

## も く じ

### ●・・・基礎編：宇宙線ってなあに？

1. 宇宙線ってなあに？
2. どうやって宇宙線を見るの？
3. 霧箱はどう作るの？ 宇宙線を見たい人のために
4. どうして霧箱で宇宙線が見えるの？
5. 宇宙線を霧箱以外で、確かめられないの？
6. 宇宙線はどうやって測るの？
7. 宇宙線はどのくらいの速さで飛んできくの？
8. 宇宙線はどのくらいの数やってくるの？

### ●・・・発展編その1：宇宙線はどうやって見つかったの？

9. 放射線と宇宙線は同じなの？
10. 宇宙線は安全なの？

11. 宇宙線はどうやって見つかったの？
12. 宇宙線には何が含まれているの？
13. 原子核ってなあに？
14. パイ中間子とミュー粒子の謎？
15. 素粒子ってなあに？
16. なぜミュー粒子は地表までやってくるの？
17. 宇宙線の中にどうしてクオークはないの？

●<sup>・</sup>●<sup>・</sup>●<sup>・</sup> 発展編その 2： 宇宙線はどこで作られるの？

18. 宇宙線はどこで作られるの？
19. 太陽宇宙線はどのようにして作られているの？
20. 銀河宇宙線はどこからやってくるの？
21. チェレンコフ望遠鏡とは？ のぞみはひかりより速い
22. 1006 年の超新星残骸からのガンマ線は何を意味しているの？
23. 宇宙線はどうやって加速されるの？
24. 宇宙線は他の惑星にもぶつかっているの？
25. 宇宙線の量はいつも一定なの？
26. 宇宙線は世界のどこでも一定なの？
27. 恐竜の時代に宇宙線はあったの？

●<sup>・</sup>●<sup>・</sup>●<sup>・</sup> 応用編： 宇宙線のエネルギーは何か利用できるの？

28. 宇宙線のエネルギーはどれ位なの？
29. 宇宙線のエネルギーは何か利用できないの？
30. 宇宙線のエネルギーはどこまであるの？
31. 宇宙線のエネルギーはどうやって測るの？
32. 最高エネルギーの宇宙線が頭上に落ちたらどうなるの？

33. 宇宙線で火山のマグマの状況がわかる？
34. 宇宙線で惑星の水探索ができる？
35. 宇宙飛行士はなぜ3か月交代で勤務するの？
36. 人類は月で生活できるの？

●・・・ 最近の話題から

37. 太陽ニュートリノはどうやって作られているの？
38. 太陽ニュートリノの謎？
39. 小柴先生のノーベル賞は宇宙線とどう関係しているの？
40. 大気ニュートリノの謎？
41. 不思議な宇宙線？ - モノポール
42. 不思議な宇宙線？ - 反粒子宇宙線
43. 宇宙線は宇宙を何年旅してやってくるの？
44. 我々の銀河系外から宇宙線は来ているの？
45. 最高エネルギー宇宙線の謎？
46. 宇宙線起源の放射性同位元素を測ると、過去の太陽活動がわかる？
47. 宇宙線が地球の気候に影響を与えているの？
48. マウンダー極小期の寒冷化も宇宙線の影響？
49. フランクリンの実験と宇宙線？
50. ガリレオと近代科学？

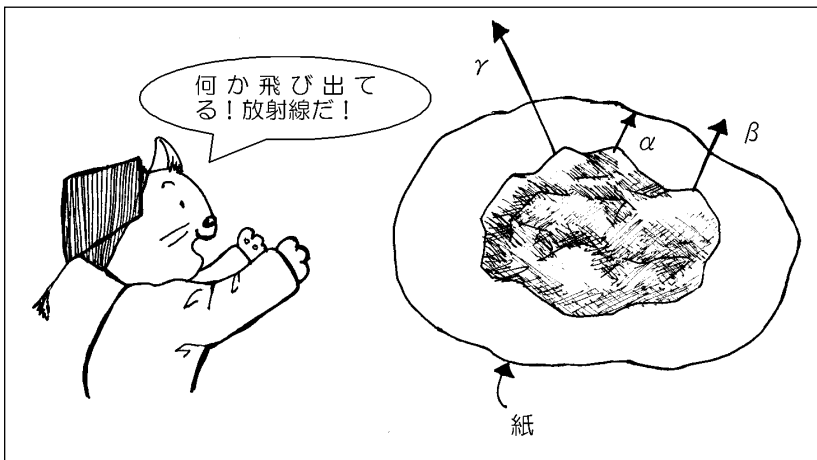
## 発展編その1： 宇宙線はどうやって見つかったの？

### 9. 放射線と宇宙線は同じなの？

これで皆さんは宇宙線がどういうものなのか、大体のイメージは持っていただけたでしょう。大空の彼方から絶えずやってくる、宇宙の小さなメッセンジャーであるということが、わかっていただけたと思います。どうです、少し格好良いと思いませんか？

それでは、発展編でもっと宇宙線について勉強してみましょう。まず、宇宙線と放射線は同じものなののでしょうか？ そこで放射線って何かを説明しましょう。

1900年頃、地球上の岩石から、目に見えない粒子が飛び出していることがわかりました。その粒子は、岩石を覆っておいた物質を通り抜けることができました。ウランウムを多く含んだ鉱石の近くに写真フィルムをしばらく置いておいた後、現像してみると、写真フィルムが真っ黒になっていました。写真フィルムを感光させる「何か」が岩石から飛び出してきていることがわかったのです。この岩石に含まれている不思議な作用を生じる性質を、



放射能と名付けました。目には見えないけれど、写真には写るわけです。

放射線にはアルファ、ベータ、ガンマの3種類があります。アルファ線は、紙一枚で遮断することができます。ベータ線はもう少し透過力があり、アルミの板で遮断できます。ガンマ線は鉛の板で遮断できます。今日ではアルファ線は正の電荷を持ったヘリウムの原子核、ベータ線は負の電荷を持った電子、ガンマ線は電荷を持たないエネルギーの高い光の粒であることがわかってきました。実は、宇宙線は放射線の一種なのです。しかし、宇宙線のエネルギーは、放射線よりはるかに高いのです。

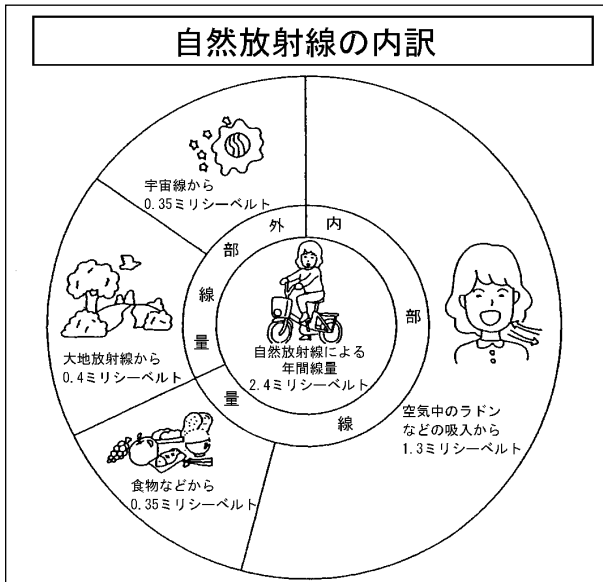
それでは、宇宙線は体に毒なのでしょうか？ それを次に説明します。

## 10. 宇宙線は安全なの？

宇宙線は自然の放射線であると書きました。宇宙線は、私達の体の中をすいすいと通過しています。このような放射線を浴びても、私達は安全なのでしょう。

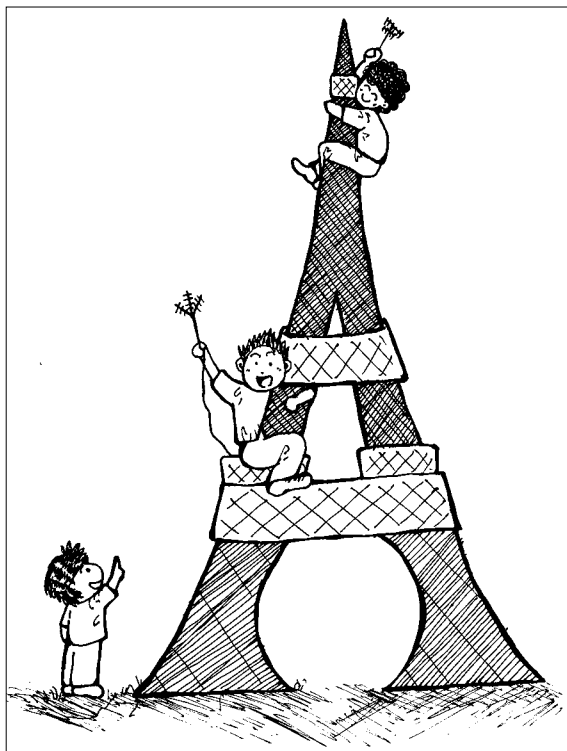
地表にいる限り安全です。なぜなら、放射線としての強度が弱いからです。しかし宇宙に出ると注意が必要です。大気上空では、地表の 100 倍もの放射線を常に浴びることになるからです（8 参照）。私達が生命を維持する上で重要な情報は、DNA の中に詰め込まれています。この DNA は、放射線によってダメージを受けます。しかし、地上では大気が自然放射線を弱めるので、私達の DNA は破壊されることなく、生命を維持できたと言えるでしょう。

ここで、自然放射線からの被爆量を、具体的に数字で挙げておきます。被爆量の単位はミリシーベルトで表されます。宇宙線や



ラドンによる自然界からの被曝は、年間 2.4 ミリシーベルト、一般人に許される年間被曝線量は 50 ミリシーベルト。宇宙での被曝量は年間 300 ミリシーベルトです。広島原子爆弾で亡くなった方々が受けた被曝は、8000 ミリシーベルトです。日常の被曝量は年間 2.4 ミリシーベルトですから、生命の危険はないといえるでしょう。

## 11. 宇宙線はどうやって見つかったの？



宇宙からの放射線である宇宙線は、いつ、どうやって見つかったのでしょうか？

1911年頃、オーストリアのヘスは箔検電器を中和させる“目に見えないもの”は、岩石からの放射線ではないかと考えました。そこでヘスは、パリのエッフェル塔の上に検出器を持っていきました。エッフェル塔の上までいけば、岩石からの放射能は空気ですり減ると考えたからです。なぜならヘスは、当時最強の放射能であったラジウム 1.5 g を使い、放射能が空気中でどの

位減るのかを調べて知っていたからです。しかし、結果はどうだったでしょう。強度は全然弱まりませんでした。そこで次に、4000 m 級の高山に行ったり気球に乗って調べました。さらに放射線の強度は強まったのです。これらの実験結果から、岩石からの放射線説が否定されました。つまり、上空へ行くほど強度が強くなったからです。

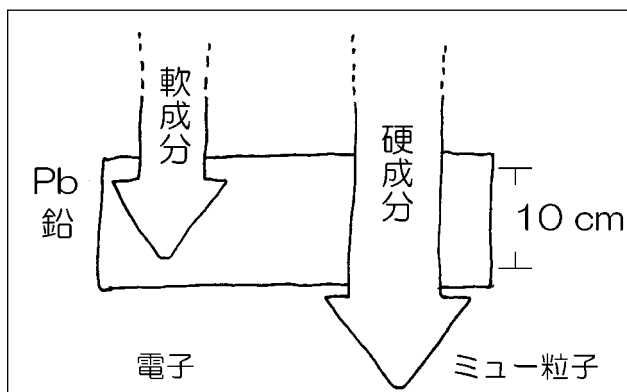
こうして、この放射線は地球の外側、つまり宇宙からやってきていることがわかり、宇宙線と命名されました。今日では、ウラン鉱石など岩石からの自然放射能と区別して、宇宙放射線と呼ぶ人もいますが、ここでは宇宙線と呼ぶことにします。ヘスはこうした功績により、ノーベル賞を受賞しました。1936年のことです。

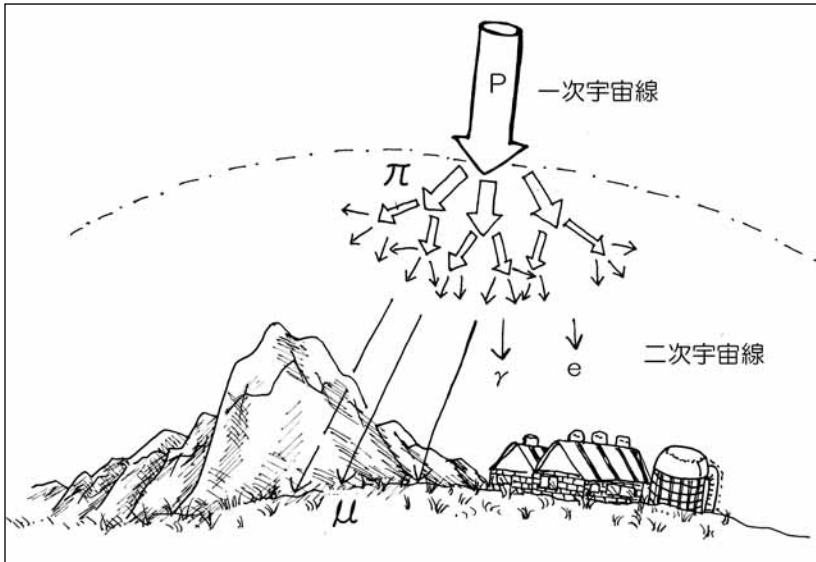
## 12. 宇宙線には何が含まれているの？

ヘスが宇宙線を見つけた当初は、宇宙線の成分まではまだよく知られていませんでした。1945年以降になってようやく、地上に降ってくる宇宙線の中には、物質を透過するものと、吸収されやすいものが混在することがわかってきたのです。透過力の強いものは硬成分、弱いものは軟成分と分類されました。今日では、硬成分はミュー粒子、軟成分は電子であることが知られています。

1950年頃には、新しい粒子が宇宙線の中で続々と見つかってきました。宇宙線は1種類ではなく、たくさんの種類があることがわかってきたのです。

今日では、宇宙から飛来する宇宙線の主な成分は、陽子であることがわかっています。その他にも、ヘリウムの原子核や鉄の原子核、それに電子も含まれています。ごくわずかですが、ウランウムの原子核やガンマ線もやってきます。共通する事実、これらの宇宙線は非常に高いエネルギーを持っているということです。そして大気に入ると、多くの子供の粒子を作ります。その一



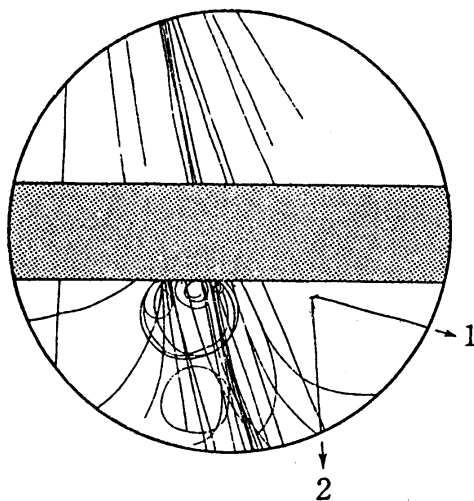


つがパイ中間子であり、またその崩壊したミュー粒子であり、電子であり、 $\gamma$ 粒子（次ページの註参照）なのです。

それらのうち、エネルギーの余ったものは地表に到達します。宇宙から直接やってくる粒子と区別して、大気中で作られる粒子は二次宇宙線と言われます。それに対して、宇宙からやってくる粒子は一次宇宙線と言われます。つまり、宇宙線の生成過程により、一次宇宙線、二次宇宙線の2種類に分類されます。

ここで原子核や新しい粒子という言葉ができましたので、次に原子核と素粒子について説明します。

【註】V 粒子とは？



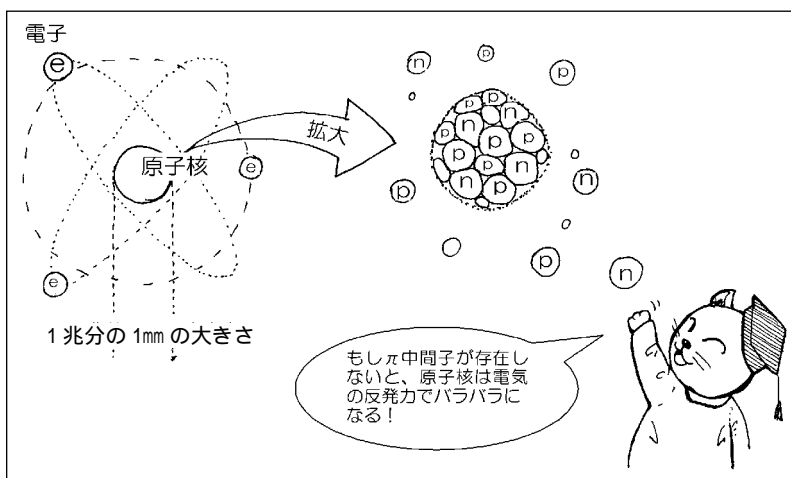
ロチェスターとバトラーが、1947年に霧箱の中で発見した不思議な2本の軌跡(図の1と2)。鉛の層(図の中央の黒い部分)で作られた中性粒子(飛跡がうつらない)が霧箱のガスの中で崩壊して、正の電荷をもったパイ中間子と、負の電荷をもったパイ中間子になったと考えられる。1と2の飛跡がV字形になっているので、V粒子と名付けられた。今日ではK粒子と呼ばれている。

### 13. 原子核ってなあに？

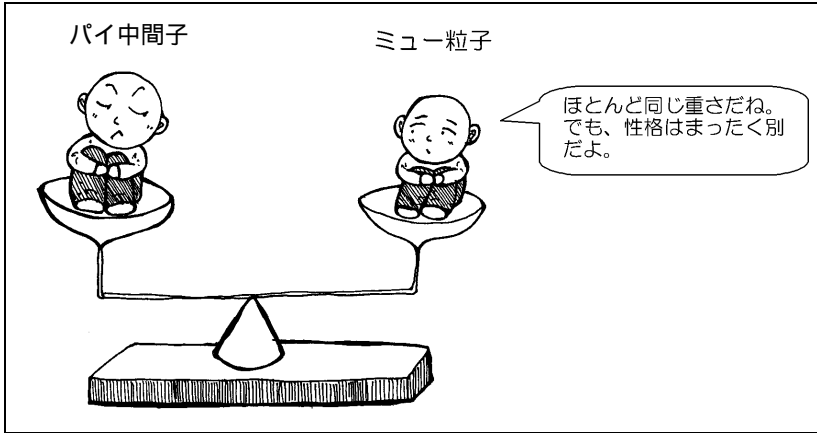
原子は、原子核と電子からできていることはご存知ですか。原子核は、ニュージーランドのラザフォードによって見つけれられました。原子核は、正の電気を持った陽子と、電荷を持たない中性子から構成されています。負の電荷をもった電子は、この陽子の正の電荷にひかれて原子核の周りを回っています。従って、外から見ると原子は電氣的に中性です。プラス、マイナス、ゼロということです。

原子核という狭い空間に閉じこめられた陽子は、お互いに正電荷間の反発力が働き、原子核はそのままでは、ばらばらになってしまいますね。

1935年、この原子核を壊れないように安定に保つ粒子、“パイ中間子”を予言していたのが日本の湯川先生だったのです。1947年、アンデス山脈に置かれていた原子核乾板に、パイ中間子が崩壊してミュオン中間子になり、さらにミュオン中間子が崩壊して電子になる例が見つかりました。そこで、パイ中間子の存在を予言した湯川先生とパイ中間子を発見した英国のパウエルに、それぞれ1949年と1950年にノーベル賞が与えられました。



## 14. パイ中間子とミュー粒子の謎？



そこでもう少し詳しく、パイ中間子とミュー粒子の謎について紹介しましょう。

パイ中間子は、およそ 20 km 上空の大気中で一次宇宙線により作られます。しかし、パイ中間子は原子核では“にかわ”の役目をしますので、大気原子核ともすぐ衝突する性質があり、簡単には大気を透過できません。

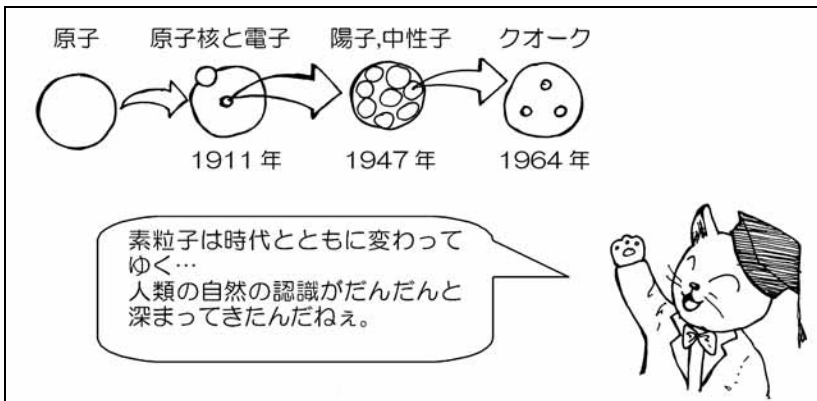
しかし、観測されているミュー粒子は、物質をすいすいと通り抜ける性質があります。教室の屋上のコンクリートを平気で貫いて、教室の中までやってきます。このミュー粒子の性質はパイ中間子の性質と異なるものであり、1947 年頃は大きな謎でした。なぜなら、パイ中間子とミュー粒子は質量が似かよっており、兄弟粒子と考えられたからです。でも、今日では二つの粒子は全く異なる種族に属していることがわかっています。

## 15. 素粒子ってなあに？

13 では原子核の話をも、また 14 ではパイ中間子のお話をしました。それまで物質の最小単位と思われていた原子が、さらに原子核と電子とでできているとわかったとき、世界中が驚きました。1947 年ころから、原子核は陽子と中性子とパイ中間子で構成されていることがはっきりしてきたので、今度はこれらのものが物質を構成する最小単位であると考えられました。1964 年ころまでのことです。

その後、陽子や中性子の中には 3 個クォークが存在していることが判明し、クォークが物質を構成する最小単位の“素粒子”であると考えられ、現在に至っています。

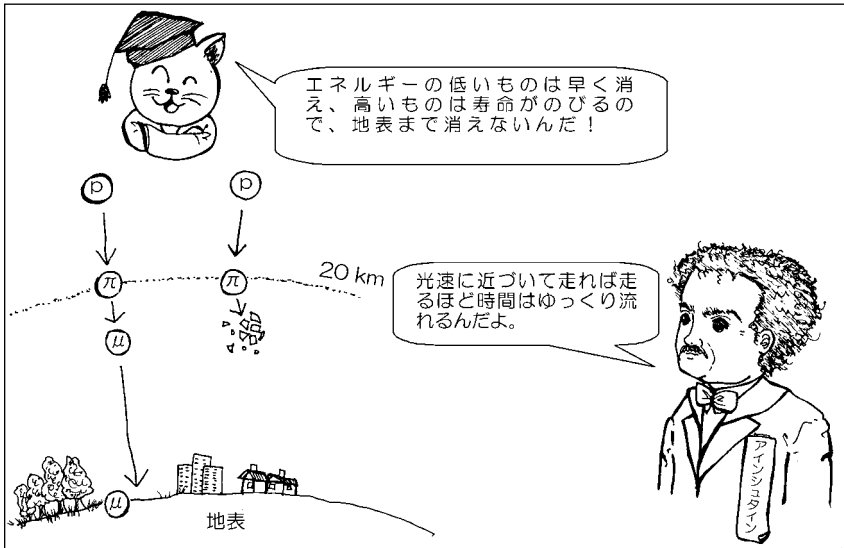
このように、素粒子の定義は、科学の進歩と共に変化してきました。粒子には陽子や電子のようにその寿命が非常に長いものもあれば、短寿命のものもあります。

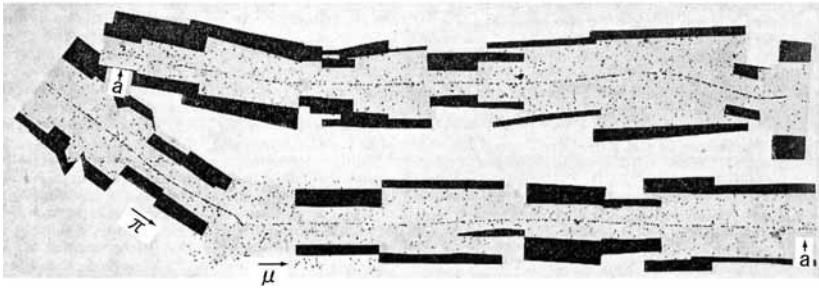


## 16. なぜミュー粒子は 地表までやってくるの？

ここで、アインシュタインの相対性理論にかかわる話を紹介しましょう。13 と 14 で、パイ中間子はミュー粒子に崩壊すると書きました。ミュー粒子も短命で、50 万分の 1 秒という短い時間で死んでしまいます。こんな短い時間しかこの世に出現しないのです。ミュー粒子は大気の上層部、地上から約 10 km 上空で作られます。光の速さで走っても、走れる距離は、およそ 600 m にしかありません。これでは地上に達することはできませんね。

しかしアインシュタインは特殊相対性理論の中で、物体は光速に近づくほど、寿命が延びる、つまり時間がゆっくり流れると预言しました。彼の理論が正しければ、ミュー粒子の寿命は 50 万分の 1 秒ではなく、10 倍ほど寿命が延びます。すると 600 m で





日本に最初のノーベル賞をもたらした一枚の証拠写真。下の左の方からパイ（ $\pi$ ）中間子が入ってきて崩壊し、ミュー（ $\mu$ ）中間子が放出され（写真では水平に走っている）やがてエネルギーがなくなって静止した。下の図の右端が上の写真の左側につながり、上の写真の右端で静止している。この写真は 5500 m のボリビアのチャカルタヤ山頂で得られた。

ミュー中間子やパイ中間子は、昔は中間子という名前がついていたが、今ではミュー粒子、パイ粒子と呼ばれている。本冊子では、発見当初の頃の話には中間子をつけている。

はなく 10 倍走ることができて、6000 m の間は消滅せず走れるようになり、ミュー粒子は地表まで飛来できるというわけです。

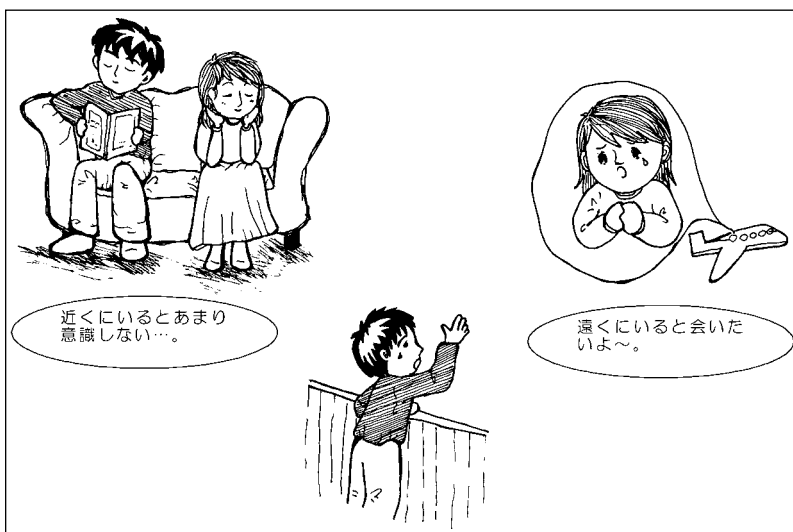
しかしパイ中間子は、寿命がミュー粒子よりさらに 100 倍も短いので、とてもとても地表まで走ってくることはできません。パイ中間子を捕えるために、英国のパウエル、オッカリニ、それに大学院生であったブラジルのラッテスらは写真乾板を持ってアンデスの高地に行ったのでした。高地ならパイ中間子が吸収されず、かつ死なずにやってくると思ったからです（写真参照）。

## 17. 宇宙線の中に どうしてクオークはないの？

1964年頃ゲルマンという米国の学者が、陽子の中には、 $1/3$  や  $2/3$  という分数で電荷をもつ、より基本的な粒子が存在するはずであると発表しました。クオークと呼ぶ素粒子です。

そこで、多数の宇宙線の中からクオークを見つける作業が盛んに行われました。しかし40年を経た現在、未だにクオークは見つかっていません。存在するのにどうして取り出せないのか？ 現代の大きな謎です。学者は、クオーク間には、“引き離そうとすればするほど強い力で離れないでおこうとし、放っておくとほとんどくっつかずにいる”という、不思議な強い力が存在していると説明しています

ここで、ゲルマンについてのおもしろい話を紹介しましょう。1980年頃、私が中東のアルメニア共和国に行った時、聞いた話



です。当時アルメニア共和国は、ソ連邦の一つの国でした。ゲルマンがアルメニアの研究所に着いた時、盛んにアルメニア語がどのような言語なのかを聞いたそうです。そして 30 分後に、彼はアルメニア語の文法はこうだろうと言って、正確にアルメニア語の文法を語り、みんなを驚かせたそうです。ゲルマンは素粒子の分類だけでなく、文法の天才であるということになりました。

発展編その1 まとめ

宇宙線を発見したのはヘスである。

宇宙からやってくる宇宙線の主成分は陽子である。

宇宙線は大気中でたくさんの子供粒子を作る。

それらも宇宙線と呼ばれる。

二次宇宙線の中にはパイ中間子やミュー粒子がある。

パイ中間子は湯川博士によって予言され、宇宙線中に見つかった。

ミュー粒子には透過力があり、コンクリートの建物も透過できる。ミュー粒子はパイ粒子と異なる、全く別の種類の素粒子である。

陽子の中にはクォークがあり、現在ではクォークが素粒子であると思われる。

しかし、クォークはまだ宇宙線中で見つかっていない。

〇月  
×日  
(火)

日直

あつた  
す

