

# 宇宙線粒子数の方向依存性

防衛大学校 数学物理学科 物理学専攻

本科第 47 期 渡辺 俊一

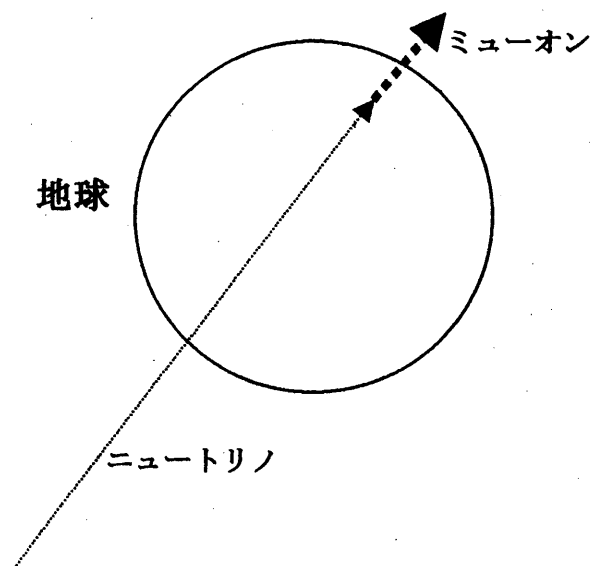
指導教官 新川 孝男 助教授

平成 15 年 2 月

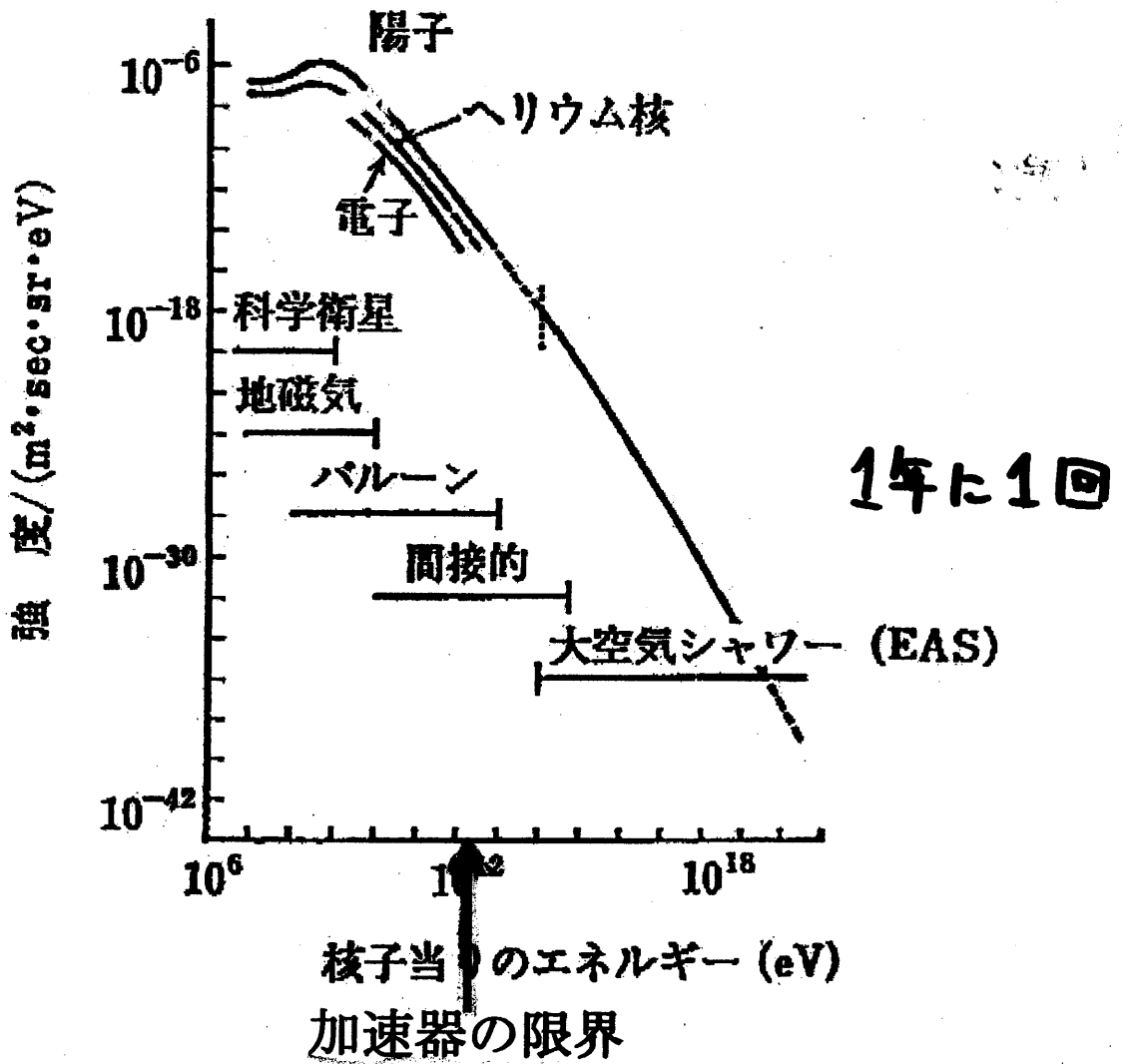
# 宇宙線粒子数の方向依存性

## 実験の目的

- 宇宙線の特徴を調べるため、宇宙線粒子数の方向依存性を測定する。
- 地球を使ったニュートリノ観測の可能性を調べるために、地中から来る上向きミューオンを観測する。



宇宙線のスペクトル  
 $1 \text{ 個} / \text{cm}^2 \cdot \text{秒} \cdot \text{sr}$

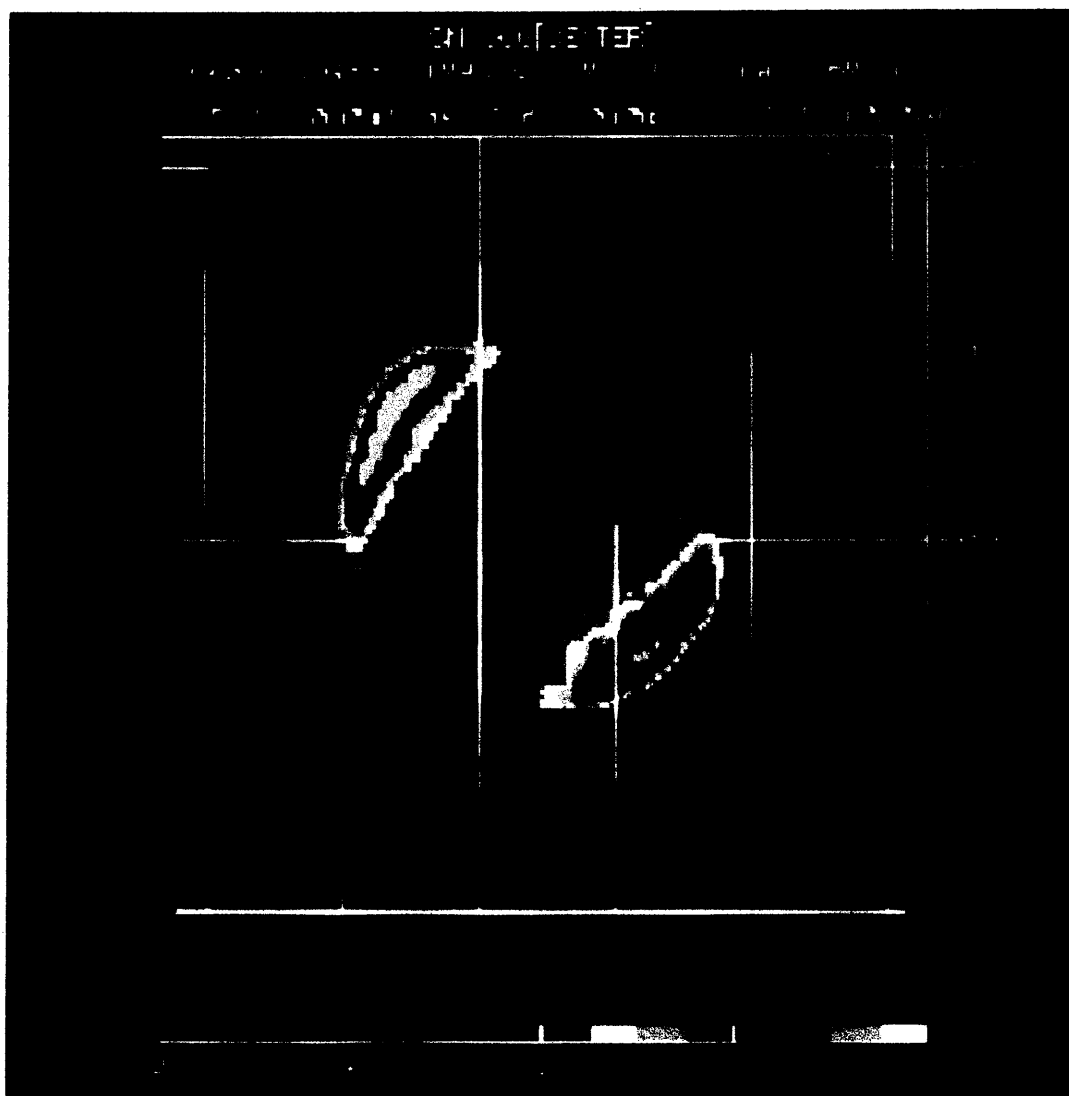


宇宙線は陽子を主成分とした高エネルギー原子核。

宇宙線のエネルギーは超高エネルギーまで分布している。

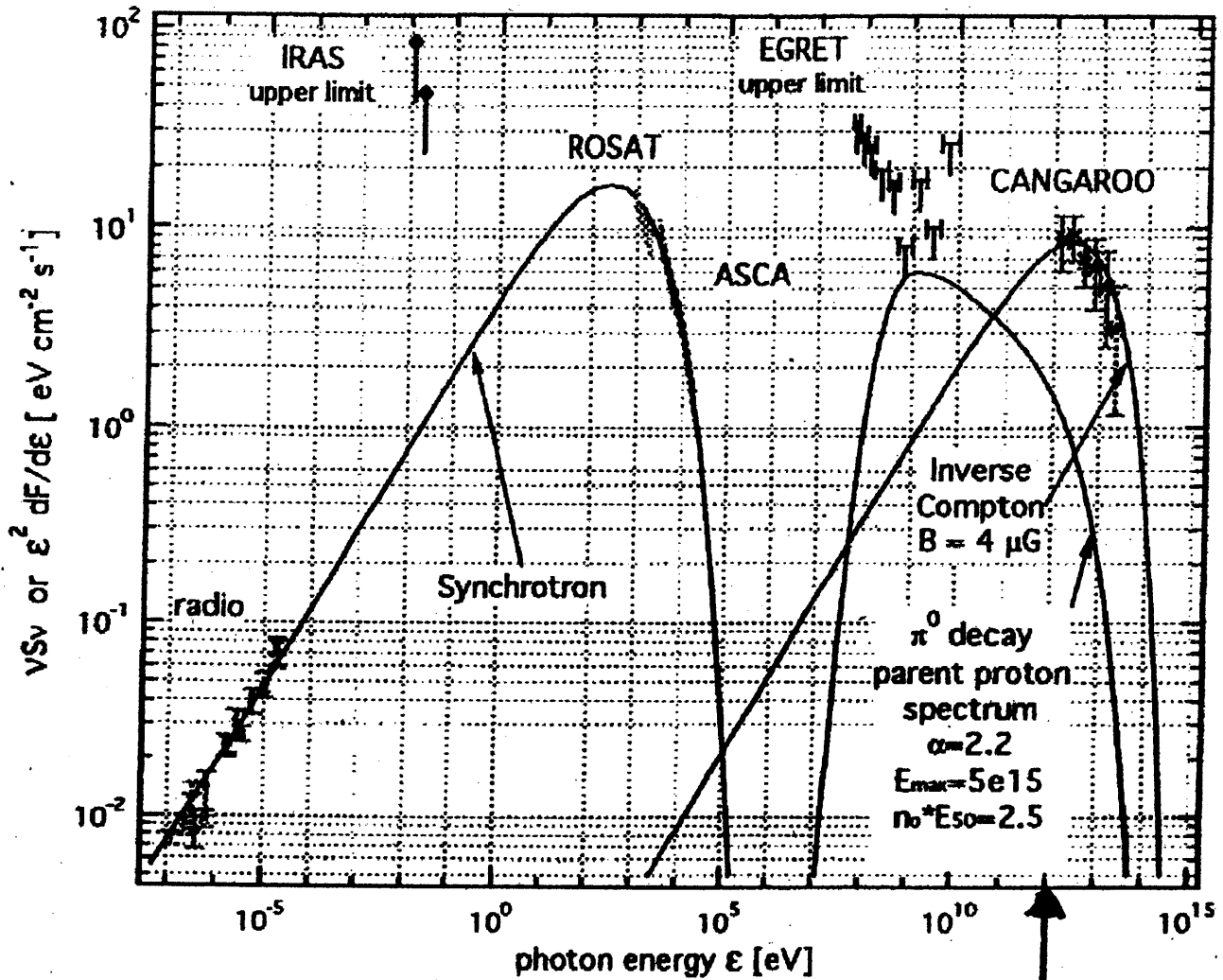
銀河磁場のため起源は謎。

# 宇宙線の起源



超新星残骸 (SN1006) の X 線イメージ

# 宇宙線の起源



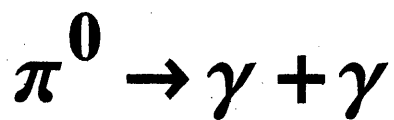
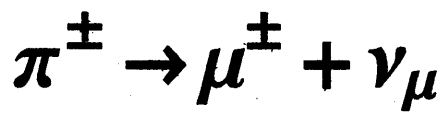
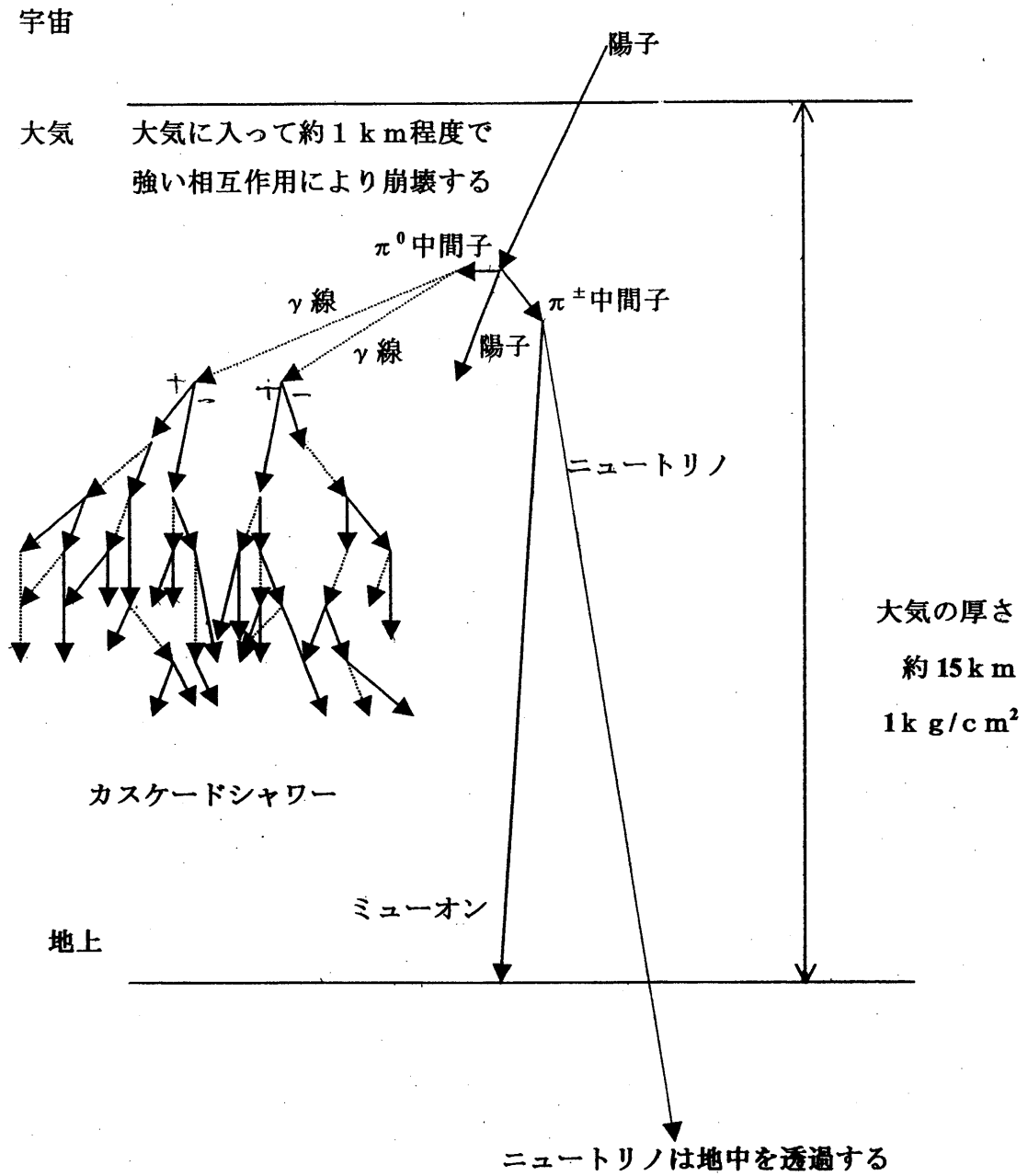
加速器

超新星残骸 (SN1006) からの $\gamma$ 線スペクトル。

高エネルギー電子と黒体放射による逆コンプトン散乱。

高エネルギー陽子から生成された $\pi^0$ 中間子からの $\gamma$ 線。

## 2次宇宙線の生成

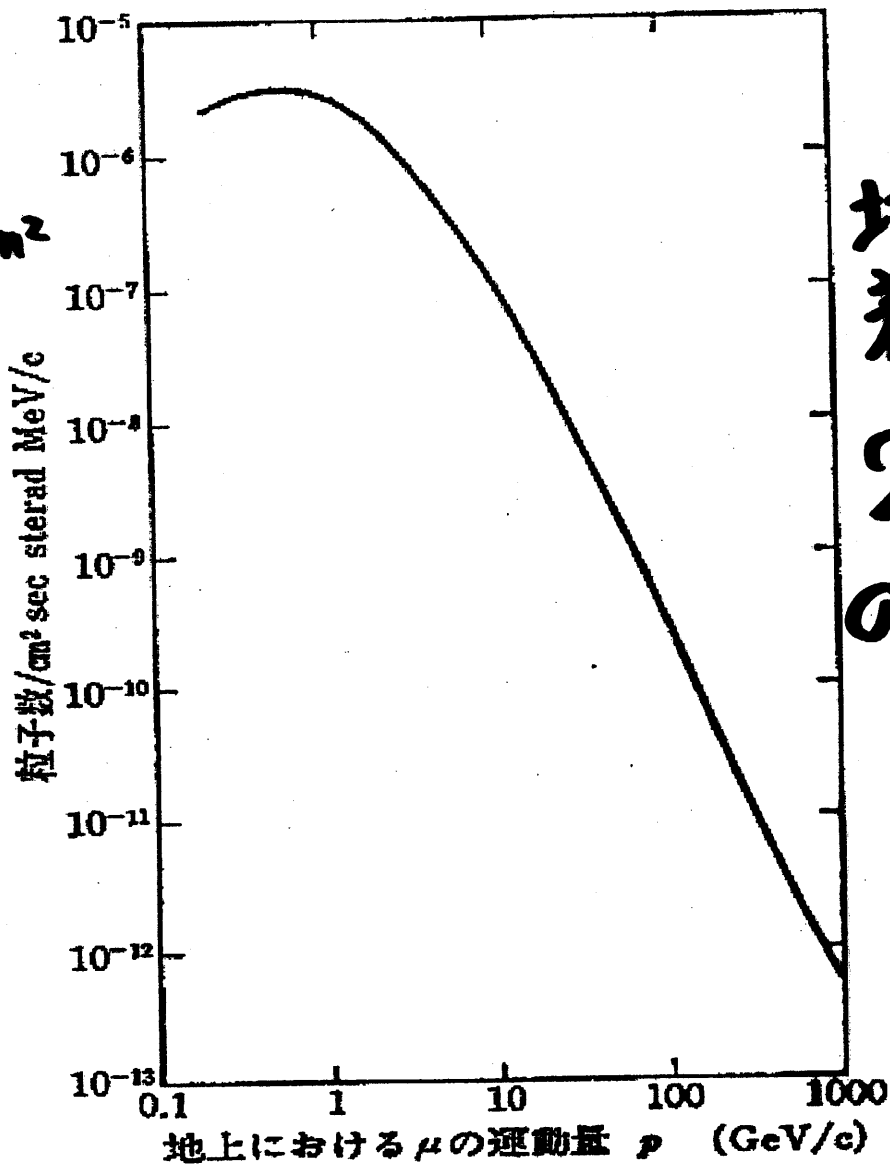


# ミューオン

平均エネルギー — ミューオンの運動量スペクトル

3 GeV

1個/分・cm<sup>2</sup>

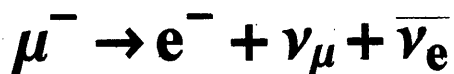
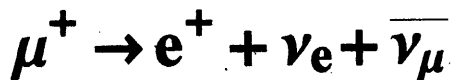


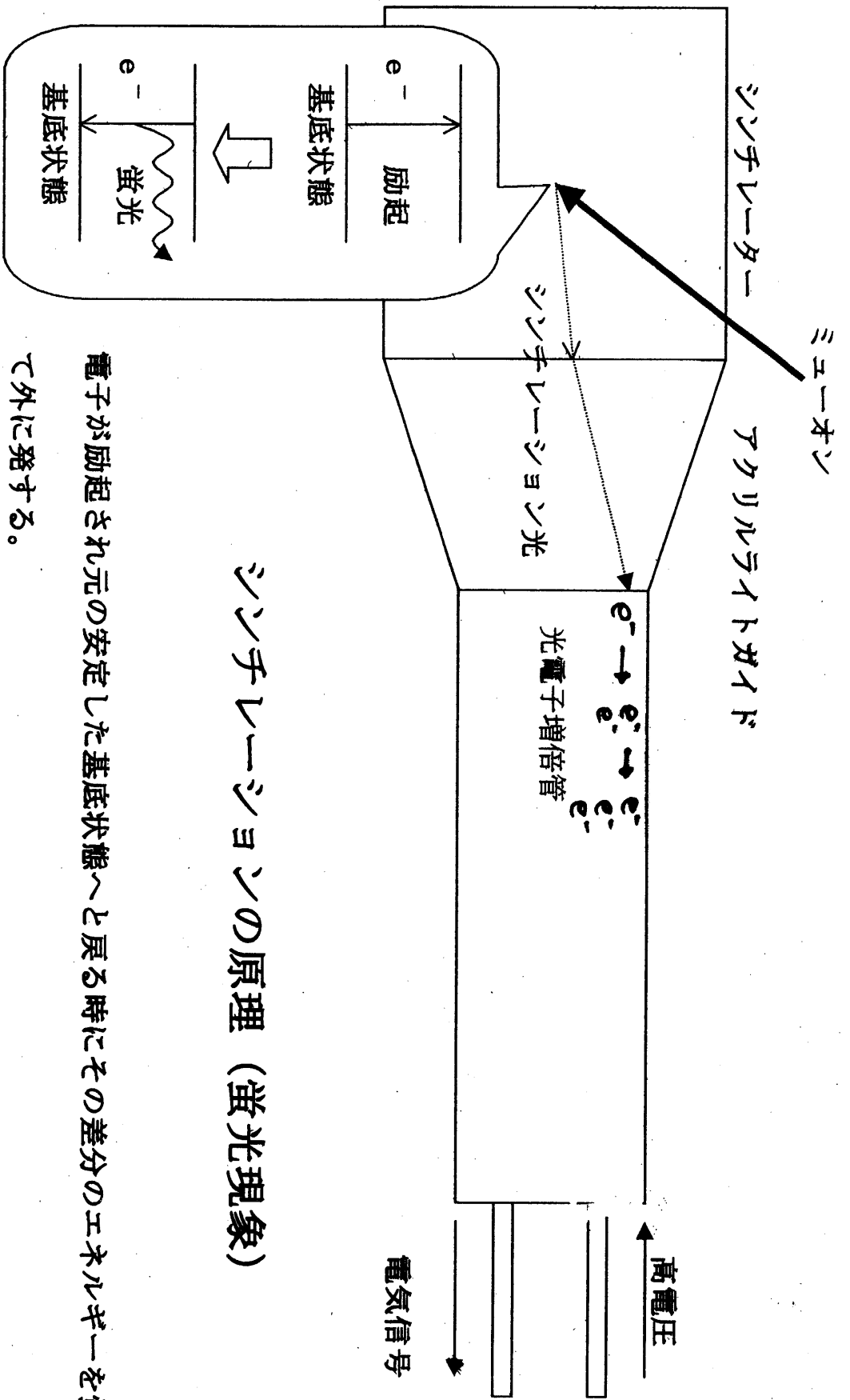
地上に着くまでに  
2 GeV  
の電離損失

ミューオンの特性

レプトン、静止エネルギー：105.7 MeV

半減期： $2.2 \times 10^{-6}$  秒





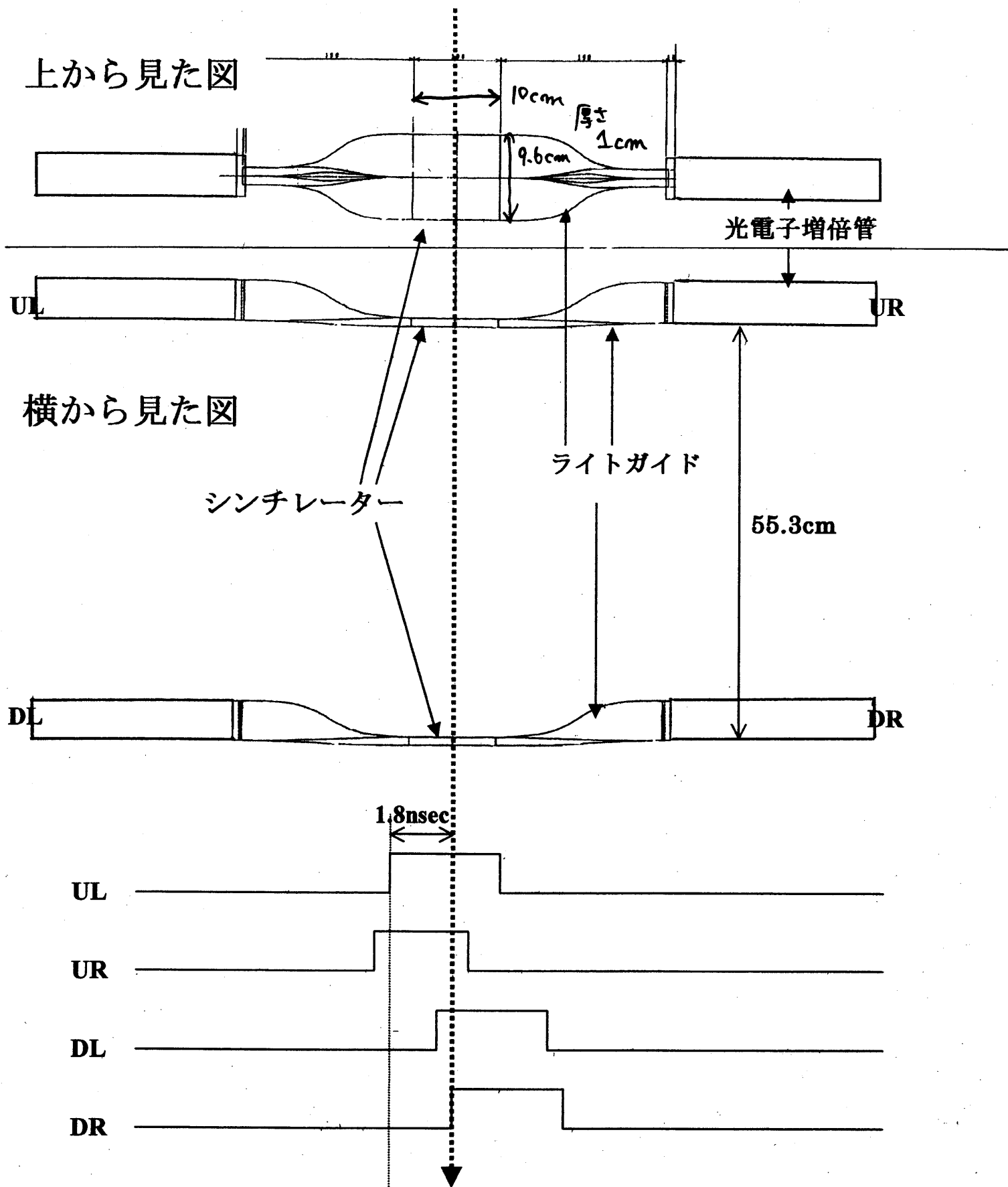
### シンチレーションの原理 (蛍光現象)

電子が励起され元の安定した基底状態へと戻る時にその差分のエネルギーを蛍光として外に発する。

受光面で光電効果により入射光を電子に変え、高電圧で電子を100万倍に増幅する。



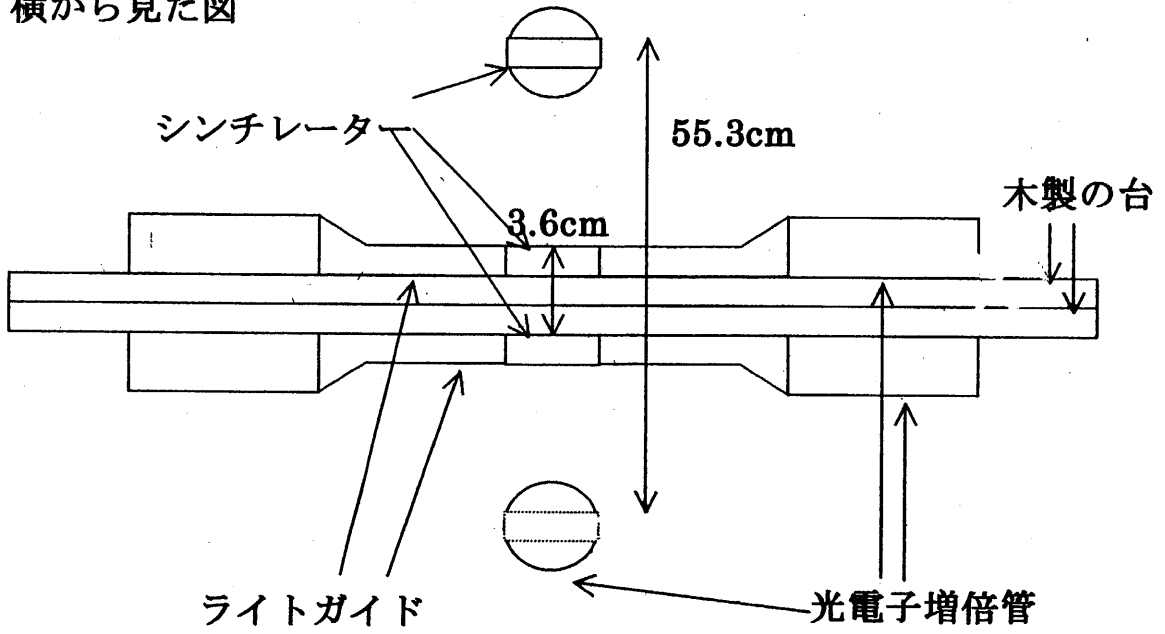
# 宇宙線測定装置



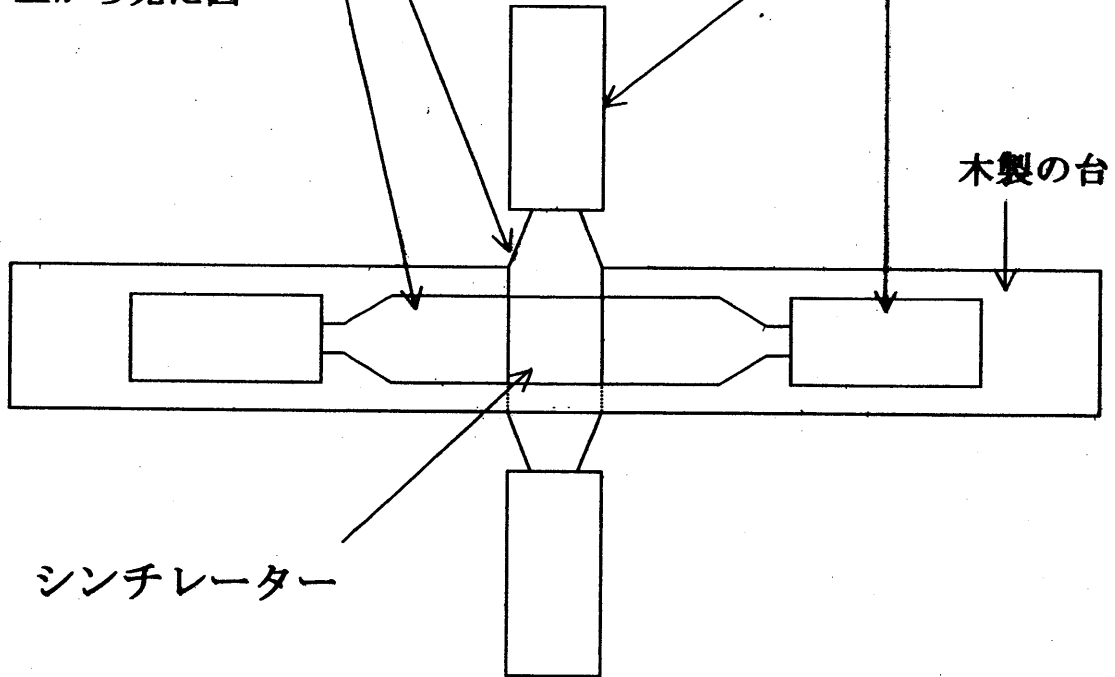
4つの信号が同期した時、宇宙線として検知する。

# 性能評価のためのセット

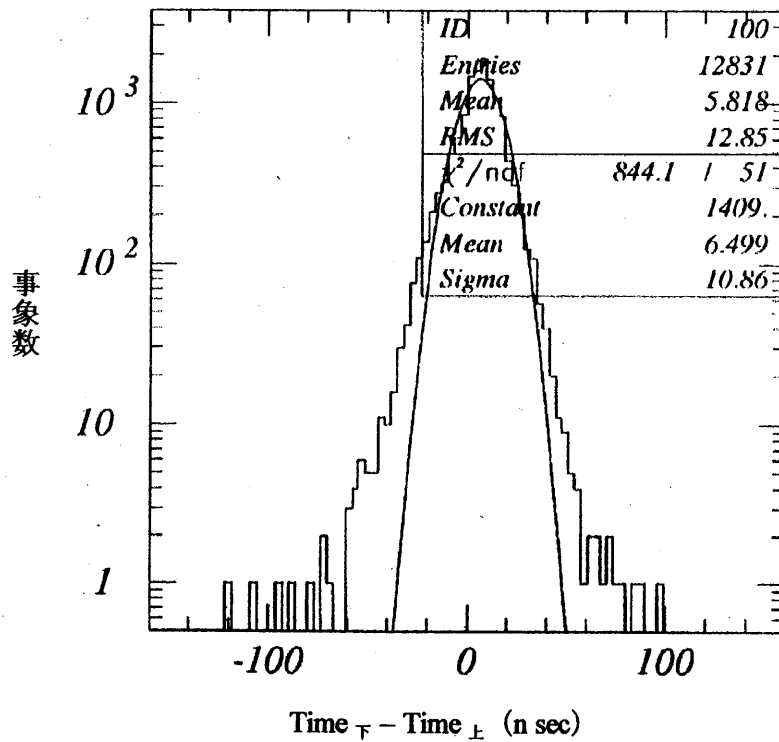
横から見た図



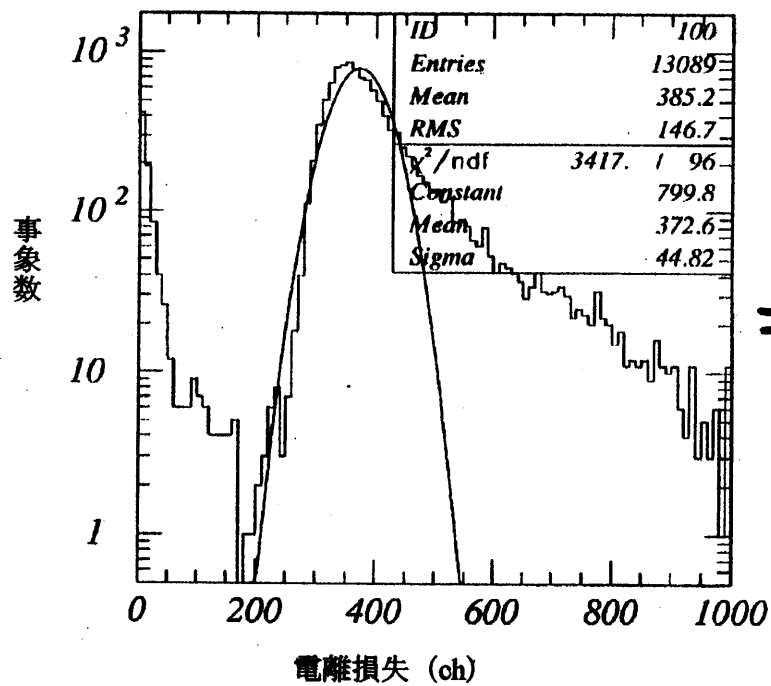
上から見た図



# 測定装置の性能評価



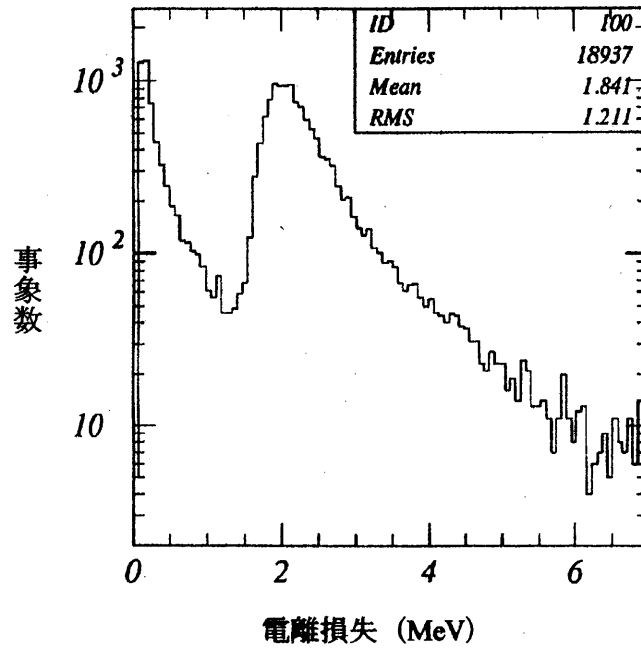
時間分解能 : 0.26nsec (動作電圧 1.7kV)



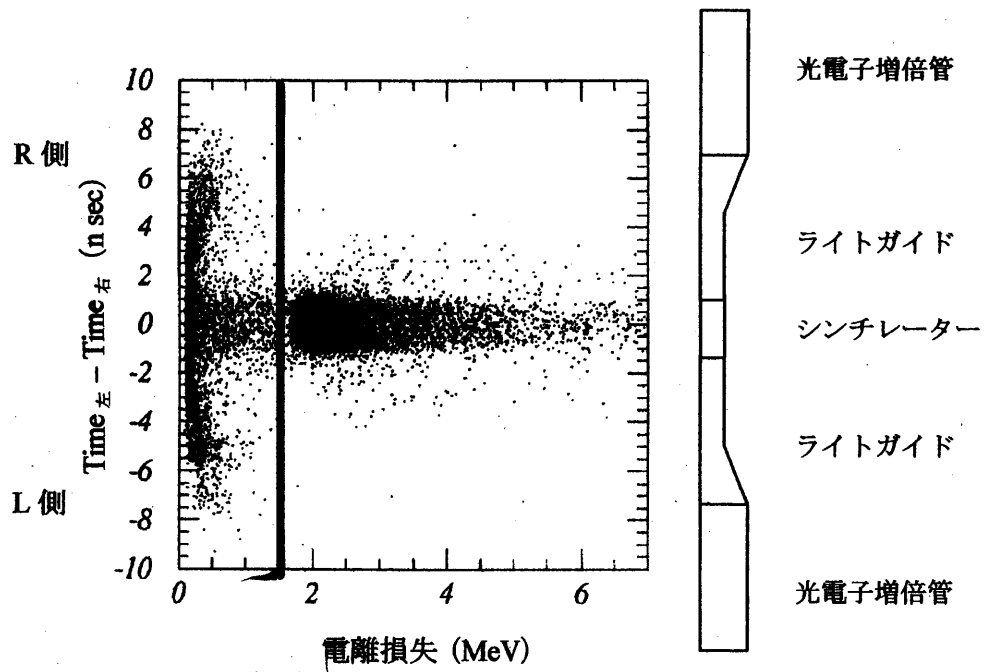
エネルギー分解能 : 12% (動作電圧 1.7kV)

5  
= 1.1

# 選択条件



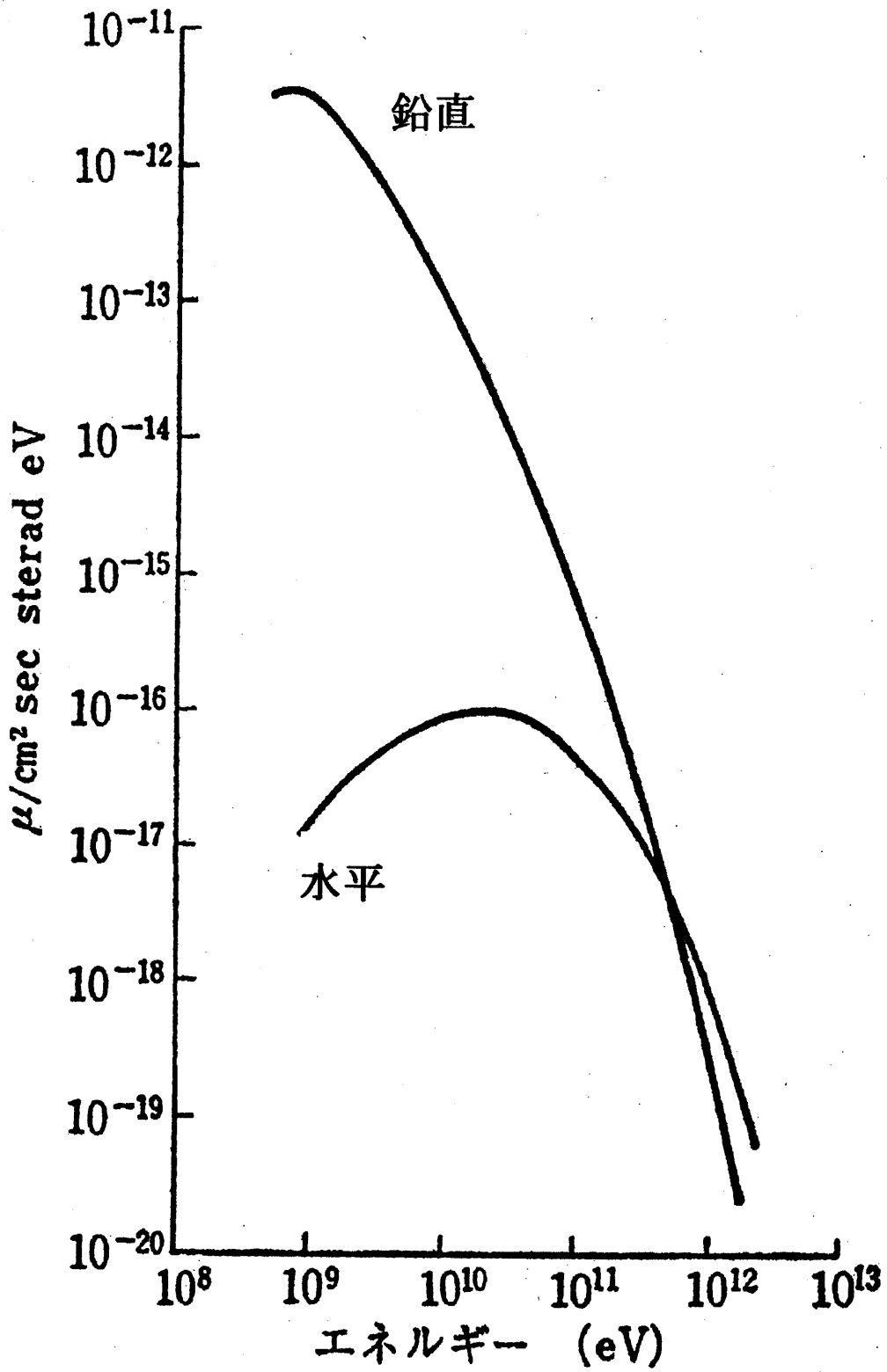
## 電離損失のヒストグラム



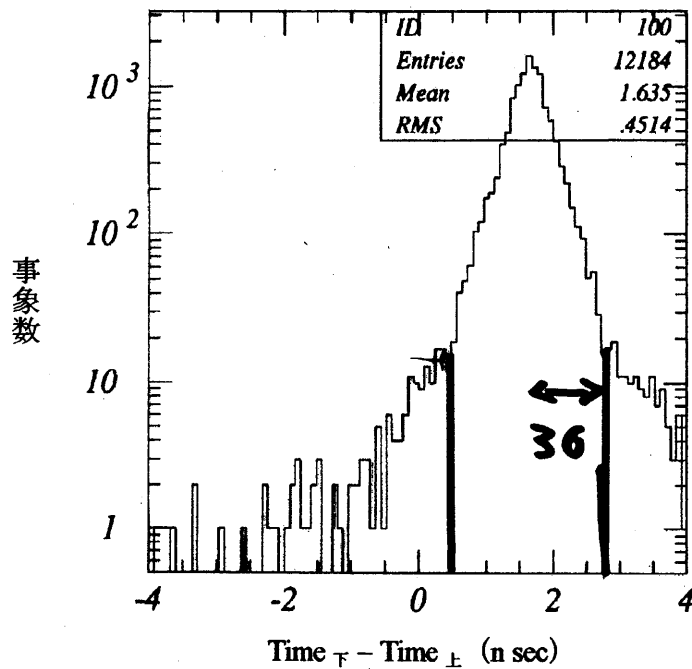
## 左右の時間差と電離損失の相関図

# 方向依存性

飛来方向による宇宙線粒子数の分布



# 鉛直方向 (55cm) (1.8 n sec)



鉛直方向の時間差のヒストグラム

## 鉛直方向の結果 (5日間測定)

総事象数 : 12184 ± 110 (粒子数)

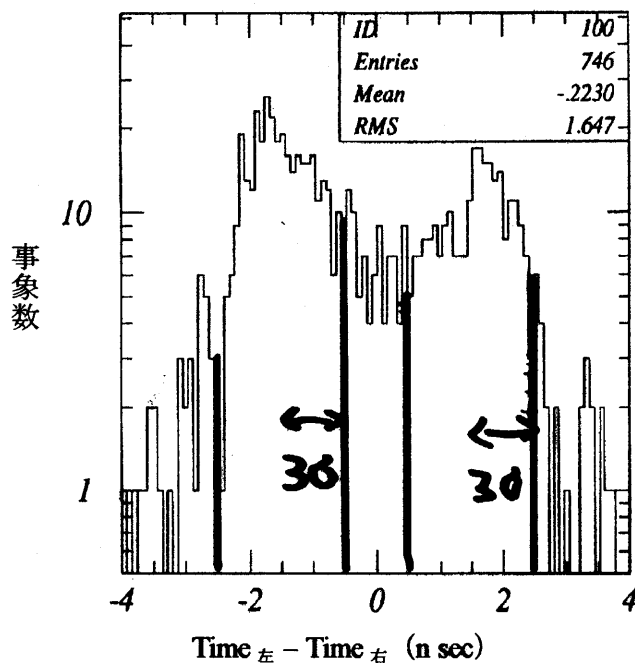
鉛直下向き方向の宇宙線粒子数

$(9.74 \pm 0.09) \times 10^{-3}$  (/sec cm<sup>2</sup> sterad)

計算値による宇宙線粒子数

$8.2 \times 10^{-3}$  (/sec cm<sup>2</sup> sterad)

# 水平方向 (55cm) (1.8 nsec)



## 水平方向の時間差ヒストグラム

### 水平方向の結果 (5日間測定)

総事象数 : 746 ± 27 (粒子数)

水平方向左右の平均事象数 : 364 ± 27 (粒子数)

よって水平方向の宇宙線粒子数は

平均 :  $(3.15 \pm 0.11) \times 10^{-4}$  (/sec cm<sup>2</sup> sterad)

計算値による宇宙線粒子数

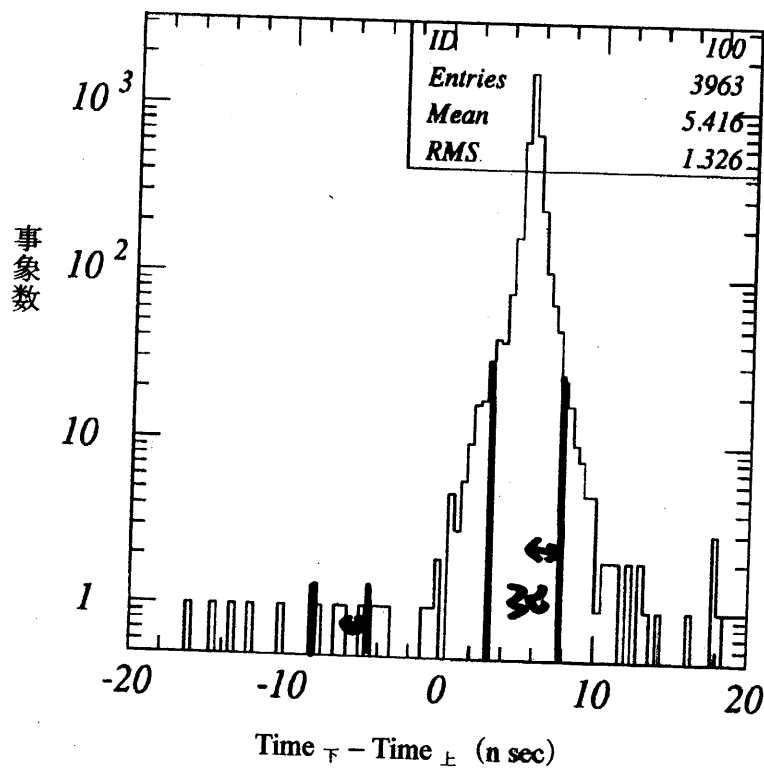
$1.3 \times 10^{-5}$  (/sec cm<sup>2</sup> sterad)

水平方向 / 鉛直方向

実験値 : 1 / 30

計算値 : 1 / 600

# 地中から来るミュオン 鉛直方向 (1.5m) (5.5 nsec)



## 鉛直方向の時間差ヒストグラム

カウンターの距離を離して方向の区別をつけやすくした。

鉛直上向き

実験値 :  $9.98 \times 10^{-6}$  (/sec cm<sup>2</sup> sterad) (90%信頼区間)

文献値 :  $2 \times 10^{-13}$  (/sec cm<sup>2</sup> sterad)

バックグラウンド以下の精度で計測する必要がある。



## まとめ

### 方向依存性

宇宙線は飛来する方向によって、大気中での移動距離が異なり、粒子数が変化する。水平方向は鉛直方向に比べて 1/30 以下の頻度で地上に到達することが分かった。

### 地中から来るミューオン

地中からのミューオンは  $9.98 \times 10^{-6}$  (/sec  $\text{cm}^2 \text{sterad}$ ) (90%信頼区間) 以下であることが分かった。