

太陽極紫外二次元像のロケット観測

秋 田 亨*

1. はじめに

おりから厚く垂れこめてきた雲を突き抜け、太陽に向かって一直線にロケットは翔んでいった。

昨年9月6日午前11時0分0秒、内ノ浦にある鹿児島宇宙空間観測所から打ち上げられた S520-5 号機は約60秒後、高度100Kmに達した辺りでノーズコーンを開き、スピンを停止させながら視界の中に着実に太陽を捉えた。機首を太陽に固定したまま弾道軌道を描きつつ、プログラム通りに各種の観測をこなしながら、最高250Kmの高度まで昇りつめ、打ち上げからおよそ400秒たった頃、その全機能を全うした後、大隈半島沖合の太平洋海中へと没したのであった。

さて、このロケットに搭載された望遠鏡は、我国では初めて、EUV 輝線で太陽の二次元像を4秒角程度の高空間分解能で撮影した。二次元撮像ということで3軸姿勢制御を行う CN システムを用いて成功したことは、同年2月にやはり CN 付きで打ち上げられた3号機によるオリオン座の紫外分光測光観測の成功につづき我国のスペースアストロノミーの今後に明るい見通しを与える貴



写真1 飛翔中の S520-5 号機

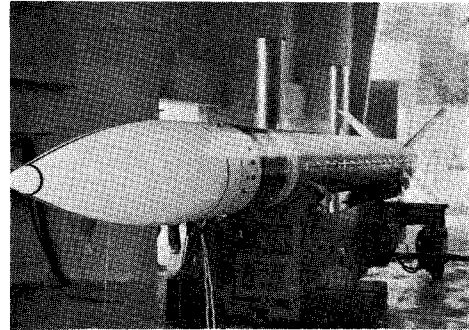


写真2 ランチャー上の S520-5 号機

重な足がかりとなったと言えましょう。また、8本の極紫外 (EUV) 輝線で得られた太陽単色像と、 1600 \AA の温度極小層からの連続光測光とは、太陽彩層、遷移層の加熱やフレア時の様子についての知見を与えるものであり、現在詳しい解析が進められています。

以下に、観測装置及び観測のあらままと、データの一部を御紹介します。尚、今年度日本天文学会春季年会でデータ解析の途中経過が報告されています。

2. 光学系、ガイド系

図に示す様に、口径10cmのカセグレン鏡によってスリット面に結んだ太陽像の一部は、そこから凹面回析格子に入射し、分光されて、MCP二次元検出器または、光電管へと取りこまれます。このときスリット面から横へ反射された残りの光は位置検出系へととりこまれ、サーボ回路を通じてガイドするのに用いられ、太陽像がスリット上に固定される。凹面回析格子は、太陽の単色一次元像をMCP面上につくりだすが、位置検出系全体をスリットに垂直な方向に平行移動させることで太陽面を掃き、二次元像をつくりだす様になっている。凹面回析格子の結ぶ像は水平焦点、垂直焦点のちがいがから、MCP面上では分散方向にピンぼけになるので、水平焦点位置

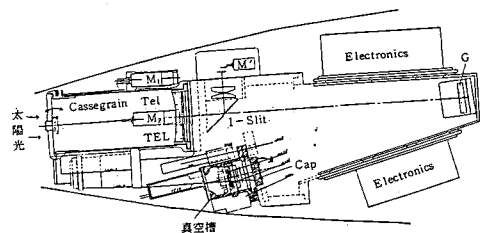


図1 太陽極紫外分光望遠鏡

* 東大理 Kyo Akita: EUV Spectro Heliograph from Rocket Observation

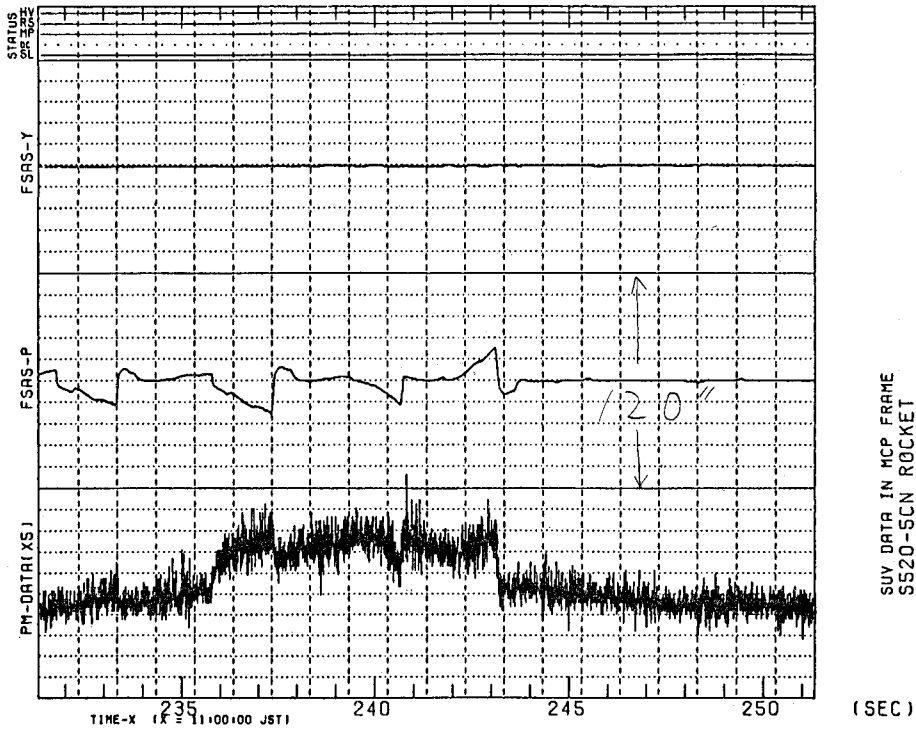


図2 上から各種ステイタス, 4分割検出系出力, 光電管出力をモニターしたもの. 横軸は打ち上げ後の時間(秒)

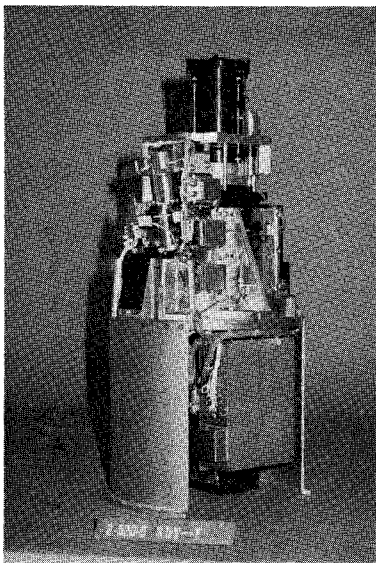


写真3 極紫外望遠鏡の概観

にマスクをとりつけ、輝線のオーバーラップがないようにしてある。マスクは8本の輝線に対応するが、それらはMCP上で8つのたて長の領域に対応している。また1600 Åの連続光は光電管に空間分解能なしで(660"×

4"), とりこまれる。

ロケットのポインティングは、PSDとピンホールでできた粗センサーによる太陽位置の情報をCN装置とリンクし、±0.1°, ±0.1°/secの精度で太陽中心に向けることになっている。粗センサーの視野内へはジャイロの情報をもとにもっていく。副鏡は、二重ジンバルの上ののって2つのDCサーボモータが2軸の回りにそれぞれ副鏡を回転させる。このモータへは、スリットから反射された太陽像を4分割検出器に再結像させて出力差分を正規化したものがフィードバックされていて、1"程度のガイド能力がある。

3. 検出器 (MCP)

MCP (マイクロチャンネルプレート) はCsIを蒸着して紫外光に良い感度を持つ様にしたものを使った。MCPを通じて変換された光電子流は後段のレジスティブアノード上へとびこみ、電気系内でその出力は演算処理され、光子計数と同時に位置情報を与える。光子入射位置は、分散方向には8つの輝線に対応する位置、スリット方向には、40 μmおきの256ヶの位置として表わされる。ダークノイズはMCP全面で数カウント/秒で、あまり問題にならないが、アンプ系の時定数から全面で2万カウント/秒をこえると飽和が目立ってくる。またMCP

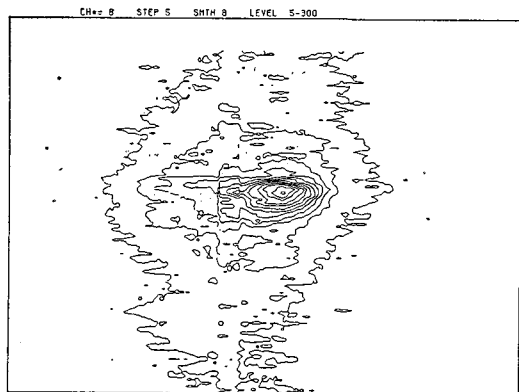


図 4 水素 Ly β 光による太陽画像等高線は生カウントで 5 count/sec/pix おき

穴の回復時間から、200 カウント/秒/pixel をこえると局所的な飽和が目立ち始める。MPC が放電を起こさないためには高い真空度 ($\leq 10^{-5}$ torr) が必要なので、真空容器に密閉し、上空で窓開けを行った。

4. 観 測

MCP で観測した 8 つのチャンネルは、H Ly β (1025 Å), Si XII (499 Å, 二次), C III (977 Å), Ne VIII (770 Å), Na IX (681 Å) の 5 つの輝線と、3 つの連続光部分 (880 Å, 815 Å, 733 Å) に対応し、輝線部分の窓は 4 Å, 連続光部分では 16 Å となっている。ただし、Ly β のチャンネルの一部分は O VI (1032 Å) に対応している。打ち上げ後 62 秒に MCP の窓が開と同時に、CN の姿勢制御が働きはじめ、150 秒目には MCP の高圧が ON になり観測が始まる。このとき高度は 200 Km 程度にまで達していて、極紫外光の大気吸収からは自由になっている。180 秒目にはガイド系のスキャンが始まり、スキャンは 100 秒で反転し、結局観測可能時間内に、約 $800'' \times 400''$ の領域を 2 回掃くことになる。MCP で計数された光子は 8×256 のピクセルごとに、1 秒間ずつ集積され、102.4 Kbits/sec の PCM テレメータにより 16 bits のデジタルデータとして地上に送られてくる。光電管の受光量のアナログ値、粗センサー、4 分割検出器の出力、高圧値等も A/D 変換されて同様に送信されてくる。

今回の観測では、ガイド系の動作が最も重要となるのですが、残念ながらロケット自身の姿勢のデータは 0.1°

程度でしかわかりません。望遠鏡のガイドの良否は、4 割検出器の出力から $1''$ の精度で出せます。実際の観測データを見ると、観測時間の半分以上では、 $1''$ 以下のズレでガイドを行っていることが分かりました。これは、我々の予想を上回る結果でした。というのも、サーボ系の時定数がどうしても残るため、CN 系であまりひんぱんに姿勢制御エンジンをふかしすぎると追いつききれなくなるため、 $0.1^\circ/\text{sec}$ の速度変化に対して地上実験では 1 秒の遅れをとることが測られていました。因みに、CN エンジンは 3 号機の時のヒドラジン燃料から N_2 ガスに変更され、推力を落して微調に適する様になっています。計算機を用いて、姿勢変化をシミュレーションしていただいた結果、当初我々の予期していたより動きが大きくへたをすると、とびとびに全体の数十%程度しか良質なデータが得られない可能性もあることが懸念されました。結果的には、ガイドに影響を及ぼすピッチ軸、ロール軸と呼ばれる機軸に垂直な方向の変化を与えるようなエンジンの動き方は殆んどしていないことが明らかになり、ガイドの悪い部分は逆に時定数をぎりぎりまで上げすぎたことによるサーボ系の発振現象ではないかと考えられます。ただし、ロケットの真の動きは、細かく分からないので、CN エアードボックスに収まる振動が何らかの原因で機体に生じたためとも考えられるでしょう。

こうして得られたデータからガイドの良いところをつないで図 3 (=表紙) の様な二次元像が作られます。この図では、中心付近に異常に明るい部分が見うけられますが、これは観測の始まる 20 分近く前に起こりはじめたフレアのピークを過ぎたあとの状態を見ています。それをとり巻く活動領域、さらにその外側の静おん領域のデータと共にフレアのデータがとれたことは大変幸運でした。図中にたて縞の様な構造が見えるのは、恐らく MCP 入射光の位置を A/D 変換する変換器の不良によるものと思われる。このためスリット幅の向き (東西方向) には 8 ピンのスムーズングをかけているのですが、それでも消えずに残った局所的カウント増加です。したがって残念な事に東西方向には $44''$ 程度の空間分解能しか得られない事になりました。

これらのデータを用いて、静おん領域、活動領域及びフレアにおける様々な高さでの温度、物質質量などを求めることが現在進行中ですが、今回は、以上で観測の紹介を終わります。