

# JLC

1996年秋 日本物理学会素粒子実験シンポジウム

高エネルギー物理学研究所、田内利明

## 日本の次期計画

高エネルギー委員会・行動計画

高エネ研・菅原所長によるスケジュール



物理のターゲット  
測定器とR&D  
JLC 加速器  
JLC 開発研究の現状  
まとめ

# リニアコライダー計画推進のための行動方針

高エネルギー委員会, 1996年5月15日

第150回高エネルギー委員会において行われた第2次リニアコライダー(以下LC)R&Dの結果報告および将来計画検討小委員会の中間答申を受けて、LC計画を今後より一層強力に推進するために以下の行動指針を提案する。

1. 第1期計画として全エネルギー250~500GeV、第2期計画としてTeV領域を目指す。
2. アジア太平洋地域での建設を目指し、わが国はホスト国となる意向を表明する。同時に全世界に開かれた国際協力計画とする。
3. 2001年度のLC建設開始を目指し、その準備のために、1996年度内にLCシステムの基本概念設計を終え、その後、具体的な設計に進む。
4. ATFを用いたR&Dを積極的に進め、LCに関する問題点を明確にする。メインライナックについては、Xバンドを中心にR&Dを行うが、Cバンドについてもリアリスティックなバックアップ技術としてR&Dを強化し、適当な時期に最終的な選択を行うものとする。
5. 高エネルギー物理学研究所内に、LC準備室を作り計画推進の中心とする。大学および研究所のメンバーよりなるLC推進委員会をおきLC準備室と緊密な連絡を図りつつ計画を推進する。
6. 国際共同研究体制に具体的に取り組むべく、高エネルギー物理学研究所のさらなる国際化を今から準備し、LC建設の母体となるべき加速器国際センター(仮称)の新設もしくは現組織の発展的な転換を目指す。

## Schedule/Road Map for LC's

Year	LC/JLC	NLC	TESLA
1996	H.Sugawara, KEK,9/4/95 ICFA at KEK to discuss LC etc.. . JLC Design Study/CDR	T.Barklow, Gran Sasso,6/3/95 ZDR(SNOWMASS96)	B.H.Wiik, Gran Sasso,5/29/95 First CDR
1997			Detailed comparison with other collider designs
<b>LC97-International Review</b>			
1998	recommendation from Science Council of Japan	CDR	Complete CDR including construction schedule and cost
1999	Detailed engineering design Office of preparation for International Accelerator Center ( IAC ), various committees including the cite selection.		
2000			If approved
2001	IAC starts. Construction of LC starts.	Construction begins	
2006		Luminosity	Experiment
2007	Experiment starts.		

# 物理のターゲット

標準モデルを越える物理



## 超対称性理論

理論的動機：

新しい対称性より力学（指導原理）  
4つの力の大統一理論  
階層性問題の解決

From Marciano's talk at Snowmass96, June 1996,

**SUSY - most radical,  
most appealing,  
most ambitious,  
and most likely;**

**Almost totally accepted by theorists.**

# 実験的示唆

LEP/SLC精密実験：

3つの結合定数の統一

テクニカラーモデルの困難

ヒッグス質量の上限 (500 GeV @  $2\sigma$ )

CDF/D0実験：

550 GeV 95% c.l.

重いトップクォーク ( $175 \pm 8$  GeV)

$\pm 6$

## ヒッグス質量の予言

トップの湯川相互作用による真空の不安定性より

ヒッグスの質量下限 ( $\sim 90$  GeV @  $\Lambda = 1$  TeV)

超対称性理論によるヒッグスの質量上限

125 GeV (最小超対称性理論；MSSM)

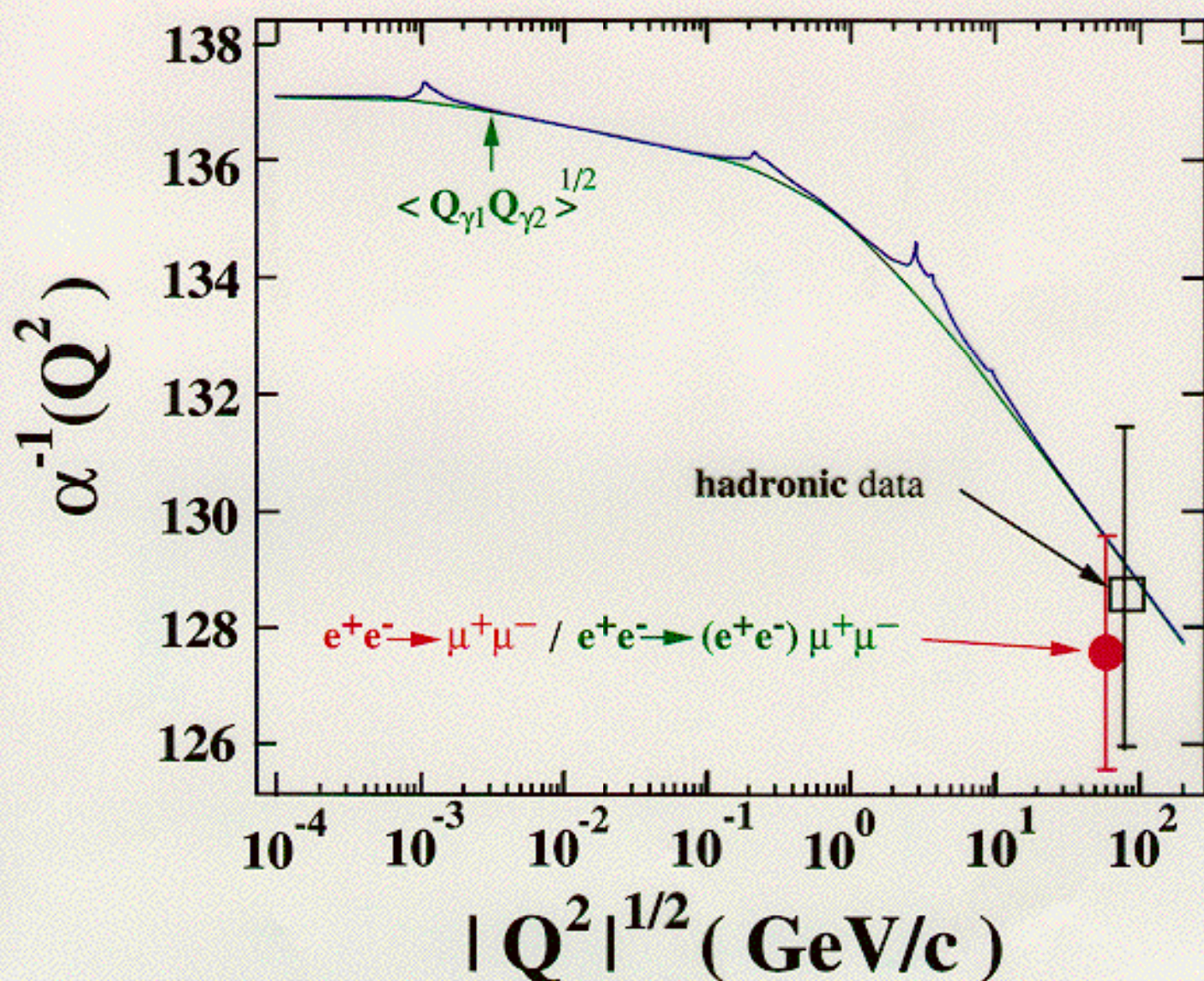
150 GeV (一般の超対称性理論)

$$90 \text{ GeV} < M_h < 125 (150) \text{ GeV}$$

トリスタン実験による

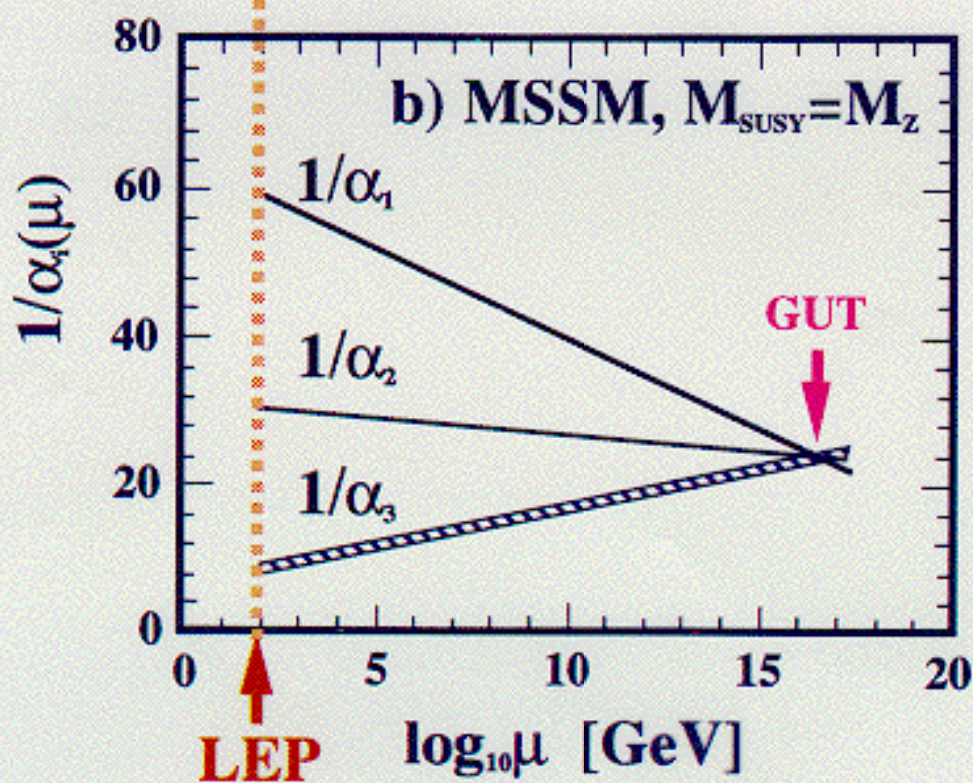
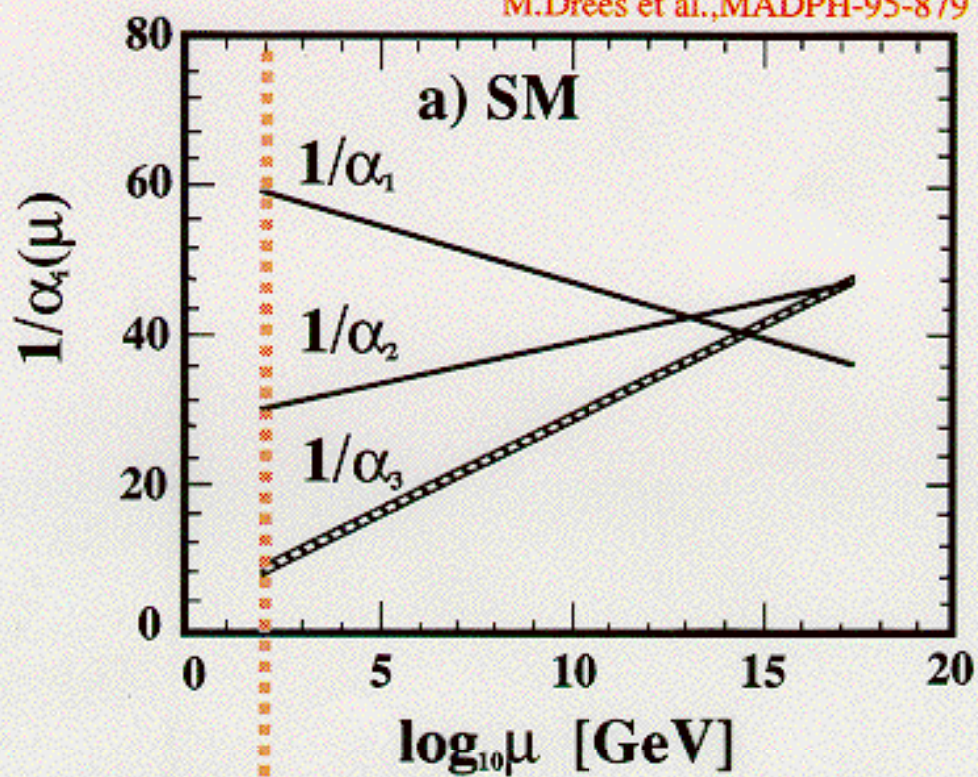
# QED結合定数の決定

TOPAZ, 1996.3



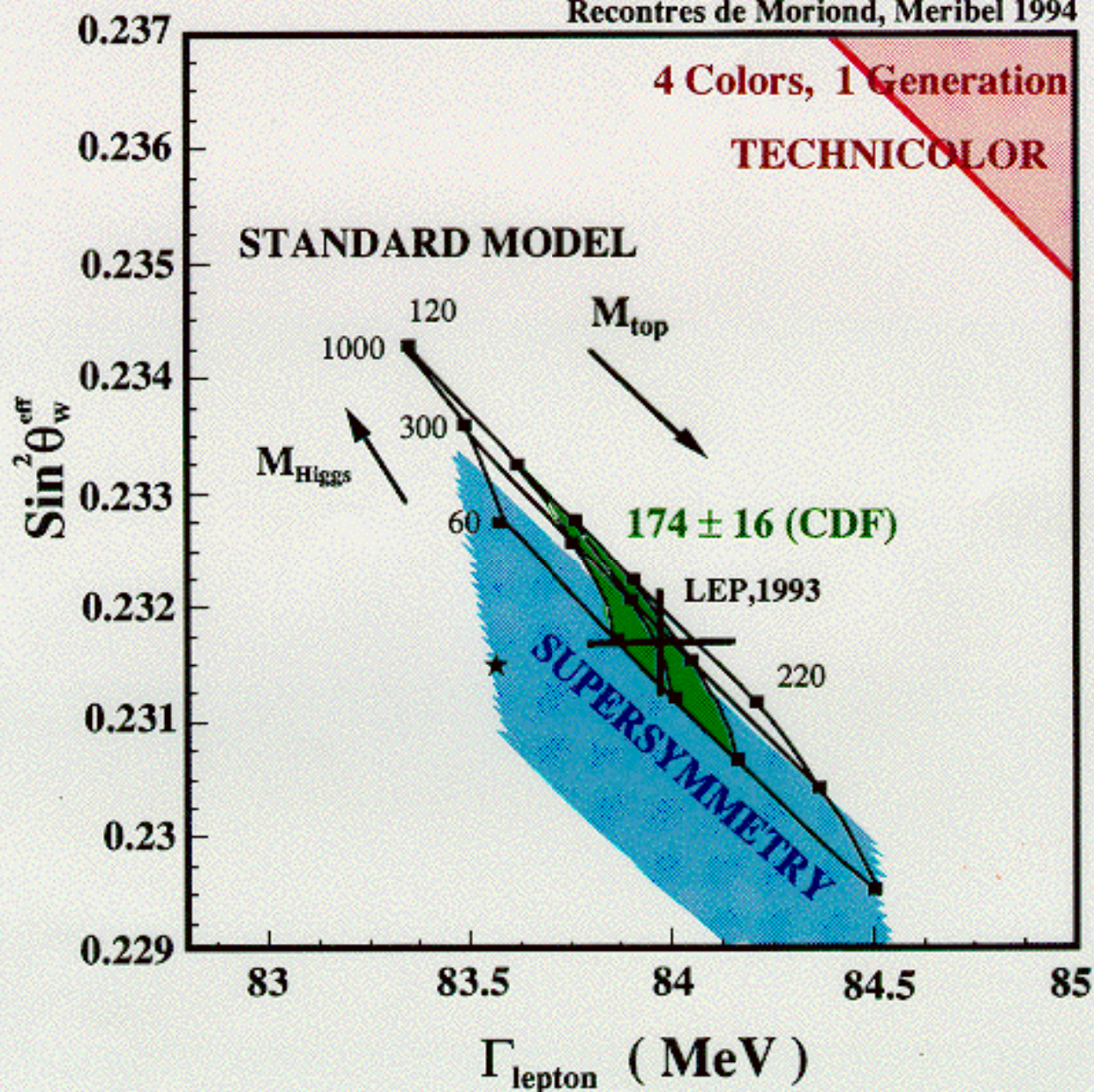
# SUSY理論に基づく大統一の可能性

M.Drees et al., MADPH-95-879



# LEPデータとテクニカラー

B. Jacobsen, CERN-PPE/94-97  
Recontres de Moriond, Meribel 1994



★: the Standard Model expectation without electroweak radiative correction



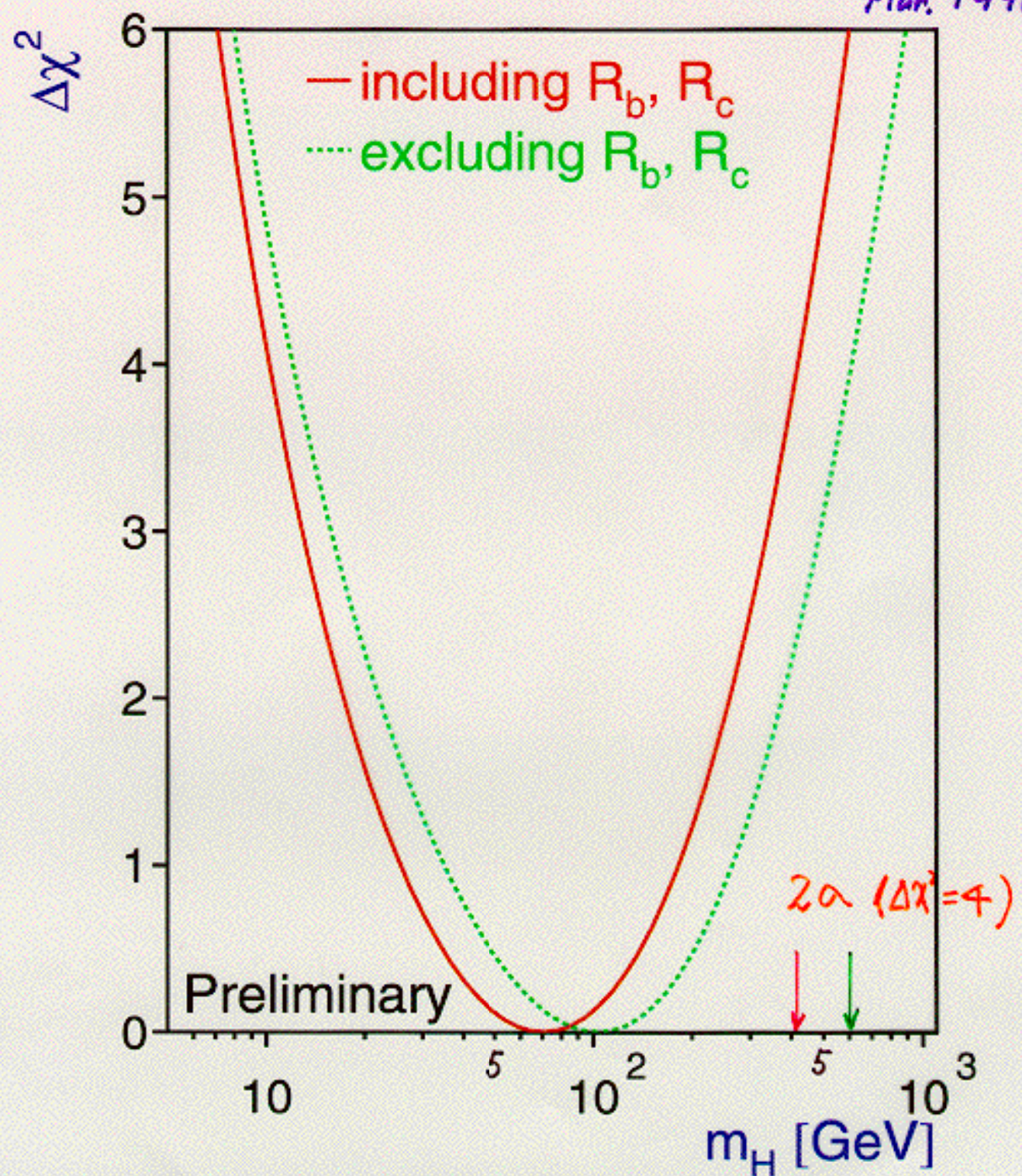
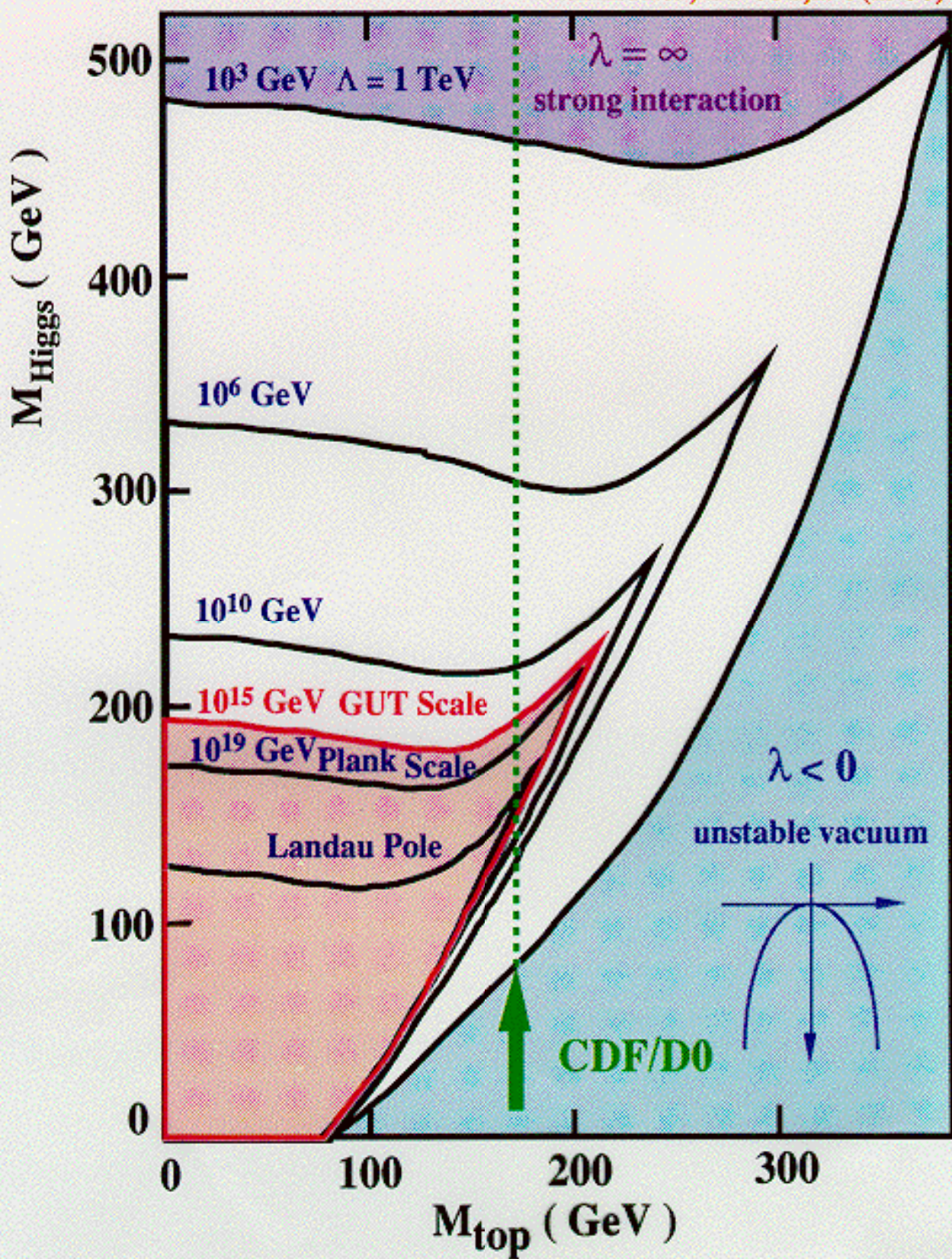


Figure 9:  $\Delta\chi^2 = \chi^2 - \chi_{\min}^2$  vs  $m_H$  curves. Continuous line: using all data (last column of Table 23); dashed line: as before, but excluding the LEP+SLD measurements of  $R_b$  and  $R_c$ . In both cases, the direct measurement of  $m_t$  at the TEVATRON is included.

M.Lindner, ZPC31,295(1986)



# 物理のシナリオ

軽いヒッグス ( $h$ ) の発見



超対称性世界への夜明け



ヒッグスの  $b\bar{b}$ 、 $c\bar{c}$ 、 $gg$ 、 $\gamma\gamma$  への崩壊比測定  
 $H$ 、 $A$ 、 $H^+$ 、 $H^-$  の発見



超対称性理論を実験的に検証

超対称性粒子の発見・精密測定



$m_0$ 、 $\mu$ 、 $M_2$ 、 $\tan\beta$  (SUGRA) の決定

$$N_{\text{events}} = \mathcal{L} \cdot \sigma$$

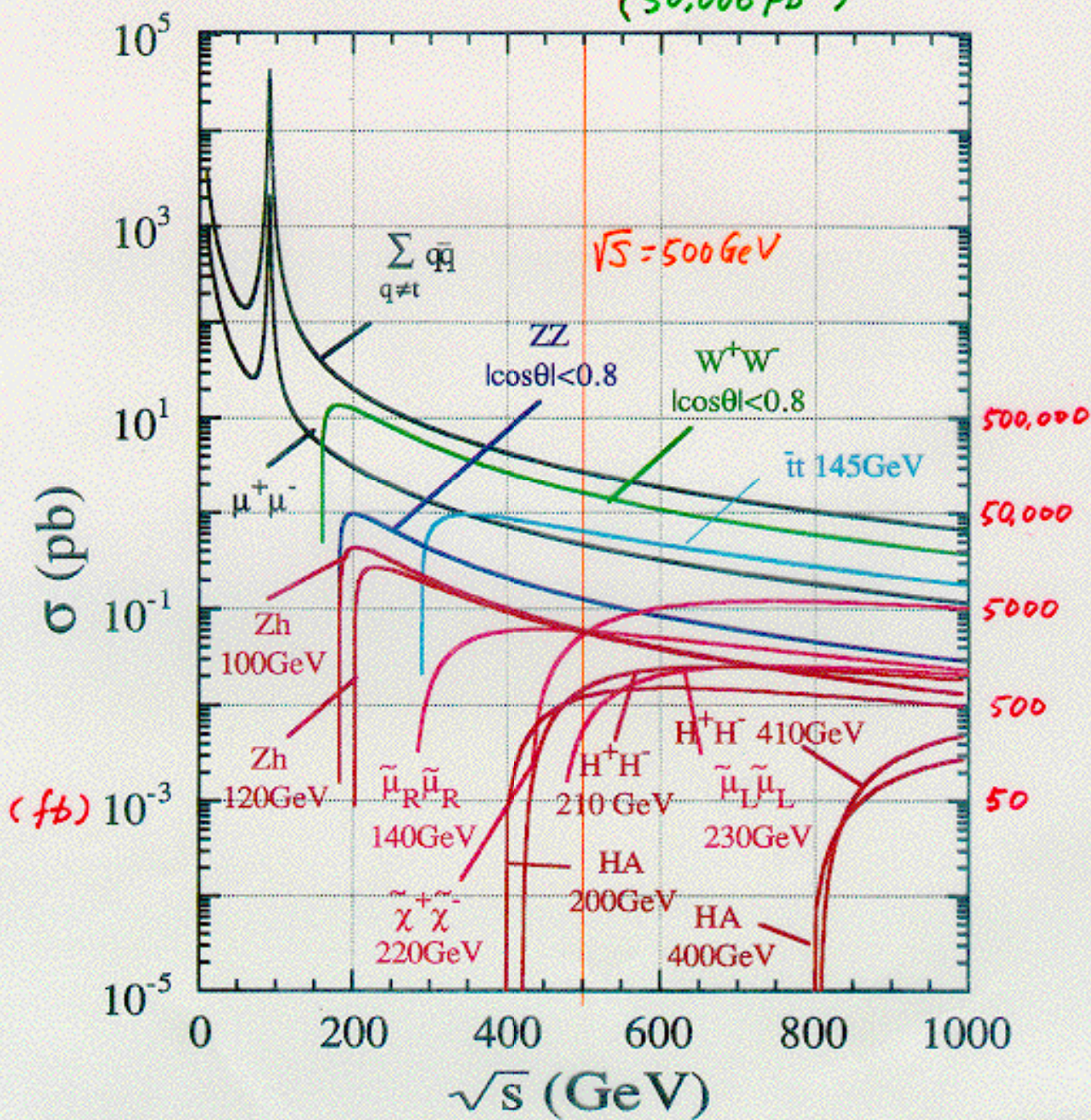
(Luminosity) · (crosssection)

Typically  $\mathcal{L} = 5 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

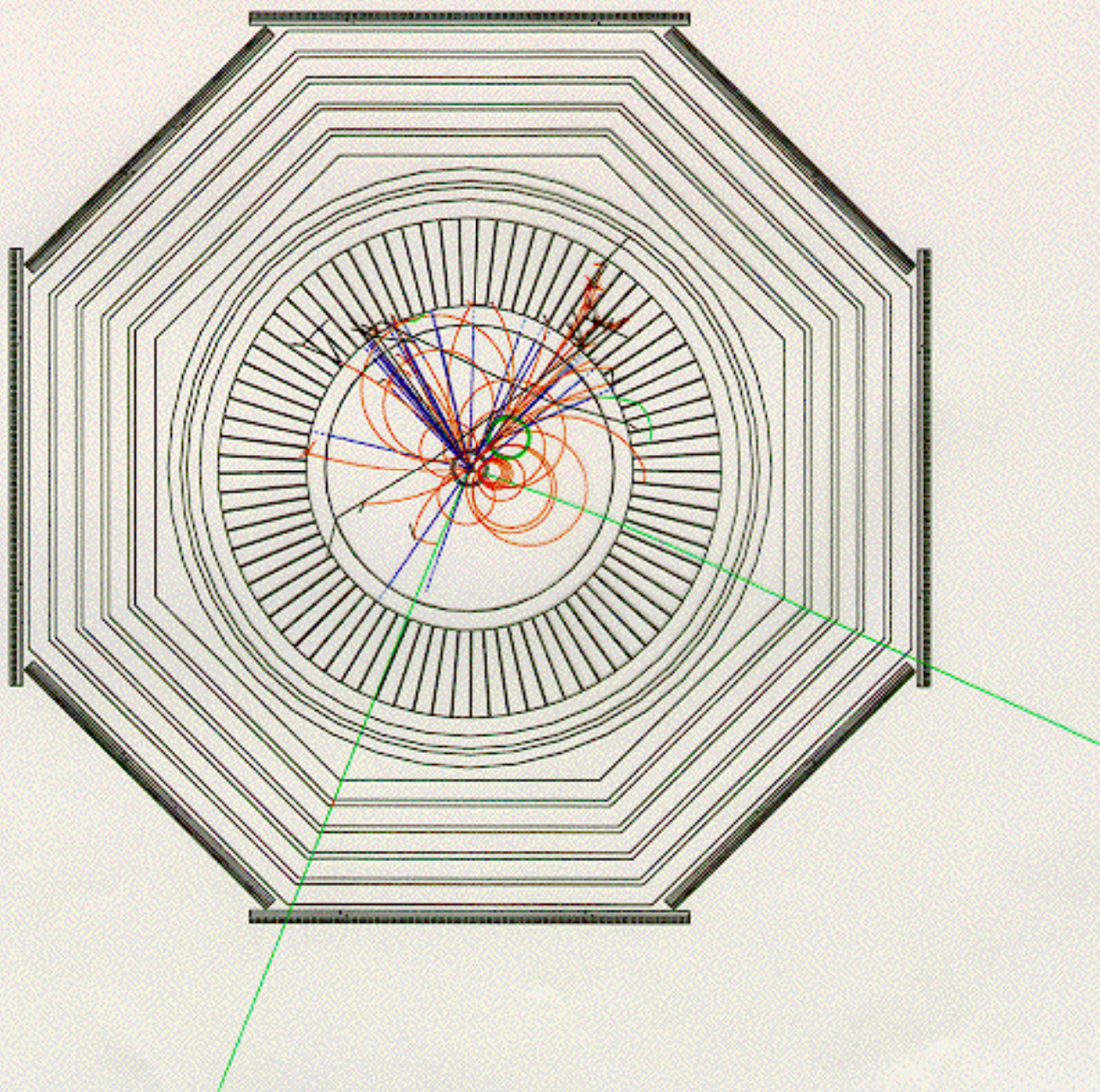
$$\mathcal{L}_{\text{year}} = \mathcal{L} \cdot 10^7 (\text{sec}) = 50 \text{ fb}^{-1}$$

(50,000 pb<sup>-1</sup>)

$N_{\text{year}}$

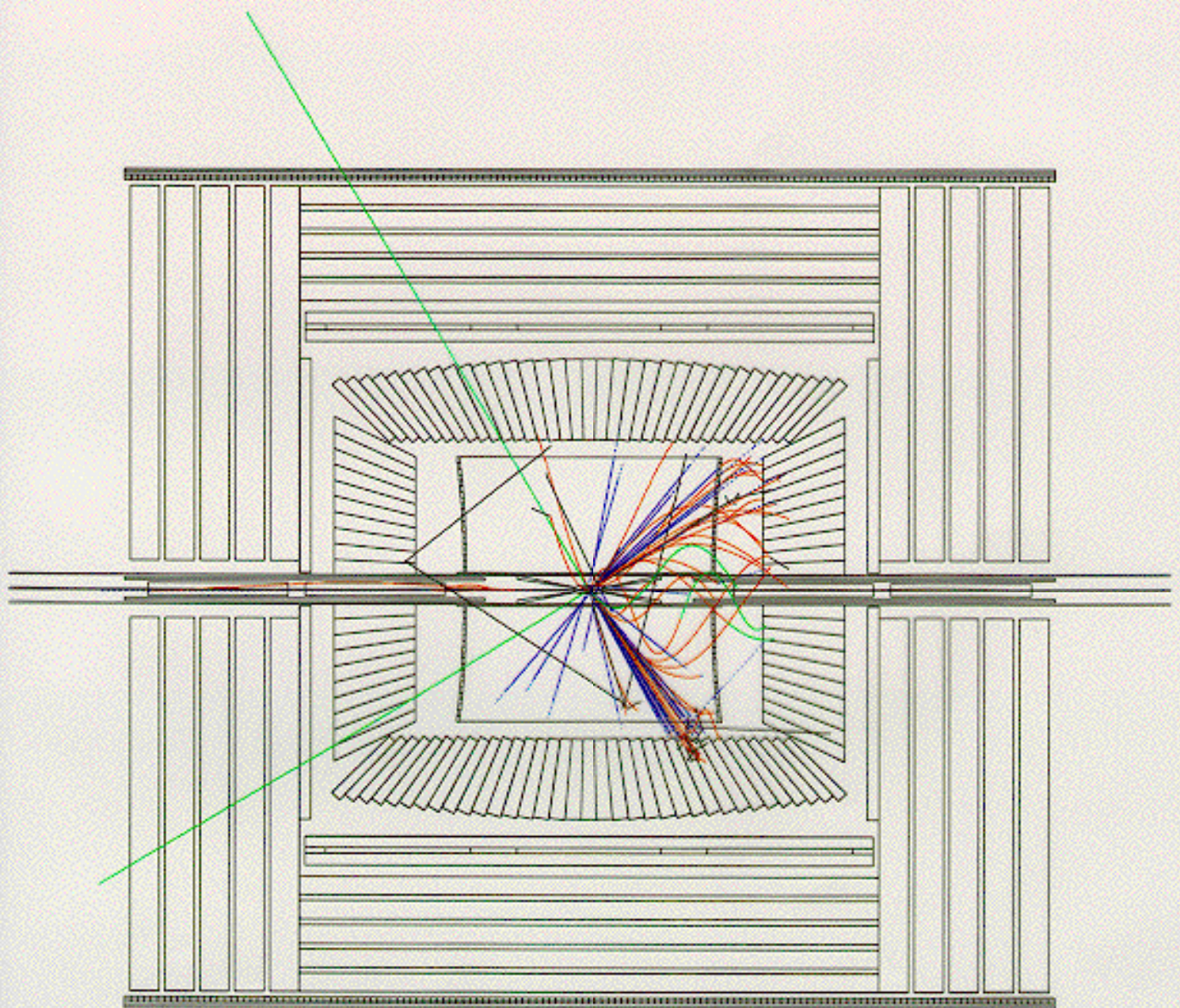


$e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$   
 $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$   
 $\sqrt{s} = 300\text{GeV}$



$$e^+e^- \rightarrow hZ$$

$$\sqrt{s} = 300 \text{ GeV}$$



100 cm



$$e^+e^- \rightarrow h Z$$

$$\quad \quad \quad \hookrightarrow \ell\ell^-$$

$\ell\ell^-$  の反跳質量, ヒッグスの崩壊モードに  
よらない測定

Discovery Run

$$\sqrt{s}=300\text{GeV}, \int L dt=30\text{fb}^{-1}$$

$$e^+e^- \rightarrow h^0 Z^0 \text{ and } Z^0 \rightarrow \ell^+\ell^-$$

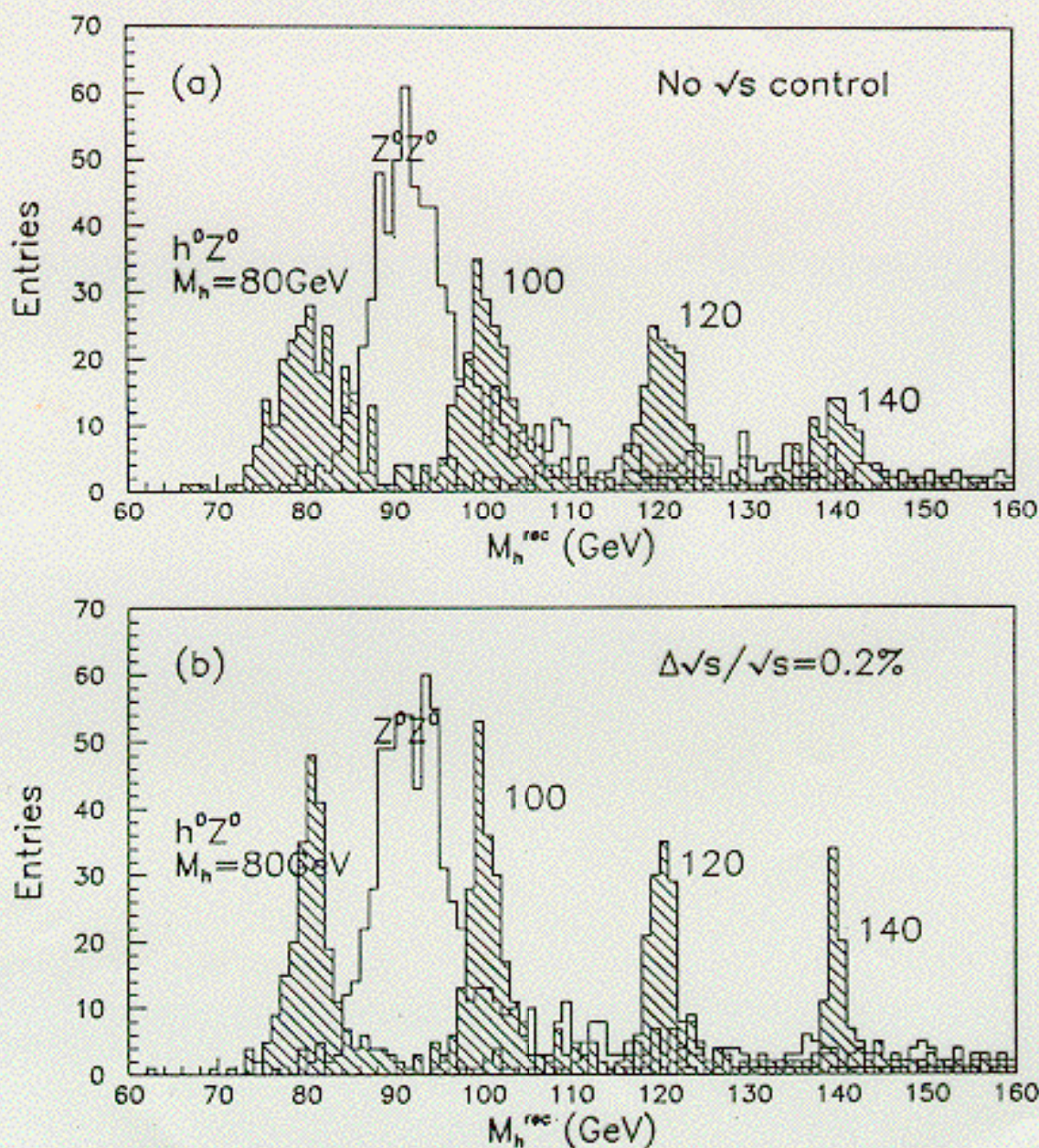
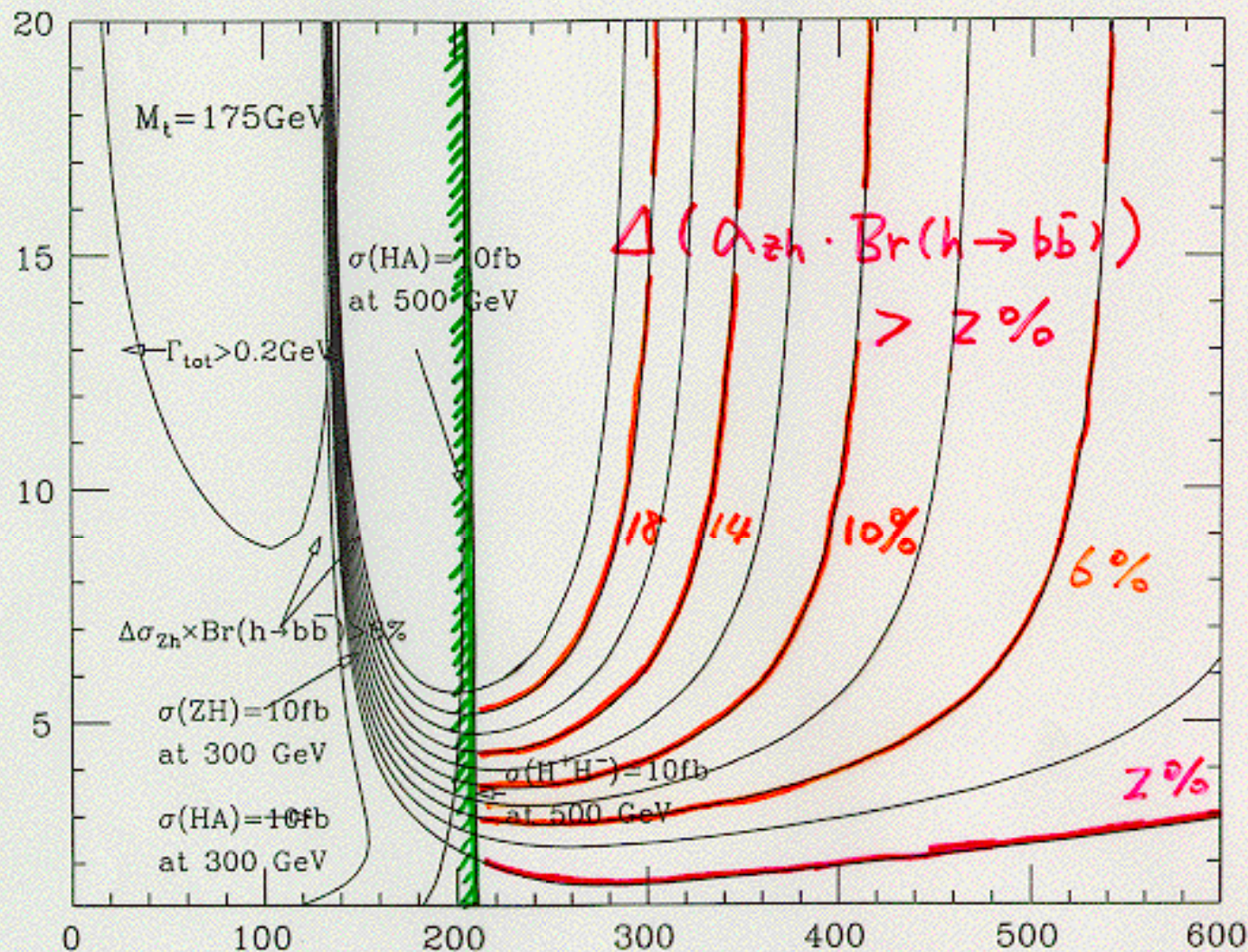


図 1.13:  $H_{SM}^0 \rightarrow b\bar{b}$  に対応する  $Z^0 \rightarrow \ell^+\ell^-$  の反跳質量分布。積分ルミノシティーは  $30 \text{ fb}^{-1}$ 。(a) は衝突エネルギーの制御をしない場合、(b) はした場合。網かけしたヒストグラムは、 $m_{H_{SM}^0}=80, 100, 120, \text{ および } 140 \text{ GeV}$  の時の  $e^+e^- \rightarrow H_{SM}^0 Z^0$ 。白抜きのヒストグラムはバックグラウンド反応  $e^+e^- \rightarrow Z^0 Z^0$ 。

SM  $\leftrightarrow$  MSSM Higgs (m<sub>t</sub> = 175 GeV)  
 Non-minimality Contour

$\tan\beta = \frac{v_2}{v_1}$



$M_A$  (GeV)

$\sqrt{s} = 500$  GeV

$m_h = 110$  GeV  
 $\mathcal{L} = 80 \text{ fb}^{-1} \rightarrow 2\%$   
 $\sqrt{s} = 300$  GeV



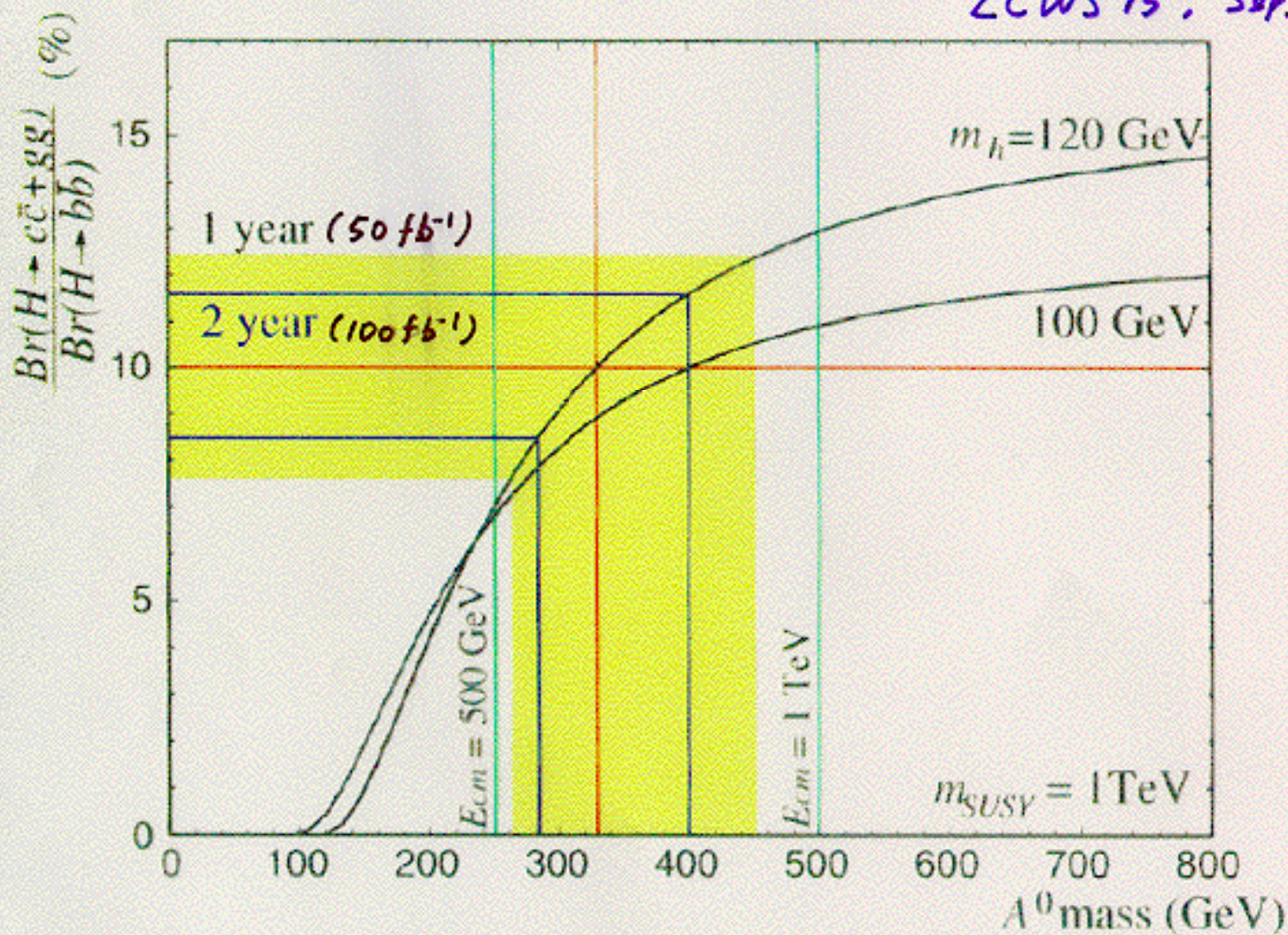
$$e^+e^- \rightarrow h Z$$

$$\sqrt{s} = 300 \text{ GeV}$$

$$\hookrightarrow b\bar{b}, c\bar{c} + g\gamma$$

I. Nakamura

LCWS95, Sep. 1995, Appi

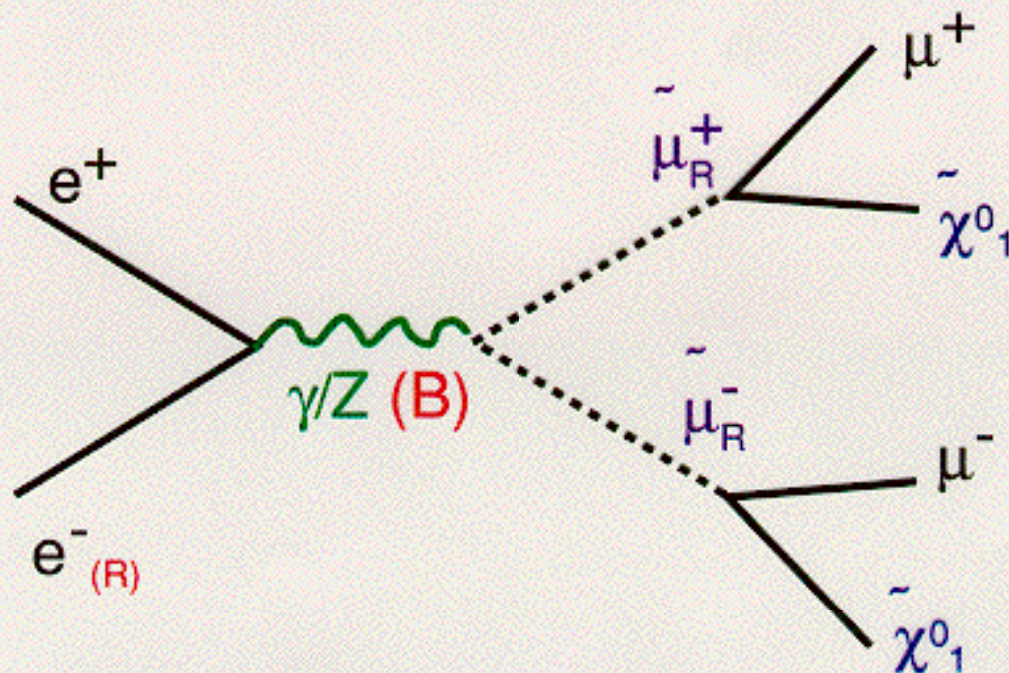


MA

# smuon ( $\tilde{\mu}_R$ ) 生成:

一般に、

$\tilde{\mu}_R$  (U(1)) 質量 <  $\tilde{\mu}_L$  (SU(2)) 質量



$P(e^-_{(R)})=100\% \Rightarrow$  background:W対生成激減

$E_\mu (\tilde{\mu}_R \rightarrow \mu \tilde{\chi}^0_1)$  の最小・最大値

↓

$\tilde{\mu}_R$  と  $\tilde{\chi}^0_1$  の質量: 1%の精度で決定。

## selectron対生成:

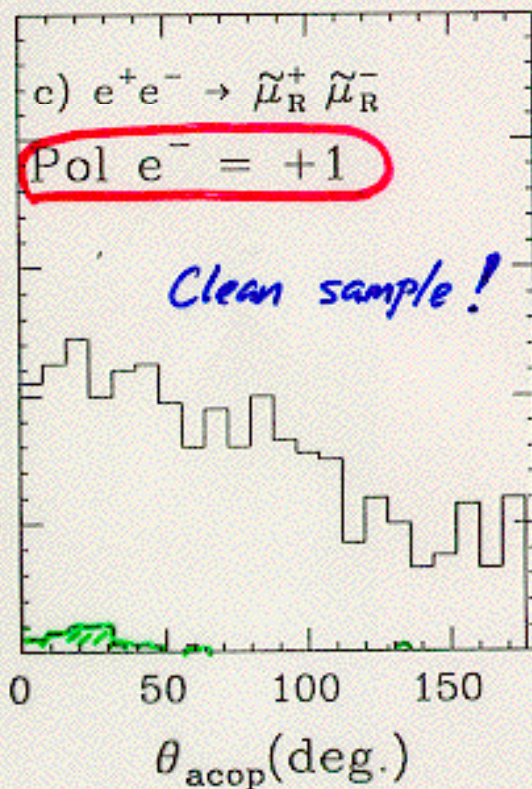
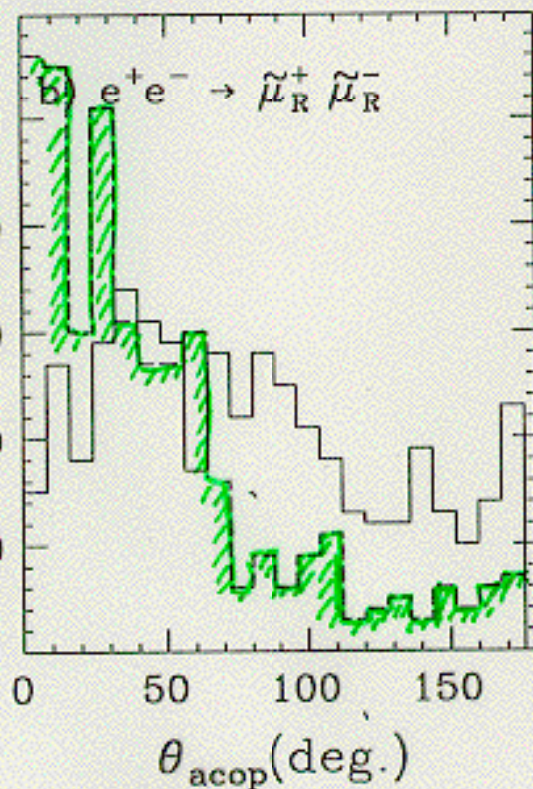
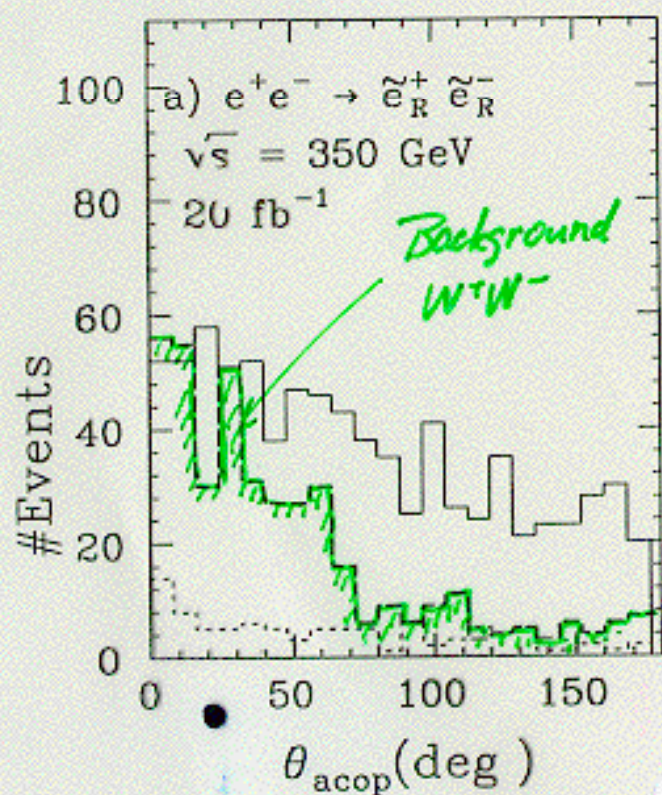
neutralino交換過程も。

1.5 SUSY

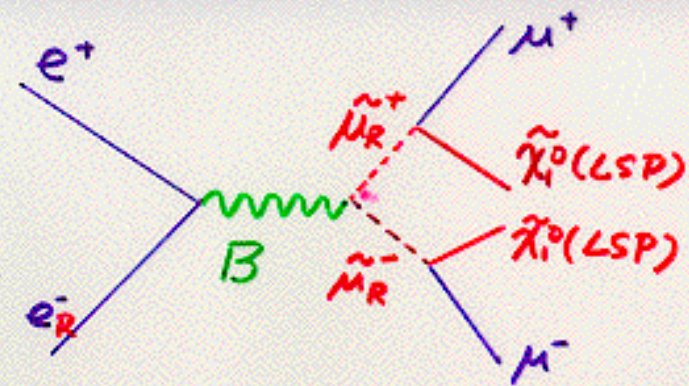
$$\tilde{l}_R \tilde{l}_R$$

$\hookrightarrow \underline{l} \tilde{\chi}^0 \underline{\bar{l}} \tilde{\chi}^0 \Rightarrow$  Acoplanar lepton pairs

e.g.  $m_0 = 70 \text{ GeV}$ ,  $\mu = 400 \text{ GeV}$ ,  $M_2 = 250 \text{ GeV}$ ,  $\tan\beta = 2$   
 $M_{\tilde{\chi}_1^0} = 141.9 \text{ GeV}$ ,  $M_{\tilde{\chi}_2^0} = 117.8 \text{ GeV}$



Determination of  $M_{\tilde{L}_R}$ ,  $M_{\tilde{\chi}_0^0}$



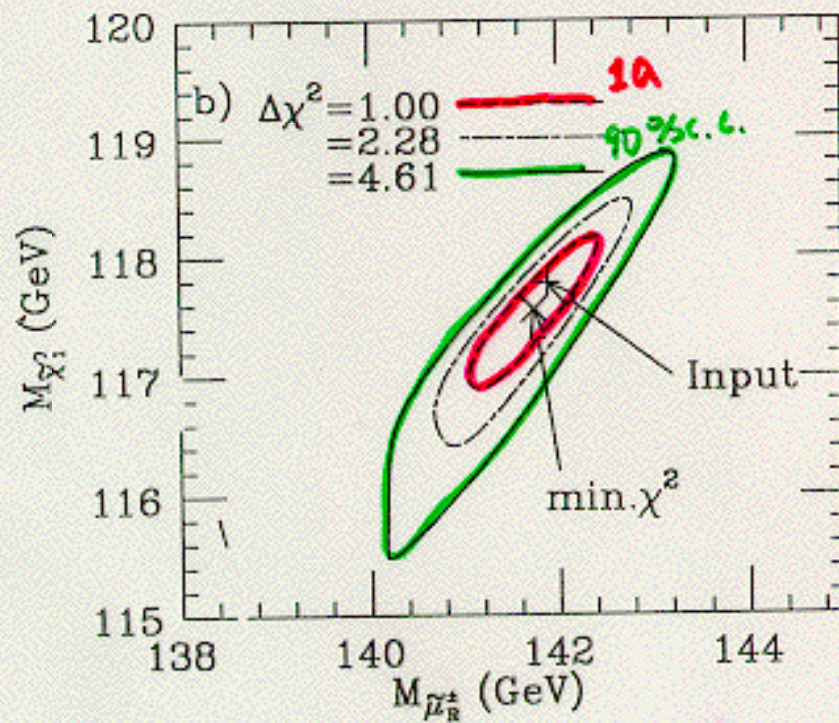
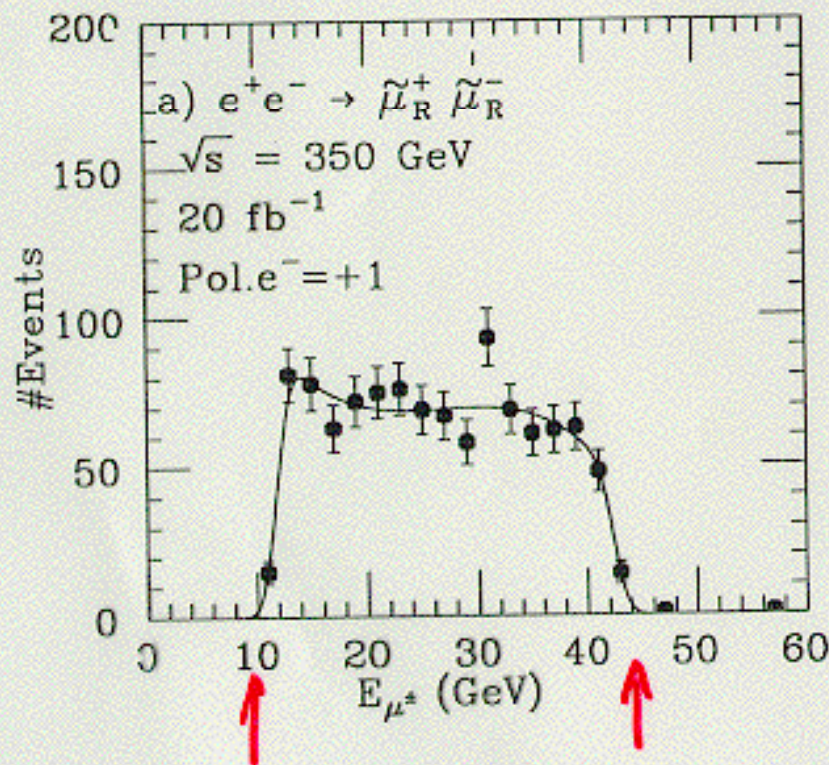
2 end points

in  $E_{\mu}$  distribution

$\Rightarrow M_{\tilde{M}_R}, M_{\tilde{\chi}_0^0}$

$$\Delta M_{\tilde{M}_R} = \pm 0.8 \text{ GeV}$$

$$\Delta M_{\tilde{\chi}_0^0} = \pm 0.6 \text{ GeV}$$



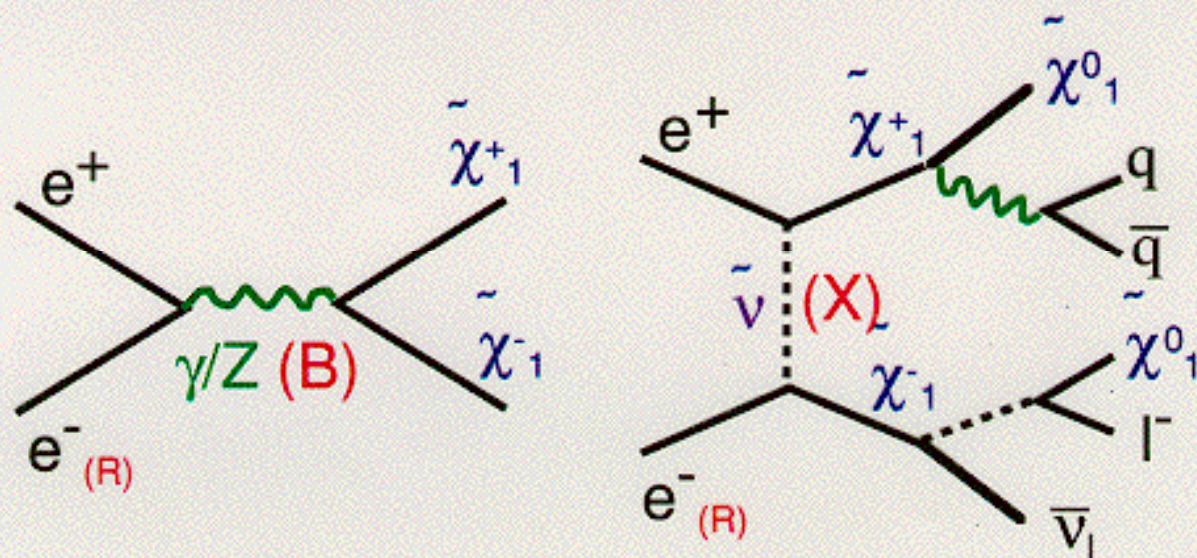
# Chargino対生成

Charginos:  $\tilde{\chi}_1^{+}, \tilde{\chi}_2^{+} \leftarrow \tilde{W}^{+}, \tilde{H}^{+}$  の混合

Neutralinos:  $\tilde{\chi}_{1,2,3,4}^0 \leftarrow \tilde{B}, \tilde{W}^0, \tilde{H}_1^0, \tilde{H}_2^0$  の混合

$\mu \gg M_2$  :  $\tilde{\chi}_1^{+}, \tilde{\chi}_1^0 \approx$  gaugino (wino, bino)

$\mu \ll M_2$  :  $\tilde{\chi}_1^{+}, \tilde{\chi}_1^0 \approx$  higgsino



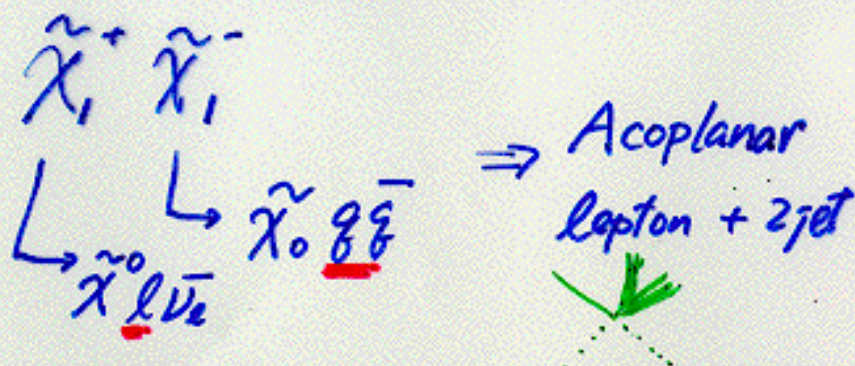
$e^-_R$  beam :  $B$ のみと結合  $\rightarrow \tilde{H}^{+}$  成分

100%偏極  $\Rightarrow$  U(1)ゲージ相互作用

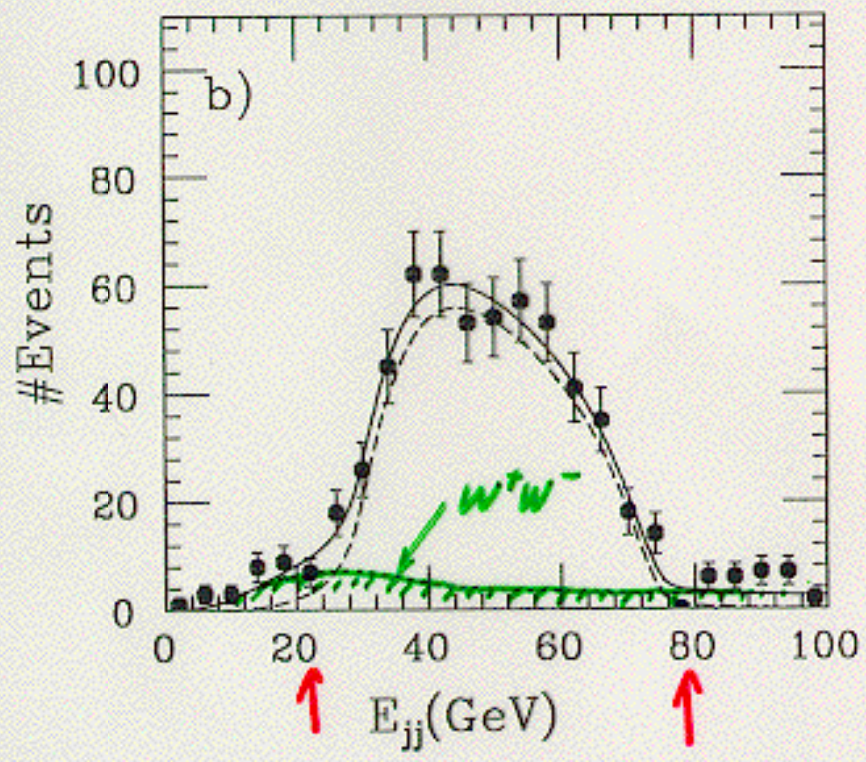
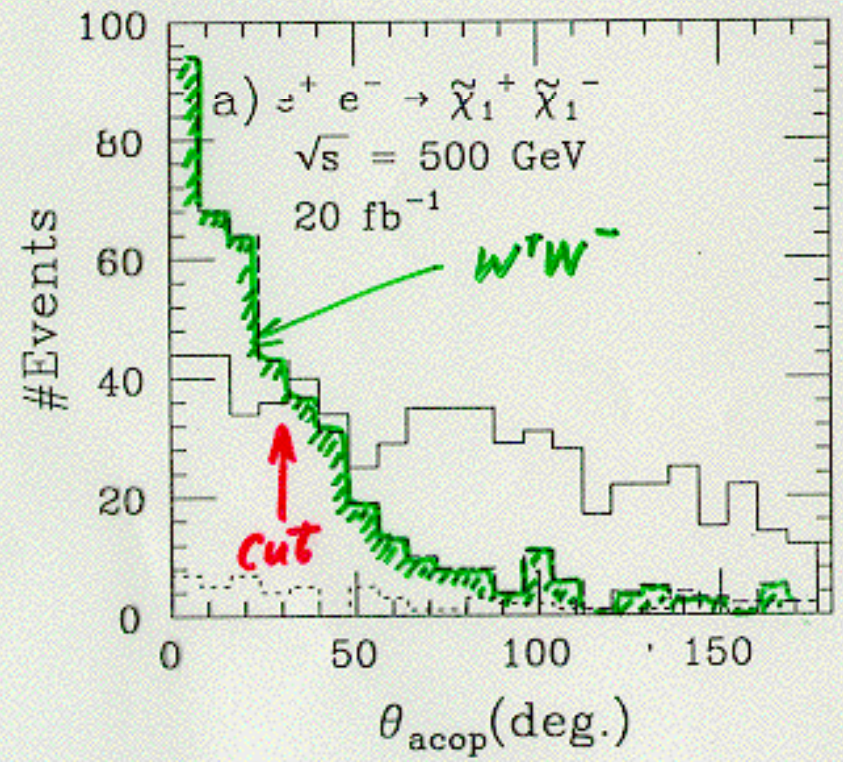
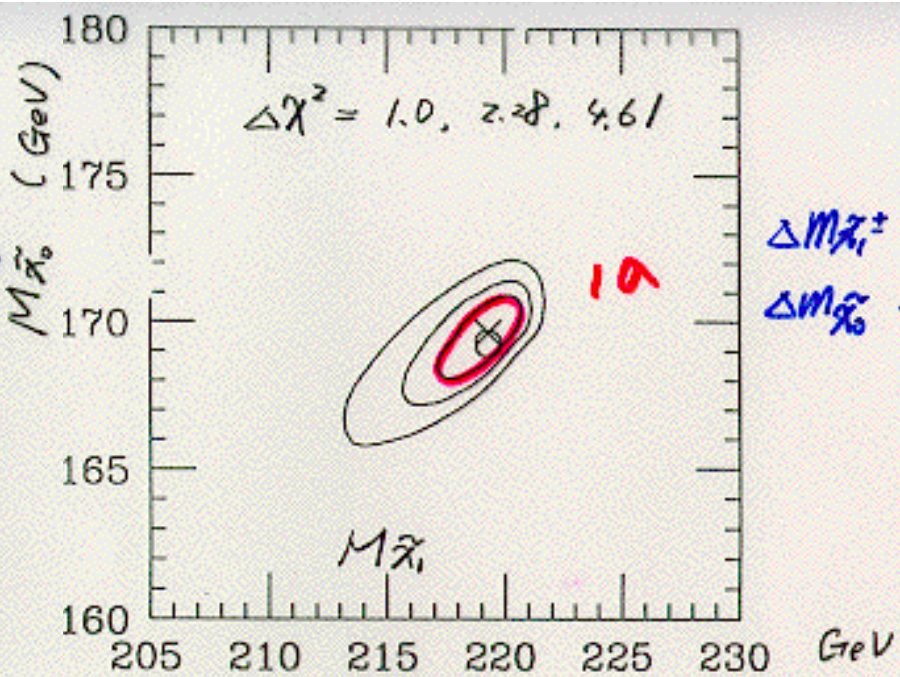
$e^-_L$  beam :  $\tilde{\nu}$ 交換にsensitive  $\rightarrow \tilde{W}^{+}$ 成分

$\Rightarrow \mu, M_2$

min. max E(2 jets)  $\Rightarrow \tilde{\chi}_1^{+}$ と $\tilde{\chi}_1^0$ の質量



e.g.  $m_0 = 400 \text{ GeV}$ ,  $\mu = 250 \text{ GeV}$ ,  $M_2 = 400 \text{ GeV}$   
 $\tan\beta = 2$   
 $M_{\tilde{\chi}^\pm} = 219.3 \text{ GeV}$ ,  $m_{\tilde{\chi}^0} = 169.2 \text{ GeV}$



# stau ( $\tilde{\tau}$ ) 生成:

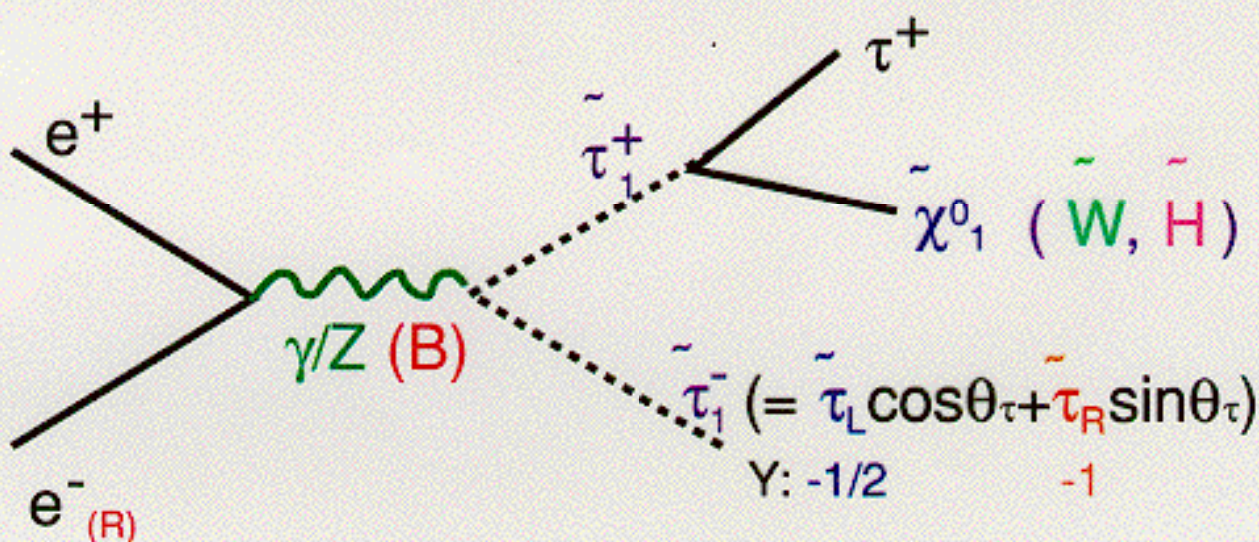
湯川相互作用により

質量固有状態  $\neq$  対称性固有状態



スレプトン中、一番軽い可能性。

$\sigma(e^+e^-_R \rightarrow B \rightarrow \tilde{\tau}_1^+ \tilde{\tau}_1^-)$ ,  $\min \cdot \max E_p(\tilde{\tau}_1^- \rightarrow \tau \rightarrow p \bar{\nu})$   
 $\tilde{\tau}_R - \tilde{\tau}_L$  混合比( $\theta_\tau$ ) と  $\tilde{\tau}_1$  と  $\tilde{\chi}_1^0$  の質量の決定



$\tilde{\tau}_1 \rightarrow \tau \tilde{\chi}_1^0$  の  $\tau$  偏極度  $\Rightarrow \tan\beta$  の決定



$\tilde{\chi}_1^0$  の gaugino と higgsino の成分比

ゲージ相互作用    湯川相互作用 ( $Y_\tau \sim m_\tau / \cos\beta$ )

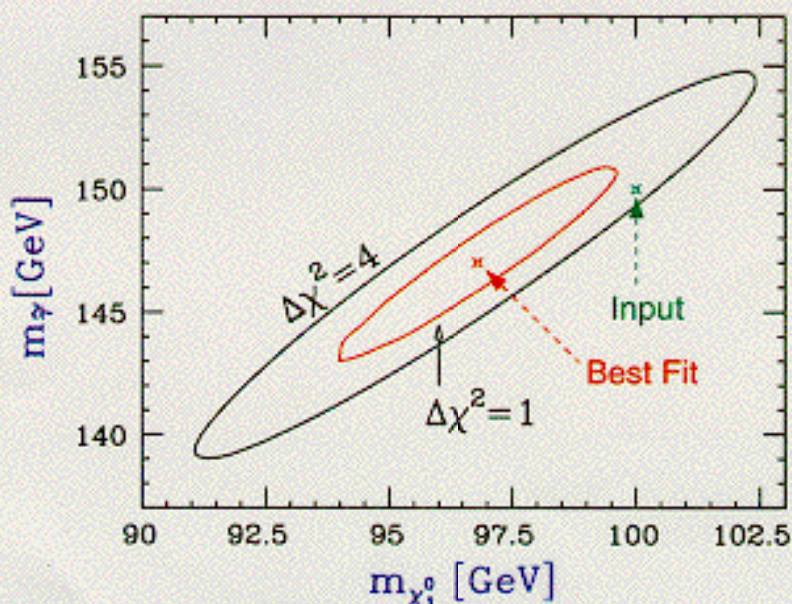
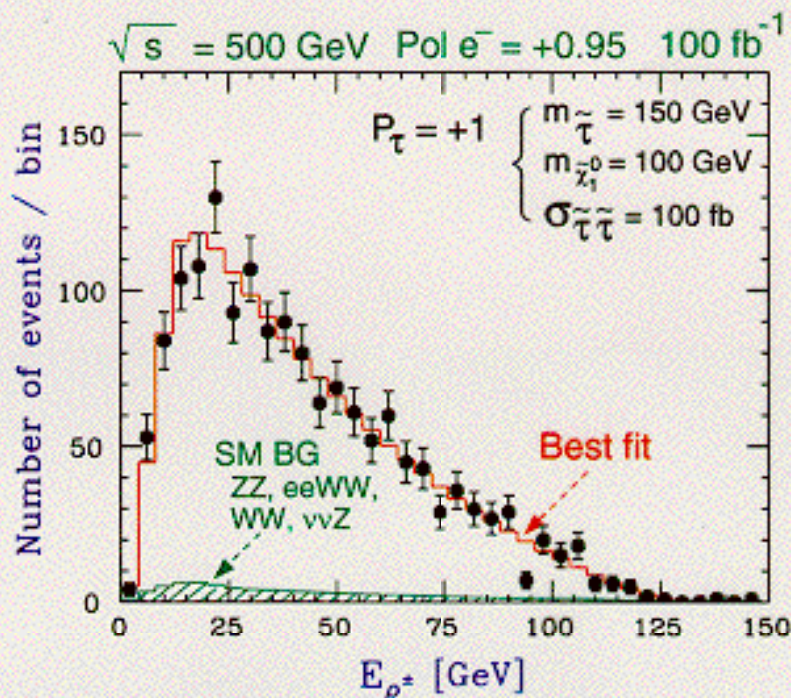
Chirality:    保存

反転

# Mass Determination

Can't measure  $E_\tau$  because of a missing  $\nu$ ,  
 however, we can still measure

$E_{\rho^\pm}$  distribution  $\longrightarrow (m_{\tilde{\tau}^\pm}, m_{\tilde{\chi}_1^0})$



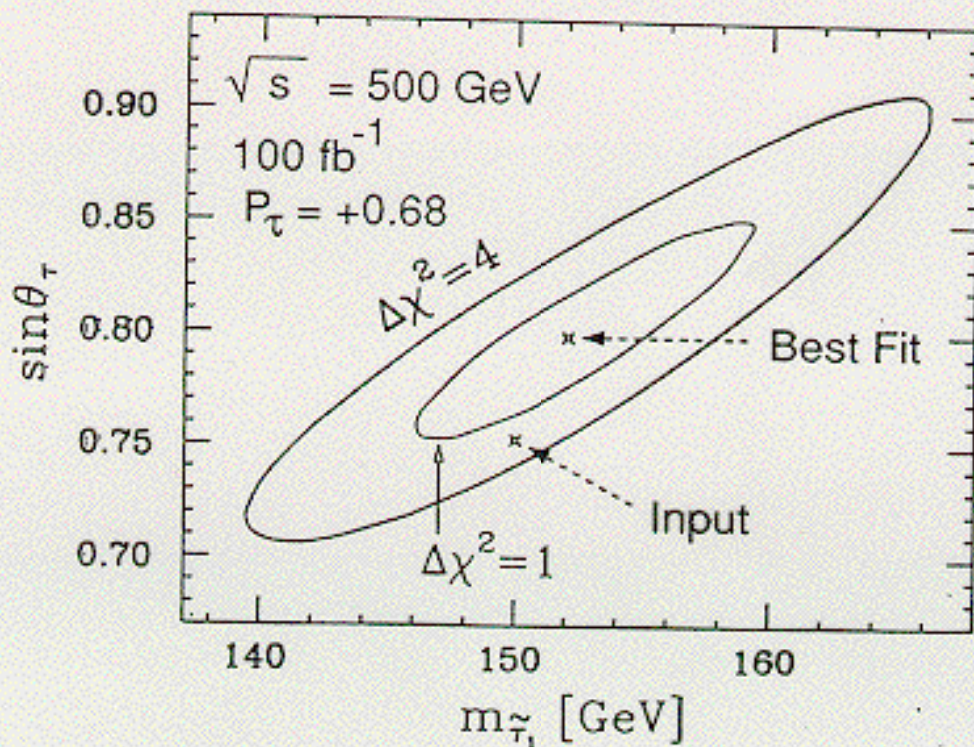
If we combine  $m_{\tilde{\chi}_1^0}$  from  $\tilde{e}_R^\pm$  and  $\tilde{\mu}_R^\pm$  studies

$\Delta m_{\tilde{\tau}} / m_{\tilde{\tau}} \lesssim 1\%$  possible with  $100 \text{ fb}^{-1}$



$$e^+e^- \rightarrow \tilde{\tau}_1^+ \tilde{\tau}_1^-$$

M. Nojiri et al.  
Snowmass 96, LCWS 95



$\tau$  polarization by  $\tau \rightarrow \rho \rightarrow \pi^+ \gamma \gamma$

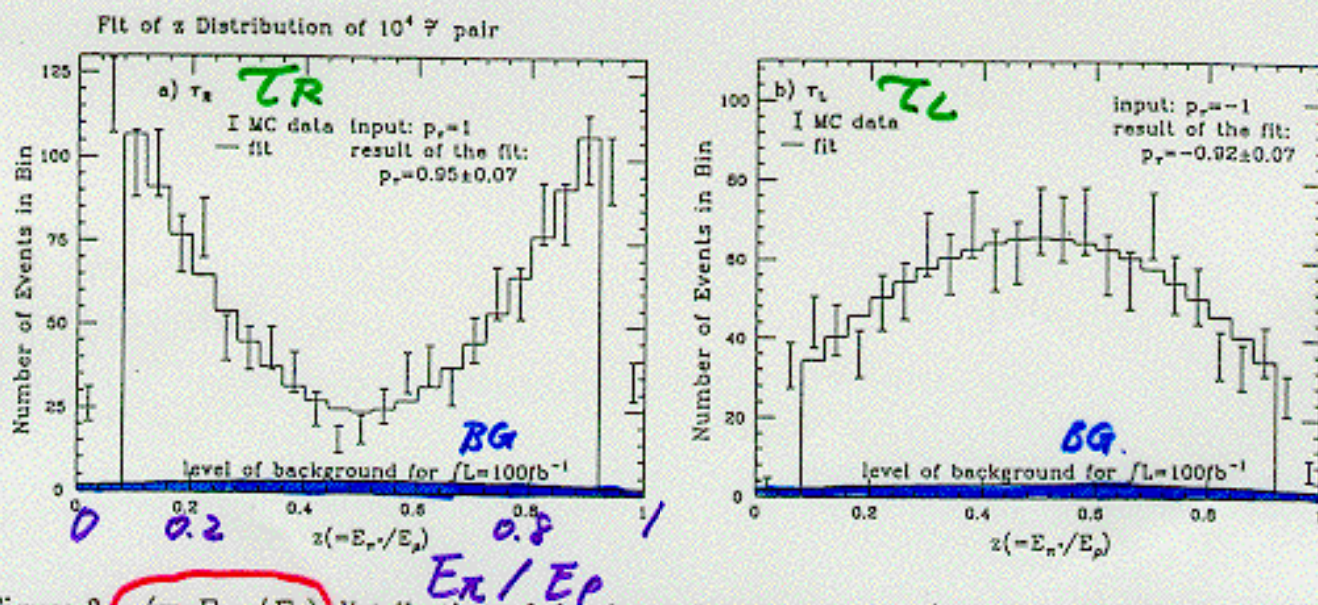


Figure 3:  $z(\equiv E_{\pi^+}/E_\rho)$  distribution of the decay  $\tilde{\tau} \rightarrow \tau \rightarrow \rho \rightarrow \pi^+ \gamma \gamma$  for  $E_\rho > 20$  GeV. Input value of  $P_\tau = 1(-1)$  for Fig.3a) (Fig.3b)) respectively.  $N(e^+e^- \rightarrow \tilde{\tau}\tilde{\tau}) = 10,000$ ,  $m_{\tilde{\tau}_1} = 150$  GeV and  $m_\chi = 100$  GeV. The background is generated consistent with  $\int \mathcal{L} = 100 \text{ fb}^{-1}$ . Upper histograms are the best fit curve, while bars show MC events. Lower histograms show level of backgrounds.

BG:  $eeZ, e\nu W, W^+W^-, ZZ, eeWW, \nu\nu Z$

K. Fujii, Cracow '96

# Results from Lepton Sector Global Fit

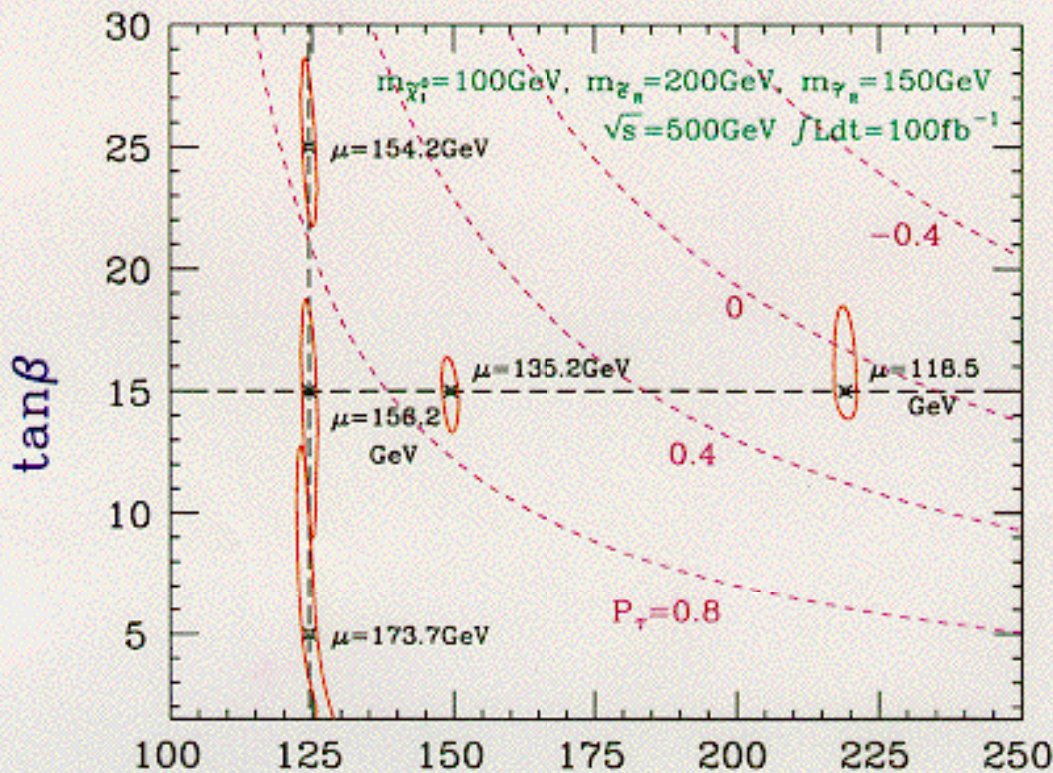
M. Nojiri et al.

KEK Preprint 96-41  
(PRD)

$\tilde{e}, \tilde{\tau}$

Sample typical points in the parameter space and see how well we can determine  $\tan\beta$

$P_{e\tau} = 95\%$



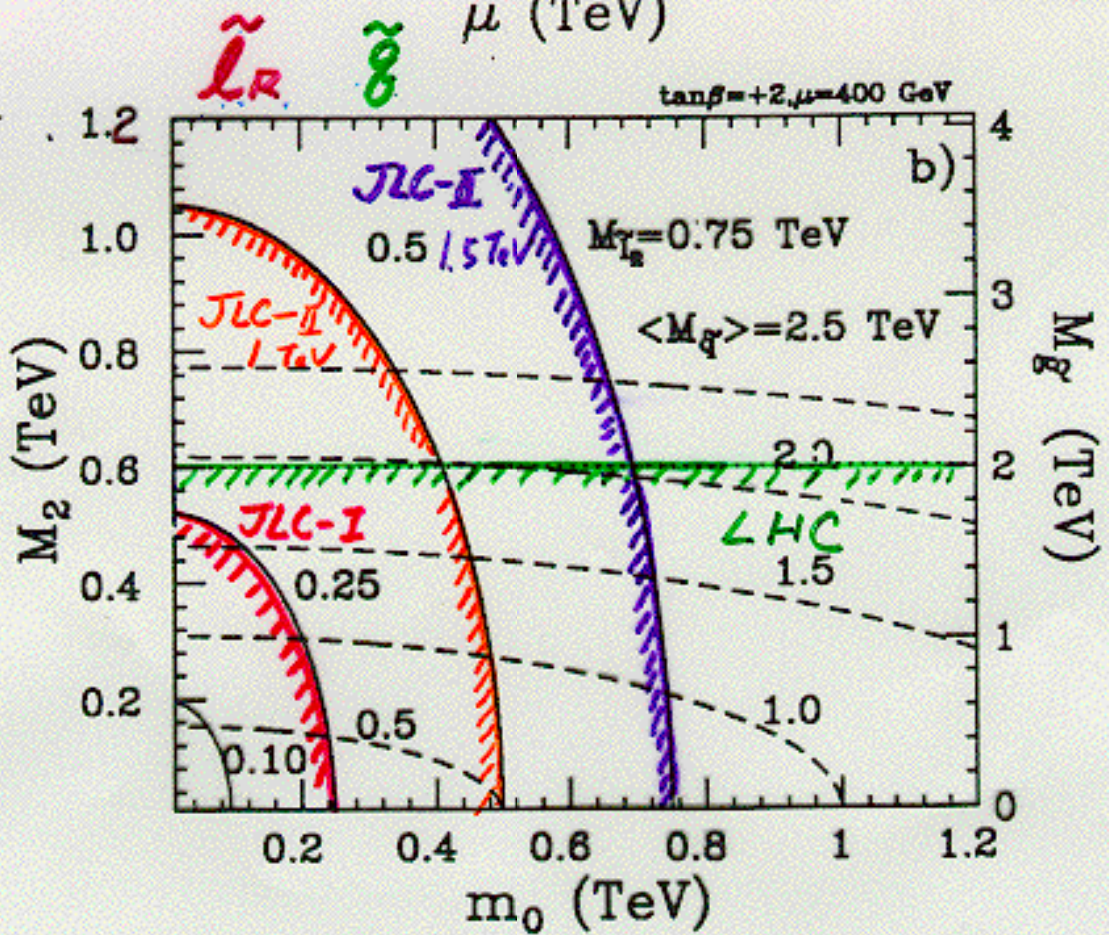
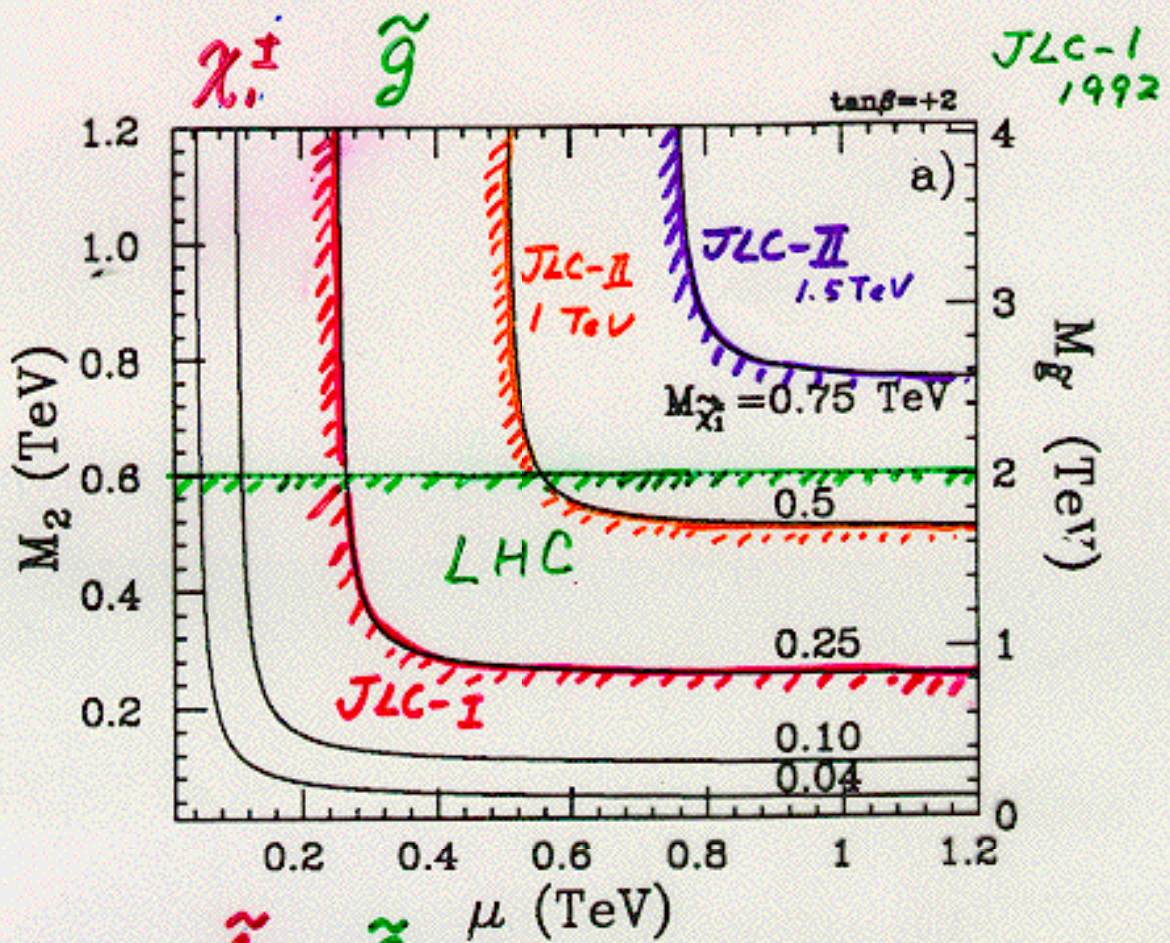
$\leftarrow \mu/M_1 > 1$ 
 $M_1 [\text{GeV}]$ 
 $\mu/M_1 < 0$ 
 $\rightarrow$

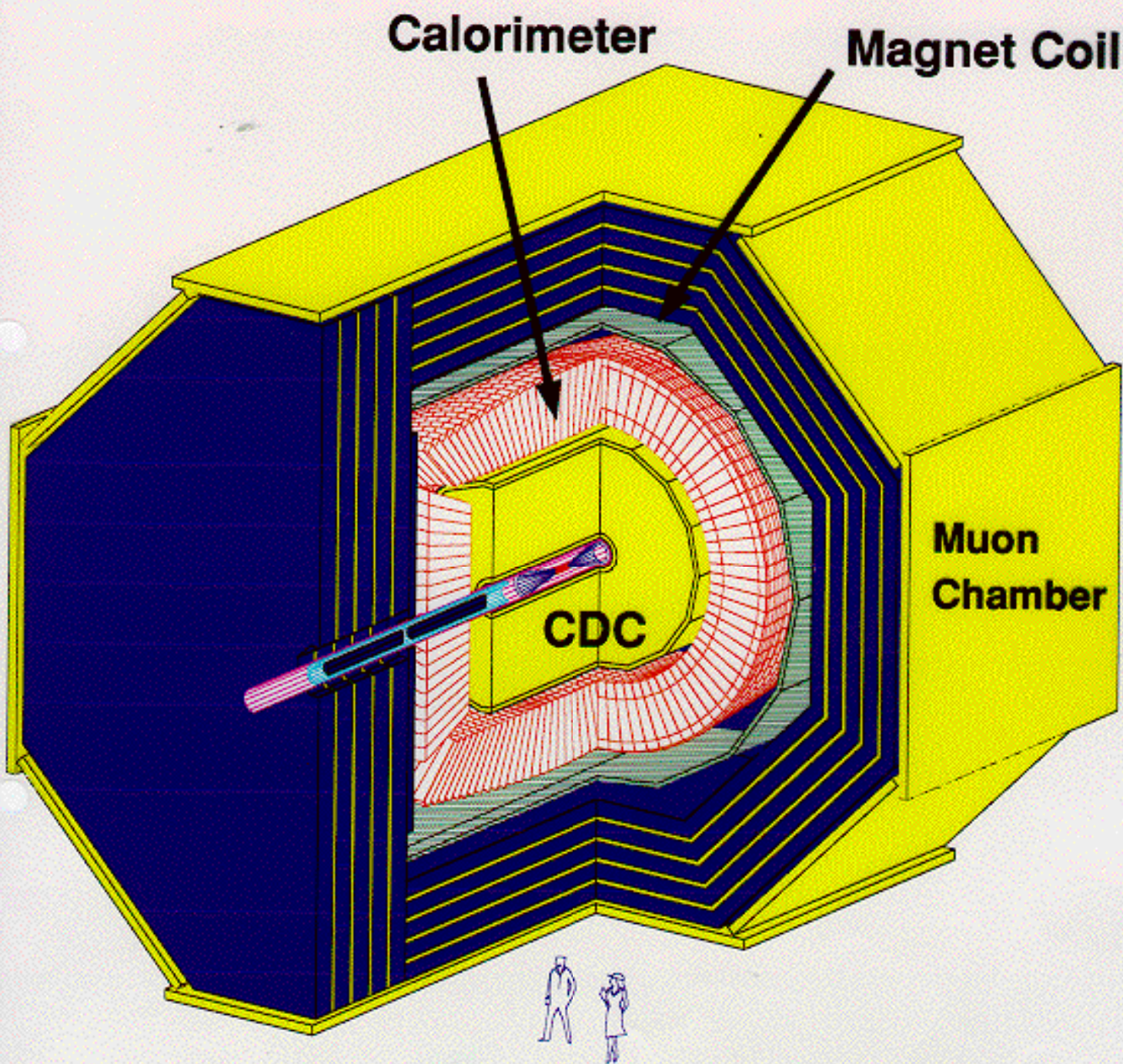
- > Quickly lose sensitivity to  $\tan\beta$  as the LSP becomes Bino-rich!
- > On the other hand, fairly good measurement is possible if it becomes higgsino-like!

Note GUT model:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{5}{3} \tan^2 \theta_w \approx 0.5$$

# JLC & LHC SUGRA





$16 \times 16 \times 16 \text{ m}^3$   
15,000 ton

# Vertex Detector

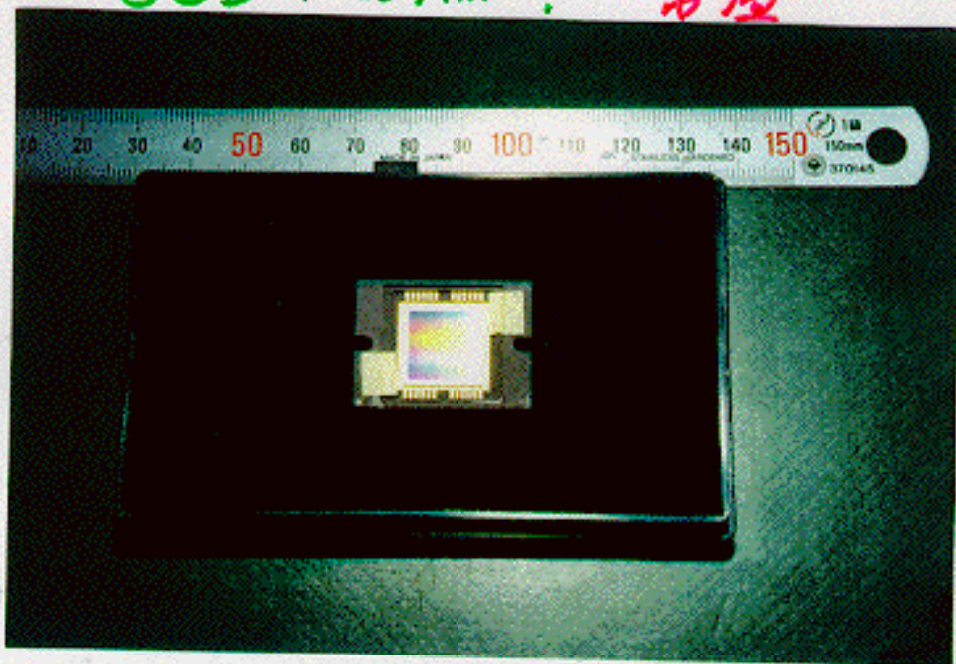
R&D

$$\sigma^2 (\mu\text{m}) = 11.4^2 + \left(\frac{28.8}{P}\right)^2 / \sin^3 \theta$$

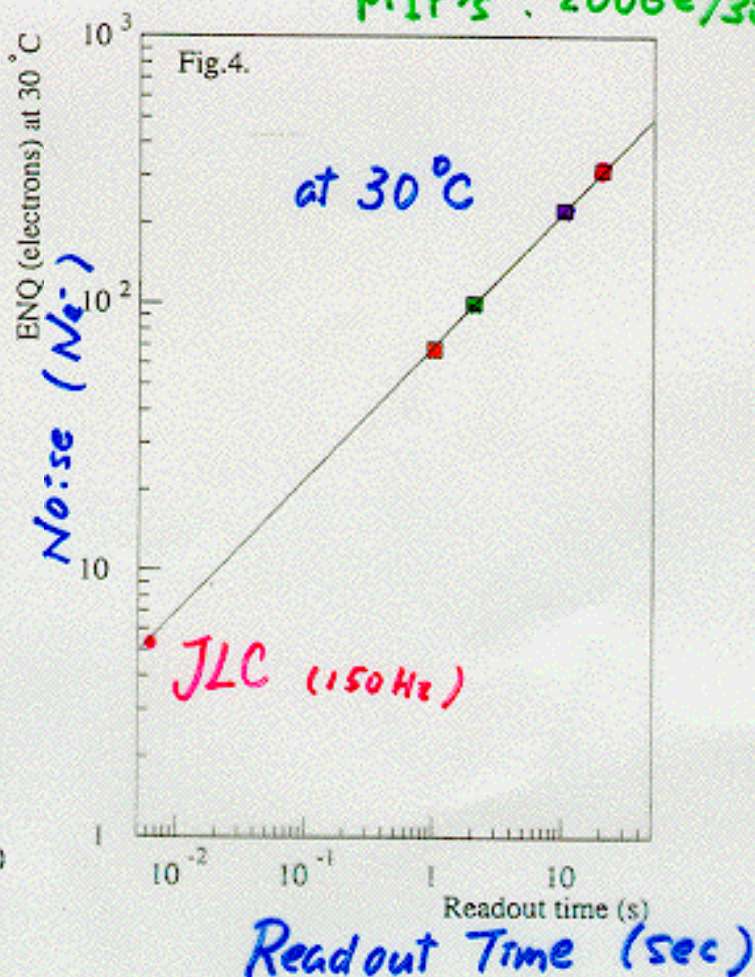
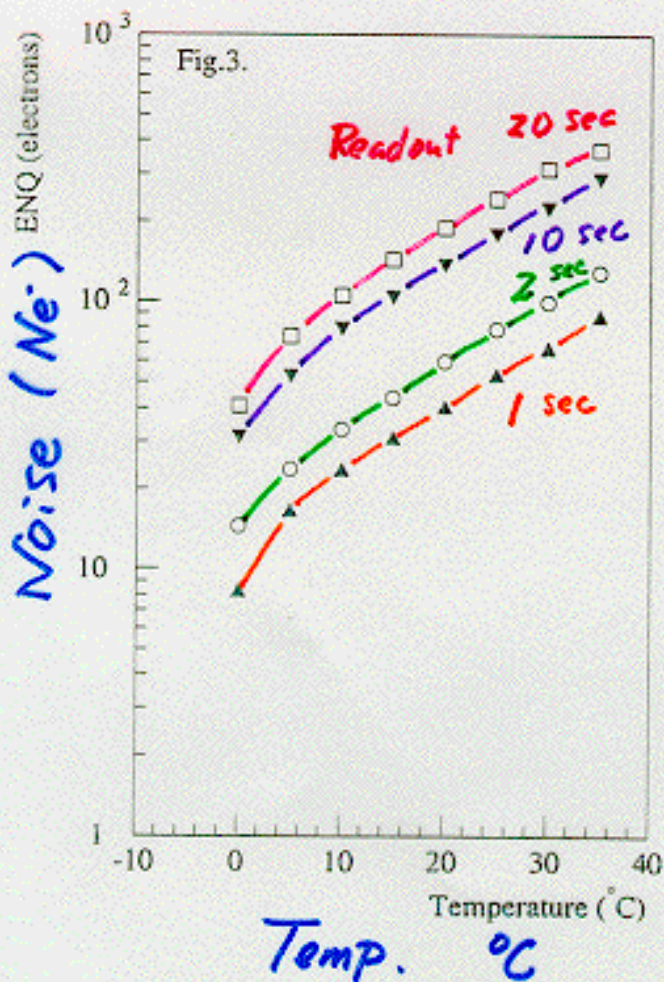
Radiation Hardness.

佐賀大. 新潟大. 東北大. 高研研

CCD:  $25 \mu\text{m}^2$ , "常温"



MIP's:  $2000 e^- / 30 \mu\text{m}^2$

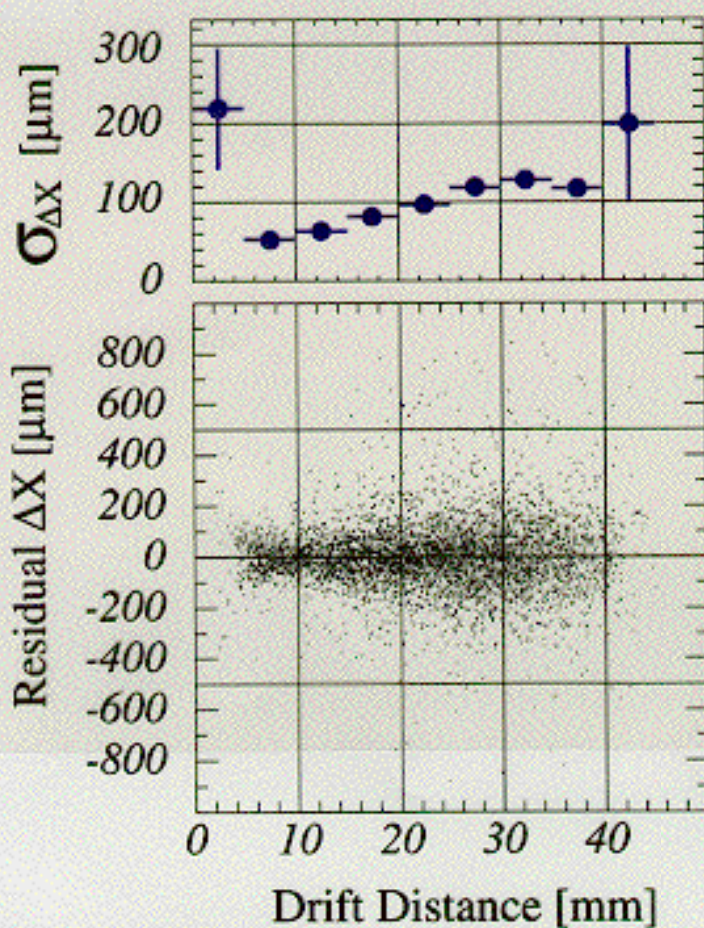


# CDC

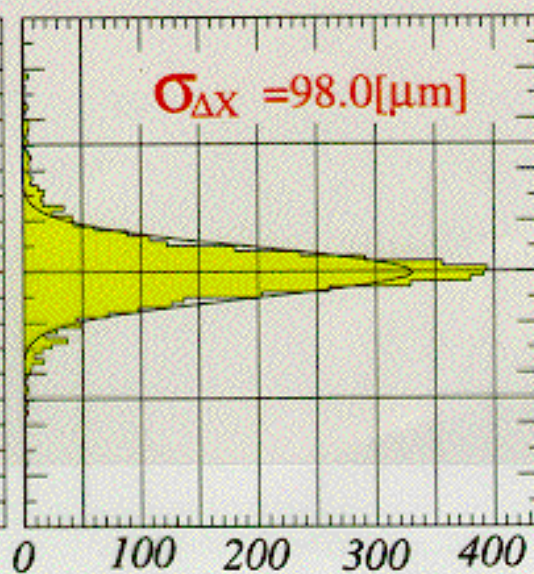
# R&D

$$\frac{\sigma_{\Delta X}}{P_0} = 1.1 \times 10^{-4} P_0 \oplus 0.1\% \quad ; \quad \sigma_{x10} = 100 \mu\text{m}, \sigma_z = 1 \text{mm}$$

東京電大, 名大, 工学院大, 高工研



JLC CDC 1996.3  
4.6m Test Chamber (NIM)  
Central Cell



# Calorimeter

R2D

$$\frac{\sigma_E}{E}$$

$$= \frac{15\%}{\sqrt{E}} \oplus 1\% \text{ (EM)}$$

$$= \frac{40\%}{\sqrt{E}} \oplus 2\% \text{ (HAD)}$$

$$\bullet \frac{E_\pi}{E_e} = 1$$

• Readout in B=2T

神戸大, 甲南大, UCLA

筑波大, 信州大, 高研研

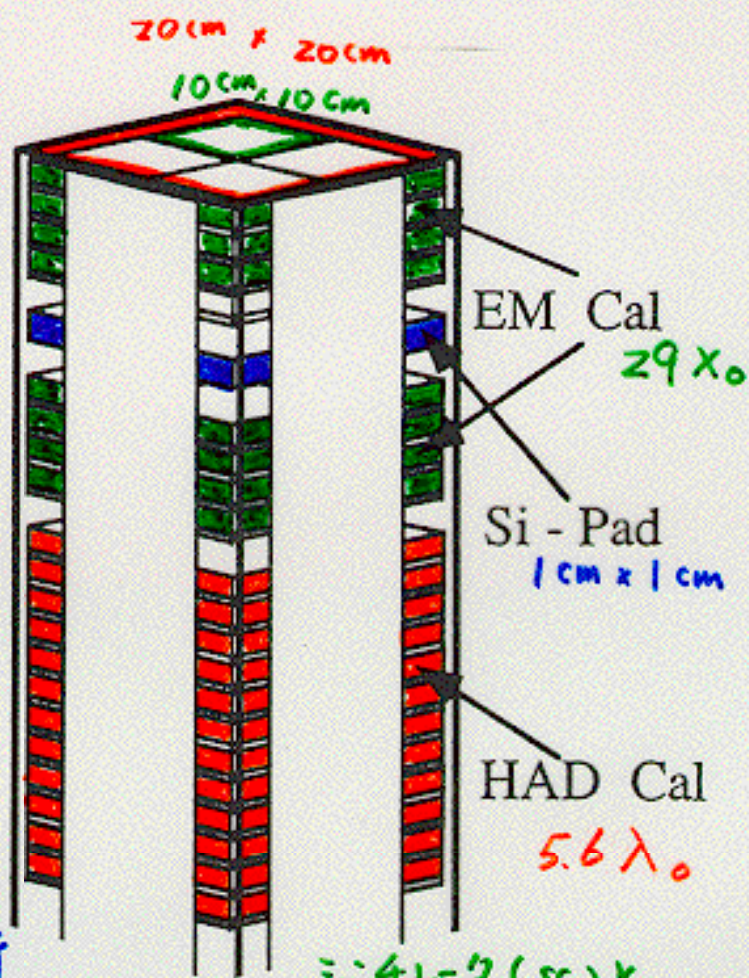
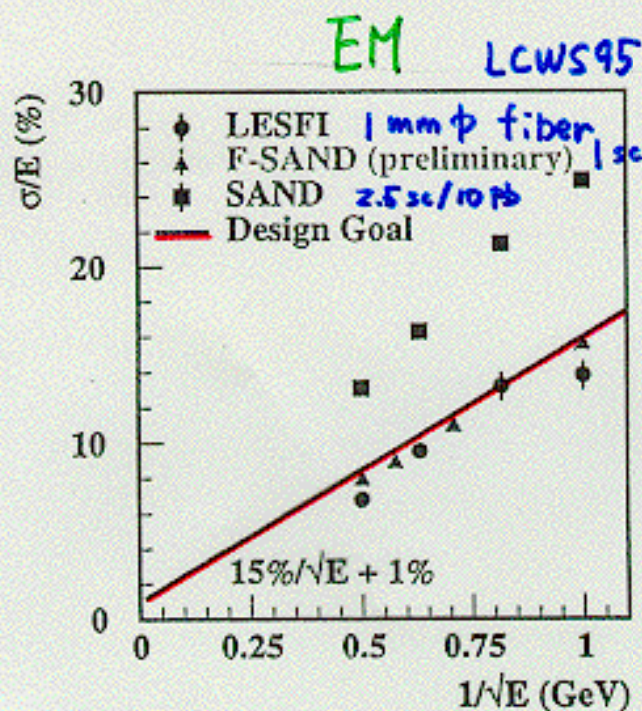
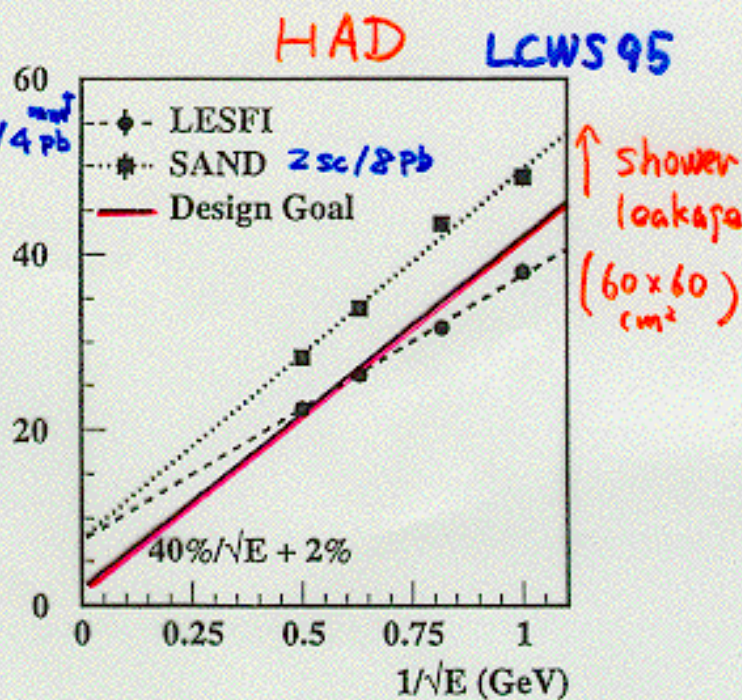


Fig.1 Schematic view of a calorimeter module

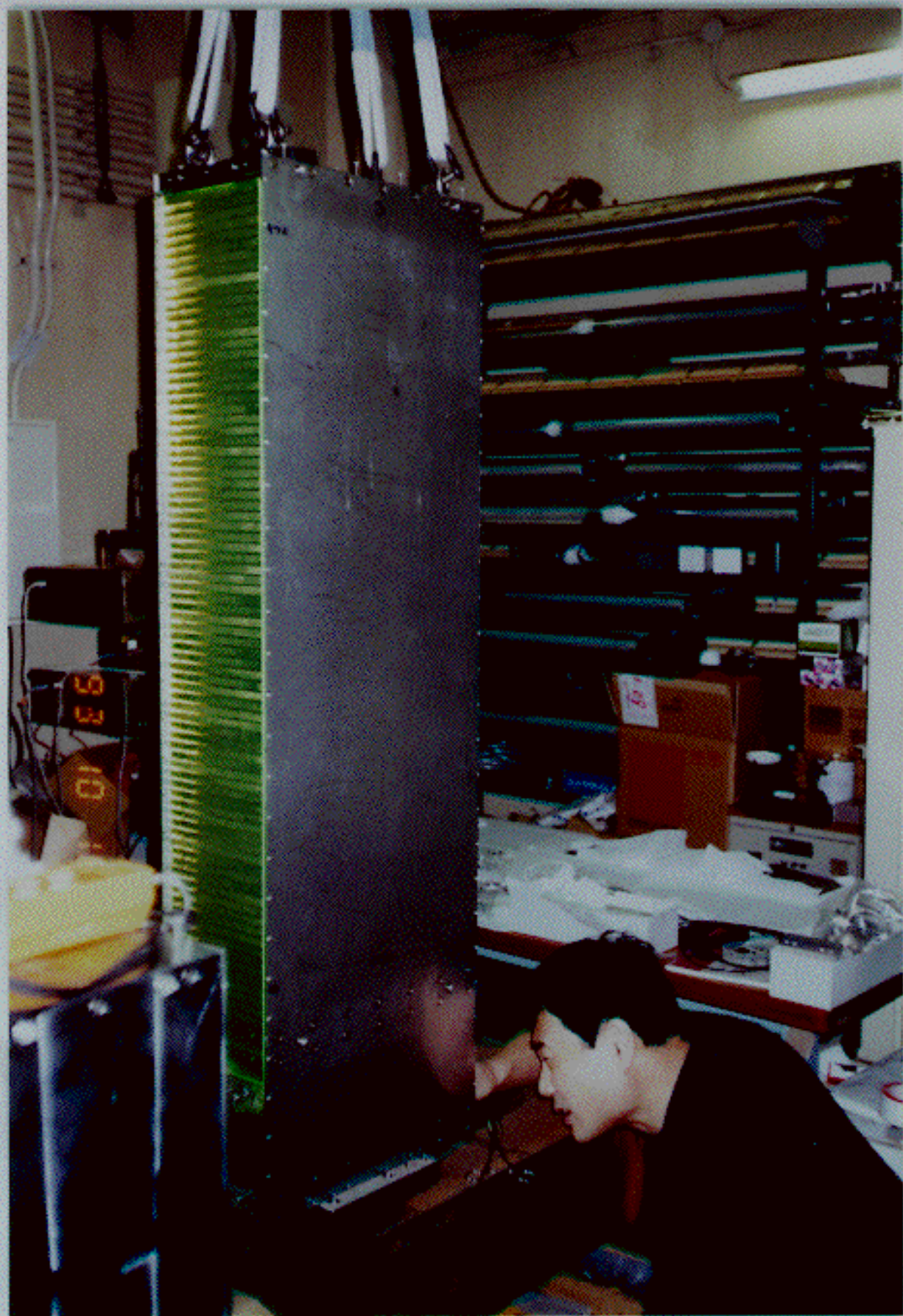
シングル(5c)と  
鉛(10)の1ドット



E = 4 GeV



E = 4 GeV







# Tentative JLC Parameters

based on the **X-band Main Linac** (June, 1996)

---

RF frequency	11.4 GHz ( $\lambda=2.6$ cm)
#Electrons/Bunch	$7.2 \times 10^9$ ( $6.45 \times 10^9$ at IP)
#Banches/Train	85
Bunch separation	1.4 nsec
G(loaded)	54.75 MeV/m
Normalized emittance	3(H) / 0.03(V) $10^{-6}$ rad m LINAC 3.3(H) / 0.045(V) $10^{-6}$ rad m IP

---

	Ecm= 500 GeV	1 TeV	1.5 TeV	
#Klystrons/linac	2138	4462	6785	
Length/linac	5.25	10.96	16.67	km
AC-power(wall-plug)	99	200	200	MW
	assuming 28% WP $\rightarrow$ RF efficiency			
Rep.rate	150	145	96	Hz
$\beta_x^*$ (mm) / $\beta_y^*$ ( $\mu$ m)	10 / 100	14 / 100	25 / 120	
$\sigma_x^*$ (nm) / $\sigma_y^*$ (nm)	260 / 3	220 / 2.2	240 / 1.9	
$\Delta E/E$ due to BS	4.1	8.0	8.0	%
Pinch enhancement	1.71	1.65	1.58	
Luminosity $\times 10^{33}$	8.1	12.6	7.9	$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

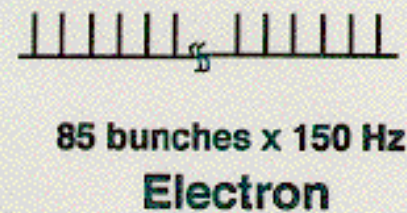
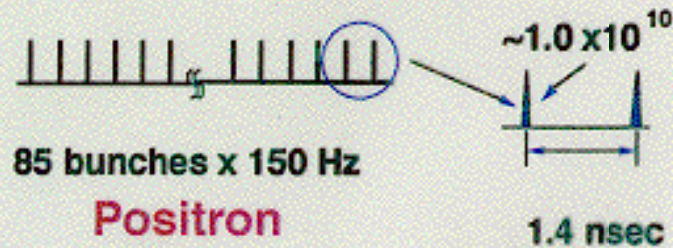
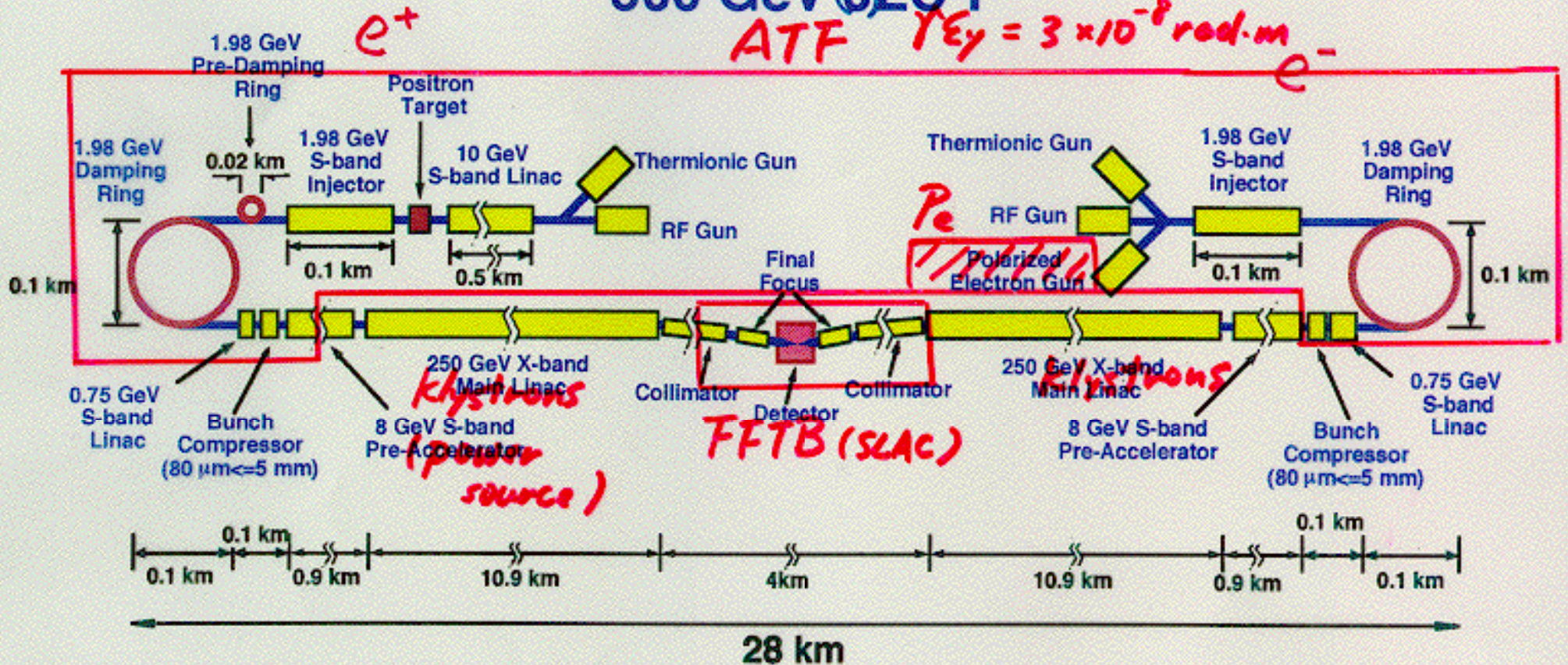
---

RF's

$10^{-4}$  rad.m at TRISTAN

# 500 GeV JLC-I

ATF  $\gamma E_{\gamma} = 3 \times 10^{-8}$  rad.m

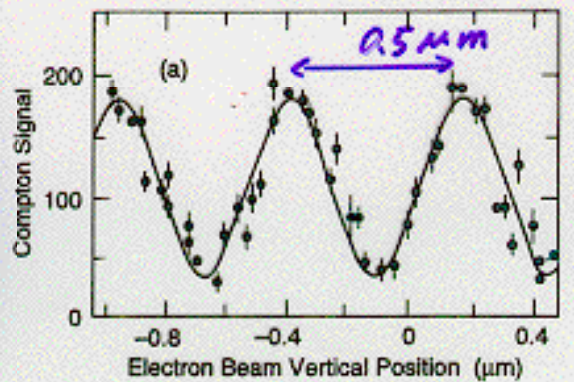
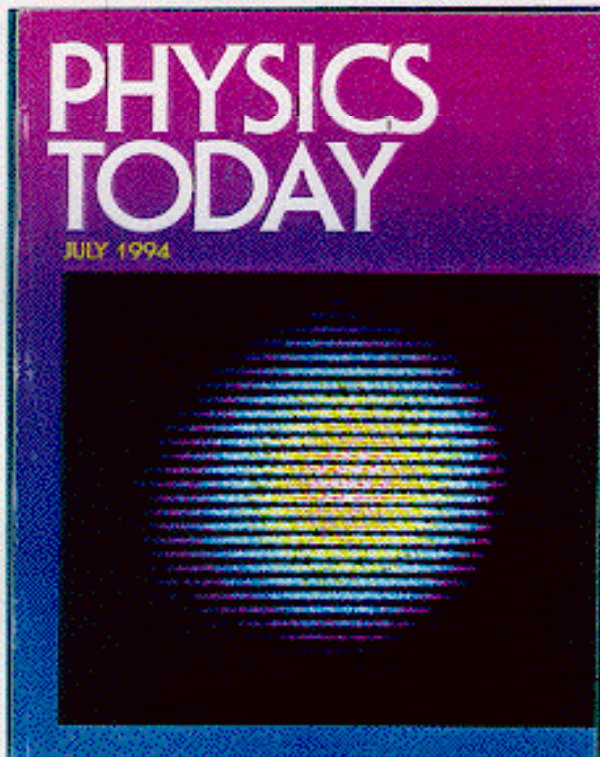
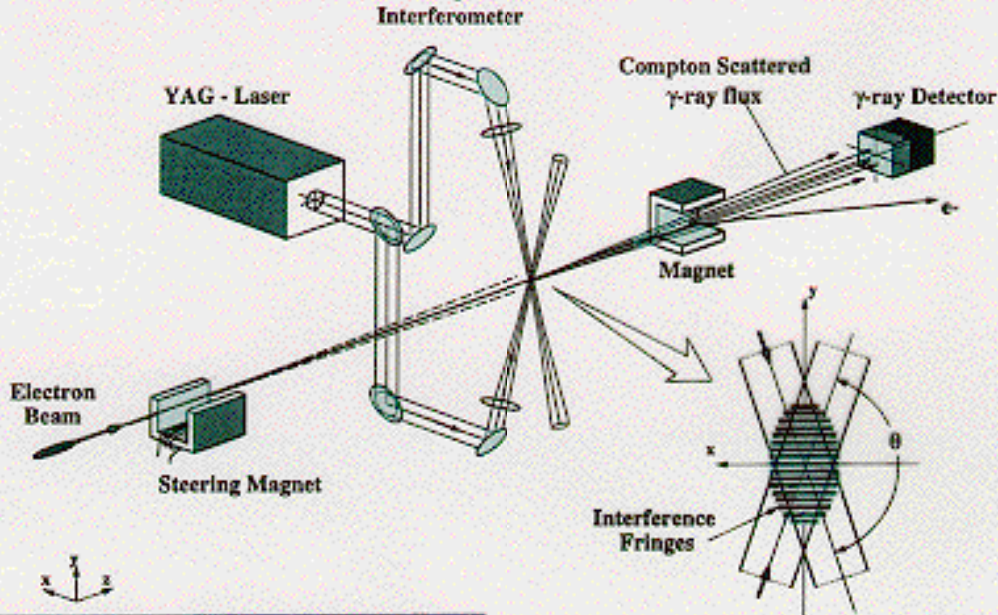


# Final Spot Size Measurement

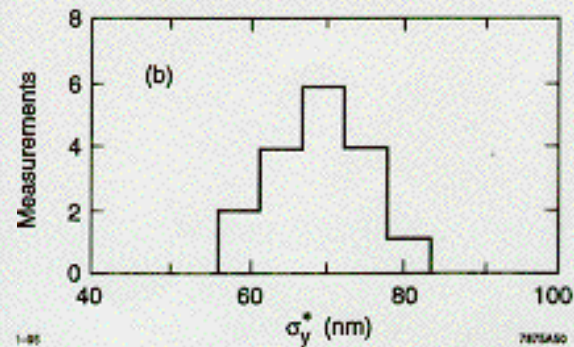
FFTB

Laser Interference ----> Compton Scattered  $\gamma$ -ray

----> Modulation ----> Spot Size *T. Shintake 1990*



modulation (0.7)



**Achieved Spot Size  $70 + 2.5 \pm 6$  nm**  
*- 6.6 (Systematic) (Stability/hr)*

# ATF

ひじょうに偏平な多バンチビームを作る。  
直径1mm → 水平35 $\mu$ m、垂直7 $\mu$ mの偏平ビーム

## ATF-LINAC

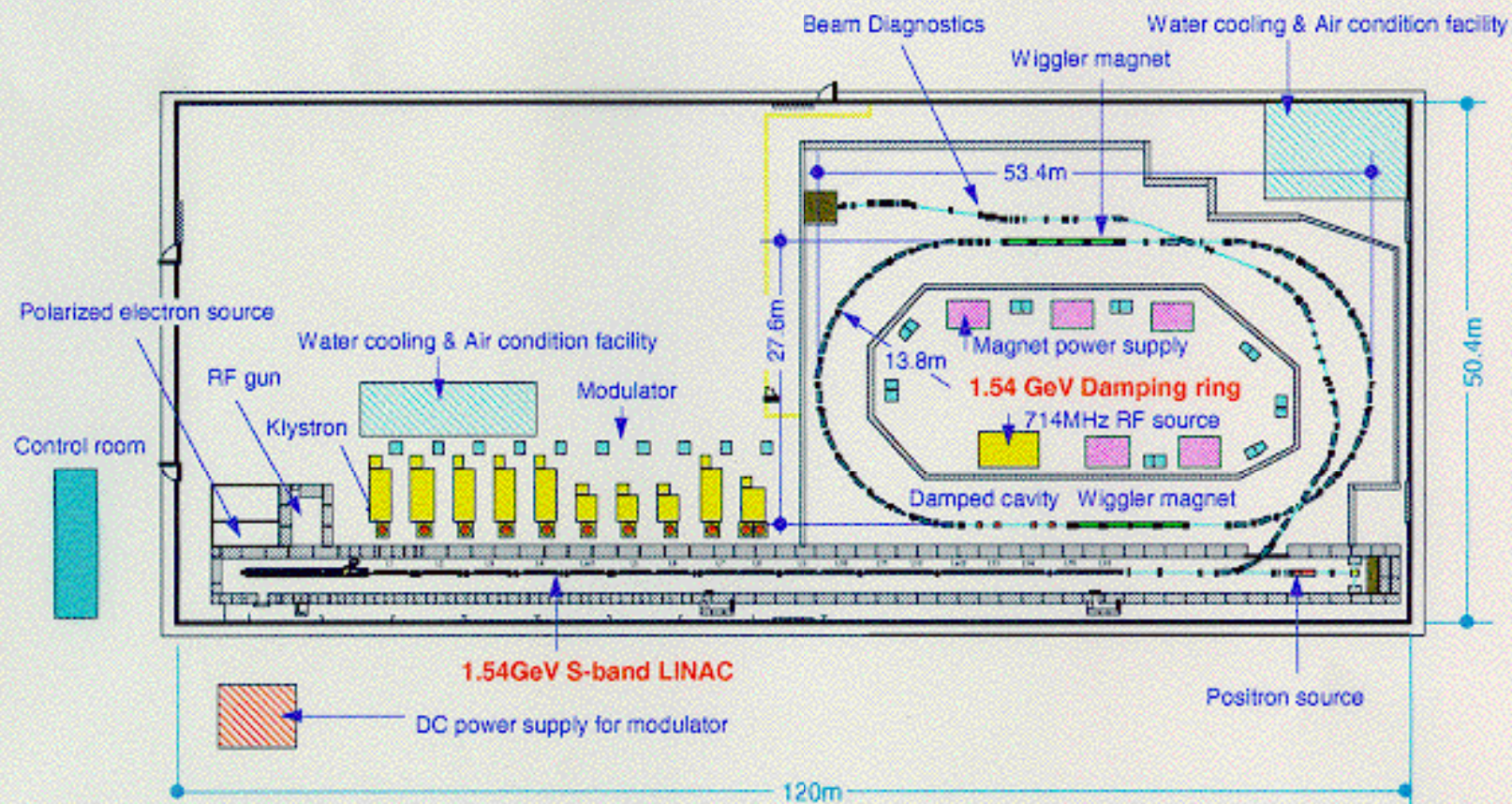
(S-band, 70m, 9 klystrons of 85MW, 4.2 $\mu$ sec with SLED)

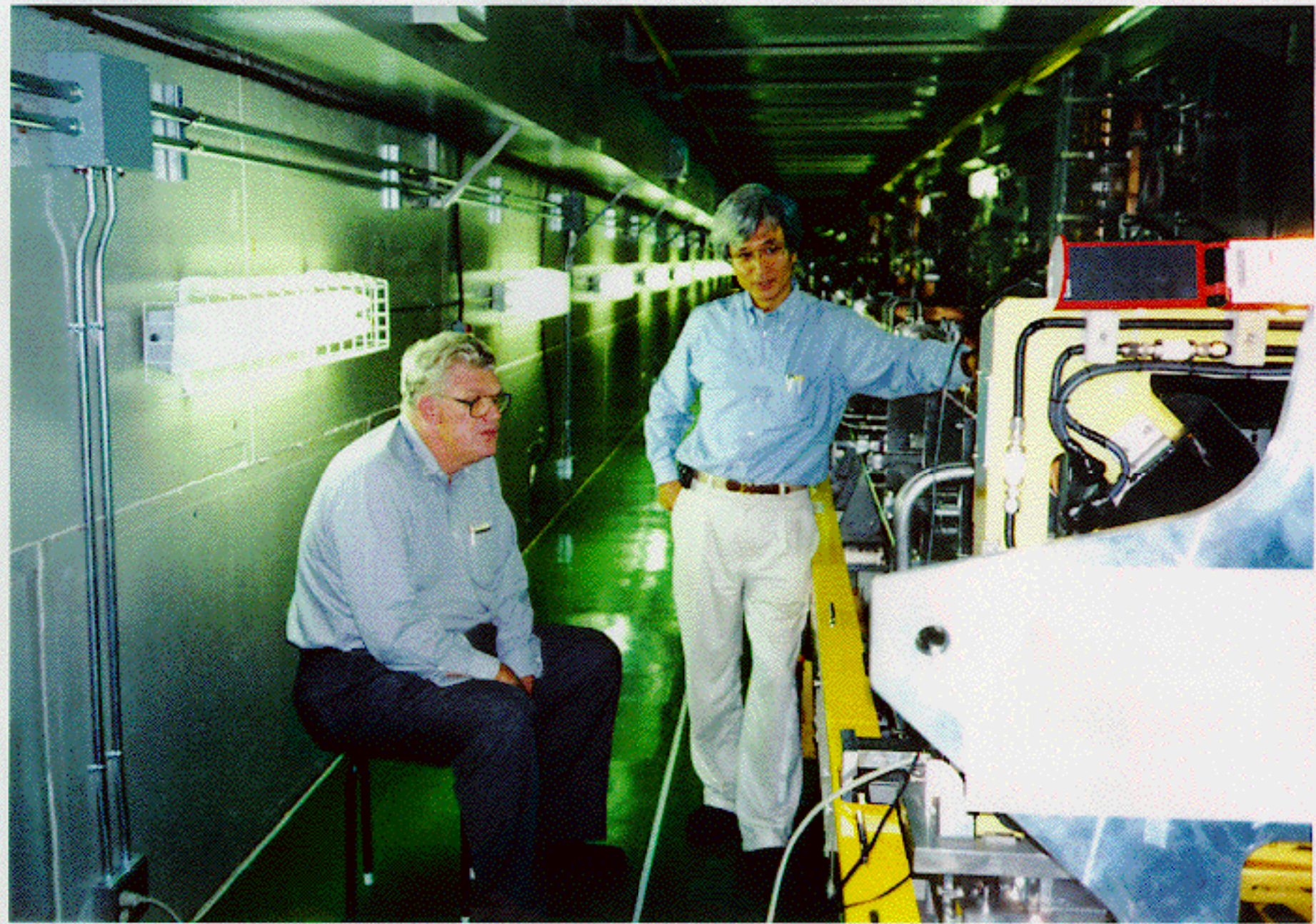
項目	達成値(1996.7.21)	設計値
ビームエネルギー	1.42 GeV	1.54GeV
加速勾配	28.7MV/m	30.4MV/m
ビーム強度：単バンチ	$1.7 \times 10^{10}$	$2.0 \times 10^{10}$
20バンチ(1.2GeV)	$7.65 \times 10^{10}$	$4 \times 10^{11}$
エネルギー幅：単バンチ	0.4%	< 1%
[FWHM] 20バンチ	0.3%	< 1%
エミッタンス：単バンチ	$1.3 \times 10^{-4}$ rad.m	< $3 \times 10^{-4}$ rad.m
20バンチ	$7 \times 10^{-5}$ rad.m	< $3 \times 10^{-4}$ rad.m

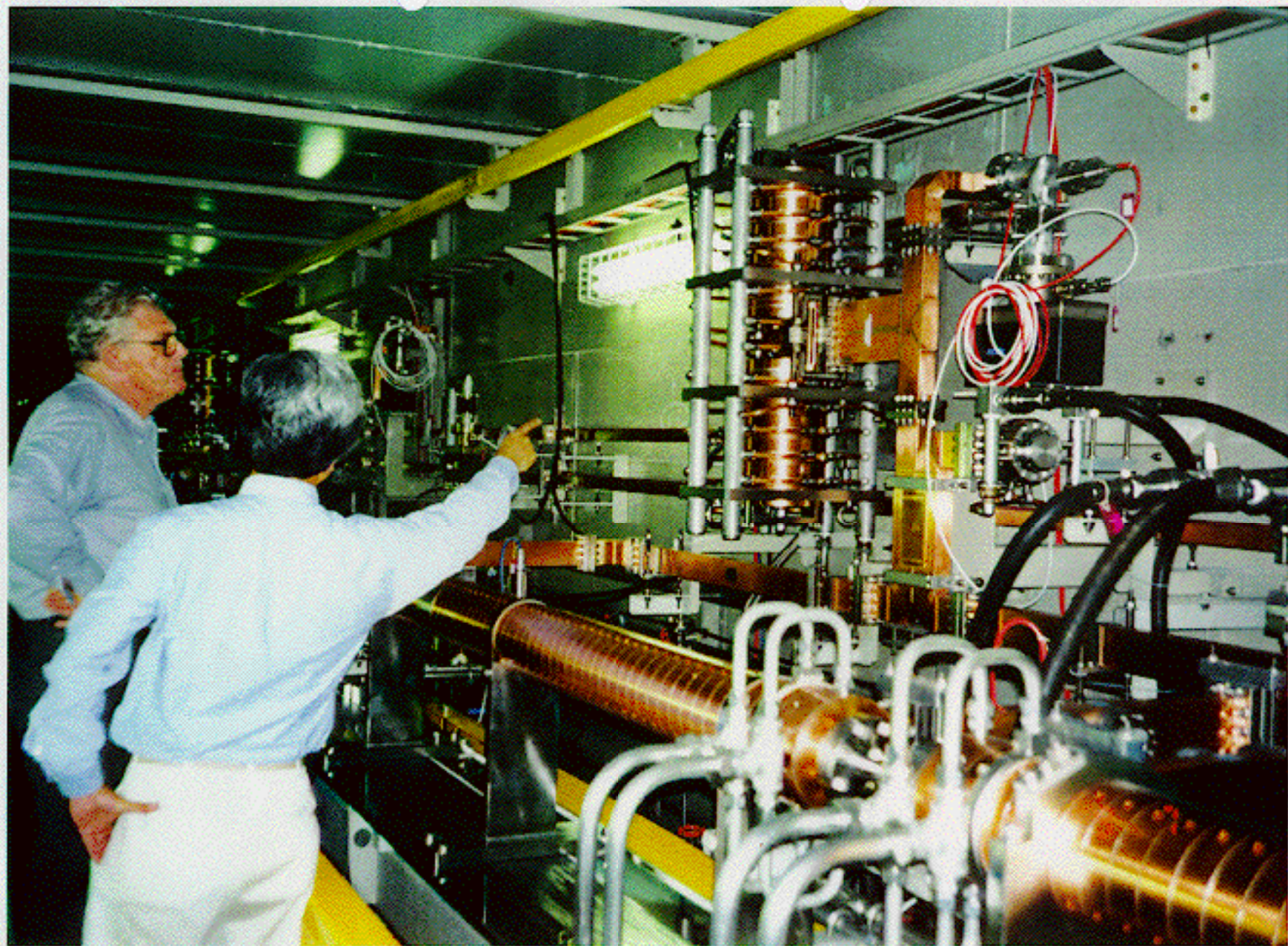
## 1995-1996年のハイライト

- ◆ 高い加速勾配の達成 ( 28.7 MV/m with beam )
- ◆ ECS (Energy Compensation System)の成功  
f0 $\pm\Delta$ f(2 $\cdot$  revolution frequency of DR)の新しい方法

# ACCELERATOR TEST FACILITY FOR JLC



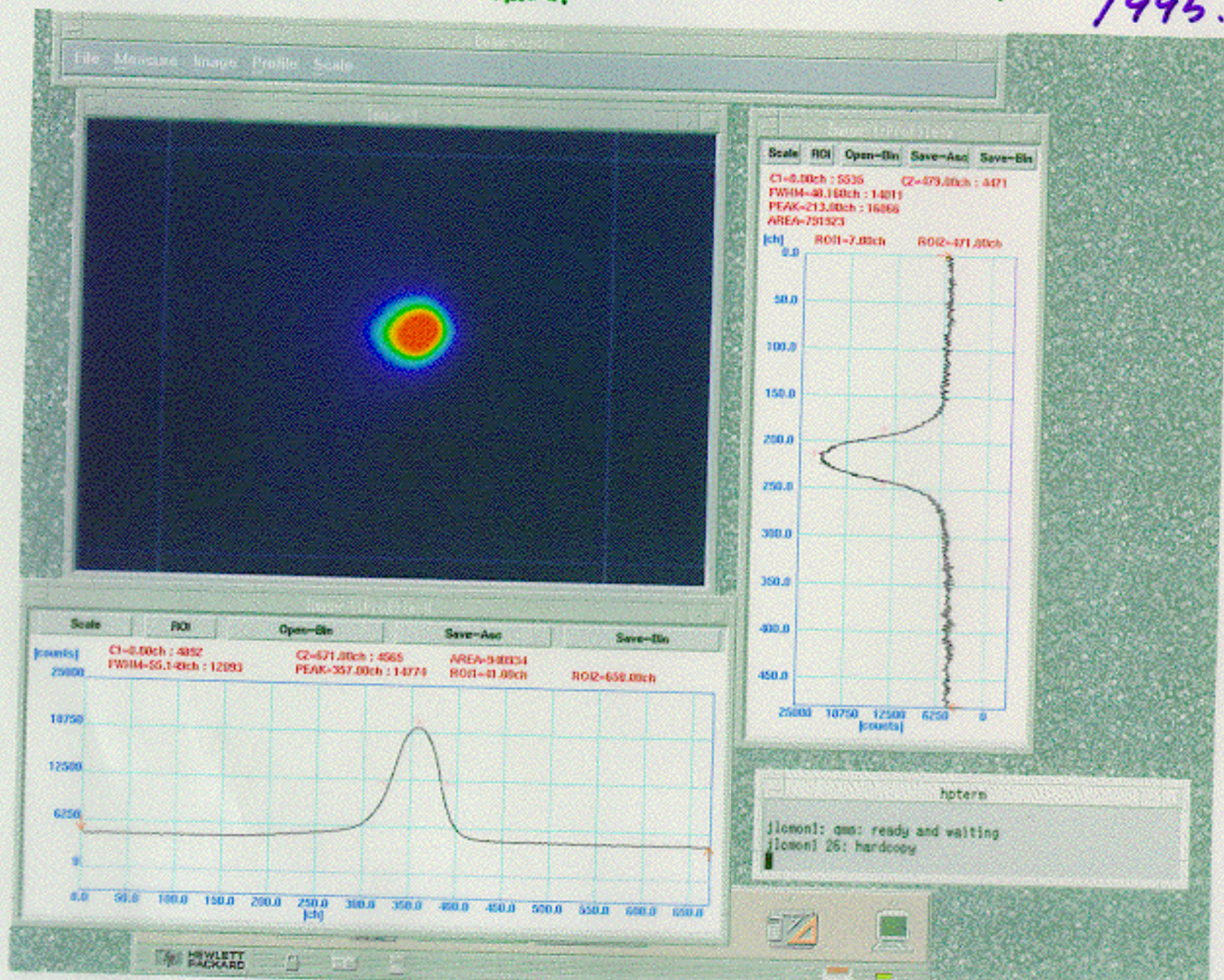




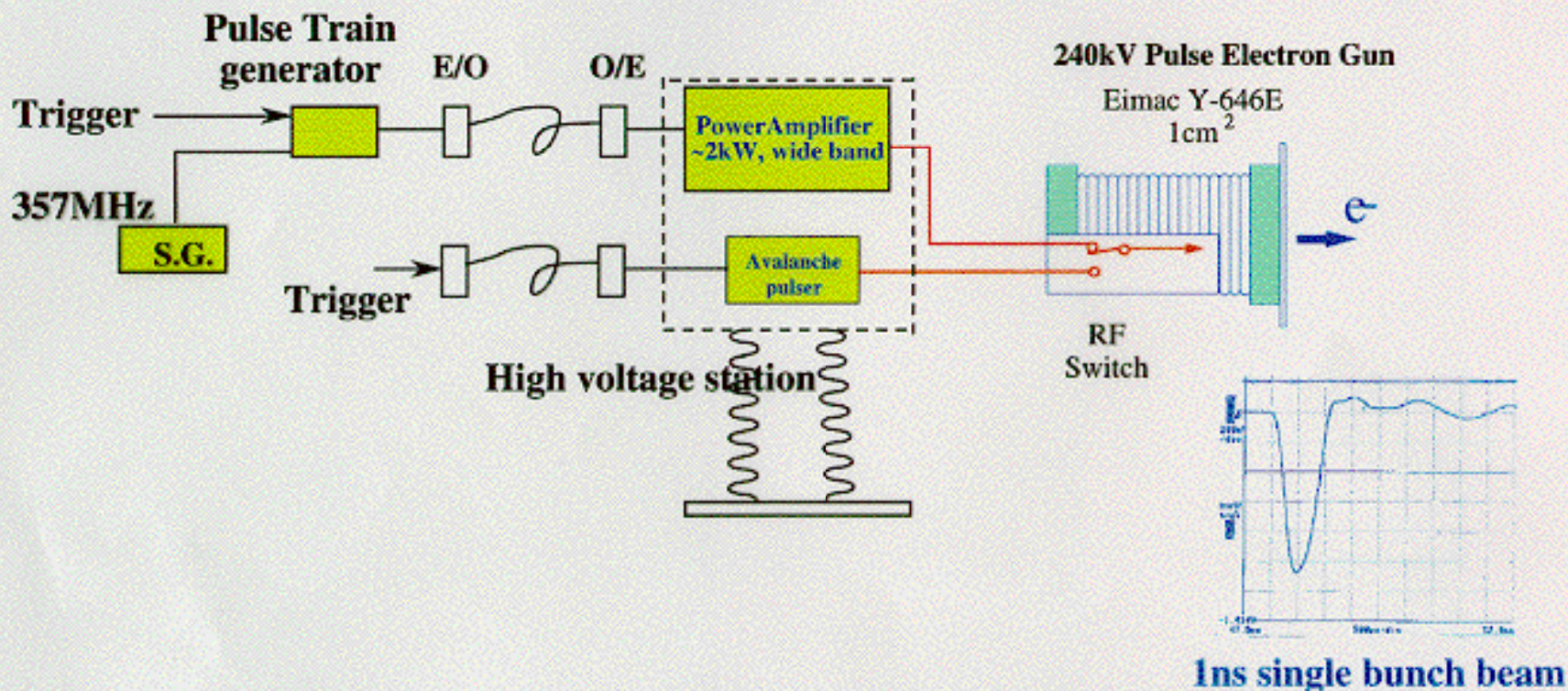
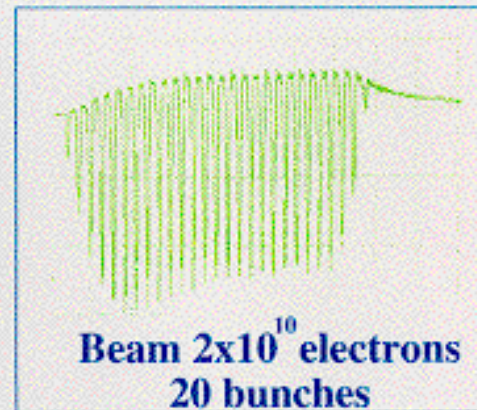
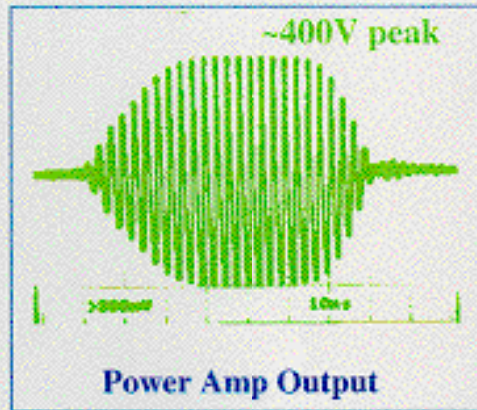
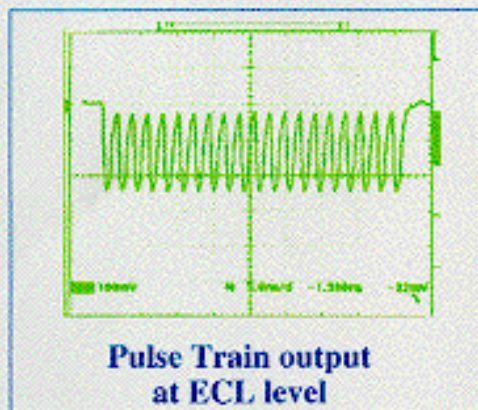


First Beam in ATF-LINAC  
 $1 \times 10^{10}$  e/bunch 1.3 GeV (25.5 MeV/m)

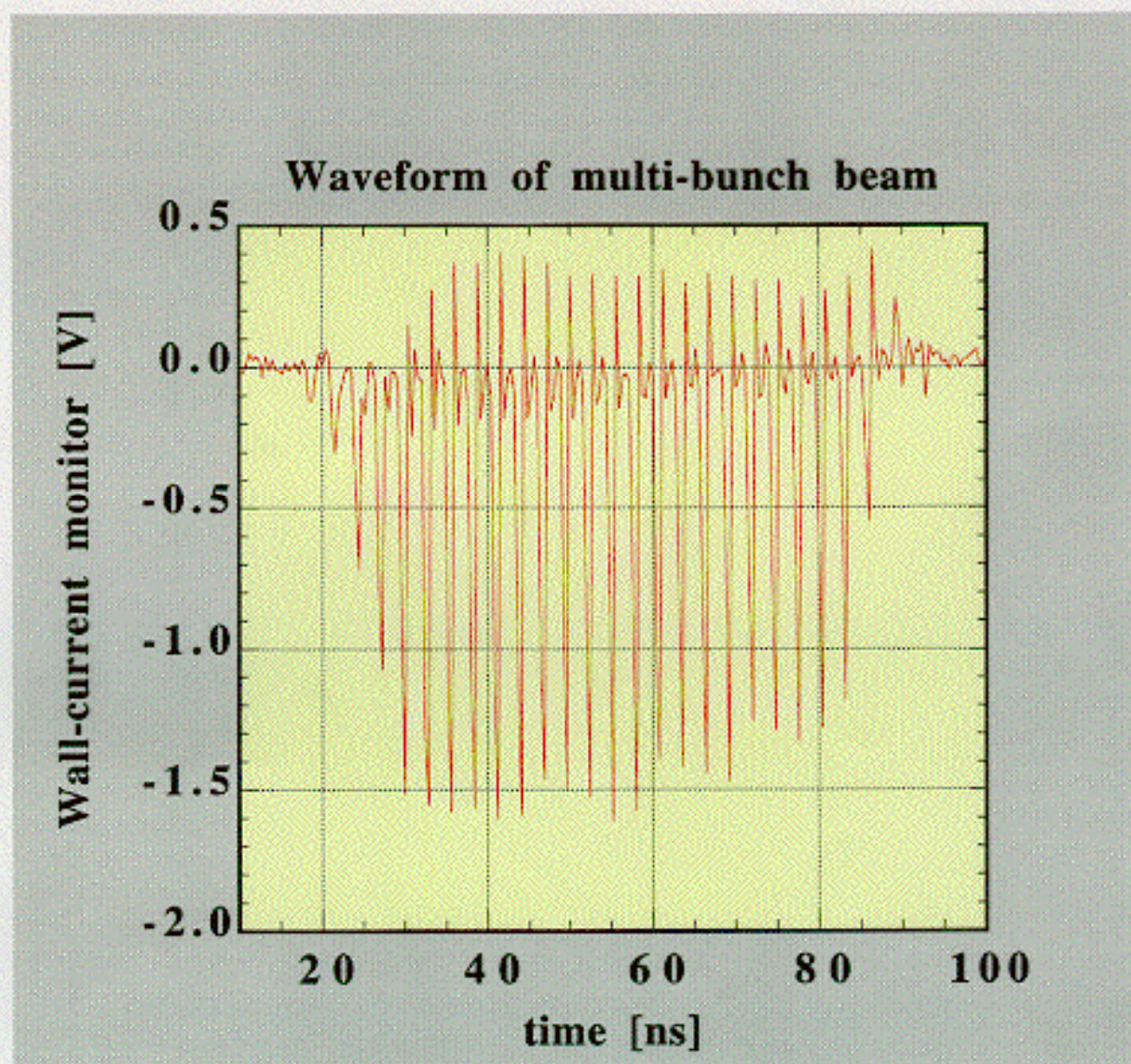
1995.11.30



# Multi-bunch generation by Thermionic Gun



# Accelerated Beam at 1.2 GeV energy (July '96)



# $\pm \Delta f$ ECS

## Principle of Energy Compensation System

$$f = f_0$$

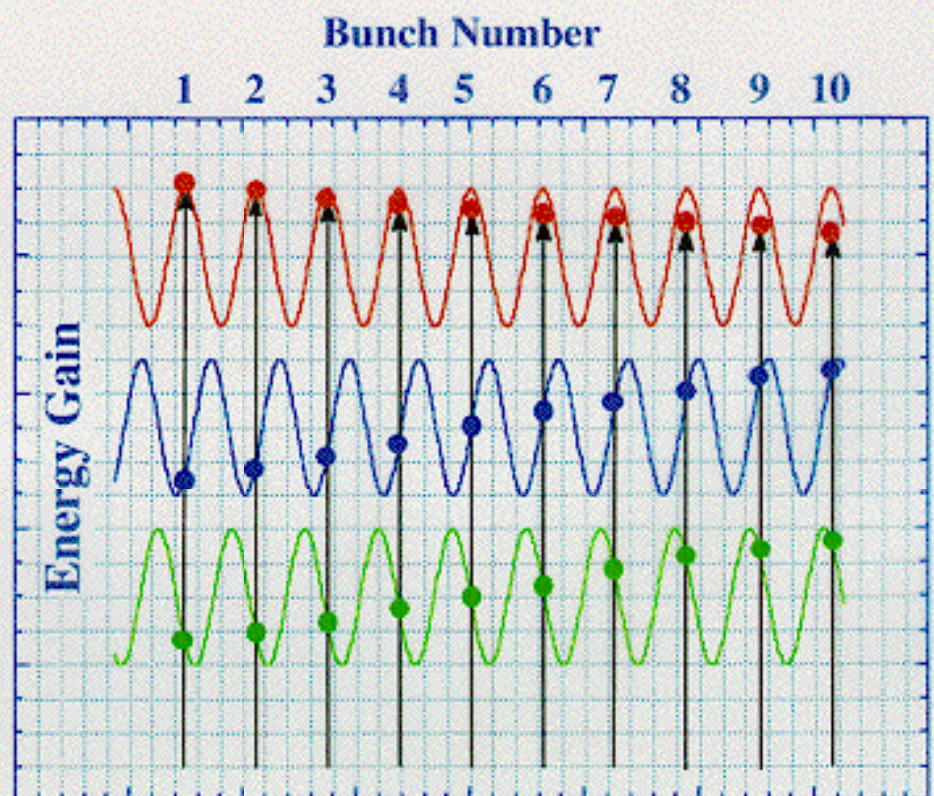
(2,856 MHz)

$$f = f_0 + \Delta f$$

(2,856 + 4.32727 MHz)

$$f = f_0 - \Delta f$$

(2,856 - 4.32727 MHz)



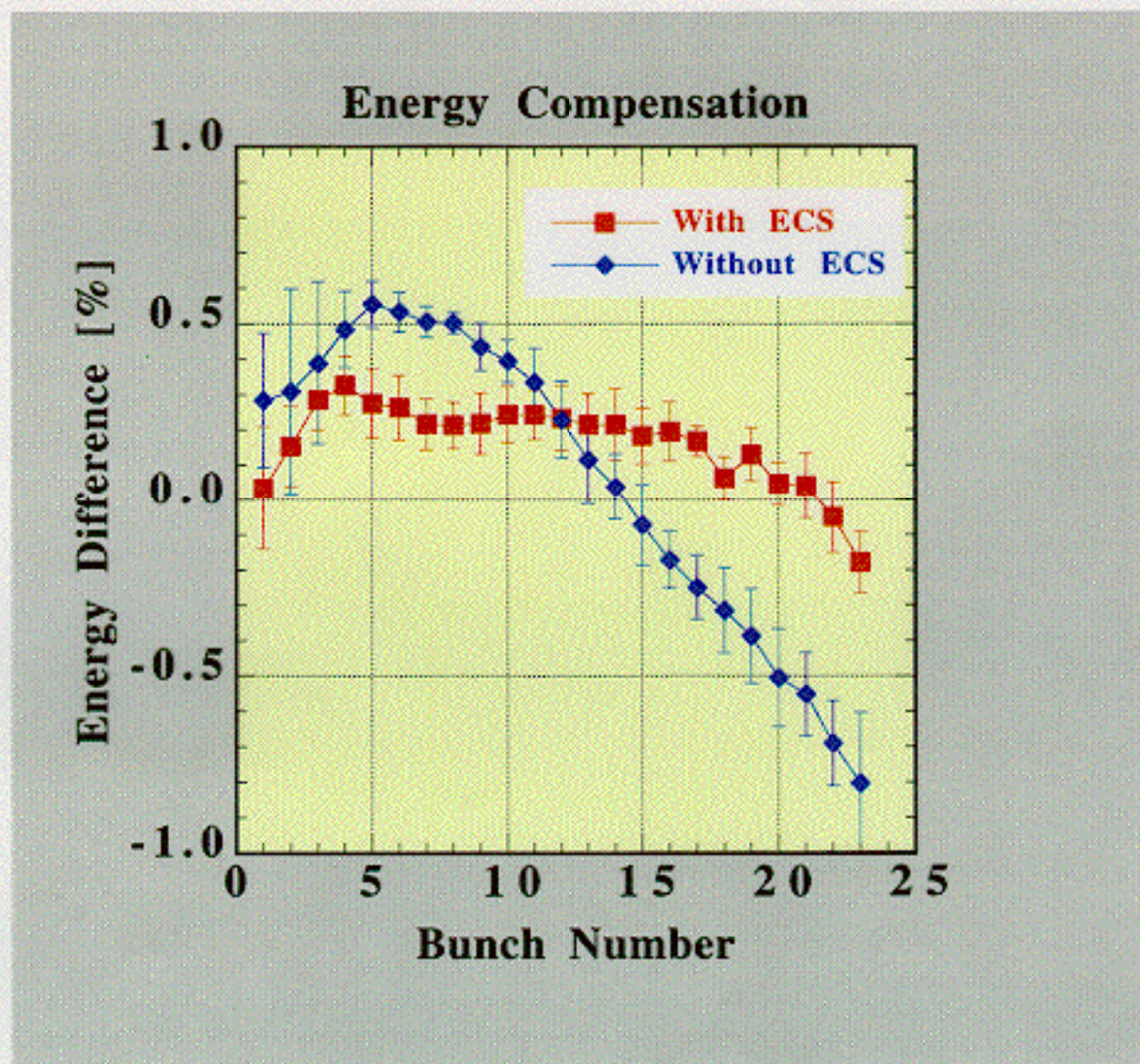
**Bunch Head**

**Deceleration**

**Bunch Tail**

**Acceleration**

## Result of Energy Compensation System (July '96)



## ATF-DR

---

DR	SLC	ATF	JLC
Ebeam(GeV)	1.2	1.54	1.98
Current(mA)	136	600	500
Emittance( $10^{-6}$ rad · m)	30/0.7	5/0.03	3.3/0.045
Damping time(m sec)	~5	9.2	~5
bunches x trains	1 x 2	20 x 5	90 x 5

---

- 2 wigglers (16.3msec→9.2msec at 20Hz)
- 4 damped cavities (多バンチビーム)
- extraction line for beam diagnoses:
  - エミッタンス測定；  
SR(>40 $\mu$ m), Laser wire, 4 $\mu$ m $\phi$  Carbon wire  
核研                      京大・SLAC
  - e+偏極ビーム；Laser-Compton実験 (都立大)
- and more (ATF++ to be proposed).

今年1 2月に完成：10mAの単バンチビーム

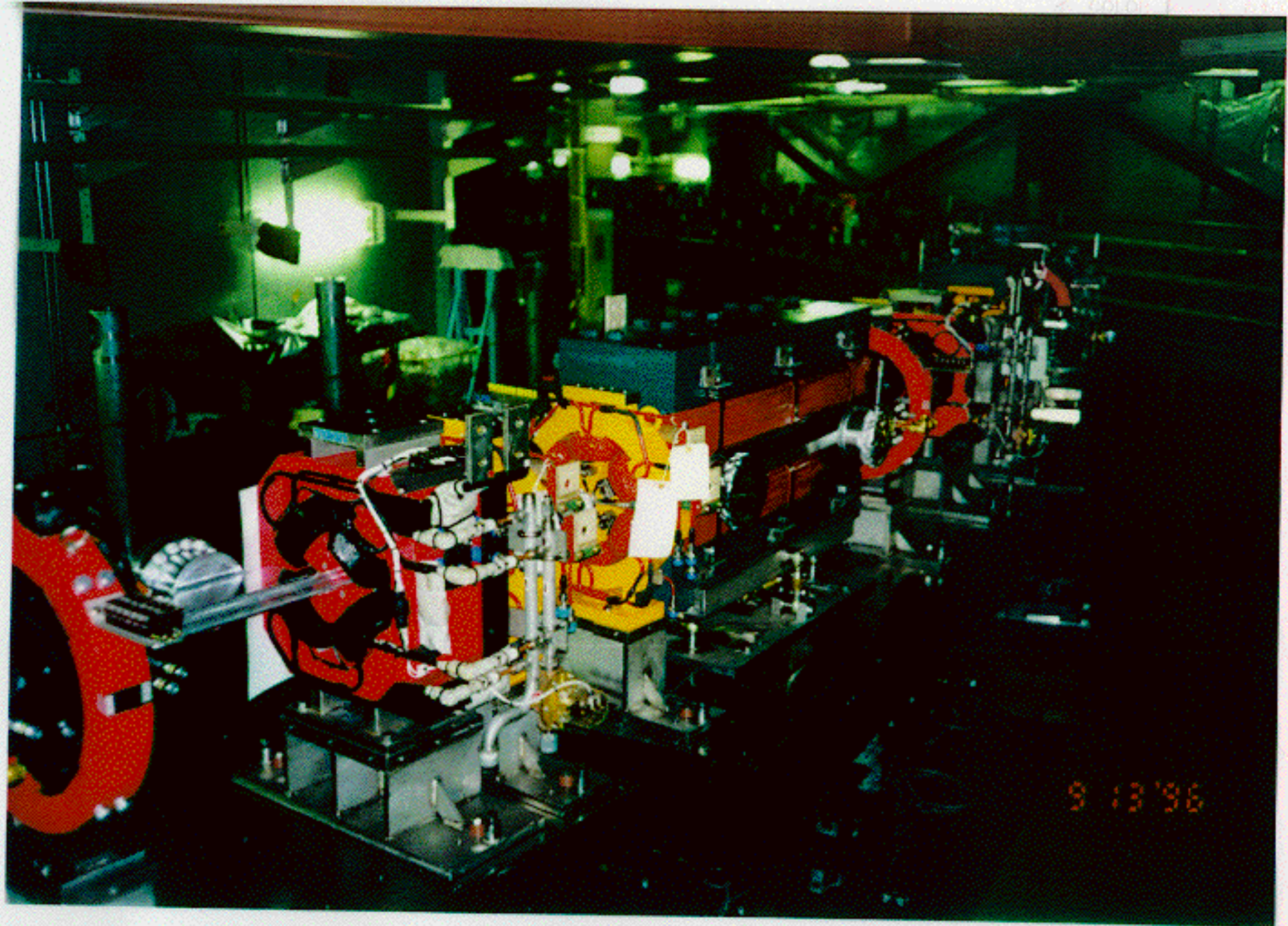
電磁石等のアライメント

水平：< 90 $\mu$ m

垂直：< 60 $\mu$ m

国際協力(SLAC、BINP、MPI、CERN、PAL、DESY。。。)

PHOTOGRAPHY



PHOTOGRAPHY

# X-band(11.4GHz) LINAC

加速勾配：50MV/m (1TeV/20km)

全消費電力：200MW

$0.7 \times 10^{10}$ /bunch, 85 bunches, 1.4nsec spacing,  $\sigma_z = 90\mu\text{m}$

クライストロン：65MW, 800nsec (パルス幅)

XB-72K (72mm $\phi$ カソード面)

2号機：1993年、1セル,97MW,50nsecパルス幅達成

7号機：今年夏,5セル,55MW(500KV),100nsecパルス幅達成

8号機：今年12月に納入。

最適化→最大出力を上げる。500(800)nsecパルス幅へ

9号機：5→7セル(Travelling wave mode)、さらには出力UP.

1997年3月までに納入。47%効率。

実機に近いもの。

これとともに収束用磁石として、

(高温)超伝導、永久磁石 (PPM) を開発していく。

SLACでは、NLCデザイン仕様のもので完成している。

XL4、1995年

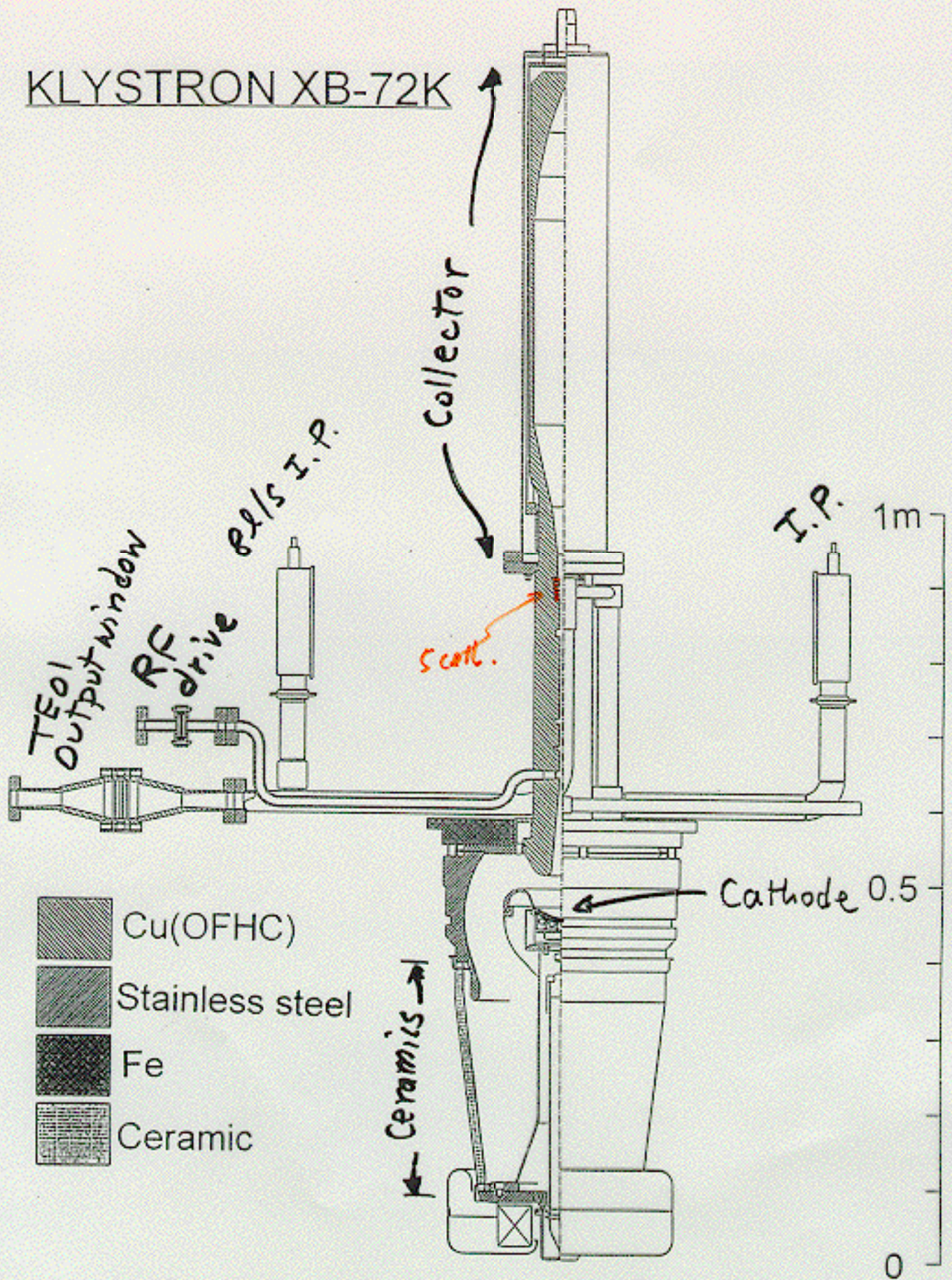
●75MW(450KV,356A), 1.2 $\mu\text{sec}$ パルス幅,47%効率達成

●PPM 収束磁石のもの、今年7月

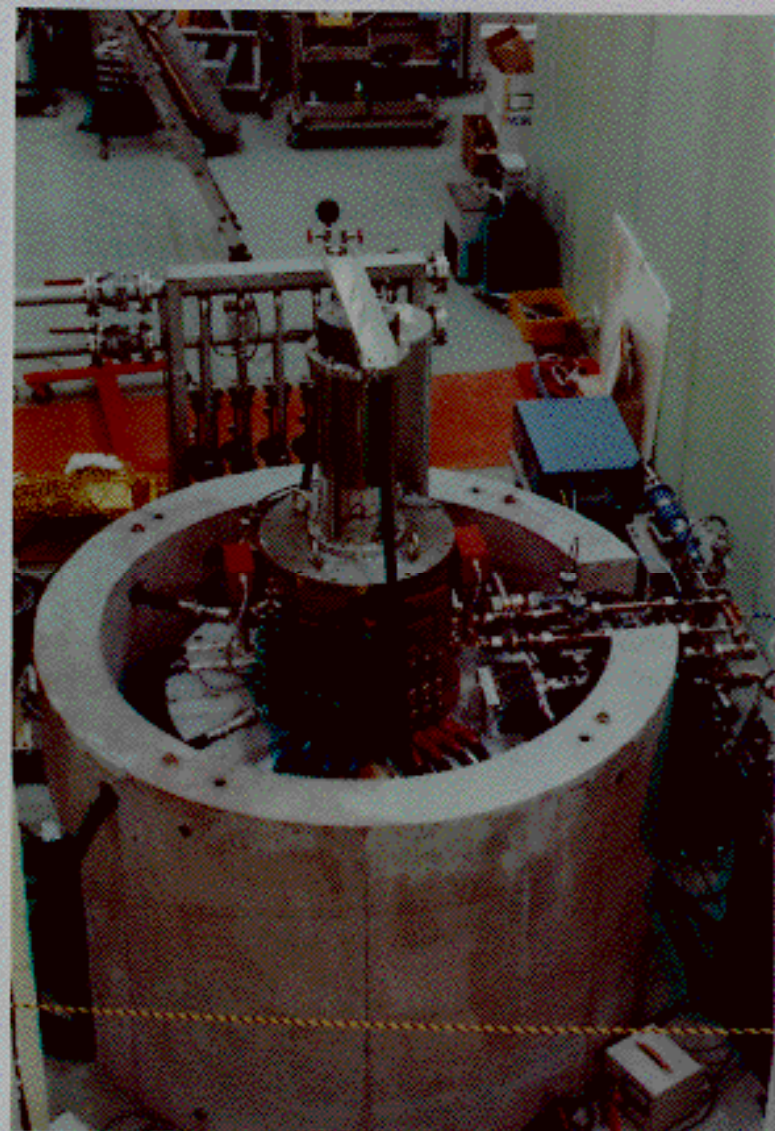
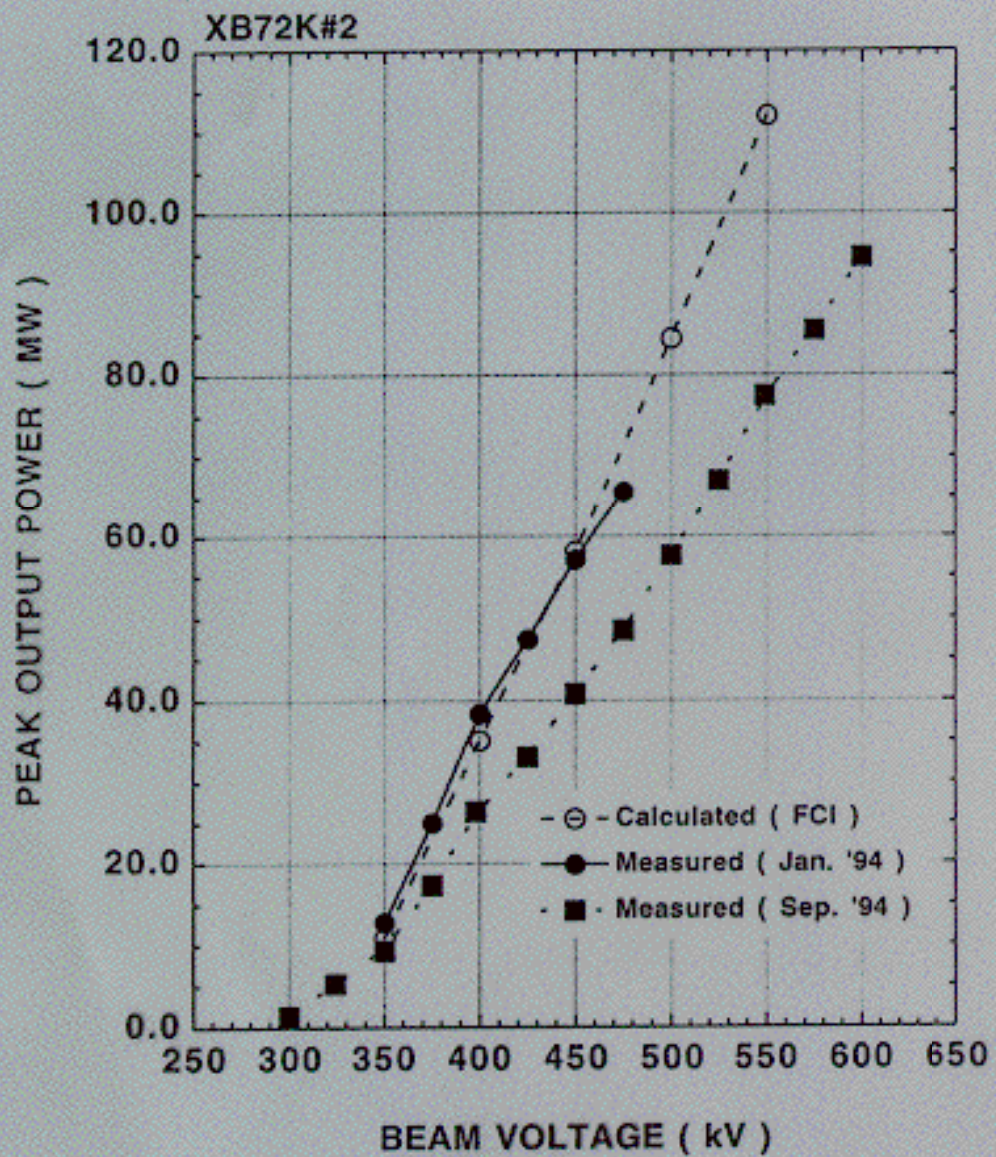
55MW(488KV,204A), 1.2 $\mu\text{sec}$ パルス幅,55%効率達成



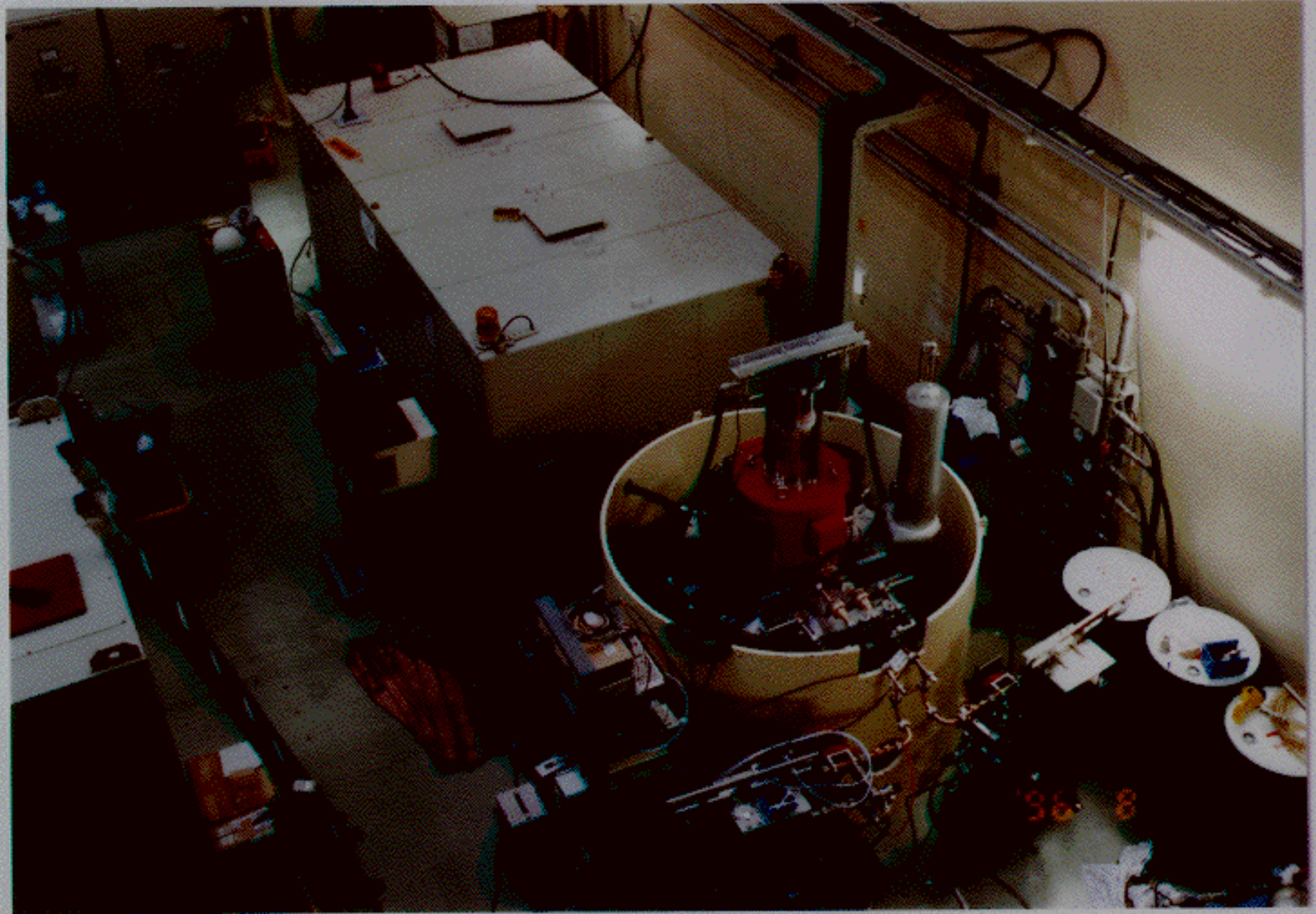
# KLYSTRON XB-72K



2号機



7号機 AR 南

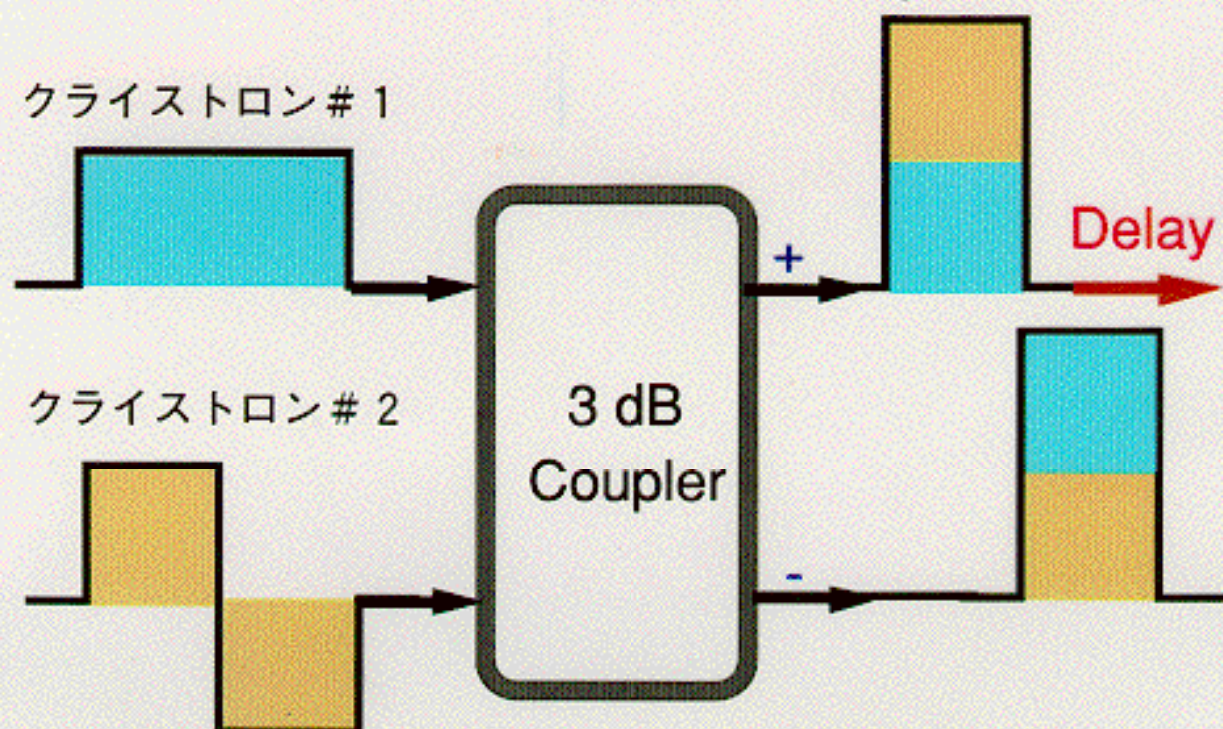


# 高周波パルス増幅

DLDS(Delay Line Distributed System):

原理：2倍増幅／2パルス幅分割 (2/2)

Delayでビームとのtiming調整



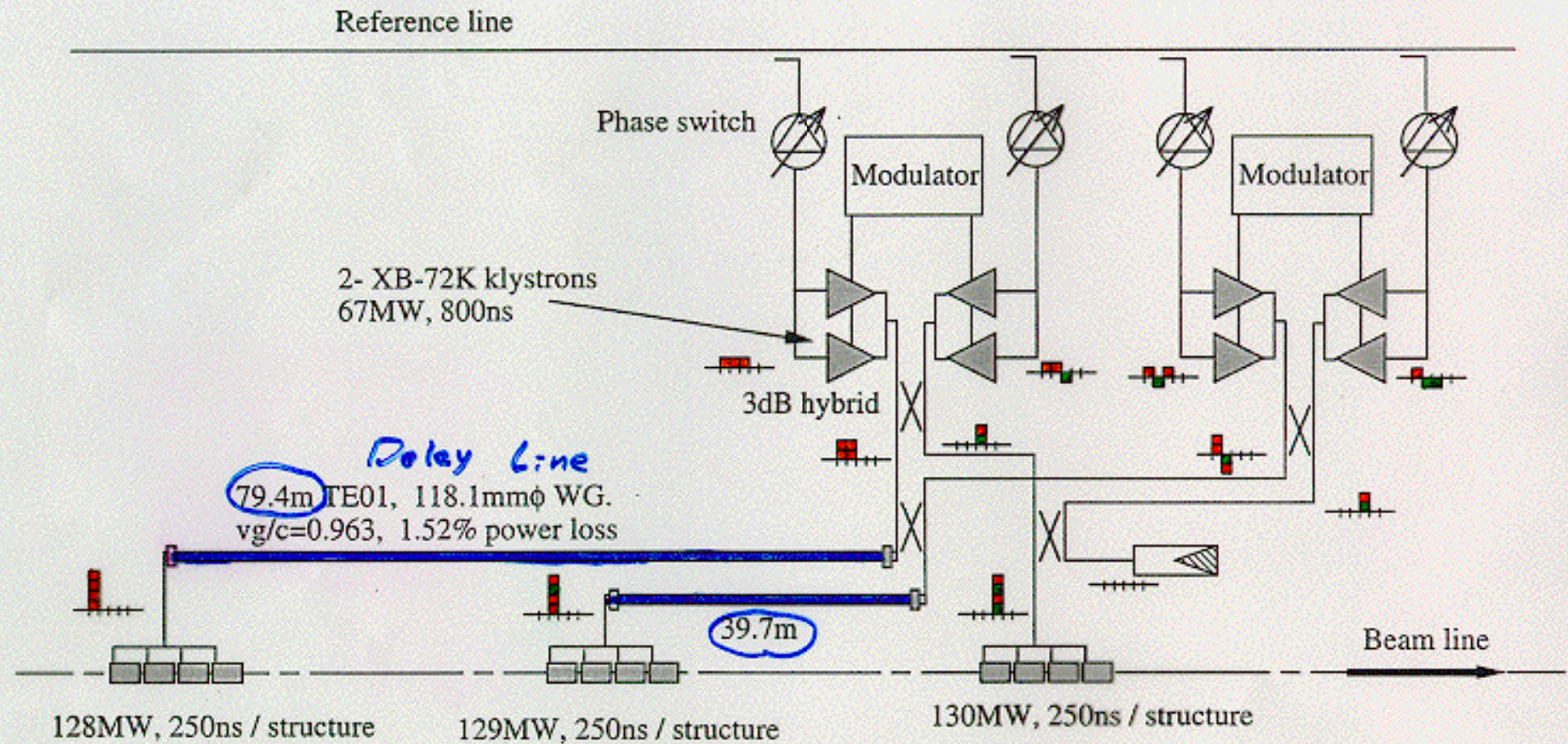
JLC：4倍増幅／3パルス幅分割 (4/3)

8クライストロン/1ユニット

1520ユニット/500GeV

SLAC：SLED-II (20mのdelay line)

C-band：Amplitude(phase)-controlled  
short(1m) delay line



$E_{NL} = 73\text{MV/m}$ ,  $E_{LD} = 53\text{MV/m}$   
for 130MW input to 1.3m-long structure

X-band RF system with 4/3-DLDS unit

## 加速管：DS(Detuned Structure)

Simple disk loaded structure (円筒型旋盤加工のみ)

4本のDS加速管(150cell・1.3m)システムで  
transverse long range wake fieldを成長させない。

⇐ 『インコヒーレント』なwake fieldの和

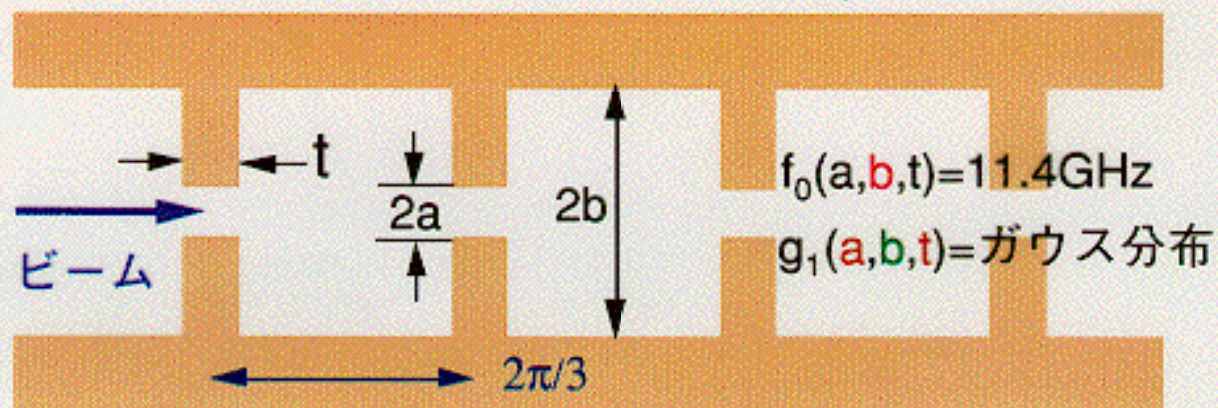
⇐ 空洞(加速管)周波数 $\Delta f/f=10^{-4}$ のガウス分布

有限個の周波数分布→不完全な『インコヒーレント』

→4本システム必要。

⇐ 加速管の精密加工 ( $O(\lambda=2.6\text{cm})\times 10^{-4}=O(\mu\text{m})$ )

0.7MHz/0.3 $\mu\text{m}$



今年 8 月

SLAC-ASSET(Accelerator Structure SETup)で実験

結果とシミュレーションの詳細な比較 (図参照)

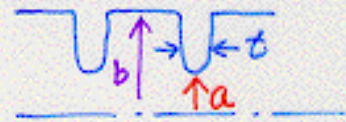
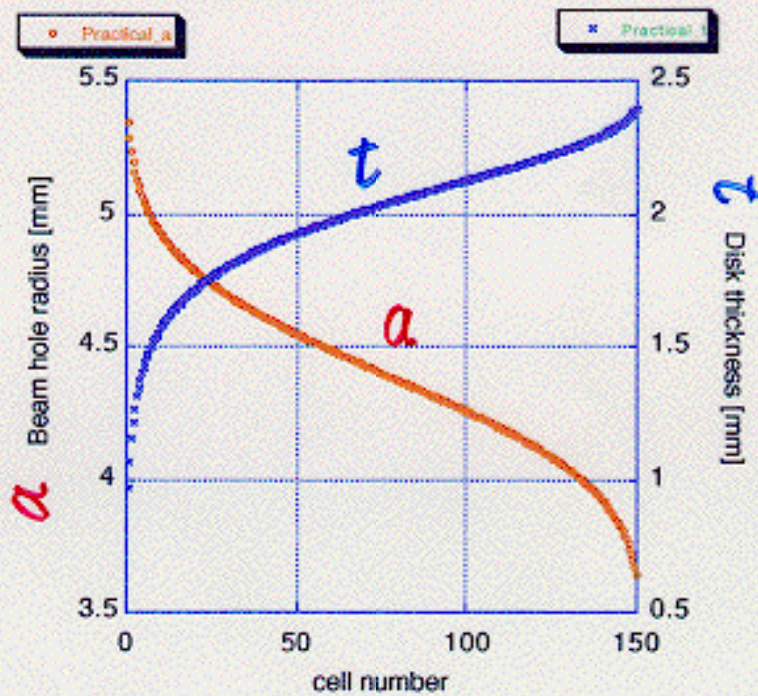
SLACのDDS(Detuned Damped Structure)も実験。

DS：4本システムでの実証が必要。

アライメントシステムの開発

# Design of a detuned structure

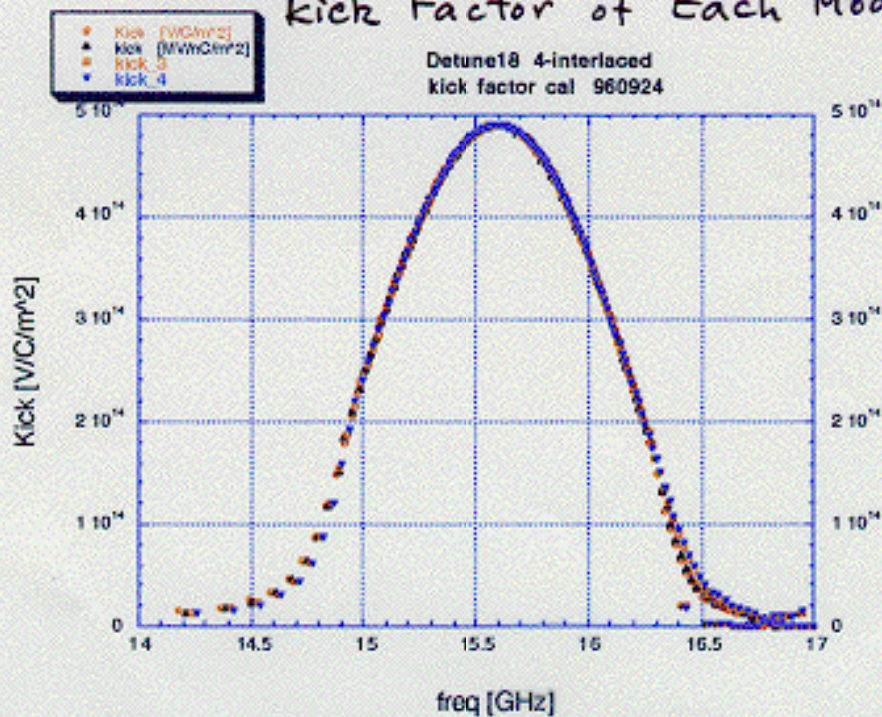
Design Parameters of 1.3m structure ( DS2 )



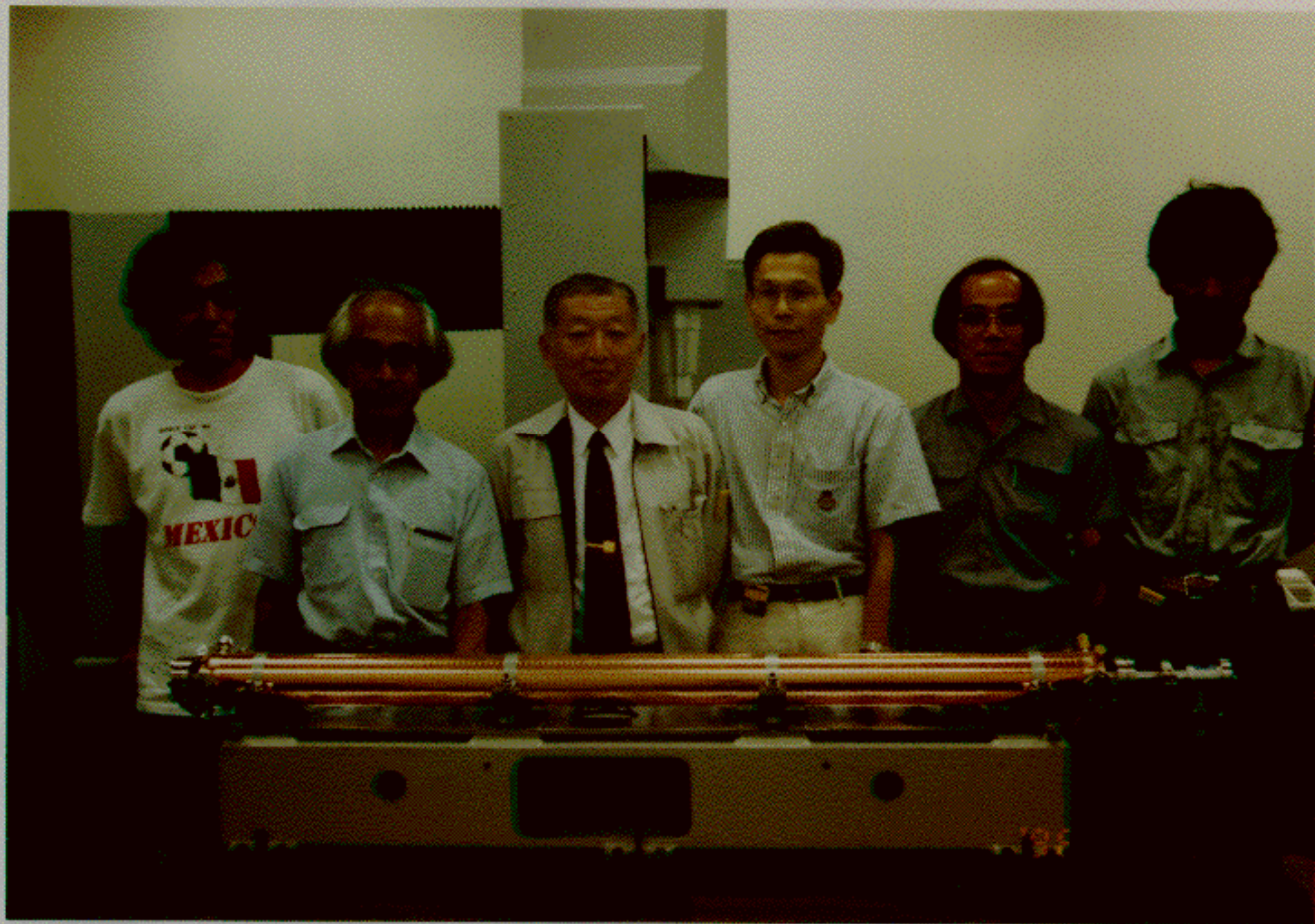
$$f_{acc}(a,b,t) = 11.424 \text{ GHz}$$

disk parameters

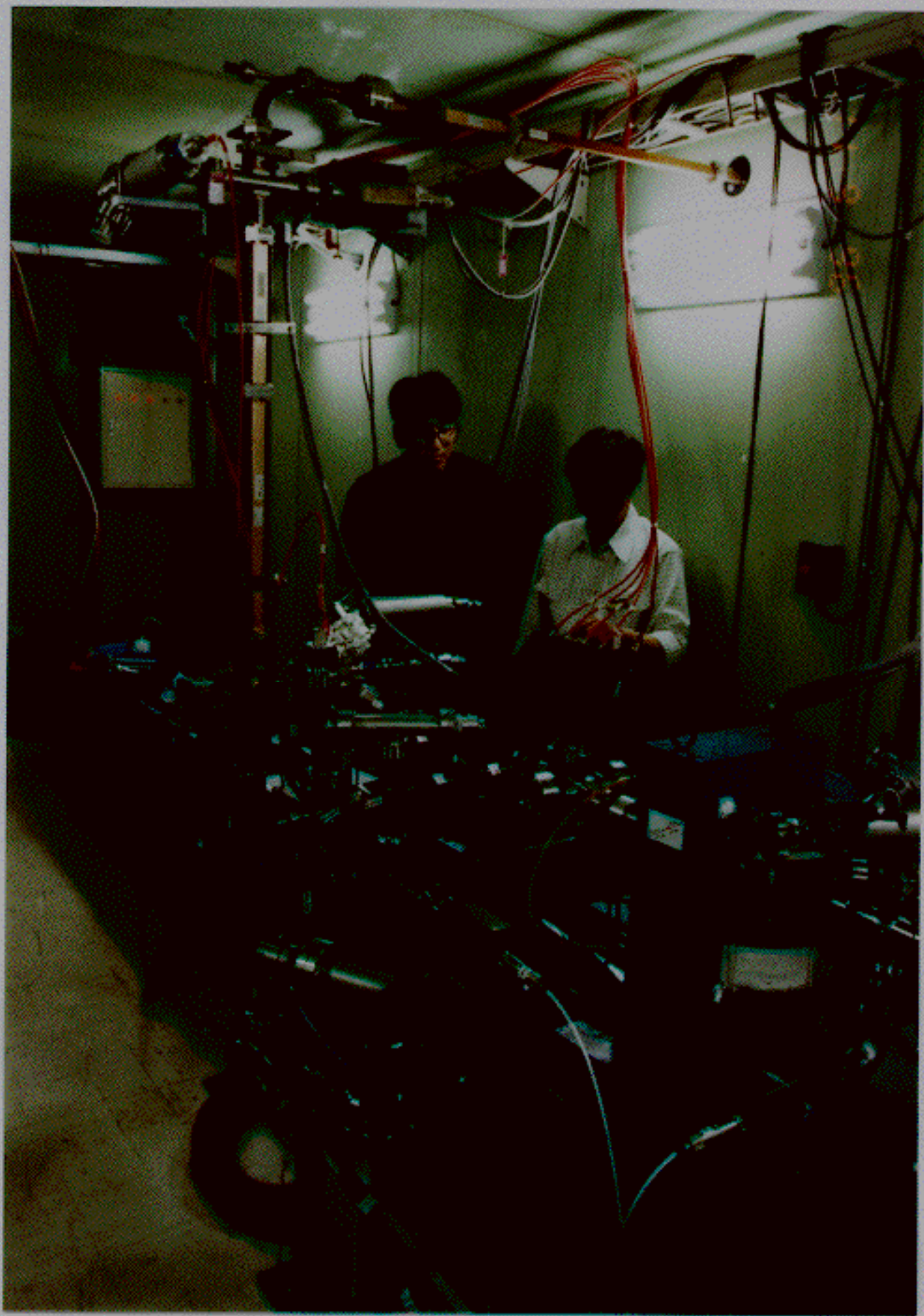
## kick Factor of Each Mode



Mode frequency distribution



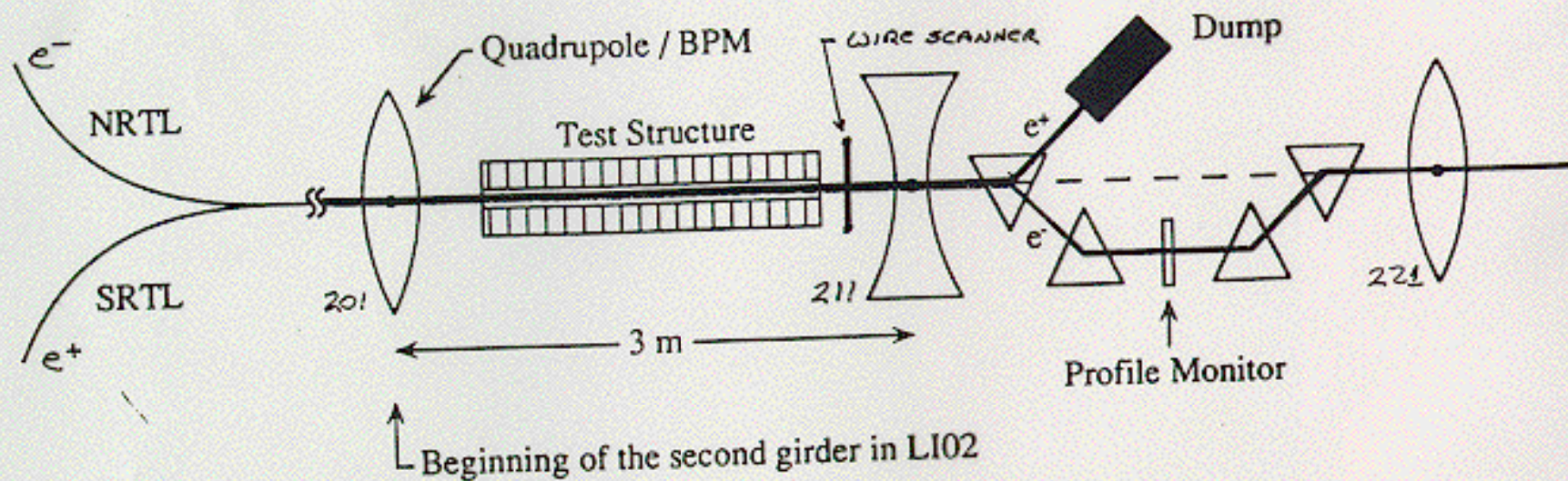




X-band High Gradient Experimental Setup

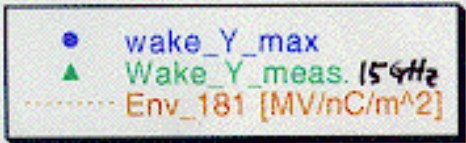
# Accelerator Structure SETup (ASSET) in the SLC

C. Adolphsen

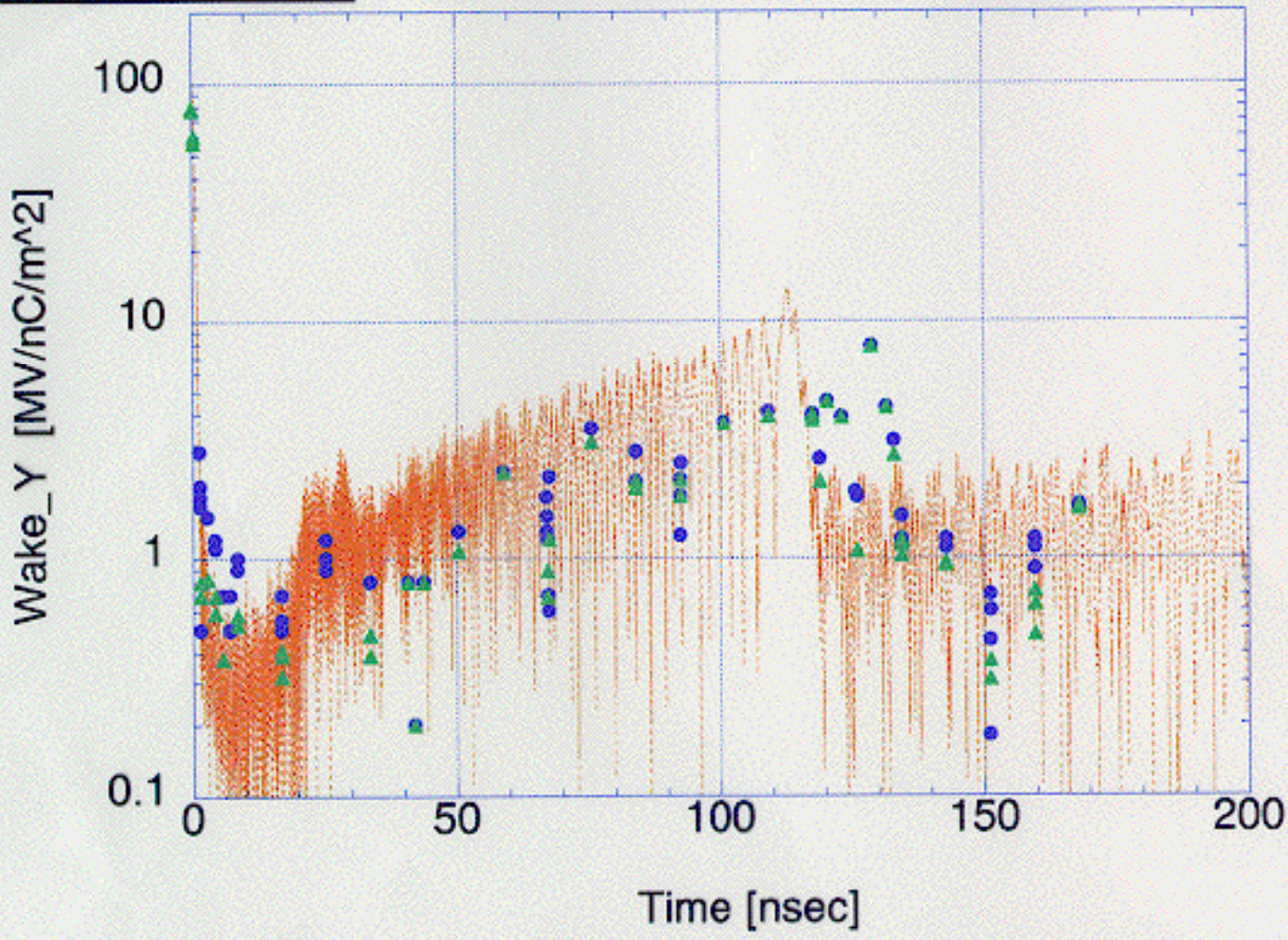


## MEASUREMENT OF THE BUNCH-TO-BUNCH TRANSVERSE WAKEFIELD COUPLING IN THE TEST STRUCTURE

- Inject a positron bunch into the linac followed by an electron bunch - the positrons serve as the drive bunch and electrons as the witness bunch.
- Vary the vertical drive bunch amplitude and measure the betatron amplitude of the witness bunch in the linac after the drive bunch is dumped - the ratio of these amplitudes is proportional to the wakefield coupling.
- Repeat for different bunch-to-bunch time separations to measure the temporal dependence of the long-range transverse wakefield.

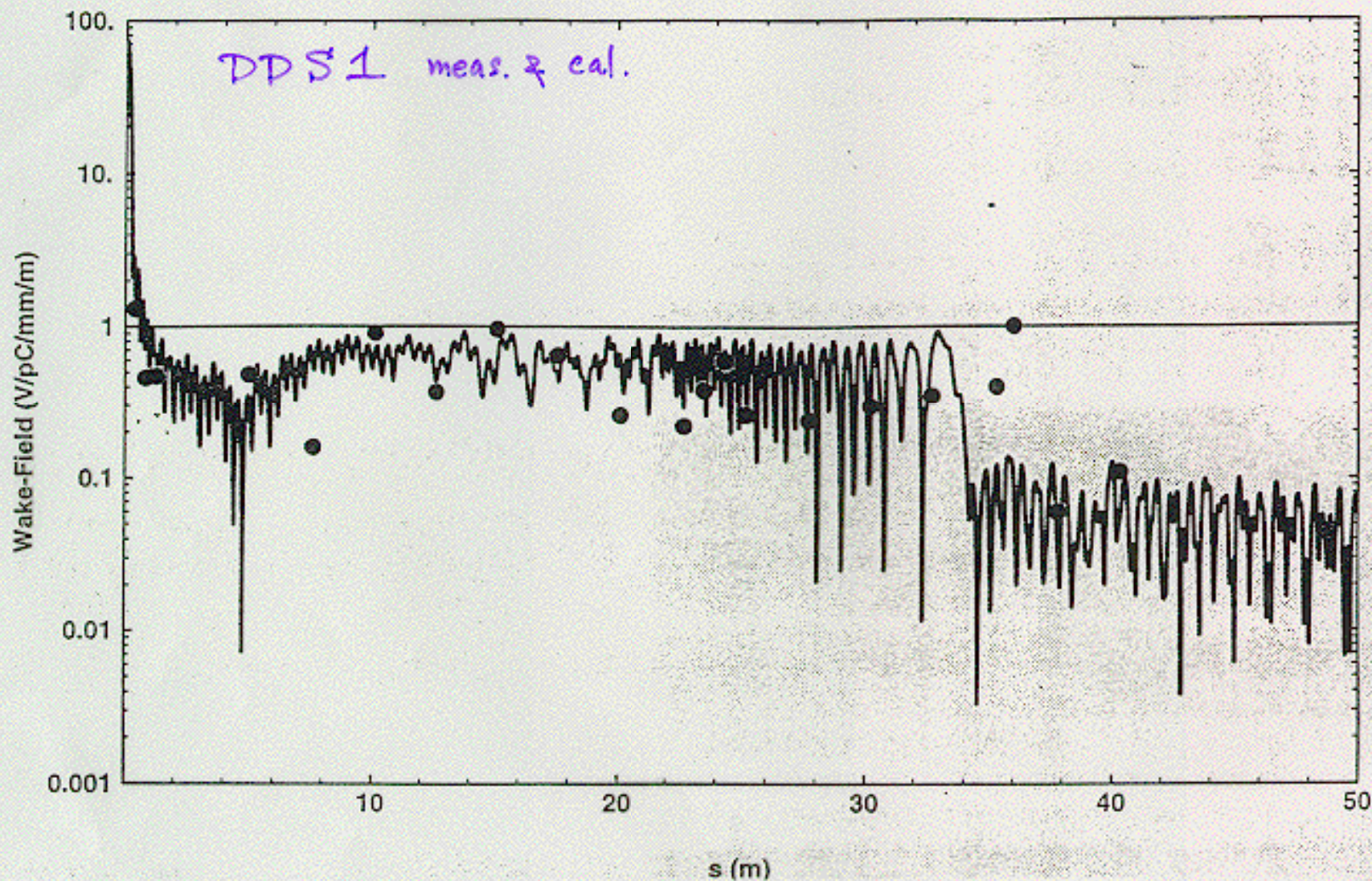


"M2" Measured wake field @ ASSET in Aug. 96  
 &  
 Cal. wake open mode code "detune181" (Q=6000)



Wake Field Data • ASSET (Aug. '96) and Calcul. by  
SLAC

Envelope of Wake-Field via Spectral Fn. Method R. Jones (eq. circuit)  
Exp. Reflection Coeff. (Mag. & Phase) of HOMC Bends & Windows



# C-band(5.21GHz) LINAC

## X-band LINACのバックアップシステム

1992.8 LC92でc-band LCを提案。(JLC-1 Green book)

1996.1 R&D開始。

重心系エネルギー：	0.5TeV	1.0TeV
クライストロン：	50MW(350KV)	100MW
加速勾配：	31.9MV/m	46.8MV/m
LINAC長/ビーム：	7.53 km	10.55km

1ユニット：8m(4 structures), 2 klystrons

高周波パルス増幅：コンピュータ制御・Delay Line(1m)

加速管：HDS(Heavily Damped Structure)

いわゆるOpen choked structure (LC92でのtopics)

1994年 ATF-LINACでs-band加速テストOK

## スケジュール (power source)

1996 85MW resonant ringによるwindowテスト  
c-bandに必要なcomponentsも同時にテスト

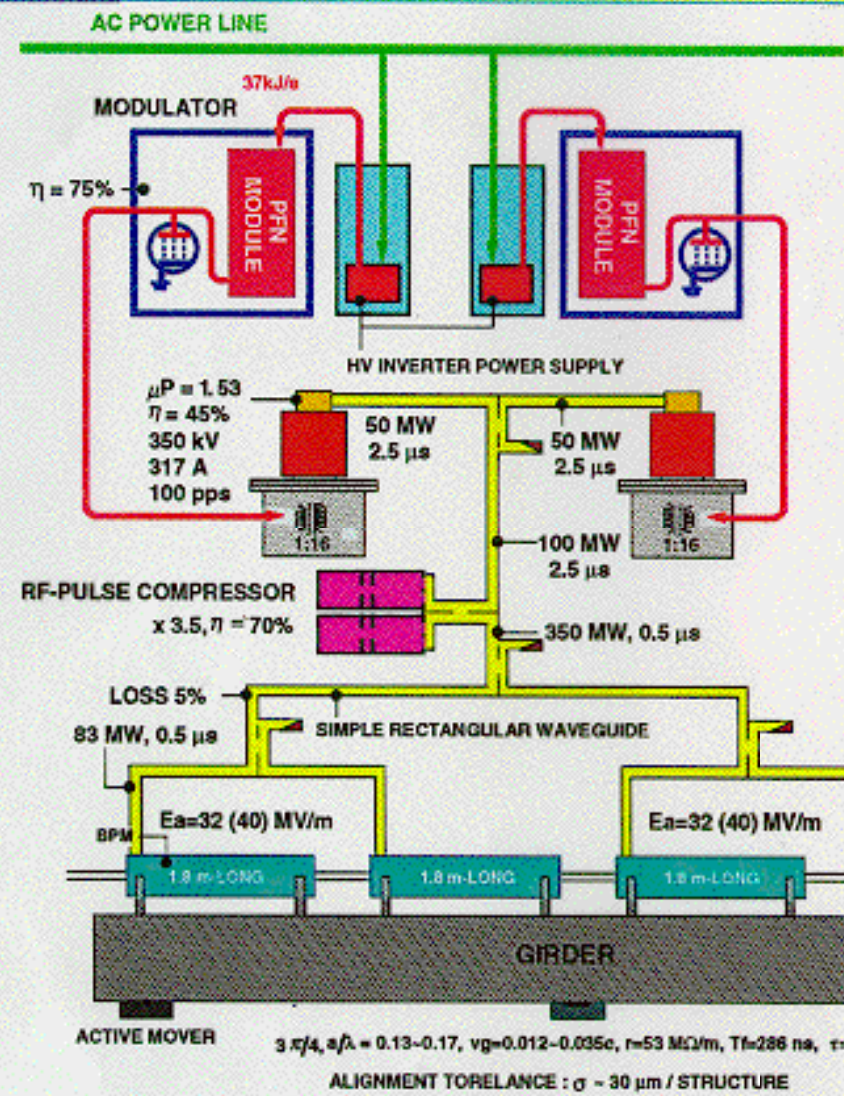
1997.3 50MWクライストロン(東芝E3746)納入  
350KV, 3 $\mu$ secパルス幅, 45%効率←0.5TeV用実機

1998 >60MW, >60%, 収束用PPM

200x 100MW, 70%←1TeV用実機



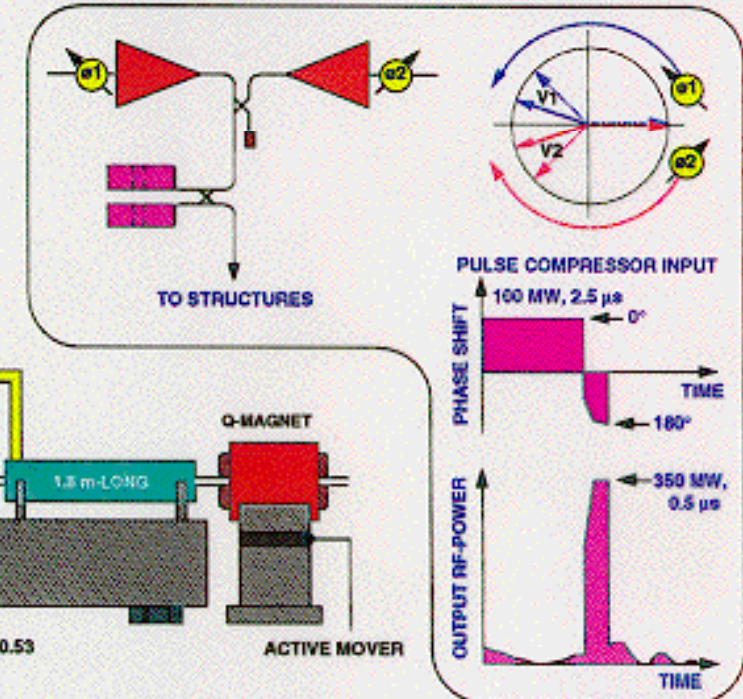
# MAIN LINAC RF-SYSTEM C-band LINEAR COLLIDER



5712 MHz,  $\sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$  FOR TWO LINACS

RF-SYSTEM	: 2040 UNITS
MODULATORS	: 4080
KLYSTRONS	: 4080
ACC. STRUCTURES	: 8160
ACTIVE LENGTH	: 14.7 KM
WALL-PLUG POWER	: 150 MW

BEAM LOADING COMPENSATION USING PHASE-TO-AMPLITUDE MODULATION



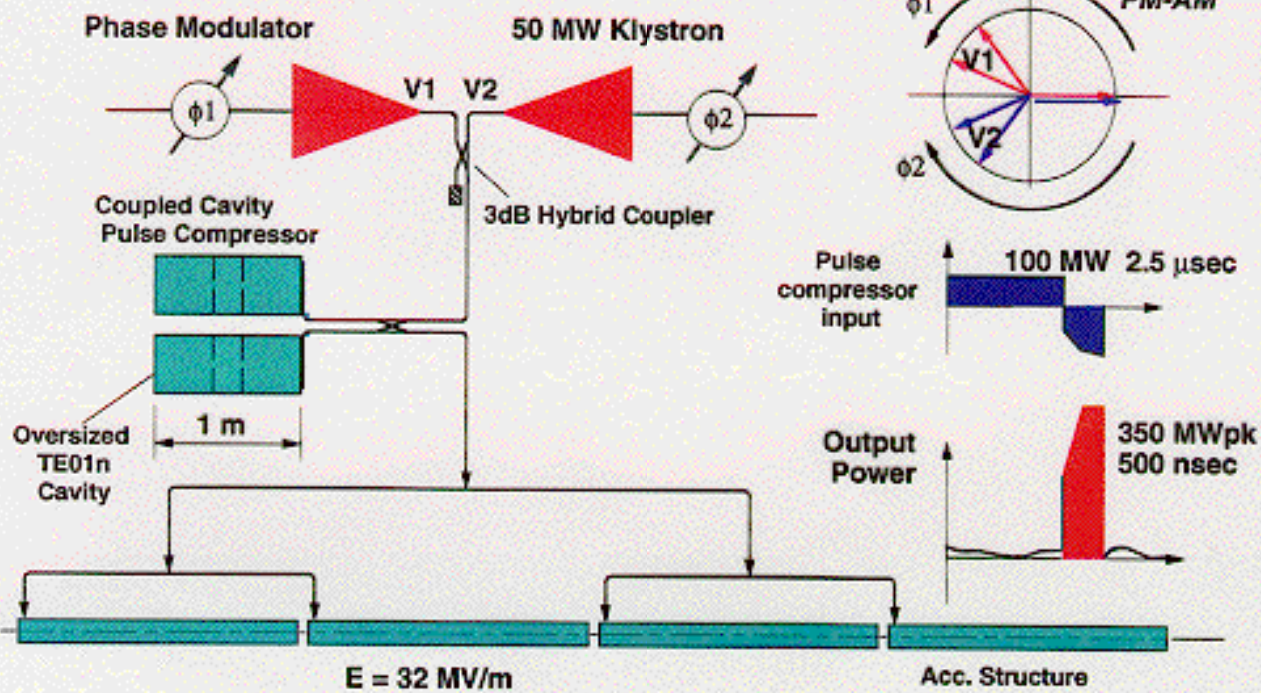
Linear Collider

J. BERG, K. MATSUOKA & T. SHIBATA, KEK

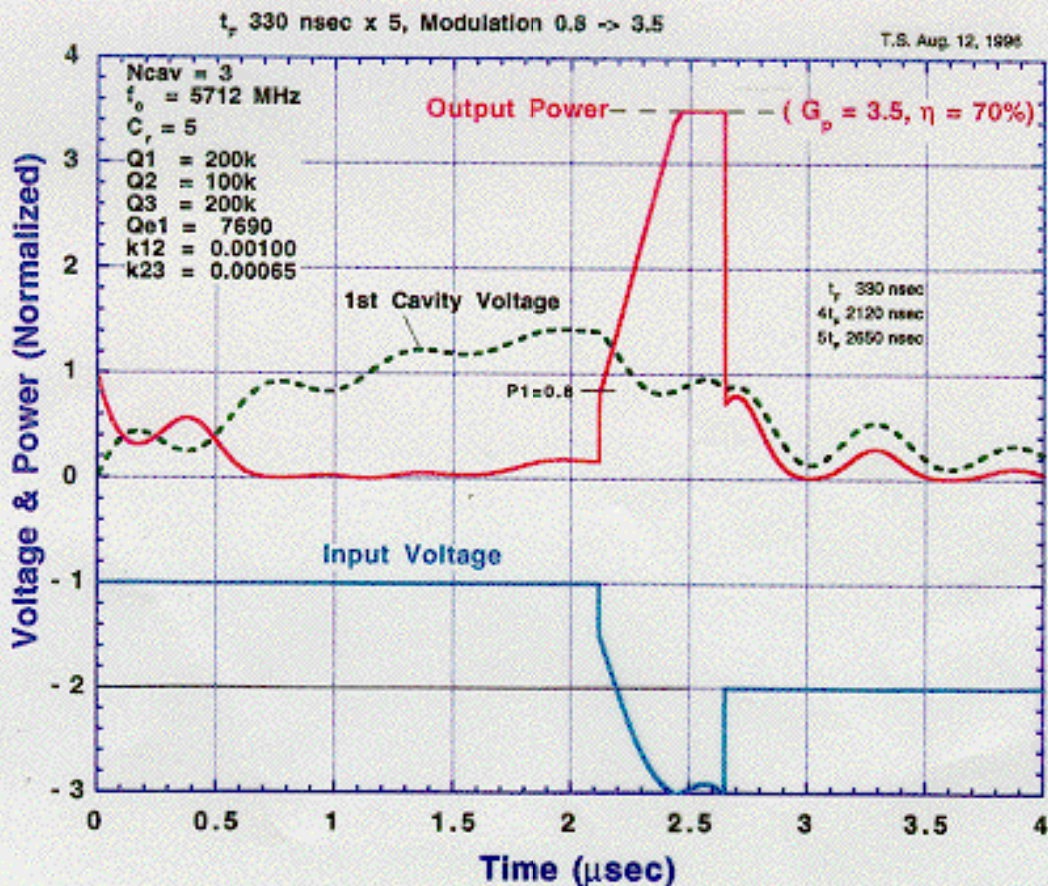
# Flat Pulse Generation by PM-AM Modulation

C-band LC

## Phase-to-Amplitude Modulation

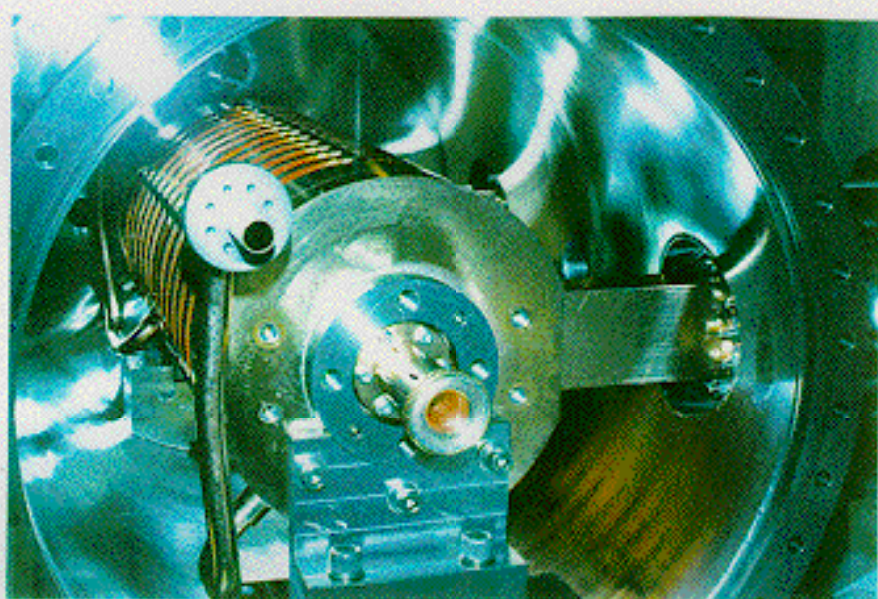
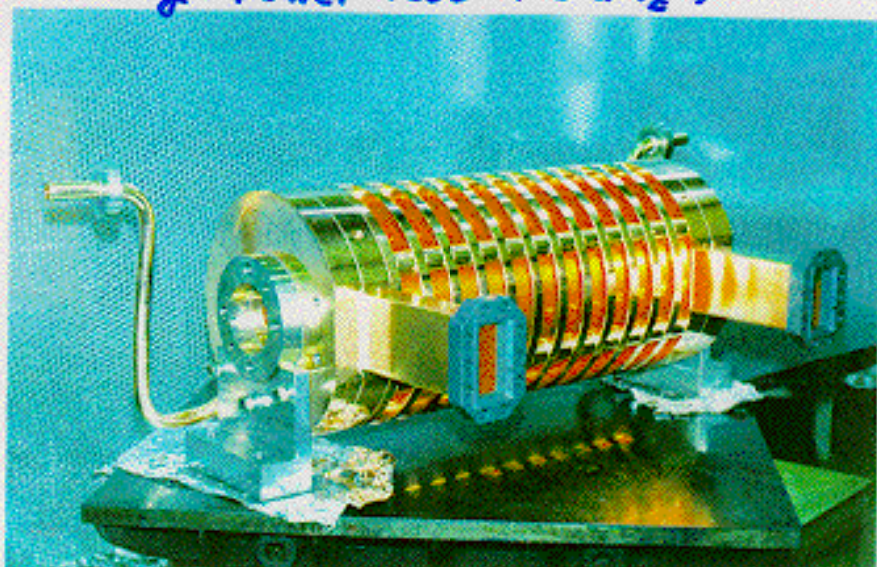


T. ShimTake 96'



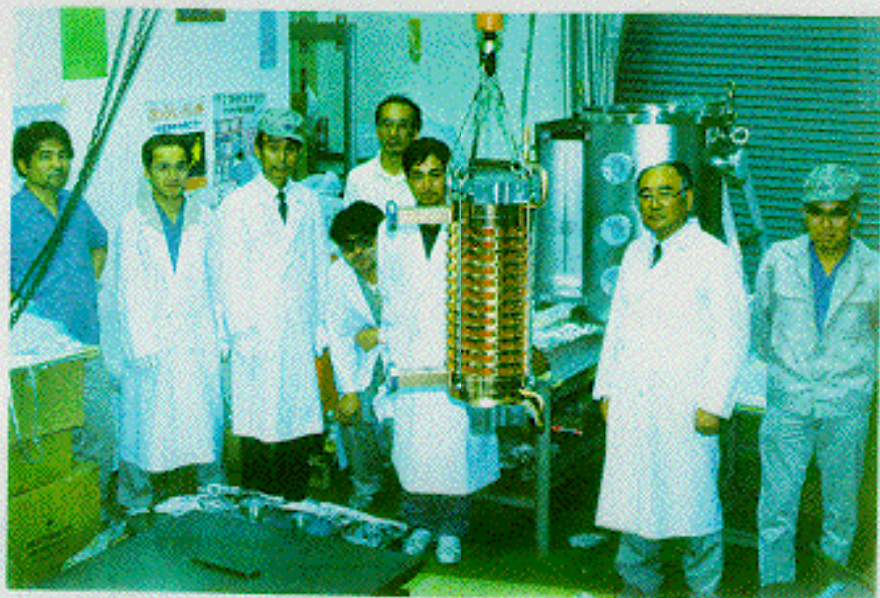
High Power Test ( 3 GHz )

1994



S-band  
100MW  
1MSEC

52MV/m  
達成



Choke Mode Cavity

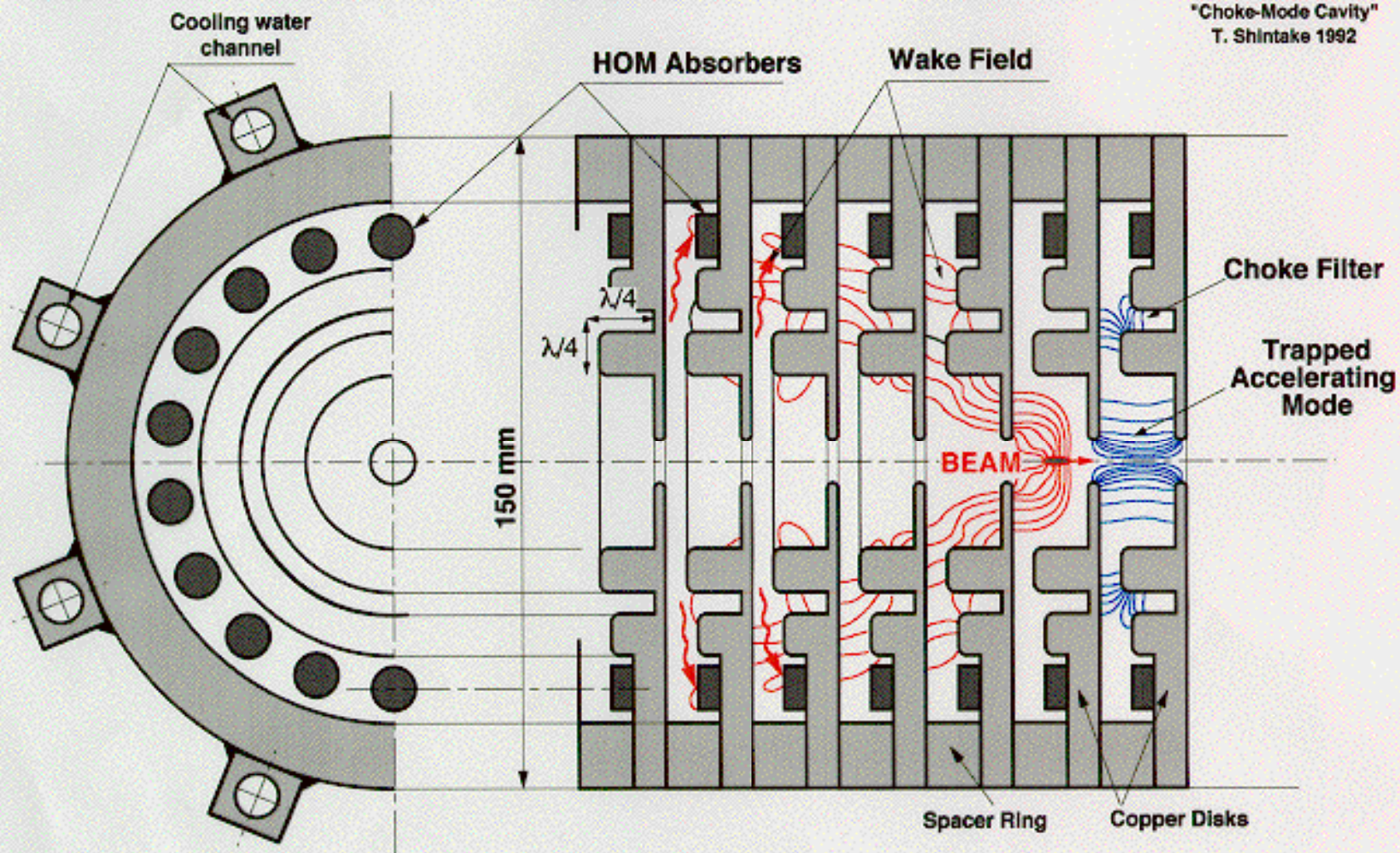
S-band, 14 Cells, Active length 0.55 m



# HOM-Free Linear Accelerating Structure

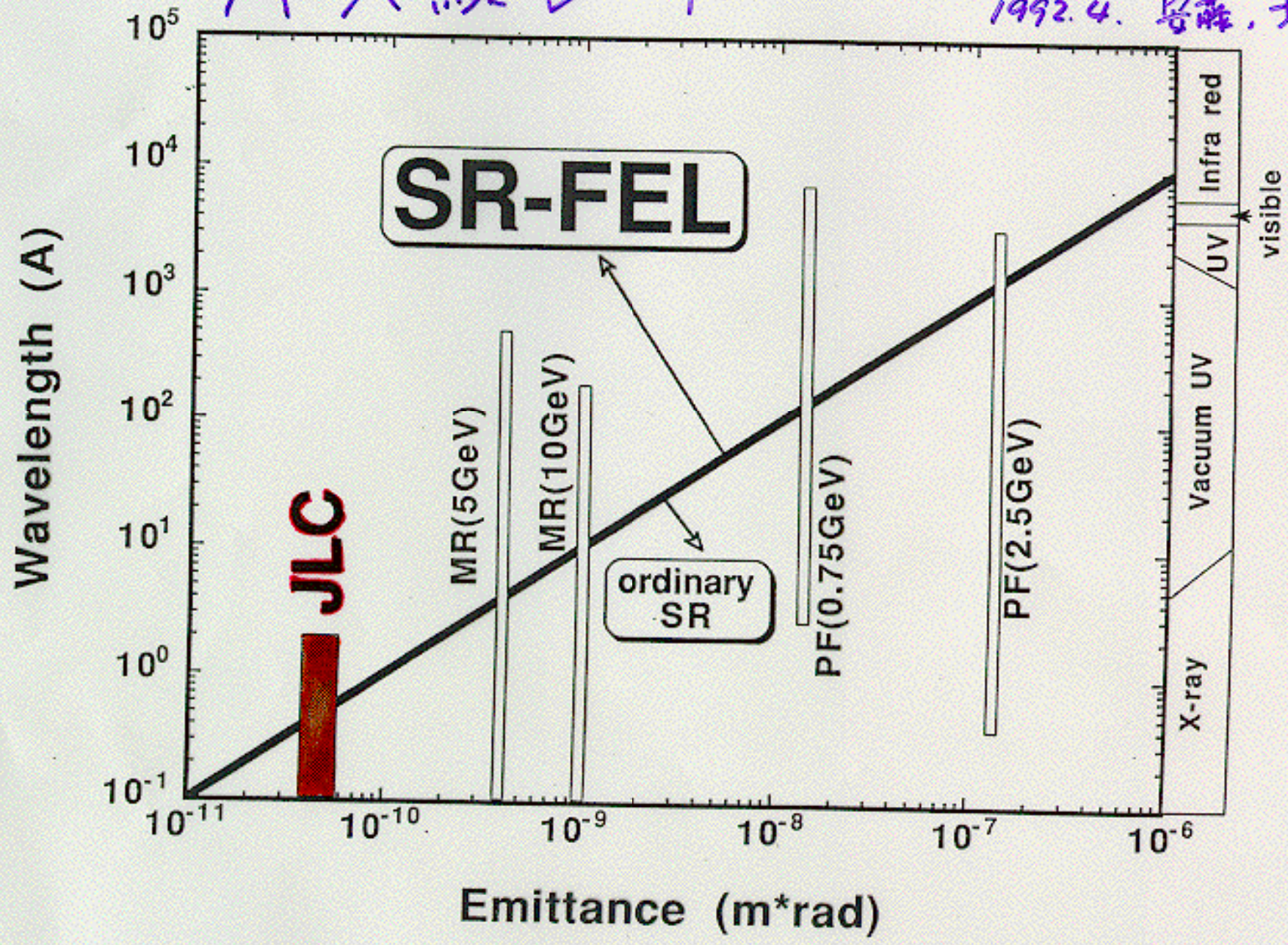
C-band JLC

"Choke-Mode Cavity"  
T. Shintake 1992



Å X線レザ

JLC1-1 34.  
1992.4. 岩崎, 北村



## Accerelator Physics Linear Collider Workshop

Year	Workshop	Location
1988	LC88	SLAC
1990	LC90	KEK
1991	LC91	Protvino
1992	LC92	Garmisch
1993	LC93	SLAC
1995	LC95	KEK

## Studies of Particle Physics at Linear Collider

Year	Study/Workshop	Location
1987	SLAC Study Group	SLAC
	La Thuile CLIC Study	CERN
1988	SNOWMASS	USA(Snowmass)
1989	1-st JLC Workshop	KEK
1990	SNOWMASS	USA(Snowmass)
	2-nd JLC Workshop	KEK
1991	LCWS91(EE500 Workshop)	Saariselka, Finland
1992	Colliding Beam Workshops	U.S.A.
	3-rd JLC Workshop	KEK
1993	LCWS93	Waikoloa, Hawaii
	4-th JLC Workshop	KEK
1994	5-th JLC Workshop	KEK
	LC2000 Workshops	Europe
1995	LCWS95	Morioka-Appi,Japan
1996.12	6-th JLC Workshop	Tokyo univ.

世界のリニアコライダーとテストファシリティ  
 (重心系エネルギー=0.5-1.0 TeV)

LC's	研究所	$f_{rf}$ (GHz)	特徴	テストファシリティ	開始-完成年
TESLA	DESY	1.3	Super Con.	TTF, 500MeV	1993-97
SBLC	DESY	3.0		SBTA, 400MeV	1992-96
JLC-X	KEK	11.4		ATF, 1.54GeV	1992-96
-C		5.7		S-linac, DR	
NLC	SLAC	11.4		NLCTA, 540-1028MeV	1993-96
	SLAC			FFTB, $\sigma_y=70\text{nm}$	1989-93
VLEPP	BINP	14	Single bunch	BINP, 400MeV	1992-97
CLIC	CERN	30	2 beam acc.	CTF1	1989-95
				CTF2, 500MeV	1996-98

# 物理：まとめ

## 1. Top

- $\Delta m_t = 0.2 \text{ GeV}$      $10 \text{ fb}^{-1}$  ;精密測定  
 $\Delta \Gamma / \Gamma_t = 0.05$      $100 \text{ fb}^{-1}$  ;世代数の制限 ( $|V_{tb}|^2$ )  
 $\Delta \alpha_s = 0.002$      $100 \text{ fb}^{-1}$  ;大統一理論  
 $\Delta \beta_h = 0.25$      $10 \text{ fb}^{-1}$  ;湯川相互作用 ( $M_h \sim 100 \text{ GeV}$ )

## 2. Wの異常結合

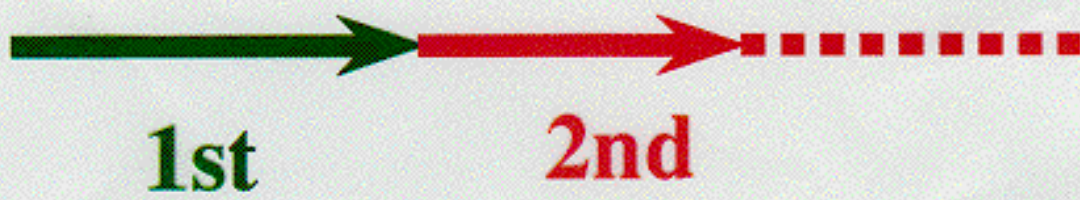
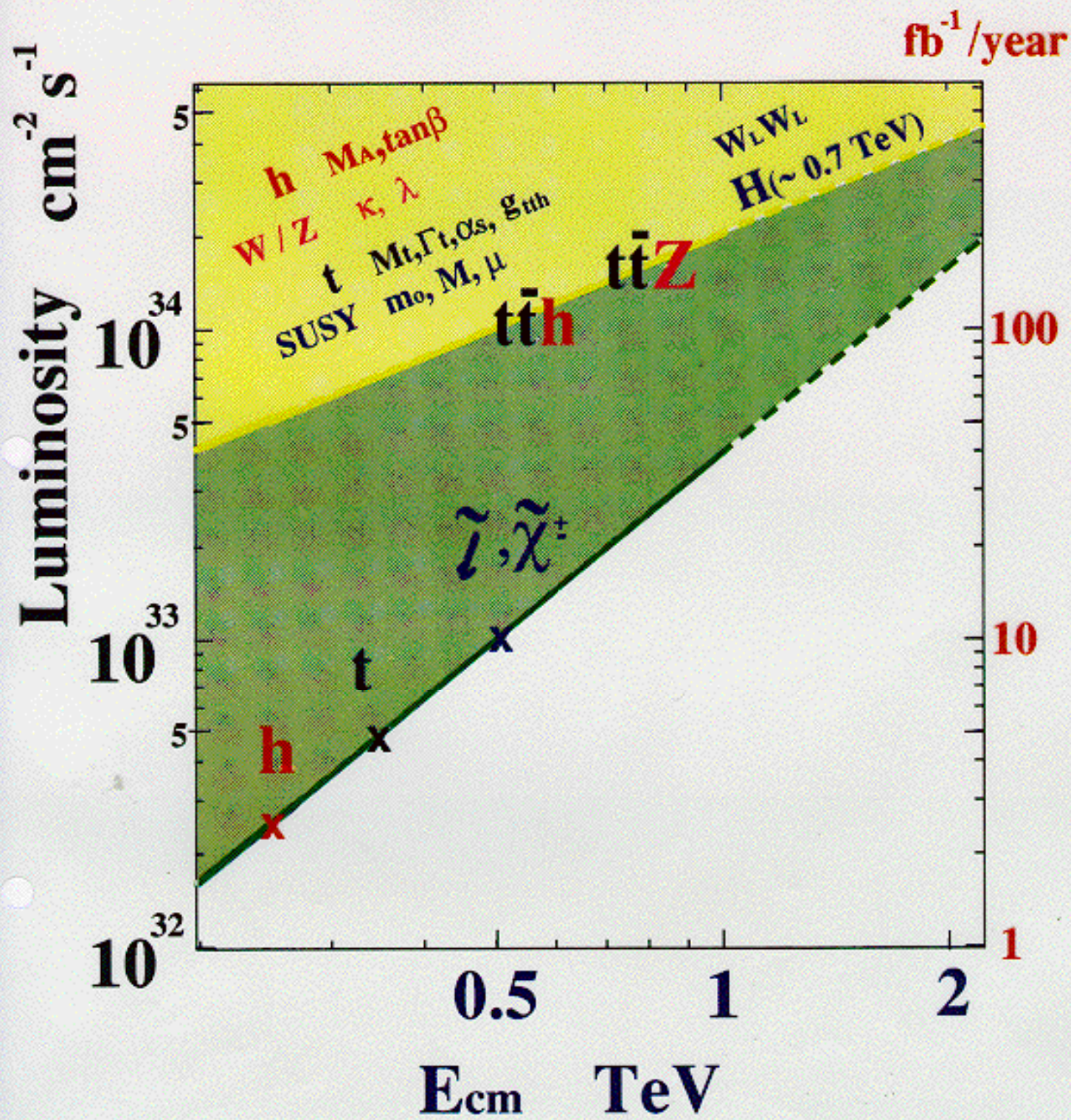
$\Delta \kappa_{Z\gamma} \sim \lambda_{Z\gamma} \sim 1\%$      $30 \text{ fb}^{-1}$   $P_{e^-} > 90\%$ ; SMを超える物理

## 3. Higgs

Higgs発見： $m_h < E_{\text{cm}} - M_Z$      $30 \text{ fb}^{-1}$   
 $m_h > 150 \text{ GeV} \Rightarrow$  SUSYキラー  
精密測定(質量,分岐比): $100 \text{ fb}^{-1}$ ; SM or SUSY

## 4. SUSY(GUT)

SUSY粒子の発見： $m_{\text{SUSY}} < E_{\text{cm}}/2$      $10 \text{ fb}^{-1}$   
精密測定(質量、断面積): $100 \text{ fb}^{-1}$   
 $m_0, M_i, A, B, \mu$ 決定 $\Rightarrow$ プランクスケールの世界



# コライダー：まとめ

キーエレメントの開発研究

1997年度末に終了



CDRの作成

プロポーザル

2001年 建設開始

2005年 LHC実験、 $E_{cm}=14 \text{ TeV}$

同年 LC実験、 $E_{cm} \geq 250 \text{ GeV}$

2007年 JLC 実験:  $E_{cm}=0.5 \text{ TeV}$