

# 太陽紫外マグネシウム2重線分光〔Ⅲ〕\*

河野嗣男\*\*・矢島信之\*\*・末元善三郎†

## 1. はじめに

地上では観測できない太陽紫外スペクトルは、太陽彩層の機構研究に重要な手段を提供する。1971年9月気球予備観測として太陽紫外光の強度測定に成功し〔1〕、1972年9月には、回転走査方式のファブリペロを搭載した気球実験を行ったが、前置分光器の不良により有効なデータは得られなかった〔2〕。また、1974年9月の気球実験においては、放球直後よりテレメータが止ったため、ただちにパラシュートによって回収した〔3〕。

本稿は、以上のような経過の後、1975年9月に行った気球第4次観測の観測装置、実験経過、および観測結果について報告する。

## 2. 観測装置

本第4次観測において使用された観測装置は、第3次観測において若干破損されたものを、修理、再調整したものであり、基本的構成は同一である。

第1図および第2図に示すように、光学系の大部分はゴンドラ中に水平に置いた定盤面に配され、組立・調整に便利なようにした。太陽光は、シーロスタットを構成する2枚の平面鏡M1、M2により望遠鏡Tに導びかれる。望遠鏡は、直径8cmのニュートン式で、定盤に固定されている。ただし、そのニュートン鏡は、紫外反射可視透過鏡M3と可視反射鏡M4とから成り、それぞれ分光計入射スリットと太陽追尾精センサに太陽像を結像させる。太陽像が、精センサに入るまでガイドする太陽追尾粗センサは、光路途中の2カ所に設けられている。

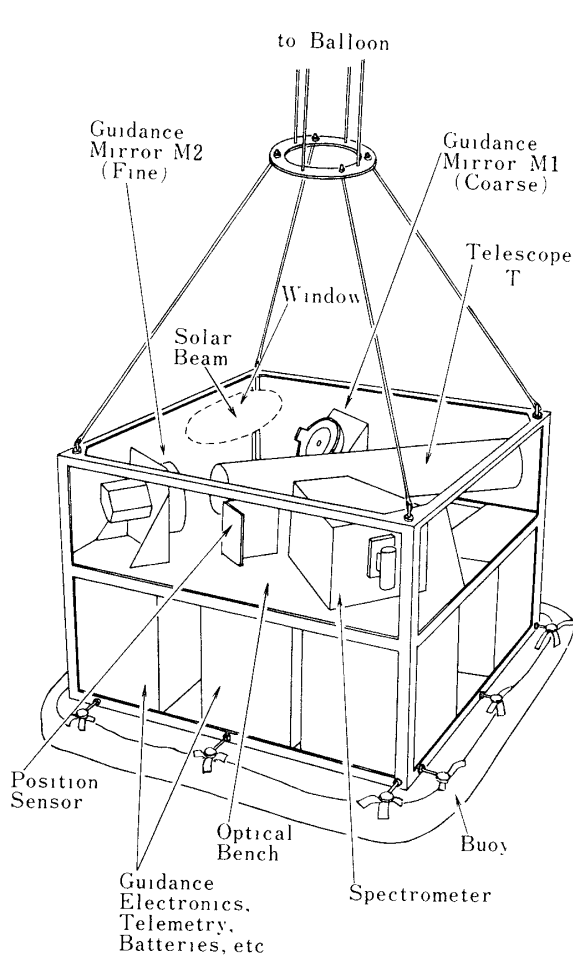
これまでに行った観測における太陽追尾は、よりもどしを別にすれば、モータ駆動の鏡面角制御だけで追尾して±10秒角程度までのポインティングを実現してきたが、モータの不感帯、ギヤや軸受のガタ、そして静止摩擦などによって、これ以上大幅に精度を改善することは困難であると判断し〔2〕、今回はもう一段の鏡面角制御要素を加えた。すなわち、M1は従来のモータ駆動の平面鏡であるが、M2はペン書きオシログラフのガルバノメータ(トルクモータ)を駆動源に用い、十字板バネを軸受に使用した2重ジンバルによって鏡面を支える方式により、モータとは全く異なる駆動・制御特性を導入して、ポインティング精度の向上を旨とした。第3図にM2部分の写真を示す。

---

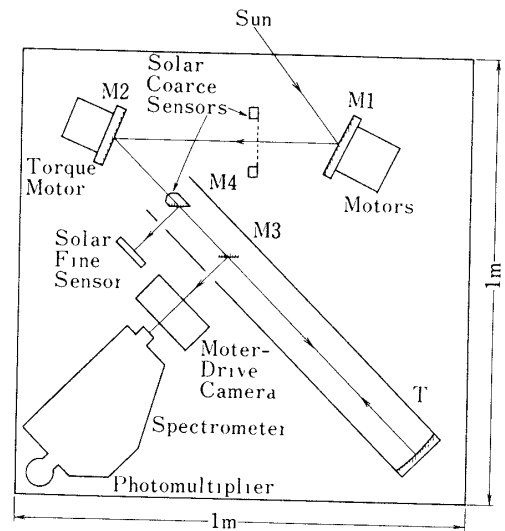
\* 宇宙研特別事業費による論文

\*\* 機械技術研究所

† 東京大学理学部(現東京天文台)



第1図 観測装置を搭載したゴンドラ

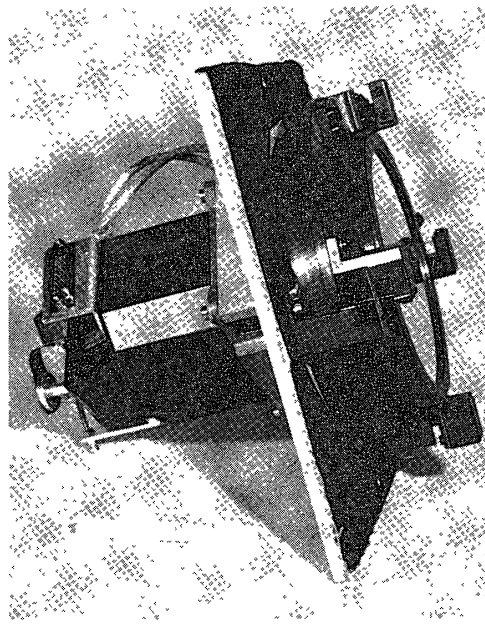


第2図 観測装置光学系の定盤上での配置図

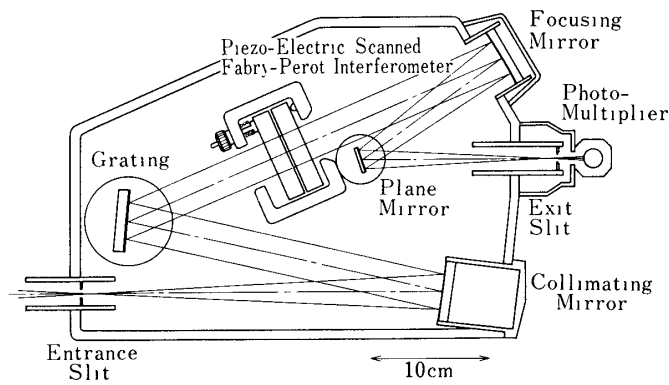
焦点距離 80 cm の望遠鏡により、直径 7.4 mm の紫外太陽像が分光計入射スリット上に作られるが、分光計前には跳上げ平面鏡が入るようになっており、光路を切換えて太陽紫外単色像が撮影される。カメラは、250 枚撮りモータドライブ式で、フィルタは、2800 Å 中心で 70 Å 幅、さらにターレット式に交換される 4 枚の濃度フィルタにより、露出の異なる写真が撮影される。跳上げ平面鏡は、その裏面も平面鏡で、写真撮影中に発光するホローカソードランプの光を分光計に導びき、波長標準スペクトルを得ようになっている。

第4図は、分光計光路図であるが、ファブリペロ干渉計と回折格子を組合わせ、コンパクトで高分解能を実現した。ファブリペロ干渉計は、電歪走査形で、鏡面間隔 140 μm、従って自由スペクトル域は 2.8 Å となり、理論分解能は 0.12 Å である。補助分光器としての回折格子は、1200 本/mm、コリメータ焦点距離 30 cm、入・出射スリット幅はそれぞれ 0.05 および 0.08 mm である。

第5図により、本分光計の動作原理を説明する。図で上段は予想される太陽紫外スペクト

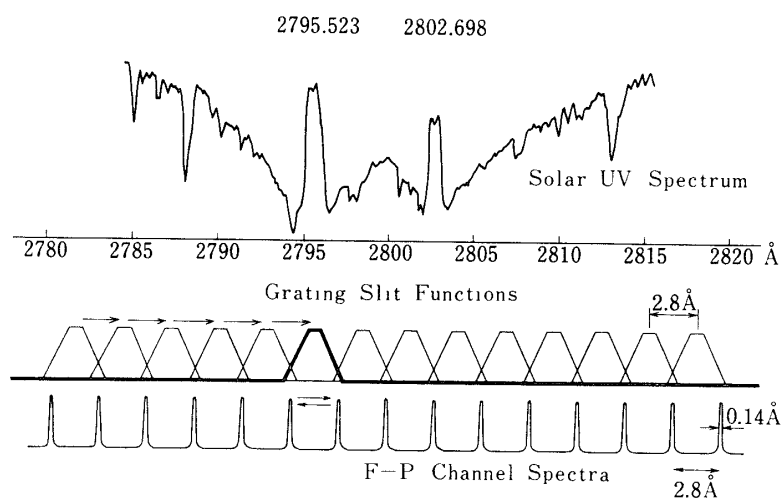


第3図 太陽追尾第2ミラー

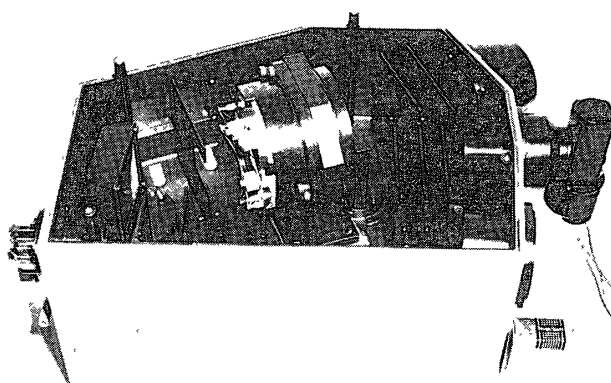


第4図 ファブリペロー回折格子分光計光路図

ル波形，中段は回折格子の波長透過特性，下段はファブリペロ干渉計の波長透過特性を示す。回折格子は，サインバーにより間けつ的に矢印のように送られ，その静止時に干渉計が三角波走査電圧により1次（ $2.8 \text{ \AA}$ ）だけ走査されてもとにもどる。回折格子の送り間隔およびスリット幅を適当に選ぶことにより，全走査波長域（約 $40 \text{ \AA}$ ）を切れ目なくカバーする。このようにして，ファブリペロ干渉計の高分解能単一ピークが回折格子の送りに次々と受渡されて，比較的広い波長域を走査観測することができる。第6図に干渉分光計の写真を示す。



第5図 ファブリペロー回折格子分光計動作原理図



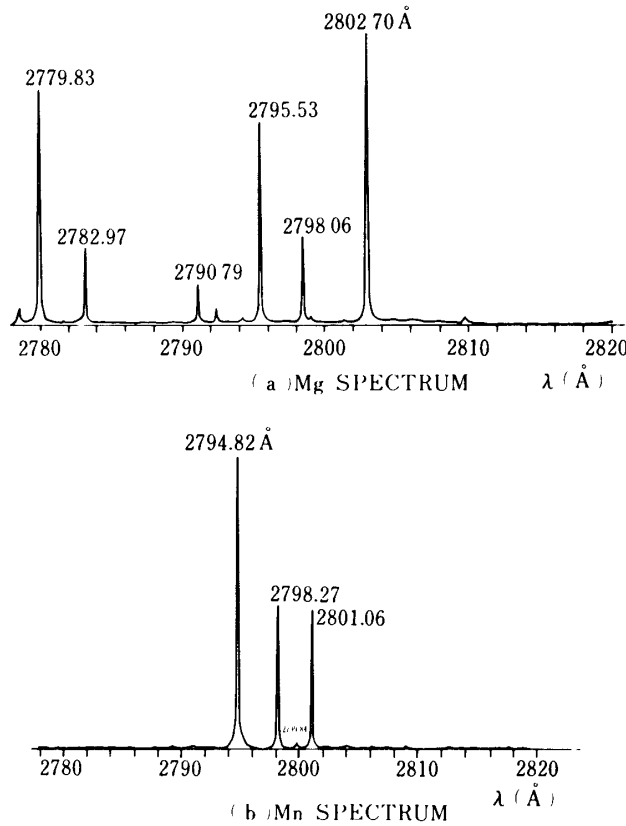
第6図 ファブリペロー回折格子分光計

### 3. 観測装置の性能, 仕様

第7図は, 本分光計によって測定されたMg ホローカソードランプ (a) およびMn ホローカソードランプ (b) の2800 Å付近の例である. ランプの自然幅やドップラー幅は $10^{-3}$  Å程度で無視できるので, 記録を単純に測定すると, スペクトル半値幅は0.14 Å, 1/10幅で0.27 Åとなる. これは, 理論分解能に近く, その特性をほとんど実現しているといえる.

分光計の絶対検出感度の測定は本観測にとって重要な要素であり, いくつかの標準を用いて測定を行なった. 第1表はこれらの結果をまとめて示したもので, ややばらつきが多いが, 単純平均を採用する.

分光出力の増幅器は線形であるが, 気球高度のわずかな違いが大きなレベル変化を生ずることから [1], 負荷抵抗を地上からのコマンドで切換えて, 5段階に感度を変化できるようにした. 第8図にフォトマルチプライヤの光電流に対する出力電圧を示す.



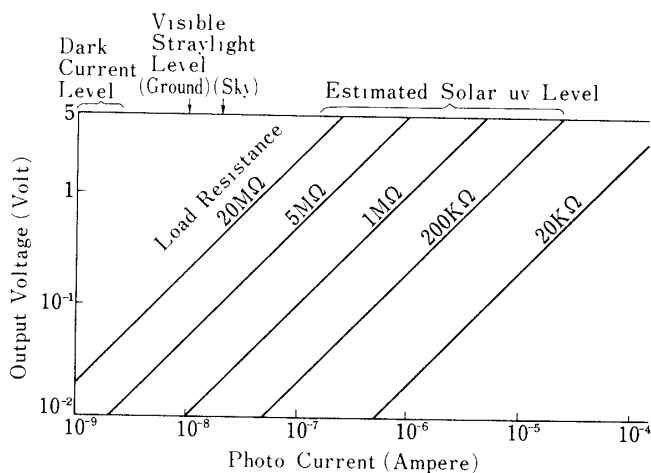
第7図 ファブリペロー回折格子分光計によって測定された紫外スペクトル

第1表 各種標準による分光計絶対検出感度測定

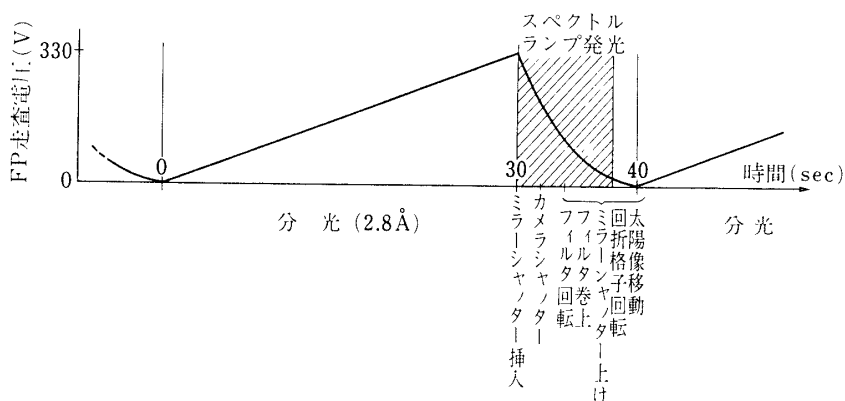
標準素子	分光計感度	備考
サーモパイル	$1.57 \times 10^3 \mu\text{A}/\mu\text{W}$	透過率 $10^{-9}$ のフィルタ使用
しゅう素電球	2.15 "	直接
リボン電球	1.41 "	反射結像光学系使用
重水素ランプ	1.68 "	直接 (放射照度)
重水素ランプ	1.84 "	気球望遠鏡使用 (放射密度)
単純平均	1.73 "	
標準偏差	0.25 "	単純平均値の 14.4 %

太陽紫外単色像撮影用フィルムは、数種を比較検討した結果、紫外光に対する感度、ラテイチュード、粒状性などで優れたコダックのパナトミックXを採用した。前述のごとく、露出は100% (フィルタなし)、30%、10%、3%透過の濃度フィルタによって4段階に変化し、シャッタースピードは、60分の1秒に固定した。

観測のタイムシーケンスを第9図に示す。1サイクルが40秒で、 $2.8 \text{ \AA}$ を走査する。従っ



第8図 増幅器負荷抵抗の切替による分光出力感度の変化



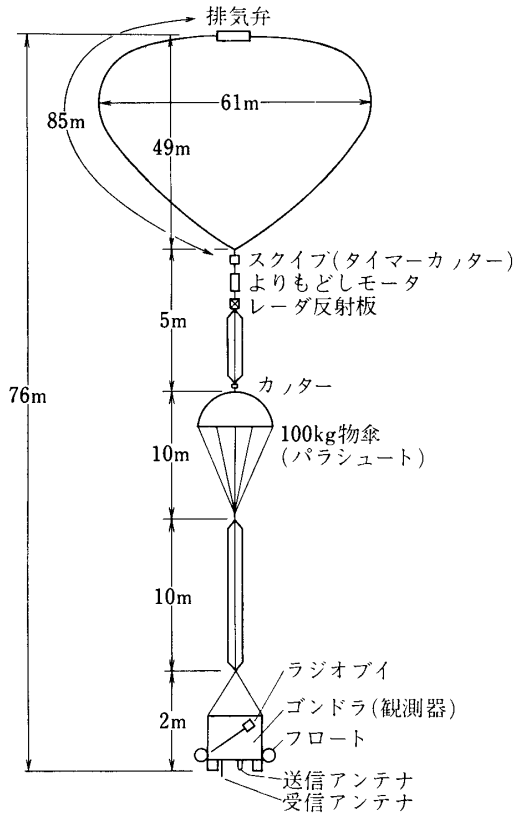
第9図 観測シーケンスとファブリペロ干渉計走査電圧波形

て、全走査波長幅約  $40 \text{ \AA}$  を走査するのに9分20秒かかり、後述するように太陽像の異なった9カ所のスペクトルを得るために、1時間24分を要する。

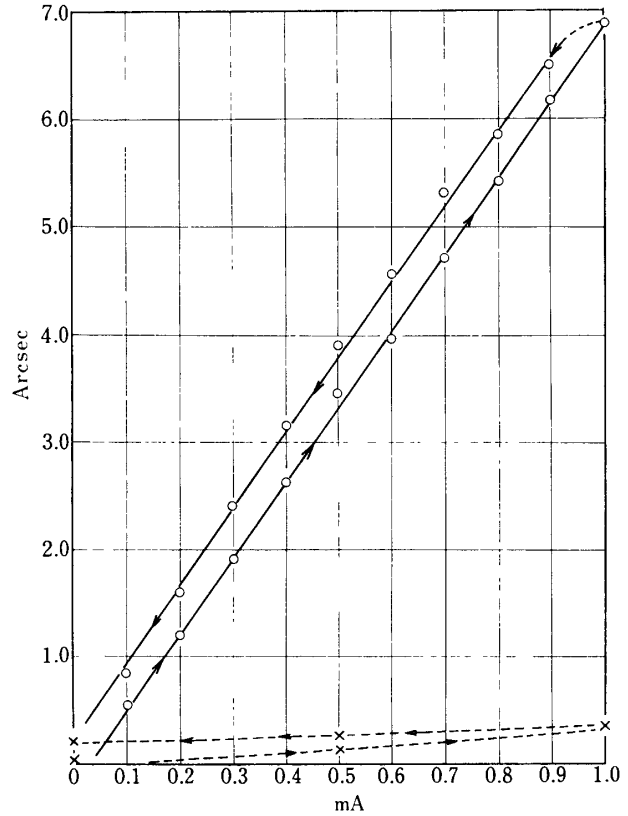
第10図は気球の構成を示す図である。気球は米ウィンゼン社製ポリエチレン気球で、容積  $87,672 \text{ m}^3$ 、自重は  $234 \text{ kg}$  である。ゴンドラの重量は  $169 \text{ kg}$ 、パラシュートなどを含めて、放球時の総重量は  $416.7 \text{ kg}$  となった。ラジオブイおよびフロートは、海上回収を予想した装備である。

テレメータおよびコマンドは、それぞれ7チャンネルと6チャンネルであるが、共に送りたい信号に比較してチャンネル数が不足しており、複数信号を共用するチャンネルを設けている。

太陽追尾の特性は主として第2図におけるM2の平面鏡駆動特性によって決まるが、第11図はその微小角変化における電流-角度特性である。電磁駆動によるヒステリシス特性が見られるが、フィードバック制御の中で使用するのでさほど問題はなく、駆動角度の分解能と



第10図 気球の構成



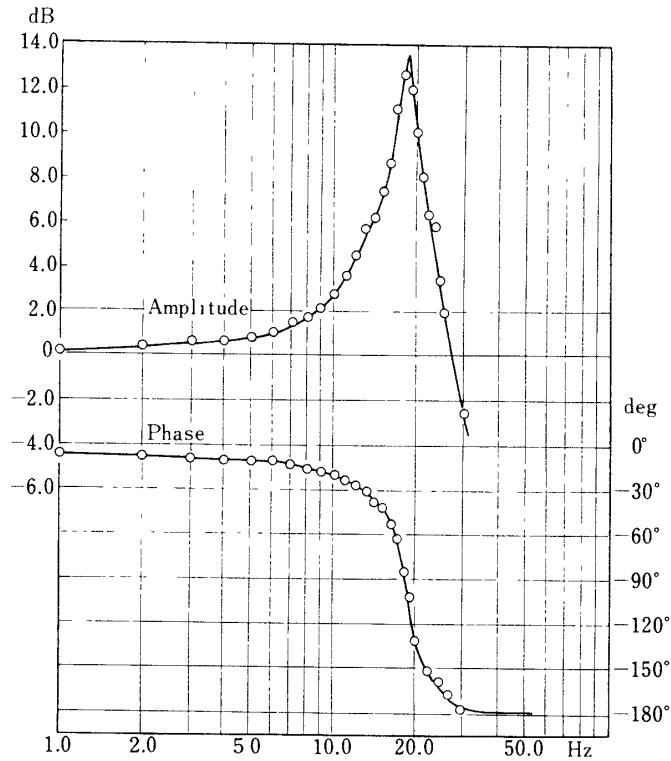
第11図 トルクモータ駆動平面鏡の電流-角度特性

しては十分の性能をもっている。第12図は、同じ駆動機構の周波数特性を示しており、平面鏡やホルダーが重い為、固有振動数は約20 Hz となった。

#### 4. 実験経過

1975年9月11日、午前7時38分(JST)、総浮力401kgに相当するヘリウムを充てんされた気球がランチャーを離れた。10時9分、基地南東50kmの上空高度38kmでレベルフライトに入る。10時21分、観測器の電源をONにした。当初一部が不調であったが、10時55分より全て正常に動作し、それから約2時間45分の分光観測データが得られた。第13図は、太陽像面上で観測が行なわれた径路を示した図である。

観測終了後も気球は飛びつづけ、午後6時15分、鳥海山沖約40kmの日本海上空でカッターを作動させ回収を試みた。しかし、航空機や船舶による捜索にもかかわらず発見されず、回収はできなかった。



第12図 トルクモータ駆動平面鏡の周波数特性

### 5. 観測結果と解析

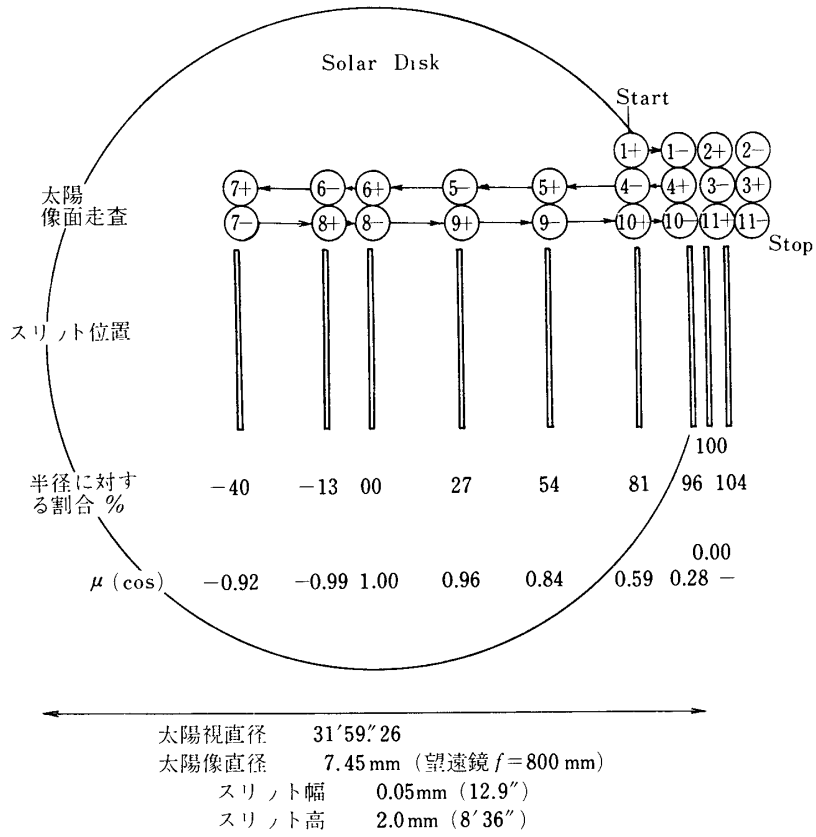
第14図は記録された観測データの一部である。上段は温度、電源電圧、回折格子回転角などをモニタする16チャンネル時分割信号、中段は太陽追尾関連信号、電歪走査電圧波形などを示す8チャンネル時分割信号、そして下段は太陽紫外分光データである。

分光データは、波長について、スリット関数について、気球高度によるオゾン吸収についてなど、いくつかの補正をしなければならない。第15図は、これらの補正を加えた結果得られた太陽紫外スペクトルの一部である。点線は、米ハーバード大学グループの観測の絶対測光カーブ〔4〕で、比較のため示した。第16図は、Mg II h および k 線のプロファイル部分を示したものである。

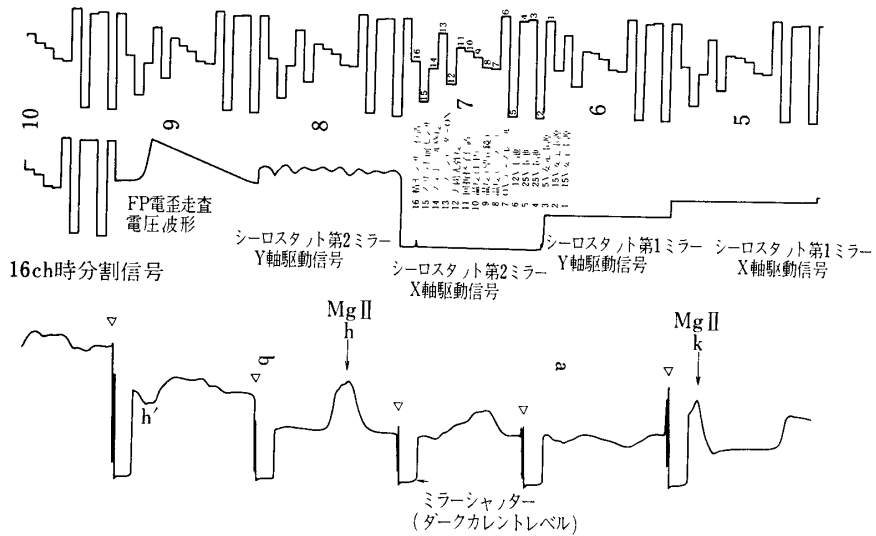
これらの結果からみると、次のような点を指摘できる。

- a 従来の観測に比べて、h と k 線間のスペクトル波形が若干異なる。
- b 全体にやや強度が強く、特に短波長側でバイアスがかかっているように見える。
- c k ピークと h ピークの比が、太陽周縁にゆくに従って大きくなるように測定されたが、従来の観測とは逆の結果である。

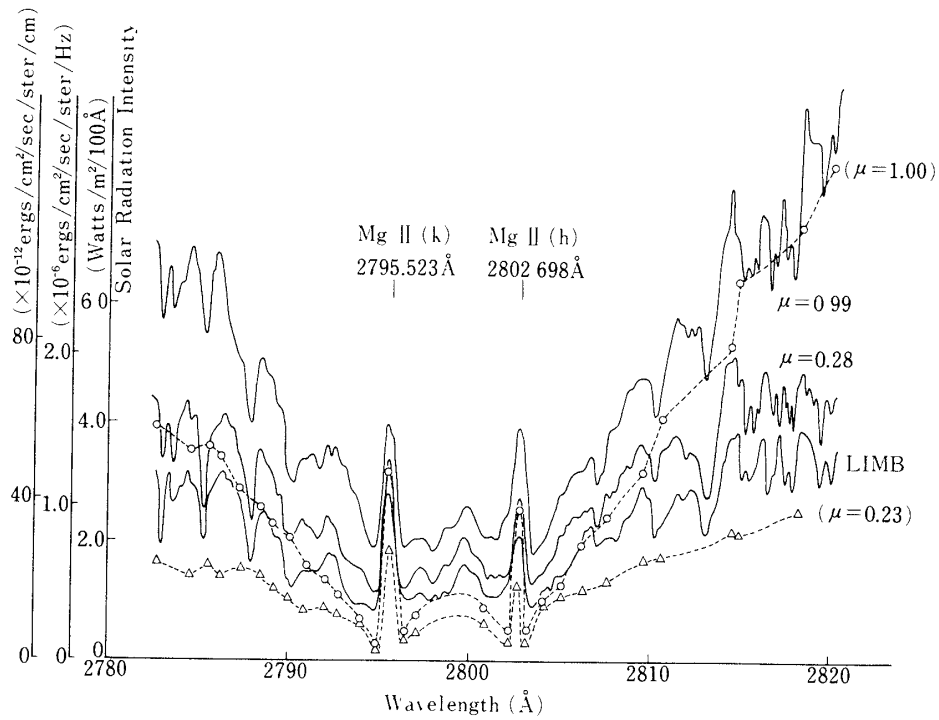




第13図 太陽面走査位置と観測経過



第14図 観測されたテレメータ記録



第15図 観測された太陽紫外スペクトル

d Mg II hおよびk線のプロファイルは、基本的に従来の観測の結果と一致している。

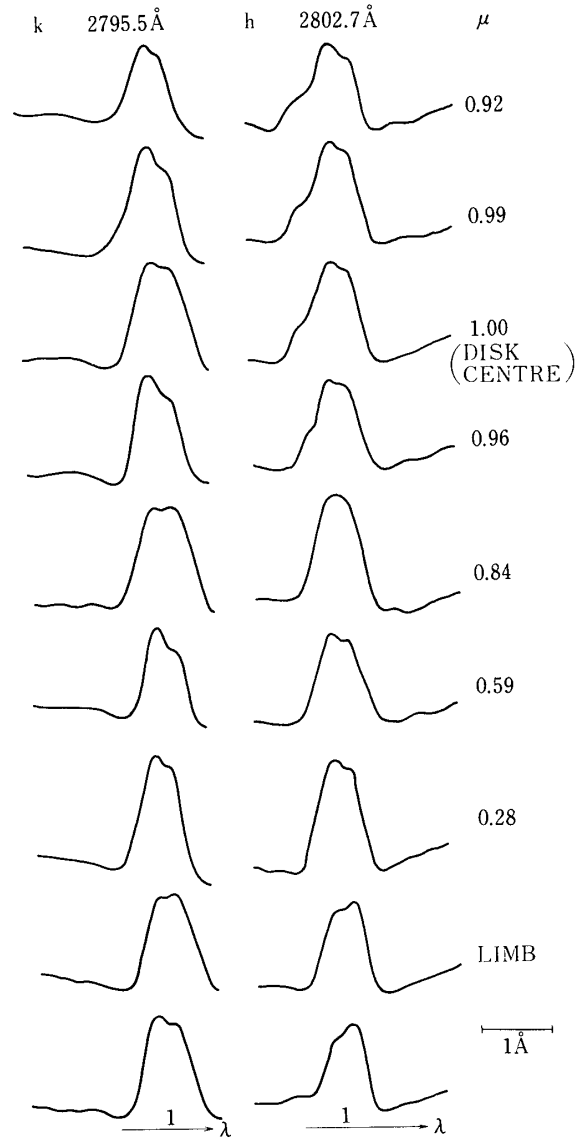
e 観測の分解能は、0.2 Åよりは良く、0.16～0.18 Å程度と推測される。

これらのうち、aおよびcは理由が不明、bは地上実験の迷光が高高2～3%であり、このような大きなバイアスを説明できない。

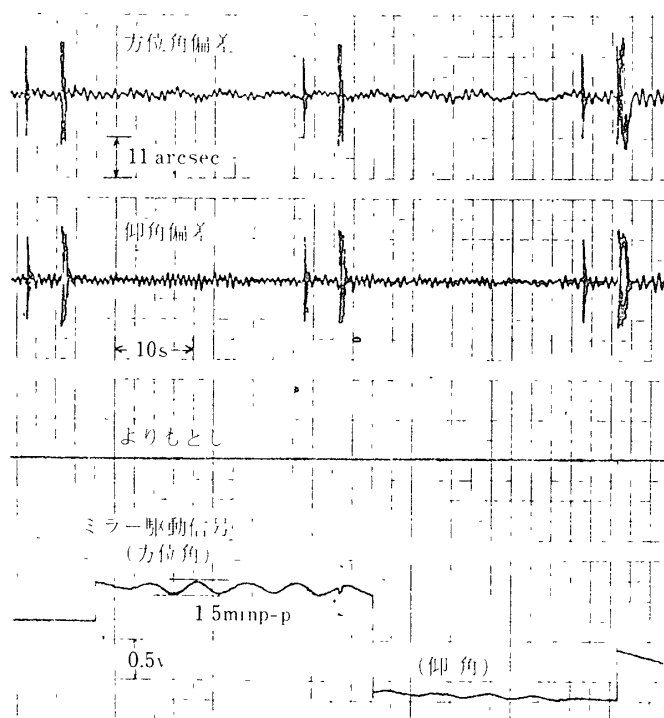
太陽追尾の結果は、第17図にそのテレメータ信号を示す。上方の2段は精センサからの偏差信号で、方位角および仰角共、その制御偏差は±1秒角以内となっている（周期的に出ている鋭いピークは、ミラーシャッタの上げ下げの振動を示す）。しかし、図に示したのは状態の良い場合であり、ゴンドラの動揺が大きい時には偏差は若干増大した。ただし、分光データに対しては、太陽周縁部を観測している場合を除き、何ら影響は生じなかった。

## 6. ま と め

1975年9月11日、太陽紫外Mg II 2重線の高分解能分光観測を目ざす気球実験が行われた。8万立方メートルの大気球は、高度38 kmに達し、約3時間にわたる観測に成功した。搭載



第16図 Mg II k および h 線の  
 のスペクトルプロファイル



第17図 太陽追尾制御関係テレメータ記号

したファブリペロ干渉計と回折格子を組合わせた分光計，2枚の平面鏡の角度を制御する太陽追尾機構をはじめ，主要な機器はすべて順調に働かし，当初目的としていた精度をほぼ実現することができた．すなわち，観測中のほとんどの時間にわたって $\pm 2$ 秒角以内の太陽追尾制御が行なわれ，観測された紫外スペクトルは $0.16 \text{ \AA}$ 程度の分光分解能と思われ，太陽の中心から周縁にかけてのスペクトル波形の変化も得ることができた．さらに，これらのデータには，絶対測光目盛も付加することができた．なお，副次的に得られるはずであり，観測中に撮影が終了したことが確認された太陽紫外単色像の撮影は，回収ができなかったため，そのフィルムを得ることができなかった．

観測に当っては，東京大学宇宙航空研究所の西村純教授をはじめとする大気球実験班の方々に多大の御協力，御援助をいただいた．また，観測機器の製作には，キャノン株式会社春本功氏，三鷹光器株式会社中村勝重氏をはじめ多くの方々の御協力をいただいた．また，分光データに関しては，東京天文台西恵三教授，日江井栄二郎，平山淳両助教授等に御討論御教示いただいた．これらの方々に深く感謝申し上げる．

1977年6月10日

## 参 考 文 献

- [1] 河野嗣男, 矢島信之, 末元善三郎: 東京大学宇宙航空研究所報告, 10, No.1(B), 166  
(1974)
- [2] 矢島信之, 河野嗣男, 末元善三郎: 東京大学宇宙航空研究所報告, 10, No.1(B), 174  
(1974)
- [3] 河野嗣男, 矢島信之, 末元善三郎: 昭和49年度大気球シンポジウム(1974年12月) 238
- [4] J.L.Kohl, and W.H. Parkinson, *Astrophys. J.* 205(1976) No.2, pt 1, 599