

# 推古天皇 36 年の皆既日食記事の信憑性

谷川 清隆 , 相馬 充

〈文部科学省 国立天文台 〒181-8588 三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: tanikawa@th.nao.ac.jp , somamt@cc.nao.ac.jp

日本書紀に記された推古天皇 36 年（西暦 628 年）の皆既日食記事は誇張表現であるという解釈が通説となっている。同時代の中国史書の天文記事を援用しつつ、この日食記事が必ずしも誇張でないことを論じる。月の黄経の潮汐項（T2 の係数）が過去には現在の値から外れていたとすれば、日食と月食から得られた  $\Delta T$  の値の矛盾がなくなり、この皆既日食も記録どおり、日本で実際に見られたものになる。結果を出すにあたり、接食タイプの星食データも使用した。

## 序.

### 三月丁未朔戊申、日有蝕盡之

この記述は日本書紀の推古天皇三十六年の項にある。長い伝統を持つ中国史書の規則からはややはずれているが、これは皆既日食である。中国史書なら普通、「日有蝕之既」と書かれる。「盡」が皆無というわけではない。たとえば、北史太和十二年九月癸巳（488）月蝕盡。推古三十六年記事の場合、計算によると<sup>1)</sup>、確かにこの日皆既日食はあった。西暦（ユリウス暦）628 年 4 月 10 日の日食である。問題は皆既帯が日本列島上を通ったかどうかである。

### 1.1. この日食記事を取り上げた理由

#### 1.1.1. 日本書紀の最初の日食記事

書き手が意識して書いた日食記事として最初のものであることを注意しておく。帝紀の書き方に則っている。日本書紀、神代上に有名な天の岩戸記事がある。「是時、天照大神...、入于天石窟、閉磐戸而幽居焉」これは江戸時代以来、日食記事であると理解する研究者も多い。ただしこの記事は「日食を意味する（かもしれない）記事」であって、「日食であることを主張する記事」ではない。

#### 1.1.2. 倭国の歴史上重要な時点に対応する

倭国の興隆の歴史を中国の史書に見る。以下に掲げる魏志倭人伝、宋書倭国伝、隋書倭国伝の記事を見ればわかるように、3 世紀、5 世紀、7 世紀と順に倭は国として成長していることがわかる。7 世紀の大業三年（西暦 607 年）の倭からの国書は独立宣言であると見ることができる。これは大方の歴史学者の認めるところである<sup>2)</sup>。ただし独立することの意味については意見が別れるように窺える。独立国家は何をするか。筆者の考えによれば、

- (1) 法律を定めること、
- (2) 度量衡を定めること、
- (3) 暦を作ること、および
- (4) 歴史を書くこと、

である。

最初の 3 項目は必須である。これらは同一国内の住人同士に会話なり契約なりを成立させるため必要な規則だからである。第 4 項目は時間軸方向にも国としてのまとまりを示すために必要な事業であるとの解釈ができる。もっともな解釈があるかもしれない。中国に属している間は中国のものを借用すればよい。独立直後は中国の制度をまねる。ただ中国には複数の国が並立することがあるから、どの国から制度を輸入するかは輸入する側の事情

によるだろう。

中国は有史以来、日食、月食、その他の天文現象を記録し続けてきた。その記録は上記項目(3)と(4)に関係して重要視された。とくに暦の狂いを補正するためには日食と月食の観測データが重要である。朔(新月)が月初からずれると改暦が必要になる。改暦のためには長期にわたる観測データが必要である。独立国家はこのデータを独自に持たなければならない。独立した倭国はデータをすでに蓄積していたか? それはわからない。だが、独立宣言(西暦607年)直後の皆既日食記事(西暦628年)はデータを蓄積しようという姿勢を見せたと思えないか? それはほぼ確実である。というのは、その後、天文観測記事が連綿として続くからである<sup>3)</sup>。日食記事だけではない。彗星(634年)、流星(637年)、月食(643年)、月星接近(640年)、惑星現象(692年)、星昼見(702年)などの観測も始まった。暦を作る作業は複雑であり、江戸時代、渋川春海による貞享暦(1685年)に至ってようやく日本独自の暦を作ることができた。それ以前はいつも中国暦を用いていた。中国の暦の精度が良かったからである<sup>4)</sup>

### 3世紀(魏志倭人伝<sup>5)</sup>) — 卑弥呼

- ・倭人は帯方の東南大海の中にあり。山島に依りて国邑をなす。旧百余国。漢の時朝見する者あり、今、使訳通ずる所三十国。...
- ・景初二年六月(紀元238年)、倭の女王、大夫難升米等を遣わし、郡に詣り、天子に朝献せんことを求む。...
- ・景初二年十二月「... 汝がある所はるかに遠きも、乃ち使を遣わし貢献す。我れ甚だ汝を哀れむ。今汝をもって親魏倭王となし、...」

### 5世紀(宋書倭国伝<sup>6)</sup>) — 倭の五王

- ・倭国は高麗の東南大海の中にあり。世々貢職を修む。
- ・高祖の永初二年(421年)、詔していわく、「倭

- ・讃、万里を修む。...、除授を賜うべし」と。
- ・太祖の元嘉二年(425年)、... 讃死して弟珍立つ。... 詔して安東將軍・倭国王に除す。
- ・(元嘉)二十年(443年)、倭国王済、使を遣わして奉獻す。また以って安東將軍・倭国王となす。
- ・(元嘉)二十八年(451年)、... 済死す。世子興、使を遣わして貢獻す。
- ・世祖の大明六年(462年)、詔していわく、「倭王世子興、... 安東將軍・倭国王とすべし。」興死して弟武立ち、... 安東大將軍・倭国王と称す。
- ・順帝の昇明二年(478年)、使を遣わして表を上げる。いわく「封国は偏遠にして、... 窃かに自ら開府儀同三司を仮し、...」... 安東大將軍・倭国王に除す。

## 7世紀(隋書倭国伝<sup>7)</sup>)

### 一日出処天子致書日没処天子無恙

- ・倭国は百濟・新羅の東南にあり。... 則ち「魏誌」のいわゆる邪馬台なる者なり。
- ・開皇二十年(600年)、倭王あり。姓は阿每、字は多利思北孤、阿輩雞弥と号す。
- ・大業三年(607年)、その王多利思北孤、使を遣わして朝貢す。... その国書にいわく、「日出処天子致書日没処天子無恙」と。帝、... 「夷蛮の書、無礼なる者あり。復た以て聞するなかれ」と。
- ・明年(608年)、文林郎裴清を遣わして倭国に使せしむ。
- ・此後遂に絶つ。

### 1.1.3. 千年規模の地球自轉變動、月運動を求めること

現在、月レーザー測距観測により、月が徐々に遠ざかっていること、それが年に3.8 cmであることも知られている。このことから、月の軌道周期の増加率も計算できる。この増加率は千年前も同じであったのか。また地球自転は遅くなっている。

この遅くなり方は、現在と千年前と同じであろうか。このような問題に答えるための理論はない。正確に言うと、理論の精度は足りない。海あり大気あり、地下にマグマあり、流体核ありのこの地球と月、太陽、惑星の相互作用を解いて、地球の自転運動を千年にわたって追う。これは現代の科学ではまだできないことである。唯一、日食、月食、その他の天文現象の古代記録を使うと、自転がどうであったか、月の公転周期がどうであったかを決めることができる。

## 1.2. この記事に関する通説

通説では、推古天皇三十六年の皆既日食記事は誇張表現であるとされている<sup>1), 8), 9)</sup>。代表して内田正男氏<sup>8)</sup>の見解を掲げておこう。「この日食記事を当時暦法をすでに採用していた証とする説がある。私は必ずしもそうは思わない。この日食は飛鳥地方で、午前9時半前に食甚となり、食分は9割を越えたが皆既とはならなかった。しかし皆既とはならなくとも、9割以上もかければ気温は下り、一種異様な雰囲気となる。別に暦に予報されなくとも誰でも気付く現象である。書紀の記録を実見の記録とすれば、暦法の施行とは必ずしも結びつかないであろう。」[文献8)の525ページ]。

この通説には根拠がある。西暦600年頃の $\Delta T = 4000$ 秒とすると、推古天皇三十六年日食の皆既帯は、日本列島上ではなく、太平洋上にある。もうひとつは、古代日食の信憑性である。中国の史書の天文記事の中には信用ならないものもある。とくに皆既食の場合はそうである。これが通説の強い支えになっているものと思われる。それについては次節で述べよう。ここでは外国人研究者のコメントを挙げておく。

### Stephenson<sup>10)</sup>による628年日食の計算

"The recorded date proves to be in accurate accord with that of a computed solar eclipse. Although the obscuration of the Sun was said to be total, further description is

lacking, so that I have included the observation in the lowest category. It is noteworthy that the event does not seem to be linked in any way with the Empress' death by the chronicler (unlike several similar occurrences in China - see above)."

Steele<sup>11)</sup>,

"In common with all of the other observations in the Nihongi, this record is not very detailed. No times are ever recorded for any of the eclipse records in this work."

## 1.3. 古代中国の日食記事の信憑性

古代中国の日食記事の信憑性を齊藤・小沢<sup>12)</sup>が調べた。彼らは、春秋から五代に至る中国の史書からすべての天文記事を抜き出し、それを現在の知識で再現し得る現象とそうでない現象とに分類した。ここでは日食記事に関して彼らの結果を紹介し、若干のコメントを述べる。

表1は齊藤・小沢<sup>12)</sup>の17ページの表そのものである。表中、日食の的中率とは史書の日食記事のうち、本当に起こったものの百分率である。この表を見てははじめに不思議に思うのは、的中率が必ずしも時代とともに上がらないことである。これには理由がある。そのために、表中の夜食、不食、非食なる用語を説明しておく。古代中国においては、暦法を使って日食推算が行われていた。ただし必ずしも予測は成功せず、予測した日食が地球の裏側であったり(夜日食あるいは夜食)、予測した日食が南半球であったりあるいは北半球でもずっと北の方であって観測地(中国)では食が起らなかったり(不食)、地球上のどこで見ても日食が起らなかったり(非食)した。予測が行われていたことは驚きであるが、それがすでに前漢や後漢の時代に行われていたとするとさらに驚きである。

以上のことからすると、個々の日食記事の信憑性を問うことには危険が付きまとう。特定の日食があったかなかったをわれわれはチェックできるので、記事の信憑性をしらべることができるように見

表1 中国歴代史書に載る日食記事の検証<sup>12)</sup>.

西暦	日食数	的中	的中率	夜食・不食	非食
春秋	37	35	95	1	1
史記(戦国)	10	4	40	6	0
漢書	61	42	69	1	18
後漢書	88	65	74	7	16
三国志	12	11	92	0	1
晉書	82	49	60	16	17
宋書	83	60	72	16	7
魏書	61	41	67	16	4
南齊書	5	4 (80)	1	0	
梁書・陳書	10	7	70	10	0
南史	35	23	66	10	2
北齊書	2	2 (100)	0	0	
周書	22	7	32	15	0
北史	82	46	56	34	2
隋書・梁	3	2 (67)	1	0	
隋書・陳	1	0	0	1	0
隋書・齊	1	1 (100)	0	0	
隋書・周	10	2	20	8	0
隋書・隋	8	3 (37)	5	0	
旧唐書	99	69	70	25	5
新唐書	93	66	71	25	2
旧五代史	20	15	75	5	0
新五代史	18	14	78	4	0

える。ところが、当時の天文官が日食を見たかどうかをわれわれははっきり断言できない。曇っていたかもしれない。日食をみたのではなく、予測が当たったのかもしれないからである。さらに、われわれの計算に使用したパラメータが正しいかどうか保証がない。

皆既日食記事、あるいはほぼ皆既(幾既)の日食記事の場合、問題はもう少し微妙である。ほとんどの場合、この記事に対応してたしかに日食があった。しかし、天文官あるいは、天文官のいた首都の住人は本当に「皆既」を見たのであろうか。この問題に関する齊藤・小沢<sup>12)</sup>の答えを表2に掲

載した。齊藤・小沢の計算によると、どの「皆既食」も実は皆既食ではない。ほかの研究者も同様の意見を持っている。「大体食分0.9ぐらいになると、皆既と記したものと解してよいようである。この点でも「既」とある記録をそのまま受け入れるわけにはいかない<sup>1)</sup>。

著者は素朴に疑問に思う。5世紀から9世紀の間、長安や洛陽の住民は皆既食を一度も見なかったのだろうか。この疑問が今回の研究のきっかけのひとつである。皆既帯が緯度線にほぼ平行で、皆既帯を東西にずらしても長安あるいは洛陽が決して皆既帯に入らない日食もある。たとえば754年

表2 五世紀から九世紀の皆既日食全記録.

西暦	国と年月	食分 (齊藤・小沢) $\Delta T = 4000?$	谷川・相馬 $\Delta T = 2000$
453.08.20	(宋) 元嘉三十年七月辛丑朔, 日有蝕之, 既, 星辰畢見	不食	
454.08.10	(宋) 孝建元年七月丙申朔, 日有蝕之, 既	0.96	0.97
516.04.18	(梁) 天監十五年三月, 日有蝕之, 既	0.97	0.94
522.06.10	(梁) 普通三年五月壬辰朔, 日有蝕之, 既	皆既直後に日出	0.97 非・日出帯食
562.10.14	(北周) 保定二年九月戊辰朔, 日有食之, 既 周書には「既」なし	0.35	0.225
616.05.21	(隋) 大業十二年五月丙戌朔, 日有食之, 既	0.90 記事の"既"は不当	0.967
702.09.26	(則周) 長安二年九月乙丑朔, 日有食之, 幾既, 在角初度 日有蝕之, 不尽如鉤, 京師及四方見之 (旧唐書)	0.99	1.016
754.06.25	(唐) 天宝十三載六月乙丑朔, 日有食之, 幾既 在東井十九度. 京師分也 日有蝕之, 不尽如鉤 (旧唐書)	0.87	0.854
756.10.28	(唐) 至德元年十月辛巳朔, 日有食之, 既, 在氏十度 旧唐書, 既なし	0.96	0.886
761.08.05	(唐) 上元二年七月癸未朔, 日有食之, 既 大星皆見, 在張四度 蝕既, 大星皆見 (旧唐書)	0.99	1.011
846.12.22	(唐) 会昌六年十二月戊辰朔, 日有食之, 在南斗十四度 皆蝕 (旧唐書)	0.85	0.818
879.04.25	(唐) 乾符六年四月庚申朔, 日有食之, 既, 在胃八度 旧唐書, 記述なし	非食	

6月25日の日食である。この場合、たしかに、「皆既」記事は誇張であろう。皆既食帯が緯度線を斜めに横切る場合は、異なるパラメータで再計算してみる価値はある。パラメータの値を変えても皆既帯が東西にしかずれない理由は2.1節参照。

#### 1.4. Stephenson<sup>10)</sup>の結果—研究の発端

Stephenson<sup>10)</sup>の508ページのグラフで600年前後の日月食の結果を見ると、585年から596年の中国における月食の結果（これらの個々の数値はp.301の表に掲載されている）からはTT-UT = 5000 sec前後の大きな値が得られているのに対して、680年ころの中国の日食の結果（グラフ上の×印）からはTT-UT = 2000 sec前後の値が得られていて、滑らかな曲線は日食の結果からはずれ、月食の結果に合うように引かれていることがわかる。628年の日本の日食の記録はこれらの日食の記録とほぼ一致しており、その結果滑らかな曲線からはずれているのである。そこで日食と月食の結果がどうして食い違っているのかが問題になる。

## 2. 日月食と地球自転速度の永年変化

日食・月食は太陽・地球・月が一直線上に来ることによって起こる現象である。太陽まわりの地球の公転運動、地球まわりの月の公転運動、地球の自転運動がどれも不変であれば、日月食は周期的あるいは準周期的に生起する。上記3つの運動が永年的に変化すると、日月食の起こり方は準周期的でなくなる。以下では、この三千年間、太陽まわりの地球・月系の公転運動は不変であるとして（歳差、章動などを無視するわけではない）、残りの2つの運動が永年的に変化した場合の日月食の生起の永年変化を定性的に調べる。

現代の理論からは計算できないのが、数千年間の地球自転と月公転の鈍化スピードである。地球自転の永年変化、月距離の永年変化に関する精密なデータは、それぞれ40数年（水晶時計、原子時計）、25年程度（アポロ計画、月レーザー測距）

しかない。つまり、永年変化の瞬間値しか知ることができない。その値が2000年、3000年にわたって正しい保証はない。

### 2.1. 地球自転減速と月黄経の潮汐項の効果

この節で記述することはすべて知られていることであろうが、記述を一貫したものにするために付け加えた。月の公転は潮汐効果によって鈍化している。その効果は黄道上の位置のずれとして表現される。ただし、白道上の月を黄道に射影したときの黄道上の月の位置を月黄経とよぶ。月黄経を時間の関数として表現したときの、時間に関して二乗の項のうち潮汐効果によるものを「月黄経の潮汐項」とよんでいる。

#### 2.1.1. 永年変化なしの場合

われわれは過去の日食の生起場所、時刻、継続時間などを計算することができる。この場合、歴史記録はわれわれの計算のチェックにしか使えない。「永年変化なし」は現実ではない。

#### 2.1.2. 地球自転が遅くなる場合

過去、地球自転が速いとする。一方、月の公転速度はいまと変わらないとする。

太陽系を北から見る。簡単のため、地軸は傾いていないとし、地球の北極の真上から物事を見る。地球の自転を巻き戻す。過去（例えば1000年前のある月のある日）に皆既日食が、ある場所で観測されたとする。（その日食が記録されていることを意味する。）過去の日食記録が有用となる

地球の公転運動、月の公転運動は現在の理論で過去に戻れるので、一樣時間を見て、地球・月・太陽が一直線上に来る時刻は計算可能である。問題は、その時刻に地表のどの部分が日食の場所になるかである。過去の方が自転が速いので、自転が一定であると考えて巻き戻す場合よりも、余分に（西へ）地球を巻き戻す必要がある。したがっ

て、予想（自転が一定であるとした場合）よりも東で日食が生じる。

一様に流れる時間で測った時刻を TT，地球の自転が変わらないとして流れる時間で測った時刻を UT とし、

$$\Delta T = TT - UT$$

とおく。近代のある時に時計合わせをしておく。すると、それ以前には UT の進みが速いから、時刻にすると、UT の値が小さい。したがって、過去においては  $\Delta T > 0$  である。この時刻の差は、1 時間に 15 度自転するとして、実際の日食地点と予想した日食地点の回転角度の差である。その際、この 1 時間を TT で測ろうと、UT で測ろうと違いはない。ここ数千年では自転速度の差は非常に小さい。

観測地点が皆既帯の西端に来る場合と東端にくる場合を両極端として、その中間の  $\Delta T$  がすべて可能である。これが皆既日食記録を用いて当時の  $\Delta T$  を求めるやり方である。  $\Delta T$  がある範囲をもって決まる。日食の継続時間の記録があれば、もっと絞り込める。日の出あるいは日の入りのときに皆既が始まった、終わったという記述があれば精度よく  $\Delta T$  が決まる。

### 2.1.3. 月公転が遅くなる場合

過去、月公転が速いとする。一方、地球の自転速度はいまと変わらないとする。前節と同様な視点で日食の場所を推定する。

月公転が今も昔も変わらないとして日食を予想する。太陽・月・地球が一直線上にあり、観測点が本影に入るはずである。ところが、過去、月の公転は速かった。だから時間を巻き戻すと、月は予想より西にいる。月の位置が予想と少ししかずれていないとする。過去数千年間はこれが成り立つ。すると、月は太陽からの平行光線の中にある。月の影は西にできる。つまり、月の公転速度が過去ほど速いことの効果は、過去の日食が予想より西に起こることである。これは地球自転減速の効

果と逆であることに注意しよう。

### 2.1.4. 地球自転も月公転も鈍化する場合

この場合、地球自転鈍化の効果で、日食地点は予想より東に来る。月公転鈍化の効果で、日食地点は予想より、西に来る。併せた効果を知るには、地球自転鈍化の割合と、月公転鈍化の割合の関係を求める必要がある。そのために月が永年的に遠ざかり、地球自転が徐々に遅くなる場合の、角運動量の再配分のされ方を見る。地球・月系の角運動量は保存される。

地球・月系の角運動量は太陽まわりのものを除くと、地球・月の重心のまわりのそれぞれの軌道角運動量と地球および月の自転角運動量の和である。これらの大きさは簡単に計算できるとおり、

(地球・月重心のまわりの) 月の公転角運動量 > 地球の自転角運動量 > (地球・月重心のまわりの) 地球の公転角運動量 > 月の自転角運動量、

となっている。小さい 2 つを無視すると、地球・月系の角運動量は地球・月重心のまわりの月の公転角運動量と地球の自転角運動量を加えたものであることがわかる。これが保存される。地球自転鈍化は自転角運動量が減ることを意味する。これは月の公転角運動量が増えること、つまり、ケプラーの法則により、月が遠ざかり、公転周期が長くなることを意味する。これより、ある精度の範囲で、地球自転鈍化のスピードと月公転鈍化のスピードに定量的な関係があることがわかる。ここではそれを指摘するに止める。

## 2.2. $\Delta T$ と月公転鈍化

2.1.4 節において、簡単な近似のもとで、地球自転速度の変化率と月公転速度の変化率に簡単な関係があることがわかった。

いま過去のある時点—1000 年前としよう—における  $\Delta T_{1000}$  が判ったとする。このデータひとつからそのときの月の公転速度は判るか？ これが問題。

表3 月の黄経の潮汐項の値の変遷.

Spencer Jones (1939)	$-11''.22 T^2$	(Moon vs planets)
Van Flandern (1970)	$(-28'' \pm 8'') T^2$	(Moon vs Brown)
Morrison (1973)	$(-21'' \pm 3'') T^2$	(Moon vs Brown)
Van Flandern (1975)	$(-32''.5 \pm 9'') T^2$	(Moon vs Num. Int.)
Morrison & Ward (1975)	$(-13'' \pm 1'') T^2$	(Moon vs Mercury Transits)
Calame & Mulholland (1978)	$(-12''.3 \pm 2''.5) T^2$	(LLR)
Williams et al. (1978)	$(-11''.9 \pm 2''.0) T^2$	(LLR)
Ferrari et al. (1980)	$(-11''.9 \pm 1''.3) T^2$	(LLR)
Dickey et al. (1982)	$(-11''.9 \pm 0''.8) T^2$	(LLR)
Dickey et al. (1994)	$(-12''.94 \pm 0''.25) T^2$	(LLR)

同じことだが、地球自転速度はわかるか。判らない。これが答えである。なぜかという、 $\Delta T$ は地球自転速度変化率の積算結果である。地球自転速度の変化率を縦軸に取り、横軸を時間としてみる。ある曲線が与えられるはずである。この曲線の下での面積が一樣時間と地球自転時間の差の積算 $\Delta T$ である。1000年間積分したものが $\Delta T_{1000}$ である。われわれに与えられた情報は、この曲線の現在の縦軸の値、それに1000年間にわたるこの曲線の下での面積である。たとえ曲線が右下がりであることがわかっても、最後の縦軸の値が知れていて1000年間の面積がある値になる曲線は無数にある。だから1000年前の縦軸の値は決まるはずがない。そこで複数の日付のデータが必要となる。

ここでは地球自転鈍化の効果で皆既帯が東にずれる効果と同等な月公転の鈍化の効果を求めよう。月は太陽平行光線の中を動くと考えてよいから、月が軌道上で動いた距離は地上で月の影が動いた距離である。月が軌道上1秒角動くと、月の影は地上で1.86 km 動く。地球自転を赤道上で測ると、1秒間に0.463 km である。つまり $\Delta T$ の1秒は0.463 km。月の軌道上の1秒角は $\Delta T$ の4.0秒に対応する。したがって、たとえば、 $\Delta T$ の1000秒は月の軌道上250秒角の位置の違いに相当する。

### 2.3. 日食と月食の結果の不一致と月黄経の潮汐項の効果

月食観測から得られた $\Delta T = TT - UT$ の値は記録にある月食の開始・終了などの時刻を現在の暦から計算した時刻と比較して求めたものである。それに対して日食の方は(当時の中国の日食については Stephenson の本<sup>10)</sup>や論文<sup>13)</sup>に詳しい記述がなく実際の記録が未調査なのではっきりしないが、少なくとも628年の日本の日食については)時刻観測ではなく、皆既食の見られた場所から $\Delta T$ の値が推定されている。そこで、当時の夜間における時刻観測の精度なども検討する必要があると思うが、ここでは、月の運動理論にまだ不確定性が残っている月の黄経の潮汐項がこれらの決定に及ぼす効果について考察しておく。

月の黄経の潮汐項としてはこれまで表3のような値が得られていた。 $T$ は100年単位で測った時間である。

現在の潮汐項の採用値は $-13''T^2$ である。暦による潮汐項の差の例として、DE200とDE405の月の位置の差を1600年から2000年まで50年毎に示しておく(表4)。

例えば、DE406の潮汐項への補正として $-2''.0 T^2$ を採用して計算すると、600年ころの月食の時刻は



表 4 暦の違い (DE200 と DE405) による月の位置の差. DE405 - DE200 の値.

date	long (°)	lat (°)	dist (AU)	d-long (")	d-lat (")	d-dist (km)
1600 1 1	104.77143	+1.41719	0.002561	-40.91810	+3.67448	-3.48105
1650 1 0	245.58877	-0.85420	0.002415	-25.18135	+2.29119	+0.83199
1700 1 0	26.53991	-3.28175	0.002557	-10.42751	+0.71961	+1.42244
1750 1 0	180.28823	-5.20741	0.002703	-4.47492	+0.09208	+0.07907
1800 1 0	335.71660	-4.33024	0.002589	-2.98036	-0.17168	-0.37561
1850 1 0	119.43714	-2.18999	0.002395	-1.80050	-0.15803	-0.09627
1900 1 0	258.26803	-0.18464	0.002492	-0.61495	-0.06873	+0.05555
1950 1 0	49.31906	+3.00530	0.002689	-0.06852	-0.01840	-0.00134
2000 1 0	205.08024	+5.17687	0.002655	-0.04320	+0.01766	-0.00966

10 分程度異なるだけであり, 当時の時刻観測精度からして無視できる量であるが, 皆既日食の見られた場所は大きく異なり, 628 年の日食に対しては  $\Delta T$  の値を 1000 sec 大きくして  $\Delta T = 3000$  sec としないと日本で見られたことにならない. これにより当時の日食と月食の結果から得られた  $\Delta T$  の値の不一致は解消されることになる. 現在の月の暦の潮汐項に  $-2''.0 T^2$  もの補正が必要だというのは現在の月レーザー測距データとは相容れないが, この事実は過去千数百年間に潮汐項が変化した可能性を示唆している.

### 3. 検証

#### 3.1. 日食

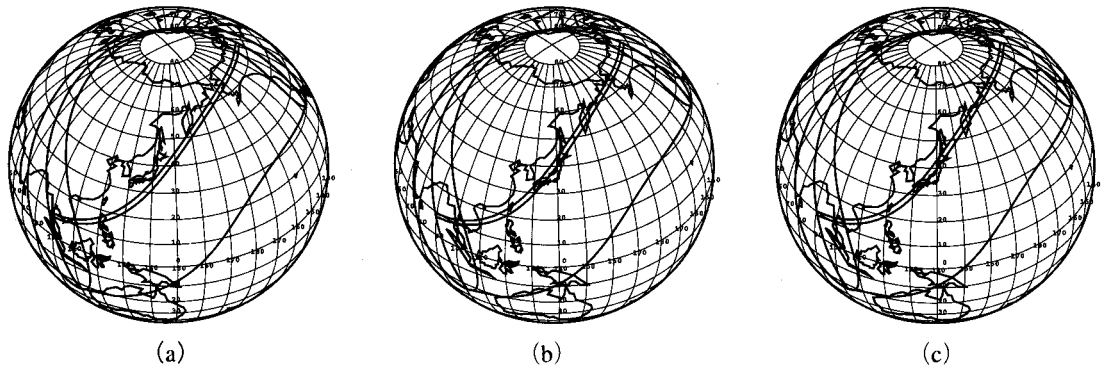
推古天皇 36 年の皆既日食は  $\Delta T$  として Stephenson<sup>10)</sup> による 4000 sec を仮定すると齊藤らの言うように皆既帯が太平洋上を通り, 日本では部分食になる. これを  $\Delta T = 2000$  sec とすると日本書紀にいうように日本で皆既日食が見られたことになる. ただし, この場合, 1.4 節で述べたように, 日食と月食から求めた  $\Delta T$  の値に大きな隔たりがある. そこで, 月の暦の潮汐項に  $-2''.0 T^2$  の補正を加えてみる. 先にも述べたように, この補正では月食から求

めた  $\Delta T$  の値には大きな変化がない. しかし日食については,  $\Delta T = 3000$  sec 程度の値を仮定しないと日本で皆既日食が見られたことにはならない. これによって, 日食と月食による  $\Delta T$  の値の不一致はかなり解消されることになる. 結果は図 1 に示した.

#### 3.2. 星食による検証

古記録の中には月が惑星や恒星を隠す星食もある. 星食が見られる範囲は部分日食と同様に一般に広いため, パラメータの値を求めるのに役立つものは少ないが, 限界線に近いところで起きるものでは役に立つものがある. ここでは, そのような現象のうち, 681 年 11 月 3 日の火星食が我々の議論に重要な役割を果たすことが判明したので紹介しておく.

日本書紀には「天武天皇 10 年 9 月癸丑, 癸惑月に入る」とある. 齊藤<sup>9)</sup>は「癸惑とは火星のこと. この夜の光度は  $-1.3$  等, 月齢 17.3 日, 月の見かけの半径 0.28 度. 計算によると, ユリウス暦 XI 4, 2h a.m. に癸惑が月の北へりの外 0.04 度のへんを通過したことになる. 『日本書紀』原文には「入月」とあるが, 実はわずかにはずれて「犯」である. 観測者は, 月齢 17.3 日の月体の明るさに幻惑されて, 食と見誤ったのであろう.」としている. 月が月齢



(a)  $\Delta T = TT - UT = 4000$  s, 潮汐項への補正は  $0'' T^2$ , (b)  $\Delta T = 2000$  s, 潮汐項への補正は  $0'' T^2$ , (c)  $\Delta T = 3000$  s, 潮汐項への補正は  $-2'' T^2$ .

図1 628年4月10日の日食. 示されているのは皆既食帯.

17.3日(満月から約2日後)の明るさだったとしても、 $-1.3$ 等の火星を月の縁から $0.04$ 度で見失うというのは不自然に思える。確かに現在の月の潮汐項を採用し、 $\Delta T = 4000$ secとすれば日本では九州南部などを除いて食にならないが、 $\Delta T = 2000$ secとすると近畿南部でも星食が見られたことになるし、さらに潮汐項に $-2'' T^2$ の補正を施して $\Delta T = 3000$ secとすれば飛鳥地方でも食が見られたことになるのである。日本書紀のこの星食記事は我々の仮定している $\Delta T$ と潮汐項の値を支持しているのである。(図2参照。なお図2で、2本の線で挟まれた地域では火星の一部が月に隠され、それより南では完全に隠され、北では食は見られない。)

#### 4. 議論

われわれは日本書紀の記事が必ずしも誇張表現でない可能性のあることを指摘したい。その理由をまとめると、

1.  $\Delta T = TT - UT = 2000.0$  sec とすれば西日本で皆既食になったはず。これは無理な値ではない。
2.  $\Delta T = 3000.0$  sec とし、月黄経の潮汐の採用値

に $-2'' T^2$ の補正を加えると、681年11月3日の火星食も記録どおりに説明できる。

3. 倭国は紀元607年に独立した(独立宣言を中国に送っている)。
4. 日食(628年)だけでなく、彗星(634年)、流星(637年)、月星接近(640年)、月食(643年)などの記録が始まっている。このことから、天文官がいたと思われる<sup>14)</sup>。
5. 倭国と通じていた百済の採用した元嘉暦を使っていた可能性が大きい<sup>15)</sup>。

#### 謝辞

国立天文台の中村 士氏および杏林大学の横尾広光氏は参考文献を紹介し、議論してくれた。また金曜夕方ゼミのメンバー、青木信仰、海野和三郎、河鱒公昭の三方には研究の途中で話を聞いていただいた。河鱒氏とはその後、共同研究が始まった。

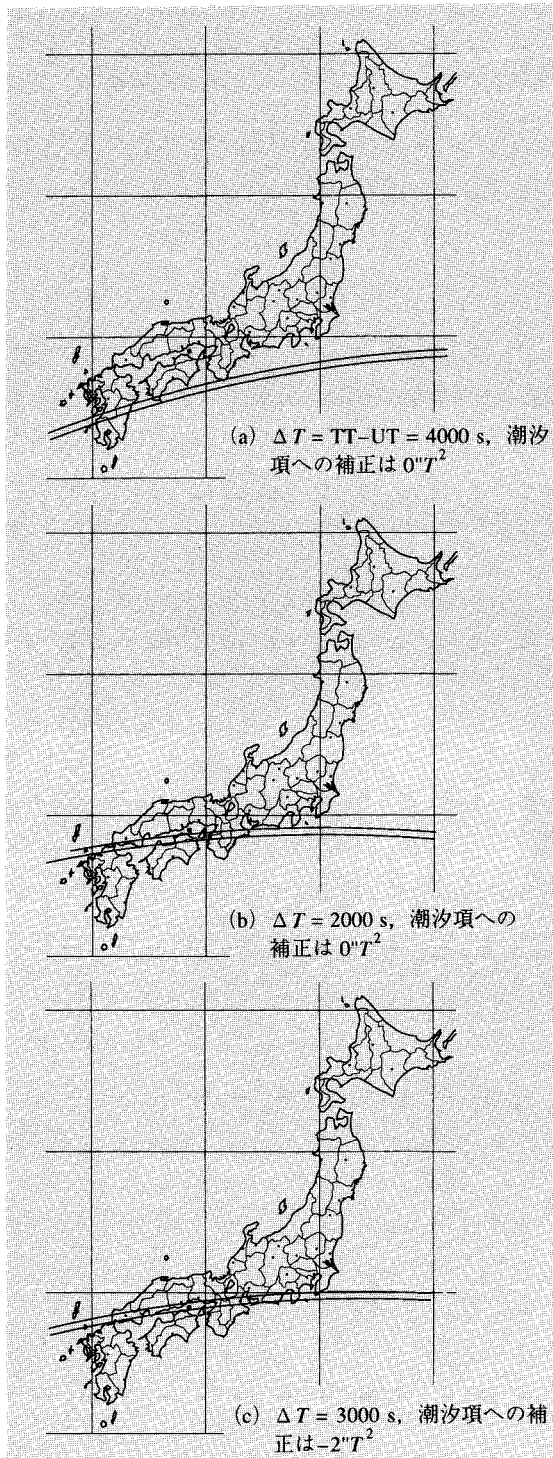


図2 681年11月3日の火星食. 示されているのは部分星食帯. 皆既星食はこの帯の南で起こる.

## 参考文献

- 1) 渡辺敏夫, 日食月食宝典, 雄山閣, 1994 (1979).
- 2) 西嶋定生, 邪馬台国と倭国, 吉川弘文館, 平成6年.
- 3) 神田 茂, 日本天文史料, 原書房, 昭和53年.
- 4) 藪内 清, 中国の天文暦法, 平凡社, 昭和44年.
- 5) 三国志, 陳寿撰, 中華書局, 1959.
- 6) 南史, 李延寿撰, 中華書局, 1975.
- 7) 隋書, 中華書局.
- 8) 内田正男 編, 日本暦日原典, 雄山閣, 1975年.
- 9) 齊藤国治, 星の古記録 (p.14, 岩波新書, 1982a), 飛鳥時代の天文学 (河出書房新社, 1982b).
- 10) F R. Stephenson., Historical eclipses and earth's rotation, Cambridge University Press, 1997.
- 11) J M. Steele., Observation and Predictions of Eclipse Times by Early Astronomers, Kluwer Academic Press, 2000.
- 12) 齊藤国治, 小沢賢二, 中国古代の天文記録の検証, p.17, 雄山閣, 1992.
- 13) F R. Stephenson., L V. Morrison., Long-term fluctuations in the Earth's rotation: 700BC to AD1990 Phil. Trans. R. astr. Soc. London A 351, 163-202, 1995. (<http://th.nao.ac.jp/~tanikawa/>に邦訳あり.)
- 14) 河鱈公昭, Private communication, 2001.
- 15) 小川清彦, 日本書紀の暦日について, 日本書紀暦日原典 (内田正男編) 所収, 1946. また, 小川清彦 著作集—古天文・暦日の研究— (齊藤国治 編著), 1997.

## Reliability of the totality of the eclipse in AD628 in Nihongi

Kiyotaka TANIKAWA and Mitsuru SōMA

National Astronomical Observatory, Mitaka, Tokyo,  
181-8588, Japan

Abstract: It is generally accepted that the solar eclipse on April 10, 628 (the second day, the third month, the thirty-sixth year of Empress Suiko) recorded in Nihongi is not total but partial though it is written as a total eclipse. We argue for the record appealing to the contemporary total or near total eclipses in Chinese history books and a Japanese occultation observation. If the value of the tidal term in the lunar longitude (the coefficient of  $T^2$  term) is different from the present value by about  $-2''/cy^{-2}$ , then there disappears an apparent contradiction of  $\Delta T$  around AD600 derived from lunar and solar eclipses. Lunar grazing occultation data are found to be useful.