

【NOTE】

天保五年在政作円グラフ文字盤自動伸縮指針掛時計

佐々木勝浩<sup>1</sup>・近藤勝之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>和時計学会研究員 〒124-0014 東京都葛飾区東四つ木2-10-15

A Wall Clock made by Arimasa in 1834 with the Pie Chart Style Dial  
and the Automatically Expanding-Contracting Hand

Katsuhiko Sasaki<sup>1</sup> and Katsuyuki Kondo<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Fellow, The Society of Japanese Clocks,  
2-10-15 Higashi-Yotsugi, Katsushika-ku, Tokyo 124-0014, Japan

**Abstract:** A wall clock, which was inscribed with Japanese clockmaker Arimasa's signature and the production date of the 5th year of Tempo period (1834) and had the pie chart style dial and the automatical expanding-contracting hand, was deposited by Kondo who is one of the Author to the National Science Museum. One of the most unique characteristics is that the hand which is set in the front disc on the dial expand and contract and then indicate automatically the times of temporal hour. It is thought that the completions of mechanisms such as the automatical indication for the temporal hour were the ultimate goals for Japanese clockmakers. Therefore, Arimasa's clock is probably one of the most important materials which give useful informations for the history of Japanese clocks.

**Key words:** Japanese clock, wall clock, temporal hour, pie chart style dial, expanding-contracting hand

1. はじめに

独立行政法人国立科学博物館日本館一階南翼「自然を見る技」フロア「時を知る」コーナーの和時計ケースに展示されている天保五年（1834年）在政銘円グラフ式文字盤掛時計は、著者の一人近藤によって2005年に国立科学博物館に展示及び研究資料として寄託されたものである。すでにこの掛時計については、前報<sup>1)</sup>で触れたところであるが、寄託に先立って2005年5月28日に行った分解調査での結果をNoteとして報告する。

2. 時計の概要

1) 時計外観

この掛時計は、木製台とも高さ43.3 cm、幅15.8 cm、奥行き10.9 cm、重錘駆動、振り子式、真鍮製の中型の掛時計である（写真1）。時計の機械は、取っ手を含めて高さ19.9 cm、幅15.8 cm、奥行き9.9 cmで、正面がほぼ正方形であるのに対して、奥行きは幅の約半分の厚みしかない。正面側は詳細な円グラフ式不定時法時刻目盛り以外に特別な装飾はない（写真2、図1）。しかし、機械正面左扉には、松と梅に鶴と亀、右扉には竹に鶏の絵が刻まれ、機械本体裏面には「天保五（1834



写真1. 天保五年（1835年）在政作 円グラフ式文字盤自動伸縮指針掛時計

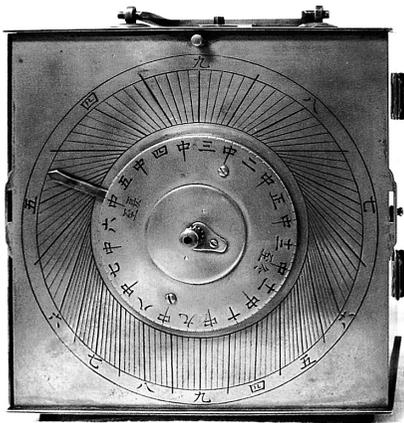


写真2. 時計機械正面（円グラフ式文字盤）

年）甲午五月在政作之」の銘とともに在政による200字に及ぶ銘文が刻まれている（写真5）。

文字盤には、一年各節気の不定時法時刻を同心円状に目盛った円グラフ式文字盤が採用されている。文字盤の中心に一日一回転する円盤があり、そこから突き出た指針が伸縮して文字盤に刻まれた一年各節気の時刻目盛りを自動的に指すように

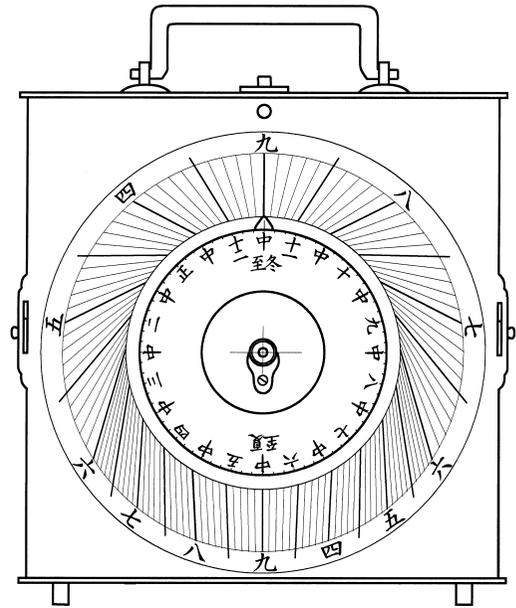


図1. 時計機械正面（円グラフ式文字盤）

なっている。これを自動伸縮指針と呼ぶことにする。なお指針は、最も突き出たときに夏至で、最も引き込まれたときに冬至である。

機械頭部には鐘はなく従って時打ち機構はない。その代わりに手提げ用の取っ手が取り付けられている。付属品として専用の木製の壁掛け台があり、これに載せて壁に掛けて使用するようになっている。動力用の重錘は大小各1個ずつあり、これを二重鎖で吊している。

## 2) 時計機構

時打ち機構がないため、そのための輪列や速さを制御する風切り、起動・停止の制御を受け持つ三枝金、数を制御する雪輪、鐘を打つ撞木などが存在しないので、時計機構全体が大変単純な印象を受ける（写真3, 4, 図2）。

時計機構を納める枠には、初期の機械時計や和時計に多く用いられる四本柱による基本構造が採用されている。二本の支柱の間に取り付けられた一番車（動力）、二番車（動力伝達）、三番車（方向変換）、雁木車（冠形脱進機）の四つの歯車が輪列を構成する（表1）。各歯車の歯数を表1に掲げる。一番車が重錘駆動の動力を伝える役割を持つことは他の和時計と全く同じであるが、一番カナ歯車は指針円盤の駆動歯車に作用して指針を回転させるとともに指針自動伸縮機構<sup>2)</sup>を駆動する。

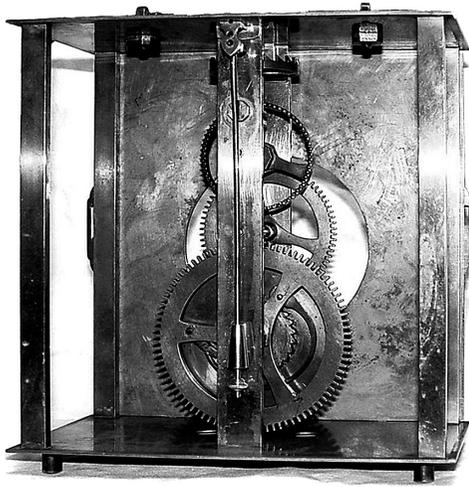


写真3. 時計機構（裏面）

表1. 天保五年（1835）年在政銘円グラフ式文字盤自動伸縮指針掛時計の時計歯車輪列

輪列	歯数	備考
雁木車	21	振り子採用のため雁木車は上向き雁木カナ
雁木カナ	6	
三番車	64	雁木車の軸の方向変換のため冠形歯車を採用
三番カナ	8	
二番車	72	
二番カナ	10	
一番車	90	
一番カナ	9	指針ユニットを駆動（1日1回転）させる
差動歯車	72/73	指針ユニット（可動側歯車歯数73）
クカナ	12	ク
遊星歯車	24	ク
内歯車	60	ク

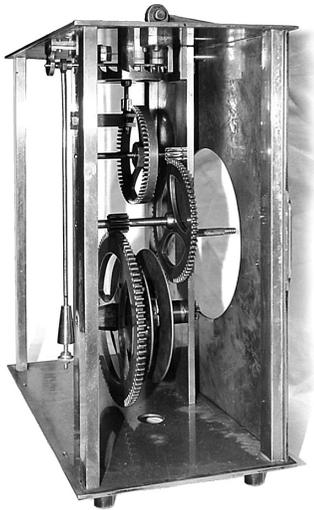


写真4. 時計機構（側面）

三番車が冠形歯車であるのは、調速機として棒天符でなく振り子が採用されているため、歯車軸を90°方向変換させる必要があるからである。歯車の歯の形状については和時計特有の薄歯が採用されている。

振り子は枠内に納まる長さ約13.5cmの真鍮棒に円錐形の小さな錘が付き、ナットを廻して錘の位置を変え歩度を調整することができるようになっている。なお、一日一回転する指針円盤及び歯車輪列から求められる振り子の一日当りの振動数は145,152で、これによる振り子の周期は0.595秒である。

### 3. 時計の特徴

#### 1) 円グラフ式文字盤

不定時法時刻を表示する文字盤は、尺時計における波板式文字盤を指針軸を中心に円形に配置したもので、その外観から円グラフ式文字盤と呼ばれる。最内周が冬至の時刻を、最外周が夏至のそれを示し、その他の季節は夏至と冬至の時刻を直線で結んで補間している。昼夜の比率は、夏至では昼の長さが夜のその二倍強であるのに対して、冬至では夜が昼に対してわずかに長いだけで、夜明け、日暮れで昼夜を分割する日本特有の不定時法の時刻としては、極めて標準的である。しかし、時刻目盛りを直線形にとる尺時計の波板式文字盤では起こらない誤差が、時刻目盛りを円形（円周）配置にしたために発生することが予想される。

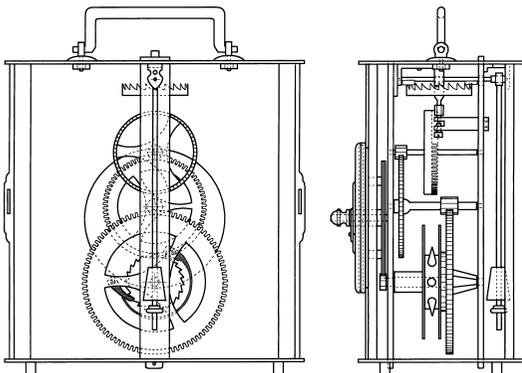


図2. 時計機構裏面及び側面

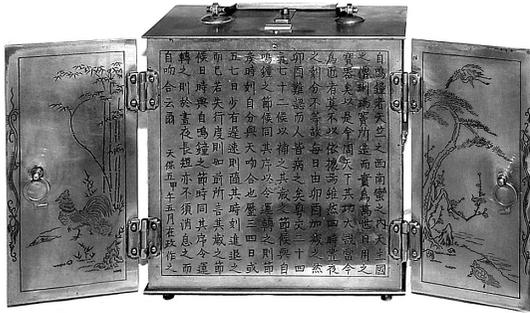


写真5. 左右扉と裏面側。裏面側に在政の銘と銘文が刻まれている。



写真7. 年周カム

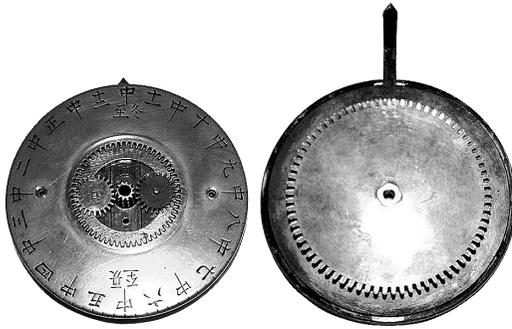


写真6. 自動伸縮指針駆動部。右：差動歯車装置，左：遊星歯車装置

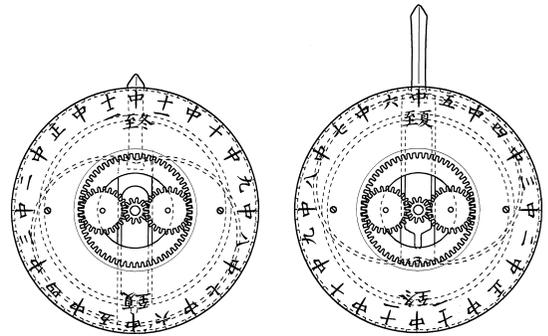


図3. 自動伸縮指針機構ユニット

## 2) 自動伸縮指針機構

(1) 差動歯車機構 指針の伸縮を果たす自動伸縮指針機構は文字盤中央の円盤内に内蔵されている。円盤の中心のナットを外すと自動伸縮指針ユニットを取り外すことができる。ユニット裏側の指針駆動用の歯車は二枚重なっているが、これは歯車の歯数が一歯だけ異なる差動歯車である。すなわち、歯数72の固定側歯車と歯数73の可動側歯車の二枚を重ね合わせ、これを一つの歯車で駆動すると可動側歯車は自動指針伸縮ユニットが一日当たり一回転する度に73分の1つずつずれていくことになる(写真6の右)。なおユニット前面の中央部には差動歯車の可動側に固定された歯数12のカナ歯車が露出している。

(2) 遊星歯車機構 自動伸縮指針ユニット正面のマイナスネジで止められている金具を外すと、歯数73の可動歯車とともにユニットの覆いが外れ、自動伸縮指針機構の詳細、すなわち二十四節気文字盤と一体化した歯数60の内歯車と歯数24の二枚の歯車が現れる。二枚の歯車は歯数12のカ

ナ歯車の回りを回るいわゆる遊星歯車で、二つともユニットの基盤に固定されている。差動歯車の可動側は基盤に対して一日、すなわち自動伸縮指針ユニット一回転当たり73分の1回転する。その結果、内歯車側は遊星歯車によって基盤に対して歯車比12/60で減速された速さで回転する(写真6の左)。従って、二十四節気文字盤(内歯車)は、基盤に対して $(1/73) \times (12/60)$ 回転、すなわち365分の1回転することになる(図3)。

(3) 年周カム 二十四節気文字盤の裏側にはハート形のカム溝のある円盤が固定されている。これが同機構の年週カムである(写真7)。基盤中央の縦溝に入っている指針の突起が年周カムの溝に入り、年周カムが回転することによって指針は縦溝の中を一年掛けてゆっくりスライドしながら各節気の正しい指針の長さに自動的に調整される。すなわち指針は、二十四節気文字盤の回りを365日で一周すると同時に夏至から冬至の位置を一往復する。これが指針の年周動作ならびに伸縮動作であり、この機構が1年365日を近似値として計算されていることを示している。

#### 4) 銘文及び銘等

(1) 銘文及び銘 時計機械本体の裏側に刻まれた銘文及び銘の全文を示す(写真5)。

「自鳴鍾者天竺之西南蠻内天守國之僧利瑪竇所而實為萬世日用之寶器矣以是今周天下其功大哉當今為匠者莫不以依據焉雖然四時晝夜之刻分不等故每日由卯酉加減之然卯酉難認而人皆病之矣粵交二十四氣七十二候以補之其歲之節候與自鳴鍾之節候同其序以令運轉之則節候時刻自分與天吻合也歷三四日或五七日少有遲速則隨其時刻進退之而已若失行度則如前所言其歲節候日時與自鳴鍾之節時同其序令運轉則於晝夜長短亦不須消息之而自吻合云爾 天保五甲午五月在政作之」

(2) 銘文等の口語訳 長野市元善町・善光院萩原博志氏による口語訳を下に記す。

「自鳴鍾というものは、天竺の西方に在る南蛮の内、天主国(イタリー国)の僧侶利瑪竇(りまとう・マテオリッチ)が作りだしたもので、まことに永く日々用いる貴重な器具である。

このため今、世の中に行渡り、その効用は絶大である。今日、経営者たらんとする者で、自鳴鍾を活用しない者は居ない。

そうではあるものの年間を通して、昼夜の時刻区分は変化する。そのため日毎に卯の刻と酉の刻を基準としてこれを調節している。しかしながら卯の刻と酉の刻は、確認し難く、皆がこれに苦労している。

そこで二十四気を七十二候に合体してこれを補正し、年間の節候とこの自鳴鍾が表示する節候と、その次第を同じく作り、その上でこの自鳴鍾を運轉するので、節候における時刻は、自動的に区分されて、曆象に同調する。三四日あるいは五七日を経て、いくらか一時の経過に遅速が生じたときも、その時刻区分に従ってこの自鳴鍾は動き、それで足りる。

たとえ節候の進度を忘れても、前に述べたように、年間の節候における日時とこの自鳴鍾が表示する節候における日時とは、その次第を同じくして運轉するので、昼夜の長短についても、当然これを調節する必要は無く、自動的に同調すると言うわけである。天保五年(1835年)甲午五月在政之を作る。」

銘文の要点は、時計の由来に始まり、時計の有用性、時刻制度としての不定時法について触れ、時刻の基準を決めることの難しさを述べている。そして自動伸縮指針機構で伸縮する指針によって、

一年を七十二候に分けて製作した円グラフ式文字盤上の時刻目盛りを読み、正しい不定時法時刻を知ることができる、と解説している。

(3) 製作者について 在政についてはよく知られていないが、上野谷中の大名時計博物館に「天保七年(1836年)丙申十二月調之、五代伊豫辰之祐在政作」と銘のある一挺天符櫓時計が所蔵されている<sup>2)</sup>。

(4) 旧蔵者について 当掛時計は民芸陶器分野における無形文化財浜田庄司氏がかつて所蔵していたものである。このことは本田親蔵・塚田泰三郎著「古時計—西洋と日本—」に掲載の写真によって確認できるが<sup>3)</sup>、不定時法対応機構として自動伸縮指針機構を採用していることや、銘文及び銘については紹介されていない。著者近藤は、時計機械が木製の台にしっかりと貼り付いており、外すことができなかつたのではないかと推測している。

#### 4. 円グラフ式文字盤自動伸縮指針機構についての議論

##### 1) 不定時法自動表示の方式とそれを備えた和時計の例

和時計の不定時法自動表示機構は、二挺天符機構や割駒式文字盤など西洋の機械時計を不定時へ対応させるために行った改良の最終段階に位置づけることができるものである。江戸時代末期の和時計において、不定時法自動表示の方式として自動割駒式文字盤と円グラフ文字盤自動伸縮指針の二方式が見られる。自動割駒式文字盤は、割駒を各節気の時刻の位置に自動的に正しく移動させる機構を持つものである。その例として、調時22号掲載の放射駆動腕方式の三宅正吉作八角卓上時計1例、切込み楕円板放射駆動腕方式の岩野忠之作掛時計他3例、クランク駆動虫歯車反転方式の田中久重作万年時計1例が挙げられる<sup>4)</sup>。

一方、円グラフ式文字盤自動伸縮指針方式の和時計の例としては、現在の所、著者近藤蔵国立科学博物館展示の1例の他、セイコー時計資料館蔵の2例<sup>5)</sup>、モーディ著「日本時計彙集」掲載の1例<sup>6)</sup>、ターデイ著「フランス時計第4巻」掲載の1例<sup>7)</sup>などが知られている。

2) 不定時法自動表示機構における時打ち機構 機械時計は、もともと鐘を自動的に叩いて時を知らせる装置として発明され、発展してきた。こ

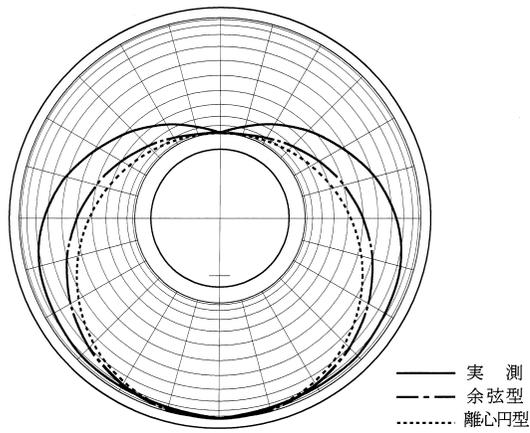


図4. 年周カム比較

のため、時打ち機構は時を刻む運行機構と必ず対になっており、和時計機構は必ず時打ち機構を備えていた。しかし、円グラフ式文字盤自動伸縮指針方式においては時打ち機構が備えられていない。これは、時打ち機構を付加することが構造上不可能であることによるものと考えられる。

### 3) 円グラフ式文字盤の誤差

(1) 年周カム溝の形状 分解調査から得た年周カム溝の形状を図4に示す<sup>8)</sup>。併せて図4には、比較のための自動割駒式文字盤機構で採用されている余弦型曲線と離心円型を示した。当自動伸縮指針機構の年周カムは、余弦型と離心円型のどちらでもなく、夏至と冬至でとがったハート形である。その形状をよく調べると、秋分から冬至、冬至から春分の指針の伸縮は一年の伸縮幅の4分1以下で、節気による指針の出方にはかなりの偏りがあることが分かった。

(2) 円グラフ文字盤の時刻線 在政の円グラフ文字盤は、夏至と冬至の円上に明六つ、暮六つの時刻を目盛り、それによって分けられる昼夜の円弧を六分割して夏至と冬至の各時刻を目盛り、それを直線で結んで時刻目盛りが作図されている。これを時刻線と呼ぶことにする。この作図方法は、尺時計における波板式文字盤において節気線の位置を余弦分割した場合に見られるものと同様の作図方法であるが、時刻を円周上に配置する円グラフ式文字盤の場合は、実際の時刻と大きくずれ、そのままこれを適用することは適当でない。

(3) 節気円の半径と年周カム 明六つ、暮六つの時刻を夏至と冬至で直線で結んだ時刻線は、夏至と冬至の間を余弦分割で作図した同心円（これ

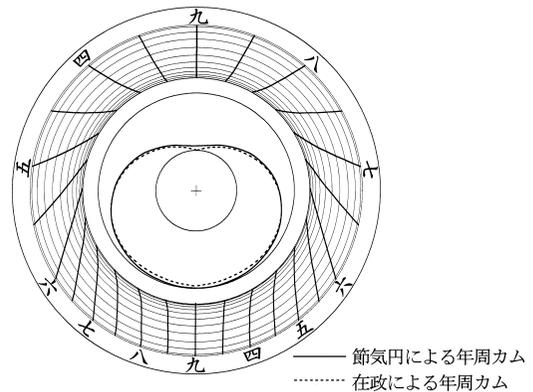


図5. 節気円から求めた年周カムの形と時刻線

を節気円と呼ぶ)を昼夜の長さで分割して求めた明六つと暮六つの位置と合わない。このため、節気円の半径は、余弦分割で決めるのではなく、明六つ、暮六つの時刻線によって正しい昼夜に分割されるように決める必要が生ずる。これによって、年周カムの形状を調整することができ、指針の伸縮を節気円の位置に合うよう作動させることができる。明六つと暮六つの時刻線から求めた節気円に従って描いた年周カムの形状を図5の実線で示す。なお、点線は在政のもので、節気円から求めた年周カムの形状とほぼ一致している。

(4) 年周カムと正しい時刻線 明六つ暮れ六つで正しい時刻を示すよう節気円の半径を調整しても、明六つ、暮六つ、昼九つ、夜九つの各時刻の時刻線については正しい時刻を示すが、それ以外の時刻線については正しい時刻との間にまだ誤差が残る。明六つ、暮六つで分割される節気円の昼と夜の円弧をそれぞれ六等分し、それを結んで描いた時刻線を図5に示す。この方法で求めた正しい時刻線の例がセイコー資料館に収蔵されている円グラフ式文字盤自動伸縮指針掛時計に見ることができる<sup>9)</sup>。時刻線はわずかに湾曲しているがその量は少なく、在政の円グラフ式文字盤の時刻目盛りはそれを直線で近似したものと結論することができる。

## 5. 終わりに

和時計における技術発展の歴史において、不定時法表示は最大の課題であった。不定時法自動化機構は、その歴史の最後に登場するものである。

円グラフ式文字盤自動伸縮指針機構は、歯数差1の二枚の歯車を差動歯車として作動させ、さらに遊星歯車という巧妙な歯車機構を採用して一年365日の年周動作を達成している。この機構は、自動割駒式文字盤機構とともに、西洋の技術発展とは異なる江戸期の時計機構の特殊性を象徴するもので、日本の機械技術の高さを示すものとして注目される。

長野市元善町の善光院萩原博志氏には在政の銘文の口語訳をご提供いただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 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報自動表示機構」. 国立科学博物館研究報告, E類, 28: 31-47.
- 2) 上口 等, 「大名時計」. 大塚製菓報, No. 414: 32-38, 株式会社大塚製菓工場発行. p. 36の右の大型槽時計写真に付けられた解説に五代伊豫辰之祐在政の名がある.
- 3) 塚田泰三郎・本田親蔵著, 佐々木勝浩改訂, 1989. 「古時計—西洋と日本—」, 東峰書房. 130p. 下の写真.
- 4) 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報表示機構. 国立科学博物館研究報告, E類, 28: 31-47, 2005. p. 44の表1.
- 5) 小田幸子編, 1994. 「セイコー時計資料館蔵和時計図録」, セイコー時計資料館. p. 16-17の写真.
- 6) N・H・N MODY, 1932. “JAPANESE CLOCKS (日本時計彙集)”. KEGAN PAUL, TRENCH, TRUBNER & CO. Plate 70.
- 7) TARDAY, 1949. French Clocks, Vol. IV. p. 596の写真.
- 8) 佐々木勝浩, 岡田和夫, 加藤 実, 2007. 「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」. 国立科学博物館研究報告, E類, 25: 32-47. p. 6-7参照.
- 9) 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報自動表示機構」. 国立科学博物館研究報告, E類, 28: 31-47. p. 43の写真29.