

# 斜入射法による日食スペクトル

日 江 井 栄 二 郎\*

1. 皆既日食は、普段では光の強さが弱くて見づらいような太陽外層を調べる好い機会であって、様々の角度から観測が行なわれるが、この時に得られる太陽外層のスペクトルを仮に日食スペクトルと呼んでおく。日食スペクトルには、コロナや、紅炎・彩層の輝線スペクトルや連続スペクトルが見られる。

日食スペクトルを得るための分光器は、その型式から2通りに分けられる。通常分光器と、スリット・コリメーターを備えていない分光器とである。皆既日食の時には、月により太陽の大部分がかくされ、太陽外層はグレーティングまたはプリズムから見て、いわば円弧状のスリットともみなせる程小さくなるので、後者のような分光器でも通常分光器で得られるスペクトルに似たものが得られる。

スリットのある分光器とスリットのない分光器とで得られるスペクトルは、お互いに似ているとはいえず決して同一のものではない。彩層の場合について考えてみる。彩層は太陽光球とコロナとの間に在って、高さと共に明るさを減ずる。いま理想化して彩層の高さを5000 kmとし、またその輝度は一様であるとしよう。この5000 kmの厚みは地球からみて角度の7"に相当する。いま、分光器には600本/mmのグレーティングがあってこれを一次で使用し、フィルムに向う光線束は、グレーティングから垂直に出ていくとする。このときの角分散度は600 radian/mm、つまり1 Å 当りで角度の12"になる。彩層からの光線束は7"のひろがりをもってグレーティングに入射するが、グレーティングから出るときには後に述べるように縮小率がかかって、必ずしも7"のひろがりではなく、いま、例えば6"のひろがりが出ていくとしよう。この6"は波長になおすと0.5 Å のひろがり相当する。

スリットなしの分光器で、ここで述べたグレーティングを使うとする。このときに得られる彩層のスペクトルには、彩層の高さに相当する0.5 Å のひろがりが見られる。つまり、彩層の発する輝線それ自身に、線の中があったにせよ、0.5 Å よりこまかい情報は彩層の景色で埋ってしまう。彩層内で等方的な乱流があって、その速度を2 km/sec とすると、この乱流による輝線の中は波長5000 Å では0.05 Å に相当する。従って、スリットなしの分光器ではこのような乱流速度は、とうてい検出

し得ないものとなる。

スリットのある分光器の場合には、そのスリットの中を充分狭くすれば彩層の輝線の中を測ることが可能である。しかしこの方法には別の欠点がある。それはシーイングのためにスリット上の太陽像がゆれ動き、彩層のどこのスペクトルを撮ったかあいまいになることである。シーイングは地球大気の状態によって異なるが角度にして数秒程度ある。今は角度にして7"の彩層を考えたので、数秒のゆれはさほど問題ないように考えられるが、本当の彩層は角度にして1"以下で物理的なパラメーターが変る。従ってある種の平均的な彩層の様子を知るためならともかくも、彩層の物理的状态をくわしく調べるためには、この方法はむいていない。

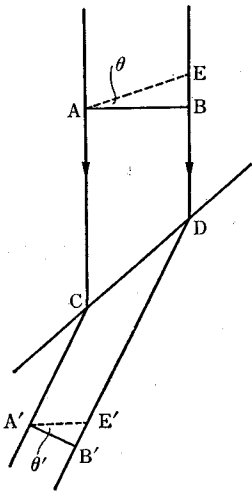
これに対してスリットなしの分光器では、たとえシーイングがあったにせよ、月に遮ぎられない彩層の全エネルギーを求めることができる。月が彩層のどの高さまで遮っているかは、太陽と月との相対速度と、接触時刻からの時間差から、かなり正しく求められる。

コロナでは、スケールが大きいという事情があるために、シーイングによる数秒のふれは余り問題にならず、スリットのある分光器でコロナ輝線中の測定が行なわれるし、また輝線の同定の場合にも波長が正しく測れるので、この方法が使われる。スリットなしの分光器では、彩層の場合と同様にコロナの景色が写る。コロナ輝線はさほど多くないため、輝線同志がお互いに重なり合うことがなく、或る輝線で見えたコロナの景色が解る。つまりコロナ内における、その輝線強度の分布を求めることができる。

2. スペクトル線の強度を正しく測り、しかも線の中をも求めることができるような方法は、どうすればよいか。これは、輝線の中と較べて、景色のひろがりを充分小さくすることである。これを実現する方法は、實際上2通り考えられる。先にふれたようにグレーティングの縮小率(拡大率)を効かして、景色のひろがりを充分小さくすることと、グレーティングの角分散度を非常に大きくすることである。

プリズムや、グレーティング、望遠鏡などの拡大能(縮小能)について、レイリー卿の巧妙な説明がある。巾ABの波面が、CD面で屈折して巾A'B'の波面になったとする。このとき光路ACA'を進むのに要する時間と、光路BDB'を進むのに要する時間とは等しい。今、Bでの波面がAと較べてBEだけ遅れているとす

\* 東京天文台



ると、それは屈折後  $A'$  に較べて  $B'E'$  だけ遅れるであろう。つまり波面  $AB$  は屈折後波面  $A'B'$  となって進んでいくし、 $AE$  に平行な波面は屈折後  $A'E'$  に平行な波面となって進むであろう。 $\angle EAB = \theta$ ,  $\angle E'A'B' = \theta'$  とおくと、地球から見て角度にしてお互に  $\theta$  だけ離れている2つの星は、屈折後、角度にして  $\theta'$  となって進んでいくことになる。ここで入射する

波面と屈折後に進む波面とが同じ媒質内にあるならば(この図の例では、プリズムの第一面が  $AB$  に平行であることを考える)  $BE = B'E'$  となり、 $BE$ ,  $B'E'$  はおのおの(巾  $AB$ ) $\times\theta$ , (巾  $A'B'$ ) $\times\theta'$  で表わされるから、 $\theta'/\theta = (\text{巾 } AB)/(\text{巾 } A'B')$  と書ける。プリズムやグレーティングの拡大率は、波面の巾の比で与えられることになる。このことは、望遠鏡や双眼鏡の拡大率にも適用される。しかし、プリズムやグレーティングの拡大能(縮小能)は、この説明から解るように分散方向のみである。

この性質を使えば、景色のひろがりを見縮小することはできるが、しかし、これはあくまでも空間に対してである。われわれの目的は前述したように輝線巾に較べて、景色のひろがりを見充分小さくすることである。もしも景色のひろがりを見、空間に対して縮小することができても、角分散度が、縮小以前のそれに較べてはるかに小さくなるならば、われわれの目的は達せられないことになる。結論を先に述べるならば、プリズムにせよグレーティングにせよその心配はなく、景色のひろがり見は波長に対して縮小することができる。グレーティングを例にとると、その角分散度は、(グレーティングから出ていく波面の巾)に逆比例する。景色の拡大率は、(グレーティングへ入射する波面の巾)/(出ていく波面の巾)で与えられる。いま、(入射する波面の巾)を一定に保っておき、(出ていく波面の巾)が大きくなる場合を考えると、拡大率は小さくなって景色は縮小されるが、角分散度も、それと同じ割合で小さくなっていく。景色のひろがり見と輝線巾の比、つまり(景色の拡大率)/(角分散度)は、(入射する波面の巾)にのみ比例する。原理的には(入射する波面)をいくらでも小さくできるので、輝線巾に較べて景色のひろがり見をいくらでも小さくできる。逆に、景色のひろがり見に較べて、輝線巾をいくらでも小さくすることはできない。それは、入射する波面の

巾には限りがあるからである。従ってグレーティングは、空間に対して、景色の(分散方向の)縮小も拡大も可能であるが、波長に対しては、縮小のみが可能であると言える。

グレーティングに対して斜入射させれば、われわれの目的は達せられることが解った。ただしこの方法は、使える有効光量が当然少なくなってしまふ。

角分散度を大きくする方法は、例えばエッセルを使うことにより実現可能である。エッセルの角分散度は600本/mm グレーティングのもっているそれの約10倍である。従ってこの方法によっても、われわれの目的は達せられる。この方法は可視域全域のスペクトルをいかに撮ることができるが、分散に垂直方向の巾は次数の1つ異なるスペクトルと重なるので、余り大きくはとれない。従って太陽外層において、限られた狭い場所しか調べられない。

3. 斜入射法による日食スペクトルは、1958年スワロフ島日食と、1966年ペルー日食とで得られている。前者は拡大率 $1/3$ で1次、後者では拡大率を $1/3$ にして、1次と2次とで撮り、特に2次のスペクトルは彩層に較べて景色のひろがり見の大きい紅炎の輝線巾をも測れるようにした。グレーティングは両日食とも、ポシュ・ロム製1200本/mm, 203mm $\times$ 127mmを使用した。

表紙の写真は1966年ペルー日食で得られたスペクトルであって、第3接触2秒前に撮ったものである。右に見える強い2本の輝線は、水素のHe線(3970.25Å)と電離カルシウムのH線(3968.70Å)であり、左側の強い輝線は、電離カルシウムのK線(3933.90Å)である。このK線の右にへなへなした輝線が見えるが、これは第2接触側のK線であって、もしも拡大率が1ならば両方のK線は円周上にならぶが、拡大率が $1/3$ であるので上下方向に較べ、左右(分散)方向に $1/3$ だけ縮小され、2つのK線は楕円の周上に在る。他の輝線もおのおの楕円の周上に沿って見えるのであるが、第2接触側の彩層の高いところまで月にかくされ、従って光が弱いので現われていない。左右方向にでている幾本かの筋は、月の凹凸によるものであって、月の山に相当するところでは、彩層からの光が遮ぎられて写らない。強い輝線には、分散方向に細かなげばだちが見える。これがスピキュールのスペクトルである。又強い輝線のなかに3ヶ所丸い形をしたところがあるがこれが、紅炎のスペクトルである。へなへな輝線も紅炎のものである。これを撮るのに使ったカメラレンズの焦点距離は3.5mであり、35mmのFuji HSフィルム(SSS相当)を使用し露出は1.2秒である。フィルム面上の線分散度は、1Å/mmで、これは、いままで得られた日食スペクトルでは一番大きいものである。