

# 太陽極端紫外スペクトルの中心周縁強度変化の

## 観測に関する基礎実験

末元 善三郎\*・西 恵三\*\*

東 康一\*\*・山口 朝三\*\*

### 1. ま え が き

太陽光球の表面から、彩層へと移る部分の物理的状態を知るために、可視領域における中心周縁強度変化の観測資料が基礎となっていた。中心周縁強度変化というのは、単純にいえば、太陽像の明るさが中心から周縁に向かって減じており、色が周縁に向かって赤味をおびてくるということである。このことは、明るさのへり方が短波長の方が著しく、太陽上層が透明で、温度は太陽の内側に向かって増加していることを示している。つまり太陽像の中心では深い層からのふく射が有効であり、周縁では表面に近い層からのふく射がきいていることを示している。可視光領域での観測をきわめて周縁近くまで行なえばいくらかでも表面近くまでの物理状態が知られる理屈であるが、このような観測は技術的に困難であるし、太陽の良好な像質は地球大気のじょう乱のためにきわめて機会が少ないので、満足のいくような結果はなかなか得られない。

そこで皆既日食の第2、第3接触を用いて、光球・彩層・コロナ等の部分が月に次第にかくされてゆくときの観測資料が有効に用いられる。けれどもこの種の観測もチャンスとか技術的困難を克服しなければならないという点があるし、特に絶対測定をどの様に行なうかはきわめて慎重を要する。

太陽の極端紫外領域においては、吸収係数がきわめて大きくなるので光球の上層から彩層にわたる部分のふく射が有効となってくる。現在までに知られている太陽モデルや吸収係数の値を用いた計算[1]によると、1500 Å～2000 Åにおいて太陽ふく射エネルギーの絶対量と中心周縁強度変化の観測資料が非常に重要な意味を持つことが予想されるので、この目的に沿うような観測のためのロケット搭載用分光測光器を試作した。この分光測光器の校正のために

- (1) 分光器等の光学特性、特に使用される凹面鏡や凹面回折格子の反射率の測定
- (2) 測定検出系の絶対校正

などが必要であるが、これら校正用の基礎実験装置の大部分がロケット搭載機器基礎開発研究費によって整備されたので、これに関する報告および本装置を使用して実際の観測に使用する分光測光器の校正が一段落したのでこの測定結果について報告する。

---

\* 宇宙研研究担当 (東大・理)

\*\* 東京天文台

## 2. 実験装置

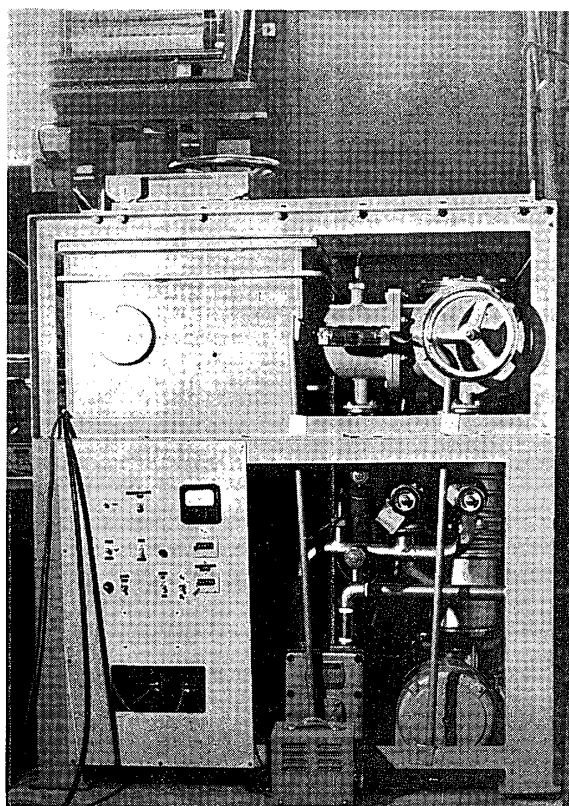
基礎実験装置は中型の真空槽に内蔵された瀬谷-波岡モノクロメータ、光源、反射率測定装置、絶対校正用装置などから成っている。現在の段階では、目的とする波長域が、水晶窓を利用することが可能であるし、また凹面鏡や、凹面回折格子の反射率の測定のみに関しては、窒素ガスなどの使用も可能で、必ずしも真空実験を必要としないが、絶対校正に関しては窓なし熱電対を使用する必要があったこと、搭載用分光器の真空シュミレーション、および将来はさらに、短波長へと実験が必要となったときのことを考えて、真空実験が行なえるように考えた。

### A) 真空槽 (第1図)

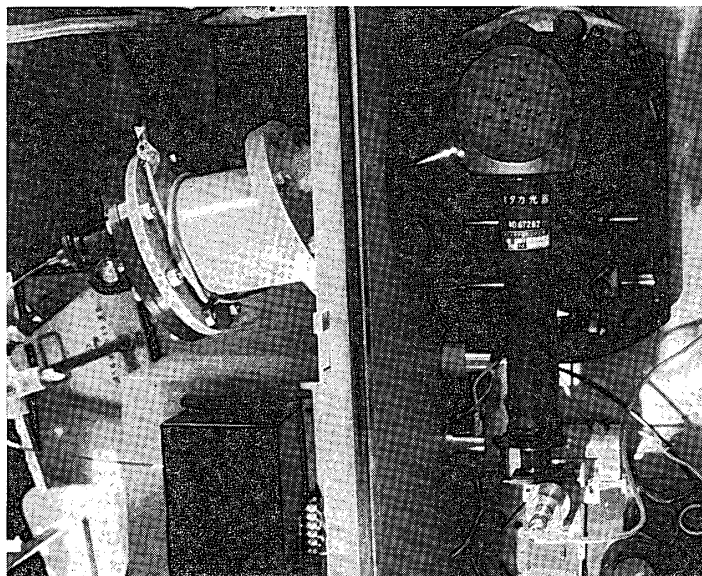
練鉄板の熔接により作られたもので、大きさは長さ 150 cm, 幅 50 cm, 高さ 40 cm (容積 300 l) の長方箱型で、内部の真空露出部分はすべてニッケルメッキがしてある。ポンプ系はロータリーポンプ (300 l/min) および油拡散ポンプ (直径 6 吋 900 l/min) で真空到達度は  $10^{-5}$  Torr である。なお、 $10^{-5}$  Torr に達するまでには約 1 時間を要する。

### B) 分光器 (第2図)

1) 瀬谷-波岡型モノクロメータでグレーティング (1200 本/mm ブレーズ 1500 Å) の刻線面積は 30 mm × 50 mm, 曲率半径 50 cm, 分散度 16.5 Å/mm で  $MgF_2$  のコーティングが施されている。波長送りはサインバ機構を使用しており、送り速度は、60, 75,



第 1 図 真空槽および排気系



第 2 図 瀬谷-波岡型モノクロメータ

- 120, 150, 300, 600 A/min の 6 段階と手動が可能で駆動には、三段変速ギヤと二速ヒステリシス・シンクロンモータの組合せにより自由に選べる。また自動送りのさいのサインバ部の破損を防ぐため、可動範囲を制限するリミッタを付けてある。
- 2) スリット：入射側および出射側共に真空槽外より 0~2mm の間をマイクロモータ駆動のジェネバ機構により 1/100mm ステップで変化でき可逆パルスカウンタ（エレクトロメカニカル）でその値を表示している。なお片開きスリットを使用しているため、スリット幅 1mm に対しての波長表示が最大 8 Å の偏差を生じる。
  - 3) 波長表示：出射スリットの波長をサインバ機構に取付けたエンコーダ（グレーコード）により表示管（1 Å 単位）を点灯させるようにした。波長範囲は 0~7000 Å と広くとっており、3000 Å 以上の長波長域では焦点のずれが増大し分解能が劣化するが、波長純度を要しない実験には使用できるようにしてある。

### C) 光源

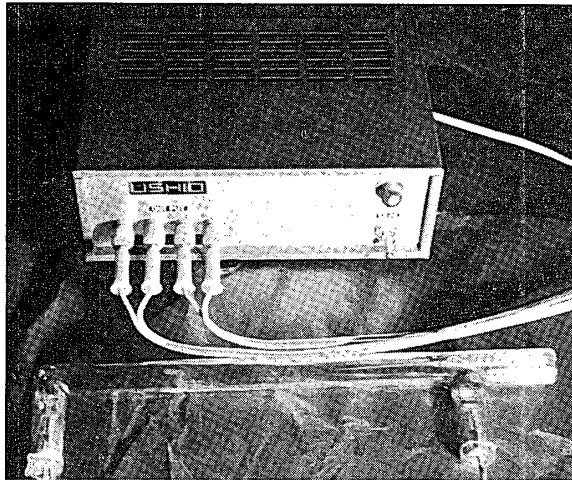
現在の段階では水晶窓の使用が可能な波長域であるので、真空系と光源は分離した型を採っている。

#### 1) 低圧水銀灯（ $\pi$ 型）100 V 30 W ウシオ製（第 3 図）

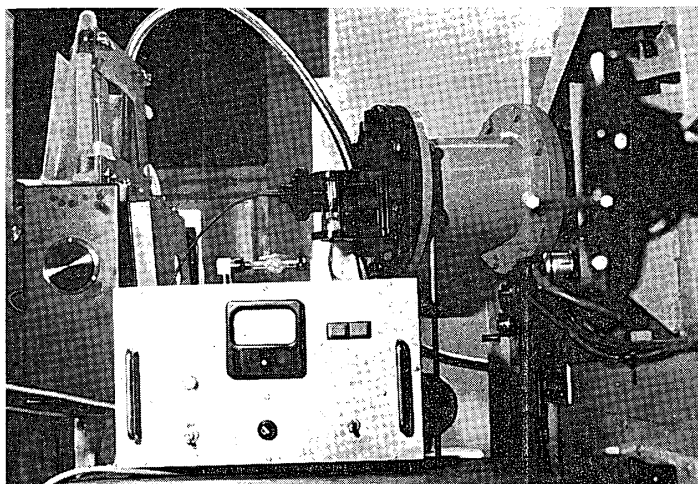
入射スリット部に取付けやすく、しかも光量を増大させるため光軸方向に長さ 30 cm 直径 2 cm でフィラメントを光軸上から離れた  $\pi$  型とした。光出力は 2537 Å, 1849 Å 共ほぼ等しく、窓面 1 cm<sup>2</sup> から垂直方向に出るおのおののふく射エネルギーは 10<sup>-7</sup> W 程度で、安定度は 30 分点灯して  $\pm 5\%$  以内におさまる。

#### 2) 水素封入直流放電管（T 型）日立製（第 4 図）

放電電流 300 mA 所要電力 30 W で安定度 0.5% の定電流装置を通して、点灯すれば長時間にわたって  $\pm 1\%$  以下の安定な光出力が得られる。波長域は 1550 Å~3500 Å で



第 3 図 水銀放電管および電源（右側の突出部が真空槽に連結される）



第 4 図 水素放電管. 真空槽に連結したものが水素封入直流放電管. 手前にその安定電源装置. 右側の箱内の希ガス濃密放電管がある.

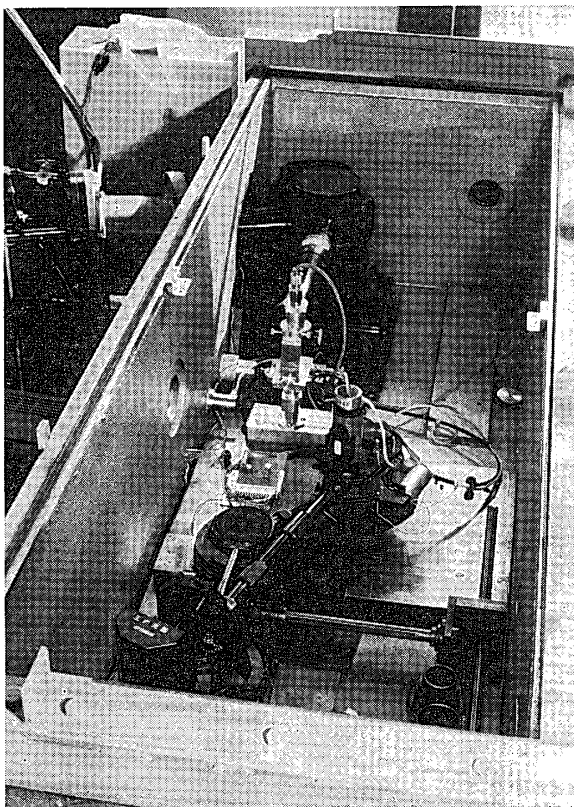
1650 Å より長波長側で連続スペクトルを出し、短波長側では  $H_2$  分子の帯スペクトルが切れめなく出始める。連続スペクトルの最大輝度は 1800 Å~2000 Å の間にあり、1608 Å の輝線強度は非常に強く前記の低圧水銀灯の出す 2537 Å と同程度である。3000 Å 以上は光度が弱くしかも、二次スペクトルが重畳するので有用な光源に置き換えられる。当実験室のものは真空槽内にそう入できるように突出部が付いており、窓は非常に薄くできている。

### 3) 希ガス濃密放電管 ( $\pi$ 型)

将来さらに短波長側の実験の準備段階として、設置し実験を行なった。これは希ガスを励起して分子を作りその連続スペクトルを出させる放電管で Xe, Kr, Ar, He の順で短波長域となり 600 Å~2000 Å の間をカバーする。励起方法は R. E. Huffman と T. Tanaka [2] 等の開発した、サイラトロンによる点灯回路を使用し、繰返しパルス数 1~

10<sup>4</sup> PRF-可変, 放電コンデンサ容量 1500 PF, 印加電圧 0~15 KV 可変, 閉路パルス幅 2~10  $\mu$ s 可変, 瞬間最大放電電流 500 A の電源を使用している. 放電回路は内径 6 mm 長さ 150mm, アルミの中空カソードを持ち, 水冷方式の全熔融石英製になっている. 窓は純アルミフランジに O リングで取付けられ, 取換え, または除去もできる. この型の放電管は希ガス放流式のため, ガスを活性炭と液体窒素トラップを通して純化する必要と, 管内圧を一定に保って, 排気を行なう必要があるための充排気装置をそなえている. 希ガスは高価ゆえ, 水素を使って見たが, 連続部はベックマン型と同程度で, 直流点灯で使用したプラチナ塗布のヒンテレガ型放電管にははるかに劣るので H<sub>2</sub> 励起には効率が悪い.

#### D) 反射率測定装置 (第 5 図)

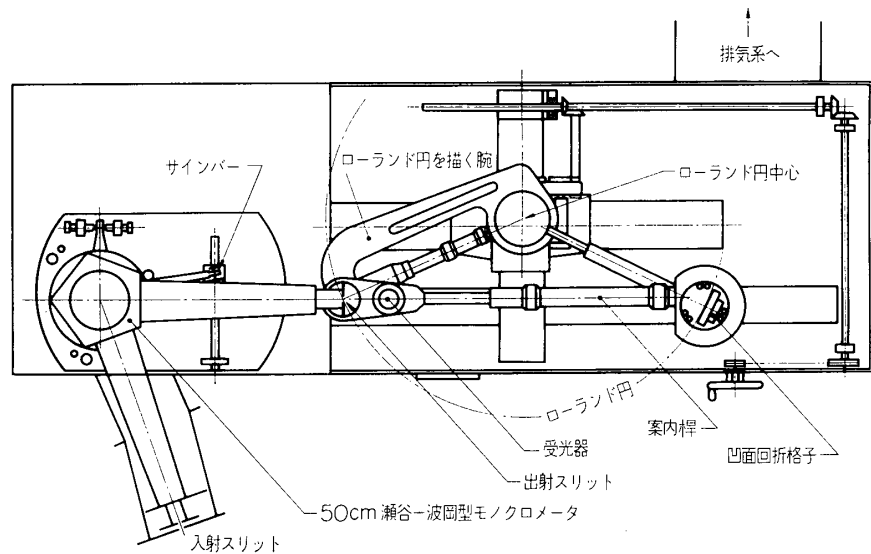


第 5 図 真空槽内全景. 反射率測定装置  
および完了の信号が出る仕組みになっている.

検知器には波長感度の一樣なサルチル酸ソーダと 1P21 の組合せのものを用いている. また反射率測定はランプの変動, サルチル酸および光電管の疲労, 増幅器のドリフトなどの影響を除くため, 波長毎に入射および反射測定を繰返す方式が精度の高い値を得やすい.

ワズワースマウントで凹面格子の分光反射率を測定する際は, 凹面鏡で一度平行光にしたうえで, 補助の格子架台を置くことで測定できるが, このときは凹面鏡の分光反

この装置は主として, ロケット搭載用分光器に使用する凹面格子および凹面鏡の分光反射率を測定するために作られたもので, イーグル, パッシュェンルンゲ, ワズワースの各マウントで格子の曲率半径が 50~70 cm, 波長域 500 Å~3000 Å の測定ができる. 本機 (第 6 図) はローランド円上を動く二つの腕と凹面格子の入射角を変えるため, 格子保持台が入射光の光軸上を移動できるとともに, ローランド円の中心が平面上を自由に移動できる. また測定には 1 個の受光器で測定する方式を採ったため, 入射光および分光光測定時に光電管の窓面を光軸上に合せなければならない. このため伸縮可能な案内腕を付加し, その上に受光器が取付けられ, 受光方向をマイクロモータにより自動的に設定できるようにした. この動作は真空槽外より波長走査用のハンドルを回すと, それに連動して作動お



第6図 真空槽，モノクロメータおよび反射測定機構配置図

射率が既知でなければならない。なおマウントの違いにより、分光反射率に差があるかどうか不明であったので種々の条件で測定できるようにしたため、このような機構となった。

#### E) 反射率測定用真空紫外ポライザ

回折格子の反射率を測定するさいには入射光が自然光，すなわち，偏光していない光でなければならない。しかし，モノクロメータからの出射光は一般に偏光していて，瀬谷-波岡型のもは，入射光が垂直と，斜入射の中間域を使用するので最も偏光されやすい。そのため測定には偏光の影響を打消す測定法が必要である。最も一般的なのは被測定系を $90^\circ$ 回転させる方法であるが，この装置ではそれができないので，モノクロメータに偏光器を用いて $90^\circ$ 異なった偏光を作り，そのおのこの反射率を求めて平均をとる方式にした。ただこの場合には，各偏光成分の相対値がわかっている必要がある。

真空紫外域では，光路が長くなり，吸収の増大をきたすので，偏光面を $90^\circ$ 回転さす $\lambda/2$ 板や，屈折型のポライザは使用できなくて，LiFの薄板でブリュスタ角を利用した反射または透過型のものとか，金属の反射形のみである。われわれの利用したのは8枚のLiF板（厚さ0.5mm）を光軸のずれを打消すため，ハの字型に並べた推積板からできている。なおLiF板を研磨したものは真空紫外域では散光してしまい，ヘキ開面のままでないといけないし，P成分はできるだけ除くくふうをする必要がある。このポライザはマイクロモータ駆動により偏光面を回転できるようにしてある。

#### F) 受光器および測定器

現在標準受光器として使用しているものは1P21およびHTV-R166である。真空中で電気機器を使用するとき，留意しなければならないのは，放電と機器類からのガス放出である。特に光電子増倍管を使用する場合1000V程度の高圧を印加するため，コロナ

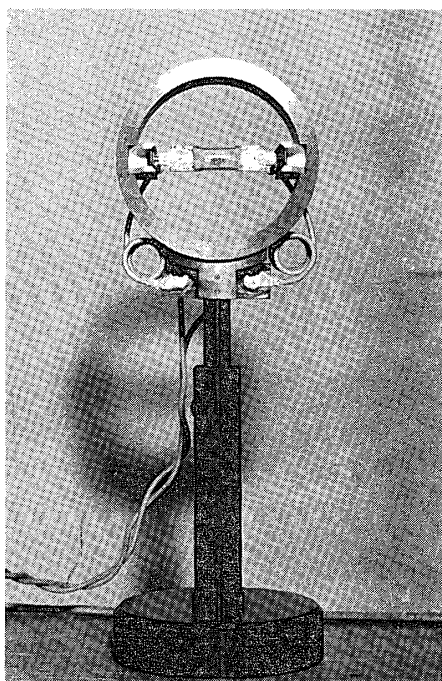
放電が、最悪の場合にはグロー放電までも起きる。そこでステンレス容器にブリーダ抵抗を含めて、シリコンゴムとエポキシゴムで真空充填されたものを浜松テレビに特注して使用している。また光電管への高圧電流は、A. M. P 社製のシリコンゴム被覆、耐圧 15,000 V、許容電流 10 Amp の耐真空コードを使用している。このコードは直径 4 mm で非常に柔軟性があり使いやすいが、長さなどは特注で適当に切って使うわけにはゆかないのが欠点である。光電管の近くにはマイクロモータなど強力な磁界を出すものがあると、感度に非常なむらを生ずる。そこで、光電管ケースはアルミと厚さ 2 mm のパーマロイ、マイクロモータなどもパーマロイで電磁シールドし、磁気回路を作らぬようにし磁氣的干渉を防いでいる。12 V 以下の低圧導線はビニール線を使用しているがガス出しをして十分枯らせば  $10^{-5}$  Torr までは使える。

測定にはタケダ理研製のエレクトロメータを介して、レコーダに接続している。これはインピーダンス変換器としては最小  $10 \mu\text{V}$  から、電流増幅器としては最小  $10^{-13}$  A まで使用できるものである。レコーダは横河電機製 LER-12 A、高圧安定化電源は東洋電子開発製、0~3000 V 連続可変、正負出力、電流容量 10 mA、出力安定度 0.005% で再現性を必要とするので、カドミウム標準電池を内蔵し、高圧出力確度も 0.1% 以内のものである。

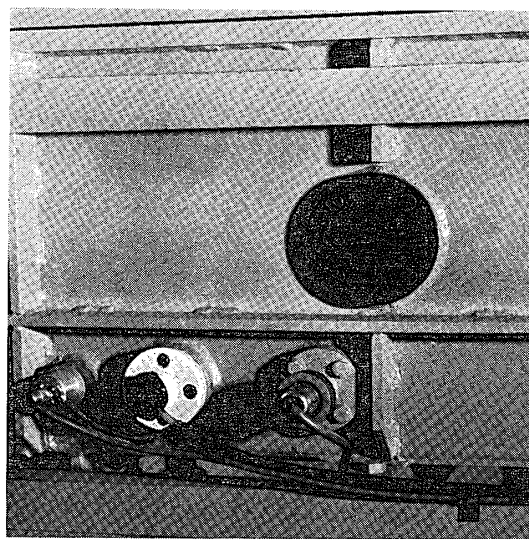
#### G) 絶対校正用装置

##### 1) 標準電球 (第 7 図)

ウシオ電機製の沃素ランプで、二重線条型、直流点灯 6.6 A 200 W の透明石英でできている。これを電気試験場大場信英氏のもとにおいてふく射エネルギー標準光源と



第 7 図 標準光源 (ハロゲン電球)

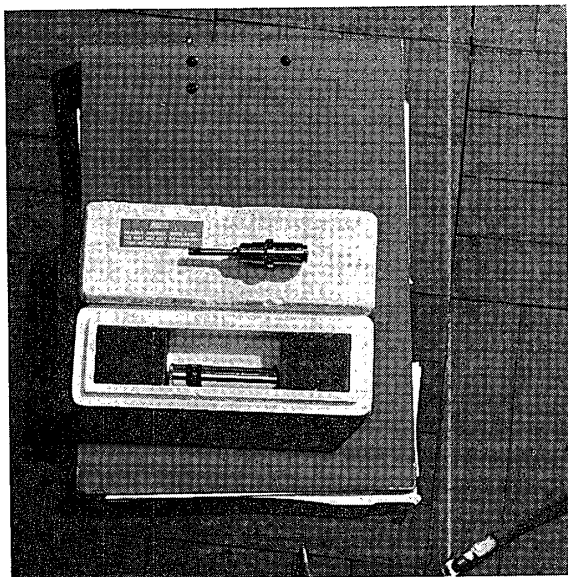


第 8 図 真空槽の窓にセットされた水フィルター



して、それに必要な電流計も同時に検定していただいた。ランプ位置は測光方向の設定の誤差などによる光度の変化を防ぐため厳密に定められ、大気中の水蒸気も誤差を導く原因となるので受光器の前 20 cm の所に透明石英セルに入った光路 1 cm の水フィルタ (第 8 図) をそう入して測定した。フィラメントからの距離 2 m で  $1\text{cm}^2$  に当るふく射エネルギーの値が求められ、校正された 3 本のランプの値はおのこの 178.4, 176.3, 176.1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  である。

ふく射出力の安定度は 3 時間点灯して枯らせば、0.05%/h 程度になり再点灯には 10~20 分の予熱が必要である。電流計は使用前 2~3 時間通電をし、6.6 Amp 付近の所では 0.1% 以内になっている。点灯用電源は昭和電子製 100 V 10 A の定電圧定電流電源で電圧安定度は 0.01% 電流安定度は 0.5% である。この装置を用いて標準ランプをもとにして、同種のランプを校正し、7 本の副標準ランプを作った。以下の実験ではこの副標準ランプを主として用い、その確度は  $\pm 1\%$  以内には十分納まっているものと思われる。



第 9 図 窓なし熱電対

## 2) 真空熱電対と増幅器 (第 9 図)

半導体を使ったシュワルツ型の熱電対で受光部は、金ブラック吸収体としたものである。波長  $2\mu$  以上で反射率が增大するので、標準光源からのエネルギーを熱電対に移す場合、長波長側を除去することが望ましいので透明石英窓の水フィルタを使用している。

熱電対は、LiF 窓付きと、窓なしのものがあり、窓付きのものは標準光源の相互比較用に用いられ、受光面積  $2.5\text{mm} \times 0.3\text{mm}$  時定数 36 ms 直流感度  $8\mu\text{V}/\mu\text{W}$ , NEP  $10^{-10}\text{W}$  である。

窓なしのものは 8 サイクルの交流感度  $1.359\mu\text{V}/\mu\text{W}$  で受光面積  $1\text{mm} \times$

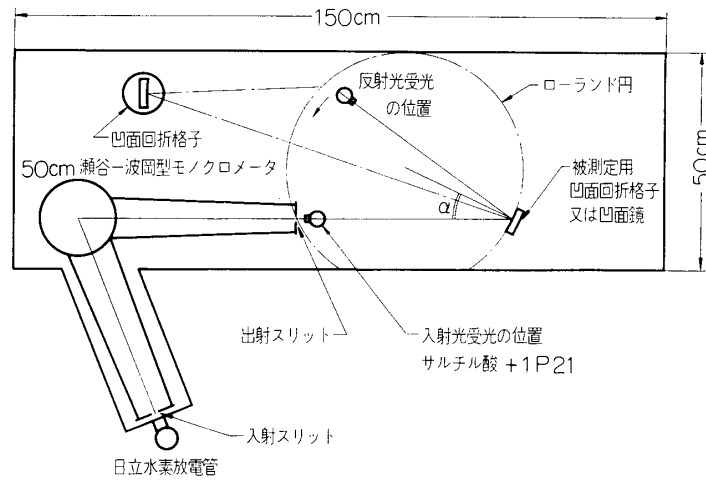
$4\text{mm}$  で絶体校正用の受光器として、真空槽内で使用される。増幅器は 8 サイクル同調型同期検波増幅器で熱電対と共に日本分光製である。これには試験電圧がそう入でき、増幅器の直線性と安定度の検定に使用できる。光源の断続機構は、モノクロメータの入射スリットと光源との間で外部から真空壁を介して電磁的に回転さす型式のものである。

## 3. 凹面回折格子および凹面鏡の分光反射率測定

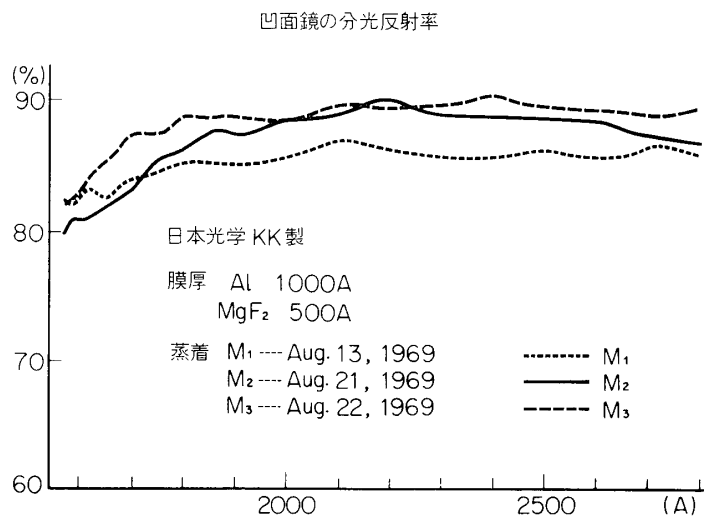
### A) 凹面鏡

日本光学製、焦点距離 50 cm 口径 5 cm の凹面鏡 3 枚を準備した。これらは真空紫外域で反射率を高めるため、特別に考慮されて、アルミ蒸着され、そのまま真空槽内で、Mg





第 10 図 凹面鏡および凹面回折格子の反射率測定の方法



第 11 図 凹面鏡の分光反射率

$F_2$  コーティングを行なっている。第 10 図に示すように瀬谷-波岡型モノクロメータ出射スリットにおける強度と、出射スリットより 50cm の位置にセットされた第一鏡によってコリメートされた光が、約  $8^\circ$  の軸外に置いた第 2 鏡によって焦点を結び、その位置における強度を測定し、その比を求める。このようにして、第 1 鏡-第 3 鏡、第 2 鏡-第 3 鏡の組合せにより計 3 回の測定を行ない。これを整約するとそれぞれの鏡の反射率を求めることができる。その結果を第 11 図に示す、これによると反射率は同波長域内ではかなり一様であり鏡によるバラツキも  $\pm 2\%$  と大きくないが、実際搭載用分光器に使用するものはさらに正確な測定を要するであろう。目下エーザングの点を考慮して飛ばし時まで測定を続行する予定である。

B) 凹面回折格子の反射率

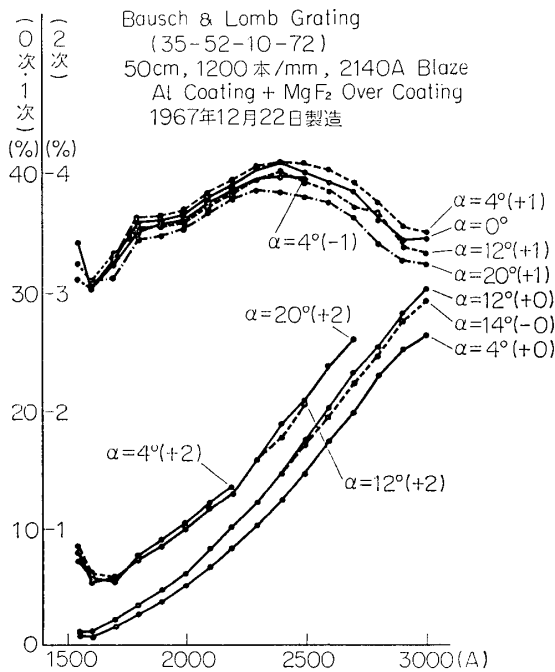
第 10 図に示すようにローランド円上に配置された Test grating (測定さるべき凹面回折格子) について、入射光 (入射角  $\alpha$ ) と回折光とを真空槽の真空度をそのまま保ちつつ同一の検出器で測定して反射率を算出する。

実際の測定に当っては、モノクロメータの波長純度は約 20 Å である。光源は水素封入直流放電管を使い、検出器はサルチル酸ソーダと 1P21 との組合せを使用した。モノクロメータの出射光、Test grating からの分光光は偏光成分を含んでいるため、1P21 のような曲率の大きい光電面では選択光電効果が起りやすいが、波長変換体を使っているのでこの影響は少ないと考えられる。

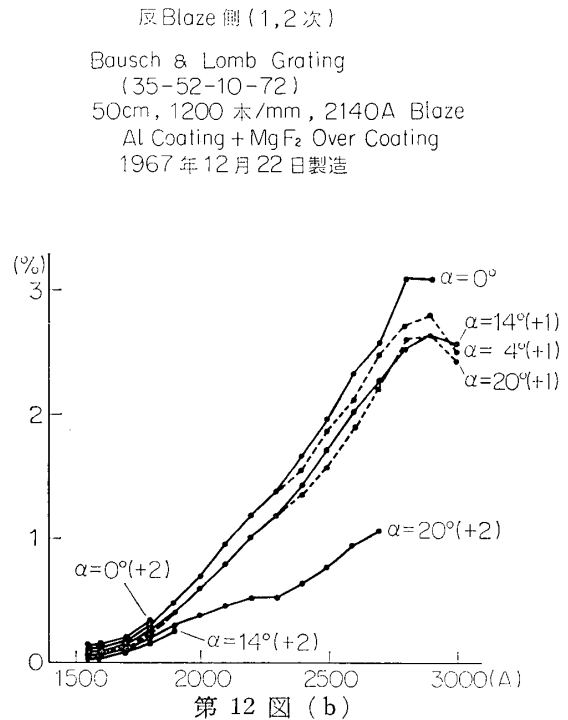
測定は入射角を  $0^\circ \sim 20^\circ$  の間を  $2^\circ$  ごとに変化して行ない。Blaze 側, 反 Blaze 側について 100 Å ごとに、二つの凹面回折格子を測定した。これら二つはいずれもボッシュロム製 (35-52-10-72) で 1200 本/mm, 50 cm, 2140 Å Blaze とまったく同一規格であるが、一つは 1964 年 9 月 9 日製造で Al 蒸着の上に Pt のコーティングを施してあり 3 年間は空气中で使用した。他の一つは 1967 年 12 月 22 日製造で同じく  $MgF_2$  のコーティングを施したもので開封後数週間内に測定した。それぞれの反射率の測定結果を第 12 図 (a, b, c, d) に示してある。

この測定によってわかったおもなことは、

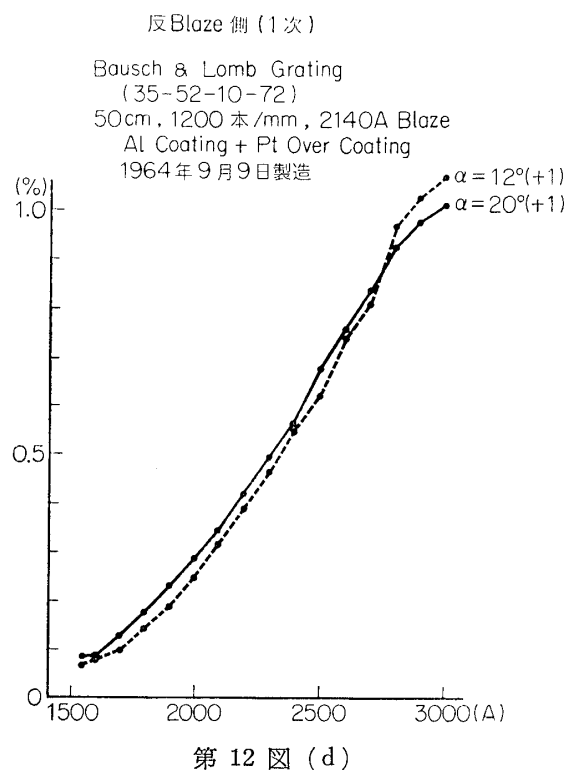
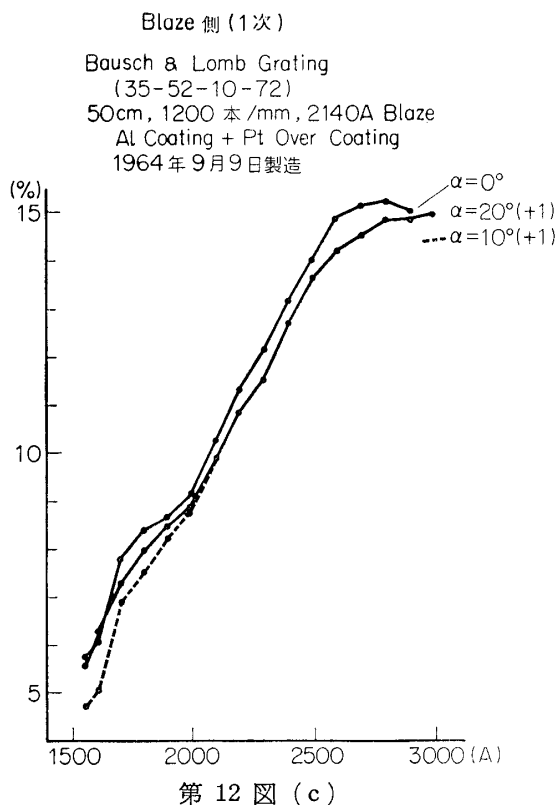
- (1) 回折格子は同一の規格でもその反射率はかなりの相異があるので [3], 観測に使用する回折格子はそれぞれについて測定を行なう必要がある。
- (2) 入射角が  $0^\circ$  から  $20^\circ$  あたりまで変化してもその反射率の変化は 1~2% とあまり大



第 12 図 (a) 太陽極端紫外スペクトルの中心同縁強度変化の観測に関する基礎実験 (西, 東, 山口)

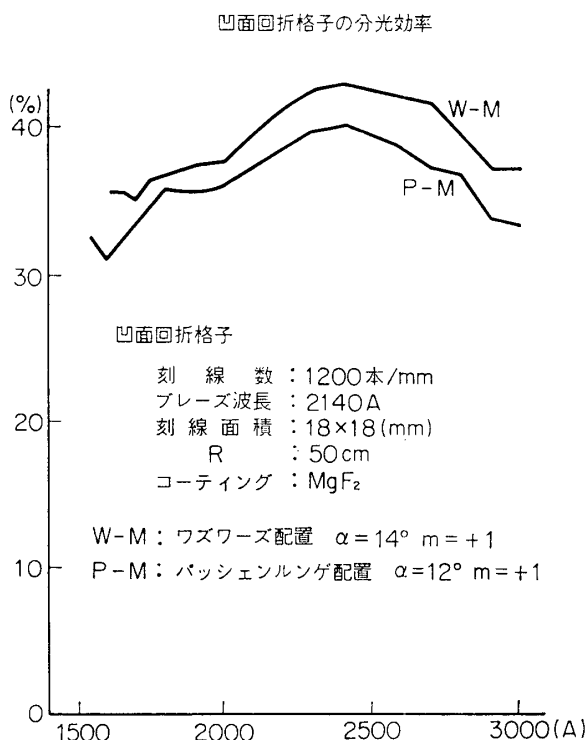


第 12 図 (b)



きくない。また入射角の増加に対して blaze 波長が短波長側に移行するような傾向が  $MgF_2$  コーティングのもの的一次回折光に関してわずかに認められる。

- (3) モノクロメータの偏光を考慮して, Test grating を  $90^\circ$  回転し, 検出器も立体的に  $90^\circ$  の位置に置いて, 入射角  $14^\circ$  波長  $200 \text{ \AA}$  で測定を行なったが反射率は同じ値を得た。これは入射角がこの程度では Test grating による偏光の影響が検出されない程度だったと考えられ, 実際のロケット搭載用分光器もこれにより小さい角度で使用するようになるので, 目下のところ, 偏光の影響はないと考える。
- (4) (A) において反射率を測定した凹面鏡を使用して, コリメートした光を凹面回折格子に照射するいわゆるワズワース配置における測定結果をみると (第 13 図) 反射率は 2% 程度良い値を示している。
- (5) 約 3 か月おきに数回の測定をした結果では, 反射率の変化はほとんど認められないのでこれは  $MgF_2$  のコーティングが有効であることを示していると思われる。  
このような反射率の測定に関しては Samson [4] ( $535 \text{ \AA} \sim 1600 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 25^\circ$ ),  
Reeves & Rarkinson [5] ( $500 \text{ \AA} \sim 1500 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ),  
Anderson, Griffin, Mooney, Wiley [6] ( $550 \text{ \AA} \sim 1000 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 5^\circ$ )  
Hammer, Arakawa, Birkhoff [7] ( $900 \text{ \AA} \sim 6500 \text{ \AA}$ , 瀬谷-波岡マウント)  
Namioka & Seya [8] ( $1550 \text{ \AA} \sim 3500 \text{ \AA}$ , 瀬谷-波岡マウント)  
などの測定が発表されているが, 同一の回折格子について入射角 ( $\alpha$ ) の変化に対して反



第13図 パッシュェンルンゲ配置とワズワース配置との比較

射率がどのように変化するか、またローランド円上とワズワース配置でどのような違いがあるかについての報告は皆無であるので今回の測定結果は一応新しいものではないかと考えている。

ここでわれわれが $\alpha$ を $20^\circ$ 以上に変えて測定しないのは、われわれの観測のための基礎実験としてはその程度で目的を達しているということと、われわれの真空槽では入射光と回折光との開角の大きさが制限を受けているという事情があったからである。

#### 4. 検出器の絶対校正

##### A) 検出器

太陽の真空紫外領域での絶対測光では絶対光量が少ないうえに太陽の場所と波長の分解能を可能な限り大きく要求しているため、必然的に微弱な光を検出しなければならない。このため量子的検出器を使用することになる。これは高感度であるが著しい分光感度特性を持っている。それゆえ、絶対校正するには、波長感度または、エネルギー収率が一定の検出器を必要とする。

##### 1) ふく射エネルギー収率の一定な受光器

この種のものはふく射エネルギーをいったん熱に変換し、熱電気現象（熱起電力、熱抵抗変化）、熱圧力変などを利用するもの以外ないと思われる。われわれはこの種の検出器の中で NEP と D\* が比較的良好なシュワルツ型の熱電対を用いている。(NEP =  $10^{-10}$  W)

##### 2) 量子効率が一定な受光器

絶対校正時において熱電対感度以下の光量でこれに代わる検出器が必要になるが 1P 21+SS (サルチル酸ソーダ) の組合せは 1000~2800 Å の間で量子効率がほとんど一定であるため、絶対校正用の補助検出器として欠かせない。ただサルチル酸ソーダは経時変化があること積算受光量により感度変化があること 1000 Å 以下で量子効率の一様性がくずれること真空中でやや不安定であることなどがあり、長期の基準にできないこと

に留意する必要はある。

- 3) 絶対校正されるべき検出器として Solar Blind 型の HTV-R166 を選んだ, これは 1550 Å~3000 Å に感度を持ち, 2200 Å 近くに最高感度を持つ光電子増倍管である。

#### B) 検出信号の増幅

検出器が同じであっても信号の増幅方式の選定で S/N 比を向上させることができるとともに, 検知器の絶対校正值も異なったものとなる。したがって増幅系を考慮に入れて校正することが必要である。

##### 1) 熱電対の増幅

われわれの場合非常に微弱 ( $\sim 10^{-9}$  V) な信号を増幅することになるで, 入射光自体を断続して, 同調増幅のあと同期整流する方式のものを用いた。このさい断続周波が  $f=0.2/\tau$  ( $\tau$  は熱電対の時定数) 程度になっているので, 正弦波入力に対しても, 許容限度を少しでるくらいであるので, 入射光が方形波であると, 見掛けの整流作用が現われて効率が悪くなる。チョッパの型をドラム型にすると正弦波形に近くなり効率がいくらか増加するようである。またチョッパの羽根もふく射源であるので, 分光器の入射スリット側に置かないと効率が悪くなるばかりでなく, 測定値にも誤差を導入するし同期整流部とチョッパ部の位相合せも大切である。

##### 2) 光電子増倍管出力の増幅

Solar Blind 型の HTV-R166 は現時点でわれわれの実験目的にかなうもので絶対校正の対称となる。増幅方式としては直流増幅, 交流増幅, 光子計数方式とあり, それぞれ特徴を持っている。光量が弱い場合は交流増幅や光子計数方式が効果がある。

しかし応答速度に主眼をおいているので直結直流増幅方式を採用した。

#### C) 絶対校正の方法

##### 1) 検出器の相対波長感度の測定

光電面の陰極放射感度は製品によって不規則であり,  $\pm 50\%$  以上も差がでることや, 窓材の透過率の影響や光電面の場所による感度むらなども加わるから, 使用場所を定めてそのつど測定しなければならない。われわれの場合, HTV-R166 はロケット搭載用として, 高圧分割抵抗を含めて耐真空化してあるので陽極波長感度特性を測る方法を選んだ。標準検出器として 1P21+SS (サルチル酸ソーダ) の組合せを用いて入射光の波長別強度を測定し, 続いて校正されるべき R-166 で再び波長走査を行なう。このようにして得た前者に対する後者の比を取れば R-166 の陽極相対波長感度が求まる。

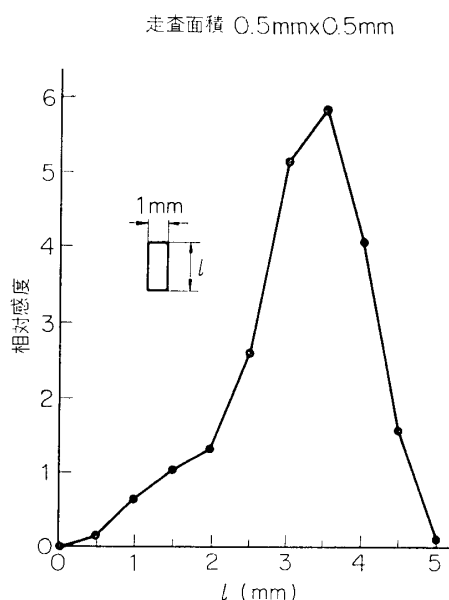
サルチル酸ソーダの相対量子効率<sup>1)</sup>は波長に対してほぼ一定であるといわれているが, 個々のものに差があると思われたので熱電対を用い検定した。これに使用した光源は熱電対に感ずる程度の強い輝線を出す低圧水銀灯 (2537 Å, 1849 Å) と H<sub>2</sub> 直流放電管 (1608 Å) である。これらの三つの波長で熱電対と, 1P21+SS の感度を比較して見た結果われわれの使用したサルチル酸は 2500 Å~1600 Å にかけて, 相対量子効率が約 5~8% の単調な低下を示した。

##### 2) 標準光源による熱電対の絶対校正

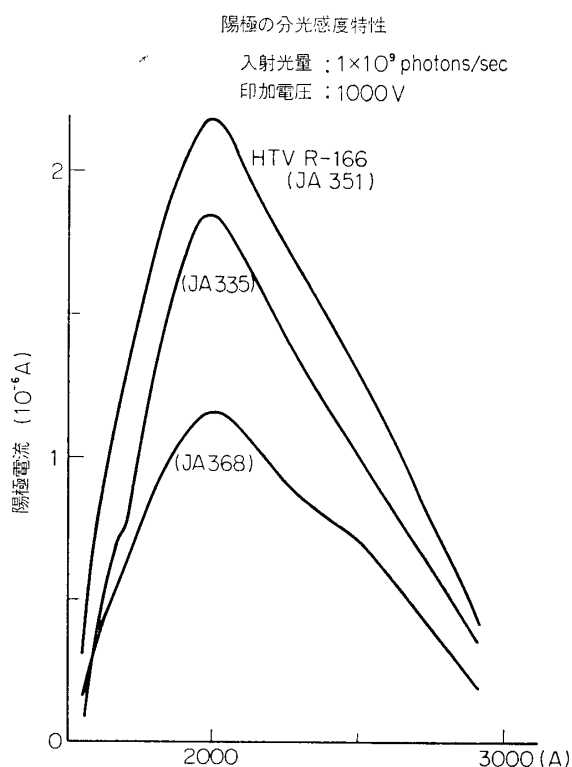
絶対校正された標準ランプを距離およびランプの取付け位置や方向そして水フィルタを校正時と同じ状態に再現し、点灯する。このときの値は  $178.4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (電気試験所で校正した値) であった。そこで熱電対 (窓なし) の受光面を感度最大の方向に合わせ、 $10^{-4}$  Torr 程度の真空にし 8 サイクルで光束を断続し、校正電圧と比較すれば、入力等価増幅出力は、受光面  $4 \text{ mm}^2$  当り  $1.359 \mu\text{V}/\mu\text{W}$  となり電熱対は絶対校正される。

### 3) 熱電対による HTV-R 166 の絶対校正

紫外域の光源による分光出力は非常に弱いので低圧水銀灯の 2537 Å の輝線を校正用の光源とした。ここで問題になるのは、熱電対の受光面の場所による感度が一様でないことである。(第 14 図) そこで、熱電対の校正時と同じ状態、すなわち全面を使用するため、モノクロメータからの出射光はスリット上で一様でなければならない(縦方向は瀬谷-波岡モノクロメータの非点収差を、横方向はモノクロメータの入射スリットを拡げる方法を利用する)。次に熱電対に感じた光をそのまま R-166 に当てると、光電子増倍管の疲労が起りやすい。またこの R-166 はロケット搭載用のため高圧電流容量を平均  $100 \mu\text{A}$  にしてあるため、陽極出力が大きいと、直線性からのずれも生じやすい。そこで印加電圧をさげる方法および出射スリットの幅を狭める方法をとった。このようにして測定した値と別に測定した印加電圧-増倍率の関係を使って正規の値に換算し出射スリットの面積比を考慮すれば、波長 2537 Å における HTV. R-166 が絶対校正され



第 14 図 熱電対の場所による感度差 (走査光の幅 0.5mm)



第 15 図 陽極の分光感度特性

たことになる。実際の測定値を第 15 図に示す。種々の手続きに伴う誤差を加味して、 $\pm 10\%$ 程度の精度と考えている。

### 5. お わ り に

実際の観測では分光系に用いる凹面鏡および凹面回折格子の反射率と検出系の絶対校正を組合せたものが用いられることになるが、分光系の方ではエージングに関する考慮が必要なのでロケットの飛しょう時まで測定を続行し、検出系の絶対校正についてはさらに精度の向上を計りつつあるが、現在の瀬谷-波岡型モノクロメータは真空槽の中にあつてこの目的のためには真空部分が大型すぎ、実験のために時間的にも労力的にも余分な苦心を払う結果となっているので、絶対校正のための専用の真空分光器が望ましい。

おわりにこの基礎実験真空分光装置の製作に関して種々ご指導くださった、東京教育大学研究所の瀬谷教授、尾中教授、波岡助教授、増田助手、および標準光源に関してご尽力くださった電気試験所、大場信英氏、特殊な光電子増倍管の製作をこころよく引受けてくださった、浜松テレビの鈴木陽市氏、熱電対の製作に細かい配慮をくださった、日本分光 K. K. の浅川文夫氏、凹面鏡の反射面の処理にいろいろご援助くださった、日本光学 K. K. の糸井信夫氏に深く感謝したい。また東京天文台の長沢教授、守山助教授の絶えざるご支援に謝意を表わしたい。

1969 年 12 月 20 日 宇宙科学

### 参 考 文 献

- [1] Keizo Nishi: Publ. Ast. Soc. Japan, **19**, 323, (1967)
- [2] R. E. Huffman, J. C. Larrabee, Y. Tanaka: Appl. Opt., **5**, 1581, (1966)  
Samson: Techniques of Vacuum ultraviolet Spectroscopy.
- [3] 波岡 武, 早石達司, 山下五郎: 昭和43年度秋季応用物理学会学術講演会 (1968)
- [4] James A. R. Samson: J. O. S. A., **52**, 525, (1962)
- [5] E. M. Reeves and W. H. Parkinson: J. O. S. A., **53**, 941, (1963)
- [6] W. A. Anderson, G. L. Griffin, C. F. Mooney, and R. S. Wiley: Appl. Opt., **4**, 999, (1965)
- [7] D. C. Hammer, E. T. Arakawa and R. D. Birkhoff: Appl. Opt., **3**, 79, (1964)
- [8] Takeshi Namioka and Masao Seya: Science of light, **15**, 1, (1966)