

カ ッ パ 8 型 の 宇 宙 線 測 定

宮崎友喜雄・竹内 一・今井 喬・大塚好造・大矢幸司

§1. 序 言

1960年には K-8 型によって到達高度・重量・スペースとも従来よりいっそう恵まれた条件において実験を行なうことができたので、ここに報告させていただく。

8 型の宇宙線測定の狙いは、

(1) 上空の宇宙線の組成およびエネルギー分布に関する情報を得ること。

(2) 人工衛星 (1958 α —近地点 350 km) の測定から示唆される放射線強度の高度変化の異常¹⁾ (“コブ”または階段状の突起で東径約 140° 辺の中低緯度、東京およびシンガポールの受信データに出ている—後出第 5 図参照) は高度 200 km 以下まで延びてきているか?

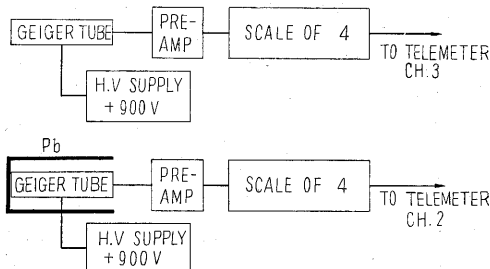
(3) K-8-3, 4 号とはほぼ同時期に人工衛星 1959 *iota*²⁾ が 500~1100 km の高度の測定をつづけているので、この測定結果との比較。これは(2)と関連して興味がある。

(4) 東径 140°, 北緯 40° という特定地点の上空における全宇宙線量は他の地点の値と比較して変わったことはないか?

という諸点である。

§2. 測 定 器

ガイガー計数管を一本だけ独立して用いる宇宙線測定器は、K-6, 7 型、ロクーンを経て逐次改良されトランジスタ化により小容積にまとめられるようになったので、今回もシステムは同様のものとし、狙いの(1)および(3)のために同一の検出器を 2 組、一方には鉛 1mm 厚のシールドを被せることにした。第 1 図に全システムのブロックダイヤグラムを示す。



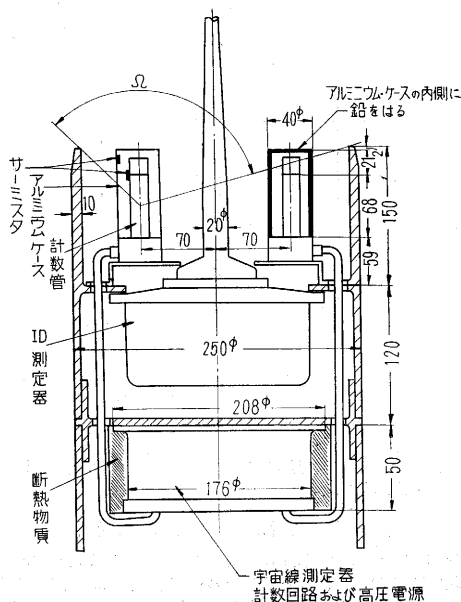
第 1 図 測定器のブロックダイヤグラム

検出器として今回からハロゲン計数管を採用した。広い温度範囲にわたって計数能率、始動電圧が変わらず安定性が高い利点と、計数域の傾斜がやや大きく、計数能率が若干低い欠点(蟻酸エチルなどを使用したものと比較して)とがあるが、ロケットの性能向上に伴い温度上昇がかなり大きくなることが予想されたので、狙いの(3)

にのべた 1959 *iota* との比較を容易にする目的もあって、同種のハロゲン計数管 Anton の 112 を採用することにした。

計数回路は 2 段の binary 回路によって scale of 4 をつくり、終段の一方のコレクタから 500 k ohm を通してテレメータ入力に結合し、binary の on-off にしたがって矩形波状の記録をうるようにした。scale of 4 であるため計数損失は無視することができ、記録もよみ易くなった。高電圧発生部はトランジスタを使用した DC-DC コンバータでコロナ放電管によって安定化した +900 V を得ている。

装置配置の略図を第 2 図に示す。計数管と高圧電源との結線は許されたスペースの関係上耐熱シールド線を直接気密端子にハンダ付けし、高圧の露出する部分に放電防止のためシリコンゴムを塗りかつケーブルには耐熱・耐真空補強のためガラスクロス巻きシリコンゴムを塗って仕上げた。またリモートコントロール SW はトランジスタを使用し内部および外部電池によって制御する方式によった。測定器は -40°~+40° C の間支障なく動作することを確かめたが、計数管自身は別に -18°~+100° C の間温度試験を行ない、計数能率・始動点とも一定であることを確かめた。現地では例のとおり 40 g の衝撃試験をやっていた。



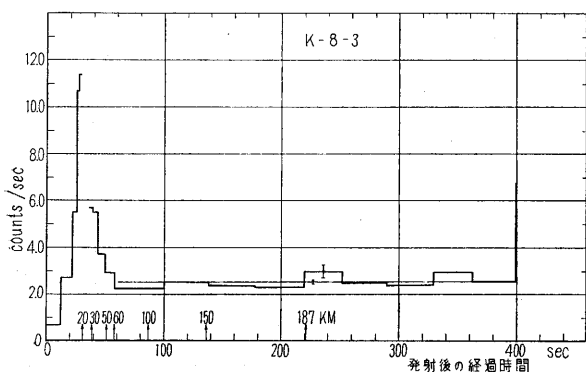
第 2 図 ロケット内装置の配置略図

§3. 実験の経過および測定結果

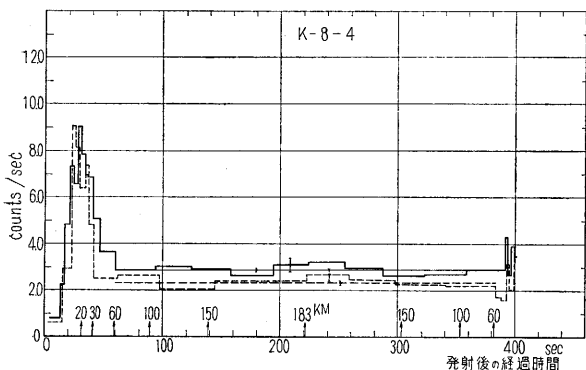
K-8-3, 4 は電離層の測定のため約 60 km 上昇した後、頭部の被いを取り去ったので(平尾技官の別稿参照)、測定は第2図のような状態で行なわれ、検出器から見た全立体角の $\frac{1}{4}$ は極めて薄い物質しかない状態であった。

K-8-3 は 1960 年 9 月 22 日, 15 時 32 分, K-8-4 は 9 月 26 日 20 時 25 分 (いずれも JST), いずれも真西に向けて発射された。レーダ班から提供された飛行航跡から最高高度の点の地磁気緯度を計算すると $\Phi = +29.5^\circ$ (高度 183 km, K-8-4) となる。K-8-3 についても高度 187 km であるほかは同じである。宇宙線の測定は 3 号機の片側の計測器が故障したほかは順調に行なわれ、いずれも発射より約 400 秒間にわたり計数率を測定することができた。発射よりの経過時間対計数率の形に整理したものを第3図(a), (b)に、高度対計数率の形にやき直したものの例を第4図に示す。

18~20 km 上昇して計数率が極大に達した後ふたたび減少し、約 60 km で開頭した後はほとんど一定の計数率を示しており 400 秒をこえふたたび極大に達した徴候



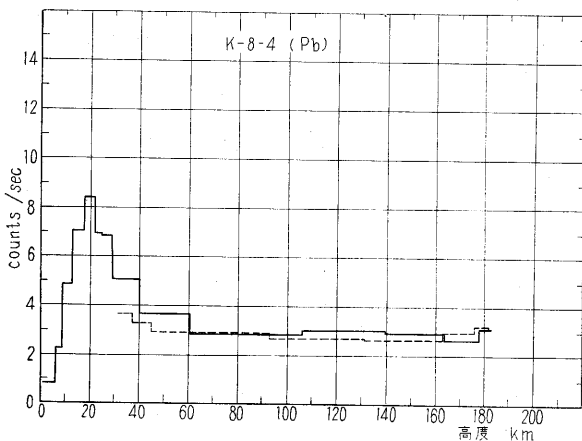
(a) K-8-3 1960年9月22日, 15時32分発射。Pbなし。



(b) K-8-4 同年9月26日, 20時25分発射。実線 b あり。破線 Pbなし。

第3図 発射からの経過時間対計数率

200~280 秒における Σ 印は標準偏差の大きさを示すための一例で、図中 60~380 秒の間の一区切については約 $\pm 10\%$ 、高度 60 km 以上の全体についての平均値に対しては小さい Σ で示され、約 ± 3 (ないし 4) % となる。表参照。



K-8-4 Pb ありの場合。実線は上昇時、破線は下降時の計数率。

第4図 高度と計数率の関係の1例

が表われたころ、測定器は動作しなくなった。これは再突入時の加熱により計数管が機能を停止したためと思われる。サーミスタによる計数管壁の温度測定については別稿、森・和波両氏の報告を参照されたい。後の考察に必要な高度 60 km 以上における平坦部の計数率の平均値を表に示す。

表

	K-8-3	K-8-4	
	Pbなし	Pbなし	Pbあり
計数率 counts/sec	2.52 ± 0.089	2.38 ± 0.086	2.88 ± 0.095
計数率の相対値 K-8-4, Pbなし=1	1.059 ± 0.057	1.000	1.210 ± 0.059
平均有効断面積 G_0 の相対値	1.049 ± 0.011	1.000	1.008 ± 0.010
G_0 の差を補正した 計数率の相対値	1.010 ± 0.055	1.000	1.200 ± 0.060

K-8-3, 4 の 60 km 以上における計数率の平均値、誤差は標準偏差を示す。

§4. 測定結果の考察

○狙いの(1)について。K-8-4の測定より“Pbあり”と“Pbなし”との計数率の比は 60 km 以上について 1.20 ± 0.06 となる(表参照)。標準 R_a による計数管の平均有効断面積 (Geometric factor G_0) の相互比較のあいまいさは 2% をこえず、各計数管の高圧の差によるあいまいさも 5% をこえないから、“Pbあり”が“Pbなし”より 20% 計数が大きいと結論される。この増加の原因は一次宇宙線および Albedo (一次宇宙線と大気との衝突により発生した二次線のうち、高空へ逆戻りする部分) と、鉛およびロケット機体との相互作用の結果発生する二次粒子および γ 線の存在、ならびに鉛による γ 線の検出効率の上昇との両方の効果によるものと考えられる。このための増加が鉛の低エネルギー粒子に対する

吸収効果を上まわっているわけだから、鉛 1 mm の有無がきく程度の飛程をもつ粒子（陽子で 10 MeV、電子で 1 MeV の桁のエネルギーをもつもの）が急なエネルギースペクトルをもって大量に存在するという事は否定される。

○狙いの (2) について、§4 に述べた通り 60 km—187 km 間ほとんど一定の計数率を示しており急激な上昇は見られないから、少なくとも今回の測定の際には $\phi = +29.5^\circ$, $\lambda = 138^\circ E$ では高度曲線の異状は 200 km 以下まで延びてきてはいないと結論される。参考のために 3 台の人工衛星と K-8 その他ロケットによって測定された高度曲線を第 5 図に示す（測定器の寸法の違いはおのおの ϵG_0 によって 1958 α に揃えて描いてある。 ϵ は高速荷電粒子に対する計数能率を示す）。各測定の検出器は同種のものだけを集めてあるが、周囲の物質状況はそれぞれ違うので ϵG_0 の比だけで引き直すのは正確でないわけであるが一応の目安として役立つと思われる。この図で見ると 1960 年には >500 km の高度の放射線強度は 1958 年の二群の測定値よりずっと小さくなっているがそれでも 200 km 以下の値に比べると二倍程度になっているので、この時期にもまだ少なくとも二倍程度のふくれ上がりがあることが想像される。今後広い高度範囲を同一測定器（エネルギー依存性をもつものが望ましい）によって測定すれば事実の確認ができ、その

時間変化とあわせて起源、本性について考えることができるようになるだろう。

○狙いの (4) について、宇宙線の方向分布は等方的であると仮定して実測による計数率 N 、計数能率 ϵ 、平均有効断面積 G_0 としてそれぞれ $N = 2.38 \text{ counts} \cdot \text{sec}^{-1}$ (K-8-4, Pb なし), $\epsilon = 0.767$, $G_0 = 8.43 \text{ cm}^2$ とすれば flux J_0 は $N = \epsilon G_0 J_0$ により $J_0 = 0.37 \text{ particles} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$, したがって一方向強度 $\bar{J} = J_0/2\pi = 0.059 \text{ particles} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{steradian}^{-1}$ となり Van Allen らの測定値³⁾, $\phi = 0^\circ$: $\bar{J} = 0.053$, $\phi = 41^\circ$: $\bar{J} = 0.120$ (単位は上記と同じ) と矛盾しない。ただし著者らの値は G_0 の値の誤差そのほかから数値自身約 10% のあいまいさがある。また Van Allen らのも著者らのもいずれも多分の二次粒子を含んだ値である点は変わりがない。

§5. 結 言

上記のとおり実験結果に多少の検討を加えた結果、結論として、(i) 60—200 km で全放射線強度 (flux) は $J_0 \approx 0.37 \text{ particles} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ である ($\bar{J} \approx 0.059 \text{ particles} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{steradian}^{-1}$)。

(ii) 高度曲線の異常なふくれ上がりは 200 km 以下では見られず多分 200 km—600 km の間にあるものと想像される。

(iii) 高度 200 km まででは飛程が鉛 1 mm 程度の低エネルギー粒子でエネルギースペクトルが急な放射線

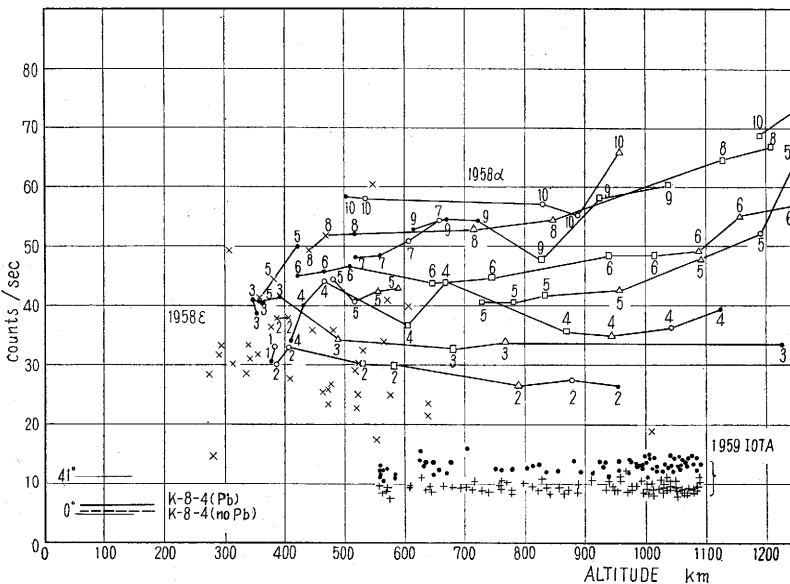
は特に大量にあるということはないといえることができる。

終わりに臨み今回の測定の実施を可能にされ、絶大なご協力をいただいた東大生研ほか諸機関の関係者各位ならびに、関係各会社の諸氏に深甚の謝意を表す。松下通信工業 K K 研究部の中村・岡田両氏には耐熱電線についてご配慮をいただいたことを感謝する。

(1961 年 8 月 2 日受理)

文 献

- 1) Y. Miyazaki and H. Takeuchi, Rep. Ionos. Res. Japan 12, (1958), 448, S. Yoshida, G. H. Ludwig and J. A. Van Allen, J. Geophys. Res. 65, (1960) 807.
- 2) G. H. Ludwig and W. A. Whelpley, J. Geophys. Res. 65, (1960) 1119.
- 3) L. H. Meredith, J. A. Van Allen, and M. B. Gottlieb., Phys. Rev. 99, (1955) 198.



東経 140° 付近。1958 α , 1958 ϵ , 1959 IOTA および K-8-4 他による。計数管の寸法、計数能率の違いはそれぞれの計数管の ϵG_0 を用いて 1958 α の値に引き直してある。傍に数字を付けた \square, Δ, \dots 等の記号は 1958 α に対するもので各点の地磁気緯度の範囲を区別するために用いた。数字は 1958 年 2 月の日付を示す。□: $\phi 22^\circ - 24^\circ$, Δ : $\phi 20^\circ - 22^\circ$, \circ : $\phi 18^\circ - 20^\circ$, \bullet : $\phi 12^\circ - 18^\circ$, \times : $\phi < 12^\circ$ 。数字のついていない \times は 1958 ϵ の $\phi \leq 30^\circ$ のデータを示す。下部は中央から右に並んでいる $\bullet, +$ 印は、1959 IOTA のデータで、 \bullet 印は秋田上空のもの、 $+$ 印は $18^\circ \leq \phi \leq 22^\circ$ のもの。K-8 型は Pb あり: 実線, Pb なし: 破線で 4 号機の平均値を示している。また $0^\circ, 41^\circ$ とかいてある線は Van Allen たちの測定値を示し、高度は必ずしもこの通りではなく大体の値を示す模式的なもの。

第 5 図 上空の全放射線分布