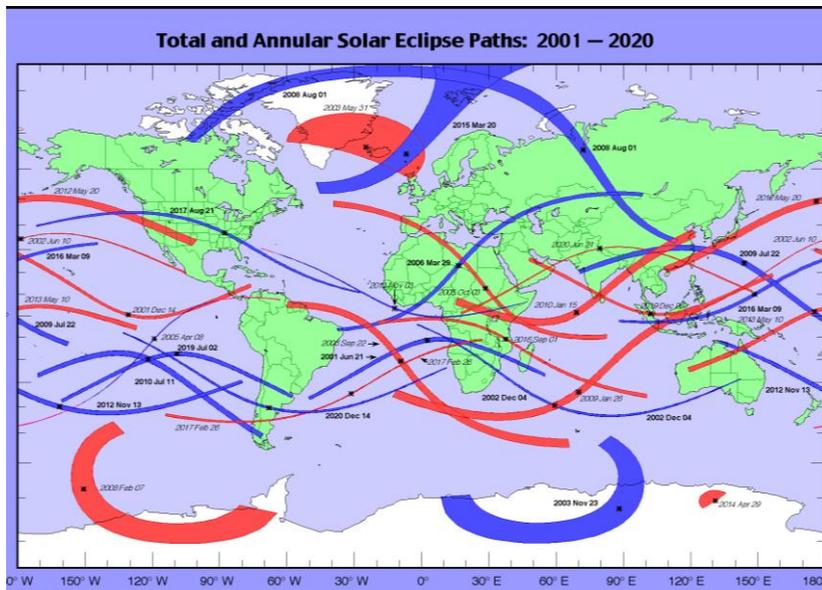


## 日食はいつ起こる～サロスの周期

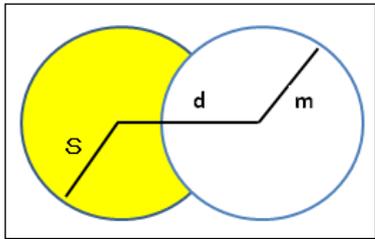
### 日食の周期と食分

日食の周期が発見されたのは非常に古く、すでに紀元前7～6世紀ころバビロニア（別名カルディア）の占星術師たちは223朔望月（月の満ち欠けが223回）経てば再び日食が起こることを知っていました。この周期は18年10日と約8時間で、今日サロスの周期と呼ばれています。サロスの周期ごとに太陽と地球と月が相対的にほぼ同じ位置に来るため、日食または月食は1サロス後にはほぼ同じ条件で起こります。ただし1/3日という端数のため地球上で1/3日（＝8時間）の時差、経度にして120度離れた地点に移ります。そして3サロス（54年1ヶ月）後にはまたほぼ同じ地点で見られます。こんなことをバビロニアの占星術師はどうして知ったのでしょうか？星座の起こりもバビロニア、彼らの天文学はギリシア、インドそして全世界へ伝わっていきました。

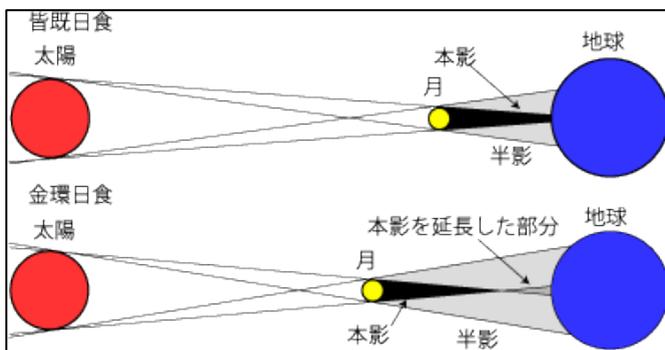


現在いつどこで日食が起こるかはすべて予報可能で、図は 2001 年から 2020 年までの皆既食（青色）と金環食（赤色）が起こる地域を示したものです（[4]による）。2009 年の皆既日食より 1 サロス前の日食は 1991 年 7 月 11 日にハワイやメキシコで見られ、1 サロス後の 2027 年 8 月 2 日の日食観測地はアフリカ大陸北部などになります。2 サロス後の 2045 年 8 月 12 日には皆既帯はアメリカを縦断しメキシコ湾カリブ海へ伸びています。そして 3 サロス後（2063 年 8 月 24 日）にはまた日本で見られます。皆既帯は津軽海峡を挟んで青森北部、北海道南部ですが、近畿でも 8 割くらい欠けます。わが国で見られる次の皆既日食は 2035 年 9 月 2 日に起こり、能登半島から北関東を横切る地帯で見られ、また全国ほとんどの地域で食分 0.9 となります。この 3 サロス前の日食は 1981 年 7 月 31 日に起こりましたが、皆既帯はシベリア樺太を通りわが国からは見られませんでした。2012 年 5 月 21 日の金環食より 3 サロス前の日食は種子島で見られた 1958 年 4 月 19 日の金環食でした。

日食の規模を表す値としてよく使われる食分という数値は  $s$  ,  $m$  を太陽と月の見かけのサイズ,  $d$  を両天体の中心間の離角として  $(s+m-d)/2s$  で定義されます。単位はすべて角度の分です。面積比でないことにご注意。 $s$  や  $m$  の値はどちらも約 31 分、腕を伸ばして持つ五円玉の穴の大きさと同じです。地球は太陽の周りをほぼ円軌道を描いているので  $s$  は 1%程度しか変化しませんが、月の公転軌道は扁平な楕円で地球との距離は約 5%変動するので、 $m$  も 5%変動します。両天体が離れている時は



$d > s + m$  この式の値はマイナスになりますが、食分は 0 とします。両天体の中心が一致すなわち  $d = 0$  のとき、食分が 1 より小さいなら金環食、1 以上なら皆既食となります。月が地球に近いと  $m$  が大きくて食分が 1 を越すこともあります。



### 京都における 20 世紀 21 世紀の食分 0.8 以上の日食

年月日	種別	皆既金環地域	食分	サロス
1918 年 6 月 9 日	皆既	鳥島	0.87	126/42
1943 年 2 月 5 日	皆既	石垣島	0.82	120/57
1948 年 5 月 9 日	金環	礼文島	0.82	137/32
1958 年 4 月 19 日	金環	種子島～伊豆諸島	0.87	128/55
2009 年 7 月 22 日	皆既	上海～トカラ～小笠原	0.81	136/37
2012 年 5 月 21 日	金環	図 3	0.94	128/58
2035 年 9 月 2 日	皆既	能登～北関東	0.94	145/23
2041 年 10 月 25 日	金環	北陸、東海	0.94	134/45
2042 年 4 月 20 日	皆既	太平洋上	0.82	139/31
2063 年 8 月 24 日	皆既	津軽海峡	0.79	136/40
2070 年 4 月 11 日	皆既	太平洋上	0.87	130/55
2074 年 1 月 27 日	金環	鹿児島	0.91	132/49
2095 年 11 月 27 日	金環	中四国	0.91	134/48

## 日食観望

20年前までは深い専門知識と膨大な計算を要した日食の予測を、現在はだれもが机上のPCで行えるようになりました。次の日食は自分の居住地では何時何分に始まるか、どのくらい欠けるか、太陽と月はどのように動いていくかなどがすぐにわかります。BC2000～AD3000までのすべての日食が登録されているので、大昔の日食でも眺めることができます。しかも操作は簡単で観測地点はGoogleMap上で指定できます。また結果の図の見方や日食用語の解説も載っています。[2][3][4]はインターネットにつないでブラウザでご覧ください。[5][6]はインターネットからダウンロードしPCにインストールしてお使いください。

ソフトまたはサイト名	有効年	備考
国立天文台天文情報センター 暦計算室[2]	2001年～2035年	月食、日面通過、暦 計算も
日食情報データベース[3]	BC2000年～3000年	月食、日面通過も
NASAEclipse Web Site[4]	同上	英語
EmapWin[5]	同上	
つるちゃんの日食ソフト[6]	1980年～2099年	様々な描画可

現在、月は約38万kmの距離にいますが、年に3.8cmずつ地球から遠ざかっています。その原因は、潮の満ち干にあり、海水の動きは、海底との摩擦や地形などの条件によって、地球の自転にブレーキをかける働きをしています。このため、地球の自転速度は10万年に1秒の割合で遅くなっています。過去ではもっと速く自転していました。古生代には1日は22時間、1年は約400日だったことが化石調査からわかっているそうです。ブレーキによって奪われたエネルギーは地球と同じ重心をまわる月の側へ移り、月の運動エネルギーが増加し結果として月は地球から離れていきます。とはいえ月は地球から永遠に離れ続けていくわけではなく、地球の自転周期と月の公転周期が一致すれば終わりますが、その値は約50日。このとき月と地球の距離は現在の約1.5倍となり大きさは約2/3、したが

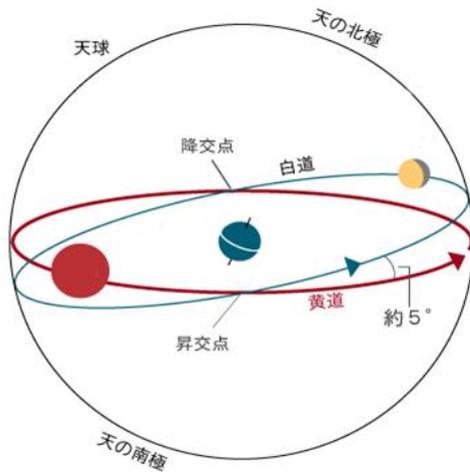
って皆既日食は起こらず、金環食でも日環が大きすぎます。地球と月はいつも同じ面を向き合って、月はいつも天空の同じ場所において、満ち欠けも月の出・月の入りも見られなくなります。地球と月は見えない棒でつなぎとめられていて、なんだか味気ないですね。この状態は冥王星から衛星カロンを見るのと同じです。

19世紀以降、皆既日食の天体物理的な意義は太陽コロナの観測でした。普段は太陽光が眩しすぎて見られないコロナの中に未知の輝線が発見され、新元素コロニウムと名付けられましたが実は高電離の鉄イオンによるものでした。筆者は学生時代に皆既日食はコロナやプロミネンスの物理状態・加熱機構の研究のため欠かせない天文現象だと習いました。しかし人工衛星が地球の外から太陽を観測し常時コロナが見える現在、わずか2~3分のためにわざわざ遠路皆既日食観測に出かける必要はあるのだろうか？ 専門家には怒られそうなこの素人質問に答えてくださったのは大阪のK氏（故人）でした。「そりゃあんた、皆既日食を見たことがないからや。いっぺん見たらやみつきになりませ。今度一緒に行きませよ。」なるほど、これこそが天文屋の原点！

現在では遠方の島へ行かなくても、インターネットによる日食ライブにより、リアルタイムで日食観望ができます。とはいえやはり生で見たいもの、ただし肉眼で直接見ることは、絶対に避けて日食メガネを使いましょう。

## 黄道と白道

日月火水木金土をはじめすべての星々は規則正しく東から西へ運行していますが、当然これは地球が西から東へ自転しているためです。この周期が24時間よりやや短いことは数日続けて観測すればわかります。星の南中から南中までの間隔は23時間56分4秒で、天動説の立場にたてば、天



球は天の北極・天の南極を軸としてこの周期で回転しています。地球と同じく北半球・南半球・赤道が定義されます。古代の占星術師は天球上に固定されている天体を恒星と、位置を変えているものを惑星と名付けました。太陽も毎日位置を変えますが、ある径路に沿って進み1年で元の位置に戻ります。月はまた別の径路で1月で元の位置に戻ります。それらの径路を黄道、白道といいます(図1, 図2)。惑星はほぼ黄道に沿ってそれぞれの周期で運行しています。赤道と黄道は約 $23.4^\circ$ 傾いていますが、地動説的説明では地球の自転軸と公転面の傾きです。赤道と黄道の交点は2つあり、春分点・秋分点といわれ、また白道と黄道とは約5度傾いていて、その2交点を昇交点・降交点といわれます。これらの点に星があるわけでもなく、ましてや特別な印がついているわけでもありません。春分点は $\gamma$ で表しますが、これはギリシア文字のガンマではなく、実は羊の頭をかたどったものです。

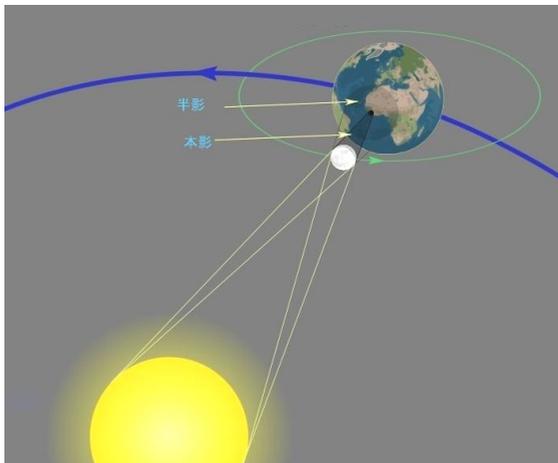
天球にも地球の経度・緯度にあたる座標があり、一般には赤道に基づいた赤経・赤緯を使いますが、太陽・惑星の場合には黄道に基づいた黄経・黄緯を使います。その原点は春分点で、黄経は $0^\circ$ から $360^\circ$ 、黄緯は $-90^\circ$ か

ら 90°までの値をとります。太陽の黄緯は常に 0°で、黄経は春分の時点で 0°そこが春分点、秋分の時点で 180°そこが秋分点です。

## サロスの周期のからくり

これを知るために月の運動の説明から始めましょう。月の満ち欠けの周期(朔望周期)は 29.5306

日で地球の周りを公転する周期 27.321662 日より長いのはなぜでしょうか?地球の公転・自転・月の公転はすべて同方向で、上から見て反時計回りです。月が地球の周りを回る間、地球も太陽の周りを回っている



ので図 2 では左に移動します。従って月が 1 公転した後には地球から見て太陽と月は同方向ではなく、同方向になるにはもう 2 日強が必要となります。p7 の図地球中心の座標系で考えると、太陽は黄道上を 365.24219 日で、月は白道上を 27.321662 日で西から東へ移動しています。同一点から出発しても月の方がスピードが速く、1 周した時には太陽はやや前を進んでいます。黄経が同じになった時が新月で、ここまでの期間が朔望周期です。傾きがあるので一般には重ならず、太陽の上または下を通過します。もし新月が両道の交点で起これば、日月は重なって見えるので日食となるというわけです(満月の場合は月食)。ところが両道は固定されているわけではなく交点は黄道上を太陽と逆向きに移動しています。その結果、太陽は交点を出発して黄道上を進んで 1 周する前に交点に戻って来ることになります。その期間は 1 年より短く 346.620 日となり、この数値を食年といいます。月も交点を出発して白道上を進んで交点に戻ってきますが、その期間は公転周期より短く

27.21222 日であり、この数値を交点月といいます。太陽がこの運行を  $m$  回繰り返す期間と、月が  $n$  回繰り返す期間はほぼ同じというようなことがあれば、この期間が経過するとまた日食が起こることになります。この期間がサロス周期なのです。

$346.620m \sim 27.21222n$  となるような整数  $m, n$  を求めましょう。

最も簡単なペアは  $m=19 \quad n=242$  ですね。

19 食年 =  $346.620 \text{ 日} \times 19 = 6585.780 \text{ 日}$

242 交点月 =  $27.21222 \text{ 日} \times 242 = 6585.357 \text{ 日}$

これらの値は 223 朔望月 =  $29.5306 \text{ 日} \times 223 = 6585.321 \text{ 日}$  にも非常に近いです。

全ての日食にはサロス番号が付いており、2012年5月の金環食は 128/58, 1 サロス前の 1994年5月10日の金環食は 128/57, 3 サロス前の 1958年4月19日の金環食は 128/55 です。

1] 石井馨 『天文教育』 Vol.21, No4, p33, 2009

[2] <http://www.nao.ac.jp/koyomi/>

[3] <http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~x10553/>

[4] <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>

[5] [http://www.kotenmon.com/cal/emapwin\\_jpn.htm](http://www.kotenmon.com/cal/emapwin_jpn.htm)

[6] <http://www.wagoyomi.info/suiko/suiko.html>

[7] [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Geometry\\_of\\_a\\_Total\\_Solar\\_Eclipse.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Geometry_of_a_Total_Solar_Eclipse.svg)