

# 多段式多重線比例計数管による

## 宇宙線陽子及びヘリウム原子核の測定\*

久下 章\*\*・関口 宏之\*\*・久保田 正\*\*  
柳町 朋樹\*\*・渡辺 博之\*\*・奥平 清昭\*\*

(1981年9月4日受理)

### 概 要

5 段式 7 本集電極比例計数管により宇宙線陽子及びヘリウム原子核の電離損失の分布を測定した。5 段の比例計数管からの 5 つのパルスハイトから最小のパルスハイトを選んだときの分布を得ることができた。電離損失の相対論的増加を利用したエネルギー測定へ向けて、これらの測定結果にもとづいて、2, 3 の検討を加える。

### 1. はじめに

我々は電離損失の相対論的増加を利用したエネルギー測定器を開発し宇宙線のエネルギー分布の測定に適用することを提案してきた [1]。地上の宇宙線のエネルギー分布の導入はすでに試みたが [2]，気球高度での宇宙線の測定は今回がはじめてであった。気球高度ではアルベド，電子，おそい粒子，シャワー粒子など多くの雑音となる粒子が混入しているので，これらの粒子をできるかぎりとり除いてから宇宙線陽子及びヘリウム原子核のエネルギー分布を導出する。ここでは現在できる範囲で雑音の除去をしたときの単荷電粒子の電離損失の分布を中心に報告する。

相対論的な速度をもった荷電粒子による電離損失は，気体（3.4 cm 1 気圧 Ar90%CH<sub>4</sub> 10 %Gas）中では，その最確値が50%程度の相対論的増加を示すが，そのゆらぎの半値幅（FWHM）は相対論的増加を上回る（67%）ほどである。そこでわれわれは次の2点について注意深く検討した。

- (1) 電離損失の分布の形を精度よく測定する。
- (2) FWHMをせばめるために気体比例計数管を多段式にし，その信号を統計処理する。

---

\* 宇宙研特別事業費による研究論文

\*\* 立教大学理学部

(1), (2)の両方を組合せることにより,他の測定器と同程度のエネルギー分布測定精度を得ることができる。

エネルギー分布の導出については稿を改めて報告する予定である。

## 2. 多段式多重線比例計数管望遠鏡

1980年9月22日に飛揚した気球に搭載した多段式多重線比例計数管望遠鏡は,図1に示すごとく,コリメータ用の20cm $\phi$  2cm厚プラスチックシンチレータ2枚(PS1, PS2)と5段式7本集電極比例計数管(PC1~PC5)とからなる。

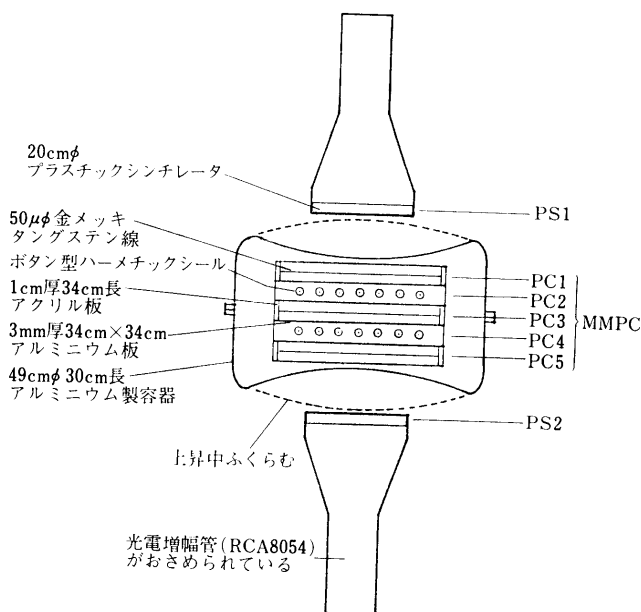


図1 5段式7本集電極比例周数管望遠鏡

PSはいずれも20cmはなれたところから1本のRCA 8054 3"光電増幅管により受光している。いずれもアルミニウム製ライトガイドの中におさまられている。

PCには各段の中央面に50 $\mu\phi$ 金メッキタンゲステン線が4cm間隔で7本はられている。この集電極面から上下にある陰極面までの距離は2cmで,各段での最短のpath lengthが4cmとなっている。5段のPCが49cm $\phi$ 30cm長のアルミニウム製容器に1気圧のPR Gas(Ar 90%CH<sub>4</sub>10%)と共に封入されている。

各段の集電極はくしの歯状に1本に集められ,陰極面に固定されているプリアンプに接続されている。プリアンプの出力は,アルミニウム製容器面にあるハーメチックシールを經由し外部の回路系に同軸ケーブルで接続されている。回路系のブロックダイアグラムを図2に示す。同時計数モードの時にはイベント毎に7つのカウンターからの信号の波高値が,また

キャリブレーションの時にはコマンドで指定されたカウンターからの波高値のみを地上に送信した。受信されたPCM信号は磁気テープに記録され、ミニコンピュータで処理された。

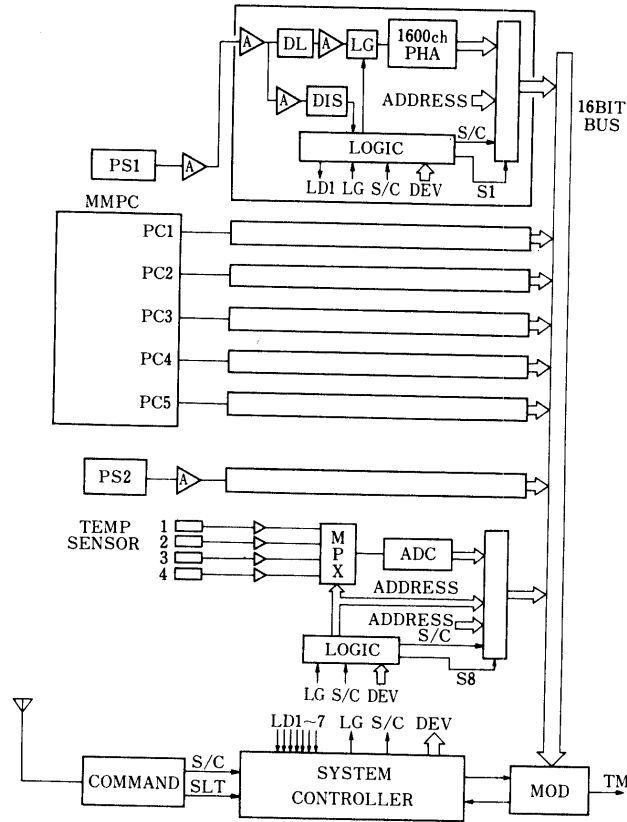


図2 回路系のブロックダイアグラム

### 3. 気球実験

ここで気球実験の様子と基本的なデータとを示しておく。図1に示したカウンタテレスコープは1980年9月22日午前7時12分、東京大学三陸大気球観測所放球場よりB<sub>15</sub>-46で飛揚された。放球後2時間で高度31Kmの水平浮遊に入り23日16時10分まで31時間にわたって高度31Kmでの宇宙線の測定を行うことができた。図3にB<sub>15</sub>-46の高度曲線を示す。また図4に上昇中の計数率の変化を示す。

計数率はPS1とPS2を同時に荷電粒子がつかねいたときのものである。

気球飛揚中のモニターシステムと磁気テープに記録されたデータの読み出しに用いたシステムを図5に示す。

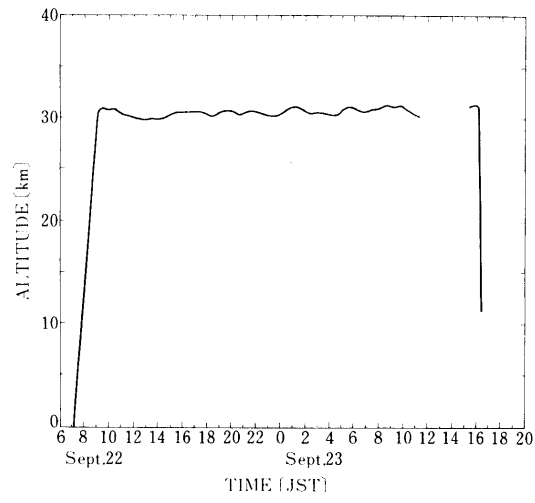


図3 高度曲線

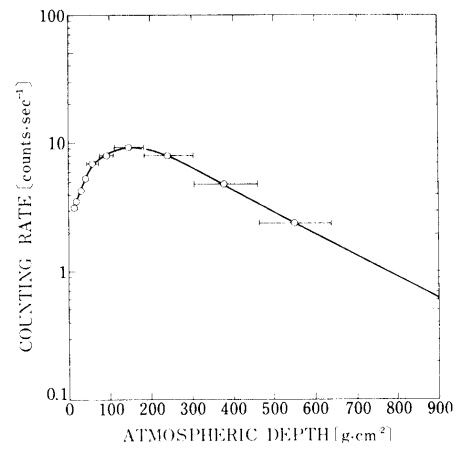
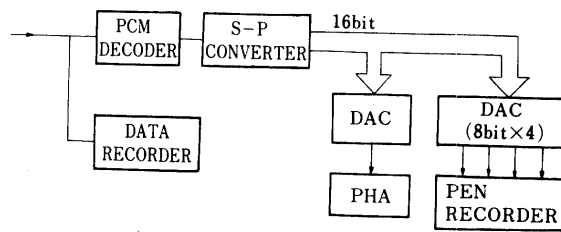
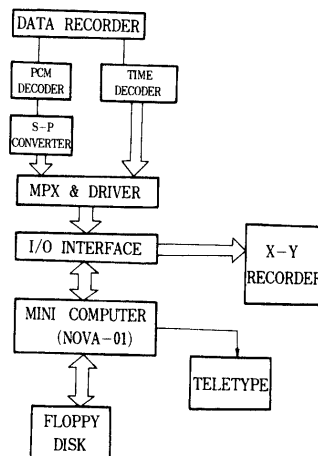


図4 計数率の高度変化



a) フライト時のモニターシステム



b) データ読み出しシステム

図5

#### 4. 高度31Kmでの宇宙線の測定

宇宙線陽子及びヘリウム原子核の比例計数管中での電離損失の分布から、それらのエネルギー分布を導出することが目的であるが、PSの信号、PCの信号に検討を加え、得られたデータから単荷電粒子によるものと考えられる信号と2重荷電粒子によるものと考えられる信号を選択することを試みる。

##### (1) 単荷電粒子の選択

1980年9月22日10時5分から11時32分の間にPS 1とPS 2で得られた信号のscatter plotを図6に示す。(7, 7)付近に単荷電粒子によるものと考えられるピークがある。A付近のものは上のPS(PS 1)では多重荷電または多数の単荷電に見え、下のPS(PS 2)では単荷電に見えたものである。B付近のものはA付近のもの逆の様相を示している。PS 1, PS 2での宇宙線のエネルギー損失の分布は、それぞれ図7(a), (b)に示すように高エネルギー損失側に尾をひいている。これは高エネルギー単荷電粒子のエネルギー損失の特徴でもあるが、シャワー粒子、測定器内で生じた核反応の結果生じた粒子の混入も考えられるので、A,

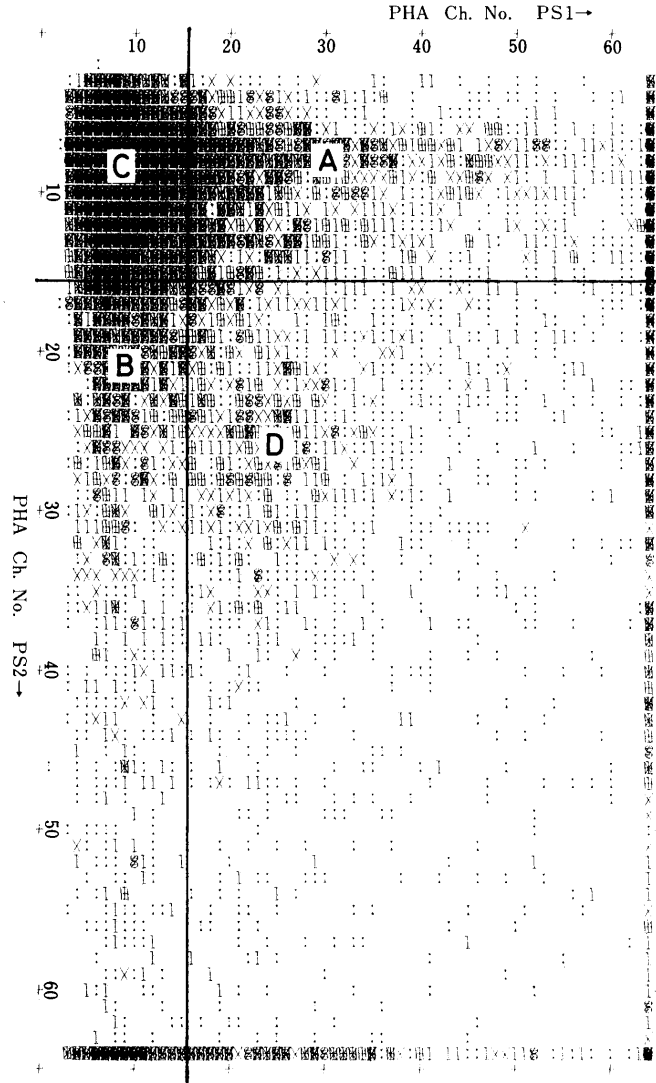


図 6 SCATTER PLOT (PS 1, PS 2) event 数が10段階で色分けされている。

空白 0 event

: 1

I 2

X 3

HI 重ねうち 4 69 重ねうち 5 HIX 重ねうち 6

他はそれ以上濃さで表現している。

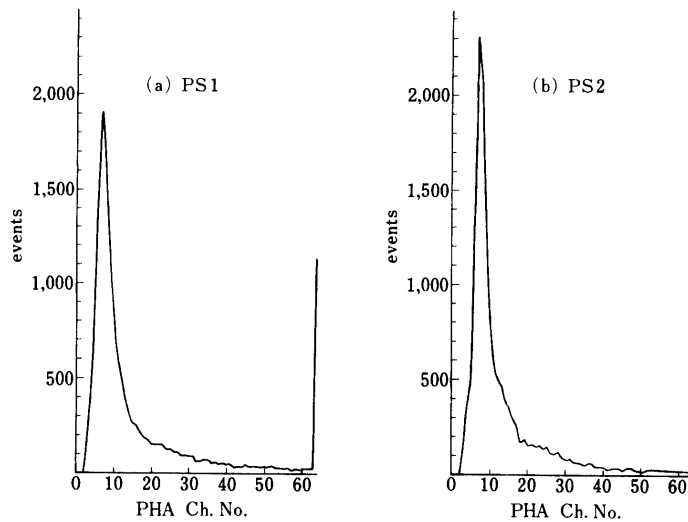


図7 PS中での宇宙線のエネルギー損失の分布

B付近のものは除去した方がS/Nはよくなると考えられる。そこで図6のC付近のものを単荷電粒子としてとることとする。

(2) 2重荷電粒子の選択

2重荷電粒子の場合は単荷電粒子の4倍のエネルギー損失をされると考えられ、PS1でもPS2でも単荷電粒子の4倍程度の信号を出しているはずである。この条件を満足する信号の集団が図6のD付近に見られる。これを2重荷電粒子としてとることとする。

(3) 比例計数管中での単荷電粒子の電離損失の分布

5段式7本集電極比例計数管の1段目で測定した宇宙線の電離損失の分布を図8(a)に示す。またこのとき5段の最小の信号を選んだときの電離損失の分布を図8(b)に示す。

(1)のようにして単荷電粒子選択をしたときの1段目での電離損失の分布を図9(a)に示す。またこのとき5段の最小の信号を選んだときの電離損失の分布を図9(b)に示す。図9の電離損失の分布が宇宙線陽子のエネルギー分布導出に利用できるものである。

(2)のようにして2重荷電粒子選択をしたときの1段目での電離損失の分布を図10(a)に示す。またこのとき5段の最小の信号を選んだときの電離損失の分布を図10(b)に示す。図10(a)には宇宙線ヘリウム原子核による信号は見られないようであるが、図10(b)にはピークへ向けての立ち上がりが見られる。

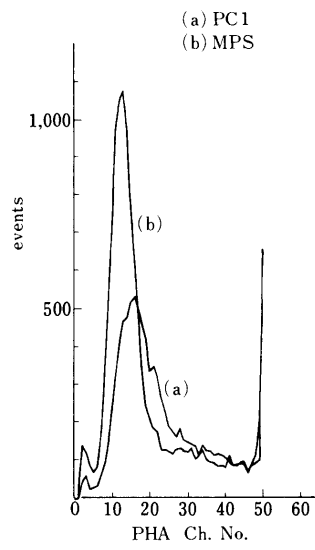


図8 PC中での宇宙線の電離損失の分布

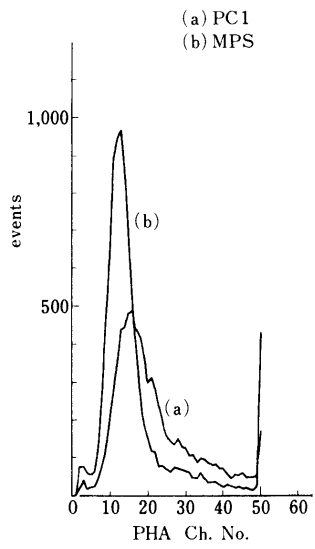


図9 PC中での単荷電粒子の電離損失の分布



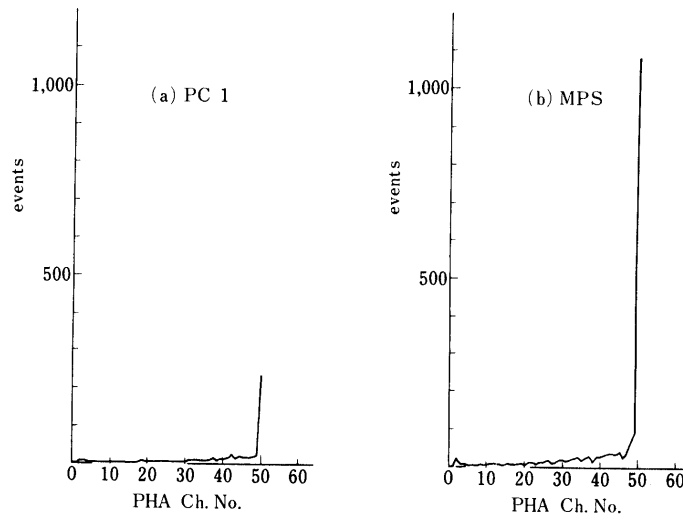


図10 PC中での2重荷電粒子の電離損失の分布

### 5. 予想との比較

図9, 図10から宇宙線陽子のエネルギー分布及びヘリウム原子核のエネルギー分布の導出を試みることができるのであるが, まだデータの一部の解析がはじまったばかりであるので, 昭和52年度の大気球シンポジウムで報告した予想[3]との比較を示しておく。

1段の比例計数管を用いたときの宇宙線陽子の電離損失の分布と予想との比較を図11に示す。ここでは陽子のエネルギー分布を  $I(E)dE = AE^{-\tau}dE$  と仮定し,  $\tau = 2.6$  とした。また電離損失の分布の形を比較するためにMPSのピークの高さがそろえられている。

5段の比例計数管を用いて最小の信号をとったときの電離損失の分布と予想との比較を図12に示す。

PC1に照射した $Fe^{55}$ の5.89KeV X線とそのescape peakから得た電離損失の較正を図13に示す。

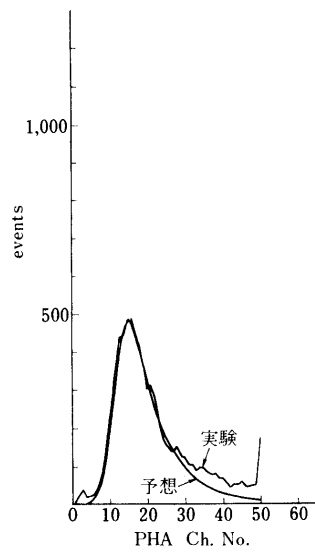


図11 PC 1中での単荷電粒子の電離損失の分布と予想の比較

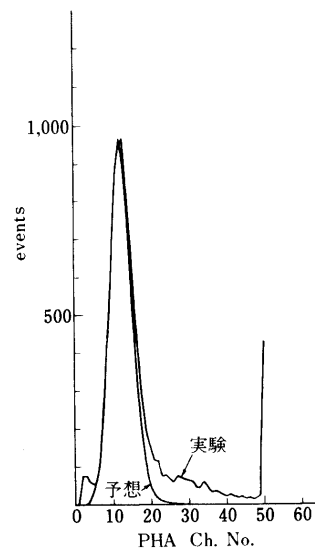


図12 5段のPCの最小パルスを選択したとき(MPS)の電離損失の分布とその予想との比較

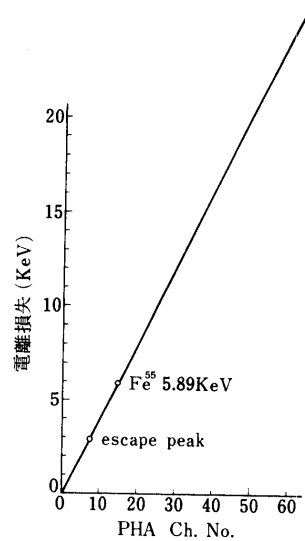


図13 電離損失の校正

#### 6. 多重荷電粒子のエネルギー分布測定計画

今回の気球実験で5段式7本集電極比例計数管で宇宙線陽子及びヘリウム原子核の電離損失の分布を測定することができた。次回の気球実験ではPCの高圧電源の電圧を可変にして陽子(p)・ヘリウム( $\alpha$ )-modeからLiBeB核(L)・CNO核(M)-modeへの切り換えができるようにしたい。こうすることによって同じ測定系で $p\alpha$ からLMへのつながりができる。

単荷電粒子のPC中での電離損失の分布の形は正確に測定されており[4]、また理論的な解釈もなされてきているが[5] $\alpha$ 以上の多重荷電粒子については実験的にも理論的にも十分なものは得られていない。そこで、とにかく、宇宙線の電離損失の分布の形を先に測定しておいて何らかの理論的考察を加えてエネルギー分布の導出を試みる。

LMをねらうためにはカウンタテレスコープの $S\Omega$ を1桁以上大きくする必要がある。PSの直径を2倍程度、立体角を3倍程度にすることによって、この要請に答えることができる。図14に $p\alpha$ LM測定用カウンタテレスコープの見取図を示す。

立体角を大きくすると、ななめ入射の粒子が多くなるので、通過物質質量を知るための位置検出器(PD)を組合せる。また遅い粒子を除去するためにルーサイトチェレンコフカウンタ(LC)を組合せる。多段式多重線比例計数管(MMPC)は少なくとも5段にする予定である。このカウンタテレスコープの $S\Omega$ は $\sim 800\text{ cm}^2\text{ str}$ となる。高度35Kmで30時間測定すると数万個のLMを得ることができる。L/Mのエネルギー依存に関する重要な手がかりを得ることができるものと期待される。それをもとにして宇宙線の源にさぐりを入れることができる。

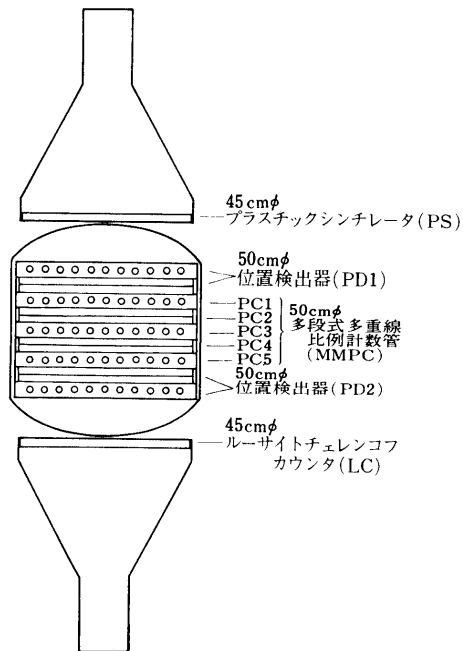


図14 p $\alpha$  - LM 測定用多段式多重線比例計数管  
望遠鏡 ( $S\Omega \sim 800 \text{ cm}^2 \text{ str}$ )

## 7. おわりに

電離損失の相対論的増加を利用した宇宙線のエネルギー分布の測定は1980年をもって開始されたばかりである。われわれは1980年9月22日/23日の気球実験によって宇宙線陽子及びヘリウム原子核の電離損失の分布を測定することができた。今後これを用いて宇宙線陽子及びヘリウム原子核のエネルギー分布の導出を試みる。6で次期計画を紹介したが将来はMMPCを超多段式とし、エネルギー決定精度を向上させ、他のエネルギー測定器と比肩できるものとしたい。

最後にわれわれの実験をしんぼう強く支援された立教大学宇宙線研究室、早稲田大学理工学研究所、玉川大学工学部、東京大学宇宙線研究所、文部省宇宙科学研究所の諸氏に感謝します。

## 参考文献

- [1] 中川重雄他 昭和44年度大気球シンポジウム 107 (1969)
- [2] 久下 章他 東京大学宇宙航空研究所報告第11巻第2号 (B) 517 (1975)
- [3] 久下 章他 昭和52年度大気球シンポジウム 127 (1977)
- [4] K. Nagata et. al. J. Phys. D : Appl. Phys., **9** 1907 (1976)
- [5] J.H. Cobb et. al., NucL. Intr. and Meth. **133** 315 (1976)