

## 連載

## 天文学史教材としての天体観測儀器 3DCG 復元【1】

## 日本の歴史

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

天文学史とは簡単に言えば「天文学の歴史」を表す。もっとも、その内容は非常に多様で、さまざまな発展があり多くの解釈がなされた。

古来、天象は人々の生活に密接に関係し、天を知ることは世を統べることと同義だった。故に時の指導者たちは挙（こぞ）って天の事象について研究を行い、その中で生まれたものが時法や暦法である。また星の運行から吉凶を占う占星術、呪術が現れ、これらが時に歴史を動かすこともあった。

古来より人々が空を眺め、その不思議を解読しようとした結果、歴史書の中に天文現象の観測記録が残っている場合が多々ある。そういった歴史の中の天文学を対象とし、過去に起きた天象の謎を紐解いていく学問が天文学史であり、その研究の基本スタンスである。

本連載では、そのような奥深い天文学史に親しむための教材として、当時用いられた‘古’天体観測儀器の 3DCG 復元について紹介していきたい。第 1 回目の今回は、まず準備として、天文学史のいくつかの研究手法と、日本の天文学、とくに暦法の歴史について簡単ながら紹介させていただく。以下、2 節で天文学史の研究手法について概観する。3 節で、現代の太陽暦（グレゴリオ暦）以前に使われていた、太陰太陽暦を簡単に紹介する。4 節で、日本の暦法の歴史をまとめる。

## 2. 天文学史の研究手法

天文学史は大まかに以下 3 つの目的を持ち、研究されることが多い。

## (1) 現代天文学への応用：

過去の記録とシミュレーションを付き合わ

せて天文定数を決定することなど。

## (2) 年代学への応用：

天文記録を含む史料の時代決定など。

## (3) 文化・社会史への応用：

天文は国家の戦略的道具として扱われることが多かったため、政治、経済、宗教などとの関わりを調べる手がかりになる。

これら目的を達成するための研究手法は多くあるが、今回はそのいくつかの研究手法を紹介しよう。



図 1 超新星残骸かに星雲 M1 (NASA)。藤原定家の『明月記』に、かに星雲 M1 を残すことになった超新星爆発の様子を表した記述がある。

## 2.1 文献から過去の天文現象を読取る手法

当時の天文学や天文現象は時代によって様々な立場で研究されてきた。その古記録が文献上に現れているならば、それを科学的な手法(シミュレーション)で現代天文学へ応用

することができる。特に天文定数を決めるうえで非常に有利な材料を得ることが出来る。たとえば地球の自転周期変動（地球の自転周期は年々僅かだが長くなってきている）などは、日食や月食の古記録を基にシミュレーションを行った結果分かったことである。

この手法の研究では、他に陰陽道での天体観測古記録や、天文儀器の調査、そして星図史などが有名である（図1）。

## 2.2 考古天文学

天文学史の中でも、主に文字が生まれる前の遺跡に天文観測に関係した考古学的な証拠を探し、研究する学問を考古天文学（Archaeoastronomy）と呼ぶ。1960年代にG. Hawkinsが提唱した。

天文に関係するかもしれない遺跡として有名なものには、エジプトのピラミッド、イギリスソールズベリーのストーンヘンジ、秋田県の大湯環状列石、奈良県の酒船石などがある（図2）。



図2 ストーンヘンジ (Wiki)。

天文遺跡では、主に夏至、冬至の日の出日没方角や、1等星、2等星の季節による昇降方角を示す場合が多い。だがこのような遺跡が作られた理由は祭祀的な要因など、そもそも天文学とは無縁ではないかというような意見がある。また決定的な証拠が出てきていな

いものが多く、その捉え方は多様である。

## 2.3 過去の天文機器を分析する手法

歴史書に記録が残っている過去に存在していた天文儀器（てんもんぎき）や現存している過去の天文儀器について、その復元や精度の検証を行い、古記録との比較から天文定数の決定、儀器の有意性などを研究する手法もある。時代によって異なるが、日本で代表的な天文儀器には、圭表、子午線儀、象限儀、渾天儀（こんてんぎ）などが挙げられる（図3）。これら儀器の日本への導入時期は定かではないが、しばしば日本各地に広く分布し、多くの記録が残っている[1]。

我々の研究もこの方法で過去の観測儀器の‘復元’を中心に行っている。特に日本に存在した天文儀器に焦点を当て、その教材利用を目的としている（詳しい手法は今後本誌で、介予定）。

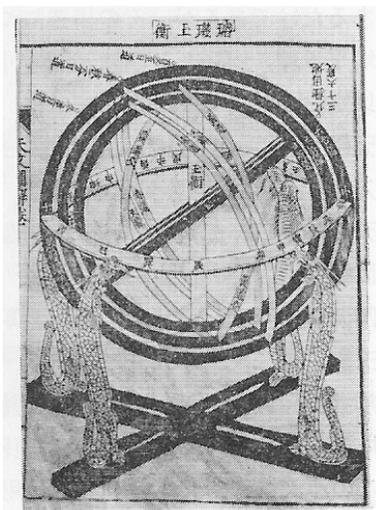


図3 渾天儀（馬場信武『初学天文指南』）。天球構造を持ち、観測用、教育用として用いられた古観測機器。本書には各環のスケールなど詳しい数値が記載されている。

### 3. 太陰太陽暦

現在の日本では太陽を基準とする太陽暦（グレゴリオ暦）が使用されているが、明治5年までは月と太陽の運行に基づいた太陰太陽暦が使われていた。太陰太陽暦は農耕社会で広く用いられた暦法で、一口に太陰太陽暦といえども、その種類は様々である（バビロニア暦やらギリシャ暦やら）。ここでは中国、日本で用いられた暦法を主とし、後の項で本邦にて用いられた中国暦法について説明する。

月の運行を基準とする単純な太陰暦では、1年が約354日であり、1太陽年との差が約11日に及ぶため、何らかの調整を加えなければならない（そのままでは16~17年で半年、33年で1年のずれが生じる）。そのための調整法が精査され、一般的には19ヶ年に7回閏‘月’を挿入する方法（メトン法という）が月、太陽の運行を満足させるものとして広く使われた[2]。この調整を加えたものをベースとして各国いろいろ工夫をしていく。

日本の暦に通じる中国では、メトン法を基に、太陽年を24に分けた24節気と60干支を年・月・日に用いた（十干と十二支の干支の組み合わせが60干支。10と12の最小公倍数が60なので、暦は60で一巡し、還暦となる）。特に24節気というものが大変重要で、立春や啓蟄（けいちつ）など、誰もがカレンダーで一度は目にしているであろう（図4）。この24節気が太陰太陽暦の骨組みを構成している。図4で示す通り、24節気は12の「中」と12の「節」に分かれている。このうち、「中」は太陽黄経が30°の整数倍となる12の日時を表し、たとえば正月中雨水を含む月を正月（1月）と言い、2月中春分を含む月を2月というように、暦月の名称を決める。また、この「中」を含まない月を閏月とする（例外はある。閏月を含む年は13ヶ月となる）。一方の「節」は太陽黄経が30°の半整数倍になる12の日時を表し、正月節立春からを春、4月節立夏からを夏というように、季節を定める基準となる。

この節気に、朔は月の初め（一日）という条件を加味し、調整を行うことにより、太陰太陽暦は完成する。

余談だが、理科年表の暦の項に、毎年24節気、二至二分の時刻は記載されており、以上の条件を基に個人で旧暦を作成することも出来る。

### 4. 日本の暦法

ここで日本の天文学、特に暦の歴史について触れてみよう。ご存じのとおり、現在日本で用いられている暦は地球の公転周期（1太陽年）を基にして作られた太陽暦（グレゴリオ暦）で、明治6年から使用されている（旧暦で明治5年12月3日を、現行暦の明治6年1月1日とした）。しかし、それ以前は全く異なる暦法が用いられてきた。それが現在旧暦と呼ばれる月の運行も考慮した太陰太陽

二十四節気

節 気	太陽黄経	旧 暦	現 行 暦
小 寒	285°	12 月 節	1 月 5 日頃
大 寒	300	12 月 中	20 日頃
立 春	315	正 月 節	2 月 4 日頃
雨 啓	330	正 月 中	19 日頃
啓 蟄	345	2 月 節	3 月 6 日頃
春 分	0	2 月 中	21 日頃
清 明	15	3 月 節	4 月 5 日頃
穀 雨	30	3 月 中	20 日頃
立 夏	45	4 月 節	5 月 6 日頃
小 滿	60	4 月 中	21 日頃
芒 種	75	5 月 節	6 月 6 日頃
夏 至	90	5 月 中	21 日頃
小 暑	105	6 月 節	7 月 7 日頃
大 暑	120	6 月 中	7 月 23 日頃
立 秋	135	7 月 節	8 月 8 日頃
処 暑	150	7 月 中	23 日頃
白 露	165	8 月 節	9 月 8 日頃
秋 分	180	8 月 中	23 日頃
寒 露	195	9 月 節	10 月 8 日頃
霜 降	210	9 月 中	23 日頃
立 冬	225	10 月 節	11 月 7 日頃
小 雪	240	10 月 中	22 日頃
大 雪	255	11 月 節	12 月 7 日頃
冬 至	270	11 月 中	22 日頃

図4 24節気一覧 ([2]P.182)

暦である（正確には旧暦は太陽暦に変わる直前に使用されていた天保暦を指す）。図 5 に本邦において採用された太陰太陽暦の一覧を載せる。

暦法	始行年(西暦)	行用年数	撰者	暦法掲載
元嘉	持統天皇6年(692)	5 <sup>年</sup>	何承天	宋書
儀鳳	文武天皇元年(697)	67	李淳風	旧唐書・唐書
大衍	天平宝字8年(764)	94	一行	" "
五紀	天安2年(858)	4	郭獻之	唐書
宣明	貞観4年(862)	823	徐昂	" "
貞享	貞享2年(1685)	70	保井春海	貞享暦書
宝暦	宝暦5年(1755)	43	安倍泰邦ら	宝暦新法書
寛政	寛政10年(1798)	46	高橋至時ら	寛政新法書
天保	弘化元年(1844)	29	渋川景祐ら	天保新法書

図 5 本邦で採用された太陰太陽暦法 ([3]P.227)

図 5 を見てみると、その約半分が中国からの輸入暦であることが分かる。本邦において実測に基づく科学的な暦の作成が行われたのは江戸時代に作成された貞享(じょうきょう)暦が初めてで、それまでは中国から輸入される暦法を朝廷がほとんどそのまま採用してきた。特に宣明暦(せんみょうれき)の行用年数は目を見張るものがあり、なんと 823 年にのぼる(太陰太陽暦法では最も長く採用された暦法である)。当時の観測技術でどんなに優れた暦法であっても、一暦法をこのような年数用いるととんでもないずれが生じ、大事にされた日月食の正確な予報などとてもじゃないが不可能な域になっていた(それ故予報は毎朔望月に起こるとい根拠のないものになっている)。

#### 4.1 本邦で用いられた中国暦法

図 5 で示す通り、日本では 5 回にわたって中国からの輸入暦を採用した。これらの暦の仕組みを概説する[3]。

・元嘉(げんか)暦... 24 節気のうち、雨水

を正月朔とし、順次平均朔望月を加え、2 月以降の朔を求める(平朔と呼ぶ。太陽や月の運行の変動を考慮しない)。平朔を用いた暦法はこれのみである。用いられた天文定数は

$$1 \text{ 朔望月} = 22207/752 \text{ 日}$$

$$1 \text{ 太陽年} = 222070/608 \text{ 日}$$

$$(19 \text{ 太陽年} = 235 \text{ 朔望月})$$

1 年を 12 ヶ月とすると、19 年で 228 ヶ月(19 年に 7 度の閏月)でちょうどいい。19 年を一章とする章法という暦法になっている。以後は、章法ではなく破章法(1 朔望月、1 太陽年を共通の定数で定義)を用いた。

・儀鳳(ぎほう)暦... 1 日を 1340 分(1340 分=24 時間)とし、これを共通分母にする。

1 朔望月は月の満ち欠けが一回りする時間(章月という)の長さであるから、その時間は 39571 分と規定。同様に 1 太陽年(章歳)は 489428 分と規定した。よって

$$1 \text{ 朔望月} = 39571/1340 = 29.530397 \text{ 日}$$

$$1 \text{ 太陽年} = 489428/1340 = 365.2448 \text{ 日}$$

となる。

・大衍(だいえん)暦... 1 日を 3040 分(3040 分=24 時間)とし、これを共通分母にする。章月は 89773 分、同様に章歳は 1110343 分と規定。よって

$$1 \text{ 朔望月} = 89773/3040 = 29.530592 \text{ 日}$$

$$1 \text{ 太陽年} = 1110343/3040 = 365.2444 \text{ 日}$$

となる。

・五紀(ごき)暦... 大衍暦と儀鳳暦を合わせた創意工夫のない暦法。4 年で廃止された。

・宣明暦... 中国から輸入された最後の暦法。1 日を 8400 分(8400 分=24 時間)とし、これを共通分母にする。章月は 248057 分、章歳は 3068055 分と規定。よって

1 朔望月 =  $248057/8400 = 29.530595$  日

1 太陽年 =  $3068055/8400 = 365.2446$  日

となる。

先にも触れたように、宣明暦は 800 年以上用いられてきたが、途中で人為的な操作はたびたび行われており、一貫した暦法とはいえない部分はある。800 年も固執し用いられた理由には様々な背景があった。また、これら非常に細かい観測値をたたき出すためには、当時の観測者たちの並々ならぬ努力によってもたらされたものである。特に観測機器の開発には余念がなく、常に新しく精度のよい機器を生み出していった。たとえば夜、天体の動きを把握するために渾天儀という機器を生み出し、天球座標での天体の時刻と位置の関係を導き、日中の太陽の運行を調べるには日時計や圭表といった機器を作り、二至の決定に用いた。これら古観測機器については、その詳細、復元を含め、今後紹介する。

#### 4.2 中国暦から国産暦へ

現在の正確な 1 太陽年、1 朔望月の値は、

1 朔望月 =  $29.530589$  日

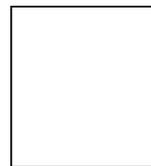
1 太陽年 =  $365.2422$  日

である。儀鳳暦以降の数値とさほどの違いはないように思えるが、暦というものは一暦法で長くは使用できない。たとえば、宣明暦のように 800 年程使うと約 2 日の誤差が生まれる。さらに中国（北京）との里差（日本、特に京都との緯度経度差。緯度差は約  $5^\circ$ 、経

度差は約  $19^\circ$ ）を考慮しなければ、日本で正確な時刻を刻むことはできない。そのような現状を打開すべく、江戸時代、一人の碁打ちが立ち上がった。保井春海の改暦作業が幕を開ける。

#### 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



柳澤洋文

\* \* \* \* \*