

RHIC-PHENIX実験における
高エネルギー原子核衝突の
反応平面決定のための検出器開発

筑波大学
数理物質科学研究科

池田 義雅

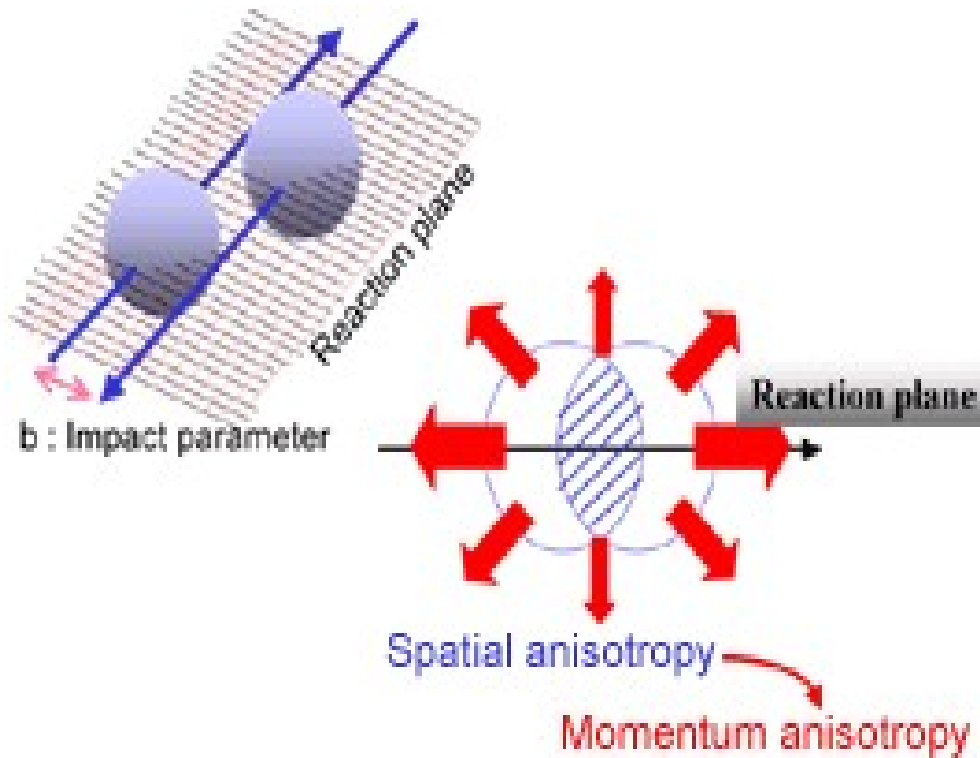
for the PHENIX collaboration

•RHIC-PHENIX

- 核子当たり重心系
200 GeVのAu-Au衝突
により、高温高密度状
態を作り出す
- 4つの実験グループが
QGPの研究。そのうち
の1つにPHENIX実験
がある。



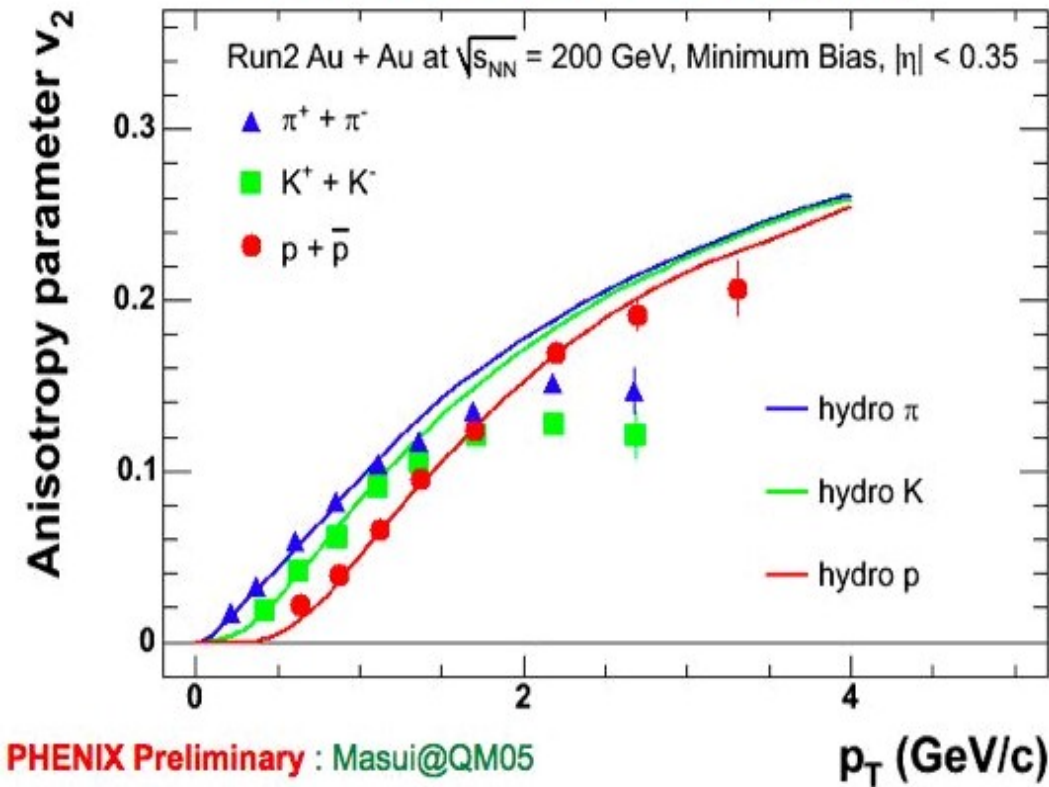
粒子放出の方位角異方性



- 非中心衝突の場合、衝突領域は楕円形
- 衝突領域はエネルギー密度が非常に高く、発生粒子は平均自由行程が短く、十分に衝突を繰り返して集団運動をし、飛び出る
- 粒子放出の角度分布は衝突領域の形状に依存する
- 異方性強度は衝突領域の楕円率とエネルギー密度の大きさを表す

• v_2 測定の意義

PHENIX : P.R.L. 91, 182301 (2003)



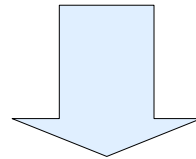
- とても大きな v_2 が測定された。
- 反応領域が理想流体の様に振る舞うと仮定したモデルと非常に良く一致する
- 衝突初期での熱化、クォークの集団運動を示唆
- 高 p_T やチャームクォークの粒子はどうなっているのか？

$$\frac{dN}{d\Phi} \propto 1 + 2v_2 \cos 2(\Phi - \Psi)$$

Φ : 粒子放出角度
 Ψ : 反応平面角度

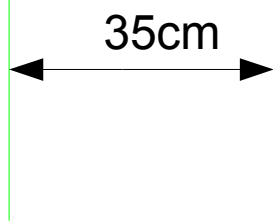
新たな反応平面検出器の必要性

- 高エネルギー重イオン衝突実験において、より高精度な v_2 の測定が望まれている
- v_2 の測定精度は統計だけでは決まらず、反応平面の分解能にも大きく依存する。現状では反応平面分解能が低い。
- 新たに反応平面決定用の検出器を導入する必要がある



反応平面検出器RxNPを開発
PHENIXにインストールした

反応平面検出器RxNP



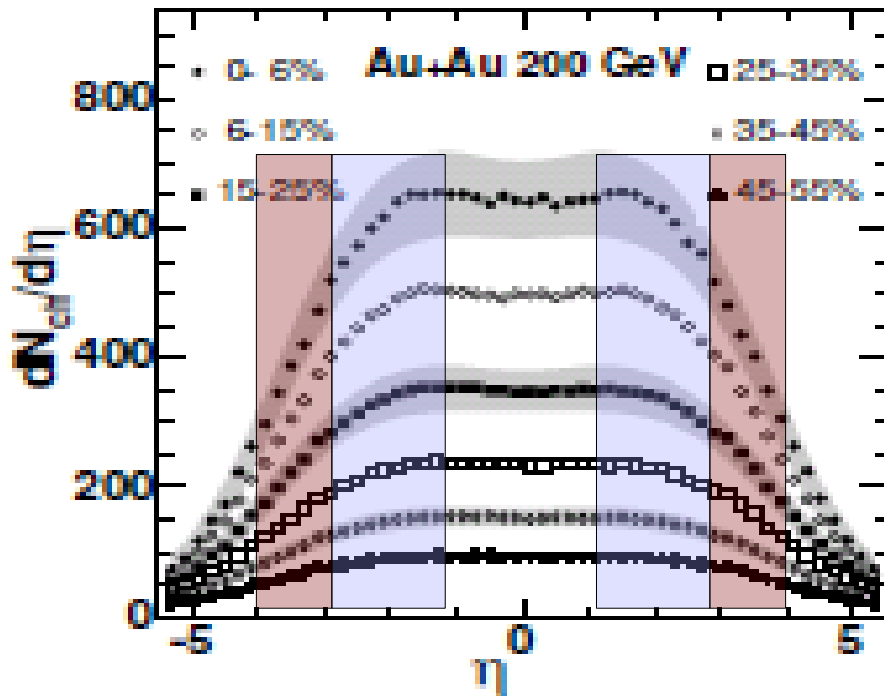
衝突点



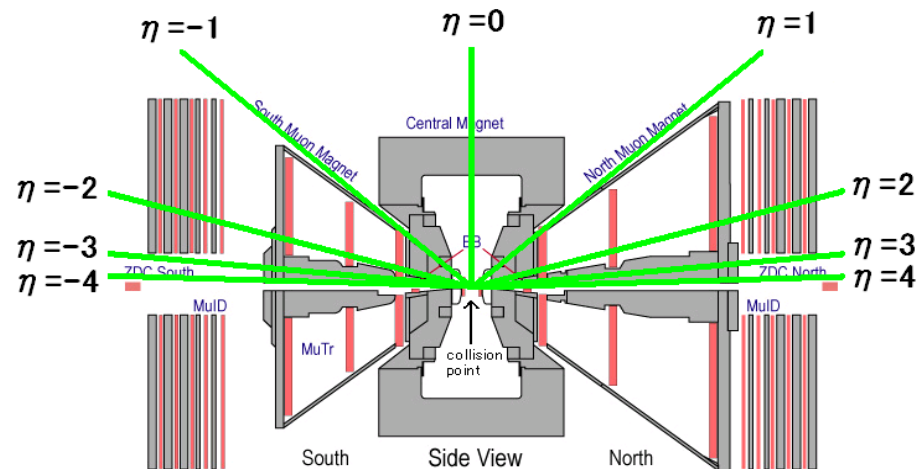
観測する粒子数

- $dN/d\eta$ vs. η

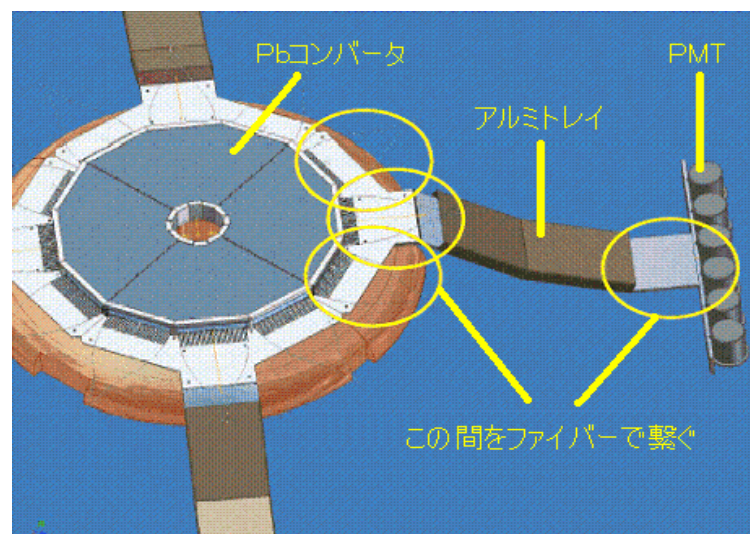
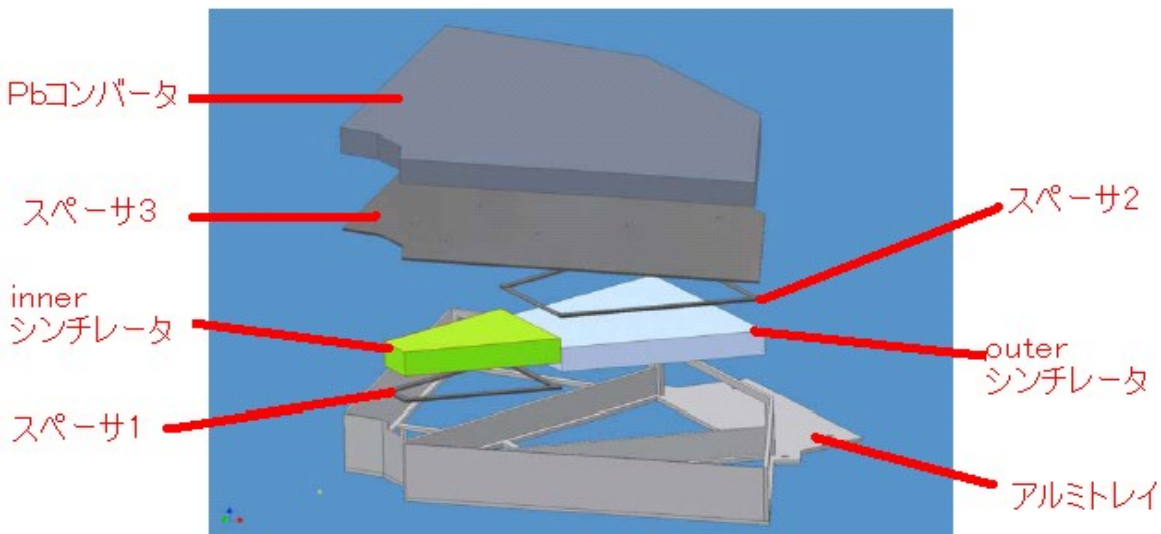
- RxNPの η は $\pm 1 \sim 2.8$ (青)
- BBCの η は $\pm 3.1 \sim 4$ (赤)
- より多くの統計を集める



$$\eta = -\ln \left(\tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \right)$$

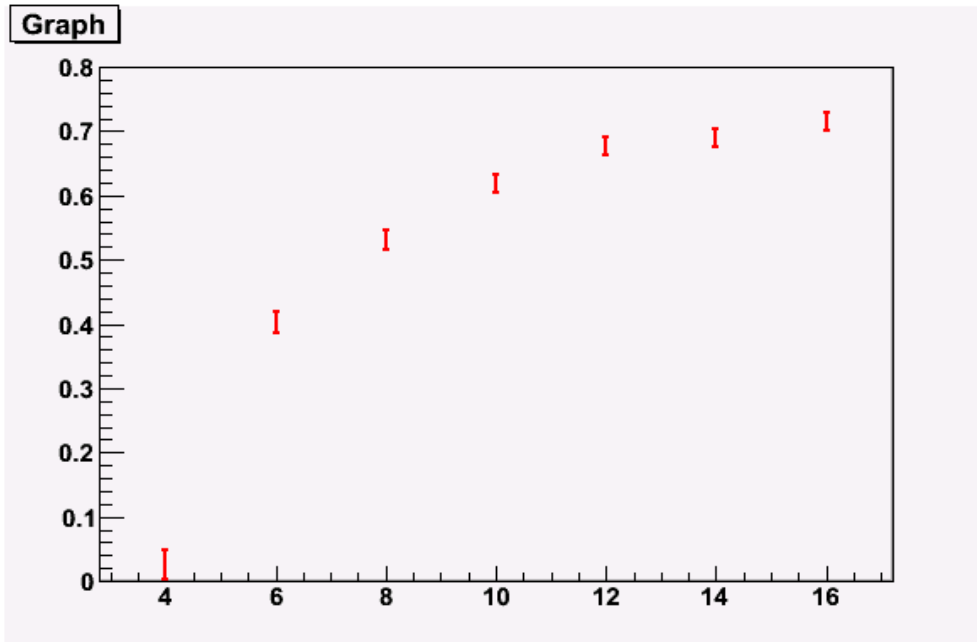


RxNPの構造図



シミュレーションによる設計

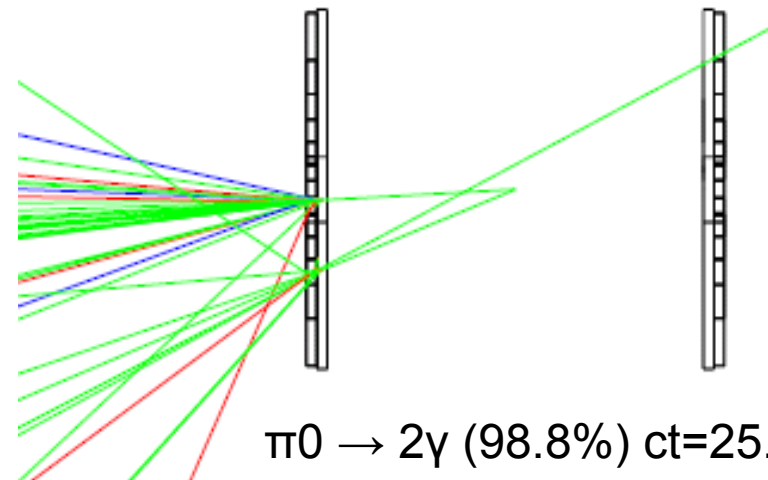
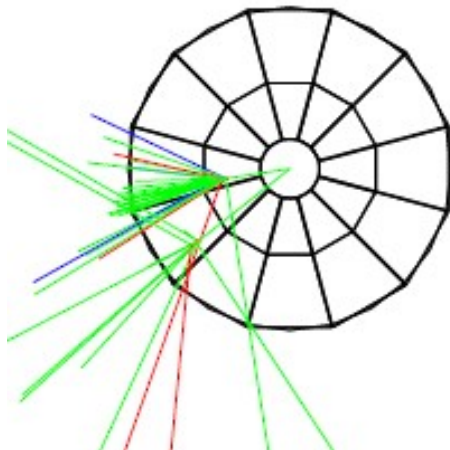
分解能



分割数

- シンチレーター (C9H10)

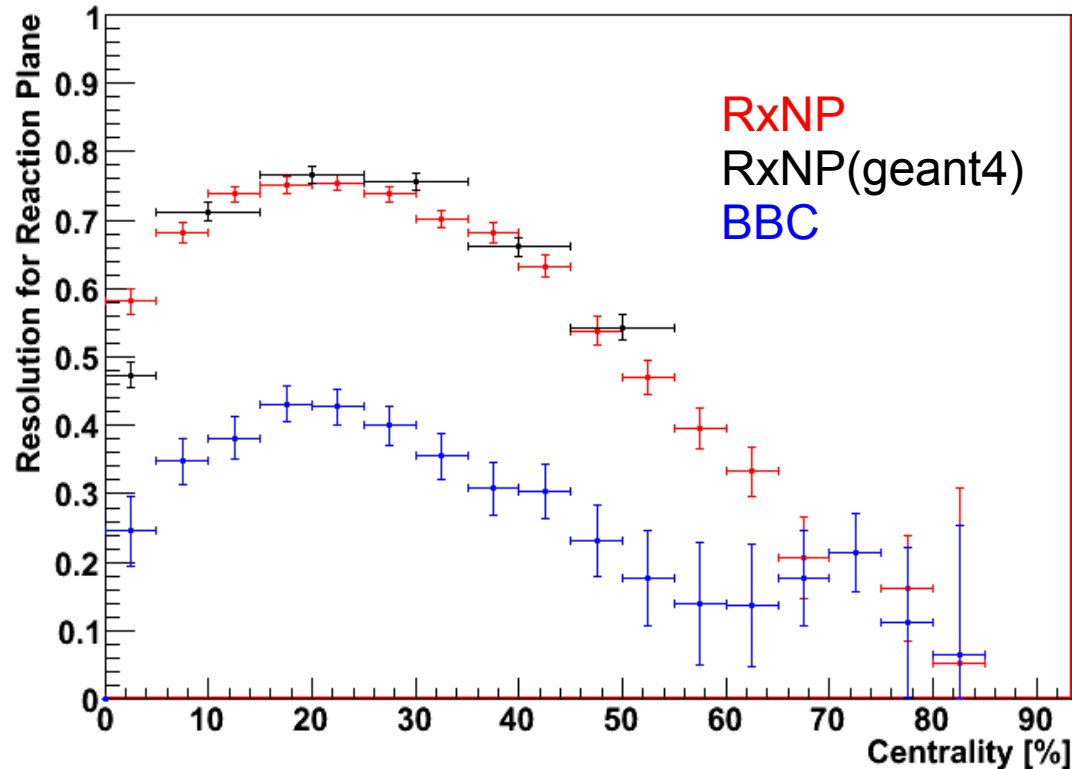
- 内径5cm 外径33cm 厚み2cm
- Φ 12分割
- 鉛(Pb)コンバータ2cm



$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ (98.8%) $ct=25.1$ [nm]

得られた反応平面の分解能

Red: RxNP, Blue: BBC, Black: Simulation RxNP



- 分解能は倍改善された。
- 観測される v_2 の値は反応平面の分解能に依存して減少してしまう。
- 従来の反応平面分解能は0.1 ~ 0.4(v_2 の測定値が10%~40%に薄まる)

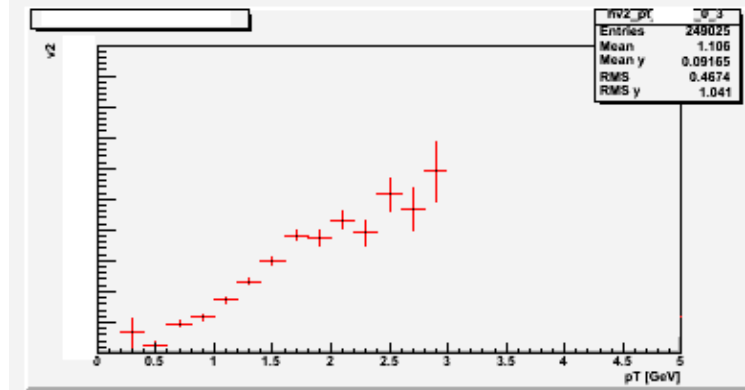
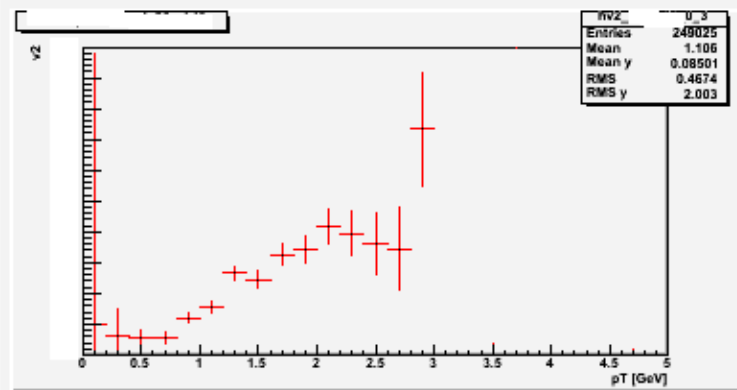
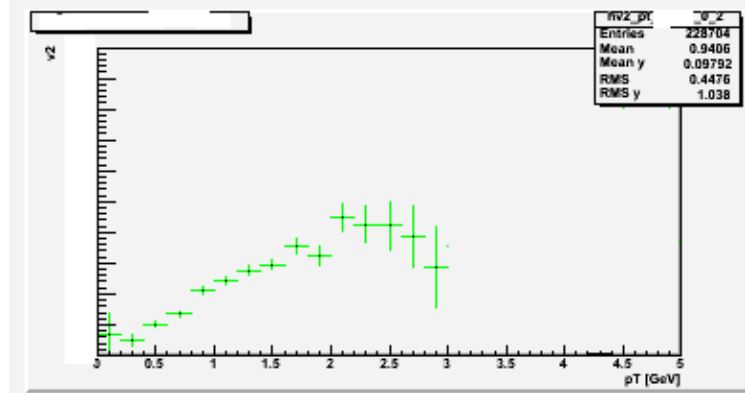
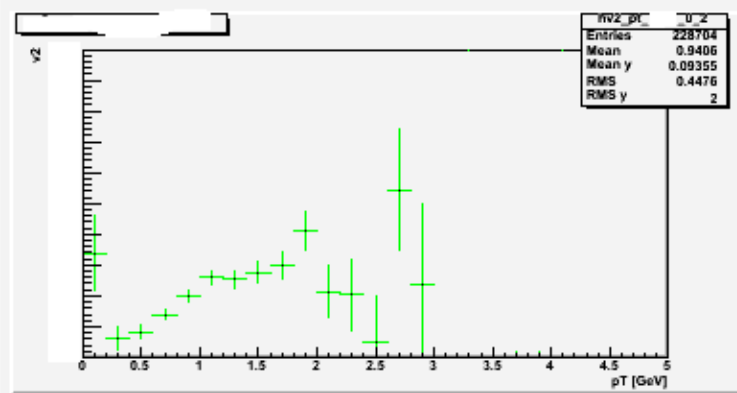
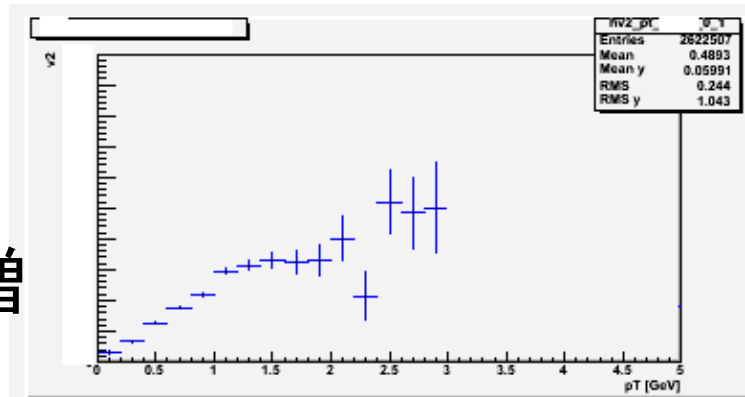
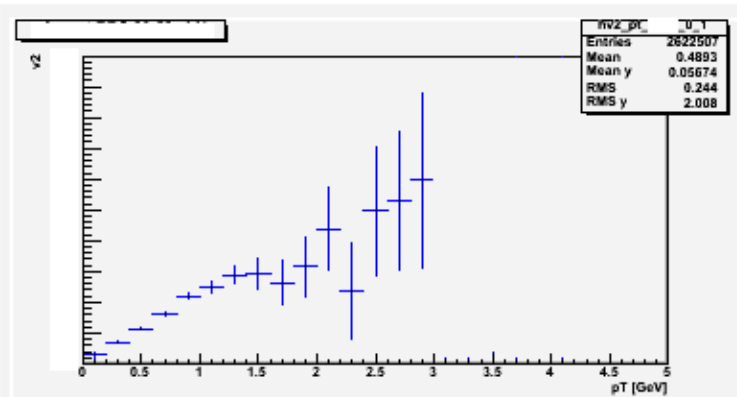
$$v_{2\text{observe}} = v_{2\text{real}} \times \langle \cos 2(\Psi_{\text{real}} - \Psi_{\text{observe}}) \rangle$$

$$v_2 \text{ の誤差} \sim \frac{1}{\langle \cos 2(\Psi_{\text{real}} - \Psi_{\text{observe}}) \rangle} \times \frac{1}{\sqrt{N}}$$

反応平面分解能向上による v_2 精度の向上

RP分解能倍増

v_2 誤差半減



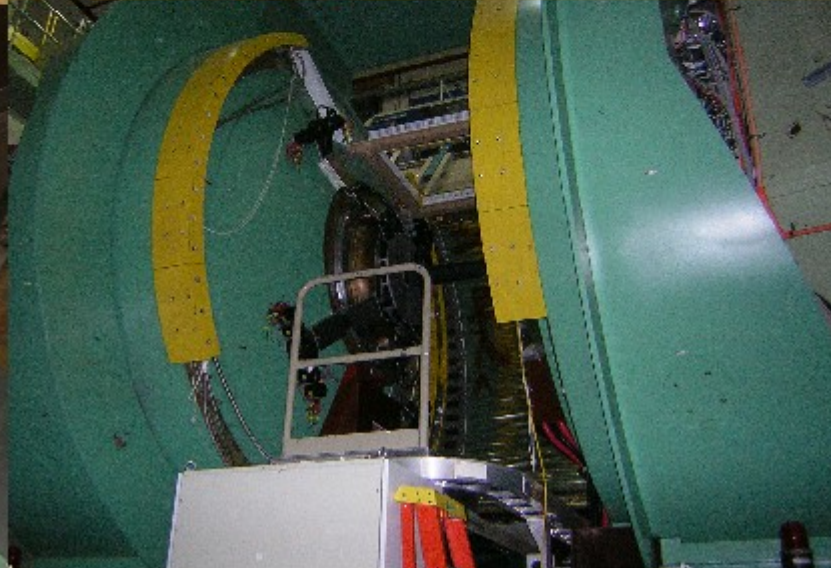
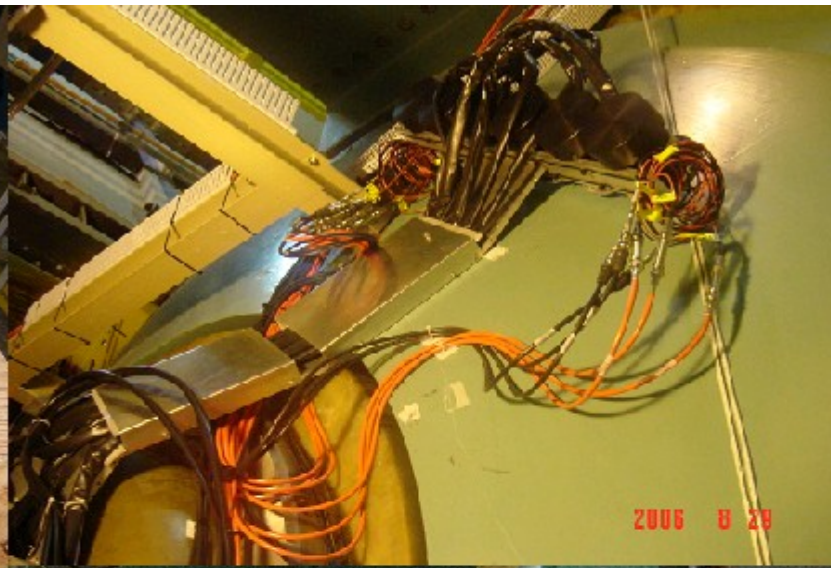
結論

- RHIC-PHENIXにおいて、重イオン衝突の反応平面決定用の検出器RxNPの設計、作成、インストールを行った。
- PHENIX Run7(2007年)にてRxNPを稼動。
- 大方の較正を済ませ、期待通りの性能を確認した。
 - 従来の倍近い分解能 ($0.4 \Rightarrow 0.75$)
- 目下、この反応平面を使用した解析作業中。
 - High p_T 領域、希少粒子(J/psi等)
 - より高次の異方性(v4)

製作過程

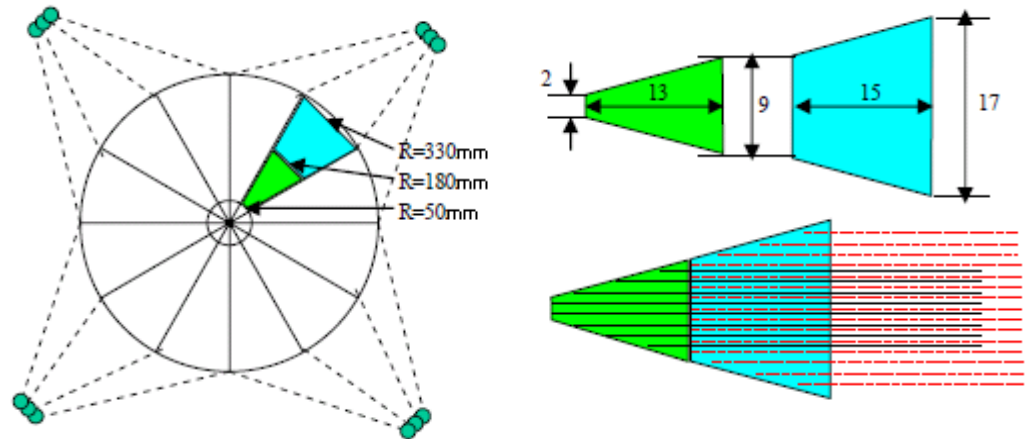


インストール



バイクロン社製BC-412シンチレータ

- Rise Time 1.0 ns
- Decay Time 3.3 ns
- FWHM 4.2 ns
- Wavelength of MAX. Emission 434nm
- Light Attenuation Length 210 cm
- Bulk Light Attenuation Length 400 cm
- Atomic Composition H: $5.23+23E/cc$, C: $4.74+22E/cc$



コンバータの効果(Geant3)

$\langle \cos^2(\Psi_{\text{mea}} - \Psi_{\text{real}}) \rangle$

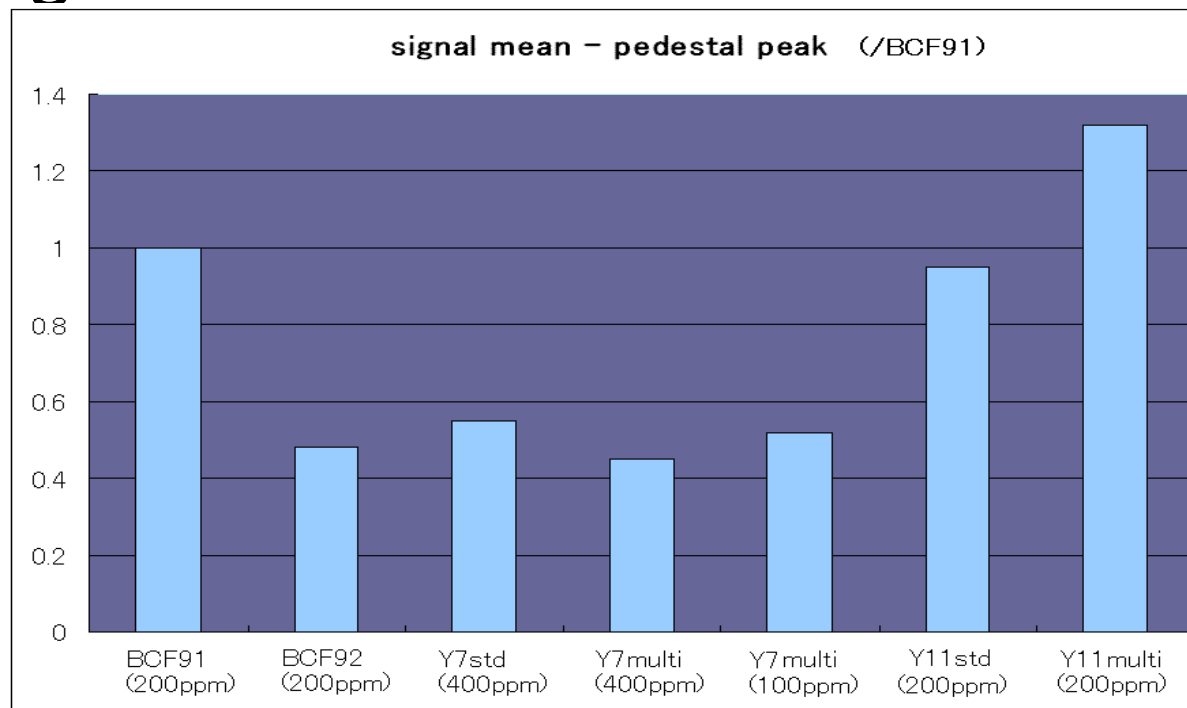
No convertor 0.54 ± 0.05

1.5cm convertor 0.73 ± 0.05

4 cm convertor 0.78 ± 0.05

バイクロン製BCF-92 & Kuraray製Y-11

- Emission Peak 492 nm
- Decay time 2.7 ns
- 1/e length >3.5
- Emission Peak 476 nm
- Att. Leng. >3.5

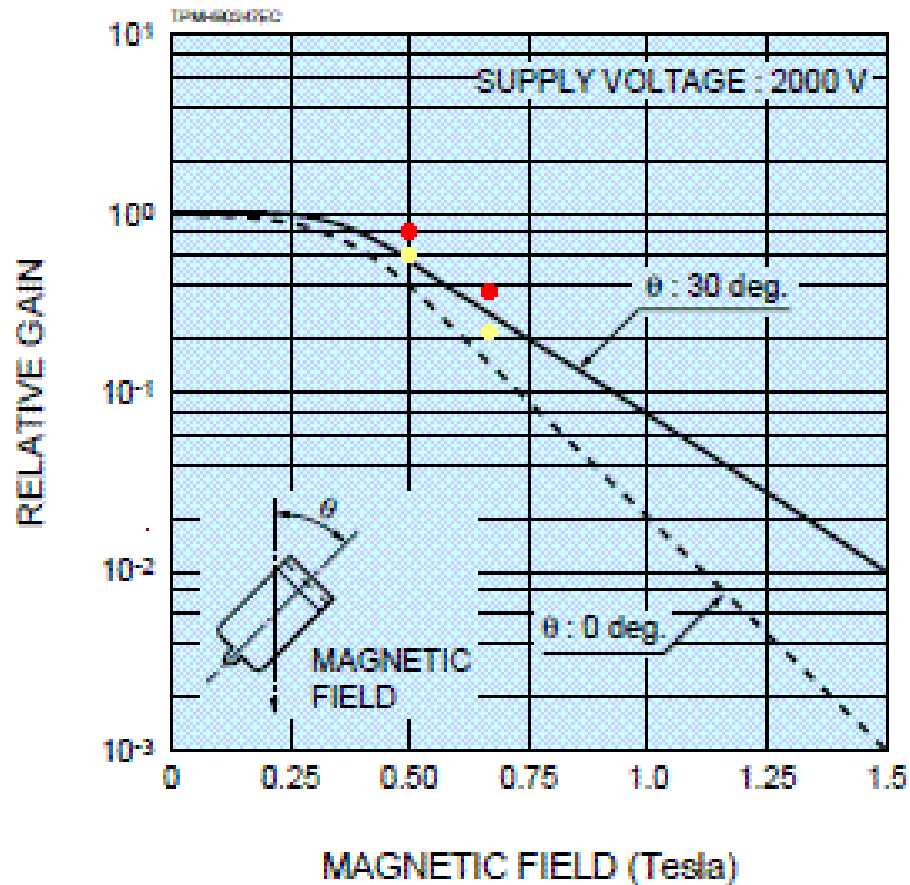


浜松ホトニクス製R5924-70光電管

- 種類 高磁界用
- 管径 $\phi 52$ mm
- 受光面サイズ $\phi 39$ mm
- 感度波長 300 - 650 nm (Peak 420 nm)
- 光電面種類 バイアルカリ
- 窓材質 硼硅酸ガラス
- ダイノード構造 ファインメッシュ
- ダイノード段数 19
- [絶対最大定格] 陽極－陰極間電圧 2300 V
- [絶対最大定格] 平均陽極電流 0.1 mA
- [陽極－陰極間] 印加電圧 2000V
- [陰極特性] 青感度指数 (CS 5-85) Typ. 9.0
- [陽極特性] ルーメン感度 Typ. 700 A/lm
- [陽極特性] 暗電流(30分後) Typ. 30 nA
- [陽極特性] 暗電流(30分後) Max. 200 nA
- [時間特性] 上昇時間 (Tr) Typ. 2.5 ns
- [時間特性] 走行時間 (T.T.) Typ. 9.5 ns

Fine-mesh PMT

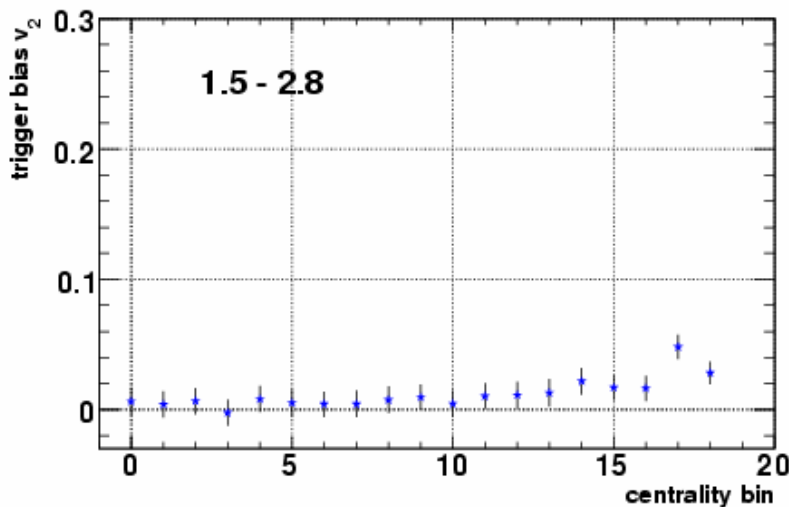
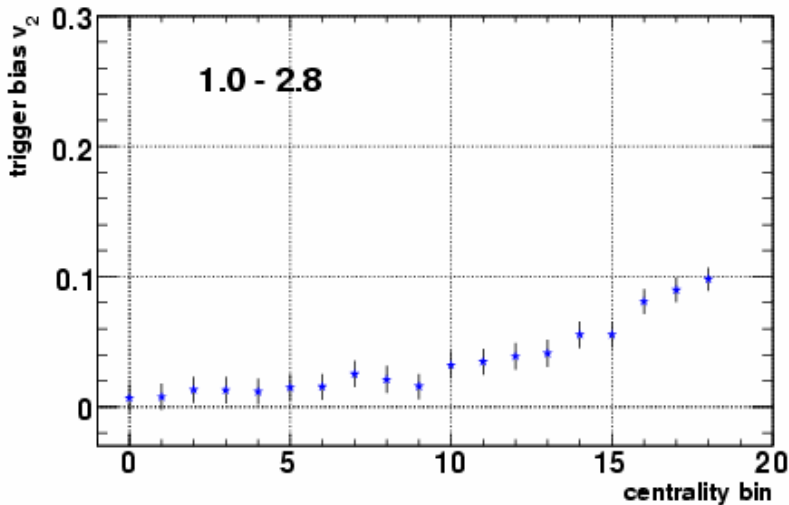
Fig.7: R5924 & R6504 Typical Gain in Magnetic Fields



黄 PMT44
赤 PMT46

- 定格電圧-2000Vでのゲインに対する磁場の影響に関する仕様書
- 実際に使用する電圧は-1200V前後での一致を見る為に、光電管2本の実測値を見た
- 使用する電圧でも、仕様書の通り0.3T 30deg磁場の影響は無いと考えられる
- 磁場の有無で電圧を変える必要は無い

jetによる自己相関の v_2 への影響



- jetの影響を受けた反応平面を以って、jetの影響を受けた v_2 を測定すると、実際より大きく測ってしまう。
- HIJING+PYTHIAによると、 $\eta > 1.5$ で影響が無くなる

