

# KEK-PS E325実験における

## ベクター中間子の質量に対する核物質効果の測定

--VertexDriftChamberを用いた $e^+e^-$ の解析--

京大理, 高工研<sub>A</sub>, 理研<sub>B</sub>, 東大CNS<sub>C</sub>, 東大ICEPP<sub>D</sub>, 東北大<sub>E</sub>, 阪大<sub>F</sub>

佐久間史典, 千葉順成<sub>A</sub>, 延與秀人<sub>B</sub>, 舟橋春彦, 浜垣秀樹<sub>C</sub>, 家入正治<sub>A</sub>,  
石野雅也<sub>D</sub>, 神田浩樹<sub>E</sub>, 北口雅暁, 三原智<sub>D</sub>,

宮下卓也, 村上哲也, 武藤亮太郎, 成木恵, 能町正治<sub>F</sub>, 小沢恭一郎<sub>C</sub>,

佐々木修<sub>A</sub>, 佐藤博紀, 関本美智子<sub>A</sub>, 田原司睦<sub>B</sub>, 田中万博<sub>A</sub>, 山田悟,

四日市悟<sub>B</sub>, 吉村善郎

- Introduction
- E325 Setup
- 2002 data analysis
  - using VertexDriftChamber
  - $e^+e^-$  analysis
- summary

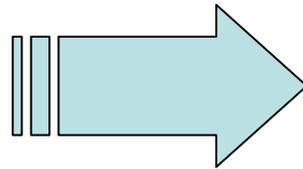
# Physics motivation

## クォークの質量の起源は？

裸の質量

$$m_u \doteq m_d \doteq 5\text{MeV}/c^2$$

$$m_s \doteq 150\text{MeV}/c^2$$



QCD真空中での有効質量

$$m_u \doteq m_d \doteq 300\text{MeV}/c^2$$

$$m_s \doteq 500\text{MeV}/c^2$$

「カイラル対称性の破れ」  
により説明されている

## どのようにして検証するか？

- ・QGPのような高温高密度の下でのカイラル対称性の回復
- ・原子核中のような有限密度下におけるカイラル対称性の部分的回復



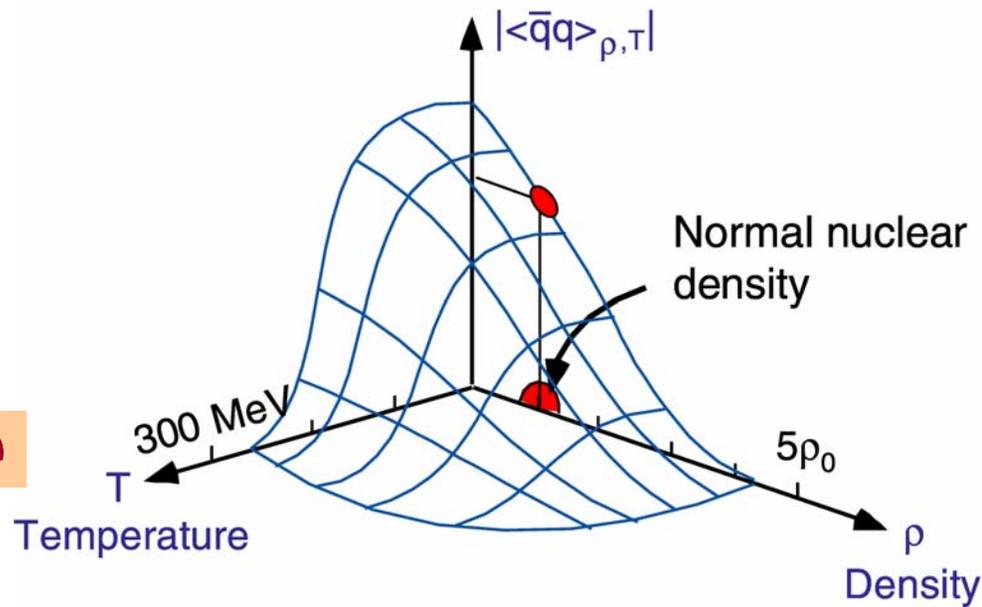
ベクターメソンを用いた不変質量分布の変化の測定

# Vector Meson

## ベクターメソンの質量

$2xMq+(\text{small interaction term})$

クォークの有効質量の変化をとらえやすい

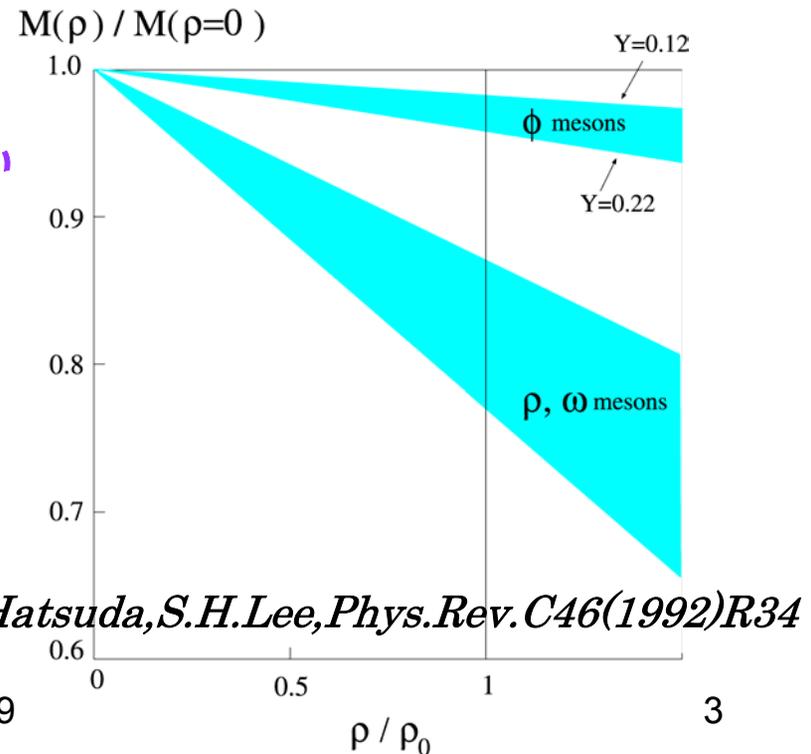


## $\rho/\omega$

- 質量変化は  $\sim 150 \text{ MeV}/c^2$   
...しかし、 $\rho/\omega$ の区別は難しい &  $\rho$ の幅は広い

## $\phi$

- 質量変化は  $\sim 20\text{-}40 \text{ MeV}/c^2$
- $\sim 4.3 \text{ MeV}/c^2$ の狭い崩壊幅  
 $\Rightarrow$  mass spectrum の変化に敏感
- 小さい Q value ( $Q_{KK} = 32 \text{ MeV}/c^2$ )  
 $\Rightarrow$  核物質効果が崩壊比  $\Gamma \phi \rightarrow K^+K^- / \Gamma \phi \rightarrow e^+e^-$  に現れる



# KEK-PS E325

12GeV p+A  $\rightarrow \rho, \omega, \phi + X$

## Measurements

核内で崩壊する $\sim 2\text{GeV}/c$ の  
遅いベクターメソンを測定する

- $\rho, \omega \rightarrow e^+e^-$  invariant mass
- $\phi \rightarrow e^+e^-, K^+K^-$  invariant mass
- $\Gamma \phi \rightarrow K^+K^- / \Gamma \phi \rightarrow e^+e^-$

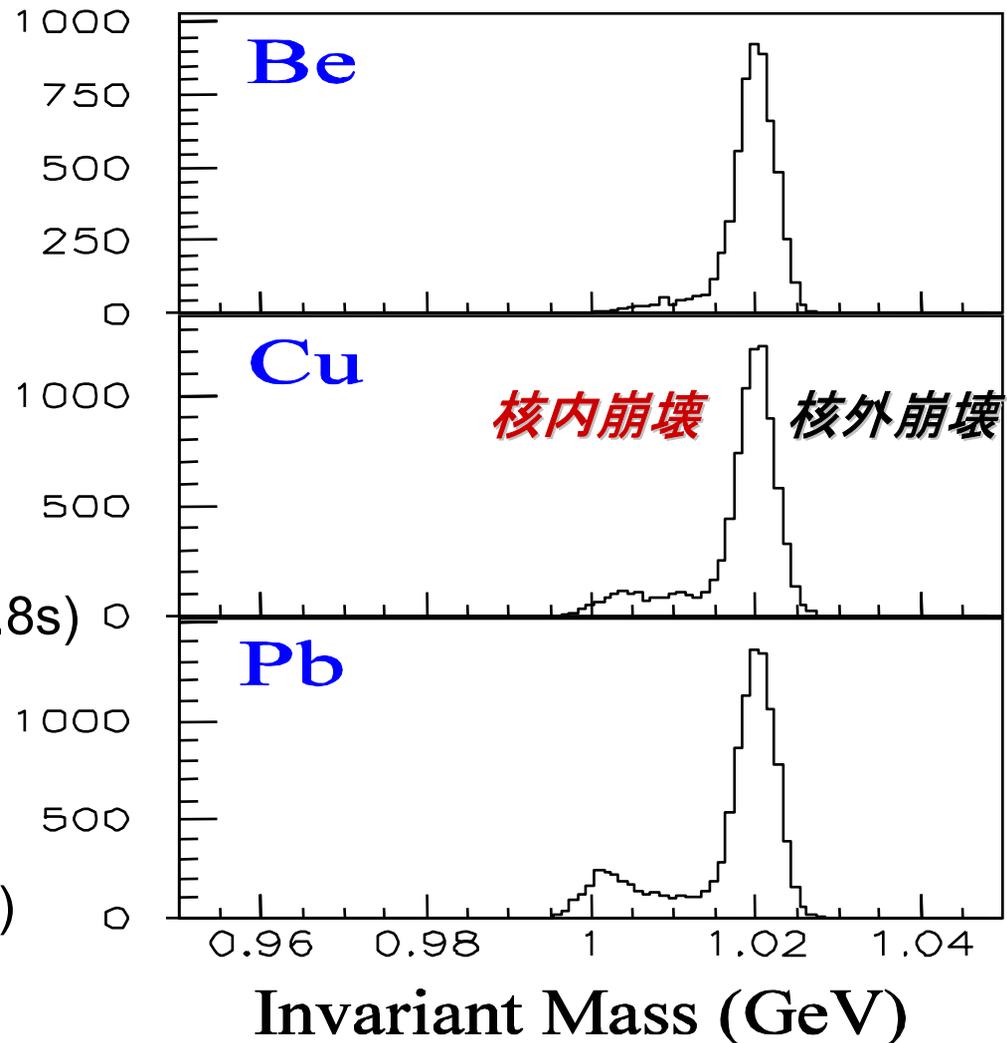
## Beam

Primary proton beam ( $\sim 10^9/\text{spill}/1.8\text{s}$ )  
を用いる

## Target

$\gamma$  conversionを減らすために  
薄いターゲット( $\sim 1\%$  radiation length)  
を用いる

$\phi \rightarrow e^+e^-$ のmodel計算

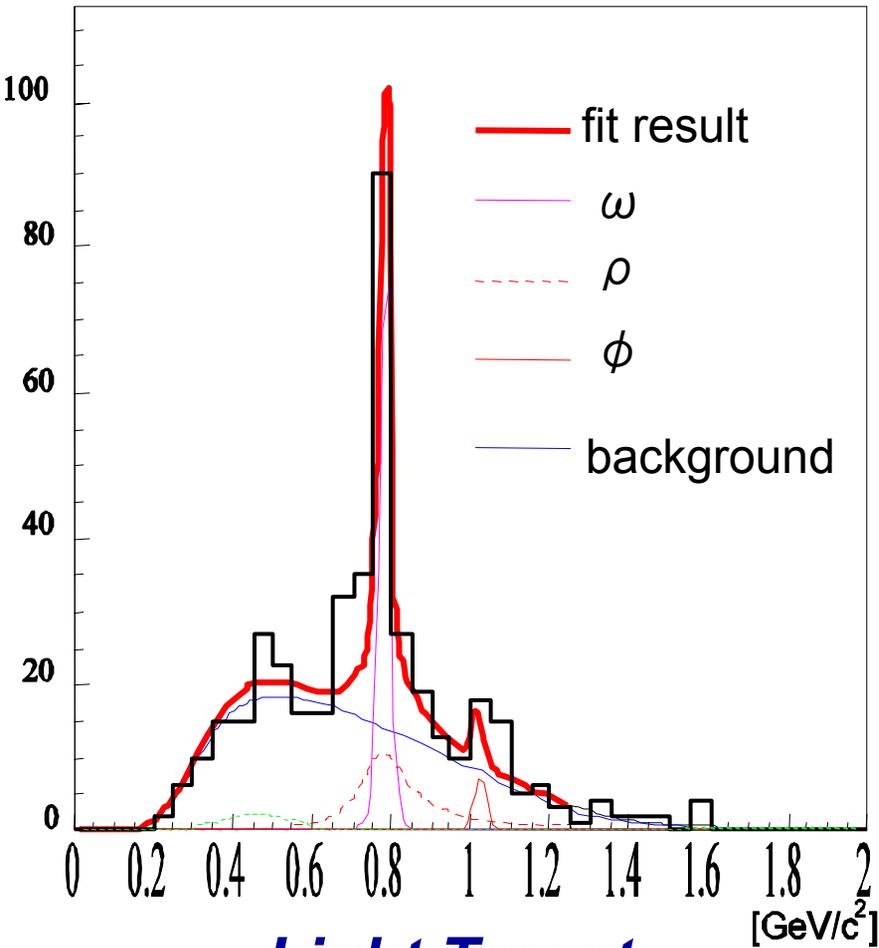


# History

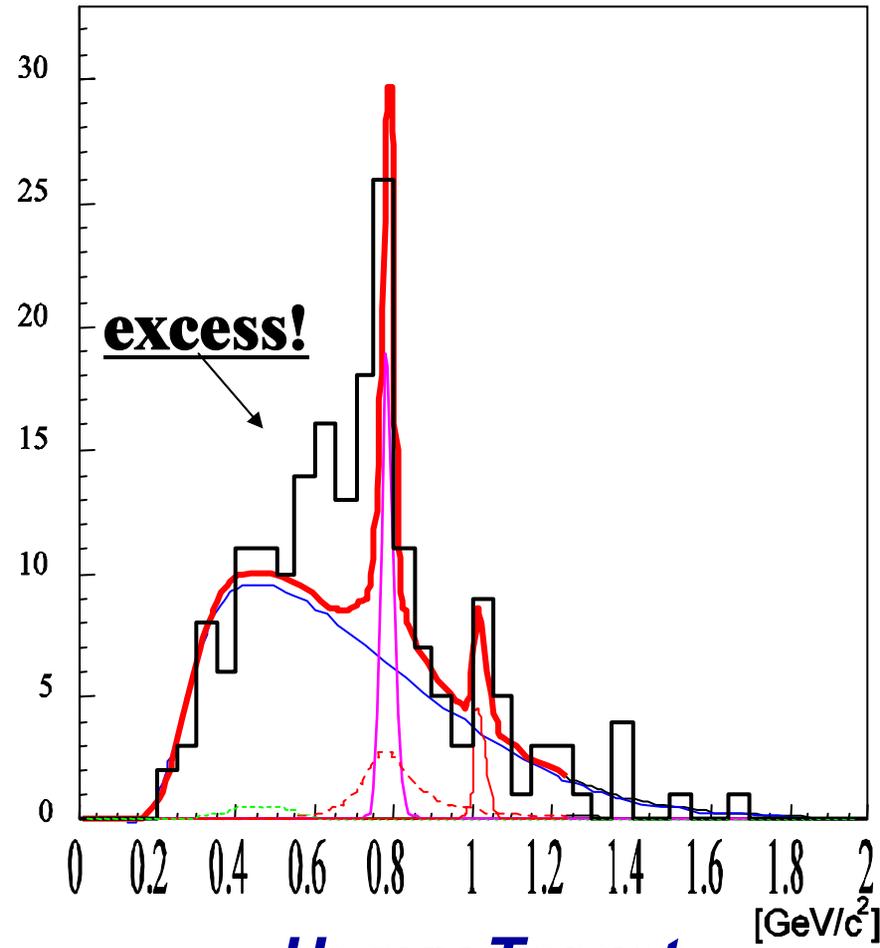
	$\phi \rightarrow K^+K^-$	$\omega \rightarrow e^+e^-$ $\phi \rightarrow e^+e^-$
1997 June First Physics Run with $K^+K^-$	99	
1998 May Already Published (P.R.L. 86 (2001) 5019 )		95 12
1999 July Hawaii JPS/QM2002/PANIC02	178	$\sim 700$ $\sim 125$
2000 June Production Run with newly installed Dec. <a href="#">Vertex Chamber</a> & Lead Glass Calorimeter		$\sim 8600 \times 1.3$
2001 Nov. Production Run	$\sim 350$	$\sim 860 \times 1.3$
2002 Feb. <b>LAST</b> Production Run		

# Invariant Mass Spectrum of $e^+e^-$ ('98 data)

P.R..L.. vol.86 (2001) p5019



Light Target  
(CH<sub>2</sub>/C)



Heavy Target  
(Cu)

# Setup

Forward LG Calorimeter

Rear LG Calorimeter

Side LG Calorimeter

Barrel Drift Chamber

Cylindrical DC

12GeV proton beam

Vertex DC

Front Gas Cherenkov

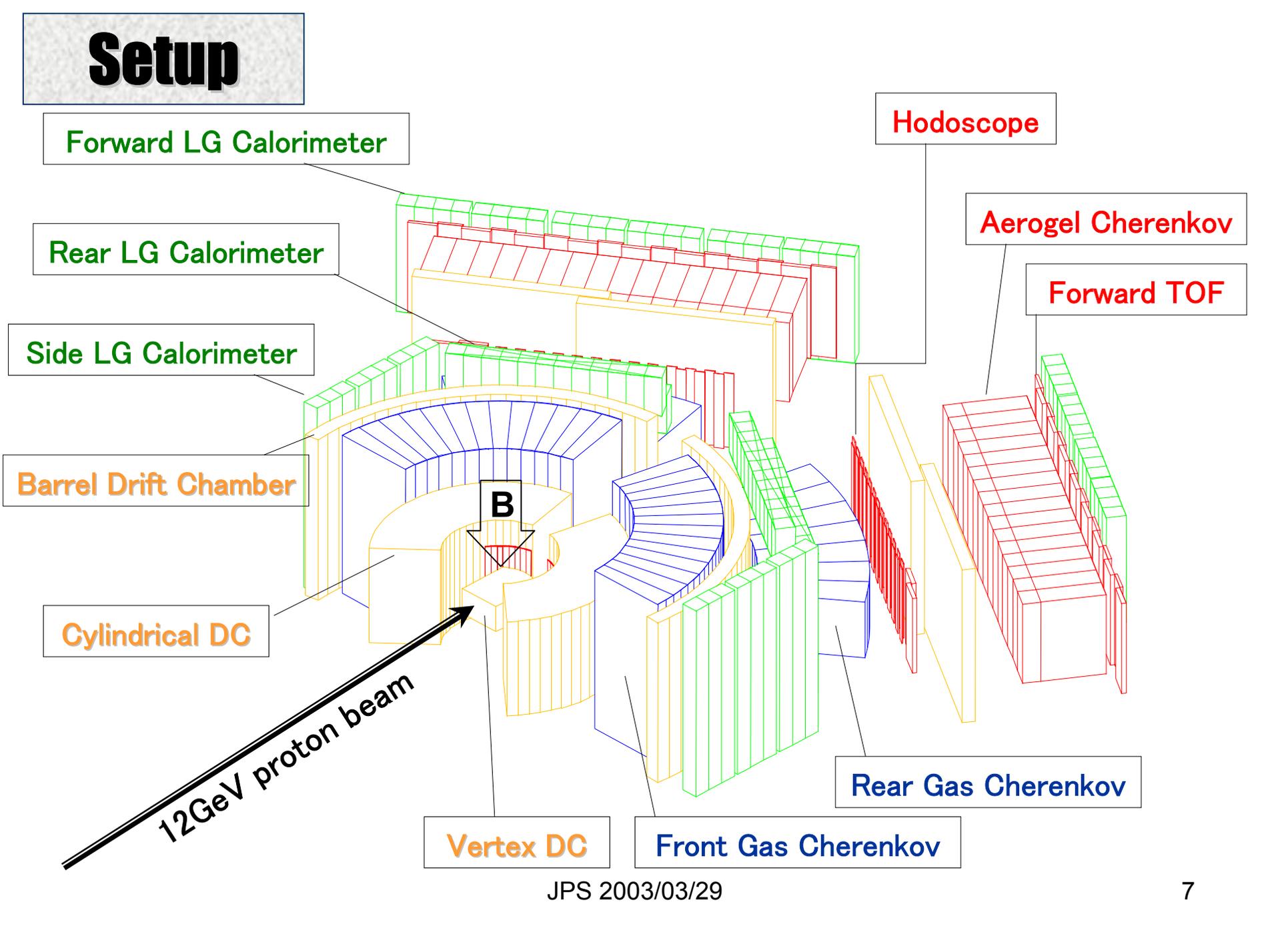
Rear Gas Cherenkov

Hodoscope

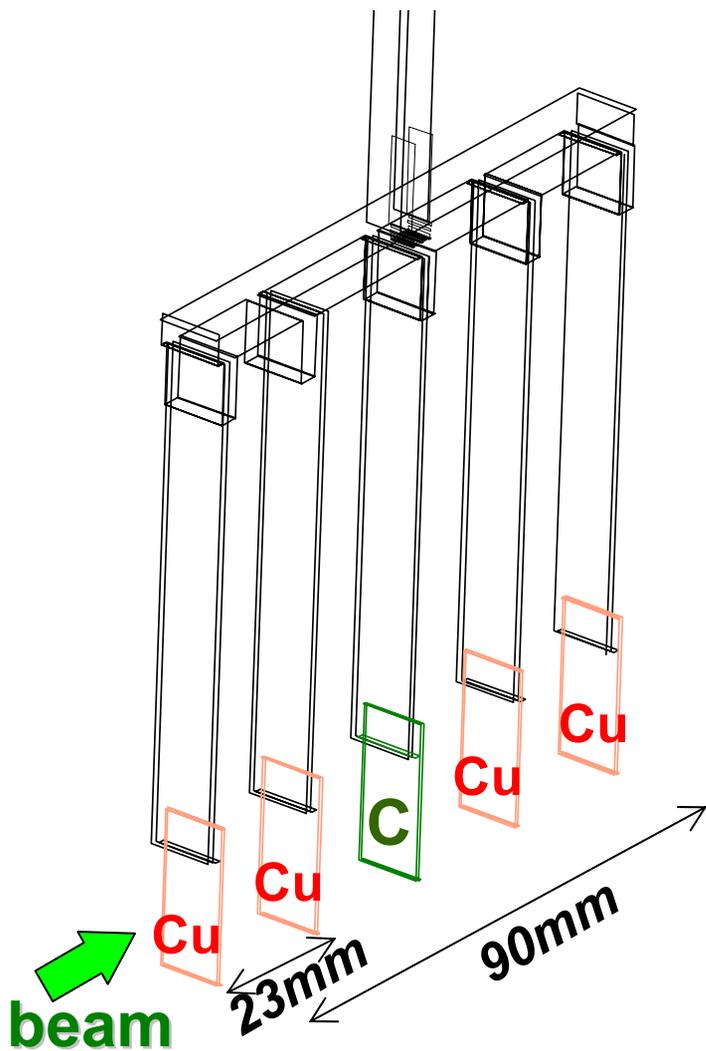
Aerogel Cherenkov

Forward TOF

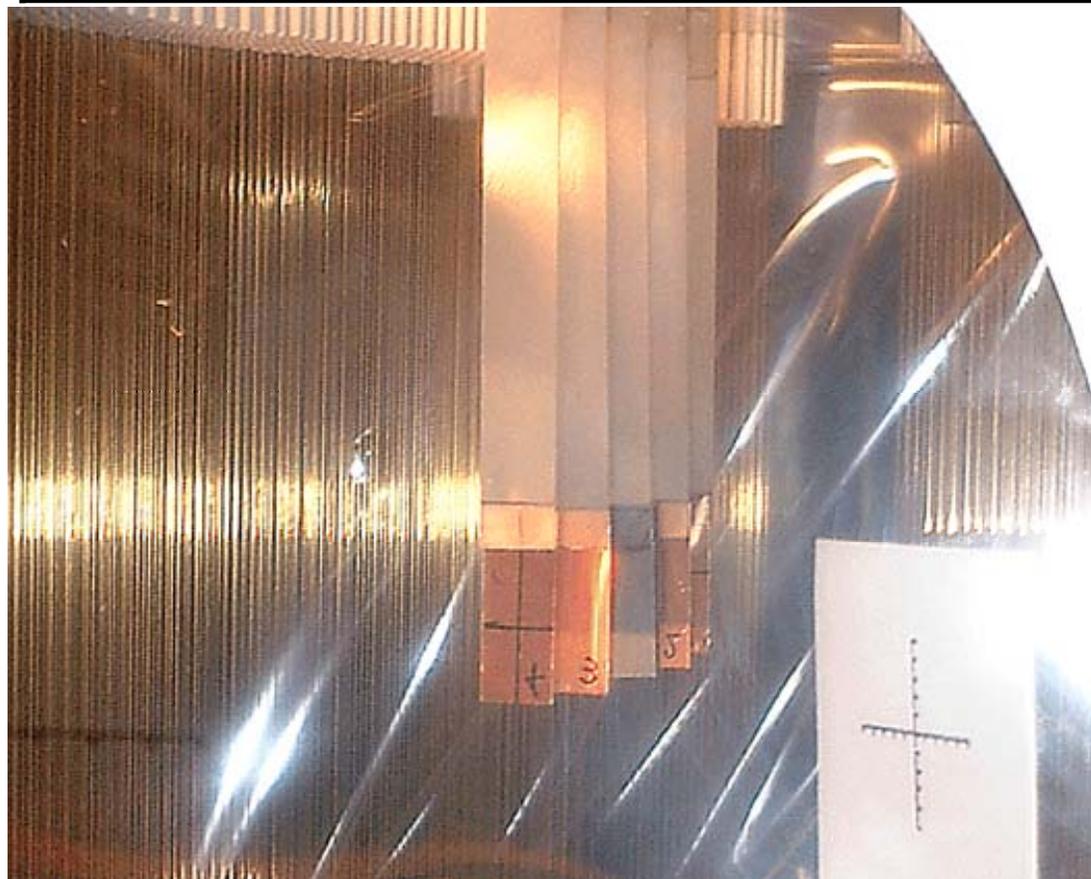
B



# Target @'02



comment	material	Interaction length	radiation length
	C	0.21%	0.4%
	Cu	0.05%	0.6%
total	C,Cu <sub>x</sub> 4	<b>0.41%</b>	<b>2.8%</b>



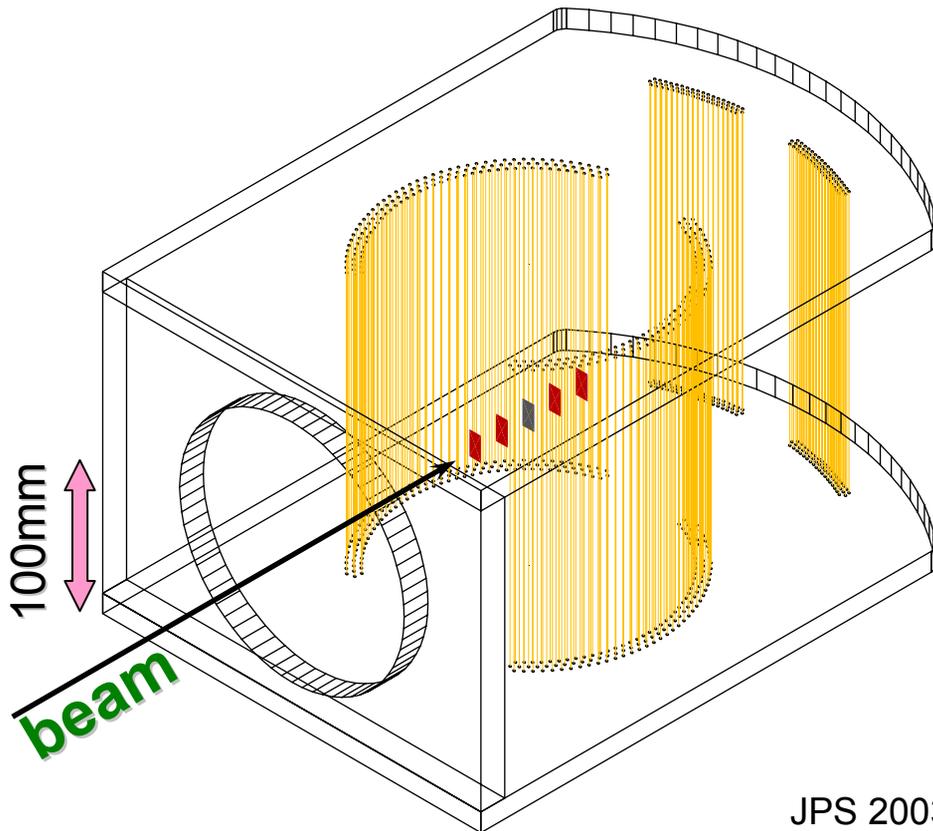
JPS 2003/03/29

# Vertex Drift Chamber (VTC)

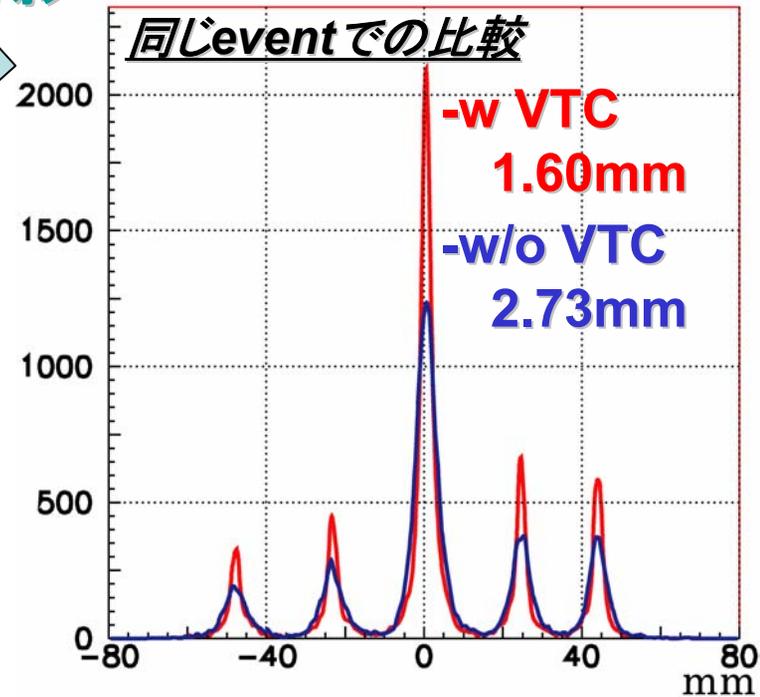
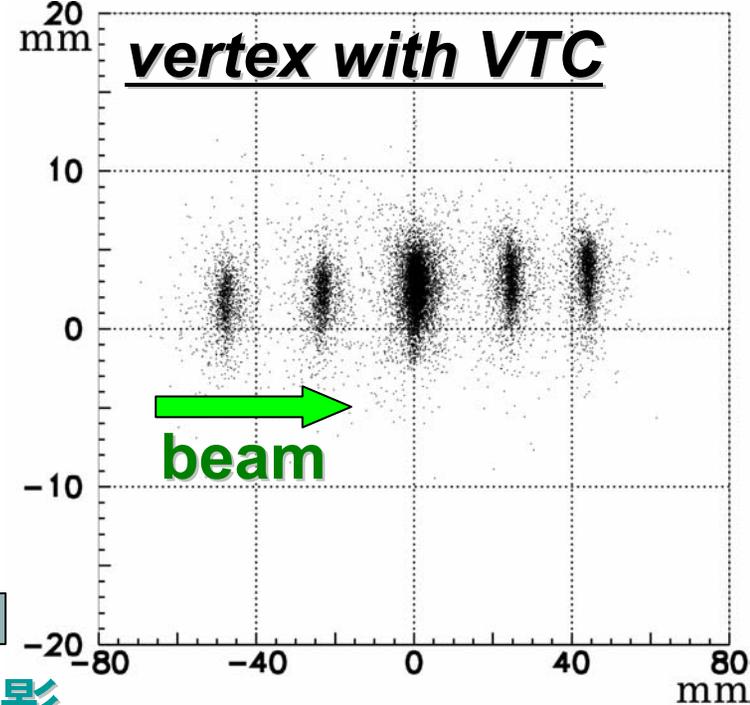
## Vertex resolution

$\omega \rightarrow e^+e^-$  の mass region での vertex  
•  $0.725 < m < 0.825 (\text{GeV}/c^2)$

**~1.7倍 Vertex resolutionの向上**



JPS 2003/03/29



# Vertex Drift Chamber

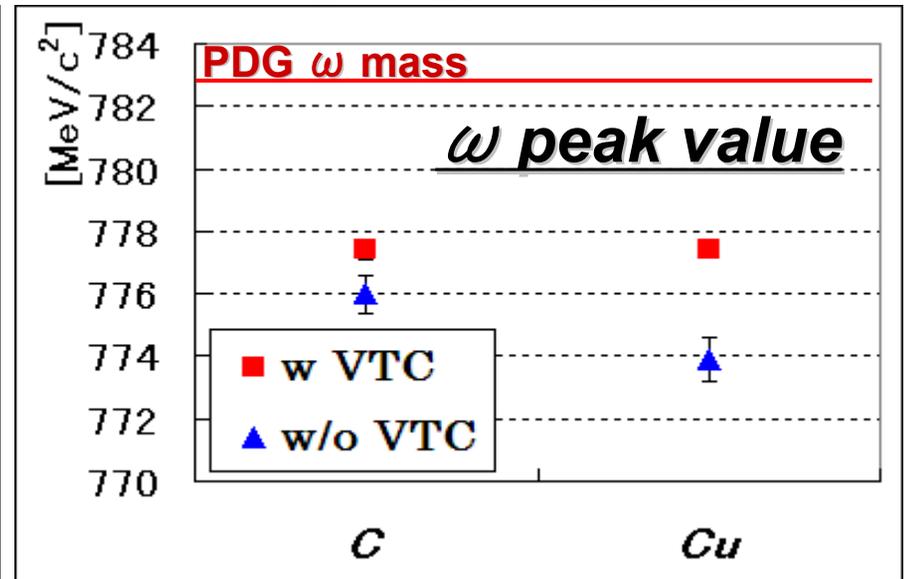
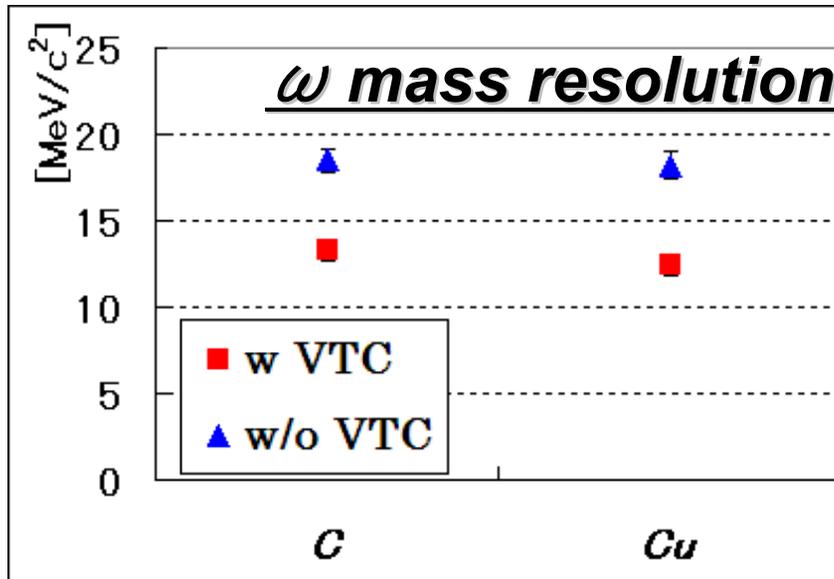
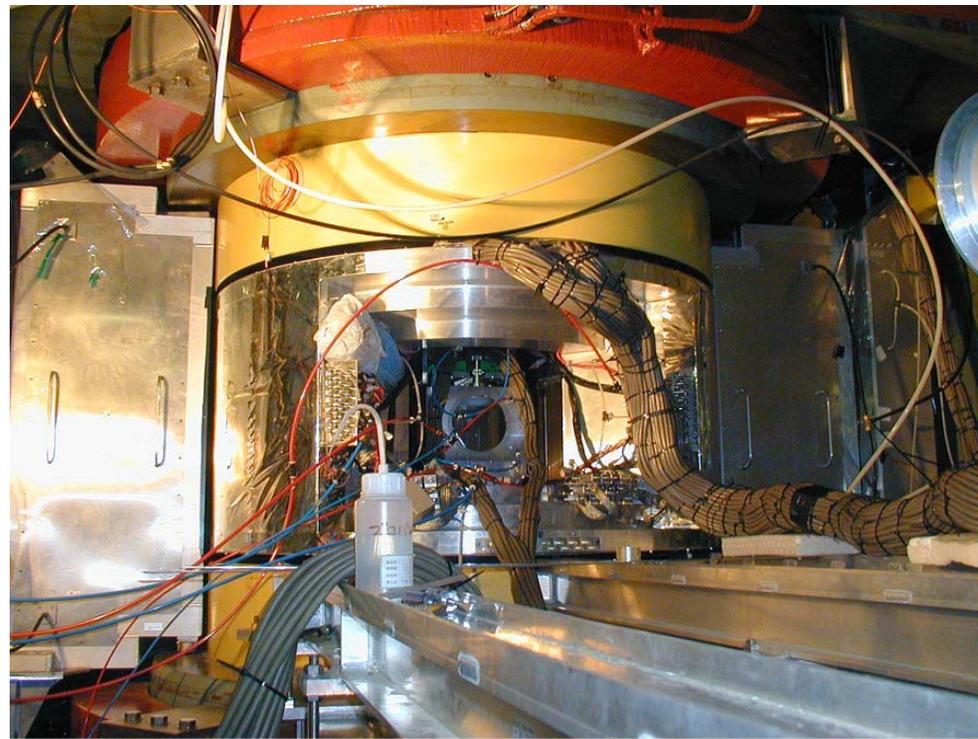
## Mass resolution

$\omega \rightarrow e^+e^-$ において

$$C: 13.3 \text{ MeV}/c^2 / 18.5 = 71.9\%$$

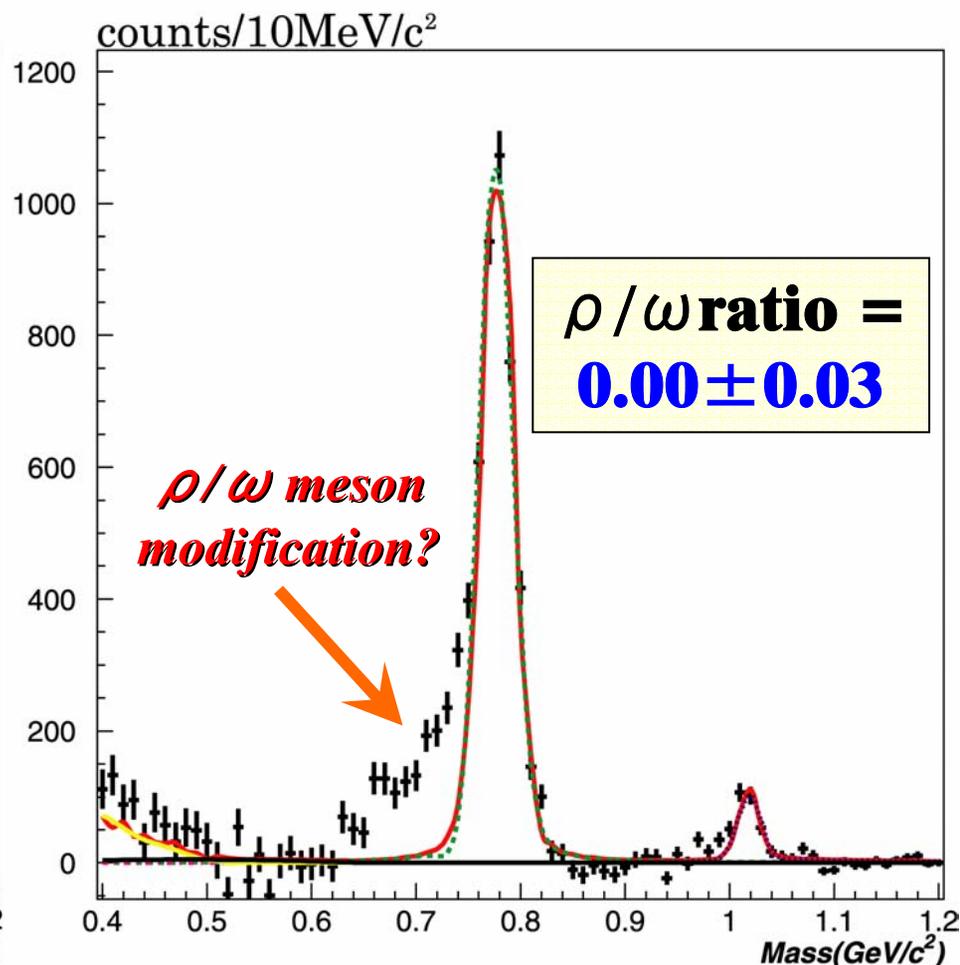
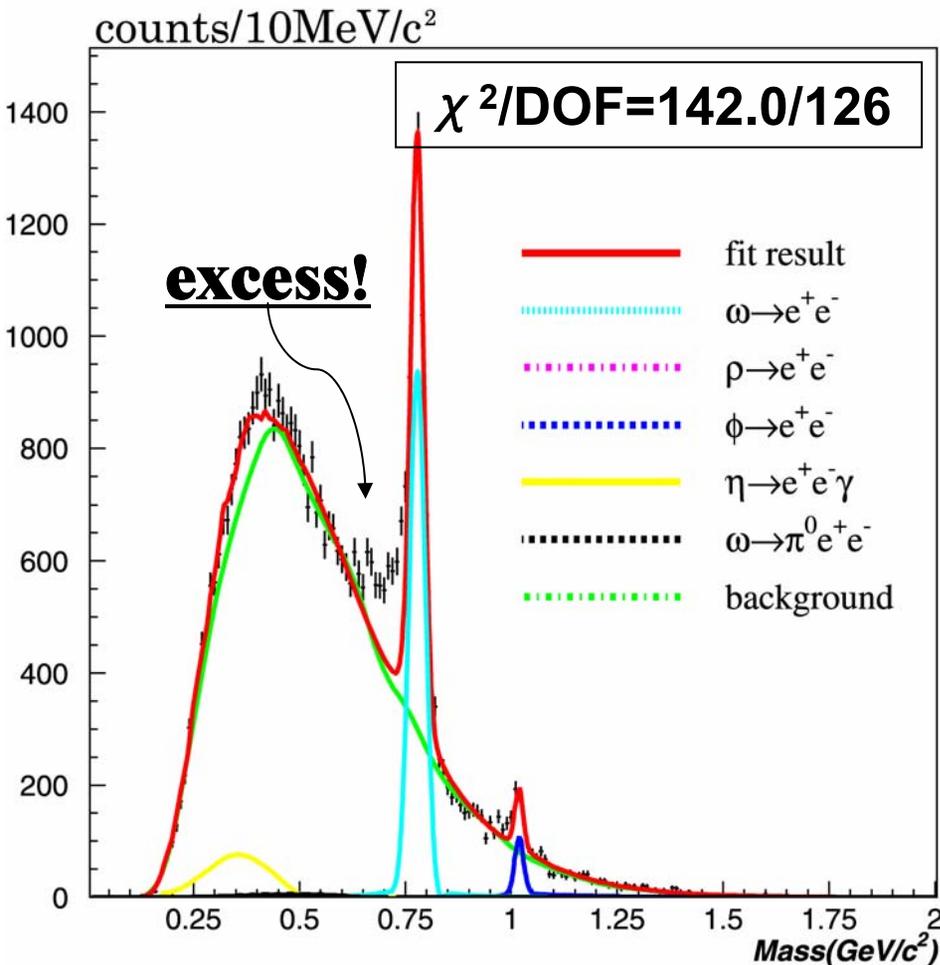
$$Cu: 12.4 \text{ MeV}/c^2 / 18.2 = 68.1\%$$

*~1.4倍 mass resolutionの向上*



# Invariant mass spectrum $e^+e^-$ ('02 data)

## Carbon target



12GeV  $pp \rightarrow \rho, \omega + X$ では  $\rho / \omega$  ratioは $\sim 1$   
[V.Blovel *et al.*, Phys. Lett. B48:73(1974)]

# summary

- KEK-PS E325実験は $12\text{GeV}/c^2 p+A = \rho, \omega, \phi + X$ において、 $e^+e^-$ ,  $K^+K^-$  両channelの測定を行う実験で、ベクターメソンに対する核物質効果の測定を目的として行った。
- '01-'02のrunにおいて'98の **約100倍**の  $\rho, \omega, \phi$  をためることができた。
- Vertex Drift Chamberを入れた解析の結果、
  - Vertex Resolutionの向上(~1.7倍)
  - $\omega$  Mass Resolutionの向上(~1.4倍)を確認することができた。
- 2002 $e^+e^-$ (@Carbon)dataの解析の結果は、VTCを入れた解析においてもこれまでのE325の結果と矛盾のない結果が確認できた。
  - $\omega$ のpeakの左側に既知のhadronic sourceからは説明不可能な **excess**が見られる。
  - $\rho/\omega$  ratioは  **$0.00 \pm 0.03$**  となり、1より大きく異なる。
- Copper Targetにおける $e^+e^-$ の解析を進めて、nuclear dependenceの有無を見る予定である。

# The structure of the VTC

2段の構造を採用

outer cells → 可能な限り **beam軸** に寄る

inner cells → 可能な限り **target** に寄る

## Outer cells

Acceptance:  $6^\circ$ - $24^\circ$  ( $18^\circ$ )

target中心から200mm

beam軸から20.9mm

## Inner cells

Acceptance:  $18^\circ$ - $141^\circ$  ( $123^\circ$ )

target中心から100mm

beam軸から30.9mm

