

サロス

(東京天文グループ会誌「ほしぞら」138号より抜粋)

大越 治

★日食の周期★

古代ギリシャの(厳密には今のトルコにあたる、イオニアのミレトスで生まれた)ターレスは、紀元前585年5月28日の皆既日食を予言したことで知られています。ターレスが予言できたのは、日食に周期性があるからです。

図1は地球を中心に、黄道と白道が交わっている様子を表したもので、白道が黄道の南から北へ抜ける点を「昇交点」、逆に北から南に抜ける点を「降交点」と言います。

今、ある新月から次の新月までの時間を「1朔望月」と呼びます。また、月が白道上を、降

交点(昇交点)から降交点(昇交点)まで移動する時間を「1交点月」と呼びます。

1朔望月=29.530588日、

1交点月=27.212220日

一方、

月の交点が天球上を逆行する速さ = $0.0529539^\circ/\text{日}$

太陽が天球上を順行する速さ = $0.9856473^\circ/\text{日}$

従って、太陽は月に交点に対して1日あたり

$0.0529539 + 0.9856473 = 1.0386012^\circ$ だけ離れることになります。太陽が交点から出発して同じ交点に戻るまでの時間を「1食年」とすると、

1食年 = $360^\circ / 1.0386012^\circ/\text{日}$

= 346.62003日 となります。

日食が起こるためには、(1) 月が朔(太陽と同じ黄経)であること、(2) 太陽と月が食の限界内(図2)にあること、の二つが同時に起こればよいわけですから、日食の周期を求めるには、朔望月、交点月、食年の最小公倍数を求めればよいことになります。

223朔望月 = $29.530588\text{日} \times 223 = 6585.321\text{日}$

242交点月 = $27.212220\text{日} \times 242 = 6585.357\text{日}$

19食年 = $346.62003\text{日} \times 19 = 6585.780\text{日}$

図1. 地球を中心とした黄道と白道の交わり

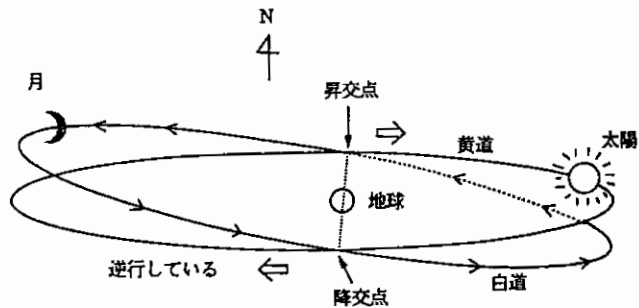
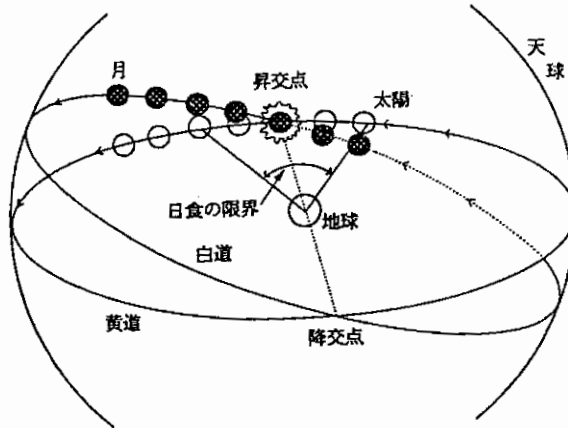


図2. 天球上における太陽と月の位置関係（日食の限界）



さらに、月が近地点から近地点に戻る時間を「1近点月」とすると、

$$1 \text{ 近点月} = 27.554550 \text{ 日}$$

$$239 \text{ 近点月} = 27.554550 \text{ 日} \times 239 = 6585.537 \text{ 日}$$

となります。つまり、223朔望月ごとに、月の交点に対して太陽と月はほぼ同じ相対位置になり、月の大きさもほぼ同じになる事がわかります。この223朔望月のことを「1サロス」と呼び、すでに古代カルデア人によって紀元前数世紀に発見されたとされています。

ところで、1サロス=223朔望月=18年10日7時間42分になります。（うるう年が5回入った場合。もしうるう年が4回の場合は11日になります）このように、1サロスには7時間42分という半端がつきます。つまり、前回日食が起きた時刻より、7時間42分遅れて次の日食が起きるわけです。この間に地球は西から東に自転してしまいますから、日食が見られる地点は、前回よりも経度で約 120° だけ西にずれた地点になります（図3）。またこの事から、3サロスたてばほぼ同じ地点で同じような日食が見られることとなります。

<サロスシリーズの生成消滅>

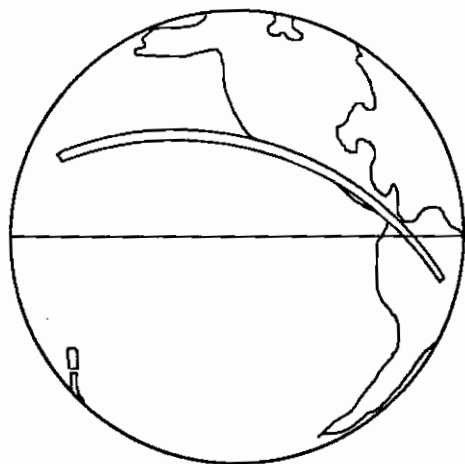
以上のように1サロスごとに起こる一連の日食を「同一サロスに属する日食」あるいは「サロスNo.××の日食」のように言います。しかし、このサロス周期は永遠に続くわけではなく、ある時に誕生して、やがて消えていくのです。日食が月の交点に対してどの位置で起きるかを考えてみましょう。

$$19 \text{ 食年} - 1 \text{ サロス} = 0.46 \text{ 日} \approx 11 \text{ 時間}$$

太陽は月の交点に対して、1日に 1.0386012° ずつずれるので、日食が起きる位置は、前回の日食が起きた位置より

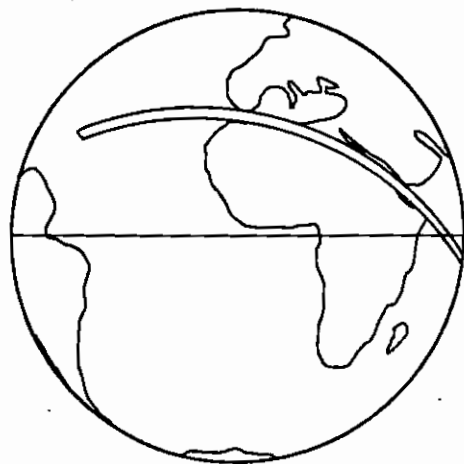
$$1.0386012^\circ \times (11/24) \approx 28' \text{ だけずれてしまいます。}$$

この「ずれ」がたまりにたまると、やがて食の限界から外れて日食にならなくなります。このようにして一連のサロスは消滅していきます。



1991年7月11日

2009年7月22日



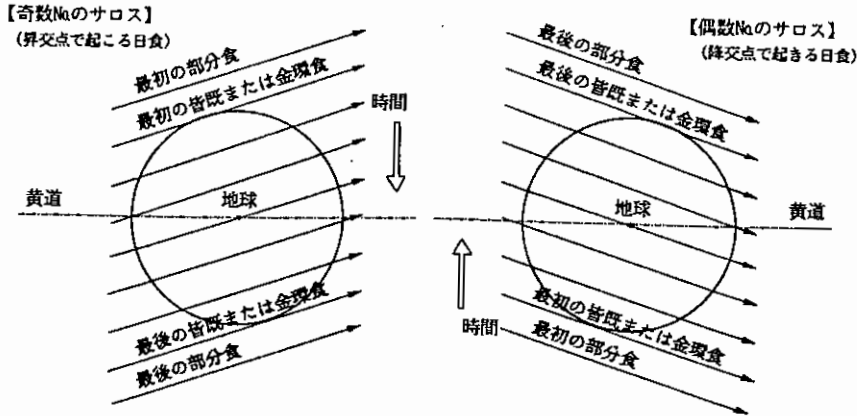
2027年8月2日

図3. 日食が見られる地点の1サロスごとのずれ

一つのサロスシリーズは、極地方で見られる部分食に始まり、周期を繰り返すたびに低緯度地方で見られるようになります。と同時に最大食分が次第に大きくなって中心食になっていきます。やがて反対の極地方に向かうにつれ、再び部分食になって消滅に向かいます。

昇交点で起こる日食は、北極地方→赤道地方→南極地方と見られる地域が移り、奇数のサロスNoがつけられています。降交点で起こる日食は逆に、南極地方→赤道地方→北極地方と移り、偶数のサロスNoがつけられます。(図4)

図4. 昇降点、降交点で起きる日食



一つのサロスシリーズには普通70ほどの日食が含まれ、その内40回くらいが中心食で、他は部分食になります。食の限界の範囲から、一つのサロスシリーズに含まれる日食の最大は82とされています。

★月の影の大きさと日食の継続時間★

旅行社の広告には、よく「今世紀最大の日食!」という表現が見られます。「最大」というのは「継続時間が長い」ということでしょうか。日食がどのくらいの時間見られるか、ということは、観測者がどのくらい月の影の中にいられるか、ということです。これは月の影の大きさと、それが地表を移動するスピードにかかわってきます。厳密な計算は難しいので、ここでは概算で考えてみましょう。

皆既日食の時の月の影(本影)の直径は、次のようになります。

太陽:最遠(小さい)かつ 月:最近(大きい) → 本影の直径:271km

太陽:最近(大きい)かつ 月:最近(大きい) → 本影の直径:161km

金環食の場合、月の擬本影の直径は

太陽:最遠(小さい)かつ 月:最遠(小さい) → 擬本影:188km

太陽:最近(大きい)かつ 月:最遠(小さい) → 擬本影:313km

月が地球の周りを回る軌道を円とし、太陽は遠いので動きを無視すると、地表を動く月影の速

さ (=月の軌道上の速さ) は、

$3683 \text{ km/時} = 1.023 \text{ km/秒}$ (西→東) となります。

一方、赤道上での地球の自転の速さは 0.464 km/秒 (西→東) ですから、月の影は赤道上の観測者に対して $1.023 - 0.464 = 0.559 \text{ km/秒}$ で動くこととなります。

赤道上で正午に見られる最も条件のよい日食を考えると、継続時間は

皆既日食の場合: $271 / 0.559 \approx 485 \text{ 秒}$

金環日食の場合: $313 / 0.559 \approx 560 \text{ 秒}$ になります。

月の運動を正確に考慮して計算した結果として、ド・セジュール (1889) は次のような数値を出しています。

皆既日食の最大継続時間 → 7分58秒 (478秒)

金環日食の最大継続時間 → 12分24秒 (744秒)

ちなみに、近年これに近い継続時間の日食としては、サロスN o 136で1991年7月11日のハワイ・メキシコ皆既日食 (6分53秒) の2サロス前、1955年6月20日の7分08秒があります。また、金環食ではサロスN o 141で1992年1月5日の太平洋・ロス金環食 (11分41秒) の2サロス前、1955年12月14日の12分09秒があります。

★長い皆既日食の条件★

皆既日食の継続時間が長くなるためには、前に述べたようにいくつかの条件があります。一つは本影の直径が大きいこと (太陽が遠くて月が近い)、もう一つは影の地表に対するスピードが遅いことです。これは、影の速さから自転の速さを引きますから、赤道に近いほど、正午に近いほど影のスピードが遅くなります。

第一の条件は、太陽の近地点近くで日食になればよいわけです。これは7月4日前後です。第二の条件は、一連のサロスシリーズの中ごろの日食であることです (図4)。一つのサロスは10~11日づつずれていきますから、ちょうど赤道付近で起こる時期が6~7月にぶつかると、非常に長い皆既日食になるわけです。この観点から1991年7月の日食が属するサロスN o 136の日食を見てみましょう。

<サロスN o 136>

N o 136のシリーズは、1360年6月14日に南極地方の小さな部分食に始まり、2622年7月30日に北極で見られる部分食を最後に消滅するシリーズです。全部で71回の日食を含み、その内訳は次の通りです。

1360年~1486年 (8回)	部分食
1504年~1594年 (6回)	金環日食
1612年~1685年 (5回)	金環皆既日食
1703年~2496年 (45回)	皆既日食
2514年~2622年 (7回)	部分食

この中で、近年の部分だけを詳しく見ていきましょう。

32回目	1919年5月29日	6分51秒
33	1937年6月8日	7分04秒
34	1955年6月20日	7分08秒 (最近900年間で最長)
35	1973年6月30日	7分04秒
36	1991年7月11日	6分53秒 (シリーズのちょうど中間)
37	2009年7月22日	6分39秒
38	2027年8月2日	6分23秒

このシリーズは継続時間が長いことで知られていますが、原因は前記二つの条件が重なったためだとわかります。ちなみに1991年の日食は、太陽と月の中心を結んだ直線が、地球の中心に一番ちかいところを通った日食です。つまり、太陽高度90°でコロナが見えた日食で、非常に珍しいものでした。

このNo136を越えるシリーズを捜してみると、No139が見つかりました。このサロスは1501年に始まり2763年に消滅するもので、近年では1988年3月18日の小笠原沖日食がこれに属します。このシリーズが最も発達した時の様子を次に示します。

2114年6月3日	6分32秒
2132年6月13日	6分55秒
2150年6月24日	7分14秒
2168年7月5日	7分26秒
2186年7月16日	7分29秒 (最大)
2204年7月27日	7分22秒
2222年8月8日	7分06秒
2240年8月18日	6分40秒

22世紀後半にも、日食ブームが起きるでしょうか？ それとも、この頃には宇宙空間に出て10円玉で太陽を隠せば、コロナなんかちっとも珍しくなくなっているのでしょうか。

参考文献

- ・Canon of Solar Eclipses -2003 to +2526,
H.Muche J.Meeus : Astronomisches Buro, Wien
- ・Fifty Years Canon of Solar Eclipses 1986-2035,
F.Espenak : NASA
- ・Totality,
Mark Littmann & Ken Willcox : University of Hawaii Press