

A measurement of high $p_{\perp}$ neutral pion in $\sqrt{s_{NN}}=200\text{GeV}$ Au+Au collisions

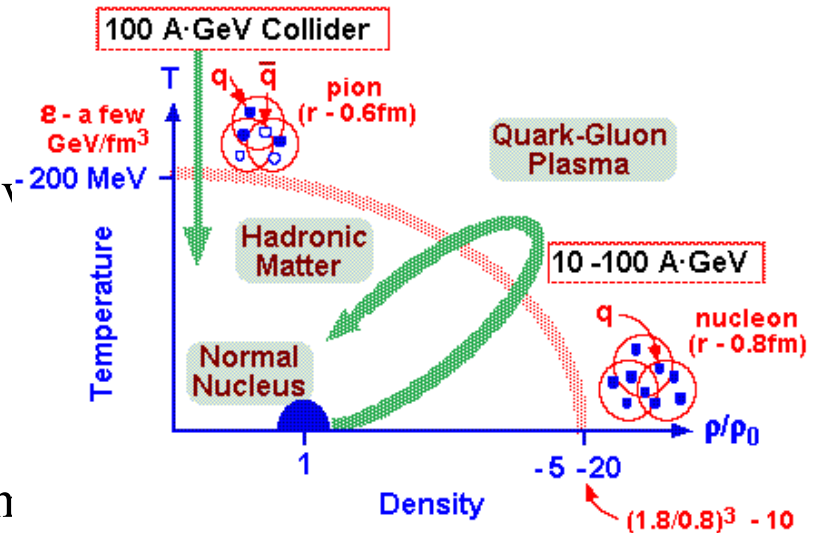
鳥井 久行 for the PHENIX Collaboration

京大理 原子核ハドロン研究室

2001年2月8日、D3発表会

Physics Motivation

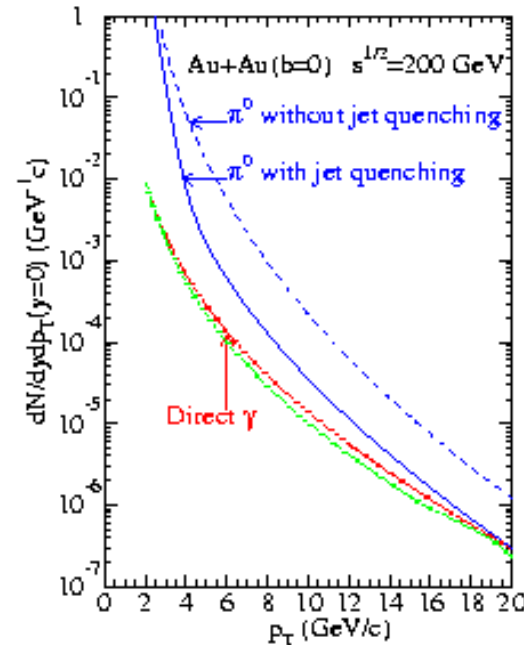
- QCD theory
 - successively describe perturbative phenomena
 - Quarks confinement in hadron
- when are the quarks free?
 - high energy: asymptotic freedom
 - high temperature
 - high density
- Why is QGP so interesting?
 - state of early universe
 - To understand non-perturbative phenomena



Quark Gluon Plasmaへの相転移

QGP search

- One of the hard probe for QGP is “Jet Quenching”
- Jet Quenching.
 - Hard scatterd quark energy loss in the QGP matter by gluon bremsstrahlung.
 - Energy loss is measured by fragmented π^0 .
- RHIC-PHENIX 実験で行われる $\sqrt{s_{NN}}=200\text{GeV}$ Au+Au collision によって π^0 の Inclusive spectrumを測定し、Jet quenchingの効果について議論したい。



Xin-Nian Wang
Phys.Rev.C58 2321(1998)
Au+Au $\sqrt{s}=200\text{GeV}$
($dE/dx=1\text{GeV}/c$)

RHIC

RHIC = Relativistic Heavy Ion Collider

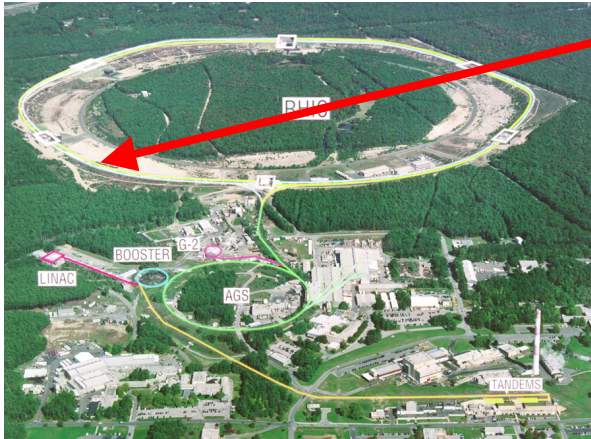
Located at Brookhaven National Laboratory



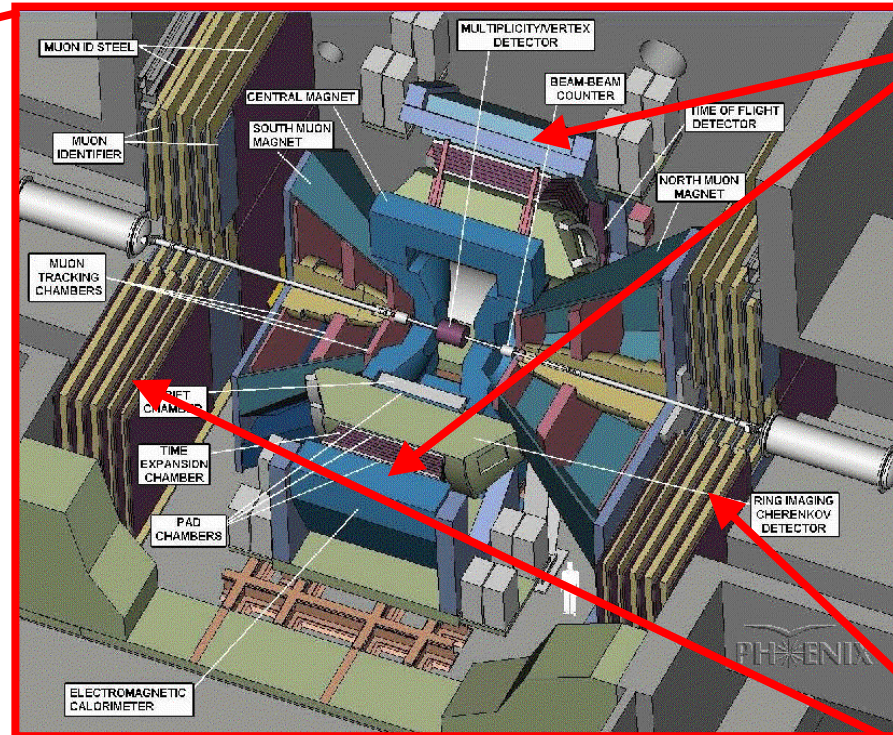
PHENIX実験



Pioneering High Energy Nuclear Interaction eXperiment



- 全周3.8km 2リング
 - 120bunch/ring
 - 106ns crossing time
- 最大エネルギー
 - 250GeV for p(polarized)
 - 100GeV/nucleon for Au
- Luminosity
 - Au-Au : $2 \times 10^{26} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-2}$
 - p-p : $2 \times 10^{32} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-2}$
- 6 のCrossing point

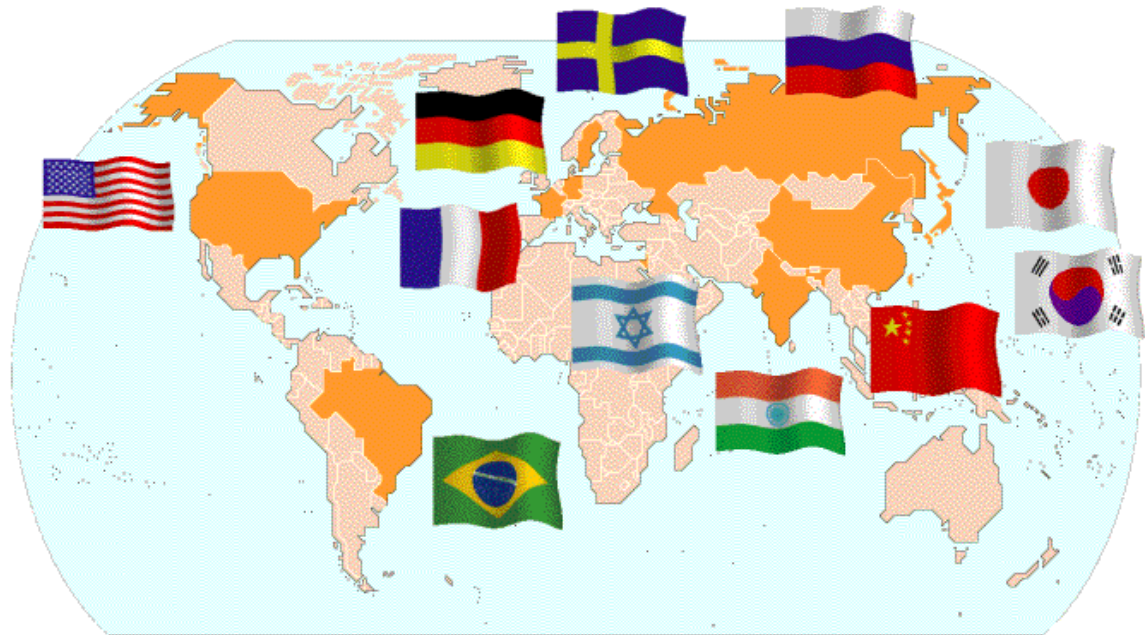


- Luminosity、Vertex、Centralityを決めるための3つの detector がインストールされている。

- Beam Beam Counter(BBC)
- Zero Degree Calorimeter(ZDC)
- Multiplicity and Vertex Detector(MVD)

2 central Spectrometers

2 forward Spectrometers



Map No. 3055 Rev. 2 UNITED NATIONS
August 1999

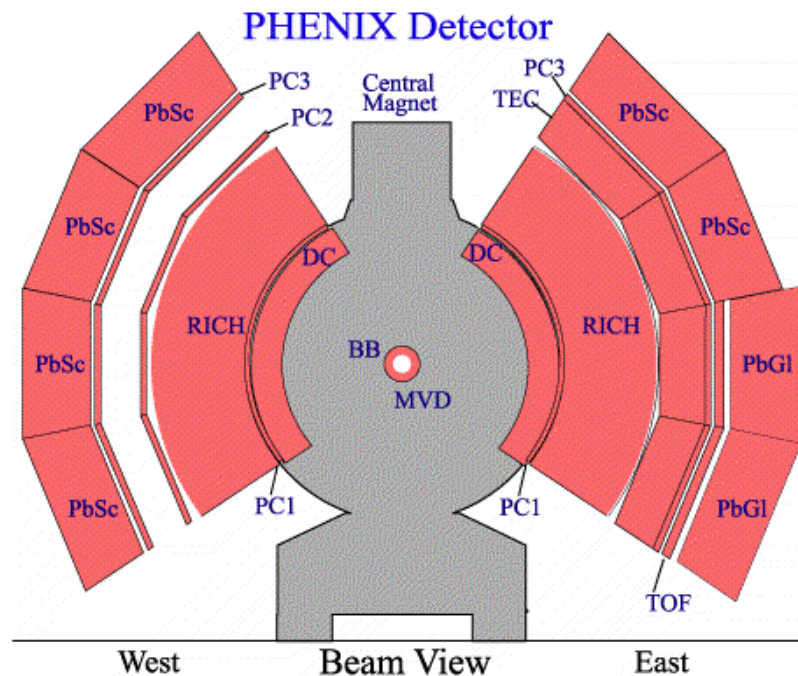
Department of Public Information
Cartographic Section

University of São Paulo, São Paulo, Brazil
 Academia Sinica, Taipei 11529, China
 China Institute of Atomic Energy (CIAE), Beijing, P. R. China
 Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC), Université de Clermont-Ferrand, 63170
 Aubiere, Clermont-Ferrand, France
 Dapnia, CEA Saclay, Bat. 703, F-91191, Gif-sur-Yvette, France
 IPN-Orsay, Université Paris Sud, CNRS-IN2P3, BP1, F-91406, Orsay, France
 LPNHE-Palaiseau, Ecole Polytechnique, CNRS-IN2P3, Route de Saclay, F-91128,
 Palaiseau, France
 SUBATECH, Ecole des Mines at Nantes, F-44307 Nantes, France
 University of Muenster, Muenster, Germany
 Banaras Hindu University, Banaras, India
 Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Bombay, India
 Weizmann Institute, Rehovot, Israel
 Center for Nuclear Study (CNS-Tokyo), University of Tokyo, Tanashi, Tokyo 188, Japan
 Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739, Japan
 KEK, Institute for High Energy Physics, Tsukuba, Japan
 Kyoto University, Kyoto, Japan
 Nagasaki Institute of Applied Science, Nagasaki-shi, Nagasaki, Japan
 RIKEN, Institute for Physical and Chemical Research, Hirosawa, Wako, Japan
 University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan
 Tokyo Institute of Technology, Ohokayama, Meguro, Tokyo, Japan
 University of Tsukuba, Tsukuba, Japan
 Waseda University, Tokyo, Japan

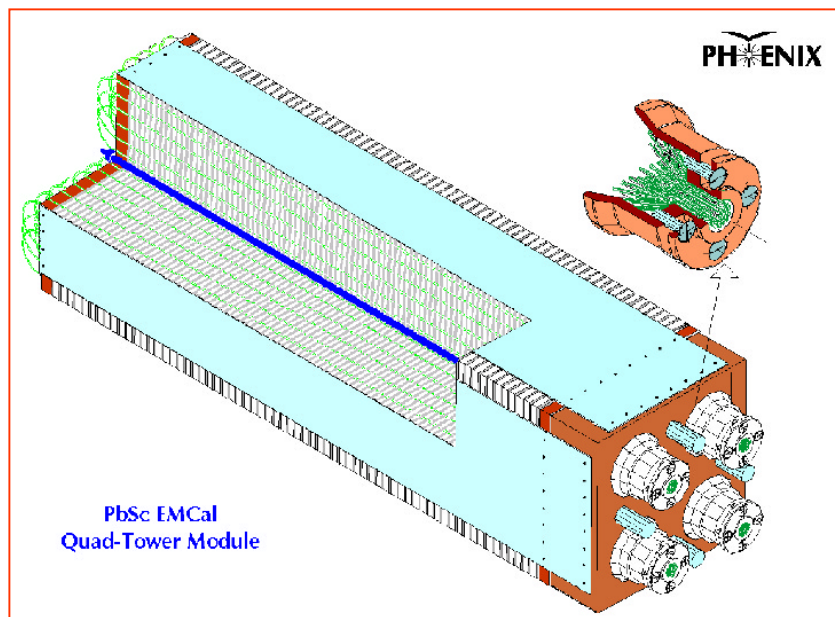
Cyclotron Application Laboratory, KAERI, Seoul, South Korea
 Kangnung National University, Kangnung 210-702, South Korea
 Korea University, Seoul, 136-701, Korea
 Myong Ji University, Yongin City 449-728, Korea
 System Electronics Laboratory, Seoul National University, Seoul, South Korea
 Yonsei University, Seoul 120-749, KOREA
 Institute of High Energy Physics (IHEP-Protvino or Serpukhov), Protvino, Russia
 Joint Institute for Nuclear Research (JINR-Dubna), Dubna, Russia
 Kurchatov Institute, Moscow, Russia
 PNPI: St. Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Leningrad, Russia
 Lund University, Lund, Sweden
 Abilene Christian University, Abilene, Texas, USA
 Brookhaven National Laboratory (BNL), Upton, NY 11973
 University of California - Riverside (UCR), Riverside, CA 92521, USA
 Columbia University, Nevis Laboratories, Irvington, NY 10533, USA
 Florida State University (FSU), Tallahassee, FL 32306, USA
 Georgia State University (GSU), Atlanta, GA, 30303, USA
 Iowa State University (ISU) and Ames Laboratory, Ames, IA 50011, USA
 LANS: Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, USA
 LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA 94550, USA
 University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, USA
 New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico, USA
 Department of Chemistry, State University of New York at Stony Brook (USB),
 Stony Brook, NY 11794, USA

PHENIX EMCalorimeter

- 2 types
 - Lead Scintillator (PbSc)
 - 6 sectors(15552 channels)
 - Lead Glass (PbGl)
 - 2 sectors (9216 channels)
- 衝突点からの直線距離
 - 507cm for PbSc
 - 540cm for PbGl
- Coverage
 - $|\eta| < 0.38$
 - $\phi = 180^\circ$



PbSc Calorimeter



	PbSc
Size(cm x cm)	5.52 x 5.52
Depth(cm)	37.5
Number of towers	15552
Sampling fraction	~ 20%
η cov.	0.7
ϕ cov.	90+45deg
η /mod	0.011
ϕ /mod	0.011
X_0	18
Molière Radius	~ 3cm

Sandwich type calorimeter

Lead plates 55.2x55.2x1.5mm

Scintillator plates 110.4x110.4x4mm

Shish-kebab geometry wave shifter fiber readout

6x6 fibers $\rightarrow$ 1 PMT = 1 tower

2 x 2 towers = 1 module

6 x 6 module = 1 super module

6 x 3 super module = 1 sector



PbSc sector 2.0m x 4.0m

PHENIX EMCal の性能評価

以前にBNL-AGSを用いたテストビームで6GeV/cまでの性能評価が行われおり、これを補う形でこの98年のテストビームでは10-80GeV/c領域での性能評価をおこなった。

At the CERN SPS H6 beam line. 8/29-9/5, 1998年

(by sharing beam with ALICE/Phos group)

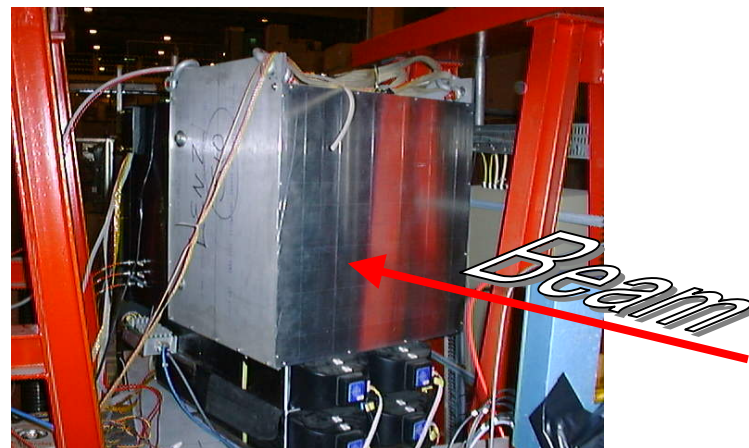
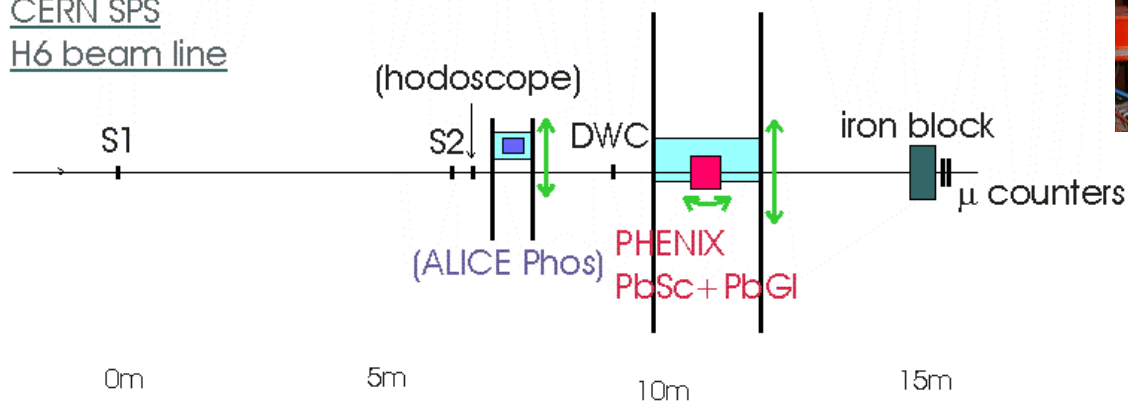
目的

エレクトロンのエネルギー測定 of 分解能、線形性

エレクトロンのシャワープロファイルの測定

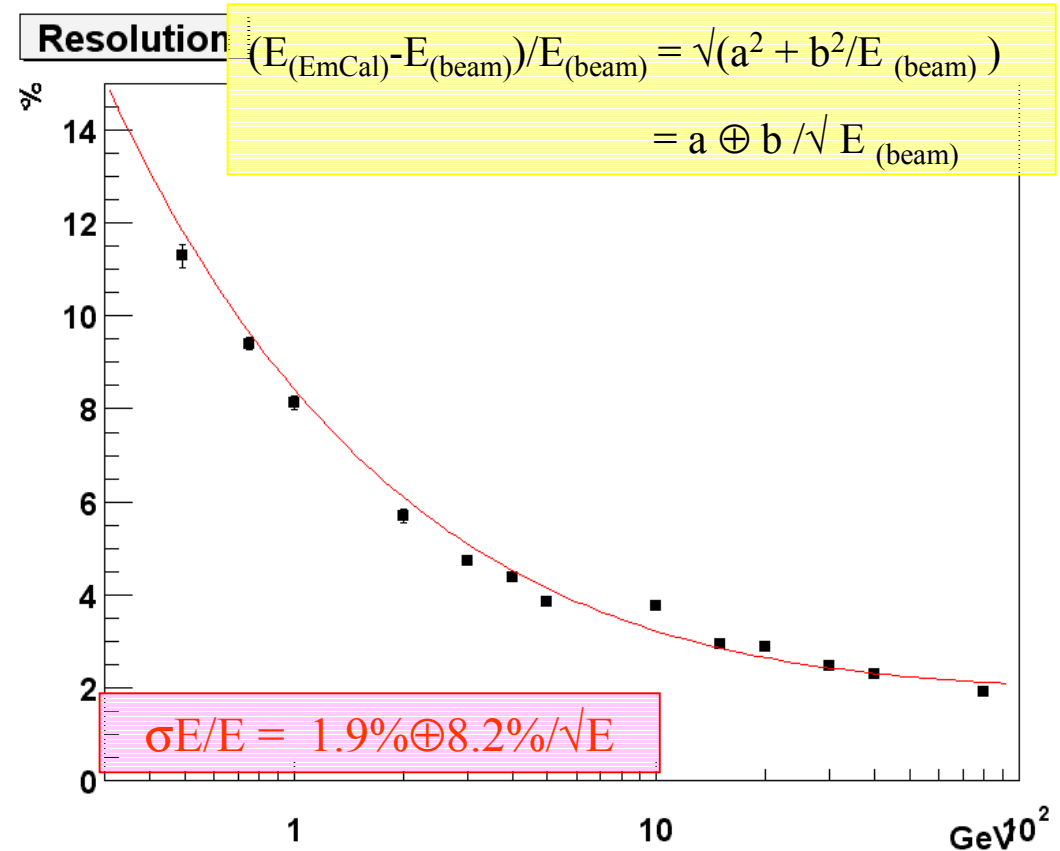
ハドロンに対するrejection powerの測定

CERN SPS
H6 beam line



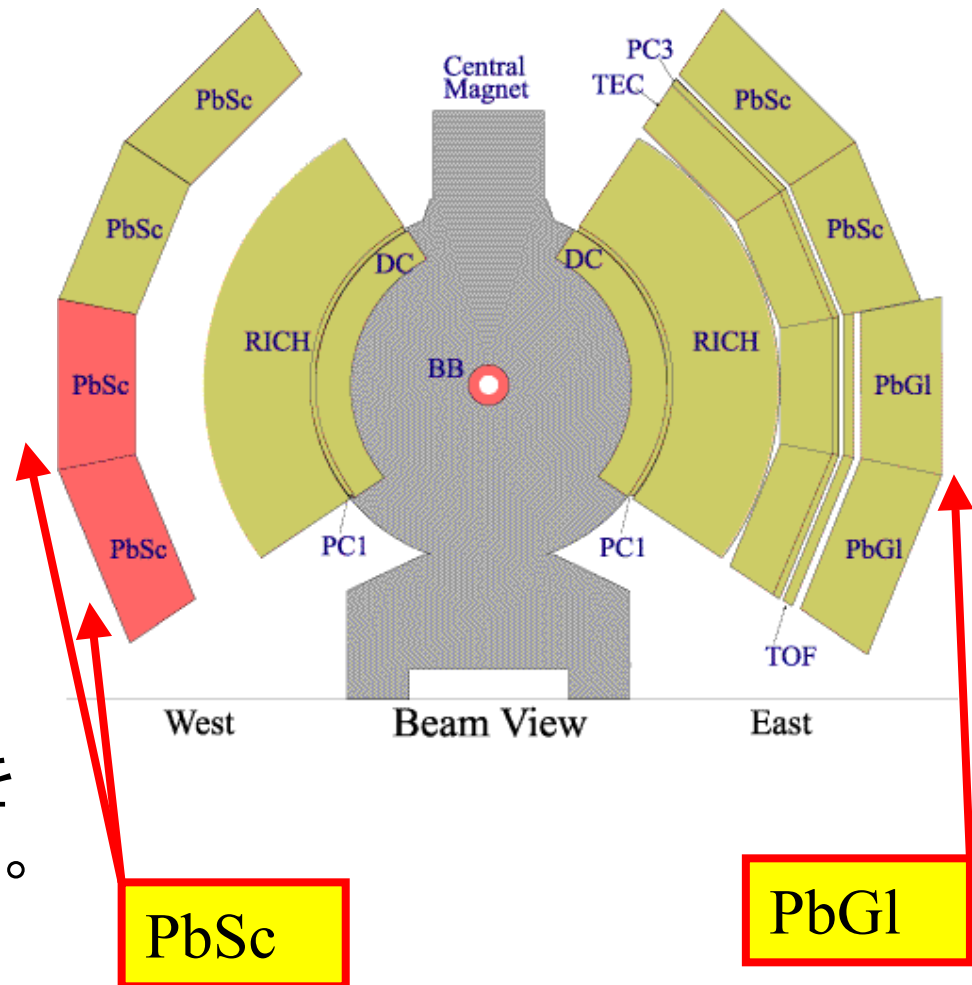
テストビーム結果

- エネルギー測定
の分解能
 - 0.5GeV/c -
80GeV/cの
electronに対して
 - $\sigma E/E =$
 $1.9\% \oplus 8.2\% \sqrt{E}$



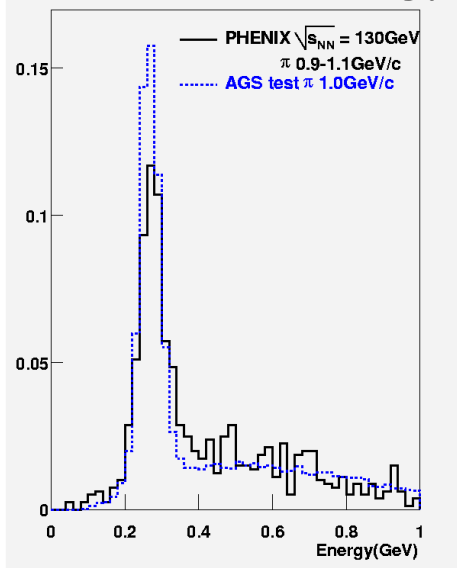
Physics Run 2000

- 7月: $\sqrt{s_{NN}}=65\text{GeV}$
- 8月～9月上旬:
 $\sqrt{s_{NN}}=130\text{GeV}$
 - BBC & ZDC による
Minimum bias trigger
 - 約5Mevents $0.7\mu\text{b}^{-1}$
- $\phi = 45^\circ + 22.5^\circ$ are active.
 - 2 sectors PbSc(5184 ch)
 - 1 sectors PbGl(4608 ch)
- このTalkでは、
 $\sqrt{s_{NN}}=130\text{GeV}$ でのPbScを
使った結果について示す。

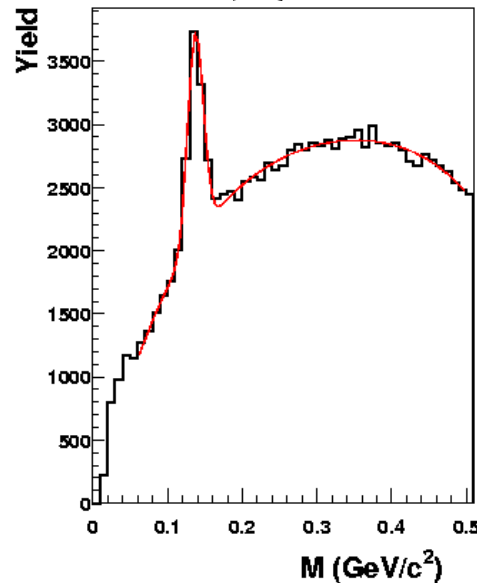


エネルギー較正

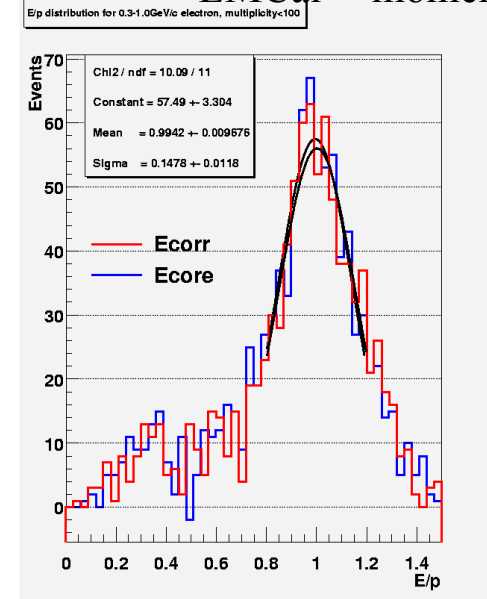
Ionization energy



π^0 質量



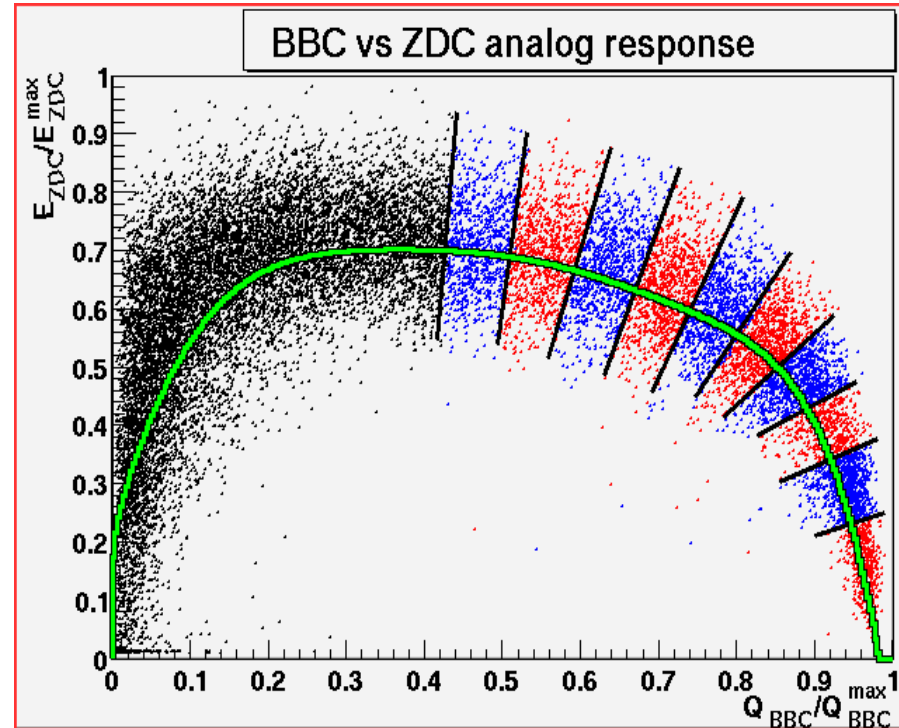
$e^\pm E_{\text{EMCal}}/p_{\text{momentum}}$



- 各タワー毎の相対較正は0.6-1.0 GeV/c $\pi^\pm$ による Ionization エネルギーを用いて行い、3%の相対精度で補正できた。
- エネルギーの絶対値は、2%の精度で一致した。
- 時間変動は、レーザーを使った測定で補正後、Ionization エネルギーの安定性を測定したところ、2%以内の変動で抑えられていることがわかった。

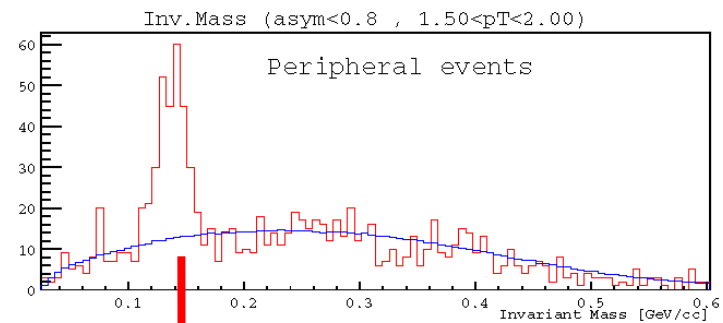
Centrality測定

- Beam Beam Counter (BBC)
 - $\eta = 3.0-3.9$
 - Fragment領域の荷電粒子
- Zero Degree Calorimeter(ZDC)
 - $\eta = \sim 6$
 - Projectile 領域の中性子
- BBC vs ZDC の相関
 - エネルギー/粒子数はCentralityに対してマイナスの相関を持つ
 - Most peripheral collisionでは中性粒子の数は逆に減少する。
 - コの字型の相関から、geometrical な情報、すなわちCentrality がえられる。
- Glauber Modelにより、Centrality をもとに以下の値を見積もる。
 - Number of participant
 - Number of collision

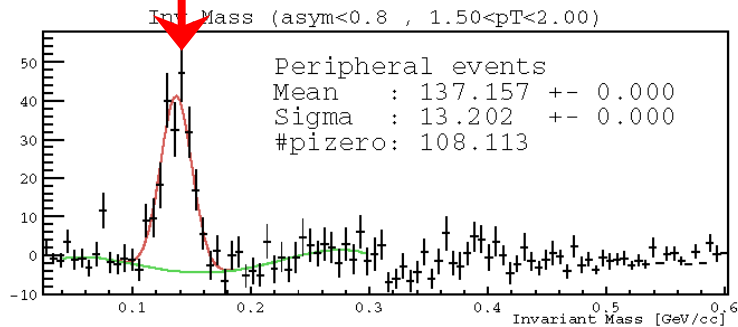


π^0 測定

Peripheral events

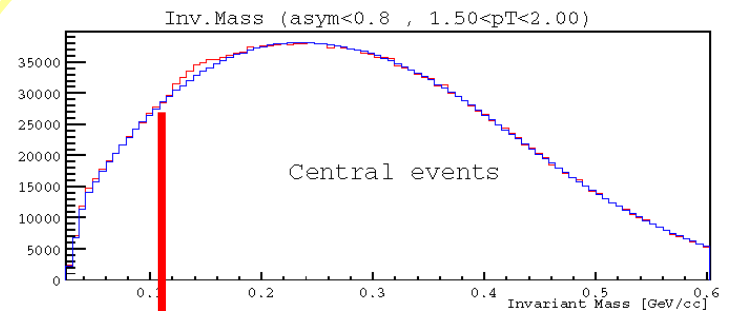


Subtraction by event mixing

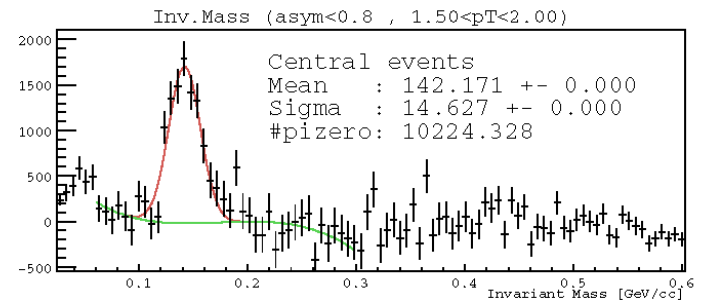


75-92% centrality

Central events



Subtraction by event mixing

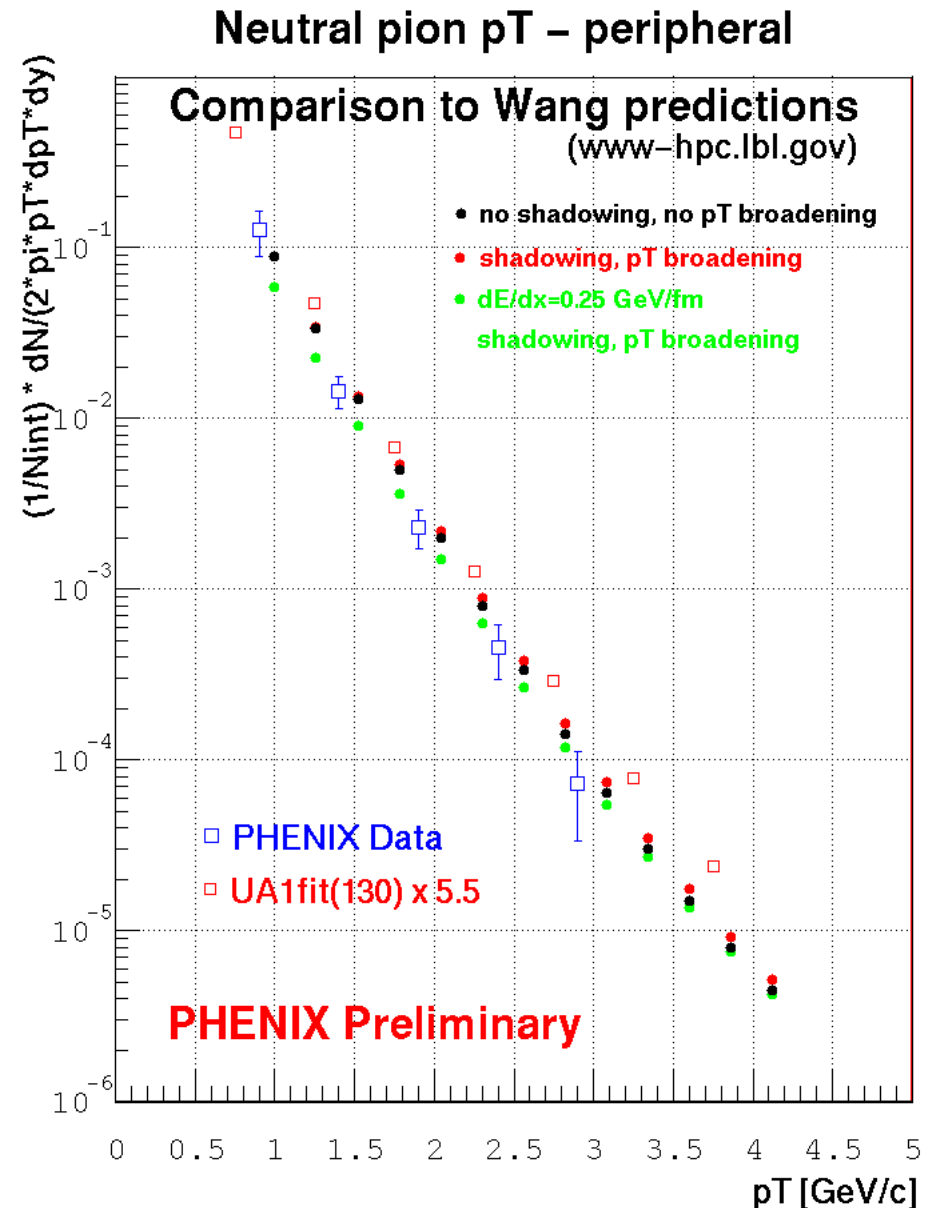


10% centrality

pT = 1.5 – 2.0 GeV/c Energy Asymmetry < 0.8

π^0 p_T Spectrum (peripheral)

- 75-92% peripheral
- $N_{\text{collision}} =$
平均 5.5 collisions
- 比較
 - 理論予想値:
 - X.-N.Wang's HIJING simulation: 3のシナリオ
 - no shadowing, no p_T
 - shadowing, p_T
 - $dE/dx = 0.25 \text{ GeV/fm}$ shadowing, p_T
 - UA1 parameterized fit $\times 5.5$
- 測定値はWangの理論値のどれとも一致している。

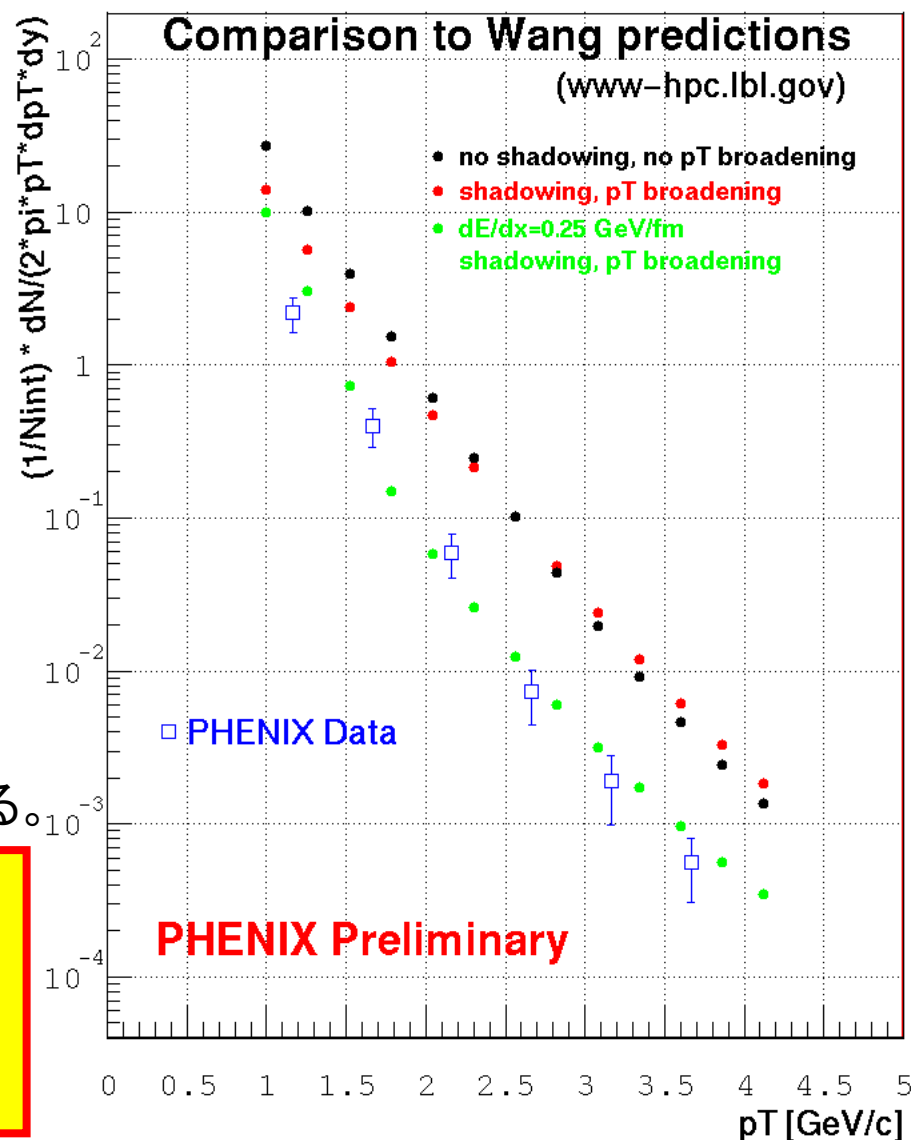


π^0 p_T Spectrum (Central)

Neutral pion p_T – 10% central

- 10% peripheral
- $N_{\text{collision}} =$
平均 857 collisions
- 比較 理論予想値
 - X.-N.Wang's 3のシナリオ
 - no shadowing, no p_T
 - shadowing, p_T
 - $dE/dx = 0.25 \text{ GeV/fm}$
shadowing, p_T
- エネルギーロスがない理論値とは一致していない。
- $dE/dx = 0.25 \text{ GeV/fm}$ のエネルギーロスを入れた予想値に近い値を示している。

現段階ではpreliminaryな結果であり、理論との比較や、Spectrumの形など理解を進めているところであり、Jet Quenchingの結論には至っていない。



Summary

- Quark Gluon Plasma 探索のひとつのプローブとしてJet Quenchingの効果があり、RHIC-PHENIX実験にて π^0 のpT spectrum でもって測定する。
- 測定に先立ちPHENIX-EMCalorimeter の性能評価として98年にテスト実験を行った。
 - エネルギー分解能 $1.9\% \oplus 8.2\% \sqrt{E}$
- 2000年7月-9月でのPhysics runでは、Minimum bias trigger にて5M events ($0.7\mu\text{b}^{-1}$, $\sqrt{s_{\text{NN}}}=130\text{GeV}$ Au+Au collision)を測定した。
 - エネルギー較正 : 絶対値 2%、相対値 3%の精度であっている。
 - π^0 測定 : Event MixingによるBackgroundの引き算。
 - Peripheral :
 - Wangの予想値と合っている。
 - Central collision:
 - Energy lossのない予想値とは違っている。
 - Energy loss の入った予想値に近い。
 - まだPreliminaryな結果であり、今後もSystematic errorの評価をつめる必要がある。
- 2001年の5月から $\sqrt{s_{\text{NN}}}=200\text{GeV}$ Au+Au collisionが始まる。
 - $60\mu\text{b}^{-1}/\text{week}$
 - 8-10GeV/c まで測定可能になる。