

二挺天符目覚付暦付台時計

セイコー時計資料館蔵

からくり



2010年9月

日本メカニズムアーツ研究会

佐々木三郎

3月25日から4月3日にかけてセイコー時計資料館蔵の二挺天符目覚付暦付台時計を分解スケッチを行い、CAD設計で1部アレンジして設計しました。ここでは設計してみて解ったことと、二挺天符目覚付暦付台時計のからくりについて紹介します。

(1) 参考モデル仕様一覧表と個別仕様詳細

名称：二挺天符目覚付暦付台時計

調速機構			時打ち	目覚	暦	文字盤の目盛			時刻表示			動力		飾り柱	サイズ		セッティング		
一挺天符	二挺天符	その他				固定	交換	割り駒	文字盤回転	指針回転	錘	ゼンマイ	錘滑車		総高	機械高	天符錘	錘	文字盤
	○		○	○	○	○			○		○		○	○	670	197	季節毎	下記@参照	

- ① 二挺天符・・・明け六ツと暮れ六ツに上下天符が自動的に切り替わります。定時法にした時の天符の周期は1.385秒になります。
- ② 時打ち・・・九・八・七・六・五・四時はその時の数だけ鈴を打ち、奇数時の後の半時は1回鈴を打ち、偶数時の後の半時は2回鈴を打ちます。(時打ち機構2つ有り)
- ③ 目覚し・・・暮れ六ツから明け六ツまでの半時毎(12か所)に設定可能で、設定用ねじを時盤にねじ込んで設定します。
- ④ 暦・・・十干と十二支の二つ窓付の“六十干支”表示です。子の刻を過ぎると変わり始め、約1時間16分かかって切り替わります。
- ⑤ 文字盤の目盛・・・十二支と九・八・七・六・五・四・九・八・七・六・五・四の文字と120分割目盛付です。
- ⑥ 時刻表示・・・指針は固定で文字盤が時計回りに回転する“えと廻り”方式で、時刻の表示は左回りに記載してあります。
- ⑦ 動力・・・時刻・時打ちの動力は錘によります。目覚しはゼンマイです
- ⑧ 飾り柱・・・下基板にねじ込みで固定 飾り以外の機能はありません。
- ⑨ サイズ・・・機構部の足～鈴留ねじまでの高さは197mm(足無し188mm) 横幅は92mm 奥行きは92mmです。
- ⑩ セッティング・・・天符錘は24節気に応じて上下の天符錘の位置を変えます。錘は約12時間以内に戻し用錘を引っ張ってリセットします。目覚しは作動終了毎に後のつまみを廻してゼンマイを巻きます



- ⑪ 初期セットの仕方・・・1.時盤を外して暦を当日の“六十干支”になるように歯車を回転させ窓に表示させて時盤を再度組み付けます。
2. 時盤を時計回りに回して現在の時刻に合わせます。
3. 時打ちの雪輪が現在時刻（例 12：30）の前の時刻（11：00）の時打ち終了位置にくるように三つ枝金を持ち上げて空送りします。
4. 上下天符の錘を当日の 24 節気に対応した天符周期（行司輪周期で合わせた方がよい）になる位置にかけます。
5. 時刻・時打ち・各錘をセットし、目覚しのゼンマイを巻いて初期セットを完了します。
- ⑫ 操作上の注意事項・・・・目覚し設定ねじを付けたまま時盤を左に回転させると時計の中の目覚し機構部品が変形します。時盤は必ず右回転の事、
- ⑬ 前後左右の扉の保持はフリクションによる保持となっています。

(2) 暦の切り替えのからくり

写真1は表扉に設けられた暦の窓と歯車の一部です。図1は子の刻になった時のピンの位置を示しています。

- ① 時盤と一体に作動する時盤鈴打ちねじ基板に付いているピンに押されて、十二支の歯車が左に回転します。
- ② 十二支の歯車によって十干歯車は右回りに回転します。

暦が完全に変わるのに半時と少し（約1時間16分）ほどかかる設定になっています。

暦の保持は各歯車の裏にフリクションばねがあり、容易に動かないようになっています。

次のページに十二支と十干の組み合わせの“六十干支”を示します。



写真1 暦の窓と歯車の一部

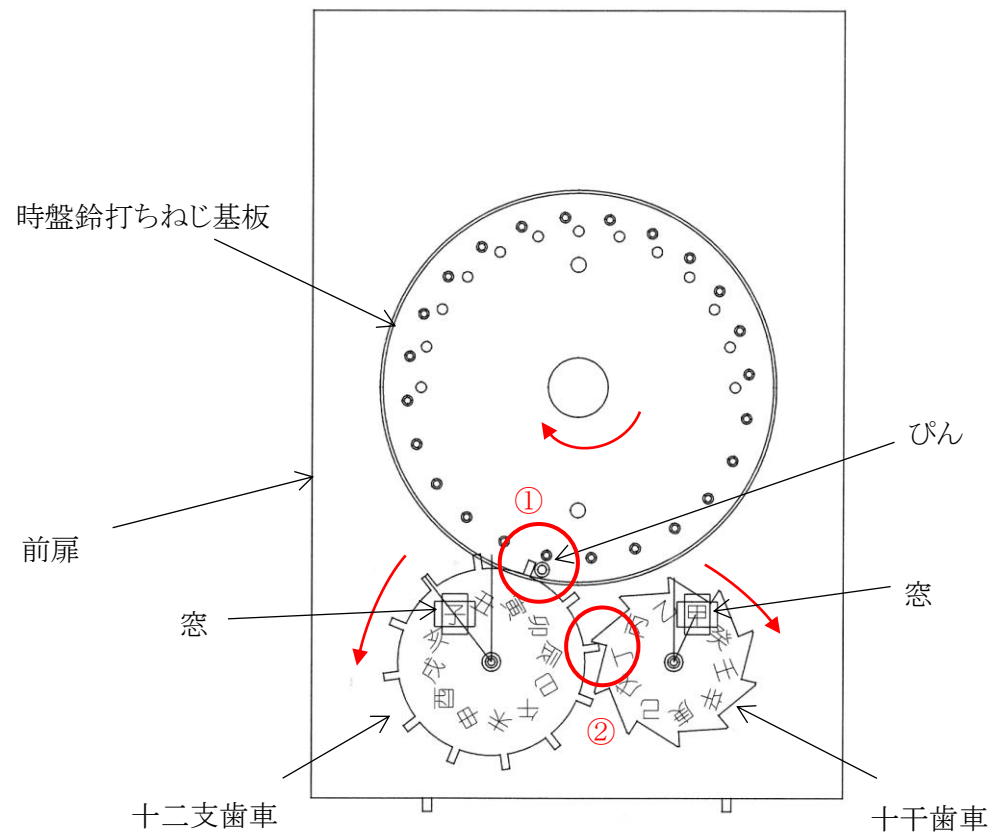


図1 暦歯車正面図

59	壬戌 (みずのえ・いぬ)	60	癸亥 (みずのと・い)
57	庚申 (かのえ・さる)	58	辛酉 (かのと・とり)
55	戊午 (つちのえ・うま)	56	己未 (つちのと・ひつじ)
53	丙辰 (ひのえ・たつ)	54	丁巳 (ひのと・み)
51	甲寅 (きのえ・とら)	52	乙卯 (きのと・う)
49	壬子 (みずのえ・ね)	50	癸丑 (みずのと・うし)
47	庚戌 (かのえ・いぬ)	48	辛亥 (かのと・い)
45	戊申 (つちのえ・さる)	46	己酉 (つちのと・とり)
43	丙午 (ひのえ・うま)	44	丁未 (ひのと・ひつじ)
41	甲辰 (きのえ・たつ)	42	乙巳 (きのと・み)
39	壬寅 (みずのえ・とら)	40	癸卯 (みずのと・う)
37	庚子 (かのえ・ね)	38	辛丑 (かのと・うし)
35	戊戌 (つちのえ・いぬ)	36	己亥 (つちのと・い)
33	丙申 (ひのえ・さる)	34	丁酉 (ひのと・とり)
31	甲午 (きのえ・うま)	32	乙未 (きのと・ひつじ)
29	壬辰 (みずのえ・たつ)	30	癸巳 (みずのと・み)
27	庚寅 (かのえ・とら)	28	辛卯 (かのと・う)
25	戊子 (つちのえ・ね)	26	己丑 (つちのと・うし)
23	丙戌 (ひのえ・いぬ)	24	丁亥 (ひのと・い)
21	甲申 (きのえ・さる)	22	乙酉 (きのと・とり)
19	壬午 (みずのえ・うま)	20	癸未 (みずのと・ひつじ)
17	庚辰 (かのえ・たつ)	18	辛巳 (かのと・み)
15	戊寅 (つちのえ・とら)	16	己卯 (つちのと・う)
13	丙子 (ひのえ・ね)	14	丁丑 (ひのと・うし)
11	甲戌 (きのえ・いぬ)	12	乙亥 (きのと・い)
9	壬申 (みずのえ・さる)	10	癸酉 (みずのと・とり)
7	庚午 (かのえ・うま)	8	辛未 (かのと・ひつじ)
5	戊辰 (つちのえ・たつ)	6	己巳 (つちのと・み)
3	丙寅 (ひのえ・とら)	4	丁卯 (ひのと・う)
1	甲子 (きのえ・ね)	2	乙丑 (きのと・うし)

(注)「古時計」よりコピー

図2 六十干支

(3) 時用歯車輪列

1. 前一の輪から行司輪までの増速比

前一の輪から行司輪までの増速比は $7 \times 11 \times 9 = 693$ 倍となっています。

2. 行司輪及び天符の周期

定時法の場合時盤は 24 時間で 1 回転しなければなりません。

この為に必要な行司輪及び天符の周期を求めます。

24 時間を秒に直すと $24 \times 60 \times 60 = 86400$ 秒となります。

図 3 より時盤 1 回転で行司輪は $6 \times 7 \times 11 \times 9 = 4158$ 回転します。

従って行司輪の回転周期は $86400 \div 4158 = 20.779$ 秒/回転となります。

又天符の周期は行司輪の歯数が 15 歯なので $20.779 \div 15 = 1.385$ 秒/往復となります。

不定時法の場合は 24 節気毎に昼用天符と夜用天符の周期を変える必要があります。例えば資料 2 から 5 月 21 日頃では六つ～六つでの刻数は 昼 64 刻・夜 36 刻の割合になっていますから、昼用天符の周期は $1.385 \div 50 \times 64 = 1.773$ 秒にして、夜用天符の周期は $1.385 \div 50 \times 36 = 0.997$ 秒にする必要があります。(注) 場所によって違う

3. 糸巻の回転数と錘のストローク

時盤が 24 時間で 1 回転すると図 3 より糸巻は 6 回転します。

糸巻の直径は 20mm (モデルより直径で 3.2mm 小さくしています) で、錘の紐の半径を 1.4mm とすると、24 時間作動させるための錘のストロークは $2 \times 3.14 \times (10 + 1.4) \times 6 = 430$ mm となります。実際の錘のストロークは時計を載せる台の高さと錘の大きさによって変わってきます。

4. 錘の重さ

必要な錘の重さは実際に作動させて見ないと解りませんがモデルの滑車方式の錘が 2 kg あったことから、1 kg 前後が必要と思われます。

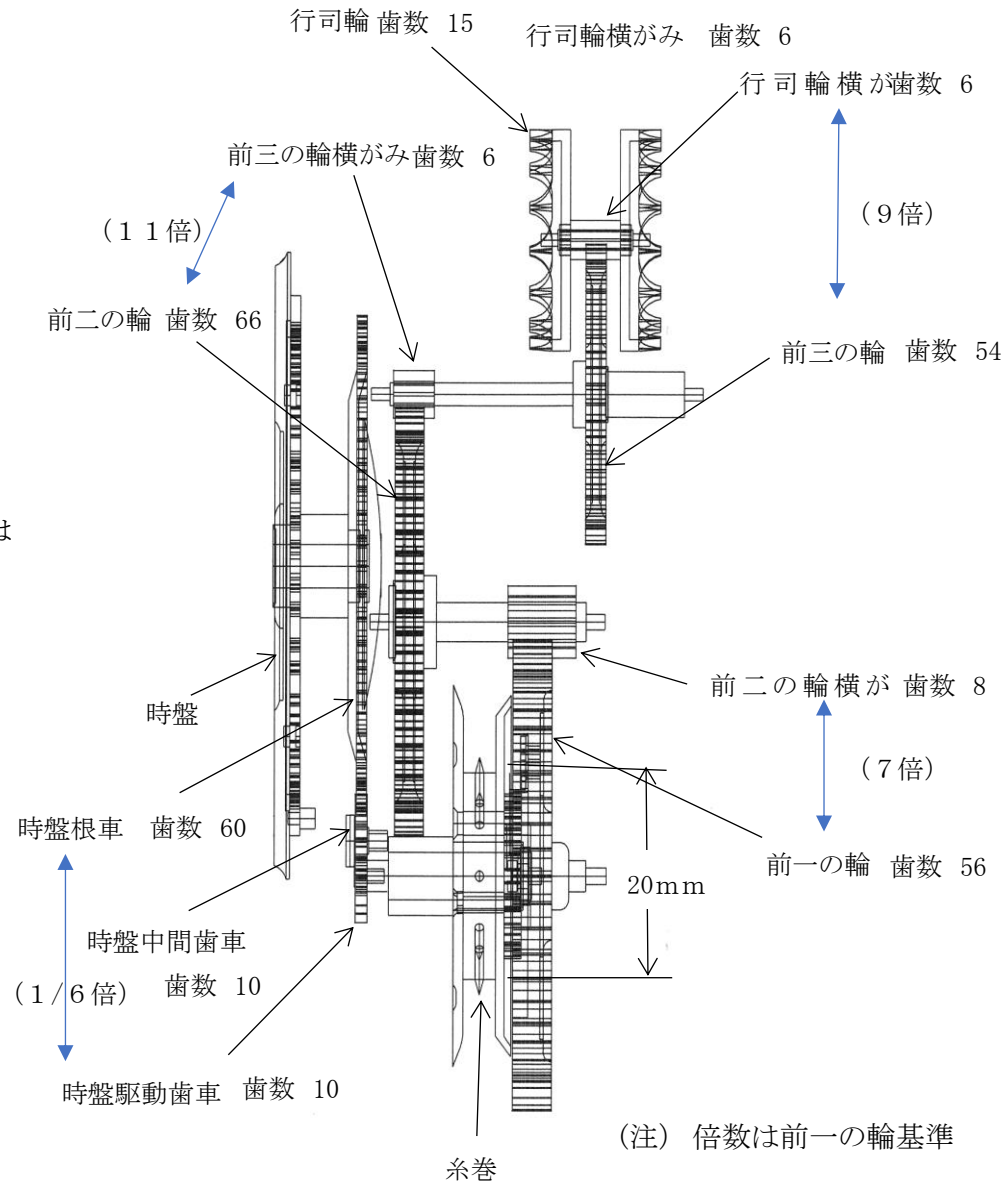


図 3 時用歯車輪列右側面

(4) 時打ち用歯車輪列

1. 後一の輪から風切車までの増速比

後一の輪から風切車までの増速比は $7 \times 6 \times 10 \times 9 = 3780$ 倍となっています。(風切車の横がみを5歯から6歯に変更)

2. 錘のストローク 図4の雪輪のカムは12時間分なので、24時間では

雪輪は2回転する必要があります。図5より、後一の輪は $8 \times 1/7 \times 2 = 2.28$ 回転となります。

紐の半径を1.4mmとすると糸巻の半径10mmと合わせて平均半径は11.4mmとなります。従ってストロークは $2 \times \pi \times 11.4 \times 2.28 = 163\text{mm} / 24$ 時間となります。

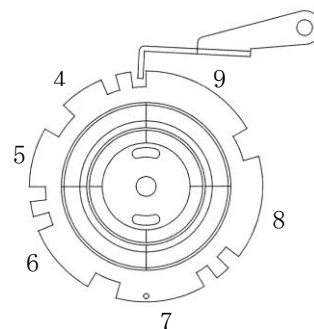


図4 雪輪

3. 錘について

時打ちの錘は鈴を打つ連続タイミングに影響します。重いと早く打ち、軽いと間が空いた打ち方になります。従って時用の錘の様な精度を必要としません。モデルは滑車方式(図6)で錘の重さが2kgだったので、時打ち用は1/2の1kgの錘に相当しますが。実際の作動はときどきとまることがありました。部品をスケッチしてCADで歯車のかみ合いをチェックしたところ、風切車と後四の輪のかみ合いがよくない事が解りました。それは風切車の横がみの歯数が5歯になっていたためです。この場所以外の時用輪列、時打ち用輪列もすべて割り切れる増速比・減速比になっています。通常では歯数6が妥当です。この理由として滑車方式に改造したときに錘のバランス(時用の重さが基準になる)が取れないため時打ち用の輪列の負荷を減らすために風切車の横がみを6歯から5歯に変更したのではないかと考えられます。

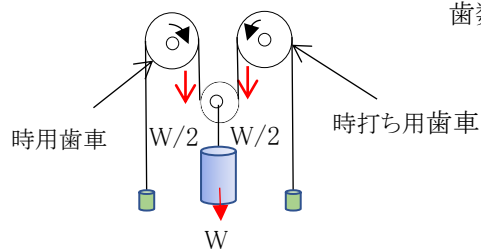


図6 滑車方式の錘

4. 滑車方式

滑車方式は見栄えは良くなりますが、各専用錘に比べて、作動の条件を合わせる必要があり製作は難しくなります。またストロークは時用と時打ち用が足し算になり台の小型化には不利です。

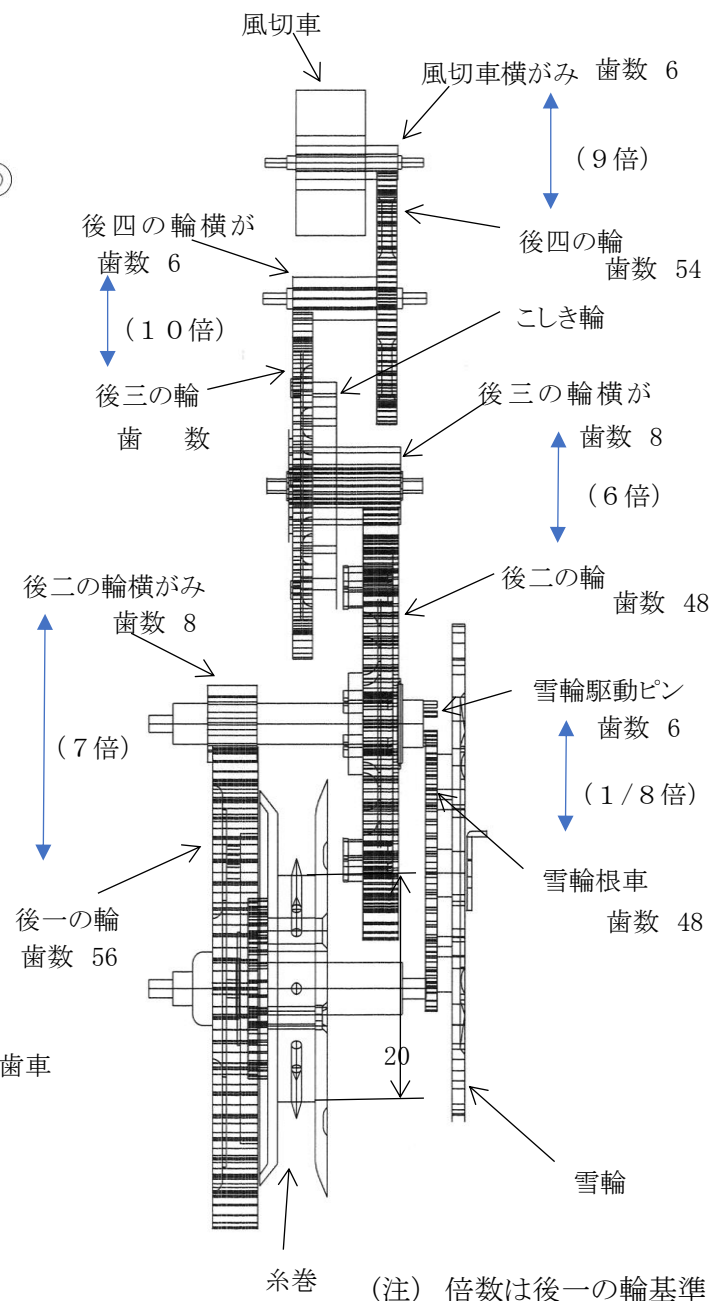


図5 時打ち用歯車輪列右側面図

(5) 目覚し用歯車輪列

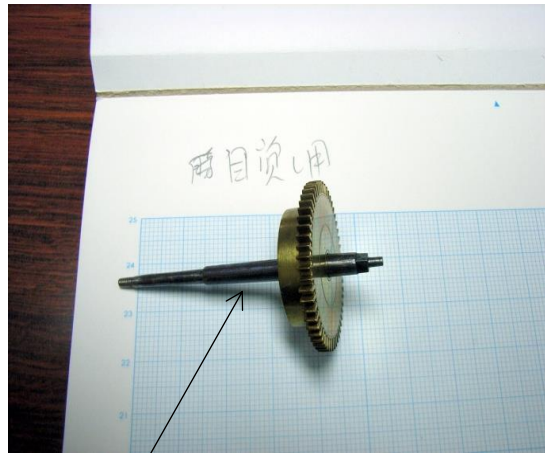
1. 目覚し一の輪から目覚し行司輪横がみまでの増速比

図7より目覚し一の輪から目覚し行司輪横がみまでの増速比は9倍となっています。

2. 目覚し用錘

モデルではゼンマイ（写真2）が使われていましたが、取り扱いの関係から錘方式に変更しました。

スペースの関係から目覚し用錘方式は時用の糸巻方式と違い糸巻にまきつける方式に変更しました（図8）。従って錘のセットは目覚しゼンマイとおなじ裏蓋側にある目覚しねじのつまみを廻して錘を巻き上げてセットします。



香箱

写真2 目覚し用ゼンマイの入った香箱

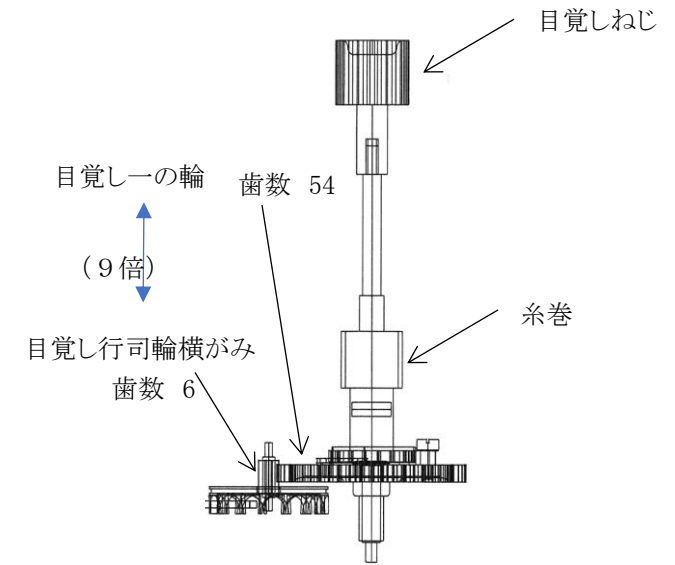


図7 目覚し用歯車輪列上面図

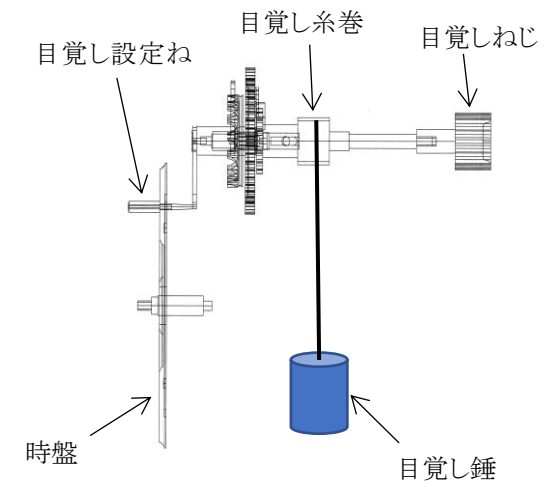


図8 目覚し用歯車輪列上面図

(6) 鈴打ちのからくり

写真3は鈴を又写真4は天板の上の鈴打ち錠と鈴打ち錠支持を示しています。

図9は鈴打ちの機構図を示しています。図10は鈴打ち錠と鈴打ち錠支持です。鈴打ちのからくりは、

- ① 後二の輪が時計回りに回転します。これには6個の後二の輪鈴打ちが付いていて一緒に回転します。
- ② 後二の輪鈴打ちが二つ枝金のレバーに当たり矢印方向に、二つ枝金を回転させます。
- ③ 二つ枝金は常時鈴打ち棒はじき金で鈴打ち棒横金を介して二つ枝金回転止の方向に押されています。二つ枝金が回転すると鈴打ち棒横金のはじき金に逆らって矢印方向に押されます。
- ④ 鈴打ち棒横金の付いた鈴打ち棒が回転すると、これに取り付けられた鈴打ち錠支持と鈴打ち錠と一緒に矢印方向に回転します。
- ⑤ 後二の輪鈴打ちが二つ枝金のレバーを通り過ぎると、鈴打ち棒はじき金により鈴打ち棒横金が元の位置まで押し戻されます。この時鈴打ち錠が鈴に当たって音がします。鈴打ち錠



写真3 鈴

鈴打ち錠

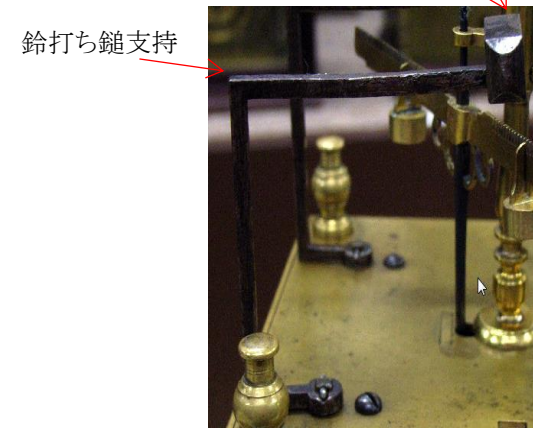
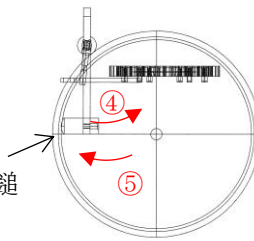
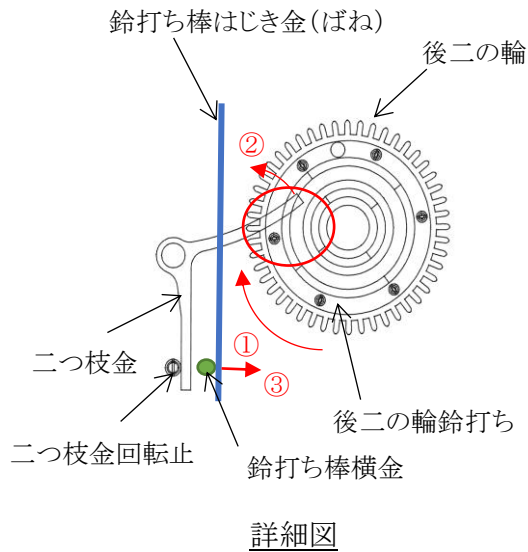


写真4 鈴打ち錠と鈴打ち錠支持

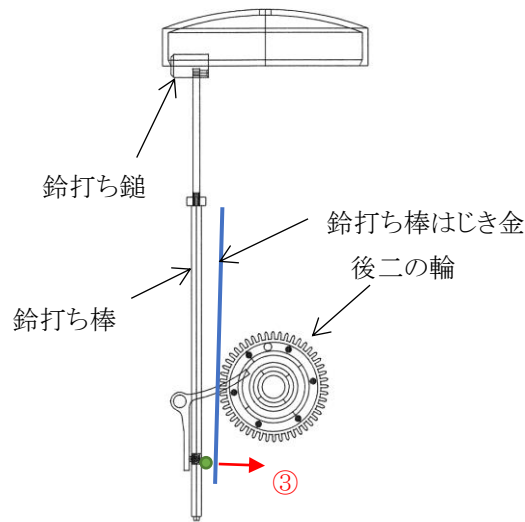


上面図

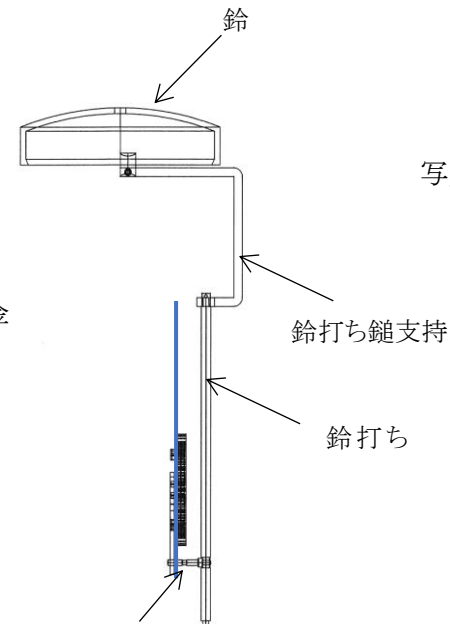


詳細図

図9 鈴打ち機構図



正面図



右側面図

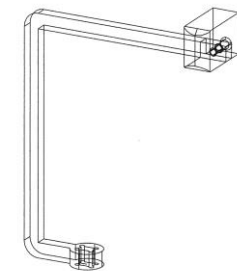


図10 鈴打ち錠と鈴打ち錠支持

(7) 時打ちのからくり

九・八・七・六・五・四の時は時の数だけ鈴を打ちます。奇数時の後の半時は1回のみ鈴を打ちます。偶数時の後の半時は2回鈴を打ちます。図11は三つ枝金を示しています。三つの枝金は一体となっています。鶴首支持の先端に遥動可能な鶴首が付いています。

図12は時打ちの機構図です。図の設定は子の刻になった瞬間の状態を示しています。これから鈴を9回打って止まります。

- ① 時盤と一体の時盤時打ちねじ基板には時盤時打ちねじが24本付いています。つまり24時間の約1時間毎に上記の鈴を打つ為のものです。ねじとねじの間を約1時間かけてゆっくり動きます。
- ② 時盤時打ちねじは鶴首に当たり鶴首支持を矢印の方に回転させます。此の後鈴打ちが行われますが、時盤時打ちねじの回転が遅いため、鈴を打ち終わってもまだねじに押されたままだと鈴打ちが止まらなくなります。是を解決したのが鶴首と言う遥動可能な部品です。
- ③ 鶴首支持が回転すると懸り鎌がこしき輪の回転を止めていた状態から離れます。こしき輪が1回転すると鈴が1回なるようになっています。
- ④ こしき輪が廻り始めると懸り鎌の先端の斜面を押して懸り鎌を大きく回転させます。この時鶴首の状態が(イ)から(ロ)の状態つまり、鶴首支持が大きく回転し時盤時打ちねじから離れます。すると鶴首が板ばねに押されて左に回転します。この状態で鶴首支持が元の位置に戻っても、(ハ)の様に時盤時打ちねじに触らない位置に戻ります。
- ⑤ 懸り鎌によって大きく回転すると落込み金が雪輪の溝から離れます。
- ⑥ 雪輪が矢印の方に回転して、こしき輪が1回転してこしき輪の溝に懸り鎌が落ちてこしき輪の回転を止めようとしても、落込み金が雪輪のカムの上に乗上げた状態になるので、こしき輪はさらに回転します。1回転で1回鈴を打ちますのでこのカムの場合は9回鈴を打った後、雪輪の溝に落込み金が落ちることになり、懸り鎌がこしき輪の回転を止めて時打ちを終了します。

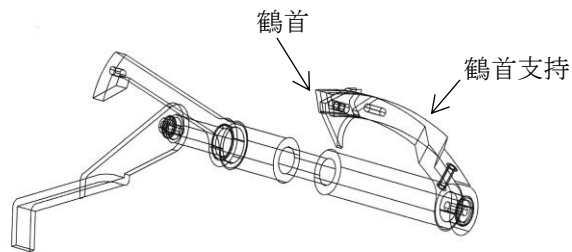
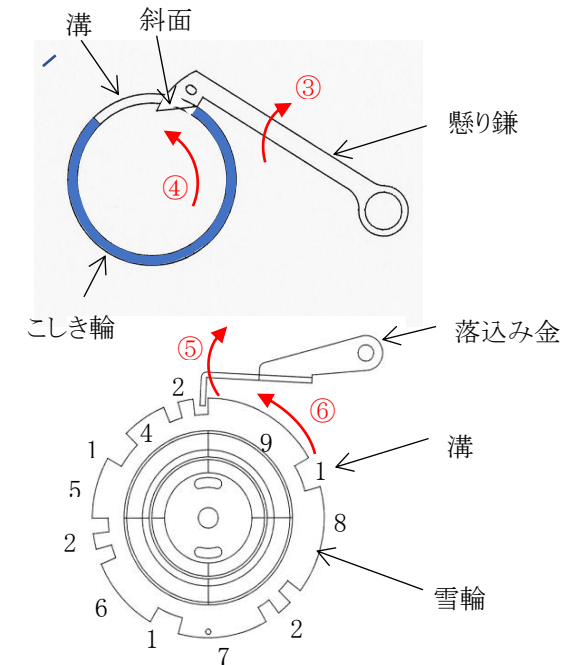
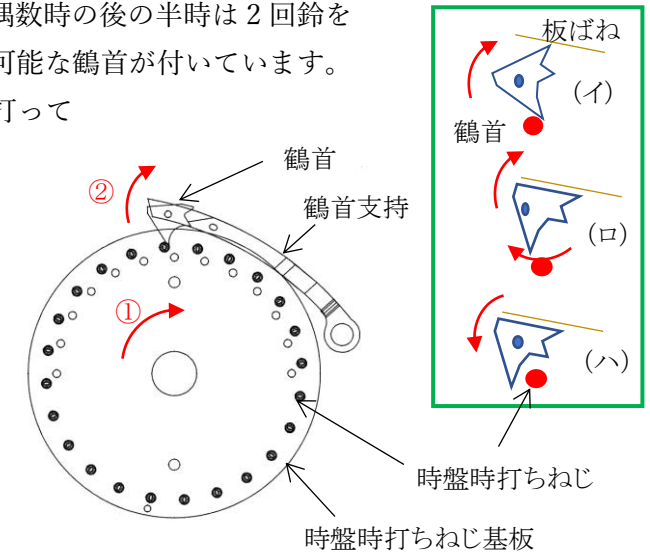
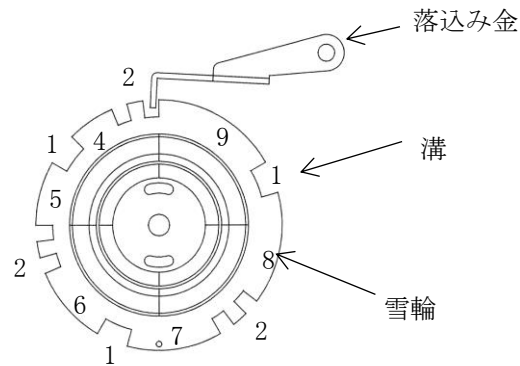
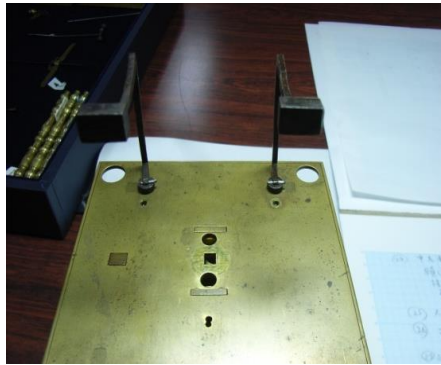


図11 三つ枝金

図12 時打ち機構図

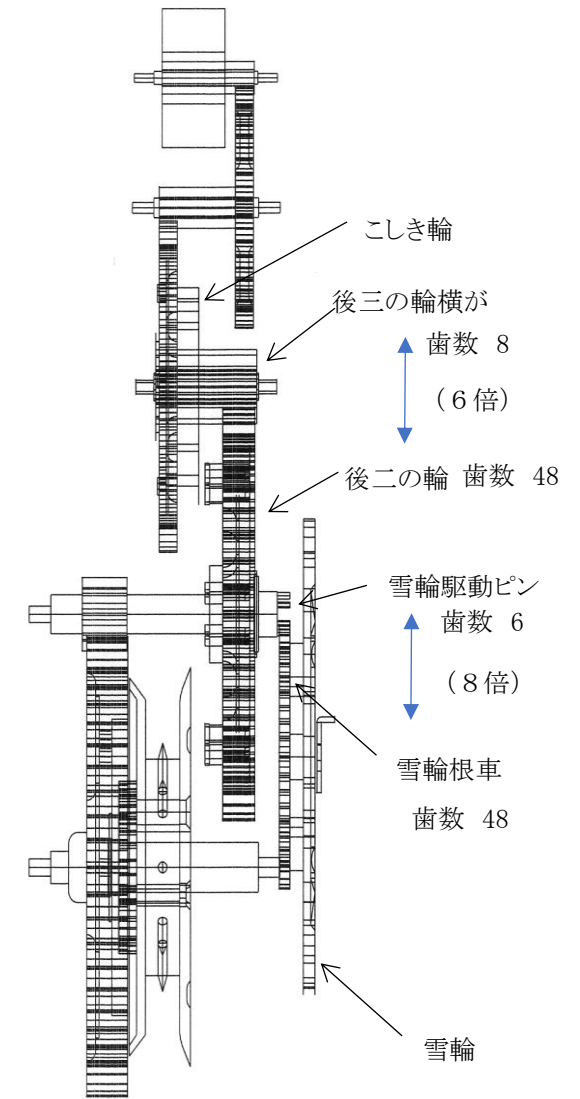
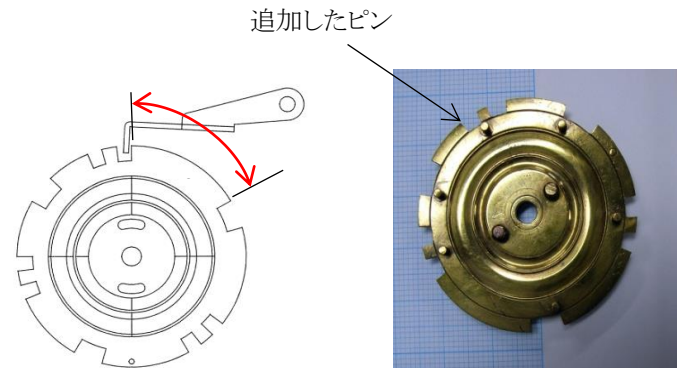
(注) 参考モデルの鈴打ちについて

参考モデルの鈴打ち機構は二つあり（下写真）、最初は理由がはっきりしなかったが、雪輪の根車の歯数が42歯となっていました。この場合雪輪1回転でこしき輪は $42/6=7 \times 6=42$ 回転となります。こしき輪1回転で1回鈴を打ちますので全部で42回鈴を打ちますが、鈴打ちに必要な回数は $9+1+8+2+7+1+6+2+5+1+4+2=48$ 回必要となり6回分不足していることになります。半時に1回のみとした場合は45回必要となります。なぜ42回にしたのか理由は不明です。



この為時の数打ちが9→8となり、8→7となり、7→6となり、6→5となり、5→4となり、4→3となる雪輪のカム構造になってしまい、対策として雪輪に6つのピンを植え付けて向かって右側の鈴打ち機構が左の鈴打ち機構の鈴打ちの後に1回鈴打ちを追加する方式にしたようです。

正しく設計した時でも時のカムの角度で見ると9回打つ所は8回分の角度しかありません、8のカムは7回分となり時のカムから計算すると42回分と勘違いする可能性があります。



設計変更後の輪列

(8) 目覚しのからくり

写真5は目覚し設定ねじです。図13は目覚し鈴打ち部を示しています。図14は目覚し機構です。

時盤には暮れ六ツから明け六ツまでの半時毎13か所に目覚し設定ねじをねじ込んで目覚し時刻を設定する為のねじが設けられています。図の設定は子の刻に目覚しが鳴るように目覚し設定ねじをねじ込んだ状態で、丁度子の刻になった瞬間の状態を示しています。

- ① 時盤が時計回りに回転します。時盤にねじ込まれた目覚し設定ねじの先端が目覚し二つ枝金の一文字金の先端を押し上げます。
- ② 目覚し二つ枝金が回転して、目覚し行司輪の回転を止めていた懸り鎌が目覚し行司輪から離れます。
- ③ 目覚し糸巻にまかれて巻き上げられていた目覚し錘が下がります。
- ④ 目覚し一の輪が廻り、目覚し行司輪が廻り天符軸が遙動して天符軸の先端の目覚し天符鎚も遙動して鈴を連打します。

錘が落ち切るまで連打を続けます。参考モデルはゼンマイなのでゼンマイが緩むまで連打します。

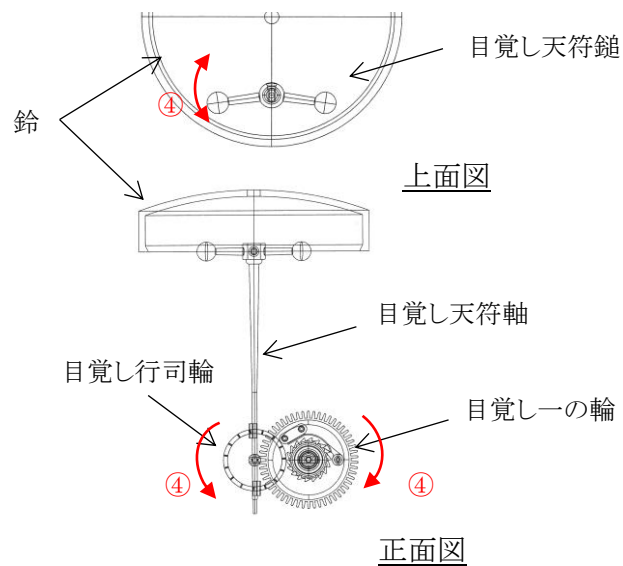


図13 目覚し鈴打ち部

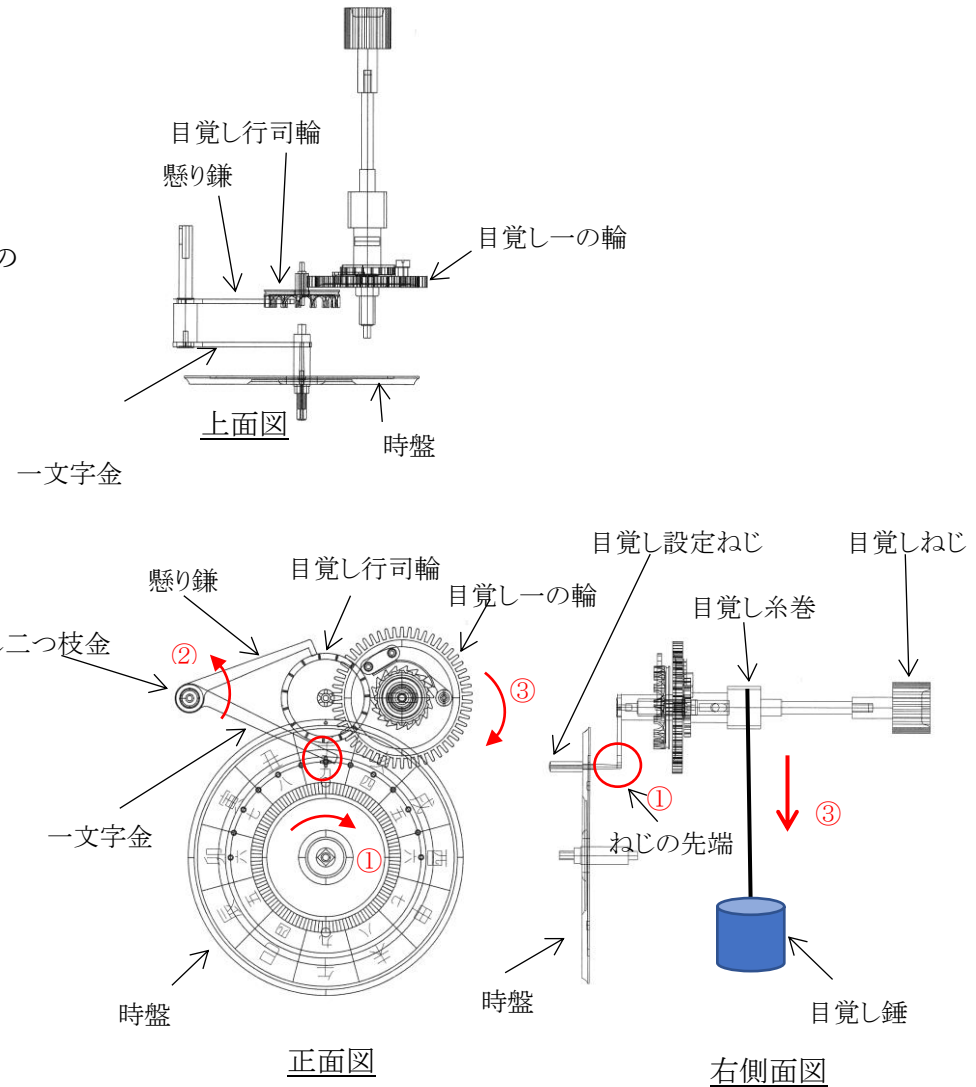


図14 目覚し機構



写真5 目覚し設定ねじ

(9) 天符切替のからくり

図15はカム付き天符切替歯車で歯車と二つの三角カムは一体的に作動します。図16は天符切替機構正面図で、図は明け六ツの前の状態の雪輪の位置を示しています。

図17は部品を省略した天符切替部のアイソメを示しています。図18はアイソメを正面に見た図です。

- ① 暮れ六ツになると時打ち機構が作動し、六つ鈴を打つために雪輪が次の溝がめぐって来るまで回転します。
- ② 雪輪のピンで天符切替歯車が押されて1歯分回転します。この時天符切替保持ばねで位置が保持されます。
- ③ 天符切替歯車と一体の互い違いに取り付けられた三角カムが回転します(60度)
- ④ それぞれの天符切替板が逆方向に作動します。
- ⑤ 上天符が下に、下天符が上に移動(4.1mm)します。下に下がっている天符の方が行司輪に当たって時を刻んでいますので、この場合は下天符(夜用天符)から、上天符(昼用天符)に切り替わります。暮れ六ツになると、又天符の切り替えが起き、昼用天符から夜用天符に切り替わります。

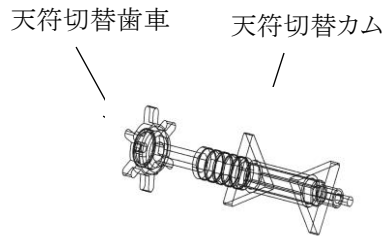


図15 カム付き天符切替歯車

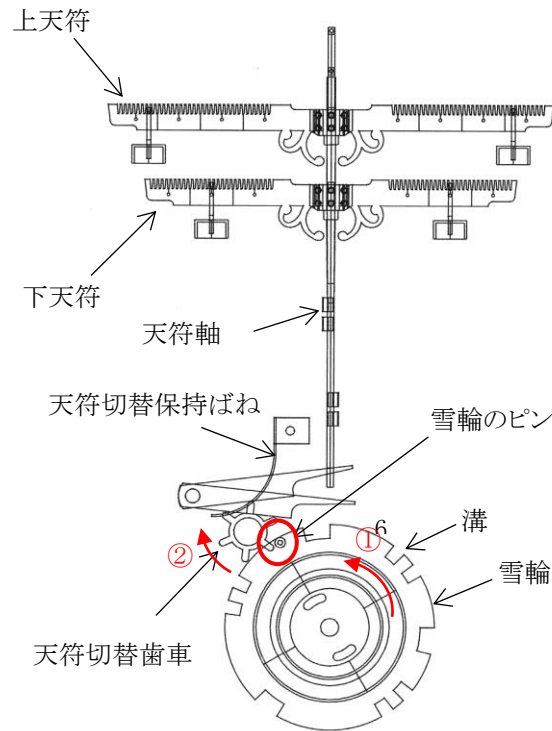


図16 天符切替機構正面図

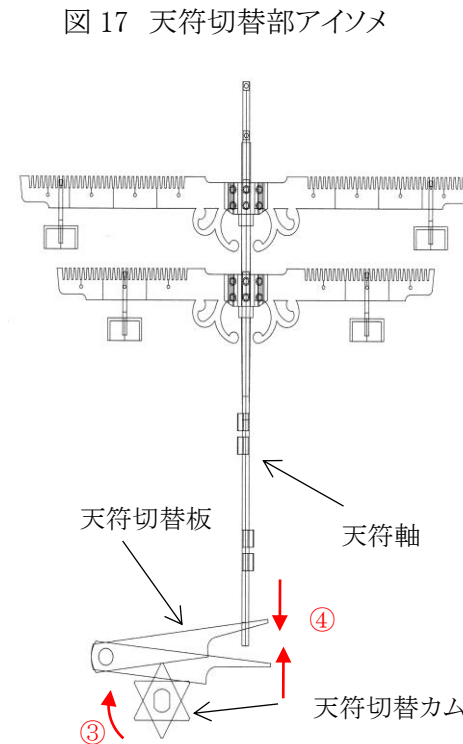


図18 天符切替部正面図

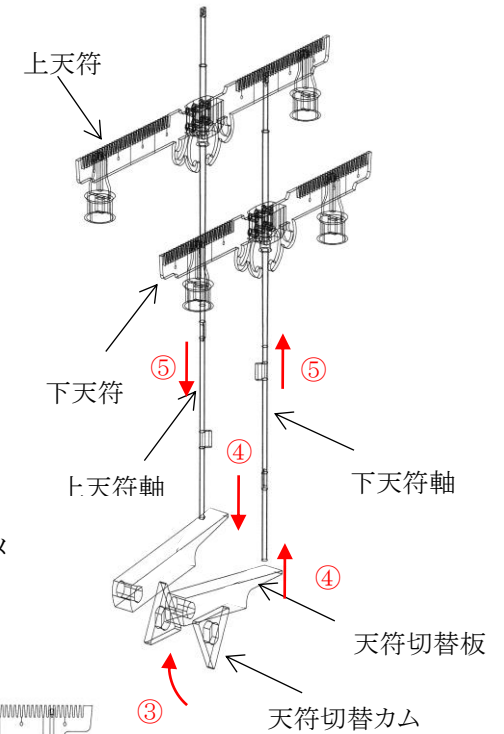


図17 天符切替部アイソメ

(10) 鍾巻き上げのからくり

時・時打ち・目覚しの動力はすべて鍾を使った方式になっています。(参考モデルの目覚しの動力はゼンマイです)

図 19 は鍾巻き上げ機構です。紐にメインの鍾と滑り防止のための戻し用鍾を付けて、糸巻に掛けます。糸巻には紐が滑らないように糸巻針が 8 本周囲に付いています。これにげりげり車が付いています。

図 20 は鍾の状態を表した正面図と右側面図です。図 21 は各鍾を上から見た図で、最大限鍾の径が大きくなる条件で設計したので少し鍾同士が干渉する状態になっています。図 22 は時機構の右側面図です。時打ち用の糸巻も同じ構造になっています。目覚し用は紐を糸巻軸にまきつける方式になっています。

① 鍾によって糸巻が時計方向に回転します。糸巻のげりげり車が前一の輪に付設の一の輪送り爪を時計方向に押し前一の輪を回転させます。鍾が下まで下がり続けるまで回転を続けます。

② 鍾が下がりきったら、戻し用鍾を下に引っ張ります。糸巻とげりげり車が逆回転します。

この時一の輪送り爪はげりげり車の歯とは連動しないで止まったまま一の輪送り爪ばねにおされげりげりと音がします。鍾を上を持ち上げて手を離すと時計が作動を開始します。

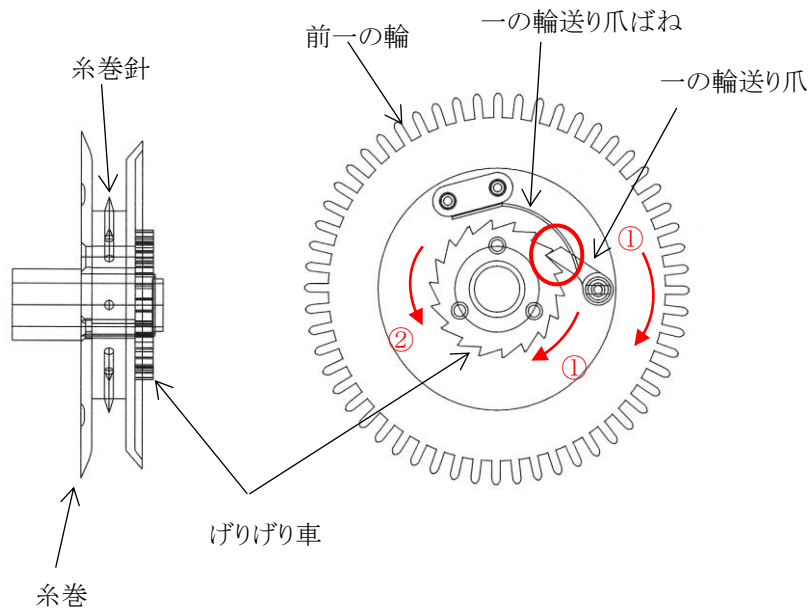


図 19 鍾巻き上げ機構

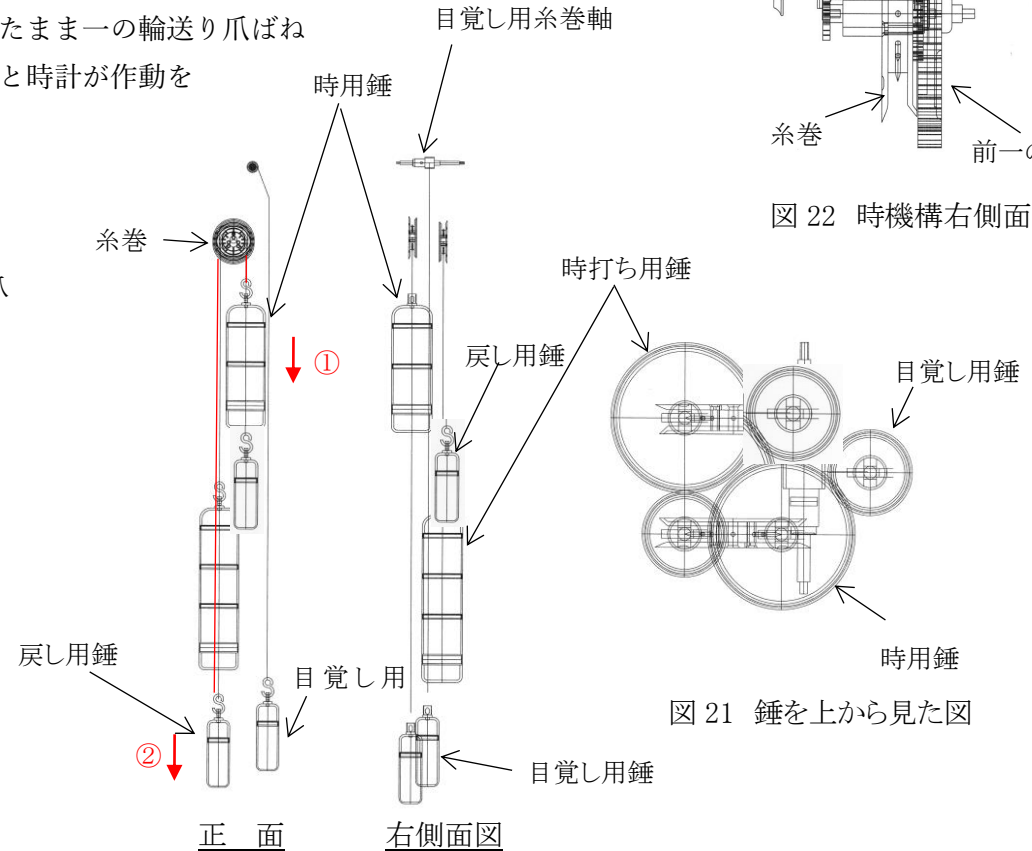


図 20 鍾の状態

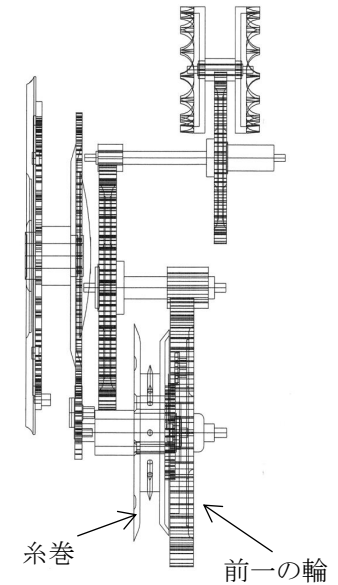


図 22 時機構右側面図

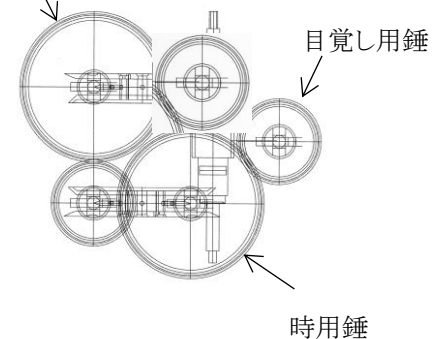


図 21 鍾を上から見た図

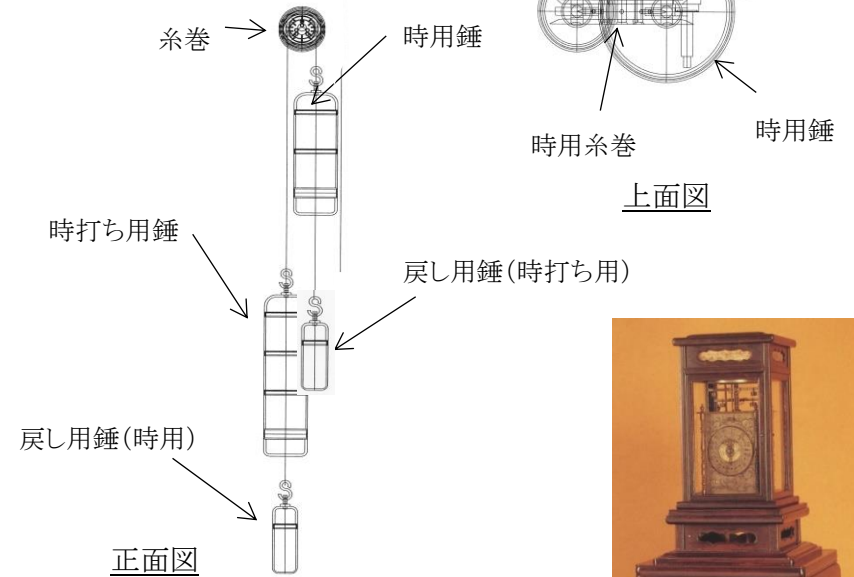
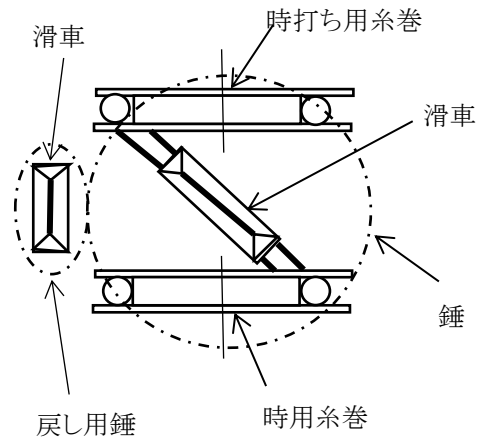
(注) 参考モデルの錘について

時用と時打ち用錘が単独方式の場合、錘が大きすぎてかつ干渉しないようにするために時用糸巻は時計回りに、時打ち用糸巻は反時計回りに回転するように設定されています。

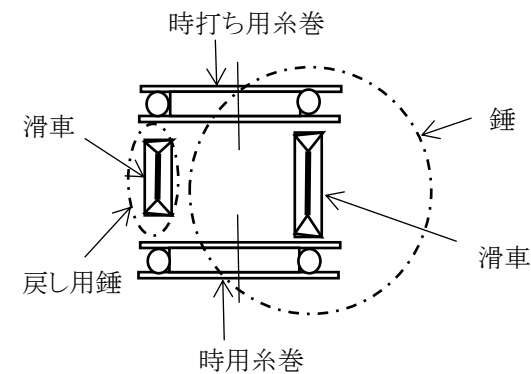
(逆でも可) これによって上面図に見られるように、時用錘は糸巻の右側に時打ち用錘は左側にくるようになるので、錘を大きくかつ干渉しないようにする事が出来ます。

参考モデルは前記設定のものを滑車方式に変更したのではないかと思います。

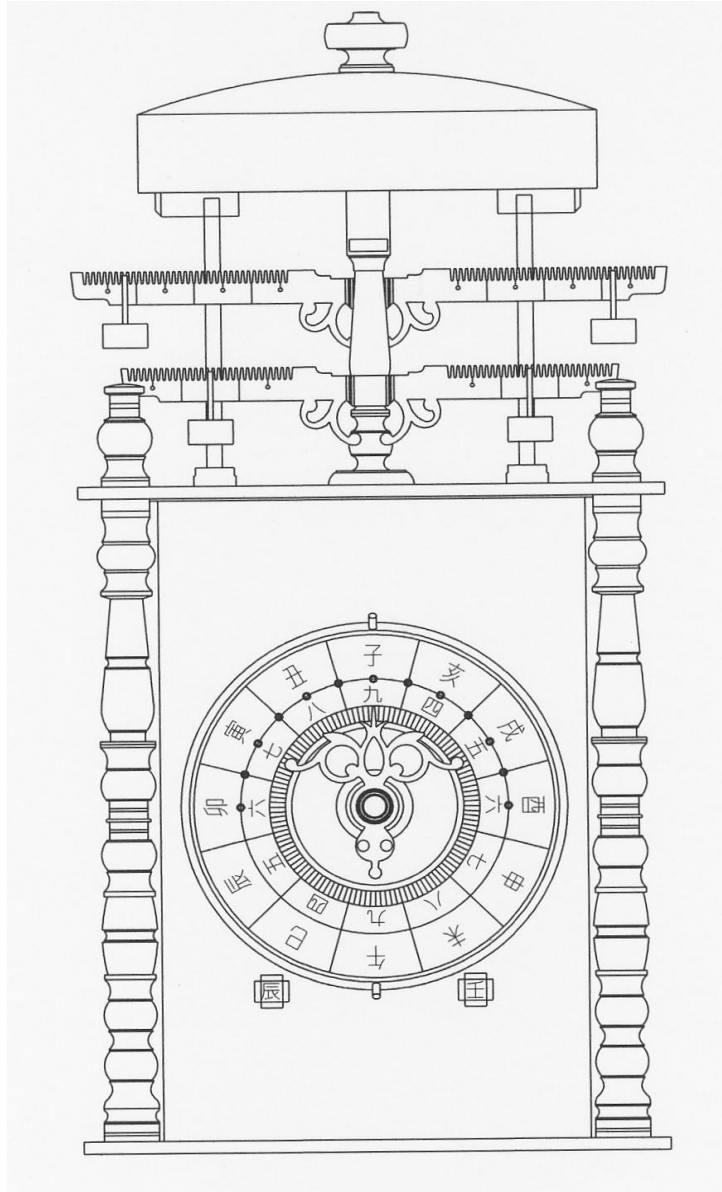
この場合滑車が斜めに着くことになり、戻し用の滑車も斜めになりかつ錘同士が大きく干渉するようになっています。(左下写真)



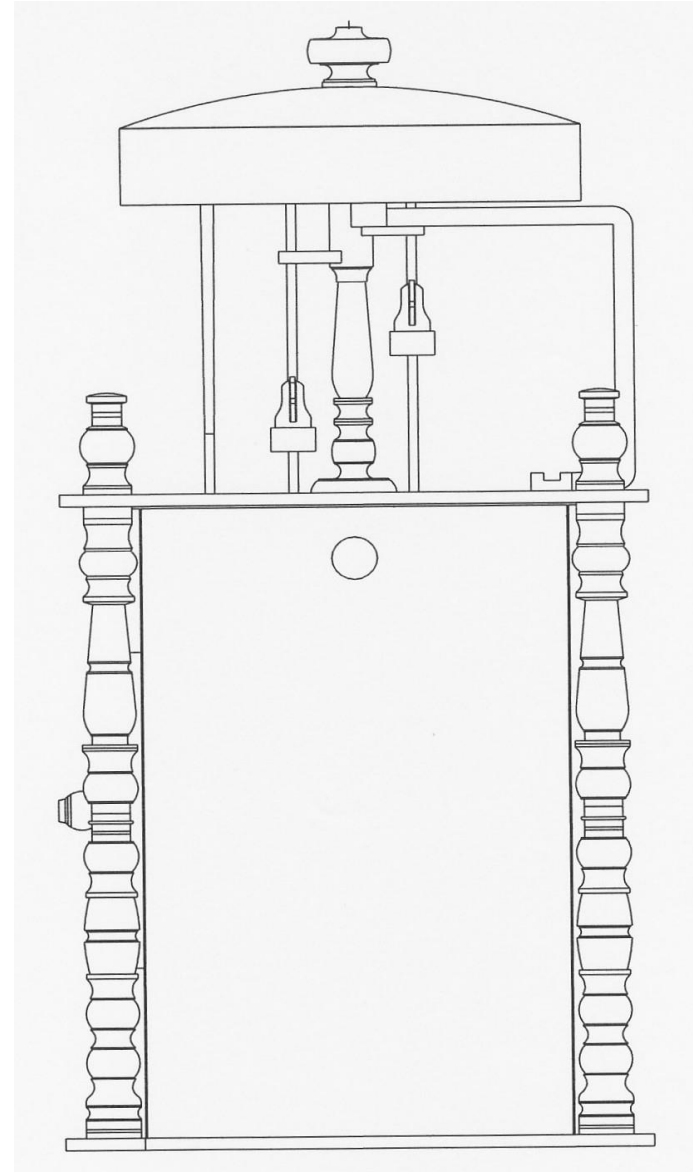
右図のように時用糸巻と時打ち用糸巻が同じ方向に回転するように設定すると、滑車は垂直方向に向き、錘同士が大きく干渉することがなくなります。セイコー時計資料館にある右写真のモデルがこの方式となっています。



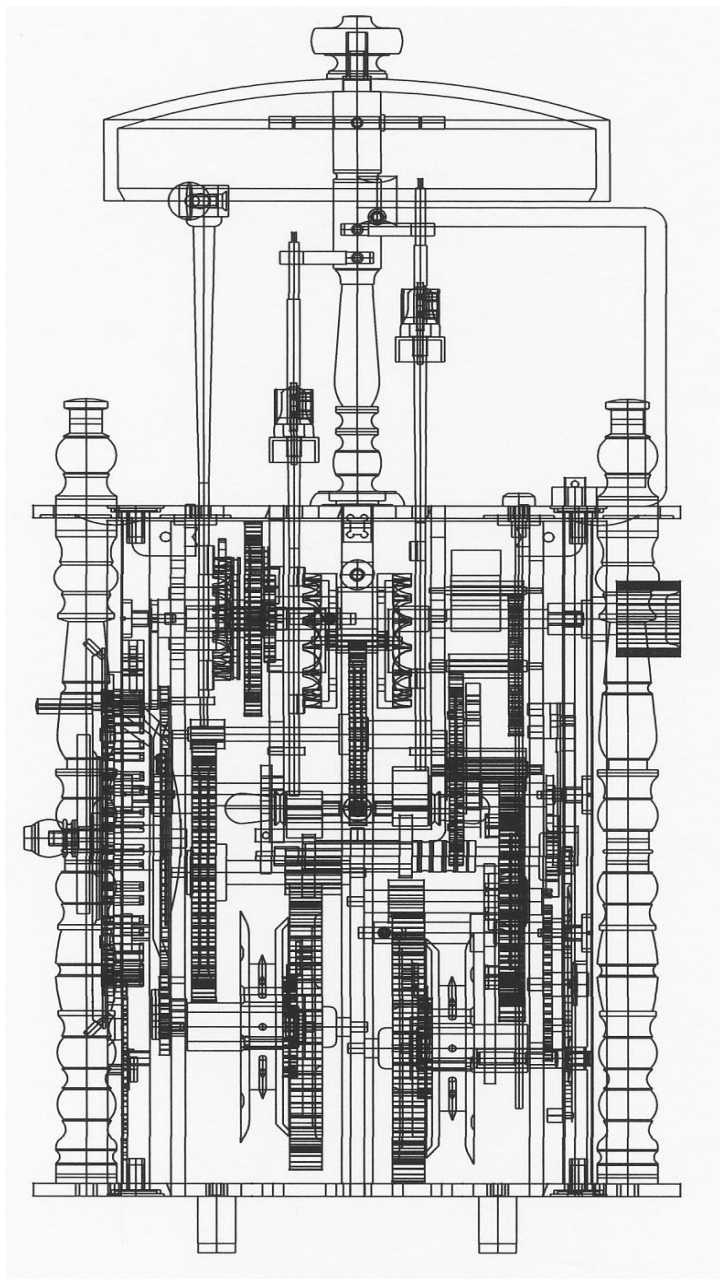
(10) CAD 图面



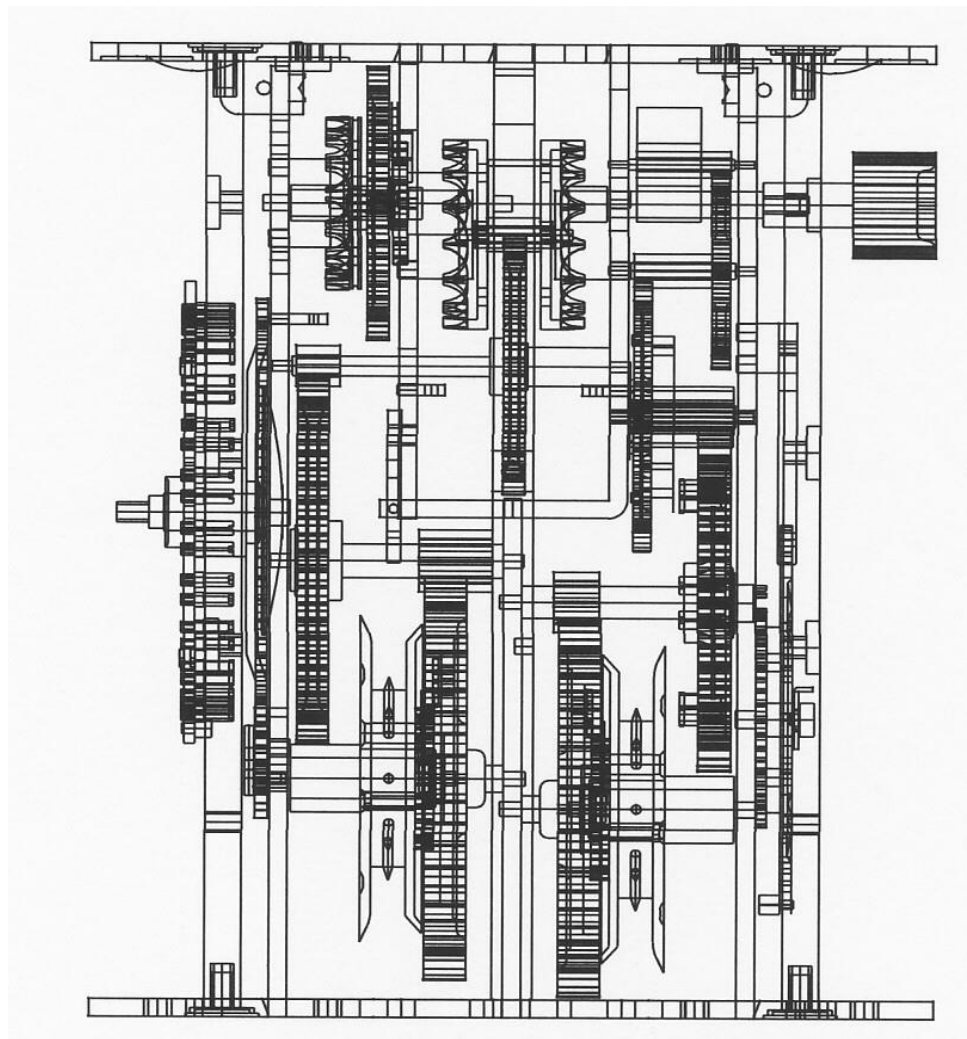
正面图



侧面图



側面図(全部品表示)



側面図(フレームと歯車関係のみ)

(11) レバー関係の CAD 図面 (参考)

