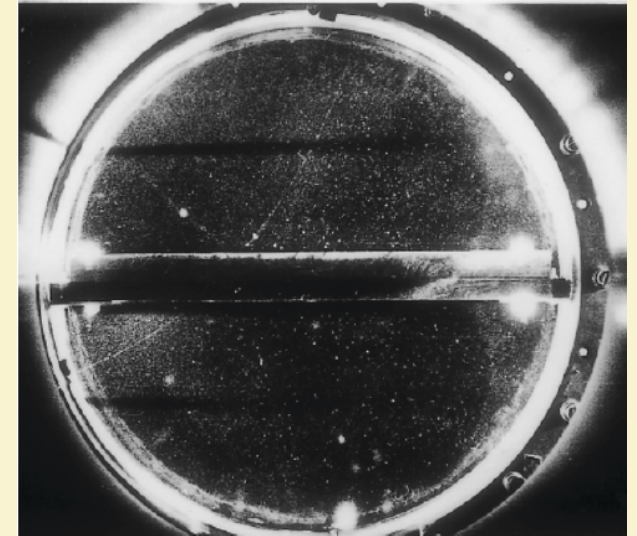
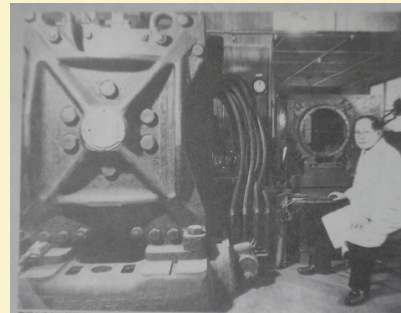
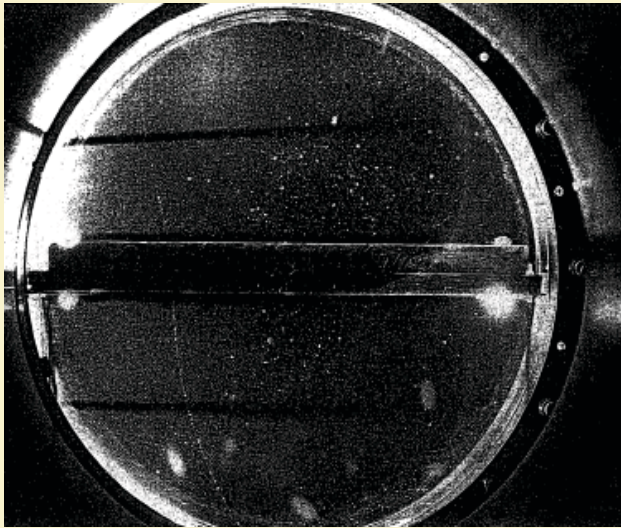


# 宇宙線の特性の研究

発見から100年

———ミューオン発見の秘話———



理研シンポジウム 和光 理研. 大河内ホール2012, Nov. 27

西村 純

# 宇宙線の特性

宇宙から入射する高エネルギー放射線：

粒子線： $\sim 10^6 \text{eV} - 10^{20} \text{eV}$   
ガンマ線，ニュートリノ……

## ● 宇宙物理学，太陽物理学

☆緯度効果、Modulation……	~1930-
☆超新星加速、銀河系内伝搬 ……………	~1950-
☆ガンマ線天文学	~1960-
☆反物質(反陽子……)、Dark matter	~1960-
☆超新星ニュートリノ	1987-
☆重力波，Dark Matter	~2000-

## ● 高エネルギー物理学：新粒子の発見，中間子多重発生

☆陽電子， $\pi - \mu$ 中間子，K 中間子，Charm 粒子，	1932-1971
☆中間子多重発生	~1950-
☆ニュートリノ振動（質量）	1998-

# 1900 年頃の物理学

●1885 年: X 線レントゲン



レントゲン

●1886 年: ウラニウムの放射能

ベックレル

●1898 年: ラジウム及びポロニウム



キュリー

●1900 年: 量子論

プランク

●1905 年: 特殊相対論, 光量子仮説

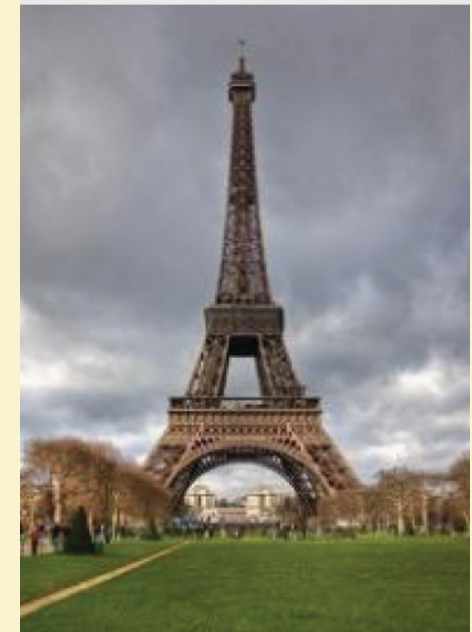
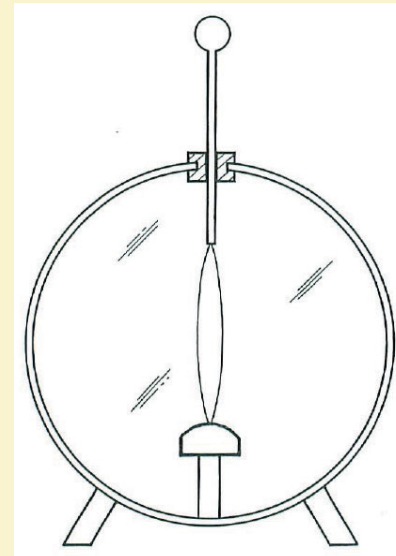
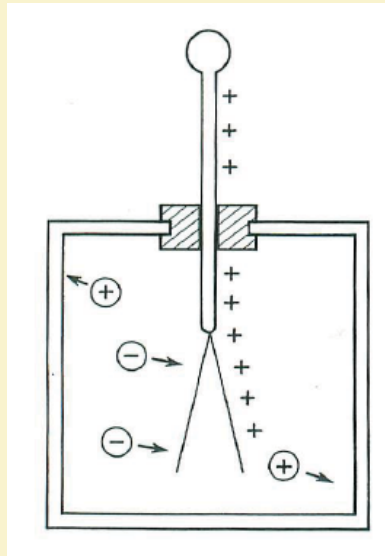
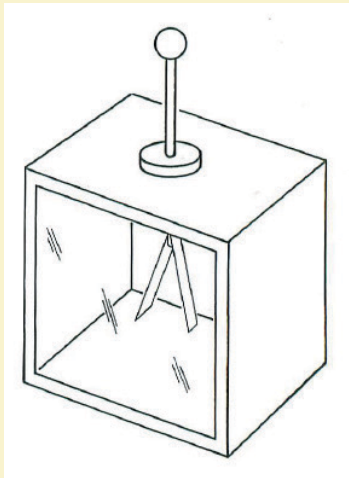
アインシュタイン

●1912 年: (明治 45 年) 宇宙線



ヘス

●ガスの電気伝導度、放射線→イオンが原因 ~1900



金箔検電器

J.Elster , H.Geitel, C.T.R. Wilson

Eiffel Tower

Th. Wulf



# ● ヘスの気球実験 1911-1912

- RaC  $\gamma$  の空気中の吸収
- 検電器 3 個 内 2 個気密

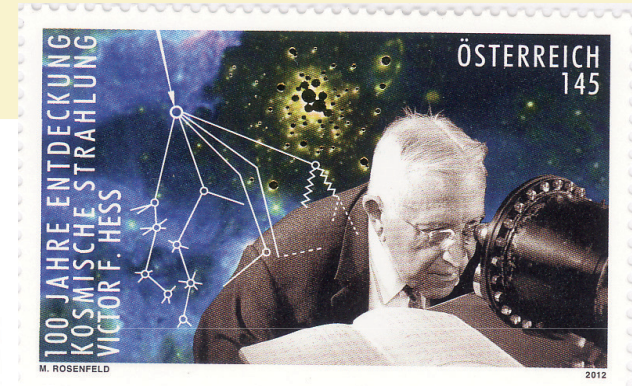
**Discovery of Cosmic Rays**  
**Viktor Franz Hess**      **7. August 1912**



Aeronautisches Gelände im Wiener Prater, vor seine ersten Freiballon-Forschungsfahrten u schichtliche Mu

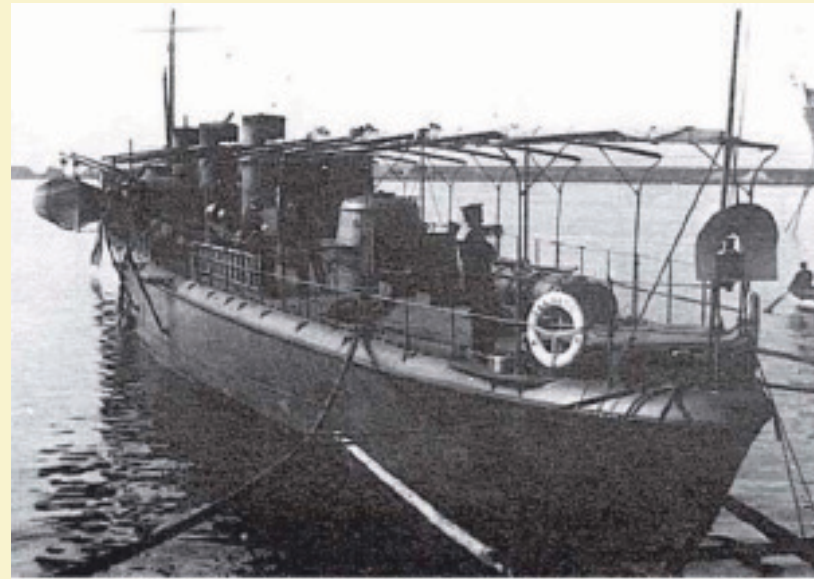


Hess on gondola in 1912 probably in test flight. The date and place is not clear at present.



- **Domenico Pacini (Italy) 1911 年 7 月**

水中 3 m で放射線が 20%減る事を観測した。



# ● Cosmic Ray Research 1910's-1930's

1912: 発見: HESS  
Kolhörster

1920's : 緯度効果: Clay, Millikan , Compton  
霧箱観測: Skobeltzyn  
ガイガーカウンター: Bothe, Kolhörster

1930's **Positrons**  
East West Effect

Electron Showers

**Muons**



仁科



湯川

# 我が国における宇宙線研究の始まり

1. 京都大学： **長谷川万吉**：1930年 Kolhörster より帰国
2. 東京大学： **木下季吉**： Rutherford 研究室  $\alpha$ 線写真計測  
(西川正治)、学生、石井千尋→仁科研究室
3. 大阪大学： **菊池正士、渡瀬讓**： 宇宙線シャワーの研究
4. 理化学研究所： **仁科芳雄**： 1928年に帰国

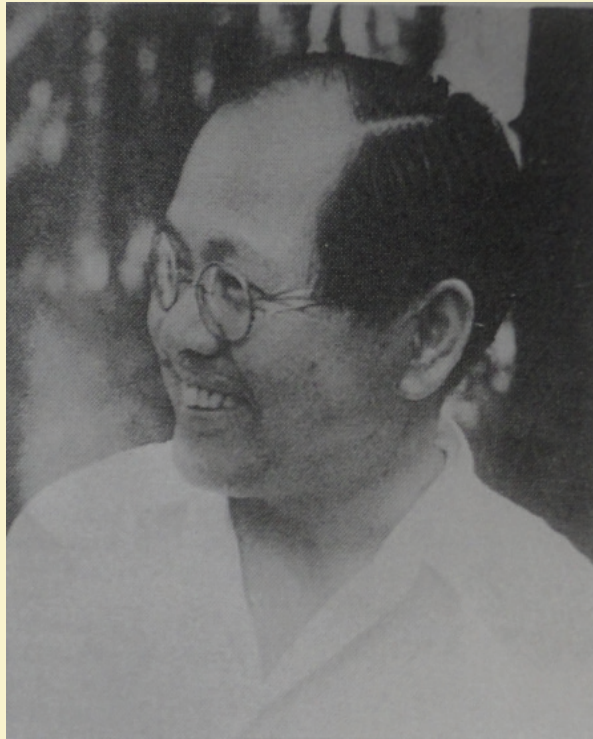


# ● 仁科芳雄

新しい物理学を広める

クライン- 仁科の式(1929)

1928: Niels Bohr Institute より帰国



1929: 長岡研究室所属

1929: Dirac と Heisenberg を招聘

若い研究者を刺激、湯川、朝永・・・

1931: 理研に仁科研究室発足

● 宇宙線

● 理論

● 原子核

# ● 仁科研究室の宇宙線研究

1931 宇宙線研究始まる、陽電子発見1年前

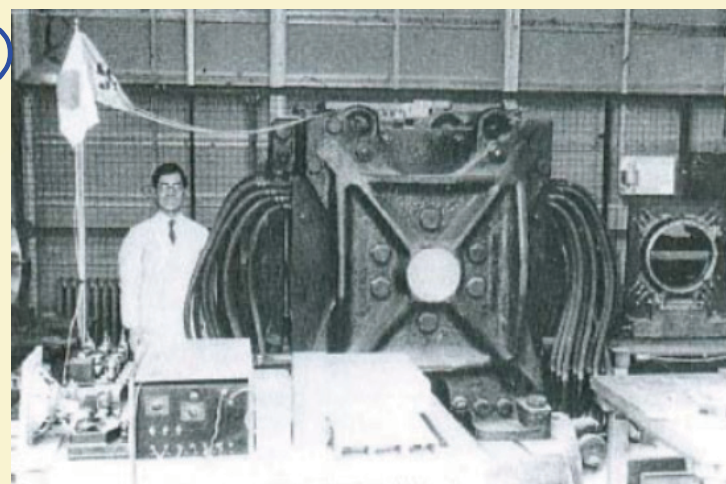
1936- 宇宙線強度変動（日食観測……）

1937 マグネット霧箱：Muon

1937 緯度効果（シアトル，メルボルン）

1939 深地下、清水トンネル  
(1400, 3000 m. w. e)

1942 太陽宇宙線、気球観測





## ● 仁科研究室: 1931 発足

嵯峨根遼吉: 仁科研最初のメンバー、竹内は後に加わる

● ガイガーカウンター: 試作テスト

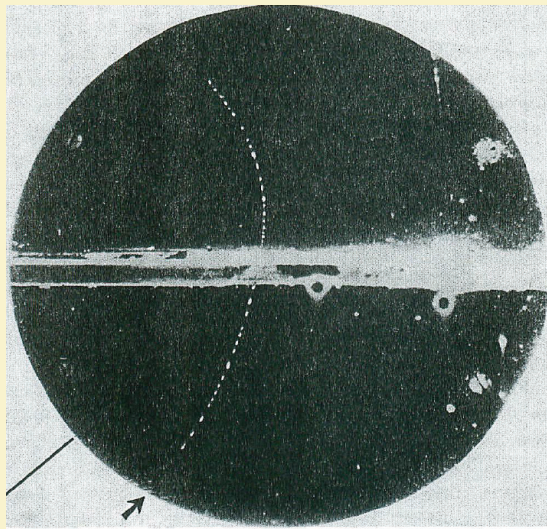
● 霧箱: 直径約 10cm. H:2000 ガウス

● カウンターコントロール霧箱  
Blackett とは独立(1932-33),  
Blackett: Nature (1933)

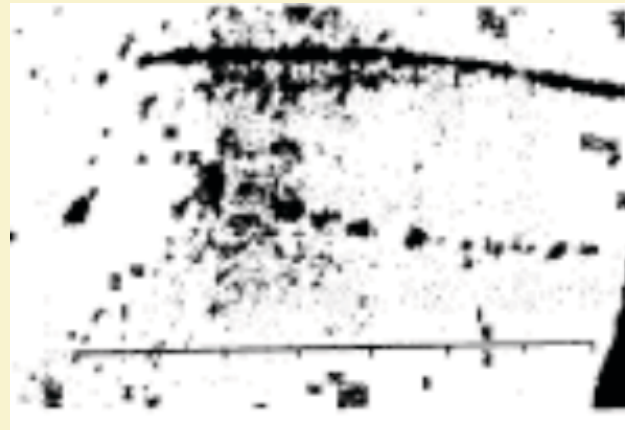
● 電子対生成、電子シャワーを観測  
電子の後方散乱と間違え!!



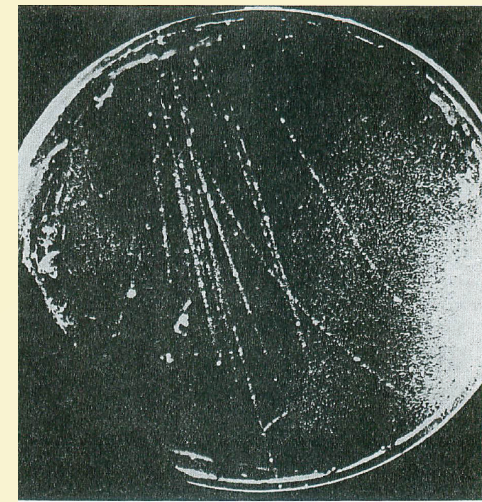
# ● 1932-33 年当時のマグネット霧箱写真



**Positron :**  
**Anderson**



**MUON?**  
**Kunze:1933**



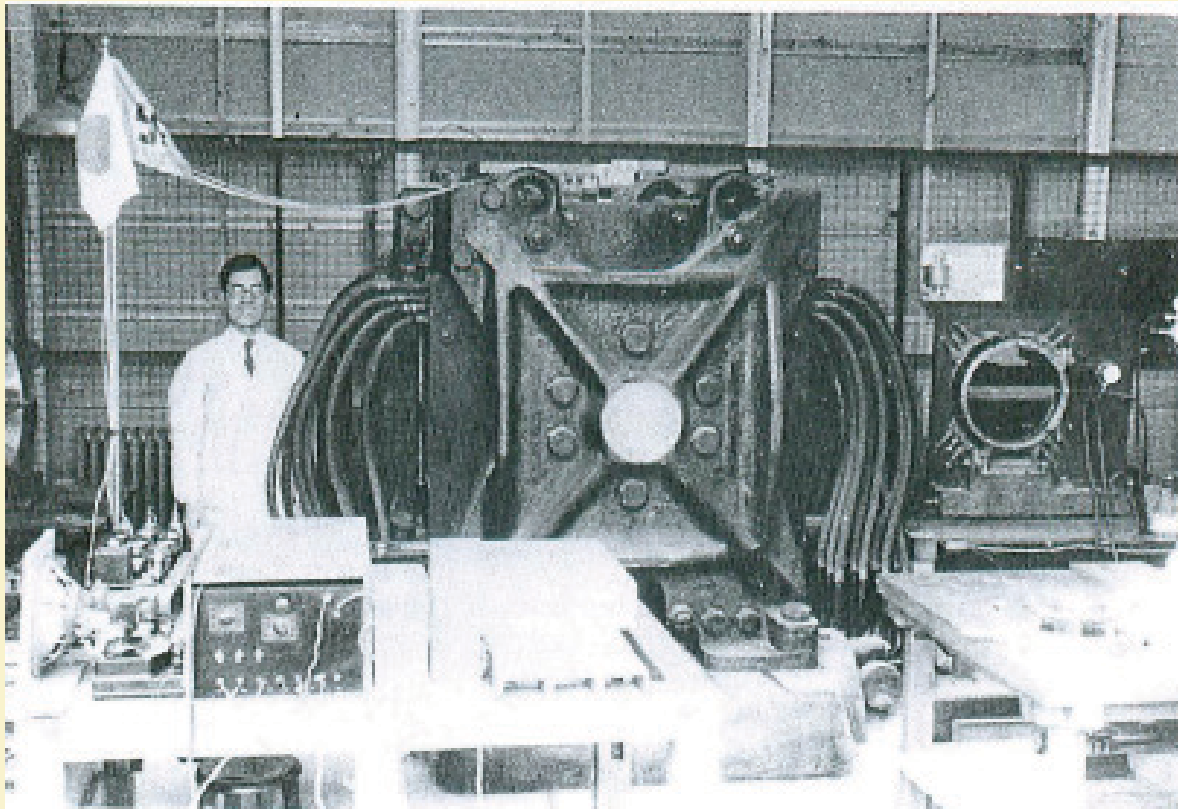
**Electron Shower :**  
**Blackett & Occhialini**

# ●大マグネット霧箱 : 1935-1939 年

観測

1936 - 37 年  
1938 年以降

横須賀海軍工廠  
理研(駒込)



**D: 40cm dia**  
**H: 1.7 Tesla**

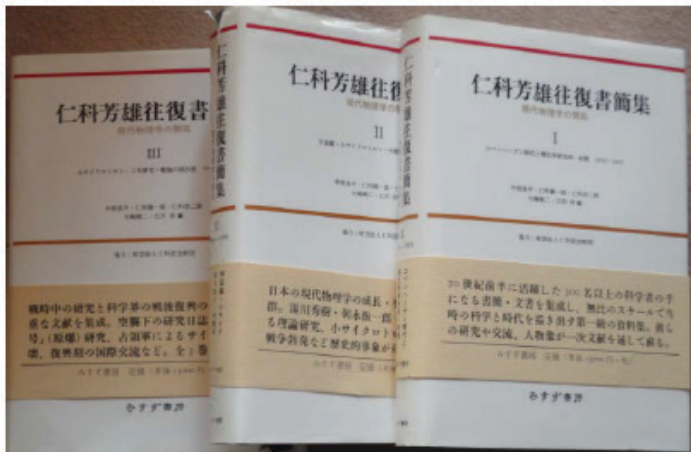
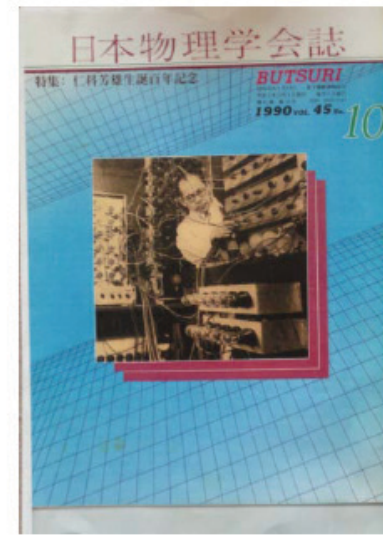
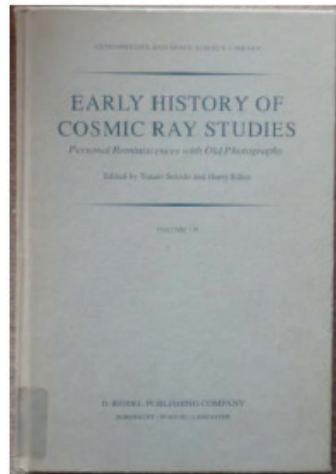
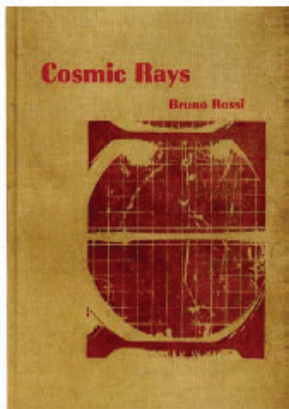
## ● 誰が Muon をみつけたか？

Nedermeyer-Anderson; Street-Stevenson; Nishina-Takeuchi-Ichimiya

E.R. Bagge →	P. Kunze	(1933)
.....	← 湯川秀樹	(1935)
J. Wheeler →	A-N	(1936)
B. Rossi →	N-A + S-S	(1937)
J.C. Street →	J.F. Carlson & J.R. Oppenheimer	(1937)
P.M.S. Blackett →	N-A + S-S + N-T-I	(1937)
A. Pais →	C.F. Powell ( $\pi-\mu$ )	(1947)



# ● MUON 発見に関わる文献



- 原論文 (1932-39)
- Galison: The Discovery of MUONS
- 仁科財団 (Letters, Photos, Memos, etc)
- 関連する本, 文献など.

## ● 宇宙線の硬成分（鉛 20cm を透過）

### 硬成分を巡る 2つの解釈: (~1930-1937)

- QED は高エネルギーで成り立たない  $>137m_e c^2$

QED Break Down

- 中間質量の新粒子  $m_e \ll M \ll M_p$

新粒子の存在

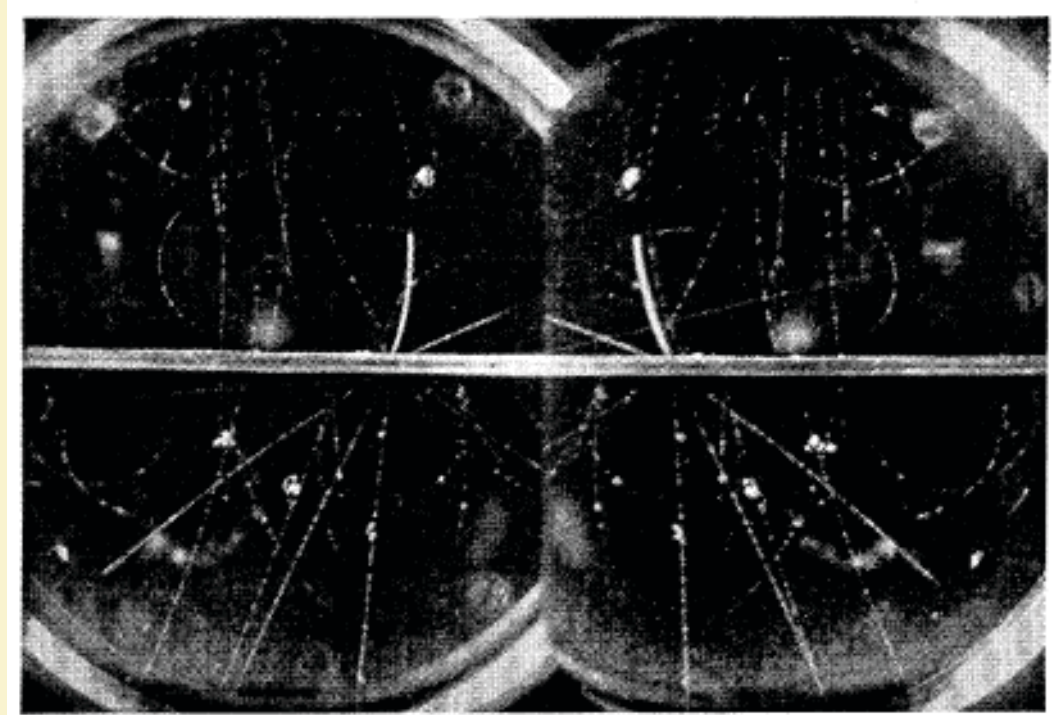


## ●1937 年当時の硬成分の解釈

<b>Neddermeyer &amp; Anderson</b>	<b><math>m_e &lt; M &lt; M_p, M = (\sim 5-1000)m_e</math></b>
<b>Leprince-Ringuet</b>	<b>BreakDown of QED</b>
<b>Blackett &amp; Wilson</b>	<b>BreakDown of QED</b>
<b>Street Stevenson</b>	<b><math>130 \pm 33 m_e</math></b>
<b>仁科,竹内,一宮</b>	<b><math>223 \pm 39 m_e</math></b>

# ● Anderson, Neddermeyer ; Aug.(1936)

中央の濃い飛跡  
質量 $\sim 300m_e$ :

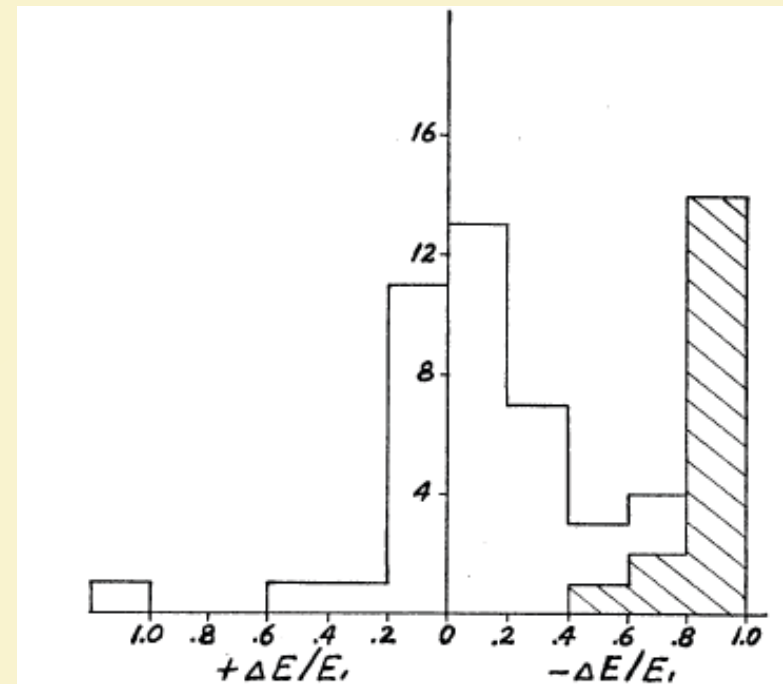
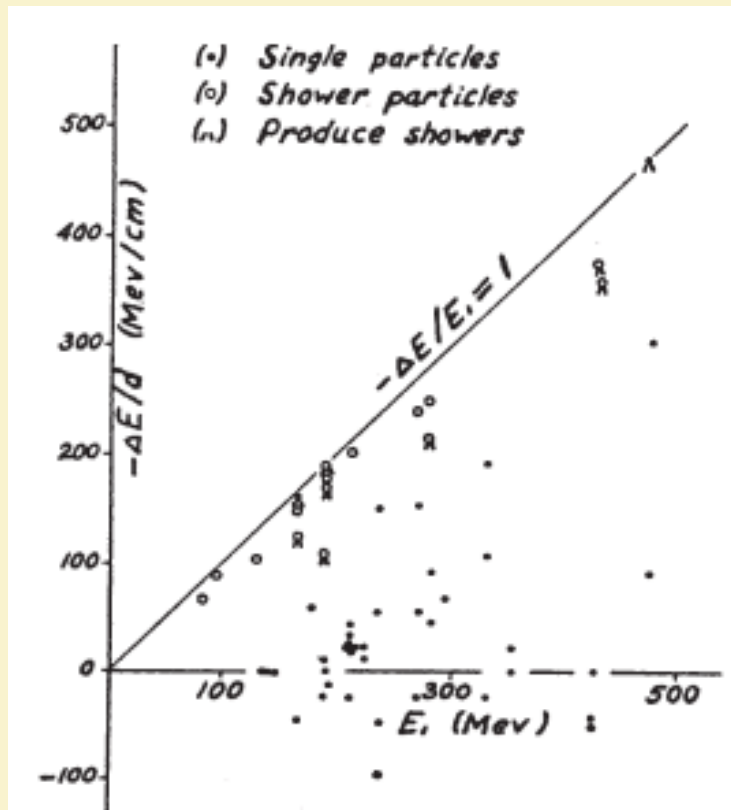


しかし

Anderson, Neddermeyer は  
ガス中の散乱による誤差を考慮して陽子と判定した。

# ● Neddermeyer Anderson; May (1937)

Phys Rev 50(1936) 263



横軸：エネルギー  $E$  (MeV)， 縦軸：エネルギー損失 1cm 厚 ( $\sim 3c.u.$ ) の白金板中  
**Blackett の批判： 200MeV 以下では全て電子！**

# 竹内・仁科・湯川の手紙 (仁科芳雄往復書簡集より)

1937年 7月 27日:

竹内から 仁科へ (Letter No. 616)

「..... もう一本か 2本撮れなれど何だか不安です .....

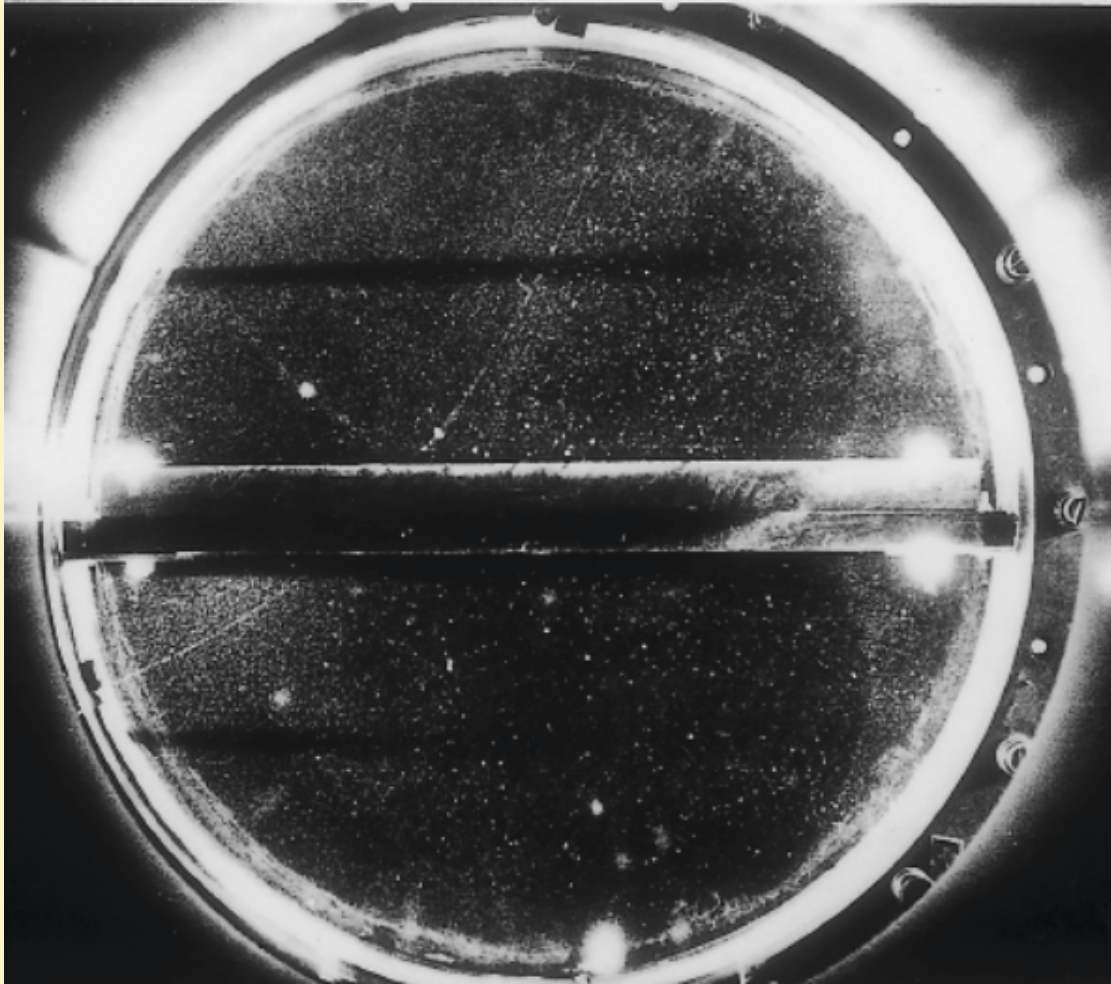
仁科は同日湯川へ (Letter No. 617)

「..... 質量を求めますと、陽子の  $1/6$  乃至  $1/7$  の間にあることが大体わかりました。しかし、この点はさらに精確を期するため.....」



# 仁科・竹内・一宮. Aug.(1937)

Phys Rev. 52(1937)1198.Dec.1

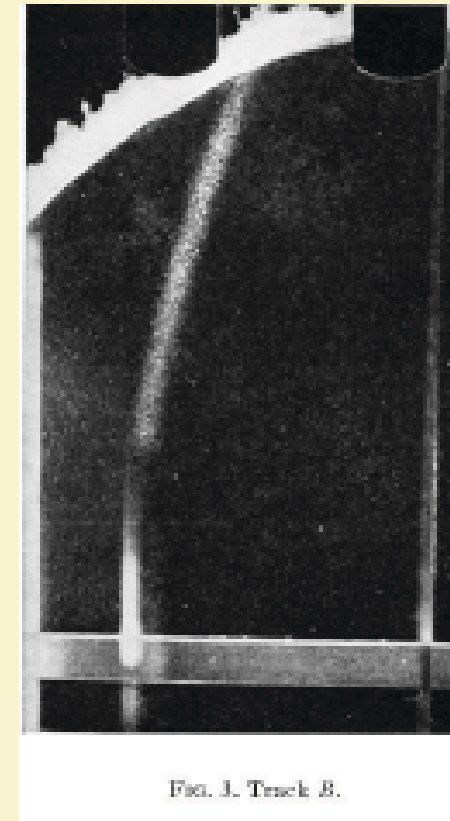
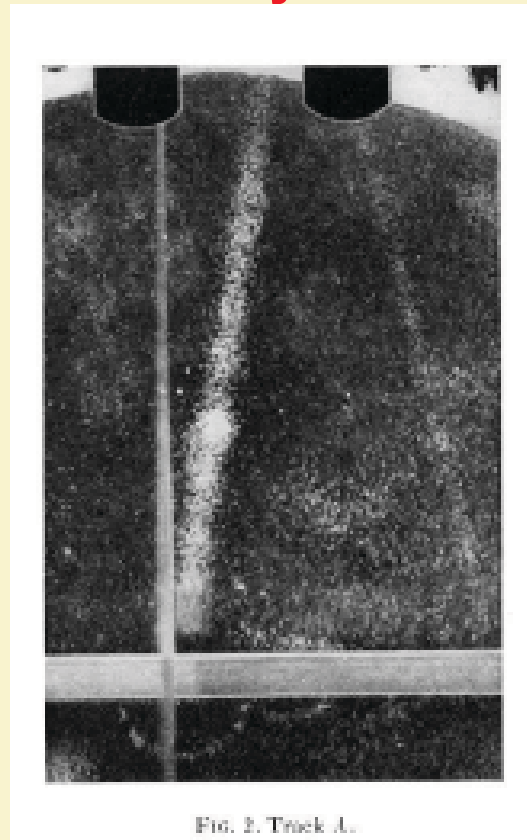
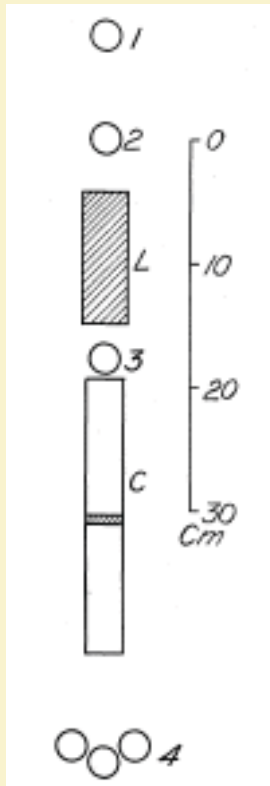


Dia. =40cm $\phi$ ,  
H= 1.7 Tesla.

**質量** =  $223 \pm 39 m_e$   
(運動量と運動量損失)

# Street, Stevenson; Oct.(1937)

Phys Rev 52 (1937) 1003, Nov.1



Detector

Track A : Proton

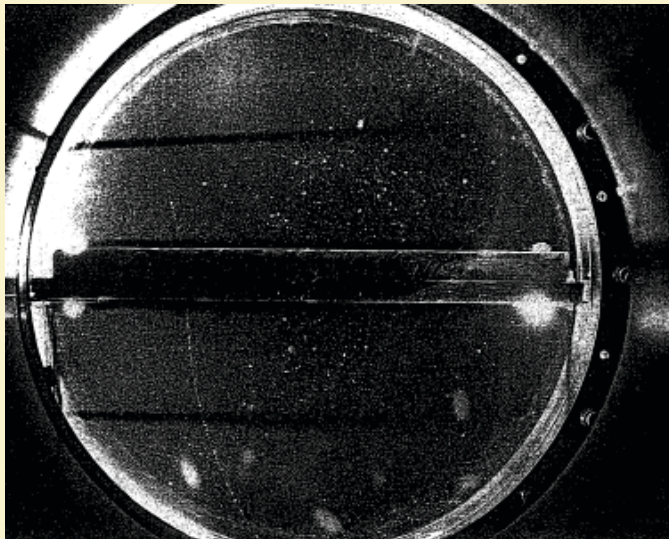
Track B:  $130 \pm 33 me$

質量 =  $130 \pm 33 me$ . (運動量 vs. 電離損失)



# 仁科研究室の写真 1 と 2

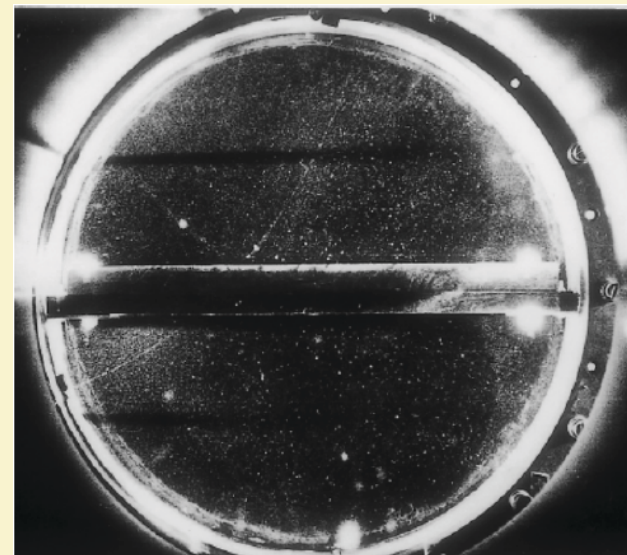
写真. 1 (1937 年 7 月 27 日)



投稿

岩波「科学」 8 月 5 日  
Phys. Rev. 8 月 5 日

写真. 2 (1937 年 8-9?月)



修正

国際電報 (9 月?日)  
校正 (10 月?)

VARIOUS authors<sup>1</sup> have taken the view that cosmic-ray particles consist of two or more

Until now we have obtained only one track which can probably be used for the determination of the mass. The initial value of  $H\rho$  of the particle was  $7.0 \times 10^5$  gauss-cm and after passing through lead it became  $2.4 \times 10^5$  gauss-cm, showing the loss of ~~a majority~~ of the energy. The loss of energy by ionization and the range in lead calculated from the thickness of the lead bar and the final  $H\rho$  are consistent, if we assume the mass in question of the particle to be  $1/7$  to  $1/6$  that of the proton. The above values of  $H\rho$  and the specific ionization shown by the corresponding

*Handwritten annotations:*  
 - A box around  $7.4 \times 10^5$  with an arrow pointing to  $7.0 \times 10^5$ .  
 - A box around  $4.9 \times 10^5$  with an arrow pointing from  $2.4 \times 10^5$ .  
 - A box around  $1/10$  with an arrow pointing from  $1/6$ .  
 - A note: "about a half" with an arrow pointing to the transition between  $2.4 \times 10^5$  and  $4.9 \times 10^5$ .  
 - A handwritten symbol resembling a stylized 'g' or 'q' on the left side.

$$\begin{aligned}
 H\rho &= 7 \times 10^5 \text{ gauss cm} \Rightarrow 7.4 \times 10^5 \text{ gauss cm} \\
 &= 2.4 \times 10^5 \text{ gauss cm} \Rightarrow 4.9 \times 10^5 \text{ gauss cm}
 \end{aligned}$$

# 写真 1 と写真 2

論文投稿時

校正

1937 年 8 月 5 日

10 月 15 日

上:  $H_p = (7.0 \pm 0.7) * 10^5$

$(7.4 \pm 0.3) * 10^5$

下:  $H_p = (2.4 \pm 0.1) * 10^5$

$(4.9 \pm 0.1) * 10^5$

質量 1/6- 1/7 Mp

1/7- 1/10 Mp

**284 ±22me**

**223±39me**

# Phys. Rev. Dec .1

DECEMBER 1, 1937      PHYSICAL REVIEW      VOLUME 52

**On the Nature of Cosmic-Ray Particles**

Y. NISHINA, M. TAKEUCHI, AND T. ICHIMIYA  
*Institute of Physical and Chemical Research, Tokyo*  
(Received August 28, 1937)

VARIOUS authors<sup>1</sup> have taken the view that cosmic-ray particles consist of two or more kinds of corpuscles. According to Compton and Bethe, and Auger,<sup>2</sup> the soft component near sea level is thus composed of electrons and the penetrating one of protons. Assuming the theory of showers by Bhabha and Heitler<sup>2</sup> and by Oppenheimer and Carlson<sup>3</sup> to be correct, we ought to be able to distinguish cosmic-ray electrons from protons, if they exist at all, by observing whether or not the particles suffer a

large loss of energy and often produce showers on colliding with a lead plate of a suitable thickness. We carried out such experiments with a lead bar 1.5 cm thick mounted in the middle of a Wilson chamber 40 cm in diameter, which is placed in a magnetic field of about 17,000 oersteds. The operation of the chamber is actuated by the coincidence of two Geiger-Müller tube counters mounted above the chamber, the distance between the counters being about 50 cm. The results showed that at sea level near Tokyo (geomag. lat. 25.4°N) about 10 to 20 percent of cosmic-ray particles of energies, high enough to produce coincidence in the strong magnetic field and pass through the Wilson chamber, consist of electrons and positrons, the rest being heavy particles, since they do not produce showers nor suffer much loss of energy in passing through the lead bar. Among the latter, however, we were

<sup>1</sup> A. H. Compton and H. A. Bethe, *Nature* **134**, 734 (1934); P. Auger, *J. de phys.* **6**, 226 (1935); C. D. Anderson and S. H. Neddermeyer, *Int. Conf. on Physics*, London **1**, 182 (1934); *Phys. Rev.* **50**, 268 (1936); J. Clay, *Physica* **3**, 338 (1936); L. Leprince-Ringuet, *J. de phys.* **7**, 70 (1936); J. Crussard and L. Leprince-Ringuet, *Comptes rendus* **204**, 240 (1937).  
<sup>2</sup> H. J. Bhabha and W. Heitler, *Proc. Roy. Soc.* **A159**, 432 (1937).  
<sup>3</sup> J. F. Carlson and J. R. Oppenheimer, *Phys. Rev.* **51**, 220 (1937).

## On the Nature of Cosmic-Ray Particles

Y. NISHINA, M. TAKEUCHI, AND T. ICHIMIYA  
*Institute of Physical and Chemical Research, Tokyo*  
(Received August 28, 1937)

(Received August 28, 1937)

# Phys. Rev . Nov.1

NOVEMBER 1, 1937      PHYSICAL REVIEW      VOLUME 52

**LETTERS TO THE EDITOR**

*Prompt publication of brief reports of important discoveries in physics may be secured by addressing them to this department. Closing dates for this department are, for the first issue of the month, the eighteenth of the preceding month, for the second issue, the third of the month. Because of the late closing dates for the section no proof can be shown to authors. The Board of Editors does not hold itself responsible for the opinions expressed by the correspondents.*

Communications should not in general exceed 600 words in length.

**New Evidence for the Existence of a Particle of Mass Intermediate Between the Proton and Electron**

Anderson and Neddermeyer<sup>1</sup> have shown that, for energies up to 300 and 400 Mev, the cosmic-ray shower particles have energy losses in lead plates corresponding to those predicted by theory for electrons. Recent studies of range<sup>2</sup> and energy loss<sup>3</sup> indicate that the singly occurring cosmic-ray corpuscles, even in the energy range below 400 Mev, are more penetrating than shower particles of corresponding magnetic deflection. Thus the natural assumptions have been expressed: the shower particles are electrons, the theory describing their energy losses is satisfactory, and the singly occurring particles are not electrons. The experiments cited above have shown from consideration of the specific ionization that the penetrating rays are not protons. The suggestion has been made that they are particles of electronic charge, and of mass intermediate

between those of the proton and electron. If this is true, it should be possible to distinguish clearly such a particle from an electron or proton by observing its track density and magnetic deflection near the end of its range, although it is to be expected that the fraction of the total range in which the distinction can be made is very small. To examine this possibility experimentally we have used the arrangement of apparatus of Fig. 1. The three-counter telescope consisting of tubes 1, 2, and 3 and a lead filter *L* for removing shower particles, selects penetrating rays directed toward the cloud chamber *C* which is in a magnetic field of 3500 gauss. The type of track desired is one so near the end of its range as it enters the chamber that there is no chance of emergence below. In order to reduce the number of photographs of high energy particles, the tube group 4 was used as a cut-off counter with a circuit so arranged that the chamber would be set off only in

## New Evidence for the Existence of a Particle of Mass Intermediate Between the Proton and Electron

J.C. Street and E.C. Stevenson  
Research Laboratory of Physics,  
Harvard University,  
Cambridge, Massachusetts,  
October 6, 1937.

(October 6, 1937)

# 論文受理と出版の日付

	受理	出版
Kunze:	Mar.24 (1933)	Z.Phys. (1933)
Neddermeyer, Anderson:	Mar. 30 (1937)	Phys. Rev.May.15
Street, Stevenson.1:	Meeting (April 29, 1937)	Phys. Rev.June.1
Street, Stevenson.2:	Oct.6 (1937)	Phys. Rev.L.Nov.1
仁科・竹内・一宮:	Aug.28 (1937)	Phys. Rev .Dec.1

# MUON 発見についてのサマリー

- Neddermeyer - Anderson : **Insufficient Evidence? (Blackett)**
- 仁科達は **Street-Stevenson** より一月早く投稿、受理された。  
レターとして長すぎた →「本論文に回ったため出版が2ヶ月遅れた」
- 仁科: **Street Stevenson** より早くかつ高精度であった。  
**MUON** : ~207me, **Nishina**:  $223 \pm 39$ me, **Street**:  $130 \pm 33$ me.
- Street Stevenson で新粒子の存在は確定したと思い、後に出版された仁科達の論文にはあまりインパクトを受けなかった?しかし、

**仁科達の成果は Muon 発見に対して  
もっと評価されて然るべきである!!**



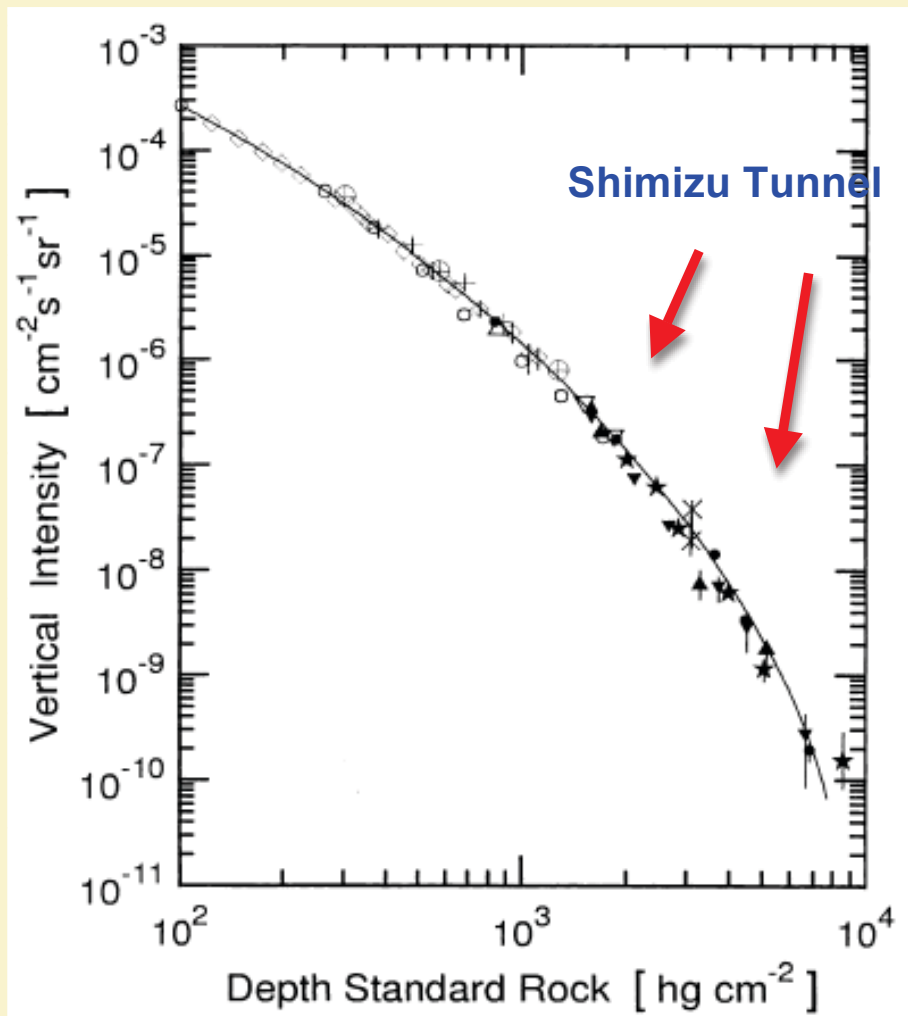
# ● 仁科研での他の宇宙線研究. (-1945迄)

- 深地下実験 3500 m.w.e : 清水トンネル (1939-44)
- 緯度効果 (1937-38)  
日本郵船：横浜、メルボルン、シアトル.
- 連続強度観測 (1941...)  
太陽宇宙線、気圧効果、気温効果、地磁気嵐……
- 気球観測 (1942-43)



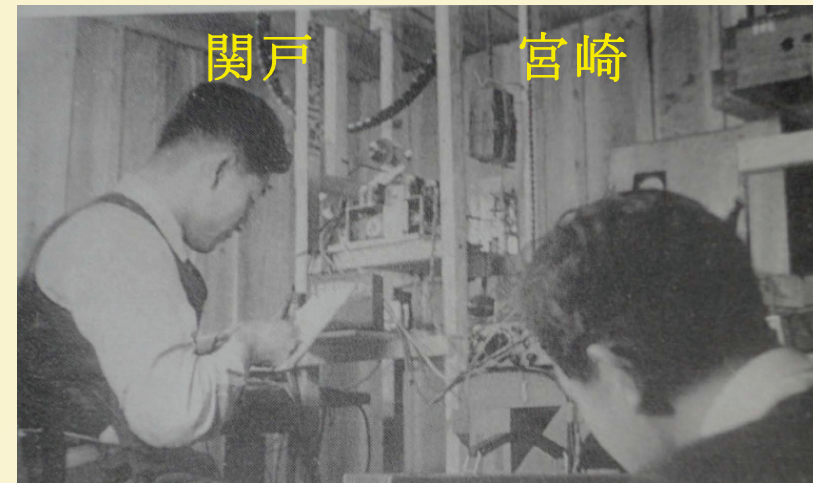
# 清水トンネルでの実験 (1400m.w.e., 3000m.w.e, 1939-1944)

1951年まで最も深い地下のデータである



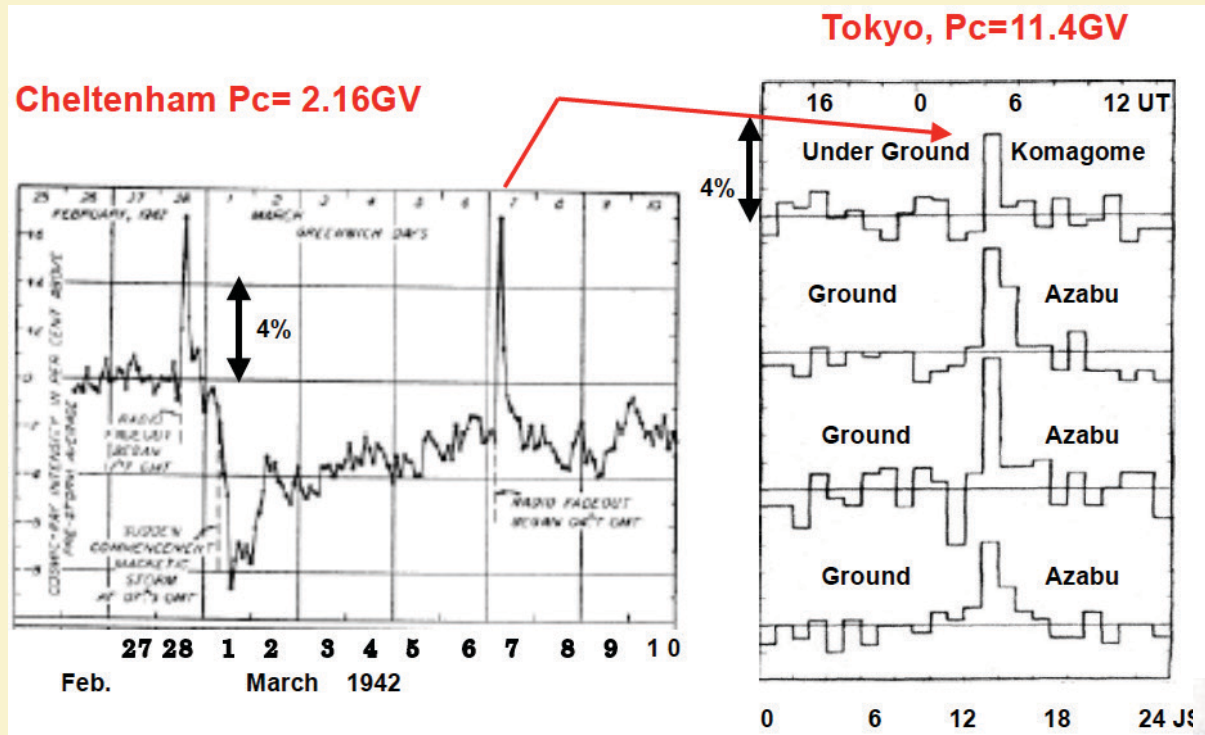
(Bollinger)

二中間子論による解析 (早川、朝永)

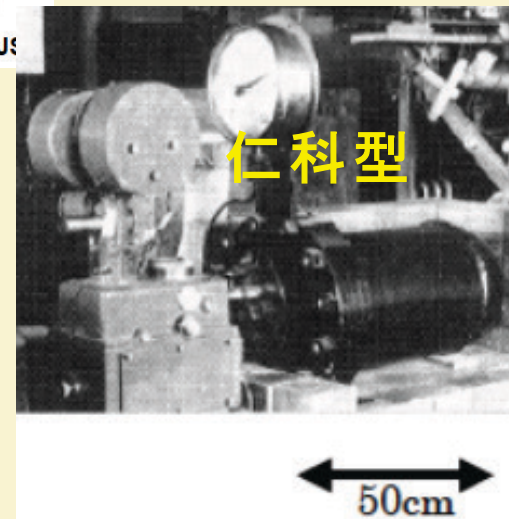


Y.Miyazaki, Phys Rev. 76(1949)173

# 太陽フレアに伴う宇宙線の増加 1942.Mar.7



仁科型電離箱 4 台が稼働中  
理研（駒込）、東京天文台（麻布狸穴）



# 他の地点での観測 (1946年 Forbush 以後に発表)

- Amsterdam 2.1GV Clay (1949)
- London 2.1GV Duperier (1945)
- Friedichishafen 2.2GV Ehemert (1948)
- Norfolk 3.0GV Berry & Hess (1945)
- 東京 11.4GV 仁科研究室 (1942)  
(麻布と駒込で4チャンバー)

# ●仁科研究室の理論グループ

## 研究室員

- 湯川秀樹(客員) : Meson (1935)
- 朝永振一郎: QED, 電子対生成 .....(1932,.....)
- 坂田昌一: 2 中間子..... (1943.....)
- 玉木英彦: 宇宙線 (一次宇宙線陽子説) (1942.....)
- 小林稔: 宇宙線解析.....
- 武谷三男:  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  宇宙線の電子成分源 (1943)
- . . . . .

# 戦後の宇宙線研究体制(~1950)

理研 : 仁科研 → ●理研 / 宮崎 理研 (板橋) 仁科. 宮崎. 三浦…  
↳ ●名古屋大学 / 関戸  
西川研 → ●神戸大学 / 皆川  
↳ ●立教大学 / 中川



大阪大学 → ●大阪市立大学 / 渡瀬

●その他の大学 : 理論、原子核乾板



## Prof. S. Hayakawa (1923-1992)



### **Predictions**

- **Gamma-Ray Astr.**

1952

- **SN Origin of CR**

1956

- **$^{10}\text{Be}$  for Prop**

1958

- **Others · ·**

●乗鞍宇宙線観測所, 東京大学附置共同利用研究所 (1953-)

標高: 2770m

朝日の小屋



●原子核研究所, 東京大学附置共同利用研究所 (1955-76)



- 原子核部
- 高エネルギー一部
- 宇宙線部
- 理論部

# 中間子多重発生の研究会 (基礎物理研究所)

1953-55

早川、木庭が組織

● Lord Schein Star

● Fermi 理論

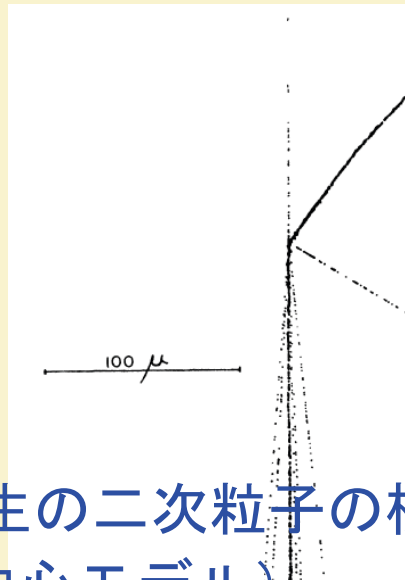
● Landau 理論

触発されて

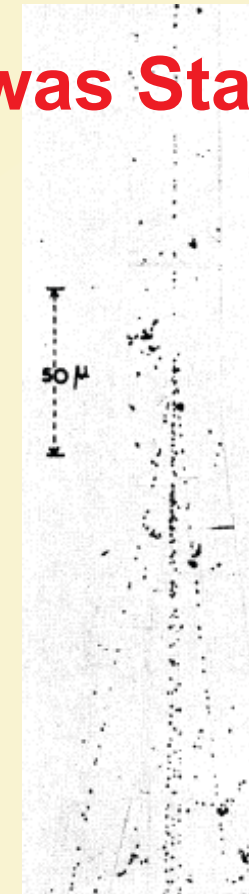
☆ 高木モデル

☆ Pt (中間子多重発生の二次粒子の横運動量一定則)

☆ 丹生モデル (2中心モデル)



Hopper Biswas Star



# ●横運動量一定則, 1955

親のエネルギーに関係しない

使った data

- jet Shower      Lord Fainberg Schein       $\sim 10^{13}$  eV  
                                 Hopper Biswas       $\sim 10^{12}$  eV
- 地下  $\mu$  の拡がり      Bollinger       $\sim 10^{14}$  eV
- EAS の横拡がり       $10^{15}$ - $10^{16}$  eV

**横運動量** : 親のエネルギーに関係なく 数百 GeV/c

# 原子核研究所の宇宙線計画

基礎物理学研究所 1956年

早川、木庭、藤本が組織

## A. 空気シャワー： 空気シャワーのコア部に焦点

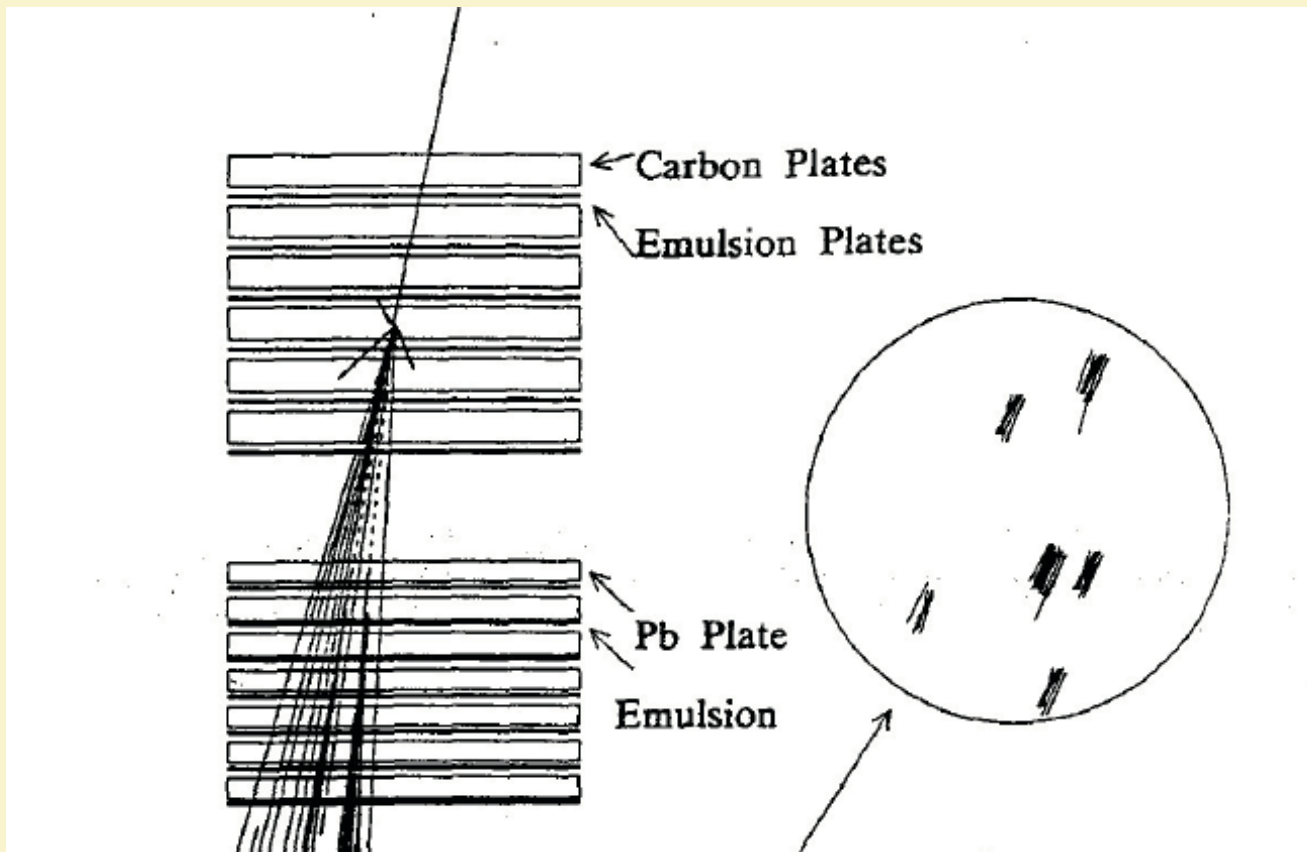
- 大型プラスチックシンチレーター
- タイムオブ・フライト
- 鉛ガラスチェレンコフカウンター
- ネオンホドスコープ⇒スパークチャンバー

## B. 原子核乾板： 横運動量の観測

- エマルションチャンバー スタックの約1/100の経費
- エネルギー決定  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  (NK関数)

# エマルションチャンバープロジェクト

# 入射宇宙線



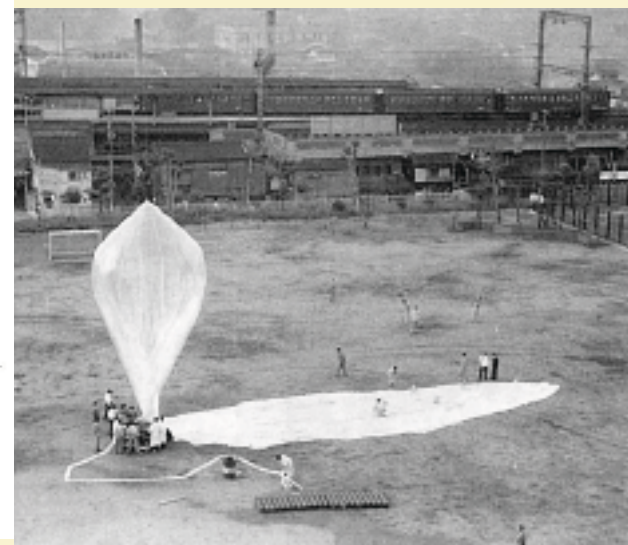
顕微鏡下、 $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  の対

1956

17 chambers

7 Balloons

静岡大学、神戸大学

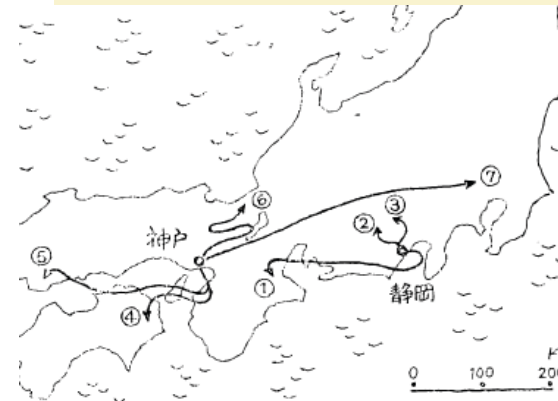
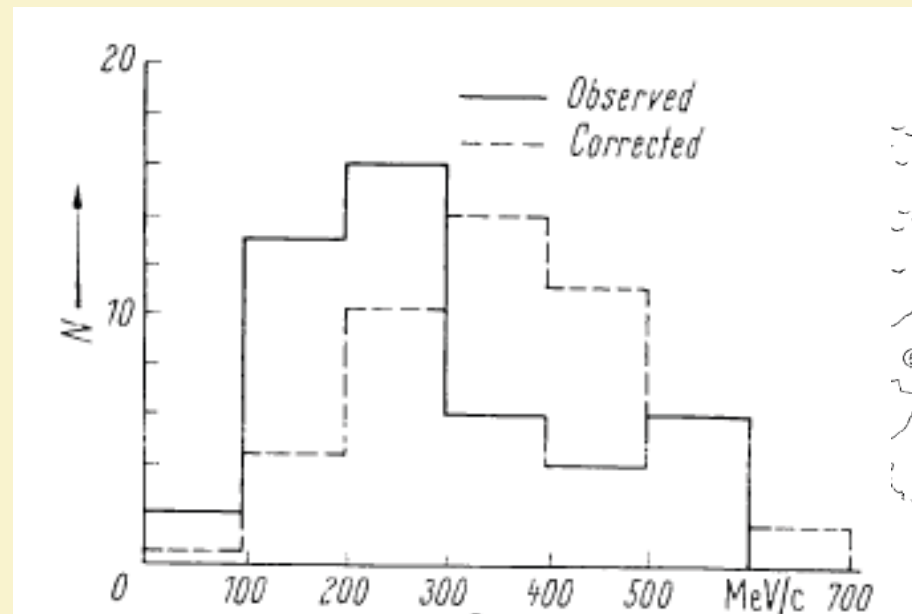


神戸大学校庭



# 観測された横運動量の結果

- 20Jets ( $10^{13}\text{eV} - 10^{14}\text{eV}$ )
- 47  $\pi^0$
- $\pi^0$  の平均横運動量:  $390 \pm 20\text{MeV}$



航跡(1956)

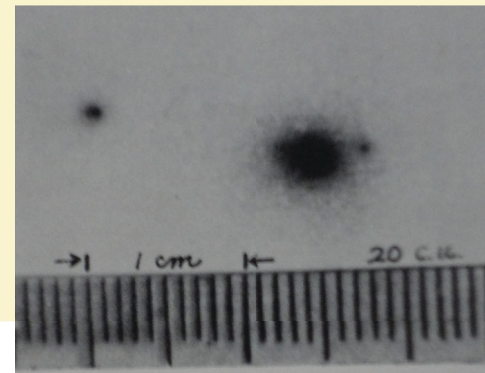


吉野川に降下

# ECC の大型化, 精密化と気球整備

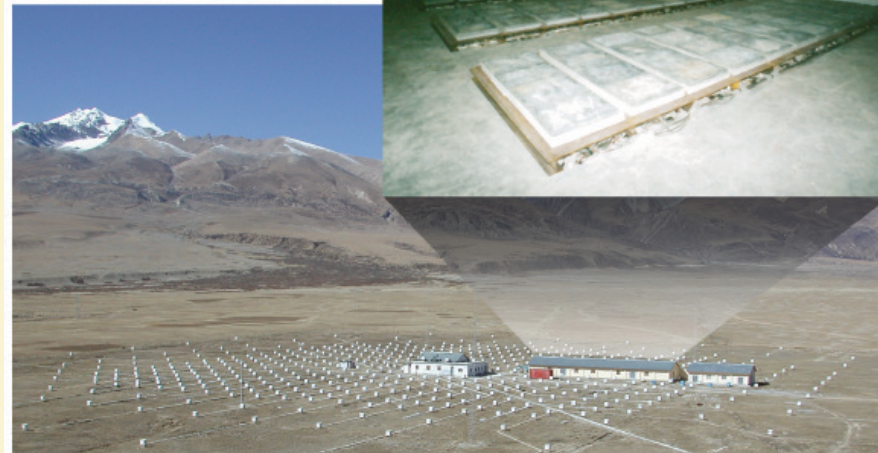
- 大型化 (ノンスクリーン X線フィルム導入, 1958)  
~ $10^{15}$ eV 現象の直接観測

乗鞍  
チャカルタヤ  
パミール  
富士山  
チベット



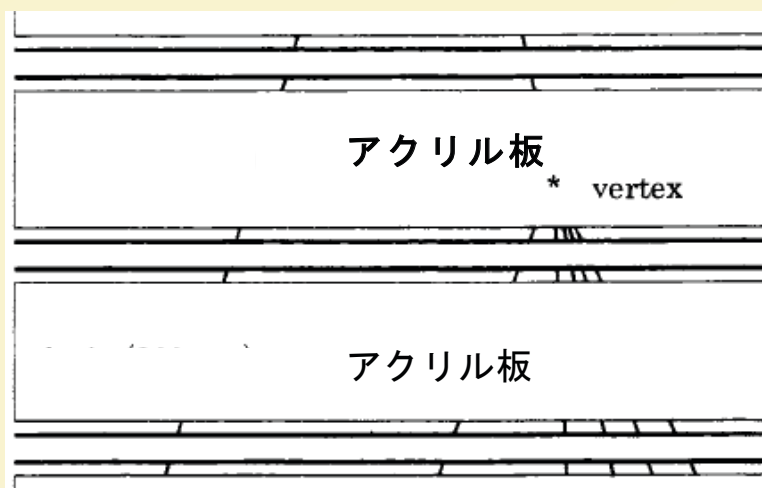
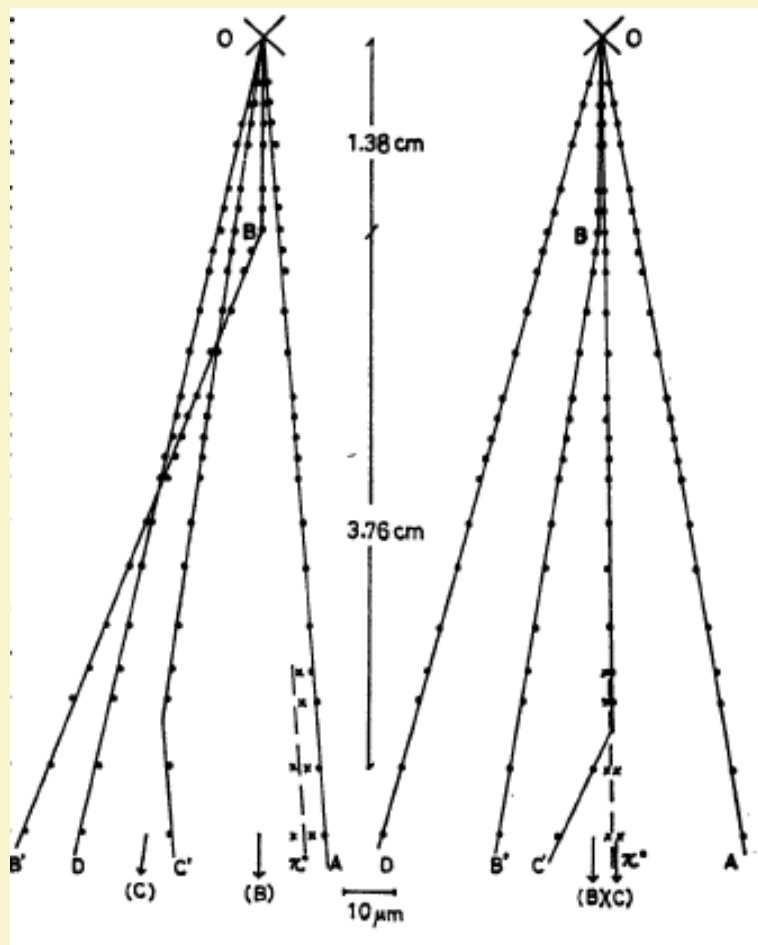
乗鞍初期に X 線  
フィルムに写った  
 $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  (1960)

Tibet ASy



●精密化  
 丹生粒子 1971  
 チャーム粒子の発見

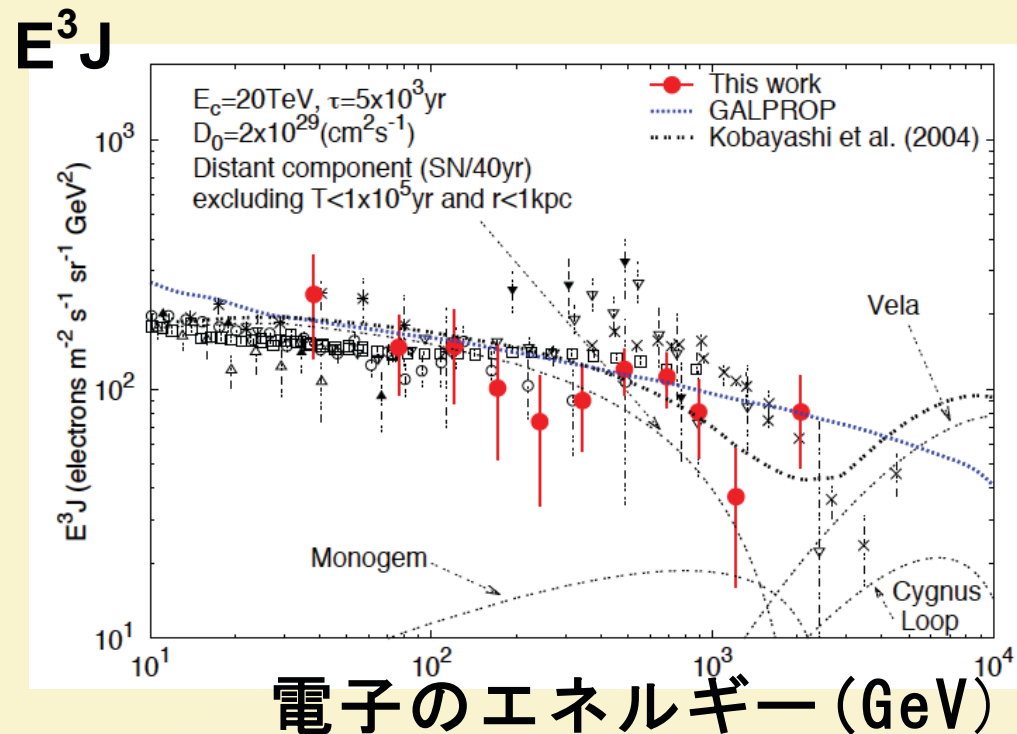
State	Quark	$M(\text{MeV})$	$\Gamma/\tau$	$J^{PC}$	$I$	Principal decays
$J/\psi (1^3S_1)$	$c\bar{c}$	3097	93 keV	$1^{--}$	0	hadrons (88%), $e^+e^-$ (6%), $\mu^+\mu^-$ (6%)
$\psi' (2^3S_1)$	$c\bar{c}$	3686	281 keV	$1^{--}$	0	$\psi + 2\pi$ (50%)
$\psi'' (3^3S_1)$	$c\bar{c}$	3770	24 MeV	$1^{--}$	0	$D\bar{D}$ dominant
$\eta_c$	$c\bar{c}$	2980	26 MeV	$0^{-+}$	0	hadrons
$D^+$	$c\bar{d}$	1869	1 ps	$0^-$	1/2	$K^- + \text{others}; \bar{K}^0 + \text{others}$
$D^0$	$c\bar{u}$	1865	0.4 ps	$0^-$	1/2	$K^- + \text{others}; \bar{K}^0 + \text{others}$
$D_s^+$	$c\bar{s}$	1968	0.5 ps	$0^-$	0	$K^\pm + \text{others}; K^0/\bar{K}^0 + \text{others}$



アクリル板 (800 μ) 両面塗布原子核乾板 (50 μ)

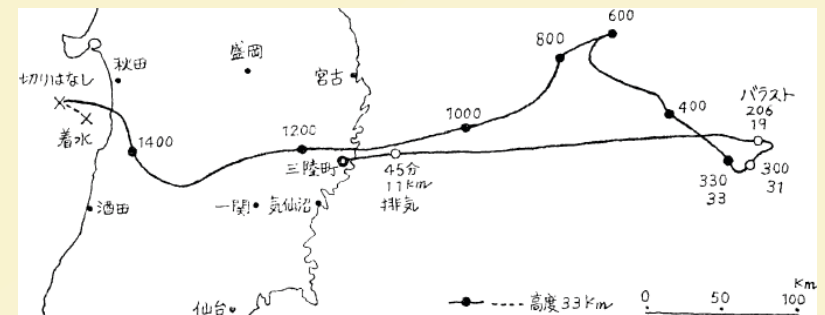
# ● 気球観測 ECC

一次電子 (1968–2001) ~  $5\text{m}^2\text{sr}\cdot\text{day}$  TeV 電子の重要性



15 Flights

内 4 Flights in US



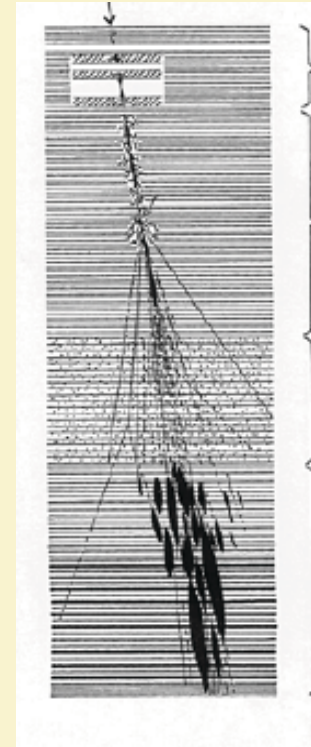
ブーメラン長時間フライト

17時間54分

# 高エネルギー重粒子： ECC

## ● JACEE (1979-1995)

14 Flights , 63m<sup>2</sup> day ~ 10<sup>15</sup>eV



ターゲット層

スペーサー

カロリメ-層

## ● RUNJOB (1995-1999)

11 Flights:  
24m<sup>2</sup> day ~ 10<sup>15</sup>eV

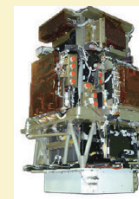




# ● BESS Collaboration (1993- )

## ● 超伝導マグネットスペクトロメータ

1993-2002    9 Flights    Canada  
2004,2007    2 Flights    Antarctica



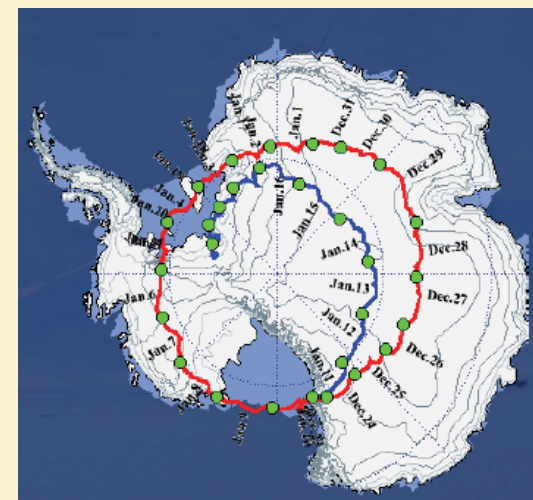
Pamerla



AMS



BESS Polar II



2007-2008 Flight, 24.5days



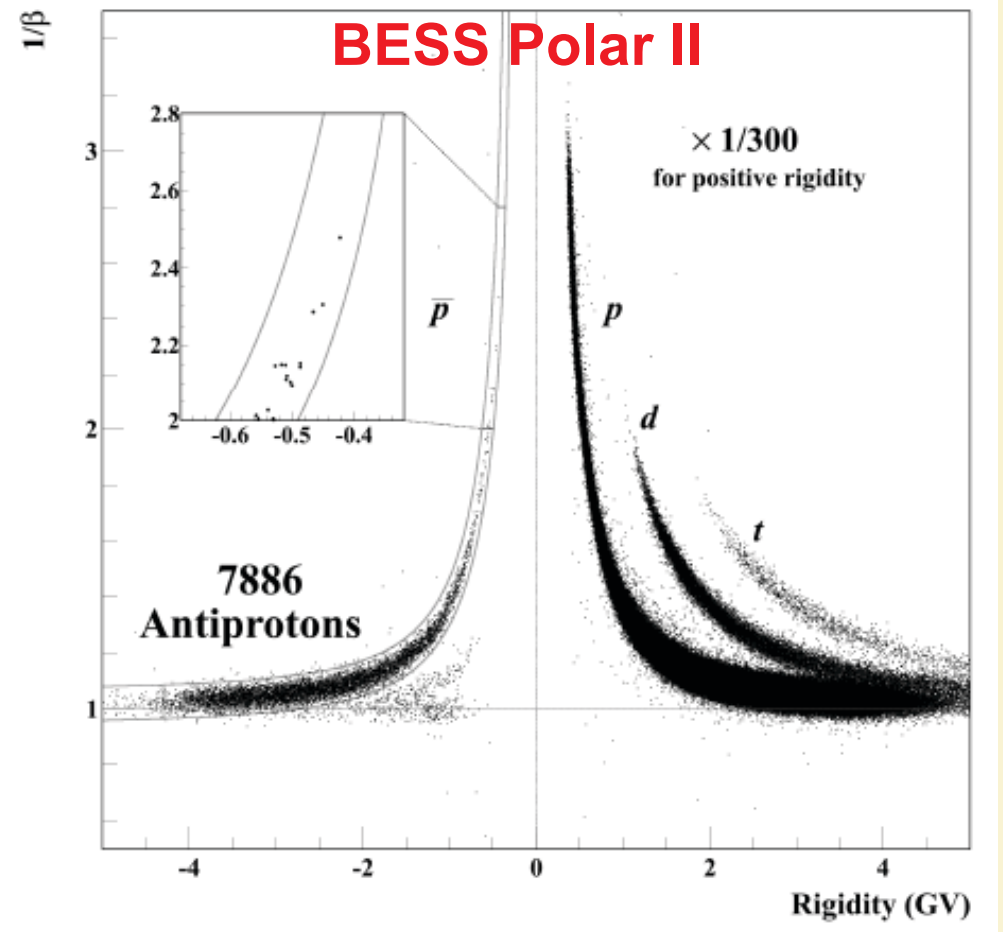
# ● 観測結果

- Anti Proton ~10,000
- Primodal Black Hole
- Anti Helium/ He
- Proton Spectrum

0.1GeV- 4.0GeV

$< 10^{-7}/\text{pc}^3\text{yr}$

$< 6.9 \times 10^{-8}$



# ●Calet (to be Launched on ISS , 2014)

宇宙線を加速する天体

暗黒物質

国際宇宙ステーション

SNR

Pulsar

AGN

Pair Annihilation

日本実験棟 (きぼう)

**CALorimetric *E*lectron *T*elescope**

高エネルギーの電子を観測するために、特に設計された宇宙線観測装置

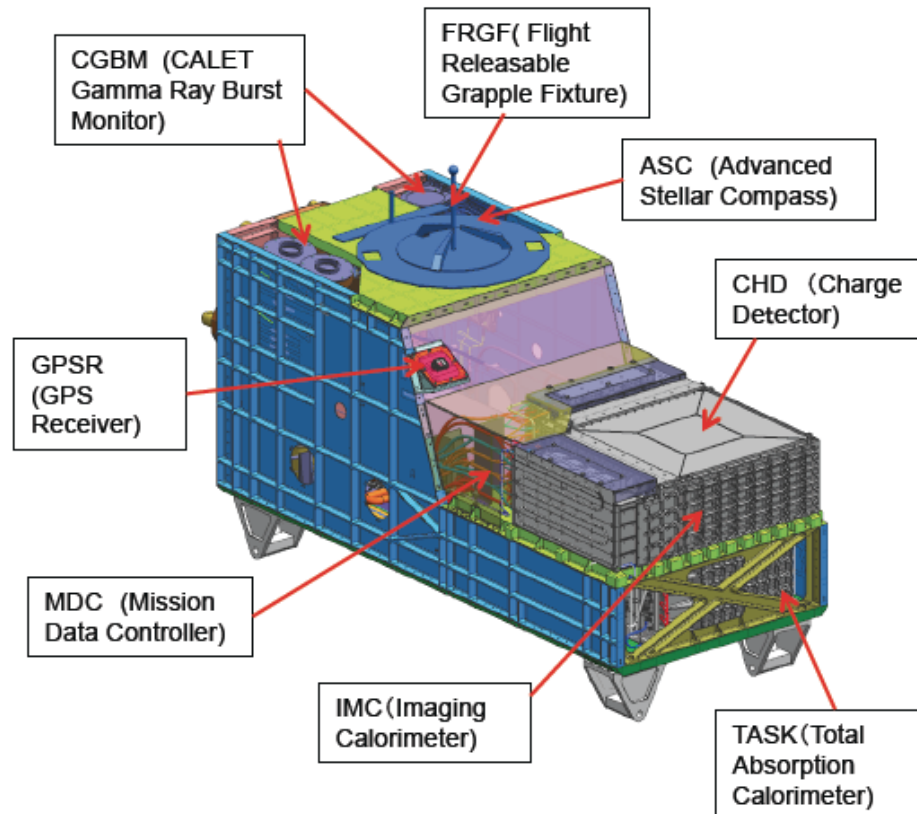
CALET

The diagram illustrates the International Space Station (ISS) in orbit above Earth. A red circle highlights the Japanese Experiment Module (JEM) 'Kibo', with a red arrow pointing to a detailed 3D model of the CALET experiment. Various astronomical sources are shown as sources of cosmic rays: a Supernova Remnant (SNR), a Pulsar, and an Active Galactic Nucleus (AGN). Dark matter is also indicated as a source. The diagram shows the paths of cosmic rays (yellow arrows) and the resulting pair annihilation (green wavy arrows) of electrons (e) and positrons (e+). The ISS is labeled '国際宇宙ステーション'.



## CALET 装置概念とミッション概要

CALET 検出器	サポートセンサ	JEM/EF 用艙装
カロリメータ(CAL): <b>CHD, IMC, TASC</b> ガンマ線バーストモニタ(CGBM): <b>HXM, SGM</b> データ取得システム(MDC)	<b>GPSR</b> <b>ASC</b>	FRGF



### ミッション概要

ミッション機器	<b>CAL: Calorimeter</b> <b>CGBM: Gamma-ray Burst Monitor</b>
打ち上げ機	HTV-5 (H2B)
打ち上げ時期	2014年夏期 (TBD)
観測期間	2年間 (5年間 目標)
ペイロード形態	標準ペイロード ポート占有ミッション
装置質量	650 kg (最大)
消費電力	500 W
テレメトリー	中速系 : 300 kbps 低速系 : 20 kbps

# APPENDIX



## Kohlhörster - balloon flight 13. May 1934



From the Talk by Hörandel at Denver meeting , 2012, July.



# ====MUON 関係資料====

## ● 1930年代のマグネット霧箱

研究グループ	直径	磁場
●Anderson, Neddermeyer:	15cm	0.79Tesla
●Street, Stevenson:	20cm	0.35 Tesla
●Crussard, Leprince-Ringuet:	50cm	1.3 Tesla
●Blackett, Occhialini, Wilson:	25cm	1.4 Tesla
●仁科, 竹内, 一宮 :	40cm	1.7 Tesla

# Paper submission 1937年 8月 5日

THE INSTITUTE OF PHYSICAL AND  
CHEMICAL RESEARCH.  
KOMAGOME, HONGO, TOKYO

TOKYO, August 5, 19 37.

Professor John T. Tate,  
Editor of the American Physical Society,  
University of Minnesota,  
Minneapolis, Minnesota,  
U. S. A.

Dear Sir,

I enclose herewith a note by Messrs. M. Takeuchi,  
T. Itimiya and myself "On the Nature of Cosmic-Ray Particles" and should be much obliged to you, if you would kindly find a space for its publication in the "Letters to the Editor" column of the coming issue of the Physical Review.

Very sincerely yours

Dr. Y. Nishina

## 国際電報による修正(1937年9月?日)

657 仁科芳雄 → アメリカ物理学協会, 出版マネージャー (ニューヨーク)  
1937/09 [日不明]

日本帝国電報

出版マネージャー  
アメリカ物理学協会  
ニューヨーク

私たちのレター<sup>a</sup>の訂正を *Physical Review* の編集者にお願い.

8月5日の原稿の3ページ, 第16行に1/7ないし1/6のオーダーとあるのを  
1/10に訂正<sup>b</sup>.

仁科  
[電報]

## 写真 2 の発見報告

676 仁科芳雄 → 坂田昌一 (大阪帝大)

1937/10/13

昭和 12 年 10 月 13 日

理化学研究所

仁科芳雄

坂田昌一 殿

前略

湯川，武谷，両氏ト共著ノ *Phys. Rev.* ヘノ寄書拜見シマシタ。面白イ結果デ  
非常ニ愉快ニ思ッテ居マス。コチラノ実験ハ其後更ニ 1 本 track ヲ得マシタ。

後略

# 写真2の測定

679 竹内 証 (横須賀海軍工廠) → 仁科芳雄

1937/10/15

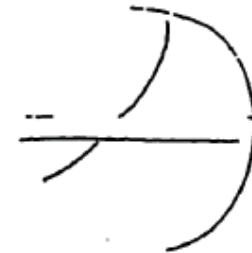
前略 昨日御話の件下記の通りです.  $4.8 \text{ cm Pb} = 5.48 \text{ gr/cm}^2$

$$H\rho_i = 7.4 \pm 0.3 \cdot 10^5$$

$$H\rho_f = 4.9 \pm 0.3 \cdot 10^5$$

誤差は大体です. 1回の測定で最大の誤差の値です.  
上の数値から<sup>a</sup>

	$H\rho_i \cdot 10^{-5}$	$H\rho_f \cdot 10^{-5}$	mass	
max. energy loss	7.7	→ 4.6	約 $\frac{1}{6.5}$	
prob. "	7.4	→ 4.9	" $\frac{1}{8}$	230 → 150 MeV
min	7.1	→ 5.2	" $\frac{1}{15}$	



それ故誤差の範囲からだと  $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{15}$  といふ事になります. 然しこれは最も大きく見積ってあります.

結局  $\frac{1}{7} \sim \frac{1}{10}$  とでも書く所でせうか.



775 竹内 証 中間子の質量測定報告メモ

1938/10/27

$f = 3.07 \text{ cm}$  (comparator)

3.14 cm (写真カラ)

Mass 測定報告

(27/X'38 現在)

Film No.

1. CF235P75-5 (鉛ヲ通ッタモノ)<sup>a</sup>

$H\rho$ initial	$7.5 \cdot 10^5$	$H\rho$ final	$5.15 \cdot 10^5$
	$7.4 \cdot 10^5$		$5.05 \cdot 10^5$
mean	$7.45 \cdot 10^5$		$5.05 \cdot 10^5$

# References on MUON Discovery

Original Paper (1930-1939)

Y.Sekido and H. Elliot: Early History of Cosmic Ray Studies (1982)

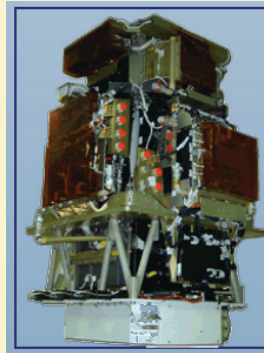
Rossi: Cosmic Rays (1964)

L.M. Brown and L. Hoddeson: The Birth of Particle Physics (1983)

P.Galison: The Discover of MUONs . . . . . (1982)

Archives: Nishina Memorial Foundation (Letters, Photos ,.....)

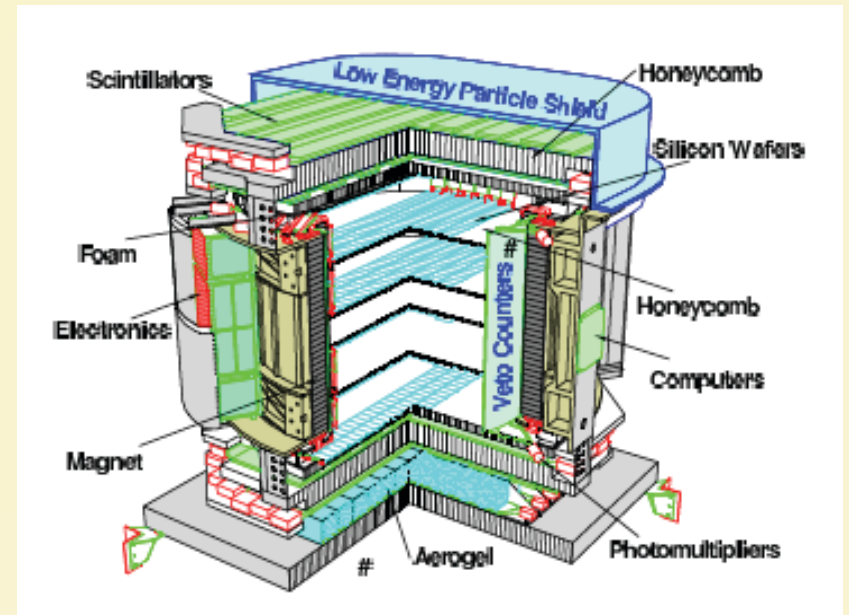
# Magnet Spectrometers



**Pamela**



**BESS**

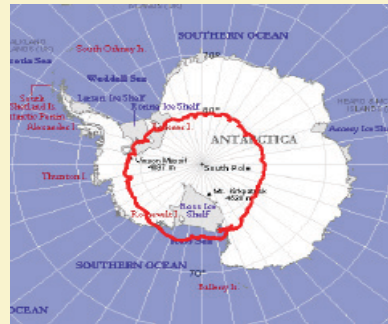


**AMS**

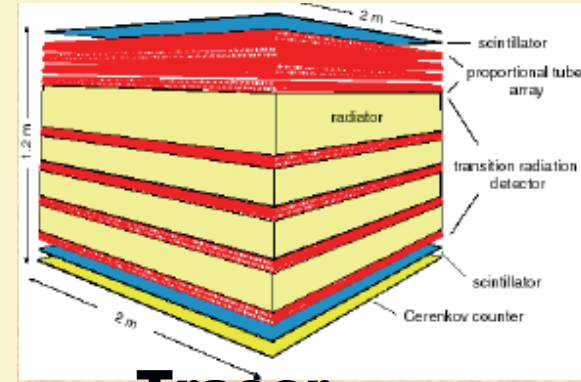
## Balloon Observation at McMurdo



**Tiger**



**Polar Flight**



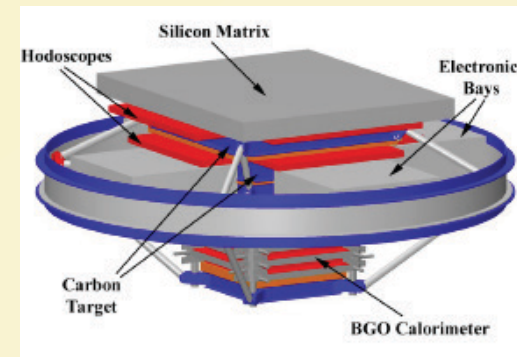
**Tracer**



**CREAM**



**BESS**



**ATIC**