

中国における日月食予測法の成立過程

大橋 由紀夫

一 はじめに

私は皆既日食を見に行ったことがあるが、とても言葉では表現できないような楽しい体験であった。しかし、それが楽しかったのは事前に日食が起ることを知った上で見たからであって、もし何の予告もなく突然それを見せられたら、とんでもない怪物が現われたように見えたであろうとも実感したものである。まして古代中国では、天命の思想によって異常な天文現象は地上の失政に対する天の警告であると見る考え方があったから、天文現象の予測ができるかどうかは政治ともかかわる重大な問題であった。まず最初に昼夜の交替、月の満ち欠け、そして季節の循環。これらは暦法が確立することによって予

測可能になる。そしてそれらの予測は日常生活のみならず農作業その他の生産活動に不可欠なことであり、正確な暦法の制定は重要な国家事業のうちの一つであった。そして次に試みられたのは惑星の運行と食の予測。中国の正式な暦法では、前漢末に成立した劉歆りゅうけんの「三統暦」で五惑星の運行と月食予測法が最初に扱われた。

本稿では、中国における食予測の初期の発展史をたどりながら、ひとつの科学理論が形成される過程について、中国社会の特質も考慮に入れながら考えてみたい。

二 半食年周期を使った月食予報

中国で最初に食の発生の規則性に言及したものは、下記の『史記・天官書』の記述である。

〔原文一〕月食始日、五月者六、六月者五、五月復六、六月者一、而五月者五、凡百一十三月而復始。故月蝕、常也。日蝕、為不滅也。⁽¹⁾

(月食が起る日(の间隔)は、五か月が六回、六か月が五回、五か月がまた六回、六か月が一回、そして五か月が五回であって、全部で百十三か月で元にもどる(また同じパターンをくり返す)。したがって月食には規則性がある。日食は良くないのである(規則性がなく不吉である)。)

さて、この記述には矛盾がある。ここには一一三か月で元にもどると書かれているが、その前に列挙された数値を合計すると一二一か月になってしまうのである。おそらく文字の誤伝があるのであろう。なお、ここに示されている月食の規則性は、以下に説明する「三統曆」の月食予測法の先駆であって、月食が「半食年」(約五・八七朔望月)ごとに起るとするものであったと思われるが、一一三か月も一二一か月もその半食年の倍数からかなりずれており、月食予測の実用にはあまり適さないようなものである。したがって、司馬遷の時代には月食に規則性があることは気づかれていたが、その規則性はま

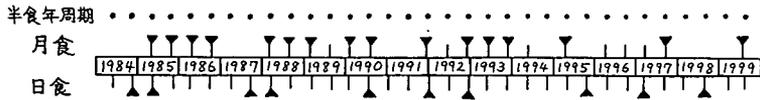
だ正確には把握されておらず、それもテキストが正しく伝承されなかった原因の一つなのかもしれない。なお、紀元前一〇四年には「太初曆」が制定され、その制定の過程で司馬遷も関与したこともあったが、それは制定時には年月日を定める常用曆の範囲に限定されたものであり、食の予報まではできなかったと見るのが妥当であろう。

さて、前漢末には劉歆が「太初曆」を増補して「三統曆」を編纂しており、その内容は『漢書・律曆志』に収録されている。「三統曆」の増補部分は惑星運行論、月食予測法、そして理論的(または思弁的)な諸部分であるが、月食予測法に関しては次のように書かれている。

〔原文二〕推月食、置会余歲積月、以二十三乘之、盈百三十五、除之。不盈者、加二十三得一月、盈百三十五、數所得、起其正、算外、則食月也。加時、在望日⁽²⁾衝辰。

(月食を予測するには、「会余歲」(計算の起点から数えた年数から、「会」という周期の年数(五一三年)の倍数を引けるだけ引いた残りの年数)の総月数を置き、二十三をこれに乘じ、百三十五を越えていればこ

第一図 日月食の周期性



れを除去していく。残りに二十三を加えるごとに一か月が得られ、「これをくり返して」百三十五を越えたとき、得られた数を天正（前年十一月）から数えはじめ、数え終った次が食月である。その時刻は、望の日の衝の時である。）

この方法は、要するに、一三五か月に二三回の月食が起る、つまり、 $\frac{135}{523}$ 一か月に一回の割合で望（満月）の時に月食が起るものとして予測するものである。もちろん、ここで言う一か月は、当時の暦は太陰太陽暦であるから、朔望月（月の満ち欠けの周期）であり、約二九・五三日である。

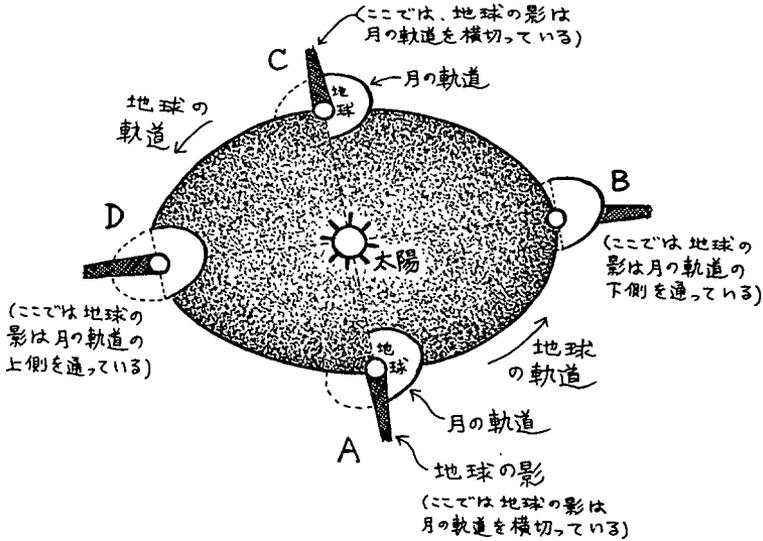
ところで、月食は本当にこのような周期で起るのだろうか。まず、実際に一九八四年から一九九九年までに起った日月食を第一図に示す。ここでは、地球上のどこかで見ることができた日

食を下向きの線、月食を上向きの線で示し、それらのうちで日本のどこかで見ることができたものは先端に三角形をつけてある。もちろん、ここで「見ることができたもの」というのは、その時の天候にかかわらず理論的に見えたはずのものということにする。そしてそこに、半食年（約 $\frac{523}{2}$ 朔望月）ごとに黒丸をつけたものを併記してある。

この第一図からうかがわれるように、日食は本当に周期的に起っているが、日食は見える地域が限定されているので、一か所に定住している人にとっては周期的に起っているようには見えない。しかし、月食の場合には、半食年周期で必ず起るわけではないが、起るとすればその周期に乗っており、そして月食はその時に月が見えているすべての地域で見えるので、一か所に定住している人にとっても三回か四回連続して月食が周期的に見えることが時々ある。おそらく、前漢の天文学者もこのような月食の周期性を長年の観測によって経験的に見つけだしたのであろう。

しかし、なぜ食がこのように周期的に起るのだろうか。今後の話の見通しを良くするために、その理由を現代天

第二図 地球の軌道と月の軌道の関係



文学の立場から説明しておこう。日食は月の影が地球の上に落ちる時に起り、月食は月が地球の影に入る時に起るのであるが、なぜそれらが朔(新月)や望(満月)のたびごとに起らないのかというと、月の軌道が黄道面(地球の軌道面)に対して約五度かたむいているからである。このため、多くの場合に月や地球の影がそれぞれ地球や月の北側か南側を通り過ぎていき、朔や望の時でも食は起らない。しかし、第二図から明らかのように、地球が太陽のまわりをめぐる間に二回だけ月の軌道が地球と太陽を結ぶ線と交わる時がある。具体的には第二図のAとCの場合であるが、この場合に朔や望になれば食が起るのである。なお、AやCを中心としてその範囲内で朔や望になれば食が起るといふ食限界があるが、日食限界よりも月食限界の方がすこし小さく、月食限界の中で望にならないままその期間が過ぎてしまうことがある。これが、第一図で見たように日食は周期的に起るが月食は周期が来ても起らないことがあるというこの原因である。

さて、第二図で地球がAからAまで(またはCからCまで)ひとめぐりする周期は、現代天文学では「食年」

と呼ばれており、約三四六・六二〇一日である。これが一年の日数と一致しないのは、月の軌道の方向が少しづつ変化しているからである。この食年の半分である半年は、約一七三・三一〇日であり、約五・八六八朔望月であるが、「原文二」で使われた 523_{20} か月というのはこの半年年に対応するということになる。

なお、第二図のAとCは、地球から見れば、月の軌道と黄道との交点を太陽が通過する（ように見える）時ということになるが、その交点のうちで月の軌道が黄道を南から北へ横切る点を昇交点、北から南へ横切る点を降交点と言ひ、Aは太陽の降交点通過、Cは太陽の昇交点通過ということになる。

ここで、「原文二」に示されている「三統曆」の月食予測法の意義について考えてみよう。この方法によれば、予測された時に必らず月食が起るとは限らないが、予測されなかった時に月食が起る心配はほとんどない。（数値が十分に精密であればその心配は全くない。）当時は異常な天文現象は不吉と考えられていたから、予想外の月食が起ったら大さわぎになったであろうが、予想された月食が起らなかったらひとまず安心ということになっ

たであろう。したがって、この方法は当時としてはけっこう実用になったであろうと考えられる。

さて、この月食予測法は、当時は一種の経験法則として見つけ出されたものと思われるが、経験法則は本当に成り立つのかどうか、なかなか確信は得られないものである。このような経験法則は一種の仮説であって、それが本当に正しいかどうか、その後検討を加えられていくことになる。ところで、一般に仮説というものは経験的に完全に確認することはできないが、一つでも反例が見つかれば反証できる、と考えられがちだが、現実はずしもそう簡単ではない。三統曆の月食予測法について言えば、月食が予報されても実際に起らなければ反例になりそうだが、本当に月食が起らなかったのか、それとも天候の具合や観測者の未熟さによって月食が見落されたのかを判定するのは容易ではない。さらに、月食が起らなければひとまずほっとする、という当時の中国社会の状況によって反例がうやむやになることもあったであろう。このような月食予測法が正しいかどうかは確定するのは、実は食現象に対する認識がより深い段階に飛躍した時であった。その段階で、半年周期を用いた月食予

報は、確証でも反証でもなく、どの程度まで正しいのかという限界が確定するのであって、この仮説そのものもその飛躍のための重要な手がかりとなるのである。そのような飛躍は、以下で述べるように後漢末に完成した「乾象曆」においてなされることになる。

なお、「三統曆」の月食予測法は数値がやや不正確であるため、長年使うとだんだんずれてきて、計算の起点の変更によってそれを修正する必要性が生ずる。実際、西暦八五年に「後漢四分曆」が採用された時には、月食予測法は「三統曆」と原理的には同じだが計算の起点を変更して用いられた。そして、「後漢四分曆」ではその後ずれの修正が二回にわたって行なわれたが、そのことについては以前やや詳しく論じたことがあるので、ここでは省略する⁽⁴⁾。

ここで一言つけ加えておくと、戴内清は、「三統曆」で日食と月食の予報を行なったと書いているが、これは誤りである。⁽⁵⁾〔原文二〕には「推月食」としか書かれていないし、実際に第一図から明らかなように一か所に定住している人が日食の周期性を見出すのはほとんど不可能である。さらに、〔原文一〕からも前漢時代には日食

には規則性がないと思われていたことがうかがわれる。以上のことから、「三統曆」では月食の予報は行なわれたが日食の予報は行なわれなかったと考えるべきである。⁽⁶⁾

三 月食の原因についての宇宙論的考察

以上に述べたような数理的な月食予測法と並行して、前漢末から後漢にかけて月食の原因についての宇宙論的な考察も行なわれた。

唐の瞿曇悉達^{くどうしつた}の『唐開元占經』に引用された前漢の劉向^{りゅうきやう}(劉歆の父)の『五經通義』には次のように書かれている。

〔原文三〕 日蝕者、月往蔽之。⁽⁷⁾

(日食とは、月が移動してこれ(太陽)をおおふものである。)

これは、現在から見ても正しい説であるが、前漢時代の天文学のレベルから考えれば、これは太陽と月の位置を正確に把握した上で発見されたのではなく、日食は必ず朝の時に起るということから直観的に洞察されたのであろう。

なお、後漢の王充も『論衡・説日篇』の中で、日食は

月がこれをおおうのだ、という説に言及している。ただし、王充自身はこの説を否定している。

さて、月食については、『唐開元占経』に引用された後漢の張衡の『靈憲』に次のように記されている。

〔原文四〕 月光生於日之所照、魄生於日之所蔽、……
当日之衝、光常不合者、蔽於地也。是謂闇虛。在星星微、月遇則食。

（月の光は太陽に照らされることによって生じ、月の暗い部分は太陽（の光）がさえぎられることによって生ずる。……太陽の正反対側では、光がいつもあたらぬのは、大地にさえぎられるからである。これを闇虚（くらやみ）という。星の場合は星（の光）がかすかになり、月がこれに遭遇すると食になる。）

これは、星の場合は誤っているが、月に關しては正しい。現実には太陽の反対側で星の光がかすかになることはないのです、この説は精密な観測に基づいたものではなく、むしろ月食は必ず望の時に起ることなどから直観的に洞察されたのであろう。

直観的な洞察による仮説は、正しい場合も誤っている場合もあるが、それが正しい場合（または何らかの真理

が含まれている場合）は理論の発展に大きな寄与をするものである。中国の食予報の場合は、ちょうど後漢時代に大きく進歩した月の運行の理論とあいまって、日月食の原因についての正しい洞察が本格的な食予報への道を開くことになったと考えられる。

四 月の運行の理論の進歩

後漢時代には月の運行に関する理論が大きく発展したが、この問題については以前にやや詳しく論じたことがあるので、ここには要点を記すだけにする。

中国では、前漢時代には赤道を基準として天体の経度を測っていた。前漢の耿寿昌は、そのようにして観測された太陽と月の速さは一定でないことに気づいたが、その原因は前漢時代には解明されなかった。実はその原因は太陽の経路である黄道が赤道に対して約二三度半かたむいているからであるが、その黄道の概念が確立するのは後漢の初めになってからである。最初に黄道を基準として太陽と月の運行を観測したのは後漢の初めの民間人の傅安だったようである。さらに、李梵と蘇統は黄道を基準として測定してもなおかつ月の運行に遅速が見出さ

れることを発見した。これは月の運行の真の遅速であって、現代天文学で「中心差」と呼ばれているものに相当する。このような月の運行の遅速について、賈逵は西暦九二年に『賈逵論曆』の中で理論的に整理した。これは『後漢書・律曆志』に収録されているが、明解なすぐれた著述である。

このように、黄道概念が確立し、黄道を基準として月の運行が精密に測定されるようになったことが、食予報の発展に大きく寄与している。後漢末に完成した劉洪の乾象曆では、月の運行の遅速を考慮に入れており、さらに黄道に対する月の軌道の傾きについても扱っている。この月の軌道の傾きの明確な認識が、本格的な食予報を可能にしたのである。

以下、乾象曆とそれに続く景初曆の食予報について検討するが、その前に古代中国の「度」について一言説明しておきたい。現在では角度と時間は全く別の概念であるが、古代中国では両者は密接に関係づけられており、太陽が一日に動く角度が一「度」とされていた。角度と言っても、平面上の二本の線分がはさむ角度が扱われていたわけではなく、天体の運動に関連して用いられてい

ただけなので、現代的に言えば角度というよりもむしろ地球上の弧長のイメージに近い。さて、古代中国の「度」で全周をひとめぐり測ると、一年の日数と等しくなる。(厳密に言えば回帰年ではなく恒星年の日数と等しくなるのだが、本稿で扱う時代には中国では歳差は発見されていなかった)ので、その違いは考慮し入れなくてよい。したがって、古代中国では全周は三六〇度ではなく約三六五・二五度になり、古代中国の一「度」は現在の一度よりやや小さいことになる。本稿では古代中国の「度」を便宜上「中国度」と呼ぶことにする。なお、以上に述べたことが中国度の最も普通の定義であるが、以下の議論の中では「度」という言葉が別の意味で使われているところもあるので注意を要する。

五 乾象曆の食予報

(五・一) はじめに

『晋書・律曆志』に収録された後漢末の劉洪の「乾象曆」(完成したのは西暦二〇六年だが、施行されたのは西暦二二三年から)そのものの中には、食予報については「推月食」という項目に半食年ごとに月食が起るとす

る予測法が記されているのみだが、『晋書・律曆志』の中には劉洪が朔望の時の太陽・月の交点距離を用いて食の可能性を吟味していたことを示唆する記事もあり、そして「乾象曆」の中にはそれを行なうのに必要な情報が十分に与えられている。したがって、劉洪は本格的な日月食予報の方法を確立していたと言つてよい。以下にまず、この二種類のの方法のそれぞれを検討し、そしてさらに劉洪が「乾象曆」の本文には半食年周期を用いる古い方法を記載した理由について考えてみたい。

(五・二) 半食年周期を用いる方法

「乾象曆」の「推月蝕」の項には次のように記されている。

〔原文五〕置上元年外所求、以会歳去之、其余年以会率乘之、如会歳為積蝕。有余加積一、会月乘之、如会率為積月、不尽為月余。以章閏乘余年、滿章歳為積閏、以減積月、余以歳中去之、不尽、数起天正。¹⁰⁾

〔「上元」(計算の起点)の年から求める年までの経過年数を置き、そこから「会歳」(893)を引けるだけ引いて、その「余年」(残りの年数)に「会率」(1882)を乗じて、「会歳」で割った商が「積食」である。も

し余りがあれば、「積食」に一を加え、それに「会月」(1045)を乗じて、「会率」で割った商が「積月」である。その余りは「月余」である。「章閏」(6)を「余年」に乗じて、「章歳」(16)で割った商が「積閏」であり、これを「積月」から減じ、その余りから「歳中」(12)を引けるだけ引き、その余りの月数を「天正」(前年十一月)から数える。(その月の満月の時に月食が起る。)

上記の方法は、求める年の何月に月食が起るかを予測する方法であるが、これは八九三年(会歳)に一八八二回(会率)の月食が起るものとして推算するものである。まずこの方法を簡単に説明しよう。

「乾象曆」全体の計算の起点である「上元」は、この月食予報の計算の起点でもあり、その形の「天正」の直前の月に月食が起り、その「天正」から八九三年ごとに同じパターンで月食が起っていくとしている。さて、まずその「上元」から求める年までの経過年数から八九三年の倍数を引けるだけ引いておく。その余りである「余年」は、現在の「八九三年周期」の初点からの経過年数ということになる。それに $\frac{1882}{893}$ をかければ、整数部分

はその初点から求める年の前までに起った月食の総数と
いうことになる。ここで知りたいのは、これから起る月
食であるから、その総数に「 1 」を加え、それに $\frac{11045}{1082}$ を
かければ、初点からその月食までの総月数が得られる。

その総月数の中に含まれる閏月の数が「積閏」であり、
これを引いてしまえば、その残りから一二の倍数を引け
るだけ引くことによって、求める年以前に経過した月数
をすべて除去することになるので、残った月数が、求め
る年の計算上の起点である「天正」から数えてどの月に
月食が起るかを示すことになる。

以上のことからわかるように、この方法は「三統曆」
の方法と原理的には同じであり、数値がより精密になっ
ているだけである。「三統曆」では半食年を約586957
朔望月としていたのを、「乾象曆」では約586876朔望月
としたことになり、現在の半食年の精密値は約586883
朔望月であるから、数値としてはかなり精密になってい
る。

(五・三) 朔望の時の交点距離を吟味する方法

『晋書・律曆志』に引用された徐岳の言葉の中に、劉
洪が日食についてその日時だけでなく欠ける方向や欠け

る割合についても予測したことを記したものがあ
る。これは半食年周期を用いるだけでは不可能であり、朔の時
の太陽・月の交点距離を明らかにして初めて可能になる
ことである。⁽¹¹⁾ 実際、「乾象曆」の中にその交点距離を推
算する方法が示されているので、それを見ることにしよ
う。

「乾象曆」では、月の交点距離にあたるものが「陰陽
曆」と呼ばれており、これが「日」という単位で示され
ているが、あらかじめ注意しておくと、この「日」とい
うのは普通の意味の「一日」とは違うここ独特の特殊な
単位である。さて、「乾象曆」の「推朔入陰陽曆」(朔の
時の交点距離の推算)には次のように記されている。

〔原文六〕以会月去上元積月、余以朔合分及微分各乘
之、微分滿其法從合分、合分滿周天去之、其余不滿曆
周者、為入陽曆、滿去之、余為入陰曆。余皆如月周得
一日、算外、所求月合朔入曆、不₍₁₂₎盡為日余。

〔会月〕(11045)を「上元積月」(上元からの総月
数)から引けるだけ引き、その余りに「朔合分」
(18328)を乗じたものと「微分」(914)を乗じたもの
をそれぞれ作り、「微分」の方がその「法」(分母、

2209、この数値は本文には「微分法」として与えられている(を越えたら「朔合分」の方へくりあげる。「朔合分」の方が「周天」(21530)を越えたらそれを除去し、その余りが「暦周」(107565)に達しなかつたら、「陽曆」に入っていることになり、「暦周」を越えたらそれを除去して、余りは「陰曆」に入っていることになる。余りをいずれの場合も「月周」(2574)で割った商の値の次の数値(一を加えた数)が、求める月の合朔の「入曆」(交点距離を「日」という単位で表わしたもの)であり、余りは「日余」である。)

以上の方法で使われている数値は、半食年周期に関する数値と密接に関係しているので、それをふまえて簡単に説明したい。

「乾象曆」では八九三年(会歳)に一八八二回(会率)の太陽の交点通過があるとしていたわけだが、これは「会率」の半分の九四一回(これは「朔望合数」と呼ばれている)の食年があることになり、八九三と九四一の差の四八がこの期間における交点の回転数である。そして、この「会歳」の期間の朔望月の数は一一〇四五月(会月)であり、これに食年の数九四一を加えた一一九

八六がこの期間における交点月(月が交点を通過してからまた同じ交点を通過するまでの周期)の数である。

さて、一一〇四五朔望月ごとに同じパターンで交点月が含まれるわけなので、まずこの倍数を「上元積月」から引けるだけ引いてしまふ。すると残りはこのパターンの中で何か月経過したかを表わすわけだが、このパターンの初点では月は交点(後で明らかになるように昇交点ではなく降交点)にあるとされていて、その月数に「朔合分」(およびその端数である「微分法」分の「微分」)をかけたものが求める朔における月の交点距離(単位は中国度の五八九分の一)となる。同じ単位で全周は「周天」であって、これを越えたらそれを除去したものが求める交点距離になるが、この全周は「陽曆」と「陰曆」に二等分されている。劉洪は別のところで月の去極度を求める際に、月の黄道からの離角を黄度の去極度に対して「陽曆」では加え、「陰曆」では減ずるとしているのど、「陽曆」では月は黄道の南側、「陰曆」では北側にあることになり、「陽曆」の初点は降交点、「陰曆」の初点は昇交点ということになる。

次に上で得られた月の交点距離を「月周」で割るわけ

だが、この「月周」は同じ単位(中国度の五八九分の一)で測られた月の一日あたりの平均移動量であって、それで割った商に一を加えたものが、「日」という単位で何日目になるかということと表わした月の交点距離とされていることになる。ここで「日」という単位が用いられているが、これはその瞬間における交点と月の離角を平均移動する月が動くとしたら何日目になるか、という仮想的な量であって、普通の意味の日数ではないことに注意を要する。⁽¹³⁾

以上で計算の手順はほぼ明らかになったが、そこで用いられた「朔合分」(とその端数)は一か月に月の交点距離がどれだけ変化するかを表わす量であるが、その導出法について、「乾象曆」の本文に、「周天」に「朔望合数」をかけて「会月」で割ったものと記されている。これはつまり、「会月」の期間内の朔望月の数と交点月の数の差が「朔望合数」であるから、その期間における朔の時の交点距離は「朔望合数」回転の変化、つまり「朔望合数」に「周天」をかけた角度(単位は中国度の五八九分の一)の変化をすることになるので、一か月あたりの変化はそれを「会月」で割ったもの、ということ

になるわけである。このことから明らかなように、ここで用いられている数値は半食年周期に関する数値と完全に整合的である。

なお、以上は月が平均運動するものとして計算したものであるが、「乾象曆」ではさらにこれに対して月の遅速変化による修正を加えている。これについては本稿では省略する。

(五・四) 前限と後限

「乾象曆」では「陰陽曆」に関連して「前限」と「後限」という数値が与えられている。それらは交点をはさんで対称になっていて、「前限」は「陰陽曆」で二日目の「限余千二百九十、微分四百五十七」とされている。

ここで「余」は「日」の七八七四分の一、そして「微分」はさらにその二二〇九分の一を単位としているので、「前限」の値は「日」を単位とすれば、交点から $9164 + (457/2209) / 7874$ のところということになる。この「前限」と「後限」については、「乾象曆」には次のように書かれている。

〔原文七〕入曆在前限余前、後限余後者、月行道也。⁽¹⁴⁾

(月の交点距離が〔交点をはさんで〕「前限」の前で「後限」の後にあるときは、月は中道を運行している。)

ここで「中道」というのは、つまり黄道の付近ということであるから、「乾象曆」に明言されてはいないが、この「前限」の前で「後限」の後、という区間で朔・望が起る時に日月食が起ると、ほとんど言っているようなものであり、この「前限」と「後限」が現在の食限に相当すると見てよい。したがって、本格的な日月食予報を行なうのに必要な情報はここに与えられていることになるわけである。

さて、この「前限」「後限」の値(現在の角度に換算すると約 $15^{\circ}20'$)はどのようにして導出されたのだろうか。これは実は、太陽の交点通過から半朔望月へたった瞬間における交点と太陽との間の角距離を、平均運動する月が動くのにかかる時間によって表わしたものに等しい。式で表わせば次のようになる。

$$\text{「前限」} = \frac{\text{(半朔望月の日数)} \times \text{(1年の長さ/食年の長さ)}}{\text{(月の1日あたりの平均移動度)}}$$

「乾象曆」の「前限」の値は、この式に「乾象曆」で

用いられているそれぞれの値を代入して得られる値に完全に一致する。⁽¹⁵⁾

ここで、なぜこのような値が「前限」「後限」とされたのかについて考えてみよう。これらを食限に相当するものとすれば、結局、太陽の交点通過をはさんで一朔望月の間の朔・望において日月食が起ることになるが、そうすると半月をへだてて日食と月食が連続して起ることはしばしばあるが、日月食が三回連続して起るとはちょうどぎりぎりではない、という結果になる。

現実にはどうかと言うと、日食と月食が半月をへだてて連続して見られることは実際に時々あるが、ひとつの地点で日月食が三回連続して見られることは⁽¹⁶⁾ない。おそらく劉洪はこのような経験的事実に基づいて「前限」「後限」の見当をつけたのではないだろうか。

(五・五) 劉洪が半食年周期による方法を温存した理由

すでに明らかになったように、劉洪は太陽・月の交点距離を用いて日月食を予測する方法を事実上確立していたので、本来ならば半食年周期を用いて月食を予測する古い方法を残す必要はなかったはずである。とは言って

も、半食年周期そのものが不要になったわけではなく、非常に重要な役割を果たしている。というのは、「陰陽暦」で用いられた数値から計算すると劉洪は一交点月の値として約272.215日を用いたことになり、これは現在の精密値272.2221日(『理科年表』による)と比較してもかなり正確な値であるが、これは月の位置を直接測定したのではこの精度は当時としては出せなかったはずだからである。つまり、劉洪の時代には黄道を基準にして天体の位置を測定できるようになってから百年あまりしかたっていないが、もし月が黄道を通過する時刻を実際に測定して算出するとしたら、この精度を出すためには仮に百年をへだてたとしても約二時間以内の精度の測定がなされて初めてこの精度が出せるが、これは渾天儀を用いた当時の肉眼観測ではまず不可能であっただろう。もっとも、最もわかりやすい月の交点通過は日月食であるが、その時刻をある程度の精度で測定することはできなかった。とこころで日月食の記録は当時すでにかなり長年にわたって蓄積されていたはずであるが、一般に多少精度の悪い測定でも長年蓄積すれば高精度の天文定数を算出できるものである。このため、日月

食の記録から算出する半食年周期の方は当時かなりの精度で求めることができた。したがって、「乾象暦」の精度から見て、半食年周期の方が先に決められて、それから「陰陽暦」に必要な数値が導出されたことは確実であって、半食年周期の概念がすでに存在していたことよって初めて「陰陽暦」の推算が実現可能になったと言ってもよいのである。このように、半食年周期は重要な意味を持っており、そしてそのことを劉洪はよく理解していたと言える。

しかしながら、なぜ劉洪は「乾象暦」の中の食予報を新しい方法に作りかえなかったのか。ここからは推測するしかないが、おそらく劉洪は新しい理論の形成期において「前限」「後限」の値が妥当なものかどうかを検証するデータがまだ不足していたので、慎重を期して、それらを日月食の限界と明言することを避けて、半食年周期を用いる古い方法を温存したのではないだろうか。実際、「乾象暦」に続く「景初暦」では、次に見るように、より精密な食限の値が与えられている。

いずれにしても、「三統暦」の段階では仮説に過ぎなかった月食周期が、「乾象暦」ではより高次の月運動論

の立場から、その半食年周期としての意味が確定され、そして月食予測法としての限界も明らかにされた、と言うことができる。半食年周期による月食予測は「乾象曆」を最後として姿を消すが、決して単純に否定されたのではない。一種の弁証法的否定をされたと言うべきだろう。

六 景初曆の食予報

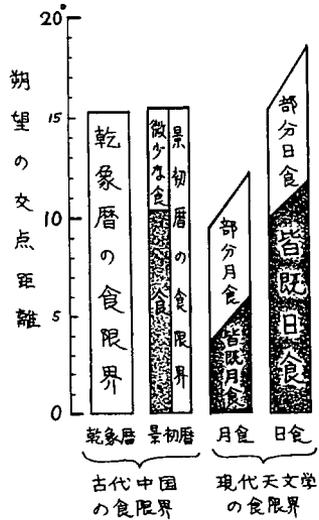
『晋書・律曆志』に収録された三国・魏の楊偉の「景初曆」（西曆二二七年から施行）には、太陽・月の交点距離を用いた本格的な日月食の予測法が記されている。まずその原文を見ることにするが、あらかじめ注意しておくとして、「度」という単位が使われているが、これは普通の中国度と同一視することはできない。さて、「景初曆」の「推合朔交会月蝕術」（合朔の「交会」（日食）と月食の推算法）には次のように記されている。

〔原文八〕置所入紀朔積分、以所入紀下交会差率之数加之、以会通去之、余則所求年天正十一月合朔去交度分也。……朔望去交分、如朔望合数以下、入交限数以上者、朔則交会、望則月蝕。⁽¹⁷⁾

〔紀〕（「景初曆」で用いられている一八四三年周期）の初点からの「朔積分」（その年の天正の朔までの時間を、一日の四五五九分の一を単位として表わしたものを）を置き、それにその「紀」の「交会差率」（一種の初期値）を加え、そこから「会通」（七九〇一〇、半食年の長さを、一日の四五五九分の一を単位として表わしたものを）を引けるだけ引いて、その余りが求める年の天正十一月の朔の時の「去交度分」（太陽の交点通過からの時間を、一日の四五五九分の一を単位として表わしたものである。……朔・望の「去交分」（去交度分）が「朔望合数」（六七三一五、朔望月の半分の長さを、一日の四五五九分の一を単位として表わしたものを）以下であり、「入交限数」（七二二七九五、「会通」と「朔望合数」の差）以上であれば、朔の時には「交会」（日食）になり、望の時には月食になる。）

なお、「去交度分」を「日法」（四五五九）で割ったものが「去交度」とされている。ここで「度」という単位が使われているが、上記の手順から明らかのように、これは太陽の交点通過からの日数であって、角度を直接あ

第三図 古代中国と現代天文学の食限界



らわすものではない。つまり、この「去交度」に関して特に注意しなければならないのは、それはその日数における太陽の移動量に対応するものであって、その間に交点も移動しているから、「去交度」は交点距離を直接あらわすのではない、ということである。⁽¹⁸⁾

なお、ここで「朔望合数」と「入交限数」を食限としているのは、「乾象曆」の「前限」「後限」を全くそのまま受けついでものと言える。さて「景初曆」には、食限に関してこれらの他に次のような注目すべき記述がある。
 「原文九」去交度十五以上、雖交不蝕也。十以下是蝕。十以上、虧蝕微少、光晷相及而已。⁽¹⁹⁾

「去交度」が一五以上であれば、「交点にあっても」

(このままでは意味不明で、「朔望であっても」と言いたいものと思われる)食は起らない。一〇以下であれば食が起る。一〇以上(で一五以下)ならば、欠け方は微少で、光と影が互いにその範囲を広げ合うだけである。)

ここで食限が二段階で示されているのは、食予報を精密化したものとして注目すべきである。この「十五」と「十」という数字は、おそらく経験的に求められたものであろう。それらに端数がなく丸い数字であることが、それらが理論的(もしくは思弁的)に導出されたのではないことを暗示している。このことは、先に見た「朔望合数」と「入交限数」が「乾象曆」の考え方を引きついで理論的に導出されたものであったことと好対照をなしている。

なお、「景初曆」の二段階の食限が「乾象曆」の値と比べていかにすぐれているかを示すために、第三図にそれらの値と現代天文学による食限の値を比較して示す。⁽²⁰⁾
 ただし、現代天文学の値は地球全体に関するものであるから、限界内であっても特定の土地で食が見えるとは限らない。第三図から明らかのように、月食に関しては

「乾象曆」の値は過大で、「景初曆」の小さい方の値が妥当であることがわかる。日食に関しては一見するといずれも妥当なように見えるが、実は日食予報に関しては交点距離だけでは不十分で、「視差計算」というものが必要になるのだが、当時はそこまでの段階には達していなかった。

おそらく、「原文九」のようなより精密な食限を見出しえたことによって、「景初曆」で新しい日月食予測法の正式な記載にふみきることができた、と推測してよいだろう。

七 結論

日月食は先秦時代には予測のつかない異常現象であったが、前漢時代には月食に周期性があることに気づかれるようになり、前漢末の劉歆の「三統曆」では半食年ごとの満月の時に月食が起るといふ予測法が使われるようになった。これは、予測されなかった時に月食が起る心配はないが予測されても月食が起らないことがある、という不完全なものであったが、真理の一面をとらえたものであった。

前漢末から後漢にかけて、日食は月が太陽をおおい、月食は月が大地の陰に入る、ということが直観的に洞察されるようになった。これは、その後の日月食理論の発展の指針ともなり、そしてその過程でその洞察の正しさも確かめられていったのではないかと想像できる。

それと並行して、後漢時代には黄道の概念が確立し、それによって月の運行の遅速も発見され、さらに月の軌道の黄道に対する傾きについても明らかにいった。月の軌道の傾きについては、後漢末の劉洪の「乾象曆」において初めて理論的に定式化された。

まさにこの「乾象曆」において、それまでの知識を集めて、月の軌道の交点付近に太陽と月が来た時に日月食が起る、ということが実質的には明らかにされたが、「乾象曆」の中の食予報としては半食年周期を用いる古い方法が使われた。おそらく食限の妥当性を確認するデータがまだ不足していたので慎重を期して古い方法を温存したのであろう。

三国時代の楊偉の「景初曆」では、より精密な二段階の食限を用いて、太陽と月の朔・望の時の交点距離によって日月食の有無を判定する方法を確立した。

さて、以上のような過程において、半食年周期を用いる方法から交点距離を用いる方法へ理論が転換したわけであるが、理論の転換というものは一見すると互いに相容れない理論が不連続的に転換したように見えるかもしれない。しかし、現実の理論の転換はそのように単純ではない。すでに「乾象曆」の場合に見たように、古い理論は新しい理論の形成のための重要な要素の一つとなっており、そして新しい理論によって古い理論の限界が明らかにされるといふ関係になっている。このことは、言い方を変えれば、新しい高次の理論に飛躍することによって、それまでは仮説に過ぎなかった古い理論がある限界内では正しいことが初めて確認されたとも言える。

このような新旧の理論の関係について、劉洪が両者の数値を完全に整合的に定めていることから見ても、劉洪は意識的に考えながら新しい理論を形成していったのであろうと推測できる。

以上のことから明らかなように、中国における日月食予測法の成立過程は、科学理論の形成と発展の構造について雄弁に物語っていると見える。

最後に、十五年来御指導いただいている木山英雄先生

に本稿をささげ、先生の今後のますますの御活躍を祈りたい。

- (1) 『歴代天文律曆等志彙編』(以下『彙編』と略す) 第一冊、北京、中華書局、一九七五年、四六頁。なお、『彙編』は正史の天文志・律曆志を集成したもので、中国天文学史の基本史料としてよく使われている。
- (2) 『彙編』第五冊、一九七六年、一四二―一八頁。
- (3) 日月食のデータは、『理科年表』(丸善)一九八四年版、一九九九年版による。
- (4) 大橋由紀夫「後漢四分曆の成立過程」『数学史研究』通巻九三号、一九八二年、一―二七頁。
- (5) 藪内清『中国の科学文明』、岩波新書、一九七〇年、三九頁、および同『増補改訂・中国の天文曆法』、平凡社、一九九〇年、三二―四頁。
- (6) 陳遵媯『中国天文学史』第三冊、上海人民出版社、一九八四年、七六〇頁には、月食を予測しただけで日食についてはしなかった、と正しく書かれている。
- (7) 『文淵閣四庫全書』所収の『唐開元占経』(『四庫術数類叢書(五)』)、上海古籍出版社、一九九〇年、に影印)、巻九、四葉表(影印本二四六頁)。
- (8) 前掲書、巻一、三葉表(影印本一七〇頁)。
- (9) 大橋由紀夫「賈逵の月行遲疾論」『数字史研究』通巻一三六号、一九九三年、二九―四一頁。

(10) 『彙編』第五冊、一五九〇頁。
(11) 陳遵媯、前掲書第三冊、七六〇頁では、劉洪が中国で初めて日食の予報をしたと正しく述べているが、それを食周期に基づいて行なったかのように書いてある。これは誤りである。

(12) 『彙編』第五冊、一五九九頁。
(13) 陳美東『古曆新探』、沈陽、遼寧教育出版社、一九九五年、三四九頁では、「乾象曆」の「陰陽曆」における「日」を月の交点通過からの日数として考えているように見えるが、そうだとすれば誤りである。(ただし陳氏のこの部分の説明文と数式の間には矛盾がある。)

なお、陳美東「劉洪的生平、天文学成就和思想」『自然科学史研究』第五卷第二期、一九八六年、一二九〜一四二頁の一三五頁には、劉洪の「陰陽曆」の日数が恒星月の日数に一致し、「乾象曆」の中他の数値から推算される交点月の日数には一致しないことなどを挙げ、劉洪の交点月に対する認識は不十分であったと述べているが、陳氏のこの見解も誤りである。なぜなら、「陰陽曆」で用いられている「日」は角度を示すものであって、その全体の日数は月が天球を一巡する恒星月の日数に必ず(定義によって)一致するからである。劉洪の原文には交点月に関する混乱は全く無く、交点月の日数は一つの値(約27.21215日)に確定している。

(14) 『彙編』第五冊、一五九九頁。

(15) 「乾象曆」そのものの中には「前限」の導出法は書か

れていないが、「景初曆」にはそれに対応する値の他の定数との関係がわかるように書いてあり、「乾象曆」でもこれと同じ考え方をしていたことが実際の数値によって確認できるわけである。

(16) 実を言うと、地球全体を考えれば、日食・月食・日食の順で三回の食が連続することがあることはあるのだが、そのような場合のそれぞれの日食はいずれも軽微な部分食で、しかもそれぞれ逆の側の極に近い地域で見えるだけなので、ある地点に定住している人が三回の食の連続を見ることはない。なお、月食・日食・月食の順で食が連続することはない。

(17) 『彙編』第五冊、一六二六〜一六二七頁。

(18) 「去交度」を交点距離(中国度を単位とする)に換算するには、一年の長さ(厳密には恒星年)を乗じて、食年の長さで割ればよい。

なお、戴内清『增補改訂・中国の天文曆法』、三二五頁や、陳美東『古曆新探』、三三〇頁には、「景初曆」の「去交度」が普通の中国度であるかのように書かれているが、これらは誤りである。

(19) 『彙編』第五冊、一六二七頁。

(20) 「乾象曆」と「景初曆」の値は現在の角度の単位に換算すると次のようになる。

「乾象曆」の「前限」……15°20'

「景初曆」の「去交度十五」……15°35'

「景初曆」の「去交度十」……10°23'

現代天文学による値は、鈴木敬信「日食と月食」(広瀬秀雄編『新版・地球と月』(新天文学講座・第四巻)、恒星社厚生閣、一九六三年、所収)、一四七〜一四八頁によれば次の通りである。

日食限界…… $15^{\circ}21' \sim 18^{\circ}31'$
皆既日食限界…… $9^{\circ}55' \sim 11^{\circ}50'$

月食限界…… $9^{\circ}30' \sim 12^{\circ}20'$
皆既月食限界…… $3^{\circ}45' \sim 6^{\circ}0'$

なお、それぞれに幅があるのは、太陽と月の距離や、月の軌道の黄道に対する傾斜角に変動があるためである。

(一橋大学講師)