Extremely Low Frequency

宇宙線物理学

- 素粒子物理　Particle Physics.
- 宇宙物理　Astro Physics

→ 枠をのりこえる.　次の"宇宙線物理学"

- 地球物理学 (ELF Radio Emission)
- 宇宙物理学. (Cosmic Dark Matter)
- 地球環境学. (Radio Environment)
- 生命の物理学. (アミノ酸発生)

22nd ICRC ダブリン国際会議

a). Cosmic Ray Origin and Galactic Phenomena
→ 宇宙物理学関連 (X ray, γ ray, Composition)

b). Solar and Idoliosphere Phenomena
→ 太陽系物理学. (Solar flares, modulation, Solar ν)

c). High energy Phenomena
→ 素粒子物理学. (Cascades, EAS, New particles)

EAS (90 papers total)

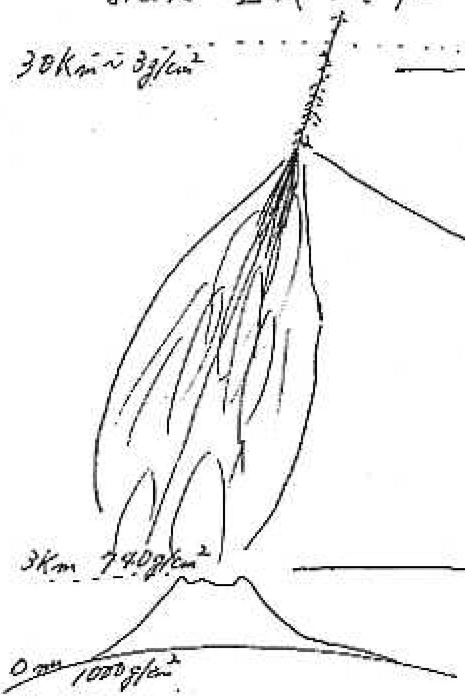
Extensive Air Showers

☆ 1. EAS Phenomenology (Monte Carlo) 21
2. 〃 〃 (Cores) 8
3. 〃 〃 (lateral distribution) 7
☆ 4. EAS Muon content 14.
5. EAS Arrival times and direction finding 12
☆ 6. EAS Cerenkov and radio 14
☆ 7. EAS Properties of hadronic interaction (Q.G.P) 15

Quark Gluon Plasma

Extensive Air Showers.

拡大 空気シャワー



→ 入射一次宇宙線.

種類 (Proton, He, C, N, -Si … Fe)

エネルギー (10^{15}eV ~ 10^{21}eV)

↓ 10^{11}ケの総粒子数となる

→ 超高エネルギー核相互作用

P + (空気原子核) → p + n + π + K + …
jet

A + (〃) → 〃
jet

核相互作用の種類.

〃 の位置.

→ 観測点

No --- Size --- 総粒子数. 10^4 ~ 10^5ケ
(1 ~ 5%)

S --- age parameter
— lateral 分布のパラメータ.

core pattern --- コア構造.

N_μ --- μon サイズ --- μの総数.
(~10%)

Arrival time distribution
— 到着時間分布.

High energy component
— Nuclear Active 成分

一般的解析手段

多数派 (計算機) { 理論 (Monte Calro) との比較

New parameters. … Exotic Event をみつける

少数派

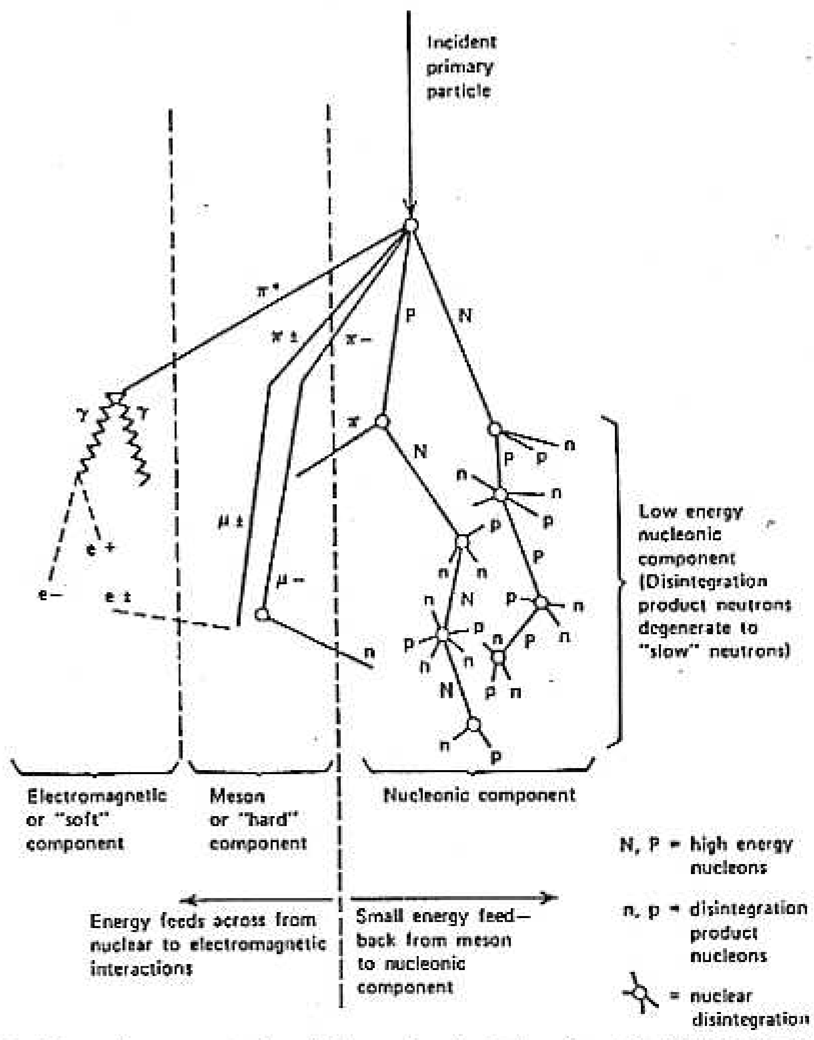


FIG. 3.3. Schematic representation of the results of an interaction of a cosmic ray particle with the atmosphere. (From Simpson, Fonger, and Treiman 1953, p. 936.)

空気シャワーの Start と Development.
Transition

理論 { Monte Calro simulation
Pure Electro-magnetic cascade theory.

1. First Interaction

P + (空気原子核) → P + n + π + K + Something (jet)

→ Fire ball Model
Excited Baryon Model
Accelerator data < P+P̄ / $A_1 + A_2$

A + (空気原子核) → P + n + π + K + Something

⇓

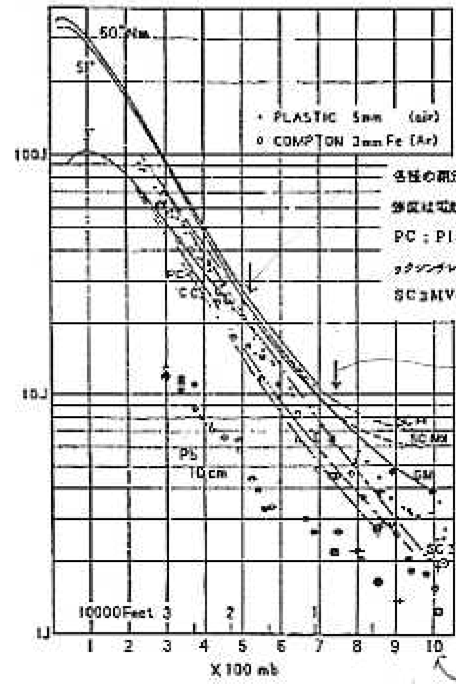
何が起っているか.

①. Anomaly interaction
. QGP production → Super Massive long life
Multi mini jet production → multi gluon
〃 jet.

親は何か?

②. 観測点での EAS parameter の説明.
Multi Cored event. — Composition
Delayed Sub Disk event.
Muon less shower — γ initiate shower.

③ Anormal primary
Strange Quark Matter, Dark Matter.



各種の測定器を用いた場合の宇宙線全方向の気圧（高度）変化
強度は電離箱J単位で相対値で表示である。
PC：Plastic Chamber, CC：Compton Chamber, SC Pl：プラスチックシンチレーター, SC NaI：NaI(Tl)シンチレーター, GM：GM計数管.
SC 3MV<：3MeV以上のエネルギー吸収。二重丸は精度の良い測定点（電離箱）

図 11

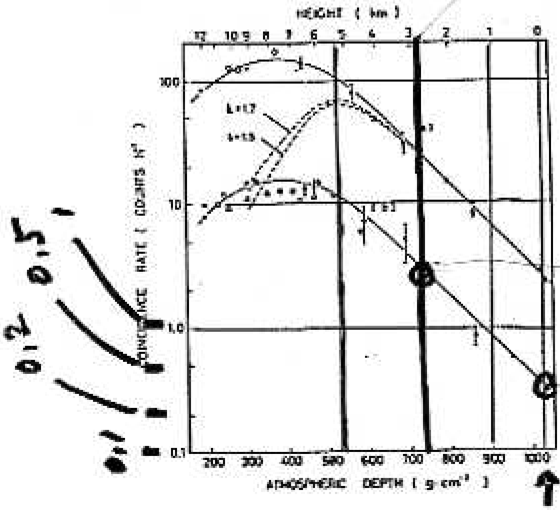


Fig. 5.14 Altitude variations of EAS frequencies. ┼—T. Imai et al., *Sci. Pap. IPCR*, 55, 42 (1961); △—N. Hilberry, *Phys. Rev.*, 60, 1 (1941); ○—H. L. Kraybill, *Phys. Rev.*, 76, 1092 (1949); □—A. L. Hodson, *Proc. Phys. Soc.* (London), A66, 49 (1953); ○—H. L. Kraybill, *Phys. Rev.*, 93, 1360, 1362 (1954); ×—R. A. Antonov et al., *Proc. Moscow Conf. on Cosmic Rays*, II, 96 (1960).
The density Δ and the frequency attenuation length $\bar{\lambda}$ are related as follows:

(*a*) $\Delta = 45\ m^{-2}$, $\bar{\lambda} = 120 \pm 4\ g \cdot cm^{-2}$

(*b*) $\Delta = 180\ m^{-2}$, $\bar{\lambda} = 136 \pm 10\ g \cdot cm^{-2}$

The dashed curves represent the Gross transformations of (*a*) with *k* = 1.5 and 1.7.

図 12

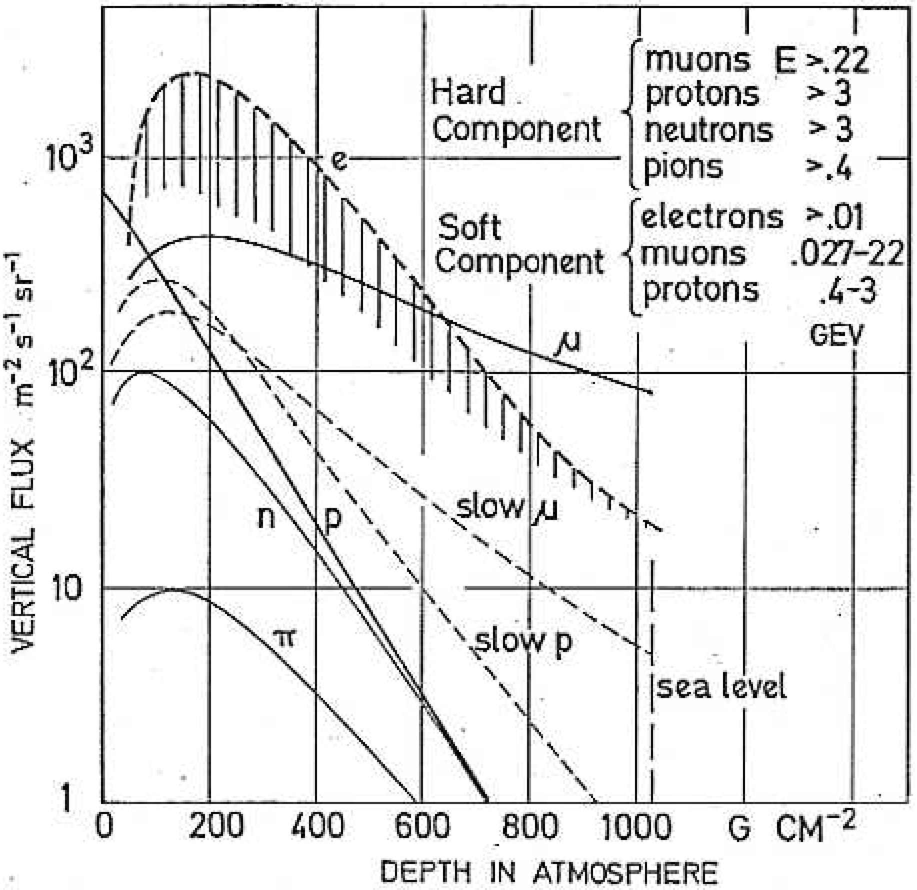


FIG. 12. Components of the radiation in the atmosphere, after Peters.

宇宙線二次粒子のflux高度変化

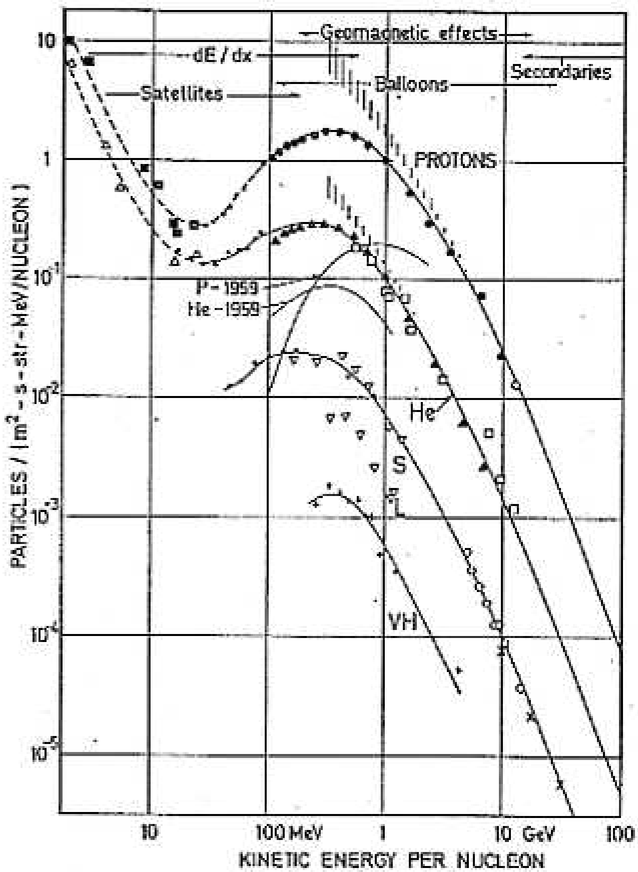


FIG. 15. Differential energy spectrum of primary protons and nuclei (L: Li, Be, B. S: $z > 5$. VH: $z > 19$) at a time of low solar activity. Methods of investigation are indicated for different energy regions. Very far from the Sun, the spectrum is probably as shown by the hatching.

一次宇宙線の微分エネルギースペクトル

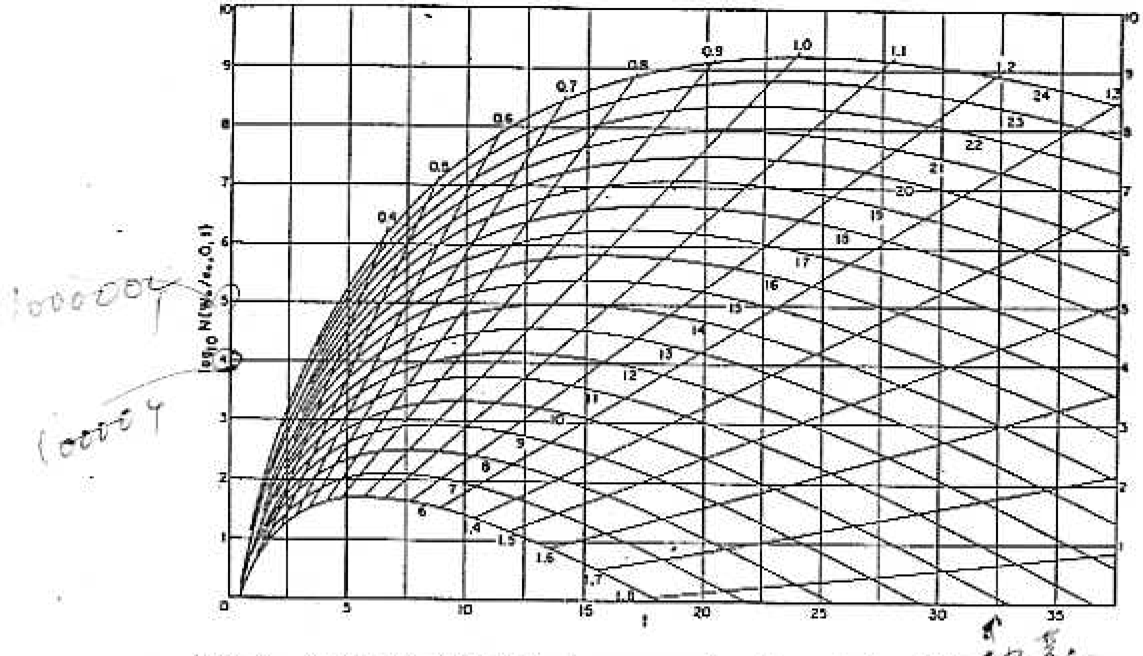


Fig. 1 – Total number of electrons as a function of the thickness of air in radiation units (37.7 g.cm^{-2}) for showers initiated by single photons of various energies, according to SNYDER [1949]. The numerical energy parameter attached to each curve is the natural logarithm of the ratio of the primary energy to the critical energy (84.2 MeV). The radial lines indicate values of the age parameter, s.

γより入射した純粋電磁カスケードの理論

ラテラル分布（横方向分布）

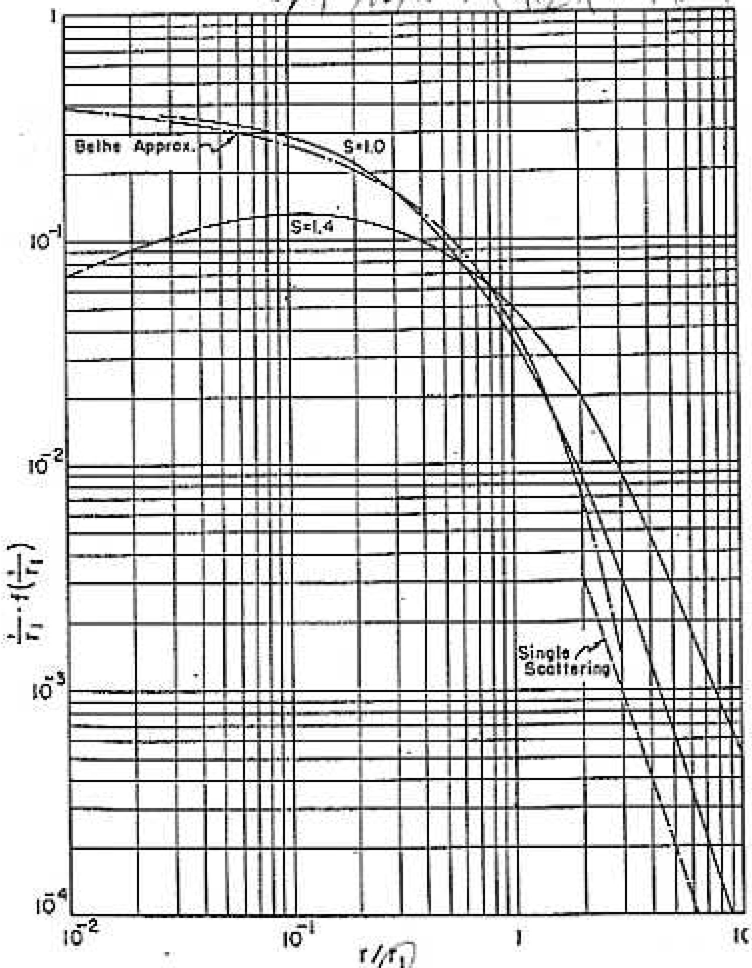


Fig. 5 – Lateral distribution of all electrons in showers at their maxima ($s = 1$) and in showers of age $s = 1.4$. The solid curves represent the calculations of NISHIMURA and KAMATA [1951], made under Approximation B; these curves are well reproduced by Eq. 11. The dot-dash curve is a much-used analytic approximation (Eq. 10) to the Molière distribution ($s = 1$) for small values of r/r_1. The dashed line is the contribution of single scattering, integrated over the shower or at the maximum, as calculated by EYGES [1948]. Normalization is such that $\int_0^\infty 2\pi x f(x)\, dx = 1$.

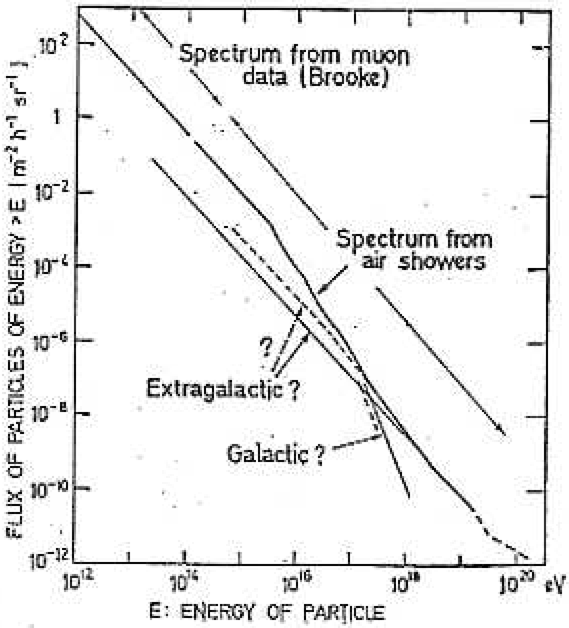


FIG. 25. One interpretation of the energy spectrum of primary particles as the sum of galactic and extragalactic components.

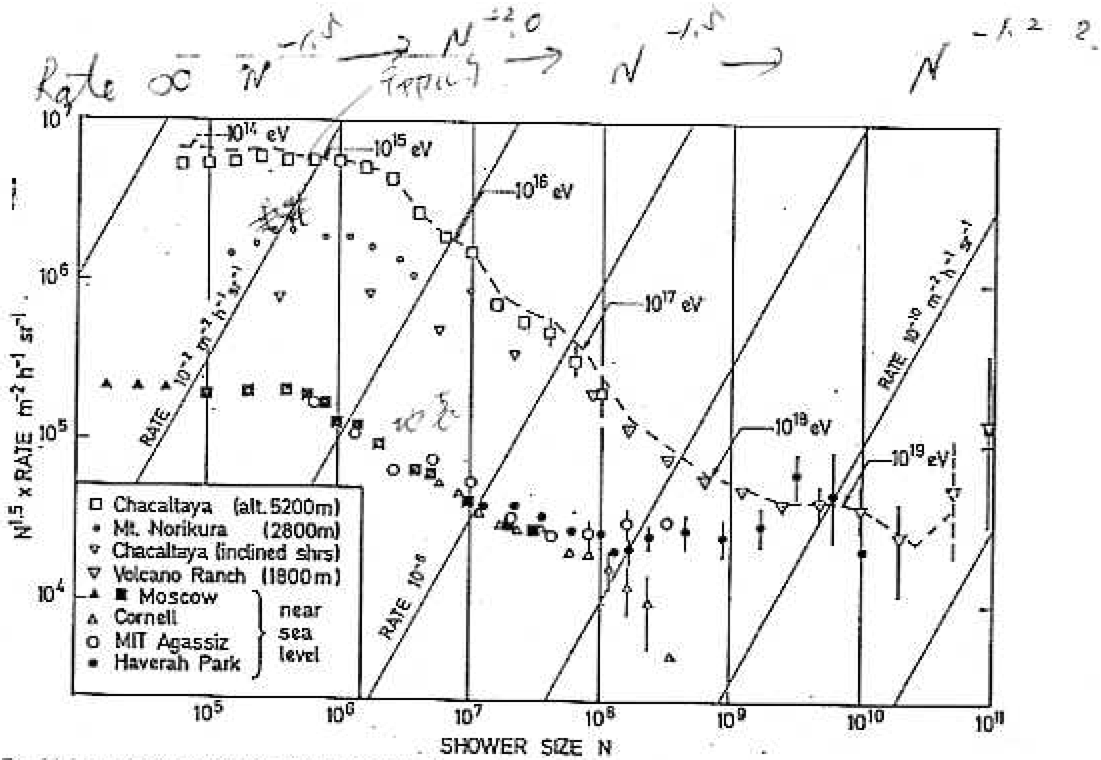


FIG. 24. Rate of observing near-vertical air showers of more than N particles near sea level, and at high altitudes. The dashed line represents the envelope of all such curves. The "inclined" Chacaltaya showers shown have passed through the same amount of air as the vertical showers at Volcano Ranch.

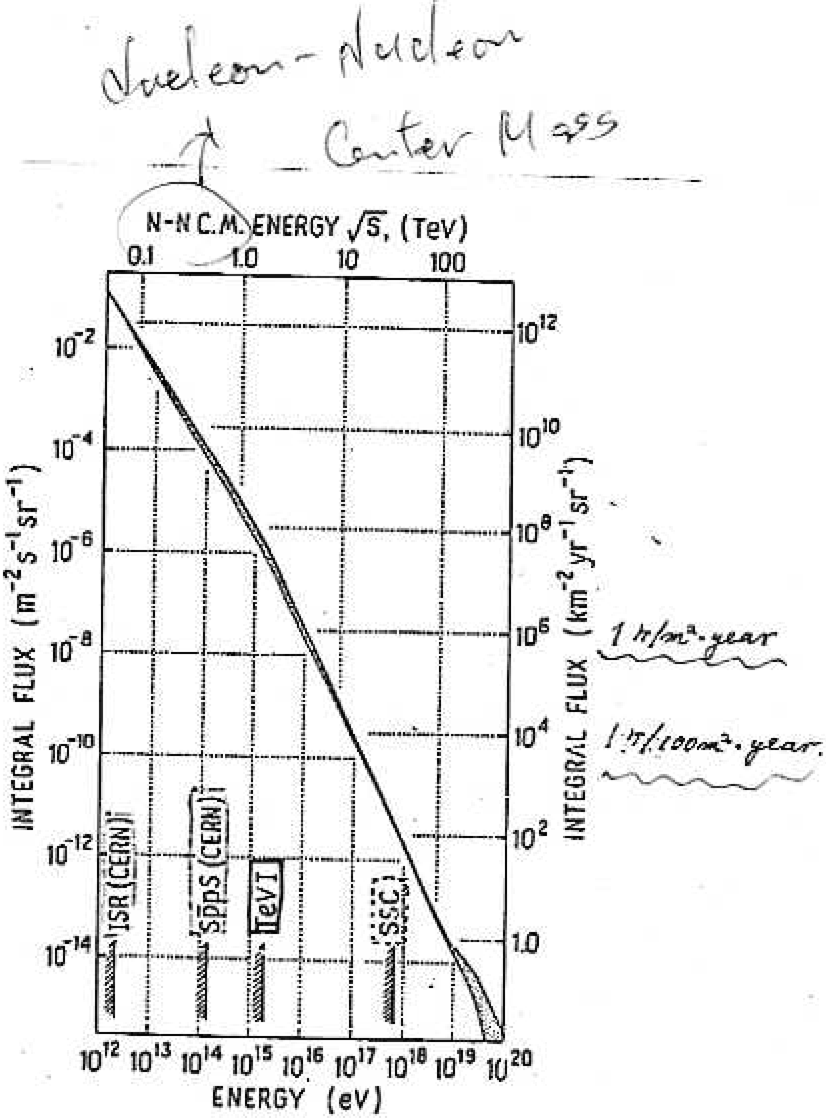


Figure 1. Cosmic ray primary integral flux spectrum vs. energy, with energies of nucleon-nucleon colliders indicated on the abscissa.

解決方法

観測値 → { 親の種類
〃 エネルギー
First Interactionの位置
Interactionの種類

結ぶもの **Monte Carlo Simulation**

一般的(従来の) EAS像

P + (空気原子核) → jet (p, n, K, π, ···)
A + (空気原子核) → jet (p, n, K, π, ···)

相互作用
平均衝突距離 $\lambda \simeq 80\,g/cm^2$ (1気圧 700m)

続く相互作用

First Nuclear Interaction → p, π, K の Successive Interaction

⇓

{ Successive nuclear interaction
Electromagnetic interaction
$\pi^{\pm}$, $K^{\pm}$ etc の decay

+
neutron production by Disintegration 核分裂

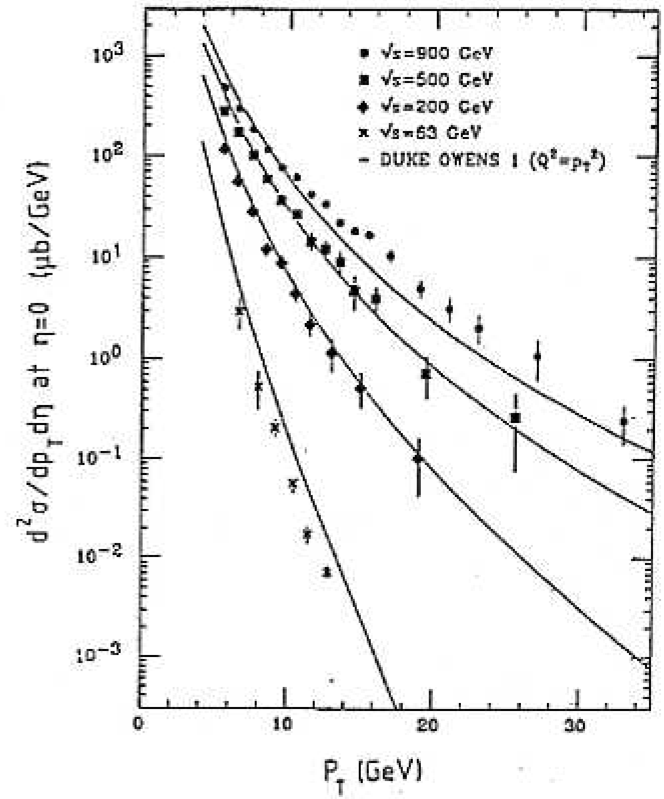


FIGURE 2

Corrected inclusive cross-sections, with QCD calculations (reference 1)

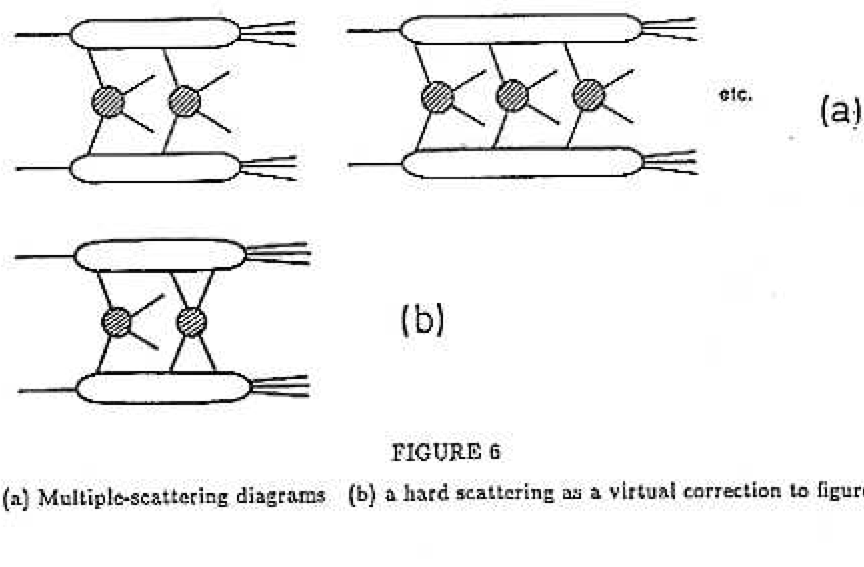
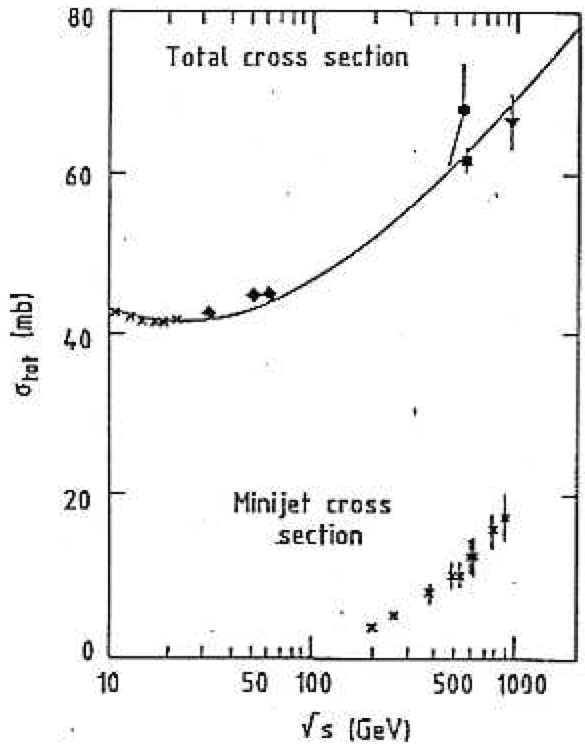


FIGURE 6

(a) Multiple-scattering diagrams (b) a hard scattering as a virtual correction to figure 3



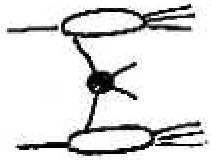
$\sqrt{S}$ で 100GeV 以上の σ_{Total} の Increase は Minijet の production cross section の Rise がカバーしていることを示している。

10^5 サイズ $= 2 \cdot 10^{15}$eV $= (\sqrt{s} = 630$ GeV$)$ ですから 10^5台のマルチコアは Minijet の影響を考慮しなければならない。

Minijets and their consequences for collisions of heavy nuclei.
P.V. Landshoff 1989
Nuclear Phys. A498(1989)217c

No 1.

Hard-Scattering diagram for jet production



① $\frac{d\sigma^{AA}}{dP_T} \equiv A^2 \frac{d\sigma^{p\bar{p}}}{dP_T}$ ← 原子核の gluon Structure function は陽子or反陽子の A倍とした近似

② $\sqrt{s} = 200$ GeV の加速器データから

$$\frac{d\sigma^{p\bar{p}}}{dP_T} = \frac{C}{P_T^n} \quad \text{per unit } \eta.$$ — Kajantie et al 1977

→ $\sqrt{s} = 200$ GeV : $n = 5.5$
" 900 GeV : $n = 4.4$
" 1800 GeV : $n = 3.5$
} $C = 1.45$ barn
numerical fit

③ 上式を $P_{T\,min}$ 以上で積分すると

$$\int_{P_{T\,min}} dP_T \frac{d\sigma^{AA}}{dP_T} \simeq \frac{CA^2}{n-1} \cdot \frac{1}{P_{T\,min}^{n-1}} \quad \text{per unit } \eta.$$

↓ inclusive cross section × multiplicity

$P_T > P_{T\,min}$ なる グルーオンの平均数は，1回の非弾性衝突につ

$$\bar{N} = \frac{1}{\sigma^{AA}} \int_{P_{T\,min}} dP_T \frac{d\sigma^{AA}}{dP_T}$$

$$\doteqdot \frac{1}{\sigma^{AA}} \cdot \frac{CA^2}{n-1} \cdot \frac{1}{P_{T\,min}^{n-1}}$$

$$\sigma^{AA} = 4\pi R_A^2 \doteqdot 165 \times A^{2/3} \text{ mb}$$

④ 空気原子核との hard collision

→ mini jet (gluon) の生成

$$\bar{N} = \frac{1}{\sigma_{A_1A_2}} \int_{P_{T\,min}} dP_T \frac{d\sigma^{A_1A_2}}{dP_T}$$

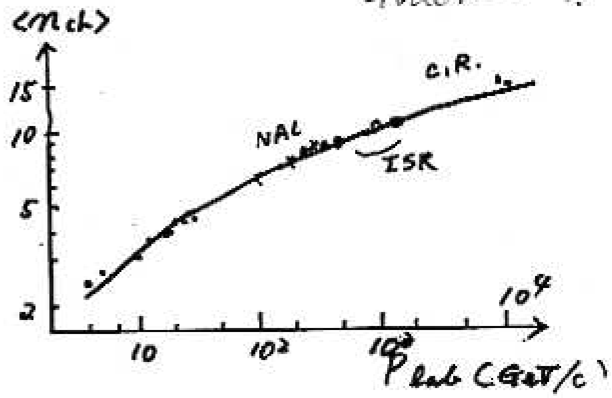
$$\doteqdot \frac{1}{4\pi(R_1^2+R_2^2)} \cdot \frac{C_{A_1A_2}}{n-1} \frac{1}{P_{T\,min}^{\,n-1}}$$

$$= \frac{1}{165\,(A_1^{2/3}+A_2^{2/3})} \frac{C_{A_1A_2}}{n-1} \cdot \frac{1}{P_{T\,min}^{\,n-1}}$$

$P_{T\,min} = 2\,GeV/c$

$\sqrt{S}$		200	900	1800	GeV
E_{CR}		2×10^{13}	4.1×10^{14}	1.6×10^{15}	eV/n
$N_{norikura}$		10^4	2×10^5	8×10^5	
$\bar{N}/d\eta$	(PP)	0.086	0.244	0.619	
	(He Air)	0.53	1.50) 6	3.82) 6	
	(Fe Air)	2.92	8.28) 5	21.0) 5	

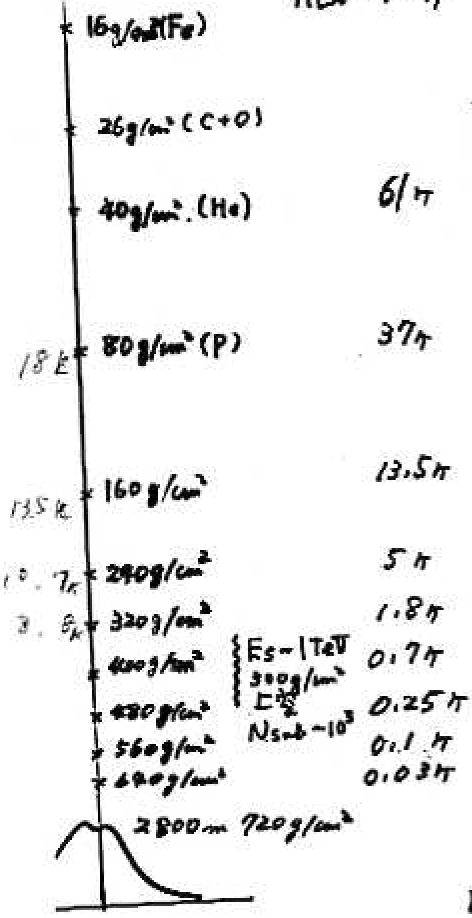
Gluon = Jet



EAS 複芯構造 (~50% at $N_0 = 2\cdot 10^5$ norikura)

シナリオ"

→ モンテカルロ $n_{ch} = 100$ヶ → マルチコア構造 AS をつくれるか.



T. Yanagita & T. Saito による Speculation

乗鞍山上でマルチコアをつくる条件.

[高度 ≦ 10g/cm²]

and

[$n_{ch} \geq 50$ヶ]

and

[$P_T \geq 1$ GeV/c]

(a) 4.1×10^{14} eV の Proton

$[0.12]\times[\leq 10^{-2}]\times[\leq 10^{-1}] \leqq 10^{-4}$

高度　多重度　P_T

⇓

マルチコアをつくるのはすべて He 以上の 1ry.

(b) Rate (Z Z)

10^{12}eV までの組成 data

$R(Z\geq 2) \simeq 0.53$ > M = 0.5

$R(Z\geq 6) = 0.29$.

(c) 厳しい条件

[高度 ≦ 10g/cm²] → [高度 ≦ 45g/cm²] とすると

$P_T \geqq 1$GeV → $P_T \geqq 1.6$GeV

又は

$n_{ch} \geqq 50$ → $n_{ch} \geqq 100$

(1986)
1987)頃の研究会

乗鞍観測所 再開発

テーマ

☆ 宇宙線アノマリー

- ケンタウロ
- JACEE events
- Multi core
- Delayed sub shower

} 周辺分野.
- · Multi mini jet
- · strange matter
- · 宇宙のシナリオ.

⇓

ハドロン物理学 — MALCO プロジェクト(?)
(AS+EC+New technic)

☆ 太陽物理学

太陽中性子 ⟶ 11年周期 あと5年? ⇒ 1年

☆ 空気シャワーによる Astrophysics

UHE γ シャワー　波形立ち上り、他のパラメータ.
interaction に関する時間情報

組成 (10^{14} ~ 10^{16} eV)　加速器データによる較正案.
AS シミュレーション ↔ 0 jet ~ 2 jets

条件.

山上高度 750 g/cm²　2780 m a.s.l.

山上ASの頻度

サイズ	$5\cdot10^4$	$5\cdot10^5$	$5\cdot10^6$
エネルギー	10^{14} eV	10^{15} eV	10^{16} eV
頻度	370ケ	3.7ケ	0.04ケ /30m²·day
$\sqrt{s}$	450 GeV	1.4 TeV	

* 0.1ケ/100m²·day

⇙ シンチ 200台
鉄 ~60 ton

その他.

政治情勢. → 地方大学CR研究者のマッ殺は許されない。
関西CRCメンバーの研究. IAP関西支所.

移籍先　信大. 名大. 神戸大. 高知大. 定員つきで移籍.
[illegible]