

特集

日食にあたり二つのアプローチ

～日食早見盤製作と日食観測による月の距離考察～

船越浩海（生涯学習センターハートピア安八・天文台）

1. はじめに

2017年8月22日、北米を中心とした皆既日食がある。日本は部分日食帯にも当たらないが、この機会に日食に関して二つの話題を提示する。

一つは、近々の日食の月日を示す日食早見盤の製作について、そのしくみを紹介する。

二つ目は、日食の2点観測による月までの距離は、地球のどこまでの距離かを考察した。

2. 日食早見盤の設計と製作

新月時に毎回日食とならないのは、月が北または南にずれて、太陽黄経を通過するためである。この原因は月の軌道面が黄道面に対して約5度傾斜しているためで、日食になる新月は、黄道面上で、白道の昇交点（上昇ノード）または、降交点（下降ノード）付近で新月にならなければならない。

両ノード（交点）を結んだノード線は、太陽系空間に対して回転している。

図1は、ノード線の回転と食のシーズンを示したものである。これらを簡単なしくみで示すことができれば、日食近々の日食の月日を予測できるのではないかと考えた。

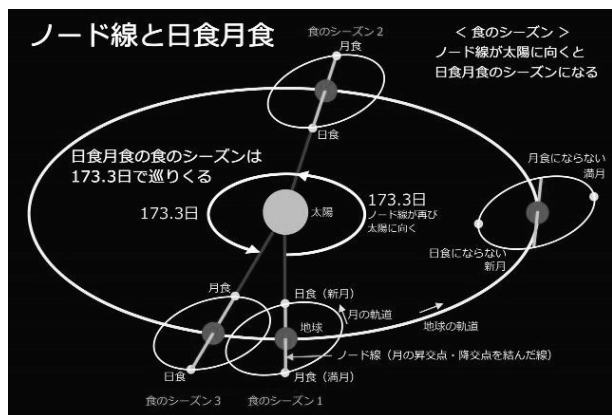


図1 ノード線の回転と日食の関係

表1 日食に関する周期・期間

内 容	周期・期間
月のノード回転周期(食年)	346.6 日
月の会合周期(朔望月)	29.5 日
食のシーズンの期間[1]	36.0 日 (日食のみの簡易計算)

2.1 エクリプスサイクルと食のシーズン

ノード線が太陽に対して1回転する周期は、エクリプスサイクル(食年)といわれ、346.6日である。半回転でもノード線と太陽は直線上に並ぶので、食が起こるタイミング(食のシーズン)は1/2食年で訪れる。この時期に新月、満月になれば日食、月食が起きる。これら食に関する周期を表1に示した。

食年の1/2と朔望月の公倍数が食のシーズンの中心となり、その前後数日間が食のシーズンの期間となる。

図2は食のシーズンの期間を日食(新月)の例で示した図である。この図を元に簡単な前提(食年、朔望月、月と地球の大きさ、白道傾斜)で食のシーズンの期間を計算すると、約35日となった。(月食の場合は前提が変わるため、期間は異なる。)

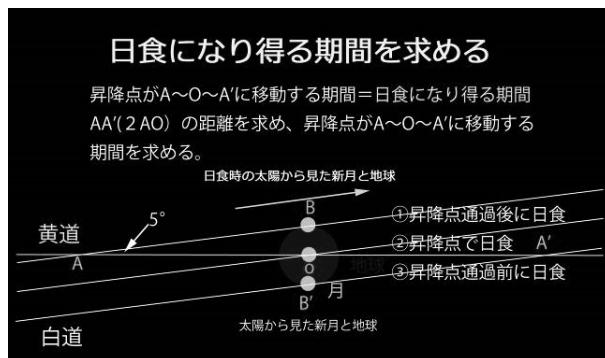


図2 図でみる日食になる期間

2.2 簡易日食早見盤の製作

既知の日食の日をベースに、前後数年間の日食の日をちを示す、簡易日食早見盤ができる。必要な構成は次の通りである。

- (1) 1年の月日の目盛り円盤
- (2) 食年・1/2食年（太陽を通るノード線）を示す円盤
- (3) 月の満ち欠けの円盤（新月）
- (4) 食のシーズンの期間を示す円盤

図3は完成した簡易日食早見盤[2]である。前述の(2)太陽を通るノード線をベース台紙にしてある。また、(1)の月日の円盤は、うるう年を考慮していない。

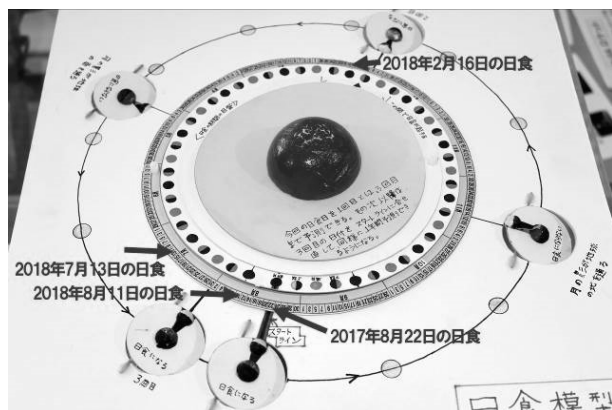


図3 簡易日食早見盤

2017年8月22日の日食を起点に、その後の日食を早見盤上で見ると、その次は2018年2月16日、7月13日、8月11日であることが分かる。実際にはより複雑な条件が重なり起きる日食であるが、「食年」、「朔望月」、「食のシーズン期間」という3つの簡単な前提だけで、既知の指定日前後の日食が分かるのは、単純な原理の組み合わせで現実の現象を理解する科学の基本姿勢をよく示している。これが教具の醍醐味でもある。

3. 日食2点観測から求まる地球までの距離

地球から月までの距離を求める方法として、日食による距離測定は、どの参考書にもでて

くる基本的な観測方法である。2016年3月9日の部分日食では、中学1年生の研究[3]として、この月までの距離を課題とした。実際には日本（母島）とタイ王国（パッタニー県）の2点同時観測写真から、月までの距離を求めた。（図4参照）

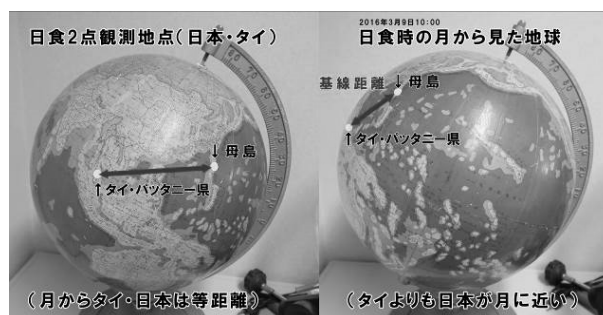


図4 日本とタイの2点観測の位置

3.1 月と地球のどこまでの距離か

2点観測から視差を求め、円弧の比、三角関数などを用いて月までの距離を計算する。求まる距離は、月の中心からどこまでの距離なのだろうか？日本まで、タイまで、それ以外のどこか。これには即座に明確に答える事はできず、更なる考察が必要である。この点に関して、参考書での解説は見つけられなかった。

距離の算出には、三角形（扇形）を描く事が前提で、底辺が日本とタイの基線距離になり、頂角が視差となる。どこまでの距離かを考察するには、基線が重要な意味を持つことが分かる。この基線は、地球表面上の2点間の距離ではなく、図4に示した日食観測時の月から見た地球上の日本とタイの観測2点間の見かけ上の距離である。

3.2 2点観測の基線距離と三角形

月の中心を頂角とし、日本とタイの2点観測点を含む三角形を正しく描く事ができれば、求めた距離がどこまでなのかが分かる。

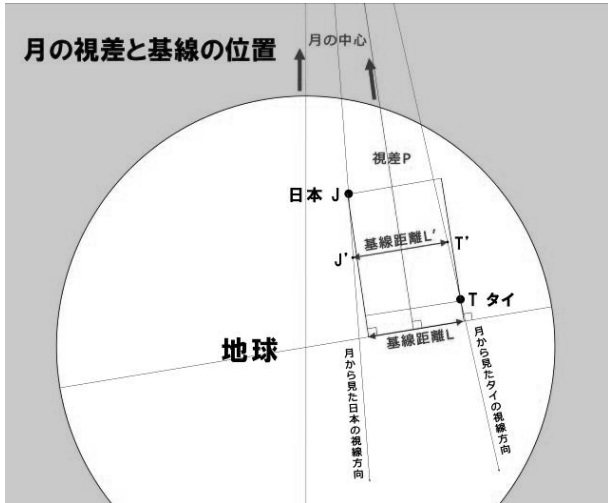


図5 月の視差と基線の位置

図5は三角形が二等辺三角形の場合の基線(底辺)を表した図である。この場合は、月から見たタイと日本の中に基線が通る。

3.3 月の距離と円錐の母線

図6に示すように、月の中心を頂角とし、日本とタイの間の2点(J,T)観測点を含む月に正対する小円を底面とした円錐を考え

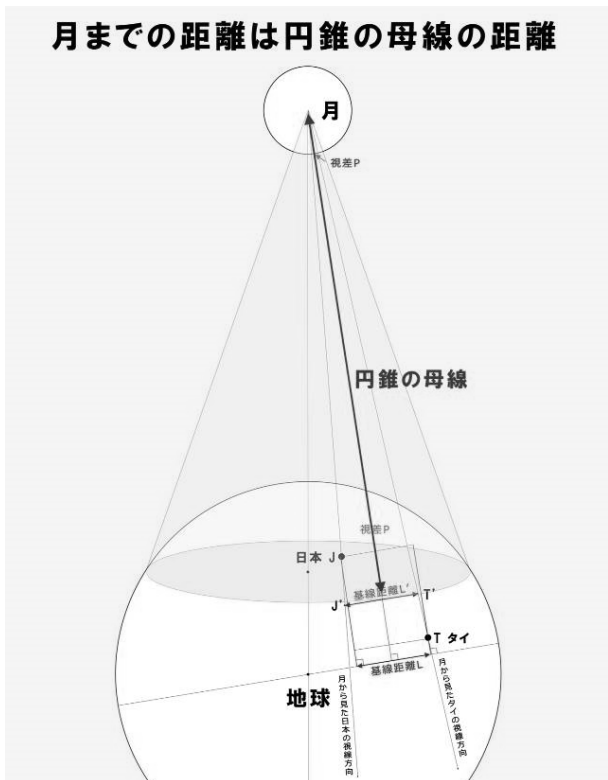


図6 月の距離を母線とする円錐

ることができる。すると、月までの距離は円錐の母線に当たることが分かった。

4. おわりに

児童生徒への天文研究の指導や支援を行っているが、その中では算数から初等数学と簡単な図示で、興味深い考察を導けることを経験している。今回紹介した事例も、研究指導の中から生まれている。児童生徒から生まれた疑問が、新たな見地を開くことに天文教育の奥深さを感じている。

また、このような指導の機会を持てたことに対し、子どもたち、親御さんに感謝の意を表したい。

文献と注釈

- [1] 食のシーズンの期間は 30~37 日とされている。
 暦 Wiki 国立天文台暦計算室
<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/C6FCBFA92FBCFEB4FC.html>
- [2] 写真の日食早見盤は、岐阜県羽島市 福森百香さんが 2009 年の夏休み科学工作で作成した模型をお借りした。
- [3] 伊藤大朗 (2017) 「デジタルカメラの部分日食写真から求める月までの距離の誤差要因と精度」, 日本天文学会 2017 年春季年会 JUNIOR SESSION, 64
- [4] 小田稔ら (1989) 「宇宙・天文大辞典」, 丸善, 217