

## 垂揺球儀(天文観測用時計)の起源について

－西洋文化の模倣か創造か－

栃木県立足利高等学校 小曾根 淳 (Jun Ozone)

Tochigi Prefectural Ashikaga High School

### 1. 始めに

慶応三年(1867)、石川県七尾港に來航した英国船によって作製された宮津・敦賀・三国・七尾の海図中に記された東経と北緯が極めて正確であることについて、既に言及した。その際、英国における経度測定法と計測具としてのマリン・クロノメータについて調べたが、我が国においても同時代に経度測定等の天文観測のため垂揺球儀(すいようきゅうぎ)という時計が使われていた。

現在、垂揺球儀が天文観測用時計としてクローズアップされることはほとんどないが、数年前、海外で入手された垂揺球儀に、高額な鑑定値がついたことが驚きをもって報じられた。現在わが国には、数体が存在しており、実際に作動可能なものもある。

垂揺球儀は、その精度から最高峰の和時計であるという点で一致している半面、不明な点や評価の分かれる所もあり、いまだに不確定な要素がある。

そもそも垂揺球儀は、中国の天文書・靈台儀象志をヒントに我が国で作製した、と寛政曆書に記述があるが、「外国の模倣である」か「我が国独自の創造である」か、見解が分かれる。

本稿では、第一に垂揺球儀の成立に関して、その種の対立が生まれた背景に、「振り子時計渡来の記録がない」状況の下、振り子時計である垂揺球儀を如何に作り得たか、と言う問題があることを指摘する。その決着のためには、当時の我が国の時計を巡る状況を調べ、垂揺球儀との関連について検討することが必要である。

第二に、両者の見解に関連する、これまで取り上げられてこなかった資料を含め、垂揺球儀に関する議論を整理し、統合する。

第三に、振り子時計の伝来と垂揺球儀の創造が、模倣と創造という形を取りながら、西洋文化の受容と我が国における独自の文化の創造に繋がったことにも言及する。

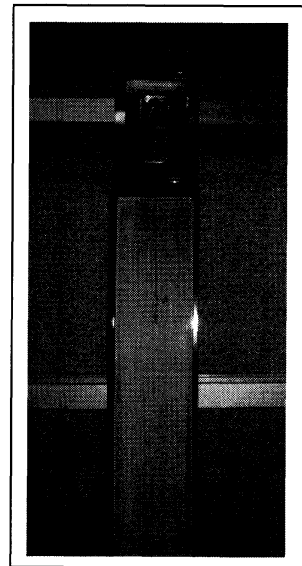


図 1 垂揺球儀・正時版  
(江戸民具街道)

## 2. 先行研究における対立点＜垂揺球儀は、模倣か創造か？＞

(1) 大谷亮吉著「伊能忠敬」(岩波書店、1917。名著刊行会、1979。)

垂揺球儀をまとまった形で取り上げた最初の書物は、大谷亮吉著「伊能忠敬」である。大谷氏は、まず我が国に輸入された時計の歴史について触れている。以下、要約する。天文観測に使用され始めた頃の時計は精度が不十分で、旧来からの漏刻と併用されていたが、清国の靈台儀象志に、重錘の落下を振動に変え、その振動数で時間を測定する方法が記されていた。振り子の振動を継続させることが課題であり、小さくなった振幅を手動で大きくしたり、二機の垂揺球儀をリレーしたりして用いた。初めて垂揺球儀を使用した記録は、渋川景佑の靈憲候簿前編日月食実測原稿中に、天明二年(1782、寛政は1789～)麻田剛立が月食観測のために「垂球創用」と朱書している。更に天明五年(1785)には、麻田の日食観測で紅毛時計使用との記録もあり、この頃から時計が常用されていった。

垂揺球儀の創製者については、寛政暦書儀象誌中には「寛政初麻田妥影(やすあき、剛立)発明垂揺球儀而創製」と記されているが、間重富の墓碑銘には重富が作ったとあるし、伊能忠敬の著書では、「吾朝寛政年中製測器数品、中有新製垂揺球儀、支那和蘭陀、未聞有此器、蓋両国秘而不携来乎、・・・」と、我が国で作られたことは共通しているが、その他は不明である。

振り子時計伝来について氏の議論を要約すると、「ホイヘンスの発明から実に130年も経ってから、垂揺球儀は製作されている。吉宗は蘭書購読の禁を解き、輸入についても寛大であった。洋商が吉宗に、振り子時計を輸入・贈呈しているのは間違いない。現に、麻田派は紅毛時計を天明五年(1785)に天文観測に用いている。この時計が、振り子時計かどうかは定かでないが、他の観測儀器が多数輸入されているのであるから、振り子時計だけが輸入されなかったというのは、説得力がない。最初、輸入された振り子時計は吉宗など一部の者が珍藏していたが、一般の目にも触れるようになり、そのうち麻田派の誰かが見るか聞くか、したのであろう。従って、垂揺球儀を我が国において創案・製作した等というのは、誇張である。単に、本儀の模造に麻田派が多少関与し戸田に指図・製作させたことのみが事実である。」とし、振り子時計が実質的に既に輸入されていた、としている。

(2) 浅井 忠著「垂揺球儀」(和時計学会、1983)

和時計学会の調査メンバーは、垂揺球儀5儀の調査と並行して大谷亮吉著「伊能忠敬」の記述を検討するにつれ、「垂揺球儀は外国の模倣である。」という断定に違和感を覚えていった。以下に、浅井氏の主張を要約する。

垂揺球儀のどこが模倣であるのか、大谷氏は具体的に指摘していない。

もし、国内に振り子時計を見聞きした天文学者がいたなら、精度や信頼度について調べたであろう。その結果、天文時計として使用可能なら、天体観測の折、時刻測定に使用したはずであり、振り子時計を輸入するか、それこそ模造して使用したであろう。もしそうなら、「授時簡」、「万分規」などを使う必要はなかった。これに関し、天文学者が討議した文書・手簡など、存在を承知していない。

今回の調査で、各儀の分解、部品の寸法計測、写真撮影、そしてメンバーによる詳細

な観察や集め得た文献記録、他に和時計全般に亘った資料と我々の有する知識を、総合的に比較検討した結果、大谷亮吉の著書に対して大いなる疑問を持つに至った。

そもそも垂揺球儀は寛政期およびそれ以後に作製されたが、その目的は天体観測における時刻精度の向上であり、天文学者と時計技術者との協力の産物であった。数多くの和時計の中で、最も優れた独創的な機構を持ち、群を抜いた精度を有していた。

いくつかの天体観測用機器に、外国製品が導入されても、垂揺球儀は江戸時代末まで、浅草の幕府天文台をはじめ、大坂の間家、その他各地の天文学者に使用されていた。

### (3) 大谷亮吉氏「伊能忠敬」と浅井忠氏「垂揺球儀」の対立点

以上から明らかなことは、大谷氏は「垂揺球儀は、基本的には西洋の模倣である。」と主張し、浅井氏は逆に、「最高の精度を有する我が国独自の時計である。」と主張することによって、真っ向から対立する。

垂揺球儀は、いわゆる時刻を示す時計ではなく振り子の振動数を測る、広い意味での振り子時計である。大谷氏と浅井氏の主張で興味深いのは、垂揺球儀が作製された時点で、我が国に振り子時計輸入の記録がない、との認識で一致していることである。しかし、そこから導き出されるのは、正反対の結論である。

大谷氏は、振り子時計の「伝来・模倣」説であり、浅井氏は、振り子時計の「未着・創造」説である、と特徴付けられる。両者の説を、次のように検討する。

まず、麻田派が垂揺球儀を作製した当時、どのような時計が日本に到来し、どのような時計が日本で作られていたのか、調べる必要がある。何故なら、極論すれば、大谷氏は「その当時我が国にあった時計をモデルにしても、垂揺球儀は作れない。欧州製の振り子時計があったから出来た。」と主張し、浅井氏は「振り子時計がなくても、麻田派の知恵と当時の製造技術があれば、垂揺球儀を作ることが出来る。」と、主張していることになるからである。

始めに、垂揺球儀に関する中国と日本の文献、霊台儀象志と寛政暦書を取り上げる。

次に、寛政暦書の垂揺球儀と、ホイヘンスの振り子時計とを対比させる。

更に、振り子時計という視点から、和時計について調べ、大谷氏と浅井氏の対立点に沿う形で、垂揺球儀は西洋の模倣か我が国の創造かについて検討したい。

## 3. 垂揺球儀製作期における時計を巡る状況

### (1) 霊台儀象志中の記述

垂揺球儀は、高橋至時と間重富が霊台儀象志の記述を参考に京都四条の職人・戸田東三郎に作らせ、伊能忠敬が天文観測や経度測定のために使用した、とされている。

霊台儀象志の著者は、ベルギー出身の南懷仁（フェルディナンド・フェルビースト＝Ferdinand Verbiest、1623～1688）である。大学で哲学、数学、天文学等を学び、イエズス会の宣教師として中国を訪れ、清の康熙帝に仕えた。ヨーロッパの天文学、地理学等を中国に紹介し、自らは中国語で書物を著し、近世初期の東アジアの科学技術に大きな影響を与えた。

1660年に北京へ入り、欽天監副（副天文台長）として欽天監正のアダム・シャル（湯若望）を補佐し、天球儀など製作した。1664年、守旧派官吏・湯光先らにより、アダム・シャルとともに入獄させられるが、湯光先は暦法改定できずに失脚。南懷仁がこれを任され、中国の太陰暦とヨーロッパの太陽暦を比較し、1668年に中国の天文暦法を改定した。1673年から1688年まで欽天監正を務め、1674年の三藩の乱では大砲を製作し、鎮定に大きく貢献する。康熙帝の信頼厚く、天文学・数学・地理学など、皇帝に講義した。

次に、霊台儀象志にどのような記述があるのか見てみよう。霊台儀象志中の垂線球儀に関する記述の部分をも右に掲げた。この垂線球儀が垂揺球儀のことである。辞書にない漢字も多く、正確な意味は解しかねるが、大略次のような意味である。

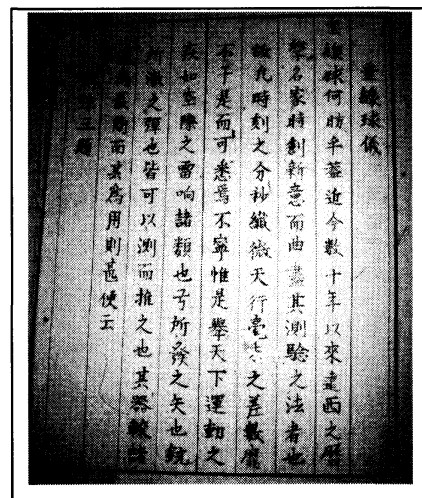


図2 霊台儀象志 垂線球儀

（千葉県立中央博物館、図11共）

「振り子時計は、直近数十年前に欧州で暦学の大家が創製したものである。分秒に至る迄、細かく時を刻む。これを用いれば、天体の運行から雷の咆哮、激しい銃弾の動きまでも、その運動に関わる測定に応用できる。これは他の道具に比べて扱いが簡単であり、甚だ便利である。」と指摘し、これを用いた例が3題ほど掲げられているのみである。

この霊台儀象志は、天文観測儀器の製法・用法・安置法の図解説明に観測結果の諸表を加えたものであり、1674年に発刊されている。

## （2）寛政暦書中の記述

これをヒントに垂揺球儀を作ったとされている寛政暦書について、次に見てみる。

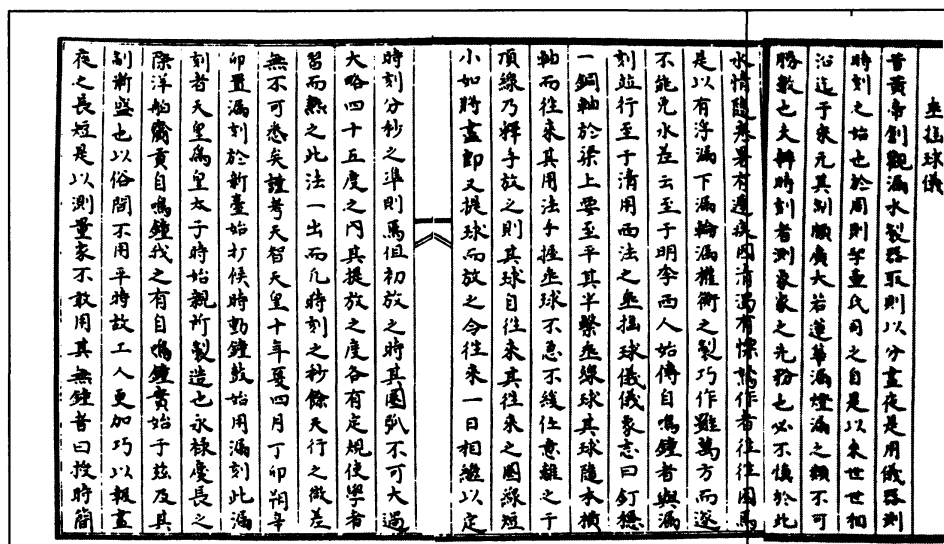


図3 寛政暦書の垂揺球儀・記述部分の一部

寛政暦書（35巻）は寛政暦の暦理を表した本で、寛政暦施行45年後の弘化元年（1844）

に完成した。太陽、月の運動に楕円運動を取り入れるなど、新しい理論に基づいた暦法である。著者は渋川景佑で、同じく幕府天文方で寛政暦作成者・高橋至時の次男であり、景佑自身も天保暦を作成したことで知られる。父・至時が自分の暦書完成前に没したため、寛政暦書の作成を命じられた。その中には垂揺球儀に関する記述があるだけでなく、図示されていることでも知られる。記述部分 17 ページと二種類の垂揺球儀全体図及びそれらの分解図 20 ページ、合計 37 ページが垂揺球儀のために割かれている。

この記述の垂線球儀について触れている部分の一部（図 3）を略述すると、「明の時代に欧州から自鳴鐘（時計）が伝来した当初は漏刻と併用していたが、清の時代になると振り子時計が入ってきた、と儀象志が述べている。」とし、更に続く部分で「垂揺球儀の創製は麻田妥彰（やすあき）である。」とも述べている。後は、構造説明と部品の名称や寸法等が記されている。次に、その中から垂揺球儀全図を下に掲げる。これは、伊能忠敬記念館に所蔵されている戸田東三郎作の垂揺球儀（寛政八年作、1796）に、似ている。

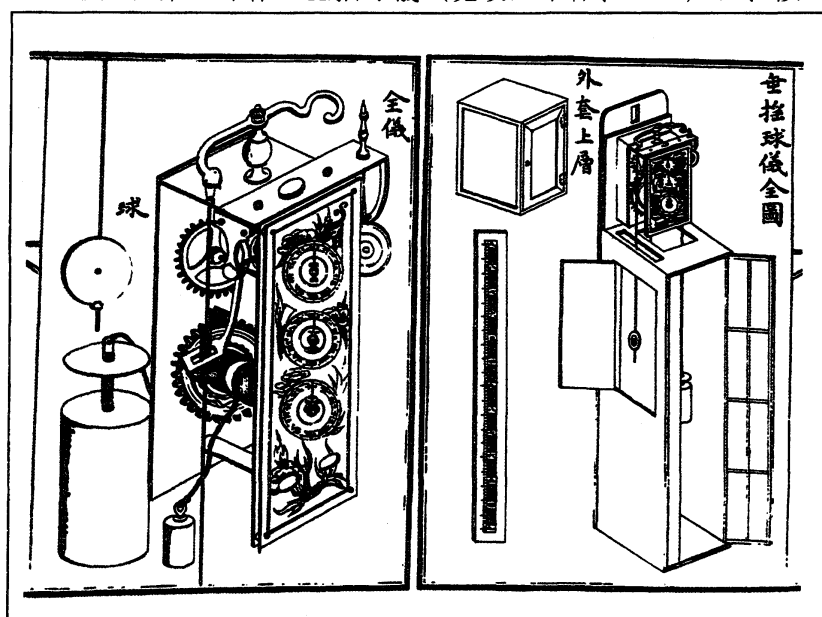


図 4 垂揺球儀全図（寛政暦書より）

### （3）垂揺球儀の基本的な仕組み

寛政暦書によれば、垂揺球儀は寛政の初め頃、麻田剛立が霊台儀象志を参考にして創製し、日食や月食等の天文観測や経度測定のための時差測定等に用いられた、精度の高い時計である。

垂揺球儀の動力は重錘であり、巻き上げた重錘が一様に下がっていく仕組みを作ることによって時刻を知ることを用いた。脱進機（2 個の爪車とそれに連動した促球機）によって重錘が一気に落ちるのを制御するが、その制御を、调速機（振り子）によって等時性を保持するよう機能させる。そして、それらに 3 個の歯車を連動させ、その回転を 100 回の振動で次の歯車が 1 進むようにし、100 万回の振動が計測できるようにしている。

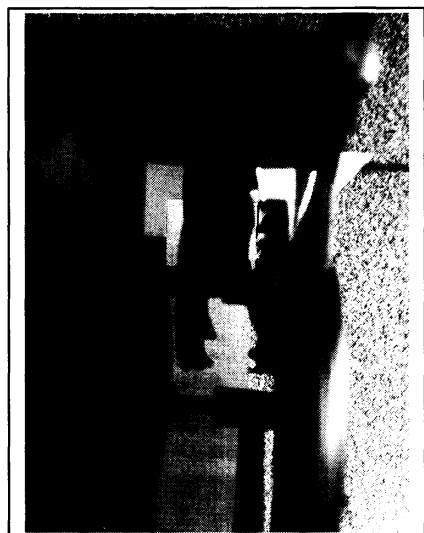
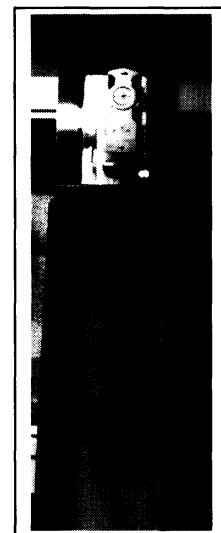


図5 二個の爪車

図6 重錘をつけた  
垂揺球儀

(注) 図5、6とも江戸民具街道の垂揺球儀

また、文政六年（1823）以降、同じ機構をもつ垂揺球儀の重錘の背後に目盛りを記し、下降する重錘の位置に対応する目盛りを読むことによって時刻が判るようにした時計が、加賀藩において使用された。これを正時版符天機と言ひ、城鐘を撞くのに用いられた。

#### （4）振り子時計とキリスト教

中世ヨーロッパにおいて時計を必要としたのは、キリスト教会であった。宗教行事の厳格実施のために、礼法や時間の徹底厳守等が要請された。そのため正確な時計が必要となり、中世ヨーロッパでは、最初の時計職人はキリスト教の修道僧だった。より正確な時間を周知させるため、1日2回は誤差修正され、時報の鐘は正確さが求められた。この宗教上の必要性が時計の進歩に非常に大きな影響を与えた。1658年オランダのホイヘンスが、ガリレオの発見した振り子の等時性に基づいて、振り子時計を作製したが、イエズス会ではホイヘンスなど同時代の科学者の協力の下、1秒単位の正確な時計が作られた。図7は、1673年、ホイヘンス著の「振り子時計」中の図であり、サイクロイドを用いた羽が見える。

振り子時計は、発刊前には作られており、南懷仁も振り子時計の正確さを知っていた。

一方日本では、室町時代末の天文20年（1551）、ポルトガルの宣教師フランシスコ・ザビエルが、布教の許可願いのために山口の大内義隆に贈った自鳴鐘が、我が国最初の機

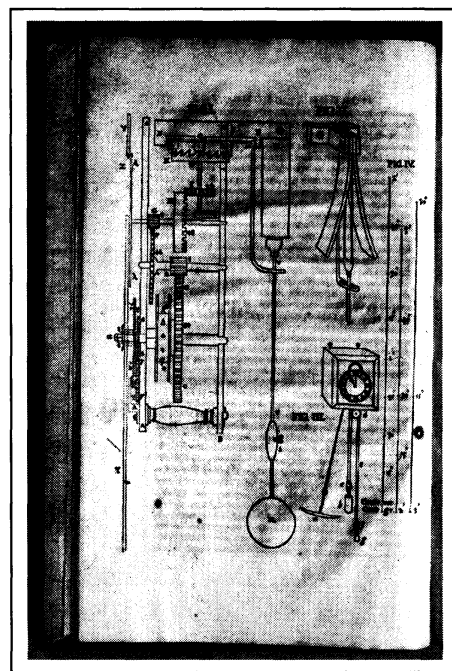


図7「振り子時計」中の構造図

（金沢工大ライブラリーセンター）

械式時計である。キリスト教の布教と共に、宣教師たちは九州や京都の教会付属の職業学校で、印刷やオルガンと共に天文機器や時計の製作技術を教えた。そこで、日本の鍛冶達が指導を受けて製作したのが、日本の時計作りの始まりである、といわれる。和時計師は次第に各地に増え、長崎、松江、京都、大坂、堺、伊勢、名古屋、若狭、江戸、仙台、盛岡、弘前等が製作地として知られている（小田幸子「和時計図録」より）。

では、キリスト教会や宣教師が我が国に振り子時計を普及させたかと言うと、時期的に見て可能性は低い。ホイヘンスの「振り子時計」の発刊が1673年であるが、家康のキリスト教禁止令は既に1612年には出されていた。従って、徳川吉宗の1720年に禁書令が緩和され、漢訳西洋暦算書が一部輸入された時に、霊台儀象志等と共に何らかの資料が入ってきた可能性の方が高い。振り子時計や文献等を、キリスト教宣教師がもたらしたとは言いが、時計製作技術の転移・定着については、我が国の鍛冶師達に影響を与えた。

#### （5）垂揺球儀の時代における和時計

図8の棒テンブ式時計は、機械式時計としては、振り子時計の前段階のものである。

この時計の基本的な仕組みは、次のようである。

まず、重錘を巻き上げると下降していき、その力が歯車に伝達され爪車を動かす。爪車の動きによって棒テンブが右回りと左回りの回転運動をし、逆にそれによって重錘の下降が一定のリズムで制御される。

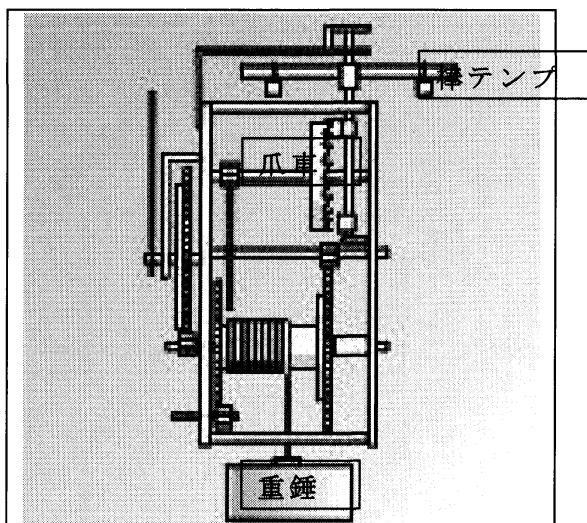


図8 棒テンブ式時計（WEBサイト：時計の歴史）

1370年に、フランス国王シャルル5世がドイツ人のアンリ・ド・ヴィックの製作でパリの高等法院に設置させた時計であり、現在でもパリに保管されている。

実は、この棒テンブ式機械時計と構造の良く似た、授時簡や百刻時計(図9)が、垂揺球儀以前の天文時計であった。鐘や時刻表示がなく、重錘が百刻みの線上を下降していく際的位置によって、時刻を知らせる。前述の垂揺球儀の一種である正時版符天機と、時刻を読み取る仕組みは同じである。

この百刻時計では、一昼夜が百分割され一単位が現在の14.4分であり、精密な天文観測の拠り所とならない。また、時計の連続的作動のため、監視や複数機の存在が必要となる。

澤田平氏は、それと同等のものとして尺時計(図10、1尺の長さのことが多い)をあげている。これは、目盛りの部分に、更に時刻を示す朝晩用二組の九から四までの漢数字が記されており、下降する重錘に付けられた指針が、時刻も示す。テンブは円テンブ、脱進機は主に、冠型が採用されている。氏は、垂揺球儀がこの尺時計の中から生まれた、としている。それでは、尺時計等が垂揺球儀に飛躍するためには何が必要か。

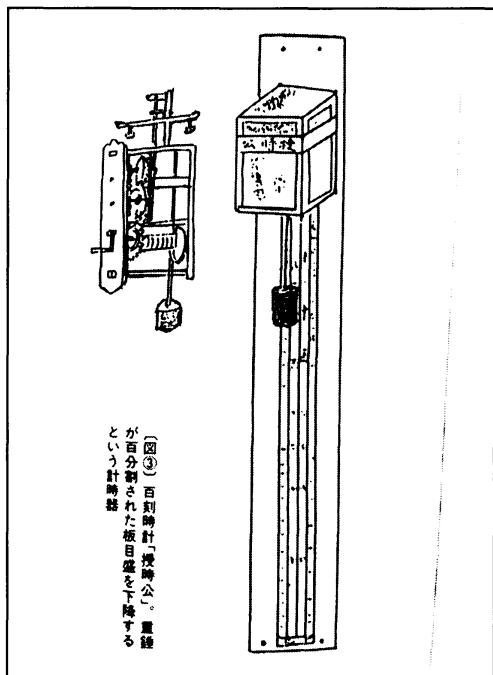


図9 百刻時計「授時公」

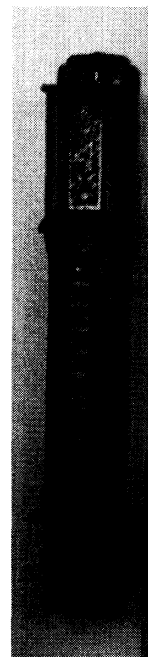


図10 尺時計

注：図9は澤田平「和時計」、図10は小田幸子「和時計図録」より。

最後に、そのための条件を三点指摘しておこう。まず、第一は、重錘の下降を制御し、一様な回転運動に変換する脱進機としての二重爪車と促球機の採用であり、第二に、その変換に等時性を与える调速機としての振り子の使用である。そして、第三に、振り子の振動数を数える計測カウンターの有無である。

#### 4. 垂揺球儀への飛躍

ここまで、欧州製の振り子時計がなくても垂揺球儀は作れるか、といった立場から調べてきた。最大の問題は、授時簡や尺時計から最終的に垂揺球儀への飛躍が可能かどうか、ということである。

霊台儀象志の記述中に、垂揺球儀の具体的な姿をイメージさせるものはないが、寛政暦書中には、垂揺球儀の部品の寸法まで極めて具体的に記されている。大谷、浅井両者はこの溝をどのように埋めたのか。

大谷氏はホイヘンスの振り子時計で、その溝を埋め、浅井氏は垂揺球儀の、世界に類を見ない様々な構造と優れた性能でその溝を埋めた、と言えるであろう。ここまでの状況と資料からは、甲乙付けがたいように見える。

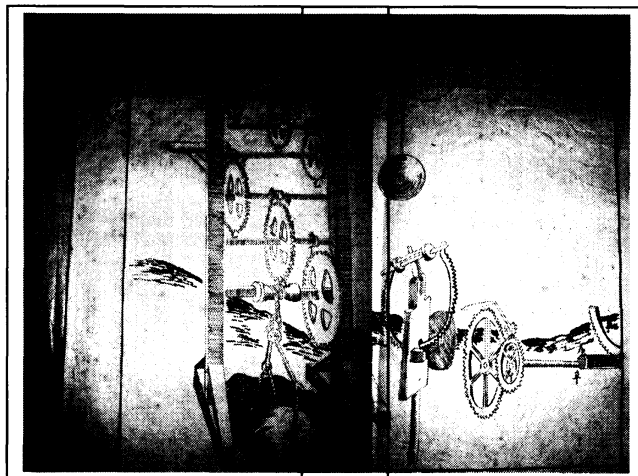


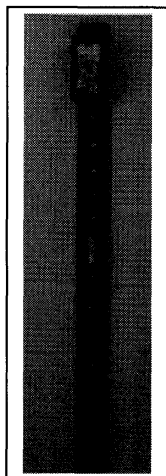
図11 付録儀象志図・第八十四図、八十五図

この進退窮まった状況を切り開く二つの手がかりが得られた。一つは、新製霊台儀象志付録儀象志図の中の八十四図と八十五図である（図11）。

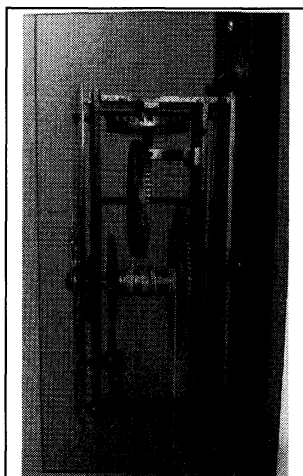
これを見ても垂揺球儀を連想させないが、振り子があり、ひもで括られた重錘が地中の穴の中に降下していく様子などから、振り子時計であることが分かる。脱進機が右下にあるが分かり難い。計数器や二重爪車がない等、垂揺球儀の立場から見ると同じものには見えない。星学手簡の中で、間重富が垂揺球儀の作者・京都の戸田東三郎へ細かく注文したやり取りをしているが、麻田派の関わりは大きい。

そして、もう一つは、図12の振り子ダイヤル付折りたたみ式板尺時計である。

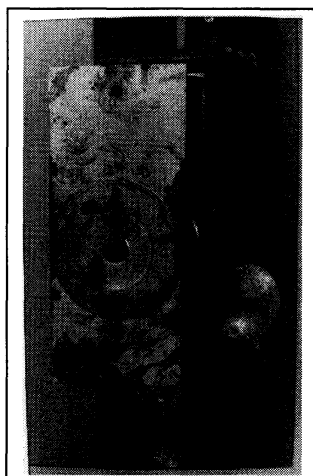
これは、正に振り子が用いられている尺時計であり、半分に折りたたむことができる。調速機に振り子が使われ、冠型脱進機が使われている。小田幸子氏は、「天文振り子時計「垂揺球儀」を連想する野外観測用の時計で、極めて珍しい。」としている。この製作時期は不明であるが、垂揺球儀が出現すると明治初期まで継続使用されたので、尺時計と垂揺球儀の中間の時期と推定できる。これが一般的にならなかったのは、爪車も二重でなく精度に問題があったためであろう。カバー（外套）が振り子を邪魔するようにも見える。



（全景 124cm）



（側面 右下に振り子、黒色部分）



（文字盤と振り子）

図12 振り子ダイヤル付折りたたみ式板尺時計

（小田幸子、セイコー時計資料館蔵「和時計図録」より）

しかし、図12中央を見ると、ホイヘンスの振り子時計に構造が良く似ている。振り子時計の機能を尺時計の中に組み込もうとするのは、高い精度の時計を必要とする最先端の天文学者や測量家の発想であり、和時計師にはない発想である。しかも、振り子時計の構造を入手出来る者も限定される。これは尺時計と垂揺球儀の中間的位置にある時計である。何故なら、垂揺球儀が一旦作られると、明治期まで引き続いて使われたからである。この時計は、振り子や爪車等に改善の余地があり、精度が出なかった。そのために量産されることもなく、貴重品で終わってしまった。この後、振り子を外に出し二重爪車を創案するなどの工夫を重ねて、垂揺球儀へと発展させていったのではないのか。もしそうであるなら、あくまで仮説ではあるが、この時計が麻田派の試作品の可能性が出てくる。

## 5. 終わりに

これまでの検討結果を、以下に総合する。まず、二つの資料は、我が国における振り子時計の未確認という大谷氏と浅井氏の共通の前提を、切り崩してしまう。

実際、麻田剛立、高橋至時や間重富達は、霊台儀象志を研究し、付録儀象志図も見ていたであろう。更に、図12のような振り子時計も見たり使ったりして、垂揺球儀を製作した、と考えられる。何故なら、当時製作されていた尺時計の脱進機はほとんどが冠型で、テンプは円テンプ、调速機として振り子が使われていても、精度は得られなかった。尺時計と垂揺球儀との間にはギャップがあり、その中間的存在の一つが図12の振り子時計であり、他にも、より接近した垂揺球儀の試作品があった可能性がある。

なお、大谷氏と浅井氏の議論の前提は誤りであったが、議論の全てが誤りであった訳ではない。次に、二つの資料と両氏の議論を基に、垂揺球儀について総合する。

「麻田剛立、高橋至時及び間重富は霊台儀象志の垂線球儀の記述と新製霊台儀象志付録儀象志図の八十四図と八十五図を見て、垂揺球儀を作製しようとした。場合によっては振り子ダイヤル付折りたたみ式板尺時計のようなものも試作したであろう。何故なら、尺時計の振り子の位置は通常の振り子時計のように正面であるが、垂揺球儀の振り子は、側面に付いている。また、爪車1個の脱進機では時計の精度が出ないことや振り子の振動数の表示装置も尺時計にはない機能であるからである。間重富と京都の時計職人・戸田東三郎との間で、そうした問題の指摘や改良の工夫のやりとりがなされた。そして、実作した垂揺球儀を使用する内にその高い精度が確実となり、天文観測や測量等に使われるようになった。と同時に藩によっては、城鐘を打つための時報用時計として用いられた。垂揺球儀を作ったのは、天文方や藩お抱えの技術力の高い時計師が中心であったが、高名な時計師のものでも実際、不具合なものがあつた。そして、段々と時計の構造が定着していき、渋川景佑が寛政暦書に垂揺球儀の作製図をまとめるに至った。」

それでは、振り子時計の存在を示した二つの資料は、存在を予想した大谷氏の主張を補強したのであろうか。確かに、振り子時計が輸入された経緯については、大谷氏の推論の信憑性を増したと言える。

しかし、一番目の儀象志図中の図では振り子は使われているが、垂揺球儀を連想させることはなく、逆に単純な模倣でないことを強調してしまう。二番目の振り子尺時計が麻田派以外の作製物だとしても、垂揺球儀は二個向き合った形の爪車、振り子の取り付け位置や計数カウンターなどによって国内外に類のない、我が国最高の精度を獲得し、初めて天文観測に利用可能なレベルに到達した。ここでも、当時の高い技術レベルと麻田派の深い知識を輝かせ、浅井氏の主張を補強してしまう。

仮に、垂揺球儀を作るために西洋時計を参考に製作したとしても、モデルにない種々の創意がなされている。それを単なる模倣と断定することは、質的向上の創意を否定することである。これは、時計に関する欧州と日本の関係を、今日的な意味での知的財産権における特許権と実用新案権の関係に重ねてみると分かりやすい。そもそも時計は、西洋から持ち込まれ、我が国で模倣・製作していく過程で欧州の時計文化が受容され、日本

仕様に発展し、根付いていった。霊台儀象志付録儀象志図中の垂線球儀が、振り子時計という構造を垂揺球儀に与えたが、当時の日本人はその構造にも工夫を加え、洗練させ、精度を高め、十分な付加価値を与えた、と結論できる。

最後になりますが、所蔵する垂揺球儀の自由な撮影を許可して頂いた上、有益なお話をご教授頂いた江戸民具街道の秋澤達雄館長に心から感謝の意を表します。また、所蔵の資料を撮影させて頂いたセイコー時計資料館にもお礼申し上げます。

#### 引用・参考文献、HP 等

- (1)「宮津、敦賀、三国、七尾港図」：石川県立図書館蔵 HP に公開。
- (2)小曾根淳：幕末英国船作製「七尾港図」と加賀藩史料、京都大学数理解析研究所講究録 1625、p. 243－243、2009
- (3)デーヴァ・ソベル：経度への挑戦、藤井留美訳、翔泳社、1997
- (4)大谷亮吉：伊能忠敬、名著刊行会、1979、p.398－412
- (5)浅井 忠：垂揺球儀（和時計調査報告）、和時計学会、1983
- (6)南懷仁：新製霊台儀象図二巻、千葉県立中央博物館蔵、1674（中国康熙 13 年）
- (7)ブーヴェ：康熙帝伝、後藤末雄訳・矢沢利彦校注、平凡社、1970
- (8)大庭 脩：徳川吉宗と康熙帝、大修館書店、1999
- (9)矢沢利彦：西洋文化と中国文化の交流、西洋文明と東アジア 5、p. 245－301、平凡社、1971
- (10)矢沢利彦：西洋人の見た中国皇帝、東方書店、1992
- (11)アン・パールダン：中国皇帝歴代誌、月森佐知訳、創元社、2000
- (12)渋川景佑：寛政暦書、1844、（弘化元年）
- (13)有坂隆道：寛政期における麻田流天文学家の活動を巡って（『星学手簡』の紹介）、日本洋学史の研究 V、p. 205－302、創元社、1979
- (14)林 淳：天文方と陰陽道、山川出版社、2006
- (15)秋澤達雄：びっくり仰天記（加賀藩の「垂揺球儀」発見）、おもしろ体験博物館「江戸民具街道」、2000
- (16)渡辺 誠、布村克志、市瀬和義：金沢城城鐘の時刻制度の研究、
- (17)続木章三：垂揺球儀の構造と経度測定、徳島科学史雑誌 No. 19、2002
- (18)小田幸子：和時計図録、セイコー時計資料館、1994
- (19)小田幸子：時計、保育社、1962
- (20)澤田平：和時計、淡公社、1996
- (21)T. E. Woods : HOW THE CATHOLIC CHURCH BUILT WESTERN CIVILIZATION, REGNERY PUBLISHING, WASHINGTON DC, 2005
- (22)角山栄：時計の社会史、中央公論社、1984
- (23)中山茂編：天文学人名辞典、恒星社厚生閣、1983
- (24)フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia) 』