

幕府天文方成立の歴史的意義

山田 慶 兒

〈京都大学名誉教授 〒605-0846 京都市東山区五条橋東 6-510-24〉

1684年に設けられた幕府天文方の職務は、いわば天文学の古代的課題ともいべき改暦にあった。しかしながら、改暦を繰り返す間に、西洋の天文学書、とりわけフランスの天文学者ランデの『天文学』に接して、天文学の近代的課題に向き合うことになる。ここではパリ天文台とフランスの天文学者たちの17、18世紀における活動を取り上げ、ランデの『天文学』誕生の背景を探りながら、天文方が直面した天文学の近代的課題とは何であったかを概観し、天文台が果たした文化的な役割に触れる。

1. 天文方の設置とその機能

日本において天文学が成立するのは7世紀に入ってから、とりわけ中国の制度と学問を導入し、それをモデルに国家建設を進めた、大化の改新以後と考えてよい。陰陽寮・司天台の設置（天武、675）、元嘉・儀鳳両暦の採用（持統、690）がその目安である。その後、大衍・五紀両暦を経て、貞観3年（清和、861）に宣明暦を採用して以来、823年間にわたって、宣明暦法によって毎年常用暦を編纂するのが陰陽寮の仕事であった。中国では頻繁に改暦が繰り返されたが、日本では編暦のみで、改暦は貞享2年（1683）まで一度も行われなかった。

中国の暦の大きな特色は、暦法（天体暦）と暦日（常用暦）がいわば一体化していることである。暦の優劣は天象と一致しているかどうか、とくに日月食の予報が正確であるかどうかによって判定された。そして独特の政治的理念に本づいて、新しい王朝が創建されたときと、暦が天象と食い違ったときは、改暦が必要とされた。それがたび重なる改暦を引き起こした。

暦法（天文常数・計算法・表）を改めるのが改

暦である。いったん改暦されると、あとはそれによって毎年の暦日を作る。同じ暦法によって暦日を編纂している間が、その暦の施行期間である。中国の天文学は国家の科学であり、漢代以来、国立天文台が置かれていた。天文台には暦算（改暦・編暦）、天文（観測・占星）、漏刻（保時・報時）の3科が設けられ、国家と社会の時間的秩序を維持するという任務を遂行した。3科の職務はむろん別の専門家が担当した。新しい暦が施行されても前の暦の担当官は残されて編暦を続け、新旧暦の優劣を比較検証していた。それがまたときには改暦をうながす要因の一つとなった。

日本の陰陽寮は、規模は唐の天文台の10分の1以下とはいえ、ほぼその制度を踏襲していたが、ただ占筮・相地を掌る部門を包摂していたところが違っていた。中国ではその職掌は全く別組織だったのである。陰陽師6、陰陽博士1、陰陽生10、計17名というその構成に、占星の天文博士1、天文生10、計11名を加え、編暦の暦博士1、暦生10、計11名と比較してみれば、占い部門が圧倒的な比重を占めていたことが分かる。陰陽寮の主要な職務は占いにあり、おそらくそれが全体の活動を方向づけていたのであろう。宣明暦が800年間用

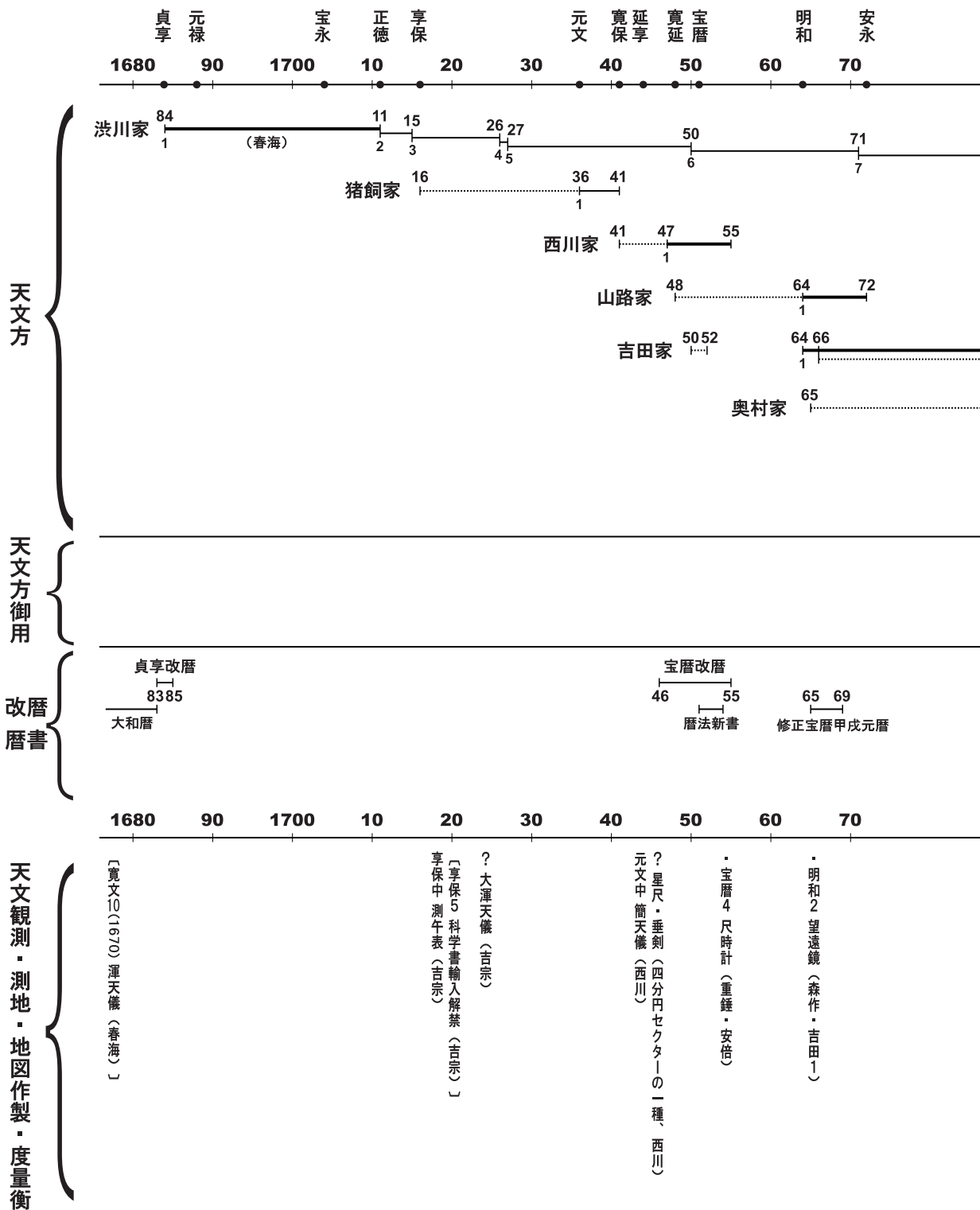
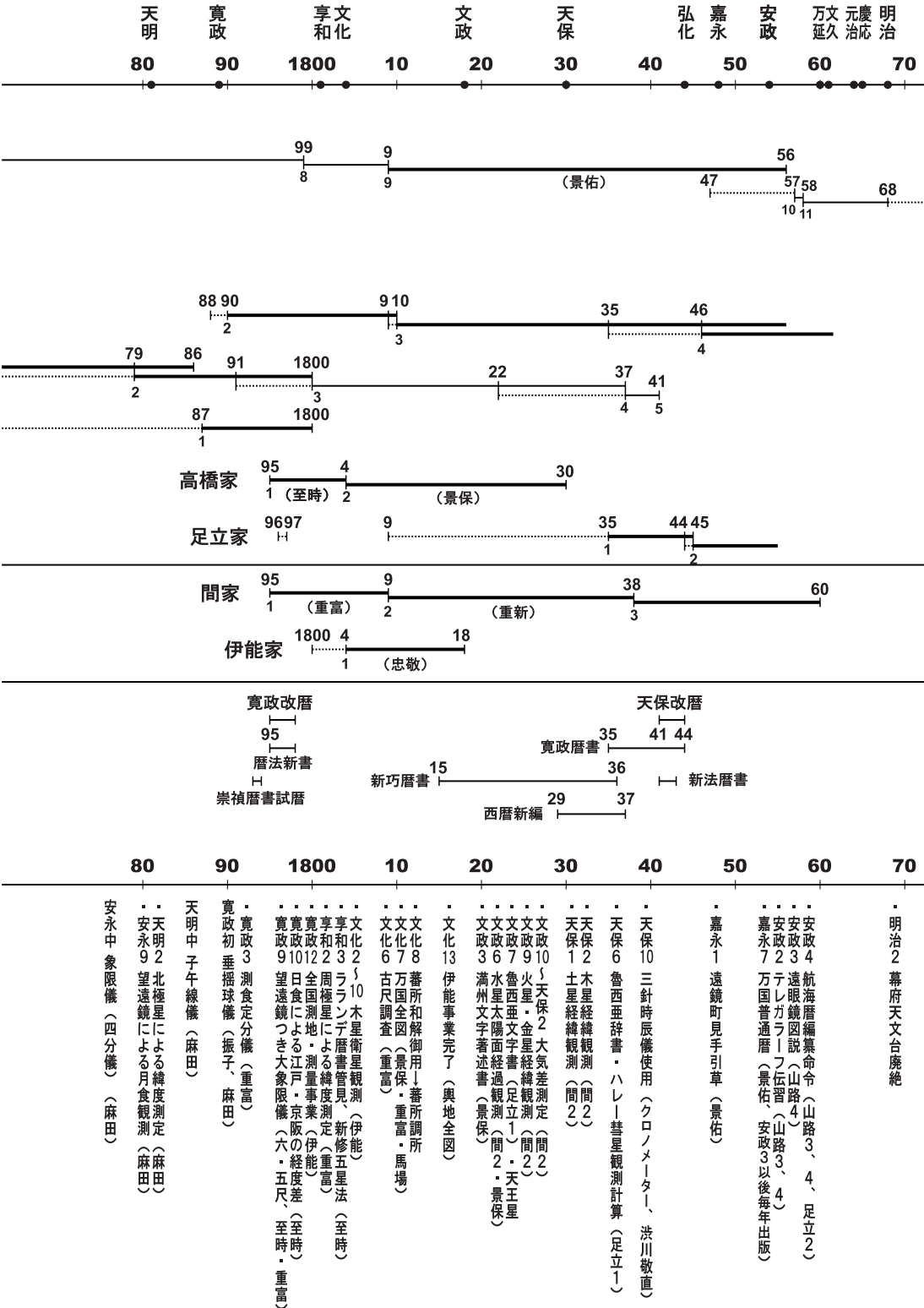


表1 天文方関係年表

天文方関係年表



いられ、そのことが問題にもされなかった最大の理由は、陰陽寮が天文台以上に「陰陽」寮として機能していた点に求められるのではなかろうか、中国風の理念はそこにはない。

渋川春海による貞享改暦と幕府天文方の設置は、日本の天文学者が改暦という機能を初めて獲得するとともに、天文方が陰陽寮から編暦という職掌を奪取した出来事であり、暦算＝天文方、天文＝陰陽寮という分業の成立は、中国型の制度が十全な意味で初めて実現したことを意味している。それはもちろん、中国の暦法をとにかく自家薬籠中のものとしたということでもあった。

天文方は改暦のために設けられた職である。表(354-355頁)を見ればそれは一目瞭然だろう。各天文方の家系のうち、天文方の職に就かなかった人は、表では省いてある(たとえば山路家の初代、2代の間)。太線は、一流と二流とを問わず、とにかくなにか仕事を残した人、細線は仕事らしい仕事をしなかった人を示す。設置当初から幕末に廃止されるまでずっと、能力にかかわらず天文方に就いたのは渋川家の人びとだけである。これはちょうど陰陽寮の土御門(安倍)家が天文博士、賀茂家が暦博士だったように、本来、渋川家が天文方だったということだろう。もし渋川家から代々、優秀な天文学者が輩出していたら、べつに天文方を立てることはなかったのかもしれない。だが、天文方には改暦という大仕事があったのに、2代目がすでに後見役を必要としていた。西洋暦法による改暦を意図する徳川吉宗は、3代目を後見した猪飼豊次郎を天文方に据えるが、これまたその任ではなかった。改めて天文方に取り立てられた西川正休は、ひとかどの観測家だったらしいが、計算ができない。数学者の山路主任らが補佐したが、いずれ力量不足だったのだろう。宝暦の改暦は貞享暦の改悪に終わる。その修正暦を作るために天文方に任じられたのが、山路と吉田秀長である。そのとき手伝だった奥村邦俊は、山路・吉田亡き後、弱体化した天文方を補強する役

に就く。改暦とは直接無関係なこの例外を除けば、新しい天文方の任命の時期はすべて、改暦の時期とぴったり一致している。

改暦を天文学の古代的課題と呼ぶことにしよう。天文方は終始一貫して改暦、すなわち古代的課題を担った職だった。ところが精度の高い暦法を求めて改暦を繰り返すことによって、天文学者は否応なく、近代的課題に直面することになる。

貞享暦は中国天文学の最後の、そして最高の成果である授時暦法によっているが、ただ京都における観測値を用いており、いわば部分的な改暦だった。いっぽう中国では、明末にイエズス会士が西洋天文学(ティコ・ブラーエ体系)を伝え、その体系は『崇禎暦書』(1631-1634)に集大成され、清朝はその暦法による時憲暦を採用(1645)しており、つとに授時暦段階を乗り越えていた。その後、イエズス会士は『暦象考成後編』(1742)において、ケプラーの楕円説を導入する。吉宗の科学書輸入解禁(1720)後、宝暦改暦の失敗があるだけに、西洋暦法による改暦が緊急の課題となって立ち現れる。幕府はさしあたり『崇禎暦書』に本づく暦書の編纂を吉田・山路に命じるが、それはもはや時代の要請に応えるものではない。

当時、『暦象考成後編』の楕円計算法を理解し修得していたのは、大阪の麻田剛立と門下の高橋至時・間重富だけだった。理論家の高橋と観測家の間は江戸の天文局に迎えられ、寛政の改暦に従事する。寛政暦は、太陽と月の計算には楕円説を用いているが、五星の運動は依然として古い周転円説によっている。改暦直後から高橋は五星法の改訂を志し、1803年にたまたま、18世紀天文学の全容を具体的かつ詳細に概観した『ラランデ暦書』(蘭訳版、1773)を入手する。こうして『ラランデ暦書』による改暦が天文方の最後の課題となる。それが天保改暦であり、それに携わったのが高橋の次男で渋川家を継いだ景佑と、間の弟子足立信頭だった。このように日本の天文学者は輸入科学書、とりわけ『ラランデ暦書』を通して、天文学

の近代的課題とはなにかを知り、部分的にしる、それに正面から取り組むことになったのである。

それでは天文学の近代的課題とはなにか。フランス科学アカデミー（1666 創立）とパリ天文台（1667 設立）の活動を、ここで見ていくことにしよう。パリ天文台は科学アカデミーの附属研究所であり、アカデミー所属の天文学者は、一部は天文台を拠点とし、一部は自宅・学校・僧院などの天文台によって、多面的な活動を行った。創立期からフランス革命まで、天文台によったのは、初期を除けば、主として 4 代にわたるカッシーニ家（カッシーニ王朝といわれる）とそのグループであり、革命によって改組された天文台の臨時初代台長となったのが、『ラランデ暦書』の著者、ラランデであった。

2. パリ天文台の設立と天文器械の革命

天文方が置かれる 18 年前に建設が始まったパリ天文台は、最初の近代的な天文台である。その 90 年前の 1576 年、デンマーク国王フレデリク II 世は、コペンハーゲンの北のフヴェーン島をティコ・ブラーエに与え、1 辺約 20 メートルの方形のウラニブルグ城を建設し、10 分刻みの目盛をもつ大型観測器械などを備え付けて、観測に専念させた。しかしティコがそこにとどまったのはわずか 15 年だった。1588 年の国王の死後、ティコは追放され、城は廷臣の館となり、1671 年、パリ天文台の創設者の一人ピカールがその正確な位置を測るためにアカデミーから派遣されたときには、すでに廃墟と化していて、建物跡を発掘しなければならなかった。グリニッチ天文台の設立はパリに後れること 10 年、1676 年である。

最初、総合的な科学研究所として構想されたパリ天文台は、アカデミーの直接の管理下に置かれ、全体的な活動方針はなく、台長もいなかった。天文学者は各自研究計画を立てて、国王・アカデミー・パトロンに研究費を申請しなければならな

い。テーマの選択は自由だった。アカデミーは測地学研究を一貫して推進することになるが、それも初期のパリ天文台を代表する天文学者ピカール（1620–1682）らの、ある意味でフランス天文学の方向を決めた申請から始まった。この研究方式は、航海術を完成させるために正確な恒星の位置と天体の運動の表を作るという明確な目的を与えられ、強力な権限をもつ台長の下で、一体となってその目的を追求したグリニッチ天文台とは、全く異なっている。ロンドンの天文学者たちが位置天文学の基礎を据えたとすれば、パリの天文学者たちは物理的観測の多彩な可能性を示したといえよう。そのなかにはカッシーニ I 世の月面図やレーマーの光速度測定も含まれる。

パリ天文台が設立された 1667 年は、天文観測器械に一つの革命が起こった年だった。ピカールが、やはり天文台創設者の一人であり、マイクロメーターを発明したオーズー（1630–1691）と協力して、四分儀に視準板に代えて、マイクロメーターつきの望遠鏡を取り付けたのである。

天文観測器械には古くから、サークル（円形儀）すなわち全方位を目盛った円環と、セクター（扇形儀）すなわち 1/2, 1/4, 1/6, 1/8 などに分割した円弧とがある。後者は、四分儀、六分儀、八分儀以外はたんにセクターと呼ばれる。古代以来、主として用いられたのはサークルであり、アーミラリ・スフェア、アストロラーベ、渾天儀など、すべてそれに属する。しかし 16 世紀中葉からしきりにセクターが用いられるようになり、とりわけティコ・ブラーエとケプラーが大型の四分儀と六分儀によって精度の高い観測を行って以後、セクターがサークルに取って代わり、サークルはほとんど地上の方位測定用となった。17 世紀の初頭には観測器械に別の革命が起こっていた。いうまでもなく、ガリレイによる、世界像を揺がせた天体望遠鏡の発明である。マイクロメーターつき望遠鏡を取り付けることによって、器械の観測精度は分から秒へ飛躍的に上昇した。そして 19 世紀

の中葉まで、位置天文学ではピカール型の観測器械が標準型となり、天体の子午線通過の観測にはもっぱら四分儀、ついで六分儀が用いられたのである。

壁面四分儀に見られるような器械の大型化（ランダの壁面四分儀は半径 2.45 m）は、製作を技術的に難しいものにした。多くの場合、全体の骨組は鉄、目盛面だけは銅で作られていたが、当時鋳造できる金属片は長さが 60 cm くらいまでであり、あとはねじか鉋で接合しなければならない。そのためセクター面が反って平面にならない。熱膨張率の違う金属を接合しているために、大気の温度変化を受けないように壁面に取り付けるには、たいへんな工夫が必要だった。こうした問題が解決され、完全な、満足できる器械が作られるようになるのは、金属材料と金属加工の技術を飛躍させた産業革命を経て、19 世紀に入ってからである。

天体の物理的観測に用いられたのは望遠鏡であるが、探索を拡大するために直径の大きい、長い焦点距離をもつレンズが求められた。大きい望遠鏡は長さが 70 ピエ（ピエはフィートと同じ単位）もあり、据え付けには帆船の技術が応用された。マストを立て、帆桁に望遠鏡を固定し、滑車とロープで操作するのだ。帆桁には、曲がらないように、三角柱型の組物が用いられた。さらに長い焦点距離のレンズになると、もはや筒は使えない。カッシーニ I 世 (1625–1712) の 80, 90, 100 および 136 ピエ (44 m) のレンズはすべて、筒なし望遠鏡だった。観測するのは木星や土星と決まっていたから、あらかじめその子午線通過に合わせて、高い塔や建物の屋上に対物レンズを据え付けておき、あとは地上で接眼レンズを操作する。この装置を使いこなせたのは、しかし、ホイヘンス (1629–1695) とカッシーニ I 世だけだったという。よく使われたのはもっと短い、操作しやすい望遠鏡であり、カッシーニ I 世が土星の衛星を発見したのは 17 ピエ (5.5 m) や 35 ピエ (11.9 m)

の望遠鏡だった。カッシーニ II 世 (1677–1776) の天文台の記録には、70, 38, 20, 15, 8 ピエの望遠鏡が出てくる。しかし、18 世紀の中ごろまでに長い望遠鏡はほとんど使われなくなり、イギリスのドーランドによる色消しレンズの完成 (1775) がそれに止めを刺した。

もう一つの観測器械の革命は、ホイヘンスの振り時計の発明 (1656 頃) である。1 秒または 1/2 秒を刻む振子が主として用いられた。振り時計もはじめはうまく動かなかつたらしく、カッシーニ I 世は観測日誌に “horogium quievit” (時計が止まっている)、としょっちゅう書きとめているという。はじめはローマ、ついでパリやとりわけロンドンに有名な光学器械や時計の製作者が現れ、あるいは注文に応じ、あるいは装置を工夫して、新しい器械を提供した。イギリスのハドリが、2 枚の鏡の付いた航海用八分儀を発明したのは 1731 年である。

子午線測定や天体観測のために、世界各地に科学アカデミーが派遣した観測隊の装備をいくつか見ておこう。子午線測定のペルー隊 (1735) は、3 名の隊員がそれぞれ測地学的観測用の四分儀と振り時計。四分儀の半径は 3 ピエ、30 プス（プスは 1/12 ピエ）、21 プス。ほかに黄道傾斜観測用の 12 ピエと 8 ピエのセクター。四分儀やセクターはもちろん望遠鏡付きである。鏡付き八分儀は、航海中にこの隊が使ったのが、フランスでは最初といわれる。カッシーニ、ラカーユ (1713–1762) らが行った、フランス国内の子午線再測定 (1739–1740) では、三角測量用の 2 ピエの四分儀と、緯度決定用の 6 ピエのセクター、半径よりもやや長い望遠鏡が付いている。それに振り時計 2 台。火星と金星を用いた太陽の視差、および月の視差の観測のために、1751 年に喜望峰に派遣されたラカーユの装備は 5 種。(1) 上述の 6 ピエのセクター、(2) 6.5 ピエと 5.5 ピエの望遠鏡付きの、半径 6 ピエの六分儀、(3) 5 ピエの望遠鏡付きの、半径 3 ピエの四分儀、(4) 振り時計 2 台、(5) 14, 13,

9 ピエの望遠鏡。なおこのときラカーユは2年間滞り、10,035の南天の星の正確な位置を測定している。同じく太陽の視差を測定するための金星の太陽面経過の観測に、1769年にカリフォルニア、東インドなど世界各地に送られた隊になると、従来の望遠鏡のほかに、すでに10ピエから3ピエまでの色消し望遠鏡を携えている。

マイクロメーター付き望遠鏡を備えた四分儀（または六分儀）と1秒か1/2秒を刻む振子時計は、観測の精度を数秒にまで高め、*astrométrie*を成立させた。それに望遠鏡を加えた3点セットが天体観測の基本的な装備であり、あとは目的に応じてその他のセクターを使っていたことが分かる。温度計とその他観測や測量に必要な器具を備えていたのはいうまでもない。ちなみに18世紀末には、セクターの背後に押しやられていたサークルが、赤道儀式望遠鏡とともに復活してくるが、いまの主題とは関係がない。

3. 17, 18世紀天文学の課題

ピカールら天文台創立期の4名の天文学者は、三つの計画をアカデミーに提出した。1. 子午線の度の測定、2. パリ地方の詳細な地図の作成、3. 海岸の地図の作成。子午線測定の目的は、第1に地球半径の値を決定すること、第2に地図作成の基準線を確定すること。パリ天文台の建設にあたっては、ピカールらが予定敷地内で観測を行って、フランスの基準子午線を決定していた。天文台の左右対称の建物は、中心がその線上を通るように設計されている（ちなみに、中央の大広間、南面の壁の穴とその子午線がノーモンとして使われた）。だから作業はその子午線を南北に延長し、長さを測ることだった。海岸の地図にも2重の目的があった。航海のためと未知の海岸周辺の探査である。アカデミーは計画を承認し、作業の責任者にピカールを据えた。

ピカールは、子午線弧を長さ8mの2本の木の棒で測り、三角測量には、マイクロメーター付き

の2台の望遠鏡を備えた、半径38プスの四分儀、緯度決定には半径10ピエ、中心角18°のセクターを用いた。彼が得た度の値(1671)はのちにニュートンの知るところとなり、万有引力の法則の数値的証明に役立った。

カッシーニ、ピカールらは各地で天文学的観測を行い、1682年に海岸の測地学的地図をアカデミーに提出した。地図は以前の最良の地図のうえに重ねて描かれていた。それを見たルイXIV世は笑いながら、「天文学者の面倒をみてやったのに、とんでもないお返しをしてくれる」といったという。王国の面積が1/5も減少していたのである。

死の直前、1681年に、ピカールはフランス全土の地図を作成する計画を立てた。1°の子午線弧を南北に延長して国土を貫き、残りの領土を三角測量でそれに結びつけようというのである。ピカールの死後、カッシーニI世は事業継続の承認をとりつけるが、コルベールの死によって仕事は中断し、再開されたのは1700年であった。その子午線測量が完了する以前に、カッシーニII世はそれに垂直な、国土を東西に貫く弧の測量に着手した。そしてこの仕事が終わったとき、フランス全土は主要都市を結ぶ、約800の大三角形網で覆われ、科学的な地図の作成が可能になった。あとは大三角形の間を小さな三角形で埋めていくだけだった。

ちなみに、パリの南北に延長した子午線弧の度の比較は、地球の形にかんするカッシーニII世らデカルト主義者と、モーペルテュイらニュートン主義者の、後者の勝利に終わる有名な論争を引き起こした。1730年代に喜望峰や極北などに観測隊が送られたのは、その問題に決着をつけるためであった。

1750年、ルイXV世の命により、カッシーニIII世(1714-1784)は全国の地図作成の準備(測量技師と彫版画家の養成、望遠鏡付き測量器械の製作、印刷所の設置)にとりかかり、1752年から

測量を開始する。それは縮尺 1/86,400 の 192 枚の測地学的地図になるはずだった。戦争による国庫支出の中止を 50 名の資金援助者の募集によって切り抜け、ときには住民の敵意にぶつかるなど、さまざまな困難を克服したカッシーニ III 世の超人的なはたらきによって、亡くなるときにはあと 2 枚を残すのみになっていた。カッシーニ IV 世 (1748-1845) が、いわゆる「カッシーニ地図」を完成して憲法制定国民議会に提出したのは、1790 年のことであった。

この同じ年、議会は度量衡統一計画を採択した。長さの統一にかんしては、単位をどんな物理的性質によって定義するかについて、二つの案があった。一つは 1 秒を刻む振子の長さに関係づける案、もう一つは子午線の長さに関係づける案である。カッシーニ IV 世らは両案を調査研究したのち、地球子午線の 4 万分の 1 を選択した。これにより、カッシーニの子午線を新しい精密な器械によって再測定するという課題が生じた。それに従事したのはラランデ (1732-1807) の弟子や後継者たちである。1799 年、議会は新度量衡を承認、1803 年、メートル原器を含むすべての原器が天文台の保管に委ねられた。いうまでもなく、フランス測地学の輝かしい成果であった。

ここでつけ加えておきたいのは、ルイ XVI 世と科学アカデミーが 1685 年に中国に派遣した 6 名のイエズス会士である。彼らはすべて出発前に、パリ天文台で天文学、測地学の専門的な訓練を受けており、中国各地で星の子午線通過の高度測定、日食と木星の衛星の蝕の観測に加えて、火星と木星の合、水星の太陽面経過、月面、彗星、星雲の観測、さらには磁針の偏角の測定などを行った。そして、1698 年に追加派遣された 10 名のイエズス会士らとともに、1708 年から全土の観測と測量を開始する。こうして 1717 年、最初の近代的な中国地図、『康熙皇輿全覧図』が完成する。これもまたフランス測地学の一つの成果であった。

アカデミーの命によりイエズス会士が中国で行った観測は、18 世紀の天文学が向き合っていた課題をよく示している。地図の作成の基本となるのは、緯度と経度の決定である。緯度は北極高度ないし星の子午線通過の高度の測定によって求められるが、経度を決定するには日食や月食を観測し、基準地点と測定地点の間で、起こる時間の差を測定しなければならない。しかし日月食は年に数回しか起こらず、しかも見える場所は限られている。その代わりに使われたのが、いつでも起こり、どこからでも見える、木星の衛星の食である。カッシーニは 1668 年に木星の衛星の表を出版、それにはガリレイが発見した四つの衛星すべての運動と食が、年ごとに記載されていた。1693 年にはさらに正確な改訂版を刊行する。経度決定が容易になったのは、その表のおかげだった。

衛星の食の観測を可能にしたのは大望遠鏡である。大望遠鏡はまた土星の衛星の発見を導いた。1665 年、ホイヘンスは 12 ピエと 23 ピエの望遠鏡で初めて土星の衛星を発見する。それが VI 衛星である。ついでカッシーニが 1671 年に 17 ピエの望遠鏡で VIII、翌年 35 ピエと 70 ピエの望遠鏡で V、そして 1684 年に、34, 47, 100 および 136 ピエの望遠鏡で III 衛星を発見した。彼はまた黄道光、白道の黄道に対する傾斜とその交点の運動も発見した。

カッシーニの表は思いがけない重要な成果も生んだ。レーマー (1644-1710) による光の速度の決定である。地球に対する木星の位置によって、衛星の食は計算より規則正しく進んだり遅れたりする。それは地球軌道半径を光が走破する時間による、とカッシーニは考えたが、それ以上追求しなかった。レーマーは 1676 年にその考えを取り上げ、予報された衛星の次の食は正確に 10 分遅れて起こるだろうと予告、観測によって確認されたのである。

カッシーニが大望遠鏡で行ったもう一つの仕事は、月面図の作成である。1671 年から 9 年間観測

を続け、デッサン画家に描かせて、1679年にアカデミーに提出した。19世紀に写真術が現れるまで、それに比肩するものはなかった。

恒星の位置の正確な観測は天文学と測地学の基礎である。パリ天文台ではほぼ間断なく観測が行われた。ピカールは子午線通過の高度によって星の赤経を決定する方法を導入した。科学アカデミーが航海者と天文学者のために毎年、最初の航海暦『コネサンス・デ・タン』を発行し始めるのは1679年である。カッシーニ II 世は1738年に、最近の観測と古い観測を比較して、アルクトルス（うしかい座 α 星）の固有運動の値を決定する。恒星の固有運動が量的に確定されたのは、これが最初だった。

太陽、月および惑星の運動と、太陽系の大きさを知るためのその視差の観測、彗星や星雲、大気差や光行差や章動の観測などについては、ただ言及するだけにとどめよう。天文台には温度計・気圧計・雨量計・羅針盤などが備え付けられ、風向や風力なども含めて、毎日測定されていた。

このような17、18世紀の天文学と測地学の問題を、最新の成果を盛り込みながら、理論と計算と観測の三つの面から詳説した、天文学者のための入門書が、ランデの『天文学』にはかならない。

4. ランデの教育活動と『天文学』

弁護士になるためにパリへ出たランデは、天文学者のドリル(1688-1768)と知り合い、コレージュ・ロワイヤル(現在のコレージュ・ド・フランス)のその講義を聴講する。コレージュ・ロワイヤルはフランソワ I 世が1529年、パリ大学の外に設けた公開講座である。はじめはヘブライ語、ギリシア語などに限られたが、その後自然科学も含めて講座は増えていき、今日では教授の数も70名に達している。その年、天文学の聴講生はただ一人であり、それがランデに幸した。ドリルは彼の学力と進歩に合わせて講義を進めてくれ

たからである。また天文学者ルモニエ(1715-1799)の数理物理学も聴講する。

1751年、ラカーユは喜望峰での視差観測にあたって、ヨーロッパで対応する観測を行う助手を求めていた。観測地には、喜望峰とほぼ同じ子午線上にある、ベルリンが選ばれた。ランデはルモニエに代わり、師の5ピエの壁面四分儀を携えて、ベルリンに赴く。ベルリン・アカデミーにいた、フランス最初のニュートン主義のひとりモーベルテュイ(1698-1759)や『人間機械論』のラ・メトリ(1709-1751)らから啓蒙主義の洗礼を受け、家庭環境の中で培われたジェスイットの信念を捨てたのは、その時である。ランデは月と火星の視差の観測に目覚しい成果を上げ、1753年、わずか21歳で科学アカデミーの助手に選ばれる。

1754年から1755年にかけて、ランデはパリ天文台で観測に従事するが、まもなくドリルから譲り受けたりュクサンプールの天文台に移る。1760年から1775年まで(その後また1794年から1807年まで)、『コネサンス・デ・タン』の編集を引き受け、当時知られていたラカーユの太陽と恒星の表、マイヤー(ゲッティンゲン天文台)の月の表、ハリー(グリニッチ天文台)の惑星の表などを用い、月から恒星までの距離など、航海者に役立つあらゆる事柄を盛りこんで、航海暦としての内容の充実を図った。さらに天文学者のためには、改善された計算法、補足的な表、天文学的に興味あるあらゆる出来事、亡くなった科学者の伝記的ノートなどを記載し、一種の年報の性格をもたせた。この形式はその後継承され、『コネサンス・デ・タン』は航海暦兼天文学年報として機能していくことになる。

1762年、70代の半ばを迎えたドリルは、コレージュ・ロワイヤルの天文学教授職をランデに委ねた。それから46年間、ランデは熱心かつ勤勉にその職務を遂行した。卓越した教育者であったランデが、公開の講義を通して天文学の啓蒙と普及に果たした役割は極めて大きかったといわれ

る。のみならず、科学への好みや好奇心を示した聴講生の中から特に有望な青年たちを選んで、彼は家に連れて帰り、簡素な宿舍を安く提供し、観測と計算を教えた。彼の家は一種のセミナーとなり、器械の使用と天文学の方法に習熟した学生たちを、各地の天文台に送り出していった。それはブレスト海軍学校の知るところとなり、政府からは1,000フランの手当が支給されるようになるが、ランデはそれもすべてこの教育に注ぎこんだ。彼の下から育った天文学者の中には、子午線の再測定を行ったメシャン(1744-1804)、伯父の大四分儀を使って5万個の恒星を観測した甥のランデ、小惑星セレスを発見したパレルモのピアッツィなどがある。

ランデは1764年に『天文学』2巻を出版した。そこにはコレージュ・ロワイヤルでの一般向けの講義、セミナーでの専門教育の講義、そして『コネサンス・デ・タン』の編集の経験のすべてが投入されていた。

当時フランスには3冊の優れた天文学の入門書があった。カッシーニII世の『天文学初歩、天文表』(2巻, 1740)、ルモニエの『天文学教育』(1746。大部分は、志筑忠雄の『暦象新書』に見える、キール『天文学入門』のラテン語版の翻訳)、ラカーユの『幾何学のおよび物理学的天文学の初歩講義』(1746, 1755, 1761。1780年にランデが4版を出す)である。しかし、いずれも天文学の初等理論と天球および宇宙体系について述べた、いわば一般天文学であり、実地天文学、計算法や観測器械の構造と観測法などについては、ほとんど触れられていなかった。ランデは第2巻を実地天文学にあてた。第1巻には、宇宙体系、惑星と蝕の理論にさらに、有名な天文学者についてのノート、天文学の歴史と星座の神話、役に立つ天文学書や表なども書き加えた。1771年には、新しい惑星の表などを増補した、3巻本の第2版を出版。この版は、1773年に5冊本のオランダ語訳が刊行される。高橋至時が見たのはそれである。イタリアと

ドイツでは抄訳が出ており、トルコでは表だけが出版された。1780年には、潮汐の観測を含む第4巻が追加された。そして最後に、3巻本の第3版が1792年に上梓される。

第3版の内容は、第1巻が天球、天文学史、恒星と星座、天文学の基礎理論、宇宙体系、太陽の表に始まり、対数表をふくむ15の表、第2巻は惑星運動の法則、月、暦、視差、食の計算、金星と水星の太陽面経過、大気差、天文器械、天文器械の使用法と観測の実際。第3巻は地球の大きさと形、歳差と恒星の年周視差および黄道傾斜その他の変化、光行差と章動、衛星、彗星、惑星の自転、微積分計算、惑星の重力と引力、球面三角法、海上および陸上での観測を用いた天文計算。なお第1巻には世界の天文台、天文学書・表・航海暦の目録、各種の天文器械の値段までが見えている。観測器械の章についていえば、図に加えてその構造、部品の材料と寸法、組立て方、目盛の刻み方まで克明に記されており、それによって実際に器械を製作することができよう。観測法や計算法についてはいうまでもない。

ランデの『天文学』はまぎれもなく、天文学を志す人にとって、当時最良の、そしておそらく比肩するものがない、理論および実地天文学の概論であった。それだけにヨーロッパでよく読まれていた書であったとはいえ、高橋至時がたまたま蘭訳本を手にしたということは、高橋にとっても、また日本の天文学にとっても、まことに幸運であったといわなければならない。高橋が1803年に抄訳『ランデ暦書管見』を著したとき、ランデは72歳、パリ天文台長職をメシャンに譲ってはいたが、なお健在であり、コレージュ・ド・フランスの教壇に立ち、『コネサンス・デ・タン』を編集していた。ランデは高橋より3年3カ月後まで生きた。西と東の二人の天文学者は、年齢こそ32歳離れていたが、ともに同じ時代を呼吸していたのである。

5. 天文方と近代天文学

日本の天文学者が天文学の近代的課題にどう取り組んでいったかは、表(354-355頁)によってその概略を見ていただくことにして、ここではいくつかの問題点を注記するにとどめよう。

徳川吉宗(1684-1751)が作らせた測午表は、四分円弧の中心に望遠鏡を取り付け、中心の方から星の子午線通過を見る、ノーモンを兼ねた装置。見る向きは四分儀と逆だが、もっとも早い望遠鏡付きセクター。西川正休(1693-1756)の星尺と垂剣はいずれも四分円セクターの一種。以上はすべて、まだ素朴な器械である。精密な四分儀は麻田剛立(1734-1799)が初めて作った。高橋至時(1764-1804)と間重富(1756-1816)の大四分儀に至って望遠鏡も備わるが、マイクロメーターつきではない。六分儀は使われていない。八分儀は本で紹介されたにとどまる。

観測に使われた最初の機械時計は、安倍泰邦(1711-1784)の尺時計すなわち重錘時計である。麻田が作った垂揺球儀は振り時計であるが、振子の振動数を表示する独特の工夫がこらされている。

初めて優れた天体望遠鏡を製作したのは、長崎の森仁左衛門(1754没)だといわれる。寛政改暦のころには大阪に、岩橋善兵衛(1756-1811)や麻田立達(1771-1827)のような製作者が現れる。間らが使ったのはその望遠鏡である。反射望遠鏡は江州の国友藤兵衛(1778-1840)が作っており、実見した間重新(1786-1838)は蘭製にまさると評したというが、ヨーロッパでも反射望遠鏡が天文台に据え付けられるのは、ハーシェル(1738-1822)の大反射鏡は例外として、1840年代以降である。

子午線測定および地図作成という、ピカールと全く同じ目的で、「カッシーニ地図」の完成10年後に始まった伊能忠敬(1745-1818)の大事業は、カッシーニIII世と同じく、その超人的なはたら

きによって初めて成し遂げられたが、同時に、高橋至時と間重富の全面的な協力と支援を得た、天文方の事業であったことも忘れてはならないだろう。携えた天文器械は、星の子午線通過の高度を測る、半径3尺8寸の、望遠鏡付き木製四分儀、太陽の南中高度を測る、伝統的な圭表儀(ノーモン)、垂揺球儀、日月食や木星の衛星の食を観測する、7尺5寸と5尺の望遠鏡、食分などを測る測食定分儀、子午線を決定するための、重富が考案した子午線儀である。測量には、長さ1間(6尺)の棹2本と測縄・鉄鎖を用いている。

いちばん基本でしかも難しい経度決定では、日月食を基準地点の江戸または大阪と同時に観測できたのは、わずか5地点にすぎない。木星の衛星の食は15地点で観測した。記録は残っていないが、江戸や大阪でも観測が行われたはずである。しかしすべて失敗に終わっている。重富は「木星の四小星」を用いて「里差」(経度差)を求める話を聞いたとき、「小子等一向に難企及事勿論に奉存候、扱も西洋人も心ヲ用候事、元来ニ能キ遠鏡も出来、四小星の大小を見分候程ニ(候?)ハハ、秒数を自ラ可知事御座候」(1801)と述べていた。それでもあえて試みたが、当時の技術ではどうにもならなかったのである。伊能地図は、だから経度に関しては、地方によってかなり大きな誤差がある。

『ラランデ暦書』の翻訳にも触れておこう。『ハルマ和解』完成の報せに、重富は「此レニては余程蘭学の捷徑ニ御座候、本法の学者は笑可申候得共、天学ハとうやらこうやら読ミ候ハハ、多クハ図画にて解候事ニ相見候」(同)と書いた。至時の翻訳は、伝記のケプラーの項などを見れば、蘭語の知識がいかに貧弱であったかが分かる。しかし、数字・数式・術語・図を手がかりに「図画にて解」きうる部分については、しばしば驚くべき正確な理解を示す。ともあれ未完に終わったその研究と翻訳は、高橋景保(1785-1829)、渋川景佑(1787-1856)と彼らを助けた通詞の馬場佐十郎ら

に委ねられた。

最後に、惑星と彗星の観測、水星の太陽面経過、大気差の測定、イギリス航海暦に基づく太陽暦の発行など、天文方が天文学（測地学・地図学）の近代的課題の、もちろんすべてではないが、少なくともいくつかは、技術の大きな開きにもかかわらず、あえて挑戦していたことを確認しておきたい。

む す び

『ラランデ暦書』など洋書の翻訳、外国との外交交渉の必要性は、天文台にしたいに翻訳および通訳のセンターとしての機能を与えていく。こうして設置された蕃書調所は、新しい学問の中心として、やがて帝国大学へと発展する。だが江戸の天文台の文化的貢献はそれにとどまるものではない。

18世紀末には、文学のみならず科学の世界にも、知識人社会といえるものが成立していた。藩を越え身分を越えて、知識人の間に全国的な横のつながりが生まれていたのである。たとえば各地の天文学者は日食の観測記録を交換していた。天文方は自由に諸藩の有能な青年を天文台員に採用していた。こうしたつながりを生み出した最大の要因は参勤交代であろう、と私は考える。藩主は上京のさい、有為の青年たちを連れていった。彼らは江戸（あるいは京・大阪）の藩邸にあって、各種の塾に通い、他藩の青年たちと親しい交わりを結んだ。

「外藩人の交は城府を撤し候て何も丸はだかの付合故、詩文を為見候ても愉快に御座候。御国之交際は却て上向繕ひ面従後言多き様覚申候」。嘉永4年(1851)4月、兵学研究のため藩主に伴われて江戸に遊学し、兵学や儒学の塾に入門、藩邸では他藩の人も交えて読書会を開くなど、研鑽に努めていた吉田松陰は、故郷にそう書き送っている。在来の兵学や中国の歴史・思想・文学だけでなく、砲術学・西洋兵書・地理学・算術などまで

勉強し始めた松陰は、上京後ひと月と経たぬある日、故郷の兄に「天文台えも此内参り申候」と認めた。そして9日後の日記に朱筆で「天文台ニ至ル」と記入した。松陰の日記にはいつも事実が簡単に書いてあるだけだから、なんのために、だれの紹介で天文台へ行き、なにを見、だれに会い、どんな話をしたか、一切分からない。しかし、その激越な行動と思想によってやがて日本を揺り動かすことになる22歳の向学心に燃える青年が、江戸に着いて間もなく天文台へ行こうと思い、そして行った、という事実がここにある。それは江戸の天文台が、19世紀中葉の知識人社会の中にあって、一つの眼に見えない知的中心となっていたことを物語っているように、私には思われる。

謝 辞

原稿をパソコン入力して下さった久保麻紀さんに心からお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 大崎正次編, 1971,『天文関係資料』, 私家版
- 2) 有坂隆道, 1950,「寛政期における麻田流天文家の活動をめぐって—「星学書簡の紹介」—」,『ヒストリア』11, 12, 13
- 3) 有坂隆道, 1968,「享和期における麻田流天文学の活動をめぐって—「星学書簡の紹介」—」,『日本洋学史の研究』, 創元社
- 4) 中山 茂校注・解説, 1972,「ラランデ暦書管見」,『洋学』下(日本思想体系65), 岩波書店
- 5) 渡辺敏夫, 1943,『天文暦学史上における間重富とその一家』, 山口書店
- 6) 渡辺敏夫, 上, 1986, 下, 1987,『近世日本天文学史』, 恒星社厚生閣
- 7) 大谷亮吉, 1917,『伊能忠敬』, 岩波書店
- 8) 中山 茂, 1984,「天文方」,『幕末の洋学』, ミネルヴァ書房
- 9) 山田慶児, 1982,「耶穌会士の科学研究」,『科学と技術の近代』, 朝日選書
- 10) 山口県教育会編, 1935,『吉田松陰全集』, 第5, 7巻, 岩波書店
- 11) Lalande J. J. L. de, 1792, *Astronomie*, 3 éd., 3 vols, Paris
- 12) Delambre J.-B. J., 1819, 'Lalande,' *Biographie universelle, ancienne et moderne*, t. 23, Paris

- 13) Wolf C., 1909, *Histoire de l'observatoire de Paris de sa foundation à 1793*, Paris
- 14) Observatoire de Paris, 1990, *L'observatoire de Paris, son histoire (1667-1963)*, 2 éd
- 15) Dumas M., 1953, *Les Instruments scientifiques aux XVIIIe et XVIIIe siècles*, Presses Universitaires de France
- 16) Pannekoek A., 1989, *A history of astronomy*, Dover

On Tokugawa Bakufu's Astronomical Officials

Keiji YAMADA

Gozyobashi-higashi 6-510-24, Higashiyama-ku, Kyoto 605-0846, Japan

Abstract: Tokugawa Bakufu's astronomical office, established in 1684, is the post for calendar reform. The reform was conducted when the calendar did not predict peculiar celestial phenomena, such as solar or lunar eclipses. It was, so to speak, the theme of the ancient astronomy. From removal of the embargo on importing western science books in 1720, Japanese astronomers studied European astronomy and attempted to apply its knowledge to calendar making. Moreover, they knew the Copernican system and also faced several modern astronomical subjects. The French astronomer Lalande's work "ASTRONOMY" exerted particularly strong influence on astronomers. This paper overviews the activities of Paris observatory and French astronomers in the 17th and 18th centuries, and survey what modern astronomical subjects were. Finally, it sketches a role of the Edo observatory played in the Japanese cultural history.

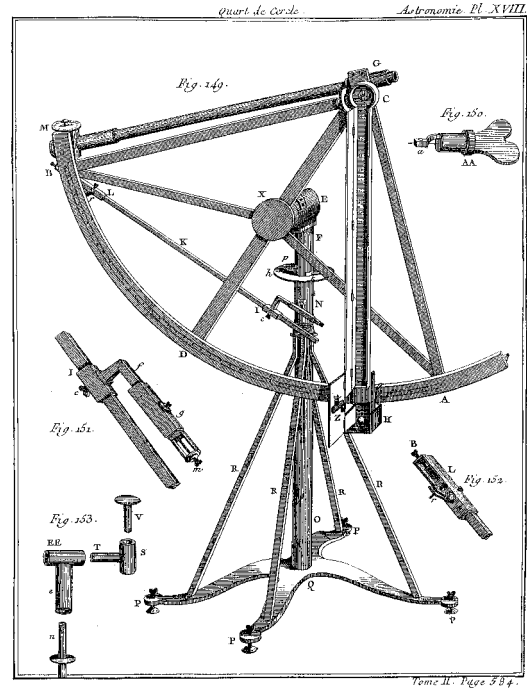


図1 可動四分儀 (ラランデ, 『天文学』, 第2巻)

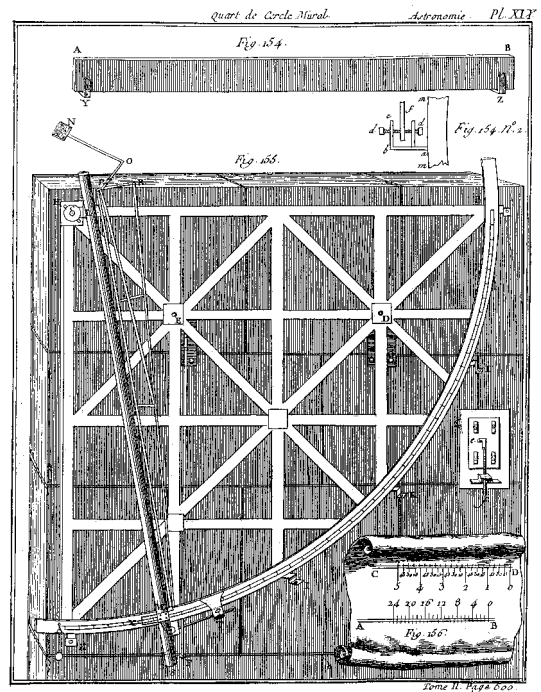


図2 壁面四分儀 (ラランデ, 『天文学』, 第2巻)