

# 太陽紫外線および黄道光

古 畑 正 秋\*

## Solar Ultraviolet Radiation and Zodiacal Light

By

Masaaki HURUHATA

**Abstract.** Historical review of the measurements of the solar ultraviolet radiation was given, introducing various method of observation from the ultraviolet region to X-ray. Some important and interesting observations in the future related with solar physics are pointed out.

Observations of the zodiacal light on the ground are greatly obstructed by the earth's atmosphere even in the visual range, not small corrections being needed for the airglow emissions and the scattering of light in the atmosphere. Importance and merits of observations by rocket and balloon are emphasized. Some plans of observation in the future, measurements of polarization besides brightness and also their relation with the solar activity, are suggested.

### 概 要

太陽紫外線の観測の今までの歴史的な経過を展望し、とくにいろいろな観測方法の概要を述べる。それらの観測結果が太陽物理学にもたらした貢献と、将来どのような観測が興味あるかということにふれたい。

黄道光の観測は地上では大気の吸収あり、また大気光の混入ありで、それらの大きな補正が必要のため、観測の精度が大きく限定されている。ロケットによって直接大気外から観測するだけでなく、地上観測の補正にも役だたせることが可能である。明るさ、偏光度の観測の精度をあげるとともに、太陽活動による変化を測定することも期待される。

### 1. 太陽紫外線

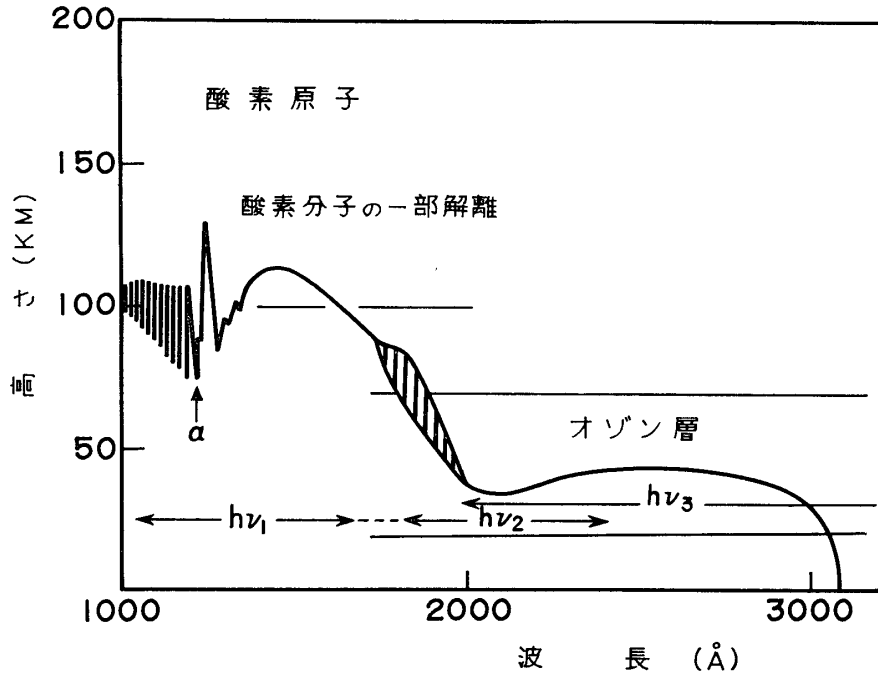
地上での観測はほぼ 3,000 Å が限度であって、それより短波長の部分はロケットによる観測にまたなければならない。V-2 ロケットがそれに使われてからちょうど 20 年、この未知の領域がしだいに明らかにされていきつつある。

第 1, 2 図でわかるように紫外から X 線領域にわたる大気の吸収の窓はすでに日本のロケットによって開かれている高さにある。問題は窓の外に出てそれらを観測・測定する機器の開発にかかっている。それで、ここではそれらの観測の手段を主として概観したい。

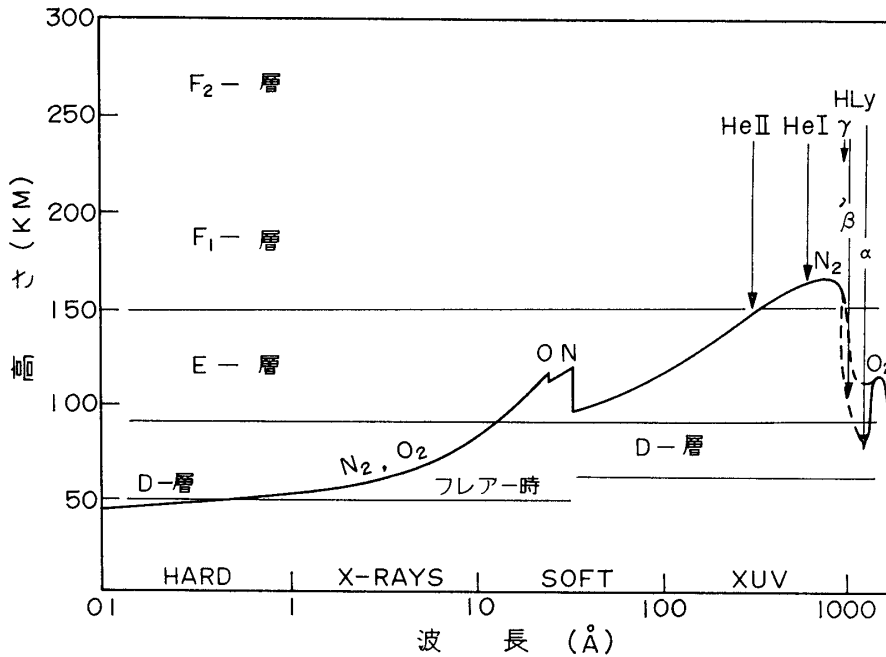
紫外域 1,500 Å くらいまでは可視域とほぼ同様の方法で分光観測が可能である。太陽と

---

\* 東京天文台



第1図 太陽光が1/eにまで吸収される高さ (UV域)



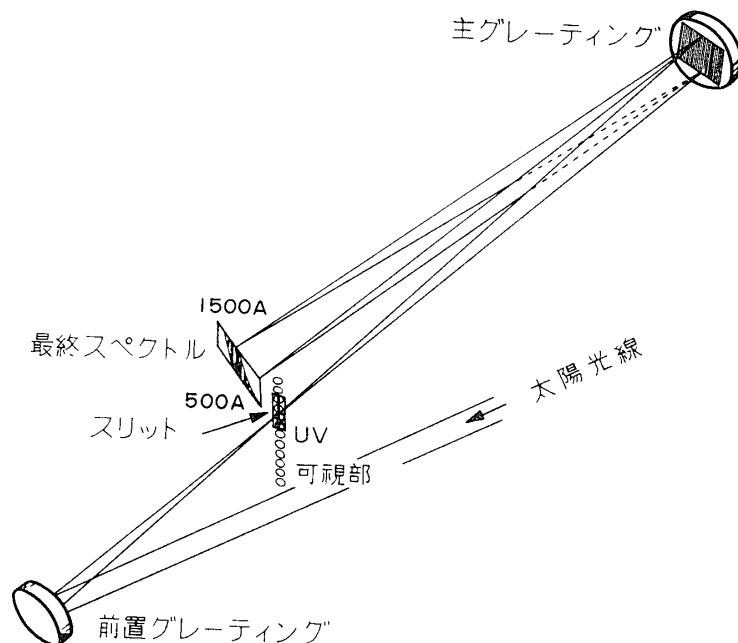
第2図 太陽光が1/eにまで吸収される高さ (XUV-X線域)

しては光球から彩層の辺を見るわけで、これも可視域と大差はない。通常の分光器のほかにエッセル分光器を用いて高分散、高分解能の観測まで行なわれている。ただし、写真を回収できない場合はテレメータを用いなければならず、分解能はかなり限定される。

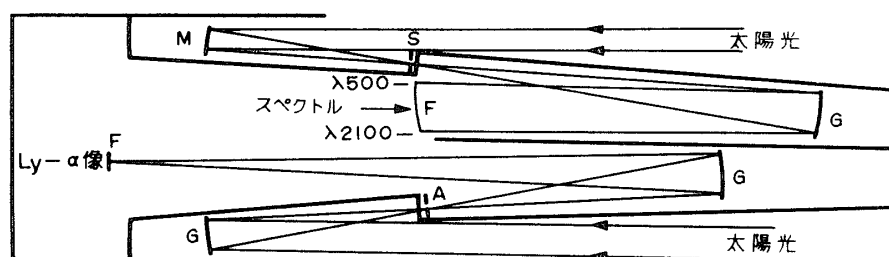
2,800ÅにあるMgIIの二重線は可視域のCaIIのH,K線よりも強い吸収線であり、中

中央に輝線があり、さらにその中心部に吸収線があることも H, K 線とよく似ている。この吸収線の微細構造、縁辺効果を観測することは太陽面の物理を研究する上に非常に有意義である。単色像を撮影するなどさらに幾多の観測手段が考えられる。

1,500Å くらいより短くなると、それまでの分光法はしだいに使えなくなる。強度そのものが弱くなる上に反射能も低下するからである。さらにこまるのは可視部の強い散乱光が入ってくることである。それを避けるために第 3 図に示したように、最初のグレーティング



第 3 図 グレーティングを 2 個用いた XUV 分光撮影装置説明図



第 4 図 NRL で開発された XUV 域分光器および  $\text{Ly}-\alpha$  による太陽像撮影装置  
(A: 円孔, S: スリット, G: グレーティング, F: フィルム)

で分散された太陽線のところにスリットをおき、必要な部分だけを主グレーティングに導いて分散させるというような方法が使われている。これらの方法は 1960 年ごろまでに主として NRL で開発されたものである。またこの方法によって  $\text{Ly}-\alpha$  線の単色線の撮影にも成功している。この主グレーティングにエッセル・グレーティングを用いて高分散の  $\text{Ly}-\alpha$  のスペクトルも得られている。それには中心に中性酸素の吸収線が現われている。これは地球周辺にある酸素によるものと推定され、その線の幅から温度の推定まで行なわれている。

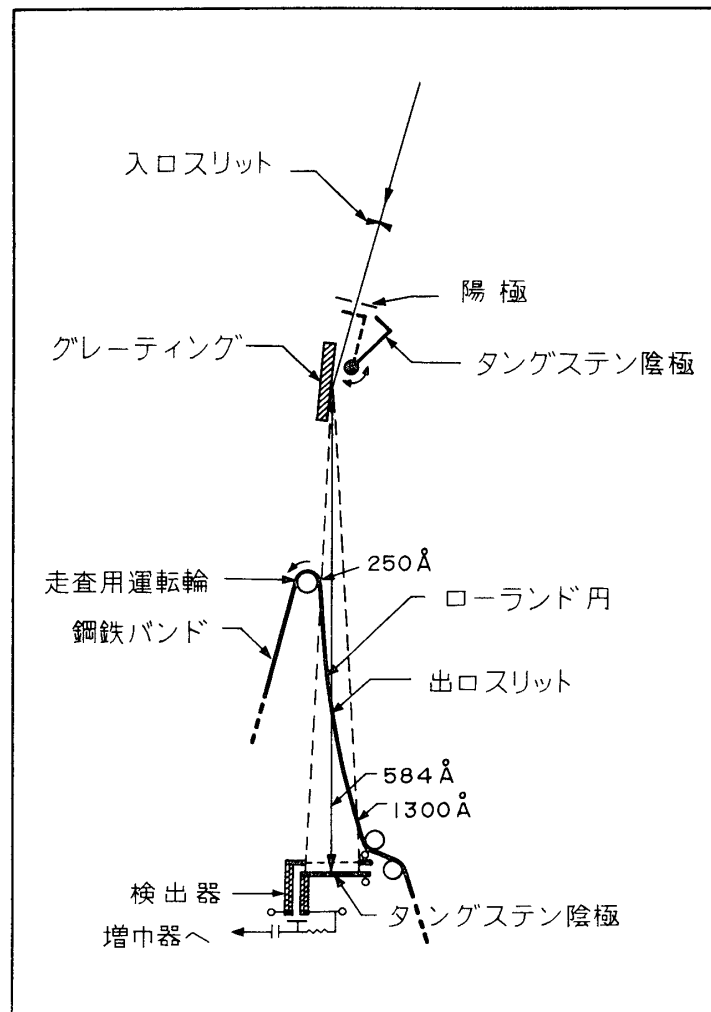
1,500Å あたりからはほとんど輝線となって、フランホーファー線は認められなくなる。

すなわち、彩層からコロナへの境界層を見ていることになる。Ly- $\alpha$ はもちろんのこと、多数の輝線の観測を太陽活動のいろいろな段階で観測することなど、幾多の興味ある問題を含んでいる領域である。

Ly- $\alpha$  のような強い輝線の強度を測定するには適当なフィルターと適当なガスのイオン化を使ってカウンターで測定することができる。日本では大阪市大の小塩氏グループが開発されているので、詳しくは同氏の稿を参照されたい。

極端紫外域 グレーティングの反射能は非常に低下するので分光写真はますます困難になる。しかし斜入射の方法を使って数十Åまでの撮影にともかく成功し、Ly- $\alpha$  より短い部分で数十本の輝線が同定されている。この種の分光器にはアルミニウムのフィルターを用いて、800Å 以上の部分の散乱光を消すことも行なわれている。

このほかに、光電式の走査単色光装置を使い、テレメータで地上に送る方法が有効に使われている。光陰極面に長波長には感じないものを使うことができるなど有利な点が多いが分解能が限定されること、波長の測定には向かないなどの欠点もある。第5図は GRD で開



第5図 走査式の太陽 XUV 分光装置

発された装置の説明図である。この装置は実験室内で較正がていねいに行なわれているので輝線の強度についてはよい精度を得ることができる。

この領域はコロナを見ているわけで、太陽活動によるコロナ輝線の消長、あるいは特定の輝線によってコロナの単色像を得るなど、将来幾多の研究課題をひかえている。

X線領域 分光は極度に困難であるが、最近では高度に電離した数個の輝線を認めるまでに達している。前述した単色光計テレメータにより軟X線の部分の強度が測られている。またフィルターを使ったカウンターにより硬X線の部分の強度を測る試みもなされている。アルミニウムのメッキをほどこした薄いプラスチックのフィルターを通したピンホールカメラで撮影されたX線の太陽像は特筆すべきものであろう。

太陽活動の静かなときのX線は7 Åくらいまでしか観測できないが、活動期、とくにフレア一時には硬X線は非常に強くなることが観測されている。太陽電波との相関など今後大きな興味をもって開拓される分野である。日本でもこの分野の機器の開発がはじめられているが、その早急な実施がとくに望まれる。

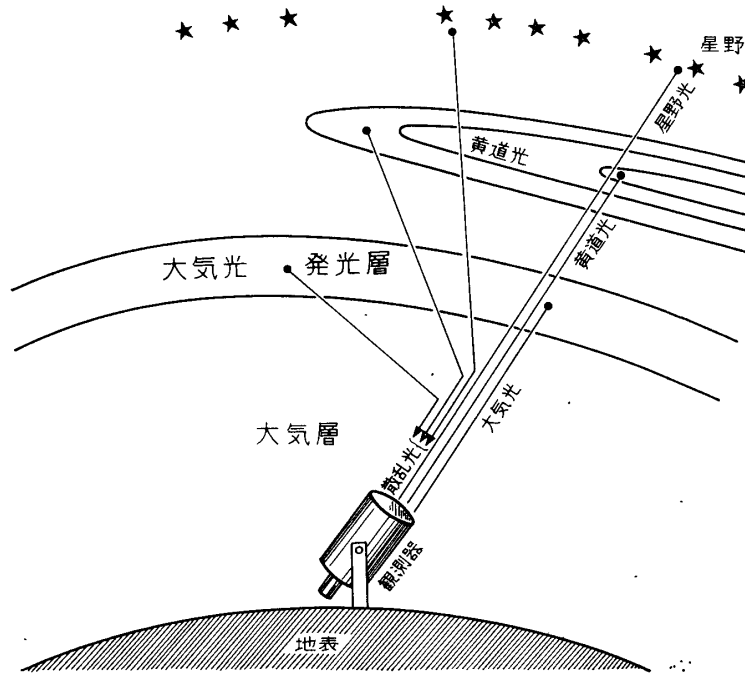
## 2. 黄 道 光

黄道光は現在までにまだロケットなどの観測が出されていない。しかしながら、今までの地上観測の結果をみると地球大気に影響されるところがあまりにも大きく、将来ぜひロケット観測を大幅にとり入れたい部門である。

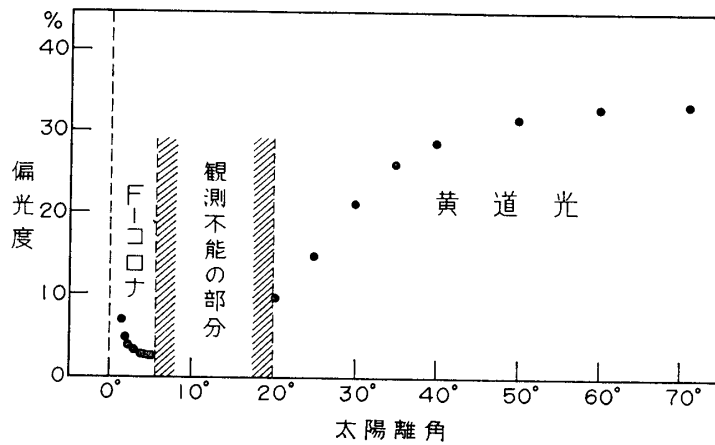
地球大気の妨害は大きくは次の二つである。第一には光の散乱・減光であって、とくに黄道光のような広がりをもった天体はそれが複雑であって、補正が困難である。これは黄道光の明るさの分布、偏光度の観測などに直接影響してくる。また太陽に近いところは薄明という散乱光のために観測が事実上不可能でもある。第二には大気光の存在である。大気光の輝線はある程度避けられるが、連続スペクトルの部分は地上では逃げようがない。しかもこの連続光は恒星光との分離が困難であって正確な補正のできないうらみがある。以上第一、第二ともに地上 150 km 程度に達すれば事実上なくなるので、現在の日本のロケットで十分に観測できる。現在実施中のもの、および将来期待される観測項目について述べてみたい。

1) 輝度観測 日食時の観測によって太陽から  $15^\circ$ 、一方高山の観測によって太陽から  $25^\circ$  まで一応測られており、その中間の約  $10^\circ$  の範囲の観測が得られていない。これを埋めることが当初の問題であるが、この付近の測定された値も正確さが怪しいので、ロケット観測により、さらに精密な値を得ることが望まれる。

2) 偏光度の観測 地上での観測はさきに述べたような妨害のために、偏光度は輝度よりもはるかにその信用度が落ちている。今まで多くの人が測定したものは、そうした理由のために甚だしい不一致を示している。太陽の近くではせいぜい数度離れたあたりまで、また夜間観測される部分では太陽から  $25^\circ$  くらいまで、すなわち約  $20^\circ$  の観測不能の部分を残している。この部分の観測は太陽コロナのF成分と黄道光とのつながりを確認するだいたいの範囲である。やはりこれもロケットによって観測が可能と思われるので、早急に実施したい観測項目である。



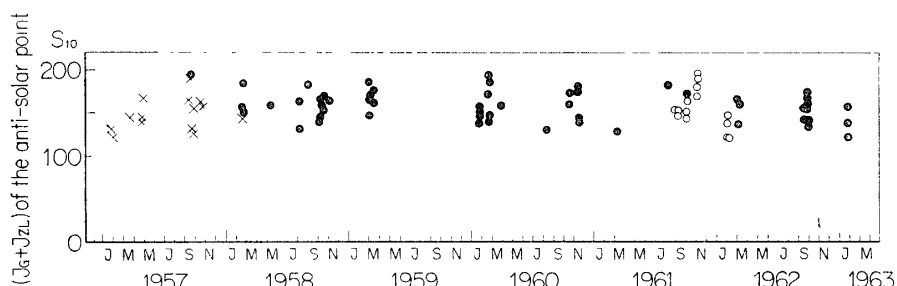
第6図 黄道光の地上観測に混入する各種の光の説明図



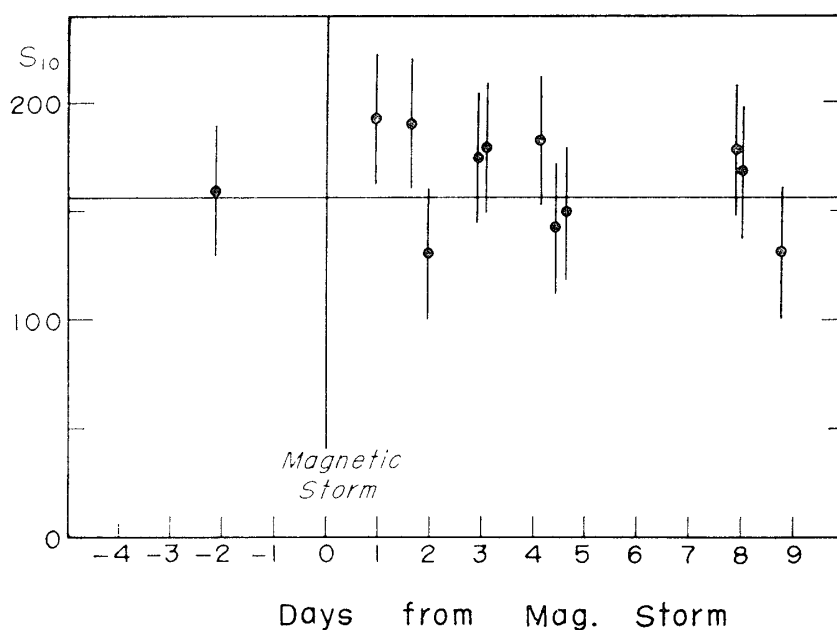
第7図 F1コロナおよび黄道光の偏光度(地上観測)

3) 太陽活動との関係 黄道光に寄与する電子の量はあまり多くないということが近ごろの定説とはなっているが、少ないながらも太陽活動度によってある程度の消長を示すことは考えられる。現在の地上観測では輝度、偏光度ともにそれを検出するだけの精度が得られない状態である。したがって、ロケットによる精密観測を実施してそのへんを究明することが望まれる。これは古くから問題になっている、地球近傍の自由電子の量を知るきめてにもなるものと思われる。

4) 赤外域および紫外域における観測 黄道光物質の大きさ、物質の種類などを知る上には、現在の可視域のみの観測を赤外および紫外に延することが有利であろう。これはロケット(あるいは一部バルーン)によって可能な部分であるから、近い将来に実施したい。



第8図 地上観測より求められた対日照の永年変化(田鍋による)  
明るさの単位は1平方度内の10等星(眼視光度)の数



第9図 地磁嵐前後における対日照の明るさ(田鍋による)

5) 対日照の観測 対日照は黄道光と同種の物質が太陽の反対のあたりで散乱・反射した光であるが、黄道光に比べるとはるかに淡いので観測がむずかしい。地上観測にていねいな補正を加えて出した田鍋の結果によると、太陽活動とは一応無関係のようであるが、地上観測のみでは誤差の範囲に含まれているとも考えられる。直接にロケットにより対日照の観測をすることはもちろん望ましいが、ロケット観測で得られる大気光の連続スペクトルの量、あるいは地球大気による吸収、減光の量を精確に求めて、地上観測への補正をより正確にするというのも一つのいきかたであろう。

以上のように直接に黄道光・対日照をロケットにより観測するということが、およびその結果を使って、地上あるいはバルーンの観測に対する補正を正確にするという二つの効用が考えられる。そして長い間その研究をとざしていた地球大気の妨害が徐々にとりぞかれることを大いに期待している。

1966年7月23日

## 参 考 文 献

Space Research 各巻などに多く出ているが、下記のものにかなり詳しくまとめられている。

R. Tousey, W. A. Rense, H. E. Hinteregger, H. Friedman: Space Astrophysics, McGraw-Hill Book Co., 1961.

H. Friedman: Annu. Rev. Astr. and Astrphys., Annu. Rev. Inc., 1963.

末元善三郎: 応用物理, 35 巻, 3 号, 1966.

## 質 疑 討 論

西村: 黄道光の polarization をおこす dust について、どの程度の大きさのものを考えているか。

古畑: 黄道光物質が dielectric particle とした場合、数ミクロンから数分の 1 ミクロンの程度とすると、観測される polarization に合うと出している人がある。

西村: その場合、波長によっては flare のときに出る、強い solar wind による励起がきくように思われるが、その点はどのように考えているか。

古畑: よく分らないが、観測の方からは、そのような傾向は出ていないと思う。

早川: solar wind による励起は非常に小さい寄与しかないだろう。solar wind の粒子の flux と太陽の光子の flux とを比べると、後者が断然多い。発光体が dust とすれば断面積はいずれの場合も、幾何学的断面積に近い。光の散乱は Rayleigh 散乱で、断面積は  $d^6/\lambda^4$  ( $d$  は dust の size,  $\lambda$  は光の波長) で、一般に幾何学的断面積  $d^2$  より小さいが、 $d$  と  $\lambda$  はそう違わない。

早川: 紫外線観測の歴史はロケットと共に始まり、ずいぶん長く、かなり多くのことがわかったように思うが、現段階はこの問題の山を登りつつある時期か、山を越した時期か。

末元: XUV の領域では現在は、たとえば可視領域で Fraunhofer line が発見されたという程度の段階であるから、今後数十年は研究題目は十分あると楽観している。

内田:  $L_y\alpha$  の中心の鋭い吸収線を interplanetary gas に帰すと言う説明であったが、その場合その吸収線に Doppler shift がないと言うことと、interplanetary gas が solar wind として流れていると言う描像とはどう調和させられるか。地球大気によると考えるかあるいは interplanetary gas の主体はほとんど止っていて、その中を solar wind particle が流れると言う描像を持つ必要があるように思われるが。

末元:  $L_y\alpha$  の terrestrial absorption は solar wind より地球に近い部分の中性水素によって吸収されると考えられているから wind velocity による line のズレはなくてもよい。

奥田: 黄道光のスペクトルの観測にはどのようなものがあり、どのような結果が得られているか。

古畑: 黄道光のスペクトルは背景の星野のスペクトルが重なるのと、光が弱いためによりスペクトルは今まで得られていない。太陽のスペクトルに似ていて、Fraunhofer 線が出ていることから、太陽光が solid particle によって散乱されたものであることがわかる程度である。

等松: 黄道光の成因が interplanetary dust および自由電子によるものとすれば、両者の散乱



の性質は波長によって異なるはずである。そこで波長域を広げて zodiacal light の成分を分離することは可能であろうか。

古畑: ごもっともな suggestion で、できればそうした観測に進みたいとは思いますが、intensity の点で観測はかなり困難かと思う。