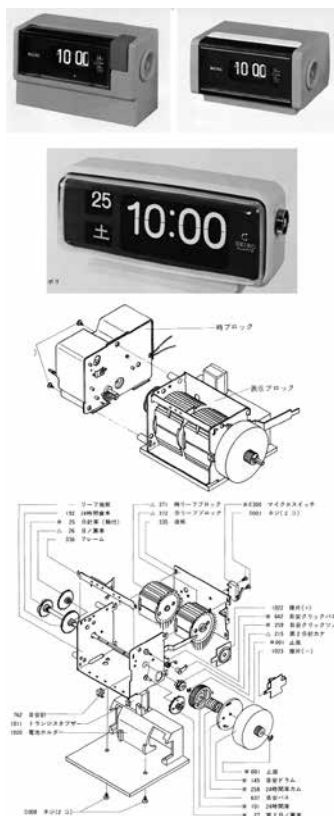
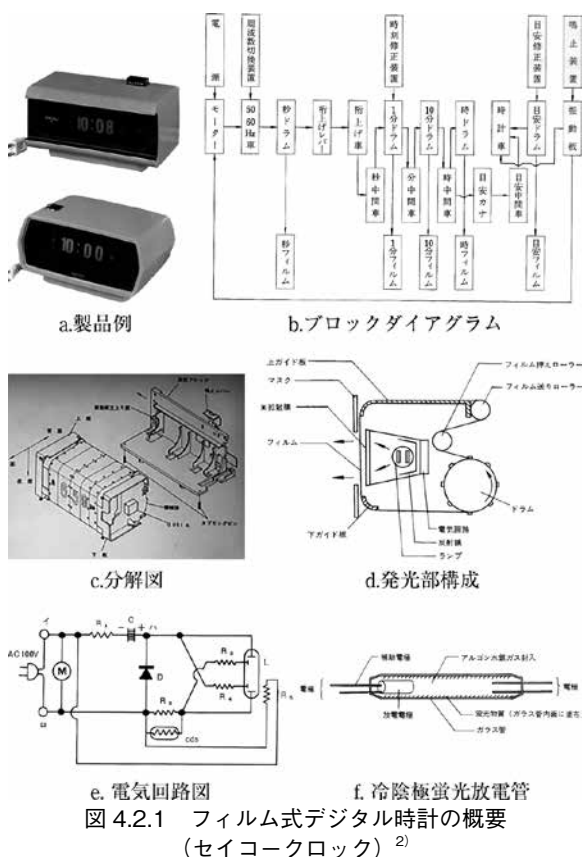


図 4.1.1 機械式デジタル表示クロック製品例および分解図（セイコークロック）²⁾

表示機構としては、数字が一枚一枚の薄い板に書かれてその板を円筒形に束ね、モーターからの連続送り機構によって一枚一枚めくられる構成の通称リーフ機構のものと、円筒上に数字を書く通称ドラム構成のものに大別される。リーフ式では、リーフがめくられるだけのスペースが必要なため文字が奥まる欠点があり、ドラム式の場合には文字が前面に来るが、限られた円周上に必要な文字を書くために、文字の大きさが全体に比べて小さくなる欠点がある。これらの欠点を改良したリーフ式とドラム式の2つの構造の良い点を合わせた回転リーフ式のものも商品化されている。これは一枚の板の両側に文字を書いて、180度回転できる構造のもので、リーフ枚数を減らしてさらにドラム式よりも文字の大きさを大きくできる構造で、構成の簡便化を計りながら文字を大きくするように工夫されたものである。これら機械式デジタル時計は最も安価であるのが特徴で自動組立機も開発された。また一部では、アナログ用のてんぷ、振動子、あるいは水晶振動子時計用のムーブメントで駆動する直流形リーフデジタルも製品化されている（図 4.1.1）。

4.2 電気式デジタル時計¹⁾

これは表示機構として文字が発光しているのが特長で、ランプと電気接点を用いた機構からなっていて、セグメント数字表示式が用いられている。数字表示としては多少判読しにくい所があるが、構造上の簡便さがあるため電気あるいは電子表示に用いられた。また、発光式の異なったタイプのものとしては、文字の書いてあるエンドレスのフィルムを機械的に駆動し、内部に発光ランプを配置させてカラー文字を出すフィルム式（図 4.2.1）もあるが、構造的にはどちらかという機械式の部類に入る。これらの電気式デジタル時計では機械式デジタル時計に比べて原価高であるが、これら発光式のものは昼間は勿論夜間でも文字がはっきり見える利点がある。以上の機械式と電気式デジタル時計はほとんどが商用電源を用いた時計用モーターで、当初のワーレンモーターからヒステリシスモーターへ、さらにインダクター型のモーターへ発展してきている。これはモーター性能の向上と共に消費電力も減少し、数ワットから1~2ワットへと改善され、耐久性についても改善がなされ、小型、低電力、高信頼性のモーターとなっている。



4.3 電子式デジタル時計¹⁾

少なくとも表示駆動部に IC 或いは LSI を用いた電子式デジタル時計と称される一つの分野がある。電子技術の進歩に伴って、機械の電子化が進んでいる中で、デジタル時計が格好の製品であることはその電子化への急速な展開がなされてきた大きな理由の一つといえる。電子式デジタル時計にも大別して2種類あって、エネルギー源が商用電源のものと、電池を利用するものがある。表示素子との関係で商用電源利用のものが最初に開発され製品化された。電子デジタルの場合にはその構成上表示素子が非常に重要なウエイトを占めている。

4.3.1 交流電子デジタル¹⁾

表示素子として蛍光表示管 (FL)、発光ダイオード (LED) やプラズマディスプレイ (PDP) などが主として使われている。いずれもセグメント表示板は扁平化されている。消費電力の点で商用電源を用いるため、時間標準もそのまま利用している。構成的には簡単で価格的には有利であった。ここで使用される IC は、商用電源が利用できるため、最も安価な製造技術

を利用できる P-MOS 或いは N-MOS 型の IC が用いられ、一時の電卓 IC の流れを利用していた。

4.3.2 直流電子デジタル²⁾

電池駆動可能な表示素子は LC (液晶) で、一般に液晶時計と呼ばれている。クロックの場合は表示部を大きくしなければならないため高価であったが、現在は大幅なコスト削減が図られている。液晶素子は初期では寿命性能の点や視野角の点、外観の点で商品化への妨げがあったが、各社の努力により改善が大きく進捗し一般的に使用されている。液晶の IC は C-MOS IC が使われており、電池駆動システムでは液晶に代替できる素子が出現しない限り、表示板として液晶が主力を占めるものと思われる。これら電子デジタルの特長としては、IC 論理回路技術を十分に多用することによって、機能精度の大幅な向上及び機能密度向上による多機能化への展開がなされており、カレンダー・目覚まし機能・温度・湿度・天気予報・快適指数などの機械式時計ではできない性能・機能を折り込んだ製品が適正な価格で展開されている。特にデジタル表示クロックは多機能ゆえに操作性が複雑になりやすいが、電波受信機能により時刻合わせをする必要がなくなり、操作性が大幅に改善された。

4.4 液晶デジタル

4.4.1 液晶デジタル表示クロックの推移³⁾

本文では、いち早く液晶デジタル時計の商品開発をすすめたカシオ計算機 (株) (以後カシオと表現する) のデジタルクロックの技術動向推移を述べる。

カシオでは、当初目覚ましクロックのアナログは時計事業部で、デジタルは電卓事業部で開発していたが、事業部が違っていると営業の管轄が異なっていた。そこで電卓事業部のデジタルクロックを時計事業部に移管し、開発から営業までの一本化を行い、次に述べる DQ-500 はその第一弾であった。

1980 年代半ばまでは掛時計はアナログ、目覚時計はアナログや単純なデジタルがメインであった。機能的な違いはアラームの仕様や音のバリエーションくらいであった。そこで新機能の追加として液晶表示で生活に役に立つ情報を知らせられる時計の開発を行った。カレンダー表示 (日付・曜日)、温度表示、湿度表示、快適度表示、空気の汚れ度表示、お天気予測表示等これらの機能表示を組合せて液晶表示付き多機能デジタルクロックやアナログコンビクロックのラインナップを広げていった。

(1) 単機能液晶デジタル (1983 年)³⁾

最初に国内で商品化したデジタルクロックは4桁表示のDQ-500、PQ-3で時刻機能とアラーム機能のみの単機能製品で1983年に発売された(図4.4.1)。



図 4.4.1 単機能液晶デジタル製品例³⁾

LCD と PCB の導通構造は、DQ-500 は導電シリコンゴムの櫛歯タイプのインナーコネクター、PQ-3 は銀ペースト印刷のヒートシールである。全てのボタン(プッシュ・スライド)をフロントケース面に集中させ部品点数や組立工数を削減した設計になっている。DQ-500 は標準クロックとして愛用された。

(2) 単機能から多機能化へ (1988 年)³⁾

当初の単機能から多機能化及びデザインの多様化を進め、1988 年にトラベルクロックの小型・薄型化をはかり、クレジットカードサイズ (54 x 86 mm) のクロックを発売した(図4.4.2)。

厚さ 3.1 mm タイプはセンターケースに 0.3mm 厚の SUS 板をインサート成形して筐体の強度を UP させてある。さらに強度 UP のためにリアパネルは 0.3mm 厚の SUS 板 (印刷付き) をセンターケースと両面テープで固定してある。フロントパネルは PET + SUS 板を両面テープの貼りあわせで、フロントパネルの鉤部は裏面に導通用のカーボン印刷がある。この SUS 板はフロントパネルキー鉤のスペーサーを兼ねていて、センターケースと両面テープで貼ってある。リアパネルの SUS 板とフロントパネル側の SUS 板は静電気対策として金属スプリングで導通されている。このような構造は、電卓事業部の設計ノウハウを活用した結果である。



図 4.4.2 カードサイズクロックシリーズ³⁾

CC-110C : 2019 年までのユニバーサルカレンダー仕様、CC-120U : ホームとワールドのダブル表示、CC-130U : 計算機機能付き、4 種類の通貨換算機能。

続いて、小学校高学年から中学・高校生市場に向け

て液晶で色々な機能表示を行う“ギアクロックシリーズ”を1988年に発売した(図4.4.3)。



図 4.4.3 ギアクロックシリーズ³⁾

CGQ-300 : コスモフォーメーション機能付き、1901 年から 2200 年までの太陽系の惑星の位置・動き、ハレー彗星の地球接近日、皆既日食日がわかる。

GMQ-100 : ムーングラフ機能付き、1985 年から 2095 年までの任意の日の月の形をグラフィックで表示するムーングラフ月齢 (新月から数えた日付)、月の時角 (月の見える方向)・日の出日の入り時刻を表示。

TQG-200 : トリグラフ、2つの電子アナログとデジタルのトリプル表示でアナログとデジタルを融合させた仕様。実装はメイン PCB の 12 時・6 時の両端からヒートシールで 2 枚の LCD を接続して、取り付け板の裏側に PCB・表側に LCD を固定する構造になっている。フロンパネルの見切り穴の形状を変える方法で 3 モデルを構成している。

このような製品ではウォッチで開発したソフトを活用している。

(3) センサー応用商品展開 (1994 年)³⁾

多機能化と共にセンサー応用製品の開発をすすめ、天気予測機能がついたデジタル置き時計“お天気レーダー DWS-100”を 1994 年に発売した (温度センサー、圧力センサー) (図 4.4.4)。

気圧の傾向と天気の関係により天気予測を行い、半径 20 km 地域の現在から 6~9 時間後の天気の日安を晴れ・晴れ曇り・曇り・雨の 4 段階のマークで表示する。気圧の傾向は内蔵の圧力センサーが大気圧を測定して LSI のメモリーに取り込み気圧の変化を計算して表示する。ウォッチで採用していた圧力センサーを使い、それをモジュール化して気圧変化の傾きを合わせこんだ大気圧センサーモジュールとして採用した。認定試験で加圧釜を使い圧力センサーの高・低圧時の圧力値の評価を行い試験前後で傾きの変化が無いことを確認した。このセンサーモジュール化により生産工程での圧力センサーの傾きのトリミングを行う必要がなくなった。生産工程では大気圧を測定しデジタルモ

ジュール状態で圧力センサーの出力値補正を行い、気圧の計測精度を保証した。



■天気予測表示の見方

気圧の傾向と天気の関係により天気予測を行ないます。半径20km地域の、現在から6～9時間後の天気目安を以下のような4段階の絵で表示します。

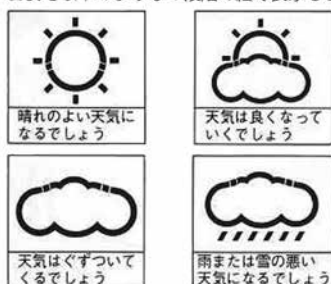


図 4.4.4 お天気レーダーDWS-100 概要³⁾

更に、室内の快適度をチェックする環境モニター付きのデジタル置き時計“環境お知らせ番 DTH100”を発売した（温度センサー・湿度センサー）（図 4.4.5）。毎分の温度・湿度を計測して、温度と湿度は数値と棒グラフでわかりやすく表示した。また不快指数を算出して、その値から快適度を設定し7つのレベルで表示した。



■快適度表示の見方

毎分の温度・湿度から不快指数を算出し、その値をもとに快適度を設定し、7つのレベルで表示します。

※点灯箇所でレベルがわかります。下図の箇所が点灯しているときは「レベル5」となります。



図 4.4.5 環境お知らせ番 DTH-100 概要³⁾

センサー応用商品ではウォッチで開発したセンサーおよびその開発ノウハウを活用している。

例えば圧力センサーはウォッチで採用していた圧力センサーを使い、それをモジュール化して気圧変化の傾きを合わせこんだ。湿度センサーは、最初に採用したものは抵抗式高分子湿度センサーをユニット化したもので、ICと温度センサーを内蔵していて温度補正された湿度データを出力するタイプのものであった。湿度センサーユニットは搭載されている部品点数も多く単価高いものであった。

電波時計が開発された以降のモデルは湿度センサーは単体で実装し、温度補正には温度表示用の温度センサーを使用してコストダウンをした。温度補正ソフトは湿度センサーメーカーと共同で開発した。

(4) デジタルクロックの電波化（1996年）³⁾

カシオでは初めて長波標準電波を受信するデジタル表示の電波目覚しクロックを発売した。発売時点では「JG2AS」は茨城県三和町から送信されている実験電波（図 4.4.7）であったが、1999年6月10日に「JJY40 kHz」で長波標準電波が正式運用を開始し、おたかどや山標準電波送信所より送信開始した。

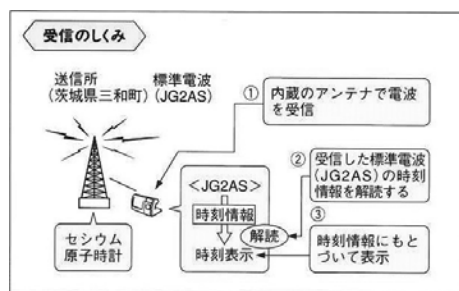


DQD-11J-8 (パールピンク) DQD-20J-8 (ライトブルーパール)

図 4.4.6 デジタル電波目覚し例³⁾

DQD-11: ELバックライト付きのスタンダードモデル、DQD-20: ソーラセル付きの10年寿命モデルである。(図 4.4.6)

受信成功率を少し下げて誤受信しないことを優先して電波時計を開発した。誤受信を防止するために時間データの3回一致を2回行って判定をする方式を採用したので、1回の受信が完了まで8分間もかかる時計になった。連続6個のデータを照合することにより、電波強度の弱い場所やノイズの多い場所での誤受信確率は15,000回に1回ほどになり、誤受信をしにくい電波時計を開発することができた。



電波時計とは

正確な時刻情報をのせた標準電波を受信することにより、正しい時刻を表示する時計です。本機は「JG2AS」という郵政省通信総合研究所が運用している標準電波を受信します。

※「JG2AS」とは——この電波は茨城県三和町にある送信所から40kHzの長波で送信されています。長波による電波は、波長が長く、電離層の影響を受けにくいので、遠距離まで届きます。JG2ASの時刻情報は、誤差がおよそ10万年に1秒という高精度を保つ「セシウムビーム型原子周波数標準器」などにより制御されています。

■一度受信した後は、次の受信をするまで、クォーツ精度で計時します。

図 4.4.7 実験電波送信時の電波受信仕組み³⁾

(5) デジタル電波クロックの低価格化戦略(2003年～)³⁾

電波時計の社会への認知度を高めることや普及のために、実勢980円のロープライス電波目覚しクロックを開発してきた。モデルの更新毎に電波局の自動切換え・温度センサー・湿度センサー・Wアラームを追加して機能をUPさせてきたが、ロープライスモデルは2003年から現在まで7モデル発売して累計の販売台数は580万個を超えており、電波時計の普及に寄与した(図 4.4.8)。

(6) 多様化するデジタル電波クロック³⁾

電波化と共にアナログ電波クロックと同様に様々なデジタルクロックが開発された。

1) デュプレックスデジタル電波目覚まし時計(2002年)

曜日によってカレンダー部のセグメントの色が変わる電波目覚し時計である。時計部がシングルLCDでカレンダー部がダブルLCDの構造になっている。上LCDの時計部は通常のLCD仕様で上偏向板は灰色、下偏向板は灰色(半透過反射板付き)である。上LCDのカレンダー部は上偏向板が青色、下偏向板が赤色になっている(表裏とも偏向板を貼り分けてある)。下LCDはカレンダー部だけにあり、上偏向板は無し、下偏向板は通常の灰色(半透過反射板付き)になっている。ウォッチ技術の応用である。

ウォッチの点灯するセグメントの色を黒・青・赤の3色に変更できる「W-LCDの構造と点灯するセグメントを制御するソフト」をクロックでは曜日によってセグメントの色を変える仕様に変えた。液晶のガラスの厚さがクロックで1.1mmウォッチで0.5mmと倍以上も違うことで、斜め方向から見たときの色の混じり方が大きくなり対策に苦心した(図 4.4.9)。

2003年	2004年	2005年	2007年	2012年	2013年	2015年
DQD-50	DQD-60	DQD-70	DQD-80	DQD-700	DQD-90	DQD-800
40KHz単局	40KHz単局	40-60kHz	40-60kHz	40-60kHz	40-60kHz	40-60kHz
	60KHz単局	自動切換え	自動切換え	自動切換え	自動切換え	自動切換え
			温度付き	温湿度付き	温度付き	温湿度付き
				Wアラーム		

図 4.4.8 低価格デジタル電波目覚し開発推移³⁾



図 4.4.9 デュプレックスデジタル電波目覚まし概要³⁾

2) インフォビュー温度・湿度計付き多目的電波時計 (2004 年)³⁾

特定小電力無線を使い屋外や他の部屋の温度や湿度も表示できる多目的タイプの電波時計である。子機を子供の部屋やベランダや庭に置いてリビングなど離れた場所で親機を通して温度や湿度を知ることが出来る。子機は3台まで接続可能設計になっている。

特定小電力無線ユニットの評価：電波が30 mくらい飛ぶので、会社の廊下や近くの公園や空き地で実際に無線で通信が可能な距離の確認評価を行い、色々な家で実力値の確認を行った。

湿度センサー：屋外でも使用可能なものを選定。子機は屋外でも使用可能な防滴仕様なので、湿度センサーはケース付きのセンサーでも反応が早く耐水性能も高かった静電容量式の湿度センサーを採用した。本体の湿度センサーも同じものを使用した (図 4.4.10)。



4.4.10 多目的電波クロック製品例³⁾

3) 耐衝撃電波目覚時計 (2007 年)³⁾

落としても壊れ難い「安心設計」の電波目覚時計を開発した。

耐衝撃構造：高さ1 mから硬質木板上に6面各1回落下を製品で保証する。プロテクターベゼルは硬いABSのフレームにやわらかいTPE (熱可塑性エラストマー) を一体成形で接合した構造で衝撃吸収力を高めてあり、落下で当たる部分は6面ともプロテクターベゼルになるようにデザインしてある。電波受信アンテナのコアはフェライトの質量を下げる目的で2×8×50 (長さ) mmの薄型のフェライトコアを採用した。アンテナは衝撃吸収クッション材で保護して落下衝撃をやわらげ壊れ難い構造にしてある。1m以上の落下でフェライトコアが破壊した場合を考慮してコアは薄い粘着フィルムで巻いてコアが飛散しない構造にしてある。この構造であればフェライトコアが割れてもアンテナ同調周波数のズレは1kHzくらいに抑えられるので電波受信は可能になる (図 4.4.11)。

GQ-10：LED懐中電灯付き耐衝撃電波目覚時計

GQ-1000：大音量ピープアラーム付き耐衝撃電波目覚時計。



図 4.4.11 耐衝撃電波目覚クロック製品例および内部構成³⁾

4) 電子日めくりカレンダー電波クロック (2008 年)³⁾

電子日めくりカレンダー (温度・湿度計付き) 電波クロックである。

生活に身近な商品をより便利な商品へのコンセプトの下でカレンダーの電子化の検討を始めた。調査から高齢者は時刻より今日は何日、何曜日という情報の方が重要であることが分かり、電波時計の技術を応用して電子日めくりカレンダーを開発した。ただ自動で日にちが表示されるだけでなく、新たに年号や六曜、旧暦といった暦を表示させることで、より生活に密着した便利な情報を提供する商品として開発を行った (図 4.4.12)。

IDC-200： 日付け表示を大きくした電子日めくりカレンダー電波時計



IDC-200J-8JF

図 4.4.12 電子日めくりカレンダー製品例³⁾

5) 生活環境お知らせ電波クロック（2008 年）³⁾

環境お知らせアイコン付き電波時計である。デジタルクロックに温湿度計が広く搭載されるようになった 2006 年に、ただ温湿度計の数値を表示させているだけでなく、その数値が生活の中でどのような意味を持ち、それを有益な情報として提供できないかと考えそのジャンルでは権威の一般財団法人日本気象協会に相談をした。日本気象協会監修により「快適」「風邪引き注意」「カビダニ注意」「熱中症注意」^{*1}の 4 つの状態を誰が見ても分かりやすいアイコンで表示させるようにした商品の開発を行った^{*2}（図 4.4.13）。

IDL-200N：環境お知らせアイコン付き電波掛時計

DQL-100N：環境お知らせアイコン付き電波目覚時計

*1 特に熱中症注意は当時まだ一般的ではなかったが、2007 年に埼玉県熊谷市と岐阜県多治見市で当時最高気温 40.9℃ が記録され熱中症患者が急増したことにより一般的に認知され現在では広く使われている注意報になった。

*2 現在商品に搭載されている「乾燥肌注意」は後に追加。

このモデル以前は湿度センサーの空気穴の位置や大きさには明確な基準は無かった。アイコンを使って注意を促すということで、周りの材質や空気穴の面積が湿度センサーの値に影響するのかを確認した。その結果、湿度センサーの値は時計近くの物の材質（壁や机や棚）が影響することや空気穴の面積が反応時間に影響する事がわかった。環境アイコン機能の有り無しで新しく空気穴の面積、形状、配置位置（壁や机から）の基準を 2 種類設けることになった。

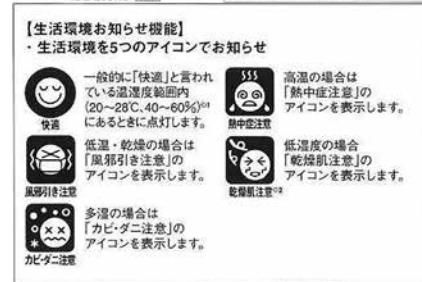


図 4.4.13 環境お知らせ電波クロック概要³⁾

6) マンスリーカレンダー電波時計（2010 年～）³⁾

その後、1ヶ月表示ができる電子マンスリーカレンダーを開発し、月ごとに野鳥の鳴き声が変わる時報機能を追加、更には二十四節気や雑節を知らせてくれる機能を追加し、生活に便利な情報に加えて季節感を感じられる商品の開発を行った（図 4.4.14）。

IDC-110： マンスリーカレンダーのベーシックモデル

IDC-510： マンスリーカレンダーモデルの大型 LCD の壁掛けモデル

IDC-310： マンスリーカレンダーの月ごとに野鳥の鳴き声が変わる時報機能付き 2013 年

IDC-400： 生活に便利な情報に加えて季節感を感じられる二十四節気や雑節を音声で知らせてくれる機能を追加 2017 年

更に環境マーク表示を音声で知らせてくれる機能もある。

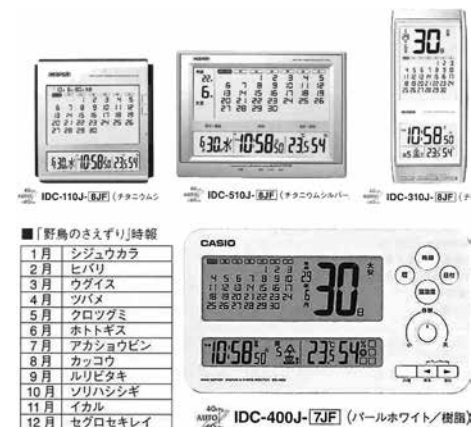


図 4.4.14 マンスリーカレンダーシリーズ³⁾

(7) アナログ／デジタルコンビ表示クロック³⁾

1) タイム&カレンダー (1988 年)

月・日・曜日・時・分・秒が一覧でわかり 2029 年までの電子日めくりカレンダーがついたアナログコンビクロックである。曜日も見やすい漢字で、うるう年や年末の日付調整もいらないフルオートカレンダー仕様である。

アナログ時計にカレンダー表示をつけた掛時計は壁掛けとしては大ヒットモデルとなった。

壁掛けのカレンダー部はモジュールユニット化して簡単にモデル展開できる構造で設計を行った。液晶とデジタル部はヒートシールで接続し、ボンデ銅板の取り付け板に液晶はクッション、デジタル部はネジで固定する単純な構造にした。

液晶部の曜日の漢字は長方形と直角三角形と台形の方角ドットを組合せた表示で、金曜日の「金」が自然な形になるようにした。この頃はまだ携帯電話が普及しておらず、四角形だけで曜日の全ての漢字を表現することに抵抗があった。今はこの表示と全て四角形だけで曜日の漢字を表現する 2 種類を使っている (図 4.4.15)。

IC-300、IC-350：デジタルカレンダー表示付き掛時計

TC-100、TC-200、TC101：デジタルカレンダー表示付き目覚時計

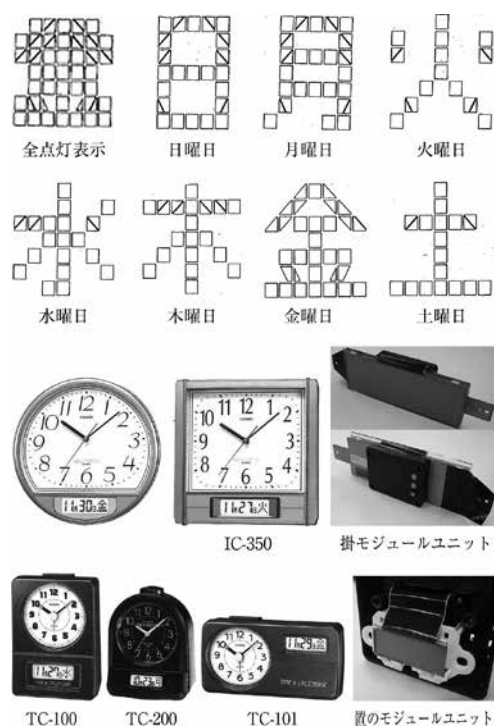


図 4.4.15 タイム&カレンダー製品例³⁾

2) ムーングラフ付き (1990 年)³⁾

ムーングラフ機能+EL バックライトがついたアナログコンビクロックである (図 4.4.16)。

IML-500、TML-500：1985 年から 2095 年までの任意の日の月の形をグラフィックで表示するムーングラフ月齢 (新月から数えた日付)。月の時角 (月の見える方向)・日の出日の入り時刻を表示。ポップセンサ内臓で拍手をすると液晶が EL バックライトで光る。実装は PCB の 12 時・6 時の両端からヒートシールで LCD を接続して取り付け板の裏側に PCB・表側に LCD を固定する構造。

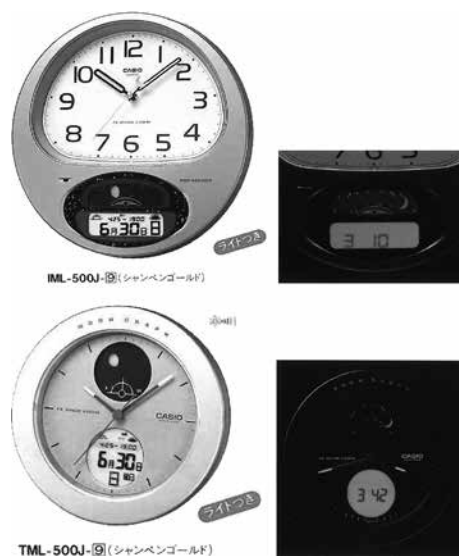


図 4.4.16 ムーングラフ月アナログ・デジタルコンビクロック製品例³⁾

3) ウェザーステーション (1990 年)³⁾

天気予測機能がついたアナログコンビ時計 IWS-500 である (温度センサー 圧力センサー) (図 4.4.17)。

気圧の傾向と天気の関係により天気予測を行い、半径 20km 地域の現在から 6~9 時間後の天気の日安を晴れ・晴れ曇り・曇り・雨の 4 段階のマークでわかりやすく表示した。気圧の傾向は内蔵の圧力センサーが大気圧を測定して LSI のメモリーに取り込み気圧の変化傾向から天気予測を行った。

ウォッチで採用していた圧力センサーを使い、それをモジュール化して気圧変化の傾きを合わせこんだ大気圧センサーモジュールとして採用した。認定試験で加圧釜を使い圧力センサーの高・低圧時の圧力値の評価を行い試験前後で傾きの変化が無いことを確認した。このセンサーモジュール化により生産工程での圧力センサーの傾きのトリミングを行う必要がなくなった。生産工程では大気圧を測定しデジタルモジュール状態で圧力センサーの出力値補正を行い、気圧の計測精度を保証した。

国内 20 都市の過去の 1 年間分の降雨確率データを内蔵して週間降雨確率を表示。



■天気予表示の見方
気圧の傾向と天気の関係により天気予測を行ないます。半径20km地域の、現在から6～9時間後の天気の見方を以下のような4段階の絵で表示します。

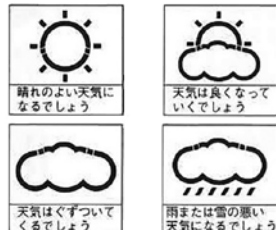
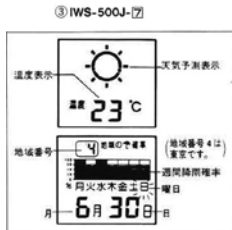


図 4.4.17 ウエザーステーションアナログ・デジタルコンビクロック概要³⁾

4) 環境お知らせ番 (1992 年)³⁾

室内の快適度をチェックする環境モニター付きのアナログコンビクロックである (4.4.18)。

ITH-550: 掛けアナログコンビ時計 (温度・湿度センサ)

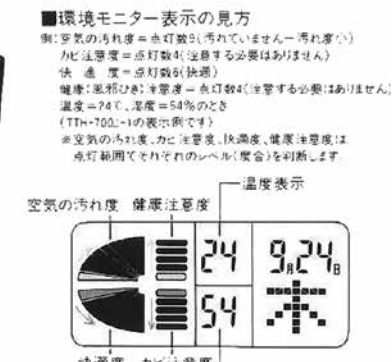
TTH-700: 置きアナログコンビ時計 (温度・湿度センサ 酸素センサ)

センサーがその場の温度・湿度・酸素濃度を自動計測しそのデータをもとに環境のさまざまな目安をわかりやすく表示。

寒い時期には乾燥によるカゼ注意、暑い時期には湿度によるカビ注意と1年を通して部屋の環境のモニターが出来る時計を開発した。置きタイプは酸素センサーで暖房時の空気汚れ表示も追加した。

快適度表示機能: 不快指数に基づく快適度を8段階で表示。カビ注意度表示機能: 高温多湿下のカビ繁殖を5段階で警告。

健康注意度表示機能: 乾燥や大きな温度変化など、かぜのひきやすさを5段階表示。空気の汚れ度表示機能: 酸素濃度から空気の新鮮さを12段階で分析 (置きタイプの TTH-700 のみ)。酸素濃度は日本電池のガルバニ電池式酸素センサーを使用して検出した。このセンサーは、CO2の影響を全く受けない長寿命 (10 年) 酸素センサーで、外部電源が不要である。更に暖気時間も不要なので乾電池駆動のクロックには最適なセンサーであった。



ITH-550J-図(グレー)

図 4.4.18 環境お知らせ番クロック概要³⁾

5) アナログコンビ電波時計 温度計・湿度計付き (2003 年)³⁾

カレンダー表示と温度・湿度表示のアナログコンビ電波クロックである (図 4.4.19)。

時報は、野鳥のさえずりとウエストミンスターチャイムの切替式となっている

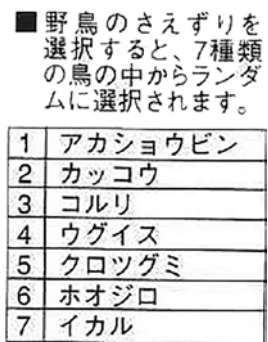


図 4.4.19 アナログコンビ電波クロック³⁾
温度計・湿度計付き

このダブル液晶の電波モデルは常時点灯機能 (文字板・液晶) が追加されて文字板照明方式を変更してシリーズ化されている。

6) 透明文字板発光方式 (2006 年)³⁾

透明文字板に光の反射印刷や反射用のシボ加工をした文字板照明構造である (図 4.4.20)。

透明文字板の端面から LED の光を入れて、時字が白色反射印刷で光り、中央部が反射用のシボで時分針のバックライトとして光るようになっている。



図 4.4.20 透明文字板常時点灯³⁾

7) リングライト方式 (2013 年)³⁾

大型のリングライトをケースの文字板外周立上部に配置し、リングの内側に光を照射する文字板照明構造である。

リングの端面に反射用の微細なドット凸部、側面に反射用のシボ加工面を設けてリングの接線方向に設けた入光部から LED の光をリング内に入れてリングの内側に光を照射する構造になっている (図 4.4.21)。



図 4.4.21 リングライト発光方式³⁾

8) フロントライト方式 (2016 年)³⁾

ガラスの直下に薄肉成形した透明な導光板を設けて文字板をガラス方向から光らせる文字板照明構造で透明導光板の片面に微細な反射溝を菱形状に設けてあり、導光板端面に配置した LED の光を反射溝で反射して文字板方向に光を照射する構造である。前方向からの光なので針やインデックスや文字板全体が自然に見えるようになった (図 4.4.22)。



図 4.4.22 フロントライト発光方式³⁾

電波時計の受信対策

針の運針と電波受信

自動受信中に運針ノイズが受信に与える影響は大きい、カシオのクロックは自動受信中は秒針を止めない仕様で開発をしてきた。アナログムーブメントから受信アンテナを離せば対策になるが、デザインによって (特に置きタイプ) はそれが難しくなる。電波受信対策としては「ムーブと受信アンテナを離す」「ムーブのコイル方向と受信アンテナのコイル方向を 90 度ずらす」「秒同期のときに秒針の運針タイミングをずらす」「秒針コイルのコンデンサ容量を大きくする」などがあり、これらを組合せてムーブを運針させて電波受信をさせる時の受信感度対策を行った。

「秒同期のときに秒針の運針タイミングをずらす」は秒針の運針タイミングをずらして受信への影響の少ないところを探し、秒同期が取れたら受信中は秒針と分針を受信の影響が少ないタイミングで運針させる対策である。

常時点灯と電波受信

常時点灯は LED を使っているが、少ない電流で明るく光らせるために duty 駆動させている。この duty 駆動によるノイズは電波受信に与える影響が大きい、カシオの電波時計は常時点灯中の自動受信では照明を消さない仕様で開発してきた。ノイズ源は LED を ON OFF させる duty 回路の電子部品から LED までである。これらのノイズ源から受信アンテナを離せば影響が少なくなるが、デザインによってはそれが難しくなる。

電波受信対策としては「duty 回路をシールド板で覆う」「duty 回路に平滑回路を追加する」「リード線をシールド線にする」「リード線の引き回し位置を変える」などがあり、これらの対策を組合せて常時点灯中の受信感度対策を行った。

(8) アクションクロックシリーズ³⁾

アラーム方式の多様化として動きで音を発生させるアクションクロックを開発した。

1) アクションクロック¹⁾

AC-100: ロボット形でロボットが足踏みをして出す音とビーブ音が切替え式のクロック。足を軽快に動かすために蛇腹を薄くしないといけないが最初は全く動かず、均等に薄い蛇腹を作るのに苦労した。(1985 年)

AC-110: キツッキが本体の円筒をくちばして叩いて出す音とビーブ音が切替え式のクロック。キツッキが本体を叩く音が想定よりも小さく、叩く動きを

大きくしたところ時計が移動するようになりその対策に苦勞した。時計でベルアラーム以外でモーターを使うのが初めだったので、動作がロックしたときのモーターや乾電池の発熱試験を実施して発熱による変形で不具合があるかどうかや樹脂が発火しないことを確認した。部品の強度や製品の落下強度等は自社の時計基準以外に玩具の安全基準もクリアできるように評価を行った（図 4.4.23）。



図 4.4.23 アクションクロック 1³⁾

2) アクションクロック 2³⁾

目覚しアラームの動きを複雑に進化させたアクションクロックである（1987 年）（図 4.4.24）。

AC-200：ペンギン形の目覚時計で胸ひれと足ひれをばたばたさせる音+ふいごによる鳴声のアラームとビーブ音の切替式のアラーム。胸ひれと足ひれの動作とふいごの操作をモーター駆動の平面カムで制御する機構構造になっている。

AC-120：恐竜形の目覚し時計で恐竜の顔が左右に動いて口を開閉させながら共鳴板を使った鳴声のアラームとビーブ音の切替式のアラーム。顔と目の動きと頭の回転とふいごの操作はモーター駆動の平面カムで制御する機構構造になっている。

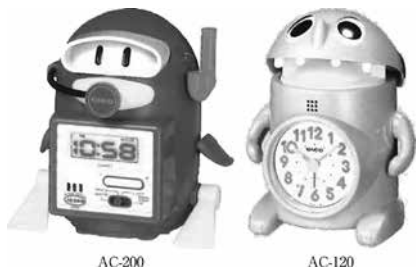


図 4.4.24 アクションクロック 2³⁾

3) 時計が動くアクションクロック 1（1994 年）³⁾

DPC-100：サッカーボール形の目覚時計でサッカーボールの形にサーモプラスチックラバー（TPR）の軟質ゴムの突起がついているクロック。アラームを止めようとしてストップ釦に手を近づけると赤外線センサーが働いて時計本体が振動して動く。時計を振動させる構造は偏芯している重りをモーターで高速回転させるようになっている。サー

モプラスチックラバーの突起で衝撃を吸収する構造なので耐落下強度も強くなっている（図 4.4.25）。



図 4.4.25 時計が動くアクションクロック 1³⁾

4) 時計が動くアクションクロック 2（1995 年）³⁾

DPC-110：時計本体が転がって動く時計で時計表示のない不思議な目覚時計。しゃべる・動く。まるでペットのようなかわいいクロック。アラームを「音声+動作」セットしておくで 1 時間に 1 回数秒間動いて位置を変えたりする。アラームが「音声+動作」のときはアラーム時刻になるとしゃべりながら動いて位置を変えていく。手を 2 回叩くと時刻を答えるが、その時うその時刻を答えることがある。その場合時刻の後に「うそだよ〜ん」と言って間違えを知らせる仕様になっている。

時計が動く構造は、偏芯した重りをゆっくり回転させて時計の重心を変化させることで実現している。重りが移動するとその時の時計の重心位置が変化して、時計が動く方向もランダムに変わるようになっている（図 4.4.26）。



図 4.4.26 時計が動くアクションクロック 2³⁾

5) 時計が動くアクションクロック 3 (1996 年)³⁾

SQ-600: 時計が回転するおしゃべり一番鳥で鳥の形をした目覚時計。友達感覚のクロックで、あらかじめ録音しておいた友達や恋人の声で起こしてもらえる。くちばしを押すと色々な答え方で現在の時刻を答えてくれたり、毎正時に時刻を知らせてくれる機能がある。アラームは音声と音声+回転の選択式で、独自のアラーム音を6秒間録音できる音声録音機能もある。1日1回程度クロックが勝手に回転して話しかけてくるおしゃべり報知機能もある。時計の回転は時計の中心で重りを回してその力に追従して時計を回す構造になっている。時計を置く場所によって設置側の摩擦抵抗が違って時計が回転しない問題があったので、時計を回転しやすくするために摩擦抵抗を減らす樹脂シートを時計の底に貼って対応した(図4.4.27)。



図 4.4.27 時計が動くアクションクロック 3³⁾

4.4.2 デジタル表示のカラー化

(1) 高コントラスト液晶デジタルカラー表示 (セイコークロック 2014 年)⁵⁾

液晶デジタル表示クロックは「時刻視認性が良い、アラーム時刻が1分単位で合わせることが出来る、運針時に発生する刻音が全くない」などの長所がある一方、カラー表示化はいくつかの方式がトライされたが、コスト上・技術上から満足できるものはなかった。この課題解決のために試行錯誤を繰り返

し、2014年に交流電源による高コントラスト液晶デジタルカラー表示クロックの開発に成功し発売された(図4.4.28)。ユーザーの好みで70色の表示色を選べるモードと表示色がなめらかに中断なく変化するグラデーションモードを搭載している。ACアダプター方式で停電時に対応して時刻機能・カレンダー情報を維持・駆動させるバックアップ電池(CR2032)を内蔵している。

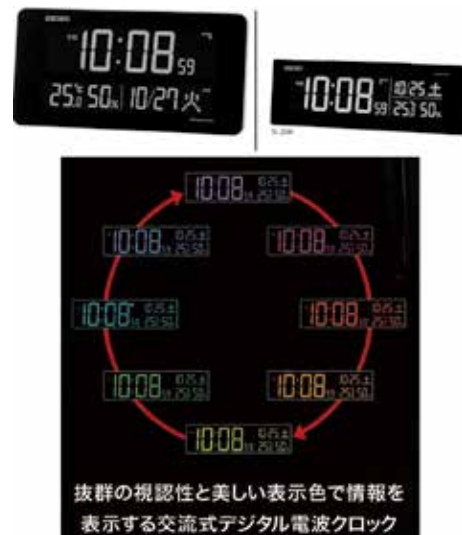


図 4.4.28 高コントラスト液晶デジタル製品例およびカラー表示グラデーション⁵⁾

液晶はVA (Vertical Alignment) 型液晶を採用している。VA型液晶は液晶分子を電極で挟み込んで縦電界で液晶分子を制御する点はTN型と同じだが、液晶分子は電界オフ時にはねじれて配向せず、配向膜に対して垂直に立って配向する。電界を強めていくと、垂直に立っていた液晶分子が徐々に寝ていくようになる。

VA型液晶は、電界オフ時、光がほとんど液晶分子の影響を受けないため、黒表示時が深い黒になりやすい。明暗差をよりダイナミックに表現できることになりVA型液晶はコントラスト感に優れる。

導光板にRGB LEDを配置してカラー表示を実現化した(図4.4.29)。

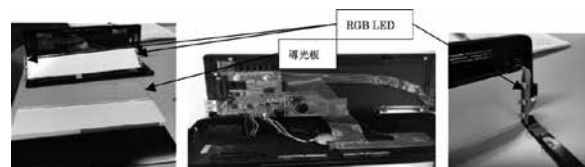
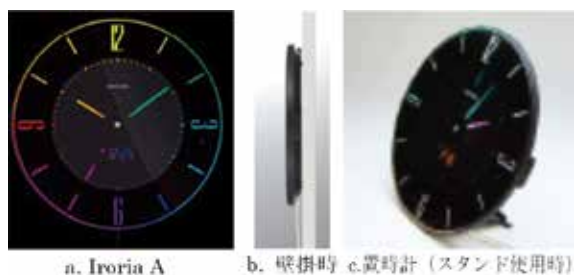


図 4.4.29 高コントラスト液晶デジタル分解写真⁵⁾

(2) カラーアナログ表示薄型電波クロック (リズム時計 2018 年)⁴⁾

液晶画面にアナログ時計を表現したカラーアナログ表示薄型掛置兼用電波クロック (Iroria A) である。



●癒しを与える3種のグラデーション

1.表示色が回転するように変化する、「フルグラデーション」



2.表示色が均一に変化する、「フラットグラデーション」



3.次の色に塗り替えられるように変化する、「ペイントグラデーション」



d. 3種のグラデーション

図 4.4.30 カラーアナログ表示薄型電波⁴⁾

「アナログ表示×電波時計×常時点灯」のため、ムーブメントや電池などで本体が厚くなるところ、液晶画面にアナログ時計を表現することで厚さ 21mm の薄型化を可能にした。

選べる 365 色の表示色で、バックライトにフルカラーLEDを採用することにより、多彩な表示色を設定できるため、好みのカラーで使用可能。3 種のグラデーション表示も可能。様々な壁にフィットし、スマートに飾れる薄型電波掛時計であり、付属のスタンドを使用することで置時計としても使用可能 (図 4.4.30)。

光センサーにより、暗くなると自動で光を弱にする

「自動調光モード」を搭載。強⇄弱⇄自調光の 3 点切替式で好みの調光モードを選ぶことができる。電源は AC アダプター方式で中継ケーブルを使用することでたるみのない配線処理ができる。

月の裏側が見えないのはなぜ? (セイコミュージアム 「時と時計のエピソード」)

月を観察すると、いつも同じ面しか見えないのはなぜか?

これは、月が地球を 1 周する間に 1 回転しているからである。つまり、月の公転周期と自転周期がまったく同じからである。

たとえば、45 度公転したときに、45 度自転しているの、いつでも地球に対して正面を向いている。なぜこのようなことが起きているかというと、月の重心が中心に対してやや表側に偏心しているために、公転する際に働く地球と月との引力によって、重心のある方がいつも地球の方向を向くという、起き上がりこぼしと同じような原理が月に働いている。

参考・引用文献

- 1) 宮里孝典 「クロックの現状と展望」 日本時計学会誌 No.83 (1977)
- 2) SEIKO クロック技術解説書 (株) 服部セイコー
- 3) カシオ計算機 (株) 社内資料
- 4) リズム時計工業 (株) 社内資料
- 5) Press Release 「高コントラストで見やすいデジタル掛時計を発売」セイコークロック (株) 2015 年 8 月 28 日

5 | からくり時計の技術推移

ミュンヘンの市庁舎はネオゴシック様式の建物で、その重厚さに圧倒される。大勢の人々が集まり、やがてからくり動作が始まると、皆歓声をあげ笑顔で見上げている。この光景は昔から全く変わらない光景であろう。

人々を惹きつけるからくり時計は公共施設から現代では一般家庭にまで普及している。

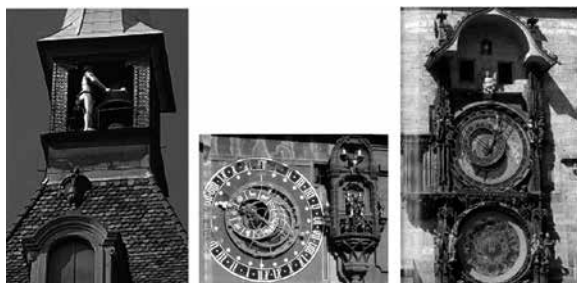
本章では、各国のからくり時計の歴史から日本の公共用および家庭用のからくり時計について記述する。

5.1 ヨーロッパのからくり時計²⁾

ヨーロッパでは14世紀頃に機械式時計が出現し、まだ文字盤がなかった。鐘が取り付けられておりこの鐘を打って時を知らせた。その後、ヨーロッパの各都市・教会などに時打ち機構のついた塔時計がつくられていった。自動的に鐘を打つ人形（ジャック）から進んで、機械仕掛けの人形が踊ったりとからくり機構が複雑になり、時刻を知らせるだけでなく塔時計に集まった人々を楽しませた（図5.1.1）。

からくり時計の歴史は古く、6世紀パレスチナでは“ヘラクレス時計”と呼ばれる「時刻になるとヘラクレスの人形が現れ、一定の演技を行う」水力を利用した水時計があった。からくりと時計との結びつきは紀元前二世紀に水時計の指針機構にも見られる。

鐘を打つ人形（ジャック）の動作は次第に複雑になり、東洋的な「からくり」というよりは西洋の「オートマタ」と呼んだ方がふさわしい。



a. ベルンの時計塔 b. プラハ市庁舎の時計台
図 5.1.1 ヨーロッパの時計塔¹⁾

オートマタは、時計技術者がその腕を示すための格好の対象とされた。18世紀後半スイスのジャケ・ドロ親子により、自動人形「絵を描く人形」「文字を書く人形」「オルガンを自動演奏する音楽人形」など

が作られた。これらの自動人形は、あたかも人間が動いているかのように自然で精緻な動作をしており、その技術の高さに驚かされる。背中を開けると、ぜんまいを駆動源として多数の歯車とカムとレバーからなる複雑なメカニズムを見ることができる。（図5.1.2）

時計機構・からくり機構は当時の最高の技術で作られた精密機械であった。そして、こういった技術的成果を取り込みながら、人々に代わって働く近代の機械が生まれ、産業革命につながっていった。

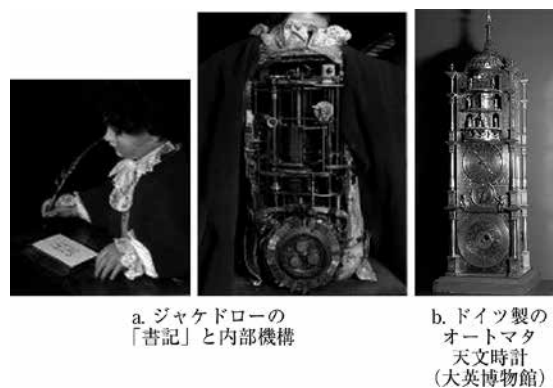


図 5.1.2 ヨーロッパのオートマタ¹⁾

5.2 中国のからくり時計²⁾

中国は、水力を利用した独特の水時計の技術が発達した。2世紀のころ、後漢の天文学者張衡が「水力渾天儀」をつくった。これは、水の漏出で歯車を動かし、天と同じ早さで天球儀を回転させる機構である。今から約900年前の北宋時代に蘇頌らがつくった「水運儀象台」は、水を動力とする天文器械とからくり時計からなり、時計の基本部分にあたる脱進機構を備え、水車の回転を駆動源に、人形を使って時刻を表示したり、天体の動きを再現するなど、当時の中国の先端科学技術の粋を集めて作られたものである。

これはヨーロッパの機械式時計装置（脱進機）が生まれた13世紀～14世紀よりも数百年も前に機械式時計装置（脱進機）が生まれたことになり、時計の歴史においてたいへん意味づけが大きいものである。

北宋の滅亡と共に破壊されたが、1988年に学者によりプロジェクトが組まれ、蘇頌の書とされる水運儀象台の解説書「新儀象法要」上中下3巻を解説された。その後の設計に当たって、精工舎の土屋榮夫に白羽の矢が立ち、4年がかりで図面に起こす作業を

経て、1997年3月、長野県下諏訪町に世界で初めての全高12m以上もある本格的な「水運儀象台」が復元された。

この「水運儀象台」は水を動力源とした高さ12mの天文観測時計塔。水車を駆動源とした時計機能とそれを基にした天球儀機能を有する(図5.2.1)。当時中国では「天の命を受けて新しく誕生した王朝は、天体の運行の規則性に天の法則をみて政治の基を定め、天象の異変に天の意志をみて政治のあり方を正す」という理念の下に政治を行っていたといわれている。世界初の脱進機構が採用されている。

「脱進機構」とは、オーバーフロー方式【*注1】で一定の水位に保たれた水槽から常に一定の水量の水がバケットに注がれる。注がれた水がバケットにたまり、獅子脅しの要領でバケットが傾き、連動するレバーにより、水車の回転を止めているロックレバーが外されることにより、水車が1ピッチ回転。1ピッチの回転後、次のバケットの羽により水車の回転が再びロックされる。これを「脱進機構」と呼ぶ。水車のバケットは計36個。1ピッチは24秒。水車自体は1日に100回転する。水車の回転は屋上へ伸びる駆動軸に伝えられ、時計機構を回して時刻表示を行なうと同時に、星座を示す天球儀と屋上の望遠鏡を回す。

【*注1】オーバーフロー方式とは、水槽に溢れるくらい水を溜め、水圧を一定に保つことにより、一定量の水が同じ速さでバケットに注がれる方式のこと。従って水は同じ速度でバケットをいっぱいにする調速機の役目をしていることと同じである。



図 5.2.1 下諏訪の地「時計工房 儀象堂」に復元された水運儀象台³⁾

15、16世紀になると、宣教師の活動によって東西文明の交流がにわかに盛んになり、最初に西洋の時計を中国の宮廷に持ち込んだのは、イタリアイエズス会の宣教師マテオリッチであった。彼は1601年に万歴

皇帝に大小一對の自鳴鐘(機械仕掛けで鐘が鳴り、時刻を知らせる時計)を献上した。16世紀当時、物質文明水準では東洋が西洋を上回っており、火薬・羅針盤・印刷技術などは中国で発明され、西ヨーロッパに伝わったものである。

しかし、動力としてのおもり、棒てんぶの振動を利用した冠形脱進機・歯車装置・報時装置を備えた機械時計は西洋独自の発明で、中国の人々に大きな影響を与えた。特に時間になると自動的にチャイムが鳴る機能が中国人には珍しく、この機械時計を「自鳴鐘」と呼んで珍重した。

皇帝は時計の調整法を学ばせると共に、時計工房を設け、中国固有の工芸とからくり仕掛けの考案を組み入れた各種の時計を製作させた。時計は時を計る道具だけではなく、精巧で美しい工芸品になった。金・銀・宝石・彫金・琺瑯・ガラスなど高貴な材料・幅広い工芸手法を用い、丹念に製作のされた豪華な装飾品として当時の宮廷や貴族の家に飾られた。

元・明・清3代の王朝の帝都であった紫禁城の宮廷群の文化遺産を保存している故宫博物院は、18、19世紀のからくり時計を世界で最も多く収蔵している博物館である。

その大多数は清朝宮廷の収蔵品で、中国製のほか、ヨーロッパ製も数多く保存されており、西洋の科学技術と中国固有の美術工芸が融合した貴重なからくり時計を見ることができる。

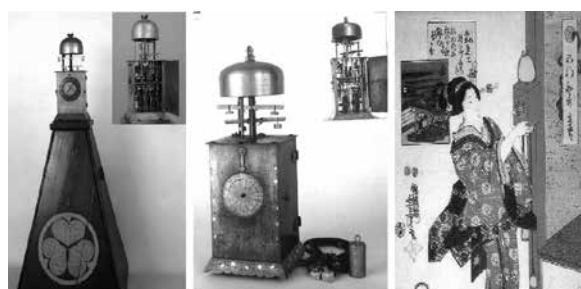
5.3 和時計とからくり^{4) -6)}

日本で時刻を知る機具として最初にあげられるのは、天智天皇の漏刻(水時計)である。

14世紀ころ出現したヨーロッパの機械時計は、16世紀にキリスト教と共に東洋に伝来した。日本では1551年にポルトガル人宣教師、聖フランシスコ・ザビエルが周防の山口に来て、探題大内義隆にキリスト教の布教を願い出たとき、進物として献上した品々の中に自鳴鐘があったと推定され、日本にとって大変珍しく珍重された。今日、実在する日本で最も古い機械式時計は、静岡県久能山東照宮に宝物として保存されている置時計で、この時計は、1581年にスペインのマドリッドで造られ、その後スペイン皇帝が徳川家康に贈ったといわれている。

1600年ころ、宣教師たちが宗教教育と共に、印刷・オルガン・天文機器・時計などの製作技術を教えた結果、長崎や京都、堺、江戸などに時計を製作するもの

が現れた。日本で最初に時計を作ったのは、名古屋の津田助左衛門といわれている。日本は独自の不定時法であったために、時計を日常生活に役立たせるために、江戸の時計師たちは不定時法の機構を作り上げた。機能に加えて形態も純日本風に、更に美術工芸品要素を取り込み、極めて独特な時計として発達し、当時の書物に、また錦絵にも描かれている(図 5.3.1)



a. 二挺てんぷ目覚付袴腰櫓時計
b. 錦絵
(五行和歌 定家卿)
図 5.3.1 櫓時計および時計が描かれた錦絵⁴⁾

和時計は、18 世紀に入って大きな変化を見せる。それは、不定時法を示すための機構の改良で、代表的な機構として二挺てんぷ機構と割駒式文字盤機構を挙げることが出来る。二挺てんぷ機構は櫓時計や掛時計に、割駒式文字盤は台時計や枕時計に多く採用されている。

(1) 二挺てんぷの構造⁴⁾

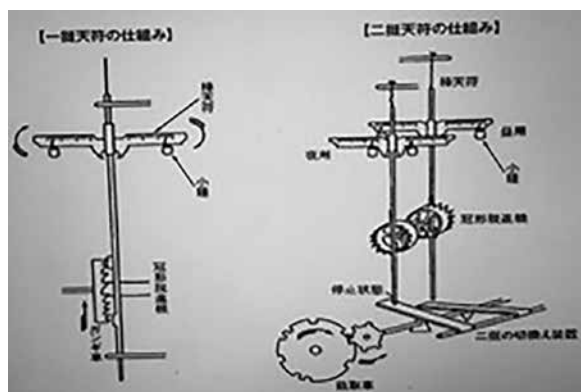


図 5.3.2 二挺てんぷの構造⁴⁾

棒てんぷは、左右の分銅の位置を遠ざければ遅く、近づければ早く振れることで運動速度が変えられる。一挺てんぷでは、毎日、1 日に 2 回、明け六つと暮れ六つに分銅を掛替えなければならない。この手間を省くために工夫されたのが、二挺てんぷである。昼間用と夜間用の二本の棒てんぷを取り付け、明け六つと暮れ六つに自動的に切換わる仕組みである。昼夜のてんぷの分銅は 24 節ごと、つまり半月ごとに移動させておくだけでよい。この画期的な考案が、いつ、誰によるものかはわかっていない。

17 世紀末、元禄の終わり頃に現れているが、一般的に普及するのは 18 世紀末から 19 世紀初めの頃のようなのである。(図 5.3.2)

(2) 割駒式文字盤の構造⁵⁾

江戸後期になると、调速機に“振り子”や“ひげぜんまい付円てんぷ”が利用されるようになった。

どちらも、四季、昼夜の時間変動を機械で調整することが困難なため考案されたのが、時刻の間隔が変えられる“割駒式文字盤”である。12 刻の文字(十二支または九～四の刻数)を彫った小さな駒板“割駒”はレール装置で左右に移動でき、季節による昼夜の長短に応じた時刻間隔に配置しておけばよい。この文字盤は尺時計の割駒式からの発想で、駒の配列が直線から円に応用されたものである。(図 5.3.3)



図 5.3.3 割駒式文字盤⁵⁾

江戸時代、寛政 8 (1796) 年、細川頼直が書いた小冊子「機構図彙」には、掛時計・櫓時計・枕時計などの時計と茶運人形・五段返・闘鶏など自動人形の機構について記されている。その茶運人形は時計と同じ機構を持った日本のオートマタである。人形の両手に持った盆に茶碗を載せると人形は歩き出し、茶碗をとると止まる。盆の上に茶碗を戻すと、くると向きを変えて戻って行く。この精巧なメカニズムに時計機構の棒てんぷと冠形ガンギ車、歯車系列など、そのラチェット、カムなどが使用されている。西洋のオートマタは当時の西洋技術の精華であったが、江戸時代のからく人形は、歯車は木製であったりして、技術の集大成に発展しなかった。

しかし、幕末のからく師として有名で、東芝の前身ある日本初の民間機械工場を設立した「からくり儀右衛門」こと田中久重は、からくりの技術を基に、現在の日本の工業技術を築き上げた人々の一人である。国立科学博物館に展示されている久重の作った「万年時計」は、日本の独自技術に西洋の最新技術を取り入れた傑作である。2006 年に重要文化財に指定及び 2007 年に機械遺産に認定された(図 5.3.4)。

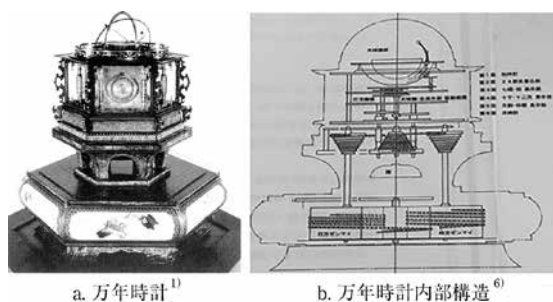


図 5.3.4 万年時計とその内部構造

この時計は、60cm 程の高さで重量は 38kg あり、最上部には太陽と月が地上から見ると同じように運行する天球儀部がある。時表示部は自動割駒駆動機構付の和時計面、その年の二十四節気を書き込む面、七曜と刻を表示する面、当日を十干・十二支で表示する面、月齢と旧暦を表示する面と定時法で表示する洋時計面の 6 面からなる。この段のすぐ下の巻き鍵部から上は外装の飾りを含めて黄銅製・金メッキ仕上げである。これより下の外装は木製で螺鈿・蒔絵を施した漆塗り、最下部のぜんまいが入っているところには 6 面に七宝が嵌め込まれている。時計全体を乗せている一番下の台と時計は軸を中心として手で自由に回せるようになっていて、いつでも見たい面を自分の方に向けることができる。

この時計上でいろいろな周期で回る表示の中で最長なのは 1 年である。久重はぜんまいを一度巻くだけで 1 年近く動く 1 年巻きに挑戦した。分解した調査結果では、部品及び設計強度上、ぜんまいは全巻にはできず、年に数回巻くのが妥当と思われる。

フランス製と思われる洋時計部は、古い形状であるが現代の機械時計と同じクラブツース脱進機と 5 振動のチラネジ付きてんぶを持った懐中時計を改造して使っている。⁶⁾

和時計の独自の不定時法は、明治 5 (1872) 年に改暦が行われ、西洋と同じ暦と定時法になった。

5.4 現代のからくり時計¹⁴⁾

からくり時計は、文字板で時刻を知らせるだけでなく、「動き」によって時を表現し、見ている人に働きかけるような設備時計がほしいという要望から生まれた。その要望に最初に応えたのが、横浜ルミネのオルロージェ広場の時計塔であり、1982 (昭和 57) 年に新宿 NS ビルの巨大アトリウム空間に設置された世界一の大型振り子時計である。

現代の建築では、安らぎやくつろぎを感じさせる憩

いの場として、吹き抜けやコミュニティ広場で代表されるゆとりの空間が必要とされた。その空間にとって、待ち合わせの場所の目立つ目印であり、人を引き付けるからくり時計の存在は、まさに適任であった。その後、日本の経済は内需が拡大し、更に建築ブームが加わって、からくり時計は各地の商店街からデパートやスーパー、銀行や証券会社、市役所、病院と広がっていった。

設備時計としてのからくり時計は一つ一つが注文生産のため、客先から話を聞くことからスタートし、メーカーと客先のイメージが一致するまで、多くの時間をかけて一つのからくり時計を企画・デザイン・設計していく。製作には様々な職種の人々が関与している。デザイナー、ディレクター、作曲者、人形制作者、音響設計者、機械・電気・ソフト・外装などの設計者、組立作業員、取付工事者、そしてこれら全体をまとめるコーディネーターなどである。社内だけですべての職種をまかなうことはできないので、外部に多くの協力を求め、共同作業を進めていくことが極めて重要であった。

からくり時計の納入は、1984 (昭和 59) 年 10 月に有楽町マリオンビルに第一号機が納入されて以来、各地に設置されていった。海外への納入も 1986 年 7 月のシンガポール伊勢丹がスタートであった。

からくり時計に常に求められているのは「意外性 (新規性) と創造性」と「音・動き・光によるパフォーマンスの楽しさ」であるから、これらの要素を実現するための多方面の技術を下記に挙げる。

- ①デザインは、設置条件により、壁掛け、壁埋め込み、天井埋め込み、柱取り付け、吊り下げ、自立などさまざまなタイプがあるが、すべて特注品として独自のデザインにより製作される。設置場所は商業施設、銀行、一般店舗、公園、駅前ロータリーなどさまざまであり、設置環境、土地柄 (郷土色)などを配慮したデザイン作りに多くのエネルギーを費やしている。
- ②人形の関節の駆動にはインダクション、シンクロナス、スピードコントロール、リバーシブルなどの交流モータや直流モータを使ったモータ駆動方式と、圧縮空気を用いたエアシリンダー駆動方式がある。モータ駆動方式は駆動軸数の少ない単純な動きに、エアシリンダー駆動方式は駆動軸数が多い複雑な動き、または曲のテンポに動きを合わせることが必要な場合に使用されてきた。エアシリンダー方式では、岡崎城址公園の例のように 15 軸を越える人形も製作されている。

- ③人形の関節、舞台装置、音響装置、光の演出などを制御する制御装置の心臓部は、入出力信号のコントロール方法が類似していることから、生産ラインでシーケンス制御に用いられているプログラマブルコントローラを主に使用しているが、マイコンを使用することもある。
- ④音響装置の音楽媒体としては、主としてカセットテープやエンドレステープが用いられるが、長寿命・高音質の要求と共に CD の使用も増加した。また、人形の動作と音楽のテンポを合わせるため、音楽媒体に人形の動きと同期をとるための信号を組み込むことも行われた。いつも同じ曲が流れることからくる「飽き」をなくすため、音響装置としてカリヨンやチューブラベルを使って、季節や演出時刻により、違った曲を楽しむこともできる。
- ⑤光の演出装置としては、スポットライトだけでなく、カラー電球、LED、ストロボ、光ファイバーなどが使用される。
- ⑥舞台装置は、小規模なものは単相 100V モータが使用されるが、大規模な仕掛けが企画されるにつれ、大出力の三相モータが使用されるようになった。当初の機構は単純であり、独立していたが、意外性の要求が強まるにつれ、複数の機構を互に関連して動かすものが登場するようになり、安定位置で停止しないリスクに対して、安全性・確実性を確保するために、位置決めリミットスイッチ、近接スイッチ、フォトスイッチなどのセンサーを二重、三重に取付けたり、インターロックシステムを採用するなどの対策を施している。また屋外に設置するものは、強風、高温、低温などによる故障を未然に防ぎ、環境に応じた操作をするために、風速計、温度計も備えている。からくり時計は装置の絶対の安全性と、精密機械でありながら風雪雨に耐える品質が要求される。

(1) 新宿 NS ビルの大型振り子時計「ユックリズム振り子時計」(1982 年)^{7) 14)}



図 5.4.1 新宿 NS ビル ユックリズム振り子時計と水車部⁷⁾

NS ビルが 1982 年、新宿副都心西口超高層ビル街区に日本生命、住友不動産の二社を事業体として、大

成建設により建設された。NS ビルは竣工当時、130m の高さにガラス張りの屋根をかけ、ビルによって囲まれる空間をすべてアトリウム化するデザインを採用したことで注目され、そのアトリウム空間の内部に大型振り子時計を設置した。この時計は、ビルを設計した日建建設側の「何かユニークでシンボリックなモニュメントを」との希望に対して、富谷龍一の振り子時計のアイデアが端緒となって実現した(図 5.4.1)。当時、すでに富谷の手許には大振り子時計の原型となった模型があった。これを巨大化し、微小エネルギーでゆっくり動かし、しかもその動きの伝達もそのまま見せようとの構想が急速に関係者の間で固まっていた。

模型の 20 倍もの巨大化に関する技術的な問題の解析と現物の設計製造は大型時計に経験ある精工舎が担当した。余りの巨大さに経験豊富な技術陣も大変な悪戦苦闘と試行錯誤を強いられた。

この大振り子は、1 往復 30 秒をかけて揺れている。時計の右側に長さ 22.5m の大振り子、左側に 1 本の針(時計針)と十二支の動物をレリーフで嵌め込んだ直径 7.2m もの透かし文字盤、両者の間には直径 5m に近いがんぎ歯車があり、そこから下に軸が伸びて下の水車と結合している。時計はこの水車の回転力を動力源としている。世界最大の振り子時計としてギネスブックにも掲載された(図 5.4.2)。

大振り子時計は、巨大な構造物が揺動するという今までの経験が全く通用しない難しさから、多くの課題を抱えた。それぞれの得意分野に強い協力会社との綿密な連携によってようやく完成にこぎつけることが出来た。竣工後、順調に動いていた大振り子時計であったが、2 週間ほどしてから振り子が止まっているとの連絡が入った。その後も数日ごとに夜間に止まるようになり、10 月、朝夕の冷え込みが強くなるにつれて止まる回数が増していった。その原因が何か、なかなかつかめなかったがようやくその原因が“風”であることが判明した。新宿 NS ビルの天井がガラス張りという斬新なデザイン故にであった。秋から春にかけての天気の良い日の室温は、昼間は天井付近が高く 1F の床の方が低いため、空間の空気は安定している。が、夕方になると 1F のフロア部の空気が暖房で温められ、日没後には上層部の空気が冷やされるため、ビル内の大きな吹き抜け空間で対流現象が生じるのである。風が原因でないかと、すぐにトイレトペーパーを時計フレームの随所に貼ってみると、風のピーク時にはそれらは真横になびくほどであった。その後の調査で風が原因であることが判明するわけだが、風の実態を捕まえようと設置した風速計のデータによれ

ば、午前0時過ぎから4時頃までがピークで、最大風速は5m/s 近くにも達し、振り子の下部にブレーキを掛けるように吹くことが分かった。これだけの風が吹いては、この振り子は断面が平面で空気抵抗が大きいので、あっという間に減速してしまう。対策は、最終的には強力な吸引力を発生させるためにコイルのお化けの様なものを4個並べた電磁石を取り付ける案を考え、その装置の製作に取り掛かった。この装置の取付・調整作業は4日連続の夜間作業となったが、装置の性能確認も含め12月24日の早朝に無事終了した。24日の昼間はずっと現場で効果の確認を続け、期待通りの効果が確認できた。

補助駆動装置と呼んでいるこの装置は、機構部、制御部ともによく出来ており、季節により微調整をすることで、ほぼ完璧にその役割を果たし続けている。

(2) 有楽町「マリオンクロック」(1984年)^{8) 9)}



図 5.4.3 マリオンクロック⁸⁾

東京・有楽町「有楽町センタービル」(別称「有楽町マリオンビル」)の銀座側外壁中央に、日本では珍しいからくり仕掛けの大時計「セイコー・マリオン・クロック」を設置した(時計重量約800kg 人形を除

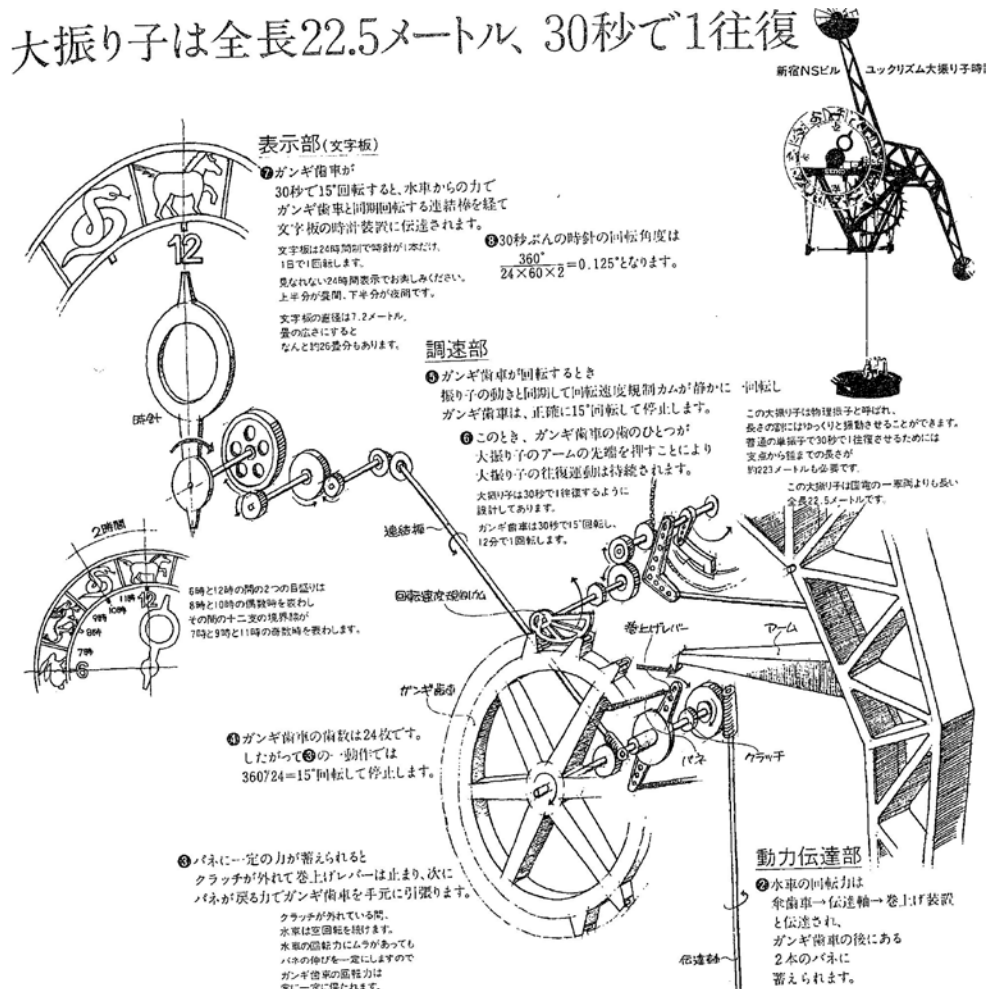


図 5.4.2 大振り子時計の構造⁷⁾

く)。その後のからくり時計ブームのさきがけとなり、現在も有楽町の待ち合わせ場所の目印として多くの人々に親しまれている（図 5.4.3）。

時計は、毎正時 1 分前のメロディを合図に銀色の懐中時計をかたどった直径 2.6m の大時計の文字盤がせり上がり、中から 4 体のかわいい人形（背丈 53cm）が登場し、人形楽団がシンセサイザーのオリジナル曲に合わせて金管を叩いて熱演し退場していく、約 4 分構成の演出のからくり時計である。からくり人形には、全体で 30 以上のシリンダーが取り付けられており、空気を送り込むことによって、おじぎや演奏の動作を行う。また、演奏は 8 つのスピーカーを通して流れる。

人形の動き（全編は約 4 分で構成）

- ①時計が上方にせりあがる（正時の 1 分前）。
- ② 1 体の人形が中から楽器を引き出すと同時に、左側から 3 体の人形が登場し、楽器を囲む。
- ③時報と共にごあいさつ（正時）
- ④演奏を開始。
- ⑤ 1 分半の演奏が終了すると、人形があいさつ。上の人形がファンファーレを吹く。
- ⑥演奏をしながら人形と楽器は後方へ退き、時計が降りてくる。
- ⑦元通りの時計に（正時から 3 分後）。

強風（風速 15m 以上）の時は、危険防止のため、自動的に作動を停止する安全装置が付いている。1 日 2 回（午前 7 時と午後 7 時）放送電波を受信し、時報に合わせて誤差を修正する電波修正機能付きであり、停電の際にも 30 時間作動し続けることが可能な停電補償付である。

（3）家庭向けからくり

からくり時計をもっと手近に楽しめるようにしたい、できれば家庭に持ち込みたいとの要望はかなり多く、1980 年後半からクロック各社から家庭用からくり時計が発売されていった。製品例を下記に示す。

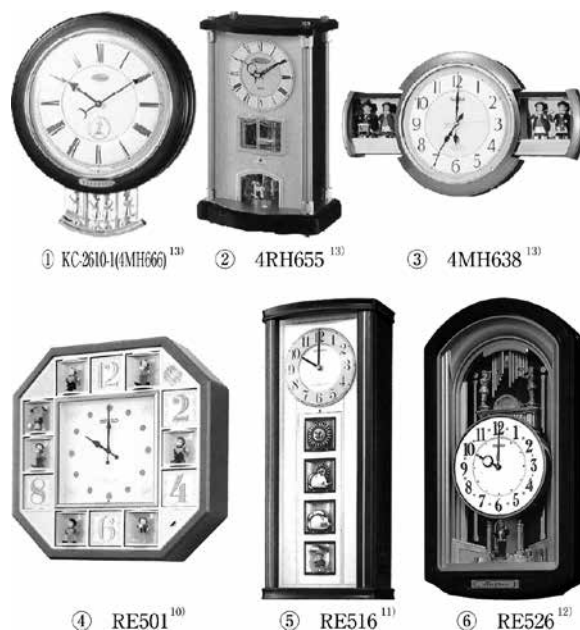


図 5.4.4 家庭用からくり製品例

- ① シチズン商事 KARAKURI KC-2610-1（5 万円 1987 年）¹³⁾

このからくり時計には人形が演じる舞台が収納されている。普段は時計に隠れているが、毎正時になるとゆっくりと演奏と共に舞台が降りてきて、4 本の棒鈴と 4 人の人形（ジャック）が登場する。次に男の子 2 人と女の子 2 人で槌を持ち、4 人で意気を合わせて時を奏でる。また 4 つのランプがついて、人形の手動きに合わせて小さく光る。

- ② リズム時計 スモールワールド・ダンシング 4RH655（6.6 万円 1988 年）¹³⁾

毎正時になると時計中央部の扉が開き、舞台がせり出す。次にメロディと共に回る舞台上で赤いドレスの女性と黒いタキシードの男性が踊る。メロディが終わると人形も動きを止め、舞台は後退、扉が閉まる。

- ③ リズム時計 スモールワールド・音楽隊 4MH638（5.5 万円 1990 年）¹³⁾

毎正時になると、メロディと共にステージが左右に大きくせり出す。ステージでは、かわいい 4 人の子供（人形）が楽器の演奏をする。演奏が終わると、ステージは戻り、数取りを行う。

- ④ セイコー ファンタジア RE501（10 万円 1988 年）¹⁰⁾

毎正時になると、メロディに合わせて表面の 12 カ所の扉がランダムに開閉してピエロを形取った可愛い人形が姿を見せ、最後にその時刻だけが残って終わるという楽しいパフォーマンスを見せてくれる。価格は当時としても高額な 10 万円であったが、レストランや小売店、銀行のロビー、幼稚園、保育園、病院など人々の集まるところに設置され、顧客や子供の心を和ませる役割を果たした。

⑤セイコー お天気からくり RE516 (8万円 1991年)¹¹⁾

毎正時になると、天気予報を楽しい音楽や動きで告知する家庭用からくりである。気圧センサーが内蔵されていて、気圧の変動をキャッチして天気予報を予測する。文字板の下には「晴れ」、「昇り坂」、「下り坂」、「雨」を表現する4つの扉があり、通常は半径約20km以内の8~10時間後の天気予報を示す扉だけ開いている。正時になると、天気イメージにあった音楽が流れ、4つの扉がランダムに開閉を始める。

⑥セイコー 高音質からくり RE526 (5万円 1994年)¹²⁾

毎正時に文字板が下にスライドしてステージと人形が現れ、光と音楽を組み合わせたダイナミックなパフォーマンスを繰り広げる楽しいからくり時計である。高音質のFM音源ICによる美しいチューブラ・ベルの音質が華やかなコンサートの雰囲気盛り上げている。

その後、さらに公共用と共に家庭用からくりの開発が進み、機構も複雑化していった。

技術的には、複雑な動きを実現する機構設計、それを効果的に演出するソフト開発、高音質メロディ開発、心地よいメカニカル音開発、天気予報などのセンサー応用技術、リモコン技術、音声認識技術、ワイヤレス技術、システム化技術などの進歩により、今後より楽しく飽きのこない且つ各種情報表示を行う家庭用からくり時計が造られるであろう。

参考・引用文献

- 1) 鈴木一義 時計とからくり「永遠の生をめざした機械たち」古時計の世界 (読売新聞社)
- 2) セイコークロック (株) 社内資料

- 3) DECOR SEIKO カタログ 2005年 セイコークロック (株)
- 4) 小田幸子 「和時計図録」セイコーミュージアム
- 5) 「時」と「時計」のエトセトラ「和時計の世界」一般社団法人日本時計協会 ホームページ
- 6) 土屋栄夫 田中久重「万年時計」調査報告 マイクロメカトロニクス Vol.50 No.194
- 7) モニュメントクロック 新宿NSビル「ユックリズム振り子時計」セイコータイムシステム (株) ホームページ
- 8) HATTORI SEIKO NEWS「からくり仕掛けの大時計を有楽町センタービルに設置」(株) 服部セイコー 昭和59年10月3日
- 9) Press Release からくり時計“SEIKO マリオン・クロック”再デビュー セイコー (株) 2002年6月3日
- 10) HATTORI SEIKO NEWS 楽しい時を演出する室内用からくり掛時計「セイコーファンタジア」(株) 服部セイコー 昭和63年10月27日
- 11) HATTORI SEIKO NEWS 天気予報のついたからくり時計<セイコー ファンタジア ウェザーウインドウ> (株) 服部セイコー 1991年11月14日
- 12) HATTORI SEIKO NEWS ダイナミックなパフォーマンスが楽しい家庭用カラクリ時計<セイコーファンタジア マリオーヌ>新発売 (株) 服部セイコー 1994年10月27日
- 13) リズム時計工業 (株) 社内資料
- 14) SEIKO 時計の戦後史 第6章 第3節 (2) からくり時計の社会への貢献 P334~338

時計の針はなぜ右回りなのか？ (織田一朗 「時計の針はなぜ右回りなのか」)

運動会の徒競走でグランドを回るのはかならず左回りである。人間は心臓が左寄りにあるためか、右回りで走ると遠心力で飛ばされるような気がするのに対して、左回りだと安心して走れるからとの一説もある。人間は左回りの方が自然と感じているにもかかわらず、なぜ時計の針は右回りなのか？

人類のつくった時計の中で最も古いものは、太陽がつくる影の動きで時刻を知らせる日時計で、紀元前3,000~4,000年のエジプトで用いられていた。日本のように北半球にある地域では、地面に棒を立てて影の動きを追っていくと右回り、つまり時計回りに動いていく。日時計によってアナログ時計の文字盤の文字の配列のしかたが固まったために、その後に現れた時計に「時計回り」が受け継がれた。ところが南半球では左回りになる。しかし、時計が発明された頃、地球上にあった文明のほとんどが北半球に存在していたために右回りとなった。

6 水晶親時計の展開

昭和 30 年代にトランジスタクロック開発によりエレクトロニクスの洗礼を受けた技術者は、直ちにその最先端にあった水晶時計の開発に取り組み、放送局から船、そして設備さらに競技へと次々と高精度の親時計を生み出していった。

6.1 放送局用時計^{1) - (1)}

1951 (昭和 26) 年に民放が開局すると、精工舎は新日本放送をはじめとする民放各社に 1m の振り子を持つ報時時計を納入し、ラジオのスピーカーを通じて、服部時計店の「セイコーシャの時計が 7 時をお知らせいたします」の台詞が全国に流れた。この報時時計は精度を維持するために、振竿にスーパーインバーを用いて熱膨張を減らし、部品全体にわたっても細心の注意を払って製作し、組み立ててあったが、時報を正しく出すためには未だ精度が充分ではなく、JJY の電波による時刻信号と時計の報時信号のずれを小さくするために、振子の下部に設けられた磁石を動かして振子の周期を極く微量調整する必要があった。この保守が大変であった。

最初的水晶親時計は真空管式の大きなもので 1959 (昭和 34) 年に中部日本放送に納入された。この時計には、トランジスタを用いた副標準水晶時計が搭載されていたが、信頼性の点で真空管式が正時計とされていた。1962 (昭和 37) 年には NHK で 1 秒子時計のコンクールが実施され、精工舎は 1 位を獲得し、NHK 標準に採用された。以後民放でも標準として採用されていった。1966 (昭和 41) 年には常時 ± 0.002 秒以内の全電子 JJY 自動修正水晶時計が完成し、その第 1 号機が NHK 松山放送局に納入された。1968 (昭和 43) 年には第 1 次免許を受けた全国 18 局の UHF テレビ局のうち、13 局に納入が決まり、JJY 修正時計を標準化した QC-66TTAE が出荷された (図 6.1.1)。1970 (昭和 45) 年には完全正副水晶時計が完成し、信頼性は格段に向上した。さらに 1985 (昭和 60) 年自動追従式 1 秒子時計を開発し特許を取得した (図 6.1.2)。放送局などでたくさんの子時計を駆動する場合の針合わせは大変であるから、子時計の分針と秒針の位置を自動的に検出し、これを親時計の時刻信号と比較してそれぞれの狂いを判別し、子時計の針を全部一斉に揃えてしまうこの方式はテレビ朝日に納入さ

れて大変喜ばれた。かくして 1990 年代には民放でのシェアは、テレビ局・ラジオ事業局・放送衛星局総合で 97% を上回るにいたった。

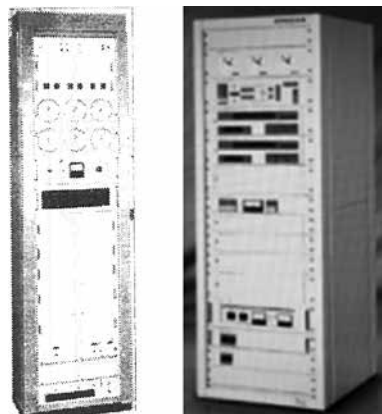


図 6.1.1 QC-66TTA (左)^{1) - (1)} および現在の放送局用標準時計装置 (右)¹²⁾

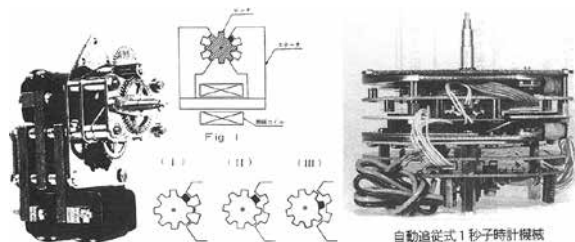


図 6.1.2 1 秒子時計機械 (左)^{1) - (1)} と自動追従式 1 秒子時計機械 (右)^{1) - (1)}

6.2 船用時計

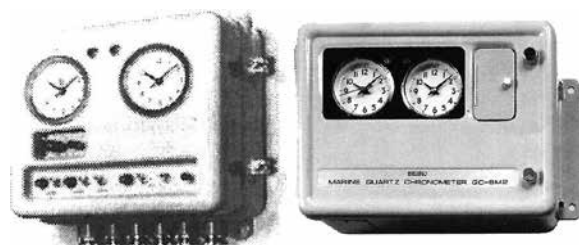
セイコーグループとしては第二精工舎 (現セイコーインスツルメント) が、1942 (昭和 17) 年春に海軍管制本部の要請により経線儀 (マリンクロノメーター) の検討を開始し、終戦時まで 400 個余りを海軍に納入した経過があるが、これは戦争の進展により、欧米からのマリンクロノメーターの輸入が難しくなり、六分儀による天体の高度の観測と正確な時刻により艦船の位置を測定する航法、すなわち天文航法が使えなくて困ったことに起因している。従って、戦後のマリンクロノメーターはもっぱら輸入に頼っていたが、1955 (昭和 30) 年代半ばになり、放送局で水晶時計が使われる時代になると、船にも精度の高い水晶時計を使ってみようということになり、船用水晶時計 QC-6TM が精工舎で開発され、その第 1 号機が 1962 (昭和 37) 年 6 月に日本郵船の若狭丸に搭載された

(図 6.2.1a)。このことは当時の造船業界に新風を巻き起こし、精工舎の船用水晶時計は急速に世界一の座に登っていった。

陸上と違って、船では3つの時刻が必要である。

- (1) GMT (グリニッチ標準時)：外部との通信や天文航法に用いる。
- (2) JST (日本標準時)：日本国内との連絡に用いる。
- (3) SMT (船内時)：シフトタイムといい、船内の生活に用いる。

船用水晶時計の親時計は無線室に置いて、無線報時と比較して GMT を維持する役割を持たせ、その管理下にある複数の子時計は、船橋や船長室、客室などに配置して、それぞれ必要な時間を示すようにしている。例えば、無線室に置いてある子時計は、15分から18分までと、45分から48分までの間を赤く塗って、救難信号受信のために通信を中止する沈黙時間を示している (図 6.2.2.b)。また客室などの子時計は、分針を30秒毎に運針する機構にして時差修正をやり易くしている (図 6.2.2.d)。したがって、従来の手巻きのクロノメーターに比べて格段に正確になっただけでなく、維持や修正が楽になり便利にもなったので、どこの船でも好評であった。なお1975 (昭和50) 年からは新たに第二沈黙時間を表現するようになり、無線室の時計には赤い帯に直行する第二沈黙時間を示す緑の帯が描かれている (図 6.2.2.c)。



a. QC-6TM (1962年)¹⁾⁻⁽¹⁾ b. QC-6M2 (1974年)³⁾
図 6.2.1 船用水晶親時計

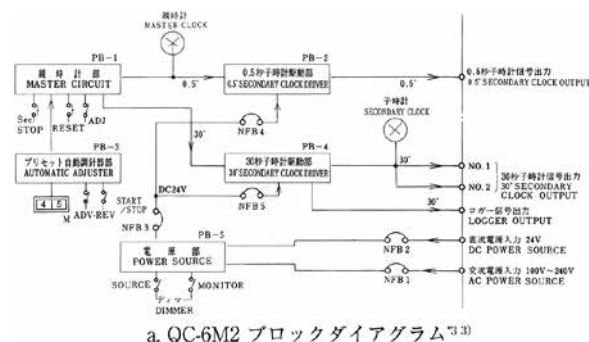


図 6.2.2 親時計のブロック図と船舶用子時計

船用水晶時計のアフターサービスは、船が港に入港したわずか数日間に終えなければならない。そのためには、修理要員の教育、サービス部品の供給、サービスネットの整備が必要であり、国内では函館・塩釜・横浜・清水・大阪・尾道・舞鶴・呉・下関・愛媛・佐世保・鹿児島、海外では西ドイツ・オランダ・ノルウェー・オーストラリア・台湾・シンガポール・香港などのサービス代行店との緊密な連絡のもとに船用水晶時計のサービスを行った。

ところで遠洋区域を航行する船舶にはマリンクロノメーター (当時の運輸省では時辰儀と呼ぶ) を備品として搭載すること、時計を2個搭載することが義務付けられていた。そこで水晶時計については1961 (昭和36) 年8月14日付で従来のマリンクロノメーターと同等以上の能力を有する時計として認め、また1961年8月16日付で子時計を現行の時計の代用とすることを認める通達が出された。しかし、当時は統一規格があるわけではなく各メーカーの技術基準によっていたので、1963 (昭和38) 年1月13日当時の運輸省船舶局検査制度課が中心になって各メーカーに呼びかけて船用時計研究会を開催し、会合を重ねて船用水晶時計の統一基準をまとめた。そこでは日差を単純に比較しても、マリンクロノメーターが±4秒なのに対して、水晶時計は±0.2秒であった。QC-6TMはDTカットの水晶振動子を恒温槽に収容して周囲温度を一定に保ち、安定した発振をさせようとするものであり、分周についても当時としてはオーソドックスなモノステーブル・マルチバイブレーターを採用し、堅実にまとめられていた。業務用の機器は性能もさることながら、信頼性が重視される。一般的にはMTBF

(平均故障間隔)に注目しがちであるが、MTTR(平均修復時間)も極めて重要なファクターである。QC-6TMはシンプルな回路構成であり、このMTTRが当時としては非常に短かったので、アベイラビリティの高い商品であった。また外装はアルミニウムの鋳造品であり船火事にあつて部屋が全焼しても親時計だけは動き続けていたほどであった。

1974(昭和49)年、QC-6TMは同じ設計思想に基づきアベイラビリティを一層高めた合理化機種QC-6M2にボタンタッチした(図6.2.1b)。時計の指針を駆動するヒステリシス・シンクロナスマーターはシンプルなパルスモーターへと改められ、MTBFは3倍以上になり、心臓部である水晶振動子は、 5°C から 40°C の範囲で日差 ± 2 秒が出せる恒温槽なしのATカットに変更された。また電気回路は機能単位に分割されたプラグインタイプになり、MTTRはより向上した。この時期における精工舎の船用水晶時計のシェアは85%に達していた。精工舎初の可搬式マリנקロノメーターは、QC-6M2よりやや遅れて、1977(昭和52)年にQM-10(図6.2.3)として開発された。振動子としては、丁度この時期に年差時計用に開発を終了していた超低消費電流で高精度の水晶モジュールQM-Xに着目し、その中から要求仕様に合うものを選別した。その後QM-Xはより経時変化の少ないQM-Zへと改良され、親時計にも移植されるようになった。



図6.2.3 マリנקロノメーターQM-10⁴⁾

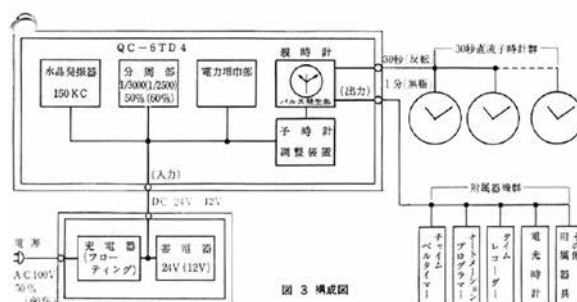
6.3 設備時計^{1) - (1)}

水晶時計は高精度であるが故にまず放送局で採用された。更に親子時計の便利さも買われて船舶で使われた。また電波修正をすることで時刻の常に正しい時計として交通信号機に採用された。ここではそれ以外の地上での使われ方について、それも公共時計としての変遷を述べる。

1955(昭和30)年代は、真空管からトランジスタへの移り変わりの時期であったが、それはまた水晶時計の模索の時期を意味していた。明石市の市営天文学館では1961(昭和36)年10月から精工舎の水晶時計QC-6TAが日本の標準時を刻むようになった。同時期には標準品としてQC-6TD4が発売され、鉄道病院、企業などで使われはじめた(図6.3.1)。またモニュメントや花時計の親時計としても国内外で好評であった。



a. QC-6TD4^{1)- (1)}



b. QC-6TD4構成図⁵⁾

図6.3.1 QC-6TD4および構成図

1965(昭和40)年になると、扱いが極めて簡単で誰でも使えるQC-5A(図6.3.2)が1回路の親子時計として小学校や役場、小工場などを対象に発売された。さらに1966(昭和41)年にはベルトタイマー付のQC-5Bが、続いて2回路のものや電波修正などが発売されて、市場の要求に充分応えられるようになり、水晶時計は急速に広まった。1965年以降はIC化が始まり、機能の多様化と低電力化が進行していた。その中で応用機器と呼んでいる新しい分野が生まれた。1971(昭和46)年には専売公社におけるタバコの生産管理用に多目的プログ付設備時計が出荷された。1972(昭和47)年には気象公害用データロガーが官庁に納入され、日射量データロガーや気象観測用データロガーなどと広がっていった(図6.3.3)。



図 6.3.2 QC-5A⁶⁾



図 6.3.3 受電電力監視データロガーMDL-3000^{1) - (1)}

1973（昭和 48）年には放送番組自動送出制御システムが完成し、ラジオ関西に納入されたが、この分野は、汎用コンピューターによる制御に移って行った。マイクロコンピューターを使用した製品へ切替えることの必要性から当時精工舎内部 CPU8080 をベースに製品化した科学技術向けデスクトップコンピュータ FC-3200 を応用することになった。前記のデータロガー、日本テクニコン社の血液分析システムに組み込まれたモジュラープリンターなどはこのようにして開発され、相次いで発表された。

一方、マイクロコンピューターの利用を高めるためにワンチップ CPU（インテル 8048 系）を利用した製品の開発に着手した。1978（昭和 53）年には、大型コンピューターに組み込まれる外部標準時計としてタイム・データ・クロック TDC シリーズを開発した。

1980（昭和 55）年には清水建設から共同開発の要請があり、コンピューター技術を取り込んだビル管理システムの開発に着手した。当時最新の CPU であったインテル社の 16 ビット CPU を採用し、社内開発されつつあった iRMX-OS を搭載した S-9500 を中央処理装置にした。中小規模ビル向けデスクトップ型システムの 1 号機は、1982（昭和 57）年に昭和無線工業（SMK）本社ビルに納入された。以降事務所ビルや病院・工場・電算センター・ホテル・学校等々に納入された。1981（昭和 56）年にはマイクロプロセッサを搭載した多チャンネルプログラムタイマーが発売された。プログラムタイマーは設備時計を構成す

るオプション機能の 1 つであり、プログラム方式は最初キー方式であったが、後にマークシート式に変更され、1982（昭和 57）年には週間プログラムの QT200 が発売になり、1993（平成 5）年からは年間プログラムの QT800（図 6.3.4）が出荷された。

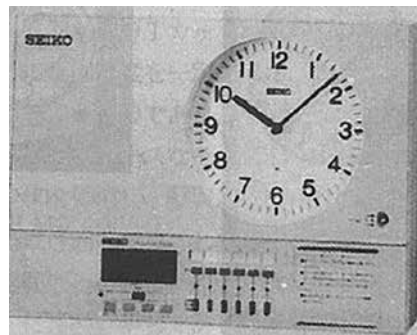


図 6.3.4 年間プログラムタイマーQT-800^{1) - (1)}

6.4 競技時計^{1) - (2)}

6.4.1 東京オリンピック（1964 年）^{1) - (2)}

1964（昭和 39）年の東京オリンピックは SEIKO にとって、様々な意味で極めて大きなイベントであった。服部正次社長の強力なリーダーシップにより、グループ 4 社（服部時計店・精工舎・第二精工舎・諏訪精工舎）は 1960 年のローマ大会の時点から、1964 年の東京オリンピック対策を最優先課題に挙げた。実施まで非常に短期間であったにもかかわらず、各社分担して機器の開発を行い、東京オリンピックの公式計時を成功させたのである。

1959 年 5 月のミュンヘンにおける IOC 総会でオリンピック東京大会が決定されると、日本では戦後の復興から次の発展期を迎え始めた時期でもあり、日本中が沸き立った。組織委員会は「国産品のオリンピック」「科学のオリンピック」をテーマとして掲げ、産業界も積極的な姿勢を示した。

1960 年にローマで第 17 回オリンピックが開かれたときに視察を行い、報告を受けた服部正次社長は、SEIKO がオリンピックの公式計時に取り組むことを決めた。その時は SEIKO で競技用の時計が開発できるか、開発できても国際的に認められて正式に採用されるかどうかについては、ほとんど白紙の状況にあった時である。それまでのオリンピックの計時は 1932 年のロサンゼルス大会以来、スイスのオメガ・ロンジンの独占であったし、セイコーグループ内でスポーツとタイムの関係についての知識を持っている人は皆無であった。この時までの計時の主役はストップウォッ

チであったが、SEIKO にはスポーツ専用のストップウォッチすらなかったのである。1961 年に入ると各工場の開発の分担が決められた。

精工舎：観客用大時計など大型のもの

第二精工舎：

ストップウォッチ、水泳用電子計時装置

諏訪精工舎：クリスタルクロノメーター

また、プリンティングタイマーの開発は、

I 型：精工舎、諏訪精工舎の共同制作

II 型、III 型：第二精工舎

こうして各社ごとにそれぞれの担当機材の開発に着手したが、競技のルールの勉強から始めることになった。グループ内に経験者がいないうえ、日本には参考になる機器を造っている会社もない。ほかに例のないものを造ることになったが、当時はまだ IC、LSI もなく、どうしても機械が大きくなってしまふ等の問題にぶつかった。11 月に入ると、第二精工舎は競技用ストップウォッチの開発を開始した。開発グループのメンバーもスポーツに関する知識がなく、競技団体に相談したり、オメガの競技用ストップウォッチを分解したりと試行錯誤を繰り返した結果、ついに「ハートカム」を使って、従来のストップウォッチが必ず持っていた機械的な誤差を解決した製品を 1962 年 8 月に完成させた。このストップウォッチがオリンピックで使えるかどうかを決めるため、9 月にベオグラードで開かれた IAAF（国際陸上競技連盟）総会に現物を持ち込んで検定を受け、その承認を得た（図 6.4.1）。



図 6.4.1 ストップウォッチと IAAF の承認書^{1) - (2)}

各種ストップウォッチの共通する特徴を下記に述べる。

(1) 高精度。手に持ちやすい範囲で大型化し、テンプも大きくし、従来より精度が良い。

(2) セイコー独特の「ハートカムによるストップ機構」の開発。

従来のストップウォッチのストップ機構はテンプを直接レバーで止める方式と輪列を切り離す方式があるが、いずれも次にスタートする場合の状態が一定とならず、それが誤差を生んでいた。新しいストップウォッチは全く新しい方式（日・米・英・西独・仏・スイスに特許出願）を採用した。これは、従来では 0.01 秒の桁が、あるときは切り捨てられたり、または 0.1 に切り上げられたり、それが偶然に支配されることが多かったが、テン真にハートカムを取り付け、これを規制レバーでたたくことにより、正しく四捨五入すると共に、次のスタートにおけるテンプの位置を一定にしてストップウォッチのムラを完全になくすることが出来た。

(3) 防水性。ケース及びリュースが防水構造になっており、雨にぬれたり、水しぶきを浴びたりしたくらいでは支障を生じないようになっている。

1962 年の岡山国体をはじめとした各競技の主要大会で、次々と完成していく SEIKO の計時装置を試してもらい、日本の競技団体からも承認されていった。その結果、1963 年 5 月に、SEIKO を東京オリンピックのオフィシャルタイマーとする組織委員会による決定がなされた。これを受けて、グループ内にセイコー競技時計委員会が組織された。

1963 年 10 月には、プレオリンピックに当たる「東京国際スポーツ大会」が行われ、ほとんどの機材が登場した。1964 年 8 月には計時支援のため、総勢 172 名からなる「セイコーオリンピック競技時計本部」が編成され、10 月の開幕に備えたのである。一方、計時機器は同年 9 月 8 日「セイコーオリンピック競技時計完成披露」を竣工直後の国立代々木第二体育館で開催し、すべてのオリンピック計時装置が SEIKO のオリンピック支援委員と共に披露された。

1964 年 10 月 10 日、東京オリンピックが開幕し、セイコーは 36 機種 1278 個に及ぶ器材と延べ 172 名の人員を動員して大会の成功を支えたのである。「科学のオリンピック」といわれた大舞台で大いに活躍した SEIKO は世界に認知され、イメージは飛躍的に向上して、国際的なブランドとなった。これを契機として、以降、SEIKO 製品の販売は世界的規模で拡大していくことになった。

6.4.2 水晶式計時機器の開発^{1) - (2)}

オリンピックの競技種目には、陸上・水泳に代表さ

れる着順と同時にタイムそのものが公式記録として認定されるもの、漕艇・自転車のように競技そのものに時間制限がきびしく設けられているもの、その他など、計時のあり方にも様々なパターンが存在する。時間計測の重要性に変わりはないものの、その求められる計測時間単位にはそれぞれ程度の差がある。

特に陸上・水泳のようにタイムが世界記録として後世に残るものや、自転車・馬術・漕艇・カヌーのように1/100秒単位まで計測が義務付けられているものについてはタイマーそのものに正確さには絶対を求める必要があったが、機械式の時計にはそこまでの精度を要求することには限界があった。精工舎の電子工場では、一般的に正確な時計といわれる水晶発振式親時計を既に1958（昭和33）年、ラジオ・テレビ局用報時装置として開発し放送局に納入した実績があり、この技術を競技時計に導入することを決め、開発に入った。しかしその頃の親時計は、普通のオフィスに置いてある大型のロッカー程の大きさがあり簡単には移動ができなかった。そこで、国立の陸上競技場・水泳場・バスケットボールの体育館など、オリンピック終了後も恒久施設として会場に残す時計は、大型の親時計装置を使用するが、その他の競技用で大会中だけに使用する時計は仮設で移設可能なサイズにすることとした。

必要とされる時計を大きく分けると、正確なタイムを計測するタイマーと選手・観客など関係者に競技の制約時間・経過時間を知らせるために大型の表示部を持った大時計装置がある。タイマーはもちろん正確な時計を使うことが必須なのですべて水晶時計を使うことになるが、大時計の中にもバスケットボールのように最後の1秒で試合が逆転する事があるものや、体操のように演技時間の1秒の過不足が減点の対象になるものがあるため、これらには水晶時計を使うことにした。一方、サッカー・ホッケーのように試合の時間管理はレフリーに一任されているために厳密な表示を必要としない競技では、交流式の電気時計を使うことにした。

当時はトランジスターやダイオードが最先端であり、まだICやLSI等は開発段階であったため、移動可能なサイズにすること自体が大変なことで、水泳に使用したプリンティングタイマーⅢ型も重役の事務机くらいの大きさがあり、重量も300kgを超していた。プリンティングタイマーは、従来のストップウォッチ計時の場合に問題であったタイムの読み違いや帳票への転記間違いなど人的ミスをなくすために、計測したタイムを自動的にプリントして証拠を残す目的で開発

された。Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型は使用環境と競技のルールの違いによって使い分けられた。

このようにして、水晶時計の技術は多くの時計に応用されたが、最大の欠点である大きくて重い点については解決できていなかった。マラソン・競歩など競技場の外で行う競争では大きな水晶時計を持って行くことはできない。しかし、これらの競技こそ長時間にわたって正確にタイムを刻み続ける時計が不可欠で、一人の人間が片手で持ち運びできる大きさの時計が必要であった。片手で持ち運ぶためには重量を減らし、サイズを小さくする必要があるが、時計を見やすくするためには文字板は見やすい大きさが必要である。また、動き回るときにコードを引きずっていくわけにはいかないので動力には電池を使うことになる。現在のようなボタン電池はないため、乾電池を使うことになる。通常水晶振動子は温度変化によって精度も変動するので恒温槽によって温度変化に対応していた。しかし今回は小型乾電池の力で駆動しなければならないため、恒温槽以外の方法でこの問題を解決する必要がある、ついにサーモバリコンに行きついてこの問題をクリアした。この事によって、世界初のポータブル、AC電源不要、精度日差 ± 0.2 秒の水晶時計「クリスタルクロノメーターQC-951」が完成した。当時、世界最小の水晶時計であった。クリスタルクロノメーターQC-951の開発によってストップウォッチの一斉起動装置をはじめ種々の装置と連動が可能になり、長距離レースの計時に関して水晶をベースとした親時計が完成したこととなった（図6.4.2）。

更に進んでクリスタルクロノメーターそのものを活用し、長時間計測可能なストップウォッチを開発する計画が進められ、遂に世界初の水晶発振式デジタル・ストップクロックを完成させた（図6.4.3）。これはQC-951なみの精度を有し、携帯可能で長時間の計測ができて、表示はデジタルのため読みは、時・分・秒を表す数字を横に7列、縦に0~9あるいは0~5と配置し、該当する数字を小さな豆電球で点灯させて、○時間○○分○○秒と1/100秒桁までを読み取る方法であった。このデジタルストップクロックによって、マラソン優勝者アベベの世界記録2時間12分11秒2が計測されたのである。



図 6.4.2 クリスタルクロノメーターQC-951 ¹⁾ - (2)

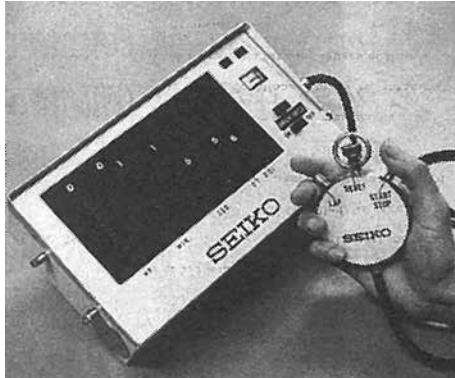
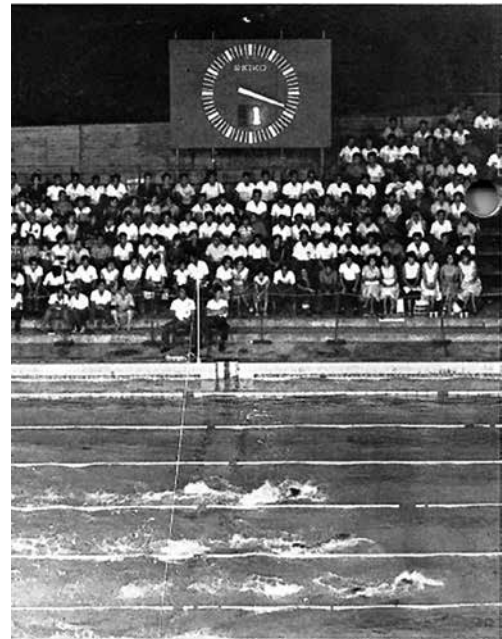


図 6.4.3 デジタルストップクロック ¹⁾ - (2)

ストップウォッチなどの競技時計のほかに必要なのは、競技場などに置かれる大時計である。これは観客・選手・役員などに対して見やすくなくてはならないし、また見る人が世界各国の人なので、すべての人に理解してもらわなくてはならない。その意味で文字をなるべく避け、デザインを簡略化した。

国立競技場の大時計をはじめとする水泳・漕艇・カヌー・馬術・自転車競技などにおける記録を計時する場合には、指針と数字の両方を利用し、秒を秒針により、分を文字板上の電光数字によって表示する。これらの時計は、各競技に応じて出発合図のピストル・光電管装置・無線装置などと連動したり、手動によって起動する。

水泳用の大時計 (2.4m × 3.6m) は既に先に行われた日米対抗水泳競技大会などで活躍、一躍注目の的となったがこれにはラップタイムを表示する置針がおかれ非常に好評であった。ストップウォッチの置針は置針用ボタンを押すと置針が停止し、もう一度押すと置針が秒針に追いついて重なるが、大時計の置針は、スイッチを押すと置針が置かれ、十数秒間ラップタイムを表示した後に、自動的に秒針に追いつくようになっている。



日米対抗水泳で活躍した水泳用大時計

図 6.4.4 日米対抗水泳で活躍した水泳用大時計 ¹⁾ - (2)



フェンシング用大時計 (高さ 1.9m)

図 6.4.5 フェンシング用 (左) ¹⁾ - (2) と
ボクシング用大時計 (右) ¹⁾ - (2)

バスケットボール用の大時計は水晶時計を内蔵し、停電対策も取られている。指針は用いられておらず、対戦する両チームの名称及び得点も表示される。今度の東京大会から初めて正式種目として参加する柔道の大時計は競技時間の十分間を指針によって表示し、寝技における三十秒間の抑え込み時間を、そのまわりに設けられた細長い三十個のランプにより表示する。ボクシング用大時計は指針がなく、天井から吊り下げられた円筒の内部を水平方向に仕切り、その各々の部屋に入っているランプを十秒毎に消灯させていく事によって、各ラウンドの三分間と一分間の休憩時間を表示する。また、非常にユニークなものとして、競技時

間自動記録装置（プリンティングタイマー）がある。これは高精度の水晶時計による計時機構と印刷機構との組み合わせによるもので、競技の所要時間が記録紙上に1/100単位の数字で印刷されて出てくるものである。これは、この東京オリンピックのためにセイコーがその技術を結集して開発したものである。この他にも、水球競技用・体操演技用・レスリング用・マラソン・フェンシング・ライフル・ウエトリフティング用等、オリンピックにおける二十競技中、計時の不要なバレーボール及びクロノメーターとストップウォッチのみ必要なヨットを除く十八競技種目の大時計を用意した。



バスケットボール用得点表示つき残り時間計時装置
（ヨコ 3.1m タテ 0.86m）

図 6.4.6 a. バスケットボール用得点表示付
残り時間計時装置^{1) - (2)}



バスケットボール計時装置操作盤

図 6.4.6 b. バスケットボール計時装置操作盤^{1) - (2)}



図 6.4.7 光電管装置^{1) - (2)}



図 6.4.8 ストップウォッチ遠隔操作盤^{1) - (2)}



プリンティングタイマー（自動記録装置）

図 6.4.9 プリンティングタイマー^{1) - (2)}

これらの大時計は、すべて操作盤によって操作されるが、正式計時と関連あるフェンシング・柔道・ウエトリフティング・水球などの大時計は、机上型ストップウォッチと連動する。操作盤の連動スイッチを入れれば、大時計のスタート・ストップ及びセットは、すべて机上型ストップウォッチによりできるようになっている。



射撃競技残り時間表示大時計

図 6.4.10 射撃競技残り時間表示大時計^{1) - (2)}



ウエトリフティング用試技
開始時間制限表示計（高さ 1m）

図 6.4.11 ウエトリフティング用^{1) - (2)}



柔道30秒押え込み表示計
（高さ 1m）

図 6.4.12 柔道 30 秒押え込み表示用^{1) - (2)}

それまでも水晶の技術を使った競技時計は世の中に存在したが、オリンピックで主たる装置のすべてに水晶時計を用い完全に成功したのは、東京オリンピックにおける SEIKO が初めてであった。

開発した計時機器概略

スポーツの計時活動は、SEIKO にとっては初めての試みである。競技種目ごとのルールを勉強し、それに対応する機器のスペックを確認しながら開発を進める。参加 18 競技の競技連盟や組織委員会の担当者と厳密な打合せとテストを重ねて、公式計時の大役に備えた。

オリンピックのために開発した 36 機種にのぼる装置は大きく以下の 4 種に分類できる。

① 機械式計時装置（ストップウォッチ）11 種類

- ・ 1/5 秒計置針付積算式（陸上、水泳）
- ・ 1/10 秒計置針付積算式（陸上、水泳）
- ・ 1/100 秒計積算式（漕艇、カヌー、自転車、ライフル、馬術）
- ・ 漕艇用ピッチ計
- ・ カヌー用ピッチ計
- ・ バスケットボール用 30 秒ルール計
- ・ 蹴球用積算式
- ・ ホッケー用積算式
- ・ ヨット選手用
- ・ 机上型積算式 12 分計（ウエイトリフティング、フェンシング、柔道）
- ・ 机上型積算式 60 分計（サッカー、ホッケー、バスケットボールほか）

② 電気計時装置（レースのタイムを判定するための機器）6 機種

- ・ プリンティングタイマーⅠ型（自転車、近代五種、馬術）
- ・ プリンティングタイマーⅡ型（ボート、カヌー、陸上競技）
- ・ プリンティングタイマーⅢ型（水泳）
- ・ 100 コマ撮り写真判定装置（ボート、カヌー）
- ・ デジタルストップクロック（陸上）
- ・ クリスタルクロノメーター（マラソン、競歩、ヨット、自転車ロード）

③ 大時計装置（選手、観客、役員等にタイムを知らせるための機器）16 機種

- ・ 秒大時計（陸上、自転車、馬術、近代五種）
- ・ 置針付秒大時計（水泳）
- ・ 蹴球大時計
- ・ ホッケー大時計

- ・ 水球大時計
- ・ マラソン、競歩経過時間表示大時計
- ・ バスケットボール大時計
- ・ 体操大時計（男子床運動用）
- ・ 体操大時計（女子床運動用）
- ・ 体操大時計（女子平均台用）
- ・ ライフル射撃大時計
- ・ ボクシング大時計
- ・ レスリング大時計
- ・ ウエイトリフティング大時計
- ・ 柔道大時計
- ・ フェンシング大時計

④ その他の機器（上記 3 種の分類に入れられないもの）7 機種

- ・ 出発合図計（自転車、馬術、近代五種）
- ・ 光電子装置Ⅰ型（自転車、馬術、近代五種）
- ・ 光電子装置Ⅱ型（陸上、近代五種）
- ・ スタート用ピストル（陸上、水泳、自転車、近代五種）
- ・ ストップウォッチ遠隔操作装置Ⅰ型（自転車）
- ・ ストップウォッチ遠隔操作装置Ⅱ型（馬術）
- ・ 自転車追い抜き表示器

これを合計すると 40 機種になるが、プリンティングタイマー、光電子装置、ストップウォッチ遠隔操作装置を各 1 機種と数えて、36 機種と発表している。



図 6.4.13 東京オリンピック^{1) - (2)}



図 6.4.14 マラソントイマー¹⁾



図 6.4.15 秒大時計（馬術）^{1) - (2)}



図 6.4.16 計時機器一覧^{1) - (2)}



図 6.4.17 バスケットボール大時計^{1) - (2)}

6.4.3 現在の主な標準競技時計

(1) 陸上競技^{7) - 9)}

陸上トラック競技では、トルソー（頭、肩、腕、手、脚、足を除いた胴体の一部）がゴールラインに達した時をゴールと定めている。従って、選手のゴール瞬間の姿を映像でとらえ、トルソーを確認してからでないと正確な計測が出来ない。1991年以前は、スリット・カメラによる写真判定方式がとられていた。写真判定は現像や焼き付けが必要なため、判定まで約15分くらいかかることもあった。また、選手が重なってゴールラインに飛び込んできたときには、顔やゼッケン番号が判読できず、レーン番号を順番に数えなければならないといったケースがあった。セイコーではスポーツ計時で初めてスリット・ビデオを導入したのは1991年になる。スリット・ビデオの映像のカラー化には、選手のユニフォームの色を特定できるという大きなメリットがある。ユニフォームの色でも選手を判別することが出来るようになり、判別作業が大幅に削減された⁹⁾。

このスリット・ビデオは光電子装置との組み合わせにより、自動撮影を可能とし、手動撮影と自動撮影機能を併用することにより記録の取りこぼしの危険性を排除した。この自動撮影機能では、スタートピストルからの信号で撮影を自動的に開始し、常時ゴールラインを撮影し続ける。そして、選手がゴールライン上の光電子装置の発する赤外線を遮ると、遮っている間とその前後の映像だけをメモリーし、他のものは消去する。あとは、操作員が選手にカーソルを合わせるだけで自動的に着順とタイムを表示する。

また、フライング判定システムを持つ。ピストル音を聞いてから、選手がスタートの動作に入るまでの時間を「スタート反応時間」と呼ぶ。科学的な研究結果によると、人間は音を聞いてから10分の1秒未満に反応を起こすことは不可能とされ、この数値をフライングの基準にしていた。また、選手はスターターの「ヨーイ」という掛け声によって静止状態に入り、ピストル音が鳴るまで動いてはいけない。少しでも体が動けばフライングとみなされる。SEIKOのフライング判定システム「セイコースタートブロック」はスタート反応時間を1000分の1秒単位に厳密に計測する。もしも選手が、ピストル音から1,000分の100秒（つまり10分の1秒）未満にスタート動作を起こした場合にはフライングとみなし、スターターのつけているヘッドホンにピーという警報音を発し、そばに設置した判定操作盤の該当コースに赤ランプが点灯する仕組みになっている。従来の機構では、この“スター

トを起こした時点”を「スタートブロックを一定の圧力 (23kg または 25kg) を超える強さで蹴った瞬間」としていた。新機構では「静止状態の後、スタートブロックにかかる圧力が変動した瞬間」を検出できるように改良した。この新機構により、さらに厳密なフライング判定が可能になった。

1) スリットビデオシステム (図 6.4.18a、b) 2200HD Pro.10 / 6000HD Pro.10 / 20000HD Pro.10²⁾

- ・1秒間に3,000枚の連続写真が撮影できる (最大スキャン速度 2200HD : 1/3,000 秒)。オプションで 6,000 枚、20,000 枚の連続写真も可能 (図 6.4.18)。
- ・フィニッシュラインの確認には、撮影用コンピュータ画面および電子ビューファインダーを使用。
- ・Cマウントレンズ・CSマウントレンズ (P-アイリスレンズ) の2種類のレンズを付属。

Cマウントレンズ (12.5~75mm) : Fマウントレンズの 80~200 mm に相当する。

CSマウントレンズ (2.8~10 mm) : Fマウントレンズの 35 mm に相当 (被写体~レンズ間距離が近い場合に使用)。

- ・カメラにバッテリーを内蔵し、万一電源供給が途切れた場合でも最大 20 分間内蔵バッテリーで駆動。
- ・カメラのアイリス (絞り) ・フォーカス (焦点合わせ) ・ズーム (画像の拡大縮小) をリモート操作可能。
- ・LuxBoost (明るさ調整) レベル (1~4) を調整することで、暗い環境下でも鮮明な画像を撮影可能。



図 6.4.18a スリットビデオシステム²⁾

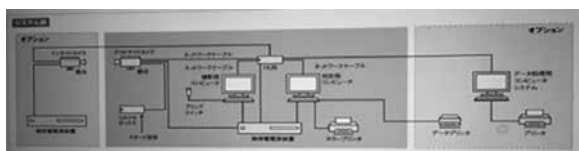


図 6.4.18b システム構成²⁾

① スリットビデオカメラの仕組み²⁾

- ・カメラをネットワーク化し、2台のコンピュータに接続することで「1カメラ2本体システム」を実現 (6.4.19a)。別々のレース画像を同時に見ることができ、着順判定のきわどい過去のレース画像の再確認と現在のレースの着順判定を同時に行える。また、撮影専用と判定専用に分業することで、判定員にかかる作業負担が軽減される。

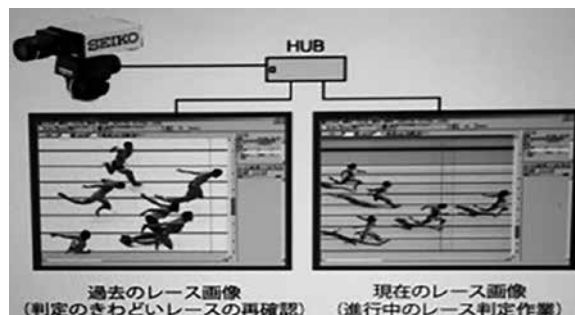


図 6.4.19a 1カメラ2本体システム²⁾

- ・仮想光電管機能：速報タイムの表示をするための光電管装置がなくても、撮影画像の変化量を見て1着の選手の速報タイムをスポーツタイマーなどに出力することができる (図 6.4.19b)。



図 6.4.19b 仮想光電管機能²⁾

- ・今まで撮影前に調整が必要だったガンマ補正 (自然の色に近くなるように調整すること) を、撮影後に簡単に行える。天候の悪い時、逆光時、十分な照明のない競技場などでの判定しにくい撮影も鮮明な画像を実現できる。

② スタートインフォメーションシステム付スターティングブロック PM-200²⁾

スタート時にスターティングブロックにかかる圧力の変化をセンサーで検出する (図 6.4.20a)。

選手の反応時間を測定し、不正スタートの判定に関する情報を提供する。

- ・IAAF (国際陸上競技連盟) が主催する世界陸上競技選手権大会など、数多くの世界大会で採用されているシステムである。
- ・スターティングブロックに加わる選手のスタート時の圧力を測定し、選手のスタートのタイミングを 1/1,000 秒単位で正確に測定する。
- ・選手の体重にかかわらず確実に圧力変化をとらえる。
- ・判定結果はスターターにヘッドセットからの音で知らせる。
- ・不正スタート検出時は自動的にオートリコール信号を出力する。



図 6.4.20a スターティングブロック²⁾

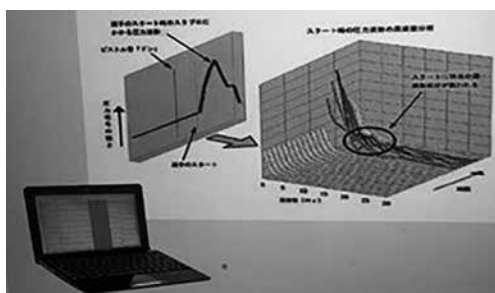


図 6.4.20b スターティングブロック圧力解析²⁾

データの計測・集計にとどまらず、データ処理を含む総合スポーツシステム装置に変わってきた。競技記録の総合記録集計を始め、協議開催中におけるレポートの作成、大型電光掲示盤への入出力、さらにはTVへの出力など、従来よりひとまわり大きなスケールで行われる多角的で総合的なデータ処理が重要である。

競泳システム構成図を下記に示す(図 6.4.21)。

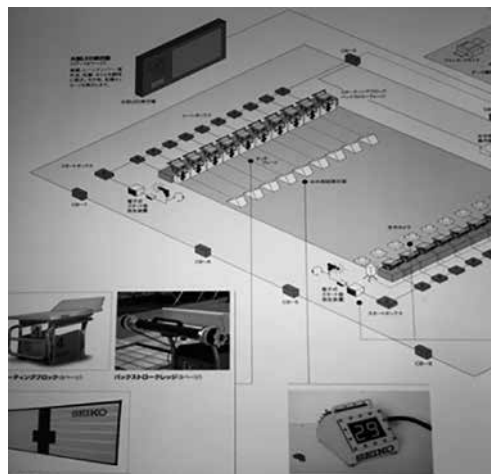


図 6.4.21. 競泳システム図²⁾

(2) 水泳競技²⁾

スポーツ計時機器に求められるニーズは、単に競技

電気計時と手動計時エピソード¹⁰⁾

電気計時と手動計時であるが、陸上トラック競技の場合、電気計時に比べて手動計時ではスタート信号のピストルのフラッシュ光を見てからスタートボタンを押す動作の遅れがどうしても0.1~0.2秒生じてしまう分だけ記録が早くなってしまふ。逆に言うと、電気計時では記録が遅くなってしまふために、過去の公式記録とのギャップも考慮せざるを得ず、結果的には電気計時の記録時間には自動的に-0.05秒の補正をすることで合意が得られていた。

ところが、全自動電気計時を正式採用した水泳競技でも、手動計時でバックアップしたが、左右の腕のストロークによる「ステップ・フィニッシュ」であるから、最後に手のタッチを確認してからストップボタンを押す。従って、陸上競技に比べて計時記録のばらつきが巾が大きく、記録も逆に0.15秒前後遅れる傾向があった。このような矛盾は、1972年のミュンヘンオリンピックからはルール改正と共に、人間より優れた電気計時を全面的に採用されていった。

陸上競技でのエピソード⁷⁾

1993年ドイツのシュツットガルトで開催された第4回世界陸上の女子100m決勝。ゲイル・ディバーズ(アメリカ)とマーリー・オッティ(ジャマイカ)のゴールは全く同時に見えた。発表された公式タイムは、両方ともに10秒82。一位と二位が“同タイム、着差有り”という陸上トラック競技の歴史上、極めてまれな出来事であった。陸上トラック競技は“着順競技”である。仮に百分の1秒単位でも差が確認できれば着順がつけられる。百分の1秒単位同タイムの場合は同着とする水泳やスキー競技との違いである。セイコースリットビデオがとらえたディバーズのタイムは「10秒811」、一方のオッティのタイムは「10秒812」。2人の間に時間にして1000分の1秒、距離にしてわずか1cmの“着差”が存在していたことが判定された。1000分の1秒単位は切り上げることになっているので、公式タイムはともに「10秒82」になったのである。

1) 競泳用自動審判計時装置（プリンティングタイマー）PT-8000²⁾

- ・（公財）日本水泳連盟 AA 級公認、国際水泳連盟（FINA）ルール適合した競泳用計時システム
- ・最大 600 レースまでのメモリーが可能
- ・高速プリンターを装備。大量データをスピーディに印刷
- ・確実な操作性。誤操作をカバーする安心設計
競技種目の設定・確認が簡単、スタート時の選手のリアクションタイムを 1/100 秒の単位で計測しプリント、種目の設定がいつでも修正可能、タイマーリセット操作を誤ってもすぐカバーなど。



a. 競泳用自動審判計時装置²⁾

2) 電子式スタート音発生装置 PS-1300²⁾

- ・国際水泳連盟（FINA）ルール適合、（公財）日本水泳連盟 AA 級 / A 級公認
- ・スタート合図音、アラーム音を電子的に発生させ、同時にスタート信号をプリンティングタイマーに送出する。火薬ピストルのように不発や煙がなく、安心して使える。スタート音は 2 種類から選択可能である。



b. 電子式スタート音発生装置²⁾

3) スターティングブロック（リレー引継判定センサー内蔵タイプ）²⁾

- ・国際水泳連盟（FINA）ルール適合、（公財）日本水泳連盟 AA 級 / A 級公認
- ・リレー引継判定センサーを内蔵したスターティングブロック。前泳者のタッチ信号と次泳者のスタート信号の一瞬の差を確実にとらえる。天板（プラッ

トフォーム）表面は水に濡れても滑らない特殊なノンスリップ塗装。バックプレートは選手に合わせて 5 段階に位置調整が可能である。



c. スターティングブロック²⁾

4) タッチプレート（FINA タイプ）²⁾

- ・国際水泳連盟（FINA）ルール適合、（公財）日本水泳連盟 AA 級 / A 級公認
- ・水圧や波しぶきには反応せず、泳者のタッチだけを確実に検出し、瞬時に電気信号に変えてプリンティングタイマーに送信する。



d. タッチプレート²⁾

5) 水中ビデオカメラシステム（ハイスピードビデオシステム）DHS-3000²⁾

- ・国際水泳連盟（FINA）ルール適合、（公財）日本水泳連盟 AA 級 / A 級公認
- ・100 フレーム / 秒のハイスピードカメラを各レーンの水中に設置することにより、波しぶきの影響を受けずにタッチの瞬間を確実に撮影。地上からは最大 4 台のカメラでリレー引継のスタート映像を撮影。これらの映像を同一画面上で比較し、リレー引継の判定を正確に行う。また、スタート時のリアクションタイムの確認もできる。
- ・高解像度のモニターを使用することで、最大 10 レーン分全ての映像とプールサイドにある最大 4 台のカメラ映像を 1 台のモニターで合計最大 14 台画面の表示が可能である。



e. 水中ビデオカメラシステム 1²⁾



f. 水中ビデオカメラシステム 2 14 画面表示²⁾



g. 水中ビデオカメラシステム 3²⁾

水中カメラ (左) およびプールサイドカメラ (右)

高輝度 (5,000cd/mm以上)、広視野角 (水平: $\pm 70^\circ$ 以上、垂直: $+15^\circ \sim -35^\circ$ 以上) により、強い日差しのもとでも鮮明な表示が可能。全面フリーボード化により、スコア表示だけでなく、各種インフォメーション表示や動画の再生も可能である。

- ・ハード面、ソフト面における省力化と効率化

GET (グリーン・エネルギー・テクノロジー) LED 素子のランク選定および電源制御回路によって、消費電力を最大限に抑え、低消費電力を実現した。

- ・リアルタイムの映像表示が可能

文字情報だけでなく、高精細な画像やアニメーションなど多様な表示が可能。また、映像送出機器との接続により、リアルタイム映像を表示できる。



h. 大型表示盤²⁾

図 6.4.22 競泳用計時機器²⁾

6) 大型表示盤²⁾

- ・高輝度フルカラーLED により高精細・高画質を実現

(3) スキー⁷⁾

アルペンスキーは、いわゆるタイム競技で、定められ

水泳競技でのエピソード¹⁰⁾

1960 年ローマオリンピックで、水泳自由形決勝で、ラーソン (アメリカ) が 55 秒 1、デビット (オーストラリア) が 55 秒 2 であったが、着順審判員の判定により 1 着デビット、2 着ラーソンになってしまった。当時のルールは、測定時間を全面的に信用できないという精度の低い機械式時代を反映して、「着順がタイムに優先する」となっていたからである。

水泳競技でのエピソード¹⁰⁾

1972 年ミュンヘンオリンピックで水泳男子 400 メートル個人メドレーの 1 位ラーソン (スウェーデン) と 2 位マッキー (アメリカ) の記録が 4 分 31 秒 981 と同 983 であり、その差はわずか 0.002 秒であった。本来ならば公式タイム発表は百分の 1 秒までなので同着金メダル 2 人となるところであったが、電子の目はそれを許さなかった。

現実には、オリンピック用 50m プールでは、土木工事上の絶対精度で Max.3cm まで認められており、タッチ板設置状態で 50.01m までとなっている。仮に水を張った場合のプールの歪はどうかなど疑問を残すことになり、1976 年のモントリオールオリンピックから公式計時は百分の 1 秒単位に戻されることになった。このような経緯を経て、1984 年に同着金メダルが生まれた。

水泳競技でのエピソード⁷⁾

1992年バルセロナオリンピック男子100m自由形決勝。2位でゴールしたブラジルのボルジェスのタイムがスコアボードにしばらく表示されず、会場内が騒然とした雰囲気包まれた。この原因はボルジェスの「ソフトタッチ」であった。SEIKOのタッチ板は、選手のタッチには反応し、押し寄せる波やしぶきには反応しないように設計されている。その秘密は表面にある無数の穴。波やしぶきをこの穴で吸収してしまう仕組みである。反応する感度は1平方センチ当たり500g以上、水の影響を受けないギリギリの基準。しかし、同選手のタッチがそれを下回るほど弱かったために、タッチ板が作動しなかったのである。しかし、このようなケースに備えて、「1秒間に200コマという高速ハイスピードカラービデオ」でゴールの瞬間を撮影していたからである。

たコースを順番に一人ずつ滑り一番速く滑り降りた選手が勝者となる。つまり最後の選手が滑り終わるまで順位が決まらず、もしも一人でもタイムを取りそこねたら競技全体が成立しなくなってしまう。それだけに、計時には精度の高さはもとより確実性が強く求められる。フィニッシュは「フォトビームユニット（光電管装置）」がとらえる。フィニッシュラインの両サイドに設置した投光器から受光器へ赤外線ビームをとばし、ビームをスキーヤーが通過すると計測信号がタイマーに送られるシステムである（身体またはスキー用具のどこで赤外線ビームを切ってもフィニッシュと見なされる）。

コース内に長時間設置する光電管（投光器と受光器）は、何かのはずみで向きが変わって赤外線ビームがずれたり、レンズ部に雪が積もってビームが遮られたりすることがある。また、バッテリーの充電量が不足してくることもあり得る。そのような場合には「ビーム・モニター・システム」が計時室内のスタッフに音とライトで“異常発生”を知らせる。このシステムは常に、コースに設置したすべてのフォトビームユニットを監視し、「どこの光電管で何が起きているのか」かがすぐにわかるので、計時のトラブルを未然に防ぐことができる。

最新のスキー競技用計時装置 CT-500 システムは下記のとおりである。



図 6.4.23 セイコースキー競技用計時装置 CT-500 システム構成²⁾

① コンピューティングタイマー CT-5000P²⁾

- ・アルペン、デュアル、ローカル、クロスカントリー、リレー、デュアルモーグル、マラソンと多彩な競技モードを装備する。
- ・各選手の Bib.No.（ゼッケン）を入力するだけで、ネットタイムを自動的に記録・印字する。手作業による煩雑なタイム計算処理を解消した。
- ・一括処理できる選手数は1200人。
- ・アルペン、デュアル、ローカル、デュアルモーグルは1/1000秒単位、クロスカントリー、リレー、マラソンモードは1/100秒単位で計測し、それぞれ下1桁を切り捨て（マラソンのみ切り上げ）、1/100・1/10秒まで記録・印字する。

② 出発合図計 CT-500ST²⁾

- ・競技のスタート時に選手を一定間隔でスタートさせるための出発合図音装置。CT-5000Pで設定し、合図の間隔に合わせ、出発音を発生する（a. 出発合図計）。



a. 出発合図計²⁾



b. FIS 対応スタートゲート²⁾

- ③ FIS ルール対応スタートゲート (アルペン用) SG-900²⁾
- ・スタート信号を正確に検知し、CT-500OP に送る。風や雪などでは作動せず、選手のスタートによってのみ反応する。SG-900 は FIS ルール対応により、オープンしたままの状態を保つ (b. FIS 対応スタートゲート)。

- ④ スタートゲート (クロスカントリー用) SG-630²⁾
- ・スタート信号を正確に検知し、CT-500OP に送る。風や雪などでは作動せず、選手のスタートによってのみ反応する (c. クロスカントリー用スタートゲート)。



c. クロスカントリー用スタートゲート²⁾

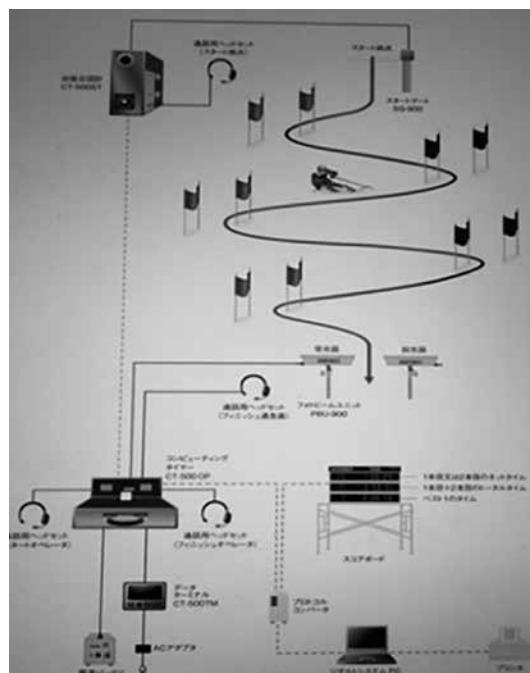


d. フォトビームユニット²⁾

- ⑤ フォトビームユニット PBU-900²⁾
- ・投光器 (PBU-900TX) と受光器 (PBU-RX) で構成される光電管装置。フィニッシュライン上に向かい合わせて設置されたフォトビームユニットの赤外線軸 (ビーム) を選手が遮断することによりフィニッシュ信号を検知し、CT-500OP に送信する。外光や気象の変化による誤動作を最小限の抑えた高精度設計である (d. フォトビームユニット)。
- ⑥ 電源バッテリー & チャージャー (CT-500BA・BC)²⁾
- ・CT-500OP を駆動させる電源装置で、フル充電電池は約 10 時間の作動が可能 (使用環境・条件により異なる)。電源バッテリーのフル充電時間は AC100V で約 10 時間である。
- ⑦ 通話用ヘッドセット²⁾
- ・スタート / フィニッシュ時にオペレータ同士で通

話を行う、軽量・コンパクト設計のヘッドセット装置。耐久性にすぐれ、-20℃ までの環境で使用できる。

- ⑧ データターミナル CT-500TM2²⁾
- ・ブロック No. や Bib.No の指定により、CT-500OP に蓄積された各データの変更、修正、追加、削除などを容易に行えるタッチパネル式のハンディサイズコンピュータ。各イベント毎のデータの読み込みもできる (デュアルモーグル・マラソンには非対応)。



e. アルペンシステム構成²⁾

図 6.4.24 アルペンスキー用計時装置²⁾

体操競技でのエピソード⁷⁾

1976 年モントリオールオリンピック女子体操競技。ルーマニアのコマネチは非の打ちどころのない演技で、体操競技としては史上初めて、10 点満点を獲得した。ところが、この時に電子スコアボードに表示されたのは「1.00」という数字であった。当時の常識では、全くミスのない演技などにはあり得ないとされ、得点表示の機能には「9.95」までしかプログラムされていなかった。場内アナウンサー、この 1.00 は 10 点満点のことであることを説明しなければならなかった。“妖精”コマネチの素晴らしい演技は、世界中に感動を与えてくれた。そしてひとつの教訓も残してくれた「人間の記録に限界はないのだ」と。

参考・引用文献

- 1) SEIKO 時計の戦後史
 - (1) 第3章 第1節 (4) 水晶親時計の納入 P67～72
 - (2) 第3章 第8節 オリンピック計時への挑戦 P122～126
- 2) セイコータイムシステム (株) ホームページ スポーツ計時計測
- 3) セイコー船舶用水晶時計カタログ (株) 服部セイコー '90.30.11
- 4) セイコーミュージアム所蔵写真
- 5) クロック技術解説「セイコートランジスタ水晶時計 QC-6TD4 型」セイコーニュース 1962
- 6) SEIKO NEWS「セイコー水晶時計 (QC-5A) ビル用小型親時計が完成」昭和 41 年 3 月 8 日
- 7) 安達光三、石黒実 「スポーツ計時の歴史と役割」日本時計学会誌 No.150 (1994)
- 8) HATTORI SEIKO NEWS「SEIKO は第 12 回アジア大会 (広島) の陸上トラック競技で新開発の計時システムを使用します」1994 年 9 月 30 日
- 9) Press Release 「からー映像でゴールの瞬間をとらえる<セイコースプリットビデオ 1800HD>新登場 (株) 服部セイコー 1996 年 3 月 1 日
- 10) 鮫島俊英 「タイミングデバイスとその周辺」日本時計学会誌 No.120 (1987)
- 11) セイコーホールディングス (株) 所蔵資料
- 12) セイコータイムシステム (株) ホームページ 設備時計 放送局用標準計時装置

7 クロックに使用される外装材の導入技術

クロックにはインテリアアイテムとして様々な外装材が使われている。デザイナーの意図に合った材料・形状を具現するためにはクロック特有の生産技術が必要になる。

本章では、代表的な外装素材を取り上げ、そのクロックへの導入技術を記述する。

7.1 木枠¹⁾

木は生き物であり、内部に水を含んでいるために、外部の温度・湿度の影響を受ける。クロックの枠材として木枠を使用するときは、この水を含んでいる量が非常に重要であり「含水率」と呼んでいる。

木の含水率は生材で50~200%であり、伐採して放置すると20%くらいにはなるが、それ以下にはならない。クロックの木枠では強制乾燥して15%以下にして木工加工する。強制乾燥後、温度と湿度が一定ならば、含水率は一定になる。これを「平衡含水率」という。一般の家での平衡含水率は9~14%である。

木工工場では含水率の管理が大変重要である。丸太に対して刃の入れる方向によって木材の伸縮率が異なるので、木組み設計時は要注意である。(半径方向収縮率0.1%に対して、接線方向収縮率0.3%)

■天然木加工工程

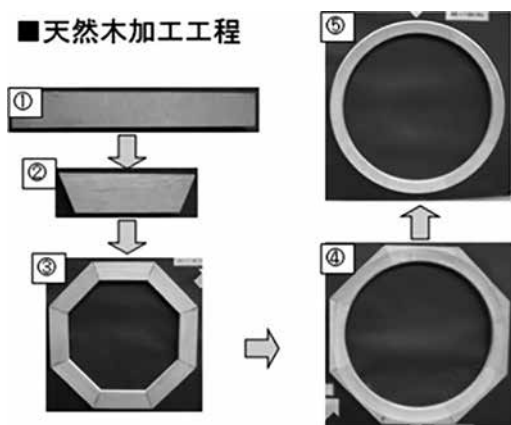


図 7.1.1 クロック用木枠の一般的な加工工程¹⁾

木工塗装について

プラスチックと比較すると、表面が凸凹で、研磨して塗装すると毛羽が出る。そのため、塗っては研磨し、塗っては研磨しを何度も繰り返して仕上げる。クロックデザインは複雑な形状で加工精度も出ないために自動化が難しく、木工加工・塗装は労働集約型の作

業であり熟練技能が必要である。

一般的なクロック外装枠の木地塗装工程は、
木地研磨(サンドペーパー)→木地着色(目止め)
→下塗り(サンディングシーラー)→研磨(サンドペーパー)→中塗り(サンディングシーラー)→研磨(サンドペーパー)→カラー塗装→トップコート塗装
と工程が長く、プラスチック枠の塗装と大きく異なる。

更にピアノ塗装で代表される研磨光沢仕上げはさらに、塗り・研磨工程が繰り返される。ポリエステル樹脂塗料を使用するために、仕上げ後の硬度は大変高く塗装技術もより要求される。

■天然木塗装工程

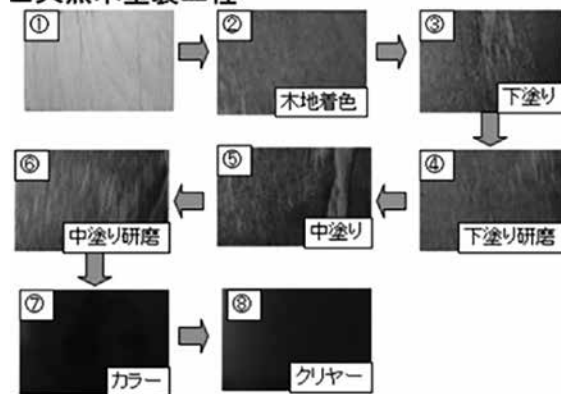


図 7.1.2 クロック用木枠の一般的な塗装工程¹⁾

楓の木を使用した年輪置き時計が記念品・贈答品として好まれた。従来、木材の年輪は通常の製造処理方法では割れが多発し商品化には適さなかった。

リズム時計は、年輪の割れ対策として京都大学が開発していた含侵技術を基に試行錯誤の実験を繰り返し、時計業界で初めて1973年に割れの無い年輪素材の作製に成功し、累計600万個の製品化につなげた。本技術は現在の木枠時計の割れ防止(常温中での目止め)技術に引き継がれ活用している。含侵技術とは真空炉中で木の導管に樹脂を注入する技術である。



図 7.1.3 クロック用木枠の製品例

7.2 黄銅枠特別処理¹⁾ (以下 MF 処理と呼ぶ Metal Finish)

黄銅は素材自体が美しい金色を持ち備えているが、極めて変色しやすく環境や表面処理如何では緑青も発生してしまう。防錆の方法としては主に塗装とメッキ処理がある。塗装は一般的な塗装では強い保護膜ができず、永く品質を保つことは困難である。一方、メッキはメッキ層の厚みによって、せつかくのヘアライン(筋目模様)の繊細さが失われ、ガラガラしたイメージの仕上がりになってしまう。また、メッキの上には防錆上薄いクリア塗装が必要になる。

そこで、黄銅の生地の色やヘアラインの美しさなどを、そのまま生かすために独自に金属表面処理技術を開発した。何度も試行錯誤を重ねて塗料メーカーと共同で独自の塗料および加工技術を開発した。

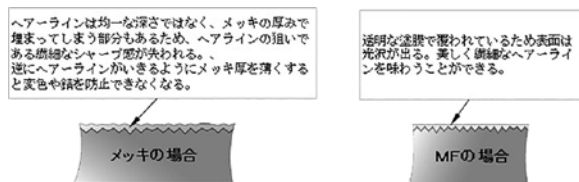


図 7.2.1 黄銅枠に対するメッキ処理と MF 処理の違い¹⁾

MF 加工のポイント

- (1) 黄銅は銅と亜鉛をメインとした合金でその配合によって色味が異なる。MF に使用する黄銅は「銅 6：亜鉛 4」で配合された色が美しく加工性に優れた材料を吟味し特別注文で調達した。粗悪な材料は「巣」が多くあり、MF 処理でも外観上を補うことはできない。
- (2) 表面加工：指定面に繊細で美しいヘアラインを加工するために、周辺部・外周ダレが起きないように工夫を施した特殊な機械を使って加工した。加工の際は潤滑剤が必要になり特殊なオイルを使用した。
ヘアライン加工では金属の細かい切削屑が出るので、加工面にキズがつかないように丁寧に刷毛かけという手作業で取り除く。
- (3) 仕上げ塗装：永く品質を保つ強い塗膜で部品全体を被うために「①ムラなく塗り重ねることが可能で②変色・錆びなどの原因となるガスなどが浸透しがたい」新塗料を開発した。隅々まで均一に塗膜が構成されるように丁寧に手吹きで塗装できる熟練技能者が必要であった。

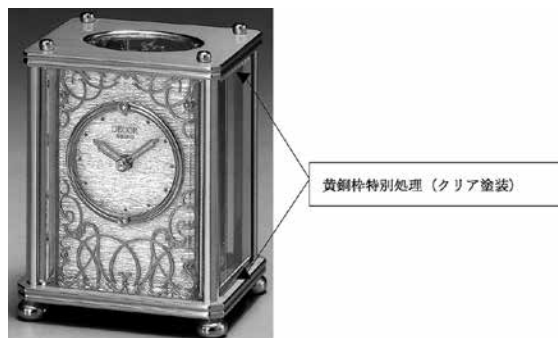


図 7.2.2 MF 処理の製品例¹⁾

以上、黄銅の材料選定から機械加工／手加工、クリア塗装の開発／塗装加工の生産安定化には時間を要したが、メッキでは得られない外観品質の高い金属枠が可能になった。

7.3 象嵌枠^{1) 3)}

掛時計や置時計の外装枠に良く使用される工芸装飾技法で木材の表面に別の木材をはめ込む技法である。突き板（貴重な木材を 0.2～0.6 mm 位に薄くスライスした板材）を糸鋸やレーザー加工で切り抜き、お互いに嵌め込んで模様をつくり、厚板に張り付ける技術である。

イタリアでは糸鋸を使用することが多く、20 枚位突き板を重ねて柄を切り抜くため、嵌め込む相手との隙間が大きかったり小さかったりと、ばらつきが出るが沢山加工できる。レーザー加工では、相手も嵌める方も同じ数値データで制御できるので、ばらつきが少ないが一枚一枚切るので作業性はやや劣る。

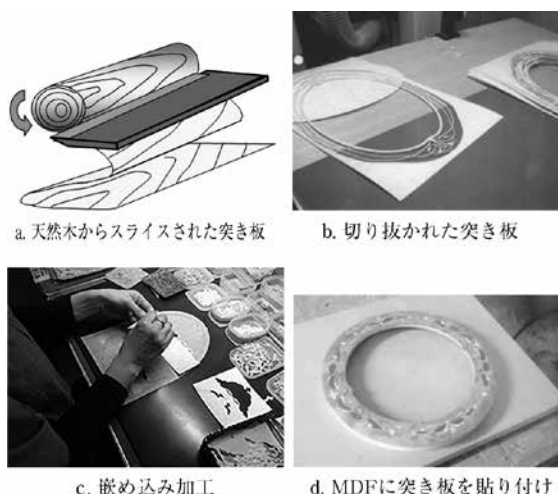


図 7.3.1 象嵌加工工程¹⁾

嵌め込まれた象嵌突き板を外装ベース材の MDF (Medium Density Fiberboard：中質繊維板) に加圧

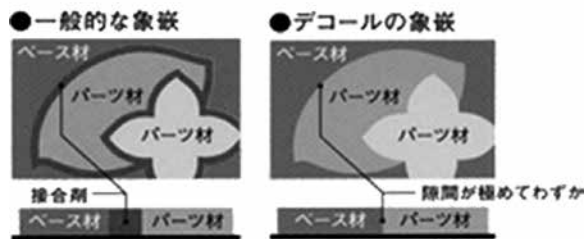
熱接着され、塗装工程を経て外装枠完成となる。加圧熱圧着時の受けと押しジグの形状及び加圧力／適正温度の設定にノウハウがある。

最高級の象嵌技法

日本でも指折りの木象嵌の加工技術を持つ銘木・突き板メーカー（北三（株））と協同した高品質象嵌加工工法がある。資源の少ない貴重な銘木を 0.2mm の厚みにスライスする加工技術は 1955 当時、世界で初めての北三（株）特有の技術力であった³⁾。



a. 精緻な象嵌製品例



b. 一般的な象嵌と最高級象嵌技法の差
図 7.3.2 精緻な象嵌加工の違い⁴⁾

従来の木象嵌では、パーツの輪郭がカットする刃物の厚さ分ほど仕上がり寸法より縮み、ベース材との間に隙間が生じる。そのわずかな寸法誤差をはじめから計算に入れ、さらに高度の刃物を用いることで今までにない精緻な象嵌を得ることができた。写真製品例では、バーズアイメープルやカリン、ウォルナットなどの天然木のパーツには染色を一切施さず、銘木本来の色合いを活かしている。白蝶貝を含めた 57 のパーツを手作業で丹念に嵌め込んでいる。仕上げた木象嵌には、塗装と乾燥を数週間かけて繰り返し、研磨光沢加工により最高級の外観である。

7.4 オニキス枠¹⁾

置時計に使用される石枠で、産地はパキスタン、アフガニスタン国境の山岳地帯である。パキスタン側でとれる石は透明感が高く、澄んだグリーンであり、ア

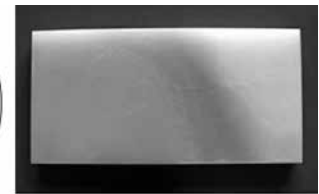
フガニスタン側でとれる石は重厚感のある、くすんだ深みのあるグリーンが特徴である。グリーン色が濃いと多色（茶色、赤）の混ざりや割れが多くなるため、大きい部材がとりにくく、従ってコストも高くなる。

アフガニスタン側の石は深みのあるグリーンで色味は良質だが、政情不安で出荷されない問題を抱えている。現在はグリーン色の入手が難しくなっており、ホワイト色が多くなっている。

置き時計サイズのオニキス枠の加工は複雑な形状の組合せ加工が必要となり加工難度が非常に高い。現在、時計以外の需要が少ないため、国内での製造は困難になっている。当初は社内及び国内協力会社で生産を行っていたが、現在は中国に生産拠点を移している。



a. オニキス原石¹⁾



b. オニキス加工サンプル¹⁾



c. オニキス枠製品例^{5) 6)}

図 7.4.1 オニキス枠

主な工程

原石→厚み荒取り→平面研削→機械加工（ボール盤加工、旋盤加工、形状作成加工）→研磨加工（砥石の荒い順に徐々に細かくし、光沢を出すために 7 工程の研磨が必要）→部品組立・検査



7.4.2 オニキス枠加工工程¹⁾

7.5 陶磁器枠¹⁾

源右衛門窯

- (1) 源右衛門窯の特有の優しい色調の杯土は、李参平により発見されたといわれる。

有田・泉山の磁石鉱と熊本県・天草の磁石鉱を調合したもの。素焼きで10%、本焼で10%の収縮を見越して同型同寸に仕上げていく。石膏の型に杯土を流して造る成型方法もある。

- (2) 素焼き

成形されたままの生地はもろくて取扱にくいので、強度を持たせるために約900℃で、約10時間かけて素焼き、下絵付けの素地にする。

- (3) 下絵付け＝染付け（線描き・濃）

線描き ＝ 「なかだち紙」に桐炭で描かれた大まかな構図を素地に写し取り、源右衛門窯独自の調合の呉須（ごす）で輪郭線を描く。

濃（だみ）＝ 線描きの内外を塗り込むことを有田では「濃（だみ）」という。

*呉須・・・染付けに使う顔料、コバルト土を精製したもの。

- (4) 上薬かけ（施釉・せゆう）

素地に呉須で下絵付けした後、水に溶いた釉薬の中に浸すと、素地の吸水性により表面に薄膜が出来る。これを本窯で焼くと透明のガラス質の膜となる。

- (5) 本焼き

釉薬を溶かしてガラス化させたり、素地を固く焼きしめるために約1,300℃で約45時間（二昼夜）かけて本焼きする。源右衛門窯が現在使用している窯は、100年以上も前からの薪窯で、燃料となる薪は赤松だけを使う。本焼き後、火を止めてから窯だしまで、やはり二昼夜の自然な冷却時間をとる。今でも薪窯を使用しているのは、赤松の薪の炎が呉須の発色と釉薬の表面の肌合いに微妙に影響を及ぼすこと、焚き始めから窯出しまで丸四日をかけてゆっくり焼成し冷却する過程が、ねばりのある強い磁器になる等が理由である。

（呉須（ごす）：コバルト化合物を含む鉱物の名で磁器の染付けに用いる顔料で焼成により釉と溶けて藍色に発色する。）

- (6) 上絵付け＝赤絵（線描き・濃）

本焼きから上がった後には文様によって赤、緑、黄、金などの上絵が付けられ、約800℃で、約5時間焼成する。使われる絵の具は、有田和絵具と言われるもので、赤、金、銀を覗いてフリット（唐石・とうせき）というガラス質のものに顔料（鉱物性着色剤）を加えた透明感のある伝統的な絵の具で、釉面から盛り上がっている。やはり、染付けの絵付けと同じように、線描きと濃のパートに分かれて施される。

陶磁器をクロックの外装材に使用するときは、陶磁器製造過程での収縮による寸法のばらつきが生じるために、そのばらつきを吸収する設計が必要となる。



図 7.5.1 陶磁器枠加工サンプル¹⁾

カッコウ時計とハト時計

(織田一朗 「時計の針はなぜ右回りなのか」

ハト時計のハトはなぜカッコウではいけないのか)

日本ではハト時計が昔から根強い人気がある。日本には昭和の初期にヨーロッパからカッコウ時計として入ってきた。

もともとは、ドイツやチェコでモミの森で鳴くカッコウの姿をデザインしたものであるが、日本に入ってからカッコウがハトに替えられてしまったのである。

なぜカッコウがハトに替わったのかは明確ではないが、カッコウが日本ではなじみが薄いのかは別として、日本で製造を始めるにあたって子供に分かりやすく、平和のシンボルにもなっている好イメージからハトになったというのが通説である。もちろん、鳴き方が「クックー」と単純で、似通った音をふいごの仕組みで出せることも関係している。

しかし、欧米では今でも昔から変わらずカッコウ時計と呼んでいる。

参考・引用文献

- 1) セイコークロック（株）社内資料
- 2) リズム時計工業（株）社内資料
- 3) 北三（株）社内資料 銘木ラボ トピック ツキ板のできるまで
- 4) Press Release 「セイコーデコール木象嵌電波掛時計を発売」 セイコークロック（株）2003年11月10日
- 5) DECOR SEIKO カタログ 1991
- 6) DECOR SEIKO カタログ 2002

8 | 今後のクロック展望¹⁾

かつて時計は家に1台、家長が時計のぜんまいを巻いて家族の時間を司るのが一般的な光景だった。当時の呼び名は『柱時計』あるいは『ボンボン時計』、クロックの語源はラテン語の「鐘」といわれているが、広い意味で捉えれば 時刻の到来を「音」で伝えていた生活は遥か昔からそう変化していなかった とも言えなくもない。

その後の、日本で「核家族化」が進んだ1960年前後から現在に至るまでの約60年間のクロックの変化は、それ以前の時間の長さにと比べると驚くべきスピードだったことになる。目ざまし時計の需要が拡大したことで一家に1台から各部屋に1台となり、昨年50周年を迎えた家庭用クォーツクロックがその変化を一気に加速させた。改めるまでもなく「クォーツ化」は『正確な時刻表示』をもたらしたのだが、電池駆動による『手間いらず』と、生産性向上による『低価格化』も忘れるわけにはいかない。

①正確さの追求 から コネクティビティの追求へ

クォーツ化が時刻精度をつかさどる「振り子」と動力源の「ぜんまい」を不要としたことで機械体は小さくなった。一家1台時代には必須の機能であった「報時」の必要性が減り、結果として振り子がなく、また報時も行わない『壁掛け時計』あるいは単に『掛時計』へと呼び方さえも変化した。そう言えば最近『柱時計』という言葉聞く機会もめっきり減ったように感じる。

今年（2019年）は「標準電波」の運用から20年目、実質的には誤差ゼロと言える原子時計で管理された情報を受信するのだから、「電波クロック」は精度的には殆どゴールに到達したと言えなくもないのだが、“受信出来なければ普通のクォーツ時計”の状況は、実は20年前と比べ 電波が入りにくい頑丈な構造へと変化しているマンションやオフィスビルなどではむしろ増えている との声も聞かれる。その点では、その後誕生したGPSの電波を受信する「衛星電波時計」もしかりである。

そして昨年登場したスマートフォンのアプリケーションを介して時刻を同期させるクロック。特別な設

備を整えなくても、また電波を受信できない環境でも正確な時刻表示が可能となったわけだが、「電波時計」「衛星電波時計」も含めてベースとなっているのはすべてクォーツ。そこになんらかの外部情報を繋げることで一歩上の性能を実現させている時計である。

近頃、日常生活上でも耳にしない日はない「AI」や「IoT」「スマート○○」。すべて、工業製品（モノ）の価値は「コネクティビティ（繋がり）」無しには語れなくなることを言い表している。人間が共同生活を営む上での基本中の基本情報でもある「時間と時刻」の表示道具として存在してきた時計（クロック）もその例外ではないと考えねばならない。些か強引ではあるが、クロックは「電波時計」や「スマホ同期クロック」でいち早くその「繋がり」の道に足を踏み入れた製品とも言え 次は 「何に繋がる、何のために繋げる」のか？ を考える時代になったのかもしれない。

②楽しさと新しさの追求 贈り物としての存在

電波時計はクロック需要に思ってもいなかったある変化をもたらした、それが「デジタルクロック」の復活である。標準電波運用直前のクロック業界にあっては、デジタル表示クロックはいわゆる「安物」の烙印を押され、まさに市場から淘汰される寸前の存在であった事実はあまり知られていない。唯一ともいえる例外が一世を風靡したセイコーのピラミッドトーク。「音声による時刻の告知」とそのユニークなデザインが様々なプレゼント場面でひっぱりだこになっていたのだが、そこに日本における贈答需要とクロックの関係を見て取ることが出来る。

80年代半ばから90年にかけてはバブル景気真っ盛りで多くの法人需要（記念品や贈答品）にクロックが指名された時代。永年勤続、退職記念、社長・役員就任祝い、新社屋竣工祝い、創立周年記念等々 時の流れの一瞬を切り取って記念するとの意味から「時計」が採用されたが、その主役は木枠・石枠・ガラス枠・陶器枠など様々な素材が展開され、比較的単価も高かった置時計。中でも悠久の時の流れの産物であり、圧倒的な重量感と高質感を兼ね備えた大理石（オニキス）枠が人気だった。

ところが電波時計誕生前後は景気の冷え込みで販売が芳しくなかった置時計。代わって主役に躍り出たのが「電波デジタル時計」なのだ。もちろん登場から間もない物珍しさもあったのだろうが、電波によって時刻が自動的に修正されるという機能は直感的にアナログよりもデジタルに結び付きやすい（イメージしやすい）ことと、発売当初より3,000円から商品がラインアップされていたことが、従前に比べ予算が下がっていた贈答需要に好適であると評価されたのである。

外壁に設置された「マリオンクロック」がその後のカラクリ時計ブームのきっかけとなった有楽町マリオンのオープンが1984年。遅れること3年、シチズンから家庭用カラクリ時計が発売され、毎正時を音楽とパフォーマンス（動き）が知らせる楽しさがプライベートギフトアイテムにぴったりと注目された。音が時を知らせるとの意味ではかつての「ボンボン時計」以来の主役の座である。

時は同じく、TDL開園（1983年）を機に伸長していた「キャラクタービジネス」が一気に伸びたのが90年代前半から半ばにかけて。クロックでもディズニーをはじめとしたキャラクター時計の販売が急増し、特におしゃべりする立体造形の目ざまし時計が一大ブームを巻き起こしたのだが、その需要も家庭内ギフトや、様々なパーティーの景品として多くを占めていた。

長々と先例を羅列してきたが、クオーツ化以降のクロックの歴史をたどると、個人・法人の別なく様々な贈答需要に応えられてきたこと、そのキーワードが「楽しさ」や「新しさ」であったことが見て取れる。贈答需要の多様化（例えば商品からチョイスカタログや商品券への変化など）の中にあっても、電波時計誕生から20年を経過した今も、各社から様々なデザインや新仕様が提案されているデジタルクロックの人気は続いている。

③終わりに

インターネットという言葉が生まれ、ウインドウズ95が発売されて僅か四半世紀余り、スマートフォンに至っては普及の先鞭をつけた初代iPhoneからたったの10年（！）。恐らく今後も、クロックの世界では劇的と感じたこの60年間のそれとは比べるまでもなく、私たちを取り巻く「変化」のスピードは更に加速することはあれ緩むことはないであろう。

一方で最近のクロック購買動向調査によれば「壁には傷をつけたくないので掛時計は使わない」の回答が特に若い女性層で多く見られ、「目ざまし時計ではなくスマホで起きている」人の割合は年代を問わず増加している。また、景気回復も直接的には法人贈答需要拡大には結び付かず、かつてのように置時計の売上げが左右される時代ではなくなった等々なかなか厳しい現実がある。今までのクロックのままだと市場からの退場を命じられる可能性もあるのかもしれない。

予てより、クロックを語る際には「掛けて使う時計」と「置いて使う時計」に分け、後者の中でアラーム機能が中心のものを「目ざまし時計」として都合3分類で捉えてきた。ウオッチの日本語が「腕時計」であるのに対し、クロックは？の答えを言い表し難いのは、斯様にその形態や商品性格が異なる製品の集合であるためだとも言える。

強引かもしれないが、実は“そうだからこそ”これからもクロックには存在感を発揮しうる様々な可能性と発展性が潜んでいるのだ、そう思っている。何故なら、目まぐるしいほどの技術進化の時代にあっても、「時間」や「時刻」を認識し共有することはやはり永遠であり、健康と「睡眠」の関係も最近も頻りに注目されていて、また「贈答」で様々な心情を通わせあうことは人間の普遍的な行動だと信じたいから。

時刻を知ろうと何気に視線を向ける先にあるのが掛時計や置時計、つまり、家庭内でもオフィスにおいてもその空間上の“ゴールドスペース”と呼ばれるところに位置するのがクロックである。既に最良の設置場所は確保されているのである。先に触れたコネクティビティを追求するにあたって、「正確な時刻表示」に留まらないプラスアルファを考えるべき環境は実は以前から準備されていたと捉えねばならない。

少し話は逸れるが、記録的な猛暑だった昨夏「電波デジタル掛時計」が大きく売上を伸ばした。理由は、多くの機種が有す「温度/湿度」表示が熱中症の予防にうってつけだったからだ。もちろん今はクロック内蔵の「温度・湿度」計、「コネクティビティ」検討のヒントはそこもある。

捉え方にもよるが、「目ざまし時計」の置かれる“枕元”もゴールドスペースではと思う。何故なら数時間ものあいだ身に着けたり、あるいは身近に置くモノ

(ハードウェア)は意外に少ないから。携帯電話やスマホの登場以前は 腕時計と目ざまし時計くらいだったのではないだろうか。

近年になり、これまで謎とされてきた「睡眠のメカニズム」に関する研究が進み、レムやノンレム睡眠のサイクル以外に「どうすれば心地よい起床が出来るか」が少しずつ解明されてきている。起きる瞬間＝「時刻」を知らせるだけではダメで、睡眠している「時間」をある程度把握すれば・・・とのこと。大音量ベルや、止めてもまた鳴りだす「スヌーズ」など、これでもか！の追求で 起床時の“嫌われ者”であり続けてきた「目ざまし時計」を“さわやかな目ざめのツール”に変貌させる日もそう遠くないかもしれない。

「正確さ」と「新しさ」「楽しさ」に加えた「コネクティビティ」追求の先にあるのは、もはや「時計」という概念を超えたものなのかもしれない。掛・置・目というカテゴリー区分では語れない「クロック」の新時代の到来を楽しみにしたい。恐らくその「クロック」は その時でも“人間の生活に最も身近なハードウェア”として存在しているはず だから。

参考・引用文献

- 1) 土井一朗 セイコークロック (株) 執筆

謝 辞

本報告書作成に当たっては、各方面の関係者の方々のご協力および日本時計学会発行クロック関連の多数の文献を引用・参考にさせていただいたことに深く感謝申し上げます。(敬称略、順不同)

一般社団法人日本時計協会 山本 尚、鈴木順一

一般社団法人日本時計学会 大隈 久

カシオ計算機株式会社 新美正純

リズム時計工業株式会社 加部 浩

元ジェコー株式会社 増田純夫

セイコーミュージアム 村上 斉、沼尻守弘

セイコータイムシステム株式会社

北川清樹、松下康裕

セイコークロック株式会社

土井一朗、佐々木 淳、今村美由紀

元セイコークロック株式会社

宮里孝典、土屋栄夫、伊澤 實、

長谷部貞夫、山内悟

付表1



クロックの製品推移

西暦 年号	1946年 昭和20年	1955年 昭和30年	1965年 昭和40年	1975年 昭和50年	1985年 昭和60年	1995年 平成7年	2005年 平成17年	2015年 平成27年
S:セイコー・クワック R:リズコム時計工業 O:ガンオ計装機								
1. 基本機種の高度化設計								
2. 多様化するクロックの開拓								
2.1 利便性								
2.2 アミューズメント化								
2.3 高品質化								
2.4 情報化								
2.5 クロック技術展開								
3. 完成度向上を目指して								
クロックの製品								
デジタル表示クロック								
6世紀頃	ヘラクレス時計							
11世紀頃	水運機象合							
14世紀頃	ヨーロッパの 時計塔							
19世紀	万年時計							
1992年	新酒NSビル 大空襲り子時計 「ユックリリズム 響り子時計」							
1994年	有楽町 「マリオン クロック」							
1990年代～	家庭用からくり							
1. 基本機種の高度化設計								
2. 多様化するクロックの開拓								
2.1 利便性								
2.2 アミューズメント化								
2.3 高品質化								
2.4 情報化								
2.5 クロック技術展開								
3. 完成度向上を目指して								
デジタル表示クロック								
6世紀頃	ヘラクレス時計							
11世紀頃	水運機象合							
14世紀頃	ヨーロッパの 時計塔							
19世紀	万年時計							
1992年	新酒NSビル 大空襲り子時計 「ユックリリズム 響り子時計」							
1994年	有楽町 「マリオン クロック」							
1990年代～	家庭用からくり							

からくり時計の主なピックス

6世紀頃	ヘラクレス時計	
11世紀頃	水運機象合	
14世紀頃	ヨーロッパの 時計塔	
19世紀	万年時計	
1992年	新酒NSビル 大空襲り子時計 「ユックリリズム 響り子時計」	
1994年	有楽町 「マリオン クロック」	
1990年代～	家庭用からくり	

クロック技術 産業技術史 資料 所在確認

番号	名称	制作年	制作者	資料種類	資料現状	所在地	選定理由
1	世界初水晶振動子 SPX-961	1968年	精工舎	量産品	保存	セイコーミュージアム (東京都墨田区東向島)	156Hzスバイラル振動子を真空管の中に封入し、零周波数温度係数を実現した。単1乾電池2個で電池寿命1年の世界初の家庭用水晶振動子
2	世界初水晶目覚時計 QP701	1972年	精工舎	量産品	保存	セイコーミュージアム (東京都墨田区東向島)	4.194304MHzATカット水晶振動子と自起動連続回転モータによる世界初の目覚時計の開発
3	年輪時計:年輪SQ221	1980年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	時計業界で初めて割れの無い年輪素材の実用化に成功。現在の木枠時計の割れ防止(常温中での目止め)技術に引継がれている
4	ふいご機構:カッコームーブ #4096-D10A系	1982年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	1つの笛を用い機械的にバルブを稼働し音程を変え、カッコーの擬似音「ホッパー」を奏でるふいご機構。日本で約40年間量産を続けている技術
5	音声報時ピラミッドトークDA570	1983年	精工舎	量産品	保存	セイコーミュージアム (東京都墨田区東向島)	・ピラミッドのシンボリックなデザインから音声で報時 ・CPU・音声合成IC・アンプICの3チップ高集積度実装開発
6	おしゃべり伝言書:伝言書850	1986年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	着脱可能なミニカセットテープを利用し、ユーザー好みのアラーム音や家族間の伝言等を目覚まし音にした時計
7	人感センサー付きELパネル照明時計: ELセンサー600	1986年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	人を感じし暗い場合でも表示が鮮明に見えるELパネル照明時計
8	タイム&カレンダー時計 IC-350	1988年	カシオ計算機株式会社	量産品	保存	カシオ計算機株式会社 東京都羽村市栄町	カレンダー表示付きコンパニ時計のカレンダー・ユニット実装外装構造の開発
9	超薄型振動子 HS301	1989年	精工舎	量産品	保存	セイコークロック株式会社 (東京都江東区福住)	金属外装厚み9.5mm・機械体厚み2.5mm・平均年差±10秒・10年電池寿命の開発
10	デジタル電波目覚時計 DQD-11	1996年	カシオ計算機株式会社	量産品	保存	カシオ計算機株式会社 東京都羽村市栄町	長波標準電波デジタル目覚時計の実装外装構造の開発と振受信確率の小さい電波受信アルゴリズムの開発
11	サイレントステップムーブ: B1053C000W	2001年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	・静かな動作で正確な秒位置確認のできる運針方式の開発 ・秒針は0.5秒間連続で1秒分動作、0.5秒間停止する運針
12	ソーラー発電電波クロック: エコライフM686	2004年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	・乾電池不要のソーラー発電で環境にやさしい電波時計 ・低消費電力で駆動可能な電波時計の開発
13	高級からくり置き時計 悠久AZ301	2005年	セイコークロック株式会社	量産品	保存	セイコーミュージアム (東京都墨田区東向島)	中国北宋時代に造られた「水運儀象台」をモチーフに開発したからくり置時計
14	スリーウェイク高感度電波クロック: スリーウェイクM732	2006年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	・標準時刻電波の受信しにくい環境でも正確な時刻表示をできるようにした電波時計 ・標準電波40kHzと80kHz+AMラジオ時報のスリーウェイク受信の電波時計
15	ムーブ原点位置検出構造: ムーブA1072C000	2014年	リズム時計工業株式会社	量産品	保存	リズム時計工業株式会社 埼玉県さいたま市大宮区北袋町	フォトランジスタとLEDを使用し、その光路に透光体を設けたムーブ原点位置検出構造で、ムーブのコンパクト化とレイアウト制約の低減および組立工数低減を可能にした

「クロック技術の系統化調査」 正誤表

ページ	段落	行	技術の系統化調査報告 共同研究編 第12集 2019年3月 (誤)	全文PDF版 2019年8月 (正)
53	右	3	(1)	21)
53	右	5	(2)	22)
53	右	8	(3)	23)