

事業報告

サイエンスショー「チクタク！時計のサイエンス」実施報告

藤 本 光 章*

A report on the science show "Science of the clock"

Mitsuaki Fujimoto

We spend our daily life with clocks. How could the people get to know time before the clock was created? This report is about the science show "Science of the clock" of this museum on three months, and describes the history of the clock and the structure of the sundial and the water clock, the mechanical clock.

はじめに

1秒2秒…、1分2分…、1時間2時間…。私たちはいつも時計を見ながら生活している。朝には目をさまし、ご飯を食べ、学校や職場へ行く。その時々で常に時計を確認し、時間を知らうとする。しかし、現在のようない時計のない時代の人たちはどのようにして時間を知ることができたのだろうか。

時計の歴史や仕組みを紹介するため、平成17年6月から9月までの3ヶ月間においてサイエンスショー「チクタク！時計のサイエンス」を実施した。本稿ではその実施内容について報告する。

実施概要

実施期間：平成17年6月18日（土）～9月11日（日）

実験時間：20分程度

開演時刻：平日 11:30～、14:00～

学校休日 11:00～、13:00～、15:00～

対象：一般

目的と構成

このサイエンスショーでは、時間を調べるためにどのような時計が登場したのかを日時計、水時計、機械式時計の古い順に仕組みと合わせて解説した。その中で、より正確な時間を知るために時計がどのように改良され進歩していったのかを紹介した。時計の歴史を知ること、人々がいかに時間を大切に、時間を知る術に力を

入れていったのかを伝えるとともに、この進歩が科学技術の発展にも寄与したことを示すように心がけた。

そのため、次の構成でショーを組み立てた。

(1) 日時計の実験

太陽が動くと同時に影も動く。その影の位置、動きを見ていたことを説明した。

(2) 水時計の実験

太陽が出ていない時に時間を知るための方法として器に入れた水が流れ落ちる現象を利用したことを説明した。

(3) 機械式時計の実験

正確な時間を刻む方法として、動かすための動力や一定のリズムを刻むための调速、動力からの力を伝達する歯車など時計の基本的な仕組みを説明した。

(4) 時間感覚を調べる実験

人間にある時間の感覚を調べる実験を行った。

実験器具の製作・開発

日時計実験機（写真1）

木板に東西南北を記し、24cmの丸棒を立てた。太陽に見立て、自由に動かせるよう棒の先に電球を取りつけた。一方向の光にするためカバーをして、必要な部分だけ穴を開けた。ステージの照明を消し、電球にあかりを灯して木板に棒の影を映した。太陽に見立てた電球を東から南、西に移動させると、影が西から北、東へと動いていく様子が分かるようにした。

水時計実験機（写真2）

紀元前1400年ごろ登場した底の側面に穴の開いた水瓶の模型を製作した。粘土ですり鉢状の水瓶を作り、底の側面に直径4mmの穴を開けた。外側には模様をつけ、内

*愛媛県総合科学博物館 学芸課 科学技術研究科
Dept. of Science and Technology Ehime Pref. Science Museum

側には目盛りとなるように等間隔に溝を刻み、水が減る様子を視覚的及び触覚的に理解できるようにした。

内 容

水圧実験機（写真3）

水の出る量が一定でないことを説明するために円柱の亚克力容器に下から2.5cm, 13cm, 23.5cmの三箇所、直径7mmの穴のあいた亚克力の筒を差し込み、水が入った状態で同時に出した時に、水の出る圧力の違いが分かる実験機を製作した。水の出る様子が分かるように、背景を白色にした。さらに容器を設置する高さを20cmにして、水の出方の差が出るようにした。また、出てくる水同士が当たらないように若干筒の位置をずらした。

動力・调速実験機（写真4）

錘のついた鎖がドラムに巻きつけられた動力部と棒テンプレとガンギ車のついた调速部を組み合わせた冠脱進機の模型を製作した。錘が落ちる際にガンギ車が回転し、棒テンプレの爪をはじく。はじかれた棒テンプレの上部には両端に錘のついた竿があり、右回転、左回転を交互にして一定のリズムになるようにした。リズムよく動いていることが分かるように針を取り付けた。

歯車伝達実験機（写真5）

木材で歯の数が24個の歯車2枚と48個の歯車2枚を製作し、組み合わせて力の伝達実験機を製作した。実験機の裏側には、右の歯車の軸につながった取っ手があり、その取っ手を回転させると中央の歯車に伝わり、さらに中央の歯車から左の歯車に伝わり回転するようにした。回転する速さが分かるように、それぞれの右の歯車の軸に黄色の針、左の歯車に緑色の針を取り付けた。右の針が4回転すると、緑色の針が1回転する。歯車の歯の数や組み合わせ方で時計針、分針、秒針の動きを正確に作り出せることを示した。

ゼンマイ実験機

錘の次に登場した動力のひとつとして、ゼンマイを説明する実験機を製作した。軽く巻かれた薄い金属板を、さらに強く巻きつけることで巻きつけられた金属板が勢いよく元に戻ろうとする力を観察できるようにした。

振り子実験機

脱進機よりもさらに正確な1秒を作り出すために登場した振り子を説明する実験機を製作した。振り子の等時性を説明するため、ひもの長さや錘の重さが違うものを3種類用意した。ひもの長さや錘の重さをそれぞれ56cmと100g、30cmと100g、30cmと200gにして、ひもを取り付けた支点から30度ほど傾けて同時に離し、揺れ方の違いを観察する実験を行った。

（1）日時計の実験

今から5000年以上もの昔、人々は1日の始まりと終わり、作物を植える時期、収穫をする時期などを太陽の光が作る影の動きを見て生活をしてきた。その時登場した日時計について、簡易日時計と太陽の代わりに光源を用意し、太陽（光源）が動くと同時に影がどのように動くのかを観察した（写真6）。

（2）水時計の実験

曇天時や夜には測定できない日時計の欠点を指摘し、その後登場した水時計について紹介した。製作した水瓶に水を注ぎ、どの部分を見て時間を計っていたのかをクイズにした。出てくる水を観察すると、出てくる水の量が減っていくため、実際は水がめの内側を覗き込んだことを説明した（写真7）。その際、なぜ水の出る量が一定でないのかを示すために、水圧実験機で実験（写真8）を行った。

また、水時計以外にも、砂時計や燃焼時計と呼ばれる時計が登場したことも簡単に紹介した。

（3）機械式時計の実験

正確な時間を調べるために、錘や歯車、振り子などを使用した機械仕掛けの時計が登場したことについて説明した。そして、機械式の時計がどのような仕組みで動くのかを「動力」「调速」「伝達」に分け、それぞれ実験で説明した。

（動力）

初期の機械式時計は、錘の落下を動力として利用していたことを説明した。そして実際に錘に鎖を付け、落ちる様子を観察した（写真9）。しかし、本来時計のあるべき正確な時間を刻んでいる姿にはならなかった。そのことから動力があるだけでは時計にはならず、調整が必要であることを説明した。

（调速）

錘が一定のリズムで落ちるための方法として、调速について説明した。棒テンプレとガンギ車を組み合わせた動力・调速実験機で、動く仕組みを説明し、実際に錘を落とした時に、一定のリズムを刻むかどうかを観察した（写真10）。

（伝達）

一定のリズムで動く動力を実際に時計の秒針、分針、時計針へと導くための方法、伝達について説明した。伝達手段としての歯車は、機械式時計の登場から現在まで使われており、歯車の歯の数や歯車の組み合わせによって正確な時間を刻むことができることを模型で説明した（写真11）。

また、時計の機構は時代とともに変化していったことも説明した。より小さな時計を求めて動力は錘からゼンマイ、電池へと変わり、より正確な時間を刻む時計を求めて调速は脱進機から振り子、ひげゼンマイ、水晶発振子へと変わっていったことを簡単に補足説明した。その中で、ゼンマイは薄い金属板を巻くことで元に戻ろうとする力が動力として使われたこと（写真12）や振り子の振れ方で正確な1秒を作り出していたこと（写真13）を実験で説明した。

（4）時間感覚を調べる実験

最後に、人間の時間感覚がどれほど曖昧であるかを知るための実験を行った。目を閉じ、頭の中で10秒間数えて旗をあげ、その時のタイムを計るという単純な実験で、ゲーム感覚で挑戦してもらった（写真14）。

問 題 点

水時計の実験では、水瓶の内側の様子が見えにくかった。そのため、CCDカメラでステージ横のディスプレイに映した。

水圧の実験では、背景を白色にしたにも関わらず、水が透明であったため、見えにくかった。そのため、絵の具で水に色をつけたが、実際水を出したとき水が細く噴出していたため、結局は色水であっても見えにくい状態であった。再度検討する必要があると考える。

動力・调速の実験では、仕組み自体を簡略して製作したため、取り付け針（木材）の重さの影響で、早くリズムを刻むときとゆっくりリズムを刻むときがあった。そのため、針の重さによる影響を減らすため、動力と调速の間に歯車を入れて、負荷がかからない構造にすべきであったと考える。

ま と め

今回は、テーマが身近にある時計で、興味を引く内容であったが、実際の機械式時計の内部機構が複雑であったために、基本的な機構である動力、调速、伝達の3つに分けて説明できるように実験器具を製作した。分かりやすいように簡潔な機構にしたため正確な時間を刻めるものにまで仕上げることができなかった。今後は正確な時間が刻めるように簡潔な機構でしかも精度の高いものに改良したいと考えている。

最後に実施した時間感覚を調べる実験は、唯一体験できる実験であったため、人気が高かった。実際に実験を行ってみると10秒という短い時間でも人それぞれバラバラなタイムで、人の感覚がどれだけあいまいであり、時計というものがいかに必要不可欠であるのかを実感させ

ることができた。

参考文献

- 小峰龍男著（1999）：図解 古代・中世の超技術38. 講談社, pp.102-109.
 織田一朗著（1999）：ポピュラーサイエンス 時計と人間. 裳華房, pp. 1-82.
 織田一朗監修（2004）：時計の大研究. PHP 研究所, pp.45-64.



写真1 日時計実験機



写真2 水時計実験機



写真3 水圧実験機



写真4 動力・調速実験機



写真5 歯車伝達実験機



写真6 日時計の実験



写真7 水時計の実験

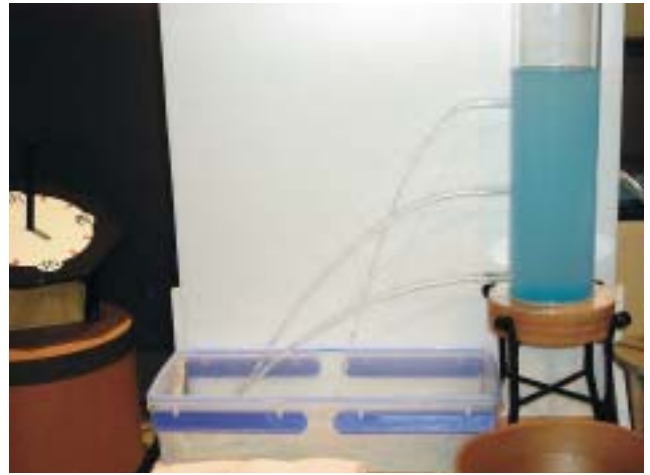


写真8 水圧の実験



写真9 動力の実験



写真10 调速の実験



写真11 歯車の伝達実験



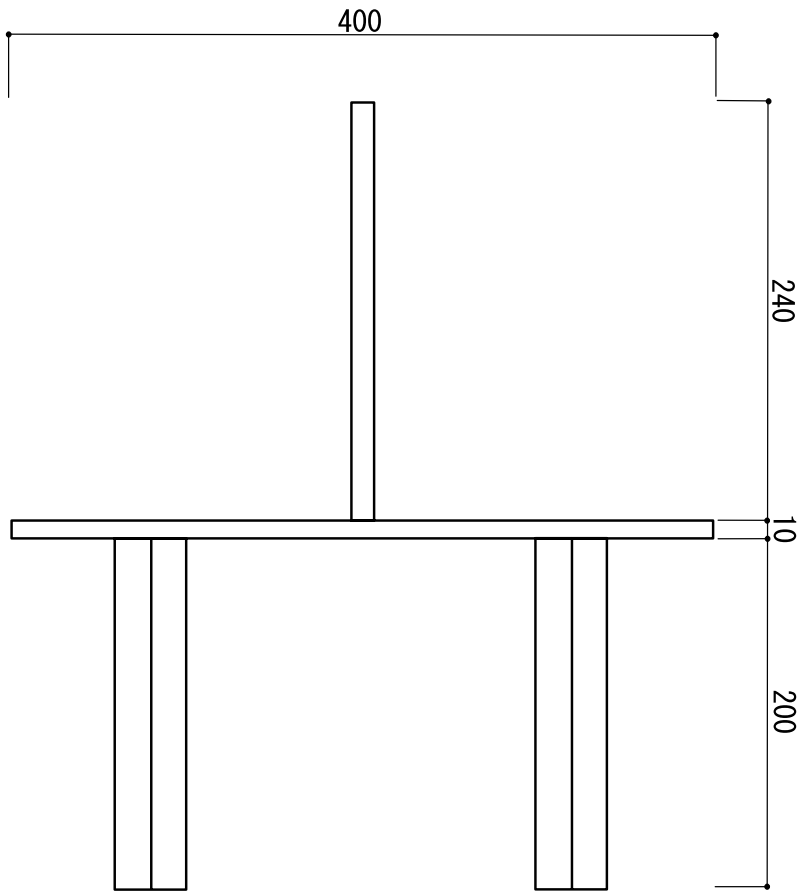
写真12 ゼンマイの実験



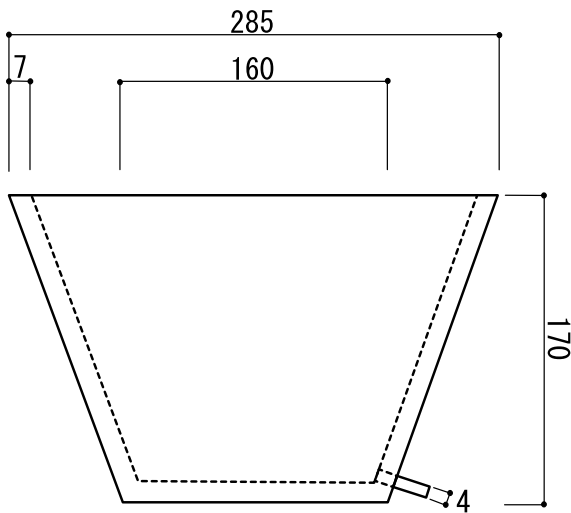
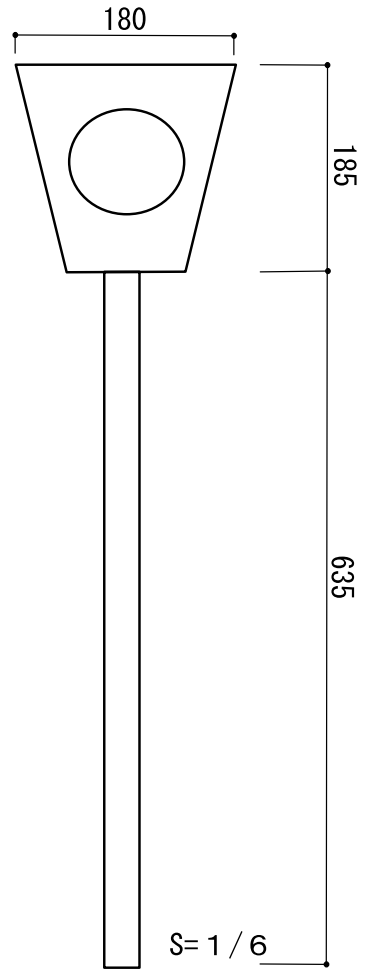
写真13 振り子の実験



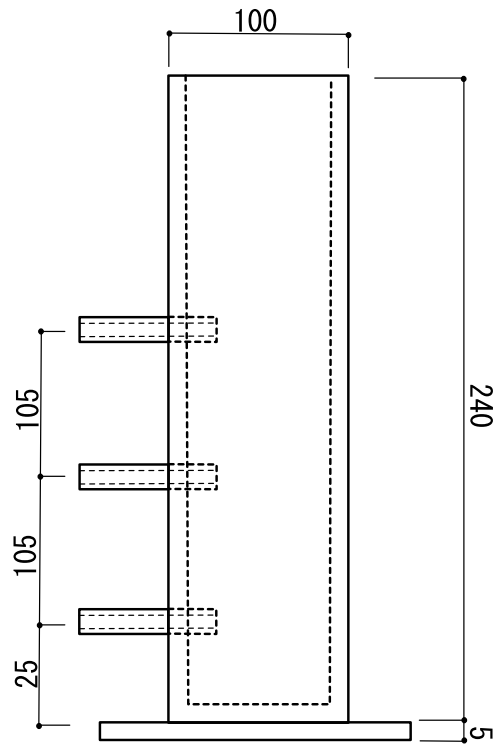
写真14 時間感覚を調べる実験



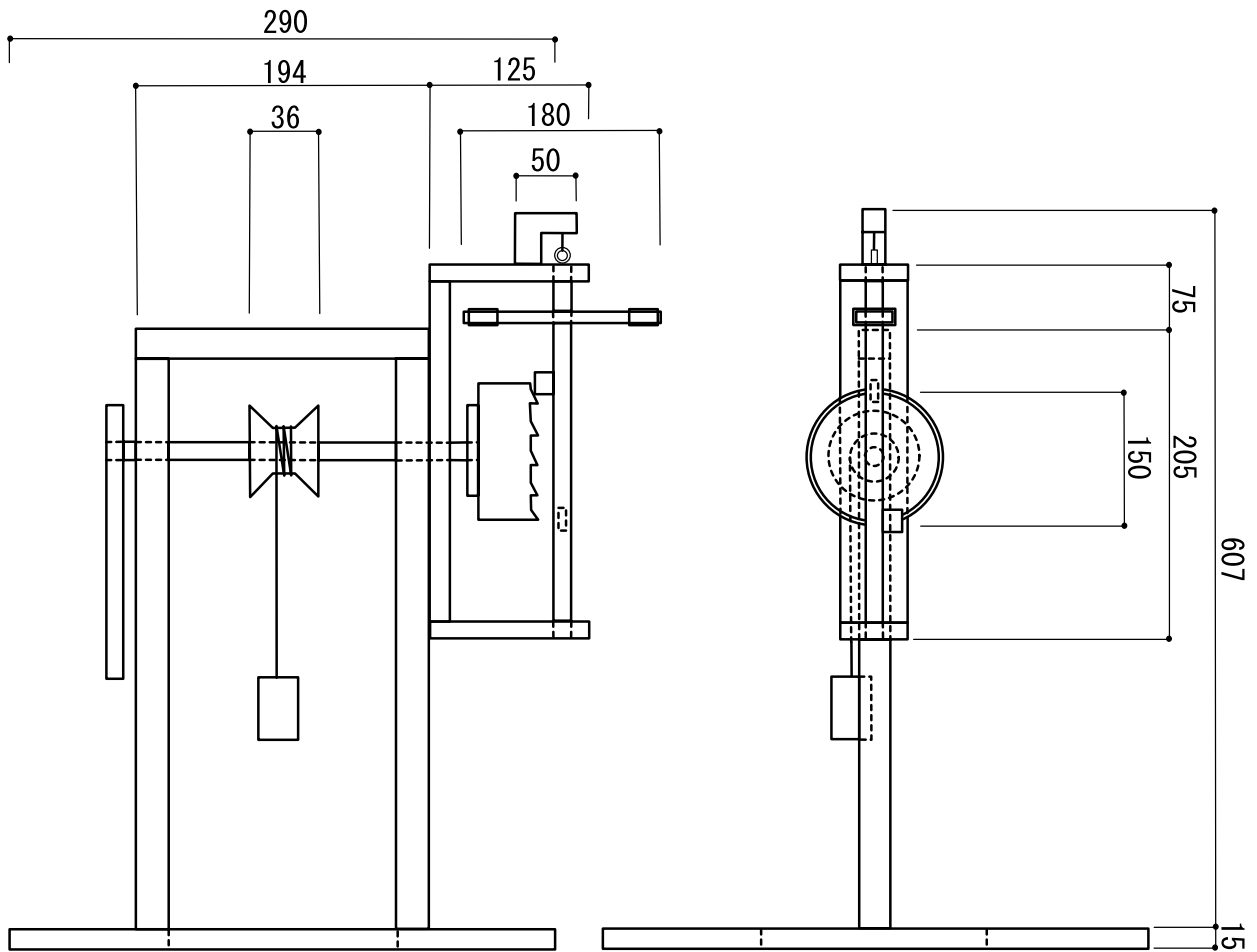
日時計実験機
S=1/4



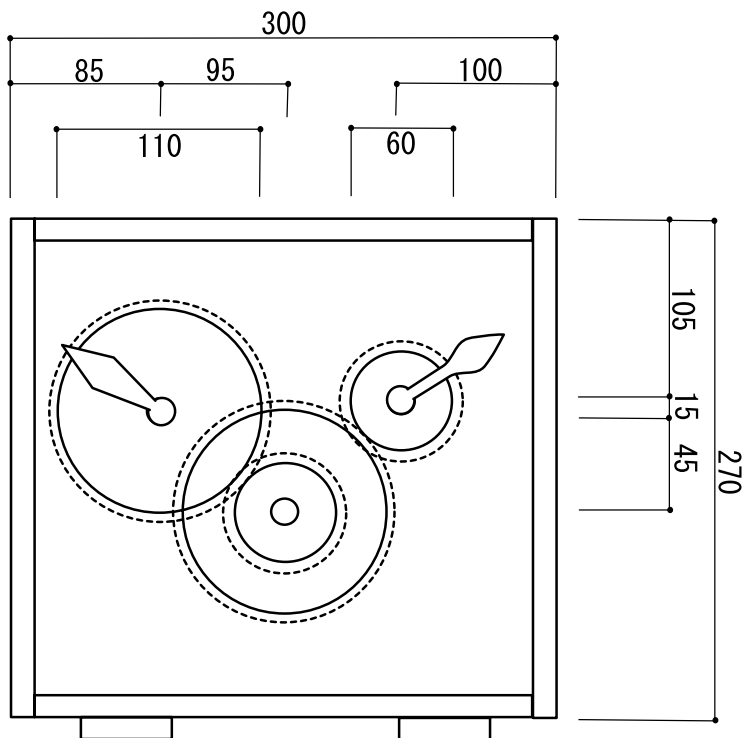
水時計実験機
S=1/4



水圧実験機
S=1/4



動力・调速実験機
S= 1 / 4



歯車伝達実験機
S= 1 / 4