

夜 天 光

田 鍋 浩 義*

夜天光は、理科年表の天 33 頁にあるように、夜空からくる光全体のことである。つまり俗に“星明り”として総称されている光である。

月のない晴夜の戸外で、灯火が全くなくても、目が慣れれば周囲のものがかなりよく見えることは、誰しも経験があることであろう。これは夜天光が存在するためであるが、夜天光は俗称のような星だけの光ではなく、いろいろな光源からくる成分光を含んでいる。そしてその大部分を占めている成分光は、理科年表に簡単な説明をつけて掲げてある 3 種類の光、つまり大気光、黄道光、星野光である。このほかの成分光としては、星の光が星間物質によって散乱された銀河散乱光や、これら全部の自然光が地球大気の中かで散乱された大気散乱光などがあるが、これらの明るさは、上記の 3 つの主成分光に比べれば、一般に 1 桁またはそれ以上小さい。

夜天光の光源は、いずれも全天に拡がっているから、それぞれの成分光を直接分離して観測することができない。そこで、いろいろな間接的方法がとられる。1 例としては、それぞれの光源が分布する座標系の違いを利用する方法がある。大気光は、地球大気内の現象であるから、その明るさはほぼ地平座標に沿って分布しており、また黄道光は太陽を中心とした黄道座標（黄経の代わりに黄道に沿った太陽離角を用いる）に沿い、星野光は銀河座標に沿って分布している。そしてこれらの座標系が、日周的、年周的に少しずつズレていくのを利用するわけである。ただしこれは、それぞれの成分光が、その期間一定であると仮定しなければならないが、実際には大気光など、1 晩のうちでも時間的に明るさが変化するので、それほど簡単ではない。

天 33 頁の 1 番目の表は、3 つの主成分光の天頂平均輝度を示したものである。この値は、ローチ達が永年の観測から上記の座標系の違いや、その他の方法を併用して求めたものである。いうまでもなくこれらの値は、地球上の位置や時間によって変化し、またそれぞれの成分光のスペクトル分布が違うので、どの波長の光で観測するかによっても異なってくる。表中の大気光のところ“連続スペクトルのみ”と注記してあるのは、大気光には多くの輝線や輝帯があるが、それらのない 5300 Å のところの連続スペクトルだけの明るさという意味である。

ここで、明るさの単位のことについて一寸ふれておこう。天 33 頁と 34 頁には、 $S_{10}(\text{vis})$ という単位と、 R (レーリー

と読む) という単位が使われている。 $S_{10}(\text{vis})$ の方は、昔から天文の分野で面光源の明るさをあらわすときに使われている単位の一つであって、面光源の 1 平方度の明るさを、実視等級 10 等星の明るさに換算した場合、10 等星何個分に相当するかという個数であらわした値である。カッコ内の (vis) は、基準にとった 10 等星が実視等級 (visual magnitude) であることを示しており、もし写真等級や UBV 等級を使うときは、(phot) とか (B) とかを用いる。

もう 1 つの単位の R は、大気光の強度をあらわすのに用いられている単位で、観測者の視線に沿った断面積 1 cm^2 の気柱から、1 秒間にあらゆる方向に放射される光子の数を 10^6 個で割った値である。そして、上層大気の大気光発光層の厚さが、大体 10 km ($=10^6 \text{ cm}$) 程度であるから、 R であらわした大気光強度は、上層大気の 1 cm^2 が毎秒放射する光子数にほぼ相当する。

なお、 $S_{10}(\text{vis})$ と R との関係は、波長 5300 \AA のところで、 1 A 当り $1 R$ の光は $227 S_{10}(\text{vis})$ に相当する。

天 33 頁の 2 番目の大気光の表の説明に移ろう。大気光は、地球の上層大気原子や分子が、昼間に太陽光を受けて貯えたエネルギーを、夜間に光として放出する現象である。そのスペクトルは、紫外、可視、赤外域にわたって、それぞれの原子や分子が発する多くの輝線や輝帯があり、また弱い連続スペクトルも存在する。そして、前に夜天光の成分光は分離観測ができないと書いたが、大気光の輝線、輝帯だけは、それを含む波長域とそれをはずした波長域の明るさを比べることによって、その強度を求めることができる。

大気光の発光層の地上からの高さは、水素が数千ないし数万 km 、酸素の $6300, 6364 \text{ \AA}$ 輝線と 5577 \AA 輝線の 1 部および窒素の 5199 \AA が $250 \sim 300 \text{ km}$ 、 5577 \AA 輝線の大部分とその他の輝線、輝帯は $80 \sim 100 \text{ km}$ くらいである。大気光を地上の 1 地点から観測すると、天頂がもっとも暗く、地平線に近づくにつれて明るくなる。これは、地平線近くではこの発光層をななめに見通すために、見かけの厚さが大きくなって明るく見えるのである。月のない夜でも、山の稜線がよく見えるのは、背景の夜天光のなかでも、とくに大気光が明るくなるからである。

大気光の各輝線や輝帯の強度は、地球上の緯度、季節、時間によって多様に変化する。この表に示してある値は、中緯度天頂の平均値で、チェンパレンの教科書に出ている数値をもとにして、それに各種文献や東京天文台での観測結果を加味したものである。表中の [OI] の I は中

* 東京天文台 (ニューヨーク州立大学滞在中)
H. Tanabe: The Light of the Night Sky

性原子を意味し、[]をつけてあるものは、通常の実験室では発光せず、上層大気のような稀薄気体に限って観測される、禁制線と呼ばれるスペクトル線である。

天 33 頁下段の表の黄道光については、すでに天文月報でもいろいろと紹介されているので、あまり詳しい説明は不要であろう。太陽系内の惑星間空間に存在し、黄道面に沿って分布している微小な塵が、太陽光を散乱している現象である。黄道光は、肉眼で見るとその名の如く、天球上の黄道に沿った光帯であるが、惑星間塵の分布は、黄道面の上下にある程度の厚みをもっており、地球の軌道はその中に完全に含まれているから、正確に言えば、黄道光は全天に拡がっているのである。そして、視線にある塵の総数と、個々の塵が光を散乱する角度とのかね合いで、黄道に沿った部分が明るく見え、しかも太陽からの角距離（太陽離角）が小さいほど明るく見えるのである。また、これは散乱光であるから偏光している。この表は、その黄道上の明るさと偏光度が、太陽離角によって変る様子を示している。偏光度とは、偏光板を回転しながらそれを透して黄道光を観測したときの、最大、最小の明るさをそれぞれ I_1 、 I_2 とすると、 $(I_1 - I_2)/(I_1 + I_2)$ をパーセントであらわした値である。

この表の太陽離角 30° 以上の輝度、偏光度は、ワインバーグ (Weinberg) の観測値である。太陽離角の大きい部分の輝度の値と、偏光度の最大値は、最新のデータから考えると少し大きすぎるような気もするが、広範囲の太陽離角を同時にカバーした数少ない観測の代表値として、ここに示してある。また太陽離角 20° の輝度は、東京天文台がロケットで観測した値である。日食時に観測できる太陽のごく近傍を除いては、太陽離角が 30° より小さいところは地上からは観測不可能で、ロケットなどの飛翔体を使わなければならない。

黄道光の研究は、惑星間塵の分布、進化、起源を探ることが目的で、最近では人工天体を使って地球から遠く離れたところからの観測も行なわれるようになって、急速に進歩しつつある。1975 年の IAU コロキウムでは、1 ミクロンサイズ以下の惑星間塵は、それまで考えられていたほど多くは存在していないことが明らかにされたが、1976 年の IAU 総会の分科会の議論では、観測を十分に説明するためには、さらに不規則形状の塵を考慮しなければならないことになった。

つぎは星野光である。星や星雲は、1 個 1 個はそれぞれ独立した光源であるが、夜天光として考える場合は、これらを全体として面光源とみなす。さらにこれを、星の集積光と星雲（銀河系外星雲）の集積光に分けて考えることもある。星雲の数は、東京天文台でパロマー写真星図を使って、約 20 等級までカウントした結果によれば銀緯 30° 以上の空で、1 平方度当り平均 2000 個くら

いある。したがって、星雲だけでも十分、面光源と見なすことができる。ただし、個々の星雲が非常に暗いので、星雲の集積光は星の集積光に比べると、2 桁くらい小さく、実際上は、星野光は星の集積光にほとんど等しいと考えてよい。

星の集積光の明るさの分布を求める 1 つの方法は、天球上の各部の星野写真を撮って、そこに写っている星の数を等級別にかぞえる、いわゆるスターカウントである。実視等級 6 等までの肉眼星は、全天で 5000 個弱あるが、これらの集積光は、星全体の集積光の 20 パーセント以下である。ある等級の星が全体の集積光に寄与する明るさは、(その等級の星 1 個の明るさ \times) その等級の星の総数) であるが、この積の値が最大になるのは、空の各部によって多少違うが、だいたい 12 等星付近である。また 18 等より暗い星からも、10 パーセント程度の寄与がある。したがって、星の集積光の明るさを正確に求めるためには、20 等星くらいまでかぞえなければならない。しかしこれは大変な労力を要することで、全天の星をかぞえることは、とうてい不可能である。たとえば、これまでの大規模なスターカウントの 1 つとして有名な、ウィルソン山天文台で行なった、カプタインの選択領域の 139 区画の測定でも、写真等級 18 等まで 65683 個を測定したが、これでも全天の 18 等までの星の推定総数の 0.02 パーセント、測定面積は全天球の 0.04 パーセントにすぎない。

天 34 頁の星野光の分布図は、正確に言えば星の集積光の分布図であるが、これはファンラインがまとめた、全天各部の写真等級 6 等から 18 等星までの、スターカウントのデータをもとにして、ローチ達がそれより暗い星まで外挿した上で描いたものである。写真等級 6 等より明るい星は除外してあり、実視等級への換算には、等級別の平均的な色指数が用いてある。ただし上記のように、小さな標本をさらに平滑化して描いたものであるから、星の分布が複雑な銀緯の部分では、当然精度が落ち、銀河の細かい構造などは、つぶれてしまっている。しかし星野光の全天分布図としては、現在唯一のものであって、夜天光の研究とくに大気光や黄道光の背景光の補正に、広く使われている図である。なお、この図の座標系は、ローチ達の原因にしたがって、旧銀河座標 (l , b) が使用されているから、注意が必要である。

最近では、イギリスで超高速のスターカウントの器械“ギャラクシイ・マシン”が完成し、またアメリカの人工天体パイオニア 10, 11 号が、大気光はもち論、黄道光も無視できるという小惑星帯の外側から、星野光（この場合は銀河散乱光も含まれているが）の直接観測を行なった。パイオニアのデータは、現在解析が進行中であるが、近い将来、もっと詳しく、精度のよい星野光の分布図が発表されることと思う。