

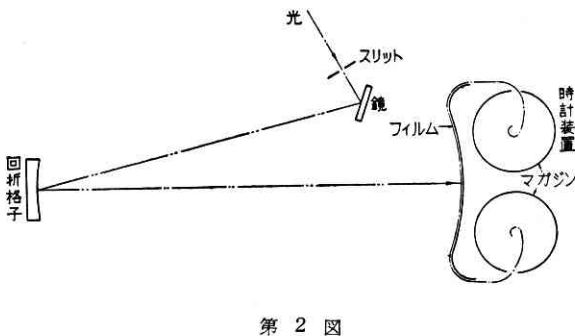
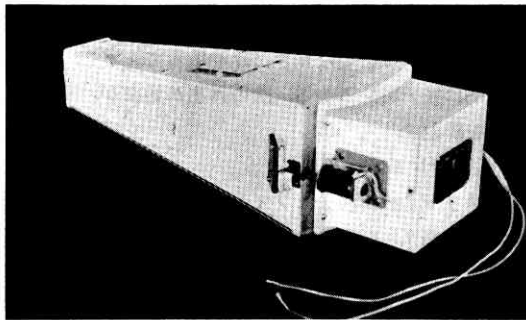
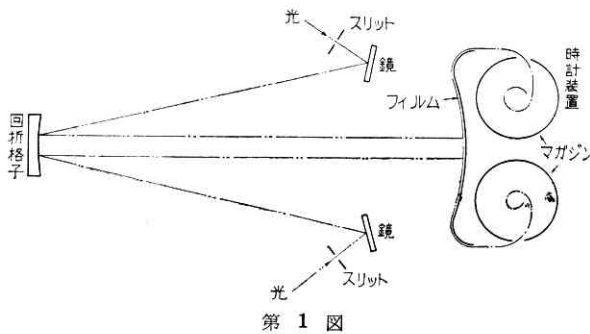
# ロケット分光器

齋藤 国治・西 恵三・河野 毅

## § 分光器

ロケット搭載用の分光器の試作が始められたのは、昭和 30 年であった。当時は観測用ロケットの直径、搭載用計器類の重量制限等が最終的に決定されていなかったため、ひとまず I 型を試作し主として光学的諸試験を行なったが、その光学系は第 1 図のごとくである。

光がスリットから入射する機会を多くするために両側にスリットをつけたのであるが、後になってロケットの直径の制限がその可能性をなくしてしまったので、II 型を試作した。その光学系は第 2 図に示してある。その後重量制限、機構上の改良等を加え、実際に観測に使用さ



れたのは V 型であってこれを RS-1 として実際に飛ばそうさせた。

ロケット用分光器について特に留意すべき点は

- (1) ロケットがその軸のまわりに回転運動をしたり、またその飛行中の姿勢が自由であるために、太陽の光がスリットに入り回折格子に向かう機会が制限を受けるので、光の取入れ



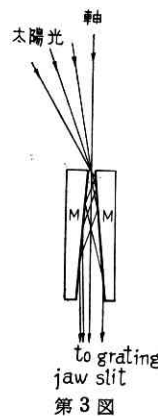
に特殊の工夫をしなければならない。

- (2) ロケットが発射する際に生ずる加速度や、また飛行中の振動に対して、光学系に狂いを生じないことが必要である。
- (3) フィルムを間歇的に巻取り、その静止している間に露出を与えるような時計装置の機構が、十分な強度と安定度を持っていることが必要である。
- (4) フィルムの熱かぶりを防ぐために、適当な断熱の工夫が必要である。
- (5) 全重量を 2.5 kg に収めなければならない。

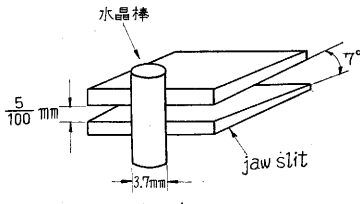
- (6) 全容積がロケットのノーズ部に入る必要がある。

【スリット部】

Jaw スリットと水晶棒を組み合わせ使用した。Jaw スリットの原理は内面に鍍金した金属鏡を第 3 図に示すような角度をつけておくと、直接入射した光線、スリットの内面に 1 回反射した光線、2 回反射した光線等々が回折格子の方向に向かうようになり、紙面内光の入射する機会が増加する。



これでは一方  
向のみ(紙面内)  
の機会の増加  
があるので、こ  
れに直角に水晶  
(紫外線を通す  
ため)の円柱を



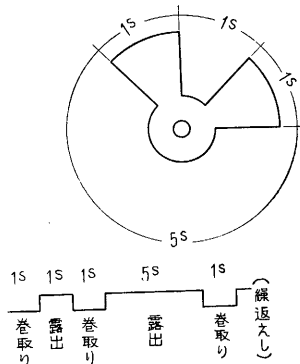
第 4 図

つける。これで立体角約 60° 内に太陽が来れば、回折格子の方向に光が向かうことになる。Jaw スリットの実際の開口角は 7°, スリットの間隔は 5/100 mm, 水晶棒の直径は 3.7 mm とした。

〔シャッター部〕

スリットから入射した光が小鏡に反射した後、回折格子に向かう途中で、フィルム巻取り装置と連動して第 5

図のように、セクターを回転させる。図によって明らかなようにシャッター速度は 1 秒と 5 秒の二種の繰返して、シャッターが光を遮断している 1 秒の間にフィルムの巻取りが完了し次の露出に移るように機構上の連動が行なわれる。



第 5 図

〔回折格子〕

凹面回折格子 (センコ・レプリカ)

焦点距離 425 mm

有効面 21×25 mm

線数 15,000 本/inch

分散 40 Å/mm

〔フィルム〕

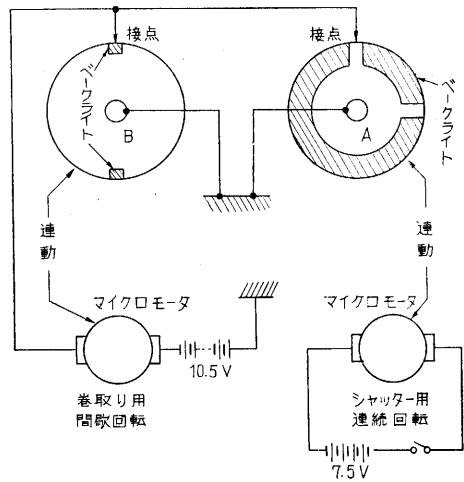
イーストマンコダック製品, 103-O-UV (35 mm 蛍光増感) を使用した。これは紫外部 (2,000~3,000 Å) において特に感度が強いもので、ASA は約 600 である。放電かぶりを防止するための特殊バッキングもほどこされてある。分光器には一回約 6 m のフィルムを装填する。

〔現像処理〕

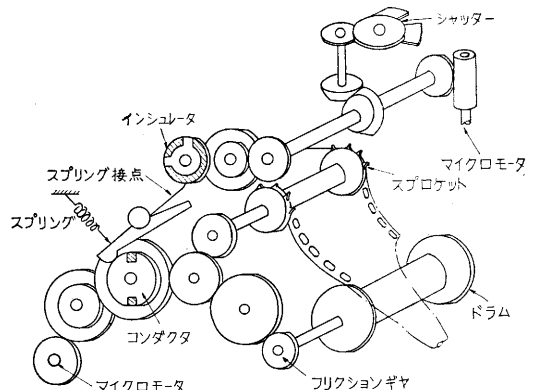
D-19 現像液, 10 分間現像

〔フィルム巻取り機構〕

第 6 図 (a) に示すように、未露出のフィルムが所定の位置で露出を完了すると、シャッターが閉じ、それと同時にシャッター機構に連動している車 A の接点が入るとフィルム巻取用のマイクロモータの回路が閉じ、フィルムの巻取りが始まる。フィルム巻取りは車 B と同軸で次のベークライトの所まで回転してフィルム巻取りの回路が



第 6 図 (a)



第 6 図 (b)

開き、一方車 A の接点もその時にはすでに切れているからフィルムは必要な長さだけ巻取って止まる。車 A は連続的に動いているから、次の露出が始まり、順次同じ作動を繰返す。

〔遮光および断熱〕

スリット回折格子とフィルム膜面の相対位置は、光学系の説明図に示したように適当な空間を要するが、重量強度の点を考慮してヤグラ型のものを使用したため、遮光には特に注意し牛皮のケースおよび暗幕を用いて全体をつつんだ。またノーズ部が高熱になると、フィルムに熱カブリを生ずるので、第 1 回のテスト観測の失敗の経験から、第 2 回目の観測では、ノーズ部の内壁に富士精密 KK の波辺氏考案による断熱材を塗布した。その結果熱カブリはかなりの程度除くことができた。

〔電源電池〕

電源としてはマイクロモータを作動させるためのもの

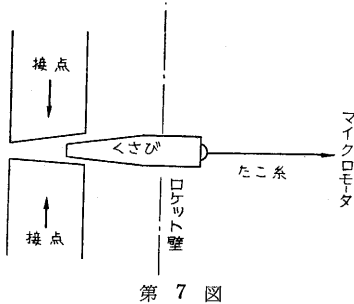
- (1) 数分ないし数十分間の使用を考慮し
- (2) 重量、形態の小なること
- (3) 熱影響の小さいもの

- (4) 振動, 衝撃等に耐えられること
- (5) 真空中でも十分働くこと

等に留意してマンガン電池, 水銀電池, 銀電池等を試験した結果 (試験内容は後出), シャッタ用にはマンガン単三電池 5 個直列, 巻取り用には同 7 個を直列して使用した。

〔作動開始のためのスイッチ〕

RS-1, RS-2 ともに作動開始には, シャッタ用マイクロモータの回路を閉じる方法をとった。RS-1 は第 7



第 7 図

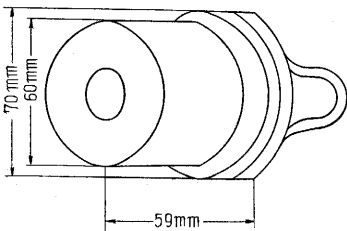
図に示すように楔で接点を開ておき, 発射前 30 秒に遠隔操作で計測室からマイクロモータを使用して楔をぬき接点を閉じようにした。

RS-2 は小型モータを分光器内に内蔵し, 同様に遠隔操作で小型モータを回転させ, 接点が閉じる方法をとった。

### § 諸試験

〔マガジンの落下衝撃試験〕

露出を完了したフィルムを巻取ったマガジンが落下の衝撃に十分耐え得るかどうか, またマガジン内への海水の浸入状況を試験した。使用したマガジンは第 8 図に示した通りで



第 8 図

ウム製 厚さ 10 mm

- (1) 鉄製 厚さ 10 mm
- (2) アルミニウム製 厚さ 10 mm
- (3) アルミニウム製 厚さ 5 mm

の三種を木製の浮標に連絡し, マガジン内部には水素連続紫外放電管を光源にして, ヒルガーの水晶分光器で露出したフィルムを装填したものを入れておいた。実験は館山湾内の海面において, ヘリコプター上より海面に投下してこれを収容した。3 回の実験の投下時の高度は 210 feet, 200 feet, 200 feet であった。投下実験にあたって, 海上警戒と投下物収容には海上保安庁より港内艇の協力を依頼した。

結果: いずれの場合も衝撃に十分に耐え得ることが分った。実際の場合には, 重量・強度の安全を考えて厚さ 10 mm のアルミニウム製マガジンを使用した。次に海水内にマガジンを浸し約 6 時間振動を加え, さらに 48 時間放置した後調べた結果, マガジン内に海水が浸入しても

外側の 3~4 巻きが浸されるにすぎず内側のフィルムは乾燥していることが分った。

〔衝撃試験〕

生産技術研究所 (池田研究室) において, IV 型 A, B の両分光器について, 分光器にフィルムを装填し, 全装備を施して, シャッタ回転, フィルム巻取りを行ないながら,

(A) 1 g, 55.5 g, 95 g

(B) 1 g, 76 g, 101 g

の衝撃を加えたがぜんぜん異常は認められなかった。結論として, 衝撃は 100 g でも十分耐え得ることが分った。

〔遠心力試験〕

生産技術研究所 (糸川研究室) の遠心力試験機で, V 型分光器に全装備を施し, 25 g まで, 連続的に加速度を加えた結果, 作動はぜんぜん異常なくはたらいした。

〔振動試験〕

日本電気 (川崎) の振動試験機を借用して試験を行なった。その結果

RS-1 の分光器では, 50 c/s で共振が一番強くなり, 数カ所のビスが外れた。その対策としては, 十分締めた上にラッカーを塗ると一時的に振動に耐えるとのことなので, そのようにした。

RS-2 の分光器では, RS-1 の実験結果が途中で作動が止まったため, 時計装置の部分を三方向 (x, y, z 軸) について, 振動数 1~3,000 c/s, 5 g をかけた。

x 軸方向に 60 c/s で共振状態となり, そのまま 2 分間,

y 軸方向では 100 c/s で共振を起こし, そのまま 4 分間 z 軸方向では 100 c/s で共振を起こし, そのまま 6 分間振動を加えて作動させた。その結果, 回転がやや不調に思われる点もあったが, 作動は十分行なわれることが分った。

〔温度試験〕

機械の作動が低温, 高温に対して十分であるかどうかを試験した。

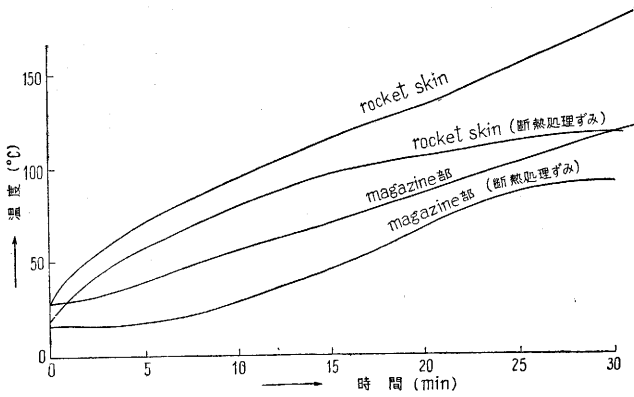
○低温試験

運輸技術研究所 (三鷹) の低温室内において, 分光器に全装備を施して試験を行なった結果,  $-32^{\circ}\text{C}$  まで常温とぜんぜん変化なく作動した。

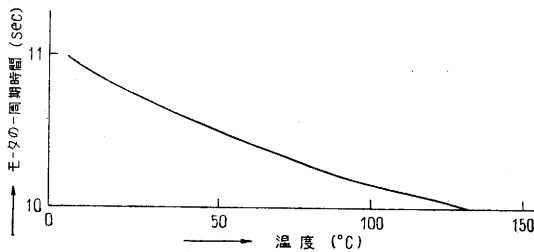
○高温試験

RS-1 の飛ばし実験の結果, フィルムが真黒になっていたので, これはノーズ部が高温になるために生じた熱カブリではないかと考え, RS-2 については, 嚴重な高温試験を行なった。富士精密 K.K. の渡辺研究室の恒温槽および実験設備を借用して試験を行なった。

(1) ノーズ部の内壁に断熱処理を施したものと施さないものについて, ノーズ部の内部および分光器の温度効



第 9 図



第 10 図 シャッタ用マイクロモータの温度特性

果を第 9 図に示す。

(2) マイクロモータの熱試験

日本マイクロモータの規格として部品加工上の理由で保証は+60°C までとしてある由である。しかしノーズ部がさらに熱せられる場合も考えて、富士精密 KK において試験を行なった結果は第 10 図のごとくである。すなわち 60°C 以上の温度中でも回転機構は作動するけれども、いったん実験を停止してふたたび働かせようとするとマイクロモータの内部機構が不調となり動作しなくなった。これはナイロンギアがとけたためといわれている。

〔電源電池〕

(1) 真空試験

高空にあがって真空度が高くなった状況でも電池が十分使用しうるかどうかについて試験をした。

○マンガン電池

単三マンガン電池 3 個を真空装置に入れ 10<sup>-1</sup> mmHg にして放置し次のような結果を得た。ただし無負荷の場合

経過時間	A	B	C
0 分	1.50 V	1.57 V	1.16 V
10 分	1.53 V	1.48 V	1.21 V
45 分	1.50 V	1.50 V	1.25 V

また実験の前後において、形状の変化もぜんぜん認められなかった。

○水銀電池

同様に水銀電池を真空装置に入れ 10<sup>-1</sup> mmHg 中で実験した結果、次のごとくであった。

無負荷で 1.325 V、50 mA 負荷で 1.225 A のものについて

経過時間	水銀電池	経過時間	水銀電池
3 分	1.220 V	10 分	1.200 V
7 分	1.220 V	再び空気を入れて	1.200 V
9 分	1.210 V		

結論として、真空中では電池は普通の状況とまったく同様に仕事に耐えられるといえる。

(2) 熱試験

○低温

運輸技研三鷹の低温室を借用して、マンガン電池、水銀電池、銀電池の三種について試験した。その結果を A 表および第 11 図に示す。

○高温

ナショナル水銀電池 6 個直列 } について  
ナショナル単三マンガン電池 5 個直列 }

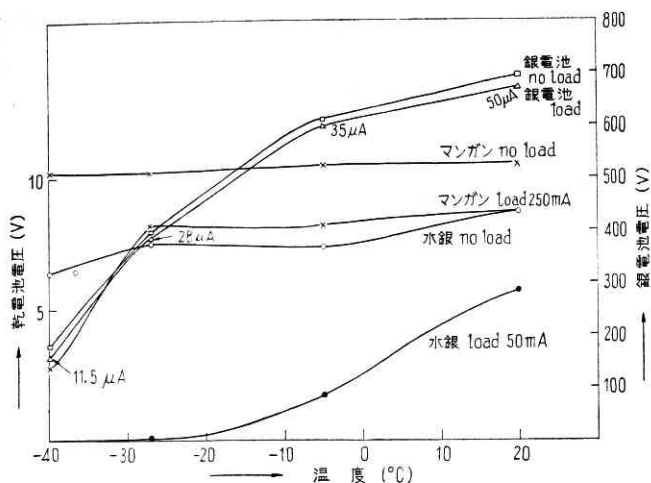
-10°C ~ +85°C における温度試験の結果は第 12 図のごとくである。

ナショナル単三マンガン電池 5 個直列の +25° および -15°C における放電特性は第 13 図のごとくである。

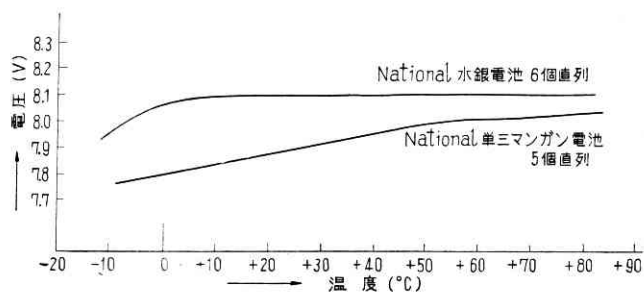
結論として、マンガン電池が高温、低温ともに最も良

A 表

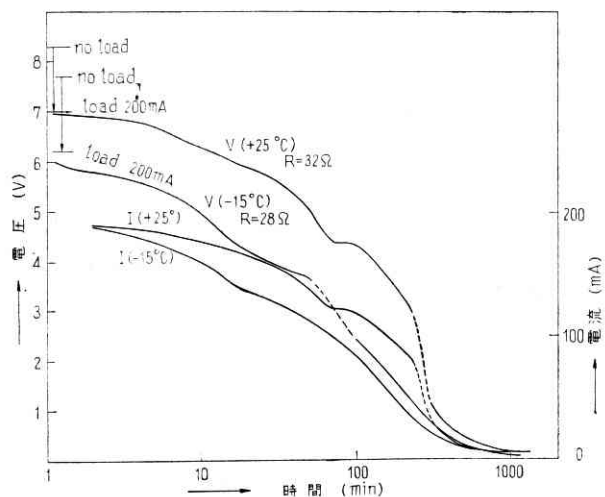
温度	マンガン		水銀		銀	
	無負荷	負荷	無負荷	負荷	無負荷	負荷
21°C	10.61 (V)	8.85 (V) 250 (mA)	7.85 (V)	5.70 (V) 50 (mA)	698 (V)	662 (V) 50 (μA)
-5°C	10.50	8.20 242	7.40	1.80 50	620	595 35
-27°C	10.10	8.10 242	7.60	0.05 27	400	379 27
-41°C	10.30	2.40 250	6.36	0.00 7	163	150 11.5
21°C (復元性チェックのため)	9.62	8.20 259	7.81	4.65 50	605	595 34



第 11 図 乾電池の温度特性試験



第 12 図 ナショナル水銀, マンガン, 乾電池の温度特性



第 13 図 ナショナル単三乾電池 5 本直列放電特性, 温度特性

好であることが分かったので、マンガン電池を使用することに決定した。

〔フィルムの試験〕

(1) 海水の影響

マガジンの落下衝撃試験の際、フィルムは海水に浸されることはほとんどないことが分かったのであるが、もし海水に浸された場合、その写真濃度にどのような影響を及ぼすかを試験した。光源には水素連続紫外放電管を用い、ヒルガー水晶分光器によって露光した 103-O-UV フィルムを海水に 1 時間浸し、そのまま現像したもの、蒸留水で水洗後現像したもの、海水に浸さずに現像したものについて調べた結果、ぜんぜん影響のないことが分かった。

(2) 温度の影響

RS-1 の分光器が回収されて現像した結果、フィルムは真黒になってしまっていたのでその原因を種々考えた結果、熱カブリではないだろうかということになり、フィルムの高温におけるカブリを試験した。

- (a) 分光器のマガジンに 6m のフィルムを装填して 200°C の恒温槽内に 3 分間放置したものは完全に真黒になった。
- (b) フィルムを金属函内に密封し、40°C、60°C、80°C、99°C の湯水中に 5 分間浸したものを調べた結果、80°C、99°C のものは真黒になった。
- (c) 同様の金属函を 96°C の湯水中に、30 秒、1 分、2 分、3 分、5 分浸したものについてみると、2 分、3 分、5 分のものが真黒になった。

ここに真黒とは写真濃度 3.0 以上の意である。以上の結論としてフィルムが 80°C 以上に 2 分以上放置されると、完全に熱カブリをうけることが分る。

〔光学系の調整およびフィルム巻取りの試験〕

光学系の調整には最初太陽光線を用い、回折格子の零次の位置でフィルム膜面上の波長が目的の位置 (1,900Å-3,500Å) になるようにし、次に太陽光線の吸収線および紫外線用水銀放電管の輝線を用いてスペクトル線の像を鮮鋭になるまで調整する。その 1 例を写真に示した。

§ 観測

RS 1 号ロケットは V 型分光器をのせて 1958 年 9 月 25 日 14 時 50 分に発射された。発射前 30 秒に分光器始動のための楔ぬきを行ない、作動は順調であった。発

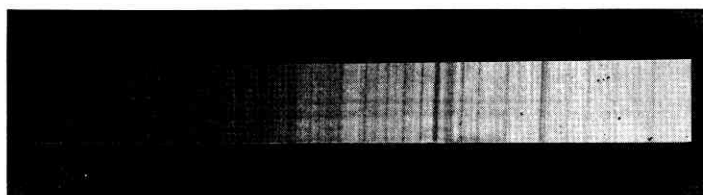


写真 3 太陽スペクトル (2900Å 以下は上空のオゾン層の吸収をうけて撮らない)

射角度 $78^\circ$ 、スリットの方向はロケット軸に対して $60^\circ$ とした。着水予定時より捜査が始められたが、日没までには発見できなかったが、その後10月1日15時50分、青森県深浦町行合岬沖で一漁夫により回収された。回収された分光器は東京天文台において解体された。腐食がはなはだしいが、衝撃等による変形はほとんど認められないくらいわずかであった。現像した結果、フィルムは発射後22.5秒で分光器の作動が止まり、フィルムは全長620cmにわたって真黒であった。これはノズ部が熱せられて、そのための熱カブリではないかと推定された。

RS2号はV型分光器第2号をのせて1958年11月29日12時05分に発射された。発射前、ロケット内に分光器を封入の作業中、スイッチギアの不調のため、約100秒自然に動いた。スリットの角度、発射角度等はRS1号の時と同様であった。着水予定時より早速報告が始められ、同日13時45分回収された。

分光器は相当大きな衝撃を受けたらしく、底板がふくれ、モータが破損し、革カバーが下の方へズレ落ちていた。全般的に変形を起こしたため、マガジンを取り出すのが相当困難であった。電池ケースも破損し、内部の電池は押しつぶされていた。しかしビス類はすべて元の位置にはまっていた。

フィルムを現像した結果

- (1) 発射後48秒間露出してあと巻取りが停止したまま、回収された。
- (2) ロケットノズ部の内壁と、分光器の底板接触部に断熱処理を施した結果、熱カブリはかなりよく防止することができていた。
- (3) 発射後20秒ごろ(高度8km)と発射後28秒ごろ(〃〃15km)とに太陽スペクトルらしき写真像が写っている。しか

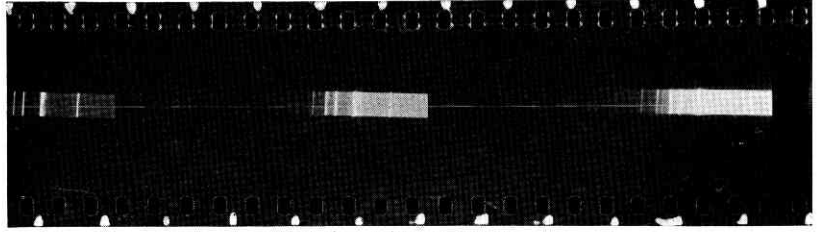


写真4 水銀スペクトル



写真5 回収されたRS-2の分光器の破損状況

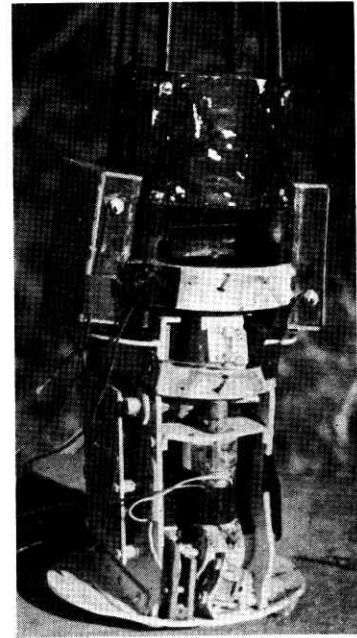


写真6

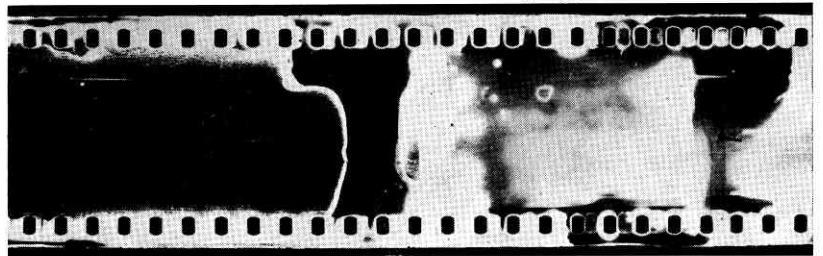


写真7 RS-2 分光器で回収されたフィルムの一部(フィルムのみみその他はまだ熱かぶりがあるが中央部はかぶりを生じていない)

し太陽吸収線は明瞭でなく、フィルム上の位置も正常でない。これは飛行中フィルム巻取り機構の不調のためと考えられる。

- (4) 結論として、撮影の高度の点および写真像の鮮鋭度の点からいって、今回の観測はデータとして採用するには十分でない。
- (5) 今後の対策としては、分光器の重量制限を緩和し生産技術研究所との緊密な協議の上で機構上の強化を計る方針とした。(1959. 5. 26)