

シグマ4型の宇宙線測定

宇宙線観測班*

1 はし が き

1960年9月にはK-8型ロケットによって初めて200kmに近い高度の宇宙線強度の測定¹⁾を行なうことができたが、その後1961年6月にはさらにロクーンによって同種の測定の仕上げを行なうことができた。後者においてはロケットが小型であるため宇宙線検出器としてはガイガー計数管を一本だけしか積めなかったが、予想を上回る高度に到達し所期の目的を達することができた。測定器はK-8型と同様ハロゲンガス封入のガイガー計数管(Anton社112)を用いており、計数回路がscale of 8になったほかはK-8-3,4の鉛シールドのないものと同様で全重量約1.2kgにまとめた。

2. データの整理法・ロケットの航跡

テレメータ受信機の出力はテープレコーダに納め同時にもう一つのチャンネル(ステレオの)にJJY標準電波の時刻信号を録音しておき、後に両者を同時にペン書きオシログラフの記録紙上に再生し時間の正確を期した。この記録から時間対計数率の関係をもとめ、時間と高度との関係を用いて高度対計数率の関係を求めた。以下時間対高度その他ロケットおよびバルーン²⁾の航跡について述べる。

(i) 時間関係

テープ記録、テレメータ班の記録およびメモなどから整理して用いたデータは第1表に示す。

(ii) バルーンおよびロケットの垂直航跡(t-Z)

ロケットがバルーンによって上昇している時の時間対高

第1表 シグマ4型実験における時間関係
時間はJSTで示す

	Σ-4-1	Σ-4-2
Date 1961	13 June	18 June
ゾンデ浮き上がり始め	06 ^h 00 ^m 36 ^s	12 ^h 10 ^m 26 ^s
ロケット浮き上がり始め	56 ^s .5	51 ^s .3
ロケット発射	06 ^h 39 ^m 23 ^s .5	13 ^h 35 ^m 26 ^s .4
テレメータ終止時間	—	発射より333.5秒

* 宮崎友喜雄, 竹内一, 今井喬, 吉沢忠良(理化学研究所)
大塚好造, 大矢幸司, 堤 稔(久保田気象測器K K, 古河研究所)

度はバルーンの下に吊り下げたゾンデから十分精密に求まるが、測定器の高度はゾンデ、ロケットの間が約100m(ロープの伸びを考慮して)のロープを介しているの、測定値から100m差し引いたものを採用した。

ロケット発射後は高度約30kmより80kmまでの間は気圧の測定結果を用いることができる。しかし80km以上は他の方法で推定しなければならない。飛しょう実験終了後7月10日に開かれた検討会では、ロケットの飛しょう時間を性能計算の結果とつき合わせて最高高度を出す方法がとられ、飛しょう時間を出す方法として次の三通りが検討された。

a) 気圧データから出す方法

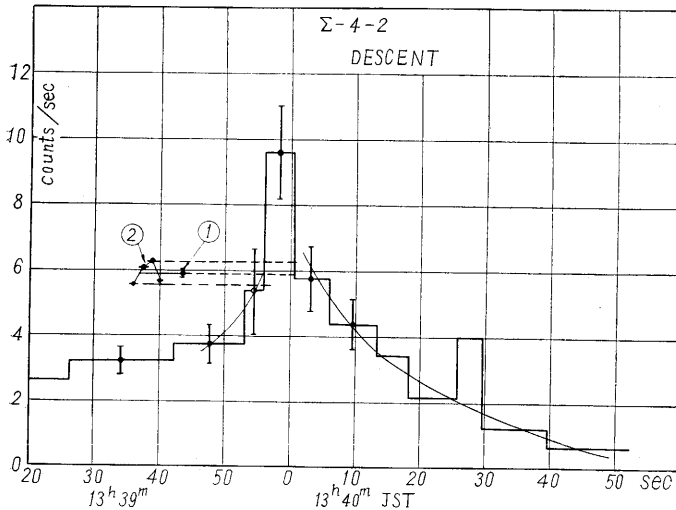
富永氏の報告によると、最高高度に達するまでの時間は $t_{max}=136.5$ 秒、発射(20.0km)より最高高度に達し再び20.0kmまで下降するに要する時間 $=2t_{max}=273$ 秒。

b) テレメータの終止時間より出す方法

発射より最高高度を過ぎて海上に落下するまでの時間が分かるので(333.5秒)、これと性能計算とから高度を求める。この方法だと気圧から求めたものよりかなり高く出すぎて宇宙線強度最大の点(後記)を説明するのが困難になるように思われる。

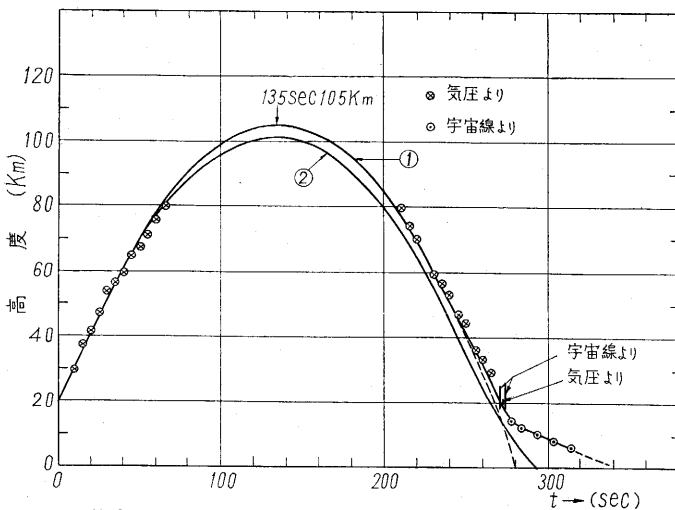
c) 特定時刻における宇宙線の計数率を既知の高度の計数率と比較して、その時の高度を推定する方法。あるいはその逆。

発射前約6分間バルーンは浮遊しており一定の高度(計器部が20.0km)に保たれているので、この時の平均計数率は比較的精度よく求められる。これを利用して再び20.0kmに到達した時刻を求める。計数率対時間の関係のうち下降時の最後の部分を第1図に示す。この図で浮遊時の平均計数率 5.94 ± 0.12 counts/sec に等しくなる最初の時刻を求めると、 $13^h39^m55^s$ となるので、発射から最高高度を経て再び20.0kmまで到達する所要時間は269秒となる。この方法は誤差が大きく曲線のfitの具合で1~2秒は狂うし、20km辺はちょうど強度最大の点に近く高度の変化に対して計数率の変化がゆるやかになるので、とるべき時間の範囲が広がってくるが、図から大体の所を当たると 269 ± 5 秒位が妥当なところとみられ、この値を10秒以上大きく後へずらすことは難しいように思われる。



第 1 図 ロケット下降時後半における計数率の時間変化(Σ-4-2)
 ①はバルーンが 20 km で浮遊している時の計数率の平均値を示す。
 ②はその間における時間変動の例を示す。

これらの方法を通観すると、270 秒を採用するよりむしろ気圧測定から出した 273 秒の方がよいように思われるが、一応 270 秒を採用することとし性能計算から最高高度の点を求めると 105 km となることが検討会で示されたので、この値に基づいて約 40km 以上の時間対高度を自由落体で計算すると第 2 図の曲線①のようになり、気圧測定から求めた値とも 40 ないし 80 km ではほぼ一



第 2 図 ロケットの垂直航跡の推定(Σ-4-2)
 曲線①(右下で破線になる)は頂点を(135秒, 105km)として自由落体の式で計算したもの。
 曲線②は(85°, 20km)発射の性能計算より引き直したものの。

致する結果を得る。下降時に 20 km に達する時間は 270 秒として気圧および自由落体の計算と適当に結びつけて t-Z の関係を得ることにした。また上昇時 20-30 km は性能計算を用いた。

下降時の 20 km 以下は適当な方法がないので、逆に宇宙線の計数率をバルーンステージの計数率と比較して

高度を出してみると、第 2 図の丸印のようになり高度 12 km-6 km の間ではほぼ 300m/sec の等速運動となり性能計算よりいじりくく低い値をうるが、これはかなりあいまいな値で、気圧、宇宙線と矛盾しないようにしつつもう少し速い速度を設定することも可能であろう。

(iii) 水平航跡

気象班の測定によると発射点の経、緯度は $\lambda = 141^{\circ}44'E, \phi = 40^{\circ}42'N$ であり、スピンの記録、テレメータアンテナの指向性から推定された発射方向は東方ないし東北方でいくぶんあいまいであるが、水平飛行距離は 40 km 程度(7月10日検討会)となるので、主な測定位置として発射点の λ, ϕ を用いても大過はない。上記の λ, ϕ を用いて地磁気緯度を求めると、 $\Phi = +30.8^{\circ}$ となる。なお K-8 型 3, 4 号機の場合の主な測定位置は、最高高度の点を考えると $\lambda \approx 138^{\circ}05'E, \phi \approx 39^{\circ}34'N, \Phi \approx +29.4^{\circ}$ となる。

3 宇宙線測定結果の検討

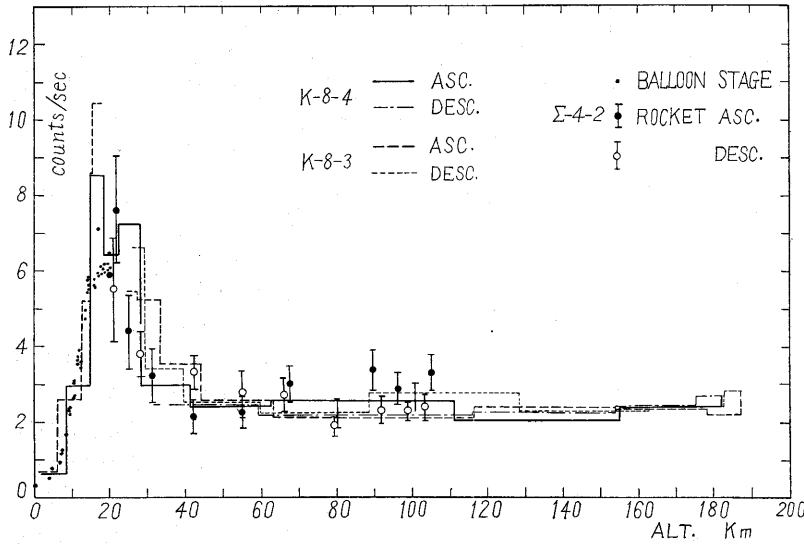
a) Σ-4-2 の測定結果について

前節(ii)に述べた時間対高度の関係をを用いて高度対計数率の関係を求めることができる。比較のために各計数管の geometric factor を補正した上で K-8 型 3, 4 号の結果をあわせてプロットすると、第 3 図のようになり、3 種の測定のいずれの場合も高度約 50km 以上では計数率はほぼ一定であってかつ相互に似た値を示している。各測定について 60-105 km の間の平均計数率ならびに geometric factor の比、geometric factor の違いを補正した計数率の比を第 2 表に示す。ただし Σ-4-2 の場合は高電圧が標準より、40V 低かったため約 8% 計数率が低目にでているはずなので、この分を補正すると Σ-4-2 に対しては上記 geometric factor 補正ずみの比は 1.09 でなくて 1.17 まで大きくなり、表示された誤差を少し上回ることになる。さらに K-8 シリーズと Σ-4 シリーズとの間では、キャリブレーションの条件の違いによるあいまいさが約 5% (各シリーズの中では、2% 以下) あるので、1.17 という比を得ても Σ-4-2 の方が大きい計数率を得たと断言することもできない。むしろ 10% ないし 20% の範囲で変わっていないとみるべきであろう。

Σ-4-1 ではバルーンステージ約 10 km までのデータしか得られなかったので特に報告すべきことがない。

b) 周囲物質の状況の違いについて

K-8 の場合と Σ-4 の場合とでは周囲の物質の状況がかなり異なっている。すなわち K-8 では、測定器からみ



第3図 3回のロケット観測の結果(鉛シールドなし)
K-8型3号および4号機, Σ-4型2号機. 生の測定値に計数管の
geometric factor の補正を施した結果を示す.

第2表 高空において計数率がほぼ一定になる所での平均計数率
の一覧表

	K-8-4		K-8-3	Σ-4-2
	Pb なし	Pb あり	Pb なし	Pb なし
60-105 km 平均計数率 counts/sec	2.33±0.18	2.84±0.20	2.49±0.20	2.51±0.11
計数率相対値 K-8-4 Pb なし=1	1	1.22±0.13	1.07±0.12	1.08±0.10
計数管の Geometric factor の比	1	1.008±0.011	1.049±0.011	0.963±0.017
Geom. factor の違いを 補正した計数率の比	1	1.21±0.13	1.02±0.12	1.09±0.10

た全立体角の約 1/3 が物質のない自由な空間で残りの約 2/3 は鉄で約 10gcm⁻² 程度の物質があるのに反して, Σ-4 では 2/3 以上はポリエステル(グラスファイバ補強)で約 0.5gcm⁻²(そのうち半分は 0.1gcm⁻² 程度の銅板が重なっている). 1/3 以下が主としてアルミニウムの数 gcm⁻² の厚さで占められている. これだけの差があるにもかかわらず前記 a) に示されたように 10 数%ないし, 20%というあいまいさがあるために差がみられない結果が出たということは, 統計誤差が大きすぎることに. キャリブレーションの精度不足ということもあるが, 逆に物質配置の差がひどく効いてはいないということでもある. したがって 1961 年と 1960 年という時間の違い, 約 1.°4 の地磁気緯度の違いの効果を度外視すれば上記の程度の周囲の物質状況の差は宇宙線全成分強度の測定に 20%以上の効果を与えそうもないといえるであろう.

4. 結論.

前節に記したように K-8-3, 4号機の結果とほぼ合う測定値(あいまいさ 10数%~20%で)を得たので, K-8 型の測定によって出した結論¹⁾ ①φ~30°, 型度 50 km以上 200 km 以下では Soft Particle が, 大量に存在することはない. (1960~1961 年) ②かつ 600 km 以上の高度における放射線強度に比し約半分程度の強度である. ③強度の絶対値等がさらに補強された. また周囲物質の影響もあまりひどくはないということも言える.

終わりに終始変わらぬご協力により実験を可能ならしめた平尾教授はじめロクーン実験班の各位, 関係諸機関の各位に深甚の謝意を表す. 特に気象研究所の石井部長, 立教大学の中川教授には準備実験の時代より常にご指導, ご協力をいただいたことを感謝する.

(1961 年 12 月 14 日受理)

文 献

- 1) 宮崎ほか四名. 生産研究 13 (1961) 411, No. 10

正 誤 表 (1月号)

頁	段	行	種 別	正	誤
16	左		写真9	天地逆	
31	右		写真3 説明	…(左より)…	…(右より)…