



プラハ 旧市庁舎の天文時計(1410年チェコ共和国)

現存する中世の機械式時計塔の一つ。時間ごとにキリストの十二使徒の像が現れる人形仕掛けになっていて時を知らせるほか、月と星の位置も示す。

時を刻み、 豊かな社会をつくる 時計の誕生とその進化

●監修 セイコーミュージアム 小針 宏明氏

ぜんまい仕掛けの歯車で動き、正確に時を刻む機械式時計。目に見えない内部には、200〜300点ものパーツが複雑に組み込まれています。その精緻を極めた技術は、一体どのようなようにして生まれたのでしょうか。そして、どのような豊かな社会をつくり出したのでしょうか。時計の誕生とその進化の歩みを見てみましょう。

自然から機械の時計へ

太陽や月の動きなど、自然現象を観察することで人類は時の流れを知り、やがて時計を生み出しました。世界で最初の時計は紀元前4000年ごろ、エジプトで誕生した日時計だとされています。エジプト人は地面に立てた棒の影の長さや角度で時間の推移を知りました。その後、太陽が出ていない夜でも使える水時計、航海時に揺れる船上でも使える砂時計など、さまざまな時計が発明されましたが、いずれも自然の力を利用したものでした。私たちが時計としてイメージする機械式時計の登場は、13世紀末まで待たなくてはなりません。

機械式時計は1270〜1300年ごろ、現在の北イタリアか南ドイツで誕生したとされます。時計といっても最初は文字盤や針はなく、鐘の音で時を知らせていました。人の力で吊るしたおもりを巻き上げ、その落下する力を動力とする構造には、強度と耐久性に優れた鉄が使われました。当時の機械式時計の精度は非常に低く、1日に30分から1時間もの誤差がありました。人間が自然に左右されない時間を手に入れた最初の一步といえます。

機械式時計の誕生にはキリスト教が深くかかわっています。祈祷などの時間を知らせるため、修道院や教会の塔に設置されたのが始まりでした。15〜16世紀になると市庁舎や公共広場などにも塔時計がつくられました。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塔時計によって、人々は時間で秩序ある生活を営むようになります。そして都市の商人や職人たちの間

機械の仕組みを使う

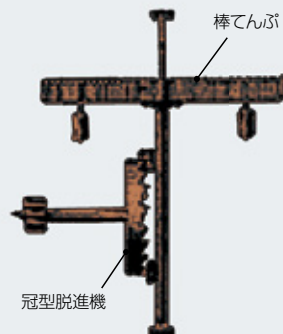


©セイコーミュージアム

振り子時計

(1700年代後半 イギリス製)

ガリレオが発見した振り子の等時性を応用し、ホイヘンスが1656年に1日に数分程度の誤差に抑えた振り子時計を発明した。振幅の誤差の大きい棒てんぶに代わる調速機として振り子を採用。機械式時計の精度は飛躍的に向上した。



最初の機械式時計のメカニズム

巻き上げられたおもりを一定のスピードで落とし、歯車を回していくため、脱進機と呼ばれる機構が使われていた。おもりの重さで一気に回ろうとする歯車を、棒てんぶの一定リズムの振動を利用して、冠型脱進機の上下のつめがブレーキをかけて、スピードを調整する仕組みとなっている。



てんぶぜんまいの新機構開発

ホイヘンスは1675年、てんぶぜんまい※1に脱進機を取り付けて歯車の刻みの速さを正確に調整しながら常に動力を供給する機構をつくった。これにより携帯可能な時計が現実のものとなった。



©セイコーミュージアム

最初の機械式時計

(1500年ごろ イギリス製)

機械式時計の登場は13世紀末。おもりが落下する力を利用し、鐘の音で時を知らせた。当初、時を告げるのは鐘の音だけだったが、14世紀に入ると文字盤と針が付けられるようになった。

てんぶぜんまいの発明

に生産性と労働時間という価値概念が生まれ、資本主義の社会システムが成立しました。

初期の機械式時計はおもりの落下を利用して、大型で高さが必要でした。そのため設置されるのは高い塔などに限定されました。しかし15世紀後半から、おもりに代わって時計の動力にぜんまいが使われるようになります。ぜんまいの発明者ははっきりしていませんが、薄い鉄の板を巻き、それが元に戻ろうとする力を利用することで、時計の小型化への道が切り拓かれました。

精度についても17世紀に大きな進化がありました。オランダのクリスチャン・ホイヘンスは1656年、等時性を持つ振り子を使った時計を発明し、誤差を1日に数分程度にまで縮めることに成功しました。さらに19年後の1675年、やはりホイヘンスが今度は「てんぶぜんまい」と呼ばれる仕組みを考え出します。彼が発明した振り子時計は、精度は高いものの、移動させると振幅がずれるため持ち運びには向いていませんでした。そこで、ぜんまいに振り子の役割を担わせたてんぶぜんまいを考え出し、時計に应用します。小型で振動にも強く、精度も高いてんぶぜんまいは、その後の懐中時計や腕時計の誕生にもつながる画期的な発明でした。ホイヘンスが発明した振り子時計やてんぶぜんまいの技術は現代においても機械時計の基礎となっています。そのため彼は「機械時計の父」と呼ばれています。

※1 てんぶぜんまい：ひげぜんまいの等時性によって時計の精度を決める心臓部。

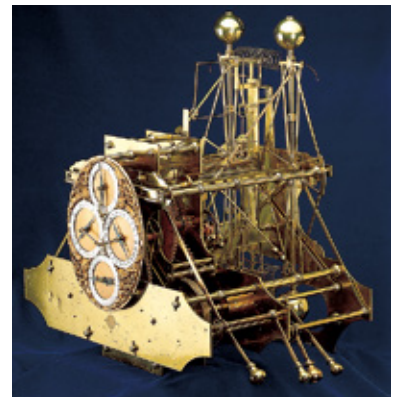
時計技術の発展と普及

超複雑時計 「マリー・アントワネット」 (1827年 フランス製)

1783年にフランス王妃マリー・アントワネットから依頼を受け、時計界のレオナルド・ダ・ヴィンチと称された天才時計師アブラアン・ルイ・ブレゲが、当時最新鋭のあらゆる技術を網羅して開発に着手。あまりにも精巧な技術を要したため、王妃の死から34年後に完成した。写真は復刻版。



© National Maritime Museum, Greenwich, London, Ministry of Defence Art Collection



© National Maritime Museum, Greenwich, London, Ministry of Defence Art Collection

マリンクロノメーターH4 (1761年 イギリス製)

ジョン・ハリソンは生涯40年近くにわたって、航海用時計の製作に没頭し、1761年に最高の作品H4を完成。温度変化時に鋼と真鍮のバイメタル部品がてんぶのひげぜんまいの長さを自動調整できる機構が画期的だった。

マリンクロノメーターH1 (1735年 イギリス製)

真鍮の骨組みに木材の歯車を付けたぜんまい式の航海時計。1736年リスボンに向かう船で、その高精度を証明した^{※2}。



© ブレゲ社



安全な航海に欠かせない クロノメーター

ホイヘンスが発明した技術を洗練させ、産業として花を開かせたのは18世紀のイギリスでした。大航海時代、欧州諸国では海上での船の衝突や遭難事故が多発していました。安全な航海に欠かせない経度を測定するための正確な時計がなかったからです。そこでジョン・ハリソンが1735年、マリンクロノメーターを開発しました。

1772〜75年、海洋探検家のジェームズ・クックが使用した時計は、ハリソン製の複製クロノメーターでした。3年の歳月で、荒れ狂う海と赤道と南極圏の大きな温度差にさらされながら、誤差はわずか1分程度という驚くべき正確さを発揮しました。ハリソン設計のクロノメーターによって、イギリスの時計産業が急成長します。そして大洋を自由に航海できるようになったイギリスは大英帝国を築くことになりました。

さらにイギリスで産業革命が起こります。一般に蒸気機関の発明や紡績業・製鉄業の勃興などが知られていますが、実は物理学と機械工学に長けた時計職人は当時最も優れた技術者集団でした。彼らの技術が基礎となり、蒸気機関なども完成したと言われています。イギリスの時計産業は近代化の牽引役でした。

時刻を正確に確認できる 鉄道時計

時計産業はその後、中心地をイギリスからスイスへと移します。スイスには、かつて16世紀

※2 経度の測定：海上で自分がいる場所の経度を知るためには、船上と出発地の時差で換算できる。例えば出発地を正午に出航し、翌日太陽が南中したとき時計を見て、2時間の時差があった場合、経度にして30度(360度÷24時間×2時間)進んだことがわかる。



ビッグベン(1859年イギリス)

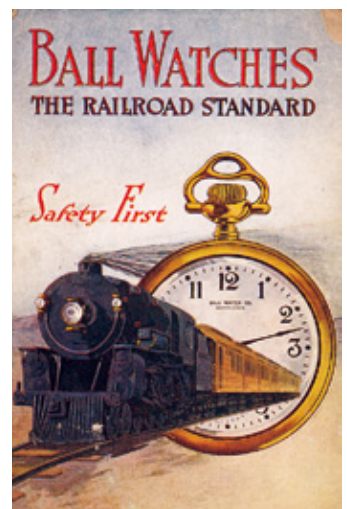
世界で最も有名な時計塔。塔の上で雨風の影響があるなか、いまだに1日わずか1秒以内の誤差で動き続けている。



©セイコーミュージアム

ウォルサム社製鉄道時計
(1918年 アメリカ製)

アメリカの鉄道時計は、信頼性の高さから日本をはじめ世界各国の鉄道で採用された。



©ボール・ウォッチ社

鉄道時計の広告

イギリスのグリニッジ標準時を標準の時間とする、鉄道時間という時間体系が1884年に全米で採用され、鉄道時計の普及とともに鉄道事故は低下した。そして鉄道時間から生まれた標準時の考え方が世界で一般的に普及していく。



©セイコーミュージアム

振り子式塔時計
(ビッグベンのプロトタイプ)

時計の精度を高めた鉄の合金材料開発

1725年以降、振り子や円てんぶのひげぜんまいは、「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」という特性が一般に知られるようになりました。この特性に着目し、イギリスのジョン・ハリソンは膨張しにくい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を1735年ごろ開発。その後、バイメタルを応用した円筒振り子が1845年につくられ、ビッグベンに採用されました。

またスイスのシャルル・ギヨームが1899年、懐中時計用にニッケル合金を使った温度補正に優れたギヨームてんぶを開発。1913年には温度変化時でも体積もバネ力の変化も少ないニッケル鉄クロムの特殊合金を発明し、時計の精度向上に大きく貢献しました。

に時計産業が盛んだったフランスとドイツから宗教戦争によって国外追放となった時計職人たちが亡命していました。18世紀後半になると資本家の指揮のもと工業化が進み、19世紀半ばスイスは世界一の時計王国になりました。

そして、まだ高級品であった時計を一般大衆の手に届けることに成功したのは、海の向こうの新興国アメリカでした。アメリカには、欧州と異なり中世以来のギルド的手工業の伝統がなく、大きな市場に旺盛な需要がありました。そのため19世紀前半には部品を標準化し、流れ作業で組み立てを行う大量生産システムが確立しました。これは時計製造にも応用され、大幅にコストを下げることで、まず家庭用の掛け時計や置き時計が普及し、続いて懐中時計が量産化されるようになります。

懐中時計の量産の背景には鉄道網の発達がありました。当時の時計は精度が低かったこともあり、鉄道事故が多発していました。なかでも歴史的によく知られているのが、1891年にオハイオ州で起きた「キプトンの悲劇」です。機関士の時計が4分遅れていたため列車同士が正面衝突し、機関士2人と乗務員9人が犠牲となりました。

キプトンの悲劇をきっかけに、アメリカでは鉄道時計の認定基準「レイルロード・アプルーブド」がつけられます。1週間に30秒以内の精度とするなど、当時としては非常に厳しいものでしたが、各メーカーは技術改良を重ね、基準を満たした時計の開発に成功します。これによりアメリカ製時計の信頼性はさらに高まり、国内だけでなく世界各国に広まっていきました。

時計技術大国ニッポンへの道なり



ピニオン自動旋盤機の開発と懐中時計の量産化(1909(明治42)年)

©セイコーミュージアム

アメリカの自動旋盤機を参考に1台で歯車の荒挽き・歯割り・仕上げの3工程を一気に完結できる自動旋盤機を開発。生産効率が飛躍的に伸び、25人を擁していた加工が1人でできるようになった。このピニオン自動旋盤機で大衆向け懐中時計の名機「エンバイヤ」がつけられた。



1920(大正9)年当時の最新鋭工場

©セイコーミュージアム

精工舎はスイスや国内メーカーの主流であった水平分業生産方式ではなく、全ての部品から組立まで一貫して製造する垂直統合生産方式を導入。量産化と品質向上の両立を追求した。



©セイコーミュージアム

錦絵歌川豊国の江戸城の時計師

江戸城を囲む9カ所の寺や町中で、初めは幕府が時報を管轄していたが、間もなく庶民のための鐘となり、全国各地で鐘の鳴らない所はないとまで言われるようになった。



©セイコーミュージアム

初期一挺天符目覚付掛時計(江戸前期)

最古の和時計の一つ。鐘の下に分銅が付いている棒てんぶの往復運動を利用して、冠型脱進機といわれる歯車が時計の動く速さを制御し、ひもの先に吊り下がっているおもりの重さで動く。毎日2回(明け六ツと暮れ六ツ)、分銅の位置を調整し季節ごとの時刻に合わせた。

和時計の誕生

日本に初めて機械式時計が入ってきたのは室町時代でした。最も古い記録では1551(天文20)年、フランシスコ・ザビエルが戦国大名の大内義隆に献上したという文献が残っています。その後、キリスト教の布教とともに、各地で宣教師たちが時計製作を指導するようになります。

江戸時代になると、季節ごとに異なる昼夜の長さによって時刻を合わせる不定時法に対応させた「和時計」と呼ばれる日本独自の機械式時計が考え出されました。時を知らせる鐘には城の鐘、寺の鐘、町の鐘と複数の種類があつて、昼夜を通して一刻に1回の報知がなされていました。このような精緻な時報システムは世界でも類のないものでした。「早起きは三文の徳」といった言葉が商家の家訓に見られるように、時間という感覚が庶民の暮らしに深く根づいていました。

国内時計産業の夜明け

1873(明治6)年、日本は欧米にならぬ太陽暦と定時法を採用する改暦を実施しました。改暦によって、欧米列強との外交や通商での混乱がなくなり、官吏や将校、富豪の間のステータス・シンボルとして西洋の懐中時計が流行しました。また掛け時計や置き時計が学校、役場、交番、郵便局などの公的機関に設置されるようになりました。さらに1880年代末ごろからの会社設立ブーム、サラリーマンや書生の増加などによって、機械式時計の需要が増えていきました。

時計が生活必需品となるにつれて、東京・京都・名古屋・大阪を中心に時計商が増え、同時に工場を開設して製造する業者も現れました。そう



© セイコーウオッチ(株)

グランドセイコー9S8シリーズ (2009(平成21)年)

ひげぜんまいと脱進機に最新の素材・製法を採用し、1時間に3万6,000振動を可能にした高精度モデル。外装にはステンレスやチタンも使われている。



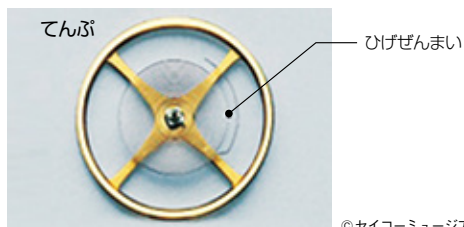
© セイコーエプソン(株)

世界初のクォーツウオッチ(1969(昭和44)年)とクォーツ量産ライン

時間精度1ヵ月±5秒以内という、腕時計の歴史を変えた高精度を実現。特許技術の公開によりクォーツ腕時計は世界的に普及した。



© セイコーミュージアム



© セイコーミュージアム

鉄の特殊合金によるひげぜんまいの新規開発(2008(平成20)年)

セイコーは1940(昭和15)年から、東北大学の増本量教授(当時)と機械式時計で最も重要なパーツであるひげぜんまい用に、コバルト系の特殊合金を開発してきた。そして2008(平成20)年、100種以上に及ぶ材料の組織実験を行い、鉄やコバルト、ニッケル、クロム、モリブデンなどを配合した特殊合金で、髪や毛より細いひげぜんまいを新たに開発。これにより長時間一定のリズムで動き続ける世界最高水準の時計、グランドセイコーがつくられている。

東京・銀座4丁目交差点の竣工当時の時計塔

1932(昭和7)年竣工。当時の時計塔の中には鐘楼があり、街行く人々に時を告げてきた。銀座のシンボルとして今も愛され続けている。

日本発の世界標準・クォーツ

したなか、のちに「東洋の時計王」と呼ばれた服部金太郎が、1881(明治14)年に服部時計店現在のセイコーホールディングス(株)を創業し、続く1892(明治25)年に製造工場、精工舎を設立しました。日本の時計メーカーとしては後発でしたが、欧米の技術を積極的に学び、最新設備を導入して生産体制を確立します。1913(大正2)年に国産初となる腕時計の開発、1929(昭和4)年に鉄道時計への採用などに成功。海外輸出にも乗り出し、世界における日本の時計の評価を高めていきました。第二次大戦によって日本の時計メーカーは大きな打撃を受けます。しかし品質向上と生産体制の整備に努め、日本は着実に時計技術大国としての地位を築いていきました。

13世紀に機械式時計が誕生して以来、最も大きなイノベーションと言えるのが時計の電子化です。トランジスタなどのエレクトロニクス技術の時計への応用は1950年代にアメリカで始まりました。当時、次世代時計として最も有望視されたのが、機械式時計の100倍の精度を持つというクォーツ(水晶)時計です。熾烈な開発競争を繰り広げるなか、1969(昭和44)年に日本が世界で初めて製品化に成功。その後、クォーツ時計は瞬く間に世界中に普及していきました。

クォーツ時計は現在、スマートフォンやパソコン、電話、テレビ、自動車など、あらゆる工業製品に搭載され、私たちの暮らしを支えています。日本が生んだ世界標準の時計技術は、その後もGPSソーラー時計など、さまざまな革新的な技術を誕生させています。日本の時計はこれからも世界の「時」をリードしていくに違いありません。