Measurement of $\omega \rightarrow e^+e^-$ in $\sqrt{s_{NN}}$ = 200GeV Nucleus + Nucleus collisions at RHIC-PHENIX

（核子対あたり重心系エネルギー200GeVでの
原子核＋原子核衝突における
ω粒子の電子陽電子対崩壊測定）

広島大学理学研究科
来島孝太郎
for the PHENIX Collaboration

OUTLINE

- 動機　*なぜ電子陽電子崩壊過程のω粒子か？*
- 解析手法
- データ解析
  - 金＋金、陽子＋陽子衝突の不変質量分布の比較
  - combinatorial backgroundの再現
  - 不変質量分布
- 結果
  - dN/dy
  - invariant pT slope
- 結論＆展望

動機

RHICでの高エネルギー重イオン衝突において、高温パートン非束縛相が生成すると期待

高温パートン非束縛相が生成されるような高温下では、**カイラル対称性の回復**に伴い**ベクトル中間子の質量が変化**すると考えられる

重イオン衝突実験において、ベクトル中間子の質量変化が観測できないか？

～ **life time** ～

高温パートン非束縛相: :~10fm/c

ωメソン　: :23fm/c

φメソン　: :46fm/c

→　ω粒子のほうがφ粒子よりも短寿命

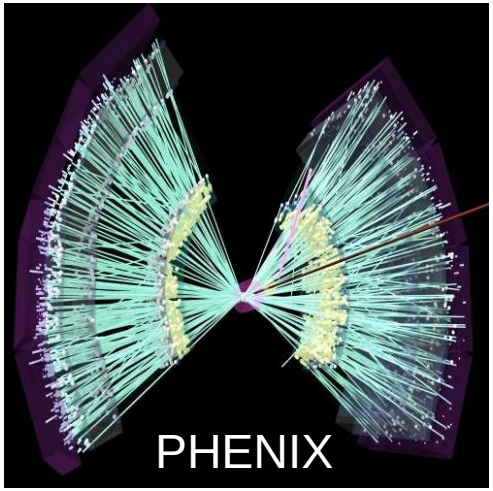
→　高温パートン非束縛相内で崩壊する確率が高い

－レプトン対への崩壊過程が存在－

レプトンは強い相互作用しないので、
相の情報を失わずに外に持って来ることができる。

電子・陽電子崩壊チャンネルを用いてω粒子の解析を行う

解析手法



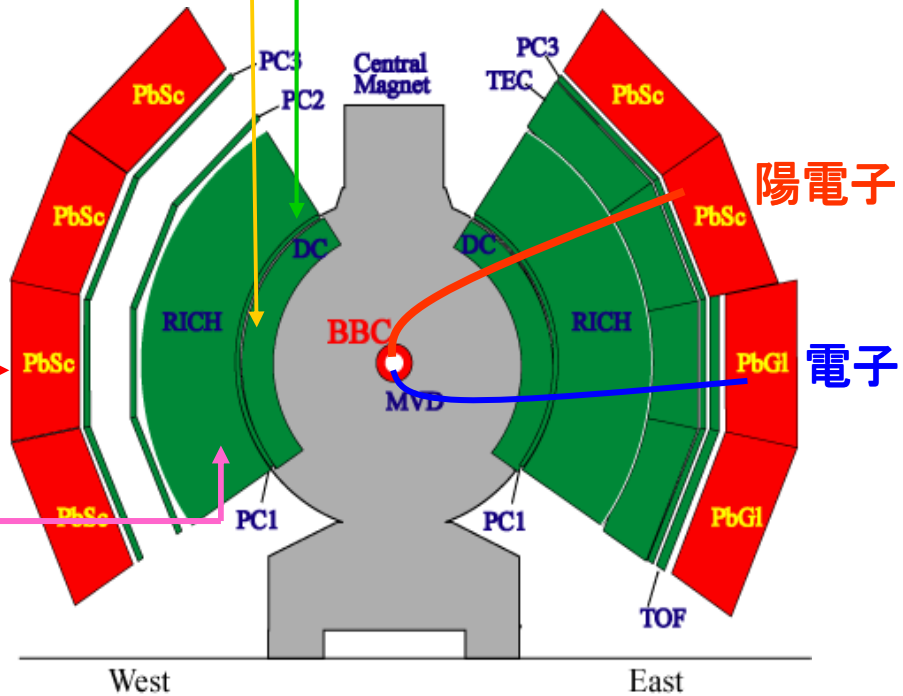
$\sqrt{s_{NN}} = 200GeV$での金＋金衝突における荷電粒子の飛跡

ビーム軸に水平に磁場

↓

荷電粒子飛跡検出→曲率から運動量を求める

ドリフトチェンバー（DC）＋パッドチェンバー（PC）



電子の識別

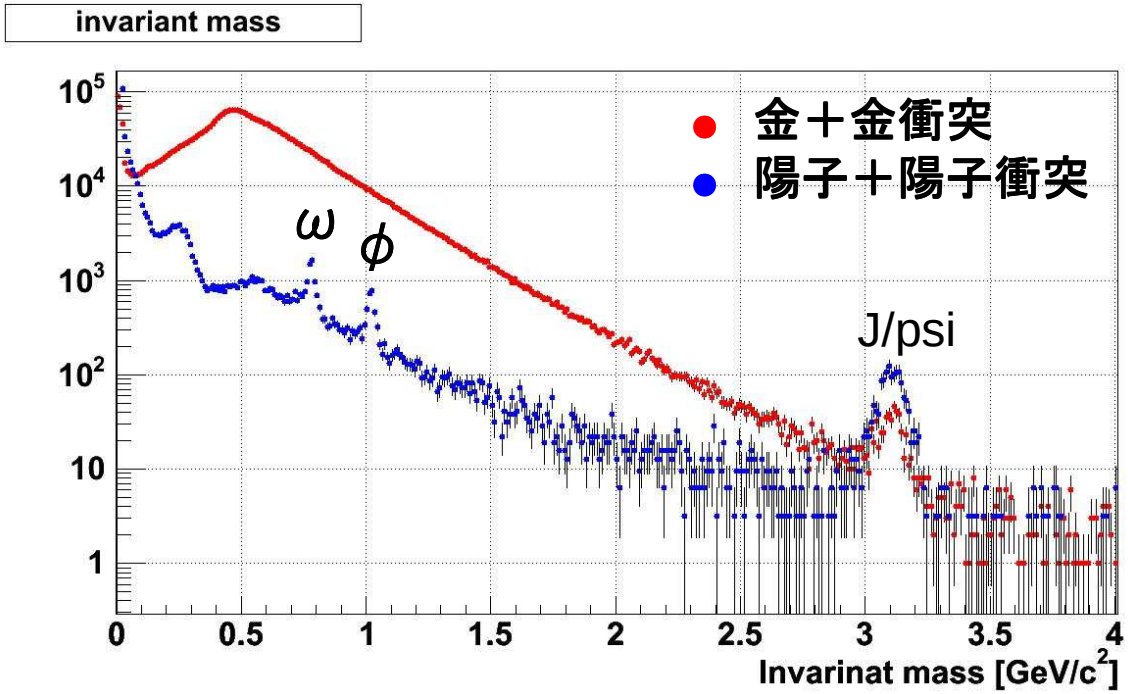
RICH＋電磁カロリメータ（PbSc,PbGl）

－RHICHは4.9GeV/cまでの電子を識別可能

－全エネルギーを電磁カロリメータに落とす（E/p ~ 1）ことから、電磁カロリメータも用い、電子を識別

検出された飛跡より、電子・陽電子を選別し、不変質量を組む

不変質量分布の比較
（金＋金　vs　陽子＋陽子衝突）



陽子＋陽子の不変質量分布は
ERT Trigger eventから再構成

N_{coll}
- 1　（陽子＋陽子）
- 257.8　（金＋金 Min Bias）

Phys. Rev. 101 1131(1956)

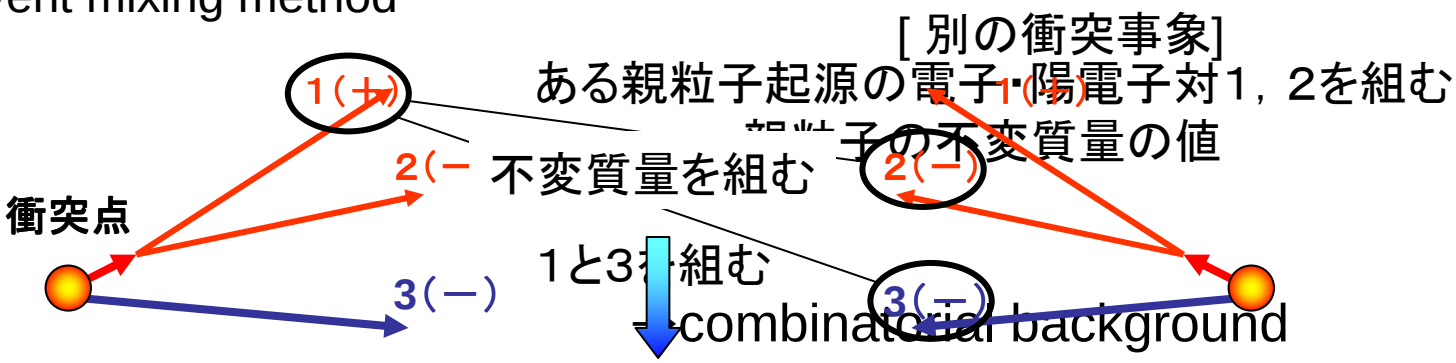
イベント数、N_{coll}（核子同士の衝突回数）で陽子＋陽子衝突の不変質量分布を規格化

陽子＋陽子衝突
はっきりω、φ粒子のピークが見ることができる

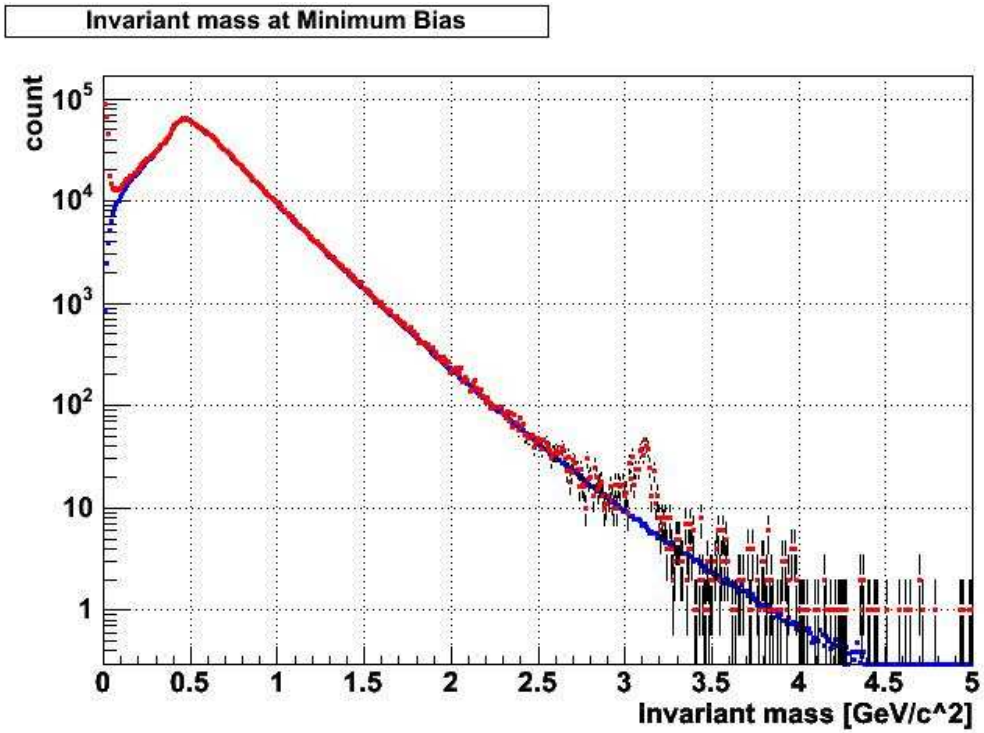
金＋金衝突
生成粒子数が多く、combinatorial backgroundが大きい
→　シグナルが埋もれる

combinatorial backgroundの再現

~ event mixing method ~



combinatorial backgroundを再現

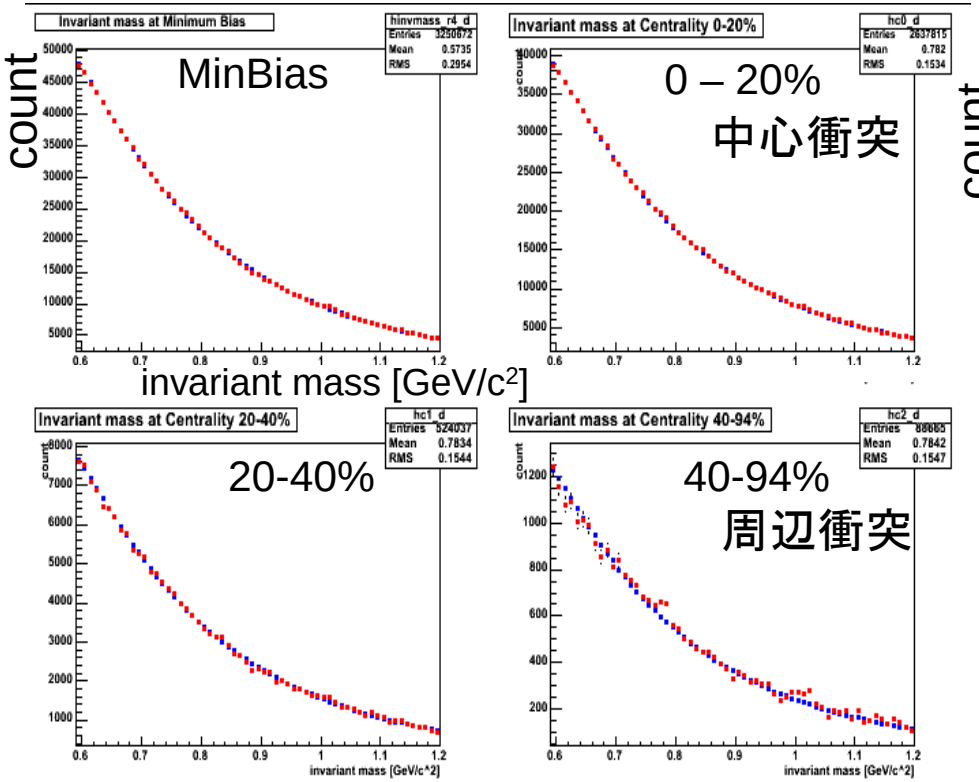


- 同じ衝突事象内で組まれた不変質量分布
- even mixingによって見積もられた combinatorial background

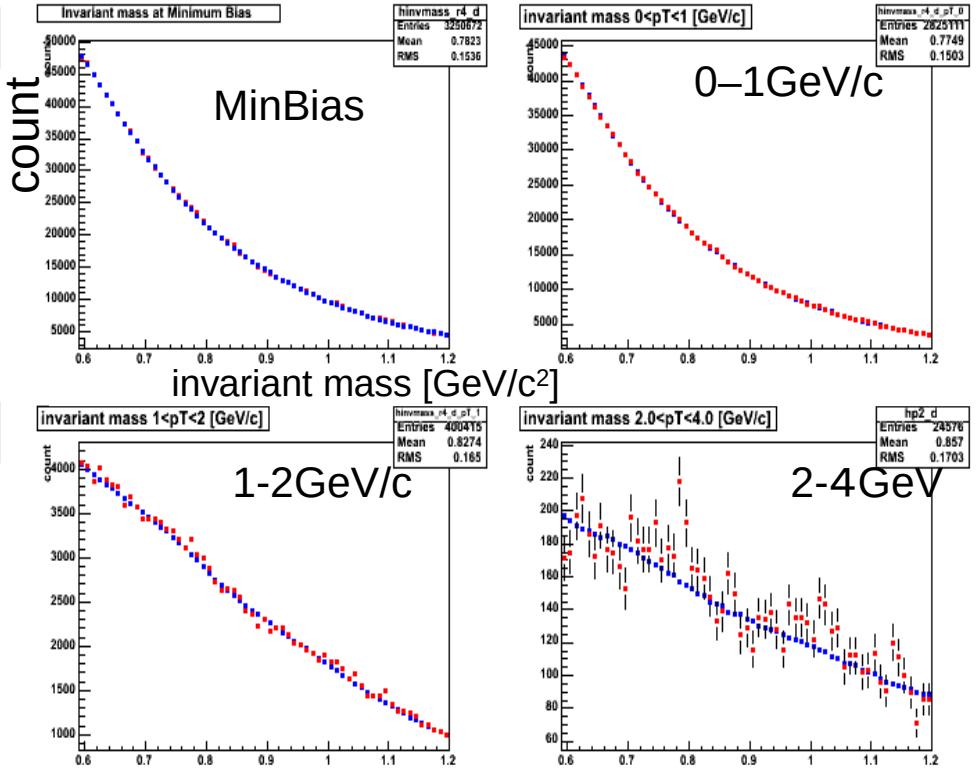
不変質量分布 (0.6 – 1.2 GeV/c²)

Red point : foreground
Blue point : mixing event

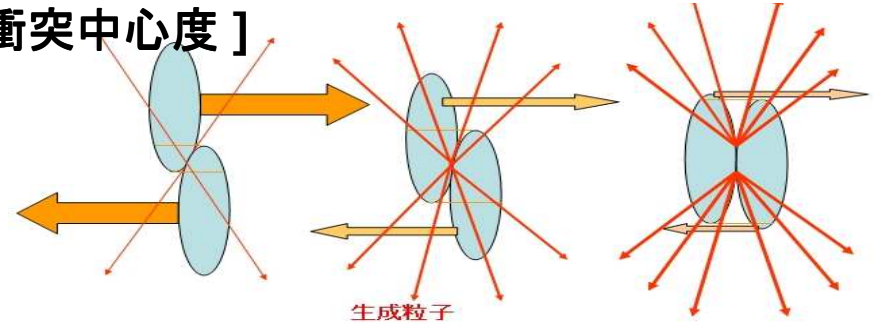
衝突中心度別



横方向運動量別



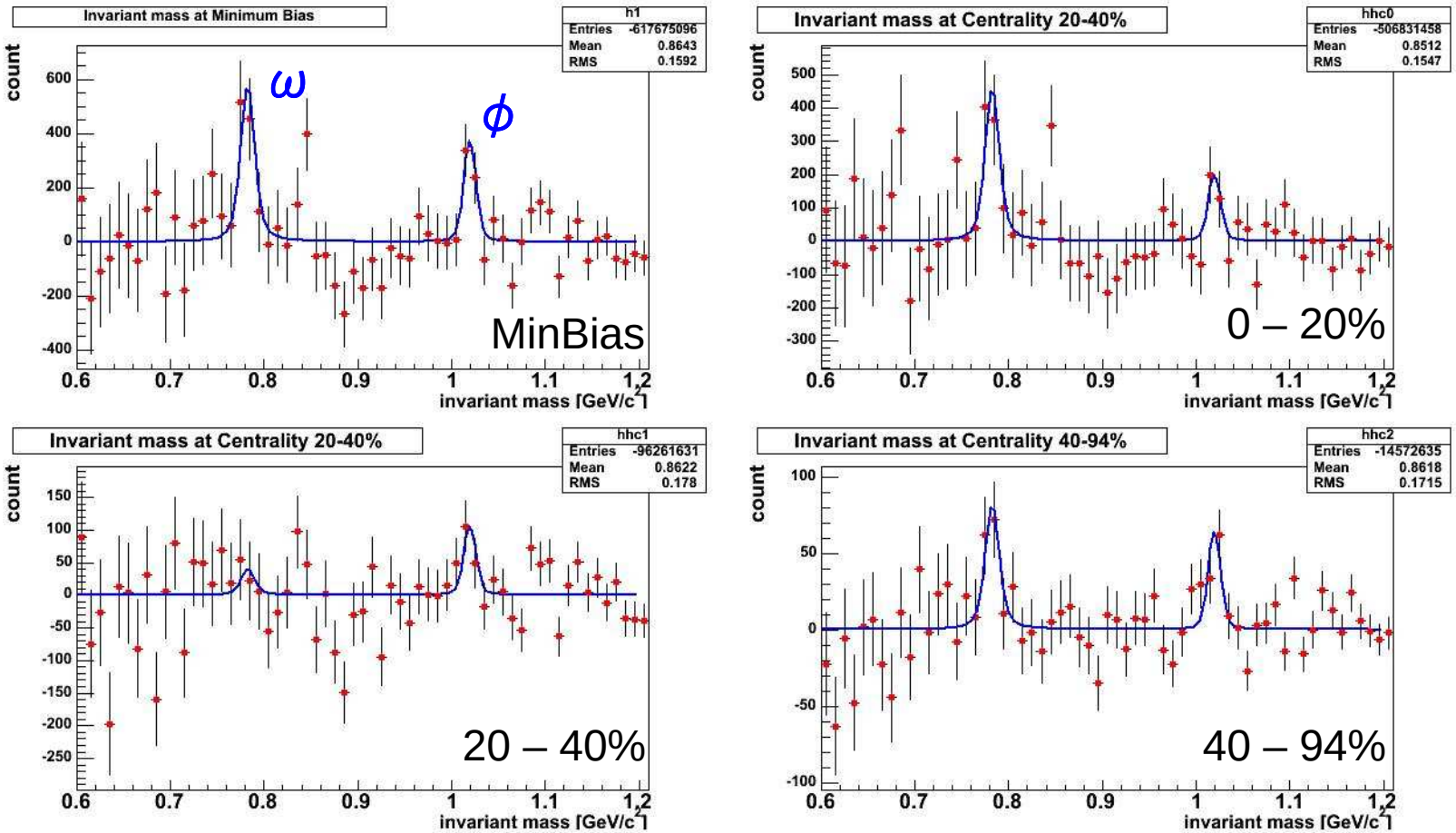
[衝突中心度]



周辺衝突　　中心衝突

不変質量分布(衝突中心度別)

Foreground – combinatorial background

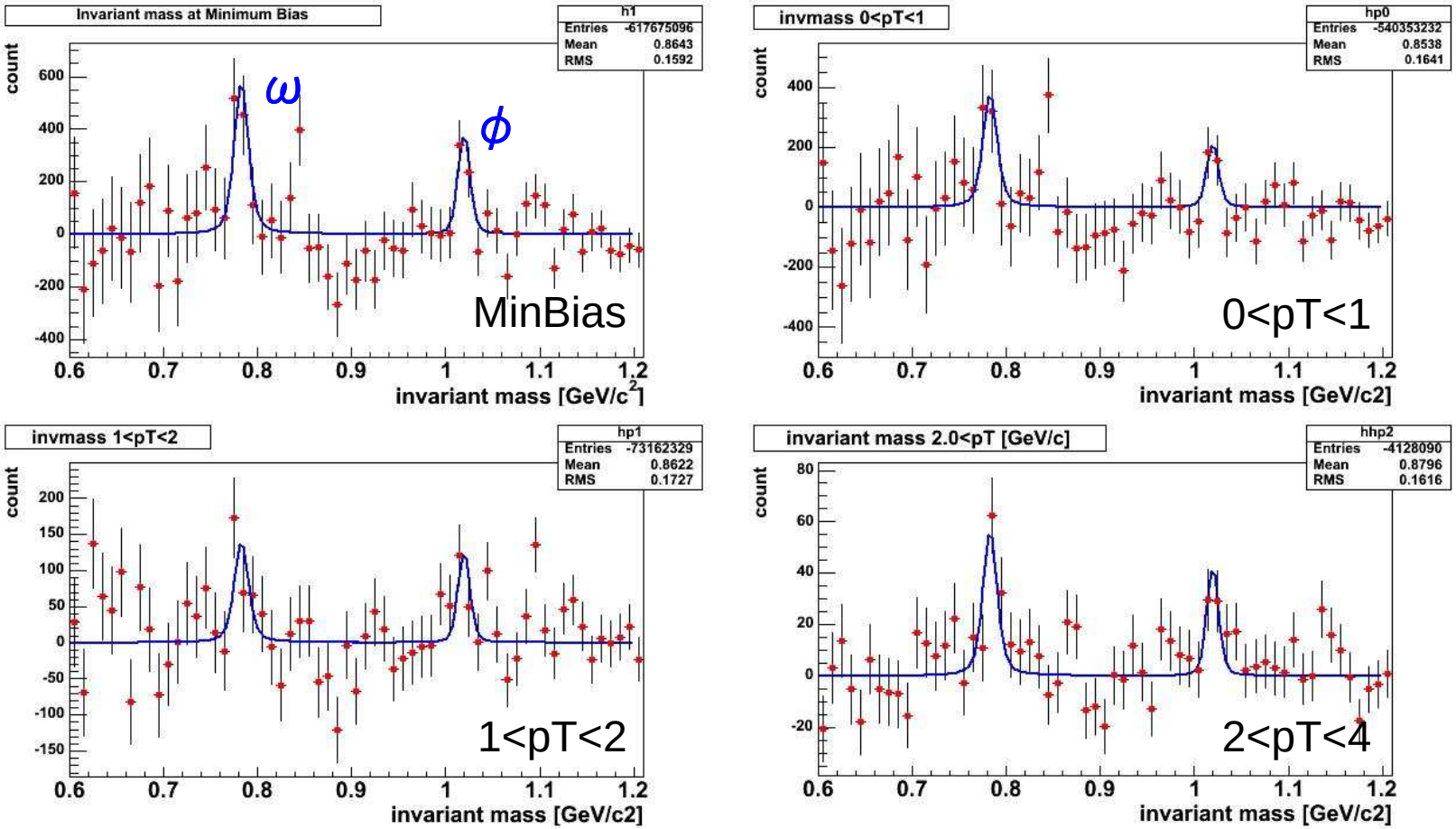


ブライト・ウィグナ分布 ＋ 検出誤差(ガウス分布)でフィット
（relativistic Breit-Wigner convoluted Gaussian）

Fixed
- mass center = 782.57MeV
- mass width = 8.44MeV
- σ_{exp} = 5.6MeV

不変質量分布(横方向運動量別)

Foreground – combinatorial background



ブライト・ウィグナ分布 ＋ 検出誤差(ガウス分布)でフィット
（relativistic Breit-Wigner convoluted Gaussian）

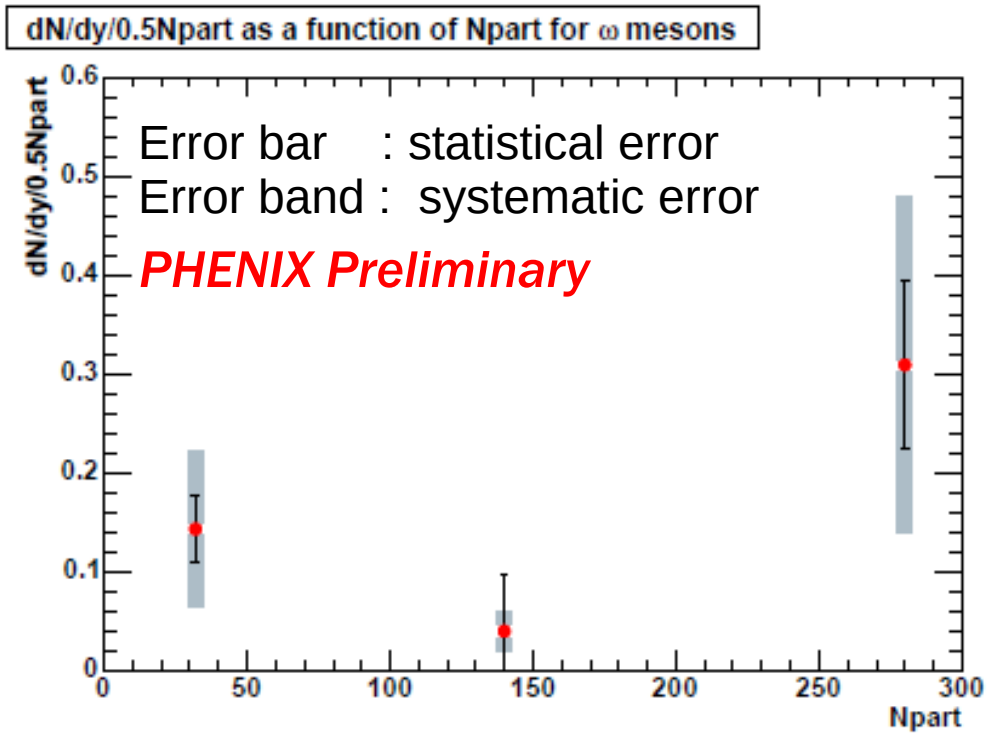
Fixed
- mass center = 782.57MeV
- mass width = 8.44MeV
- σ_{exp} = 5.6MeV

結果 (dN/dy)

$$\frac{1}{0.5\ N_{part}}\frac{dN}{dy} = \frac{1}{0.5\ N_{part}}\frac{N_{omega}}{dy \cdot Nevent \cdot efficiency \cdot branching\ ratio}$$

衝突に関与した核子数

PHENIX検出器の検出効率はシュミレーション（GEANT ）より算出

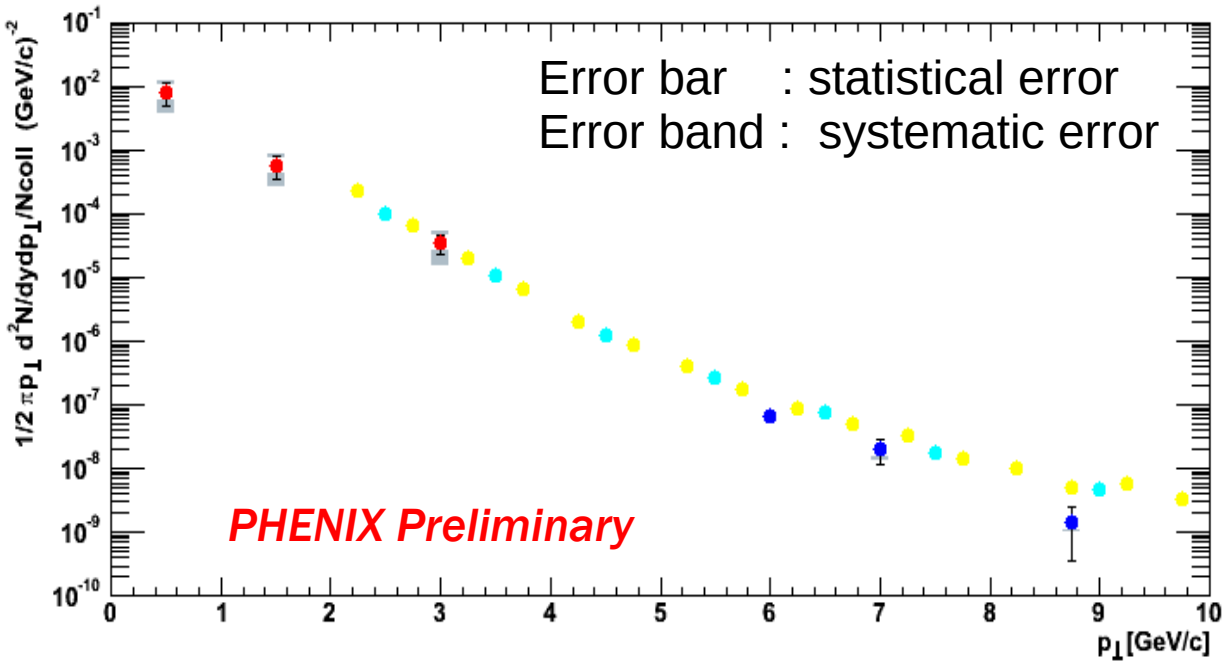


エラーの範囲内でscale

結果 (invariant pT slope)

$$\frac{1}{2\pi P_T}\frac{dN}{dp_T dy \cdot N_{coll}} = \frac{1}{2\pi p_T \cdot N_{coll}}\frac{N_{omega}}{N_{event} \cdot \Delta p_T \cdot efficiency \cdot breanching\ ratio}$$

核子同士の衝突回数



- Au+Au → ω → e^+e^-
- Au+Au → ω → $\pi^0\gamma$
- p+p → ω → $\pi^0\pi^+\pi^-$
- p+p → ω → $\pi^0\gamma$

電子陽電子崩壊チャンネルの結果が、

- 金＋金衝突 $\pi^0\gamma$ の崩壊チャンネル
- 陽子＋陽子衝突 $\pi^0\gamma$ 、$\pi^0\pi^+\pi^-$崩壊チャンネル

の結果と一致

結論

- RUN4、金＋金衝突において、ω粒子のシグナルを抽出することに成功

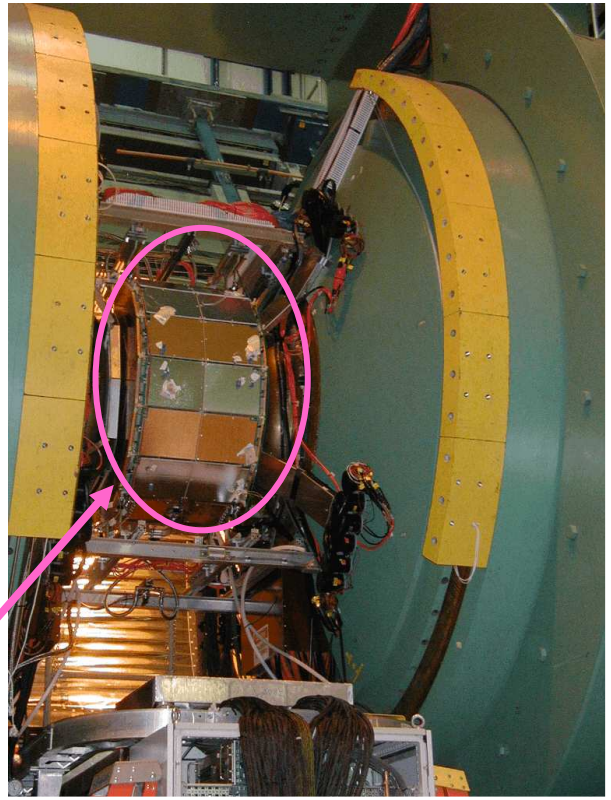
- 本研究で求めたinvariant pT slopeが、金金衝突における$\pi^0\gamma$崩壊チャンネルの結果と、また陽子陽子衝突における$\pi^0\gamma$、$\pi^0\pi^+\pi^-$崩壊チャンネルの結果と一致

展望

～combinatorial backgroundを作る主な原因～
π^0やphoton conversionから来る電子

RUN7ではHadron Blind Detectorがインストールされた

π^0やphoton conversionからの電子を識別できる
→S/Nが100倍程度よくなることが期待される



インストールされたHadron Blind Detector

back up

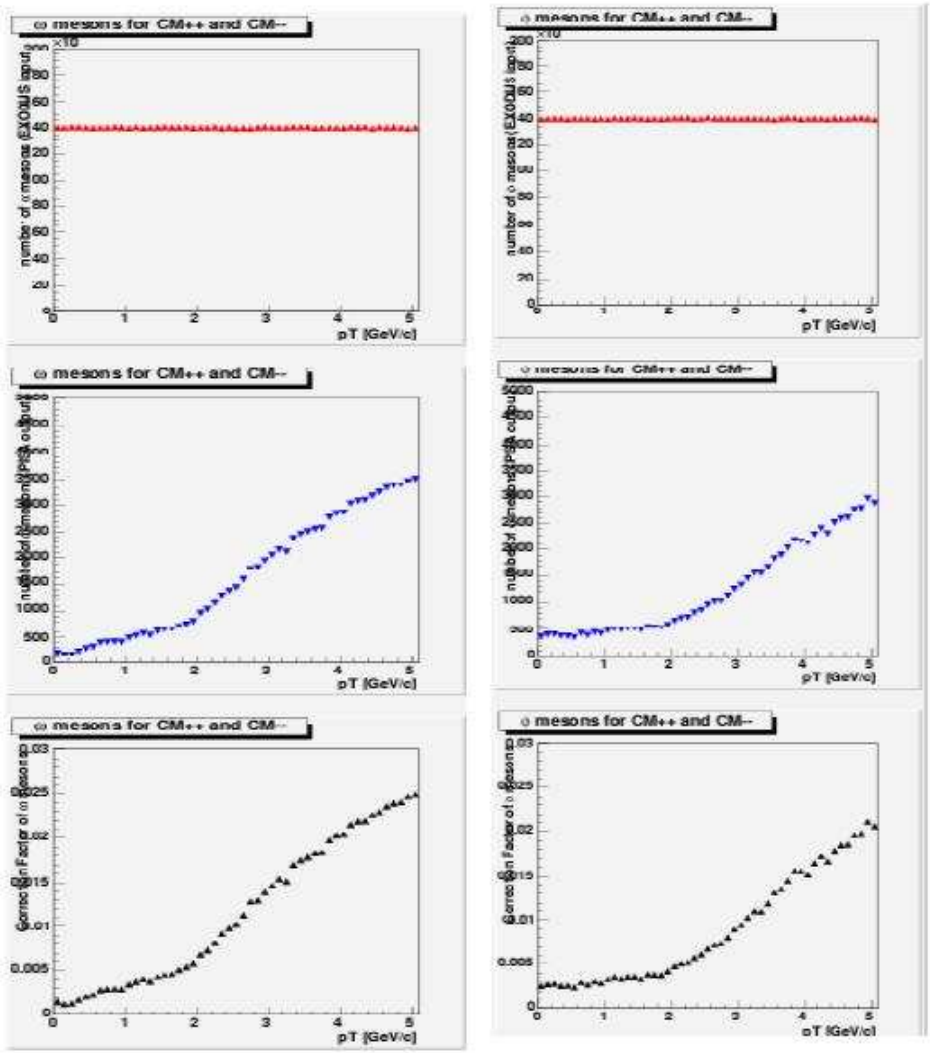
補正係数 (acceptance & eID)

EXSODUSで発生させた
ωおよびφ粒子の
invariant pT slope

PISA output
PHNIXのアクセプタンス内で
検出された電子陽電子対から
再構成されたωおよびφ粒子
のpT slope

補正係数
＝中図／上図

ω粒子　　φ粒子

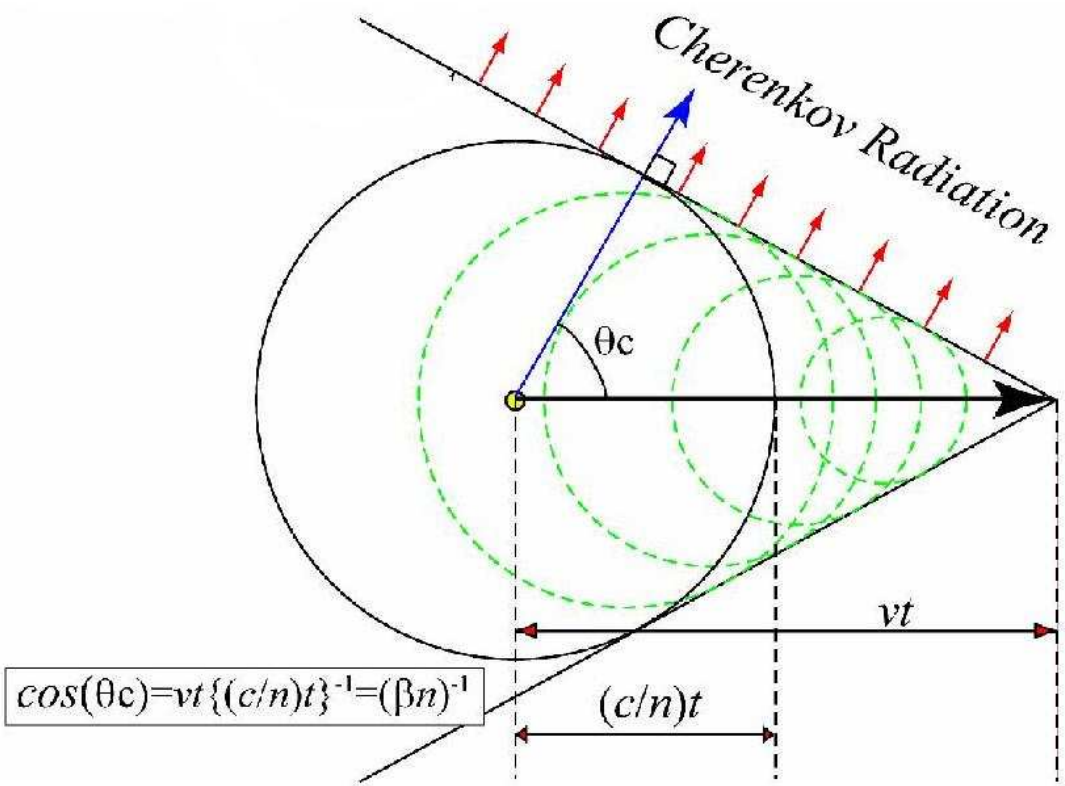


RICH (Ring Imaging Cherenkov detector)

CO_2

n=1.000410

チェレンコフ光の発生原理を利用



$\cos\theta = 1/(\beta n)$

$\cos\theta > 1$のとき

電子　＞0.02GeV

π　＞ 4.9GeV

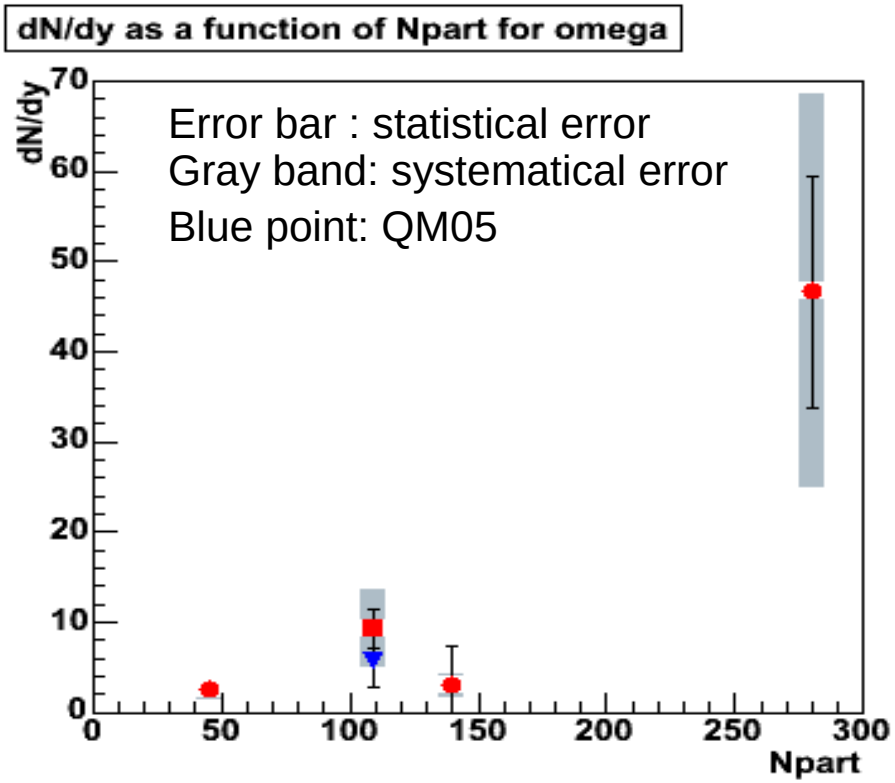
したがって、4.9GeV/cまでの電子を識別できる

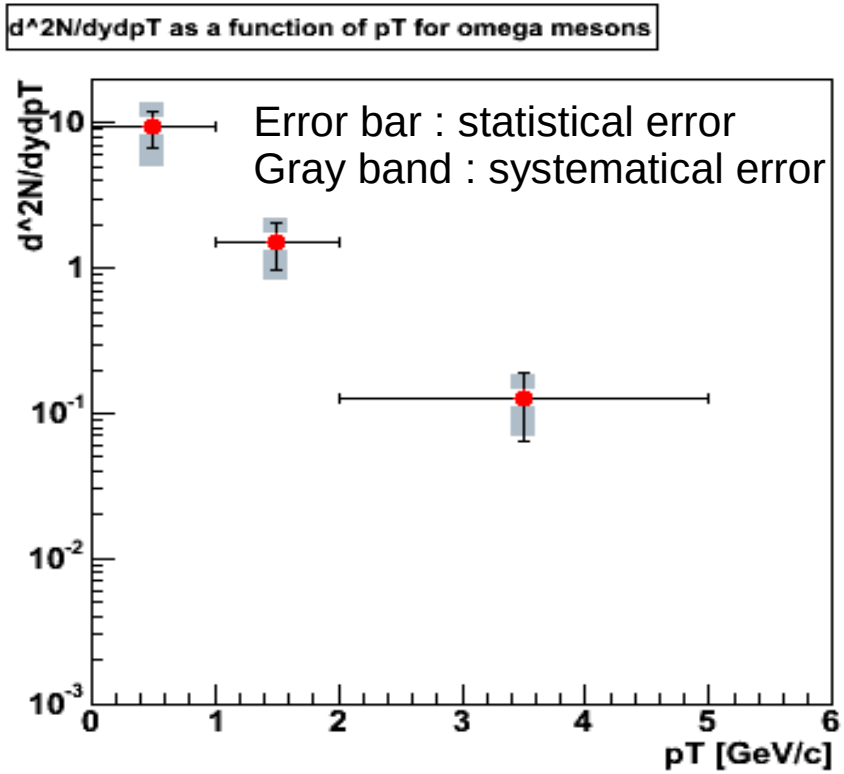
補正係数

	# of event	eff(acc&eID)	eff(embed)	eff(runbyrun)	branching ratio
centrality					
MB	800M	0.003315	0.8517	0.935	0.0000707
0-20%	164M		0.6455		
20-40%	172M		0.8057		
4-94%	464M		0.9359		
pT					
0-1.0	800M	0.002445	0.8517	0.935	0.0000707
1.0-2.0	800M	0.004419			
2.0-4.0	800M	0.010323			

Systematic error

		centrality bins			pT bins		
	MB	0 - 20%	20 - 40%	40 - 94%	0 - 1. GeV/c	1. - 2. GeV/c	2. - 4. GeV/c
N(method)	16.6%	16.6%			16.6%		
N(normalization)	49.9%	49.9%			49.9%		
Fiducial	10.0%	10.0%			10.0%		
eID	8.8%	8.8%			8.8%		
embedding	5.4%	5.4%			5.4%		
Run by Run	5.0%	5.0%			5.0%		
mT slope	6.4%	6.4%			1.2%	1.0%	2.8%
bin shift					2.2%	2.2%	7.8%
total	55.1%	55.1%	55.1%	55.1%	54.8%	54.8%	55.4%


dN/dy as a function of Npart for omega
Error bar : statistical error
Gray band: systematical error
Blue point: QM05
dN/dy
Npart
0
10
20
30
40
50
60
70
0
50
100
150
200
250
300


d^2N/dydpT as a function of pT for omega mesons
Error bar : statistical error
Gray band : systematical error
d^2N/dydpT
pT [GeV/c]
10
1
10^-1
10^-2
10^-3
0
1
2
3
4
5
6