

太陽の周縁減光の観測

秦 茂

はじめに

適正露光で撮影された太陽像の写真をよくながめてみると、中心部分が一番明るく、縁に行くにつれて明るさが減少している。

これが周縁減光と呼ばれる現象で、日食観測のテーマの一つとして以前から観測されて来ている。太陽の中心部を見るときに深さは、周縁部では太陽大気を斜めに見ているために太陽大気の浅いところから放射された光を観測することになる。

太陽大気では深い所ほど高温なので、ヘリで見る浅い場所は低温の場所を見ていることになる。従って周縁減光の観測は、直接太陽大気の温度構造の解明に役立っている。

20世紀初期には、アボット、ミンネルトらによって、塔望遠鏡級の望遠鏡を使って分光観測を試みた例がある。しかしこの方法では極周縁部分が、シンチレーションと散乱光の影響を受けて、よい測定値が得られていない。大気からの散乱光を減らす目的のために、皆既日食の第2接触、第3接触がしばしば利用された。皆既食を使う周縁減光の観測の一つにユリウス法がある。ユリウスの方法といわれる観測法は、皆既の直前直後に三ヶ月形の太陽からの光量を測光しておいて、あとで半径方向に微分することで、周縁減光を計算するものである。ユリウス、ウエッセリンク、大沢教授らの観測が残されている。この方法の観測技術上の困難としては、食既直前と生光直後の光量の変化が急激である点があり、例えば光電測光については、タイムコンスタントの問題が利いて来ることになる。

— 金環食による周縁減光の測定 —

1984年5月30日あるいは、日本の近くで起きる1987年9月23日の金環食の天体物理的な観測テーマの一つとして、金環食を利用した周縁減光の測定が考えられるので以下にその解説を行う。

この方法はC.W.アレンの提案によるもので、原文はAnother Procedure that offers some advantages but has not yet been tried is to observe the total radiation from the sun (say photoelectrically) during the annular phase of an annular eclipse. The area of the sun exposed is then precisely constant, and all regular variations could be associated with the limb-darkening.

齊藤・秦は1958年4月19日の種ヶ島日食において、このアレンの提案を実行に移したのであるが、この日食が食分0.95であったために、極周縁まで測定するためには光電測光上の困難があった。

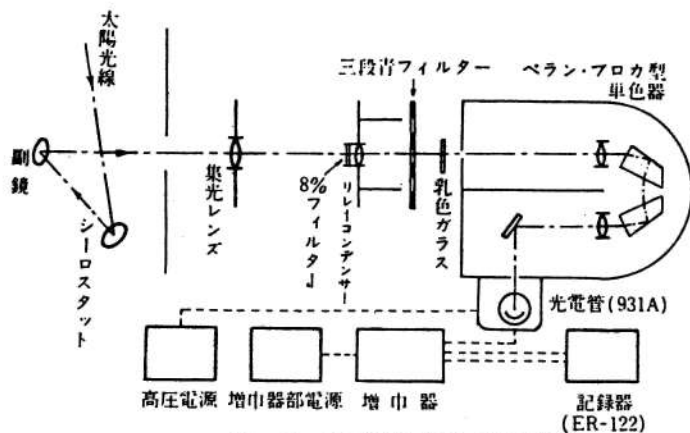


図-1 光電測光装置の配置図

従って食分0.98の1987年9月の日食などは、この点、良い結果が得られようである。

光電測光装置

以下に種ヶ島日食で行った光電測光の方法を書き残す。センサーとしては光電子増倍管RC A-931Aを使用した。この光電管の色感度は4000Å~5000Åの間に極大を持っているので、単色器(モノクロメーター)の使用波長は4700Å±20Åを採用した。

図-1に示すように、小型シーロスタットを使って、太陽光を水平に光学系にみちびく。集光レンズとしてはf50cm、φ4cmの色消レンズを使い、第2レンズとしてはf7cm、φ2cmをリレーコンデンサーとして使用している。単色器はベラン・プロカ型で、ナルミ商会製作のものである。

乳白ガラスの直前に三段青フィルターと書かれているのは強度目盛のために挿入したもので、フィルターはマツダV-B3Aを使用し、厚みは4.16mm、3.54mm、2.90mmとし、それぞれに平面研磨した透明ガラスを貼合せて、三個とも光学的な厚みが同一になる様に考慮した。

リレーコンデンサー直前の8%フィルターは、第2接触時に外し、第3接触時に再びこれを挿入する。光電測定装置の高圧電源は積層電池による630ボルトを使用した。光電管931Aの出力は増巾後、横河製作所のER-122記録計によって記録した。

日食当日の情況

4月19日は朝から完全な晴天であり、食の全経過にわたって天気の状態が一様であった。図-2に第1接触から第4接触にわたる太陽の全光量を示した。図中の鎖線は部分食の光度を、食の起きない時の全日面に換算したもので、この図から大気の減光係数を求めることが出来る。

大気の減光係数を $\beta\lambda$ とし、天頂距離をZ、大気外での太陽光度を I_0 とすると、地上から見た太陽光度Iは $I = I_0 e^{-\beta\lambda \cdot \sec z}$ となる。

図-2から $\beta\lambda = 0.34$ ($\lambda = 4700\text{Å}$) が決定できる。

	日本標準時	太陽高度
第1接触	11h00m 5 ^s .7	63°8

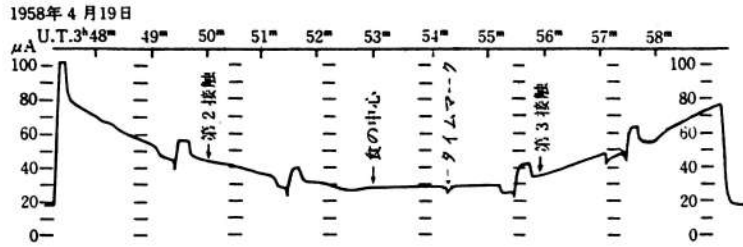


図-2 光電測光による太陽の減光曲線 (東京天文台報第12巻第2冊)

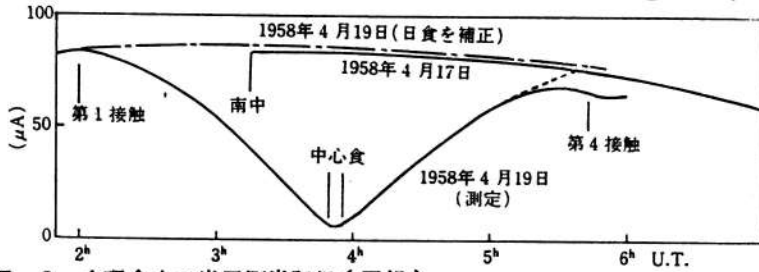


図-3 金環食中の光電測光記録 (同報)

第2接触	1 2	4 9	5 4.2	6 9.1
第3接触	1 2	5 6	3.6	6 8.5
第4接触	1 4	4 3	1 8.4	5 0.7

この内、周縁減光係数を求めるための測定としては、第2、第3接触間の太陽光量の精密測光が必要なわけである。

金環食になった瞬間、即ち第2接触時に上記の8%灰色フィルターを外し、三段青フィルターは常時は中間の3.54mmフィルターとし、図-3に示す様に、金環食中、3.54mm、2.90mmのフィルター位置にスライドさせて、レコード中に強度目盛として書き入れてある。

光電測光装置は、当日使用したそのままについて詳述したが、現在、同じような観測を計画したとすると、全く、変わった設計になるであろう。26年間のエレクトロニクスの進歩は著しく、光学部品も、干渉フィルターの使用などによって著しく簡略化される。

最後に、日本天文学会の欧文報告には、図-3を解析した結果が発表されているが、これによると

$r = 0.995$	において	周縁減光係数は、	0.22 ± 0.02
$r = 0.985$	◇	◇	0.33 ± 0.02
$r = 0.975$	◇	◇	0.40 と求められている。

おわりに

もう一度繰り返すと、金環食では第2、第3接触の間では、見えている太陽の面積は精密に一定であり、図-3に示す中央部の減光はすべて周縁減光に起因している。また月の縁のギザギザは、上記のユリウスの方法と比べて見ると、はるかに平均化されることで誤差を著しく減らすことができる。

1987年9月23日の金環食帯はソビエトのカザフに始まり、天山山脈、ゴビの砂漠を経て、上海で東シナ海を横切り、沖縄本島に上陸する。沖縄における太陽高度は約60°、継続時間は3分49秒、食分は0.98となっていて、極周縁の減光係数観測のためには種ヶ島日食と比べてはるかに有利である。