

# 計画研究B01

異状な構造をもつバリオンの存在形態の解明  
**Elucidation of baryons with unusual  
quark configuration**

RCNP, Osaka U.

Hiroyuki Noumi for the B01 collaboration

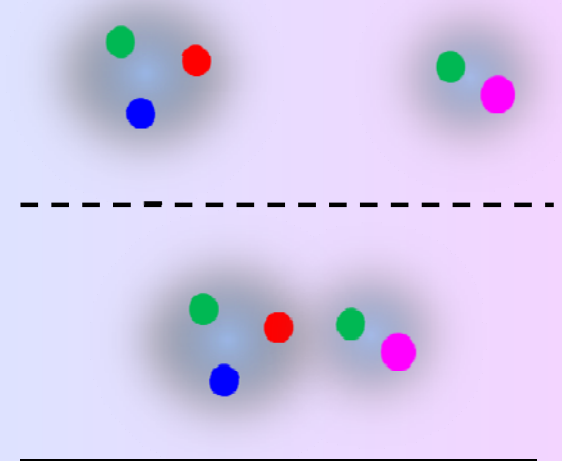
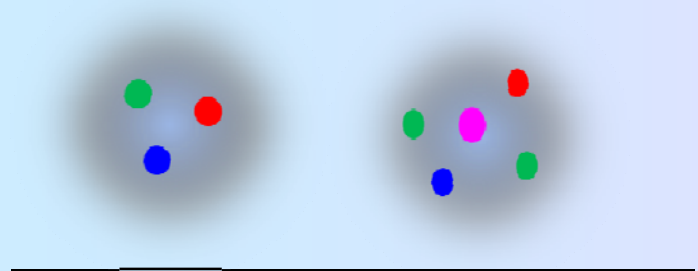
# 異状な構造を持つバリオンの存在形態

ハドロンを記述する有効自由度を調べる。

std(QM)を超えたハドロンの描像

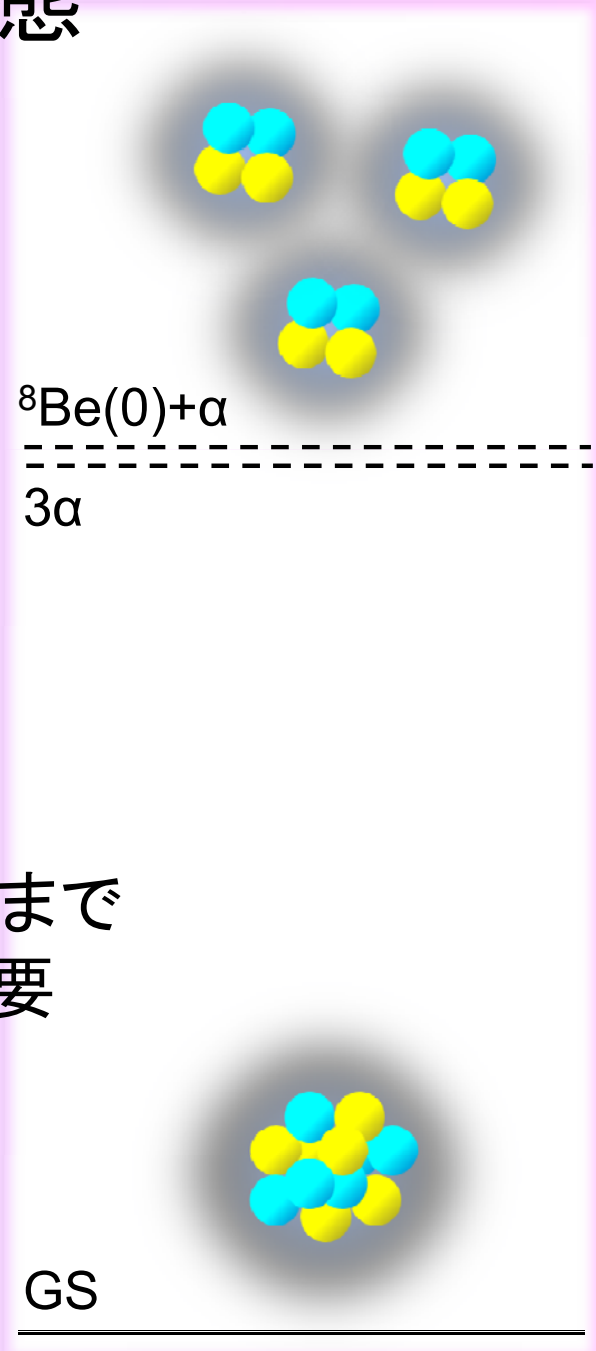
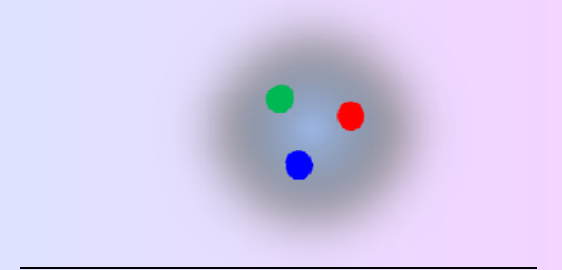
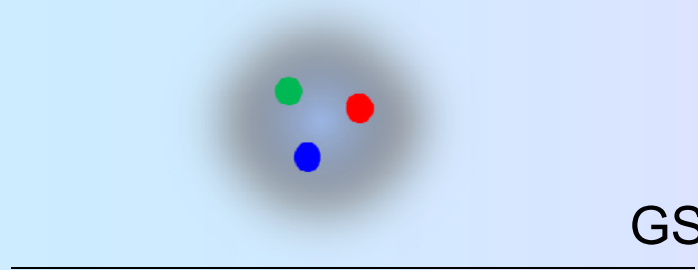
カラーの閉じ込め

クォークの動的質量獲得

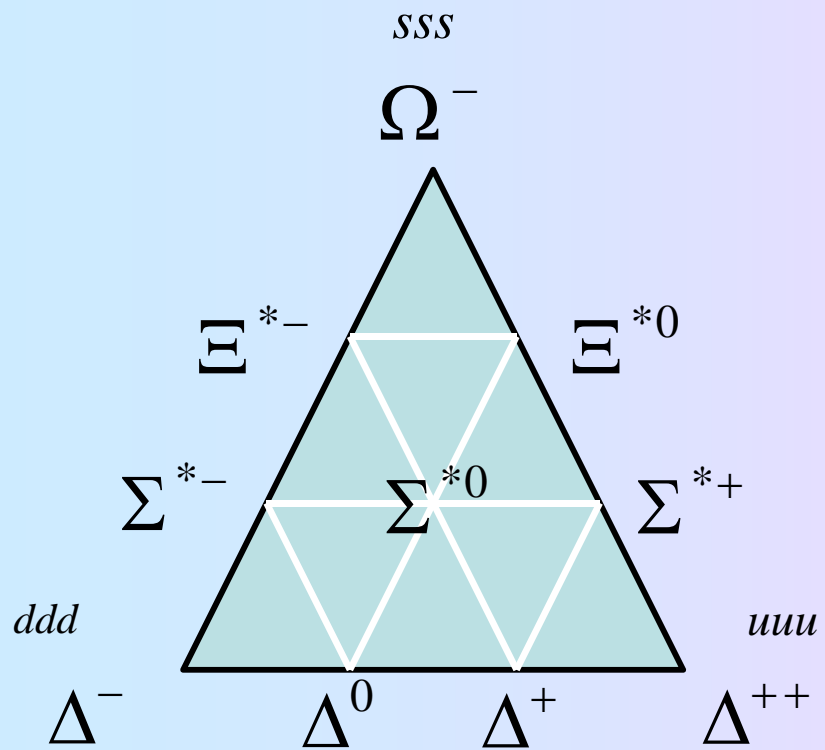


$J^P, l, m, \Gamma, F(q) \dots$

ハドロンの生成から崩壊まで  
一貫して調べる必要がある



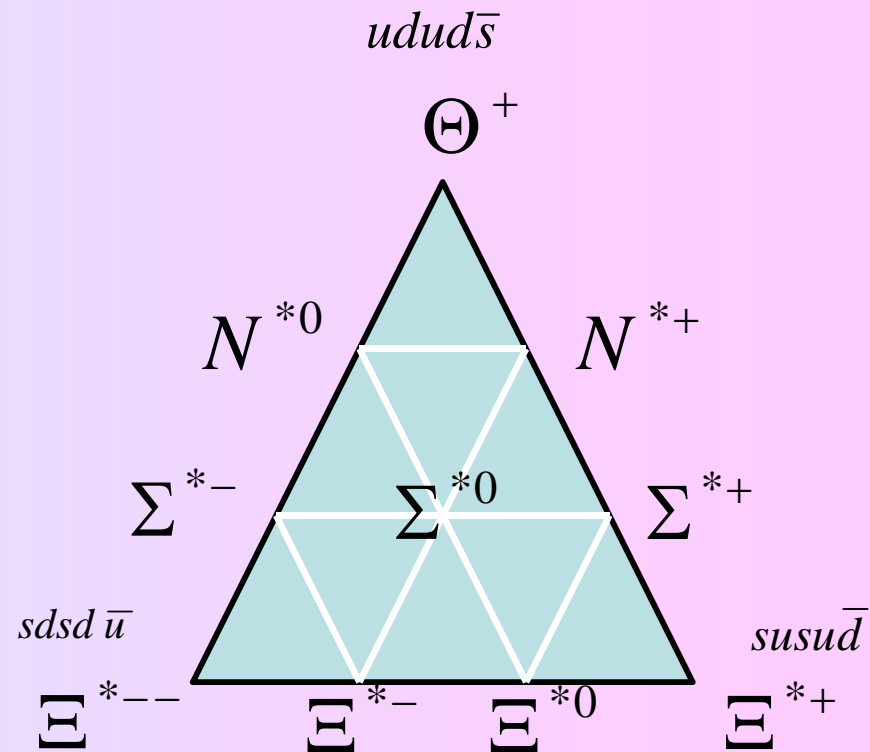
# Exotic Baryon: $\Theta^+$



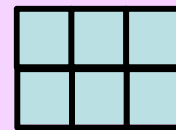
$10$



$qqq$



$\overline{10}$



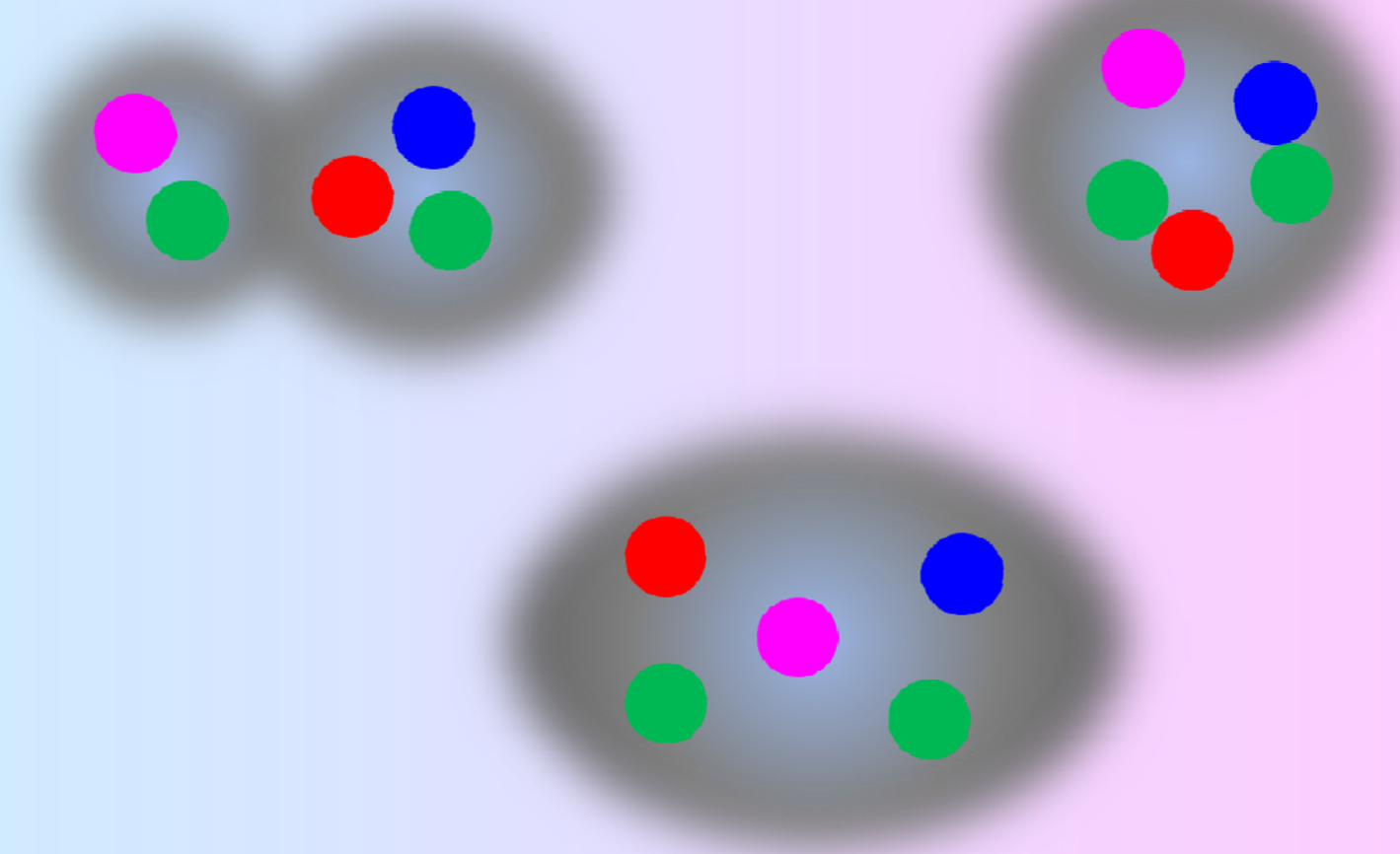
$qqqq\bar{q}$

# Exotic Baryon: $\Theta^+$

とにかく、存在を確立すること。

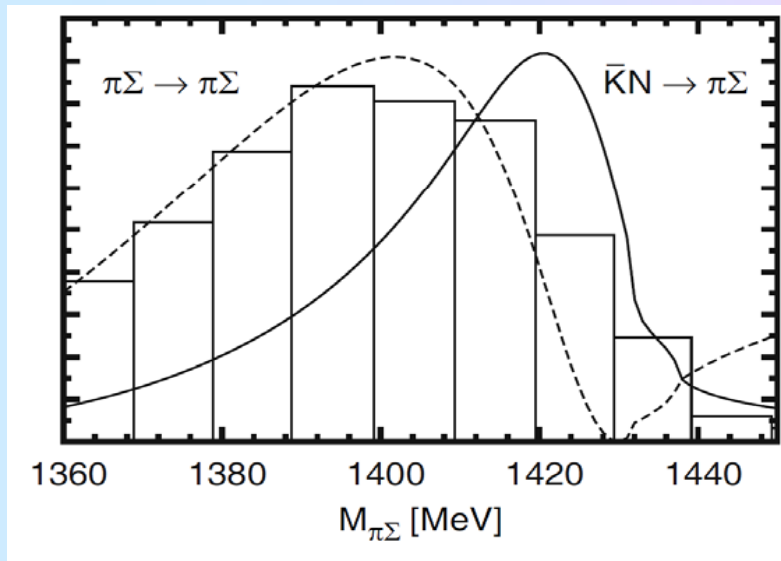
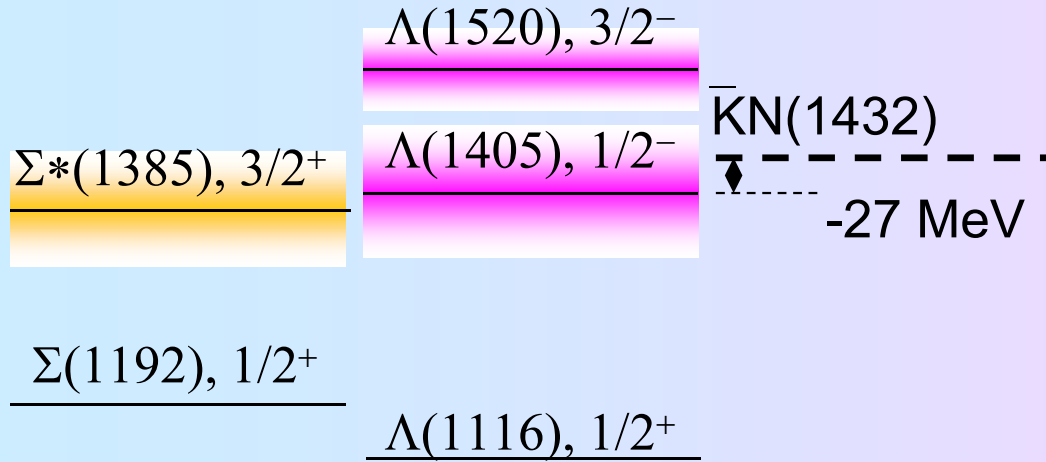
それから、その正体を調べる。

質量、幅、スピンパリティ、生成チャンネルが、内部構造を知る手掛かりとなる。

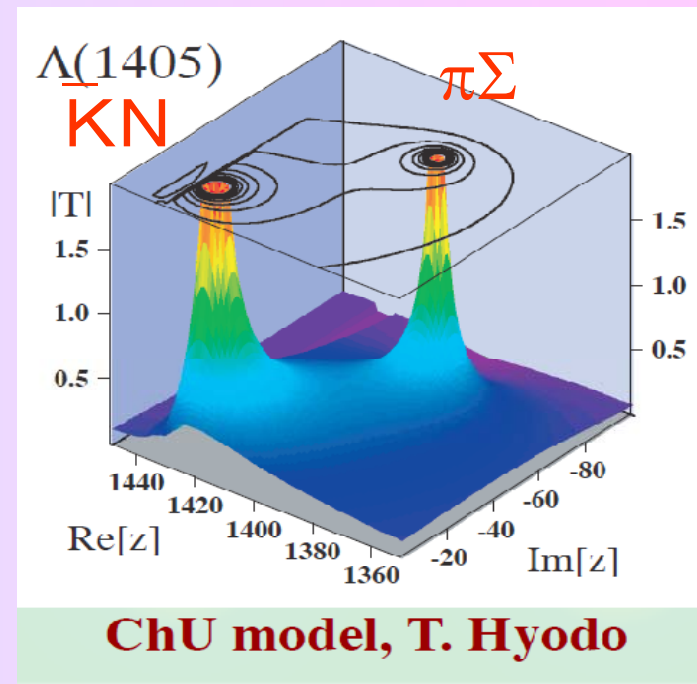


# $\Lambda(1405)$ : meson-baryon molecular state?

$\mathcal{J}^P = \frac{1}{2}^-$ ,  $I = 0$ ,  $M_{\Lambda(1405)} < M_{\bar{K}N}$ , lightest in neg. parity baryons



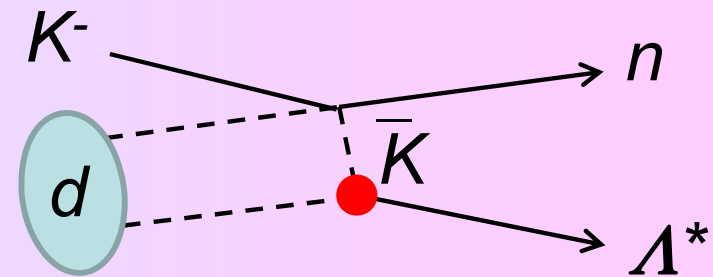
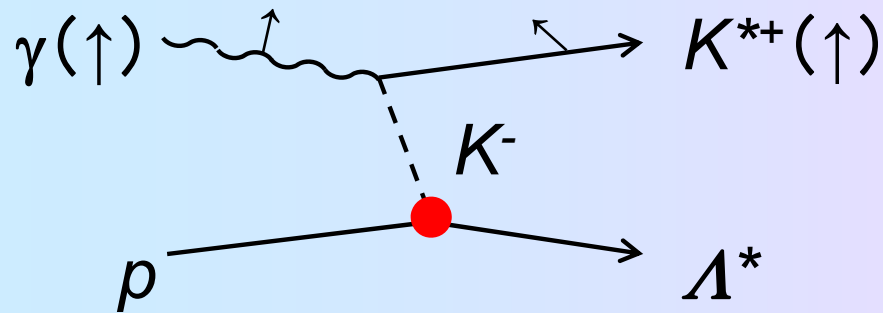
Eur. Phys. J. A42('09)257



# $\Lambda(1405)$ : meson-baryon molecular state?

$K^{\text{bar}}N \rightarrow \pi\Sigma$  を  $K^{\text{bar}}N$  閾値以下でみる

$\bar{K}N\Lambda^*$ 結合(  $\bar{K}N \rightarrow \pi\Sigma$  )を選択的に調べる生成反応チャンネル



Spin-Isospin状態の同定とそれらの干渉を分離する

崩壊モード(終状態)の同定によるSpin-Isospinの分離

$\Lambda(1405)$	S-wave, $l=0$	$\pi^0\Sigma^0, \pi^{+/-}\Sigma^{-/+}$
Non-resonant	S-wave, $l=1$	
$\Sigma^*(1385)$	P-wave, $l=1$	$\pi^0\Lambda, \pi^{+/-}\Sigma^{-/+}$

# B01研究の進捗

## 1. LEPS施設におけるハドロン物理の推進:

- 光子ビームの増強:
- 物理成果
- 光子ビームを用いた $\Lambda(1405)$ 分光/ $\Theta^+$ 探索実験

## 2. J-PARCにおけるハドロン物理の展開:

- $\pi^-$ ビームを用いた $\Theta^+$ 探索実験 (E19: 白鳥氏の報告)
- K-ビームを用いた $\Lambda(1405)$ 分光実験

## 3. 大立体角検出器の建設と検出器開発/LEPS-II計画:

- LEPS-II計画の進捗
- E949検出器移設の現状
- TPC読出し回路と高速タイミングカウンターの開発

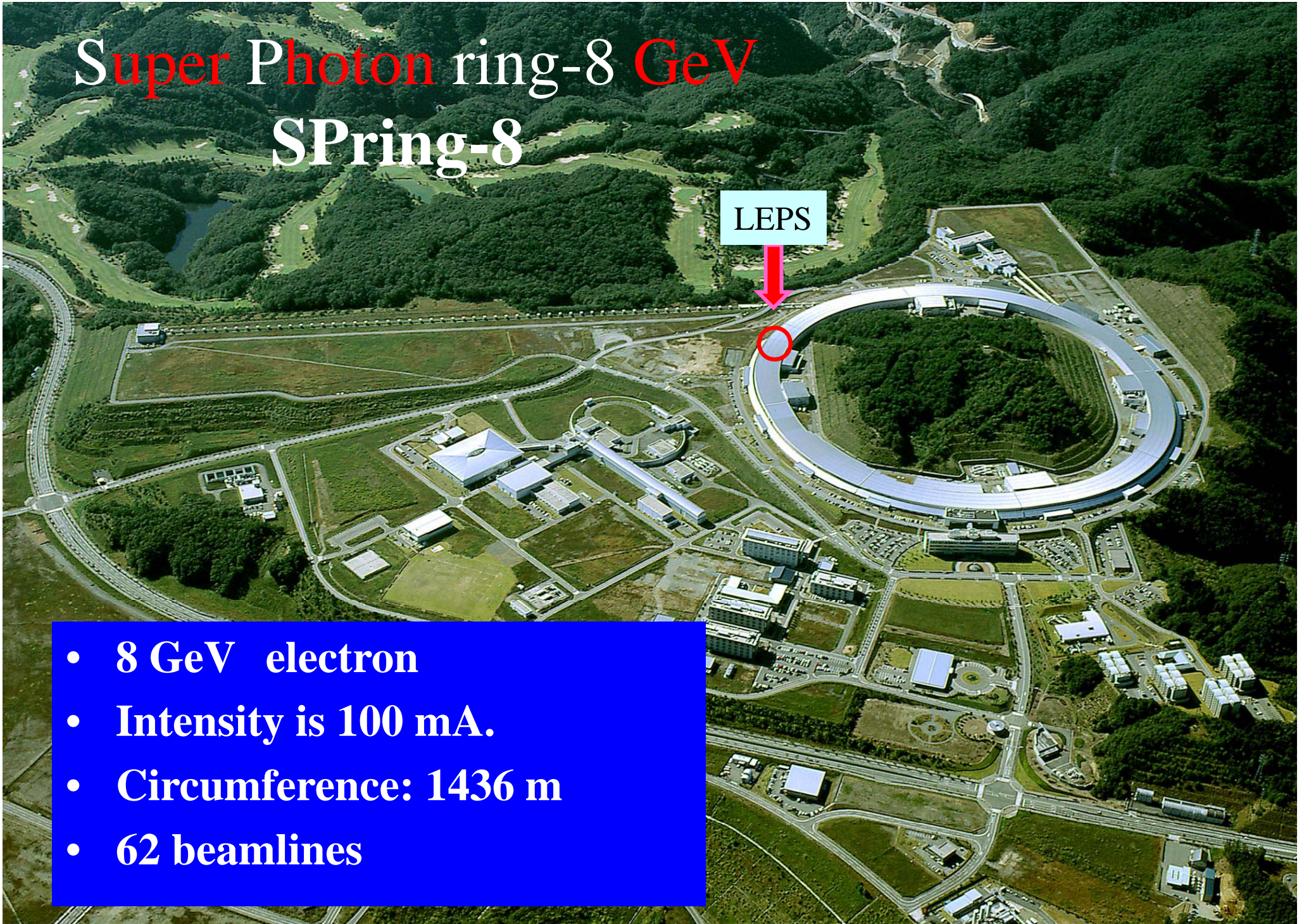
# LEPS施設におけるハドロン物理の推進



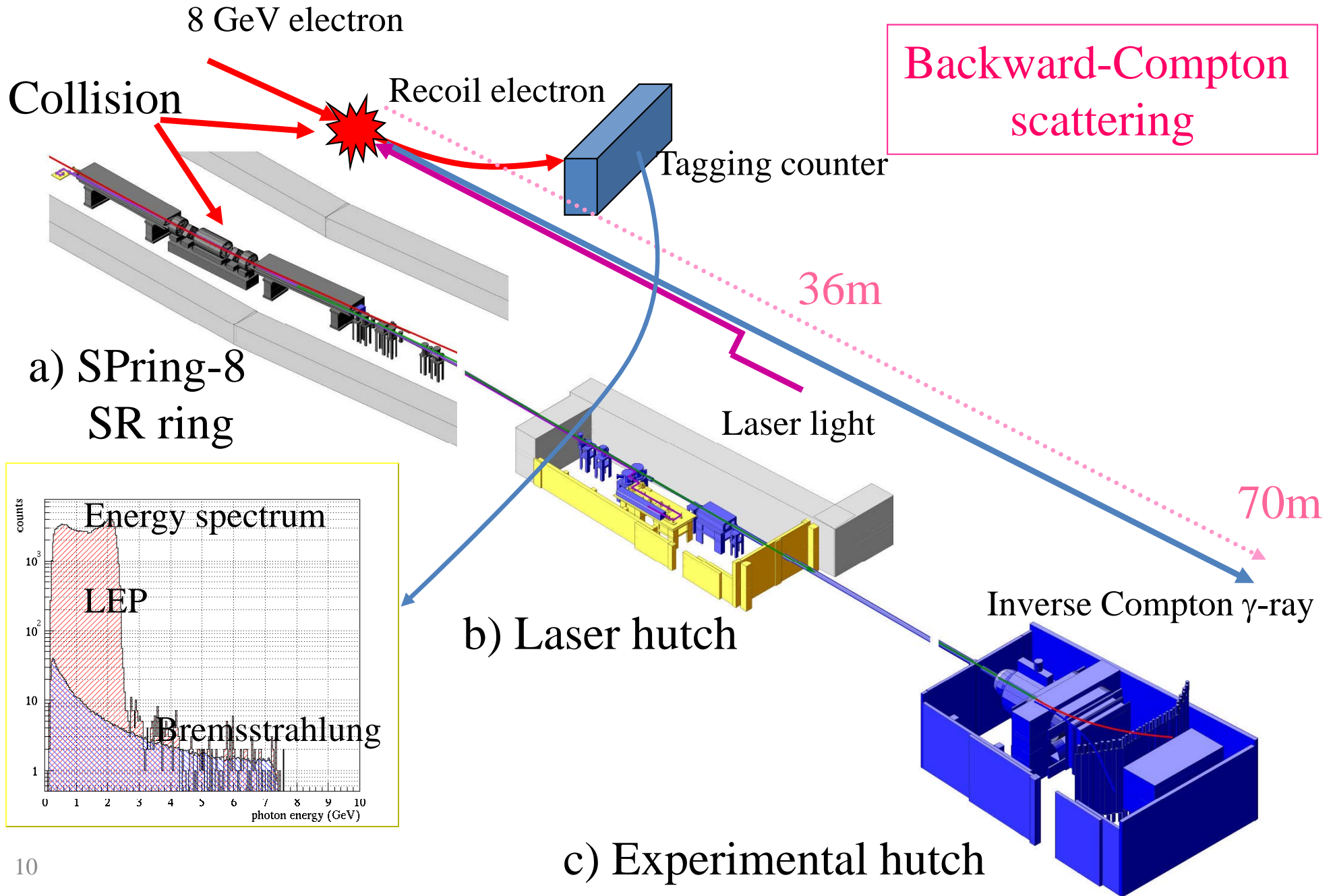
# Super Photon ring-8 GeV SPring-8

LEPS

- 8 GeV electron
- Intensity is 100 mA.
- Circumference: 1436 m
- 62 beamlines

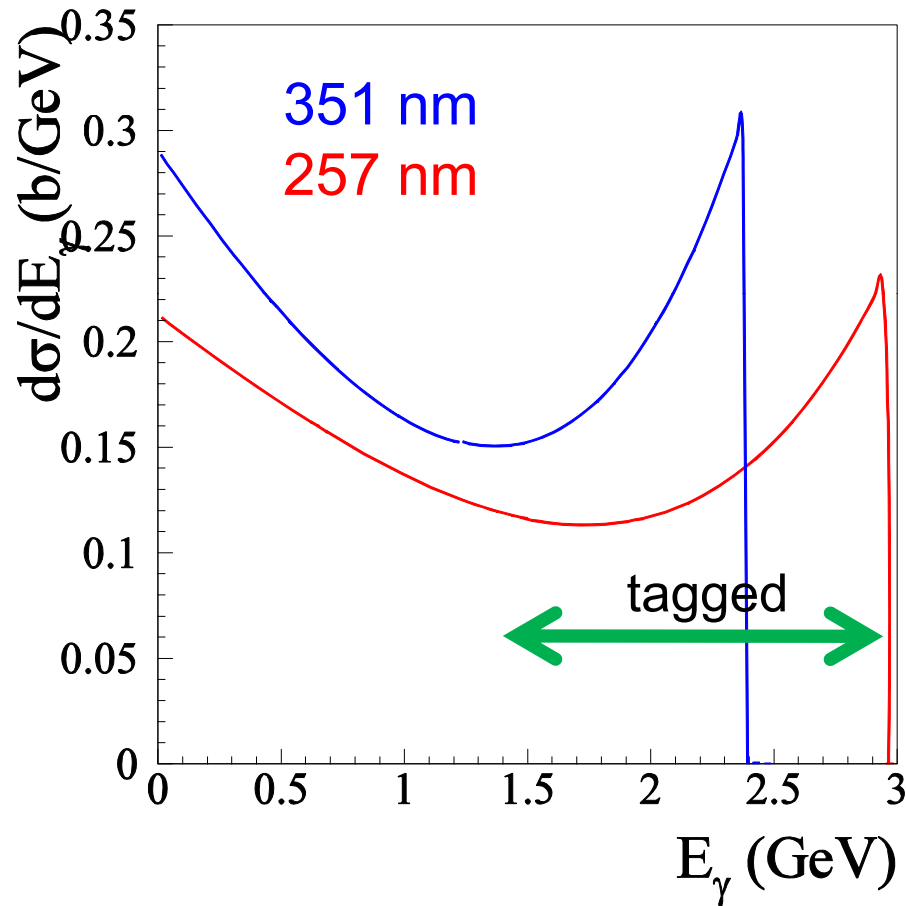


# Laser Electron Photon beam

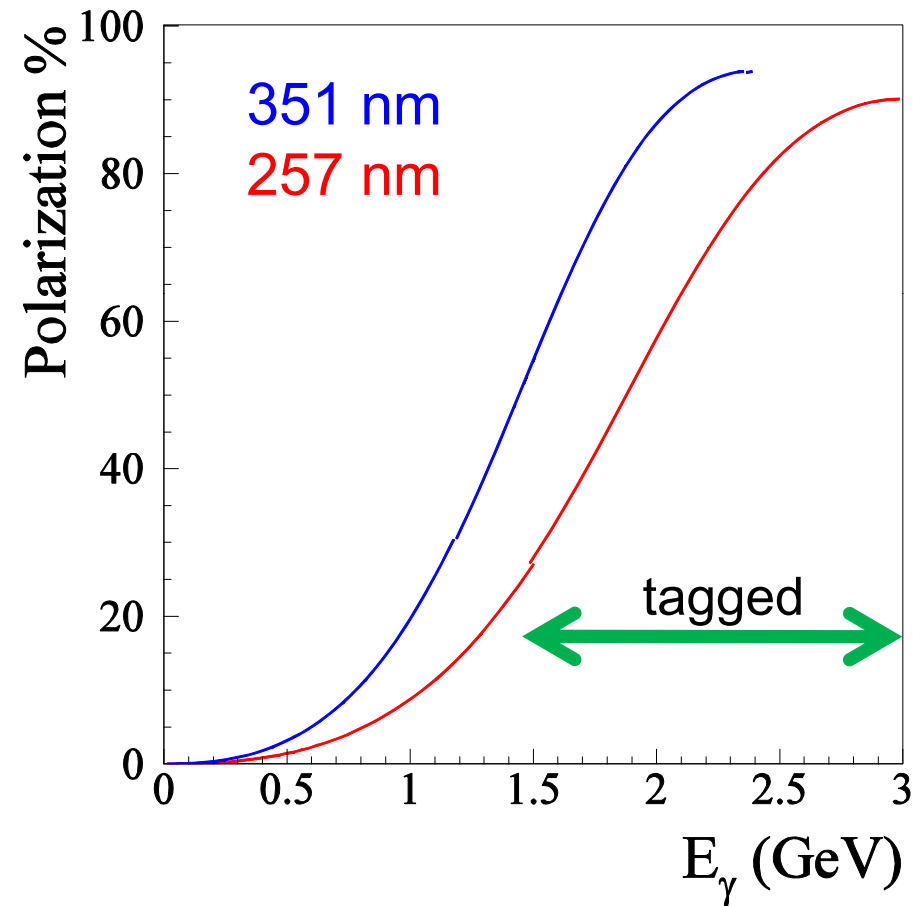


# Linearly polarized photons

Cross section(Energy spectrum)



Linear Polarization

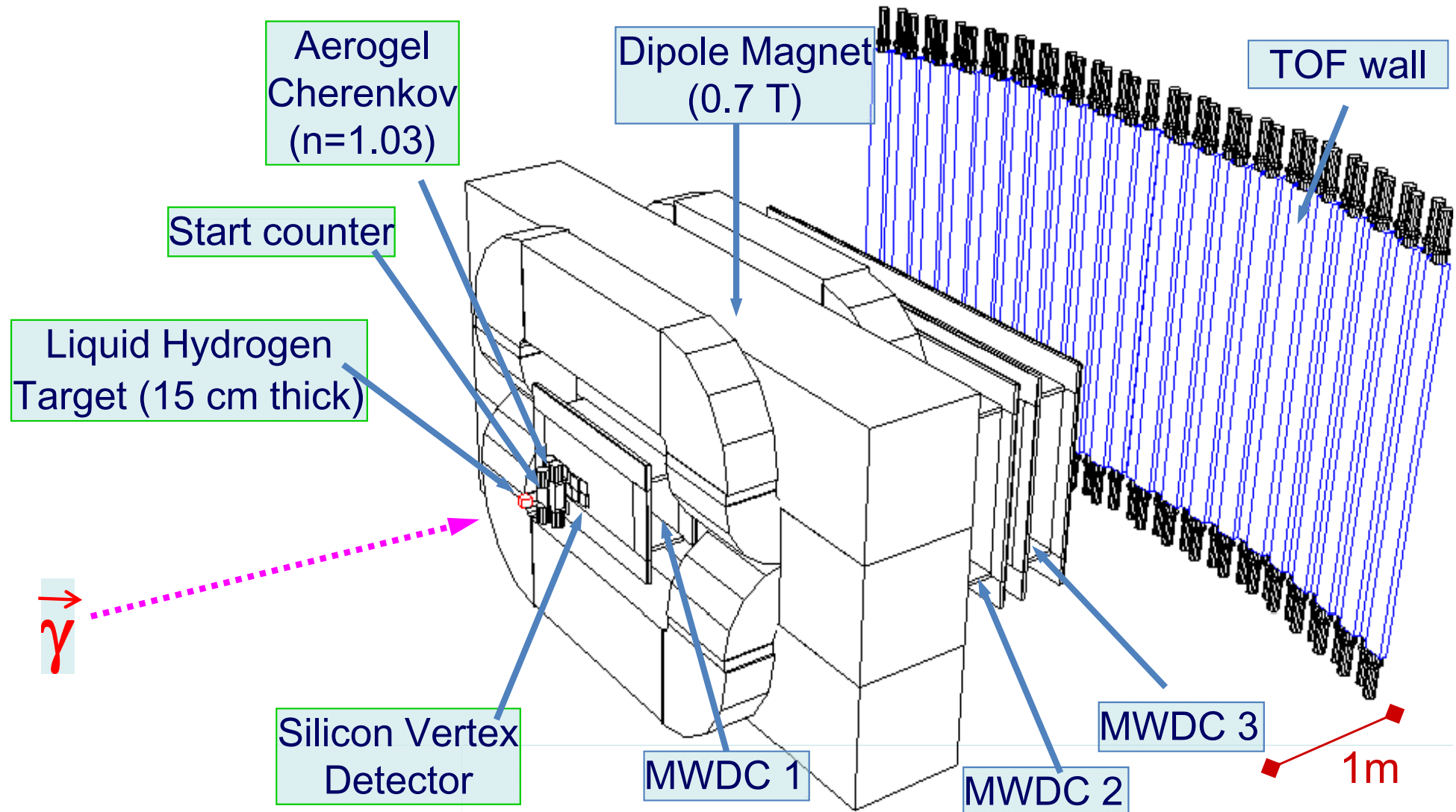


Polarization of photon beam is calculated by using photon energy event by event.

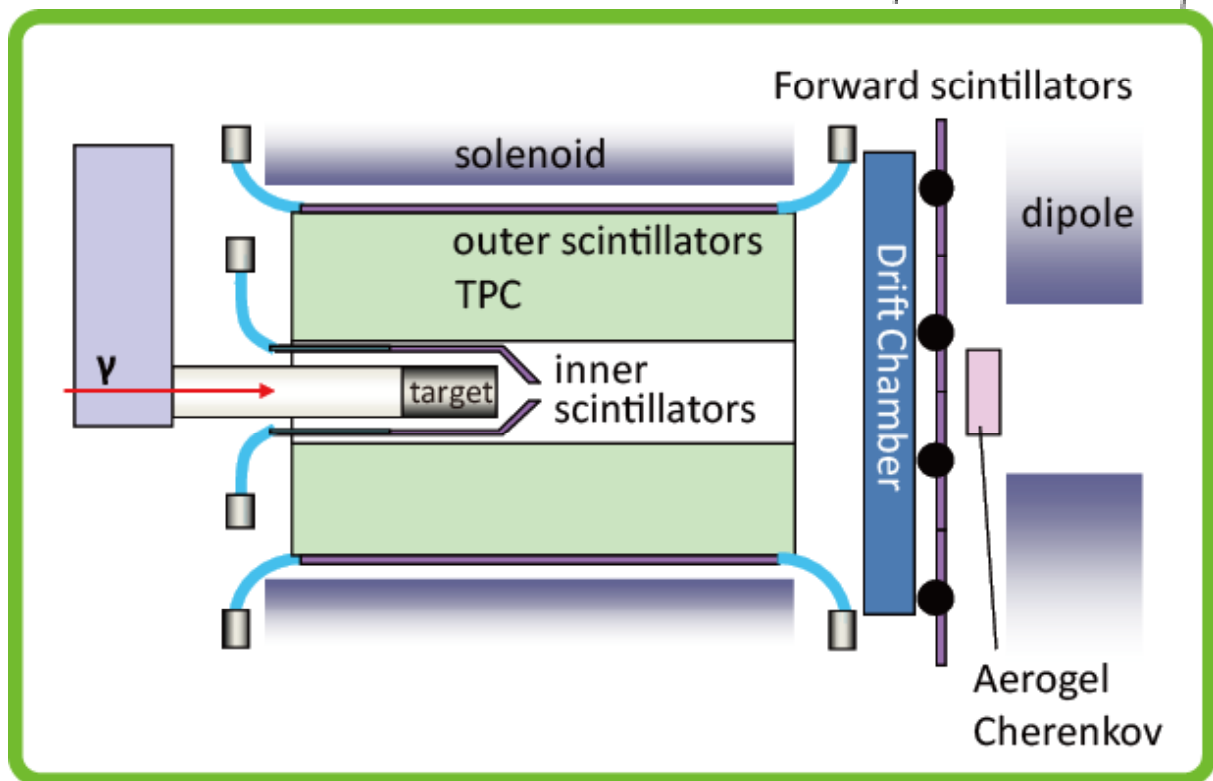
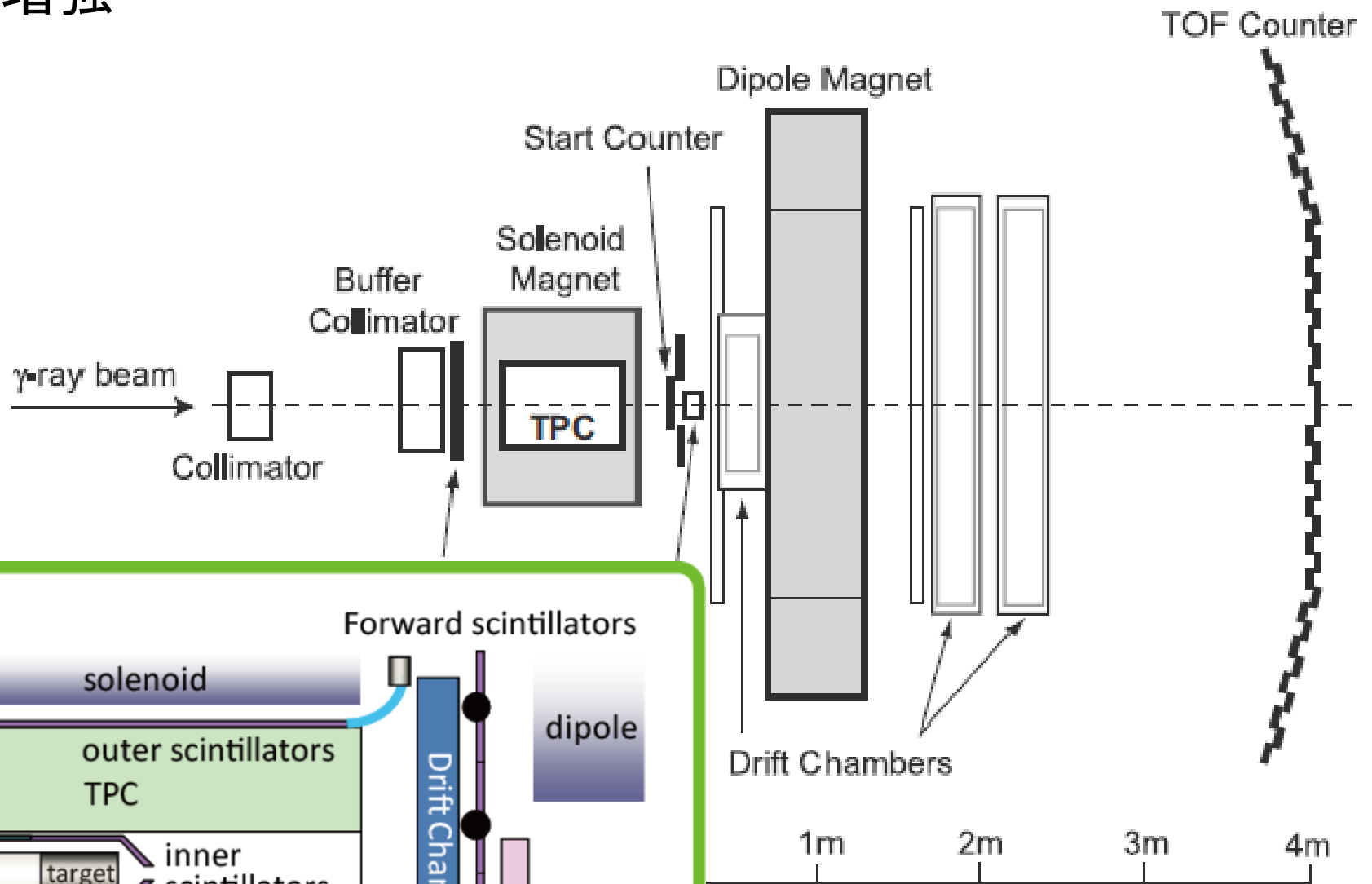
# LEPS spectrometer

– forward acceptance

$\pm 10^\circ$  in  $y$   
 $\pm 20^\circ$  in  $x$



# LEPSの増強



## Recent publication:

● Measurement of Spin-Density Matrix Elements for  $\phi$ -Meson Photoproduction from Protons and Deuterons Near Threshold.

W.C. Chang *et al.*, [Phys.Rev.C82:015205,2010](#).

● Near-Threshold  $\Lambda(1520)$  Production by the  $\gamma p + \Lambda(1520)$  Reaction at Forward  $K^+$  Angles,

H. Kohri, *et al.*, [Phys. Rev. Lett. 104, 172001 \(2010\)](#)

● Measurement of the incoherent  $\gamma d \rightarrow \phi pn$  photoproduction near threshold,

W.C. Chang, M. Miyabe, T. Nakano, *et al.*, [Phys.Lett.B684:6,2010](#)

● Backward-angle  $\eta$  photoproduction from protons at  $E_\gamma = 1.6-2.4$  GeV,

M. Sumihama, *et al.*, [Phys. Rev. C 80, 052201\(R\) \(2009\)](#)

● Near-threshold photoproduction of  $\Lambda(1520)$  from protons and deuterons,

N. Muramatsu, J.Y. Chen, W.C. Chang, *et al.*, [Phys.Rev.Lett.103:012001,2009](#)

● Evidence of the  $\Theta^+$  in the  $\gamma d \rightarrow K^+ K^- pn$  reaction,

T. Nakano, N. Muramatsu, *et al.*, [Phys.Rev.C79:025210,2009](#)

● Cross Sections and Beam Asymmetries for  $K^+ \Sigma^{*-}$  photoproduction from the deuteron at  $E_\gamma = 1.5\text{-GeV} - 2.4\text{-GeV}$ ,

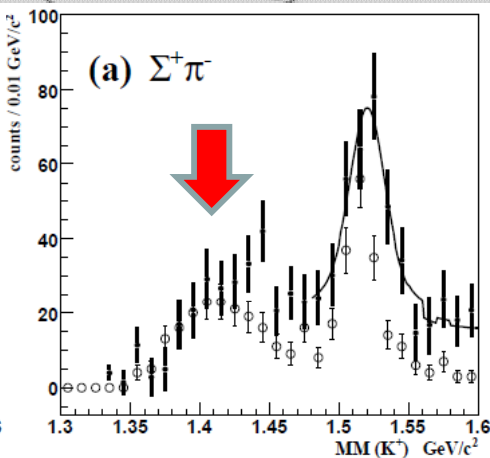
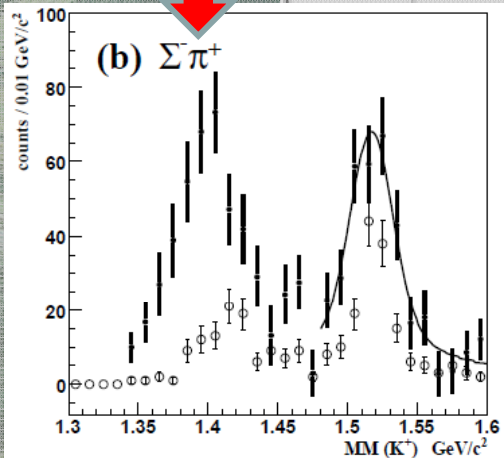
K. Hicks, D. Keller, H. Kohri, *et al.*, [Phys.Rev.Lett.102:012501,2009](#)

● Photoproduction of  $\Lambda(1405)$  and  $\Sigma^0(1385)$  on the proton at  $E_\gamma = 1.5-2.4\text{-GeV}$ ,

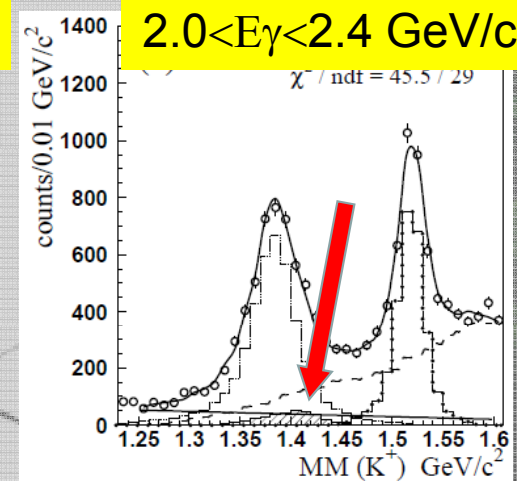
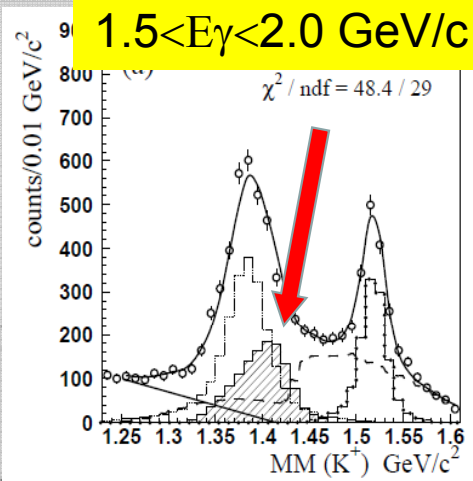
M. Niiyama, H. Fujimura, *et al.*, [Phys.Rev.C78:035202,2008](#)

.....

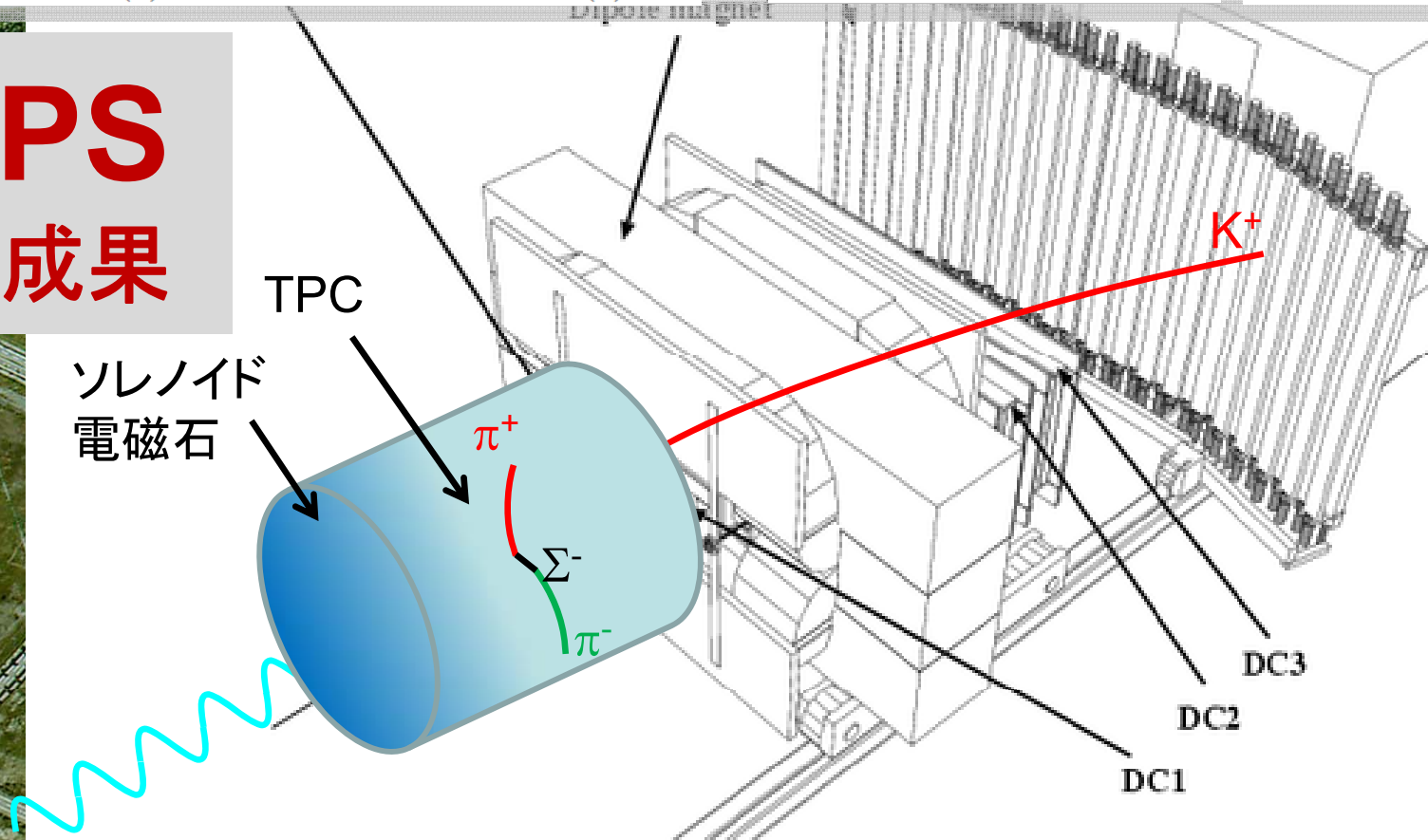
生成の荷電非対称性の発見

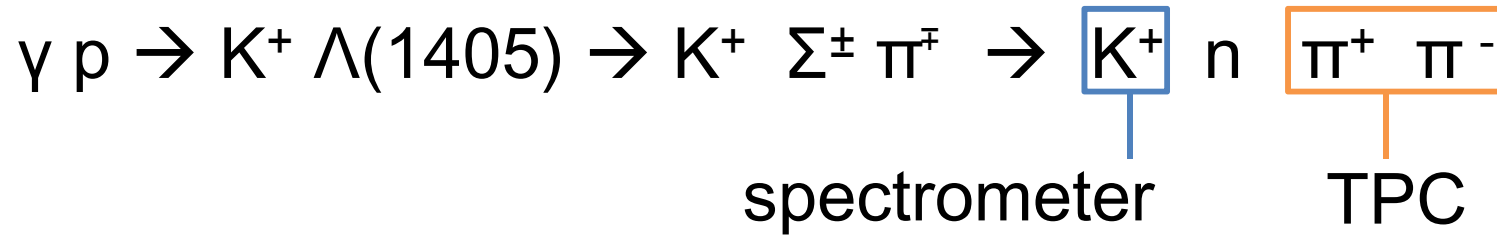


生成率の強いエネルギー依存性も発見

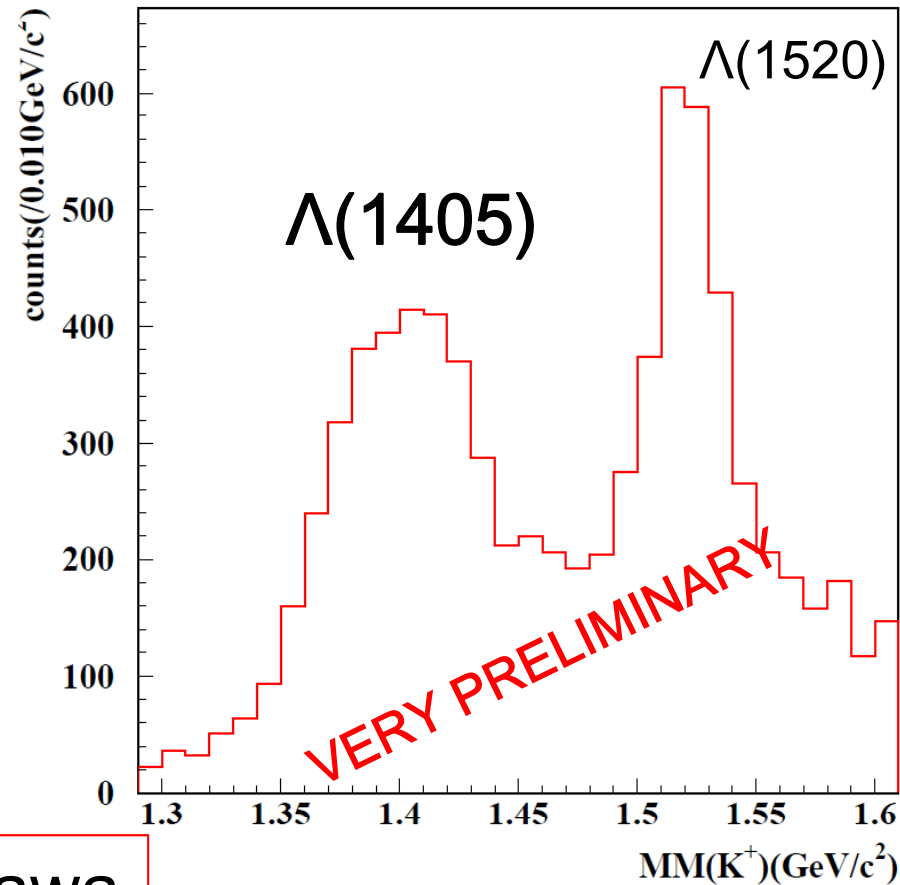


LEPS  
研究成果





missing mass spectrum of  $\gamma(p, K^+) X$



By Y. Nakatsugawa

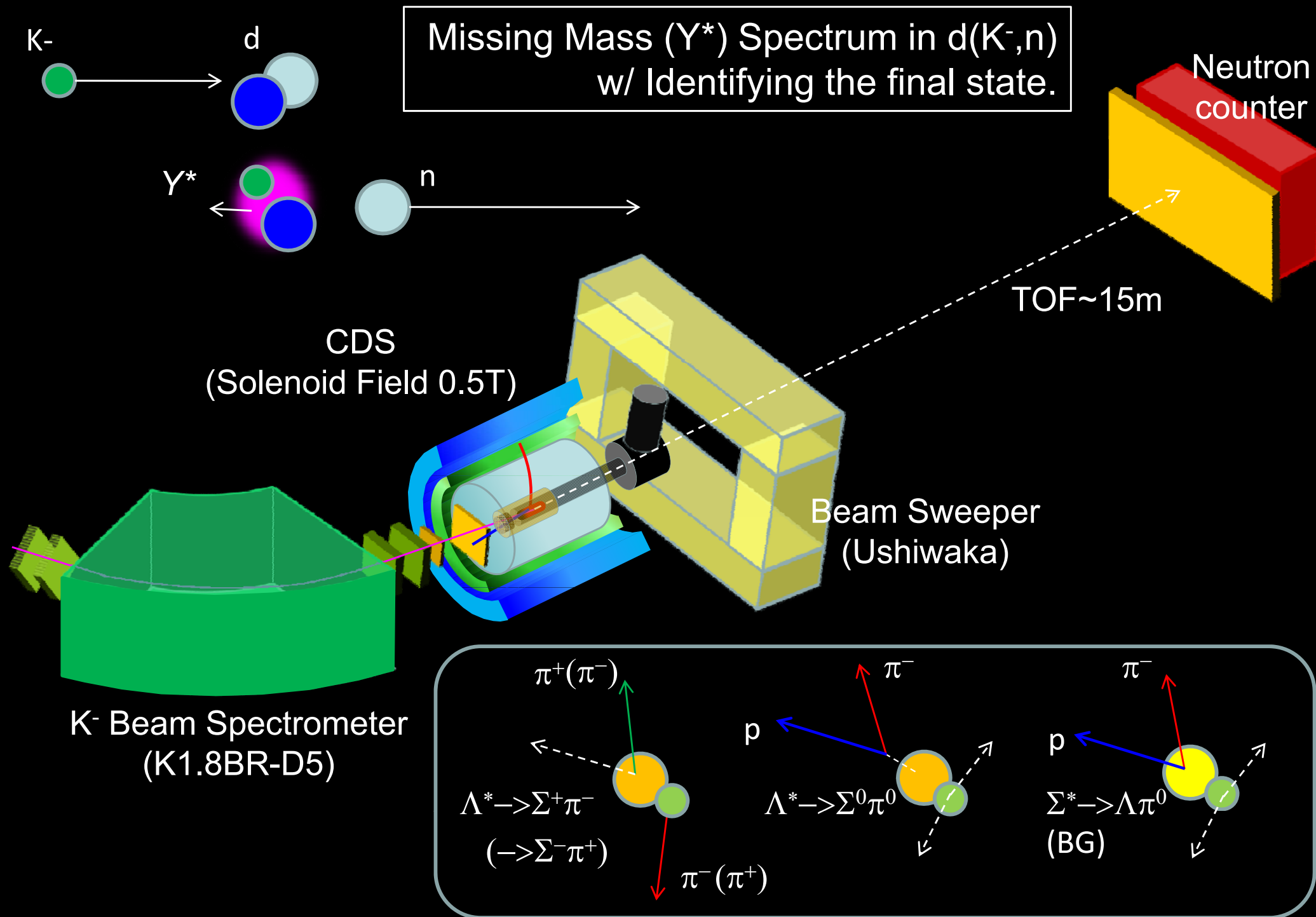


# J-PARCにおける ハドロン物理の展開

K-ビームを用いた



# $\Lambda(1405)$ Spectroscopy via the $(K^-,n)$ reaction on Deuteron



# J-PARCにおける ハドロン物理の展開

K-ビームを用いた

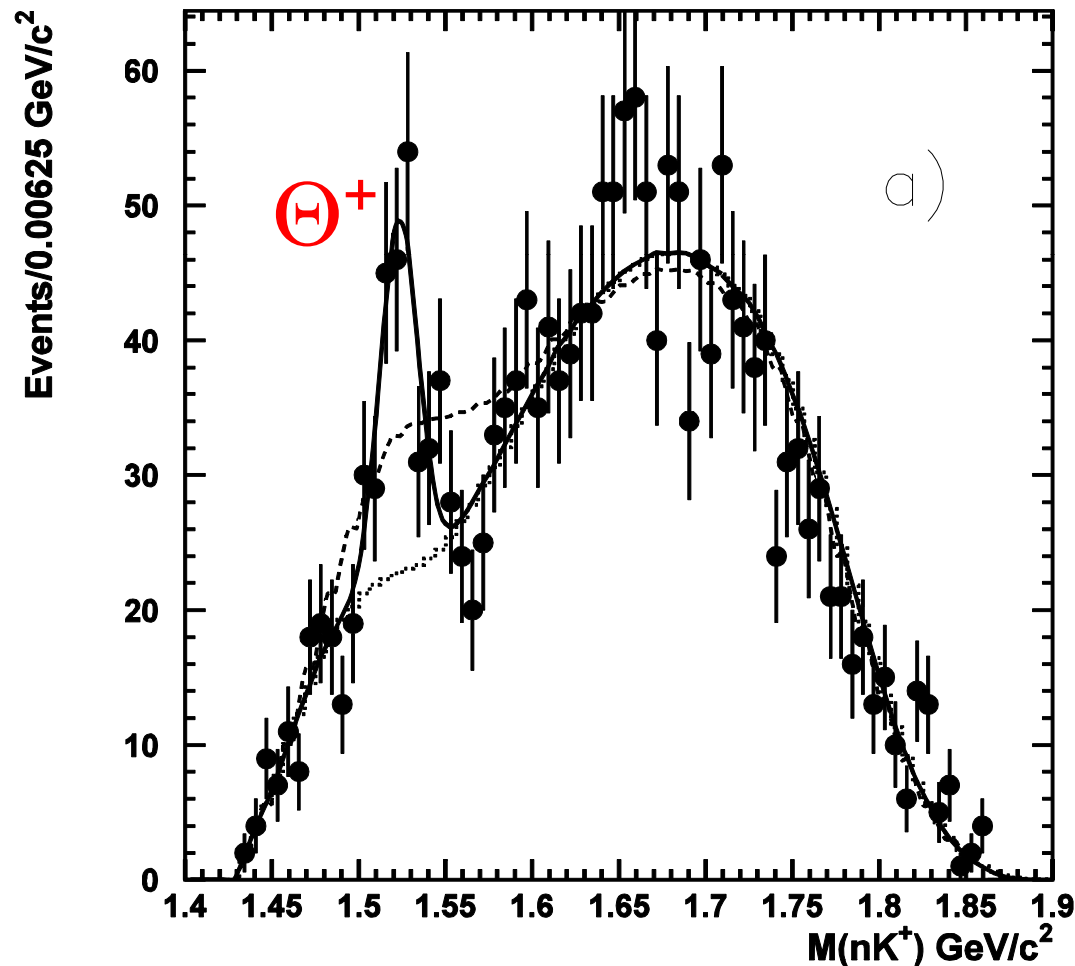


$\Theta^+$

光子ビームを用いた



# Study of $\Theta^+$ ( $\gamma d \rightarrow \underline{K^-} \underline{K^+} np$ )



Peak position:  $1.527 \pm 0.002 \text{ GeV}/c^2$   
Signal yeild:  $116 \pm 21$  events  
Differential cross-section:  $12 \pm 2 \text{ nb/sr}$

PRC 79, T.Nakano et al., 025210  
(2009)

Higher statistics (3 times)  
in data taken in 2006-7.  
**Still under analysis.**

目隠し解析実施中

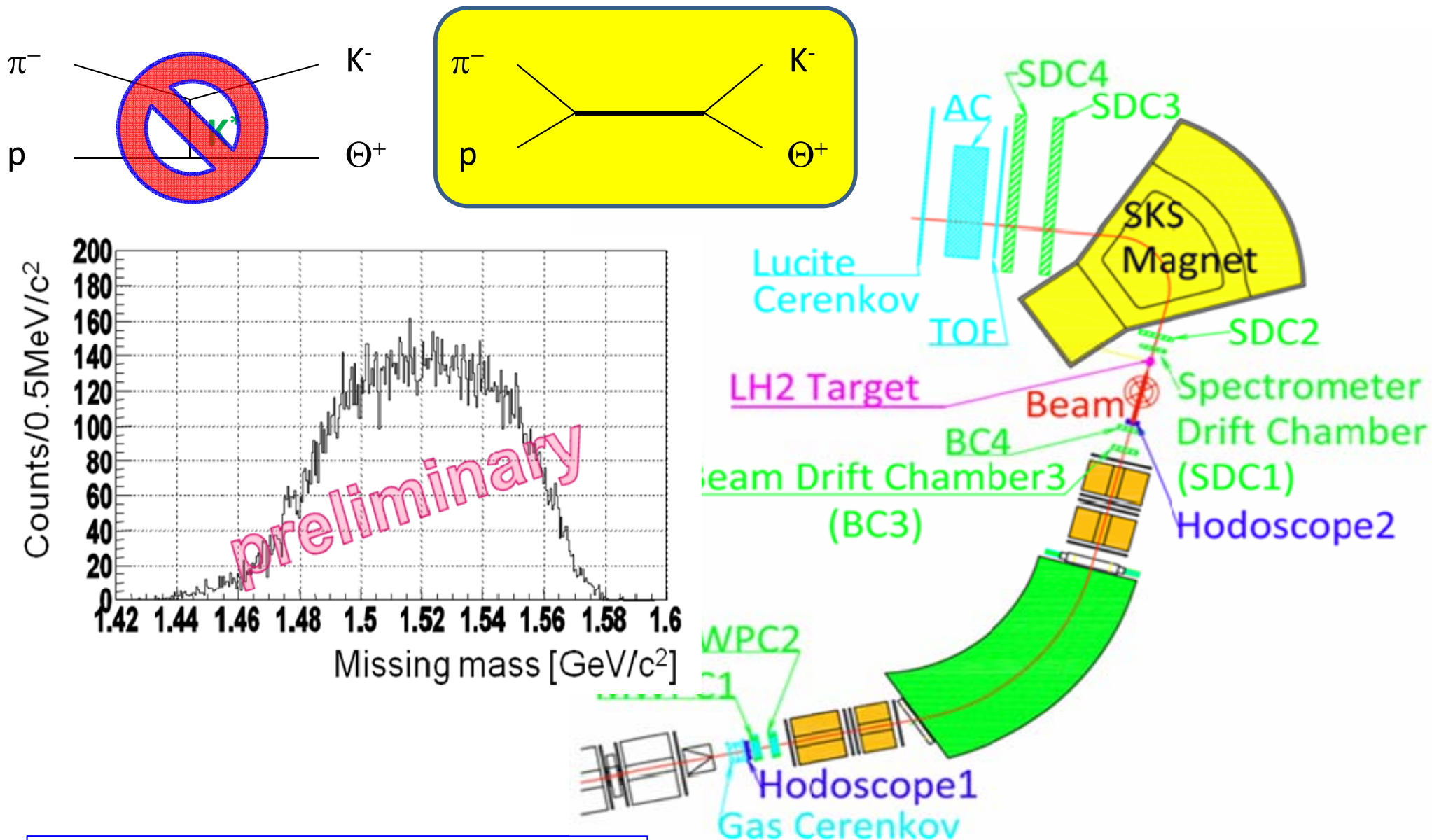
# J-PARCにおける $\Theta^+$ 探索

$\pi^-$ ビームを用いた



# E19 (Naruki) : J-PARCで最初の物理実験の成果

高分解能 ( $\Delta E \sim 1.4$  MeV) 分光実験による生成断面積の測定



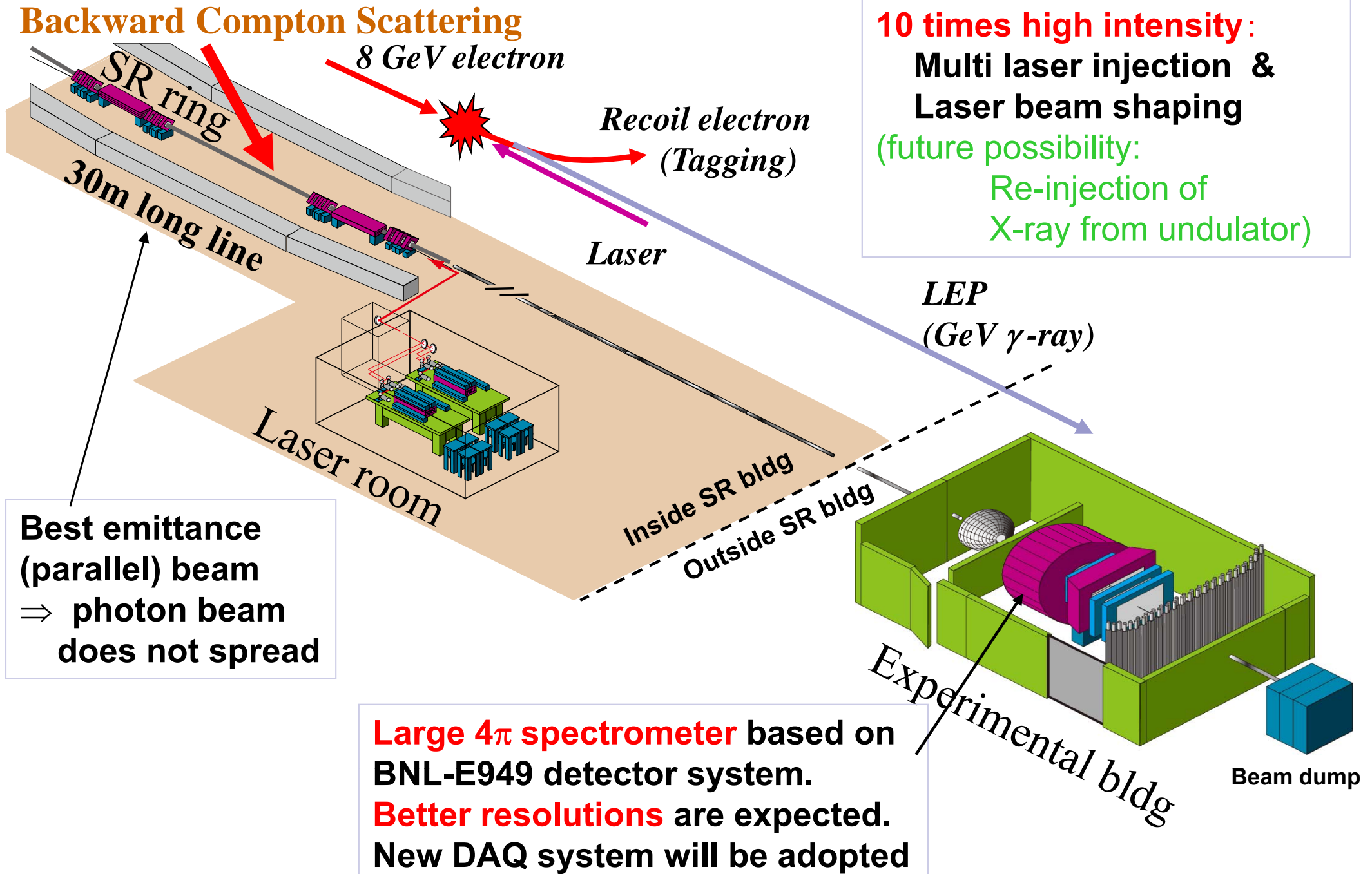
詳しくは白鳥氏のプレゼンで

# 大立体角検出器建設と検出器 開発/LEPS-IIIに向けて





# Schematic view of the LEPS2 facility





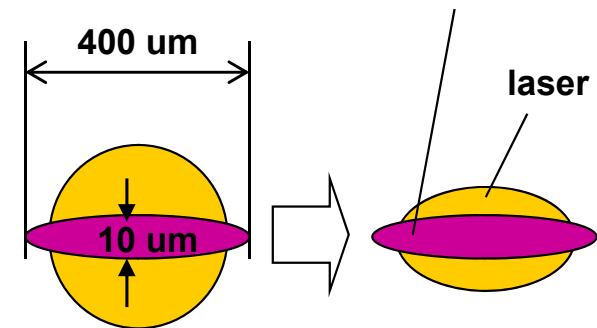
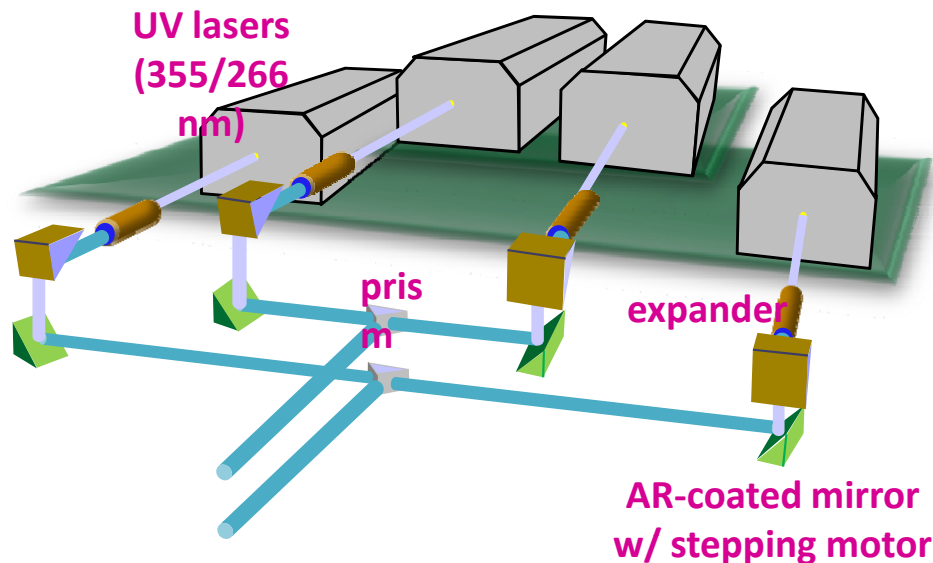
# How to get the high Intensity Photon Beam

We are aiming to produce one-order higher intensity photon beam :

LEP intensity  $\geq 10^7$  cps for  $E_\gamma < 2.4$  GeV beam (355 nm)

$\geq 10^6$  cps for  $E_\gamma < 2.9$  GeV beam (266 nm)

- Simultaneous injection of 4-lasers [x4]
- Higher output power and lower power consumption CW lasers.  
355 nm (for 2.4 GeV) 8 W  $\rightarrow$  16 W, 266 nm (for 2.9 GeV) 1 W  $\rightarrow$  2 W [x2]
- Laser beam shaping with cylindrical expander [x2]



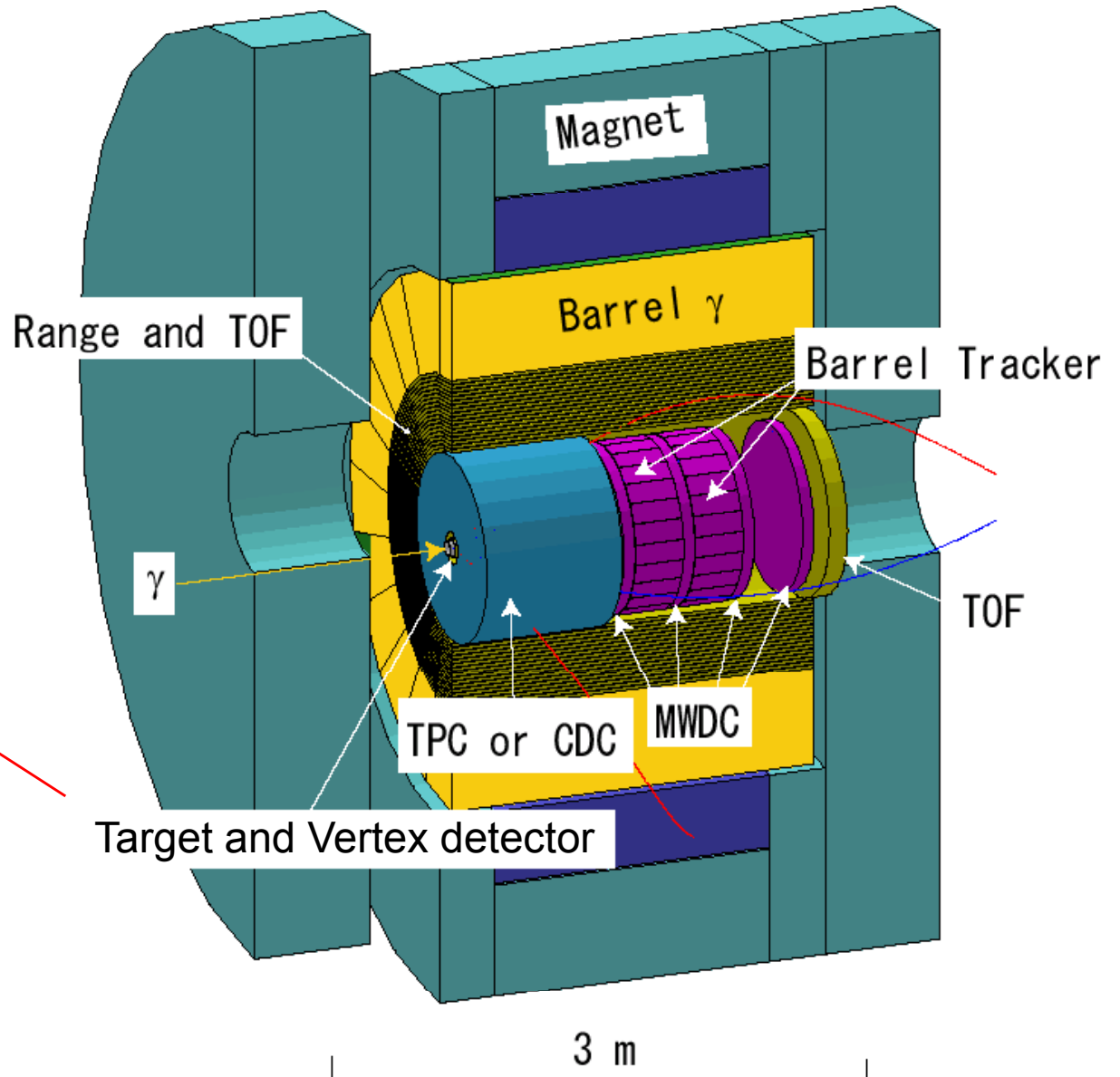
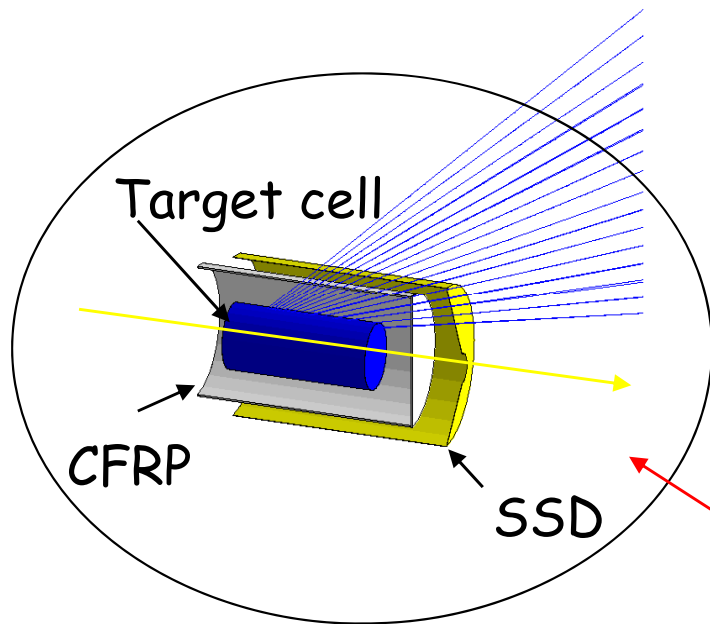
- Electron beam is horizontally wide.  
 $\Rightarrow$  BCS efficiency will be increased by elliptical laser beam.

*Need large aperture of the laser injection line  $\rightarrow$  reconstruct some BL chambers*

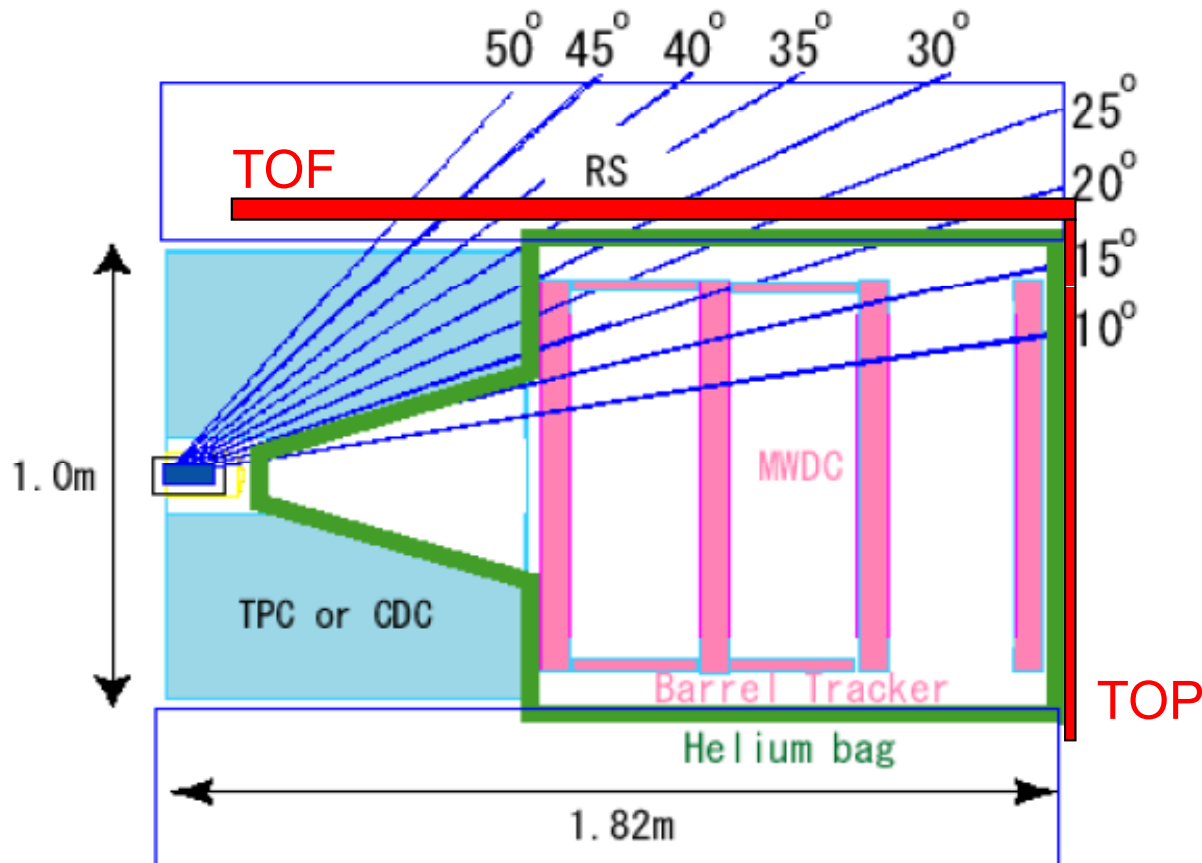
# Main Detector Setup

## E949 Solenoid Magnet

size:  $\phi 5\text{m} \times 3.5\text{m}$   
 weight:  $\sim 400\text{ t}$   
 Field: 1.0 T



# Tracking system

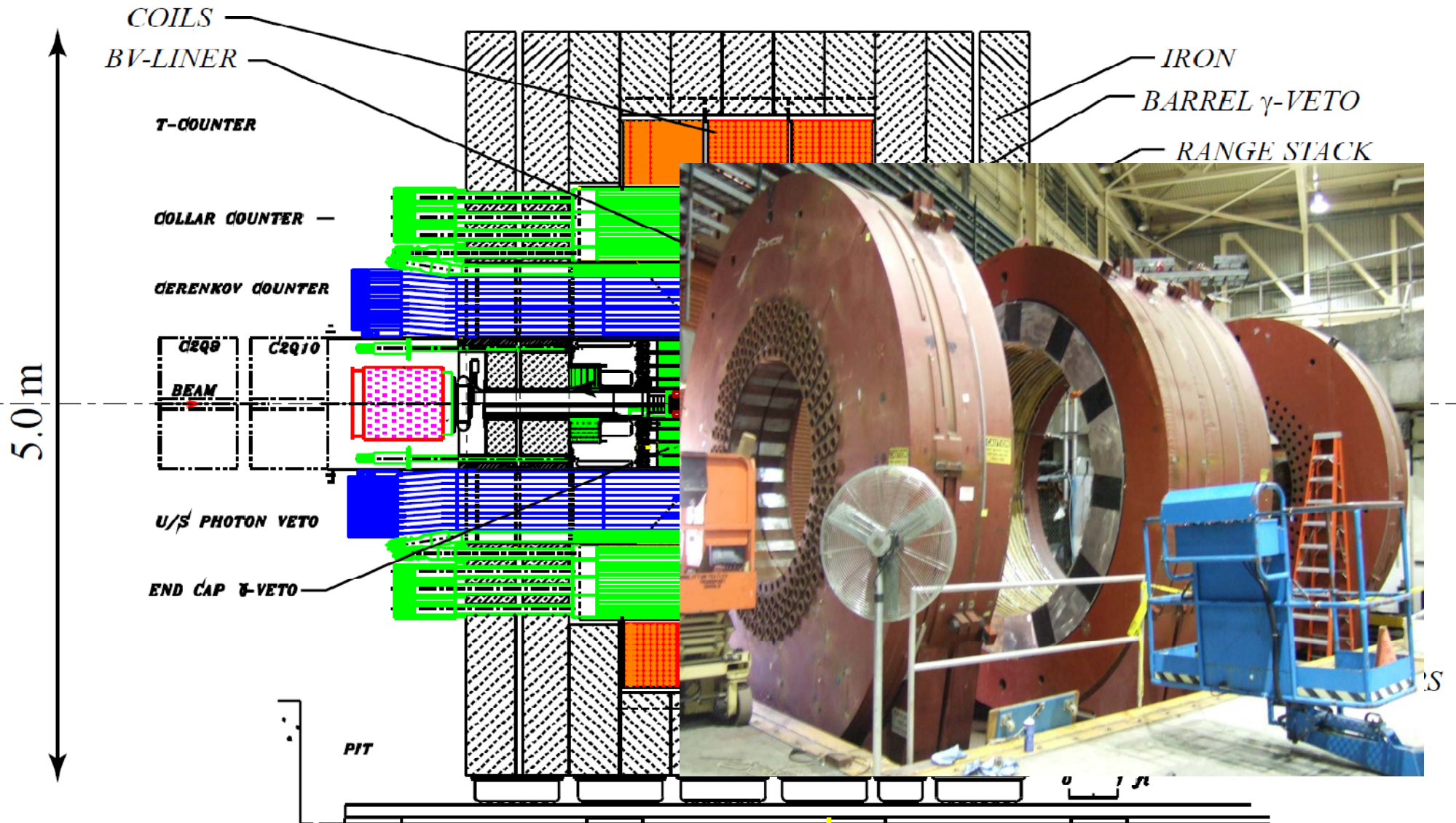


- Side way tracker (TPC)
  - $R = 500 \text{ mm}$  (24-26 layer),
  - $\sigma_{r\phi} = 150 \mu\text{m}$ ,  $\sigma_z = 2 \text{ mm}$ ,
- Forward MWDC chamber(450mm)
  - $^4\text{He} + \text{Ethane}$  ( $X/X_0 = 1.1 \times 10^{-3}$ )
  - 6 plane ( $x, x', u(45) u'(-45), y, y'$ )
  - $\sigma_{xy} = 150 \mu\text{m}$ ,
- Barrel tracker
  - Cathode strip + Anode wire
  - $\sigma_{r\phi} = 250 \mu\text{m}$ ,  $\sigma_z = 2-3 \text{ mm}$
- SSD (Cylindrical+ Disk)
  - Double side strip sensor
  - $\sigma = 35 \mu\text{m}$ ,
  - $\Delta Z < 1 \text{ mm}$  at  $\theta > 20^\circ$

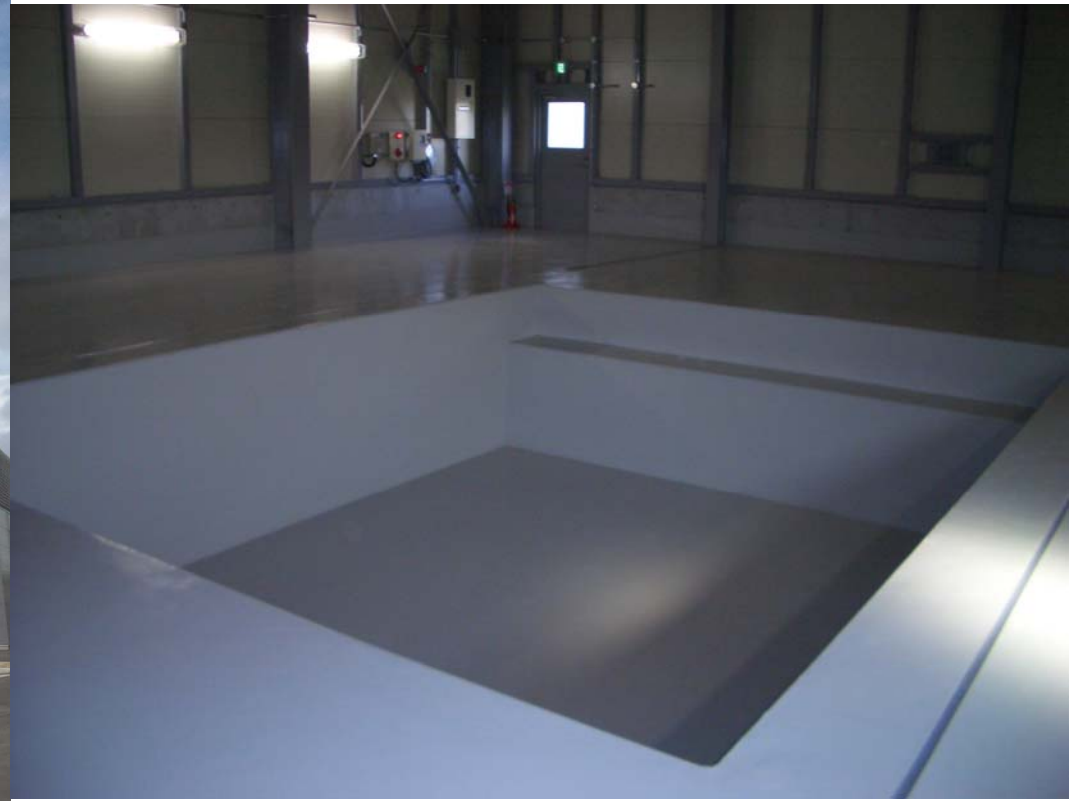
## • PID

- sideway: TOF ( $\Delta t = 50 \text{ psec}$ )
- forward: TOP (quartz Cerenkov)

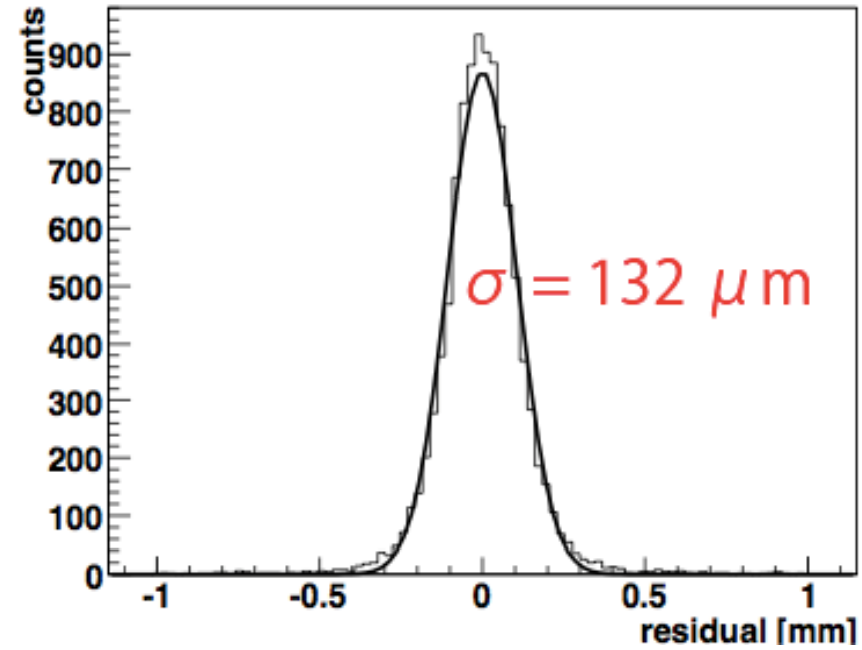
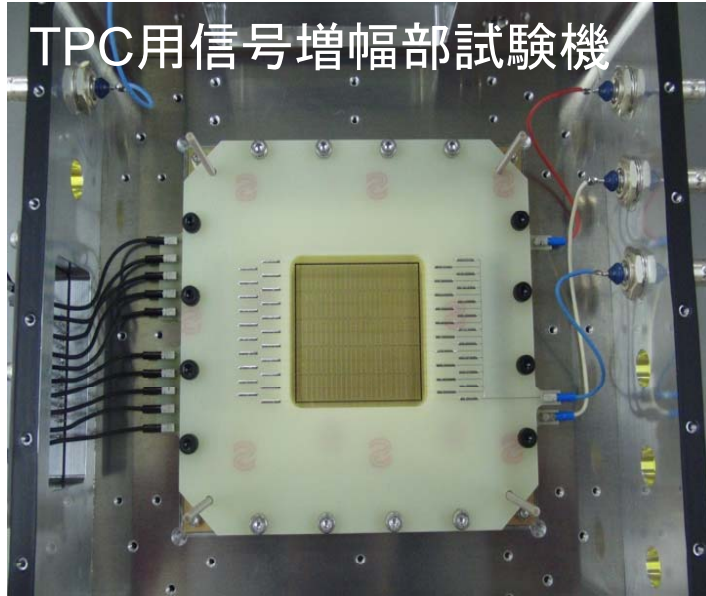
# Disassembling the E949 detector



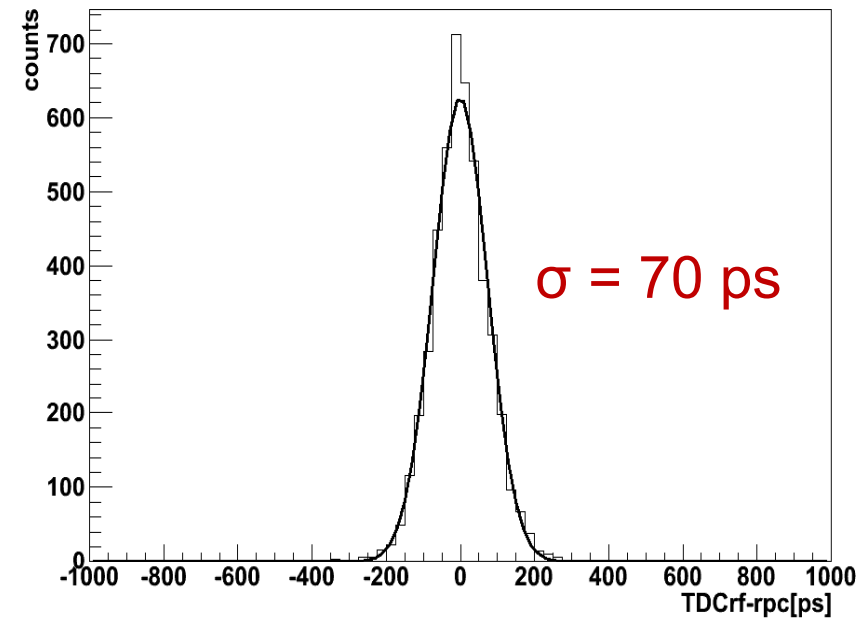
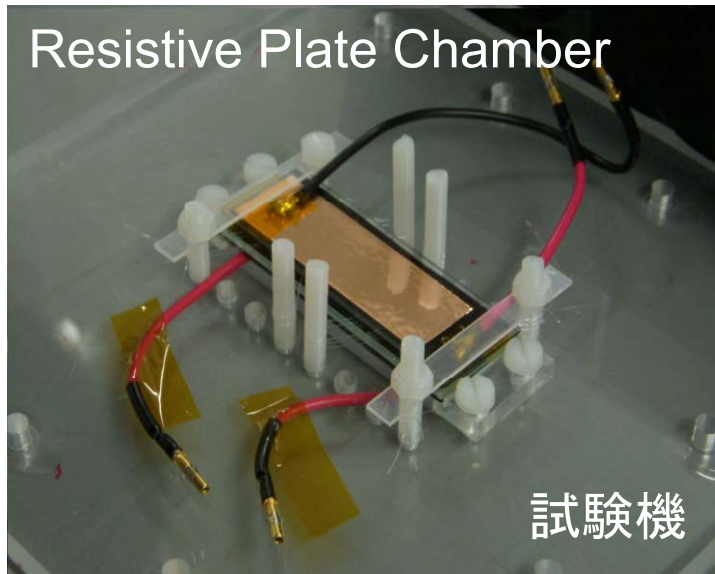
## LEPS-II実験室建屋(理研仁科センターによる)



TPC用信号増幅部試験機



Resistive Plate Chamber



TOPの対抗馬？

# まとめ

- LEPS施設におけるハドロン物理
  - エキゾチックバリオン $\Theta^+$ : 高統計データの日隠し解析
  - MB分子共鳴状態?:  $\Lambda(1405)$ の高統計データ解析中
  - その他の成果
    - 未知の共鳴状態  $> W \sim 2\text{GeV}$ を示唆するデータ
    - $\Lambda(1520)$ 光生成機構  $\rightarrow \Theta^+(1540)$ の生成機構との関連?
    - 閾値近傍の $\phi$ 光生成機構。 $\eta$ 交換、 $\pi$ - $\eta$ 干渉項ともに寄与限定的。
    - $\phi$ と重陽子の大きな相互作用示唆も。
- J-PARCにおけるハドロン物理の展開
  - E19実験の結果: 生成機構に制約
  - E31実験 ( $K\bar{b}N \rightarrow \Lambda(1405)$ )の準備継続
- 大立体角検出器の建設と検出器開発/LEPS-II
  - 偏極HD標的の開発も進んでいる。(スピンパリティの決定に寄与)



# 今後

- エキゾチックバリオンほか
  - $\Theta^+$ : 目隠し解析、E19実験の終了
  - $\Lambda(1405)$ : 高統計データの解析、Kビームを用いた実験の実施
- 大立体角検出器・LEPS-IIに向けて
  - E949検出器の組み立て
  - 飛跡検出器と高速検出器の開発(D01と連携)
  - ビームラインの建設(レーザー光源、標識検出器)
  - 高速データ収集システム(D01と連携)