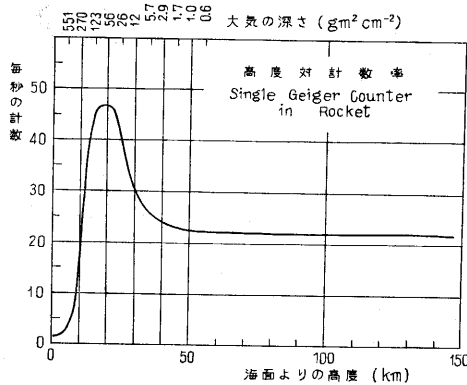


宇宙線計測器

宮崎友喜雄・竹内 一・今井 喬・大塚好造・成田昭三

1. ロケットによる宇宙線観測のねらい

気球、ロケットなどで地上から高々度まで宇宙線の強度を測って行くと、それは次第に増大し十数 km で極大に達し、以後再び減少して 50 km を超えるとほぼ一定になることが知られている。50 km 以下の宇宙線強度の消長は一次宇宙線と地球大気原子核との衝突で二次粒子をつくるための数の増加と減速吸収との平衡を示している。大気層を通らない、いわば生の宇宙線の振舞を調べることは一次宇宙線の諸性質、宇宙線の起源の問題、われわれの生命の源たる太陽の活動との関係（これはさらに地磁気、電離層、オーロラ等と関連してくる）等を探る上に一つの重要な手掛りとなる。



第1図 ロケットで得られた宇宙線の高度曲線の1例

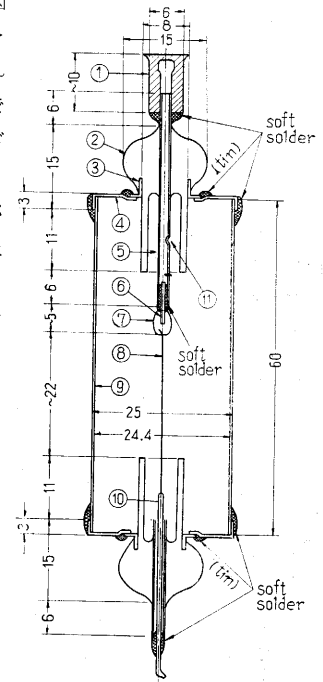
全方向性をもつ薄い壁のガイガー計数管で測定した高度曲線の1例を第1図に示す。これの形状および50 km以上の平坦部の強度は地球上の緯度、経度によってかなり差があり、図は ϕ (geomagnetic latitude) = 41°N のものを示している。現在 100 km 辺の緯度効果は主としてアメリカ地帯で北極から赤道に至るまで測定されているが他の地帯（経度の異なる）ではほとんどデータがない。飛行機による宇宙線中性子強度の全世界的分布の測定によると、地球を単なる磁気双極子のアナライザと考えたのでは説明できず、宇宙線強度の極小になるいわゆる宇宙線赤道が提唱されている。したがって数十Km以上で一次宇宙線の世界的分布を知ることは、さらに種々の発展をもたらすであろう。

以上の二方向について IGY の観測種目としてロケットによる宇宙線観測が計画されてきた。以下その一環として生研の観測ロケットに搭載した宇宙線測定器の概要を記してみたいと思う。

(1) 計数管 計数の統計的揺動を減らし測定の精

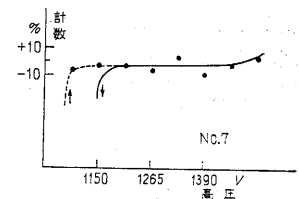
度を上げるには、計数の多いことが望ましいが、ロケット内の容積、重量の制限、故障の可能性の増大等のため、多段の減数回路をつけることは困難なので、両要求の妥協として第2図

(a) のようなガイガー計数管が設計製作された。計数管の壁厚はできるだけ低いエネルギーの粒子まで測れるようなるべく薄くしたいが製作、操作の便宜上 0.3 mm 真鍮を標準とした。充填ガスはアルゴンおよび Ethyle formate (quenching gas, 温度効果が少ない) を用いた。高電圧安定管としてコロナ管（規格 1,200 V, 5 μ A）を用いたのでガス圧を加減して動作電圧を調整した。実際には Ethyle formate 6~8



第2図 (a) 計数管の構造
①鉛パイプ ②硬ガラス ③コパール
④コパール ⑤コパール ⑥デュメット線
⑦軟ガラス ⑧0.1m/mφタングステン線 ⑨真鍮 ⑩銅線 ⑪排気孔

mmHg入れアルゴンを加えて全圧~160 mm Hg にすると具合がよかった。計数特性の1例を第2図 (b) に示す。心線が短いので出力は比較的小さく 5 M Ω の負荷で 3~7 V である。この計数管で屋内（科研板橋分所）で約 20 counts/min の自然計数をうる。



図の点線の部分はヒステリシスを示し不安定で使用できない
第2図 (b) 計数特性の1例

2) 高圧電源および計数回路

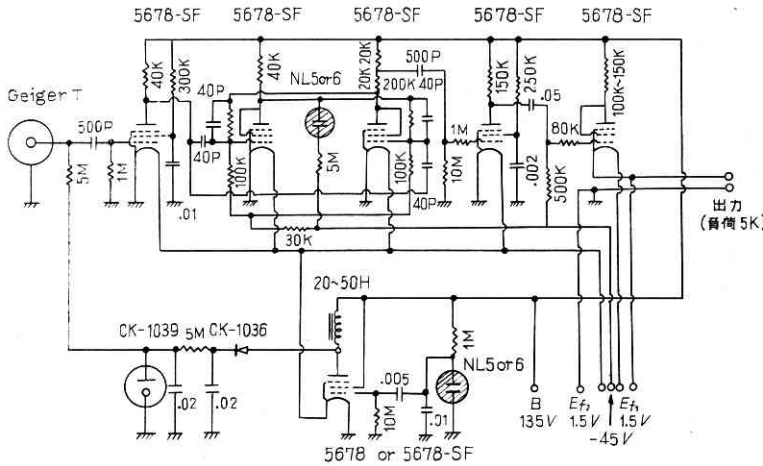
これらの回路に要求されることは

- 1) 軽量小型で動作安定確実であること。
- 2) 上空において周囲がほとんど真空状態になった場合でも安定に動作し、電圧低下、放電等を起さないこと。
- 3) 相当な振動に耐えること。また少なくとも 100 g 程度の衝撃に耐えられること。

4) かなり大幅の温度変化が考えられるのでこれに耐えねばならぬ。

特にカップIV型用としては、日電製テレメータに接続されるので、

5) a) テレメータ入力インピーダンス 500 kΩ b) 他チャンネルへの漏話をさけるため、テレメータの入力は 5V 以下に制限する。 c) パルス幅は 10 ms 程度が推奨される。そのため上空において計数が増した時の計数損失を無視できるようにするためには少なくとも scale of 2 の減数回路を必要とする。



第 3 図 計数回路図, 高圧電源部の回路図

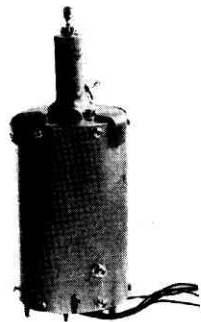


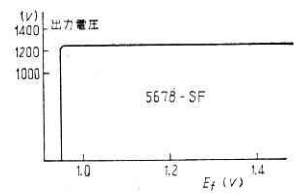
写真 1 装置の外観, 上部は計数管, 肩に防振用耐熱ゴムが貼ってある。

終段は高圧回路より入るパルス性雑音を除くため -45V のバイアスをかけてあり、合わせて波形の整形を行っている。陽極に入れてある抵抗および負荷抵抗を変えることにより出力電圧は自由にかえられる。図の回路で出力パルス幅は約 10 ms となった。

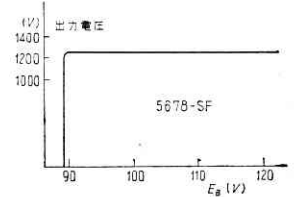
(4) 高圧電源部 高圧電源部は回路部品によって種々特性の違ったものができ、所要のものを製作するのは苦勞であった。フィラメント電圧および B 電圧に対する出力電圧の特性を第 4 図 (a) および (b) に示す。この回路においては部品の開発が遅れているため、セットによ

って相当のパラつきを見せている。おもな原因はネオン管およびチョークトランスの特性のパラつきによる。高圧部、計数部の気密を保つため密封した所を写真 2 に示す。

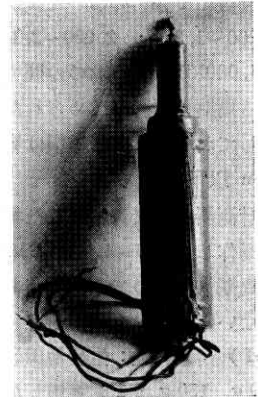
(5) 電源電池 ロケット用電源としては数



第 4 図 (a) E_f 対高圧出力電圧



第 4 図 (b) E_B 対高圧出力電圧



高圧電源部を密封したところこの外側に電池をおく。

写真 2 計数部

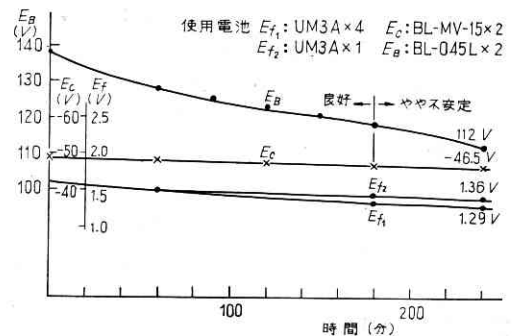
以上の点を考慮して設計された回路を第 3 図に示し、外観を写真 1 に示す。上部の小さいシリンダーが計数管である。以下各部について説明する。

(3) 計数回路部 計数管の出力パルスは一段増幅して一段の binary 回路に入る。これから出力をとる時は binary のバランスを崩さぬよう次段の入力インピーダンスはできるだけ大きくとってあり、かつマイナスパルスだけとるよう直列に抵抗を

分ないし十数分の使用を考慮してその間の特性のよいことが必要であるが、特に開発する余裕がなかったので市販のマンガン乾電池を使用した。実際に計測部をつけたときの放電特性を第 5 図に示す。フィラメント電圧 1.25V のとき B 電流 5~8 mA で図に示されるように余裕があるように見えるが電池の製造月日によっては際どくなることもありうる。カップIV型 1 号機、2 号機ともこの組合せを用いた。

2. 宇宙線計測器の試験

a) 動作上限, 下限: 高圧電源部においては B 電圧の



第 5 図 電源電池の放電特性

変動に対しては少なくとも 90V~140V の間では動作しななければならない。計数部では 100V~140V。

b) 連続動作試験：両回路部とも $E_f=1.2V$, $E_B=135V$ において連続 10 時間確実に動作し、回路素子その他に異常を認められないこと。

c) 減圧試験：常圧より 20 mb まで減圧して異常なく、かつ 20 mb において連続 2 時間以上確実に動作すること。

d) テレメータ系との組合せ試験：日電研究所においてテレメータ系と組合せ試験を行ったところ、予定した通りの性能を示すことがたしかめられた。

e) 振動試験：明星電気目黒研究所において計数管単独および計数部との組合せで実施した。いずれも軸に直角方向に振動を与え、100 RPM ごとに振動数をかえ各振動数に 1 分ずつにおいて試験した。計数管単独の場合は 1,200~1,300; 2,000~2,100; 2,800~2,900; 3,400~4,000RPM おおのこの間で、心線の共振に基くと思われる周期性雑音が認められたが、実験終了後は無事に動作しておりどこにも破損は見られなかった(振幅は約 2 mm 以下)。

計測器として動作させた場合は 3,000 RPM までは正常に動作し 3,000~4,000 RPM では宇宙線パルスの $\frac{3}{4}$ 程度の周期性雑音のである場合があった(ただし binary 回路のない時)。

f) 衝撃試験：生研池田研究室にお願いして 50 g, 100 g, 150 g 各 1 回実施したが各回とも衝撃の瞬間、出力に振動が見られたが永久的な変化は起らず正常に動作していることがたしかめられた。

g) 計数部重量：計数部本体 330 gr (未充填), 計数管 30 gr, 電池 BL-045L×2 140 gr, UM-3A×4 60 gr, BL-MV-15×6 90 gr, ケースは鉄製の場合 525 gr, アルミ製の場合 550 gr である。したがって総重量は充填剤を 200~400 gr として、鉄製では 1.375~1.575 kg, アルミ製では 1.4~1.6 kg である。

3. 道川における飛しょう実験の状況

テレメータとのかみ合せを行ったところ、出力 5V では大きすぎるので負荷抵抗を 3.3 kΩ まで下げて調節した。かみ合せ終了後高圧電源部が不調になり、出力が低下したので直ちに分解点検した。

① No. 1 気密部分をいったんあけて封じ直しただけで正常になった。これは多分機械的な歪で高圧出力が短絡に近くなったものと想像される。

② No. 2 チョークトランス自体の不良で No. 3 のものをこの方へつけると正常となった。

③ No. 3 新しいチョークをつけて正常となった。

衝撃試験はまず計数器だけを 100 g で試験したが動作は正常であった。つづいて 1号機についてテレメータを接続して 70 g で実施したが受信ペン書きオシログラフ

上には何らの雑音も出ず、いつ試験が行われたか分からない程度だった。2号機もテレメータとのかみ合せ試験終了後 70 g で実施し異常のないことがたしかめられた。

ロケットに装着してからの動作試験はスイッチ台に滑車をつけロープの先に 1mC の Co⁶⁰ (鉛約 3cm シールド付) を吊し、本部(受信室で監視しつつ)の指令でこれを約 1m まで近づけたり離したりして計数の増加減少を見ることにした。

実際の発射の時は 1号機, 2号機とも発射の衝撃に耐え正常に動作し数個の宇宙線の計数を示すパルスをペン書きオシログラフの記録上にとらえたが、途中で情報が

とたえ、上空の宇宙線計測の目的は果しえなかった。記録を第 6 図 (a), (b) に示す。便宜上加速度計の記録と同時に示す。

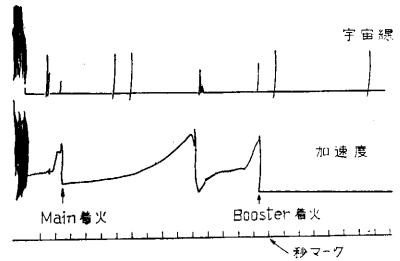
これはいずれもテープに録音されたものを縮尺再生したものである。

4. むすび

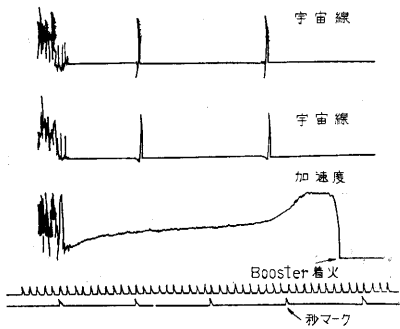
以上のように最初期待した観測

データは得られなかったが、カップ IV 型の実験は貴重な経験だった。装置の改良点も見当がしたが、何よりの収穫は、装置が発射時の試験に耐えたことによって製作上の自信がいくぶんなりと体験を通して得られたことである。

ここに終始ご指導下さった池田, 高木, 糸川三教授始め生研観測ロケット班の各位ならびに関係各会社各位に御礼申し上げる。準備段階における諸試験にご援助頂いた池田, 糸川両研究室ならびに明星電気 K. K., 日本電気 K. K., 現地で不慣れた筆者等を懇切にお世話下さった野村助教, 吉山技官, 下村業務主任始め多くの方々に紙上をかりて深甚の謝意を表したい。なおロケット搭載用宇宙線測定器の開発は最初気象研の石井部長, 科研の川崎・近藤両氏, 久保田気象測器の大矢氏が担当されたことを付記してここに謝意を表す。(1958. 8. 21)



第 6 図 (a) K-IV-C 1 号機による宇宙線の記録



第 6 図 (b) K-IV-C 2 号機による宇宙線の記録