

# 和時計の復元

## 目次

- 1．初めに
  - 1．1 概説
  - 1．2 どのように動くのか
- 2．設計及び制作
  - 2．1 時刻送り機構
  - 2．2 鈴打ち機構
  - 2．3 鈴と扉
  - 2．4 動作試験
- 3．各部の写真
- 4．制作の手順、コツ及び変更
  - 4．1 制作手順
  - 4．2 制作のコツ
  - 4．3 変更
- 5．終わりに

参考文献

添付資料

原本「機構図彙」の柱時計の項の縮小複写（添付を省略）

# 第 1 章 初めに

## 1. 1 概説

前回、江戸時代の機巧装置である「茶運び人形」の復元を行った<sup>(1)</sup>。それに引き続いて今回は、江戸時代の錘式の金属製時計である「和時計」の復元を試み、完成を見た。

茶運び人形は木製の「自動制御」人形である。人形の両手に茶碗を持たせると、人形は前進して進み、茶碗を取り上げると停止する。再び茶碗を持たせると、方向転換をし、来た道を戻っていく。今回の和時計は金属製機械である。当然ながら、時刻を表示し続ける自動制御装置である。復元の手本とした和時計には、定時にはその時刻数の数だけ鈴を打つ仕組みも付いており、優れた自動制御装置である。江戸時代の科学技術を現代において復元してみることは、茶運び人形と同様に、当時の学術水準を理解するため、また現代に至るまでにおいてその技術がどのように生きているかを理解するにも重要なことである。

復元のために参考とした文献<sup>(2)</sup>(以降ではこの参考文献を手引書と呼称する)によれば、復元を試みたこの時計の名称は「柱時計 掛時計とも云う」である。現在では和時計といえ、江戸期の時代劇等で武家屋敷の奥座敷で家具調度品の一つとして時折目にするのできる時計であることは周知であろう。が、江戸時代のこの時計に和時計という名称が用いられるようになったのは、時代がグッと下って1960年頃以降なそうである<sup>(2)</sup>。江戸時代に制作された時計の復元に当たって、その当時の名称である柱時計或いは掛時計を使用すると、最近では数少なくなったが、まだ現役である近代の柱時計や掛時計と混同されかねないことを懸念した。江戸時代の柱時計を復元したのであることを正確に表現するためには、江戸時代の時計のことを和時計であるという現代の共通認識を頼りに、今回復元した江戸時代の柱時計の呼称は柱時計より和時計の単語を用いた方が良いでしょうと考えた。本論文の表題は「江戸時代の柱時計の復元」でも使えると考えるが、簡潔なものとして「和時計の復元」とした。

資料として、手引書の「機巧図彙(からくりずい)」中の「柱時計」の全原文を縮小複製して巻末に添付しておいた。残念ながら、本著者自身は江戸時代の筆記体の文章を直接解読できる能力を持ち合わせていない。都合がよいのは手引書の後半には原文を現代文字で置き換えた文章が掲載されている(完全ではないが)。いわゆる現代語訳ではなく、解読した文字を逐次現代文字に置き換えた文章である。原文と現代語の両方を交互に読みながら和時計の機巧の理解をすすめた。

## 1. 2 どのように動くのか

この和時計を簡単に紹介するならば、「時刻の目盛りは江戸時代の時間の基準であった干支であるが、現代の錘式の柱時計から分針(及び秒針)を取り外した時計そのものである」と言える。時刻目盛板には時計しかないが、定時になればその時刻の数だけ鐘を、半刻には鐘を一つ打ち鳴らす。正に、日本の錘式柱時計の原点であるといえる。

時計本体内部の機構は前部と後部の2つに分かれている。前部には時刻を刻んでいくための機構が納まり、後部には定時に時刻の数だけ鐘を打つ機構が納まっている。手引書では時刻単位は干支(えと)目盛りとなっている。復元に際して、忠実に江戸時代の時刻目盛りをとることも考えたが、現代では非常に不便である。現代の時間単位である12時間目盛りとすることにした。この変更は本研究の目的である「和時計の復元」の本質を変質させるものではない。鐘を打つ仕組みが理解できれば、目盛り刻みを書き換え、鐘を打つ打数を変更するだけのことである。手引書の時計では、干支時刻で四ツ、五ツ、六ツ、七ツ、八ツ、九ツと各半刻時に鐘一つ分の、総数で45打数打てば良かったのであるが、復元する時計では12時間時刻で、1から12まで計78打数打つことになる。

手引書或いは添付資料をもとにしてこの時計の動作の詳細を述べていこう。

前部の「錘」が落下することにより、「錘」に結んである糸が「前一の輪（輪とはギアの意味）」を回す。この「前一の輪」の心棒（回転軸）の先に「前一の輪根車」があり、「時盤根車」と噛み合っている。この「時盤根車」に「時盤（干支車とも云う）」が取り付けられており、この「時盤」が時々刻々と回転することになる。「時盤」の中央には「時針（剣とも云う）」が上を向いて固定して取り付けられている。「時針」が指し示す「時盤」上の目盛りが動いて行き、時刻を教えることになる。

「時針」を固定し、「時盤」を回転させる方法を干支廻り法と呼び、逆に、「時盤」を固定し、「時針」を回転させる方法を剣廻り法と呼ぶ。手引書では干支廻り法を採用しているが、今回の復元に際しては剣廻り法を採用することにした。「時盤」ではなく、「時針」が巡る時計の方が現代人の通常の時計に関する感覚に合致しているからである。

これだけの仕組みでは、「錘」はアツと言う間に落ちきり、「時針」は高速で回転してしまい、時計としての「長時間にわたり一定速度での時針の回転」が実現できない。それを実現させるため、「脱進機構」が付加されている。「前一の輪」に「前二の輪」をかませ、更に「前二の輪」に「行司輪」を接続し、それに「天符」を噛み合わせてそれを実現している。現代でも機械式時計に使用されている脱進機構そのものである。この機構により、「錘」は低速で一様に落下することになり、「時針」もゆっくりと一様に回転することになる。「天符」の回転モーメントを変更する（「天符」に外付けする重りの位置を変更することにより簡単にできる）ことで、行司輪の回転速度を制御することができ、「時針」の回転速度の調整ができる。即ち、時計の進み具合を調節できる。

この脱進機構は現在でも有効な技術であり、江戸時代に既にそれを実現し、実用化していたという、当時の日本における科学技術水準の高さに驚きを感じ得ない。

本体の後部には鐘を打つ機構が納まっている。この時計の技術上の素晴らしさ、或いは面白さは、”定時刻になると、その時刻の数だけ鐘を鳴らすことができる”ことにあると思う。それを実現するために、この時計には実に巧妙な機巧（からくり）が施されている。これを手引書の文章と挿し絵だけで理解するのはなかなか難しい。時計が出来上がり、正常に動作して漸く理解ができよう。以下でこの機巧の解説を試みる。

「後一の輪」の回転が「錘」の落下によるのは「前一の輪」の場合と全く同じである。この「後一の輪」の回転は、その輪に連結している「後二の輪」に伝わる。「後二の輪」には「こしき輪」が固着されている。「後二の輪」には「後三の輪」、「後三の輪」には「風切り車」が連結されている。「風切り車」は空気抵抗をわざと大きくし、後の輪全体が低速で一定の回転速度で回転させるためのものである。本体前部の「行司輪」と「天符」の機構の脱進作用と同じ機能を果たしている。

「三ツ枝金（3つの枝がでている金具）」より、枝の1つ目である「こしき輪」に「懸かり鎌（前端に鎌状の腕を持っている）」が伸びており、通常はこの「懸かり鎌」の先端が「こしき輪」の溝に落ち込み、後の輪全体の回転を停止させている。

定時になり、「前一の輪」の「ツク（出っ張り棒のこと）」が「三ツ枝金」の枝の2つ目である「鶴首（形状が鶴の首に似ている）」を持ち上げ始めると、同時に「三ツ枝金」で連結している「懸かり鎌」も持ち上がり、「こしき輪」の溝から外れるので、「こしき輪」が回転し始める。即ち、後の輪全体が回転し始める。「こしき輪」が1回転すると、鐘を1回打つようになっていく。この鐘を1つ打つ機巧は後述する。「こしき輪」が5回転すれば鐘を5つ打つ。この打数の設定は、「後一の輪」に連結した「門車」と「雪輪」、及び「三ツ枝金」に連結している3つ目の枝である「落ち込み金」によっていく。

「三ツ枝金」は「鶴首」、「懸かり鎌」、「落ち込み金」の3つの枝が付いていることからそう呼称しているであろう。

予定した打数だけ鐘を打つ仕組みは次の通りである。

(1)「前一の輪」の「ツク」が、「鶴首」を持ち上げていないときには、「三ツ枝金」は低位にあり、「鶴首」は下に垂れ、「懸かり鎌」は「こしき輪」にはまり込み、「落ち

込み金」は「雪輪」の溝にはまり込んでいる。

- (2) 定時に近づき、「前一の輪」の「ツク」がゆっくりと「鶴首」を持ち上げていくので、「三ツ枝金」は少し回転し中位となり、「懸かり鎌」は「こしき輪」からはずれ、同時に「落ち込み金」も「雪輪」の溝から上がる。後の輪全体が回転し、「後一の輪」に付いている「ツク」により、「鈴打ち棒」が動かされて「鈴」を1回打つ。

だが、「前一の輪」は非常にゆっくりと動いているので、単純な「鶴首」の機構（例えば棒状）では、「前一の輪」の「ツク」が「鶴首」を持ち上げている時間は非常に長くなり、そのため「三ツ枝金」の中位が長い間続くことになり、「こしき輪」が1回転して元に戻っても「懸かり鎌」はその溝に落ちないので、回転し続ける。結局、何度も「鈴」を鳴らすことになり、予定した数だけの打数を打たせることができない。

そこで、「懸かり鎌」が一度溝を離れたら、「鶴首」を直ぐに「前一の輪」の「ツク」から外せる巧妙な機巧が施されている。手引書では「鶴首」と呼称しているが、その機能を考えると「鶴の首と頭と嘴」と呼んだ方が良さそうである。正にそのような働きをするからである。図を利用して「鈴」を打つ機巧を解説しよう。

- (1) 「前一の輪」の「ツク」が頭を垂れた鶴の嘴に当たり、鶴の頭を持ち上げていく（図1の(1) (2)）。鶴の頭が持ち上がりつつある段階では、首はまだ動かないので、「三ツ枝金」は回らない。従って、その間「懸かり鎌」は動かない（図2の(1)）。頭が上がりきる（図1の(2)）と、首の先端に付いている突起に頭がぶつかる。このため、頭と首と一緒に回転し持ち上がる（図1の(3)）。その時に、「懸かり鎌」の顎が「こしき輪」の溝を外れる（図2の(2)）。
- (2) 「懸かり鎌」にも巧妙な機巧が施されている。「懸かり鎌」の先端は「こしき輪」の切れた端に引っかかる箇所（図2中の顎）があり、その先には鎌の刃のような直線部分（図2中の刃）がある。前述の如く「鶴首」が押し上げられ「三ツ枝金」が回ると、顎が「こしき輪」から外れるので、こしき輪が回転し始める。そして、刃が「こしき輪」の切れた端に当たりながら、「こしき輪」は回転する（図2の(3)）ので、「懸かり鎌」は持ち上がることになり、「三ツ枝金」は更に少し回転し、「三ツ枝金」は高位となる。この時、「鶴首」の首が更に上に回転するので、頭が持ち上がることになり、嘴は「ツク」から外れ、「鶴首」の頭は自由落下して頭を垂れた元の状態に復帰する（図1の(4)）。
- (3) 「こしき輪」は回転し続け（図2の(4)）、1回転して「こしき輪」の溝に「懸かり鎌」の先端が出会うと、「三ツ枝金」の高位を保持するものがなくなるので、「三ツ枝金」は自重で自転し低位へ戻ることになる。同時に「懸かり鎌」は「こしき輪」の溝に落ち込み、顎が切れ端に引っかかるので「こしき輪」の回転を停止させることになる。これで全て元の状態になる（図1の(5)、図2の(1)）。

以上で、「懸かり鎌」が外れ、「こしき輪」が1回転する内に「鶴首」も「ツク」より外れ、元の状態に戻ることがわらう。なを、著者の復元では「こしき輪」と「懸かり鎌」の構造をここで紹介している手引書とは少し違った構造にしている。その方が制作が容易で、調整がし易かったからである。その仕組みについての説明は後述する。

だがしかし、このままでは定時には常に1回しか「鈴」を打たないことになる。定時に必要な数だけ「鈴」を鳴らす機巧は、以上の機巧に、もう1つの機巧を付加することで実現している。「三ツ枝金」の三つ目の枝「落ち込み金」と「門車」、「雪輪」である。

- (1) 「三ツ枝金」が低位にあるときには、「落ち込み金」の先端の鍵は「雪輪」の溝に落ち込んでいる（図3の(1)）。
- (2) 定時になり、「懸かり鎌」が「こしき輪」の溝から上がると、同時に「落ち込み金」も上がる（図3の(2) (3) (4)）。「こしき輪」が回転して鈴を1つ打つ。
- (3) 「こしき輪」が1回転して、直に「こしき輪」の溝が「懸かり鎌」の先端部に巡ってくる。「懸かり鎌」はこの溝に落ちようとし、「落ち込み金」も同時に落ち始めるが、「落ち込み金」の鍵が「雪輪」の円周にぶつかる（図3の(5)）。従って、「懸

機巧の詳細

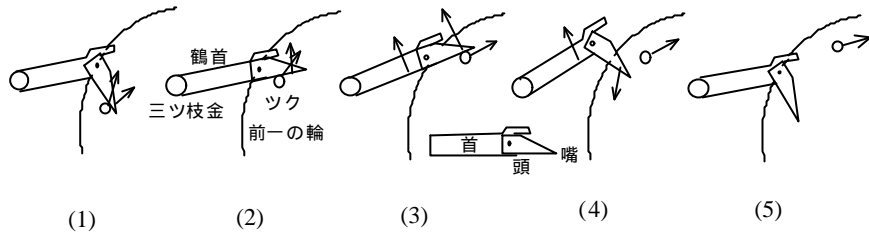


図1 鶴首の機巧

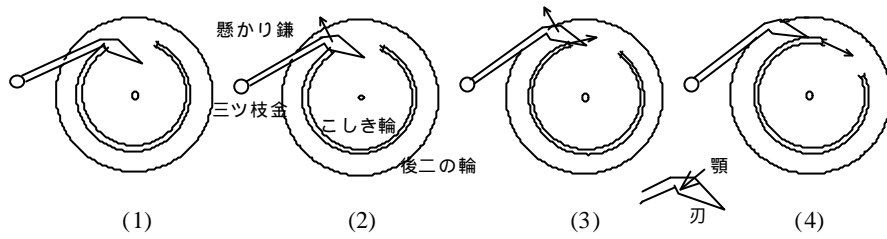


図2 こしき輪と懸かり鎌の機巧

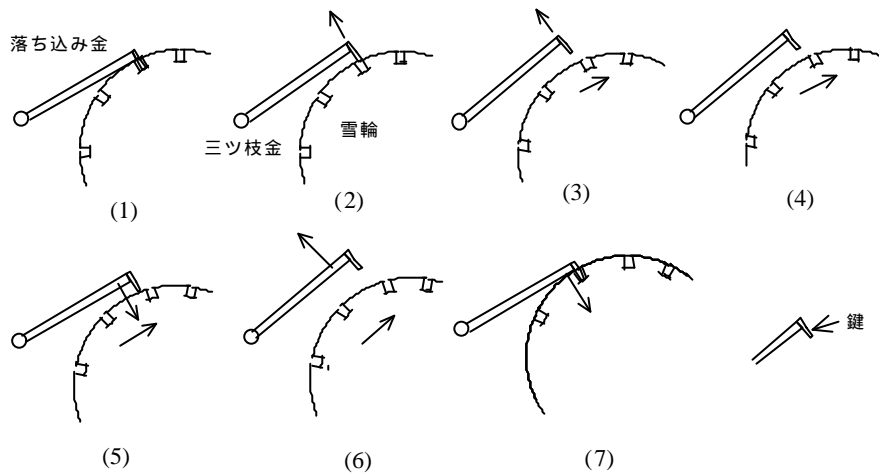


図3 雪輪と落ち込み金の機巧

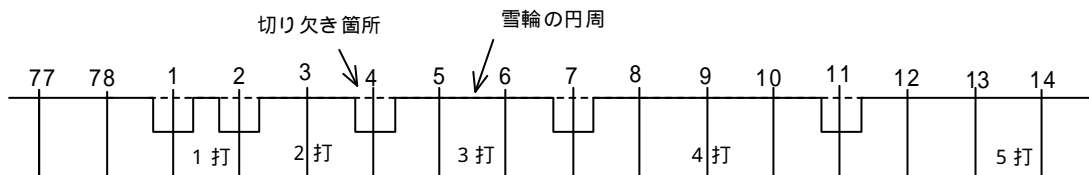


図4 雪輪の円周の分割と切り欠き

かり鎌」は「こしき輪」の溝に完全に落ち込むことはできず、溝の端を舐める（図2の（3））ことになるので、「こしき輪」はそのまま回転を続け（図2の（4））、「落ち込み金」は円周から離れる（図3の（6））ことになる。「こしき輪」がまた1回転するので「鈴」を1つ打つ。

- （4）これで「鈴」は連続して2回打ったことになる。「雪輪」の円周の次の溝に「落ち込み金」が出会うまで（図3の（7））、連続して鈴を打つことになる。従って、溝から溝の間隔を必要な「鈴」の打数に比例した長さにしておけば、必要なだけの数だけ「鈴」を打つことになる。

手引書では時刻四ツ、五ツ、六ツ、七ツ、八ツ、九ツにその時数だけ鈴を打ち、かつその間の半時の時刻に鈴を1つ打つように、工夫されている。復元では1時から12時まで、各定時にその数だけ鈴を打つようにする。これら2つの方法の相違は「雪車」の円周に穿つ各溝間の長さだけの相違である。ここでは12時間時刻制で鈴を打つ場合についての機巧について説明する。

「門車」は歯車で、「後一の輪根車」と噛み合っており、「後一の輪」が回転すると、それに従って回転する。「雪輪」は「門車」に固着されている。「雪輪」の円周の溝の穿ち方の簡単な方法は次の通りである。

- （1）「雪輪」（即ち、「門車」も）は鈴の総打数が12時間分、即ち78打数分で1回転させる。その設定の仕方は以下のやり方で決められる。
- （2）「後一の輪」には、「二ツ枝金」を突く「ツク」を1週りで8個取り付ける（手引書では6個である）。
- （3）「後一の輪」、「門車」、「後一の輪根車」、「後二の輪根車」の4つの歯車の歯数は次の通り決める。「後一の輪」が8分の1回転（「ツク」を8本取り付けたので）した時、「こしき輪」は1回転し、「門車」は78分の1回転（総打数78の内の78分の1なので）させる。そのための簡単な歯数の組み合わせとしては、例えば、「後一の輪」の歯数を80、「後一の輪根車」の歯数を8とすれば、「後二の輪根車」の歯数は10、「門車」の歯数は78とすればよい。このようにすると、「後一の輪」が8分の1回転すると、「こしき輪」が1回転し、鈴を1回突き、「後一の輪根車」は8分の1回転、即ち歯は1つ分進むので、「雪輪」は78分の1回転する。
- （3）「雪輪」の円周を78等分し、罫書き線を引く。その線に順に、1から78までの番号を付加する（図4）。1, 2, 4, 7, 11, 16, 22, 29, 37, 46, 56, 67, (79で1周し、1に戻る)番の線の箇所を切り欠く。その切り欠き巾は隣り合う線間の巾の半分程度とし、深さは「落ち込み金」がこの溝に落ち込んだとき、「懸かり鎌」が「こしき輪」の溝にしっかりと落ち込む程度とする。

「鈴」を1回打つ機構は次の通りである。

- （1）「こしき輪」が1回転する間に「後一の輪」の「ツク」が「二ツ枝金」の「短い腕」を弾く。
- （2）「二ツ枝金」は「短い腕」を弾かれるので、「長い腕」も弾かれることになる。
- （3）「二ツ枝金」の「長い腕」は「鈴打ち棒」の下の「ツク」と接しているので、「長い腕」が動けば、「鈴打ち棒」は回転する。
- （4）「鈴打ち棒」の上の「ツク」は「弾き金」に接しており、「鈴打ち棒」が回転すると、この「弾き金」が押され、弾力が蓄えられる。
- （5）「後一の輪」の「ツク」から「二ツ枝金」の「短い腕」が外れると、「弾き金」は「鈴打ち棒」の上の「ツク」を弾力で弾き返す。これにより、「鈴打ち棒」は急速に回転する。
- （6）「鈴打ち棒」の先端にある「錘」が急回転し、「鈴」を打ち、音を出す。

## 第 2 章 設計及び制作

完成した時計の写真を、写真 1 , 2、3 に示しておく。



写真 1 完成した和時計の外観（正面上方より）

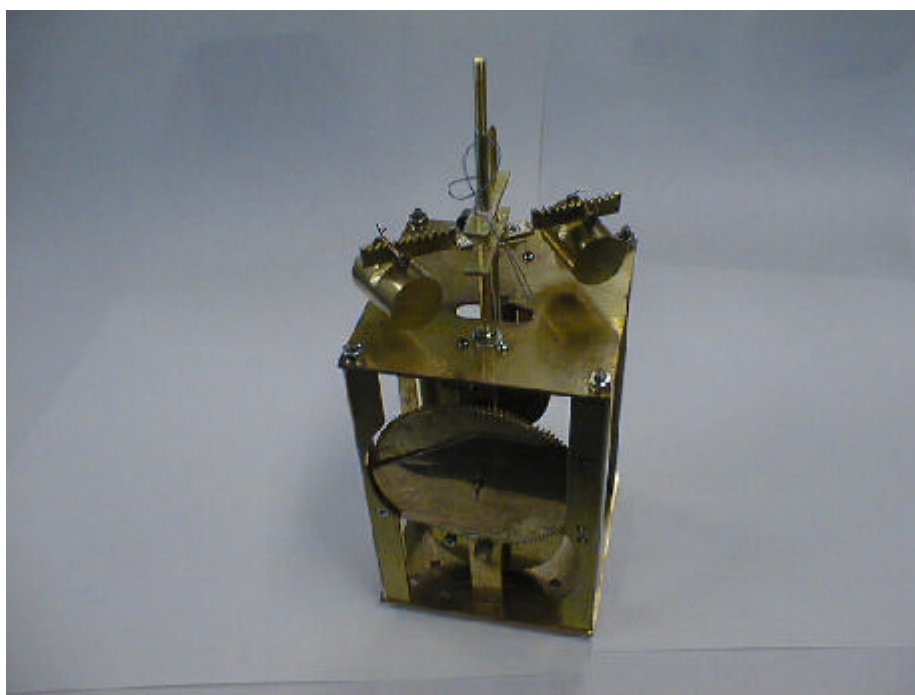


写真 2 完成した和時計の内部機構の様子（正面上方より）

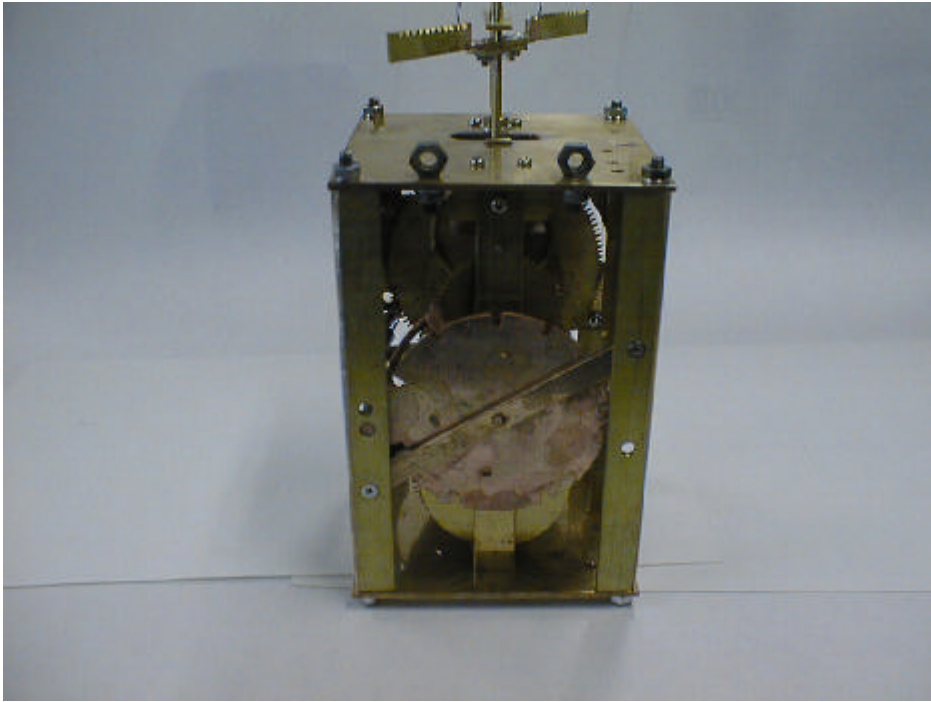


写真3 完成した和時計の内部機構の様子（背面上方より）

写真1で時計本体の下部にある板は、時計の動作調整をするために、時計を適当な高さに保持しておくための板である。左にある2つの円柱物体は鉛の「錘」である。回りの「扉」と「鈴」をはずして撮影した写真2から「前の輪根車」と「時針送り輪」との噛み合い、「時針送り輪」の固定方法、「時針」の取り付け、「鈴柱」、「天符」等の様子が見て取れ、写真3からは「雪輪」、「鏈」、「天符錘」の様子が見て取れる。

本体である長方体の容器の大きさは、手引書では、天地の板の寸法は2寸2分（約66mm）四方、厚さ7厘（約2.1mm）、天地板間の高さ3寸（約90mm）である。この値を目安として、復元する時計の大きさを決定した。天地板は70mm四方、厚さ2mm。天地板間の高さ100mm。

図5以降に、各部の設計図を掲載した。使用する材料については、金属材料であることは明白であるが、何故か手引書は錘（材料は鉄）以外については特に指定をしていない。復元に際しては、入手し易いこと、加工が容易であること、丈夫な材料であること等から真鍮材を使用することにした。設計図で特に指定がない材料は全て真鍮材料である。金属加工を容易に行うために、既製品の真鍮材料の厚さ、太さ、巾の寸法を極力そのまま用いることができるように考慮して各部の寸法出しをしている。

前回復元した茶運び人形は木製であった。寸法出しで $\pm 0.5$ mm程度の誤差ならばそれほど問題はなかった。が、今回は金属である。 $\pm 0.5$ mmの誤差は致命的な誤差になる箇所が圧倒的に多い。寸法出しの精度が要求される箇所では、目視で $\pm 0.2$ mm以下になるように極力努力するべきである。罫書き線に沿って正確に切断する。穴を開ける位置にセンターポンチを打つ際には正確に打つ。等々、正確な寸法を出すために、最大限の注意を払わなければならない。

図5が容器の図面である。4本の「本柱」の長さを正確に一致させ、切り口の水平度も十分になるようにする。そうしないと、容器本体が最初から歪んでしまう。

図6が容器の天板と底板の間に入る各種の柱の図面である。「本柱」の上下には「天板」と「底板」との間でネジ止めするための3mm雄ネジを口ウ付けしている。



封端 天板 厚 5mm

底板 厚 5mm

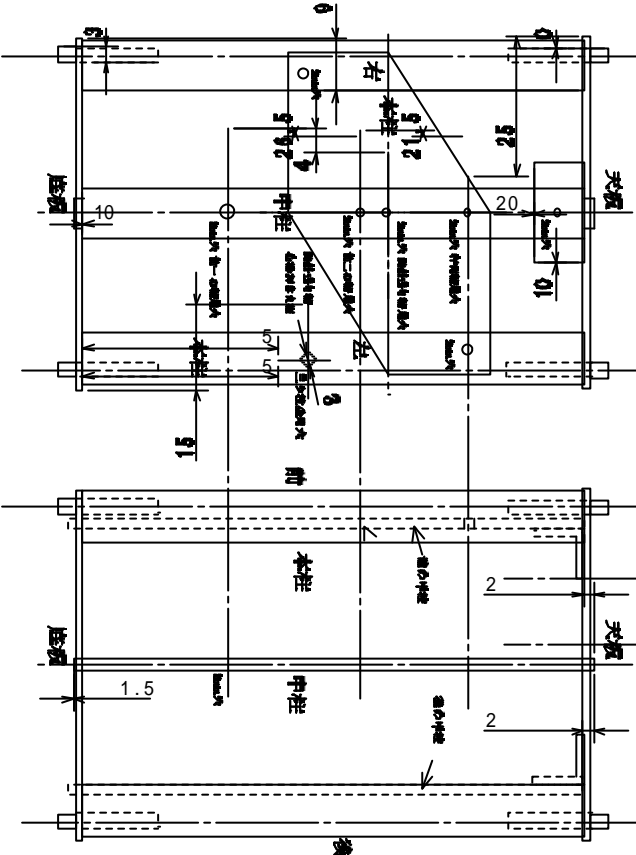
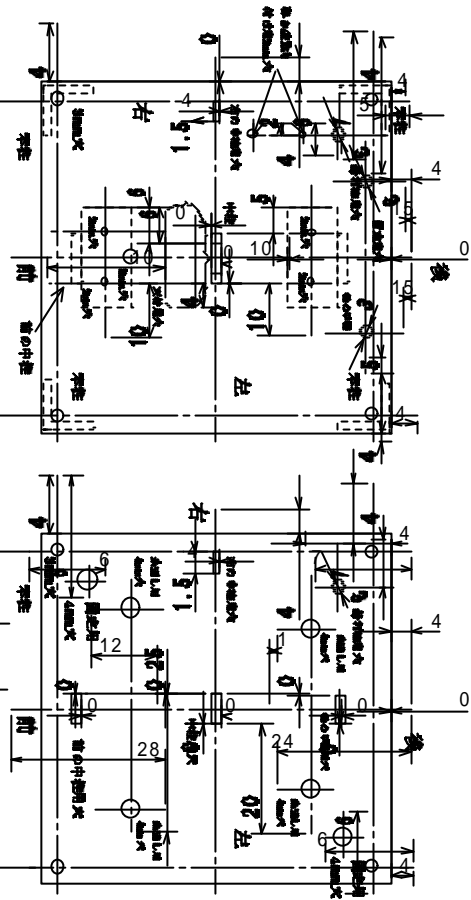


图 5 容器

背视图

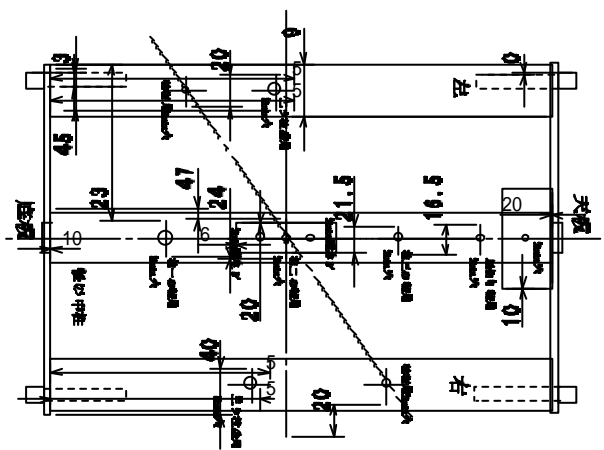
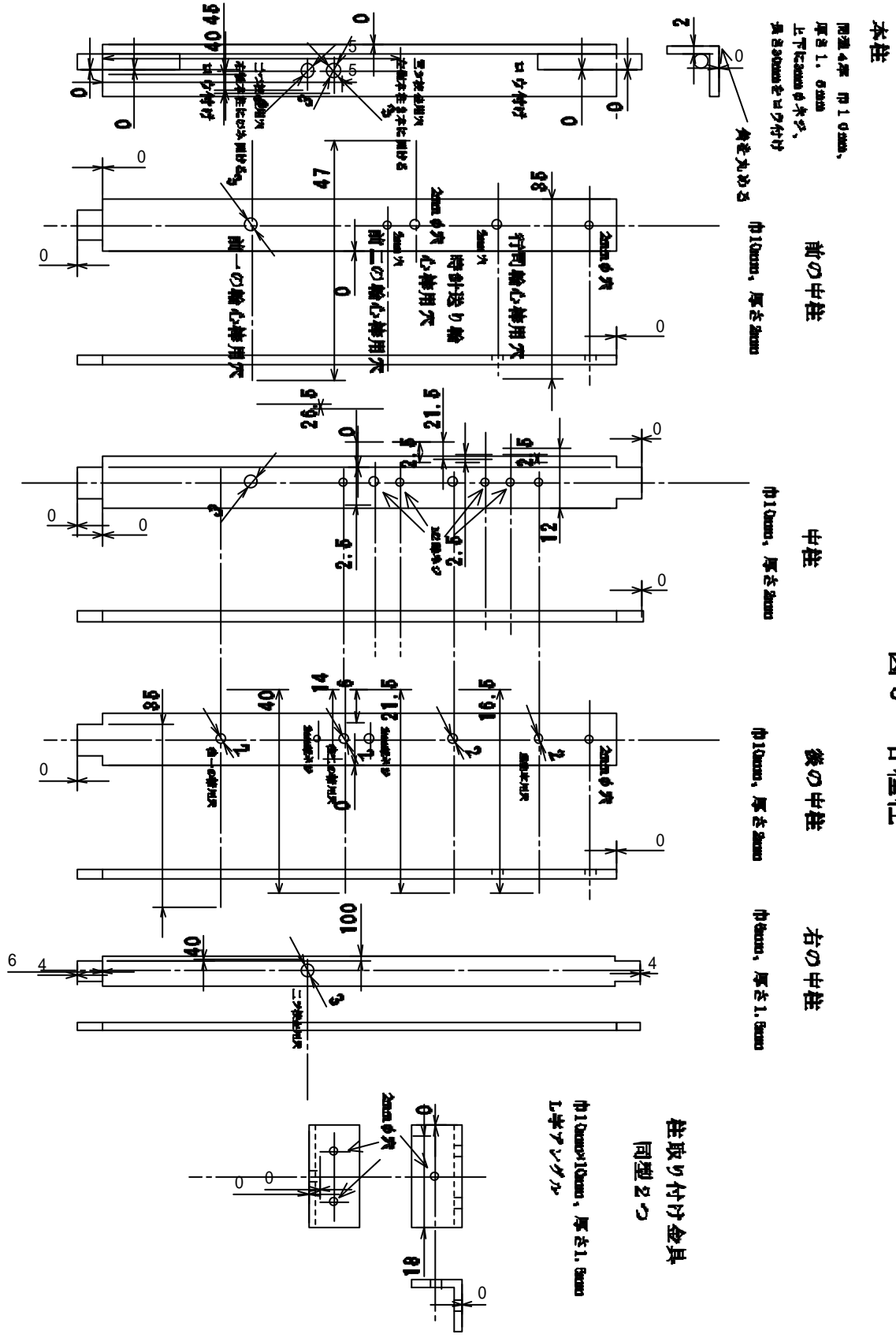


図 6 各種柱



## 2.1 時刻送り機構

図7～図11に本体前部に納まる時刻送り部の部品図を掲載した。図12はそれら部品の組立図である。図12は時刻送り部分を本体の左側から見たときの図解である。これも参考にしながら加工していくと便利であろう。

大きい歯車は全て自作している。大きい歯車は希望する直径、歯数、歯型、厚さ等を満たしている代用品を探すことはほぼ不可能である。自作あるのみである。小さい歯車(根車)は、自作しないで玩具に使用されているギヤボックスから取り外したものを使用した。この点が「復元」ということを考えると弱いところである。自作してできないことはなさそうであったが、玩具の歯車で簡単に代用できるのでそのようにした。

図7の「行司輪」の作り方は次の通りである。厚さ1mm、巾5mm強の真鍮板で内径30mmの輪を作り、接合部はロウ付けする。なを、本論文でのロウ付けは全て銀ロウ付けである。高温に加熱してロウ付けを行うが、ロウ付けを終了したら直ちに水に入れ急速に冷却をし焼き入れをする。この際、一気に全体を水中に入れるようにする。そうすれば、歪みを比較的小さくできる。この輪に厚さ1mm、直径30mmの円盤を押し入れ、ロウ付け固定する。輪の回転方向に留意して、輪の周囲を鋸歯状(写真5参照)に加工し、「天符」と噛み合う歯を仕上げる。その歯数は図面では奇数の11個である。後は、心棒と根車をロウ付けする。歯数は11に限定されるものではないが、奇数でなければならない。手引書では歯数は15である。この歯数は「天符」の大きさ、「行司輪」の大きさ等に依存している。初め歯数を15とした「行司輪」を作ったが、動作の調子が芳しくなかった。結果として、歯数を11と減らしたら調子が良かった。茶運び人形の場合と同じように歯数の異なる行司輪を何種類か作り、その中から最適なものを選び出すことである。

「前二の輪」は「行司輪の根車」と噛み合う。厚さ1mmの板から直径40mm強の円盤を切りだし、1ピッチ5度で72個の歯を大まかに円周上に作り上げる。噛み合う根車をこの円周上に転がしながら、かつ、柱を取り付けた容器の指定された箇所に各々の輪を取り付け、歯同士の噛み合い具合、輪の回転具合を見ながら、歯の最終形状及び直径の仕上げを行う。この手順はどの輪においても非常に重要な作業である。

「前一の輪」は「前二の輪根車」と噛み合う。直径50mm強の円盤の円周に1ピッチ4度で90個の歯を切り出す。前述した方法で仕上げる。この輪と「留め輪(逆転防止歯車のこと)」を抱き合わせ、中心に4mmのパイプを貫通させ、ロウ付けする。

「心棒付き前一の輪根車」の心棒は上のパイプ(外径4mm、内径3mm)の中に入り込む。滑らかに出し入れできるようにする。「前一の輪」はこの心棒により「中柱」と「前の中柱」の間に納まる。

図8には「前一の輪」と抱き合わせる「糸巻き」が図解してある。「糸巻き」は「一の輪」から簡単に脱着できるようになっている。「紐懸かりの輪」は「錘」に結びつく糸が滑らないように円周を加工する。例えば、鋸歯状に。「止め釘」は「留め輪」に絡まり、片方向に空回転することを許す。「錘」が落ちきったとき、簡単に「錘」を引き上げることができる機巧となっている。

復元では時針巡り法を採用し、「前一の輪」は1時間で1回転させ、「時針送り輪(手引書の「時盤輪」に相当する)」は12時間で1回転させることにした。従って、「前一の輪根車」の歯数は10個なので、直径60mm強の「時針送り輪」の円周に1ピッチ3度で120個の歯を作る。時針は「時針送り輪」の心棒に差し込むパイプ以外は各自の好みの形状に仕上げて良い。

図9の「時針送り輪」押さえ板の中心の穴は大きめにし、「時針送り輪」が滑らかに回転できるようにしておく。「中柱」の直前に「天符」の心棒が位置する。従って、「行司輪」の心棒、「前二の輪」の心棒の受け穴として、この図に示した心棒受けを加工し、「中柱」に取り付ける。これらを「中柱」に皿頭2mmのネジで取り付ける。

図10の「天符」で2つの「ツク」のなす角度は約90度となっているが、妥当な角度は動作調整試験を行って最適なように設定するべきである。それは「ツク」の長さについても言える。「天符の肩付け根板」の上に「肩」を乗せ、皿頭2mmのネジで固定する。「肩」の両側のギザギザに「天符錘」がぶら下がる。この錘の真ん中には切れ目を入れ、「肩」に十分に深く入れられるようにしておいた方がよい。2つのネジの間に糸を渡し弦とし、「肩」に掛けて錘を吊す。この錘の重さは復元したこの時計で適当であったものである。重さの違うものにする必要があるかもしれない。

図11の「鈴柱」には、「天符」を吊し、「鈴」を取り付けることになる。天板には3mmのナットで天板を挟んで固定する。「天符」の先端の糸通し穴にミシン糸を通し、その糸を「鈴柱」の穴に通す。糸の端を固定するには結びつけるより、小さい楔を用いた方が便利である。

## 2.2 鈴打ち機構

図13～図19に本体の後部に組み込まれる鈴を打つ機構の図面を掲載した。図16に鈴打ち部を本体の左側から見たときの配置図面を描いている。各輪などの配置状況はこれで良くわかると思う。各輪の歯の形状の仕上げは前述した時刻送り部の場合と同じく、噛み合わせ、組み立てながら調整して仕上げる。

図13において、「後一の輪」に口ウ付けする8本の「ツク」は「二ツ枝金」の「短い腕」と出会う。この最終的な長さは組立時に適当な長さに切り出す。「留め輪」と「後糸巻き」は時刻送り部のそれらと同型である。ただし、時計の正面から見て、時刻送り部の「前糸巻き」は右回転、鈴打ち部の「後糸巻き」は左回転を順回転方向としている。時計全体の重心の釣り合いと、主錘同士がぶつからないようにするためである。「糸巻き」の中心を通る直径5mmパイプ、「後一の輪」の直径4mmパイプ、その心棒等の長さは、これらを本体に取り付け動作試験をしながら最適な長さとする。

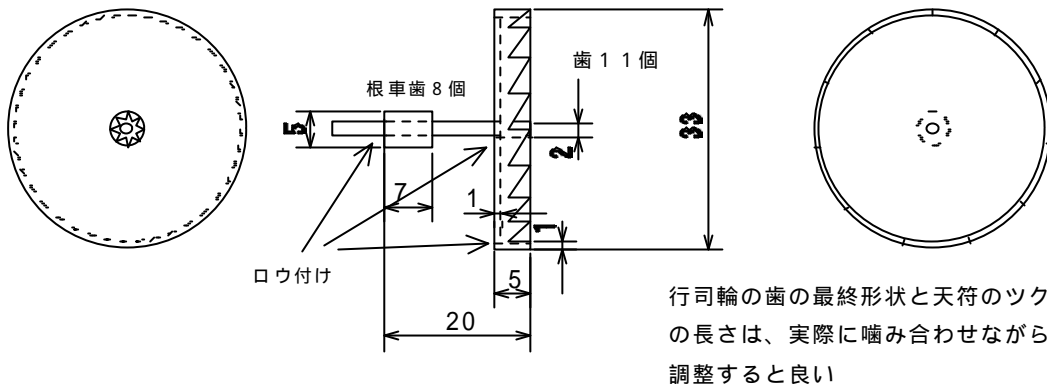
図14に「こしき輪」の機構を図解している。復元において用いた「こしき輪」は手引書とは異なっている。手引書では「こしき輪」は円形形状をしているが、復元では螺旋形状とした。円形形状の「こしき輪」では「懸かり鎌」の刃の長さを短くせざるを得なく、この刃が短時間で「こしき輪」の溝端で持ち上がることになる。すなわち、「懸かり鎌」が中位から高位へ動く時間は短い。それだけ回転の負荷が大きくなる。それに対して、螺旋状の「こしき輪」では「懸かり鎌」の中位から高位への動きは「こしき輪」のおよそ1周期にわたって行われる。従って回転の負荷は小さくなる。かつ、後者の方が「懸かり鎌」の構造が簡単にもなり、調整が容易ともなる。このようなことから、こしき輪を螺旋形状とした。「後二の輪」に前もって螺旋を罫書きし、その線上の何力所かに1.5mm丸棒を支柱として立て口ウ付けする。それに厚さ0.3mm、巾3mmの板を巻き付けて固定する。

「後三の輪」、「風切り車」は図のように作り上げる。4枚の羽根を直径2mmの棒の同じ所に口ウ付けしなければならない。対向する2枚を最初にしっかりと口ウ付けし、その後で残りの羽根を1枚ずつスポット付けするとやり易い。

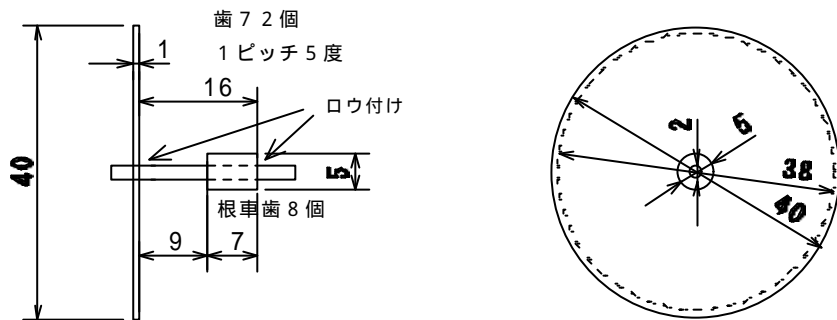
「中柱」と「後の中柱」との間にこれらの輪が納まる。最終的には、心棒にワッシャーやスペーサ等を差し入れて配置位置を調整する。

図15に「門車」と「雪輪」を図解している。「雪輪」は「門車」に軽く保持されるように取り付け、簡単に脱着ができるようにする。「雪輪」の円周は78等分して、溝を切り出す。その切り出し方法については前述している。「座金」は「後の中柱」に「門車」

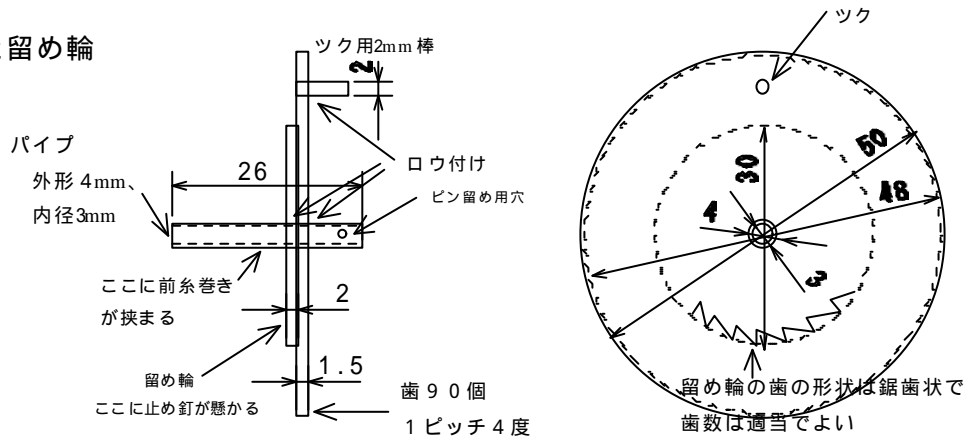
### 行司輪とその根車



### 前二の輪とその根車



### 前一の輪と留め輪



### 心棒付き前一の輪根車

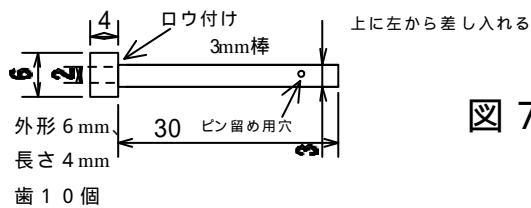
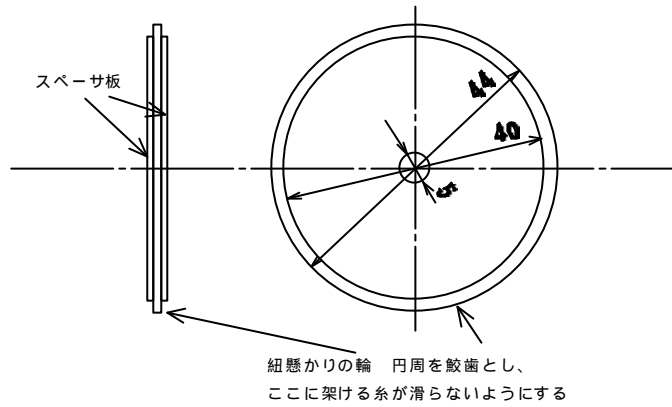
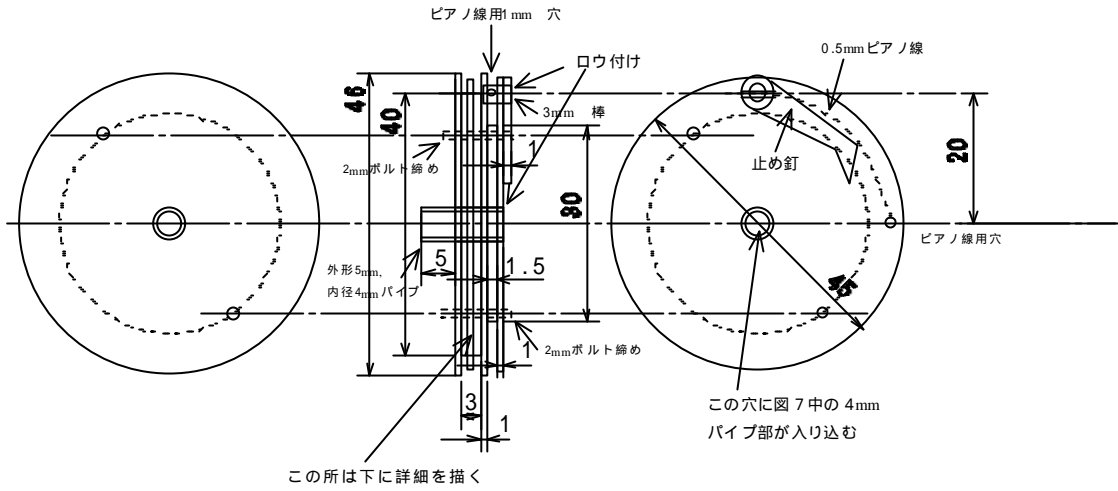


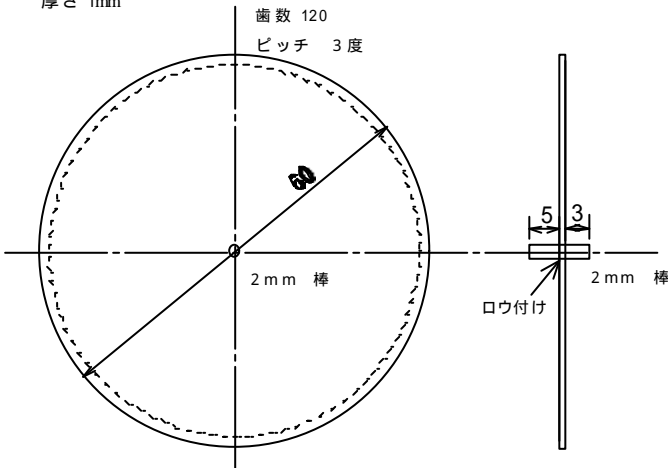
図 7 時刻送り部 その 1

前糸巻き



時計送り輪

厚さ 1mm



前一の輪根車(歯数10)が1回転する時、この歯車が1/12回転するように、歯数を120個とする

時計針

厚さ0.5mm

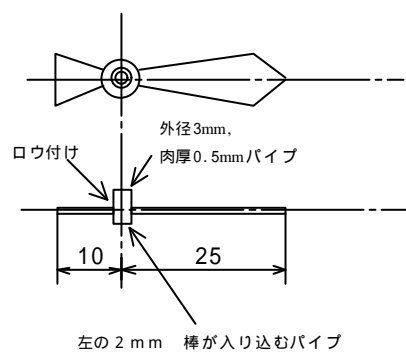
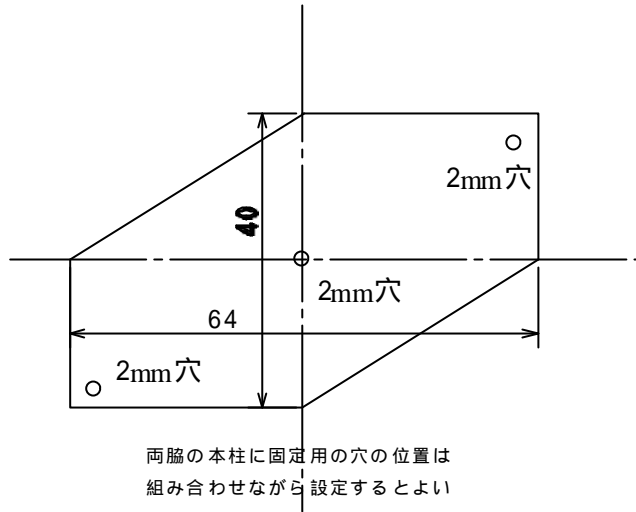


図8 時刻送り部 その2

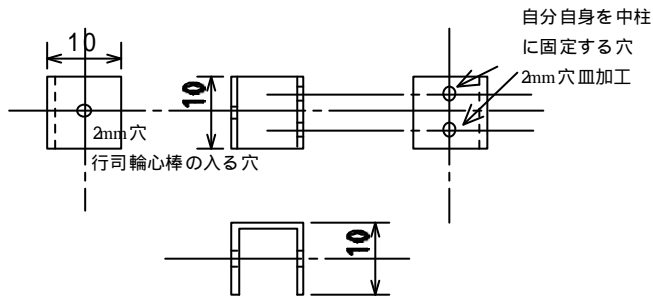
### 時針送り輪押さえ板

厚さ0.5mm



### 行司輪心棒受け

10mm×10mm,肉厚1mmのコの字アングルを用いる



### 前二の輪心棒受け（天符心棒受けも兼ねている）

行司輪の心棒受けと同じく、10mm×10mm,肉厚1mmのコの字アングルを用い、全く同型に作成するが、下に天符心棒の通し穴をあけた10mm×10mm,肉厚1mmの板をロウ付けする。

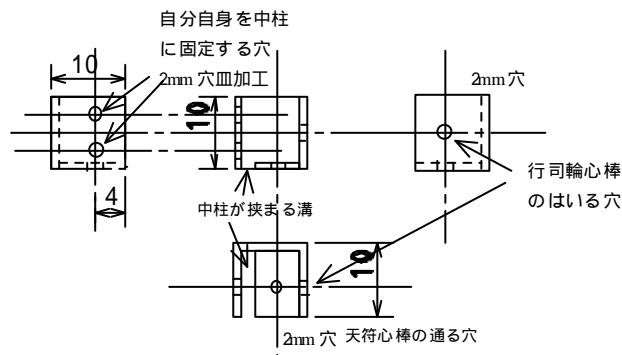
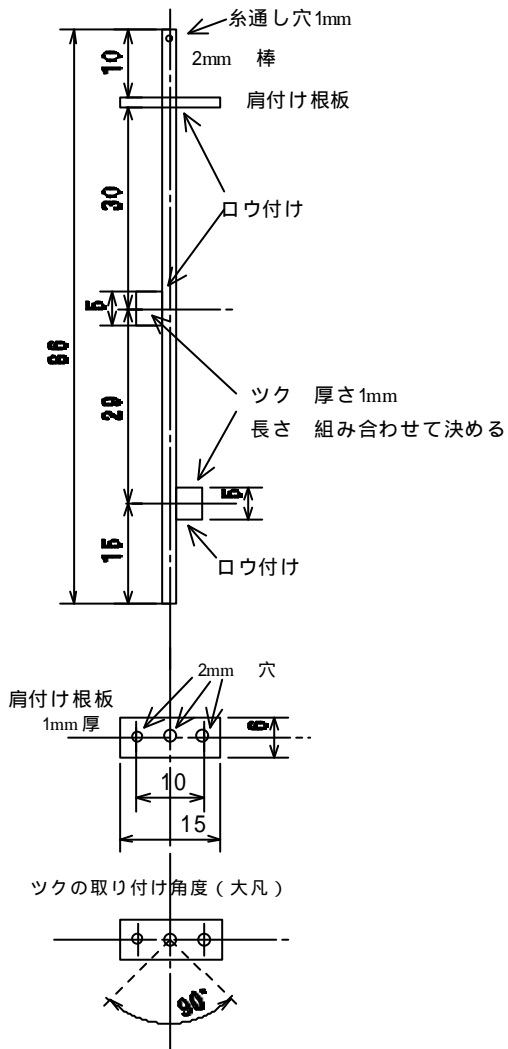
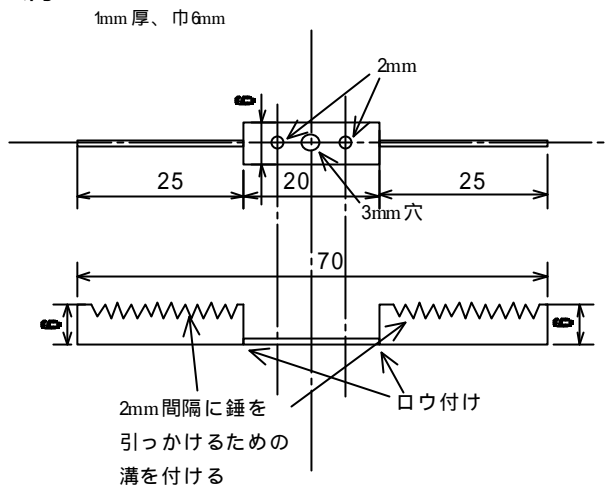


図9 時刻送り部 その3

# 天符



# 肩



天符錘 真鍮円柱棒 直径15mm、長さ20mm、重さ約30g  
同型のもの 2個

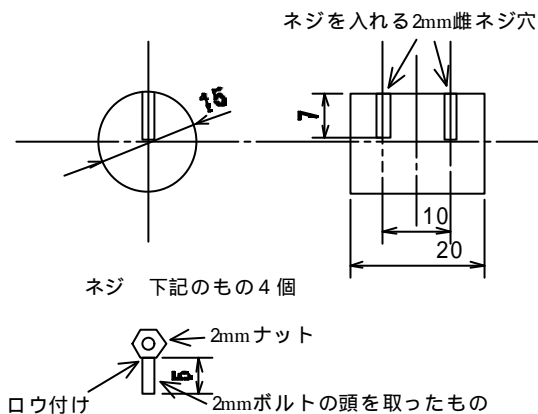


図 1 0 時刻送り部 その 4



# 鈴柱

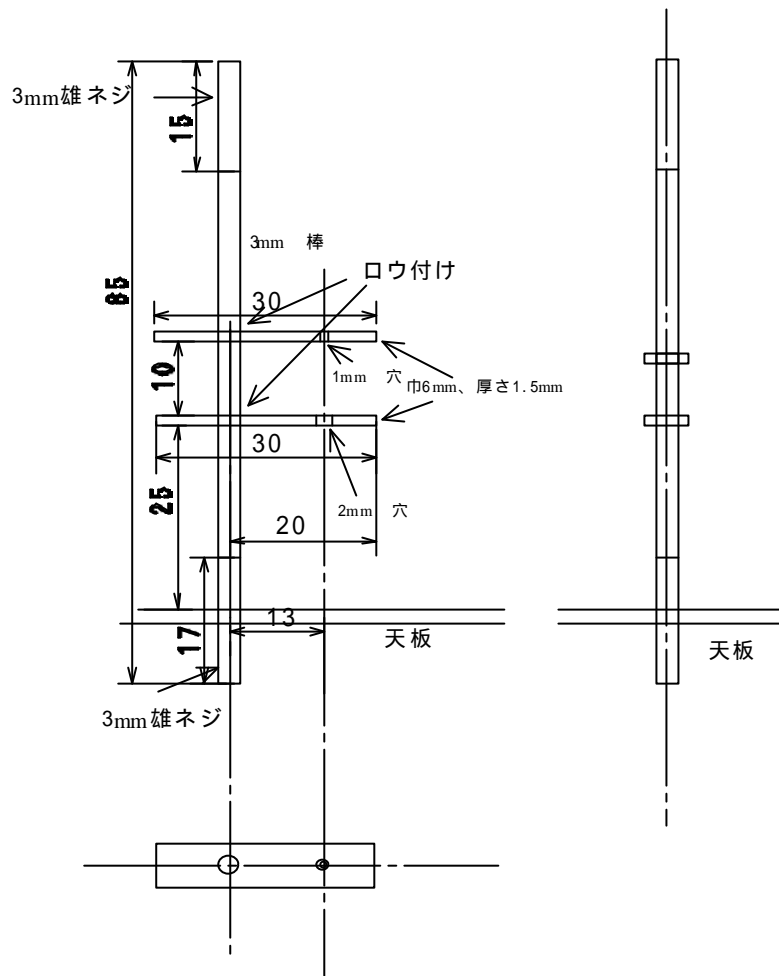


図 1 1 時刻送り部 その 5

### 時刻送り部の輪の組み合い

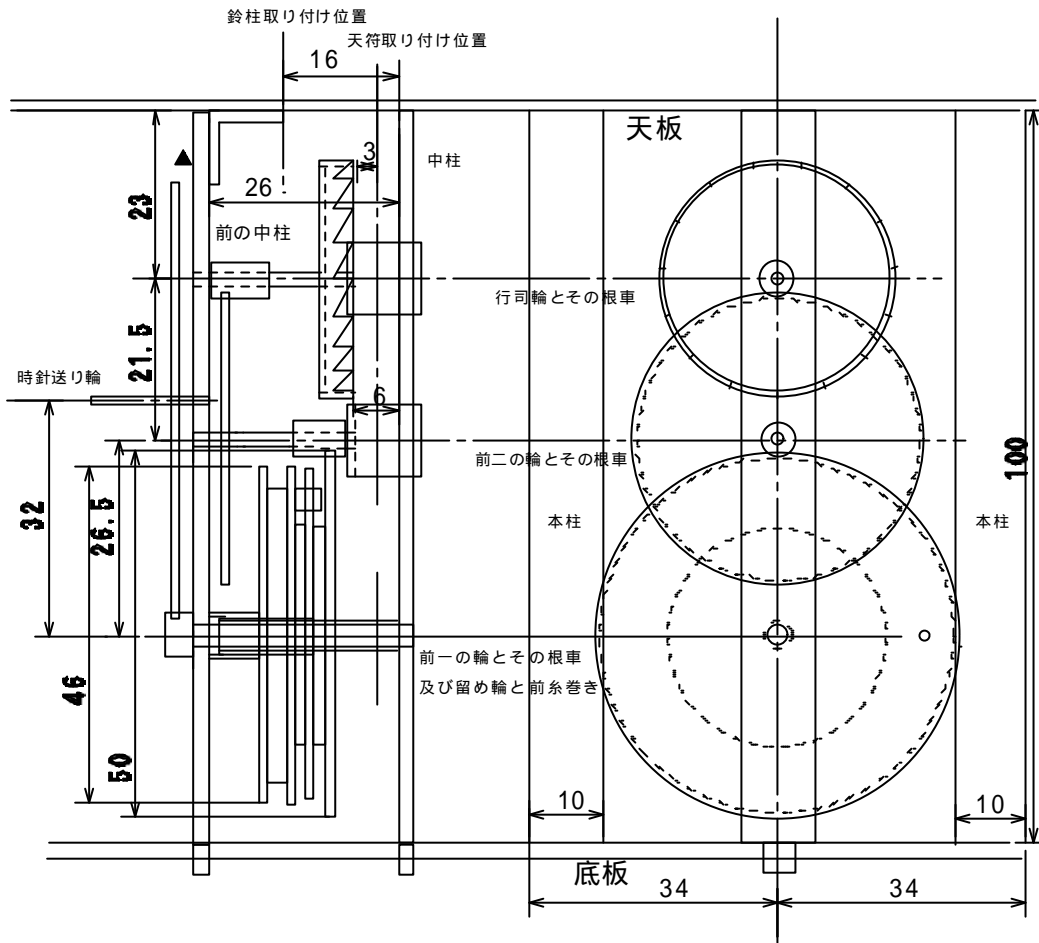


図 1 2 時刻送り部 その 6

を「後の一の輪根車」と噛み合わせて配置しようとしたが、最適な位置には既に「後の二の輪」心棒用穴があったため、やむを得ず取り付けたものである。「門車」及び「雪輪」を固定する「禰板」の固定用穴の位置は、組立時に行うとよい。

図17には「鈴打ち棒」、「弾き金」、「鎚」が図解してある。「鈴打ち棒」は上下2つのツクを口ウ付けした外径4 mm のパイプの中に直径3mm の棒を差し入れ「天板」と「底板」の間で自由に回転できるようにする。「下ツク」は「二ツ枝金」に、「上ツク」は「弾き金」に当たる。2つの「ツク」は同一平面内で口ウ付けしてかまわない。組立時に適当に曲げることになるので。またそれらの組立時に適当な長さとする。

「弾き金」は図のように切り出し、「天板」の下に取り付ける。弾力が強すぎると、後の輪全体が停止してしまう。弱すぎると「鈴」を旨く打てない。

「鎚」の長い細首は「鈴打ち棒」に取り付けて後、「鈴」を旨く打つように適宜に曲げ加工する。

図18には「二ツ枝金」が図解されている。この部品は右後の「本柱」と「右の中柱」の間に挟まる。両方の腕は大雑把で45°の角度になるように口ウ付けし、組立時に適当に曲げ、かつ適当な長さとする。「短い腕」は「後一の輪」の「ツク」に懸かり、「こしき輪」が回転するたびに弾かれる。「長い腕」は「鈴打ち棒」の「下ツク」に懸かり、「こしき輪」が回転するたびにそれを弾くことになる。この「長い腕」の先端部分は「底板」に平行になるように曲げ、最先端が右の「中柱」の下部に当たるようにしておく。「弾き金」が「鈴打ち棒」を弾き返すと、「二ツ枝金」も弾かれる。この最先端が「右の中柱」に当たって、弾かれ過ぎないようにしておくためである。

図19には「三ツ枝金」と「鶴首」が図解されている。「三ツ枝金」は左前の「本柱」と左後の「本柱」の間に挟まり、自由に回転する。「三ツ枝金」の3つの枝の内、最初に「鶴首」を口ウ付けし、本体に取り付け、「鶴首」が調子よく動作するように、「鶴首」の形状等の加工をする。場合によっては「鶴首」の首の長さを変更しなければならなくなるかもしれない。その時には新しい首部を作り上げてやり直す。その後「懸かり鎌」の取り付け角度を決定して、「三ツ枝金」にそれを口ウ付けする。「鶴首」の正常な動作に伴い、「懸かり鎌」が調子よく動作するように、形状等の加工を行う。最後に「落ち込み金」を口ウ付けし、調子よく動作するよう形状等の加工を行う。図中での3つの枝の間のなす角度はおおよそである。場合によってはこの値から大部ずれることも有り得る。

復元では「鶴首」の頭部及び嘴部を3枚の板を重ねて作り上げているが、1枚の厚めの材料から切り出し、整形して作成しても良いであろう。最終的に妥当な寸法は組立、動作試験を繰り返しながら確定することになる。

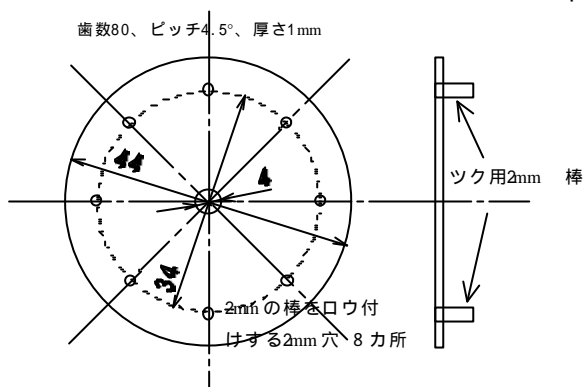
「三ツ枝金」は自重で回転復帰するようになっている。図19の「三ツ枝金」では重さが軽すぎる気配があった。最終的には、「懸かり鎌」の首部に適当な重しを首輪のようにはめ入れて重さをかせいだ。

## 2.3 鈴と扉

「鈴」として、仏具であるお鈴（おりん）を転用した。直径約70 mm、高さ約35 mmの半球形状である。最下部に穴を開け、逆さにして「鈴柱」に差し入れ固定する。やはり「鎚」で打ったときの音色は心地よいものがある。

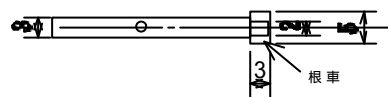
図20に「扉」を図解している。長方形の本体の廻りにかぶせる「扉」は2つに分けて作る。3面扉である左と後と右の扉は1体整形する。必要なときに「鈴」の打数を簡単に調整できるようにするため、後扉には「落ち込み金」を棒などで「雪輪」の溝から弾き上げられるように穴を開ける。右と左の扉の縁には2 mm の穴を開け、2 mmのボルトの丸頭を表にして、ナットで取り付ける。その適当な位置は、前扉を取り付けながら決定す

## 後一の輪



## 後一の輪根車と心棒

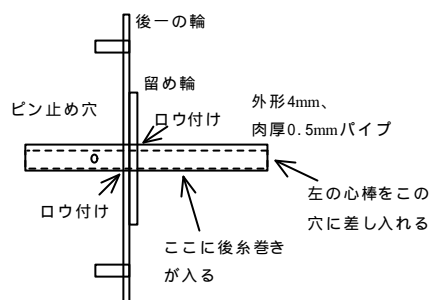
直径3mmの棒に、直径5mm、歯数8の歯車をロウ付けする



## 留め輪

歯数12、ピッチ15°、厚さ1.5mm

歯形は鋸歯状であれば、歯数、ピッチは大雑把でよい



## 後糸巻き

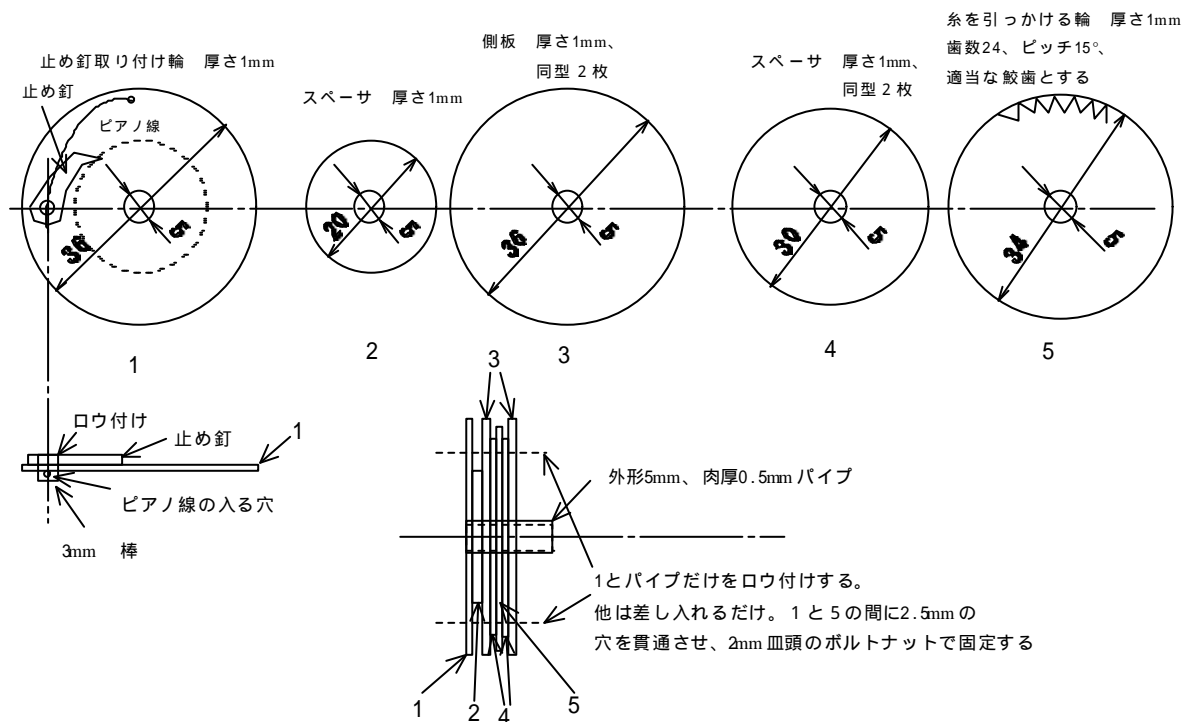
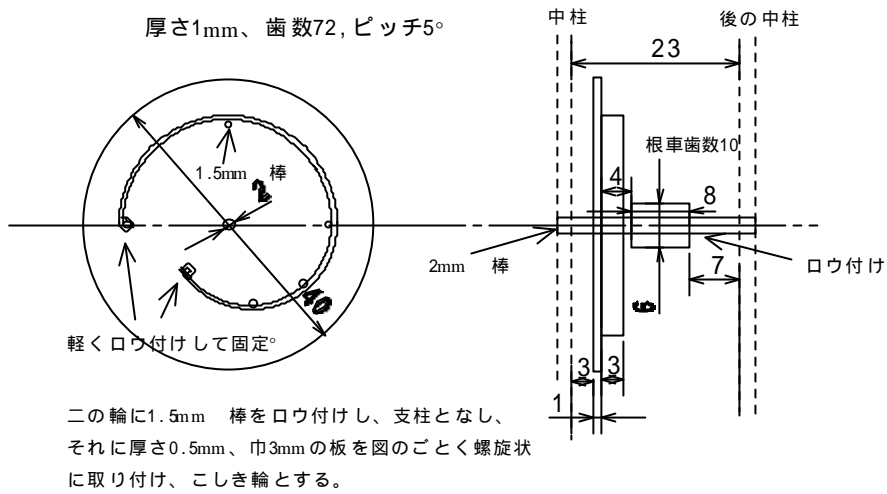


図 1 3 鈴打ち部 その 1

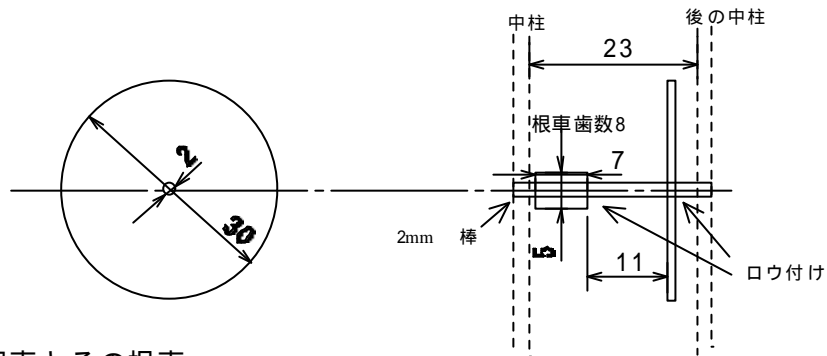
### こしき輪付き後二の輪とその根車

厚さ1mm、歯数72、ピッチ5°



### 後三の輪とその根車

厚さ1mm、歯数56、ピッチ6.4°



### 風切車とその根車

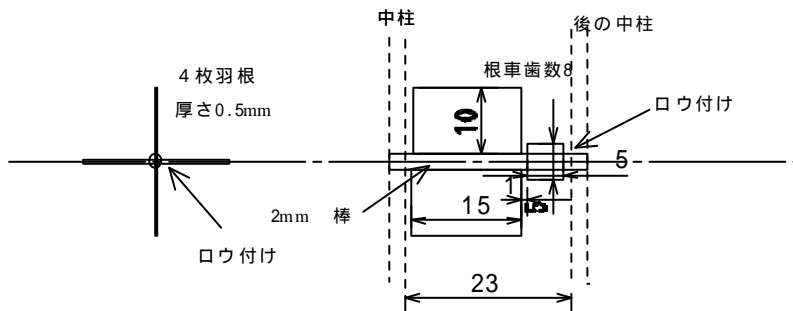


図 1 4 鈴打ち部 その 2

# 門車

厚さ1mm, 歯数78, ピッチ4.6°

# 門車と雪車の組み合わせ

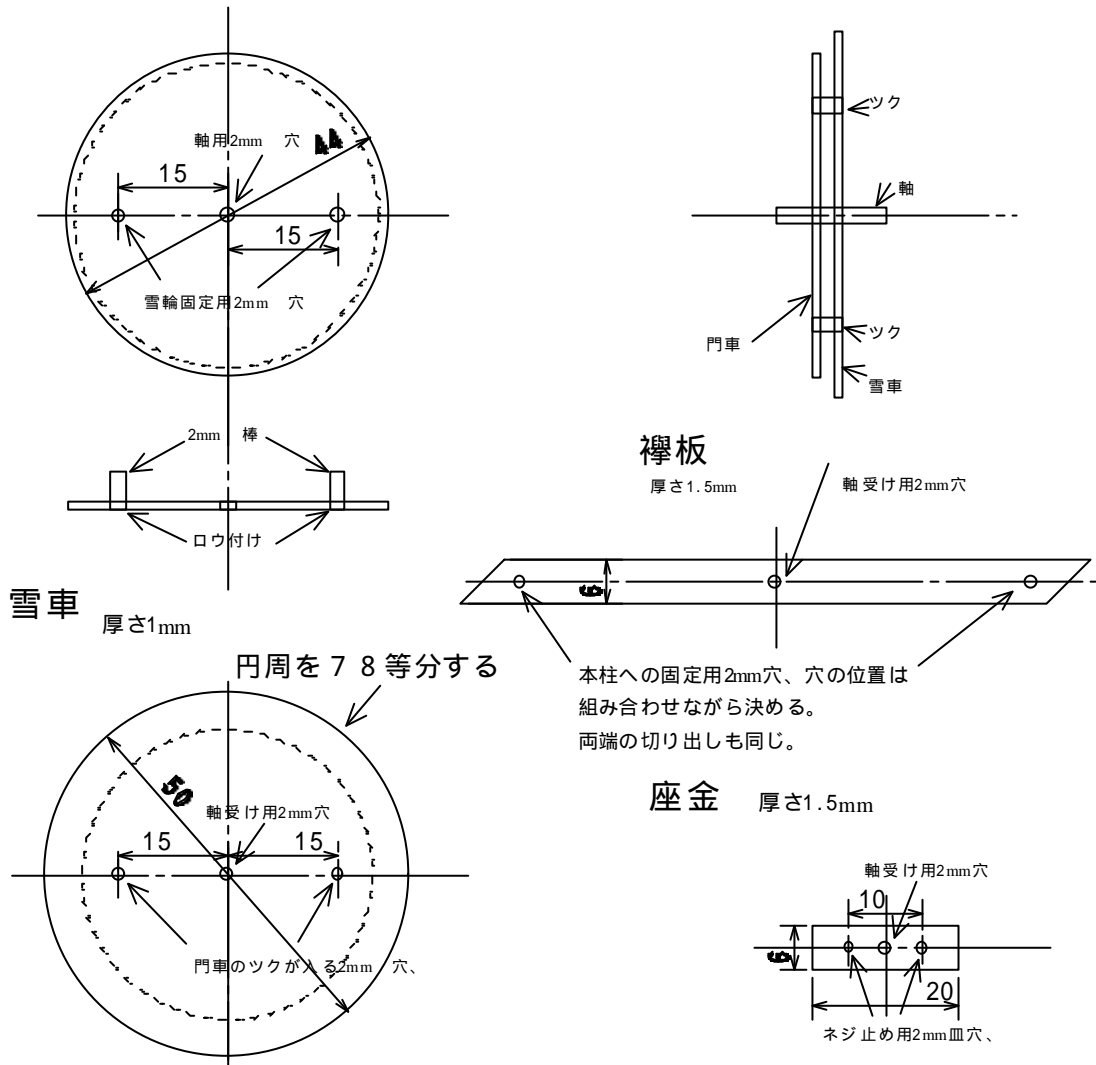


図 1 5 鈴打ち部 その 3

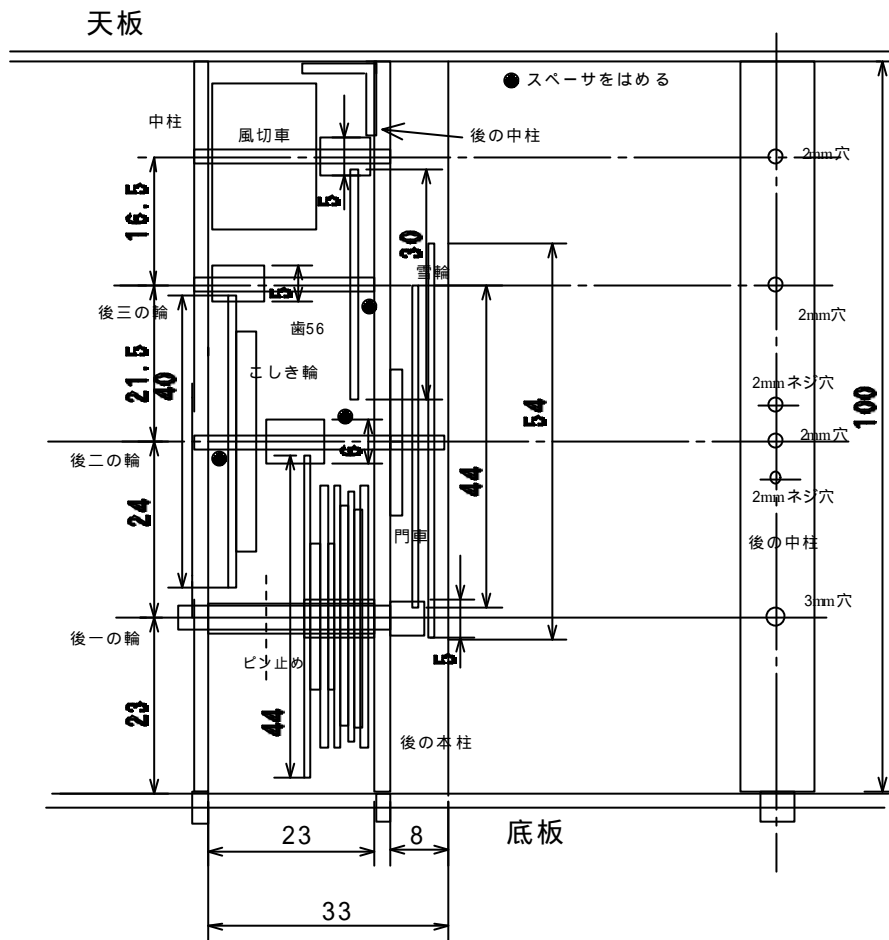
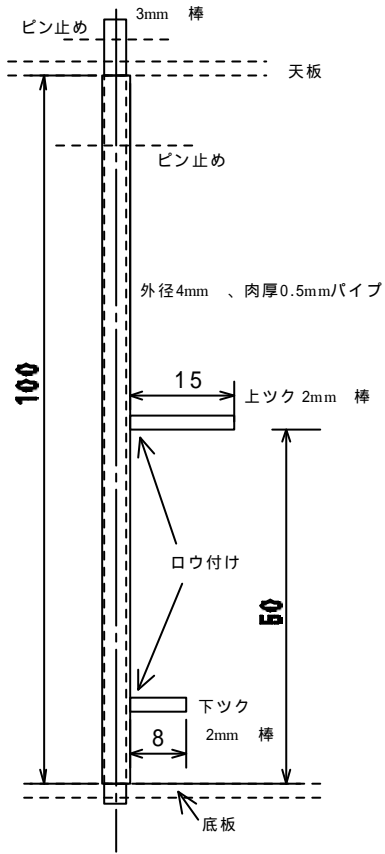
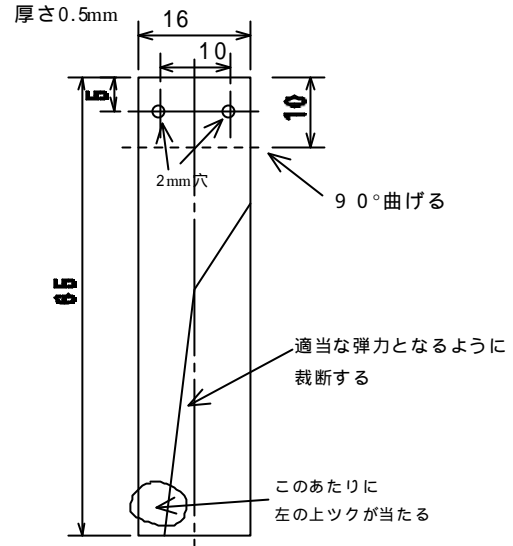


図 16 鈴打ち部 その4

鈴打ち棒



弾き金



錠

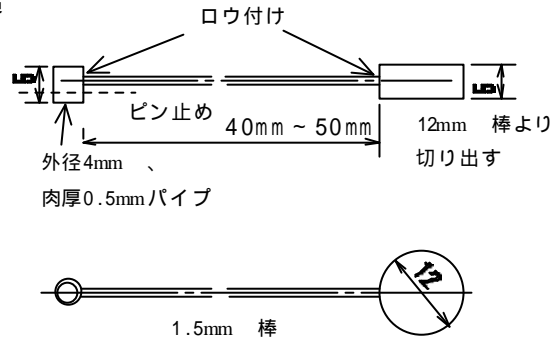


図 1 7 鈴打ち部 その 5



## 二ツ枝金

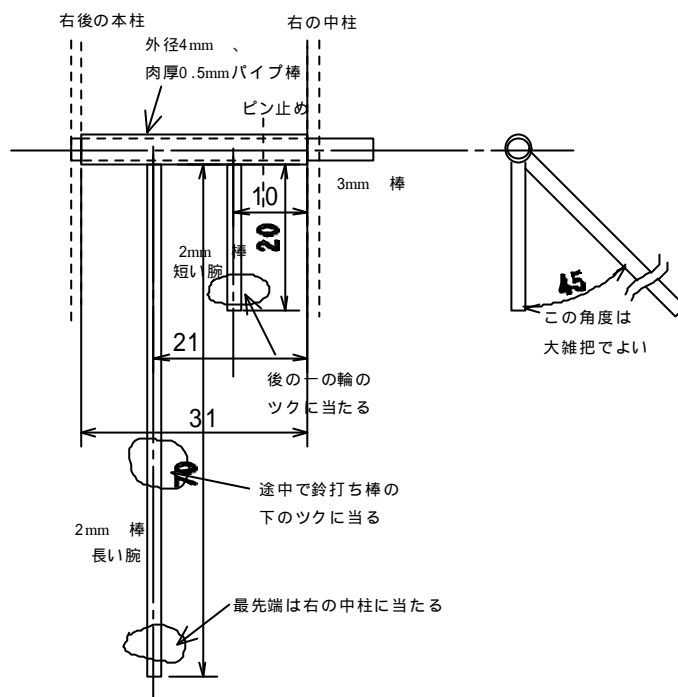
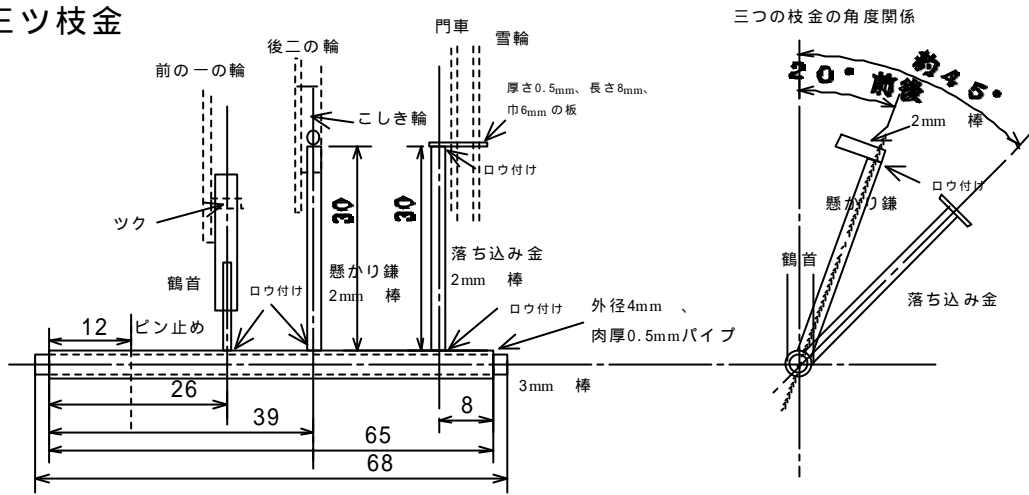
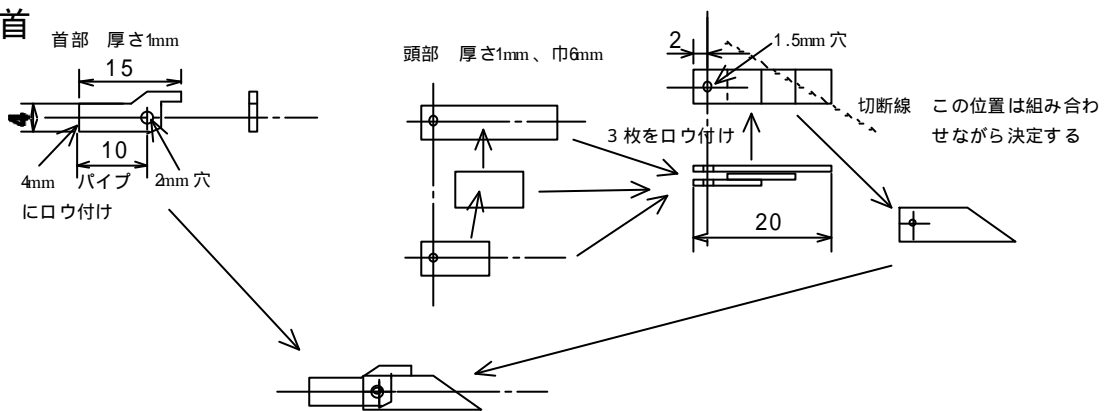


図 1 8 鈴打ち部 その 6

# 三ツ枝金



## 鶴首

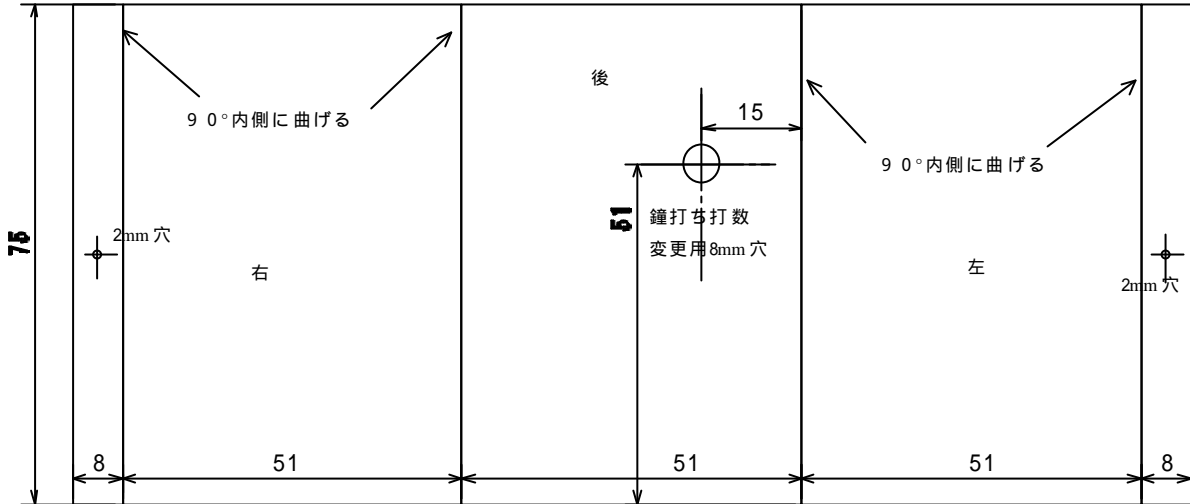


頭部に首部を差し入れ、穴にピンを差し入れて一体とする。  
 頭部が自由に動くように加工すること。  
 頭部はこの図の状態、首部に当たり水平となり、  
 下方には90°以上自由に動くこと。

図 19 鈴打ち部  
 その 7

3面扉

厚さ 0.4mm



厚さ 0.4mm

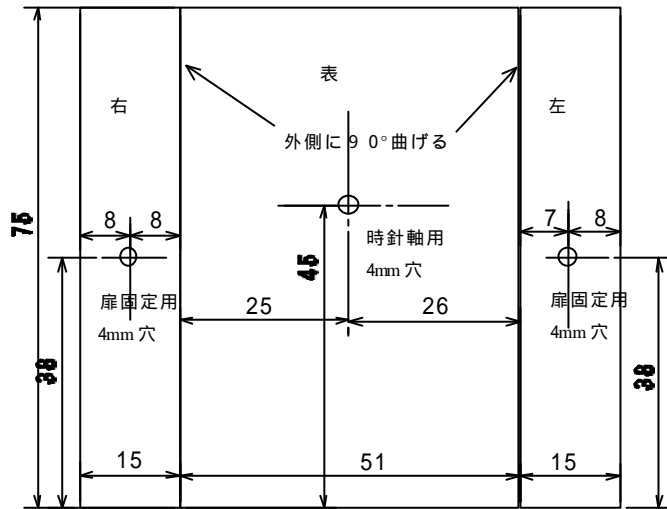


図 20 扉

る。3面扉を本体に挟み込んで取り付け、次に図のように加工した前扉を取り付ける。2組の扉がしっかりと本体を取り囲んだ状態にして、前扉の両側にあいている4 mm の穴の中心の位置を後扉に印を付ける。その後取り外し、印を付けた位置に2 mm の穴を開けてボルトを取り付ける。再度後扉を取り付け、そして前扉を取り付けると、両側の4 mm の穴に2 mmのボルトの丸頭がはまり込み、簡単に扉を安定して固定させることができるようになる。

前扉には12時間時刻目盛りを好みの模様で書き入れる。

## 2.4 動作試験

時刻送り部と鈴打ち部の両方に種々の重さの「錘」を吊して動作試験を行った。共に「錘」が軽過ぎると当然ながら輪は動かないか、動きが頻繁に中断してしまう。逆に、「錘」が重過ぎると時刻送り部では、「時針」が進みすぎ、鈴打ち部では矢継ぎ早に「鈴」が連打されるようになる。「三ツ枝金」の「懸かり鎌」は自重で「こしき輪」の溝に落ち込むようになっている。「こしき輪」の回転が速いと「懸かり鎌」が溝に落ち込む間もなくなってしまい、「こしき輪」を停止させることができなくなってしまうためである。

種々の重さの「錘」を試験した結果、時刻送り部も鈴打ち部も共に「主錘」は鉛製の円柱440 gとした。糸は「主錘」から「糸巻き」に巡らされる。この糸の他端をそのまま開放端にしておく、糸の「糸巻き」への懸かり具合が弱いことがわかった。時折糸滑りをおこすのである。そのため「従錘」として共に70 gの鉛の円盤を吊した。

以上の「錘」の組み合わせで、時刻送り部も鈴打ち部も安定して動作するようになった。「時針」の進み具合は「天符錘」の位置変更だけで容易に変更できるようになった。

復元した時計を12時間動作させるために必要となる糸の長さは時刻送り部も鈴打ち部も共に約2 mとなった。

「時針」が12時間で1周するために必要な糸の長さは、「時盤根車」の歯数、「前一の輪根車」の歯数、それと「糸巻」の直径に依っている。簡単には現在の糸巻きの直径を半分にすれば、12時間動作させるのには糸の長さは1 mとなる。鈴打ち部でも糸の長さを半分にするためには、糸巻きの直径を半分にすればよい。只そのようにした場合には「主錘」の重さを倍にする必要がある。これら変更等については第4章で述べる。

元々「柱時計」なので、通常は柱の高いところに取り付けて置くものなので2 mの糸の長さはそれ程長すぎるものではないであろう。半日毎に1回「主錘」を持ち上げれば(「従錘」を手で引き下げるだけである)、連続動作となる。

時計の定時刻打数合わせは以下のようにして行う。「落ち込み金」の鍵を「雪輪」の溝から指或いは棒などで外し、必要な打数まで空打数を打たせる。

「鶴首」が「前一の輪」の「ツク」から外れる時点が定時である。この時の「ツク」の位置を「ツク」の「正時位置」と名付ける。「前一の輪」が1周して1時間である。従って、定時の20分に時刻を合わせたいければ、「天符」を少し持ち上げ(この時「主錘」を手で支えておいた方がよい。)、 「天符」の「ツク」を「行司輪」の歯から外し、行司輪を空回転させ、「前一の輪」の「ツク」の「正時位置」から3分の1周分(60分に対しての20分なので)進んだあたりまで「ツク」を進めさせればよい。「主錘」を手で支えていないと高速回転してしまう。その後、「時針」を手で回し、時盤上で正確な時刻付近に合わせる。

### 第 3 章 各部の写真とその説明

写真 4 には本体部品が示されている。上左が「天板」、中央にあいている穴は「天符」を上から差し入れるためのものである。上部の 2 つのナットは時計を柱や壁に吊すための穴として用いるためのものである。下左が「底板」。右の上から 4 本が「本柱」、5 本目が座金の付いた「前の中柱」、6 本目が心棒受けの付いた「中柱」、7 本目が座金の付いた「後の中柱」、一番下が「右の中柱」である。

写真 5 には時刻送り部の部品が示されている。上左が「前糸巻き」である。「止め釘」と「紐懸かりの輪」の鯨歯の様子が見て取れる。上中は「前一の輪」と「留め輪」、上右は「時計送り輪」である。下左は「前二の輪」、下中は「行司輪」である。「行司輪」の歯の形状が見て取れる。下右は「時計送り輪押さえ板」である。中央左に心棒付き「前一の輪根車」、中央右に「時計」がある。

写真 6 には鈴打ち部の部品を示している。上左は「後糸巻き」、上中は「後一の輪」と「留め輪」、上右は螺旋状の「こしき輪」の付いた「後二の輪」。中左は「後三の輪」、中中央は心棒付き「後一の輪根車」、中左は「襷板」。下左は「風切り車」、下中央は「門車」、下左は「雪輪」である。

写真 7 の上左は「弾き金」、その右に「鎚」、上右に「天符錘」2 個、その下に「天符肩」。左に移って、「二ツ枝金」とその心棒、その右に「鈴打ち棒」とその心棒、中央に「鈴柱」、その右に「天符」、一番右側に「三ツ枝金」とその心棒がある。

写真 8 には、「主錘」が 2 個、「従錘」が 2 個、前扉と 3 面扉、右下が「鈴」である。

写真 9 には、柱を立てた本体の様子、写真 10 には、内部の輪類を組み込んだときの様子が示されている。

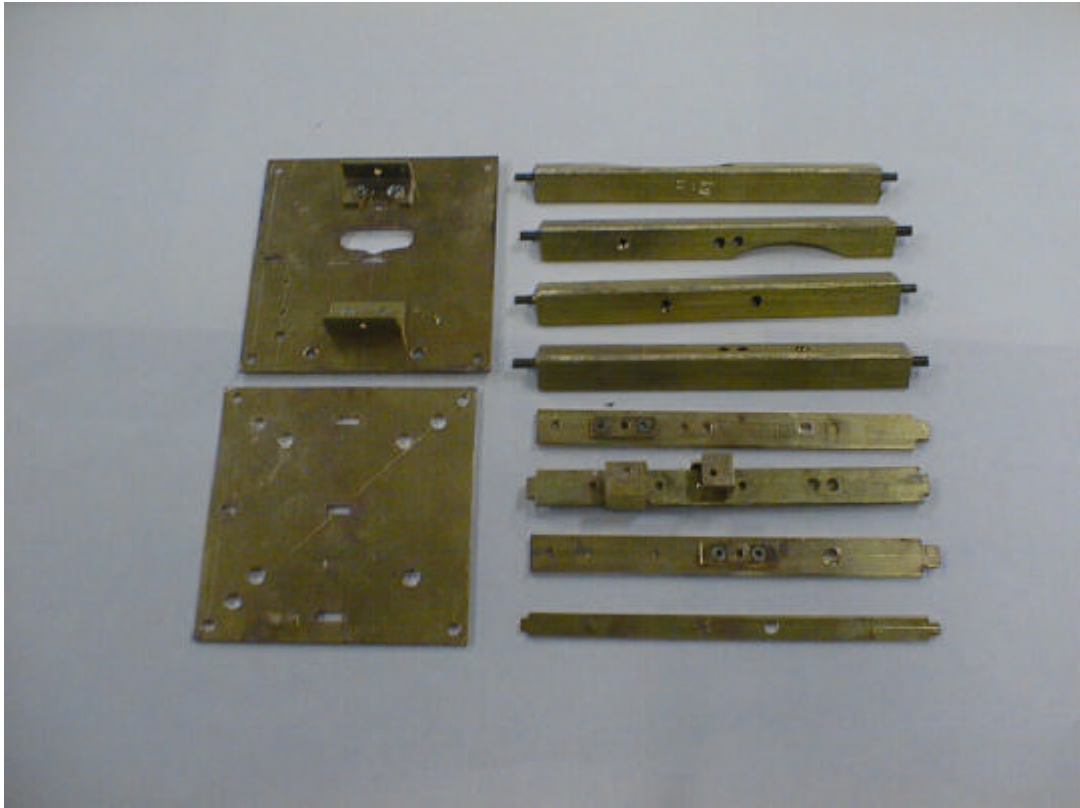


写真4 天板、底板、各種柱



写真5 時刻送り部部品の一部



写真6 鈴打ち部部品の一部



写真7 天符部品、各枝部品など



写真8 錘、鈴、扉



写真9 本体骨格の様子



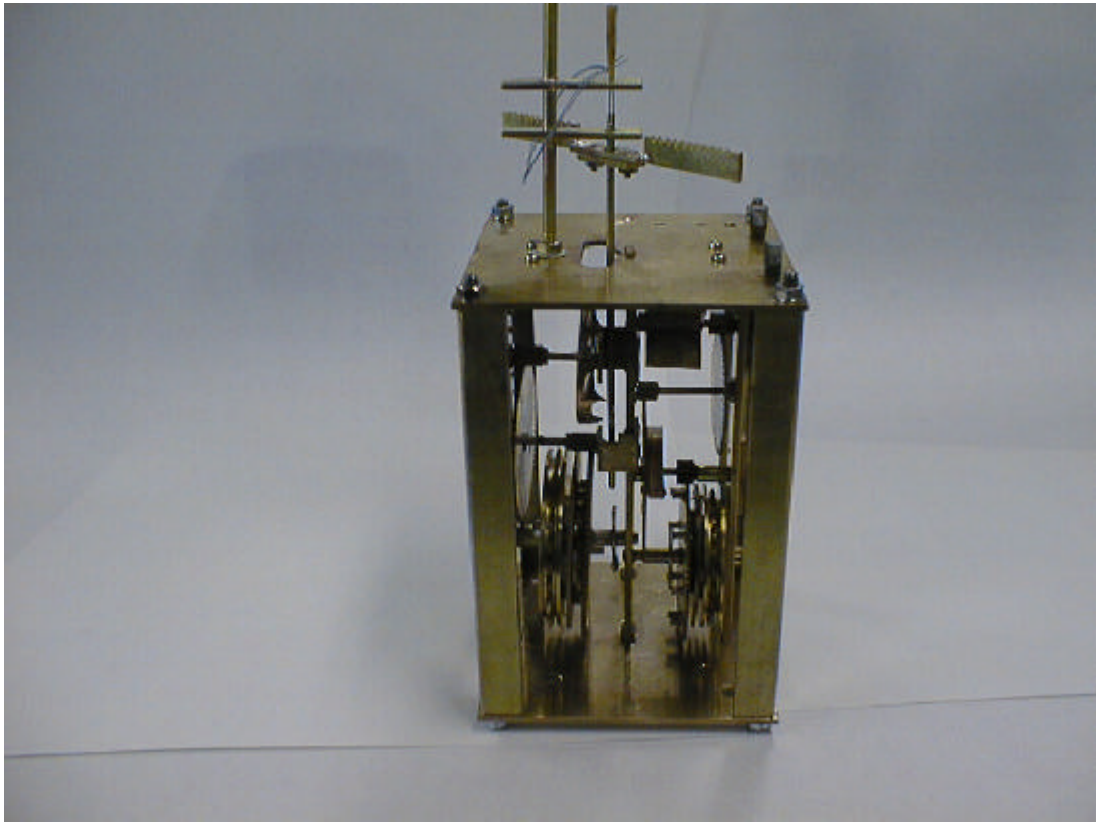


写真 1 0 本体内部に輪類を組み込んだ様子

## 第 4 章 制作の手順、コツ及び変更

### 4.1 制作手順

この「和時計」の復元において要求される工作技術は小さい板や棒の切断、研磨、ロウ付け、穴開け等の初等的金属加工技術である。材料加工技術は必ずしも江戸時代の技術そのまま踏襲しているわけではない。手引書自体に使用する工具や加工技術に関して何の記述もない。当時使用したであろうと思われる現代身近にある加工技術や工具類を使用して復元を行った。従って、復元作業のための材料や工具類はホームセンター等で簡単に購入できるものを使用する。

復元図面が出来上がっているので、本論文に掲載した図面を元にして制作するならば、その手順は以下の通りが順当であろう。

- (1) 天板と底板
- (2) 4 本の本柱
- (3) 4 本の中柱
- (4) 時刻送り部
- (5) 鈴打ち部

が、互いに噛み合う部分も大きいので、例えば、(1)の天板と底板を完全に仕上げして、(2)の本柱の加工に入るといのは余り勧められない。噛み合うところは組み合わせながら加工し、それが済んだら次に進む方がよい。このようにすれば狂いを少なくすることができる。

復元では極力細部まで分解組立ができるようにしている。作り上げたが不調であった時、その部分だけを新たに作り直すことで対応できるようにしている。

### 4.4 制作のコツ

#### (1) 輪(歯車)の切り出し方

勝手に歯車の直径と歯数を指定して作ることはできない。作る歯車のピッチと噛み合う根車のピッチが一致しなければならないことを忘れてはいけない。根車が既に決まっている場合には、それに噛み合う歯車の決め方には直径を主にするのか、歯数を主にするのかで2つに分かれる。

直径を主にする場合には、その直径より少し大きめの円盤を切り出す。その円周に沿って根車を回転させ、根車の歯先がついた円周の所に印を付ける。一周して最初の印と一致すれば、ピッチは一致したことになる。もし一致しなければ、円周を少し削り落とし、同様のことを行う。これをピッチが一致するまで行う。印を付けたところを削り歯を作っていく。

歯数を主にするときには、必要な歯数となる直径の円盤をやや大きめに切り出す。その円周に根車を転がして、同上の手順で歯を切り出す。

作り上げる歯車の歯は小さいので、通常的小型で細めのヤスリでも大きすぎる気配がある。主に使用したヤスリは鋸の目立て用の両刃ヤスリである。根車と噛み合わせながらヤスリで歯を作り上げてゆく。十分滑らかに噛み合うようにする。

歯の形状は山部は細めに、谷部は広めに加工すると、歯同士の噛み合いは滑らかになる。が、山部を細くし過ぎると刃こぼれを起こし易くなる。

#### (2) ロウ付けの仕方

銀ロウ付けの仕方は、経験がなければ、前もって練習しておくべきである。加熱用バーナーは何種類かを用意し、必要に応じて使い分ける。小さい部品や細い部品同士ならば、

小さい炎でもよいが、片方が太かったり、大きい場合には大きな炎が必要となる。加熱しすぎると材料自体が軟化し変形してしまうことにも留意する必要がある。口付け後に、直ぐに水で急冷する。フラックスは綺麗に洗浄除去する。

#### 4.5 変更

##### (1) 糸の長さ

できた時計は糸の長さが2mで12時間動く。1日24時間動かすためには、4mの長さにしなければならない。時計を吊す場所は天井を突き抜けてしまう。

時針を1回転即ち12時間進ませるために、糸の長さはいくらにすべきか。これは前もって設定できる。「前糸巻き」の外径と、「前一の輪根車」の歯数と「時針送り輪」の歯数の組み合わせである。

現状の「糸巻き」の「紐懸かりの輪」の外径(約44mm)を半分にすれば、糸の長さは1mで済む。現状の設計図を元に「紐懸かりの輪」の外径を半分にすることは簡単である。が吊す錘は重さを2倍にする必要がある。

現状では「前一の輪」は1時間で1回転している。これを2時間で1回転させる。「前一の輪」に取り付ける「ツク」は1個から2個とする。「前一の輪根車」の歯数:「時針送り輪」の歯数を現状の1:12を1:6とする。例えば「時針送り輪」の歯数を現状の120とするならば、「前一の輪根車」の歯数を5とする。又は逆に「前一の輪根車」の歯数を現状の10とし、「時針送りの輪」の歯数を60とする。

以上のことを理解すれば、必要な糸の長さを自在に設定することができる。時刻送り部のその他の所を変更することなく、このようにして糸の長さを短くした場合には「天符」の周期が当然遅くなる。即ち、「天符」はよりゆっくりと動くことになる。時刻送り部の全体での摩擦力を考慮すると、「天符」があまり遅く動作すると、この摩擦力に輪全体の動作が負けてしまう可能性がある。

糸を短くし、長時間動作させるには、時計の大きさをより大きくした方が確実であろう。大きくすれば、歯車の歯数も大きくすることができ、「天符」の大きさも稼げ、かつ回転のトルクも稼げるからである。

一般的に天符式時計では本体が小さければ、「天符」を早く振らせなければならないが、本体が大きければゆっくり振らせることができる。

##### (2) 定時以外に30分にも1打鈴を打つ

「前一の輪」の「ツク」を1本から半周毎に1本の計2本とする。「雪輪」の円周を78分割から90分割とする。1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 14, 15, 20, 21, 27, 28, 35, 36, 44, 45, 54, 65, 66, 77, 78, 90番目の所を切り欠く。

##### (3) 大きさ

復元した時計は本体が10cm立方弱の大きさである。現代の柱時計としては極めて小型である。手本に従わず、もっと大きな時計としてもよいであろう。寸法出しの相対誤差を小さくできるので工作精度を上げることができ、各 부품の組み合わせの調整が容易になる。歯車の直径は大きくなり、歯の加工が容易になる。主錘の重さと天符の慣性モーメントを大きくすることができるので、より安定して動作させることもできる。また、この復元では根車を玩具に使用されているギヤで代用したが、より大きな根車とすることができるので自作が容易となり、好きな寸法及び歯数の根車も作ることができる。

復元した時計より小型の物を作ることも考えられる。が、特に歯車の自作における工作精度が致命的となり、これより小さく作り上げることは難しいと思う。どうしてもより小さい時計を復元したいのならば、自作における歯車の工作精度を向上させる方法を見いだしてからではないと徒労に終わるであろう。

#### ( 4 ) 分針を付ける

江戸時代では時間の区切りは大まかであり、半刻以下の時間の細分は必要とされていなかった。従って現代のように分単位までの時間の区切りは全く必要がなかった。

復元の意味から外れるが、復元した時計を現代でも十分に使用できるようにするためには、現代の柱時計のように分針を付加することが考えられる。

現状の大きさでは分針の駆動部分を付加するのは困難であろう。分針を付加するならば本体を大きくすべきである。ここで復元した時計では、「前一の輪」が1時間で1回転するようになっている。従ってこの回転を直接「時盤」の前に持ってきて、「時針」と同じように「分針」を付加することになる。その機巧についてはここでは記述しない。様々な方法があるだろう。

## 第 5 章 終わりに

江戸時代の機巧装置である茶運び人形に続いて和時計の復元に成功した。その機巧は鎖国時代に長崎の出島を経由して渡来した西洋時計の技術を踏襲していたのであろうが、目を見張る物があった。江戸時代にこのような巧妙な自動制御装置を実用化していたという当時の工業・科学技術の水準は、鎖国時代の終了と共に急激に日本に流入した西洋近代文明の工業科学技術を吸収し、自前の物とするのに極めて重要な役割を担ったことは疑いがない。そのような背景が、近代文明の中心である西洋から遠く離れた極東の1島国であり、かつ言語も全く違う日本で西洋の近代工業技術が消化され構築されてきたのであろう。

今後とも機会と時間が許されるならば、江戸時代の科学技術の作品の復元を試みて行きたい。

### 参考文献

- (1) 「茶運び人形の復元」、金野茂男、工業安全に関する研究集録 No.18、1997年、p177 ~ p196、小山高専工業安全教育研究センター。
- (2) 江戸科学古典叢書3「機巧蒙鑑草(からくりきんもうかがみくさ)三巻、機巧図彙(からくりずい)三巻」、恒和出版。

### 添付資料