

Journal Club, Het Group, Osaka U. 29 May 2009
Reporter: Y.Koide

古典シリーズ第2弾(最終回)

1974: Before and After

-- チャームの発見とその前後 --

J.J. Aubert, et al., Phys.Rev.Lett. 33, 1404 (1974);

J.-E. Augustin, et al., Phys.Rev.Lett. 33, 1406 (1974)

参考文献(一般向け)

小沼通二, 「新素粒子発見の衝撃」, 自然, 1975年3月号 p.23

南部陽一郎, 「新粒子について」, 日本物理学会会誌, 30-3, (1975) p.199

一兆分の一のまた一億分の一秒の長寿

予見せぬ新素粒子

米で発見、研究者は興奮

【スタンフォード(カリフォルニア州)十六日AP】米スタンフォード大学は十六日、これまで知られていなかった新しい素粒子が、同大学の線型加速器センターとニューヨークのブルックヘブン国立研究所でこのほどほぼ同時に発見されたと発表した。

イタリアで撮影成功

スタンフォード大学のバートン・リヒター教授とブルックヘブン国立研究所のサムエル・O・O・ティン教授は、この日の共同記者会見で「この新素粒子は、われわれが知っている素粒子とは違ったもので、新しい構造を持っていると見受け、どのような特性があるのか全く知られていない素粒子が突然発見されたことは、非常に興奮させられる出来事だ」と述べた。

この発表によると、この新素粒子については理論的にも説明されておらず、現在、理論物理学者たちが、これまでの素粒子論のツク

のなかでとらえられるかどうかが懸命に研究している最中で、これまでこの新素粒子は、これまでで最も高いエネルギーを持つ電子加速器により、電子とその反粒子である陽電子とをぶつける実験をしているうちに発見された。スタンフォード大学の研究では、電子が陽電子にぶつかるときに、重い素粒子が顕著に増加する現象がみられたという。

新素粒子のエネルギーは三千億電子ボルトを超え、この素粒子は一秒の一兆分の一のまた一億分の一という短い時間のうちに崩壊して「ハドロン」(重粒子)や「レプトン」(軽粒子)と呼ばれる素粒子になってしまう。だがこの新素粒子の寿命は、大きな質量を持つ素粒子にしては予想以上に長いものである。

こうした現象は、この素粒子がまだ知られていない新しい特性を持っていることを示唆すると考えられている。また今回の発見は、別々の研究所で別々のスタッフが、異なった技術で同じ現象を確認しているため、極めて信頼性が高いものとみられている。

【ローマ十六日ロイター】イタリアのフラスカッチ国立研究所は十六日、同研究所の電子加速器で、新しい素粒子の存在を確認、その飛跡の写真撮影に成功したと発表した。

素粒子研究 に新しい窓

▲解説▼新発見の素粒子の性質は今後の研究を待たねばならない面も多いが、素粒子論の中でこれまであいまいだった分野を確定する大きな発見につながる可能性がある、と期待されている。最近、新しい素粒子の発見は多いが、ほ

とて、この素粒子は、数日前、米国のスタンフォード大学とブルックヘブン国立研究所で発見されたのと同じもので、三十一個電子のエネルギーを持っており、平均的に長い寿命を持っている。この素粒子の発見以来、世界中でその存在の確認が試みられていたが、同研究所は数百枚の鮮明な写真撮影に成功した。

この話題を取り上げた動機

- 理論物理屋なら誰しも1つくらいは思い出に残る実験的発見があるはず。(talk by Jarlskog at Neutrino08)
私にとっては、それがこの「Charmの発見」である。
- まもなくLHCで何か新しいことが見つかるかもしれない。その前に、1974年当時の雰囲気を紹介したい。
- 高杉さんの最終講義での話で、当時の日本とアメリカでの認識の違いに気がついた。
- この機会に、いろいろの方の話聞いて、私の勘違いを正したい。



Contents

Part I: November 1974:

Discovery of “charm”

Part II: Before 1974:

Who does anticipate the charm?

Part III: After 1974:

Effects of the disturbance



Part I

November 1974: Discovery of “charm”

- 1974年11月16日

第4番目のクォーク「チャーム」が発見される



Samuel C.C. Ting



Burton Richter

1976年度
ノーベル物理学賞

Experimental Observation of a Heavy Particle J^{\dagger}

J. J. Aubert, U. Becker, P. J. Biggs, J. Burger, M. Chen, G. Everhart, P. Goldhagen, J. Leong, T. McCorriston, T. G. Rhoades, M. Rohde, Samuel C. C. Ting, and Sau Lan Wu
 Laboratory for Nuclear Science and Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology,
 Cambridge, Massachusetts 02139

and

Y. Y. Lee

Brookhaven National Laboratory, Upton, New York 11973
 (Received 12 November 1974)

We report the observation of a heavy particle J , with mass $m = 3.1$ GeV and width approximately zero. The observation was made from the reaction $p + Be \rightarrow e^+ + e^- + X$ by measuring the e^+e^- mass spectrum with a precise pair spectrometer at the Brookhaven National Laboratory's 30-GeV alternating-gradient synchrotron.

Our experiment is part of a large program to study the behavior of timelike photons in $p + p \rightarrow e^+ + e^- + X$ reactions¹ and to search for new particles which decay into e^+e^- and $\mu^+\mu^-$ pairs. We use a slow extracted beam from the Brookhaven National Laboratory's alternating-gradient synchrotron. The beam intensity varies from 10^{12} to 2×10^{13} p/pulse. The beam is guided onto a extended target, normally nine pieces of 70-Be, to enable us to reject the pair accidentally originating from the two tracks to come from the target origin. The beam intensity is monitored by a secondary emission counter, calibrated

daily with a thin Al foil. The beam spot size is 3×6 mm², and is monitored with closed-circuit television. Figure 1(a) shows the simplified side view of one arm of the spectrometer. The two arms are placed at 14.6° with respect to the incident beam; bending (by $M1, M2$) is done vertically to decouple the angle (θ) and the momentum (p) of the particle.

The Cherenkov counter C_0 is filled with one atmosphere and C_1 with 0.8 atmosphere of H_2 . The counters C_0 and C_1 are decoupled by magnets $M1$ and $M2$. This enables us to reject knock-on electrons from C_0 . Extensive and repeated calibra-

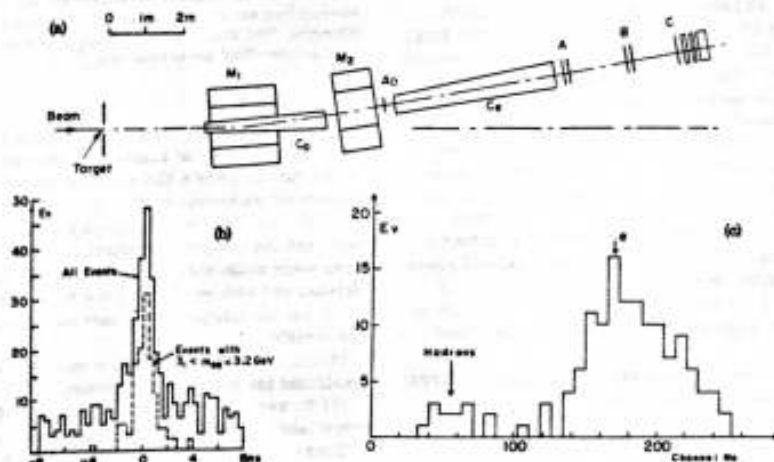


Fig. 1. (a) Simplified side view of one of the spectrometer arms. (b) Time-of-flight spectrum of e^+e^- pairs and $\mu^+\mu^-$ events with $3.0 < m < 3.2$ GeV. (c) Pulse-height spectrum of e^- (same for e^+) of the e^+e^- pair.

proximately 10^{28} cm².

The most striking feature of J is the possibility that it may be one of the theoretically suggested charmed particles² or α 's³ or Z_0 's,⁴ etc. In order to study the real nature of J ,⁵ measurements are now underway on the various decay modes, e.g., an e^+e^- mode would imply that J is weakly interacting in nature.

It is also important to note the absence of an e^+e^- continuum, which contradicts the predictions of parton-models.⁶

We wish to thank Dr. R. R. Rau and the alternating-gradient synchrotron staff who have done an outstanding job in setting up and maintaining this experiment. We thank especially Dr. F. Eppinger, B. M. Bailey, and the staff of the Laboratory for Nuclear Science for their help and encouragement. We thank also Ms. I. Schulz, Ms. H. Feind, N. Feind, D. Osborne, G. Krey, J. Donahue, and

E. D. Weiner for help and assistance. We thank also M. Deutach, V. F. Weisskopf, T. T. Wu, S. Drell, and S. Glashow for many interesting conversations.

Accepted without review under policy announced in Editorial of 20 July 1964 [Phys. Rev. Lett. **13**, 79 (1964)].

¹The first work on $p + p \rightarrow \mu^+ + \mu^- + X$ was done by L. M. Lederman *et al.*, Phys. Rev. Lett. **25**, 1523 (1970).

²S. L. Glashow, private communication.

³T. D. Lee, Phys. Rev. Lett. **26**, 801 (1971).

⁴S. Weinberg, Phys. Rev. Lett. **19**, 1264 (1967), and **27**, 1688 (1971), and Phys. Rev. D **5**, 1412, 1962 (1972).

⁵After completion of this paper, we learned of a similar result from SPEAR. B. Richter and W. Panofsky, private communication; J.-E. Augustin *et al.*, following Letter [Phys. Rev. Lett. **33**, 1404 (1974)].

⁶S. D. Drell and T. M. Yan, Phys. Rev. Lett. **25**, 316 (1970). An improved version of the theory is not in contradiction with the data.

Discovery of a Narrow Resonance in e^+e^- Annihilation*

J.-E. Augustin,[†] A. M. Boyarski, M. Breidenbach, F. Bulos, J. T. Dakin, G. J. Feldman, G. E. Fischer, D. Fryberger, G. Hanson, B. Jean-Marie,[†] R. R. Larsen, V. Lüth, H. L. Lynch, D. Lyon, C. C. Morehouse, J. M. Paterson, M. L. Perl, B. Richter, P. Rapplis, R. F. Schwitters, W. M. Tanenbaum, and F. Vannucci

Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, California 94305

and

G. S. Abrams, D. Briggs, W. Chinowsky, C. E. Friedberg, G. Goldhaber, R. J. Hollebeek, J. A. Kadyk, B. Lulu, F. Pierre,[‡] G. H. Trilling, J. S. Whitaker, J. Wiss, and J. E. Zipse

Lawrence Berkeley Laboratory and Department of Physics, University of California, Berkeley, California 94720
 (Received 13 November 1974)

We have observed a very sharp peak in the cross section for $e^+e^- \rightarrow$ hadrons, e^+e^- , and possibly $\mu^+\mu^-$ at a center-of-mass energy of 3.105 ± 0.003 GeV. The upper limit to the full width at half-maximum is 1.3 MeV.

We have observed a very sharp peak in the cross section for $e^+e^- \rightarrow$ hadrons, e^+e^- , and possibly $\mu^+\mu^-$ in the Stanford Linear Accelerator Center (SLAC)-Lawrence Berkeley Laboratory magnetic detector¹ at the SLAC electron-positron storage ring SPEAR. The resonance has the parameters

$$E = 3.105 \pm 0.003 \text{ GeV},$$

$$\Gamma < 1.3 \text{ MeV} \rightarrow 1.9 M_e c^2$$

(full width at half-maximum), where the uncertainty in the energy of the resonance reflects the

uncertainty in the absolute energy calibration of the storage ring. [We suggest naming this structure $\psi(3105)$.] The cross section for hadron production at the peak of the resonance is ≥ 2300 nb, an enhancement of about 100 times the cross section outside the resonance. The large mass, large cross section, and narrow width of this structure are entirely unexpected.

Our attention was first drawn to the possibility of structure in the $e^+e^- \rightarrow$ hadron cross section during a scan of the cross section carried out in 200-MeV steps. A 30% (6 nb) enhancement was

1.1 それを私はどのようにして知ったか？

静岡	日本	世界
	11/12 電話 北門新作 (ドイツ) → 名大	
	11/13 電報 南部陽一郎 (シカゴ) → 京大	
	11/15 航空便 原康夫 (スイス) → 京大	
11/17 夜 テレビニュース		11/16 合同記者会見 アメリカの 2 グループが 新粒子の発見を公表
11/18 朝 朝刊各紙	11/20 プレプリントのコピー 大久保 (ロチェスター) → 京大	11/16 イタリアでも発見
11/23 手紙 原さんの手紙のコピー		11/23 ドイツでも発見
11/2? プレプリント コピーのそのまたコピー		

CERN

11/11/77

紋=印標

Brockhaven National Laboratory

$p+p \rightarrow e^+ + e^- + \text{anything}$ の実験をして
MIT の Ting group が e^+e^- の
missing mass plot に $M=3.05 \text{ GeV}$, $\Delta M=40 \text{ MeV}$
の peak を発見した。電報による数値
の再現した plot の copy を同封します。

SLAC の Spear I に Ting が同乗して
実験したところ $\Delta M < 1.8 \text{ MeV}$
peak が存在したと報告
して急ぎお知らせします

原康文

11月30日に帰国を予定して

CERN

紋標

11月12日

昨日の夕入り後には BNL と SLAC の情報についての
現状について。

BNL (実験の参加者) のフランス人の報告

$p + Be^9 \rightarrow e^+ + e^- + "X"$ 28 GeV/c

Ball calorimeter 使用

$M_{ee} = 3.05 \text{ GeV}$ $\Gamma \lesssim 40 \text{ MeV}$

SLAC (Spear II)

$e^+ + e^- \rightarrow \text{hadron}$ 1.5525 GeV. $\frac{\Delta E}{E} \approx 1\%$

$\rightarrow M = 3.105 \text{ GeV}$

$\Gamma < 1.8 \text{ MeV}$

この後 $\Gamma < 0.65 \text{ MeV}$ という news があつた

また

$$\int \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{hadron}) dE = 2300 \text{ nb} \times 0.65 \text{ MeV}$$

$$\int \sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-) dE = 100 \text{ nb} \times 0.65 \text{ MeV}$$

$e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$
 $\frac{\pi}{kE}$ } 100 nb

= 実験結果の存在 $\Gamma \lesssim 100 \text{ keV}$ と推定されています

怪情報が出たので注意が必要。= 実験の結果は未確定
Ting の CERN に来たので連絡をお願いします

1.2 当時の関心

- R のふるまい

定義
$$R = \frac{\sigma(e^+ + e^- \rightarrow \text{hadrons})}{\sigma(e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-)}$$

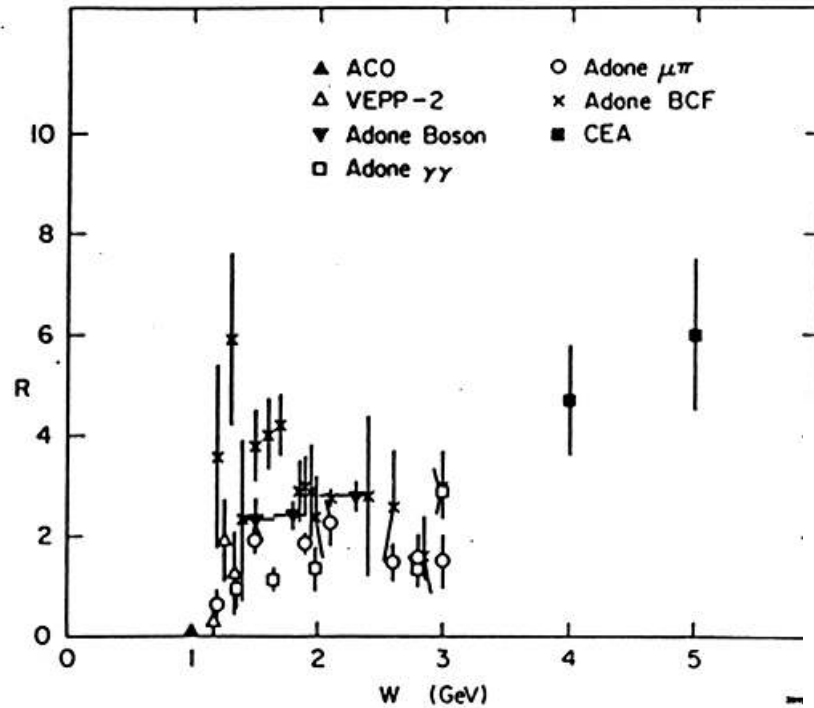
- Parton model によれば, 高エネルギーの極限で

$$R = \sum_i q_i^2 \quad q_i: \text{ハドロンを構成する粒子の荷電}$$

Quark model では, カラーの自由度3を考慮に入れて

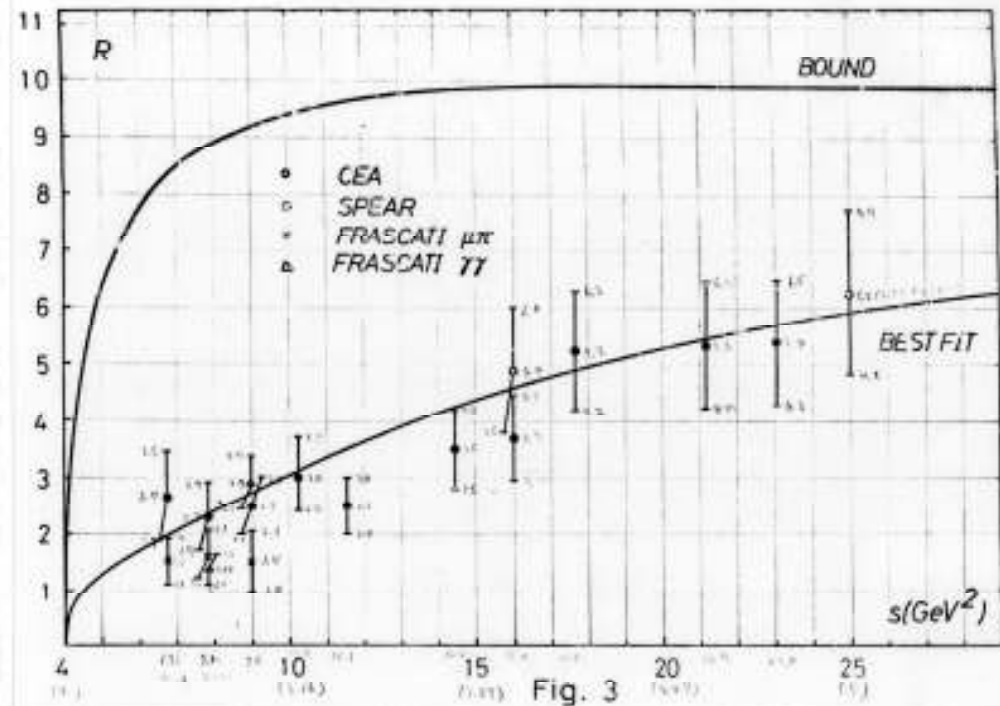
$$R = \left[\left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(-\frac{1}{3}\right)^2 + \left(-\frac{1}{3}\right)^2 \right] \times 3 = 2$$

それまでの実験データ



V.Luth, SLAC-PUB-2050 (1977)

T.Muta, RIFP-196 (1974)

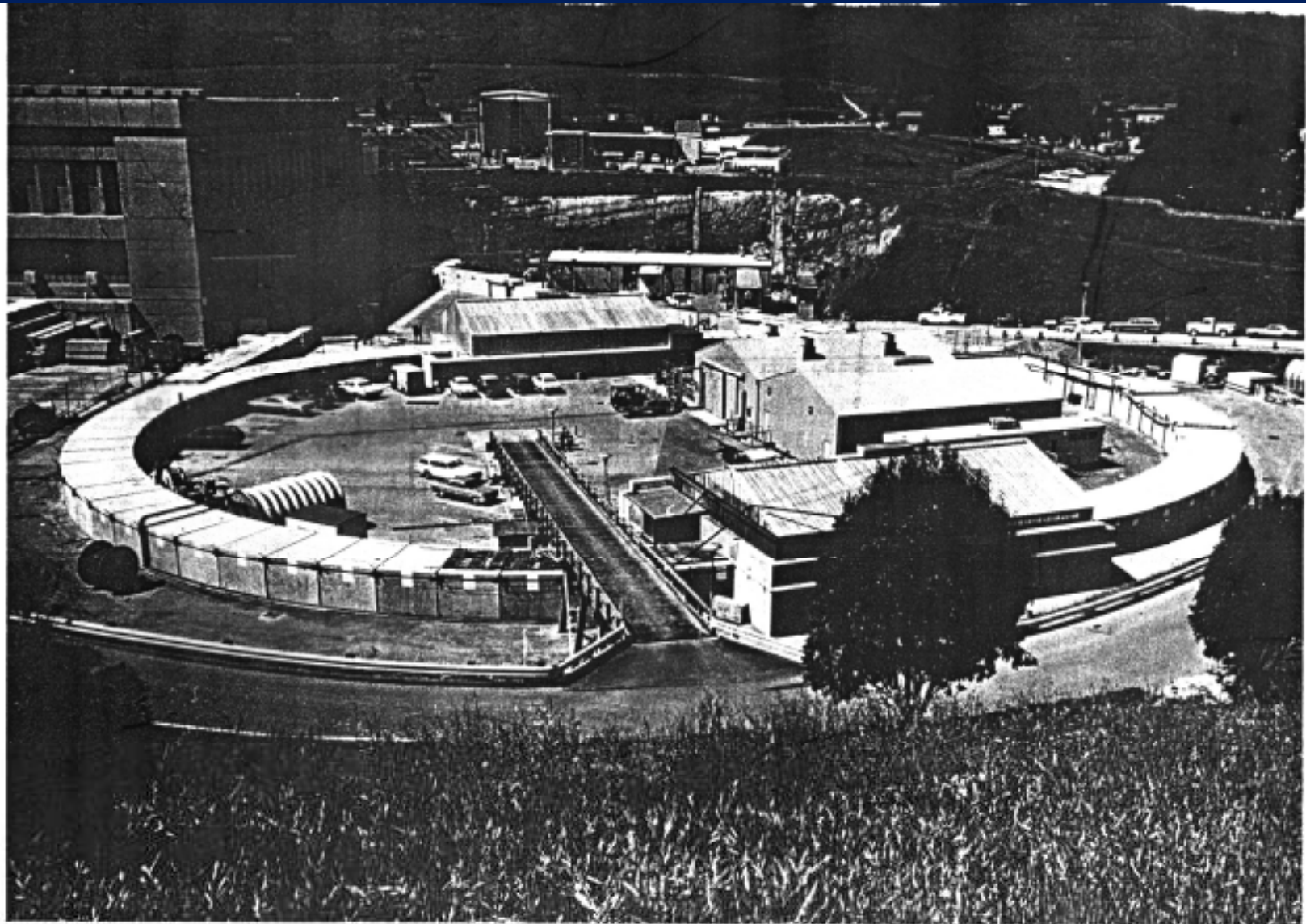


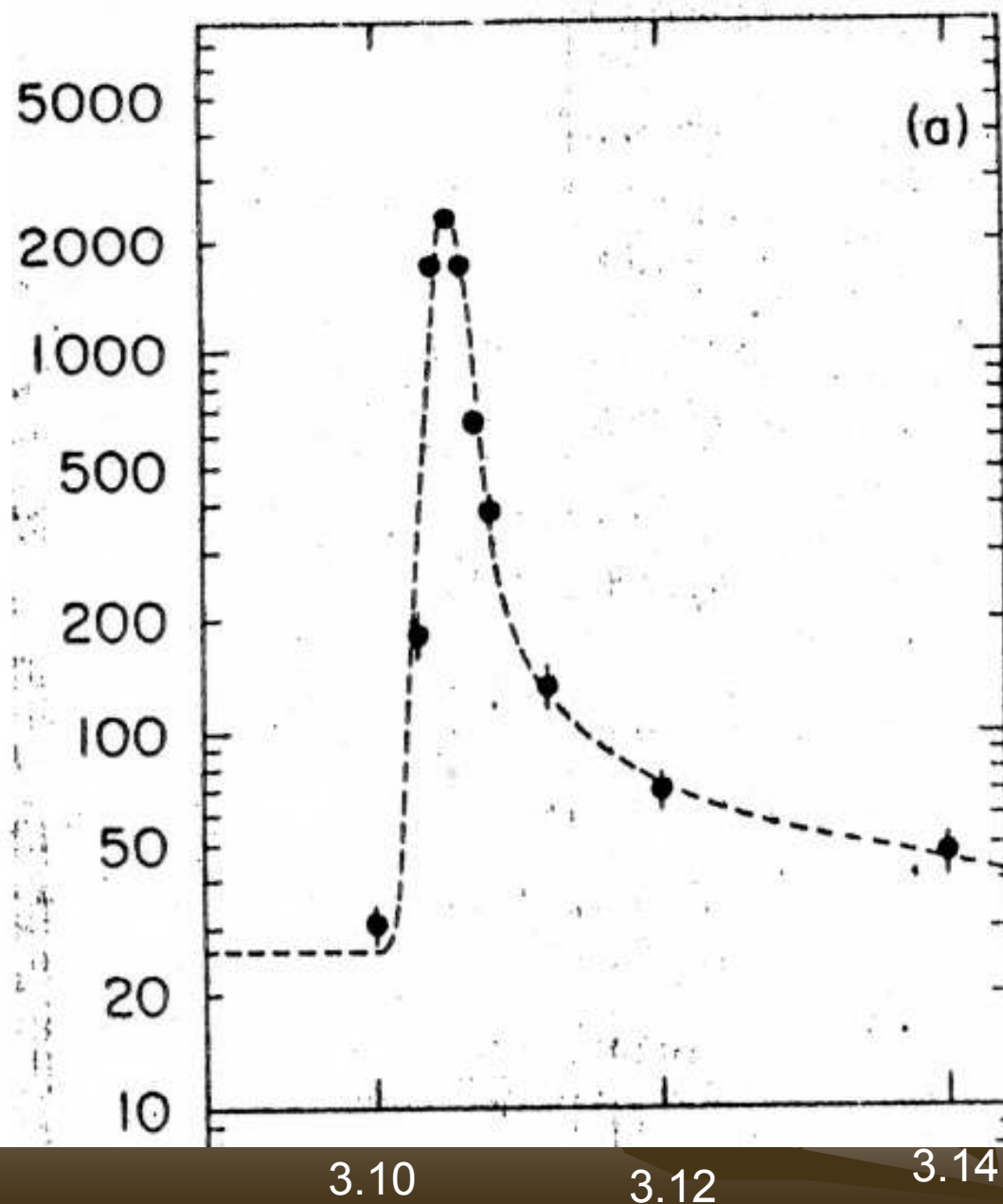
1.3 実験の状況

	東海岸グループ	西海岸グループ
研究所	ブルックヘブン国立研究所	スタンフォード線型加速器センター
ボス	Samuel C. C. Ting	Barton Richter
実験	<p>1974 年 4 月 スタート</p> <p>$p + p \rightarrow e^+e^- + X$</p> <p>反応率を (e^+e^-) のエネルギーごとに測定</p> <p>8 月：$E = 3.1\text{GeV}$ に共鳴現象を発見</p> <p>3.1 GeV の質量を持った長寿命の新粒子?</p> <p>10 月：更に 500 例ほどの「新粒子」のデータを蓄積</p> <p>11/11：午前 1:00・「新粒子」発見を公表</p> <p>「J」粒子と命名</p>	<p>1973 年末スタート</p> <p>$e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$</p> <p>反応率を (e^+e^-) のエネルギーごとに測定</p> <p>0.2 GeV 間隔で測定</p> <p>$E = 3.2\text{GeV}$ で異常値を発見</p> <p>6 月に再実験</p> <p>0.1 GeV 間隔</p> <p>$E = 3.1\text{GeV}$ で測定値にバラつき</p> <p>11/09：0.0005 GeV 間隔で測定</p> <p>11/10：「新粒子」と断定</p> <p>「ϕ」粒子と命名</p>

・東海岸での午前 1:00 は西海岸では 11/10 午後 10:00 .

電子・陽電子貯蔵リング SPEAR





論文には、実験の途中経過が極めて詳細に紹介されている。実験の論文としては、このことは大変異例。

当初 0.2 GeV 間隔で測定
E=3.2 GeV で異常値

6月： 0.1 GeV 間隔で測定
E=3.1 GeV でバラツキ

11月9日： 0.0005 GeV 間隔
で測定 -->「新粒子」を発見

proximately 10^{-24} cm².

The most striking feature of J is the possibility that it may be one of the theoretically suggested charmed particles² or a 's³ or Z_0 's,⁴ etc. In order to study the real nature of J ,⁵ measurements are now underway on the various decay modes, e.g., an e^+e^- mode would imply that J is weakly interacting in nature.

It is also important to note the absence of an e^+e^- continuum, which contradicts the predictions of parton models.⁶

We wish to thank Dr. R. R. Rau and the alternating-gradient synchrotron staff who have done an outstanding job in setting up and maintaining this experiment. We thank especially Dr. F. Epling, B. M. Bailey, and the staff of the Laboratory for Nuclear Science for their help and encouragement. We thank also Ms. I. Schulz, Ms. H. Feind, N. Feind, D. Osborne, G. Krey, J. Donahue, and

E. D. Weiner for help and assistance. We thank also M. Deutsch, V. F. Weisskopf, T. T. Wu, S. Drell, and S. Glashow for many interesting conversations.

†Accepted without review under policy announced in Editorial of 20 July 1964 [Phys. Rev. Lett. **13**, 79 (1964)].

¹The first work on $p + p \rightarrow \mu^+ + \mu^- + x$ was done by L. M. Lederman *et al.*, Phys. Rev. Lett. **25**, 1523 (1970).

²S. L. Glashow, private communication.

³T. D. Lee, Phys. Rev. Lett. **26**, 801 (1971).

⁴S. Weinberg, Phys. Rev. Lett. **19**, 1264 (1967), and **27**, 1688 (1971), and Phys. Rev. D **5**, 1412, 1962 (1972).

⁵After completion of this paper, we learned of a similar result from SPEAR. B. Richter and W. Panofsky, private communication; J.-E. Augustin *et al.*, following Letter [Phys. Rev. Lett. **33**, 1404 (1974)].

⁶S. D. Drell and T. M. Yan, Phys. Rev. Lett. **25**, 316 (1970). An improved version of the theory is not in contradiction with the data.

observed is *probably* but not *conclusively* in the μ -pair channel.

The $e^+e^- \rightarrow$ hadron cross section is presumed to go through the one-photon intermediate state with angular momentum, parity, and charge conjugation quantum numbers $J^{PC} = 1^{--}$. It is difficult to understand how, without involving new quantum numbers or selection rules, a resonance in this state which decays to hadrons could be so narrow.

We wish to thank the SPEAR operations staff for providing the stable conditions of machine performance necessary for this experiment. Special monitoring and control techniques were developed on very short notice and performed ex-

†Permanent address: Institut de Physique Nucléaire, Orsay, France.

‡Permanent address: Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, Saclay, France.

¹The apparatus is described by J.-E. Augustin *et al.*, to be published.

²The detection-efficiency determination will be described in a future publication.

³While preparing this manuscript we were informed that the Massachusetts Institute of Technology group studying the reaction $pp \rightarrow e^+e^- + x$ at Brookhaven National Laboratory has observed an enhancement in the e^+e^- mass distribution at about 3100 MeV. J. J. Aubert *et al.*, preceding Letter [Phys. Rev. Lett. **33**, 1402 (1974)].

⁴G. Bonneau and F. Martin, Nucl. Phys. **B27**, 381 (1971).

どちらの
グループが
先に発見
したか？

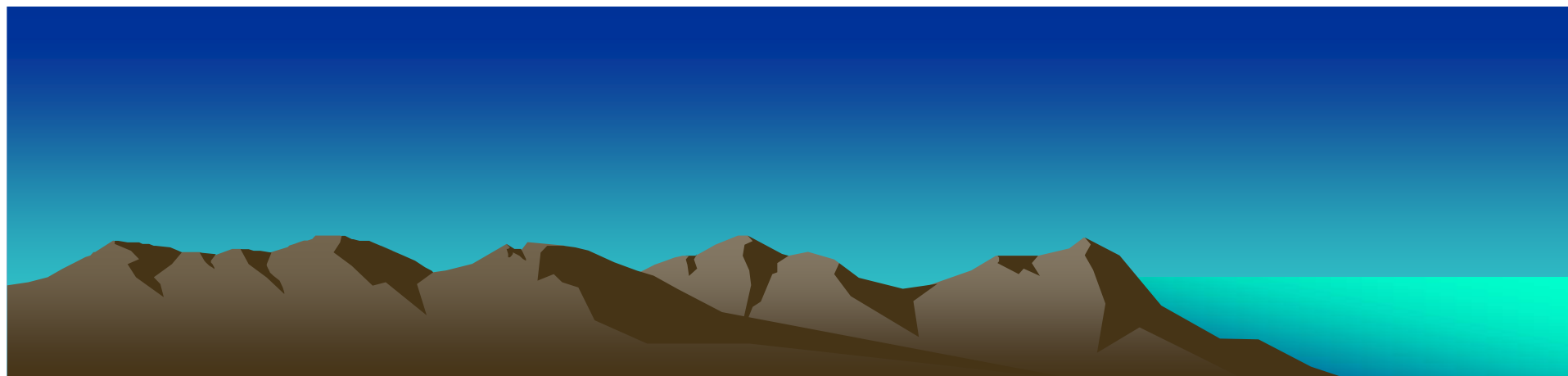
2 DECEMBER 1974

Atomic Energy Com-

mission de l'Accélérateur
Université de Paris, 91

イタリアでもそしてドイツでも！

グループ	雑誌名	受理日	発行日
MIT-BNL	Phys. Rev. Lett.	11/12	12/2 号
SLAC	Phys. Rev. Lett.	11/13	12/2 号
Frascati	Phys. Rev. Lett.	11/18	12/2 号
DESY	Phys. Lett.	12/19	12/23 号



Part II:
Before 1974
Who does anticipate the charm?

2.1 誰が“charm”の存在を予言したか？

2.2 日本の研究はどうであったか？

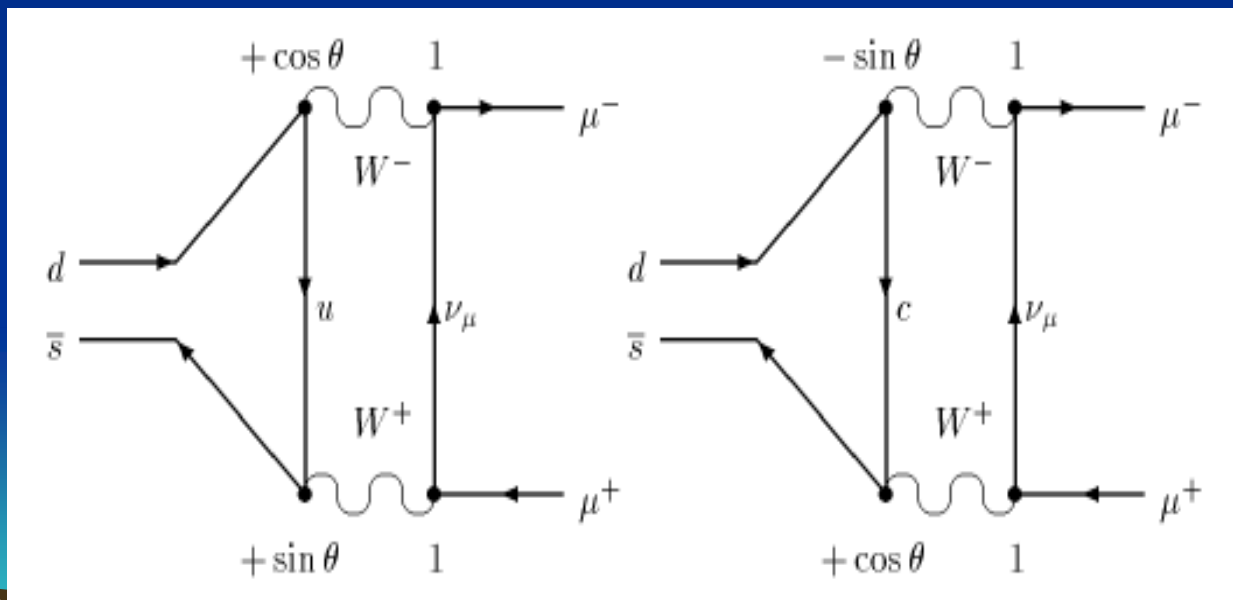


2.1 誰が“charm”の存在を予言したか？

- GIM メカニズム (1970)

S.L.Glashow, J.Iliopoulos and L.Maiani, Phys.Rev. D2, 1285 (1970)

なぜ $K_L \rightarrow \mu^+ + \mu^-$ 崩壊は、予想より抑制されているのか？



$$u \leftrightarrow d' \equiv d \cos \theta + s \sin \theta$$

$$c \leftrightarrow s' \equiv -d \sin \theta + s \cos \theta$$

チャーム発見直前の動き

-  の予言 ($K_L - K_S$ 質量差より)

M.K.Gaillard and B.W.Lee, Phys.Rev. D10, 897 (1974)

(1974年8月号: 論文受理日 1974年3月4日)

- 総合報告 “Search for Charm” の登場

M.K.Gaillard, B.W.Lee and J.L.Rosner,

FERMILAB-pub-74/THY, August 1974

Review of Modern Physics 47, April 1975

このように、

チャームの発見は

単なる偶然の発見ではなかった。

新しい発見が、それを見逃すことなく、

「新しい発見」として認識されるだけの

理論的下地が、すでに出来ていた！



2.2 日本の研究はどうであったか？

- **新名古屋模型 (1962)**

Y.Katayama, K.Matsumoto, S.Tanaka, E.Yamada, PTP 28, 675 (1962);

Z. Maki, M. Nakagawa and S. Sakata, PTP 28, 870 (1962)

(詳しくは, 去年のJournal Club 2008.7.31 のスライドを見よ)

- **4元模型の提唱 (1964)**

Y.Hara, Phys.Rev. 134, B701 (1964);

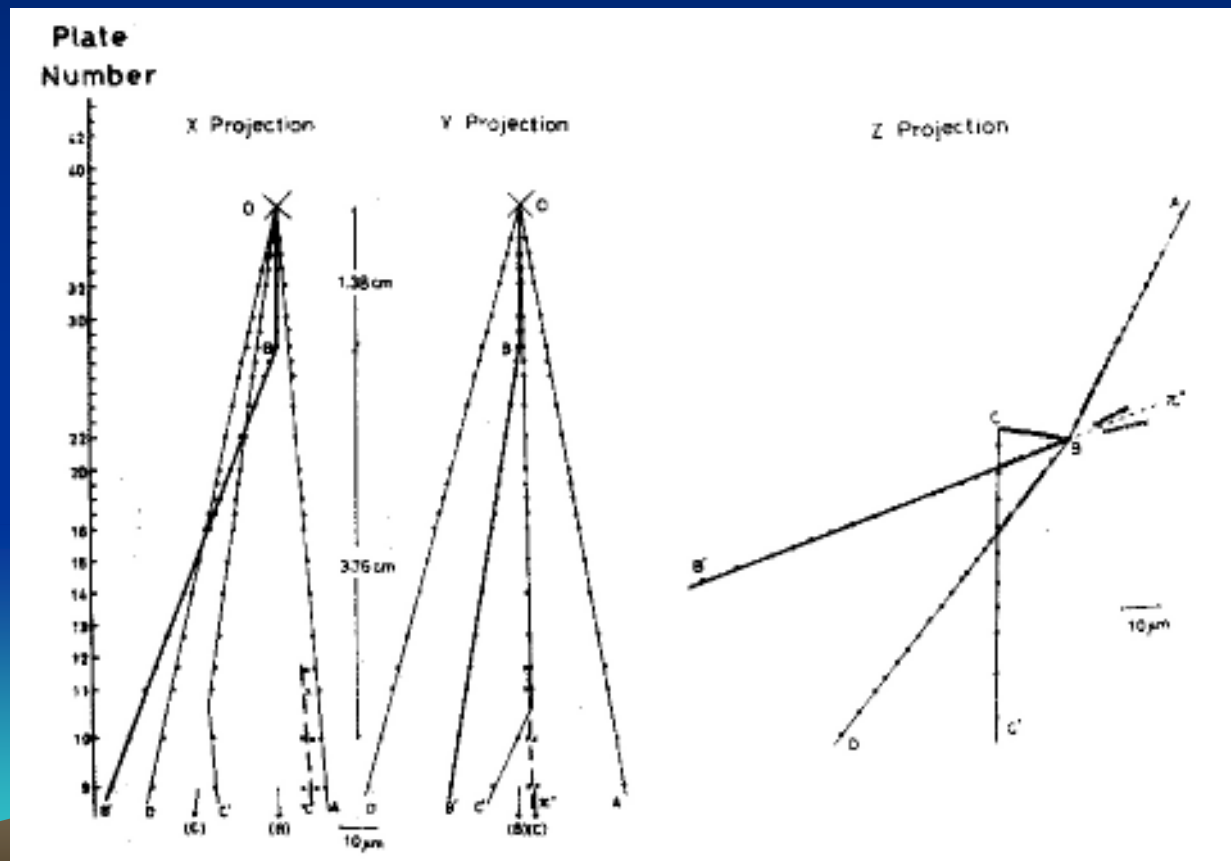
Z.Maki, PTP 31, 331 (1964);

B.J.Bjorken and S.L.Glashow, Phys.Lett. 11, 225 (1964).



Niu event の発見

K.Niu, E.Mikumo and Y.Maeda, PTP 46, 1644 (1971)

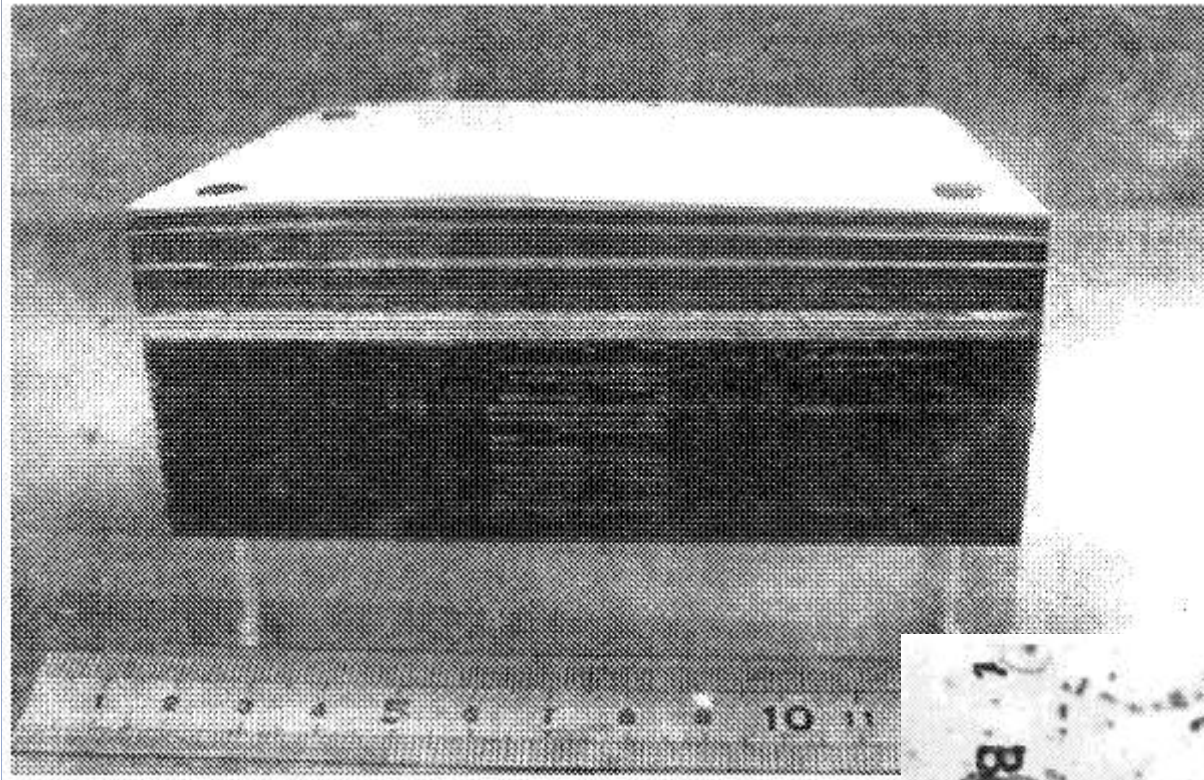


日航貨物便に4ヶ月間
写真乾板を積み込んでの
観測.

Decay: $X \rightarrow x + \pi^0$

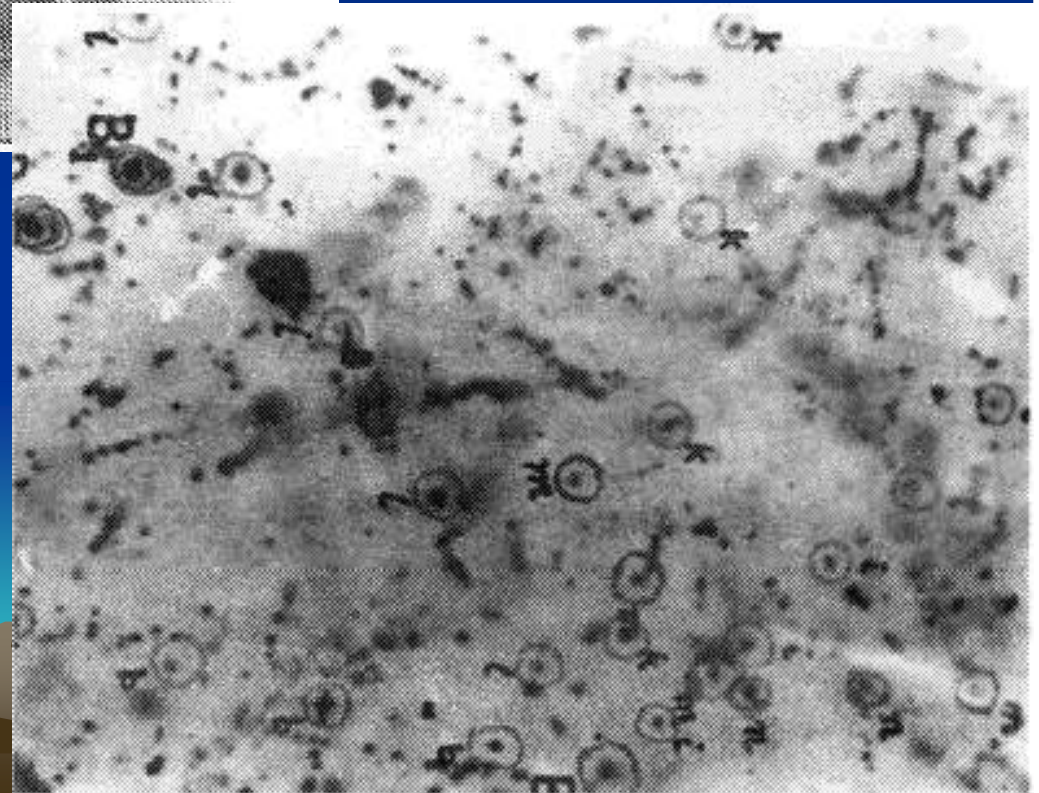
If $x = \pi^\pm$, $m_X = 1.78 \text{ GeV}$

If $x = p$, $m_X = 2.95 \text{ GeV}$



実験に用いたものと
同型の「原子核写真
乾板(エマルジョン
チェンバー)」

1枚1枚の写真乾板には右の
ような宇宙線の飛跡が写る。
それを顕微鏡を用いて位置を
測定して記録する。

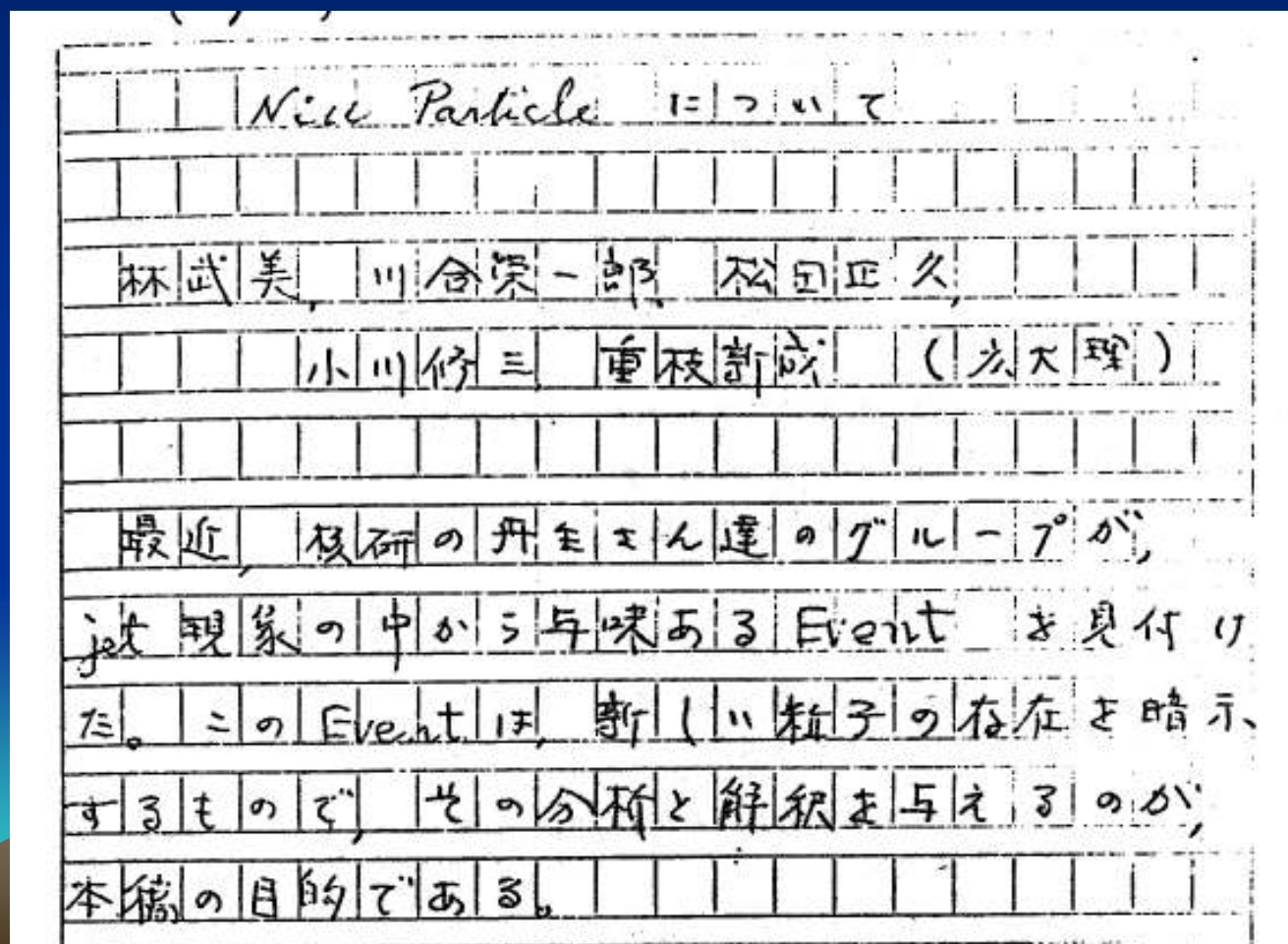


小川は、ただちに、これは第4のクォークを含む

ハドロンの発見であると指摘

T.Hayashi, E.Kawai, M.Matsuda, S.Ogawa and S.Shige-eda,

PTP 47, 280 (1972)



「素粒子論研究」

(43巻, 801, 1971年
8月号)に投稿され
た小川修三による

手書きの論文原稿

- 名古屋・広島グループによる
SU(4) に基づく hadron spectroscopy の
精力的な研究がスタートする (1972~1973)

e.g.

M.Kobayashi, M.Nakagawa and H.Nitto, PTP 47, 982 (1972);

T.Hayashi, E.Kawai, M.Matuda, S.Ogawa and S.Shigeeda, PTP
49, 351 (1973)

チャームを含むハドロンも、この論文でははっきり命名している！

c.f. それよりもっと前にも、U(4) に基づく hadron spectroscopy
の研究がなされていた！ (1968)

K.Shima, T.Suzuki, A.Kobayashi and H.Senju,

“Strang Spin Formalism for Hadron”, PTP 40, 143 (1968)

こちらは、名大のM2だけの独力での仕事です。

世界		日本	
1964	Gell-Mann PL Zweig (unpublished) 素粒子 (ハドロン) は 3 つの基本粒子 (クォーク) から 作られる複合粒子であると主張.	1956	坂田 PTP 素粒子 (ハドロン) は 3 つの基本バリオン (p, n, Λ) から作られ れる複合粒子であると主張.
1970	Glashow-Iliopoulos-Maiani PR なぜ崩壊 $K_L \rightarrow \mu^+ \mu^-$ が起こらないかを説明するには、 第 4 のクォーク c の存在が必要 と主張	1962	名古屋・京都グループ PTP 3 つの基本バリオンとレプトン (中性微子 ν , 電子 e^- , ミュー電子 μ^-) との類似性に着目. 中性微子は実は 2 種類存在する (ν_e と ν_μ) ことが実験でわかったので、 基本バリオンも 4 個存在するかもしれ ないと指摘.
1974 _{11月}	Ting グループ PRL Richter グループ PRL 重くかつ長寿命の新粒子を発見	1971	丹生 グループ PTP 宇宙線観測の写真の中に、 重くかつ長寿命の新粒子を発見
1974 _{8月}	Gaillard-Lee-Rosner RMP 第 4 番目のクォークが存在する なら、それはどのような実験で 観測されるかを理論的に調べる.	1972	小川 PTP 丹生粒子の発見は、第 4 番目の クォークの存在を意味すると指摘.
		1973	小川・中川 グループ PTP クォークが 4 個存在した場合に ついての理論的な分析を行う.

なぜ J/ψ の予測が日本でできなかったのか？

- 条件は整っていた

Neu event は発見されていて, m_c のオーダーは推測できた

SU(4) でのハドロン・スペクトロスコピも進んでいた

私自身は

U(4) model に基づいて Weak int. の論文を1968年に書いている

1973年には, Vector \rightarrow 1^+ 崩壊についての論文を書いている

それにもかかわらず, $e^+e^- \rightarrow$ Vector で新しい発見がでるとは

予想だにできなかった

問題点

日本に素粒子について実験できる装置が全くなかった！

理論家は, 何を実験に期待するかの点で, センスがずれていた.

Part III
After 1974:
Effects of the Disturbance



Charm の発見は 理論家にも実験家にも メシのタネを提供した！

- 実験家：
Charm を含むさらなるハドロンの探索
- 理論家：
SU(4) に基づくハドロンスペクトロスコピー

ベトナム戦争後遺症がこれで吹き飛んだ

殺到する理論の論文

殺到する類似論文を抜きはなして掲載された論文

E.Takasugi and S.Oneda, PRL 34, 988 (1975)

Received: 19 Dec. 1974; Pub: 14 Apr. 1975

“Asymptotic SU(4) in the I^+I^- Annihilation of New Resonance”

E.Takasugi and S.Oneda, PRL 34, 1129 (1975)

Received: 23 Dec. 1974; Pub: 28 Apr. 1975

“Purely Algebraic Approach to the New Narrow Resonances”

E.Takasugi and S.Oneda, PRD 12, 198 (1975)

Received: 31 March 1975; Pub: 1 July 1975

“New narrow boson resonances and SU(4) symmetry: ...”

皆さんは4日後にもう別の論文を書き上げたりしますか？

決断の早さで定評のある高杉さんならでのことかもしれませんが、

- 前ページの例は，特別の例で，実際には類似の理論的研究が世に溢れた.
- そこで，グループごとの研究が登場してきた.

CERN: “New Narrow Peaks in $pp \rightarrow e^+ e^- + X$ and $e^+ e^-$ Annihilation”

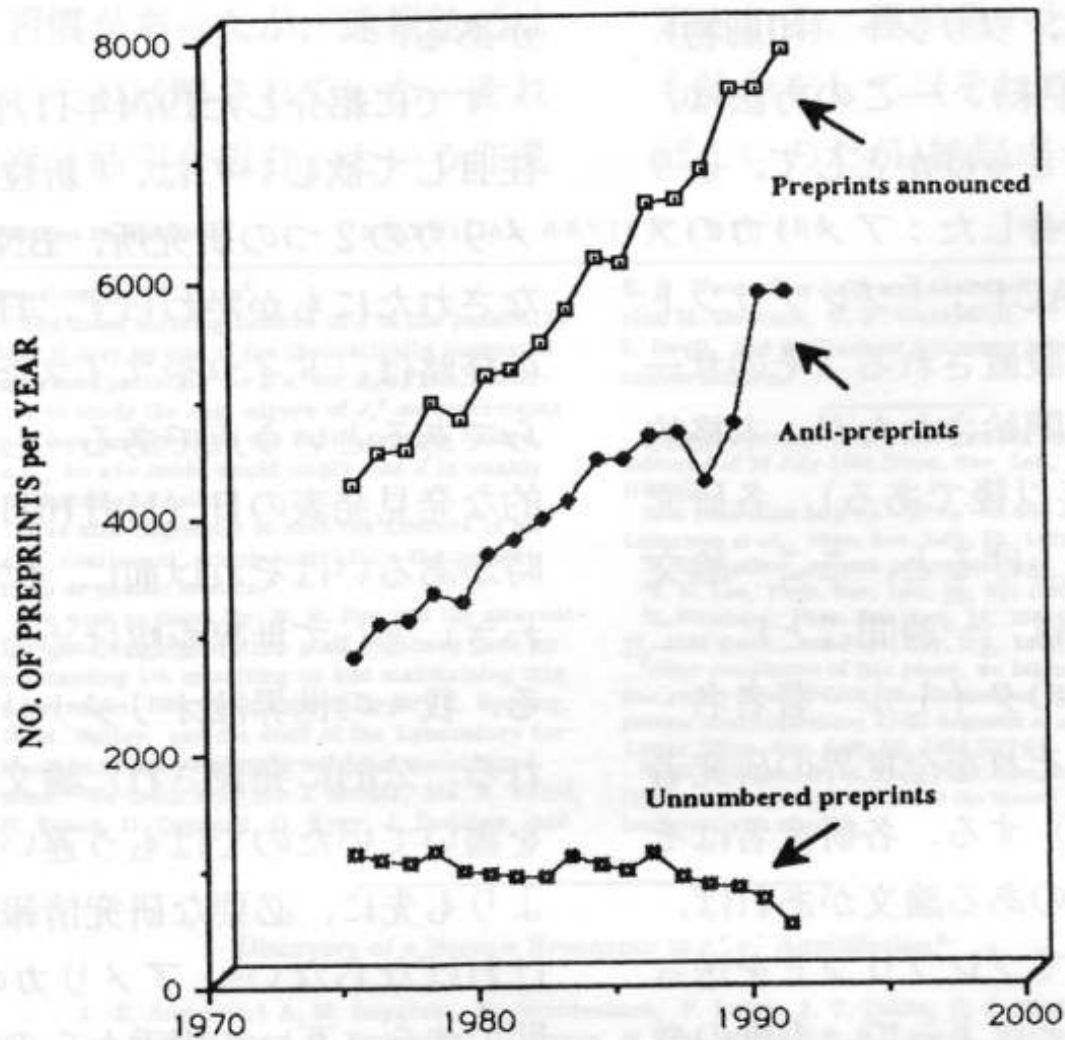
SLAC: “ ψ Chology” by H. Harari

Tokyo: “Proceedings of the Discussion Meeting on the New Narrow Resonances”

SLAC: “Note from the SLAC Theory Workshop on the ψ concerning”



あわただしい競争時代の幕開け

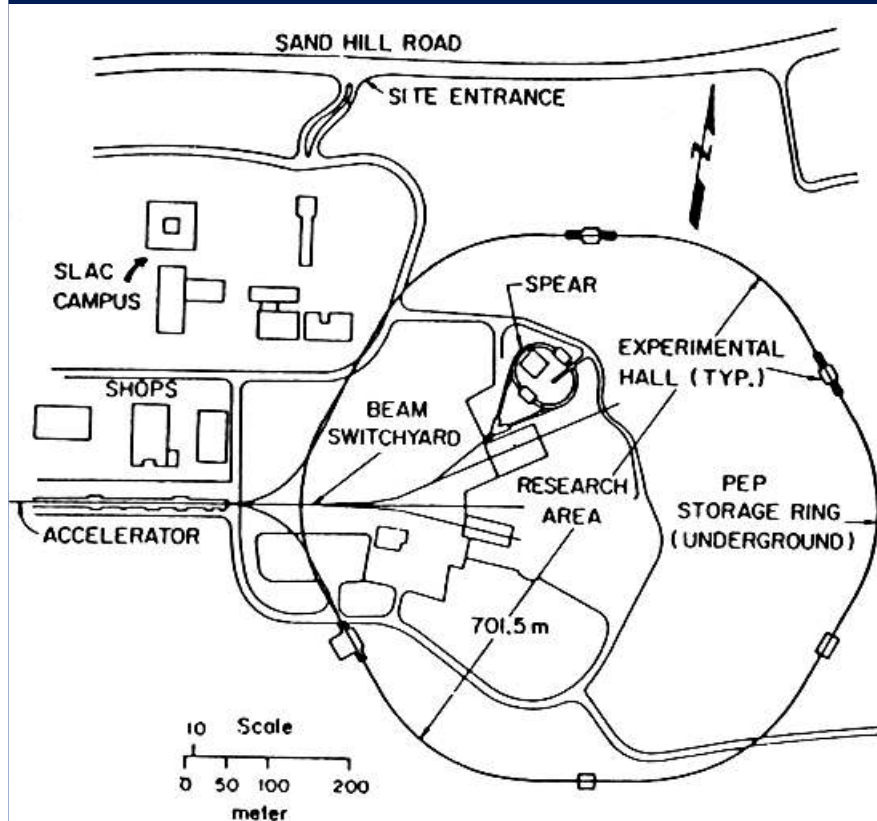


SLAC preprint center が発足
最新のプレプリントのリストが
週1回、航空便で送られて来る
ようになる。

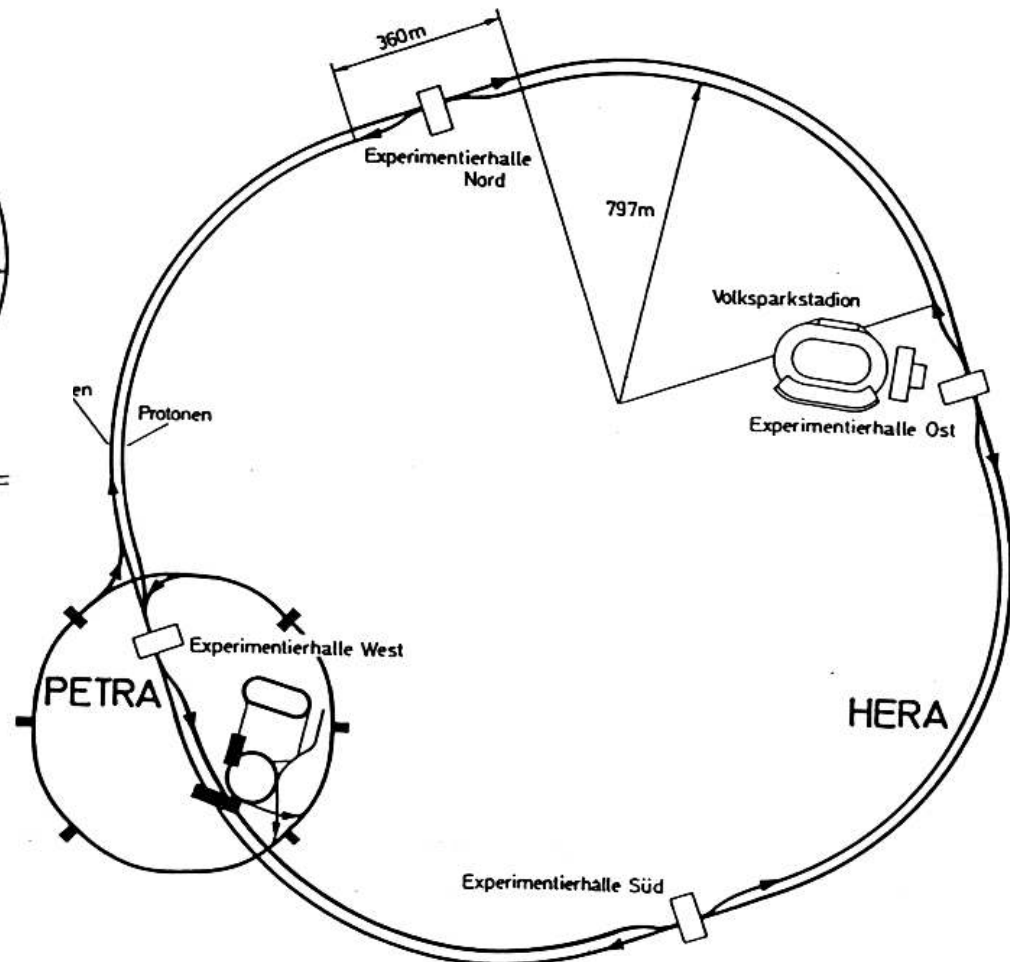
Prof. Oneda 談:

あのをときを境にして、各人自分
の研究室に閉じこもるようになり、
気楽に談話室で研究の話をする
習慣がなくなった。

そして加速器も建設競争時代



Stanford: SPEAR --> PEP
SPEAR: 3.8 GeV, 周0.234km, 1973
PEP: 15.0GeV, 周 2.2km, 1980



DESY: DORIS --> PETRA
DORIS: 3.0GeV, 周0.289km, 1974
PETRA: 23.4GeV, 周 2.3km, 1979
HERA: 820 GeV, 周 6.34km, 1992

まもなくLHCがデータを出し始める
今度はどんな騒ぎを引き起こすのだろうか？

