

尺時計の復元

金野茂男

目次

1. はじめに
2. 設計及び製作
3. 製作の手順及びコツ
4. 終わりに

参考文献

添付資料

原本「機構図彙」の尺時計の項の複写

1. はじめに

江戸時代後期の科学技術書とも言うべき「機巧図彙」⁽¹⁾を手引きとして、今回「尺時計」を復元した。同じ手引き書を元にして既に「柱時計」を復元している⁽²⁾。今回の尺時計は柱時計と比較すると、共に錘の重力エネルギーを利用した錘時計の部類に属するが、だいぶ簡易である。これら時計の製作時期は、それらの技術、機構上の難易からして、尺時計の方が早期に作成されたものと考えられる。復元の後先が前後してしまったようである。機巧図彙を見開いたとき、尺時計の構造は簡単に理解できた。その動作も単純であった。柱時計は時針を持ち、かつ文章と図だけではよく理解できなかった定時刻には予定している必要な数だけの鐘を打つ機構を持っていた。この複雑な仕組み及び未知が柱時計の方の復元の意欲をそそったのである。

元々、科学技術的興味心から、機巧図彙の復刻版を元に、既に「茶運び人形」⁽³⁾を復元していた。これに自信を持って、1年ほど後「柱時計」も復元したのである。茶運び人形は木製装置である。柱時計は金属装置である。木製と金属製の両分野のからくり装置を1体ずつ復元をしたので、「機巧図彙」に記述されているからくり装置の復元課題はこれで充分であろうと考えていた。

実は機巧図彙には多くの装置が記載されている。そこで考えを切り替え、機巧図彙に解説されているその他の装置も復元してみることにした。そして、「五段返り人形」⁽⁴⁾、「連理人形」⁽⁵⁾の復元に成功した。それぞれの装置には手引き書からだけではなかなか理解できない機構があり、復元に成功して初めて理解がいった。

今回5つ目の装置として「尺時計」の復元に取り組んだ。この装置の機構は柱時計の機構が理解できていかくても、理解は容易である。工作精度に留意しながら、1ヶ月弱で復元することができた。

ところで、「機巧」を”からくり”とフリガナをしている。現代では”からくり”装置とは少しいかさまをしているような、見るものをだましてしているような装置の意味が多い。従って、

この意味で茶運び人形、柱時計を「からくり」装置と呼ぶのは少し失礼であり、大きな誤解も与えるような気がする。十分に機巧が考慮された正確な自動制御装置であるからである。五段返り人形や連理返り人形は目を見張るような力学的な考察がなされた装置でもある。「機巧」にからくりのふりがなを振るのは余り正確とは思えない。そのまま「きこう」のフリガナでよいのではないかと考える。

2.設計及び製作

添付資料として、最後尾に機巧図彙（以降では手引き書と呼称する）の尺時計の項を複写掲載しておいた。6頁分ある。覆い箱を取り外した2頁の内からくり窓図から解るように、柱時計の場合と比較すると大分構造が簡単であることが解る。錘の落下により、糸巻きが回転し、一の輪が回転、連結している二の輪が回転、そして行司輪が回転する。行司輪には天符が取り付けられており、行司輪を一定の速さでゆっくりと回転させている。そのため、錘は一定の速さでゆっくりと落下することになる。錘の背後にある掛け板の目盛りから時刻の経過を見取ることができる。以下の解説文中に頻繁に現れる単語の輪、根車、棒は現代語では各々主歯車、従歯車、軸のことである。

製作材料は柱時計の場合と同じく、主に真鍮である。一般に市販されている金属材料は定規格のものである。復元に当たって、各部分の寸法決定には、製作の容易さを考慮して、この定規格に従うようにしたのは柱時計の場合と同じである。尺時計全体の大きさは手引き書中には明記されていない。内からくり窓図での各部品の相対的な大きさ、他の頁に記載されている各部品の寸法から、本体（輪や棒が納まる四角の部分）の大きさを、縦約9cm、奥行き約8cmとした。これにより各部品の大きさが決まっていく。図1～図6に完成した図面を示している。

図1は本体の3面図を示している。本体中に納まる各輪などの配置関係が見てとれる。この本体を目盛り付きの掛け板に取り付けて正面から見たのが正面図、時計の左側から見たのが側面図、真上から見たのが上面図である。天地、前後の4本の柱が本体の骨格をなしている。手引き書ではこれら4本の柱だけで本体の形状を保持させている。天地柱を後柱に溶接すれば、それも可能であろう。その様にしたら、製作途中における調整、再修正、再制作が困難となる。柱時計の復元でもそうであるが、試作段階においては分解調整及び修正が可能な状態としておかなければならない。4本の柱は組立式とした。そのため、4本の柱だけでは形状維持が困難、つまり歪んでしまう。地柱の下に直角三角形の肘板を取り付けることで、形状の保持を行うことにした。この箇所が手引き書と異なる1点である。復元の本質からはずれてはいないと考ええる。

回転軸である一の棒、二の棒及び行司の棒の3本を1本の垂直線上に配位するのがすっきりする。が、正面図からわかるように一の棒、二の棒は行司の棒を通過する垂直線から少し左右にずらしている。その理由は次の通りである。

手引き書では、行司の棒と天符の棒を固定するため、本体内部に柵状の構造を設けている。復元に当たってこのような構造をそのまま採用するのもよい。が、何が何でもこのような構造にする必要はない。ようは行司の棒と天符の棒をそれらの機能を損なわないで取り付けられるならば良いわけである。復元では、行司の棒と天符の棒を交差させ、行司の棒の両端を前柱と後柱に、天符の棒の両端を天柱と地柱に取り付けることにした。が、このままでは中央部で2本の棒が衝突してしまうことになる。これを回避するために、天符の棒の中央に胴を設け、行司の棒がこの胴内を貫通し、両軸がお互い自由に運動できる構造とした。この点も手引き書と異なる点である。がこの点も復元の本質からはずれてはいないと考えている。天符の棒が行司の棒と同じ垂直線上に位置することになるため、下に配位する二の棒と一の棒をこの垂直線から左右にずらすことになったのである。

正面図から各輪、各棒の位置関係を読みとることができる。各柱、特に前後の柱に穿つ各棒用の穴の位置は正確さを要する。極僅かのずれで、輪と根車の咬み合い状態が変化する。

図2が4本の柱の部品図である。全て厚さ3mm、幅20mmの真鍮から切り出す。天地両柱の両端には、頭を切り取った3mmボルトを口ウ付けし、前後柱との取り付け部とする。地柱と後柱の間に取り付ける肘板にも同じようにボルトを口ウ付けする。後柱には一の棒、二の

棒、行司輪棒のための穴以外に、肘板取り付け穴、掛け板への取り付け穴、覆い箱固定穴もある。天柱と地柱は同型であるが、天柱には天符吊り台固定用の2穴を2個、地柱には肘板取り付け用の3穴1個を開ける。

一の棒、二の棒、行司の棒の前後柱への取り付け穴の位置は図2の図面中に記載されている。が、この値は参考値と見なすべきである。これら穴の位置確定の仕方は後述している。

図3には、一の輪部分の図面が描かれている。一の輪、止め釘、止め輪、糸巻きの関係は柱時計と同様な機構である。止め釘は止め輪を一方向にのみ回転させる機構である。弾き線（ピアノ線）の弾力を適当に調整することで、止め釘が止め輪にしっかりと埋り込むようにする。止め輪は糸巻きと一体となって回転する。止め輪の歯数は適当でよい。歯形は鯨歯とする。歯の向きは1方向のみ選択することができる。回転方向をしっかりと確認した上で方向を定める。止め輪に糸巻きに埋り込む棒を図のように口ウ付けする。このようにすることで、脱着可能でしっかりした取り付けができる。糸巻きは円柱木材を使用している。各部品の位置状況は一番下の図面で見るとれる。一の棒に一の輪、止め輪、糸巻き、そして2つスペーサを差し入れる。スペーサと棒にあけた1穴に針金を差し入れてスペーサを固定する。2つのスペーサは本体内で、一の棒が予定の位置に配置することを保証する。一の輪のところのスペーサは一の輪を固定する機能も持っている。糸巻きの溝に1.5の金属棒を差し入れることで、一の輪、止め輪、糸巻きは固定する。左端の2の穴には適当な長さの2の金属棒を差し込む。錘を巻き上げるために、一の棒を回転するのに使用する。

図4には、二の輪と行司輪の部分が示されている。二の棒及び行司棒とも前柱と後柱の穴に納まる。柱時計の時と同じく、根車は共にオモチャのギアを転用している。行司輪の作り方も柱時計と同じである。1mm厚の直径30mmの円盤の回りに、厚さ1mmで幅5mmの真鍮帯を巻き付け、口ウ付け後、歯の切り出しを行う。歯数を15、この歯数は奇数でなければならない。歯形は鯨歯とする。鯨歯の傾斜方向の取り方に二通りあるが、一つのみ有効である。天符と行司輪の配置関係と、行司輪の回転方向に注意した上で、歯の傾斜方向を見だし、歯の切り出しを行うこと。右上の鍵は一の棒に差し入れ、糸巻きを回して、錘を持ち上げるために用いる。

図5には、天符部が示されている。行司輪の棒と天符の棒は直交する。図面の如く、天符の棒の中央部分に10mmパイプからできている胴を付け、この中心を行司輪の棒を通過させることで、2本の棒の直交を実現している。この方が手引き書より構造は簡単でかつ調整が容易である。天符に口ウ付けする2枚のツクは行司輪の鯨歯の上下に当たる。これら2つのツクのなす角度は90°前後で良さそうである。長さも3mm程度である。最終的な角度及び長さの設定は動作試験をしながら行う方がよい。

分銅を吊す天秤は2枚の同型の板を張り合わせて作る。両端を口ウ付けし、中央部に天符の棒を差し入れ、口ウ付けする。天秤の両端には分銅を吊し固定させるための溝を適当に刻む。分銅は真鍮製円柱を用いた。分銅の周囲に適当に溝を切り出し、そこに針金を固定し、天秤にぶら下げられるように針金を加工する。一つの重さは約54g。分銅の重さ、取り付けの肩の距離で天符の振動周期を自在に調整することができる。天柱の上には、天符を吊す台を取り付ける。長方形の板を折り曲げて図面の如く作成する。

図6には覆い箱の図面を示している。厚さ3mmの平木板から切り出し、接着剤で固着して仕上げる。天符の運動は低速になればなるほど風に弱い。埃を避ける目的もある。底板はなく、本体の上から被せる。のぞき窓に透明ガラスを取り付ければ完璧である。

尺時計 図面 1

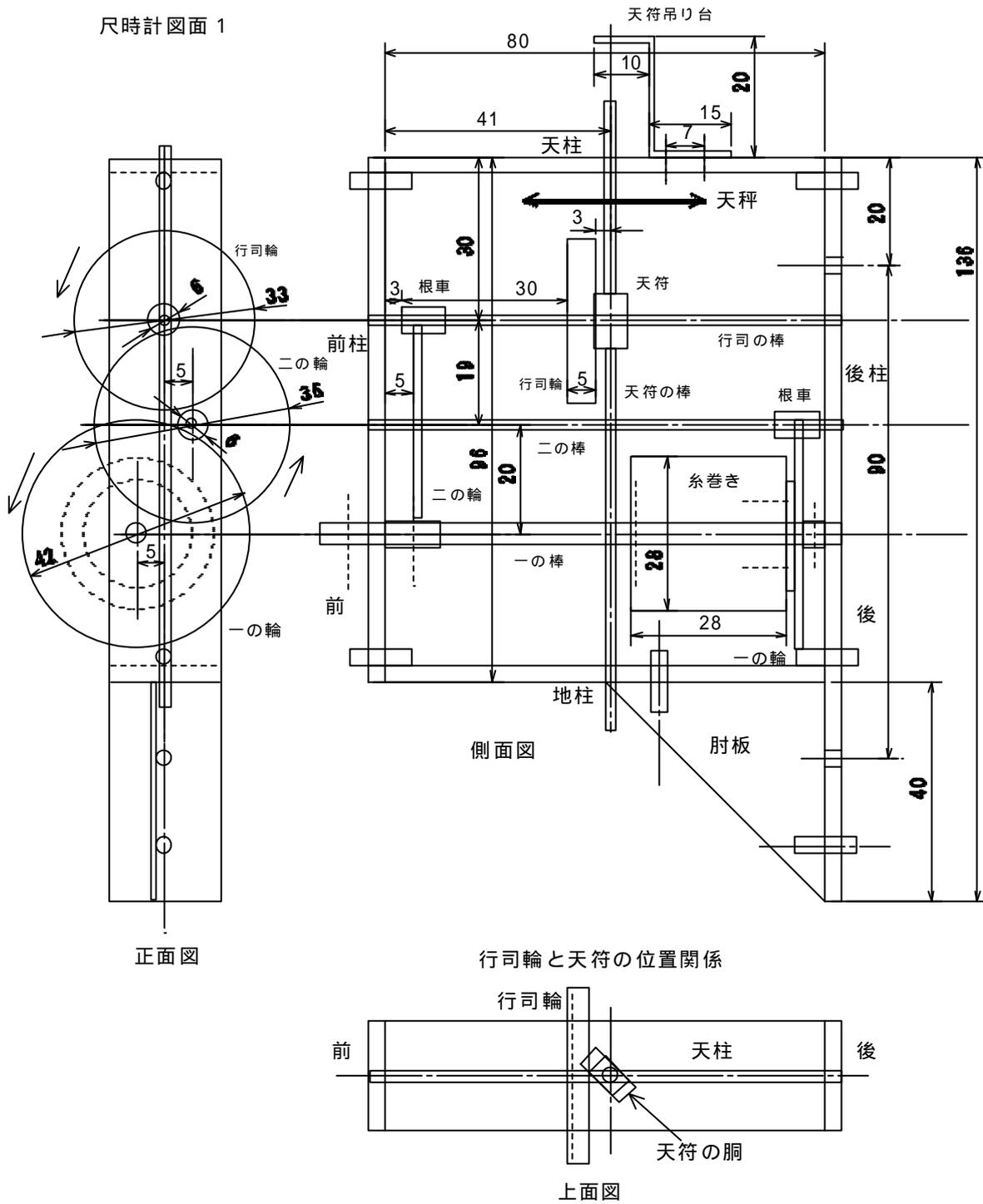
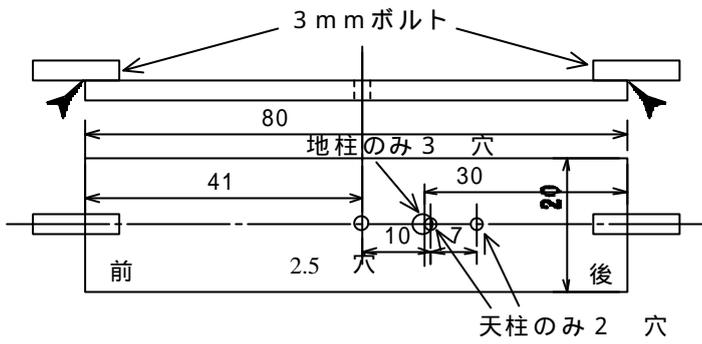


図 1 本体の 3 面図

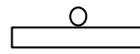
天柱、地柱

厚さ3mm、幅20mm、長さ80mm

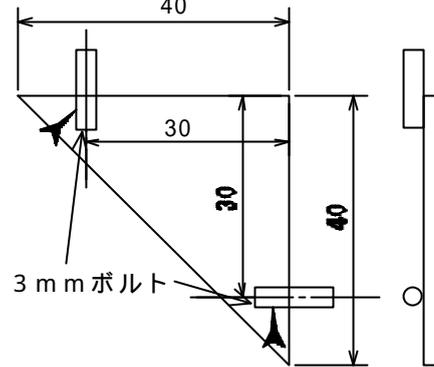


尺時計図面4

銀口ウ付け箇所を示す

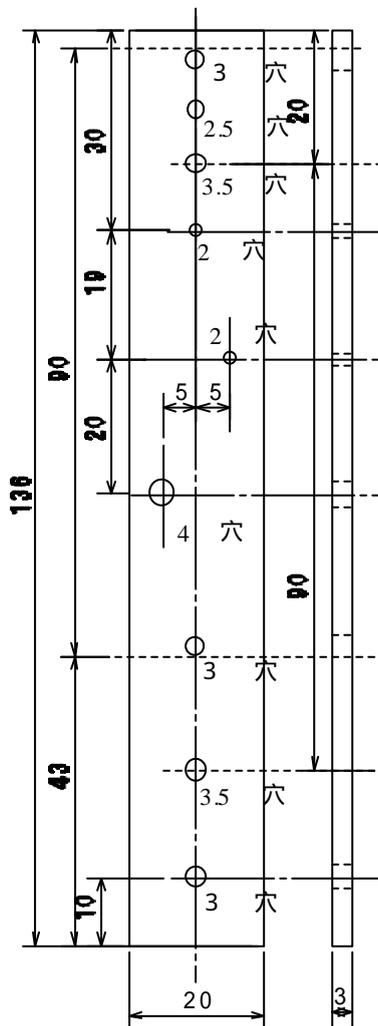


肘板 厚さ2mm



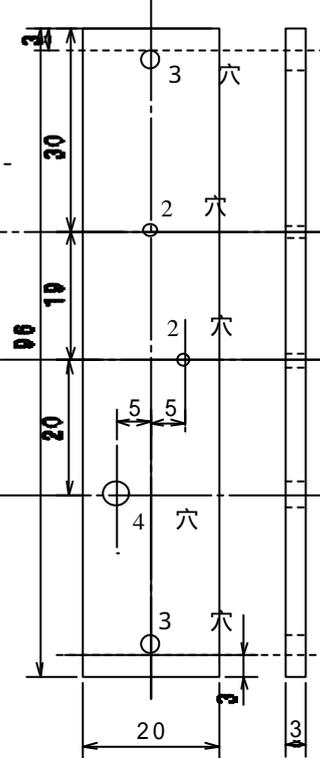
後柱

厚さ3mm、幅20mm



前柱

厚さ3mm、幅20mm



行司の棒用穴の位置

二の棒用穴の位置

一の棒用穴の位置

2.5 穴は覆い箱固定用

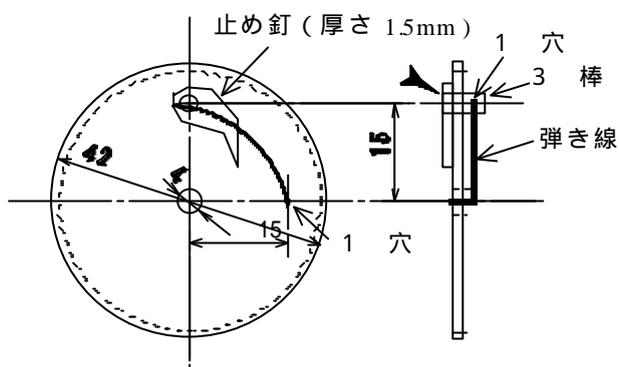
3.5 穴は掛け板への取り付け用

図2 4つの柱と肘板

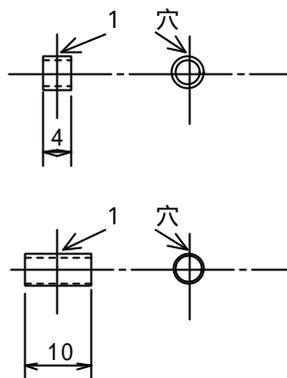
一の輪 厚さ 1.5mm
 歯 72個

銀口ウ付け箇所を示す

尺時計図面 2

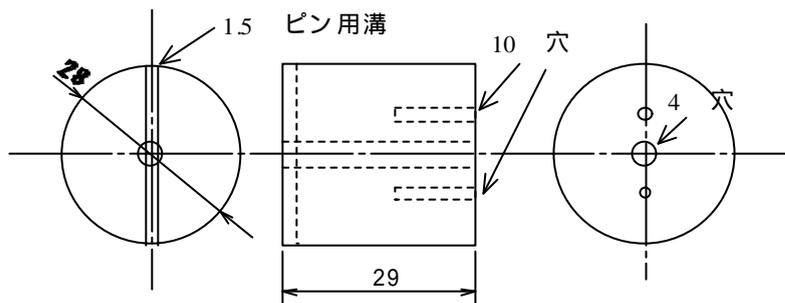
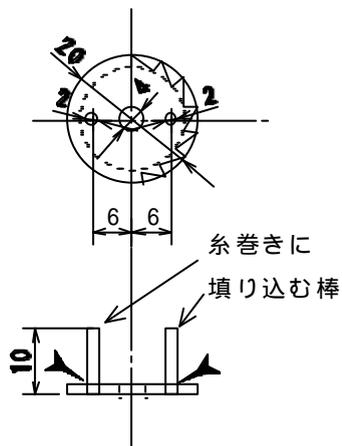


一の棒用スペーサ
 5 パイプ 肉厚 0.5mm



止め輪
 厚さ 1.5mm
 絞歯
 歯数 12個

糸巻き 円柱材木



一の輪、止め輪、糸巻き、一の棒の配置

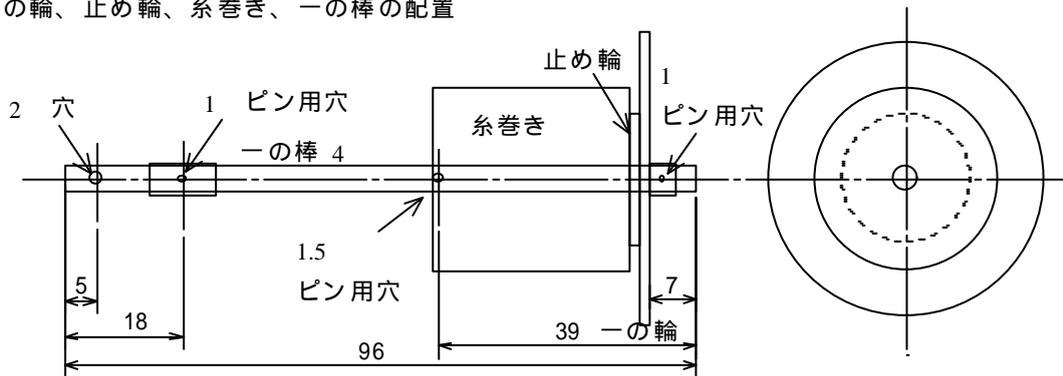
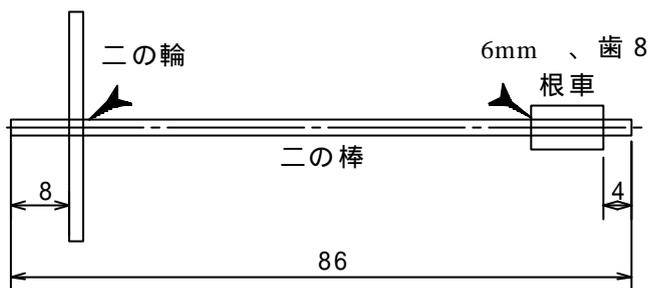
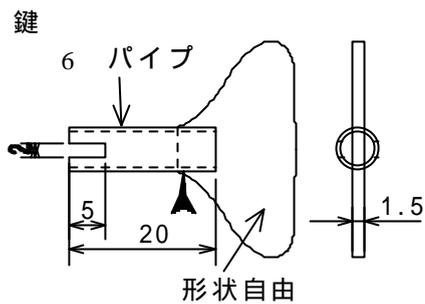
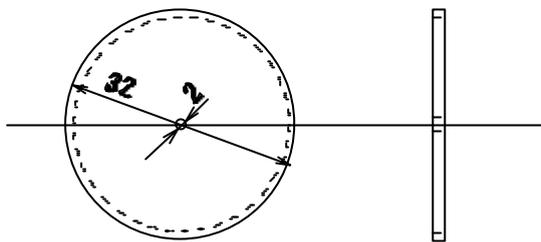


図3 一の輪の部分

二の輪 厚さ 1.5mm
 歯 60

尺時計図面 3



▲ 銀ロウ付け箇所を示す

行司輪 歯 15 鮫歯

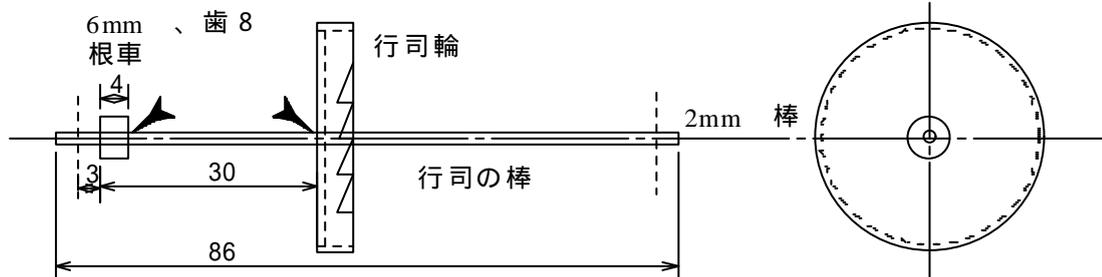
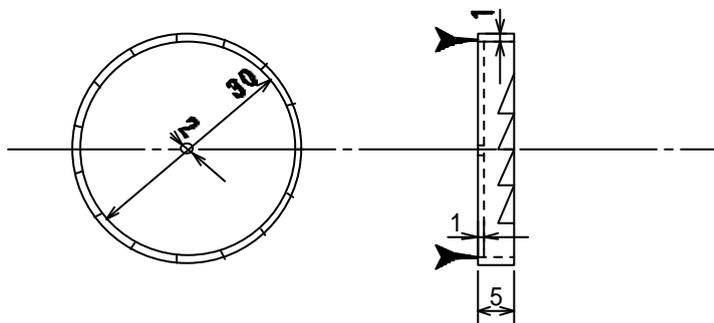
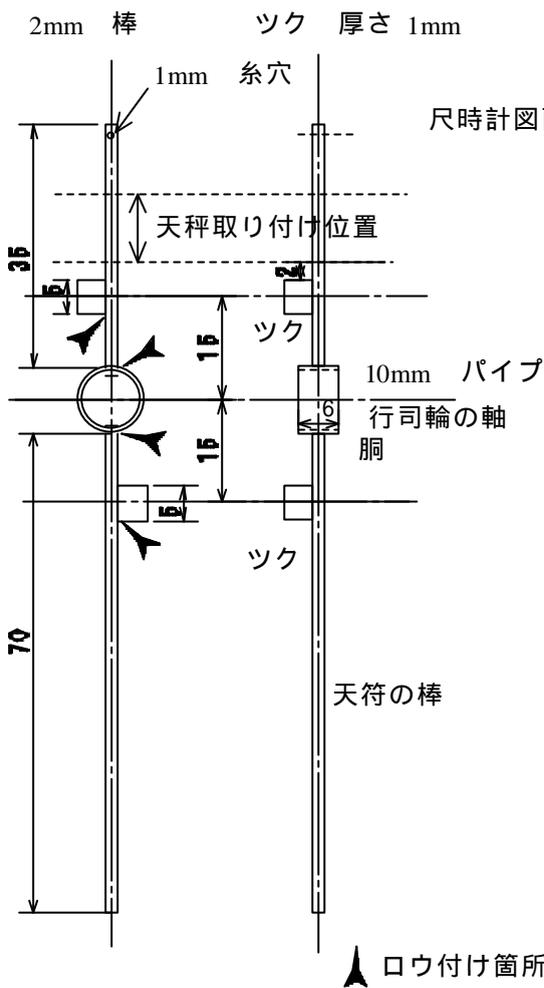
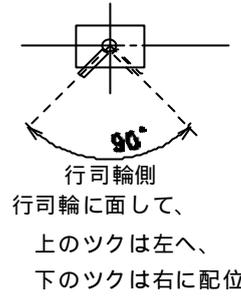


図 4 二の輪と行司輪と鍵

天符



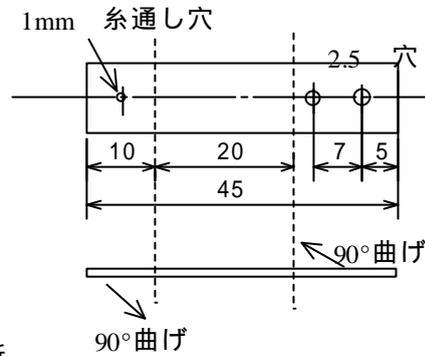
2つのツクのなす角度
天符を上から見て、90°前後



尺時計図面 5

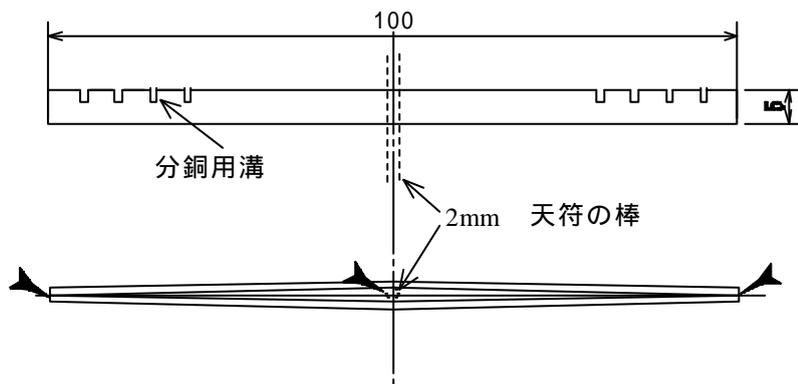
天符取り付け台

厚さ1mm、幅10mmの板を
折り曲げて作る



天秤

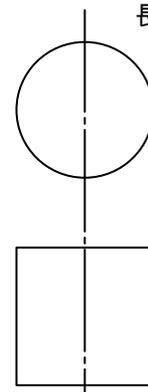
厚さ 1mm 2枚



2枚の中心に天符棒を差し入れ、両端を口ウ付けする。
両端に分銅を吊す溝を適当な数切り出す

分銅 同型 2つ

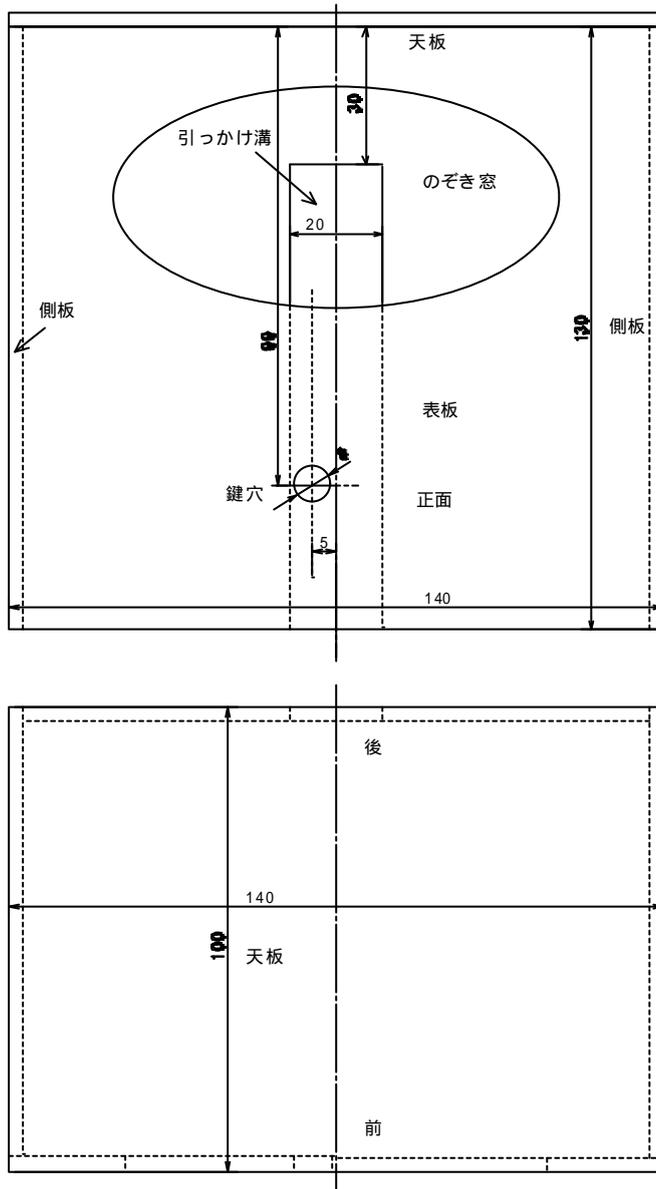
真鍮円柱 直径20mm
長さ 20mm
重さ 54g



周りに溝をうがち、天秤に
掛け渡す線を固定する

図5 天符と錘

覆い 厚さ 3mm平板



尺時計図面 7

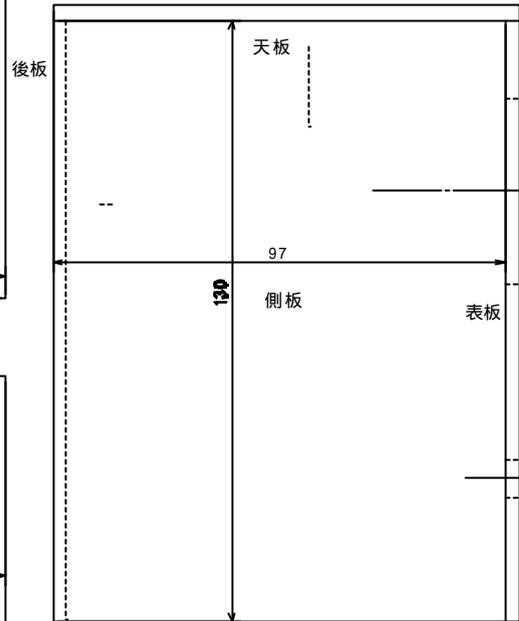


図 6 覆い箱

完成した装置の様子を写真 1 ~ 7 に示しておく。写真 1 の上の 2 枚が天地柱、下の 2 枚が前後柱、三角形が肘板である。ネジの口ウ付けが見てとれる。写真 2 では行司輪の形状、特に絞歯、天符の胴の様子、ツクの状態が見てとれる。写真 3 では止め釘、止め輪が見てとれる。写真 4 では天秤用錘の回りに巻いた針金の様子が見てとれる。主錘には写真に見られる重さ 450 g の鉛を用いている。右側のピンと鍵は主錘巻き上げ用の小物である。写真 5 が覆い箱である。のぞき窓の下にある穴から鍵を差し入れ、主錘を巻き上げる。掛け板に取り付け、試験調整中の様子が写真 6 である。天符をその吊り台に取り付ける糸は極ありふれた裁縫用糸である。写真 7 が覆い箱を被せた様子である。本体の上から簡単に脱着させることができる。

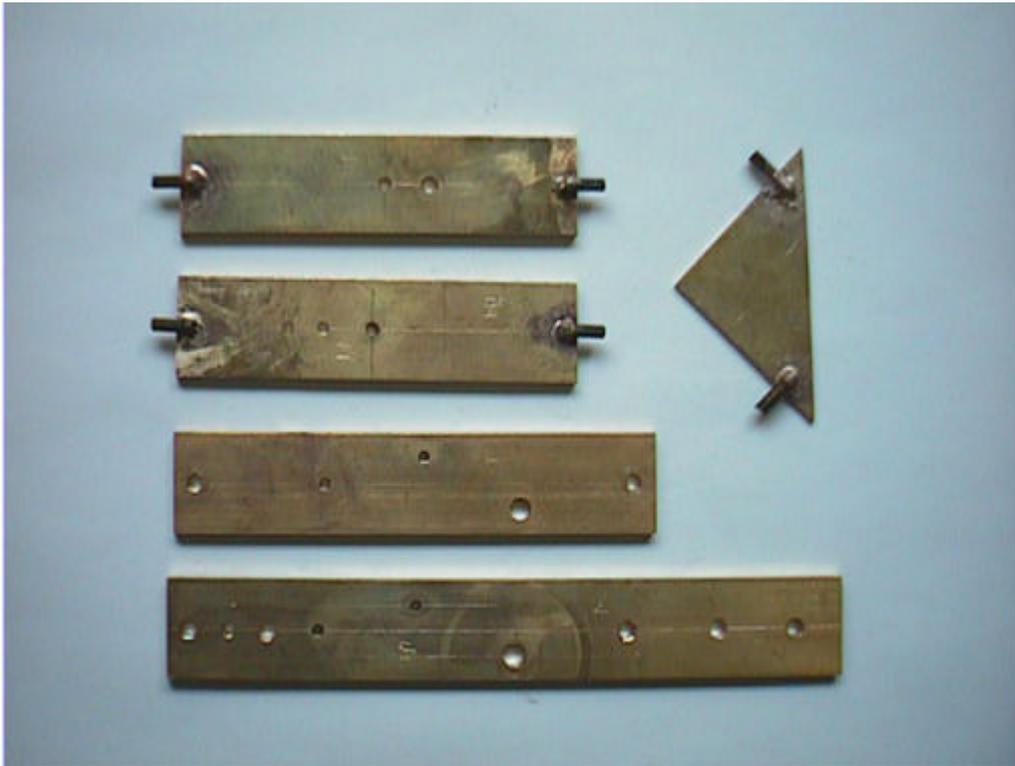


写真1 4本の柱と肘板



写真2 行司輪、二の輪、天符とその吊り台



写真3 一の輪部分の部品



写真4 天秤用錘、主錘、鍵



写真5 覆い箱

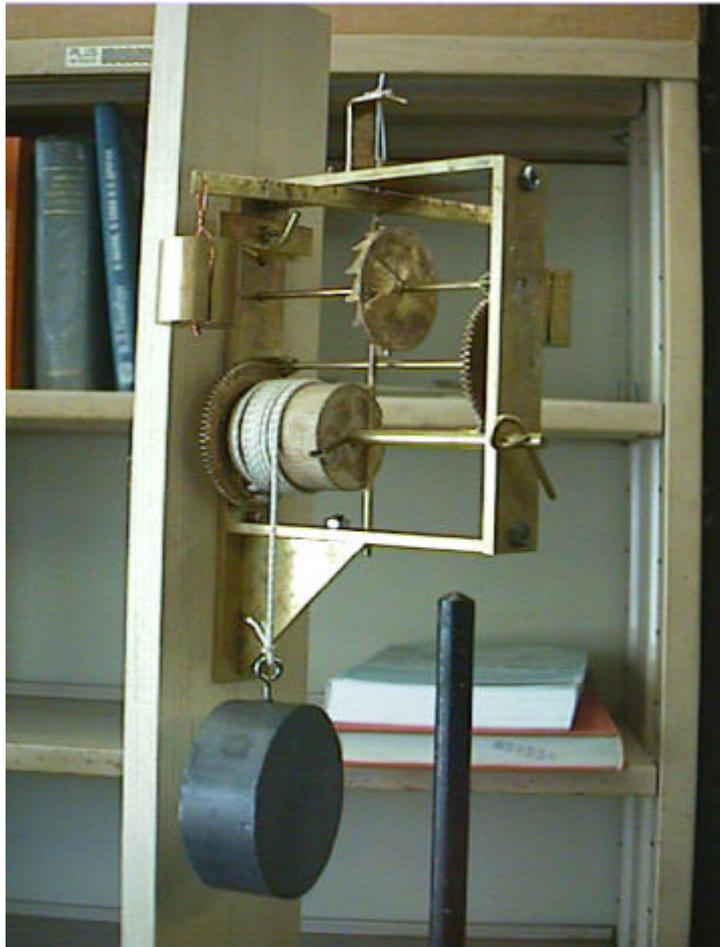


写真6 掛け板に取り付ける

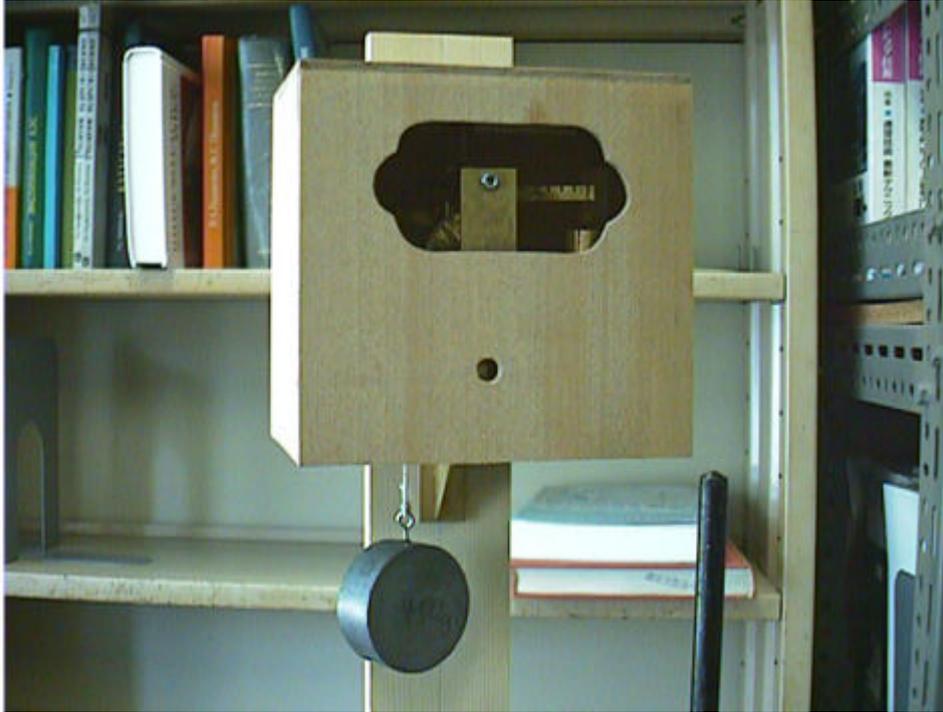


写真7 覆い箱を被せる

3. 製作の手順及びコツ

一の輪、二の輪とも歯は和時計の場合と同じくヤスリで切り出す。使用するヤスリは鋸の目出しヤスリがよい。輪となる真鍮の円盤の周囲に必要な歯数分等分割し、ヤスリで歯を切り出して行く。かみ合うべき根車と合わせながら、当初は大まかに切り出しておいてよい。歯形の仕上げは、本体に組み込んで回転の調子を見ながらヤスリで削りながら仕上げる。くれぐれも削りすぎないように注意する。1箇所でも削りすぎると元も子もなくなるのが、ギアの特性である。

製作において、一番注意しなければならないのは、各輪と根車との咬み合いの調子である。前柱と後柱に開ける3本の棒の穴の間隔が離れすぎても、近すぎても不具合である。近すぎた場合の不具合は輪の歯先を削り落とすことで調整可能である。が、離れすぎた場合にはもうどうにもならない。新しい柱を用意して、穴を開け直すしかない。

図2中の一の棒用穴、二の棒用穴、行司の棒用穴の相対位置関係は非常に厳しい。図面中の数値はこの装置での値である。他の場合には参考値と見なしておいた方がよい。これら位置決めの手順は次のようにした方がよい。まず、本体として組み上げることができるとまで、4本の柱を加工する。最初に一の棒用穴を開ける。その穴に出来上がった一の輪部分を差し入れ、滑らかに回転するように調整する。

引き続いて、二の棒用の穴を開けるが、その前に二の棒部分を作り上げておく。一の輪と二の根車との咬み合いがきつくなる程度を良として、二の棒用の穴の位置を確定して、開ける。一の棒と、二の棒を各穴に差し入れる。この時点では咬み合いがきつく殆ど回転しないが、無理強いして漸く回転する状態の方が良である。咬み合いの調子を見ながら、一の輪の歯をヤスリで削っていく。一の棒と二の棒が滑らかに回転するまで歯の削り調整を行う。

一の棒と二の棒が滑らかに回転するようになったら、次に行司の棒の取り付けにかかる。二の輪と行司の根車の咬み合いを見ながら、行司の穴の位置を決めて開けるのは上と同じである。上と同じように二の輪の歯の加工を行う。

3つの棒を本体に組み込み、滑らかに、惰性で回り続けるようになるまで、輪と根車の咬み合いをヤスリで輪の方を削りながら調整する。滑らかに回転するようにならない限り、時計としての動作はおぼつかない。

