

## 皆既日食を楽しむ



随 筆

常 深 博\*

Enjoy the total solar eclipse!

Key Words : total solar eclipse, annular solar eclipse, tidal force

### はじめに

私は子供のころから星を見るのが好きで宇宙に興味があり、大学では物理学を専攻した。その後、大阪大学に奉職し、宇宙を研究対象とする研究者人生を送った。研究ではX線検出器を開発し、人工衛星に搭載、宇宙の観測的研究を押し進めた。これまでを振り返ってみれば、実際に星を肉眼でジックリと見たのは研究者になるまで、そして研究生生活を終えてからととっても良いかもしれない。そこで、今回は、皆既日食を肉眼で観望する話をまとめた。

子供のころ、日本で部分日食の見たことがある。ガラス板に蝋燭で煤をつけた黒いフィルターを作ってもらい、少し欠けた太陽を眺めた。もっとも、このようなフィルターは可視光線以外を十分防いでいないので目には危険であるが、当時は学校の先生を含め、誰も注意しなかった。こうして星や太陽に対する興味がますます深くなった。太陽はほぼ6000Kの黒体とみなせる光球面と周辺に大きく広がるコロナとからなる。コロナは光球面よりもはるかに高温で百万Kを超えるが、光学的には薄く、明るさはせいぜい満月レベル、通常は光球の光に埋もれてしまって見えない。なおコロナの形状は11年周期の太陽活動に影響され非対称になることがある。

歴史的には皆既日食が世界中で記録されている。

これは、真昼間に太陽が隠れて真暗になり、星が見えるという異常現象だから誰にでもわかる。また、地球上のどこでも300年に一度くらい皆既日食が起こるから、昔話として残りやすいのだろう。さらに太陽の光球面と月とがほぼ同じ大きさに見えることから、両者がピッタリと重なる皆既日食時には、普段は見えないコロナなども見え、神秘的な光景になる。もっとも、地球-月間の距離は少し変動するので、場合によっては、月の見かけの大きさが太陽よりも少し小さいときがあり、金環食になる。金環食では、太陽の明るい光球面が残るのでコロナは見えないうえ、地上の景色だけを見ていると日食に気が付かないこともある。当たり前だが、日食は天体現象なので、地表から見えるためには晴れていることが条件である。

### 初めて見た金環食

2005年10月3日、金環食帯がスペインの首都、マドリードを通過した。その時、研究会のため滞在していたこともあり、初めて金環食を市内の公園で経験した。当日は雲一つない快晴に恵まれ、観望する人で大混雑であった。日食専用のサングラスを手に、多くの人に交じって欠けていく太陽を見つめ、最後にはリング状の太陽となった。太陽面の90%が月に隠されたのだが、裸眼では眩しくて専用のサングラスが欠かせない。この時、一時間ほどかけて太陽光は10%弱に減光したが、目はすぐに慣れることもあり周囲の景色の見え方に違いをほとんど感じなかった。太陽を見上げたとしても、眩しいこともあり、金環食にも気づかないように思った。

ところが下を見ると、木漏れ日に金環食を実感した。樹林の木漏れ日は多数の葉を通して見るので、ピンホールカメラの集合体になっていたのだ。図1のように地面を見ると多数のリング状の太陽がゆ



\* Hiroshi TSUNEMI

1951年8月生まれ  
東京大学大学院理学系研究科物理学専攻  
修士課程修了 (1976年)  
現在、大阪大学理学部名誉教授  
理学博士  
専門/宇宙物理学  
TEL : 06-6850-5477  
E-mail : tsunemi@ess.sci.osaka-u.ac.jp

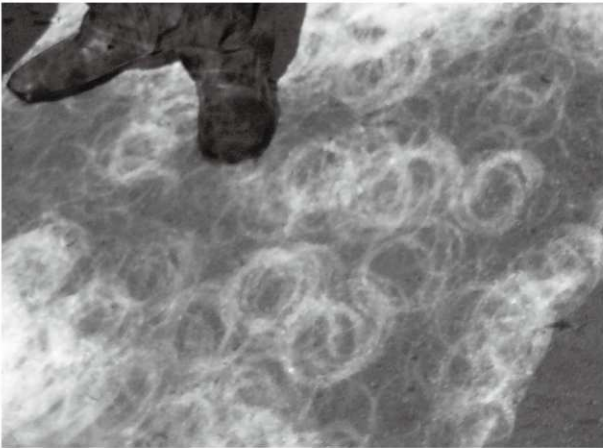


図-1. 金環食時における木漏れ日 (2005年)。リング状の太陽がたくさん重なって見える。筆者撮影

らゆら揺れている。4分ほどの金環食が終了、その後1時間ほどかけて部分食の太陽は次第に回復していく。その間も木漏れ日を見ると、リング状の太陽は三日月状に変わり、次第に円形に戻っていく。円形の太陽になると、木漏れ日に太陽の形を意識することはなくなる。こうして初めての金環食は終了したのだが、何となくモヤモヤ感が残った。やはり真暗になるだろう皆既日食を見たいという思いが強まった。

### 皆既日食 - その1

大阪大学を退職後、皆既日食を見るためにアメリカはワイオミング州に行った。全米で一番人口の少ないワイオミング州はイエローストーン公園で有名だが、私の年代では、ララミー牧場のある所とえばわかりやすいだろうか。この時の皆既日食は2017年8月21日で、確実に快晴になる乾期である。私は皆既日食帯のほぼ中央、デュボアという町の平屋のホテル前で観望した。空は文字通り快晴、乾燥しており、快適な環境である。近くにはいくつかのグループがいて、それぞれカメラや望遠鏡をセットしている。やがて太陽は欠け始め、天頂近くで細い太陽になり、あたりが急に闇に包まれ肌寒さを感じる中、皆既日食が始まった。動物が吠え、鳥が飛び立つ。晴天の中、黒い太陽が見え、その周囲に大きく広がったコロナが見える。木星、金星、そして太陽のそばには一等星のレグルスが見えている。目が慣れてくるとその他にもたくさんの星が見えてきた。こうして興奮する中、図-2のようなダイヤモンドリン



図-2. 皆既日食終了直後に一瞬見えたダイヤモンドリング (2017年)。太陽周辺にはコロナの明るい部分が見えている。筆者撮影

グになり、サーッと光が強まり、明るい太陽が現れた。たちまち気温が上がってくるのを感じ、周囲の景色が見え、二分強続いた皆既日食が終了、文字通り光が戻った。初めての皆既日食、あたりは闇夜になり、空には黒い太陽と星々が見え、確かに神秘性を感じる体験であった。この時の皆既日食帯はアメリカ大陸を西から東に横断し、人口密集地を通過しており、たくさんの人が観望した。

### 皆既日食 - その2

初めて体験した皆既日食に触発され、なんとしてもまた経験したいと思った。次の機会は2024年4月8日、今度はアメリカを南西から北東へ縦断する皆既日食があった。皆既日食帯には確実に晴れそうな場所がない。そこで過去において晴れた割合を調べてみると、メキシコからテキサスあたりが良さそうだ。それより北東部になると晴れた割合が低くなる。ということでテキサスを狙うことにした。と言っても、4月のテキサスはトルネードの季節でもあり、どうなるかはわからない。こうして前日からの各種天気予報を基にヒルズボローという町に移動して観望した。

当日は西風が結構強く、雲は激しく流れ、太陽は見えたり見えなかったり、である。それでも時折広い晴れ間もあり、太陽がしっかり見えることもある

ので、何とかかなかなあと期待する。やがて月が太陽を隠し始める。雲がやって来て三日月のようになった太陽を遮る。そして薄雲になり、皆既になった。強い西風で雲が流れ、晴れ間に黒い太陽が見えた。結局、4分半ほどの皆既日食のほとんどを観望できた。図-3のようにコロナがきれいに見え、素晴らしい光景となった。前回の皆既日食よりコロナの筋がたくさん見えた。近くに金星が見えるが、空の広い部分は雲で覆われ、星空は見えなかった。それでも周りの景色は見えなくなっている中、高速道路ではライトを点けたトラックが爆走していた。やがて皆既は終了、太陽はその後もしばらくは晴れ間に見えるなど観望場所の選択はまあまあであった。



図-3. 皆既日食時に見えるコロナの全景 (2024年)。太陽光球面は隠されており、その周辺のコロナの明るい部分は過剰露光となっている。筆者撮影

### 今後の皆既日食

皆既日食を二回観望したこともあり、すっかり魅せられてしまった。現在狙っている次の機会は2027年、アフリカ北部で見られる6分を越える皆既日食である。これも乾期のものであり、天候の心配はなさそうだ。古代エジプトでは皆既日食での太陽コロナの見え方の違いなどから、有翼日輪と呼ばれる王権の象徴に影響したという話もある。観望場所としてエジプトなど良さそうであるが、何しろ場所だけにどうだろうか。

もっと手近で見たいという向きには、2035年9

月2日に日本で見られる。皆既日食帯は石川県から茨城県にかけて本州を西から東に横断するので多くの人が観望するだろう。台風の季節とはいいいながら、秋晴れになればいいが、と思っている。

### 将来の皆既日食

地球上で現在のような皆既日食が見えるのは、月が地球からほどよく離れており、見かけの月と太陽の大きさがたまたま同じになっているからである。ここで、地球-月を独立した力学系として考察してみる。まず、地球と月とをそれぞれ質点とみなした時、両者は現在のところ共通重心回りをほぼ円軌道で公転している。つまり、この質点からなる力学系は角運動量一定の下にほぼ最低エネルギー状態を達成している。実際には、地球も月もある大きさを持った天体で、それぞれ自転している。したがって、地球も月もその内部運動としての自転に角運動量と運動エネルギーを持っている。この内部運動は潮汐力を介して力学系全体の運動に作用する。つまり、この力学系は全角運動量を一定にしたまま運動エネルギーを次第に熱などに変換していく。最終的には、月や地球の自転と公転の角速度は全て同じになり剛体の力学系として最低エネルギー状態に落ち着く。

現在、月の自転と公転の角速度とは等しく、地球にいつも同じ面を見せている。月にはいつもウサギが見えるということであり、月に働く地球からの潮汐力はもう仕事をしていないことが判る。一方、地球の自転角速度は公転角速度よりもかなり速いため、月からの潮汐力により地殻全体が揺すられているし、地球表面の海水は潮汐力を反映し潮の干満を起こし、地球の自転にブレーキをかけている。現在の地球-月系の全角運動量についてチョット計算してみると、月の公転に伴う角運動量が全体の8割ほどを占めており、残りのほとんどは地球の自転に伴う角運動量である。地球の自転は潮汐力を通じて次第に遅くなり角運動量を減らす。それに伴い月は地球から次第に離れていき角運動量を増やす。こうして地球や月の自転と公転の角速度が全て同じになるとき、ほとんどの全角運動量は月の公転に伴う角運動量が占め、力学系として最低エネルギー状態を達成する。その時、地球-月間の距離は今の1.5倍程度になる。つまり現在も、潮汐作用で月は地球から少しずつ離れている。

地球-月系は40億年以上も前に地球-月間距離が今よりもはるかに小さい状態で誕生した。その時、それぞれの自転は今よりかなり速かった。その後、潮汐力などで月は次第に地球から遠ざかり、現在の状態になっている。過去、月はもっと地球に近かったわけで、見かけの月の大きさは太陽よりも大きく、皆既日食も頻繁に起こった。しかし、月が今よりも地球にもっと近いとき、太陽はかなり大きな月に隠されるので、皆既のときに太陽周辺のコロナが全部見えることにはならない。やはり、太陽の光球面だけが隠される現在の皆既日食はとても神秘的であり、毎年のように地球のどこかで観測され話題になる。将来、月は地球から離れていくので、やがて見掛けの月の大きさは太陽よりも小さくなり、皆既日食は起こらなくなる。金環食というか、月の日面通過という現象になってしまうので、神秘性がなくなり、ちょっと寂しい。

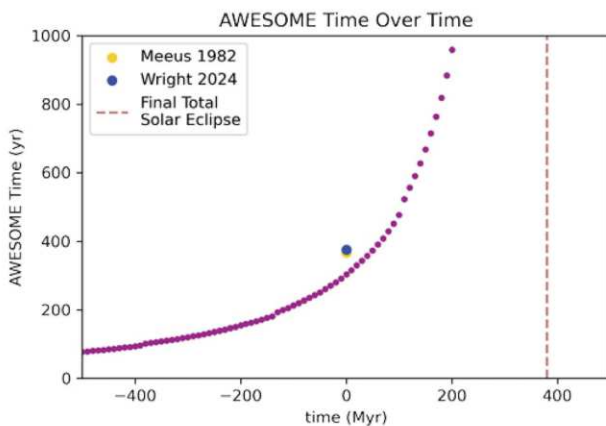


図-4. 過去4億年から未来4億年にわたり、地球上の任意の場所で皆既日食の見える平均時間間隔 (AWESOME TIME) を示す。今から3.8億年以降、皆既日食は見えなくなる。(arXiv:2403.20175v1, 2024, M. Popinchalk)

図-4は地球上の平均的な任意の地点において皆既日食の平均発生間隔 (AWESOME TIME とすばらしい名称を付けている) の時間変化を示している。過去においては発生間隔が短く、皆既日食が頻繁に見えたことが判る。現在は、地球上のどの地点においても皆既日食は300年くらいに一度観測できる。その地点のその時の天候にも依存するが、エジプトや中国など、古代の皆既日食の記録がたくさん残っている。図からわかるように、今から3.8億年ほど経過すると月の見かけの大きさは太陽よりも小さくなり、皆既日食は地球上からでは見えなくなる。

### まとめ

子供のころから天体を眺め、それを研究対象として研究者人生を送ってきた。その中でも、本で読み映像を見てよく知っているつもりであった皆既日食、めったにお目にかからない現象を、実際に見たいという夢が実現した。そして頭で学んだ知識と実際に経験する現実との差を見せつけられた。

地球-月系を一つの力学系とみなした時、その発展は物理法則で理解できる。皆既日食の見える現在は、地球から見て太陽と月とがほぼ同じ大きさに見えるという絶好の状態が実現しているおかげで、皆既日食時には黒い太陽の全周にわたりコロナが広がって見える。宇宙は誕生して138億年、地球が誕生して45億年、月は地球から離れていくので、神秘的な皆既日食はまさに今の時代を逃しては地球上から間もなく見えなくなる。一度見たら病みつきになる皆既日食、今後も体力の続く限り、安全第一として、追いつけていきたい。