

# 歴史天文学，ときどき歴史

谷川 清隆・相馬 充

〈国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: tanikawa.ky@nao.ac.jp, Mitsuru.Soma@nao.ac.jp



谷川



相馬

地球自転は昔ほど速かった。逆説的だが、そのため地球自転時計は昔ほど遅れていた。歴史時代の地球自転時計の遅れの経年変化を求めるための唯一の史料が日月食や掩蔽などの天文古記録である。これらの記録を使って時計遅れを求める分野は歴史天文学に属する。正確な時計で現象の時刻を記録していれば、その記録が最も役に立つ。2000年前の時計はたいへん不正確であった。次に時計がなくても、皆既日食を見た記録なら十分役に立つ。地上の皆既帯の幅が狭いからである。部分食は広い範囲で見えるので、時刻が記されていない限り、普通は役に立たない。だが工夫次第によって部分食でも使える場合がある。月による星の掩蔽も多くは使えないが、まれに使えるものがある。本報告では、使える資料を増やし、狭い時間範囲で生じた複数の日食や掩蔽を、誤差含みで同時の現象とみなし、時計遅れの範囲を決める。複数皆既食の使い方、部分食の使い方、日入帯食の使い方、掩蔽記録の使い方を紹介する。

## 1. 歴史天文学

「望遠鏡使用開始（紀元 1600 年ごろ）以前の天文記録を使って、地球自転時計の遅れ（ $\Delta T$ ）の長期変動を精度よく求める」これが筆者らの長期目標である<sup>1)</sup>。以後、 $\Delta T$ を簡単に「時計遅れ」ということにする

筆者らの研究は 2001 年に始まったので、丸 10 年が経過した。強力というか手強い先行研究者がいる。英国のスチーブソン (F. R. Stephenson) である。筆者らは、それぞれ彼が書いた 1997 年の教科書<sup>2)</sup>を発売直後に買った。筆者のひとり相馬が買うのは不思議でない。もともと専門分野なのだから、なぜか自分でもわからないが谷川も買った。共同研究が始まる 4 年も前である。予感が働いたか？ すぐに教科書の元になったスチーブソンの論文<sup>3)</sup>を和訳して関係者に配った。英語を読みたくない人にはこの論文が役に立つ。

教科書の題名は 'Historical Eclipses and Earth's Rotation' (歴史的食と地球自転) である。スチー

ブンソンはこの分野を Historical Astronomy と呼ぶ。歴史天文学だ。そして「過去の天文観測記録を使って現代科学を行う分野」と定義する。なるほど。これは使える。天文学史とも違うし、年代学とも違う。最近「歴史\*\*学」なる言葉をいくつか発見する。おそらく、同じ趣旨で使われているのだろう。たとえば、「歴史人口学」<sup>4)</sup>。これも過去の人口データを使って、現代の問題を考える分野である。

2001 年に共同研究が始まって紆余曲折があって、今日に至った。その間、新しいことに挑戦して面白い結果を得た。だが、軽率に進めて勇み足もある。そのことは隠しつつ、良いことだけ書いていこう。紀元前 700 年から紀元 1600 年までの日食や掩蔽を使って、スチーブソンの結果を更新する。記録の多い時期と少ない時期がある。少ない時期に精度の良い結果を得ようと悪戦苦闘する。使えないと思われていた記録をできるように工夫する。だから時間がかかる。

## 2. 手法の紹介

資料としては、日食、月食、<sup>えんべい</sup>掩蔽記録が使える。月食の場合、時刻つきのデータでないと使えない。いままでのところ、月食データには筆者らは手を出していない。紀元前のバビロニアの時刻つき月食を使ってスチーブンソンは紀元前の時計遅れ変動を求めているが、精度が悪い<sup>2)</sup>。筆者らとしては、むしろ他の記録を使って紀元前の時計遅れの変動を求めてから、当時の時計の精度を見積もってみたいと思っている。

筆者らは、主として皆既日食を使う。先行研究者も皆既日食は使う。違うのは、短い期間、たとえば10年以内に生じた複数の日食は同一のパラメーターで記述できるとし、あたかも同一日食の複数観測が行われたごとく扱うことだ。この手法で結果の精度が上がる。スチーブンソンの見積もりによれば、紀元前500年ごろは平均して1年間に時計遅れは16秒ほど減少する。10年間で160秒だ。紀元前後は1年間に時計遅れは10秒ほど減少し、紀元500年ごろも同様である。10年間で100秒だ。この程度の誤差を覚悟のうえで10年以内の日食や掩蔽記録を同時として扱えば良い。個々の日月食から得られる時計遅れの値が暴れるのは誤差のせいであるとみなして、スチーブンソンはスプライン曲線で時計遅れ変動を平滑化した。この曲線からの個々の時計遅れのずれが、数千秒に達することがある。これを誤差と考えるより、意味のある偏差、短い周期の変動が隠れていると筆者らは期待する。筆者らの手法でそれを明らかにしたい。以下では、いくつか具体例を示し、やり方を説明する。筆者らの手法の場合、部分食、とくに日出帯食<sup>ひのでたいしょく</sup>(日出のときに太陽が欠けている食)ないし日入帯食<sup>ひのりたいしょく</sup>(日入のときに太陽が欠けている食)が有用である。また、月による惑星の掩蔽も場合によっては使える。さらに一般の部分食でも皆既食でない<sup>2)</sup>と解釈できる場合には、皆既帯に入らないことを条件として使える。さまざまな

表1 紀元628年4月10日の日食の時計遅れと潮汐項への補正。

Tの単位は100年	潮汐項への補正 皆既になるための時計遅れ(秒)の範囲	
	飛鳥	太宰府
+1.0" T <sup>2</sup>	1811-2500	761-1447
0.0" T <sup>2</sup>	2267-2959	1216-1906
-1.0" T <sup>2</sup>	2723-3419	1673-2366
-2.0" T <sup>2</sup>	3181-3880	2130-2828
-3.0" T <sup>2</sup>	3640-4343	2589-3291
-4.0" T <sup>2</sup>	4100-4807	3049-3756
-5.0" T <sup>2</sup>	4561-5272	3510-4222

工夫をこらしていることを紹介したい。

### 2.1 相馬図

時期の異なる現象を同時に扱うために「相馬図」と呼ぶ表現法を工夫した。結果をわかりやすく示せるので便利である。それを紹介しよう。

古代の日月食の生じた時刻を求めるにあたって、観測地の経緯度はわかっていると、二つのパラメーターが必要である。一つは、地球・月・太陽が一直線に並ぶ時刻に影響を与える月の動きの<sup>えいねん</sup>永年変化(周期的でない一方的な変化)である。二体問題からのずれとして、太陽や惑星の摂動は計算できる。未知なのは、地球と月の潮汐相互作用による月運動の永年変化だ。最近の月レーザー測距観測により、月は毎年3.8 cm ずつ遠ざかっていることが知られている。このことから期待されるのは、軌道上での月の動きがしだいに遅くなることである。すなわち、地球・月・太陽が一直線に並ぶ時刻は、潮汐摩擦効果により、潮汐摩擦がない場合に比べてしだいに遅くなるのである。月の位置を時間で級数展開する。時間に関して2次の項は、運動に加速度があるとゼロでない。上で述べたように月は潮汐相互作用により減速している。2次の項のうち、潮汐効果からくるものを潮汐項と呼ぶ。この項を現在値にしたときをゼロとし、それへの補正として前後の値を決める。

問題は、潮汐摩擦効果は2000年前も同じで

あったか？ ということ。同じであることは期待されるが、はっきりしない。2000年前にどんな値であったかを知るには少なくとも2000年前の太陽系の力学現象が生じたときの地球時計の時刻が必要である。古代の日月食の観測記録によってそれが決まる。

もう一つのパラメーターが地球自転時計の遅れである。太陽・月・地球が一直線に並んだとき、地球のどの経度がこの直線上にあるかを定めるのはこの時計の時刻である。潮汐摩擦の影響の積み重ねとして地球時計の時刻が決まる。ところが未知の原因により、地球時計は変な動きをする。けれども、古代のある瞬間にどの経度で日食が起きたかを知ることによってその瞬間の時刻は（潮汐項の値を仮定して）計算できる。月の影に入った土地の鉛直線の方向は地球時計の針の役目を果たす。地球時計が一樣時計とどれほどずれているかを表すのが時計遅れ  $\Delta T$  である。すなわち、定義は

$$\Delta T = TT - UT.$$

TT は一樣時計による時刻、UT は地球時計の時刻。差が正なら地球時計の「遅れ」、負なら「進み」を意味する。

さて相馬図を作ろう。例として紀元628年4月10日（本論説で使う西暦はすべてユリウス暦；推古三十六年三月二日）に日本で観察され、日本書紀に「日有蝕盡之」と記された「推古日食」を取り上げる<sup>5),6)</sup>。観測地を決める必要がある。あえて、観測地を二つ仮定してみる。飛鳥（経度  $135^{\circ}50'$ 、緯度  $34^{\circ}30'$ ）と太宰府（経度  $130^{\circ}32'$ 、緯度  $33^{\circ}31'$ ）である。表1がパラメーターの範囲である。横軸を「潮汐項への補正」、縦軸を「時計遅れ」と取った図が相馬図である（図1参照）。潮汐項の係数の単位は角度秒/(世紀)<sup>2</sup>とした。補正が正なら月の位置は現在値で予想される位置より進み、補正が負なら遅れる。たとえば、1世紀後に軌道上での位置が1角度秒だけ遅れるときに-1

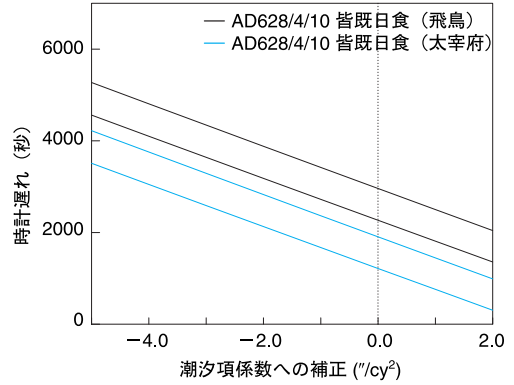


図1 紀元628年4月10日の推古日食を飛鳥と太宰府で観測した場合の相馬図。黒は飛鳥、青は太宰府。

角度秒/(世紀)<sup>2</sup> である。

黒の2本の線の中にパラメーターがあれば、飛鳥で皆既、青の2本線の中にパラメーターがあれば太宰府で皆既である。

このようにすると、同一日食を複数の場所で観測しても、また、異なる日食を同一場所あるいは異なる場所で観測しても一つの相馬図に結果を表現することができる。たとえば、図1の場合、黒い2本線に挟まれた領域と青の2本線に挟まれた領域は重ならないから、飛鳥で皆既なら太宰府で部分食、太宰府で皆既なら飛鳥で部分食であることが言える。

## 2.2 潮汐項の値の範囲の推定

図1を見ればわかるように、観測地が飛鳥であるにしろ太宰府であるにしろ、皆既食記録を使っても、月の加速の潮汐項への補正と時計遅れの範囲は狭く決まらない。黒い帯または青の帯の中ならどこでも皆既食が見えるからである。一つの日食を使う限りこれ以上事態は進展しない。打開策として、先行研究では、月の加速の潮汐項は現在値（図1で横軸ゼロ）を採用してきた。潮汐項の値は1000年や2000年では変化しないと予想されるからである。すると、図1の点線で示すように、時計遅れの範囲は観測地を決めれば一意的に決まる。

筆者らの発想は、複数の観測、複数の日食史料を使えば相馬図上で複数の帯が交差するだろうから、二つのパラメーターの範囲を絞れるはず、というものである。再び図1を見れば想像がつくように、相馬図上で皆既帯が点線の方に立っていれば潮汐項の範囲は狭く求まる。そのような日食はあるにはあるが数少ない。貴重な日食が紀元前198年8月7日に長安で観測された日食であり、次節に出てくる(図2)。相馬図内で立っているのではなく、左から来て左へ(あるいは右から来て右へ)折り返すのである。折り返す際に、立った形になる。図2により潮汐項の範囲は $-1.21"/(\text{世紀})^2 < \text{潮汐項への補正} < +0.17"/(\text{世紀})^2$ と得られる。プラス側は狭まったがマイナス側の狭まりかたが弱い。いまのところ、これ以上に好都合な日食はない。

というわけで、潮汐項をある程度狭めたことに満足して、以後は、現在値を採用して時計遅れの範囲を求めることにする。

### 3. 実例いくつか

#### 3.1 複数の皆既または幾既日食を使う手法

同一の日食が遠距離の複数の場所で深食(食分の大きな食)として観測され記録された例がいくつかある。なかでも遠く離れた都市で観測された例を表にしておく<sup>7)</sup>(表2)。本節では、紀元前188年に長安とローマで記録された日食を取り上げる。その前後、紀元前198年と紀元前181年にやはり長安で既(皆既または金環)あるいは幾既(ほぼ皆既あるいはほぼ金環)として記録された日食がある。よく知られているとおり、東アジアでは皆既と金環は「既」と書かれた。これらを同時に相馬図に載せて、時計遅れの範囲を求めることにする。記事を再録すると以下のようである<sup>8)</sup>。

まず、紀元前188年7月17日の日食の漢書の記録。

(1a) 漢書卷二(恵帝七年)夏五月丁卯、日有蝕之、

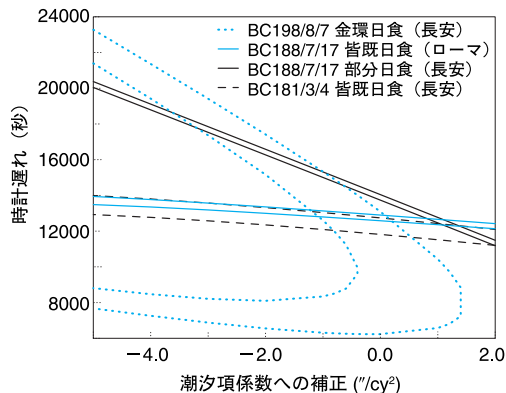


図2 相馬図における皆既または金環食帯。日食はほぼ同時期のもの：紀元前198年8月7日、紀元前188年7月17日、紀元前181年3月4日。観測地は長安(Changan)とローマ(Rome)。

既。(師古曰「既、盡也」)

(1b) 漢書卷二十七下之下五行志第七下之下(恵帝七年)五月丁卯、先晦一日、日有食之、幾盡、在七星初。

(1a)に初唐の学者・顔師古の注があって、既とは盡くすの意味であると述べる。史料(1a)(帝紀; 皇帝の年代記)と史料(1b)(五行志)で記述が合わない。すなわち、前者では既、後者では「ほぼ既」と主張する。どちらが正しいか保留しておく。予想としては、皆既を見たのに「ほぼ既」とは言わないはずだから、五行志のほうが正しいと思われるが、確定的なことは言えない。

次に、同じ日食をローマの歴史家リビウスは「ローマ建国史」(文献[9, p. 392])で何と言うか見てみよう。

(1c) After entering their consulship on 15 March, Marcus Valerius Messala and Gaius Livius Salinator consulted the Senate on civic affairs, and on the provinces and armies for them. ... Before the new magistrates set out for their provinces, a three-day period of public prayer was imposed at all the cross-

roads in the name of the college of decemvirs because darkness had fallen between roughly the third and fourth hours of daylight.

[Livy, XXXVIII 35–36, trans. Yardley.<sup>9)</sup>

(1c) マルクス・バレリウス・メッサラとガイウス・リビウス・サリナトルは三月十五日に執政官に就任したとき、都市の問題、属州や陸軍の問題について元老院に相談した。…新しい執政官が自分たちの属州に向けて出発する前に、街の角々において college of Decemvirs の名において3日間の祈りが公示された。というのは、昼間、3時と4時の間に闇がすべてを覆い隠したからである。

[筆者らによる上記英文の和訳]

ギリシャでもそうだったが<sup>10)</sup>、ローマにも天文学者の影が見えない。日食を記憶するのは歴史家である。スチーブソン<sup>2)</sup>は、「紀元前188年の日食はローマで昼間に暗くなったことの原因であることはほぼ確かだが、この記録から時計遅れに関して何らかの範囲を求めるには状況が曖昧すぎて使えない。」とする。だが、筆者らは、この日食が前漢の時代に長安で観測されたことを知っている。以下で示す紀元前198年と紀元前181年の日食記録を同時代史料として加えて解析しよう。

(2a) 漢書卷一下(高帝九年)夏六月乙未晦、日有食之。

(2b) 漢書卷二十七下之下五行志第七下之下(高帝九年)六月乙未晦、日有食之、既、在張十三度。

(3a) 漢書卷三(高后七年)正月己丑晦、日有蝕之、既。

(3b) 漢書卷二十七下之下五行志第七下之下(高后七年)正月己丑晦、日有食之、既、在張宮室九度。

紀元前198年8月7日の日食は、史料(2a)(帝紀)では部分食、史料(2b)(五行志)では既(この場合、金環)とされる。これもどちらが正しい

か保留しておく。紀元前181年3月4日の日食は、帝紀(3a)でも五行志(3b)でも既とするから、皆既であった可能性が高い。以上を踏まえて、相馬図を作成する。それが図2である。試みに $\Delta T = 12,600$ 秒と今の月の潮汐項の係数 $-12''.93/(\text{世紀})^2$ を仮定して紀元前188年7月17日の日食の皆既帯、部分食帯を描いてみると図3のようになる。×印はローマと長安である。もちろんこの図は仮のものである。しかし、ローマと長安でどちらも深い日食を見たであろうことは確かに言える。ローマでは早朝、長安では夕方の食であることがわかる。また、潮汐項を現在値周辺に取れば、両方の都市で皆既であることはありえない。また潮汐項の現在値を採用して $\Delta T > 19,000$ 秒にすると、ローマでは最大食は日の出前となる。

相馬図を見ると、潮汐補正ゼロ(横軸0.0)のとき、紀元前198年の金環(青の点線に挟まれた領域)、紀元前181年の皆既(黒の破線)と紀元前188年のローマでの皆既(青の実線)の重なりから時計遅れの範囲が狭く得られることがわかる。

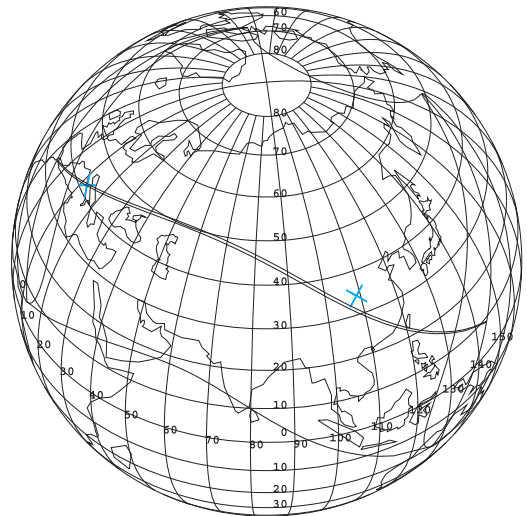


図3 紀元前188年7月17日の日食の食帯図。長安とローマは青×印で示した。イタリアから中国に走る細い帯が皆既食帯である。この図ではローマで皆既、長安でほぼ皆既である。 $\Delta T = 12,600$ 秒を使用。

紀元前 188 年の長安(黒の実線)ははずれている。これは日食が皆既でなく、ほぼ皆既であったことを物語る。このことから史料(1a)でなく史料(1b)を採用すべきであることもわかる。紀元前 181 年の長安の皆既帯の中に紀元前 188 年のローマの皆既帯がほぼ含まれることから、紀元前 188 年にローマで皆既なら紀元前 181 年に長安も皆既、逆に紀元前 181 年に長安が皆既なら紀元前 188 年にローマは皆既でないにしても深食であったことがわかる。この二つの日食記録は相補って、信頼性を増している。加えて、紀元前 198 年の長安の皆

既帯はこれらを含むから、この記録も信頼度が高い。

### 3.2 部分食を援用する手法

部分食が有用な場合として 1245 年 7 月 25 日の日食を取り上げる。この日食は朝鮮、中国、日本での観測記録が残っている。時計遅れの範囲を狭めるのに、欧州とエジプトで観測された 1241 年 10 月 6 日の皆既食の記録を加える(表 3)。

1245 年 7 月 25 日の日食の史料は以下のとおりである。

- (1) 高宗三十二年七月癸巳朔、日食、既。(高麗史天文志)
- (2) 理宗淳祐五年七月癸巳朔、日有食之。(宋史理宗三; 天文五)
- (3) 寛元三年七月一日癸巳、後日在清朝臣語云、到山葉之間出現、日輪頗細猶蝕氣歟。(平戸記)

高麗史では「既」となっているが、この場合は「金環」である。平戸記によると<sup>11)</sup>、著者(平経高)は見なかったが、後に阿倍晴明の子孫・賀茂在清に聞いた話として、日食の様子を書いている。それが「日輪頗細」である。金環でないことが情報としてまず重要である。図 4 上図に、開城で既(金環)になるパラメーター限界を青の 2 本線で、京都で金環になるパラメーター限界を黒の 2 本線で、臨安で金環になるパラメーター限界を青の 2 本の破線で描いた。記録では、開城で既(金環)、京都と臨安では部分食であり、三つの範囲は矛盾なく配置されている。とくに京都の金環食帯の下の限界は開城での上の限界に接しており、高麗史における記述「既」が部分的に正しいことを示す。これが京都の部分食の役割である。臨安の条件は、離れ過ぎており、高麗史の記述を裏づけるには至らない。残るは「日輪頗細」である。この記述によって、開城では金環食であることが予感されるが、決定的証拠ではない。

はっきりした結果を得るために、補助として

表 2 複数の場所で観測された深食<sup>7)</sup>。

年	月	日	観測都市
BC 188	7	17	長安(漢), Rome(伊)
AD 873	7	28	京都(日本), Nishapur(イラン)
	968	12	22 Constantinople(土), Farfa(伊)
	1241	10	6 欧州 2 都市と Cairo(埃)
	1245	7	25 開城(高麗); 京都と臨安(宋)は部分食
	1275	6	25 臨安(宋); 交趾(越南), 大都(元)は既なし
	1321	6	26 Novgorod(露), 開城(高麗)
	1361	5	5 上海(明); 開城(高麗), 大都は部分食
	1366	8	7 京都(日本), 開城(高麗)
	1415	6	7 Prague(チェコ)ほか欧州数都市, 会津(日本)
	1431	2	12 Foligno, Perugia(伊), Cairo(埃)
	1433	6	17 Celle(独)ほか欧州 3 都市, Cairo(埃), Aleppo(シリア)
	1544	1	24 Neider Alteich(独), Pskov(露)

表 3 1245 年 7 月 25 日と 1241 年 10 月 6 日の日食の観測地。経緯度の単位は度。

都市	経度	緯度	備考
Opp. No. 5848 1245 年 7 月 25 日			
開城(高麗)	126.57	37.97	金環
臨安(南宋)	119.73	30.23	部分食
京都	135.75	35.02	深い部分食
Opp. No. 5838 1241 年 10 月 6 日			
Stade	9.48	53.62	皆既
Reichersberg	13.37	48.07	皆既
Cairo	31.25	30.05	皆既

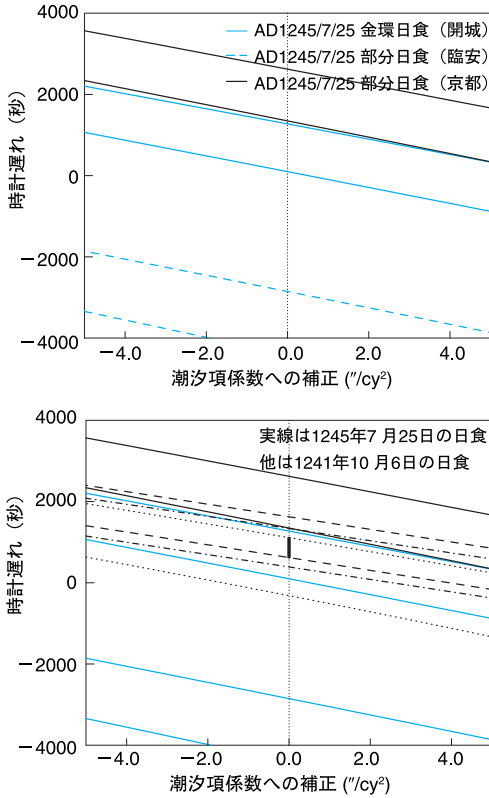


図4 1245年7月25日の日食。開城で金環、臨安で部分、京都でも部分。ただし、京都ではたいへん細く見えたと記録にある。鉛直の太線は時計遅れの範囲候補である。

1241年10月6日に欧州2カ所とエジプトのカイロで観測された日食を使う。記事は文献2に引用されている。長いので省略する。すべて皆既であったという。この記事の信頼性もできれば吟味したい。この三つの観測の皆既食帯を書き込んだものが図4の下図である。破線と点線と一点鎖線があとから加えた皆既帯の限界線である。横軸0の鉛直線上の太い黒線分が共通範囲であり、これが欧州・エジプトの観測から決まる時計遅れの範囲である。すなわち  $621 \text{ 秒} < \Delta T < 1,110 \text{ 秒}$  である。この範囲は、開城の金環食帯に入っている。さらに、平均を取って  $\Delta T = 866 \text{ 秒}$  として、京都で見える最大食のときの太陽の姿を図5に描いてみると、たしかに「すこぶる細い」。以上、すべての

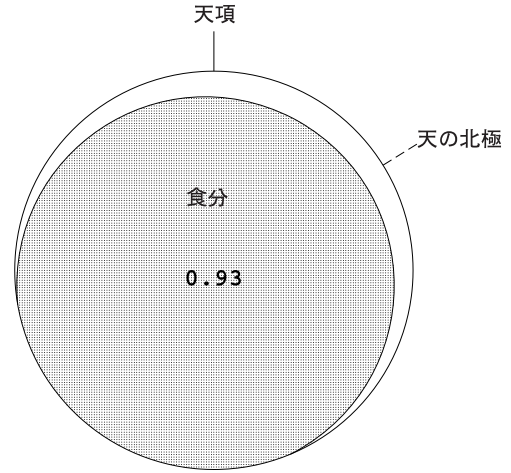


図5 1245年7月25日の日食。京都での最大食分時の太陽の形。  $\Delta T = 866 \text{ 秒}$  を使用。

表4 500年代初頭の日食と掩蔽記録。

掩蔽	503年	8月	5日	月による金星の掩蔽
掩蔽	513	8	22	月による土星の掩蔽
日食	516	4	18	建康において金環食 洛陽において部分食
日食	522	6	10	建康において皆既食 洛陽において部分食

記録が矛盾なく現象を記述していること、観測を正確に報告していることがわかる。

### 3.3 掩蔽を援用する法

紀元1年から500年頃までは、世界的に日食記録が少ない。この間の時計遅れの精度は悪い。掩蔽の史料が使えるとありがたい。いくつか予備的に試してみたが、多くは使えない。本節の掩蔽は例外的にうまくいったものである<sup>12)</sup>。現象は表4にまとめた。月による金星と土星の掩蔽である。これを皆既日食や金環日食とを組み合わせる。

史料は次のとおりである。魏（当時の首都は洛陽）は北朝に属し、梁（首都は建康）は南朝に属する。

- (1) 北魏宣武帝景明四年六月丁未（紀元503年8月5日）、月掩太白。（魏書・天象志）
- (2) 北魏宣武帝延昌二年七月戊午（紀元513年8月22日）、月掩鎮星。（魏書・天象志）

- (3a) 梁武帝天監十五年三月戊辰朔（紀元 516 年 4 月 18 日），日有食之。（梁書・武帝中）；
- (3b) 梁武帝天監十五年三月戊辰朔，日有食之，既。（南史・梁本紀）；
- (3c) 北魏孝明帝熙平元年三月戊辰朔（紀元 516 年 4 月 18 日），日有食之。（魏書・天象志）；
- (3d) 北魏孝明帝熙平元年三月戊辰，日有食之。（北史・魏本紀）
- (4a) 梁武帝普通三年五月壬辰朔（紀元 522 年 6 月 10 日），日有食之，既。（梁書・武帝下）；
- (4b) 梁武帝普通三年五月壬辰朔，日有食之，既。（南史・梁本紀）；
- (4c) 北魏孝明帝正光三年五月壬辰朔（紀元 522 年 6 月 10 日），日有食之。（魏書・天象志）；
- (4d) 北魏孝明帝正光三年五月壬辰，日有食之。（北史・魏本紀）

掩蔽の場合，星が月の後ろに隠れる．地球上の広い範囲で掩蔽は見える．時刻記録のない掩蔽は，普通は時計遅れの範囲を絞り込むのに使えない．星が月のへりをぎりぎりかすめるような場所での掩蔽や月出直後・月入直前の掩蔽が使える．時計遅れの値によっては掩蔽が生じたり生じなかったり，また見えたり見えなかったりするからである．表に挙げた二つの掩蔽は，たまたま後者の条件を満たす．この時代，中国は南朝と北朝に分裂していた．南朝の各王朝，そして北朝の各王朝の歴史書以外に南朝の歴代王朝をまとめた南史，北朝の歴代王朝をまとめた北史がある．二つの日食は，北朝にも記録がある．洛陽から見て部分食であった．これが条件として使える．そのことを同じ相馬図に描き込んでおいた．紀元 516 年 4 月 18 日の日食が梁書（史料 (3a)）では金環でなく，南史（史料 (3b)）では金環となっている．どちらが正しいか，保留しておく．

図 6 を見て欲しい． 6 個のデータを同時に描いたものである． 青の 2 本の破線は紀元 516 年 4 月 18 日の日食が建康で金環になるためのパラメー

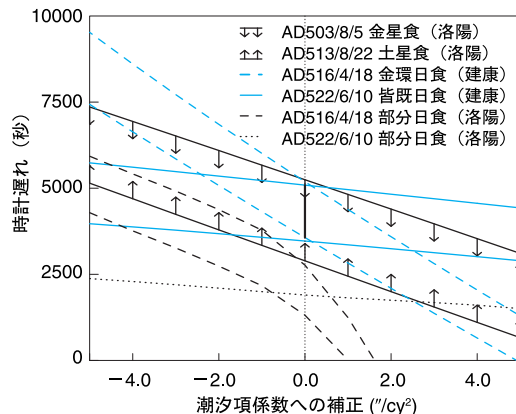


図 6 二つの掩蔽記録と二つの日食記録から得られるパラメーターを示す相馬図．鉛直の太線は時計遅れの範囲候補である．

ター範囲，青の 2 本の実線は紀元 522 年 6 月 10 日の日食が建康で皆既になるための範囲，下向きの矢印のついた黒線は，黒線より下なら北魏の首都で金星の掩蔽（金星食）が見え，上向きの矢印のついた黒線は，黒線より上なら北魏の首都で土星の掩蔽（土星食）が見えることを示す．黒の 2 本の破線は，北魏の首都・洛陽における紀元 516 年 4 月 18 日の食の金環帯である．黒の点線が 1 本見えている．これより下で紀元 522 年 6 月 10 日の食が洛陽で皆既になる．どちらの食も洛陽では部分食であったから，求める領域は黒の 2 本の破線の外で黒の点線の上である．

横軸の値のゼロのところを見ると，六つの条件がたいへんうまくほぼ同じ時計遅れの範囲を指し示すことがわかる．掩蔽は日食から得られた時計遅れの範囲の信頼性を増すのに役立つことがわかる．

この結果を見る限り，紀元 516 年の建康での日食は，金環のようだ．やや記録の常識に反する．すなわち，直接の史書（梁書）で部分食，間接の史書（南史）で金環． 3.1 節の史料 (2a), (2b) と併せて考えると，可能性として，元史料の出どころが違うことが考えられる． 3.1 節の場合，帝紀に記録された現象を見た係官と五行志に記録された現



象を見た係官が同じとは限らない。筆者らが知らないだけかもしれないが、検討の余地のある問題ではなかろうか？

### 3.4 日出帯食，日入帯食を援用する法

春秋時代（紀元前 770 年–紀元前 403 年）の部分の歴史を書いた史書『春秋』（紀元前 722 年–紀元前 481 年）の日食記事に、日の干支が抜けていたり、朔に食が生じたこと<sup>みそかしよく</sup>の書いていないものがある。直後の戦国時代からその理由が議論されてきた。晦食<sup>みそかしよく</sup>であろうとか、二日食<sup>ふつかしよく</sup>であろうとか、天文官の書き忘れであろうとかの解釈がされた。近代になって日出帯食ないし日入帯食であろうとの解釈も出たが確定的な議論は 2000 年以上にわたって行われなかった。筆者らは、そのような日食を調べ<sup>13)</sup>、10 個のうち 5 個は確かに日出帯食または日入帯食であることを示した。他の事情も考慮して、「朔」字のない日食で皆既でない 8 個のうち、7 個は日出または日入帯食であろうと推論した。2000 年来の問題を部分的に解決した。ただ、晦食か二日食かは暦に関係するので別問題であり、筆者らは何も言わない。

本節での議論は複数日食を使わなければならない。筆者らの手法が有効であることがわかる。

主たる日食は、紀元前 648 年 4 月 6 日に魯国の都・曲阜で観測され、同じ日にギリシャの詩人アルキロコス (Archilochus) に観察され、詩にうたわれたと推定されるものである。これに加えて、紀元前 655 年 8 月 19 日の曲阜における部分食を補助として使う。スチーブソン<sup>2)</sup>が指摘するとおり、紀元前 657 年 4 月 15 日の日食もアルキロコスの見た日食の有力候補である（文献 13 で筆者らは紀元前 648 年の日食しか取り上げなかつ

た）。

アルキロコスの詩には年月日はない。これに関しては、西欧の研究者の先行研究があって、候補日食が絞られた。アルキロコスの生年と没年はおよそ知られている。彼の生きていた時代の日食のはずだ。オッポルトアールの日食月食宝典<sup>14)</sup>から探す。フォザリングラム<sup>15)</sup>によれば、詩人は、日食の日にパロス (Paros) またはタソス (Thasos) にいた。両方共エーゲ海に浮かぶ島である。スチーブソン<sup>2)</sup>は候補日食をいくつか挙げる。候補を挙げたけれども、決定的な証拠を出すことはできない。有力な候補は二つに絞られる。紀元前 648 年 4 月 6 日と紀元前 657 年 4 月 15 日の日食である。これ以外の日食は時計遅れが大きくずれるので、候補になりにくい。ここまでは言えた。必要なのは決定打だ。

図 7 上図を見よう。2 本の黒実線の間で紀元前 648 年日食が曲阜で日入帯食になる。上の黒線より上では、曲阜で日入帯食でない。春秋は日入帯食とは言っていないので、上の黒線より上でもいい。下の黒線より下では、曲阜で食が見えないので、時計遅れの範囲として下の黒線より上を考えるべきである。まず、紀元前 648 年の同じ食をアルキロコスが見た場合がこの図である。パロス (2 本の青実線) とタソス (2 本の青破線) の皆既帯は重ならない。横軸 0 の近くで、両者は、曲阜での日入帯食 (2 本の黒実線) という条件とそれぞれ重なりをもつ。つまり同一の日食が曲阜で日入帯食またはそれに近い日食、パロスまたはタソスで皆既食となることを示している。紀元前 655 年の補助日食は曲阜で皆既でない。黒の 2 本の点線の外部が曲阜の部分食に対応する。これから縦の太い線として時計遅れの範囲が決まる。パロスなら  $19410 \text{ 秒} < \Delta T < 21050 \text{ 秒}$ 、タソスなら  $18,350 \text{ 秒} < \Delta T < 19,240 \text{ 秒}$  である。パロスの場合、曲阜では日入帯食でない可能性もある。図 7 の鉛直の太線が曲阜での日入帯食範囲の上に出ている\*1。

もう一つの有力候補、紀元前 657 年 4 月 15 日

表 5 春秋時代の日食。

BC 648 年 4 月 6 日	喜公 12 年 3 月庚午 [7] (「朔」なし) パロスまたはタソスで皆既
BC 655 年 8 月 19 日	喜公 5 年 9 月戊申 [45] 朔
BC 657 年 4 月 15 日	パロスまたはタソスで皆既

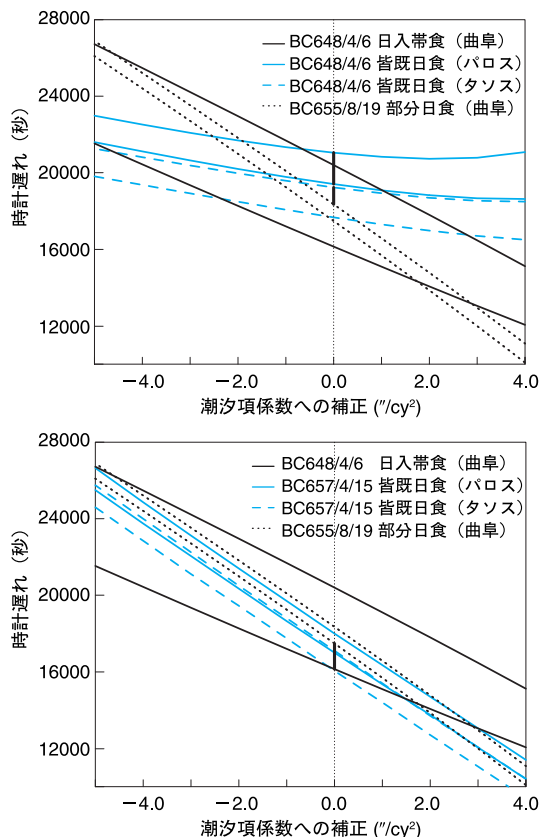


図7 紀元前648年4月6日の日食関連の相馬図。上下の図とも、黒の2本の実線の間は、紀元前648年の日食が曲阜で日入帯食になるパラメーター範囲、黒の2本の点線は紀元前655年8月19日の日食が曲阜で皆既になるパラメーター範囲である。上図では、青の2本の実線の間は、紀元前648年の日食がパロスで皆既になるパラメーター範囲、青の2本の破線の間は、その日食がタソスで皆既になるパラメーター範囲である。下図では、青の2本の実線の間は、紀元前657年4月15日の日食がパロスで皆既になるパラメーター範囲、青の2本の破線の間は、その日食がタソスで皆既になるパラメーター範囲である。鉛直の太線は時計遅れの範囲候補である。

の日食の皆既食帯を重ねたのが図7下図である。この場合、食の皆既帯は、曲阜での日入帯食の限

界内にある。黒の点線の帯の外であるという条件から、縦の太い線として時計遅れの範囲が決まる。その範囲は、 $16,142 \text{ 秒} < \Delta T < 17,482 \text{ 秒}$ と得られる。ただ、紀元前669年周辺の複数の日食から  $\Delta T > 18,500 \text{ 秒}$ が得られているので<sup>13)</sup>、時計遅れがこの間に減りすぎである。

この段階では、どちらの日食がアルキロコスの日食であるかは確定的には決まらない。筆者らの手法も決定打にはならなかった。スチーブンソンの挙げた他の日食は<sup>2)</sup>、下の黒線より下か、上の黒線のはるか上、 $\Delta T = 25,000 \text{ 秒}$ 以上なので候補にならない。ただし、曲阜で紀元前648年の日食が日入帯食ないしは日入帯食に近いことははっきりした。

謝辞

近藤雅之氏（元東京大学）に原稿を読んでいただいた。科研費基盤C『日本書紀・続日本紀と日本天文学の発達』（No. 20540241, 相馬 充）の補助を受けた。

参考文献

- 1) 谷川清隆, 相馬 充, 2004, 『バリエティ』 19, 31-36
- 2) Stephenson F. R., 1997, *Historical Eclipses and Earth's Rotation*. Cambridge Univ. Press, Cambridge
- 3) Stephenson F. R., Morrison L.V., 1995, *Phil. Trans. R. astr. Soc. London A* 351, 165
- 4) 速見 融, 2009, 『歴史人口学研究』, 藤原書店
- 5) 谷川清隆, 相馬 充, 2002, *天文月報* 95, 27
- 6) Tanikawa K., Sōma M., 2004a, *PASJ* 56, 215
- 7) 谷川清隆, 相馬 充, 2006, 岩波『科学』2006年2月号, 188-192
- 8) Tanikawa K., Sōma, M., 2004b, *PASJ* 56, 879
- 9) Livy, 2000, *The Dawn of the Roman Empire*, Books 31-40, trans. by J. C. Yardley, Oxford World's Classics, Oxford Univ. Press, p. 392
- 10) 谷川清隆, 相馬 充, 2010, *国立天文台報* 13(3・4), 85
- 11) 神田 茂, 1935, 『日本天文史料』, 丸善, 恒星社
- 12) Sōma M., Tanikawa K., 2011, in the *Proceedings of the 4th Symposium on History of Astronomy*, Mitaka, Jan. 6-9, 2011, pp. 10-20

\*1 文献13では、このはみ出し部分を無視した議論を行った。

- 13) Tanikawa K., Yamamoto T., Sôma M., 2010, PASJ 62, 797
- 14) Oppolzer Th. von, 1887, Canon der Finsternisse, Wien (trans. by O. Gingerich, Dover, New York, 1962)
- 15) Fotheringham, J. K., 1920, Mon. Not. Roy. Astr. Soc. 81, 104

### Historical Astronomy, and Sometimes History

**Kiyotaka TANIKAWA and Mitsuru SÔMA**

*National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan*

Abstract: We describe the method, through examples, of how to determine the range of  $\Delta T = TT - UT$ , where TT is the uniformly flowing time and UT is the time measured through the rotation of the Earth. The method is based on drawing the Sôma diagram with the correction to the tidal term of the lunar ecliptic longitude as abscissa and with  $\Delta T$  as ordinate. We exhibit four examples: (1) Plural total (solar) eclipses observed at different sites, (2) total eclipses and partial eclipses, (3) total eclipses and occultations, and (4) total eclipses and an eclipse at sunset. The reliability of the method is larger if the number of records of eclipses and occultations is larger in a short time interval, say, ten years during which the variation of  $\Delta T$  is small.