

高エネルギー宇宙電子の観測

西村 純・藤井正美・平良俊雄*
小林 正**・会津英子***・平岩信男***
丹生 潔†・J. Lord‡・T. Koss‡
R. Golden†‡

要 約

高エネルギー1次電子観測の日米協同実験を行った。観測器は50cm×40cm×8r.l.のエマルジョン・チェンバー2個で、原子核乾板、X線フィルム、鉛板のサンドウィッチからできている。気球は1976年9月23日、アメリカのパレスティン気球基地より放球した。3.9gr/cm²の高度で25.5時間のレベルフライトにより、天頂角60°以下の粒子について77,700 m² sec strの露出量が得られた。

同型のチェンバーについて、フェルミ加速器研究所の50,100,300 GeVの電子ビームによりエネルギーの較正を行い、エネルギーの決定精度をあげることができた。

X線フィルムによるスキャンから600 GeV以上のシャワーが、1個のチェンバーについて約500個見つかった。このうち天頂角が60°以下で、チェンバーの上面と下面を通過するものは約3/5である。600 GeV以上の電子は2個のチェンバーで合計7個検出された。これまでに得られている我々のデータと合わせると、電子のスペクトルは100 GeVから1,000 GeVの領域で

$$J(E) = 1.6 \times 10^{-4} (100 \text{ GeV}/E)^{3.3 \pm 0.2} / \text{m}^2 \text{ sec str GeV}$$

と表わされる。

1. はじめに

宇宙電子は銀河の中で、シンクロトロン輻射および逆コンプトン効果によりエネルギーを失う。これらの過程によるエネルギー損失は、電子のエネルギーの2乗と電磁場のエネルギー密度に比例する。すなわち高いエネルギーの電子ほどエネルギー損失は大きい。従って電子の発生スペクトルが巾関数であれば、単位時間あたりのエネルギー損失を bE^2 、電子の平均寿命を τ として $(b\tau)^{-1}$ に近いところでスペクトルが折れ曲がるはずである。電子の発生

* 神奈川大学工学部
** 青山学院大学
*** 衛生短期大学
† 名古屋大学理学部
‡ ワシントン大学
†‡ NASAヒューストン

場所や銀河内での拡散の様子については色々なモデル [1], [2] が提唱されており, 高エネルギー側で単純にスペクトルの巾が一つ増えているとは限らないが, どのようなモデルにおいても高エネルギー側で一次電子の強度が著しく下がってくることは変わらない。

高エネルギー一次電子のスペクトルは宇宙線の平均寿命, 伝播に関する重要な情報を含んでおり, 多くの研究者によって観測が行われてきた。ただしその結果は一致しているとは言えない。その原因はカウンター実験の場合, 特に高エネルギー側では電子の強度が低いため, 電子とガンマ線および核子成分の分離がむづかしく, また十分な統計量を得ることがむづかしくなるためである。

我々は1968年以来, エマルジョン・チェンバーを用いて一次電子の観測を続けてきた[3]。この装置の利点は立体角と面積が大きくとれること, 粒子の弁別が確実なことである。1975年からは, アメリカのワシントン大学および NASA ヒューストンのグループと協同実験を開始した。これは大型のチェンバーを用い, 長時間露出により観測の統計精度を上げることが目的としたものである。1976年のテストフライトに続き, 1976年と1977年にはアメリカのパレストアインにおいて, それぞれ25時間, 29時間の観測に成功した。プロヴディフでの宇宙線国際学会の時には1976年のチェンバー3/4の結果について発表した[4], 現在このチェンバーの解析を全部完了した。ここでは一次電子観測の問題点, エマルジョン・チェンバーのデザイン, 観測結果について報告する。

2. 一次電子観測における問題点と観測器について

宇宙電子は陽子の約1%とその強度が低く, エネルギーが増加するとその比はさらに下がっているようである。そのため高エネルギー電子の観測には各種のカウンターを組合わせた測定器を用いて電子を分離して検出するよう工夫されている。一方インドのグループおよび我々は原子核乾板を用いてきた。

観測上の問題点を列記すると

- 1) エネルギーの関数として測定器の検出効率を決定すること。
- 2) 電子とガンマ線および核子成分を分離すること。
- 3) SNT を大きくし, 統計精度を上げること。
- 4) エネルギー決定を正確にすること。

である。

カウンター方式の場合は, 1) の検出効率の決定と, 2) の現象の分離に困難がある。核子はジェットシャワーを起こし, 電子およびガンマ線は電子シャワーを起こす。カウンターではシャワーの発達の様子からこれらを統計的に分離しなければならない。一次電子観測の初期の頃, Earl は気球に搭載した霧箱により一次電子の観測を行った [5]。霧箱の場合は電子シャワーをはっきり目で見ることができるとは大きな強みであるが, 有感時間が非常に短い。エマルジョン・チェンバー (ECC) は, 原理的にこれと同じシャワーを顕微鏡で見ることにより, 現象の分離には不確定さが残らない。

現象の分離をカウンターで行う場合には特別な工夫が必要である。最近シカゴグループでは, シンチレーション・カウンタ, トランジション・ラディエータ, 多重線比例計数管, 鉛

とシンチレータのシャワー・ディテクタを組合わせた装置を用いている [6]. ローレンツ因子が 10^4 より大きいとき, トランジション放射が X線領域に出るので, 10 GeV から 1.000 GeV の領域では, 比例計数管で見たとき電子は陽子よりパルス波高が約 2 倍高い. 波高分布から電子を分離するのであるが, 分離には統計的処理を必要とする.

ミネソタグループはカウンターとエマルジョンを組合わせた装置を用いた [7]. 8~80 GeV で電子のスペクトルのベキとして -2.91 ± 0.05 を得ており, 2 GHz 以上の電波スペクトル $\nu^{-0.95}$ をうまく説明できると主張している.

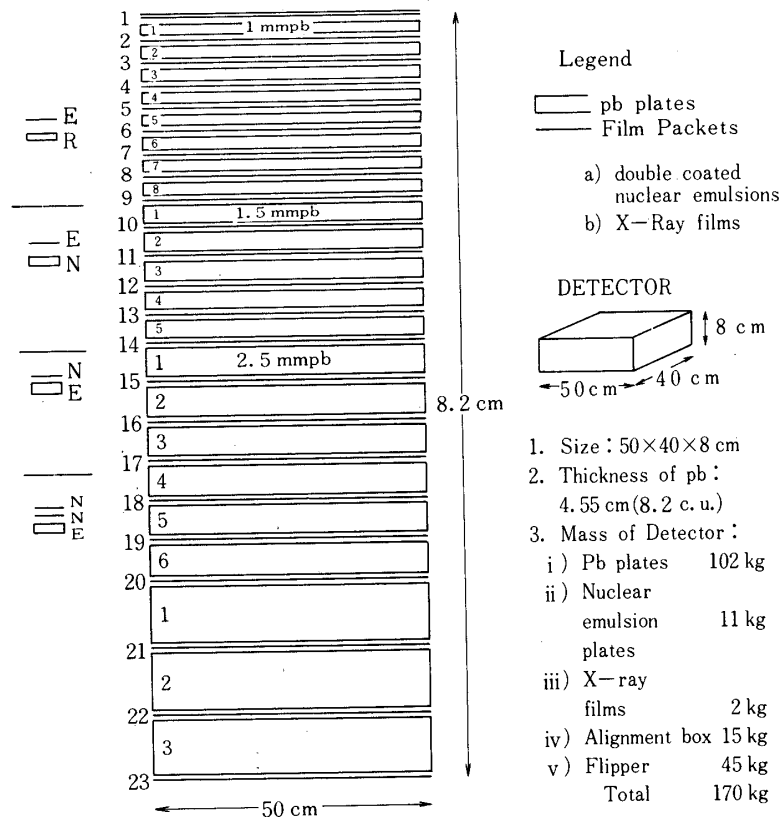
次に 3) の統計精度を上げることの重要性であるが, 特に高エネルギーでは頻度が小さく, 大面積の観測器が必要となる. ECC は立体角が大きく取れると共に, 大面積化が可能であり有利となる. しかし装置がかなり大型となる上に, 回収が絶対に必要である.

最後に 4) のエネルギー決定であるが, 最近加速器の電子ビームにより 300 GeV までの較正が可能となり, 従来の我々のエネルギー決定に問題が無かったことが証明された.

3. エマルジョン・チェンバーの構造とエネルギーの較正

3-1 チェンバー・デザイン

1976年の観測に用いたエマルジョン・チェンバーのデザインを第1図に示した. 面積は



第1図 1976年エマルジョン・チェンバー

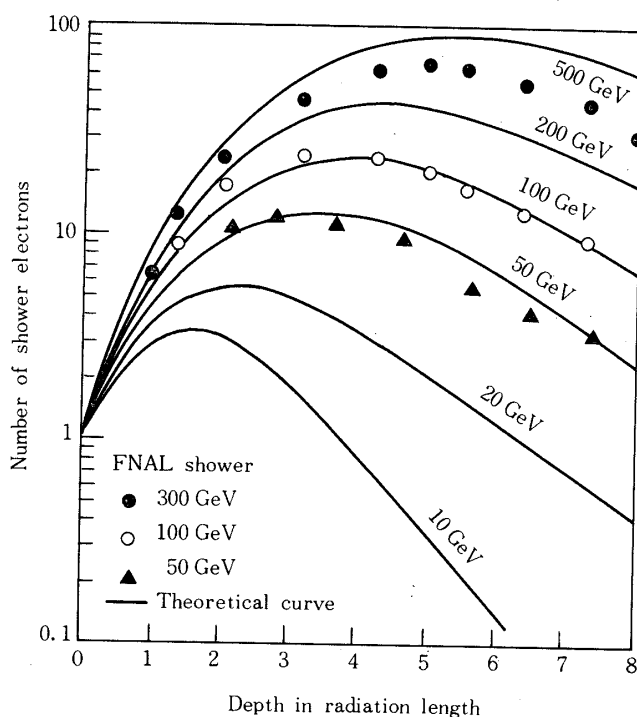
40 cm × 50 cm で深さは 8.2r.l. である。鉛板の枚数は 1.0, 1.5, 2.5, 5.0 mm 厚のもの各々 8, 5, 6, 3 枚である。エマルジョンは 800 μ 厚さの亚克力板に Fuji ET7B を 100 μ 厚さで両面に塗布してある。エマルジョンと鉛板の間には数百 GeV 以上のシャワーのスキュン容易にするため、X線フィルムを入れてある。バックグラウンドの飛跡をできるだけ少なくするため、エマルジョンの塗布はワシントン大学で行い、2個のチェンバーを組立てた。

このチェンバーは気球の上昇中および地上でのバックグラウンドを除くため、回転装置の中におさまられ、上空で指令電波により上下を反転するようになっている。

3-2 エネルギーの較正

エマルジョン・チェンバー中のカスケード・シャワーのエネルギーは、半径 100 μ 以内のシャワー粒子数を数え、3次元シャワー理論 [8] から求められたトランジション・カーブと比較して決定する。ただしエマルジョン・チェンバーのような不均一物質については、鉛板以外の低密度物質中での電子の拡がりには空間効果として平均的に評価されている [9]。この方法はモンテカルロ計算でもチェックされている。エネルギーの絶対値は宇宙線の中性中間子が2このガンマ線に崩壊するときの開角とエネルギーの関係を用いて較正することができる。その精度は約 10% と考えられていた [10]。

今回同型のチェンバーについて、フェルミ加速器研究所の 50, 100, 300 GeV の電子ビームによりエネルギーの較正を行った。理論カーブとの比較を第2図に示したが、一致は大変よく我々の用いてきたエネルギー決定の正しかったことがわかる。



第2図 加速器によるエネルギー較正

4. 実験経過およびスキニング

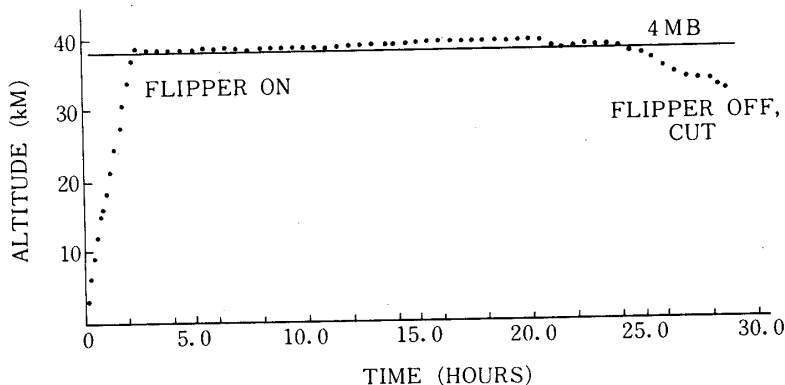
4-1 実験経過

これまで日米協同実験を含めて合計6回の観測に成功した。その結果は適時宇宙線国際学会で発表してきた [3], [4]。各観測の詳細と特徴について第1表にまとめた。現在1976年チェンバーについて解析を完了したところである。ここでは1976年の気球飛揚経過について述べることにする。

バックグラウンドの少ない原子核乾板を使うため、塗布はシアトルのワシントン大学で行った。使用した乳剤はFuji ET 7Bで、481のゲルを8月に空輸し、シアトルで約5℃で保管しておき、9月に塗布を行った。このときエネルギー較正実験用の乾板も同時に作成した。チェンバーの組立て、チェンバー回転装置の調整の後、9月18日にパレスティンに

第1表 エマルジョン・チェンバーによる宇宙電子の観測

Flight No.	#1('68)	#2('69)	#3('70)	#4('73)	#5('76)	#6('77)
Launching	原の町	三陸	三陸	三陸	Palestine	Palestine
チェンバーの大きさ	20×25cm ² 7.3c.u. 1 ch.	20×25cm ² 7.3c.u. 1 ch.	20×25cm ² 6.5c.u. 1 ch.	40×50cm ² 5.5c.u. 1 ch.	40×50cm ² 8.2c.u. 2 chs.	40×50cm ² 9 c.u. 4 chs.
観測時間	380分	267分	1136分	833分	1526分	1760分
観測高度	6mb	7mb	6mb	8mb	4mb	4mb
SQT m ² sec str	2160	1526	6499	20900	77700	174900
国際会議	ブダペスト		ホバート	ミュンヘン	プロビデフ	Japan-U.S.
備考					FNAL キャリブレーション	



第3図 気球高度曲線 (1976年9月23日)

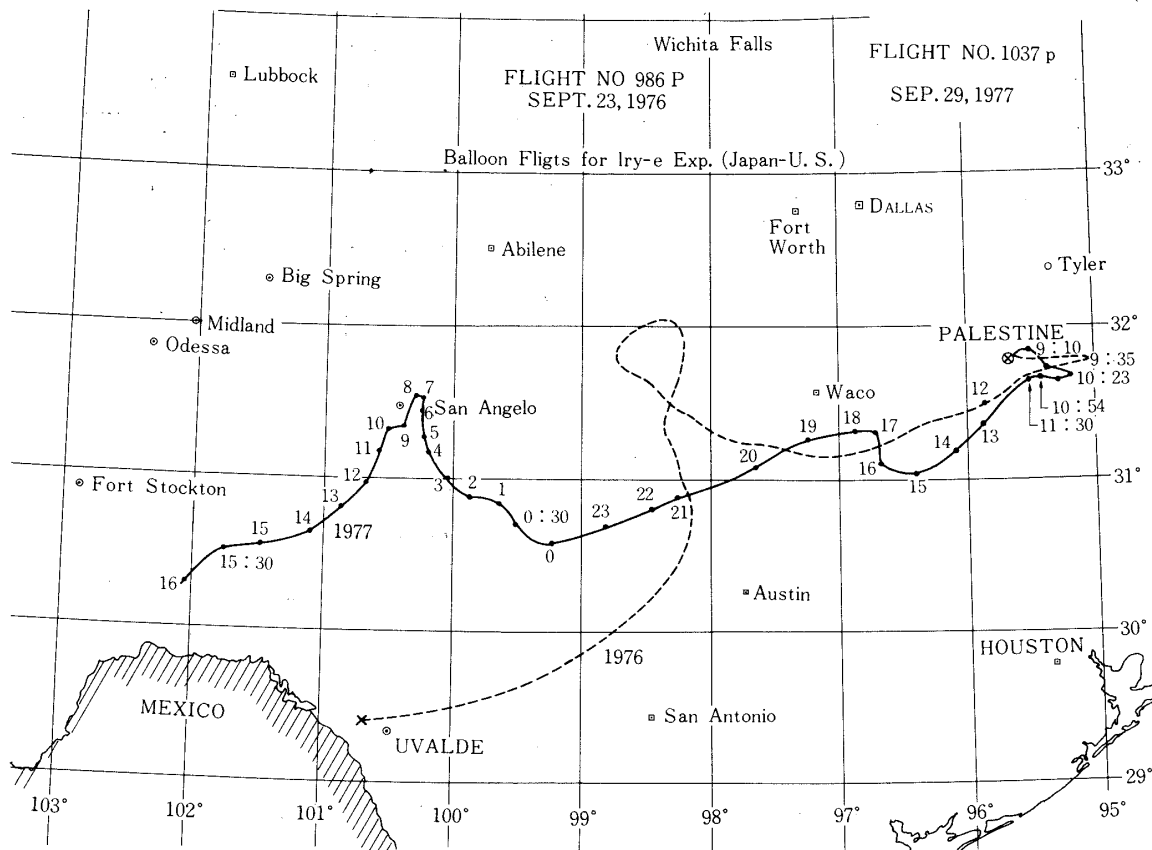
荷物を空輸した。

放球は9月23日午後6時34分で、気球の高度曲線を第3図に航跡図を第4図に示した。気球飛揚時間は30時間で、うち観測時間は25.5時間である。9月26日に回収されたチェンバーは、現像のため直ちにワシントン大学ヘトラック便で送った。乾板の現像条件は、アミドール現像液で20℃で40分の強化現像とした。

4-2 スキャンニング

X線フィルムスキャンにより天頂角60°以下のシャワーでチェンバーの上面及び下面を通するものを解析した。面積0.4 m²、25.5時間のフライトにより77.700 m² sec strの露出量が得られたことになる。これは現在世界最大のものであり、これまでの我々の全露出量の約3倍になっている。

解析は2個のチェンバーの内1個をワシントン大学で、残りを日本でを行い、結果を持寄って検討を加えた。X線フィルム・スキャンにより日本側のチェンバーについて約500個のシャワーが見つかった。ワシントン大学のスキャンで約半分のシャワーしか検出できなかったが、これはX線フィルムのスキャン効率の差、つまりエネルギー検出下限の差によるものと考えられる。



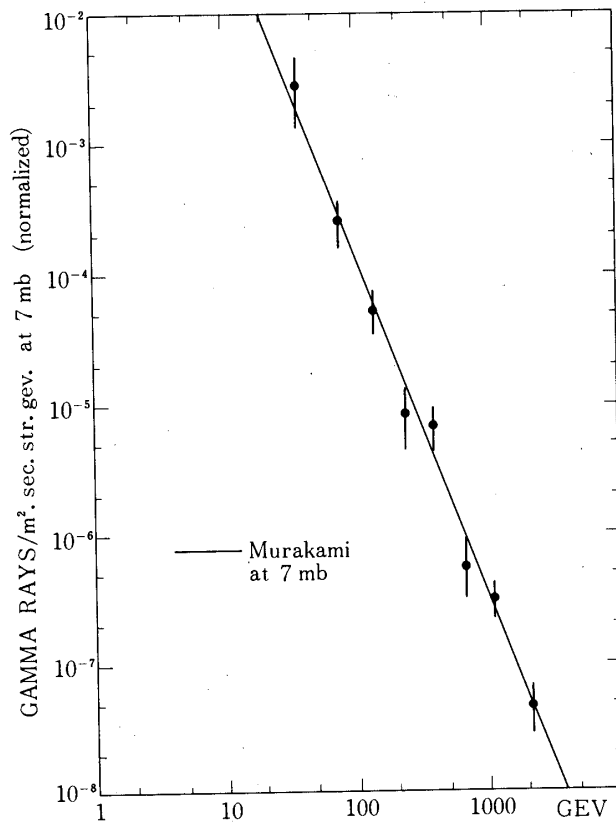
第4図 気球の航跡図

X線フィルム・スキャンで検出されたシャワーは、顕微鏡によりエマルジョン中の飛跡を追跡し現象を分類した。このときチェンバー上部の鉛板を1mmと薄くしていること、両面塗の乾板を用いていること、チェンバーの組立精度の高いこと、塗布から現像までの時間が短くバックグラウンドの飛跡が少ないこと、強化現像を行ったことにより追跡を容易に行うことができた。

日本側のチェンバーでは約500個のシャワーのうち、天頂角60°以下でチェンバーの上面及び下面を通過する解析条件を満すものは約3/5であった。内訳は電子8個、ガンマ線22個

第2表 チェンバー中での陽子、アルファ粒子、重粒子の割合

粒子の種類	原子核あたりの強度	鉛中での断面積の比	ガンマ線にエネルギーを渡す割合	期待値	観測値
	J	σ/σ_p	k_γ	$J \cdot \sigma/\sigma_p \cdot (k_\gamma)^{1.8}$	
P	1	1	1	1	1
α	0.6	1.2	$> 1/2$	> 0.2	0.23
H. P	1	1.5	$< 1/2$	< 0.4	0.39



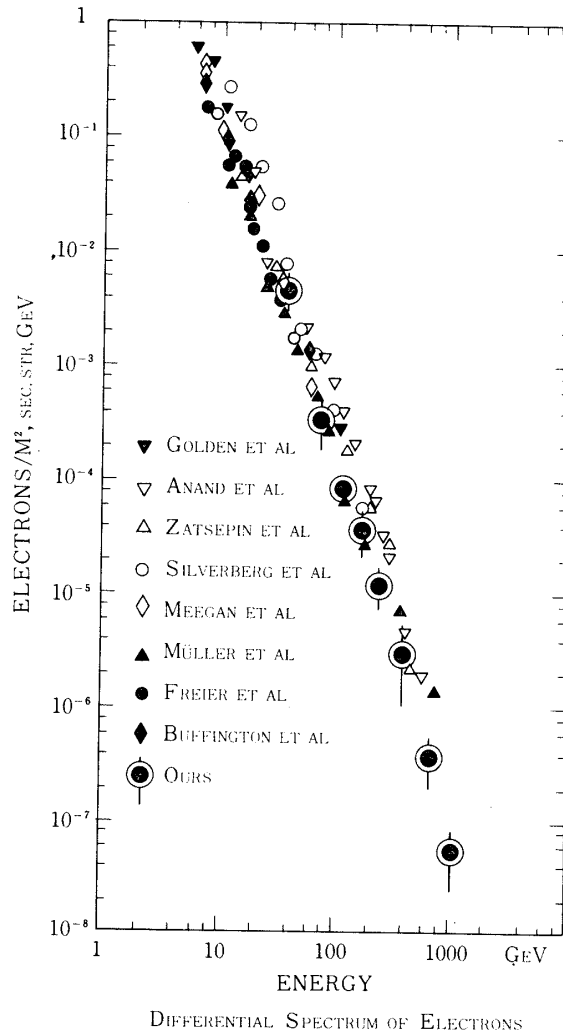
第5図 ガンマ線スペクトル

で残りジェットシャワーのうち、陽子、アルファ粒子、重粒子によるものはそれぞれ、166個、39個、62個である。電子とガンマ線については、エネルギーの測定を行い、ガンマ線の積分スペクトルの曲がりから、X線フィルム・スキャンのエネルギーのしきい値は約600 GeVであることがわかった。ワシントン大学の場合はしきい値約800 GeVである。これは $(600/800)^2 \sim 1/2$ から、シャワーの数が約半分であることに対応している。陽子、アルファ粒子、重粒子の比は1 : 0.22 : 0.39であり、第2表に示したように予想値とよく合っている。

5. 実験結果

5-1 ガンマ線スペクトラム

気球高度では宇宙ガンマ線の強度は小さく1次電子の 10^{-3} 程度である。観測した高エネルギーガンマ線は宇宙線が空気核と衝突して中間子を発生し、このうち π^0 中間子が2個の



第6図 1次電子スペクトル

ガンマ線に崩壊したものがそのおもな源である。 π^0 中間子と同じく π^\pm 中間子も発生し、これは崩壊して μ 中間子として地上、地下で観測されている。観測された μ 中間子スペクトルをうまく説明できる理論計算を、上空のガンマ線強度の推定にあてはめることができる。

Murakami の計算によると深さ x gr/cm^2 で

$$rdE = 8.5 E^{-2.72} x/m^2 \text{ sec str GeV}$$

である。今回の実験で観測されたガンマ線とこれまでの我々のデータを、高度 7 mb に換算して示したのが第 5 図である。実験値と理論値の一致は、我々の実験における入射粒子の分離、エネルギー決定、およびスキャン効率のよいことを示している。

5-2 電子スペクトル

今回の観測で 600 GeV 以上の電子が合計 7 個検出された。ワシントン大学と日本側のエネルギーのしきい値を考慮し、これまでの我々のデータを合わせて得られた微分スペクトルを第 6 図に示した。100 GeV 以上の領域で

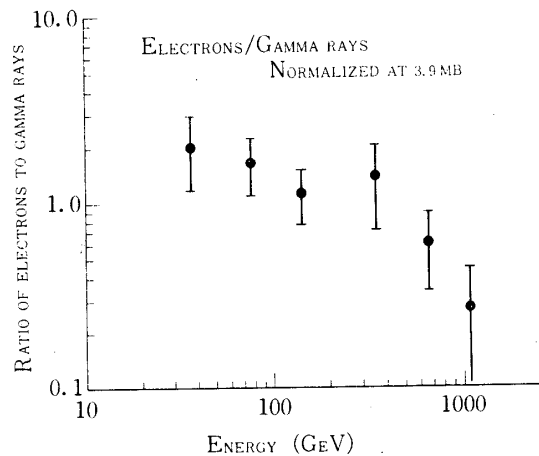
$$J(E) = 1.6 \times 10^{-4} (100 \text{ GeV}/E)^{3.3 \pm 0.2} / m^2 \text{ sec str GeV}$$

と表わすことができ、スペクトルの上限を 1 TeV まで延ばすことができた。400 GeV 付近の統計精度が悪いのは X 線フィルム・スキャンが使えないためで、顕微鏡によるジェネラル・スキャンを増やす必要があると考えている。この図には他のグループの結果も示してあるが、エマルジョンを用いているインドのグループに比較して、我々の結果は高エネルギー側で低い値を示している。

5-3 電子とガンマ線の強度比

電子およびガンマ線のスペクトルを各々、 $1/E^{r_1}$ および $1/E^{r_2}$ と表わすとその比は

$$e/\gamma = 1/E^{r_1 - r_2}$$



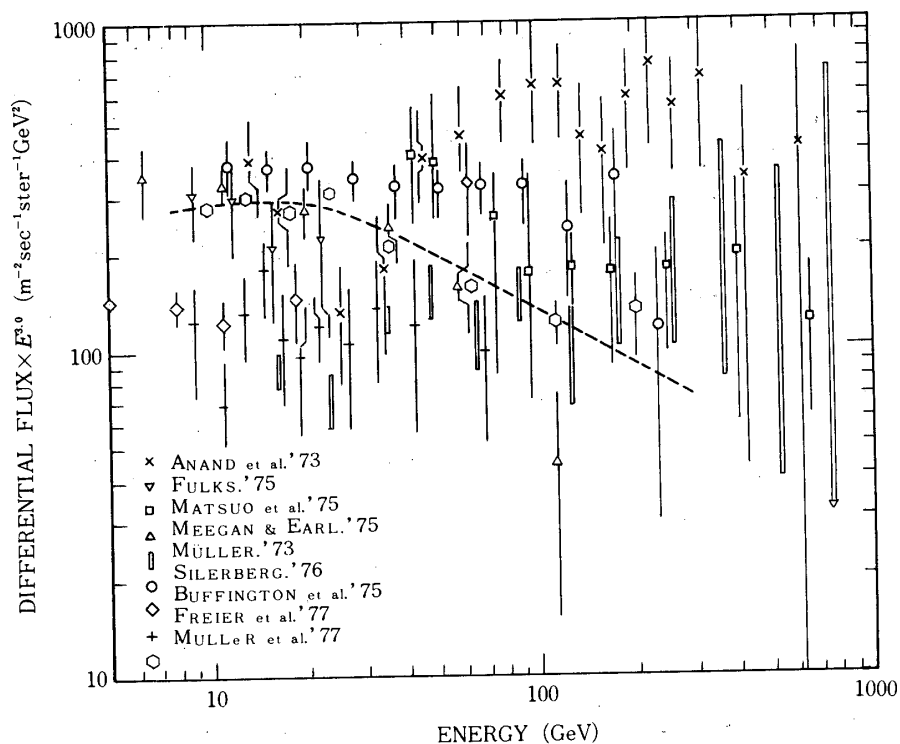
第 7 図 電子とガンマ線の比率

となる。電子およびガンマ線によるシャワーは同じスキャン効率で観測されるし、エネルギー決定にも差がない。このように e/r の比はスキャン効率、エネルギー決定などによる実験誤差の影響を受けないパラメータである。第7図にこの比をエネルギーの関数で示した。この図から電子はガンマ線に対し、エネルギーと共にスペクトルの傾きが急になっていることがめいりようである。

第3表 各グループの観測の比較

Authors	Group	Detector	S Ω T (m ² sec str)	Energy (GeV)	Power of Spectrum	Reference
Muller Meyer	Chicago	Gas Cer. Plas Sci. Shower Det	24.000	10 ~ 900	2.66 ± 0.1	[11]
Hartmann Muller Rrince	Chicago	Trans Rad. MWPC Plas. Sci. Shower Det.	51.000	9 ~ 300	> 2.7	[6]
Freier Gilman Waddington	Minnesota	Gas Cer. Plas Sci. Spark ch. Emulsion	500	8 ~ 80	2.91 ± 0.05	[7]
Meegan Earl	Maryland	10 Plas Sci. 216 GM	3.500	6 ~ 100	3.4 ± 0.1	[12]
Silverberg	Goddard	Cer. Sci. Spark ch. Shower Det.	5.300	10 ~ 250	3.10 ± 0.08	[13]
Buffington Orth Smoot	California	Bremss. Magnet. Spark ch.	500	4 ~ 50	2.8 ± 0.1	[14]
Anand Daniel Stephens	Bombay	Emulsion	4.190	10 ~ 800	2.69 ± 0.1	[15]
Matsuo et al	Japan	ECC	31.100	30 ~ 1 000	3.2 ± 0.3	[3]
This Experiment	Japan-US	ECC	77.700	30 ~ 1 100	3.3 ± 0.2	[4]

注 Cer. : Cerenkov Counter
 Sci. : Scintillation Counter
 Trans. Rad. : Transition Radiation



第8図 1次電子スペクトルの比較

6. 他の実験との比較

各グループの観測方法、露出量、観測結果を第3表にまとめて示した。第8図はシカゴグループの Muller と Prince がまとめた各グループの微分スペクトルである。この図では各グループの差異を見やすくするために、縦軸はエネルギーの3乗を掛けてある。スペクトルの巾が -3 であればフラットに、 -3 よりも急であれば右下りになる。陽子の場合には -2.7 であるから右上りの直線になる。各グループの結果は統計精度以上にバラついており、何らかの実験誤差を含んでいると考えられる。この差は観測器の種類が同じ場合にも残っているの、観測器に固有のものとは考えられない。

同じ原子核乾板を使っているインドの値は、前から指摘してきたように我々の値よりファクター2ないし3大きい。600 GeV 以上の X 線 フィルム・スキャンの可能な領域では、我々のシャワーの検出効率 100% に近いはずで、エネルギー決定にも問題がないことから、インドグループがエネルギーを高く見積っている可能性があると思われる。主な原因は彼らのエネルギー較正曲線によるとエネルギーを過大に評価することになり、もう一つの原因は空気中でのエネルギー損失の補正にあると考えられる。観測された電子のエネルギーは大気頂上に換算する必要がある。インドの場合は平均高度が14 mb と低く、エネルギー損失を平均的に取扱っているが実際にはスペクトラムの形に応じてフラクテーションの影響を考慮する必要がある。これをカスケード理論により正確に扱おうと [3], 大気頂上における電子の強度にして彼らの補正ではファクター1.4 過大評価していることが計算できる。

7. 銀河中での電子の寿命

周波数 15.5 GHz において高い角分解能で銀河電波を観測した Hirabayashi [16] は、銀河電波を熱的成分と非熱的成分に分離した。非熱的成分は電子と磁場の強さに関係している。また最近の COS-B によるガンマ線の観測により、銀河中での宇宙線と物質の分布が明らかになってきた [17]。これらに関連して1次電子の観測が重要であるが、前節で述べたように各グループの観測結果はかならずしも一致しているとは言えない。ここでは最近の宇宙線の伝播のモデル [18] にもとづいて、我々の観測結果を検討してみることにする。

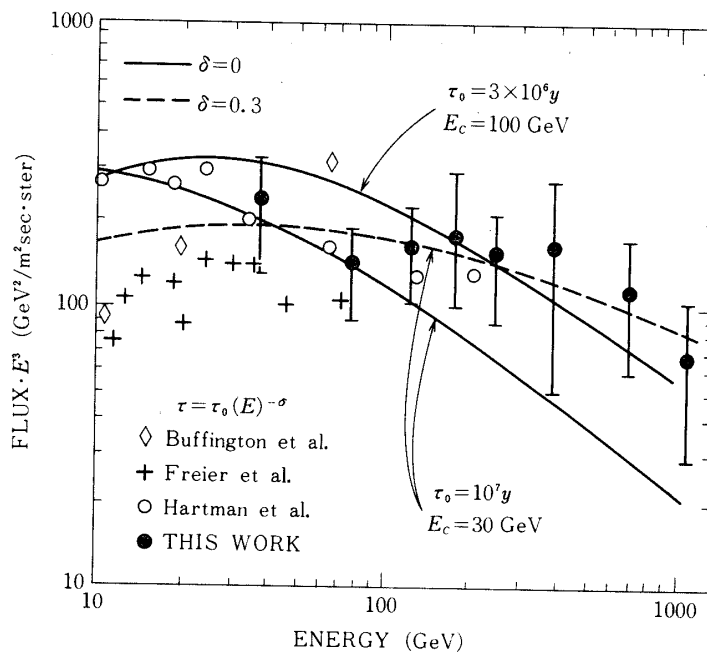
宇宙線の L/M 比がエネルギーと共に下がっているという観測 [19] から、宇宙線の銀河内寿命は

$$\tau = \tau_0 E^{-\delta} \quad \delta = 0.3 \sim 0.5$$

のようにエネルギーと共に短くなっていると考えられることができる。もしこれが本当であれば、陽子の源でのスペクトルは、 $E^{r-\delta}$ となる。 r の値は 2.7 ~ 2.8 であるから $(r-\delta)$ は 2.2 ~ 2.5 となる。これを電子の場合に当てはめれば、高エネルギー側ではエネルギー損失により電子のスペクトルは

$$dE/E^{r-\delta+1} = dE/E^{3.2 \sim 3.5}$$

に近づかずである。第9図は我々の観測結果は統計的にやや不十分であるが、 $\tau_0 = 10^7$ 年、 $E_c = 30$ GeV、 $\delta = 0.3$ とした場合に矛盾しないことを示している。これは最近の $^{10}\text{Be}/\text{Be}$ の同位元素の観測から求められた寿命 $\sim 2 \times 10^7$ 年 [20] と一致しているといえる。



第9図 銀河中での電子の寿命

銀河電波のスペクトル指数は3~15GHzで $\alpha = 0.95 \pm 0.05$ であり、電子のスペクトルが10~20 GeVで $r = 2.9 \pm 1$ と傾斜が急になることを示している。しかし30 GeV以上の電子は、周波数で15 GHz以上になるので現在のところ電波と直接の比較をすることができない。電波の強度に関しては、地球近傍の電子スペクトルと銀河の平均磁場3 μ ガウスを使って求めた計算値は電波の観測値よりファクター5程度低い。これはガンマ線の観測からも推測されているように、宇宙線および電子の強度が銀河の場所によって異なるためか、あるいは部分的に磁場の強い所が存在するためのいずれか、又は双方組合わせた原因によると考えられるが、更に定量的な考察をすすめたいと考えている。

まず、高エネルギー及び低エネルギー領域にわたって統計的に精度の高い結果を得ることが先決であると考えている。

8. ま と め

高エネルギー1次電子の観測において、我々の結果はエネルギー決定、粒子の弁別に問題が無いこと、統計精度を上げる上でエマルジョン・チェンバーが有利であることを述べた。現在我々のSNTは世界で最も大きい、測定できたスペクトルのエネルギー範囲は2ケタ以下である。しかし銀河中での電子の拡散のモデル[1]からすると、スペクトルの傾きの変化は広いエネルギー範囲にわたっている可能性がある。

高エネルギー側にスペクトルを延ばすことは、電子の強度が著しく下がるため容易ではない。しかしスペクトルの形を明確にするには、高エネルギー側の統計精度をあげることに、および同一測定器でできる限り低エネルギーまで測定を行い、広いエネルギー範囲の観測を行うことが重要である。今後は長時間フライトにより、さらに高エネルギー側の統計精度のよい観測を行いたいと考えている。

1978年5月27日 新設部(工学)

参 考 文 献

- [1] Jokipii and Meyer. Phys. Rev. Lett. 20, 752, (1968)
Berkey and Shen. Rhys. Rev. 188, 1994, (1969)
Jones. Rhys. Rev. D2, 2787, (1970)
Webster. Astrophys. Lett, 5, 189, (1970)
- [2] Silverberg and Ramaty, Nature. 243, 134, (1973)
- [3] Nishimura, Mikumo. Mito. Niu. Ohta and Taira
Roc. 11th Int. Conf. on Cosmic Rays. Budapest OG-43 (1969)
Matsuo, Mikumo, Nishimura, Niu and Taira
Roc. 12th Int. Conf. on Cosmic Rays, Hobart OG-38 (1971)
Ishii, Kobayashi, Shigihara, Yokoi, Matsuo, Nishimura, Taira and Niu
Proc. 13th Int. Conf. on Cosmic Rays, Denver 578 (1973)
Matsuo, Nishimura, Kobayashi, Niu, Aizu, Hiraiwa and Taira
Proc. 14th Int. Conf. on Cosmic Rays. Munchen OG 8-9 (1975)
- [4] Nishimura, Fujii, Aizu, Hiraiwa, Taira, Kobayashi, Niu, Koss, Lord, Wilkes

- and Golden Proc. 15th Int. on Cosmic Rays, Plovdiv OG1-7-100 (1977)
- [5] Earl, Phys. Rev. Lett, **6**, 125, (1961)
 - [6] Hartmann, Muller and Rrince, Phys. Rev. Lett, **38**, 1368, (1977)
 - [7] Freier, Gilman, and Waddington, Ap. J. **213**, 588, (1977)
 - [8] Nishimura, Handbuch der Physik XLVI/2, 1, Springer-Verlag (1967)
 - [9] Nishimura Proc 14th Int. Conf. on Cosmic Rays Munchen 2664, (1975)
 - [10] Japan Brasil Collaboration of ECC,
Proc 12th Int. on Cosmic Rays Hobart, HE- 44, 2786, (1971)
 - [11] Mullar and Meyer, Ap. J. **186**, 841, (1973)
 - [12] Meegan and Earl, Ap. J. **197**, 219, (1975)
 - [13] Silverberg, J. Geophys. Res. **81**, 3944, (1976)
 - [14] Buffington, Orth, and Smoot, Ap. J. **199**, 669, (1975)
 - [15] Anand, Daniel, and Stephens.
Proc. 13th Int. Conf. on Cosmic Rays, Denver OG (1973)
 - [16] Hirabayashi, Pub. Astr. Soc. Japan, **26**, 263 (1974)
 - [17] Pinkau, Proc. 15th Int. Conf. on Cosnic Rays. Plovdiv (1977)
 - [18] Ormes and Freier, Ap. J. (1978)
 - [19] Juliusson, Ap. J. **191**, 331, (1974)
 - [20] Garcia-Munoz, Mason and Simpson, Ap. J. L- 141, (1975)