

## 連載

## 天文学史教材としての天体観測機器 3DCG 復元【2】

## 国産暦と古観測機器

柳澤洋文、福江 純（大阪教育大学）、富田良雄（京都大学）

## 1 はじめに

前回、天文学史の研究手法と暦の種類や成り立ち、また日本で採用された中国暦について解説してきた。今回は、江戸時代に日本人の手によって作成され採用された国産暦（貞享、宝暦、寛政、天保暦）を簡単に解説していく。また、日本の改暦作業に用いられた古観測機器についてもいくつか紹介したい。以下、2 節で国産暦について概観する。3 節で、古観測機器について紹介する。4 節で、今回の復元対象の古観測機器を説明する。

## 2 国産暦

## 2.1 貞享暦（じょうきょうれき、1685～1755）

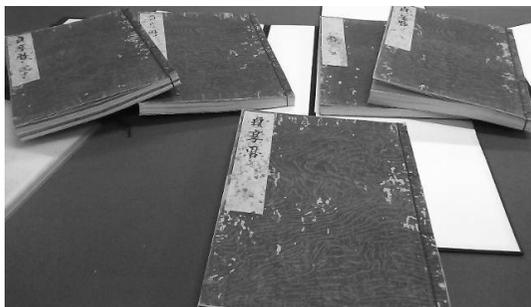


図1 貞享暦（京都大学数学教室図書室蔵）  
貞享暦の暦法、観測法について詳しく載っている。

貞享暦は、1685年から本邦で採用、施行されることになった初めての国産暦である。しかし、ただなんとなく新しい暦を作って採用されたなど思うことなかれ、この暦作成の背景は非常にドラマティックで、かつ作成者の弛まぬ努力によりもたらされた血肉の結晶である。ではこの暦の作成者、保井春海の生涯

と、貞享暦誕生の過程を見ていこう。

保井（渋川）春海は、1639年11月3日京都四条室町に生まれ、幼いころは六蔵と名乗った。保井家は代々御城碁（徳川將軍の御前で行われる囲碁の対局）の役職を司り、春海ももとは一端の碁打ちに過ぎなかった（ただその腕前は幼くして父を凌ぐほどであったらしい）。しかし春海は小さいころから天文・暦に多大な関心を持ち、碁打ちの傍らその理の究明に多くを費やした。また、神道や占いにも興味を示し、多くの偉人、貴人のもとでその学を深めてゆく。その博学多才ぶりは世に知れ、春海を招いて碁以外で教を受ける者まで出る次第であった。特に会津の保科正之や水戸の徳川光圀は春海を特に愛し、後年この時のコネクションが生きて、改暦を成功に導くことになる。

そして念願叶い、春海は21歳の時に中国、四国への北極出地測定（緯度測定）を行い、新しい暦法作成の足掛かりを得た。その後、中国最高の暦法と言われた「授時暦」を深く研究し、また、自ら天体観測機器を改良、考案し、特に中国の渾天儀を改良して観測に特化させた「新製渾天儀」（図8）、日時計の一種である「百刻環」は有名である[1]。さらに過去に日本で用いられた暦を編纂、星図の作成など数多の功績を残している。（図1）

これらを用いて春海は実地観測を行い、理論を合わせて授時暦に範をなした暦法を作った。そしてその法を持って朝廷に改暦上奏を行ったが、1675年5月の日食が授時暦の予報に無く、現行の宣明暦には記載されていたため改暦は一度失敗に終わった。しかし春海

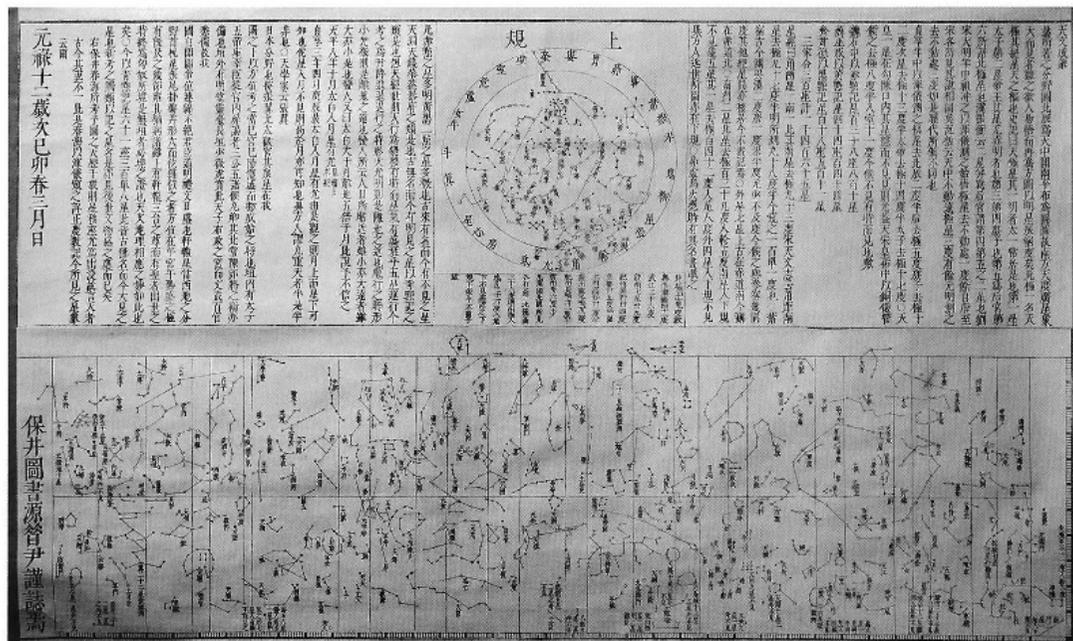


図2 天文成象之図〔9〕  
1699年日本で初めて刊行された星図。春海自ら考案した星座も多く含まれる。

は授時暦を再度検証し、日本（京都）と中国との経度差と近日点の移動（授時暦が作られた1280年は近日点と冬至点は大体合致していたが、春海の頃は冬至点から約6°もずれていた）を修正した新たな暦である「大和暦」を再度上奏する。しかしまた朝廷は「大統暦」を排し、明の輸入暦である「大統暦」を採用してしまった。これに納得いかなかったのは、幕府の将軍徳川綱吉で、彼は春海を擁護し、春海とも親交のある徳川光圀に頼み、京都梅小路にて「大統暦」、「大和暦」どちらが優れた暦法か検証する場を設けた。その結果、天象と良く合致したのは春海の「大和暦」であったため、朝廷は「大和暦」を採用、「貞享暦」と名を賜り1685年から施行することになった。

実に三度にわたる上奏の後、改暦に成功した保井春海は、幕府からその功績をたたえられ、幕府の初代天文方に任命された。保井（渋川）家は代々天文方を務めていくことになる。

保井春海の改暦成功の意義は非常に大きかった。一つは国内において科学的な観測を行い、授時暦という暦法理論に基づき、独自に作成したということ。もう一つは朝廷、特に長年暦道を司ってきた土御門家から暦作成の実権を奪い取ったということである。他にも、保井春海だから改暦はこなせたという理由はあるが、まずこの2点が今後の江戸の天文暦学の発展を促すことになる。

## 2.2 宝暦暦（ほうりゃくれき、1755~1798）

貞享改暦の成功から数十年間、天文方として役職を継いでいた渋川家は何の因果か春海以降何度も天文方が入り替わり（主に早年での病没）、1715年、春海没後たった15年で5代目となっていた。そのような状況では暦法を十分に習得できぬまま後世に引き継がれるため、だんだんと天文方の学識が低下してきていた。

そのような状況の中、時の将軍徳川吉宗は

西洋の天文・暦の要素を含んだ革新的な改暦を指示し、そのため当時禁書扱いの洋書の輸入を一部解禁し、著名な暦学、数学者を召致し、さらには自ら率先し観測を行うなど非常に熱心に改暦作業に当たった。



図3 徳川吉宗像 (Wiki)

1684-1751 江戸幕府八代将軍。世間的には全く天文学のイメージがなく、時代劇の影響で暴れん坊将軍として有名であるが、史実には経済発展を促すため米の相場の調整、民の生産性の向上に尽力し、確かな時法、暦の必要性を説いた。また彼自身天象に非常に詳しく、御殿内に日時計や雨量計を作成し自ら観測するなど実学主義者で、春海の渾天儀の更なる改良型の「簡天儀（かんてんぎ）」(図9)を作成している。

吉宗に召致された長崎の天文学者、西川如見と実際改暦に当たった彼の子の西川正休は、吉宗のバックアップのもとに改暦作業を進めた。しかし、現行の貞享暦はそこまで目立った欠点がなく、また正休にこれを超える要素を含めることが出来なかった。さらには貞享改暦まで暦道を支配してきた土御門(安部)家と協調性を欠いたり、途中、吉宗や当時の

天皇がこの世を去るなどでんやわんやで、始終不調のまま作業が続けられた。このような状況や正休の不甲斐なさから、暦作成の権限を一時的に土御門家が奪還し、当時の陰陽頭、土御門泰邦の責任のもと新しい暦は実現した。しかし泰邦にもそこまでの力はなく、結果的に貞享暦の定数を少しいじった暦に過ぎなかった。

出来上がった暦は「宝暦甲戌(ほうりやくこうじゅつ)元暦」と名付けられ1755年から施行されたが、施行後、日食の予報を外すなど、もはや改悪の暦であった。そのため再度暦作成の権限が天文方に移り、当時の天文方、佐々木文治郎長秀の手により1769年、修暦が行われる(明和の修暦)。それでもあまり長持ちはせず、結局再度改暦が叫ばれるようになった。ついに吉宗の意図していた改暦はなされなかったのである。

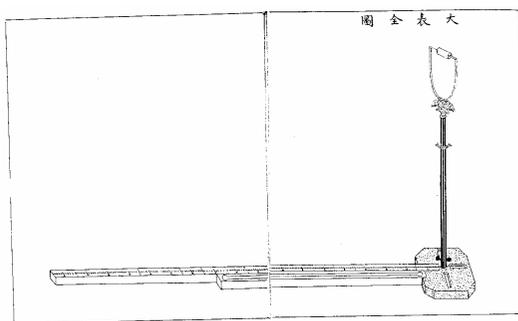


図4 土御門泰邦作の圭表儀 (暦法新書[10])

土御門泰邦は宝暦改暦に際し自身で様々な観測機器を改良、創作を行っている。泰邦の圭表儀もその一つで、特徴は台石に水準器を施し、横梁(表の最上部に取り付けられた横棒。圭にこの影を投じ、その長さを読み取る)にロールのような目印を備えている点であるが、これが観測に有意に働いていたかどうかは不明。ちなみに図右下の台石は京都の梅林寺に現存している。[1]

吉宗が思い描いていたような西洋の要素を含んだ改暦はこの次の寛政の改暦で実現することになる。舞台は大阪に移り、「麻田一門」の天文学が改暦に当たる。

### 2.3 寛政暦（かんせいれき、1798～1844）

宝暦暦修正後の暦は前述のとおり不備が重なり思うような暦に至っていなかった。そのような情勢の中、幕府は前回痛い目を見た天文方に頼ろうとせず、民間で非常に優れた暦法を持つという大阪の「麻田一門」に今回の改暦を任せることにし、その決断が寛政の改暦を成功へ導く。では「麻田一門」とはどのような団体なのか、簡単に説明する。

麻田一門はその名の通り、麻田剛立（あさだごうりゅう；1734～1799）という人物が立ち上げた天文・暦学を研究する民間の団体である。剛立は、元は九州杵築藩の侍医であり、綾部妥彰（あやべやすあき）と称した。幼いころから天文に詳しく、彼が33歳の時、意を決し脱藩し、大阪（現在の本町3丁目；大坂本町四丁目。住まいを「先事館（せんじかん）」と称し、暦・天文学の私塾を開いた）に居を構えた。そこで名を麻田剛立に改め、町医者として生計を立てる傍ら、天文暦学の研究を深めた。

剛立の天文学は、吉宗の禁書の輸入一部解禁による西洋天文学の要素をふんだんに取り入れた点に特徴がある。彼が西洋の天文学を取り入れるにあたって参考にした天文書は『暦象考成、上下編』と、『暦象考成後編』である。前者は周転円理論、後者は橢円理論を基に書かれた天文書である。また彼は暦法理論を鵜呑みにせず、自ら実測し（もちろんそのために観測機器も自ら工夫した）、その真を確かめ、ついには西洋天文学に自説を取り入れた自作の暦（家暦「時中暦」）を作るほどであった。この頃から次第に名声が高まり、優秀な弟子をそろえ、ここに麻田一門の天文学

が出来上がったのである。

幕府はこのように麻田一門の実力を認め、1795年、麻田剛立の弟子であった高橋至時と間重富に改暦作業を命じた。（麻田剛立はこの時すでに高齢で、また一度脱藩した身ゆえ、改暦の命は受けていない）

ここで、寛政改暦の立役者であり、後の日本天文学に大きな影響を与えた二名、高橋至時（たかはしよしとき；1764～1804）と間重富（はざましげとみ；1756～1816）について簡単に説明する。高橋至時は、元は大阪定番同心（大阪城の警備などを担当）で、下級役人として貧しい生活を過ごしていたが、早くから暦・数学に興味を示し、24歳の時に麻田一門へ弟子入り、類まれな才能を示した。後に優秀な人材多く輩出している。たとえば彼の息子は天保の改暦を担当することになり、他にはかの有名な伊能忠敬（いのうただたか；1745～1818）の天文暦学の師匠だったりするが、あまり知られていなかったりもする。一方、間重富は、大阪で代々質業を営んでいた富豪であった。また彼も若い時から暦学に心酔し、至時と同年に麻田一門へ弟子入りしている。至時と同様暦学に人並み外れた能力を表した。また麻田一門ではその財力を生かし、中国の貴重書や観測機器の調達など、麻田の天文学を発展させるための大きな貢献をしている。対照的な境遇の二人であるが、志同じなのが因果か、二人は生涯盟友として暦学研究に切磋琢磨していくのである。

彼ら二人と麻田剛立の間には多くの逸話や物語が残っているが、ここでは語りきれないので割愛する。詳しくは[1]、[7]、[8]をご参照あれ。

麻田一門の天文学を修めた二人は早速改暦に向けて動き出し、同年至時は作業の都合が良いよう天文方に任命された（重富は家業の質屋があるため辞退した；至時は下級武士で、重富は商人だったという理由もある）。そして

1796年8月、幕府は天文方に朝廷からの改暦認可（朝廷がYESと言わない限り新暦は採用されない）を受けるため、京都で改暦御用（暦法書を土御門家に献上し、校閲等を受ける必要があり、実際天象と良く合うか天文方との共同観測で確認する）を行うよう言い渡し、翌年11月まで約一年がかりでなんとか改暦を成功させた。（やはり土御門家とは少々やりにくい面はあったみたいだが）。

無事承認を得た暦は、「寛政暦」と名付けられ、1798年から施行された。ここによりやく西洋天文学に基づいた改暦、つまりは徳川吉宗の悲願は達成されたのであった。

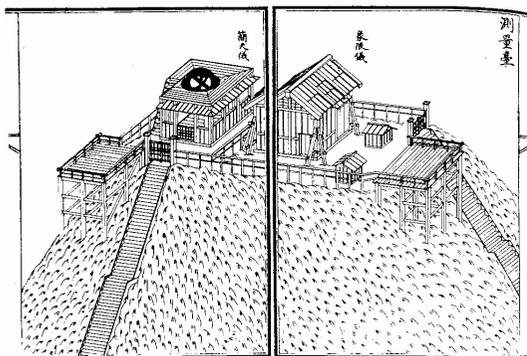


図5 浅草天文台の測量台（寛政暦書 [10]）  
寛政改暦時に高橋至時、間重富が活動拠点にした場所。図では左側に簡天儀、右側に象限儀（天体の高度角、方位角を測る測器）が置かれている。

#### 2.4 天保暦（てんぽうれき、1844~1873）

寛政の改暦は初めて西洋天文学の要素を取り入れて作られた暦であったが、作成者である高橋至時は当時新参天文方で、彼の意見が全て採用されることはなく、また惑星の運動には楕円運動の理論を踏まえていなかったのと、寛政期に観測機器の性能が向上したこと、月食を15分ほど遅れて予報していた（1798年10月16日）ことなどいろいろあり、寛政

暦も改良の余地ありとされた。

そこで至時は改暦後も暦学の研究を続け、特にフランスの天文書「ラランデ天文書」のオランダ語訳版の解説に没頭した。この「ラランデ天文書」はパリ天文台長のジェローム・ラランデ著の天文書で、原著名は「アストロノミ」。至時は最初この本を読んだとき、オランダ語もほとんどわからないにも関わらず、非常に高度で精微なことに驚き、生涯をかけこの本を研究（翻訳）することになったのであった。（ラランデ天文書は当時の最新天文学について書かれた本だった）しかし、至時の体はこの時病魔に蝕まれていたため、1804年についに帰らぬ人となった。享年41歳という若さであった。ラランデ天文書の解説は、重富に引き継がれ、ついで息子の高橋景保、渋川景佑兄弟に託され、この「ラランデ天文書」が、天保の改暦の基礎を形作っていくことになる。



図6 ジェローム・ラランデ（Wiki）

暦法	造者	施行年	施行年数	暦法所載
貞享暦	保井春海	1685	70	貞享暦
宝暦甲戌元暦	安部泰邦	1755	43	暦法新書
寛政暦	高橋至時 山路徳風 吉田秀升	1798	46	暦法新書 寛政暦書
天保壬寅元暦	渋川景佑 足立信頭	1844	29	新法暦書

図7 国産暦まとめ ([1] 表 15・1 を編集)

では日本史上最後の太陰太陽暦、天保暦がどのような経緯で作られていったか説明していこう。

至時の病死後、天文方を受け継ぎ筆頭にまで上り詰めた人物が、長男の高橋景保であった。彼は暦・天文と他に雅楽や外国語など様々なことに興味を示し、研究をしていた。また政治的手腕もなかなかのもので、翻訳専門の部局の設置や、多くの優秀の人材の獲得にも成功している。しかし、ここに日本史上重大な事件が起こる。それは彼の好奇心や情が崇ったことによるものなのか、この時来日していたドイツ人の医者シーボルトに、当時幕府が諸外国に持ち出し禁止にしていた書物の一部（日本地図など）を与えたのだ。このいわゆる「シーボルト事件」が起き、景保はその首謀者として投獄されることになる。そして景保は獄中にて死亡、死後に死罪判決が言い渡され、高橋家は断絶することになる。

景保亡き後を継いだのは至時次男の景佑だった。彼は初代天文方として世に名を知らしめた、渋川春海を生み出した名門渋川家の養子となり、天文方を継いでいた。渋川家は初

代以降秀でた人物は現れず、その実力は暦の作成にも参加できないほど落ちぶれていた。しかし、景佑が渋川家を継いで以降、その類まれな才能で、一気に渋川家を名実ともに再興、天保改暦の立役者に躍り出したのだった。

景佑は兄の景保のように色んなことには興味を示さず、天文・暦学に打ち込み、また残した業績も多い。代表的なものは、父、至時が残した『ラランデ天文書』の翻訳本『新巧暦書』を完成させたことである。この翻訳本の完成により、景佑は、至時が力を入れて研究していた惑星運動に、楕円理論を加味した『新修五星法』を大成（新修五星法は完成後すぐに寛政暦に反映され、五星法の改定が行われている）し、『新巧暦書』とともに幕府に献上した。そして幕府は1841年、『新巧暦書』をベースに改暦作業を行うよう天文方に命じ、景佑は新たな暦法をまとめた『新法暦書』9巻を編纂し翌年から京都へ改暦御用に向かった。そして土御門家陰陽頭の校閲（やはり形だけの）を受け、新たな暦は「天保壬寅元暦」と名を賜り、1844年から施行された。

天保暦は1873年に太陽暦が導入されるま

での 29 年間使用された、史上最も優れた最後の太陰太陽暦法であった。

以上、日本で使用されてきた日本人の手による暦法を解説してきた。日本の天文学は江戸時代、碁打ちだった渋川春海により切り開かれ、その後多くの人々が天文・暦に関心を持ち、並々ならぬ努力を重ね、作られ、進化してきたことを改めて言うておこう。あまり知られていない日本の天文事情について読者諸賢、興味を持っていただけたらどうか。

では歴史はこの辺で、次は日本で用いられてきた古観測機器について、いくつか紹介しよう。

### 3. 日本の古観測機器

現在の天文学もそうだが、天文学は観測と理論双方の結果が一致して初めて確固たるものとなる。江戸時代の暦作成も同じで、理論だけで計算をすれば、宣明暦のように天象との狂いが目立ち、もはや使い物にならない。使える暦を作るには、‘日本’で独自の観測を行い、その真を確かめるほかない。

貞享暦以降日本に様々な観測機器が主に中国から輸入され、天保暦の時には風貌から精度まで劇的に改良されているものもある。全部紹介することはできないので、今回は暦作成に不可欠な観測機器を数点、挙げていく。

#### ・渾天儀（こんてんぎ）、簡天儀（かんでんぎ）

2.3、図 3 で少し触れたが、渾天儀は中国で紀元前に発明され、いくつもの環を組み合わし、覗き穴を施した‘赤道座標系’の天球を表す観測機器である。観測用渾天儀は主に月、五惑星、明るい星の赤経、赤緯を測る目的で使用された。教育用は天球構造を示すためのものとして扱われた。

簡天儀は徳川吉宗考案の渾天儀であり、渾天儀からさらに環を省き、簡略化させたことから‘簡’天儀と名が付いた。

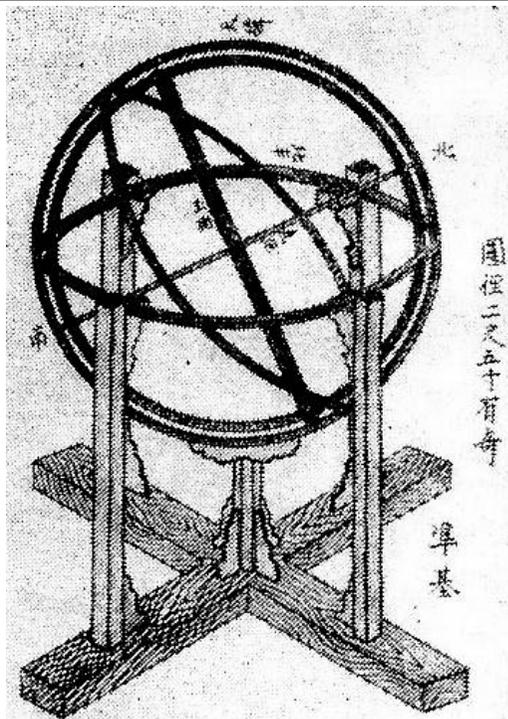


図 8 春海の新製渾天儀 ([1])

保井春海が従来の渾天儀の余分な環を省き、観測用に特化させたもの。貞享暦作成時、土御門家での改暦御用に使用され、この渾天儀が置かれた台石は、京都の円光寺に現存している。

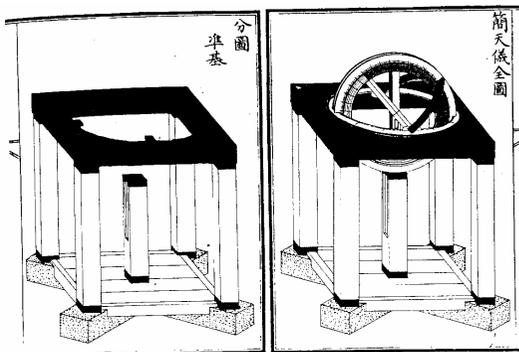


図 9 吉宗の簡天儀 (寛政暦書[10])

徳川吉宗考案、西川正休作。基本構造は渾天儀と同じだが、非常に優秀な測器だったらしく、寛政改暦の時、浅草天文台(図 5)に設置され、使用された。

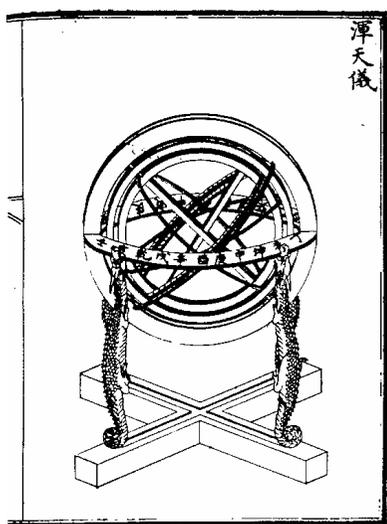


図10 寛政改暦時の浑天儀（寛政暦書[10]）  
おそらく観測用に用いられなかった、天球構造を示す教育用のものと思われる。

・象限儀（しょうげんぎ）、子午線儀、垂揺球儀（すいようきゅうぎ）

象限儀は、図5の浅草天文台にも備え付けられていた、天体の高度角、方位角を測る機器である。肉眼観測の最高精度をたたき出したティコ・ブラーエの壁面四分儀の原理を基に、それが中国由来で日本に伝わったものようだ[7]。

円周の四分の一の扇形の外見を持ち、その外周に高度の目盛を打ち、備え付けられたアリダード（天体を捕捉するための機械。望遠鏡が発明されてからはこれも付けられることになった）で目標天体の高度を測る。一度に天体の赤経赤緯、高度、方位角など複数の観測量を獲得できる浑天儀と比べ、象限儀は主に南中時の天体高度を測る目的で使用された。しかし、象限儀はダイアゴナル目盛の採用、また望遠鏡の配備により浑天儀よりもはるかに精度良く観測できた（角度にして約一分の精度）。実際、寛政期以降、浑天儀は実際の観

測で用いられることは少なく、観測隊が愛用した観測機器はこの象限儀と、天体の子午線通過を測定する「子午線儀」、その‘時’を測る振り子時計「垂揺球儀」で、これらワンセットで用いられた。あの「伊能忠敬」の観測隊も、もちろんこの三点を携帯し、各地の情報を得て素晴らしい精度の日本地図を完成させた。

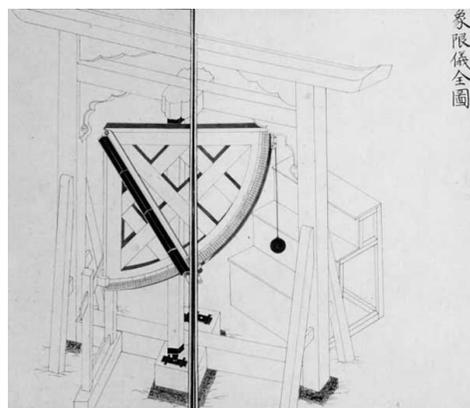


図11 象限儀（寛政暦書[11]）  
大きさは扇形の外半径で、6.5尺（約1.95m）と意外に大きい。伊能忠敬の観測隊が持ち運んだ象限儀は半径3.6尺（約1m）と、比較的小型のものであった。

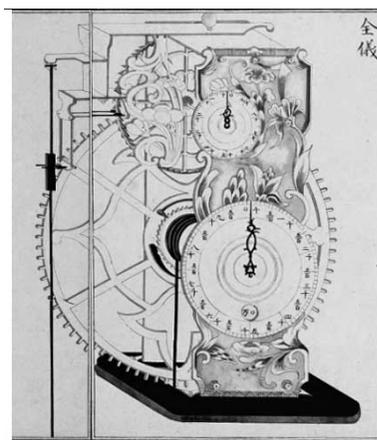


図12 垂揺球儀（寛政暦書[11]）  
天体観測用時計。和時計のように不定時法で時は刻まず、振り

子の振り数を表示する一種の時刻カウンターのようなもの。

・圭表儀（けいひょうぎ）

渾天儀や象限儀、子午線儀などは、夜間、天体の運行を測定するものであったが、圭表儀は昼間、太陽の運行を測定する機器である。特に、この機器で得られる情報は、太陽の南中高度である。太陰太陽暦作成で最も重要な要素に二至二分（冬至、夏至、春分、秋分）の測定がある。二至二分を精度良く測定することにより、正確な1太陽年を求めることが可能になるのだ。圭表儀の構造は、図4で少し触れたが、全体を南北に寝かし、L字型に備えた南方を背にした縦板（表盤）の上部が投じる影を北方へ向かって寝かせた横板（圭盤）に落とし、その盤上に刻んだ目盛から、太陽の南中高度を測定しようといったものである。

圭表儀は簡単な構造だが、優秀な測器として重宝され、またその歴史は長い。中国の元の時代にはなんと40尺（高さ12m）の巨大な圭表（図12）が作られ、現存している。日本では図4の泰邦の圭表儀や、寛政改暦時にはもっと複雑で、観測精度が良い圭表儀が作られている。

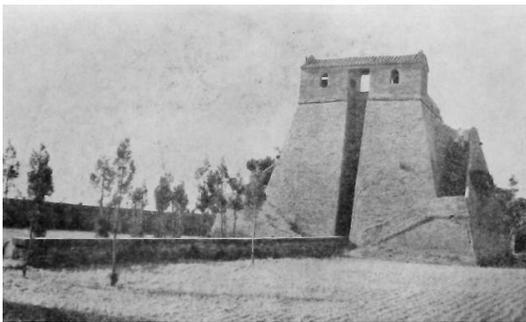


図13 元の測量台の圭表儀（周公測景臺調査報告一冊より抜粋）

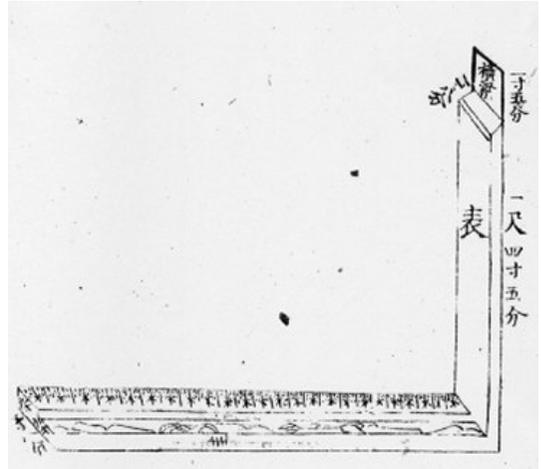


図14 貞享改暦時の圭表儀（馬場信武著『初学天文指南』より抜粋）

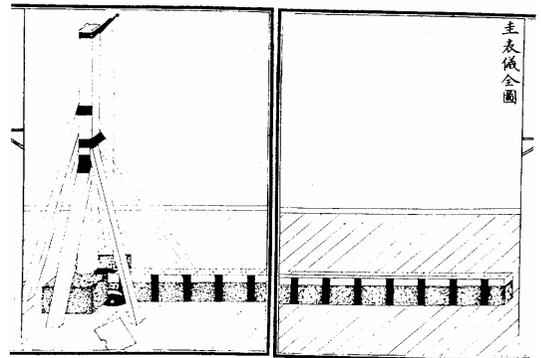


図15 寛政改暦時の圭表儀（寛政暦書[10]）  
表盤の高さは3丈（約9m）、圭盤の長さは36尺（約11m）にもなる。

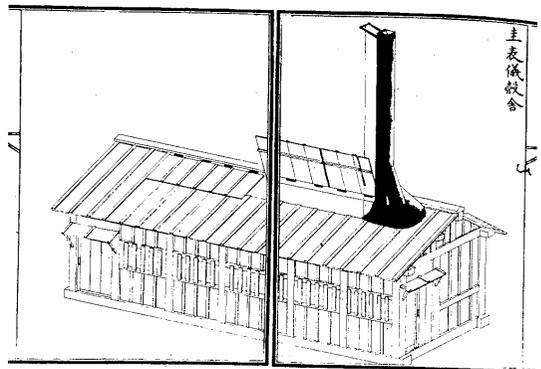


図16 圭表儀建屋（寛政暦書[10]）  
図15の圭表儀を収納する観測小屋

#### 4. 次回‘復元’対象の古観測機器

6 節では江戸時代に活躍した古観測機器を一部紹介した。他の観測機器については今回割愛したが、詳しく知りたい方は[10]を参考にさせていただきたい。

では次回、ようやく古観測機器の復元に入るのだが、なんでもかんでも適当に復元できるわけではなく、観測機器の詳細が、文献や現物として手元に残っていなければ話にならない。そこで私は比較的多くの文献が残り、かつ教育的に使えるような「渾天儀」、「圭表儀」に焦点を当て、復元を行った。これら古観測機器の仕組みや実際の観測、計算方法も合わせて説明、紹介していこう。

#### 謝 辞

前回、今回と暦の背景について、嘉数次人氏（大阪市立科学館）にご指導いただいた。また様々な資料の提供をしていただいたことも合わせ、ここに感謝の意を表します。

#### 文 献

- [1] 渡辺敏夫（1987）『近世日本天文学史 上下巻』，恒星社  
 [2] 堀源一郎 編（1981）『現代天文学講座 14 天文計算セミナー』，恒星社  
 [3] 中山茂 編（1982）『現代天文学講座 15 天文学史』，恒星社  
 [4] 中山茂 編（1983）『現代天文学講座 別冊 天文学人名事典』，恒星社

- [5] 湯浅光朝（1957）『解説 科学文化史年表 著』，中央公論社  
 [6] 斉藤国治（1982）『飛鳥時代の天文学』，河出書房新社  
 [7] 中村士（2008）『江戸の天文学者 星空を翔ける-幕府天文方、渋川春海から伊能忠敬まで-』，技術評論社  
 [8] 中村士（2009）『科学史入門 幕府天文方 高橋至時 - その生涯、業績と影響』，科学史研究 2009 年秋（No. 251）  
 [9] NHK テレビテクニスト（2011）『趣味工房 シリーズ 直伝和の極意 あっぱれ！江戸のテクノロジー』，NHK 出版  
 [10] 浅見恵 編 安田健 編 科学書院（2001）『日本科学技術古典籍資料 ～ 天文学篇 1、天文学篇 2』，霞ヶ関出版  
 [11] 国立天文台図書室 webpage <http://library.nao.ac.jp>



柳澤洋文

\* \* \* \* \*