

『七千年ノ後僅ニ一日』の謎

須賀 隆 (暦の会)

1. はじめに

明治改暦には、「明治改暦と時間の近代化」(『遅刻の誕生』(2001)pp.213-214)で、

明治改暦というテーマは先行研究者の史料調査によって調べ尽くされ、通説が既に形作られた感がある。

と指摘されるとおり、よく知られた“常識”が数々ある。グレゴリオ暦の精度に関する通説もそのひとつである。その通説をもっとも端的にあらわしたものが、改暦の布告(明治5年太政官布告337号)について、内田正男が『日本暦日原典』(1975)p.544に書いた次の記述である。

この詔書の文章は、のちに三正綜覧の編さんに携わった権大外史・塚本明毅の建議書を参考に行っていることは直ちにわかる。そしてその建議書はまた、中井竹山(1730～1804)の「草茅危言」および吉雄南臯(1787～1843)の「遠西觀象図説」を援用していることが看取される。殊に7000年に1日の差という間違いは、吉雄の計算違いがそのまま使われている。実際は1900年以降で計算すると、グレゴリオ暦法では2621年ほどで1日違う勘定になる。

ここではすでに吉雄南臯の“計算違い”が自明のこととされているが、『理學入式遠西觀象圖説』(文政6年(1823))の原典などを実際に確認したかぎり、グレゴリオ暦の精度に関してとりたてて吉雄や塚本の錯誤は見いだせなかった。以下に詳細を報告し一石を投じたい¹。

表1 一年の長さと、それに対するグレゴリオ暦のずれ(線形近似)

項番	種類	日	時	分	秒	差が1日になる年数
1	グレゴリオ暦	365.2425	5	49	12.000	∞
2	『天文年鑑』(2014年)の回帰年年央値	365.24218951	5	48	45.174	3221
3	『遠西觀象圖説』(1823年)の円環年	365.24236111	5	49	0.000	7200
4	文政6年(1823年)の春分年	365.24235574	5	48	59.536	6932
5	明治6年(1873年)の春分年	365.24236091	5	48	59.983	7190
6	文政10年(1827年)の寛政暦歳実	365.242360132122	5	48	59.915	7150
7	『筆算訓蒙』(1869年)の回帰年	365.2421875	5	48	45.000	3200

2. 春分年

通説で直接に“計算違い”とされている問題の一文は『遠西觀象圖説』²中巻 p.43 の

七千二百年ニシテ一日ノ不足トナルノミ

という一文である。

表 1 に 1 年の長さと、それに対するグレゴリオ暦のずれが線形近似で 1 日に達する年数を示す。表 1 の項番 3 のとおり 7200 年に 1 日の誤差に対応する 1 年の長さは 365 日 5 時間 49 分(365.24236111 日)である。実際、『遠西觀象圖説』ではグレゴリオ暦への改暦の経緯を説明した文章(中巻 p.42)の中で、

円環年ノ日時分秒ヲ測ルニ三百六十五日五時四十九分ニシテ

と記述している。着目すべきは「日時分」ではなく「日時分秒」となっていることである。つまり吉雄は 365 日 5 時間 48 分 45.174 秒(表 1 の項番 2)のような明らかに短い長さを分の桁に丸めて 365 日 5 時間 49 分としたのではなく、円環年を秒未満の丸めで 365 日 5 時間 49 分となる長さ(365 日 5 時間 48 分 59.5 秒～365 日 5 時間 49 分 00.5 秒)くらいと認識していたのである。365 日 5 時間 49 分であれば確かにグレゴリオ暦の誤差が「七千二百年ニシテ一日」という記述と整合するので、少なくとも“計算違い”でないことは直ちにわかる。しかし“計算違い”でないならば、この長さはいったい何を意味しているのだろうか？

もちろん吉雄はその定義を『遠西觀象圖説』自体の中に書いている。上記の引用中の“円環年”という現代では使われない用語に注目しよう。この用語の定義は、

円環年トハ太陽白羊宮ノ初度ヨリ漸次ニ右旋シテ元宮即チ白羊宮ニ復ルノ間ニシテ三百六十五日五時四十九分ヲ云フナリ

である(中巻 p.39)。

この定義中の“白羊宮ノ初度”も現代天文学では見慣れないが、中巻 pp.35-37 に黄道十二宮の説明があり、各宮は恒星天に貼りついたものではなく歳差に連動し、その初度は中国暦法の定気の中気に対応するものと読み取れる。“白羊宮ノ初度”は定気の春分に対応する。

つまり『遠西觀象圖説』を書かれたとおり^④に解釈すると“円環年”は「太陽が真黄経 0 度を通過して、再び真黄経 0 度に戻る時間間隔」になる。現代の用語でいう“春分回帰年”(以下、単に“春分年”と称する)である³。一方、我々が通常用いる“回帰年”(より厳密には“平均回帰年”)は「太陽が平均黄経 0 度を通過して、再び平均黄経 0 度に戻る時間間隔」である³。平均黄経は、おおまかに言えば、観測した真黄経から、真黄経→真近点角→(中心差の相殺)→平均近点角→平均黄経と変換して得る黄経で、中心差の相殺はケプラーの第 1 第 2 法則を前提としている。

回帰年と春分年の長さは、章動などの短周期変動を平均化してもなお異なる。春分年には中心差の影響が効くからである。地球軌道の近日点黄経が一定なら中心差があっても両者の長さは同じになる。しかし実際には歳差と摂動の影響で近日点黄経が漸増するため、本稿の議論に無視できない差を生じる。定気の二十四節気の時間間隔に与える中心差の影響については中山茂「消長法の研究(I)」⁴が詳しい。回帰年の長さは着目する黄経(二十四節気)に依存せず、“白羊宮ノ初度”という限定は春分年にとってのみ意味がある。

もちろん天文学的には春分年より回帰年の方が有意義である。しかし、『遠西觀象圖説』の用語の定義は、一年の定義の分類図(中巻 pp.38-39)に見るように、一般に簡潔かつ厳密であり、現に書いてある“白羊宮ノ初度”という記述を無視するような思い込みをせず、『遠西觀象圖説』を文面で読み解けば“円環年”を春分年と解釈するほかない。

では春分年の長さを実際に計算するとどうなるだろう？

本稿では理論的詳細は他⁴に譲り、定気の春分のユリウス日を与える近似式として Jean Meeus “Astronomical Algorithms” (1991) p.166 の、

$$2451623.80984 + 365242.37404Y + 0.05169Y^2 + 0.00411Y^3 - 0.00057Y^4$$

(Y は西暦 2000 年からの経過ユリウス千年紀数)

を使ってみる⁵。

『遠西觀象圖説』が出版された文政 6 年(1823 年)と明治改暦が行われた明治 6 年(1873 年)の春分年の長さを、この式を時間で 1 回微分して求めると表 1 の項番 4・5 のとおりとなる。文政 6 年の春分年は 365 日 5 時間 48 分 59.5 秒となり、『遠西觀象圖説』の記述と確かに整合する。

回帰年と春分年の長さの違いを直観的に理解するには、現在と(地球の近日点と季節の関係が逆転する)一万年余の未来での二至二分の配置をイメージすればよい⁶。暦を正確に回帰年に同期させ、潮汐摩擦もなく地球の公転軌道の離心率が変化しない模式的なケースを想定して二至二分の間隔をそのまま半年ずらす(冬至→夏至、秋分→春分、夏至→冬至、秋分→春分)と、今後一万年余のあいだに二至二分の配置が表 2 のとおり変化する。

表 2 回帰年と春分年の長さの違いの模式的な説明

現在				一万年余の未来			
西暦	二至二分	日付	間隔	西暦	二至二分	日付	間隔
2011年	冬至	12/22	89日	1XXX1年	冬至	12/21	93日
2012年	春分	3/20		1XXX2年	春分	3/23	
2012年	夏至	6/21	93日	1XXX2年	夏至	6/21	90日
2012年	秋分	9/22	93日	1XXX2年	秋分	9/18	89日
2012年	冬至	12/21	90日	1XXX2年	冬至	12/20	93日
近日点通過は1月上旬				近日点通過は7月上旬			

この模式的な例では春分年は回帰年より一万年余りあたり 3 日長くなる。後世の混乱は回帰年と春分年の混同に起因していたようである。

春分年の意義は天文学的意義ではなく、むしろグレゴリオ暦との密接な関係にある。ユリウス暦からグレゴリオ暦への改暦が、第 1 ニカイア公会議(325 年)で決定した復活祭の基準とする春分日である 3 月 21 日と“実際の春分”とのずれを解消する目的^(iv)でなされたことは周知である⁷。そして、この改暦で問題となった“実際の春分”が平均黄経の春分ではなく真黄経の春分であるのは、その宗教的位置づけからも、また改暦がなされた 1582 年がケプラーの第 1 第 2 法則が発表された 1609 年に先行し現代天文学の意味での平均黄経や平均運動の概念が成立する以前に遡ることからも明らかである。ケプラー以前においても離心円および周転円の回転周期という意味で(いわば旧バージョンの)回帰年の概念は存在した。しかし、ローマ法王庁のグレゴリオ暦改暦 400 周年記念出版“Gregorian Reform of the Calendar” (1982) p.123 にある Jerzy Dobrzycki の下記の記述:

The spokesman for the actual Gregorian reform, Christoph Clavius, investigated carefully, the effect of the (Copernican) anomaly of the equinoxial

points on the date of equinox. Clavius' exposition of the Gregorian calendar, the *Romanii calendarii explicatio*, contained a lengthy analysis of this effect, using Prutenic Tables and concluding that the adoption of the mean solar year could produce at most an error of one day in the actual equinox.

を読めば、クラヴィウスは暦を回帰年に同期させると暦と実際の春分が最大 1 日違う勘定になると考えていたことがわかる⁶。つまり、クラヴィウスはグレゴリオ暦への改暦に際して、回帰年と春分年の違いによるずれを認識した上で、自覚的に現行置閏ルールを選択したものと思われる⁸。

明治改暦と関連し最低限言い得ることは、下記の 2 つの客観的事実である。少なくとも結果的には、実際に —

- i. 吉雄南阜の認識の如何に関係なく、
『遠西観象圖説』に書かれた“円環年”は定義と値の両方とも春分年に一致し、定義と値に矛盾はない。
- ii. 塚本明毅^{あきかた}が知っていたか否かに関係なく、
明治改暦の時点で「グレゴリオ暦はその制定目的に対して約七千年に一日の誤差」であった。

3. 回帰年

『遠西観象圖説』の 365 日 5 時間 49 分(365.24236111 日)という長さには、実は春分年以外にもうひとつ有力な候補がある。365 日 5 時間 49 分に至る回帰年の系譜が存在するのである。ここではその系譜を遡ってみる。

まず内田正男が「日本の暦法」(『数理科学』1974 年 1 月号 p.29)に示した日本の暦法の一覧を表 3 に引用する。

寛政暦の太陽年の採用値が 365.24235 日と、一見して『遠西観象圖説』の“円環年”に近いことが看取される⁹。この 365.24235 日は寛政暦が始行された寛政 10 年(1798 年)の値である。寛政暦の太陽年は消長法を採用しており 10 年ごとに改訂されるので、『遠西観象圖説』の出版年に近い年次の値を探したところ、佐藤政次『暦学史大全』(1968) p.335 に、文政 10 年(1827 年)の寛政暦の歳実(1 年の長さ)が 365.242360132122 日であるとの記述を発見した¹⁰。これに対するグレゴリオ暦の誤差を表 1 の項番 6 に示す。

寛政暦は諸々の暦定数が歳差の周期 25,400 年で周期的に変動するという麻田剛立創案の消長法を採用している。特に歳実は、結果的に『春秋』(および「左氏伝」)の記録(前 9～6 世紀)・ヒッパルコス¹¹の観測(前 2 世紀)・『暦象考成後編』(1742)の歳実などと整合する折れ線グラフになっている。いわば実験式である。この実験式は中山茂「消長法の研究(III)」¹¹によれば、西暦 133 年以降、

表 3 日本の暦法

暦法	始行年	行年数	採用値	
			太陽年	朔望月
元嘉	持統天皇 6 年(692)	5	365 日.2467	29 日.53059
儀鳳	文武天皇元年(697)	67	.2448	.53060
大衍	天平宝字 8 年(764)	94	.2444	.53059
五紀	天安 2 年(858)	4	.2448	.53060
宣明	貞観 4 年(862)	823	.2446	.53060
貞享	貞享 2 年(1685)	70	.2417	.53059
宝暦	宝暦 5 年(1755)	43	.2416	.53059
寛政	寛政 10 年(1798)	46	.24235	.530584
天保	弘化元年(1844)	29	.24222	.530588
(現行)	明治 6 年(1873)	100	.24219	.530589

(主として平山清次氏による)

$$365.2416204385 + 4.35370 \times 10^{-7}(y-133)$$

という一次式で表される (y は西暦)。文政年間の歳実『暦象考成後編』の歳実 365.24233442 日に近い値である。

『清史稿』「時憲書」雍正癸卯元法によれば、時憲曆雍正癸卯元法の同じ歳実 365.24233442 日は奈端(ニュートン)が算出したという 365.2423344201415 日を小数点以下 8 桁に丸めたものである。時憲曆を雍正癸卯元法に改訂して『暦象考成後編』を著したドイツ人宣教師の戴進賢(ケーグラー, 1680-1746)らが当時最新の知識としてヨーロッパから清朝に持ち込んだ値であった。

ニュートン(ユリウス暦 1642/グレゴリオ暦 1643-1727)が 1 年の長さを算出した手稿のいくつかが Ari Belenkiy and Eduardo Vila Echagüe “Groping Toward Linear Regression Analysis: Newton’s Analysis of Hipparchus’ Equinox Observations”¹²で読める。ニュートンは古代ギリシアのヒッパルコスの観測と直近の王立天文台の観測とを組み合わせ、回帰年を計算したようである。計算した太陽年は春分年ではなく回帰年である。ニュートンの計算結果が回帰年としては過大であることに関する同論文の分析は措いて、筆者にはニュートンの値は結果的には妥当¹³に見える。地球の自転の減速の効果を補正しない¹³生の古代ギリシア時代の回帰年と直近の時代の回帰年の平均値にほぼ一致するからである¹⁴。また Jeremy Horrox の 1673 年の算出値が完全に『遠西觀象圖説』と一致することも興味深い。いずれにせよ、本稿の観点では問題の回帰年の系譜がニュートンに始まることを確認できれば十分である。

以上のように遡って辿った経緯を時系列順に整理すると下記の系譜になる。吉雄の値は当時の官曆と一致している。

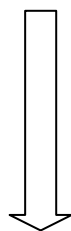
ニュートン：直近の王立天文台の観測と古代のヒッパルコスの観測から
回帰年の日数を算出(1700 年ころ)

365.242326388889 日 (365 日 5 時間 48 分 57.000 秒)



ケーグラー：ニュートンの値を清朝に持ち込み、時憲曆を改訂、
その成果を 1742 年に『暦象考成後編』として出版

365.2423344201415 日 (365 日 5 時間 48 分 57.694 秒)



麻田剛立：『時中曆』

365.24234054048 日 (365 日 5 時間 48 分 58.223 秒)¹⁵
(天明 7 年(1787 年)元期)



高橋至時ら：寛政曆で時中曆の周期的消長法による歳実を使用



高橋景保ら：寛政曆 文政 10 年(1827 年)歳実

365.242360132122 日 (365 日 5 時間 48 分 59.915 秒)

グレゴリオ暦と 7150 年に 1 日の差

4. 考察

以上の検証で「客観的には吉雄南皐と塚本明毅に錯誤はない」ことまでは確認できた。次の興味は、彼らが実際に回帰年と春分年の定義の違いを認識していたか否かである。

4.1. 吉雄南臯

吉雄南臯に関しては、Pibo Steenstra “Grondbeginsels der sterrekunde”(原著 1771-1772, 翻訳 天保 8 年(1837))¹⁶という文献に着目したい。同書は、有名な『ラランデ暦書』(原著 1771-1773, 翻訳 天保 7 年(1836))と同時代の文献で、天保暦の太陽年 365 日 5 時間 48 分 49 秒(365.24223 日)の典拠とされる。第 2 巻 pp.442-458 で平均太陽年の長さが議論され、1880 年間の“太陽年”の平均である 365 日 5 時間 49 分 $150/60$ 秒から中心差(Equatio Centri)の影響を相殺して回帰年を求めるという類の議論を行っているようである¹⁷。1880 年は章動の主要項の周期のちょうど 101 倍であり¹⁸、章動による春分日時の周期的変動を打ち消すのに都合がよい。つまり上記の“太陽年”の平均は春分年に相当する。直接「測ル」のは春分年¹⁹であり、回帰年はケプラーの方程式を解いて間接的に導出するものなのである。

“Grondbeginsels der sterrekunde”は後に山路諧孝が『西暦新編』として一部を訳出²⁰したが、訳出以前においても『ラランデ暦書』と同じく原書で、高橋景保・渋川景祐兄弟らが天保の改暦に向けて研究していたものと思われる。シーボルト事件(文政 11 年(1828))に連座した²¹ことからわかるように吉雄は彼らと交流があり、蘭学者として“Grondbeginsels der sterrekunde”の読み解きに協力していた可能性が高い。同書の平均太陽年の長さについての議論の直後にはグレゴリオ改暦の経緯についての解説もあり、同書は『遠西観象圖説』の情報源のひとつと推定できる。おそらく、ほぼ確実に吉雄は同書を読んでいる。

“Grondbeginsels der sterrekunde”を読めば天保暦が典拠とした回帰年のより正確な長さが書いてある。また、自力で春分年の長さを計算することも可能である。同書の平均太陽年の長さに関する議論を理解していれば回帰年と春分年を混同することはない。こうしてみると吉雄南臯が回帰年と春分年の定義の違いを認識していた可能性は高い。

4.2. 塚本明毅

塚本明毅に関しては、最近出版された塚本学『塚本明毅: 今や時は過ぎ、報国はただ文にあり』(2012)p.147 に興味深い記述がある。

太陽暦一歳は三六五日五時間四八分四五秒という数値は、明治二年九月刊行の『筆算訓蒙』にも記されていた。

明治改暦以前に塚本自身が著した数学教科書『筆算訓蒙』に「誤差 3200 年に 1 日」(表 1 の項番 7)に対応する回帰年が記されていたのである²²。つまり、塚本は教科書には「誤差約三千年に一日」、建議書には「誤差約七千年に一日」と使い分けていたことになる。

教科書の目的は科学的により有意義な最新の知識を提供することである。一方、建議書の目的はプロモーションであり、“嘘のない範囲で”グレゴリオ暦の精度を強調する必要がある。よって、もし「誤差約三千年に一日」と「誤差約七千年に一日」の違いが情報の新旧によるものであれば、公文書である建議書に「誤差約七千年に一日」という記述は使えない²³。塚本明毅が「誤差約三千年に一日」と「誤差約七千年に一日」の違いが情報の新旧によるものではなく、回帰年と春分年の定義の違いであると認識していたとすれば、教科書と建議書の使い分けを無理なく説明できる。

もうひとつ指摘すべきことがある。もともと塚本明毅が『遠西観象圖説』を引用した²¹とされたのは「誤差約七千年に一日」という値の類似による。しかし、これは「誤差約七千年に一日」が“計算違い”であってこそ成立する推定である²⁴。「誤差約七千年に一日」であることは客観的な事実(§ 2 結論 ii)であり、誰もが独立して再計算・再確認

できるので、値の類似だけでは引用と断言できない。証明するには値の類似以外の別の証拠がさらに必要である。塚本明毅が実際に引用したか否かは不明とせざるを得ない。

4.3. 『七千年ノ後僅ニ一日』の謎

吉雄南臯が太陽年の値に 365 日 5 時間 49 分(“円環年”)を採用した理由は、その値が“理學入式”書でケプラーの法則を詳説せずに簡潔かつ厳密に定義できる直接に観測と対応した値¹⁹である(§2, §4.1)と同時に、たまたま寛政暦の歳実に一致(§3)したためではないかと筆者は考えている。『遠西觀象圖説』出版当時の官暦である寛政暦の値は政治的にも安全な値²⁵であった。また塚本明毅の建議書についても、グレゴリオ暦(=新製品)の採用を提案する建議書が、グレゴリオ暦がその制定目的を基準にして精度が高いこと(=設計性能が良いこと)を強調するのはごく自然である。吉雄と塚本は当たり前のことを書いたにすぎず、いわれのない“俗説”で不当に貶められていると感じざるを得ない。

筆者は不勉強で「吉雄南臯の“計算違い”」というような通説が発生し拡散した経緯を把握していない²⁶。しかし常識的には、問題が単なる「吉雄南臯の“計算違い”」でないこと(§2 冒頭)は、最初にまず行はずの原典史料の調査で、たった一行(いや、たった一字?)

円環年ノ日時分秒ヲ測ルニ三百六十五日五時四十九分

という記述を確認するだけでわかる。また文政年間の著作の歳実の典拠として最初にまず調査し比較すべきは当時の官暦だった寛政暦の歳実のはずである(§3 冒頭⁹)。ともに「先行研究者の史料調査によって調べ尽くされ」たようには見えない。通説の発生拡散経緯には謎が多く、それらの謎こそ筆者にとって『七千年ノ後僅ニ一日』の謎である。

5. さまざまな暦の概観

これまでの節では 365 日 5 時間 49 分という長さをキーにして各種の資料の関連を考察してきた。ここでは補論として、より広い視点からさまざまな暦を概観してみる。

5.1. 一年の長さ

表 4 さまざまな一年の長さ

暦名	西暦	1年の日数		誤差が1日に達する年数			by Jean Meeus	
		小数	(規則)	グレゴリオ暦年	冬至年*	春分年*	冬至年	春分年
(ユリウス暦、四分暦)	2000	365.25000	1/4	133	138	131	365.24274	365.24237
大明暦	510	365.24281	9589/39491	3176	8999	1681	365.24293	365.24222
(アルフォンソ・テンプル)	1252	365.24255		21600	3481	4007	365.24283	365.24230
淳祐暦 淳祐十二年	1252	365.24278	857/3530	3621	17427	2086	365.24283	365.24230
会天暦 宝祐元年	1253	365.24292	2366/9740	2405	12144	1616	365.24283	365.24230
成天暦 咸淳七年	1271	365.24272	1801/7420	4497	9187	2360	365.24283	365.24230
授時暦 至元十八年	1281	365.24250		∞	3031	4993	365.24283	365.24230
グレゴリオ暦	1582	365.24250	97/400	∞	3419	5911	365.24279	365.24233
(ルドルフ・テンプル)	1627	365.24219		3200	1668	6758	365.24279	365.24234
時憲暦 康熙二十三年	1684	365.24219		3200	1688	6499	365.24278	365.24234
貞享暦 貞享元年	1684	365.24170		1244	923	1549	365.24278	365.24234
宝暦暦 貞享元年	1684	365.24170		1244	923	1549	365.24278	365.24234
ハレー	1684?	365.24230		5082	2098	26225	365.24278	365.24234
ニュートン&フラムステード	1700?	365.24233		5959	2244	92158	365.24278	365.24234
時憲暦 雍正元年	1723	365.24233		6039	2270	90962	365.24277	365.24235
宝暦暦 宝暦四年	1754	365.24163		1144	873	1384	365.24277	365.24235
寛政暦 天明七年	1787	365.24234		6271	2345	87112	365.24277	365.24235
(遠西觀象圖説) 文政六年	1823	365.24236		7200	2491	186240	365.24276	365.24236
(グレゴリオ暦)	1823	365.24250	97/400	∞	3809	6932	365.24276	365.24236
寛政暦 文政十年	1827	365.24236		7150	2488	251452	365.24276	365.24236
天保暦 弘化元年	1844	365.24222		3571	1852	7251	365.24276	365.24236
(グレゴリオ暦)	1872	365.24250	97/400	∞	3900	7184	365.24276	365.24236
(回帰年)	2000	365.24219		3230	1818	5445	365.24274	365.24237
(冬至年)	2000	365.24274		4158	∞	2729	365.24274	365.24237
(春分年)	2000	365.24237		7939	2729	∞	365.24274	365.24237

* 当時の値に対するベース(太陽黄経の2次以上の項&自転の減速含まず)

さまざまな一年の長さを表 4 に示す。

ニュートンの計算値が春分年に近いのは、手稿の途中計算経緯から偶然であることがわかる。一方、南宋の暦法の一年の長さが冬至年に近いのは、長年月にわたって同じ設計の観測機材で、主に冬至の時刻の観測を継続した結果の可能性がある。さらに遡って大明暦の一年の長さが冬至年に近いのは偶然であろうか？ 状況証拠ではあるが、一年の長さの誤差を回帰年のみを基準として評価していたのでは見えてこない新しい視点を提示している。

5.2. 中心差

地球から見た太陽の運動に中心差に相当する盈縮があることは、古来より洋の東西を問わず知られていた。表 5 は代表的な理論や暦法での中心差の振舞を一覧したものである²⁷。

表 5 代表的な理論や暦法の中心差

名前	中心差			三角級数振幅/度		
	最大値/度	真近点角/度	平均近点角/度	a_1	a_2	a_3
アルマゲスト	2.388	90.000	87.612	2.3873	0.0497	0.0014
麟徳暦	2.727	90.000	87.273	2.1956	0.0505	-0.1949
大衍暦	2.388	90.000	87.612	2.4782	0.0485	0.1173
宣明暦	2.394	90.000	87.606	2.4469	0.0495	0.0659
授時暦	2.367	90.000	87.633	2.4183	0.0326	0.0671
アールヤバディーヤ	2.149	92.149	90.000	2.1490	0.0000	-0.0001
スールヤ・シッダーンタ	2.176	92.176	90.000	2.1913	0.0000	0.0106
回々暦	2.013	90.036	88.023	2.0127	0.0354	0.0008
貞享暦	2.027	89.615	87.588	2.0696	0.0293	0.0540
楕円軌道(ケプラー運動)	1.915	90.718	88.803	1.9148	0.0200	0.0003

真近点角を v 、平均近点角を M とするとき、中心差の欄は中心差の最大値($v-M$)、ここでの真近点角(v)、ここでの平均近点角(M)、三角級数振幅の欄は中心差 $v-M$ を M の三角級数で、

$$v - M = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin nM$$

と表したときの振幅 a_1, a_2, a_3 である。

理論や暦法の類似性を視覚化するため、 $n=11$ の高調波までの成分の振幅をベクトルとみなして主成分分析(PCA)にかけたものが図 1 である²⁸。目盛の絶対値は任意だが、縦軸と横軸の比に意味があるので縦横比の正規化はしていない。

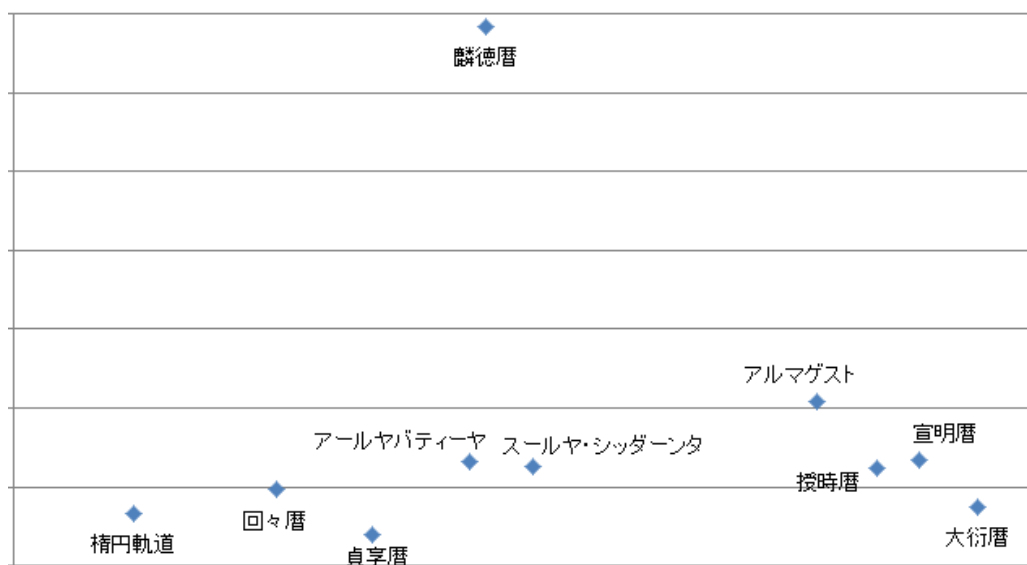


図 1 代表的な理論や暦法を中心差の主成分分析

貞享暦は授時暦などのグループにくらべてはるかに楕円軌道²⁹に近く、暦定数が大幅に改善していることがわかる³⁰。図 1 によれば貞享暦に最も近い暦法は回々暦である。渋川春海は師である岡野井玄貞經由で朝鮮通信使朴安期が招来した『七政算』外篇³¹の回々暦を閲覧³²していた可能性が高い。授時暦と回々暦の日行盈縮を自らの観測と比較し、回々暦の方が高精度と判断して回々暦により近い暦定数を採用したのではないかと考えられる。

貞享暦のさらなる改暦を目指した徳川吉宗は、貞享暦の誤差を見出すため中根元圭に命じて享保 17 年 (1732 年) に伊豆で日出時限および太陽最高点を実測させたが、中根元圭は「貞享暦と差異無き」と復命した³³。貞享暦は当時の観測精度では差異が検出できないほど近似精度が大幅に向上していたのである。

5.3. さまざまな天文学的概念

筆者は『暦の大事典』の寛政暦と宝暦暦の項を執筆するにあたって必要に迫られ、試みに、地球からみた太陽運動に限らず、さまざまな天文学的概念を用いて、さまざまな暦法とそれらの元となる観測および理論の関係を整理してみた³⁴。

江戸時代の日本製の暦法や明治改暦に関わるさまざまな概念や理論は、“鎖国”という用語からは想像できないほど世界各地のさまざまな先人の成果がとりいれられていることがうかがえる。しかし、表 6 と表 7 は筆者の能力の問題もあり、正確性と網羅性が今後の課題となっている。特に最近になって重要性を認識した回々暦に関わる情報が欠落している。表 6 と表 7 の正確性と網羅性の向上のため、広くご教示いただければ幸いである。

表 6 天文学的概念と暦の対応

大項目			中項目		小項目		地域									
			古代オリエント ギリシャ・ローマ ヨーロッパ		(キリスト教教会暦)		イスラーム		インド		中国		日本			
観測者			里差/視差		エラトステネス?		—		(インド天文学経由で知る)		アールヤバタ『アールヤパティーヤ』(紀元500年ごろ)33-34節に視差の計算あり		[モンゴル]耶律楚材<庚午元暦>		<貞享暦>	
地球	歳差			ヒッパルコス		—		(ギリシャ天文学経由で知る?) 新『スールヤ・シッダーンタ』はアル・ バッターニーがプトレマイオス体系 をイスラームに取り込むより早い。 時系列は微妙。		ヒッパルコスの歳差はインド古典天文学では採用 されていない。 8-9世紀に成立したサウラ学派の新『スールヤ・ シッダーンタ』にはユガ当たりの歳差回転数という パラメータがあり、日出・日没の計算に使われる。		[東晋]虞喜・咸康(335-342)年間の発見		<大衍暦>		
		中心差				—		(インド天文学経由で知る)		周転円ひとつ		[北齐]張子信・日行盈縮発見 [唐]李淳風<麟德暦(儀鳳暦)>は未だ不完全 [唐]一行<大衍暦>:中心差といえる形に整う。 [清]湯若望ら<時憲暦>:定気の採用		<儀鳳暦> <大衍暦> <天保暦>		
	近日点移動		(トレド表経由で知る)		—		アッニザルカーリー al-Zarqālī (12.04秒/年)		8-9世紀に成立したサウラ学派の新『スールヤ・ シッダーンタ』では考慮されていない。		[明]徐光啓ほか『崇禎暦書』		天経或問→ <貞享暦>			
	章動		ブラッドリー(ニュートンやフラムスティードも議論)		—		近代まで伝わらず。		近代まで伝わらず。		近代まで伝わらず。		<天保暦>(?)			
	摂動 (金星と木星など)		ニュートン力学で予測され、18世紀に天体位置論 に取り入れられる。 ニュートン、オイラー、ラプラス、ラランド etc.		—		近代まで伝わらず。		近代まで伝わらず。		近代まで伝わらず。		<天保暦> 石原幸男氏が『続新法暦書』の定気の計算で摂動 が考慮されていることを確認。			
尽数関係	置閏周期	5年2閏	—		—		—		ラガダ『ヴェーダ補助学としての暦法』(前5世紀) Lagadha "Jyotiṣavedāṅga" バビロニアの影響と言われる		—		—			
		8年3閏	古代ギリシャで知られる?		ユリウス暦復活祭 (ヒッポリトゥス方式)		—		プトレマイオス直前のギリシャ天文学の体系を ベースに周転円の組み合わせで位置推算を行う ため、尽数関係は表に出ない?		戦国時代の<四分暦>(〈顓頊暦>など)		—			
		章法 (19年7閏)	メトン(←バビロニア) カリポス		ユリウス暦復活祭 (アレクサンドリア方式)		イスラーム成立以前から知られる?		—		[劉宋]何承天<元嘉暦>		<元嘉暦>			
		—	ヒッパルコス		—		—		—		[北涼]趙ひく孟鳩暦>		<儀鳳暦>			
		破章法	—		グレゴリオ暦復活祭		—		—		[新]劉歆<三統暦>		—			
	食周期	135朔望月 (サロス)	カルデア人(前7世紀末)		—		—		—		[南宋]楊忠輔<統天暦>		—			
		223朔望月 (イネックス)	ヒッパルコス?		—		—		—		—		—			
		358朔望月 (ニューカム)	ニューカム		—		—		—		[唐]李淳風<麟德暦>		<儀鳳暦>			
		716朔望月	—		—		—		—		—		—			
		—	—		—		—		—		—		—			
月	交点		ヒッパルコスないしそれ以前 白道傾角5度		—		(インド天文学経由で知る)		ラーフ「交点」の総称→「昇交点」 ケートウ「慧星」→「降交点」 白道傾角4度30分		[後漢]賈逵『論暦』:交点を意識(九歳九道一復)? [後漢]劉洪<乾象暦>:白道と黄道の傾斜を明記 [魏]楊偉<景初暦>:交点による日月食予報		<元嘉暦>			
	中心差 近地点移動		ヒッパルコス		—		周転円ひとつ		[後漢]賈逵『論暦』:月行遅疾 [後漢]劉洪<乾象暦>:位置推算に取り入れる [唐]傅仁均<戊寅暦>:定朔の採用 『七曜攘災決』ではケートウは「遠地点」		<儀鳳暦>					
	出差		プトレマイオス		(ギリシャ天文学経由で知る)		少なくとも10世紀まで伝わらず。 出差が伝わらなかったことから、インド古典天文学が プトレマイオスより前のギリシャ天文学を ベースにしていると、切り分けられる。 Mañjula "Laghu-mānasa" (932 AD)に初めて記述 がみられるが、扱いにオリジナリティがあり、独自 発見の可能性もある。		<回暦> (朔・望では中心差と出差を分離できない)		<寛政暦>(?) もとにした『唐象考成後編』の用語は「初均」「二均」 「三均」など。このうち「二均」は現代天文学の「二均 差」に対応するが、その他は直接現代天文学の概念 に対応しない。理論体系全体としては、ティコ・ブ ラーエやケプラーのパラメータに対応していると思 われる。					
	二均差		ティコ・ブラーエ		—		アブー・アルワファー		近代まで伝わらず		[明]徐光啓ほか『崇禎暦書』		<寛政暦>			
	年差		—		—		—		—		—		<寛政暦>(?)			
	—		—		—		—		—		—		—			

表 7 参照関係

暦法		文献				観測・記録								
暦法名	参照	ID	著作名	著者	参照	記録地	ID	記録者・観測者	「消長法の研究①」記載の記録(<>を除く)					
顓頊暦など(紀元前4-2世紀) 365d6h00m00.0s ユリウス暦(45BC) 365d6h00m00.0s						古代中国	a	(春秋) (春秋左氏伝)	献公15(883BC) 僖公5(655BC) 昭公20(522BC)	冬至				
						古代ギリシャ	m h	メトン(紀元前5世紀) ヒッパルコス(c.190BC-c.120BC)	432BC 162BC~128BC	夏至 春分・秋分				
						中世イスラーム					x b		830~851	春分・夏至・秋分
		A	アルマゲスト(c.150) 365d5h55m12s	プトレマイオス(c.83-c.168)	m,h									
		B	トレド・テーブル(c.1080)	アッニザルカーリー(1028-1087)	A?,b?,x?									
		C	アルフォンソ・テーブル(1252) 365d5h49m16s	ポルトガル王 アルフォンソ10世(1223-1284)	B	中国元代	d	郭守敬(1231-1316) 王恂(1235-1281)ら	至元14(1277)~至元16(1279)	冬至・夏至				
		D	授時暦終、授時暦議		d,a									
授時暦(1281) 365d5h49m12.0s		D						e				コペルニクス(1473-1543)	<c.1515-6>	<春分・秋分>
グレゴリオ暦(1582) 365d5h49m12.0s		E	天球の回転について(1543) 365d5h49m17.2s	コペルニクス	C,e									
		F	プロイセン・テーブル(1551)	ラインホルト(1511-1553)	E									
		G	天界の新現象(1588)	ティコ・ブラーエ	g									
		H	新天文学(1609) - 第1,2法則											
		I	宇宙の調和(1619) - 第3法則											
		J	ルドルフ・テーブル(1627) 365d5h48m45s	ケプラー(1571-1630)	g									
時憲暦 天聡戊辰元法(1645)		K	崇禎暦書(1642)	徐光啓(1562-1633) アダム・シャール(1591-1666)ら	G									
		X	天経或問(1675)	游子六	K									
		L	暦算全書(1723)	梅文鼎(1633-1721)	K									
時憲暦 康熙甲子元法(1684) 365d5h48m45.0s		M	暦象考成上下編(1724)	梅穀成(?-?) 何国宗(?-1767)	K,J?									
		N	ニュートン手稿(1700) 365d5h48m57.0s	ニュートン(g1643-1727)	n,h	n	フラムスティード(1646-g1719) ハレー(1656-1742)	<17世紀後半>						
		O	暦象考成後編(1742)	ケーグラール(1680-1746)ら	H,I?,N,o?	o	カッシーニ(1625-1712)							
時憲暦 雍正癸卯元法(1723) 365d5h48m57.7s		O						p				ラランド(1732-1807)	<18世紀後半>	
		P	天文学(1771-1773) 365d5h48m45.5s	ラランド	p									
		P'	天文学(1771-1772) 365d5h48m49s, etc.	バイボ・ステーンストラ(c.1731-1788)	P, ?									

暦法		文献				観測・記録			
暦法名	参照	ID	著作名	著者	参照	記録地	ID	記録者・観測者	「消長法の研究①」記載の記録(<>を除く) 記録の年代 対象の二至二分
			Q 貞享暦(1684)	渋川春海	D,X,q	日本	q	渋川春海(1639-1715)	延宝元(1673)～貞享3(1686) 冬至・夏至
			Q' 天文環統(1698)						
貞享暦(1684) 365d5h48m02.5s	Q						r	西川正休(1693-1756) 渋川則休(1717-1750) 土御門泰邦(1711-1784)	宝暦2(1752)～宝暦4(1754) 冬至・夏至
			R 暦法新書<宝暦暦>(1754)	土御門泰邦ら	Q,r				
宝暦暦(1754) 365d5h47m50.5s	R						s	佐々木長秀(1703-1787)	
			S 暦法新書続録<宝暦暦>(1770)	佐々木長秀ら	R,s		t	麻田剛立(1734-1799) 高橋至時(1764-1804) 間重富(1756-1816)	<18世紀後半～末>
修正宝暦暦(1771) 365d5h47m56.5s	S								
			T 暦法新書<寛政暦>(1797)	高橋至時ら	O,M,K,L,h,t		y	渋川景祐(1787-1856)	<19世紀前半>
寛政暦(1798) 365d5h48m58.8s	T								
			U 遠西観象図説(1823) 365d5h49m00.0s	吉雄俊蔵(1787-1843)	T?,O?				
			V 寛政暦書(1844)	渋川景祐ら	T,O				
			W 新巧暦書(1836-Pの翻訳)	渋川景祐ら	P				
			W' 西暦新編(1837-P'の翻訳)	山路諧孝(1777-1861)	P'				
			Y 新法暦書<天保暦>(1852)	渋川景祐 山路諧孝ら	W,W',y				
天保暦(1844) 365d5h48m49s	W,Y								
			Z 明治改暦の建議(1872) 365d5h48m59.7s	塚本明毅(1833-1885)	U				

¹ 本稿は“「七千年ノ後僅ニ一日」の謎”(『日本暦学会』第21号,2014,pp. 2-5)に、その後判明した情報を加筆し改稿したものである。

² <https://books.google.co.jp/books?id=nwDnzYUT8RcC&hl=ja>

³ 『日本暦日原典』p.493 および http://en.wikipedia.org/wiki/Tropical_year

⁴ 科学史研究, 66(1963) pp.68-84.

⁵ この式は力学時系で記述され地球の自転の減速を含んでいないが、我々の時系は19世紀末の時点で時計合わせされているので、線形近似の範囲では19～20世紀の議論には影響ない。本件に限らず本稿の結論に影響ない詳論は割愛する。

⁶ 筆者のおおまかなモデル計算では、暦を回帰年に同期させると春分が一万年あまりで約3日ずれる。http://suchowan.at.webry.info/201110/article_8.html

⁷ 井上圭典「科学随想 回帰年」日本暦学会,第20号(2013)p.6.

⁸ 提案者であるリリウスらの認識は別問題である。

⁹ 『数理科学』1974年1月号と『日本暦日原典』(1975)の時期の近さを考慮すると、この事実がなぜ見逃されたのか謎である。なお表3の天保暦の太陽年の小数部は.24223が正しい。

¹⁰ 『暦学史大全』には誤植が多いが、検算したところ小数点以下10桁まで実験式と一致した。

¹¹ 科学史研究, 69(1964), pp.8-16.

¹² <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0810/0810.4948.pdf>

¹³ むしろ、地球の自転の減速の効果が知られ時間標準の改訂が進行中の1975年の時点での「実際は<中略>2621年ほどで1日違う勘定になる。」という記述が謎である。すでに現実との乖離は明らかだった(古くは平山清次『暦法及時法増補版』(1938)p.213など)。脚注24の事情で古い値を使ったのだろうか？

¹⁴ [http://hosi.org/a/pcs/373rd\(20120317\)-P05.png](http://hosi.org/a/pcs/373rd(20120317)-P05.png) または http://yahoo.jp/box/L_aW_s

¹⁵ 『麻田剛立』(大分県先哲叢書,2000)p.322によればこの数値は麻田一門の『暦象考成後編』入手以前に遡る。

¹⁶

<http://books.google.co.jp/books?id=LE5YAAAAAYAAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Pibo+Steenstra%22&hl=ja&sa=X&ei=GtvGUNzKFoW4kgXwp4G4Ag&ved=0CDkQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false>

¹⁷ 筆者はオランダ語が読めないため数字から議論を推定していることをお許し願いたい。1880年前の観測とはヒッパルコス(Hipparchus)の観測のことなので、ニュートンの計算との違いがなぜ生ずるのか分析できていない。脚注12の文献の分析も興味深い。

¹⁸ 内田正男『こよみと天文・今昔』(1981)p.79も、章動周期の約5倍の期間の計算で、うまく“冬至年”を導いている。

¹⁹ 回帰年と春分年の違いの説明は“理學入式”書である『遠西觀象圖說』のレベルを超える。「円環年ノ日時分秒ヲ測ルニ」と書く以上は春分年の方を採用せざるを得ないだろう。

²⁰ 渡辺敏夫『近世日本天文学史(上)』(1986)p.358によれば翻訳にとりかかったのは文政12年(1829)である。つまり文政12年(1829)以前に日本に舶来していた。

²¹ 能田忠亮『暦学史論』(1948)p.281.

²² <http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/827631/52> の右ページ

²³ 理由を問われて「高精度に見せかけるためにわざと古い値を使った」とは説明できない。まさか、自分自身が以前教科書に書いた値を失念したとでも言い訳をするのだろうか。

²⁴ 計算違いで引用が特定できる具体例として、脚注 13 の「2621 年」という記述が挙げられる。グレゴリオ暦のずれは平山清次『暦法及時法』(1933)p.17 では 2621 年で 1 日、4542 年で 2 日としている。しかし、同書 p.16 の回帰年の計算式で検算すると前者は 2620 年、後者は 4540 年となる。後者の違いは丸め誤差などでは説明がつかず、おそらく両者とも単純に平山の計算違いと考えられる。『日本暦日原典』(1975)p.544 には平山のこの 40 年以上前の計算違いがそのまま使われている。

²⁵ 岡田芳朗『明治改暦』(1994)p.23 に吉雄が『遠西觀象圖說』で業列互利(グレゴリウス 13 世)を法王でなく学士としたのは政治的配慮ではないかとの指摘がある。

²⁶ 脚注 21 のページの引用との指摘までしか遡っていない。

²⁷ http://suchowan.at.webry.info/201506/article_4.html

²⁸ http://suchowan.at.webry.info/201506/article_6.html および須賀隆「貞享暦のオリジナリティに関するノート」(『日本暦学会』第 23 号,2016, pp.11-13)

²⁹ 表 5 と図 1 の楕円軌道の離心率は現在値を用いている。

³⁰ 石原幸男『『アルマゲスト』と授時暦』では『アルマゲスト』と中国歴代暦法が比較されている(→

http://www.asahi-net.or.jp/~jc1y-ishr/Almagest/Joukyoureki_NikkouEishuku.html)。

³¹ 『李朝実録(世宗-七政算)』(1980)。

³² 『暦の大事典』(2014) p.266。

³³ 能田忠亮『暦学史論』(1948)pp.221-222。

³⁴ <http://www.asahi-net.or.jp/~dd6t-sg/pcs/calendar-constants.xls>