

# 観測条件を守るための IAU コロキウム No. 112

——光害・電波障害・宇宙廃棄物——

磯 部 秀 三\*

## 1. はじめに

近年の天文学の発展はいちじるしいものがある。それらの多くは観測技術が発達したことによる。大口径の望遠鏡で量子効率が1に近い CCD のような受光器を使って観測すると 25 等星という暗い天体が見えてくる。このような暗い天体のレベルでは背景光の影響が大きい。まっ暗な夜空の背景光は約 22 等/口" (口": 平方秒角) であるので、人工的な光源によって夜空が 2 倍明るくなると暗い天体に必要な観測時間は 10 倍以上になってしまう。このような現象は 1960 年以前に建設された大口径望遠鏡のある天文台のまわりで起っていて、ウィルソン山天文台の口径 2.5 m の望遠鏡はロス・アンゼルス街の灯のために目下使用中止になっている。

可視光の場合と同じように、電波の場合でも工業技術が発達するにつれていろいろの情報が電波を使って送られるようになり、一見人間の生活には便利になってきたが、電波天文学における観測は困難になってきた。電波天文学が進んできてより弱い電波源の観測の必要性が強まってきているが、人工的な電波は地上からばかりでなく、宇宙空間からも通信衛星や気象衛星などが電波を放射するようになった。そして、それらの人工的な電波のパワーとしてより強いものが要求されるようになってきている。

X線や紫外線・遠赤外線・遠赤外線の観測には人工衛星が不可欠である。これらの波長帯での観測では人工的な影響はこれまでほとんど受けなかった。しかし、上空に飛び交う人工衛星の数が増え、それらが壊れた破片が飛び散る中では、そろそろそれらの破片の衝突によって観測機器が壊されることを心配しなければならない時代が近づいている。

国際天文学連合ではこのような観測条件の悪化を早い時期から憂慮して、1973 年に“現存および将来の天文台の適地を守る”第 50 委員会を設置している。そして、1976 年の総会において IAU の決議として関係機関に協力を要請することにした。さらに、1978 年には国際照明学会と光害をなくすための共同作業を始めることの合意に達している。しかし、残念ながら上に示したように状況は可視光ばかりでなく電波や他の波長域でも悪い方

に向っている。

IAU の第 50 委員会の委員長である D. クロフォードと国際照明学会の委員である D. A. シュロイダーが共同で今回の IAU コロキウム No. 112 (1988 年 8 月 13 日～16 日ワシントンにおいて) を開催した。このコロキウムは通常の研究発表とは異なり、天文観測条件が危機的な状況にあることを一般の人々に訴えるために、多くのジャーナリストを発表の場に招き、少し長目の休憩時間に各記者が一般の人でも判るレベルにするために質問をするという形がとられていた。そして、実際にアメリカの新聞ばかりでなく日本の新聞にもこのコロキウムを基にした記事がいくつか載った。

この小文では筆者が聞いた中で印象深かったもののうち、地上における可視域の問題について少し書いてみる。

## 2. 光を有効に使う

天文学の記事で光を有効に使うと書くと通常は望遠鏡の主鏡によって集められた光をいかに有効に受光器で測定するかということである。鏡は光を 100% 反射しないので、クーデ望遠鏡のように何回も反射するとどんどん光は失われていく。

私達が夜に使う照明の場合にも基本的には光を有効に使うことが念頭におかれている。電燈などで使われるエネルギーを最小にして同じ効果が得られればよいわけである。しかし、天体観測のように天体の光を有効に得られれば良いというだけではなく、電燈の場合にはその形状(夜の光の出方ばかりでなく昼間の装置の格好も含まれる)が人間の好みに合っているかも問題となる。

大都会のモダンな場所でよく見られる街燈(図 1)では夜に出す光の大部分が空に向かって放たれていてほとんど有効に使われていないばかりでなく、肝心の目的である道路の照明にはほとんどなっていないことが多い。光を有効に使うために上部におおいのある街燈を使うべきである。

照明学会の人達も少しエネルギーで道路をいかに明るくするかを真剣に考えている。現在の問題点は道路の表面条件によって反射率、反射方向がいちじるしく異なっていることであり、特に雨などで道路が濡れている場合には経験的に求めるしか方法がないらしい。

\* 国立天文台 Syuzo Isobe

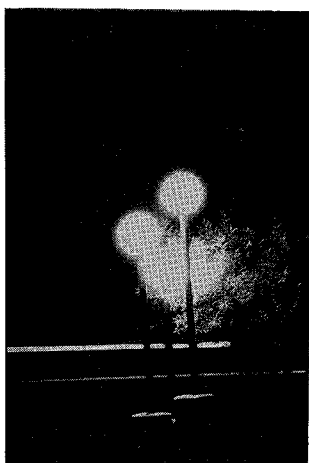


図1 一見格好の良い街燈だが、光の大部分が夜空の中に失われている。

道路を有効に照らす街燈を使っても、道路などからの反射光が夜空に向かって放たれる。そして、それらの光が夜空を照らして明るくするのである。コロラド大学のガースタングのモデル計算によると夜空の背景光の増大は観測点周辺の町の人口とそこからの距離に密接な関係があることになる。この計算結果はキット・ピーク国立天文台やパロマー山天文台における現状とよく一致しており、人口膨張を示す都市からあまり離れていない天文台の観測条件はある意味では悪くなる一方である。

いくつもの天文台における観測条件の維持努力の発表があった。先に記したような方法で無駄な光を少なくする努力も必要であるが、人が良い生活環境を守るためには光は欠かせないものである。そのための1つの方法として光の波長のうちある特定の波長の光だけで照明するやり方がある。それには低圧にしたナトリウム・ランプが

表1 マウナ・ケア山頂の夜空の明るさの変化をモデル計算した値

波長帯	方向	現在の夜空の明るさ	2000年の予想値
〔通常の場合〕		等級	等級
V	天頂	21.980	21.948
B	天頂	22.959	22.929
V	西天頂 45°	21.774	21.731
B	西天頂 45°	22.783	22.748
〔中間の場合〕			
V	天頂	21.980	21.894
V	西天頂 45°	21.774	21.643
〔最悪の場合〕			
V	天頂	21.980	21.450
V	西天頂 45°	21.774	20.944

有効である。夜空を照らす光を 5896 Å と 5990 Å の2波長の光だけにすれば他波長での観測にほとんど影響を与えないですむのである。

通常の電球はあらゆる波長の光を含んでおり、高圧にしたナトリウム・ランプではいくつもの波長の所に輝線が見られるので、天体観測のさまたげになる。キットピーク国立天文台では市を説得してツーソンの街燈をすべて低圧 Na ランプにするのに成功している。パロマー山天文台も近隣の町では成功しているが、大都市サン・ディエゴの影響はまだ残っている。

低圧 Na ランプの設置費は割高ではあるが、使用電氣量が少いので3年も使うと採算がとれるので、この点からの説得はしやすい。しかし、低圧 Na ランプの光はオレンジの単色光であるので、それによる照明を感覚的に好まない人も多いことは確かである。道路安全研究所のシュロイダーは3波長程度の輝線で自然光に近いランプの製作研究が行われているという話をしたが、これらが



図2 世界の夜の明るさの分布 (ワシントン大学提供)

低価格で商品化されるようになると観測地を守る上で有効な武器となるであろう。

日本の 7.5 m 望遠鏡はハワイのマウナケア山に設置される計画になっている。コロラド大学のガースタングの計算によると山頂の夜空の明るさは表 1 のように変化することになり、非常に悪い場合には 2000 年には夜空の明るさが現在の 1.8 倍近くになってしまう。この主な原因はハワイ島西岸のコナの町のリゾート化であるらしい。マウナ・ケアの天文台でもこのことに注目し始めており、私達も日本のホテルが多く建つ事を考慮して対策を考え始める必要があると思う。

ワシントン大学のサリバン達は人工衛星から撮った世界の夜の明るさ分布地図を作っていた(図 2)。日本列島の明るさは天体観測という観点からは悲劇的であるが、まだ暗い場所も残っていることも示されている。

### 3. 人工衛星のなれのはて

現在、人工衛星は毎年百数十個打ち上げられており、その数は年々増大している。打ち上げられた人工衛星は一昨年話題になったソ連の原子炉衛星のように地球大気の抵抗によって軌道を下げ落下する場合もある。中には衛星が爆発したり、衝突したりして何十個もの小片に壊れるものもある。

NASA のケスラーによると現在軌道が確認されている人工衛星だけでも 2 万個もある。図 3 (=表紙)を見ると、地球のまわりは人工衛星だらけであることが判るのである。もっと上空の静止軌道に近い所では数は少くなりあまり密集した感じは与えない。カーディフ大学のウェリスは人工衛星の軌道周辺で微小粒子が増えて、観測装置に衝突して目的の観測を困難にすることを示した。X線、紫外線、赤外線での人工衛星を使った天体観測が徐々にむずかしくなり、月面に天文台を設置しなければならぬことになるかもしれない。

人工衛星の軌道上での微小粒子の数は加速度的に増大することになる。現在では人工衛星の爆発によって微小粒子が形成されることが多く、衝突によって作られる割合は少い。しかし、衝突の確率は空間に飛び交っている物質の表面積と密度の 2 乗に比例して大きくなる。このため人工衛星の打ち上げ数が現在の割合で増大すれば、人工衛星やその破片の衝突確率がどんどん大きくなってより細かな破片がばらまかれることになる。

光の天文学者である筆者にとってショッキングだったことは、最悪の場合 21 世紀の中頃には人工衛星がこなごなになった微小粒子が地球を取り巻き、それらが太陽の光を受けて反射すると夜空が満月の時のように白っぽく輝くようになってしまうということであった。

宇宙空間に飛び交う不用な人工飛翔体をどのように処

理していくかも今後の大きな問題であることが明らかになった。

### 4. 観測条件を守るために

天文学の観測条件を守るためには多くの人々の理解を欠かすことはできない。人間はその生活を豊かにするためにいろいろなものに関心を示し利用してきている。夜の燈もその一つであるが、他方では音楽、絵画などの芸術も人間の心に必要なものである。そして、それらがさらに進むとスペース・アートとよばれるレベルのものが考えられ、人工衛星を使って上空に光の環を作ろうという提案がされたりする。

天文学が発展すること自体が人間の日常生活に直接役立つことは少いかもかもしれない。しかし、人類が存在するこの宇宙に含まれるあらゆる階層の生成、進化、終末について明らかにすることに、人類自身の存在にとって、芸術などと同じかそれ以上に大切なものではないであろうかという議論が熱心にされた。

宇宙の大切さを知らない人々にはなにも気にとめることなく宇宙を探求する可能性をつぶしてきている。それが光害であり、電波障害であり、宇宙廃棄物である。より良い観測条件を守るためにはそれらを失った時の損失がいかに大きいかを各個人個人を説得していく以外にない。

世界の多くの天文台では天文台が中心となって一般の人々への天文学の普及の努力をしている。アレシボ電波天文台では毎年 25000 人もの見学者向けに特別なコースを設けて組織的な普及活動をしているという報告があり、他の多くの天文台の積極的な活動の報告もなされた。

キットピーク国立天文台やパロマー山天文台が周辺の住民に低圧 Na ランプを使うように依頼しているのも、直接的に夜空の暗さを守っているだけではなく、天文学への理解者を増やす上でも大いに役立っている。

クロフォード氏の結論は次のようであった。今回のコロケウムにはソ連・中国を含む世界 19 ケ国から 120 人の出席者があり 78 本の論文が発表されたことで判るように、天文学の観測条件を守るために世界的な協力を進められる状況が出てきた。多くの天文学者が協力して各国の関係機関に観測条件を守るために具体的に働きかけるばかりでなく、より多くの人々の天文学への関心を強める努力を積み重ねていこうというものであった。そして、International Dark Sky Association を設立して、それらの活動をより強めようという合意がなされた。

私達日本の天文学研究者・愛好者もこれらのことをよく考えて行動を強める時機ではないかと思う。なお、上記の Association について関心のある方は筆者まで問い合わせてもらいたい。