

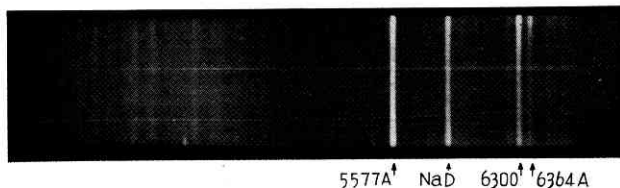
大気光観測装置

古畑正秋

1. 大気光とは

いわゆる星明りといわれて、月のない夜でも星空はほのかに明るい、この光の大半が地球上層の大気が輝いたものであることが知られたのは、僅か 30 年来のことである。弱い光ではあるが、長時間露出によってスペクトルも撮影できるし、光電測光によりその強さの変化なども観測することができる。その発光の原因が太陽から放射される紫外線、あるいは電子などであるために、太陽の地球へ与える影響の一つとして、電離層、宇宙線などととも国際地球観測年の観測項目の主要なものとして地上観測が行われてきた。

第1図にそのスペクトル写真を掲げておいたが、これらの輝線の同定によって、酸素原子・ナトリウム原子などの発光であることが確かめられている。可視部にある主なものは酸素原子による 5577Å の緑線、6300Å の赤線、ナトリウム原子による 5890, 5896 Å の D 線などである。これらのほかに近赤外部に OH 基による強い輝線帯がある。



第1図 大気光のスペクトル写真（東京天文台観測所にて撮影、露出 4.5 時間）

これらの輝線の強さは太陽活動その他によって毎夜あるいは毎時かなり激しく変化することがある。また酸素原子の赤線およびナトリウムの D 線は薄明中にいちじるしく強い傾向もある。こうした変化および他の地球物理学的現象との関係は地上観測によってある程度進めることができる。

これらの大気光の発光層が地上どれくらいの高さにあるかということは測定が非常に困難であった。地上をほとんど一様に覆っているために三角測量をすることもできず、僅かに地上の高度角による強度の変化を測定して間接的に求めるような方法がとられていた。したがって測定の結果も人によって大きく違っていて、確定性はほとんどなかった。

この高さの測定をロケットによって直接測定しようと

いう計画が進められていたが、1956 年来アメリカで AEROBEE に測定器を積んで、その観測に成功している。酸素の緑線、ナトリウムの D 線などの高さがこうしてほとんど確かめられた。いずれも 100 km 内外となっている。しかし、OH 基の赤外輻射、酸素の赤線についてはまだ確実な値が求められていない。またこれらの高さは地球上の緯度によって違いがあるかもしれないし、季節によっても差があるかもしれないが、そうしたことの詳細はまったく分かっていない。1964 年 4 月から 1965 年末まで行なわれる太陽極小期国際観測年には、多くのロケット観測を行なって、それらを調べるといふ勧告決議が出されている。

2. 発光層の高さ測定の原理

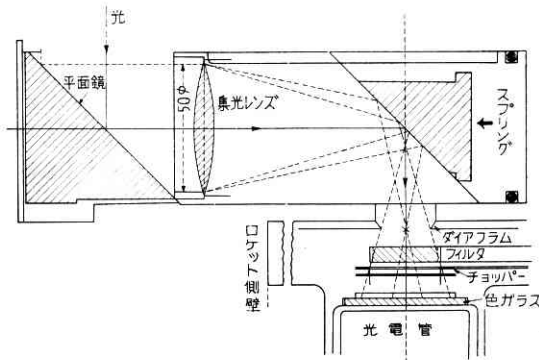
ロケットによって発光層の高さを測定するという原理は極めて簡単である。ロケットの姿勢がひどく乱れない限り、ロケットの頭部方向から光をとり入れてその強さを測っていけば、ロケットが層に突入するとともに光が弱まって、層を抜ければその光がなくなる。光の強さの測定は光電管（光電子増倍管）を使う。ただ光電管にかける高電圧をどのようにして供給するか、光電流を増幅してテレメータに送る増幅器をいかに小型化するかなど、技術的にいろいろの問題はある。この観測方法は地上ではすでに行なっているのであるが、ロケットに積むためには小型軽量化などのためにかなり違ったものにする必要がある。地上では温度の変化は一夜中そう大きくないが、ロケットの温度上昇のために光電管の暗電流が大きく変化することを考慮すれば、増幅は交流増幅にすることが必要である。そのためには光を断続するチョッパーを要求される。

大気光の輝線を分離するには、干渉フィルタと色フィルタを組み合わせたものを用いる。フィルタは円盤上に幾組か取めて、マイクロモータによって円盤を回転して、フィルタの交換を行なうようにする。フィルタの代わりに金属板をおいて、それがまわってきたときには光を遮ってシャッタの役目をさせる。また一つの金属板の裏面に蛍光物質を塗ってあり、それがまわってきたときには標準光源の役目をさせる。

3. 光学部分

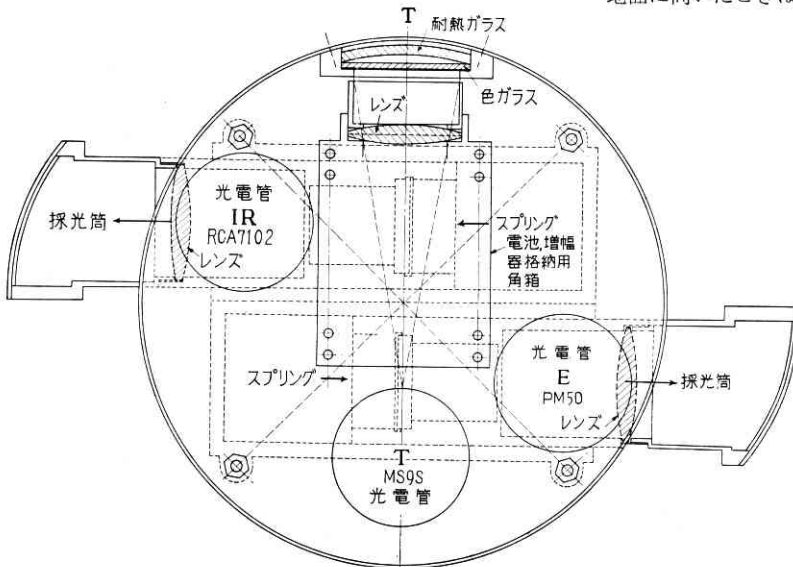
電離層観測装置がロケット頭部を占めているので、頭

部方向からの光を取り入れるためにはロケットの側面より平面鏡を用いて内部に導くようにした。その概略を第 2 図に示してある。この採光筒ははじめから張り出しておくわけにいかないで、発射後約 60 秒、すなわち地上 60 km くらいで、タイマーによって突出させることにした。あらかじめスプリングをおさえて筒をロケット胴部内に収めておき、タイマーが働けばイグナイタによってその止金を外し、スプリングがきいて筒が突出するようになったものである。第 2 図は突出したときの関係位置を示している。



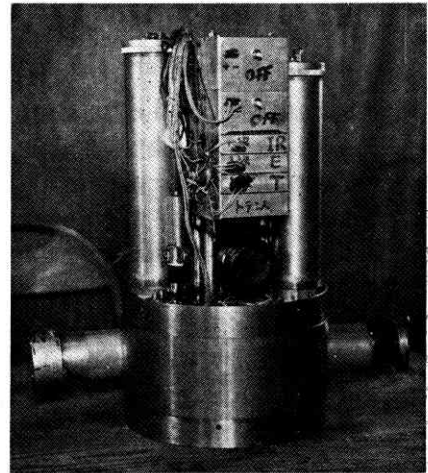
第 2 図 光学部分説明図

外部の平面鏡で反射された光が、単レンズを通して収束され、さらに内部の反射平面鏡によって光電管に導かれるようにしてある。まずダイアフラムで光束を制限し、その次に干渉フィルタを通す。これは前記のように、マイクロモータによって交換され、暗電流および標準光源も記録されるようになっていいる。その次に光電流を交流増幅するためのチョッパーがやはりマイクロモータによって回転している。



第 3 図 横 断 面 図

光電管を収める筒の窓には硝子を張ってある。これは筒の内部を気密に保たせるためである。光電管には約1000ボルトの高圧をかけるので、気密にしておかないと、上空で放電するからである。



第 4 図 大気光観測器械 (ロケット頭部が写真の下方になる)

下部左右に突出しているのが採光筒、縦の二本の筒が E および IR 用の光電管を収めたもの、中央の黒い筒が T 用の採光筒、その上の角箱に電池および増幅器がそれぞれ収められている。

この採光筒は可視域用と赤外域用の 2 個収めてあり、互いに反対方向にそれぞれ突出するようにしてある。

K-8-5 号機用のものは、ロケットの姿勢を知る一助となるように、ロケットの側部方向の光を測定する光学系を収めた。これはロケットの胴体に直接窓を開け、耐熱ガラスを収め、光をロケット方向に垂直にとり入れる。この系は、ロケットの側面が地面に向いたときと、地平線上の空に向いたときを区別するためのものであって、地面に向いたときは昼間の強い光を受けるので、濃赤のフィルタを透して光を弱めてある。

光電管は可視域用 (E 用) と赤外域用 (IR 用) はヘッドオン型の光電管を用いる。前者はマツダ PM 50、後者は RCA 7102 である。側面用 (T 用) は RCA 1P21 相当管であるマツダ MS9S 小型管である。ただし K-8-6 号機 (夜間発射) の際は T 用ははぶいた。

各系のフィルタ類は次のようである。

1) 可視域用 (E)

- 5577A 干渉フィルタ
- および色フィルタ
- 5300A "

5893A //

- 2) 赤外域用(IR) 7620A 干渉フィルタおよび色フィルタ
濃赤色フィルタ
- 3) 側面用(T) 濃赤色フィルタ

4. 電気部分

光電管に供給する約 1000 ボルトの高圧電源は 9 ボルトの鉛化銀電池よりトランジスタ発信回路およびトランスを用いて所定の電圧とし、さらに直流にされた後、小型電圧安定管を加えたものである。電池は光電管筒の外部に収めてあるが、そのほかは気密にする必要があるために、光電管筒の内部の光電管の後に収めてある。

光電流の増幅はすべてトランジスタを用いて小型化したものである。昼間打上げの K-8-5 号機では、昼間大気光が著しく強いかもしれないことと、100 km 以下では太陽光の散乱が相当強いかもしれないために、光電流がスケールアウトするおそれがあるために、対数増幅となるよう設計した。K-8-6 号機は夜間打上げであるから、夜間大気光の強さを出ることがないので、普通の増幅器とした。

5. 機能試験の結果

以上の機械は、ロケット搭載までの期間が短かったため、十分に試験し改良することができなかった。器械的にも電氣的にもかなり複雑な機構となっているため、支障なく作動するかどうか多少の危惧があった。その主なものは次のようである。

まず採光筒の突出が確実に行なわれるかどうかである。イグナイタについては、生産技術研究所の吉山巖技官のご助力により現地において火薬の量などを調節し、だいたい支障なく作動するところまで達した。次は光電管の機能がロケットの衝撃および振動に耐えるかどうかの心配があったが、これは予想外に安全であることが判明した。

かくして、1961 年 3 月 27 日打上げの K-8-5 号機に最初の機械を積み、第 1 回の試験を行なった。この結果を解析すると、採光筒の突出したことはほとんど確実である。しかし次のような欠陥があることが認められた。

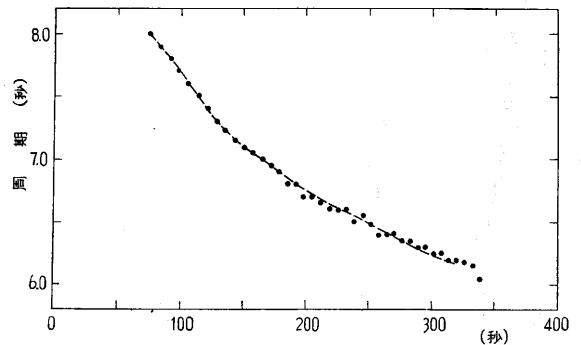
- a) マイクロモータ用の電池が早く消耗し、フィルタの回転が発射後 60 秒ころに止まったこと
- b) 高圧電源の不安定さがあり、光電流が十分得られなかったこと

などである。E と T はマイクロモータによりスイッチの切換えを行ない、交互にテレメータに送るようにしてあったのであるが、それが止まったため、E のみとなり、しかも E の一つのフィルタ (なんのフィルタかは判明しない) のみの連続記録となってしまった。

K-8-6 号機は 5 号機の欠点のある程度改良し、さらに電池の消耗を防ぐため T を割愛した。そのため電氣的には一応支障なく働いたが、不幸にも採光筒の突出が失敗したため、予期の記録をとることができなかった。

以上ほとんど失敗の記録であることは残念であるが、しかしこの試験によって、いろいろな経験を得て、将来のこの種の観測に対し希望を持つことができるようになったのは大きな喜びである。最も心配された光電管がほとんど支障なく働くことを知ったのは大きな収穫であった。

目標とする大気光そのものの観測データは得られなかったが、付随的な多少の結果が得られたのでそれを最後に記したい。前述したように、K-8-5 号機の E は一つのフィルタを透してのみの連続記録となったが、データを解析してみると、昼間であるため太陽光が採光筒で乱反射して大きな振れを示しているが、ロケットの胴体の影になったときにその乱反射がなくなっている。それを測定すればロケットのスピンの求められる。測定の結果を第 5 図に図示しておいた。同時に行なわれたテレメータの受信レベルの変化によるスピン周期を野村研究室よりいただいて、それを点線で記入しておいたが、両者はほとんど完全に一致している。



第 5 図 K-8-5 号機のスピン周期

横軸は発射後秒経過数、黒点が光電観測より求めたもの、点線はテレメータ受信レベルの変化より測定したもの。

また乱反射光の強さ、および影に入ったときの光電流の振れは、発射後 205 秒、すなわちロケットが最高点に達したときに急に变化している。このとき光の強さが増していることは、ロケット頭部が水平より下に向いて、地面の光を受けているものと判断される。なおこの光の強さは約 45 秒の周期で多少波をうっているのは、この周期で小さい才差運動をしたのではないかと推測されるが、これは確かではない。

なにぶん初めての試みであったために、生産技術研究所の関係者のかたがた、担当の各メーカーの諸氏のごとくのご教示、ご助力を得て行なわれたものであって、厚くお礼申し上げる次第である。

(1961 年 8 月 11 日受理)