

# S-520-4号機による IR Atmospheric Band Dayglow の測定\*

牧野忠男\*\*・山本博聖\*\*・関口宏之\*\*

(1983年10月31日受領)

## Measurement of IR Atmospheric Band Dayglow by S-520-4 Rocket BY

Tadao MAKINO, Hiromasa YAMAMOTO,  
and Hiroyuki SEKIGUCHI

**Abstract** : The measurement of IR atmospheric band dayglow was made by rocket S-520-4 flown from Uchinoura at 1000 JST on Sept. 5, 1981. The instrument loaded on the rocket was the same type as the one loaded on EXOS-C satellite which will be launched in 1984 in order to observe the mesospheric ozone. This rocket experiment was performed for the purpose of testing the functions of this instrument in flight. The  $1.27 \mu\text{m}$  filter radiometer consisted of three plane mirrors, a camera lens, a chopper and a PbS detector array. The PbS array ( $4 \times 5 = 20$  elements) was operated at about  $-4^\circ\text{C}$  with a thermoelectric cooler.

We obtained the following results from the rocket experiment : (i) this instrument worked well during the flight, (ii) the intensities of the solar radiation scattered by the sea and clouds were obtained at  $1.27 \mu\text{m}$ , and (iii) the baffle designed to permit the daytime measurement of the atmospheric emission could attenuate the off-axis radiation as weak as possible. The altitude distribution of the daytime mesospheric ozone density derived from the downleg data was in agreement with the previous profile obtained in twilight condition.

---

\* 宇宙研特別事業費による研究論文 \*\*立教大学理学部

## 概 要

1981年9月5日、1000 JST に内ノ浦から打ち上げられたロケット S-520-4号機で IR Atmospheric Band Dayglow の測定を行った。搭載された装置は 1984年に予定されている人工衛星 EXOS-C において中間圏オゾン観測に使用される装置と同種であり、今回のロケット実験はこの装置のフライトテストの目的で行われた。用いられたフィルター分光による  $1.27 \mu\text{m}$  赤外放射計は、3枚の平面鏡、カメラレンズ、チョッパー、PbS array 検出素子から成っている。PbS array は4素子×5素子から成り、サーモクーラーで $\sim -4^{\circ}\text{C}$ に冷却して使用した。

ロケット実験によって以下の結果が得られた。(1)この装置はフライト中順調に動作した、(2)海及び雲による  $1.27 \mu\text{m}$  太陽光散乱強度が得られた、(3)衛星からの測定において、さまたげとなる視野外からのもれこみ光量は十分低く押えられていた。またロケット下降時のデータから導出された昼間における中間圏オゾン密度は、従来の薄明時での様相とほぼ一致するものであった。

### 1. はじめに

中間圏領域の大気オゾンを経地球規模で調べる目的をもって、これまでにいくつかの科学衛星による観測がなされてきている。代表的なものは太陽紫外光の地球大気散乱光強度を測定する Backscattered UV 法であり(例えば[1])これはほぼ 60 km までのオゾンに有効である。また地球大気外縁からの放射を測定してさらに上層のオゾンを得る方法として、オゾン自身が放射する  $9.6 \mu\text{m}$  光量から求める手段[2]、及びオゾンが太陽紫外光で壊された結果生ずる励起酸素分子が放射する  $1.27 \mu\text{m}$  光量を利用する手段[3]を用いて、すでに 80 km ふきんまでのオゾン分布が報告されている。

我々は 1984年に打上げられる人工衛星 EXOS-C で中間圏オゾン測定を予定であるが、手段としては  $1.27 \mu\text{m}$  放射測定法を利用する。現在観測を続けている同じく  $1.27 \mu\text{m}$  法を用いた衛星[3]では、常に地方時3時でのオゾン分布を得ているが、我々は日出・日没ふきんを中心として太陽天頂角  $60\sim 100$  度での様相を観測する計画である。

今回、S-520-4号機によって衛星搭載機器と同種の装置のフライトテストが実施できたので、その結果と、下降時データから導出した昼間におけるオゾン分布について報告する。

### 2. 観測装置

ロケットに搭載した装置の光学系を図1に示す。光が入射する先端フード部は、ロケットがほぼ最高高度に到達するまでは、たたみこまれており、その後図1に示すように約 10 cm 突き出されて、視野外からの光を遮蔽する働きをもつ。入射光は3枚の平面鏡で光路を曲げられた後、狭帯域バンドパスフィルター(中心波長  $1.265 \mu\text{m}$ 、透過幅 140 Å、透過率 51%)で分光され、カメラレンズ ( $1.27 \mu\text{m}$  での透過率 90%)を透過後、焦点面に置かれ

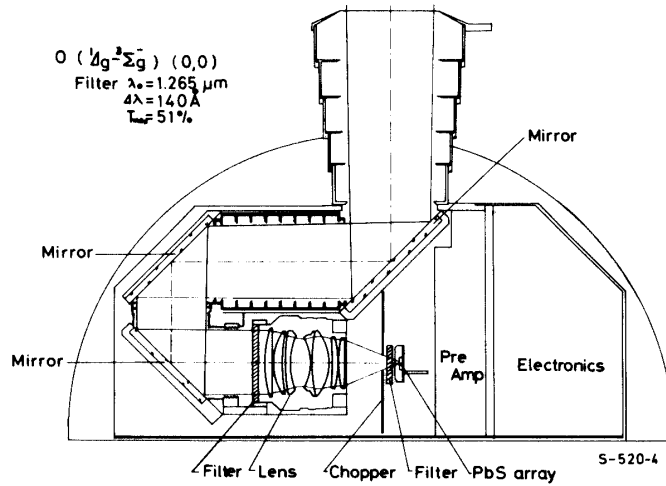


図1 測定器光学系，光はスピンの軸に垂直な方向からとり入れる

た検出素子 PbS array に集められる。PbS 素子の前方でモーター駆動の羽根によってチョッピング（周波数 417 Hz）を行った。チョッパー熱輻射を避けるために長波長カットフィルター（遮断波長 1.36 μm, 1.27 μm での透過率 80 %）が PbS 素子とチョッパー間に置かれている。

衛星観測において、衛星高度から地球大気外縁を掃査してオゾン密度を高度分解能 5 km 程度で得るために、測定器は(1)視野分解能が 0.1 度程度、(2)視線方向から 0.1~0.3 度離れた方向からの入射光を十分小さく（約 1 % 以下）押えることができる、の 2 点を特徴として有している。

(2-1) PbS detector array

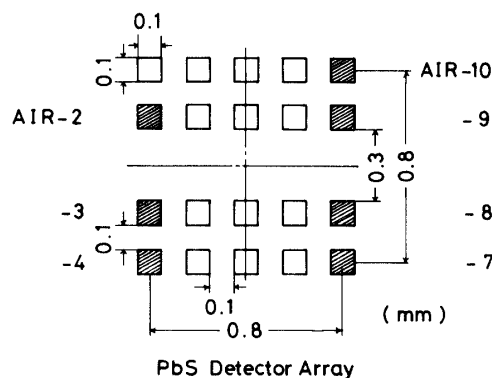


図2 PbS detector array. 斜線をほどこした素子からの信号を伝送した。（単位は mm）

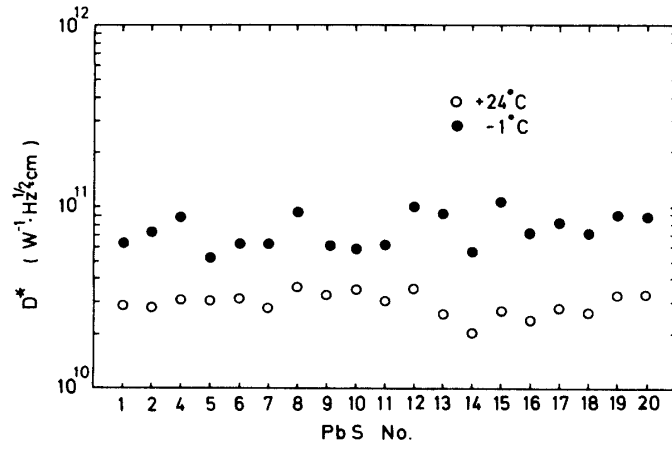


図3 PbS  $D^*$  の温度依存性

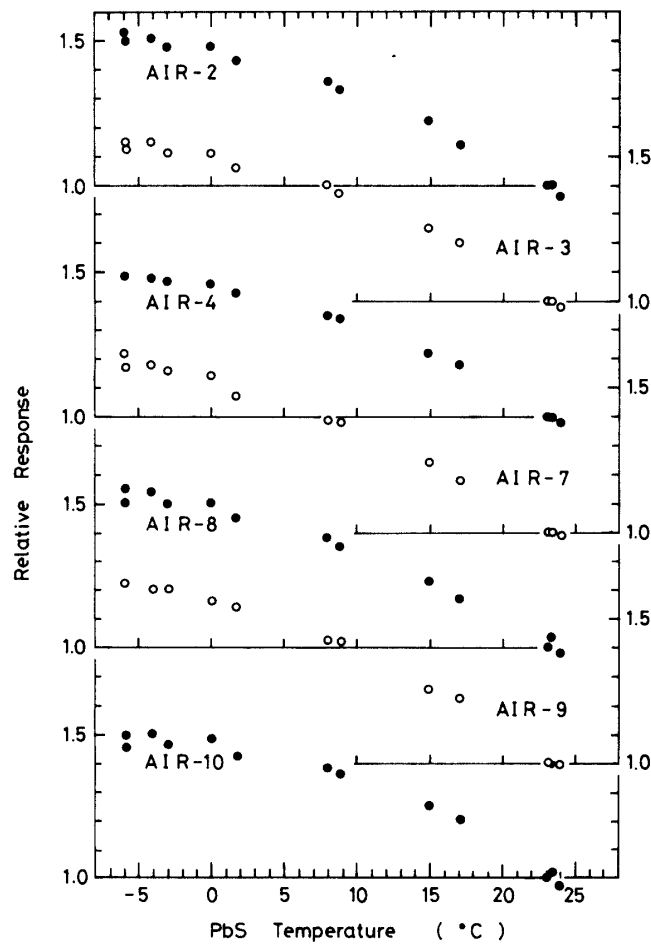


図4 用いた PbS 各チャンネルの出力信号の温度依存性.  $24^{\circ}\text{C}$  の平均値に対する相対変化を示す.

合計 20 素子から成る PbS detector array を図 2 に示す。衛星観測用として浜松ホトニクス社が開発したもので、1 素子サイズは  $0.1\text{ mm} \times 0.1\text{ mm}$  である。温度が下がると  $D^*$  が上昇することが図 3 からわかる。今回はサーモクーラーを内蔵しており、測定で用いた 7 個の PbS 素子からの出力電圧の温度変化を図 4 に示した。

(2-2) 角度分解能

使用した 7 個の PbS 素子が見ている空間領域を図 5 に示す。図には各素子の見ている視野方向の違いの測定値も示してある。また AIR 4 は AIR 7 に比べると約  $0.06$  度下方を見

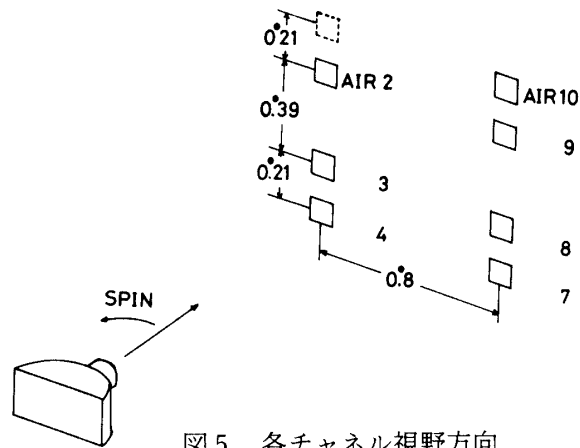


図 5 各チャンネル視野方向

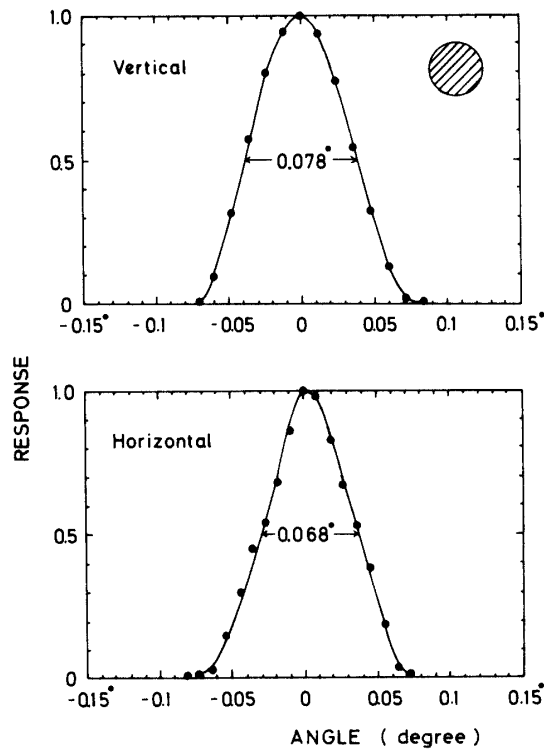


図 6 角度分解能

ている。図6は1つの素子が有する角度分解能を示す。視線方向から0.1度離れた場合の減衰は約1/300である。

### 3. ロケット実験

ロケットは1981年9月5日1000 JSTに内ノ浦から発射され、測定器はフライト中順調に動作した。発射後55秒の開頭から海面に達するまで観測が行われた。サーモクーラーは1アンペアの電流を流し続け、PbS素子は $-4^{\circ}\text{C}$ に保たれていた。回路系の時定数7ミリ秒に対する $1.27\ \mu\text{m}$ 等価光量として40 MR (7素子平均値)が雑音の大きさに相当する。

測定器はロケットスピン軸に垂直に入射する光をとらえ、ロケットの1スピン間で360度の領域を掃査する。下降時高度106 km及び75 kmにおける出力信号のスピン位相角に対する変化を図7(a)(b)に示す。時刻は右から左へ進んでいる。信号の立上り及び立下りの部分に大気オゾン起源の光が含まれており、両端のピークは大気外縁ふきんの地表面もしくは雲による太陽光散乱成分である。中央部は海や雲による散乱成分であり細かい雲の構造が認められる。75 kmでの信号はよりオゾン層に近いので、立上り・立下りの部分にオゾンによる構造が現れている。ただし、回路時定数とロケットスピン周期の制限をうけて、ロケット実験ではこの部分を解折してオゾン分布を求めることはできない。(衛星では視線

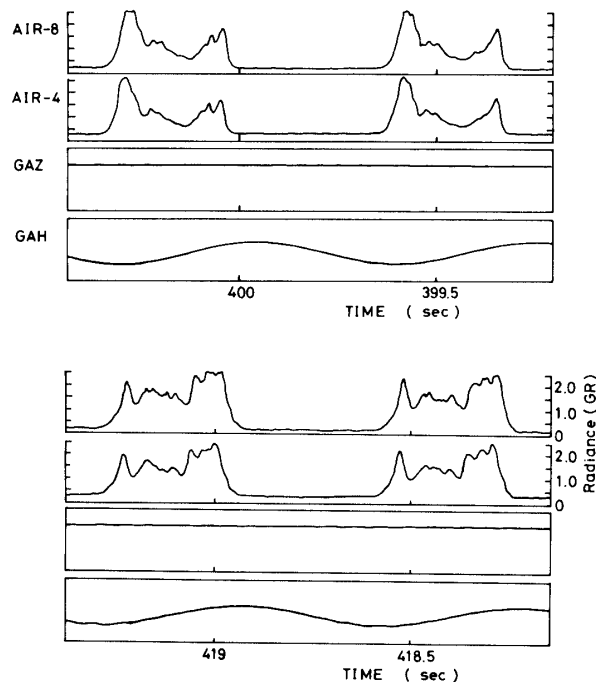


図7(a)(b) AIR-4及び8の出力変化, (a)打上げ後400秒(高度106 km)ふきん (b)同じく419秒(高度75 km)ふきん。姿勢計データもあわせて示す。

の動きがゆっくりとなり、この領域の光からオゾンを導出できる。)

本実験において、(1)細かい雲の構造やオゾン起因の構造が観測され、視野外の光を十分減衰できていることがわかった、(2)  $1.27 \mu\text{m}$  ふきんの太陽光散乱強度は雲は海より強く約  $6 \times 10^{-8} \text{ W}/\mu\text{m}$ 、海は  $3.5 \times 10^{-8} \text{ W}/\mu\text{m}$  また大気外縁では  $(5 \sim 15) \times 10^{-8} \text{ W}/\mu\text{m}$  であった。

この結果、装置は飛翔中においても実験室で有していた機能と変わらない動作をし、衛星観測で必要とされる視野外光除去も十分行えていたことが確認された。

#### 4. 昼間オゾン分布

前節で述べたように、原理的には信号の立上り及び立下りの個所の強度から各高度における  $1.27 \mu\text{m}$  光量が得られ、さらにオゾン密度を求めることができるが、今回はスピン周期と回路定数の制限をうけて正確な放射の様相を再現することはできない。一方、出力信号の1スピンにおける変化において、平坦な個所はロケットより上層にある領域からの放射光量を表わしている。この部分の光量を高度に対して示したのが図8である。サンセンサーからの出力が得られなかったため、ロケットスピン軸の天頂角を正確に決定すること

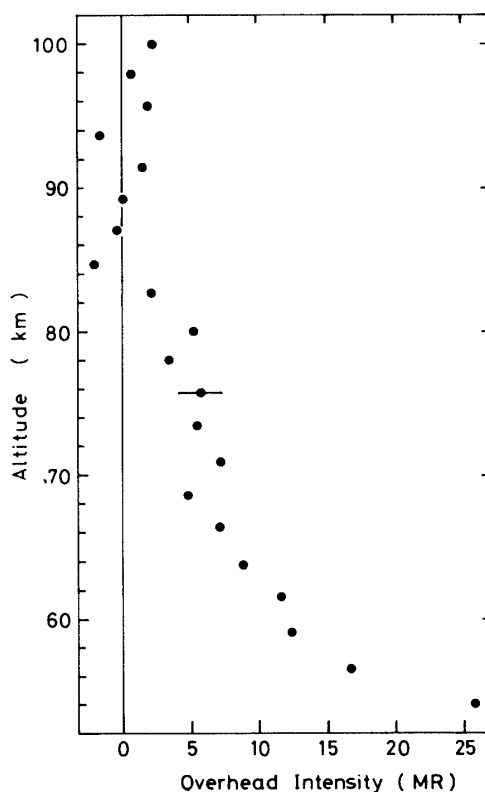


図8 それぞれの高度より上層の  $1.27 \mu\text{m}$  光量。視線方向の積分量を示す。

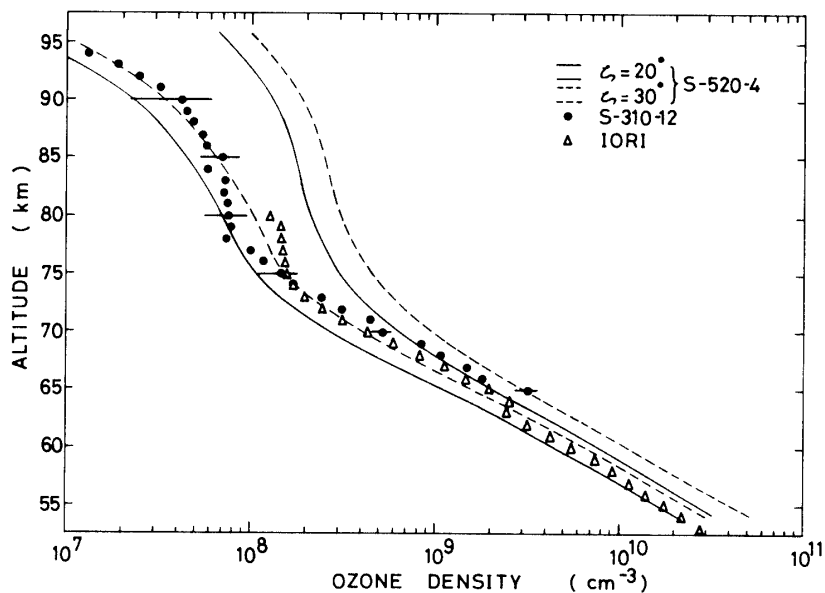


図9 オゾン分布

今回得られた分布はスピン軸天頂角が20度と30度の2通りの場合を示す ( $\text{SZA} = 40^\circ$ ). 比較として同じく内ノ浦での分布 (S-310-12, Sept. 1982,  $\text{SZA} = 92^\circ$  ●印) 及び Wallops Islands での分布 (Nov. 1979,  $\text{SZA} = 87^\circ$ , Δ印) を示す.

ができない。そこで、我々は測定器視野が地球大気外縁を切りはじめてから、地球を見終えて、空へぬけるまでの時間 (図7での立上りから立下りまでの時間) がロケットスピン軸の傾きに依存することを利用して、下降時高度 150 km ふきんでの天頂角を求めたところ、 $25 \pm 4$  度を得た。また、同じロケットに搭載されていた中間紫外大気散乱光観測のデータ解析からは 20~30 度と推定されている [4]。ここではスピン軸天頂角が 20 度と 30 度のそれぞれを仮定してオゾン分布を導出した。導出方法は従来我々が用いてきている方法と同一である [5]。結果を図9に示した。誤差帯はそれぞれ  $\pm 2\sigma$  を表わしている。Wallops Island で得られた IORI データ [6] (太陽天頂角  $\text{SZA} = 87$  度) と我々のグループが 1982 年 9 月に内の浦のロケット実験 (S-310-12 号機,  $\text{SZA} = 92$  度) で得た分布をあわせて示した。太陽天頂角の異なる状況で得られた 3 通りのオゾン分布 (S-520-4 号機は  $\text{SZA} = 40$  度) は、ほぼ一致した様相を示し、いずれの場合も 70~75 km ふきんで高度に対する減少の割合が変化している。ことことから、中緯度地域でのオゾンはこの高度領域では昼間から薄明時にかけてほぼ一定の状態にあり、大きな変動は存在しないと推察される。



### 5. 謝 辞

この実験を成功させるために努力された宇宙研の方々，測定装置及び部品の開発・製作をされた関係各社の方々，データ解析に助言された理研 和田雅美氏に謝意を表します。

### References

- [ 1 ] D. F. Heath, C. L. Mateer, and A. J. Kreuger, *Pure and Appl. Geophys.*, **106-108**, 1238, 1973
- [ 2 ] J. C. Gille, P. L. Bailey, and J. M. Russell III, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **A296**, 205, 1980
- [ 3 ] R. J. Thomas, C. A. Barth, G. J. Rottman, D. W. Rusch, G. H. Mount, G. M. Lawrence, R. W. Sanders, G. E. Thomas, and L. E. Clemens, *Geophys. Res. Lett.*, **10**, 245, 1983
- [ 4 ] 鈴木勝久, 小川利紘, 宇宙科学研究所報告, **8**, 1982
- [ 5 ] T. Makino, H. Sekiguchi, and H. Yamamoto, *J. Geomag, Geoelectr.*, **31**, 435, 1979
- [ 6 ] WMO Report, 1982.