

和時計における自動割駒式文字盤機構とその幾何学的誤差

佐々木勝浩¹・岡田和夫²・加藤 實³

¹ 国立科学博物館名誉研究員 〒169-0073 東京都新宿区百人町3-23-1

² 〒523-0058 滋賀県近江八幡市加茂町961

³ 〒248-0036 神奈川県鎌倉市手広3-5-6

The Mechanism of the Automatic Wari-koma Dial in the Japanese Clocks and its Geometrical Error

Katsuhiko SASAKI¹, Kazuo OKADA², Minoru KATO³

¹ Honorary Fellow, Department of Science and Engineering, National Museum of Nature and Science
3-23-1 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

² 961 Kamo-cho, Omihachiman, Shiga 523-0058, Japan

³ 3-5-6 Tebiri, Kamakura, Kanagawa 248-0036, Japan

Abstract In July 2006, one of the authors, Okada, got an octagonal type Japanese table clock signed Masatoshi Miyake which has automatical wari-koma dial adopted to Japanese temporal hour through a year. We have already reported this Japanese clock in the previous report. However, we could not judge whether its number of annual gear teeth is 72 or 73 only from photographs of the clock. At this time, we disassembled and investigated the another same type Japanese table clock and confirmed that the number of annual gear teeth is 73. Therefore, it was understood that the mechanism of this automatical wari-koma dial of the clock had been calculated and designed as 365 days a year. In addition, we tried to interpret the basic principle of the automatical wari-koma dial mechanism, which has an elliptic plate with radical slits and spoke shaped arms for driving wari-komas, and calculated the geometrical error margin which is included in the mechanism. From the calculation for the octagonal type Japanese table clock, it has been understood that the mechanical error at the mut-tsu of Japanese hour reaches 1.137 degrees at the maximum but that at the others of Japanese hours are very small. As a result, we were able to conclude that among the Japanese clocks with the automatic wari-koma dial investigated in the previous report, the bracket clock made by Shokichi Miyake was the oldest, the octagonal type table clock with no signature, the octagonal type table clock made by Masatoshi Miyake and the bracket clock introduced by M. E. James in *Journal Suisse d'Horlogerie* were newer, and the hanging clock made by Tadayuki Iwano was newest.

Key words: automatic wari-koma dial, octagonal type Japanese table clock, temporal hour, Japanese clock

1. はじめに

前報¹⁾においては、竹川家の掛時計他5点の自動割駒式文字盤和時計並びに近藤勝之氏所蔵の掛時計他2点の自動伸縮指針円グラフ式掛時計など計9点の不定時法自動表示機構を持つ和時計につ

いて機構の概要と年周動作（1年の算定日数）を比較した。その際、ロックフォード市旧時計博物館の八角型卓上時計については、写真等の情報が不十分だったため、年周歯車の歯数が72か73のどちらが採用されているか判断できなかった。2006年7月、著者の一人である岡田は同卓上時計

の入手に成功した²⁾。著者らは、同卓上時計の分解調査を実施し、今回解明に成功した切り込み楕円板と放射状割駒駆動腕方式の自動割駒式文字盤機構の原理と同機構の持つ幾何学的誤差について検討したので、それらの結果について報告する。

2. 八角型卓上時計について

今回岡田が入手した卓上時計は、三宅正利銘の真鍮製高さ7.4cm、直径8.0cmの、和時計としては珍しい八角型自動割駒式文字盤卓上時計で、合衆国イリノイ州ロックフォード市にあった旧時計



写真1. 三宅正利銘八角型卓上時計

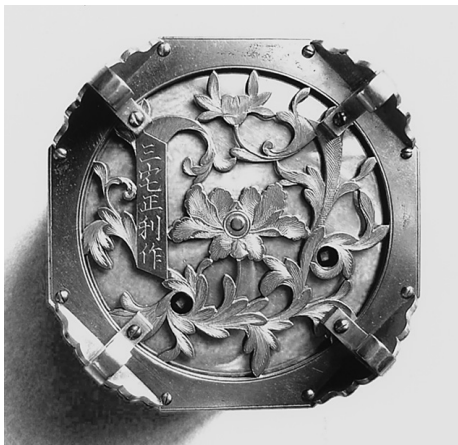


写真2. 三宅正利の銘

博物館が所蔵していたものである（写真1,2）。

1) 三宅正利銘八角型卓上時計の分解調査

分解調査は、2007年5月9日に、加藤、岡田、佐々木の三者によって行った（写真3,4）。自動割駒式文字盤機構部分の分解において、中心軸から年周カム歯車ケースの取り外しが困難であったが、無銘八角型卓上時計と同様に中心軸に差し込まれた固定ピンの取り外しに成功し、切り込み楕円板と割駒駆動腕の分解まで行うことができた（写真5,6,7,8）。しかし、年周歯車を納めたケースについては製作当初かあるいは修理時に行われた蝟付け（銀蝟）のために蓋を開けることができなかった（写真9）。割駒を駆動する対になった放射状腕機構は無銘のものと比較して工作精度がよく保存状態も良かった。今回の分解調査の主な目的は、年周歯車の歯数と年周カムの形状の確認である。



写真3. 分解調査

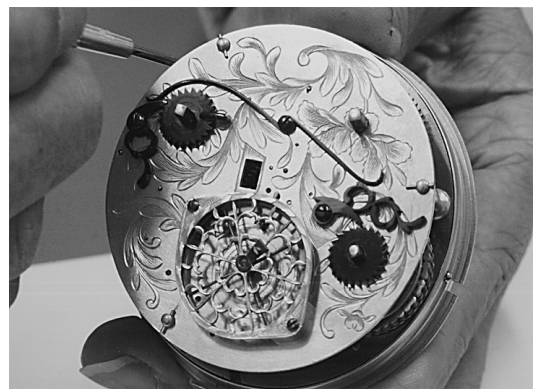


写真4. 時計機械（小型枕時計様の機械）



写真5. 割駒式文字盤

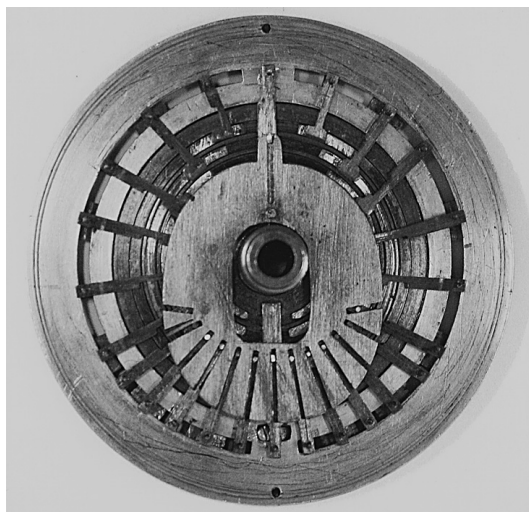


写真7. スリット楕円板と対駆動腕

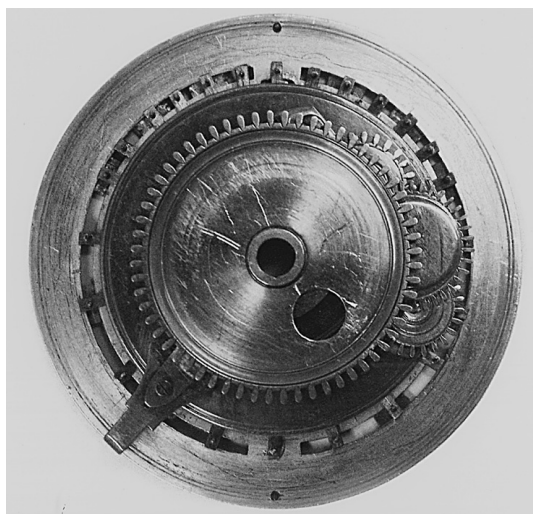


写真6. 自動割駒機構の歯車輪列

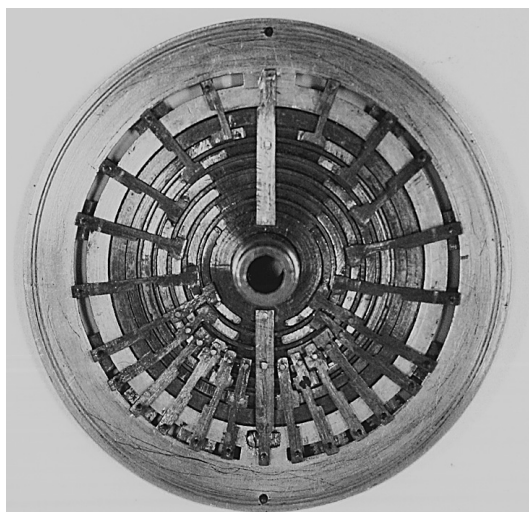


写真8. 対駆動腕（駆動腕突起が同一円周上にある）

年周歯車の歯数については、歯車ケースに開けられた動作確認用の小穴から中に納められている歯車の歯を僅かに覗くことができるだけであり、カム溝の形状についても年周動作作動用の突起が差し込まれる長方形の穴から部分的に観察できるだけである。

小穴から注意深く観察すると、幸い年周歯車の歯の2箇所タグネで付けた印を確認することができた。これを目印にして駆動歯車で年周歯車を一歯ずつ送り歯数を数えた結果、歯数73を確認した。確認は佐々木が2回行い、岡田がこれを追認

した。これによって同八角型卓上時計の自動割駒機構が、1年を365日として設計されていたことが解った。

なお年周カムの形状の確認は、年周歯車の節気目盛りを目安に15度づつ送りながら各節気毎に計12回の写真撮影を行い、これをコンピュータ画面上で重ね合わせて行った。その結果、確認できたカム溝の形状は竹川家の岩野忠之銘掛時計³⁾の離心円近似ではなく、スイス時計学会誌掲載枕時

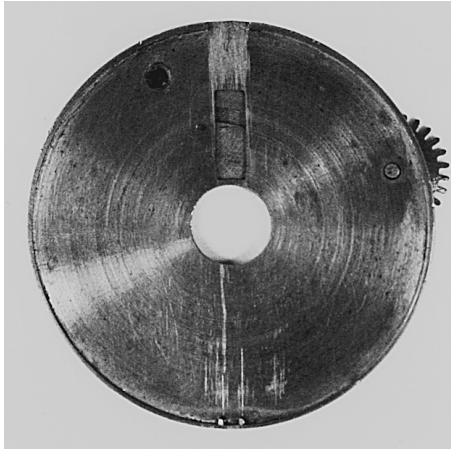


写真9. 年周歯車ケース（小穴から年周歯車の歯を覗くことができ、長方形の開口部に年周カムの一部が観察できる）



写真10. 無銘八角型卓上時計

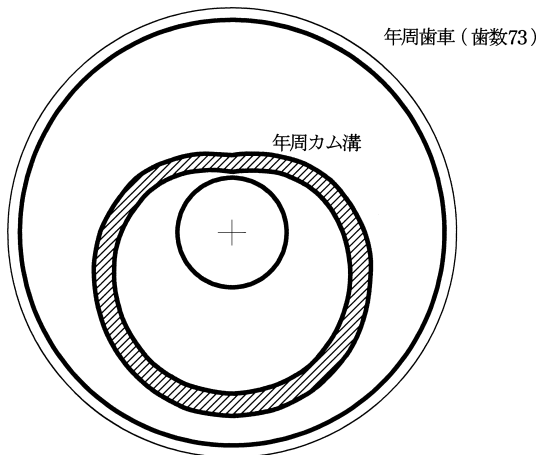


図1. 三宅正利銘八角型卓上時計の年周カム曲線



写真11. 時計機械（広東時計の部品を流用）

計⁴⁾や無銘八角型卓上時計⁵⁾などと同様の年周カム特有の曲線であることが解った（図1）。

2) 三宅正利銘八角型卓上時計と無銘八角型卓上時計の比較

分解調査に伴って行った写真撮影、データの計測などを基に八角型卓上時計の比較検討を行った。比較を行った和時計は、三宅正利銘八角型卓上時計、無銘八角型卓上時計（写真10, 11, 12, 13）の他、参考のため加えた国立科学博物館高林コレクションの八角型卓上時計（写真14, 15）の3台である。

3台の八角型卓上時計は、時計全体、大きさ、透かし彫りの意匠、さらには機械のレイアウトなど、著しい共通性が認められる。以下、それらの八角型卓上時計を比較する。

大きさにおいてそれらを比較すると、一見高さに不揃いがあるように見える。しかしこれは、4本ある脚の高さとガラス製風防の高さによるものであり、特に高林コレクションの八角型卓上時計を除く2台については、表1の高さの括弧内に示したように時計機械地板の地板と天板の間隔がい

表1. 八角型卓上時計の比較

和時計	高さ (mm)	奥行 (mm)	時計機械	自動割駒 式文字盤	事項
三宅正利銘 自動割駒式文字盤 八角型卓上時計	62(31)	73	三宅正利 (日本製)	有	*自動割駒機構の設計が一貫し、細部まで手の行き届いた秀作。 *時計機械は枕時計風
無銘 自動割駒式文字盤 八角型卓上時計	70(31)	73	広東時計を 一部流用	有	*自動割駒機構の細工など各所に試行錯誤の跡。完成度が低い。 *番箱など広東時計の部品を流用
高林コレクション 割駒式文字盤 八角型卓上時計	60(?)	74	広東時計	無	*ケースなど工作が不良 *和前広東時計

注) 高さにおける () 内の数値はケースの地板と天板との間隔である。これから三宅正利銘と無銘の2台の自動割駒式文字盤八角型卓上時計の大きさが一致していることが明らかとなる。

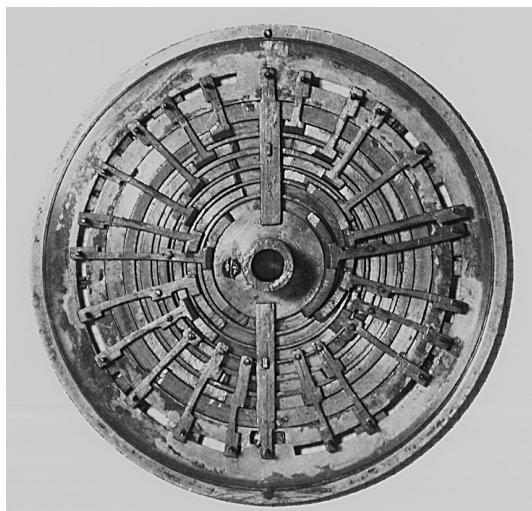


写真12. 対駆動腕（駆動腕突起の位置に注意）

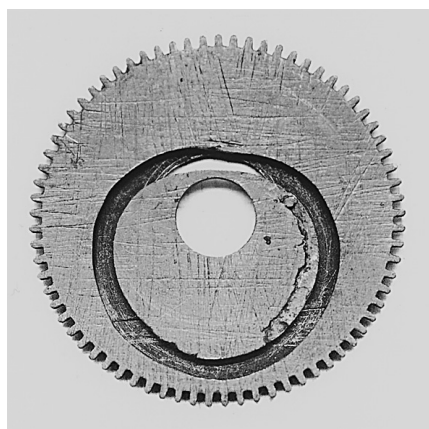


写真13. 同卓上時計の年周歯車及び年周カム

ずれも 31 mm, 八角の一辺がいずれも 73 mm であり, ほぼ同じ大きさであることが判る。

透かし彫りは時打ちの鐘の音を外へ導くため設けられたものであるが, その意匠は三者に顕著な類似性が見られる。時計機械については, 高林コレクションは小型広東時計の時計機械を使用したいわゆる和前方式⁹⁾の和時計で, 無銘の卓上時計の時計機械は番箱など広東時計の部品を流用したものである。これに対して, 三宅正利銘の時計機械は, 丁寧に作られた枕時計様の機械で, 優れた職人技の完成度の高い和時計との印象を受ける。

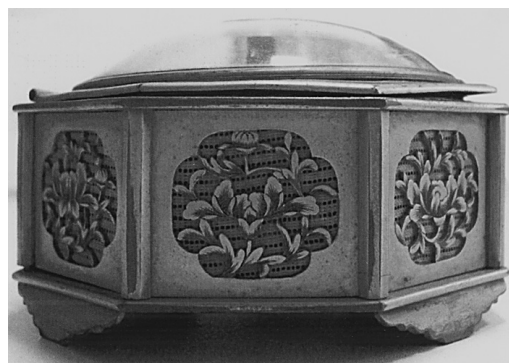


写真14. 高林コレクション八角型卓上時計

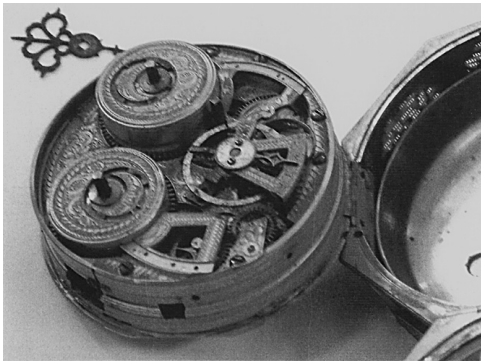


写真15. 時計機械 (広東時計機械)

無銘および三宅正利銘の八角型卓上時計の自動割駒式文字盤については、文字盤の直径、厚みにおいては若干の差が見受けられるが、年周カムの大きさ、楕円板や駆動腕など機構の細部まで設計思想の共通性が感じられる。以上のことから、これら3台の八角型卓上時計は同一の作者、即ち三宅正利作である可能性が十分高いと考えられる。

3. 放射型駆動腕方式の自動割駒機構の原理

ここでは、岩野忠之銘掛時計や三宅正利銘八角型卓上時計などに採用されている放射駆動腕方式の自動割駒機構について考察する。

1) 自動割駒機構の概要

自動割駒機構は大きく分けて、一年一往復の動作を実現する年周カム、往復運動を各々の割駒に伝えるスリット状の切り込みを持つ楕円板、さらに放射状の駆動腕で構成される。

年周カムは、年周歯車円盤上に彫られた離心円ないしはハート型の溝が役割を果たしている。楕円板には年周カム溝に入る突起があり、放射状のスリットが切り込まれている。以後、この楕円板をスリット楕円板と呼ぶことにする。また、割駒を駆動する放射型駆動腕は、「六つ」だけは独立で動くが、「六つ」を挟む前後対称の時刻、例えば「七時半」と「六時半」、「七つ」と「五つ」のような時刻の駆動腕は、文字盤裏の同心円型の溝に入って動く弧状の金属片で連結され、一対として動く。以後、このような駆動腕を対駆動腕と呼ぶことにする。

ここで、楕円板の年周動作によってスリットが平行移動すると、スリットとスリットに入った突

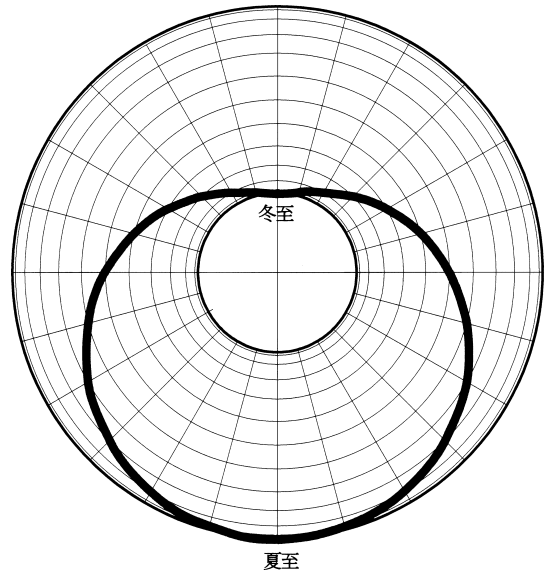


図2. 余弦型年周カム曲線例

起がカムとして働いて駆動腕を作動させる。さらに、各々の駆動腕は同心円溝によって強制的に円運動するので、その結果駆動腕の先端に取り付けられた割駒は自動的に季節に応じた時刻の位置に移動する(写真7, 8を参照)。これが、岩野忠之、三宅正利らの自動割駒式文字盤機構の原理である。

自動割駒機構が正しく作動するかどうかは、年周歯車上に彫られたカム溝、即ち年周カムの形と、スリット楕円板と放射型駆動腕の連結の役割を果たす直線運動を円運動に変換する一種のカム機構の成否にかかっていると考えられる。

2) 年周カムの曲線

ここでは年周カムのカム溝の形状について検討する。

年周カムの機構は、一年に一回転する年周歯車上のカム溝の中にスリット楕円板の突起が入り、楕円板を一年に一往復させるものである。即ちカム溝の形状は、夏至と冬至の間の往復運動を目的に描かれたもので、その曲線は極座標を用いて次式で示すことができる。

$$r(\theta) = a + \frac{1}{2}(b-a)(1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 a, b は、それぞれ年周歯車円盤に彫られた冬至、夏至におけるカム溝の中心距離(円盤の中心とカム溝の距離)であり、 θ は冬至を原点

とする太陽の年周角で、太陽黄経から270°を引いた角度である。

こうして得られた年周カム溝の曲線の例を図2に示す。このような形状の年周カムを余弦型年周カムと呼ぶことにする。これから、無銘八角型卓上時計、三宅正利銘八角卓上時計、スイス時計学会誌掲載枕時計の3例については、その形状から判断してこの余弦型年周カムが採用されていると考えられる。

これに対して岩野忠之銘掛時計については、写真から年周カムには離心円が採用されているように判断できる⁸⁾。離心円の場合の方程式を次式に示す。

$$r(\theta) = \frac{1}{2} \left\{ -(b-a) \cos \theta + \sqrt{(b-a)^2 \cos^2 \theta + 4ab} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

岩野忠之銘の年周カムの写真から相対値として a, b の値を読み取り、離心円型年周カム曲線を計算した。この値と余弦型年周カム曲線との誤差は最大で3%程度で大きくはないが、太陽黄経では約7°となり、春分、秋分の頃に2分の1節気、約7日のずれが生ずることになる (図3)。

3) 対駆動腕の考え方

割駒式文字盤においては、子(「夜九つ」)の割駒に対する午(「昼九つ」)の割駒は180度の位置に固定される。このとき午から計った「六つ」の角度を x とすれば、昼の半時毎の角度 α は $x/6$ 、夜の半時毎の角度 β は $(180-x)/6$ となる。これを用いて「六つ」を挟む対になった割駒のなす角を計

算することができる。例えば、「七つ半」と「六つ半」のなす角は次式で計算することができる。

$$\frac{x}{6} + \frac{180-x}{6} = \frac{180}{6} = 30 (^\circ) \text{ 一定} \dots\dots\dots(3)$$

同様に「七つ」と「五つ」のなす角はその2倍の60度、「八つ半」と「五つ半」は90度、「八つ」と「四つ」は120度、さらに、「九つ半」と「四つ半」は150度となり、いずれも x の値に関係なく一定となる (図4)。以上のことから、対駆動腕によって割駒を駆動する方法が、原理的に矛盾のない理に適ったものであることが判る。

4) スリット楕円板と割駒駆動腕の関係

次に、自動割駒機構の原理に基づき、スリット楕円板のスリットとスリットに入る駆動腕突起の配置について検討する。スリットの形状は楕円板の年周動作による移動距離、スリットの位置と角度、これに対応する駆動腕突起の位置によって決まる。はじめに、楕円板の年周動作の移動距離と各時刻に対応する割駒の作動範囲を定め、スリッ

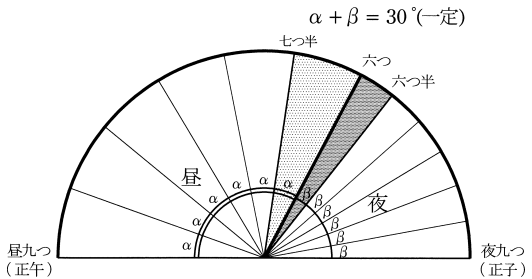


図4. 対駆動腕の原理

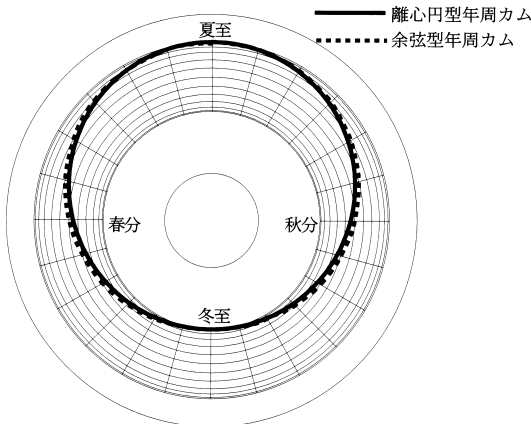


図3. 離心円で代用した年周カム曲線

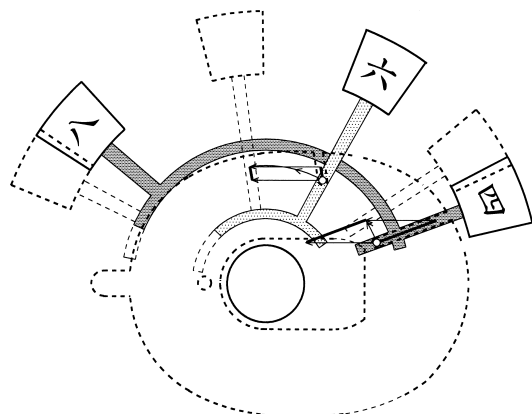


図5. 自動割駒駆動原理図

トの角度かまたは駆動腕突起の位置（駆動腕突起の動く円の半径）のどちらかを設定すれば形状が決定できる。

三宅正利銘の八角型卓上時計については、写真から駆動腕突起がほぼ同一円周上に位置していることに着目し（写真8を参照）、これから推定した駆動腕突起の動く円の半径と楕円板の年周動作による移動距離をもとに、各割駒を駆動するスリットの方向を作図から求めた（図6）．それにもとづいて作図した楕円板の形状を図7のaに示す。

無銘の八角型卓上時計，岩野忠之銘掛時計，さらにスイス時計学会誌の枕時計についての作図例を図8，図9に示す．比較のために，スリットの方

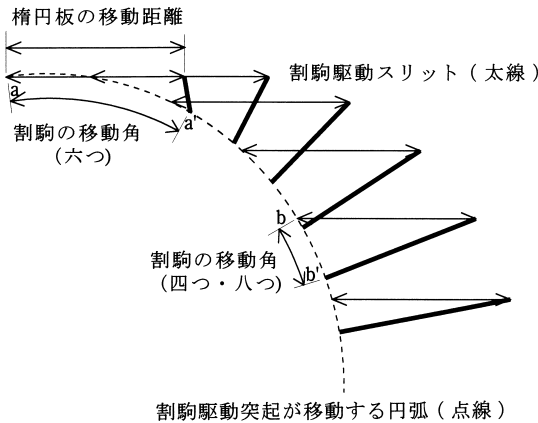


図6. 駆動腕突起の位置が同一円周上にある場合（三宅正利銘）のスリットの作図

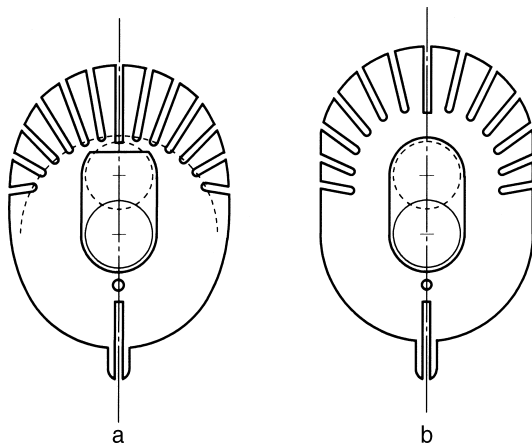


図7. スリット楕円板例（左：三宅正利銘，右：割駒誤差角最小）

向を最も誤差の少ないと期待される春分，秋分の割駒の方向とした場合について，駆動腕突起の動く円の半径を作図から求めた（図10）．それに基づいて作図したスリット楕円板の形状を図7のbに示す。

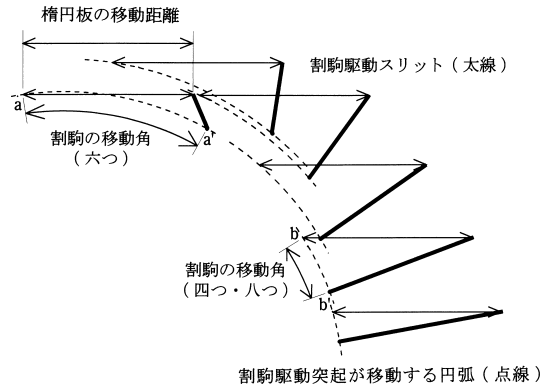


図8. 無銘八角型卓上時計のスリットの作図

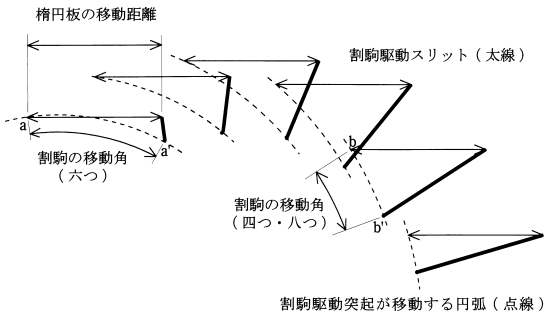


図9. 岩野忠之銘掛時計のスリットの作図

表2. 不定時法の各時刻における時刻角（°）

不定時法時刻	冬至	春分・秋分	夏至
夜九つ	0.00	0.00	0.00
四つ半・九つ半	16.64	13.58	10.52
四つ・八つ	33.29	27.17	21.05
五つ半・八つ半	49.93	40.75	31.57
七つ・五つ	66.57	54.33	42.09
七つ半・六つ半	83.22	67.92	52.62
明六つ・暮六つ	99.86	81.50	63.14
六つ半・七つ半	113.22	97.92	82.62
五つ・七つ	126.57	114.33	102.09
五つ半・八つ半	139.93	130.75	121.57
四つ・八つ	153.29	147.17	141.05
四つ半・九つ半	166.64	163.58	160.52
昼九つ	180.00	180.00	180.00

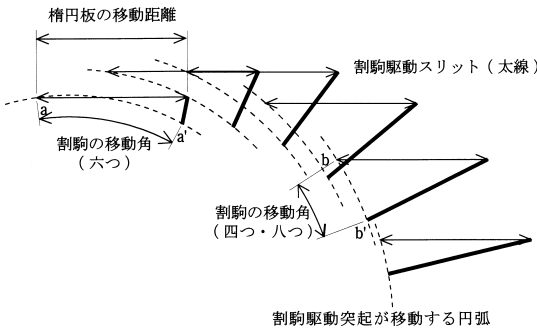


図10. スリット角 $\phi=90^\circ$ のスリットの作図

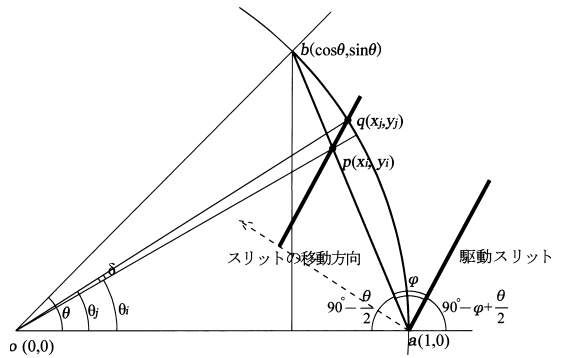


図11. 幾何学的誤差の原理図

なお、作図の前提とした江戸時代の不定時法の時刻は、寛政暦において使われた「明け六つ」、
「暮れ六つ」の定義⁹⁾に従って昼、夜を6等分し、
各々の時刻角 x を計算した。不定時法の各時刻に
おける冬至・春分・秋分・夏至の時刻角を表2に
示す。

4. 自動割駒機構の幾何学的誤差と
各自動割駒機構の特徴

スリット楕円板と割駒駆動腕方式の自動割駒機
構において、楕円板は年周動作に伴って直線運動
を行う。この際にスリットはある角度を保ったま
ま直線的に移動（平行運動）し、それはスリット
に入った駆動腕突起を介して割駒駆動腕の移動
（円弧運動）に変換される。本来円弧運動である
べき所を直線運動で近似することになるためこの
変換には原理的に避けることのできない幾何学的
誤差を含むことになる。ここでは、その誤差を前
項の2例について計算し、その程度を評価するこ
とにする。

1) 直線運動と円運動の幾何学的誤差

まず、単純化するため駆動腕突起の運動する円
として単位円を想定する。次に、駆動腕突起の夏
至側の端点を x 軸上に取りこれを $a(1,0)$ 、冬至側
の端点を単位円上の割駒の移動幅（中心角）に
相当する角度 θ の位置に取って $b(\cos \theta, \sin \theta)$ とする
（図11）。楕円板が年周動作を行う際に、スリット
の直線は弦 ab 上の節気に対応する位置、即ち点 p
で交差することになる。この時、正しい割駒及び
駆動腕突起の位置は、中心 o と点 p を結んだ延長
線上に存在する。点 p の座標 (x_i, y_i) は次の式で求
めることができる。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} x_i &= 1 - \frac{1}{2}(1 - \cos \theta)(1 - \cos m) \\ y_i &= \frac{1}{2} \sin \theta(1 - \cos m) \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$

ただし $m = 15i (^\circ) \quad i = 0, 1, 2, \dots, 12$

次に、スリットを示す直線として p を通り弦 ab
と角 ϕ をなす直線を描くと、その方程式は次式で
表される。

$$y - y_i = \frac{1}{\tan\left(\phi - \frac{\theta}{2}\right)}(x - x_i) \dots\dots(5)$$

一方、駆動腕突起は半径1の円弧上を移動する
ので、方程式は次式で表わされる。すなわち、

$$x^2 + y^2 = 1 \dots\dots(6)$$

ここで、スリット直線と円弧の交点を求めれば
割駒の位置が定まるので、それぞれの方程式を連
立させて交点 $q(x_j, y_j)$ を求め、 y_j の値の \sin の逆関
数をとって交点の中心角 θ_j を求めることができる。
ここで θ_j は自動機構によって決まるある節気の割
駒の位置を示す。これに対して、正しい割駒の位
置 θ_i は、次式で弧 ab を分割して求める。

$$\theta_i = \frac{1}{2} \theta(1 - \cos m) \dots\dots(7)$$

$$m = 15i (^\circ), \quad i = 0, 1, 2, \dots, 12$$

自動機構の割駒の位置角 θ_j および正しい割駒の
位置角 θ_i を計算し、両者の差を取るることによっ

自動割駒の位置角の幾何学的誤差 δ が求められる。すなわち、

$$\delta = \theta_j - \theta_i \dots \dots \dots (8)$$

なお、誤差の符号は夏至側を負、冬至側を正とした。

2) 幾何学的誤差の数値計算

これらの手順に従って、各時刻における割駒対について各節気に対応する自動割駒の幾何学的誤差 δ を計算した。実施した計算例は、三宅正利銘の例にならって駆動腕突起が同一円周上にある場合と、最も誤差の少ないことが予想される弦 ab と放射スリットのなす角 ϕ が 90° の場合の2例である。計算には表計算ソフトのエクセルを用いた。数値計算の結果をもとに画いた節気（太陽黄経）—割駒の位置誤差の関係を図12に示す。図中で、前者の三宅正利銘の例については実線で、 $\phi=90^\circ$ の場合は点線で示した。三宅正利銘では、「六つ」が最も誤差が大きく、二十四節気の寒露、啓蟄（太陽黄経 195° 、 345° ）付近で最大 $+1.137^\circ$ の誤差があることが判った、この誤差は「六つ」の割駒の作動範囲 36.72° の 3.1% であり、これは太陽黄経の 11.3° 、日付の約11日に相当する。

誤差は、「六つ」から離れるに従って割駒が移

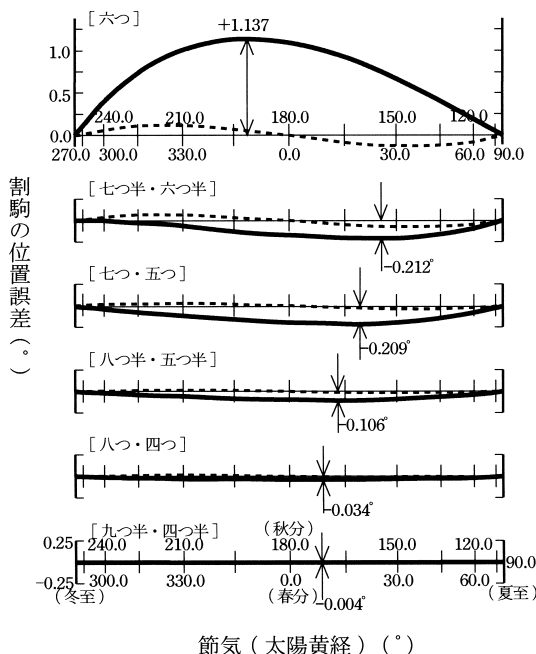


図12. 太陽黄経（節気）—割駒の誤差角

動する弧が短くなって著しく減少し、「九つ半」・「四つ半」の対において誤差が最も少なくなる。「六つ」の場合を除いて誤差が負となっているのは、「六つ」の場合 ϕ が 90° より小さく、それ以外については ϕ が 90° より大きいからである。なお、 $\phi=90^\circ$ の場合は前例に比べて誤差は著しく（5分の1以下）減少し、特に春分、秋分（太陽黄経 0° 、 180° ）では割駒の位置が中心線に完全に一致するので誤差が零となり、その前後で誤差の正負が逆転（冬側で正、夏側で負）することが解る。

これらのことから、割駒の駆動範囲が大きい「六つ」で誤差角が大きく、「六つ」から離れるに従って著しく減少すること、 ϕ が 90° 付近では誤差は少なく、 ϕ が 90° から離れるに従って割駒の誤差角が大きくなることが確かめられた。これらの傾向は、各自動割駒機構の設計の妥当性を評価するために有効と考えられる。

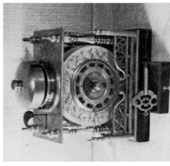
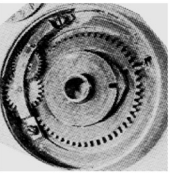
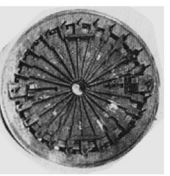

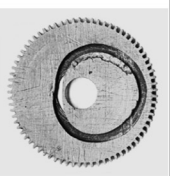




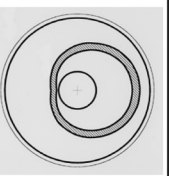


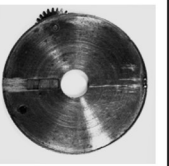
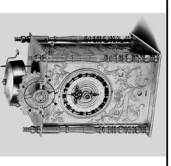
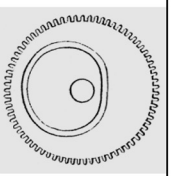
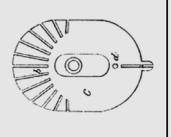
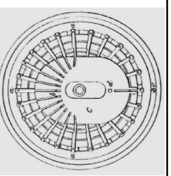

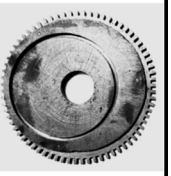
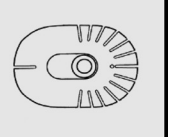
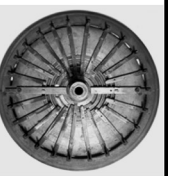
3) 各割駒自動機構の特徴

これまでの議論によって明らかにした自動割駒機構の基本原りに照らし合わせ、スリット角、駆動腕突起の位置などの特徴を無銘の八角型卓上時計、三宅正利銘八角卓上時計、スイス時計学会誌自動割駒式枕時計、さらに岩野忠之銘掛時計について調べた。

(1) 岩野忠之銘掛時計の自動割駒機構：この機構の特徴は、駆動腕突起の中心距離が「六つ」が最も小さく、「六つ」から離れるに従って順次増加し、「九つ半」・「四つ半」で最大となることである。駆動腕突起の中心距離が小さいのは、歯車やカムの遊びの誤差が増幅する可能性がある。スリット楕円板は小判型であるが、他の例のような柄状の突起はない。これは、掛時計機械として製作されているので、自動割駒機構が他と比べて大きく空間にゆとりがあり、楕円板を十分大きくできたためと思われる。なお、写真による判断では年周カム溝を離心円で近似してはいたが、冬至と夏至の中心距離、 a 、 b の差がそれ程大きくない場合のカム溝の形は、余弦型の特徴が薄れて、離心円型に近くなると考えられ、もともと余弦型である可能性も残されている。元資料を直接計測し直す必要がある。

(2) 無銘八角型卓上時計の自動割駒機構：機構の特徴として、駆動腕突起の中心距離の不規則性が挙げられる。すなわち、「六つ」における駆動腕突起の中心距離から、「七つ半」・「六つ半」で一旦増加し、その後減少に転じている。スリット

表3. 自動制駒式和時計の自動機構の比較

和時計名	時計外観	年周齒車及びカム	スリット楕円板	駆動腕	年周齒車ユニット	特記事項
① 三宅正吉銘 両面枕時計 (一年の算定日数 360日)			不明		不明	カム溝の形状はハート形か。中心付近を支点にした駆動腕が個々に作動するもので、他と機構が異なる。
② 無銘 八角型卓上時計 (三宅正利作と推 定) (365日)						カム溝の形状は余弦関数によるものと考えられる。楕円板の形状は卵形でカム溝に入る突起は楕円板上部にある。 年周カム溝の乱れ、楕円板の補強、カム溝に入る楕円板の突起位置が中心線上来ないこと、駆動腕ピンの配置、さらには年周齒車ユニット下部の開口部など試行錯誤の痕跡が多く見られる。
③ 三宅正利銘 八角型卓上時計 (365日)						カム溝の形状は余弦関数によるものと考えられる。楕円板の形状は卵形である。 楕円板を補強する代わりに、中心軸を削り楕円板を食い込ませている。駆動腕ピンは同一円周上を動くように設計されている。同一作者が、無銘の八角卓上時計で試行錯誤を行った後、しつこくとした設計方針の下に製作されたと言う印象を受ける。
④ スイス時計学会誌 掲載枕時計 (365日)					不明	カム溝の形状は余弦関数によるものと考えられる。楕円板の形状は小判型である。 他のものと異なり、楕円板の向きが上下逆になっている。
⑤ 岩野忠之銘 振時計 (360日)					不明	カム溝の形状は離心円を用いている。 楕円板は小判型で、カム溝に入る楕円板の突起の位置がスリット側にある。「六つ」の駆動腕は中心軸のリングで支持している。

楕円板は卵形というより団扇型で、切り込みが深い「九つ半」・「四つ半」付近で真鍮片によって補強している。また、年周カム溝や駆動腕などは、組み立ての際に削って形を修正した跡があり、その他、年周歯車ケースの文字盤側に調整用に窓を開けるなど試行錯誤らしい痕跡が随所に見られる(写真12, 13及び表3を参照)。これらのことから、この八角型卓上時計は試作品の可能性が高いと考えられる。

(3) 三宅正利銘八角型卓上時計の自動割駒機構：機構の特徴は、駆動腕突起が同一円周上(中心距離一定)に配置されていることである。この場合、「六つ」の割駒の位置に誤差が多く発生し、自動割駒機構の原理的誤差の点から見ると必ずしも最良の選択ではない。しかし、機構の設計には一貫性があり、各部品が狭い空間に無駄なく納められ、作者の神経が隅々まで行き届いているという印象を受ける。スリット楕円板は、柄の付いたバランスの良い卵形または楕円形である。楕円板の深い切り込みの根本部分は、補強する代わりに中央の穴を残し、中心軸の切り込みに食い込ませるようにして対応している。これらのことから、無銘の八角型卓上時計は三宅正利が試作品として製作したものであり、その際に獲得したノウハウや経験が本作品の製作に十分生かされていたと考えることができる。

(4) スイス時計学会誌掲載枕時計の自動割駒機構：本機構は実物で確認できないが、学会誌掲載の図から判断することができる。図に従えば、他の3台に対して、この枕時計のスリット楕円板は上下が逆になっている。原理的には自動割駒機構は楕円板のスリットの方向に関係なく機能するので、そのことには問題はない。しかし、図をよく調べてみると楕円板を移動するために開けたの中心軸の穴の位置や楕円板と駆動腕突起の位置関係などに問題があることが判る。例えば、この楕円板のスリットと駆動腕突起の関係では、楕円板は年周カムに示される年周運動を実現できない。

以上の情報を表3にまとめた。なお、対駆動腕方式ではないが、参考のために三宅正吉銘の単独駆動腕方式の自動割駒式文字盤枕時計を表に加えた。

5. 結 論

まず、高林コレクションの八角型卓上時計(自

動化された文字盤ではないので表には含まれない)、無銘の八角型卓上時計、三宅正利銘の八角型卓上時計の3台については、外観、大きさ、透かし彫りの意匠など特徴から、作者は同一作者、即ち三宅正利であることはほぼ間違いがない。時計機械は、高林と無銘については小型広東時計の機械を使用しないしは部品を流用したもので、三宅正利銘については正利自身の作である。特に、無銘のものは試作品と考えられ、三宅正利銘の八角型卓上時計では試作における試行錯誤の成果が製作に十分に生かされたと考えられる。従って、製作の順序は、高林、無銘、三宅正利銘の順と推定される。

次に、三宅正吉銘の枕時計の自動割駒機構は、写真からではあるが、他の機構に見られる対駆動腕方式ではなく、個々の駆動腕が独立して割駒を駆動する単独駆動腕方式と判断できる。同枕時計は、三宅正吉が河内枚方で弘化年間(1844-1848)に指輪時計を製作した記録があることから、その前後に製作されたと推定できる。

対駆動腕方式と単独駆動腕方式は発想に共通性があるが、発想がより単純な単独駆動腕方式が最初に三宅正吉によって考案され、続いて昼夜半時の割駒角度の合計が常に一定(30度)になることに気付いた三宅正利によって対駆動腕方式が考案されたと考えるのが自然である。なお、三宅正吉と三宅正利は3文字まで一致しているところから親子などの近親関係か師弟関係の可能性が高く、発想の共通性や、機構の改良が進む条件が整っていたことが予想される。これらのことから、三宅正吉銘の枕時計が表3に掲げた5台の自動割駒式文字盤和時計の内でも最も古く、対駆動腕方式の考案は三宅正利であると結論づけることができる。

これに対してスイス時計学会誌掲載の枕時計と岩野忠之銘の掛時計については、幕末に和時計の表示機構の最新技術として考案された対駆動腕方式の技術が伝搬・拡散した例と考えられる。岩野忠之銘の掛時計は、スリット楕円板や離心円型年周カム溝などが無理のない洗練された設計であること、枕時計や卓上時計などの高級品ではなく、比較的簡素な作りの振り子式掛時計に適用されていることなどから、最も新しいと結論づけることができる。

6. 終わりに

最近、7台目の自動割駒式文字盤和時計の存在の可能性が出てきた。この時計は高さ十数cm、厚み5cm程度の小型の枕時計で、作者は田中久重と考えられ、厚みから考えて万年時計のような歯車式の自動割駒機構ではなく、放射型駆動腕方式の自動割駒機構であると考えられる^{10,11)}。なお、出典が不確実であるが、三宅正吉の枕時計の噂を聞いた田中久重が、枚方にこれを見に赴き、製作したものとされる¹²⁾。万年時計の自動割駒機構の地板の中央付近には、駆動腕を支えるためと推定される10個の穴が確認でき¹³⁾、万年時計の設計段階では、三宅正吉のような単独駆動腕方式の自動割駒機構を想定していた可能性が窺える。

不定時法自動表示機構の製作は、天保五(1834)年在政銘の円グラフ式掛時計の自動伸縮指針機構が最も古く、嘉永4(1851)年田中久重銘の万年時計の歯車式自動割駒機構が最も新しい。一連の放射型駆動腕方式の自動割駒機構は、順序から言えば両者の間に位置付けられるものである。これら三つの不定時法自動表示機構における相互の関連性については、万年時計の自動割駒機構の成り立ちを示すだけでなく、技術の伝搬と展開の形態を示すもので、今後の重要な研究課題となろう。

本稿を執筆するにあたり、大名時計博物館理事内山孝夫氏から重要かつ貴重なコメントをいただいた。また、和時計研究者故戸田光良氏の長女柏木孝子氏からは遺品の随筆原稿「和時計界の迷路」を拝借した。併せてここに厚くお礼申し上げる。

参考文献と注

- 1) 佐々木勝浩・橋本毅彦・土屋榮夫・近藤勝之・岡田和夫, 2005. 「和時計における不定時表示機構」. 国立科学博物館研究報告, E類, 25: 32-47.
- 2) 三宅正利銘八角形卓上時計は、2003年頃オークションで落札されたが、岡田が2005年の全米時計蒐集者協会の全国集会の写真に写っていた時計を偶然見つけ、所有者(米国人)と直接交渉し買取に成功した。
- 3) 前掲. 佐々木勝浩・橋本毅彦・土屋榮夫・近藤勝之・岡田和夫, 2005. 「和時計における不定時法自動表示機構」. 国立科学博物館研究報告, E類, 28: 31-47. の35頁, 写真1及び写真10を参照。
- 4) M. Emile James, 1886. Pendules japonaises. Journal, Suisse d'Horlogerie, XI: 6-8. の図版参照。
- 5) 前掲. 佐々木勝浩・橋本毅彦・土屋榮夫・近藤勝之・岡田和夫, 2005. 「和時計における不定時法自動表示機構」. 国立科学博物館研究報告, E類, 28: 31-47. の43頁及び44頁, 写真31及び写真33を参照。
- 6) 一般に時計機械は西洋のものをを用い文字盤を和式に交換した和時計を指す。
- 7) 江戸時代に使われていた不定時法の時刻の名前. 江戸時代の不定時法は、「明け六つ」、「暮れ六つ」で一日を昼と夜とに分け、それぞれを6等分して次のような時刻を割り当てた。昼は「明け六つ」から始まり、「五つ」、「四つ」、「昼九つ」、「八つ」、「七つ」で暮れ「六つ」となり昼が終わる。夜は「暮れ六つ」から「五つ」、「八つ」、「夜九つ」、「八つ」、「七つ」、「明け六つ」で一巡した。
- 8) 前掲. 佐々木勝浩・橋本毅彦・土屋榮夫・近藤勝之・岡田和夫. 「和時計における不定時法自動表示機構」. 国立科学博物館研究報告, E類, 28: 31-47. の写真10.
- 9) 理科年表. 丸善出版. 暦の部, 夜明け, 日暮れの表の解説参照。
- 10) 大名時計博物館理事内山孝夫氏によれば、1975年頃に田中久重の親族が田中久重が製作したとされる自動割駒式文字盤の枕時計を京都の美術商に修理に出した。修理に当たったのは当時和時計製作技術を研究していた故戸田光良氏で、連絡を受けた内山氏は、大名時計博物館館長故上口等氏とともに同年6月頃京都に赴き、この時計を見たとのことである。現物がなく不確かな部分も多いが、万年時計の自動割駒式文字盤の成り立ちを示す重要な情報と考えられるので敢えてここに記した。
- 11) 戸田光良氏が残した随筆原稿「和時計の迷路」によれば、自動割駒機構の枕時計が2台あったが海外へ流出したことが示唆されている。1台は「調時」第22号[1968年1月号]掲載の三宅正吉作の枕時計で、もう1台は田中久重作の枕時計と思われる。
- 12) 浅井 忠, 1968. 「三宅正吉作時計に想う」. 「調時」第22号, 30頁。
- 13) 「江戸のモノづくり」研究班, 2005. 「万年時計復元・複製プロジェクト」. 24頁, 図3. 中央地板の中央付近に10個の意味不明の穴がある。