

PHENIX 実験における 偏極陽子陽子衝突での多粒子測定

日本物理学会 第61回年次大会
2006年3月28日
28pWD-3

中野健一 (東工大理、理研)
for the PHENIX Collaboration

目次

- 導入
- 実験のセットアップ
- 解析の手法と現状
- 結論

導入

- 核子スピン構造の問題 (EMC 1988), 陽子中のグルーオンの偏極度 Δg

$$\frac{1}{2}_{\text{proton}} = \frac{1}{2} \sum_q \Delta q + \Delta g + L_{q,g}$$

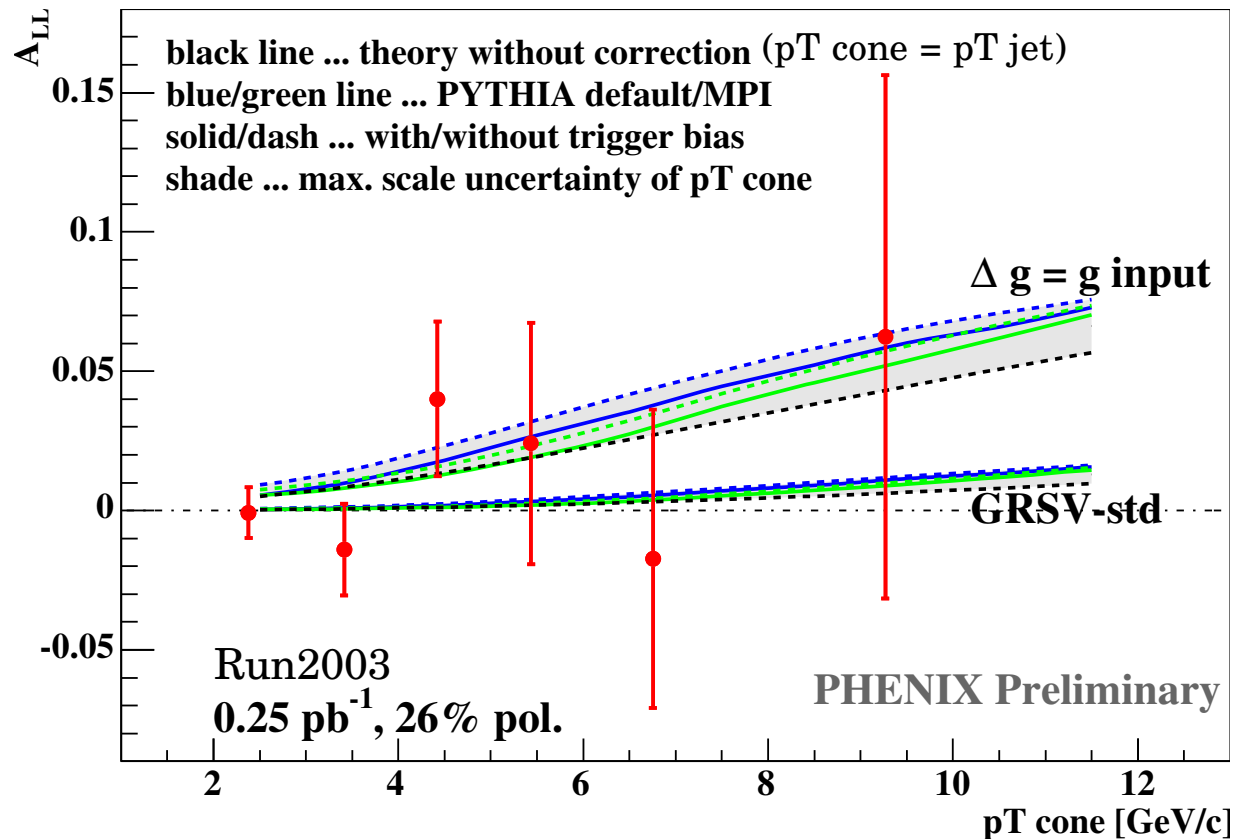
- Δg に感度の有る反応... ジェット生成、inclusive π^0 生成、直接光子生成等
- PHENIX Central Arm ($\Delta\phi = 90^\circ \times 2$, $|\eta| < 0.35$) を用いた多粒子測定は、ジェットの部分的な測定として Δg に感度が有る (次ページ参照)
- ジェット生成過程の double helicity asymmetry (A_{LL})

$$A_{LL} \equiv \frac{\sigma_{++} - \sigma_{+-}}{\sigma_{++} + \sigma_{+-}} = \frac{1}{P_B P_Y} \frac{N_{++} - RN_{+-}}{N_{++} + RN_{+-}}, \quad R \equiv \frac{L_{++}}{L_{+-}}$$

- A_{LL} は Δg の情報を持つ
 - 中間 p_T でのジェット生成では $g+g$ と $q+g$ 反応が主
 - $gg \rightarrow gg$ の場合、 $A_{LL}^{gg \rightarrow gg} = \int dx_1 dx_2 \frac{\Delta g(x_1)}{g(x_1)} \cdot \frac{\Delta g(x_2)}{g(x_2)} \cdot \hat{a}_{LL}^{gg \rightarrow gg}$
- 多粒子測定での A_{LL} は、ジェット A_{LL} を p_T の対応関係に従って変形させたもの

導入

■ 多粒子測定の double helicity asymmetry A_{LL}

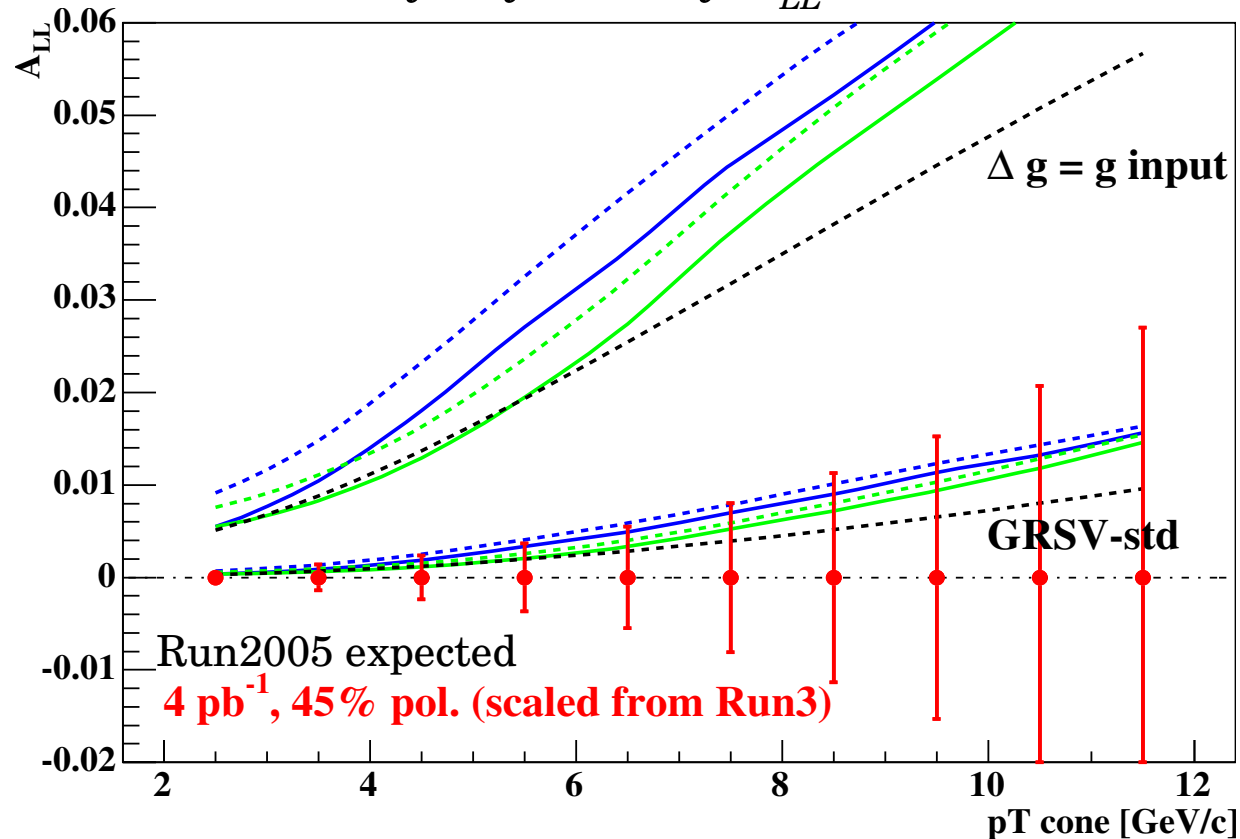


$$p_T^{\text{cone}} \equiv \sum_{i \text{ in cone}} p_{Ti}$$

- PYTHIA ver. 6.220 のデフォルトセッティングと MPI セッティングを用いている
 - MPI (Multi-Parton Interaction) ... CDF Run2 のデータを元に Rick Field によってチューンされた「R. Field Tune A setting」
 - PHENIX のデータと比較して、PYTHIA MPI はイベント構造をデフォルトよりも良く再現する (multiplicity、検出面積内での thrust、 $\delta\phi$ 中の p_T 密度)

導入

- 多粒子測定 of double helicity asymmetry A_{LL}



- Run2005 の統計量と更なる系統エラーの研究により、有意な結果が得られるはずである
- 多粒子測定を用いて inclusive ジェット生成断面積を求める
 - ジェット及びその p_T をどれだけ良く測定できているかの指標たりうる
- ジェット生成断面積測定 of 解析手法と現状について、この発表で報告する

実験のセットアップ – PHENIX@RHIC

- RHIC での $\sqrt{s} = 200 \text{ GeV}$ の縦偏極陽子陽子衝突

- PHENIX Central Arms:

$$\Delta\phi = 90^\circ \times 2, |\eta| < 0.35$$

- イベント選択条件

- $p_T(\text{photon}) > 2 \text{ GeV}/c$ (offline trigger)

- 粒子選択条件

- 光子: EMCal を用いて測定

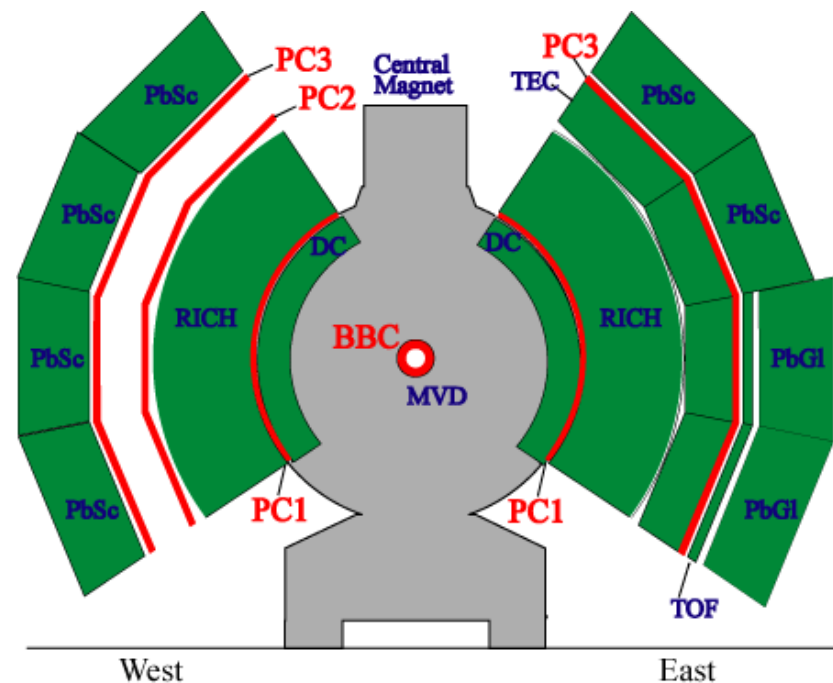
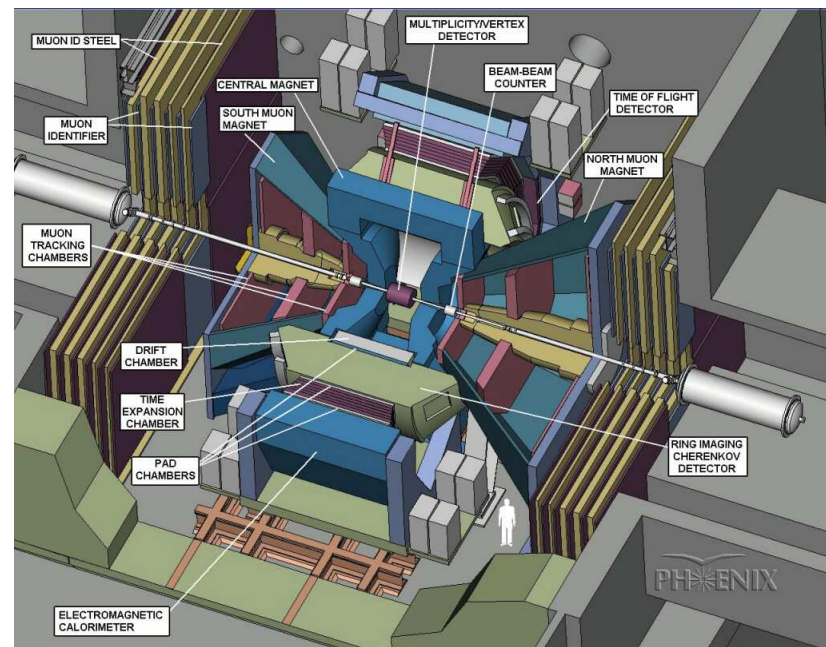
- $p_T > 0.4 \text{ GeV}/c$ ■ 荷電粒子の veto

- shower shape cut

- 荷電粒子: Drift Chamber と Pad Chamber 1 を用いて測定

- $0.4 < p_T < 4.0 \text{ GeV}/c$

- track quality cut



解析の手法と現状

■ 解析の手順

■ N^{cone} vs p_T^{cone}

(高 p_T 光子でのトリガー、
cone method による particle clustering)

$p_T^{\text{cone}} - p_T^{\text{jet}}$ の対応関係 (PYTHIA+GEANT)

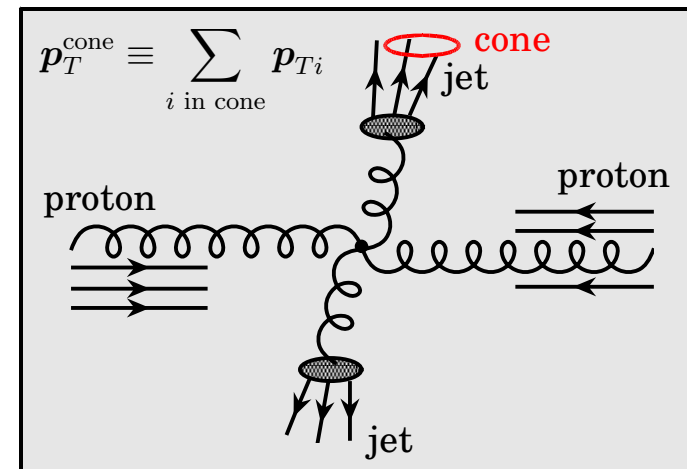
■ N^{jet} vs p_T^{jet}

高 p_T 光子トリガーの効率と検出面積の補正 (PYTHIA)

■ $N_{\text{corr}}^{\text{jet}}$ vs p_T^{jet}

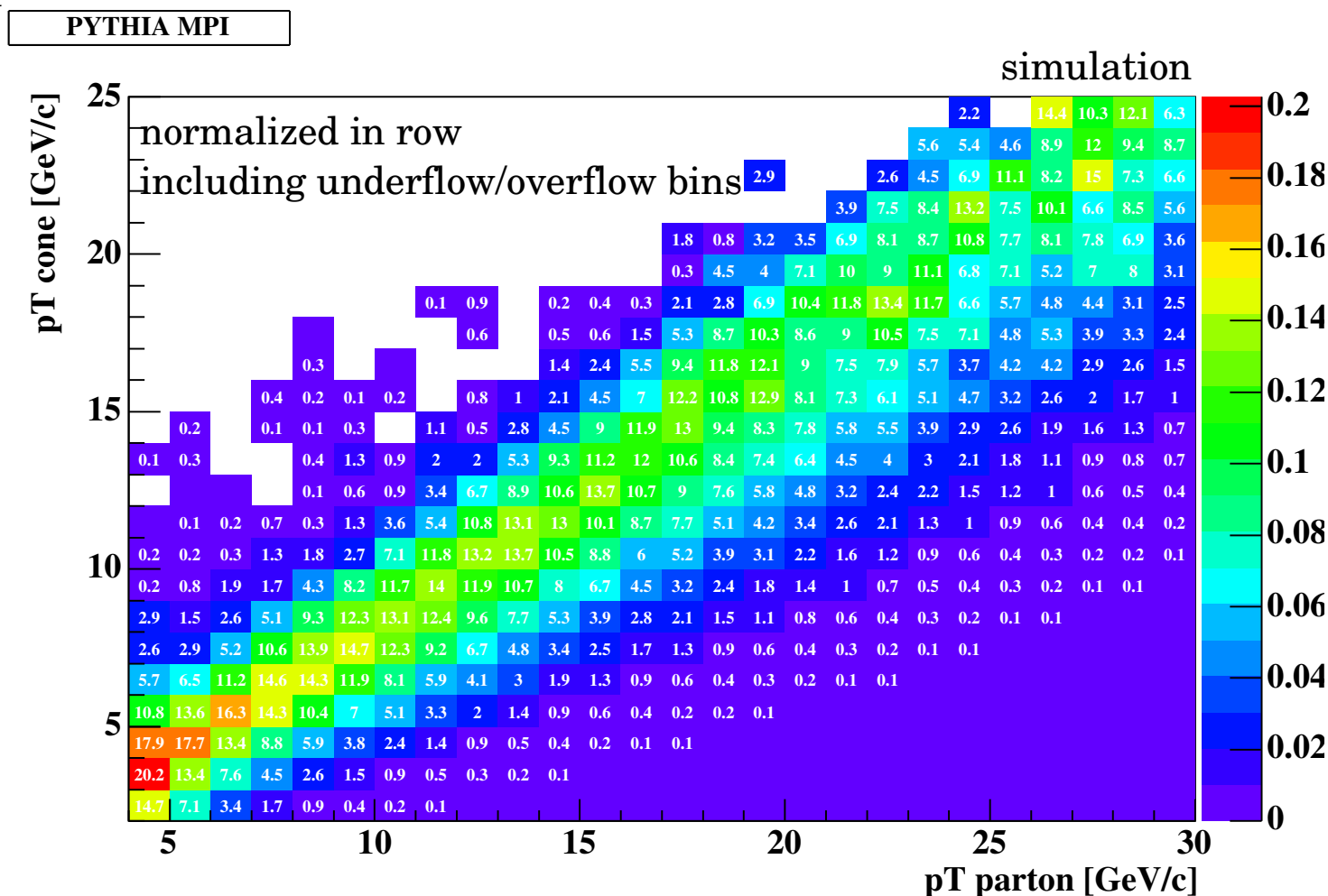
luminosity, BBC の高 p_T イベントへの効率等

■ σ^{jet} vs p_T^{jet}



p_T^{cone} と p_T^{jet} の対応関係

- 各 p_T^{cone} bin での比較 (PYTHIA+GEANT による評価)



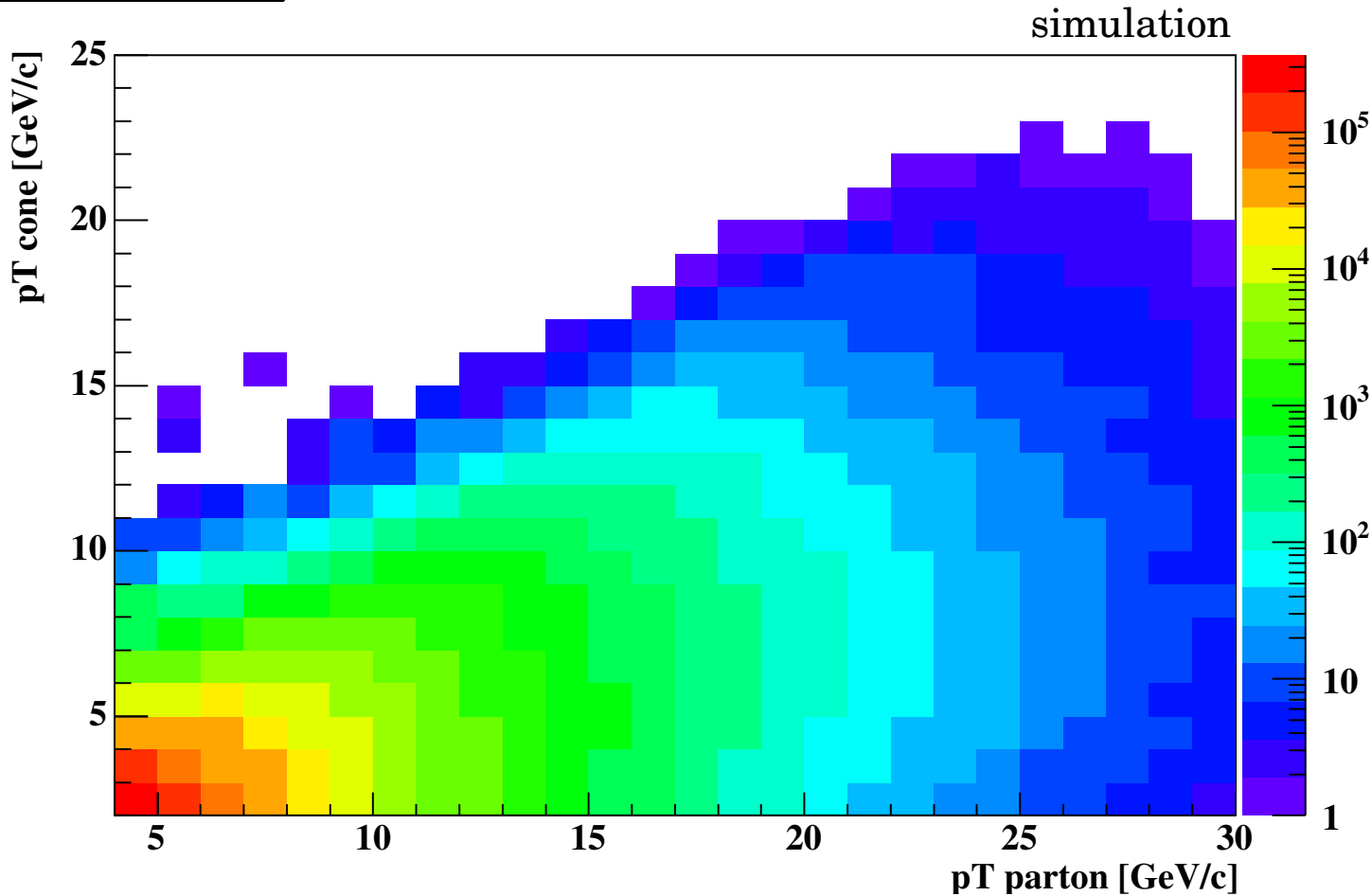
- 各 p_T^{cone} bin の多くのイベントは $p_T^{\text{jet}} \sim p_T^{\text{cone}} / 0.7$ である

- A_{LL} の測定における利点

p_T^{cone} と p_T^{jet} の対応関係

- $p_T^{\text{cone}} - p_T^{\text{jet}}$ 全体での比較 (PYTHIA+GEANT による評価)

PYTHIA MPI

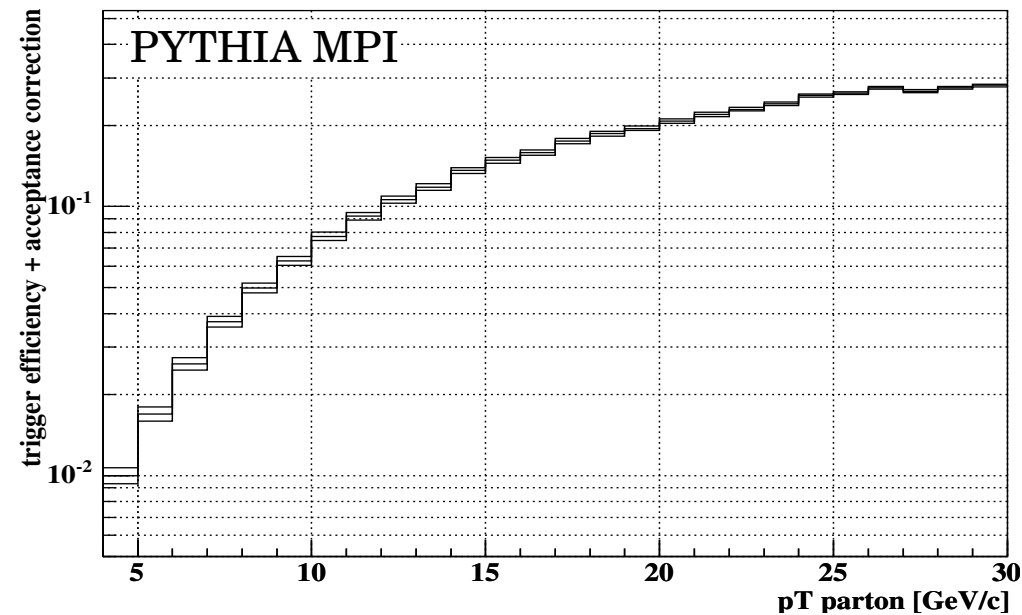
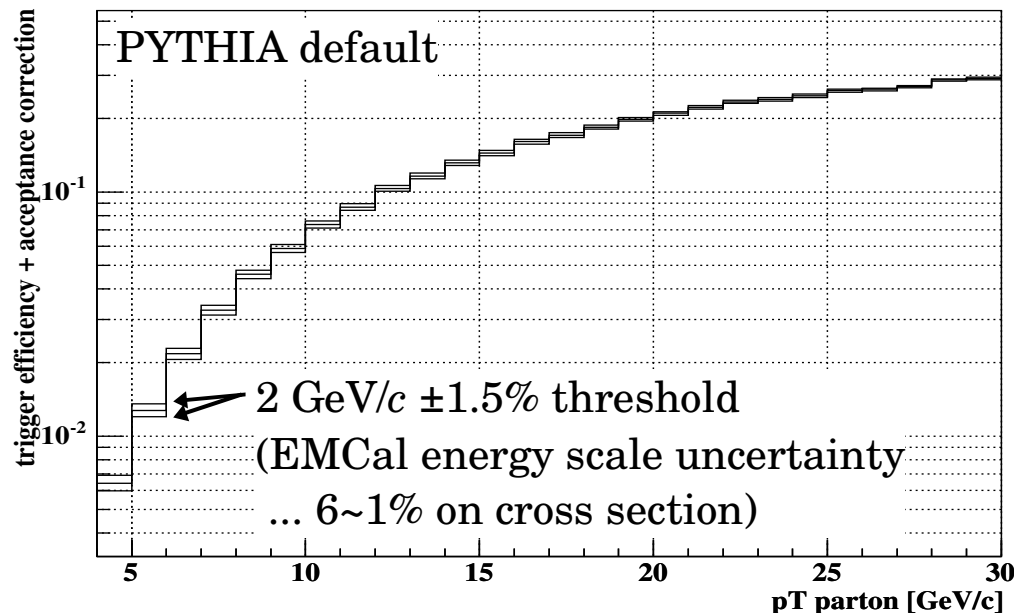


- 多くの p_T^{cone} bin のイベントが一つの p_T^{jet} bin に寄与している
 - 検出面積からわずかにそれたジェットが小さな p_T^{cone} を作り得る
 - 断面積測定での難しさ (unfolding method は検討中)

N_{jet} の補正

- 高 p_T 光子トリガーの効率及び検出面積についての補正
 - PYTHIA を用いて評価 (GEANT は用いず、数値的に p_T, η, ϕ をカット)
 - 高 p_T (>2.0 GeV/c) 光子トリガーの効率 ... 高 p_T 光子の含まれる割合を評価
 - 検出面積 ... 実験での検出面積はトリガー光子に対するものであり、ジェットに対するものではない

$$\epsilon \equiv \frac{p_T^{\text{ph}} > 2.0 \text{ GeV/c} \ \&\& \ |\eta^{\text{ph}}| < 0.35 \ \&\& \ \Delta\phi = 90^\circ \times 2}{|\eta^{\text{jet}}| < 0.35}$$

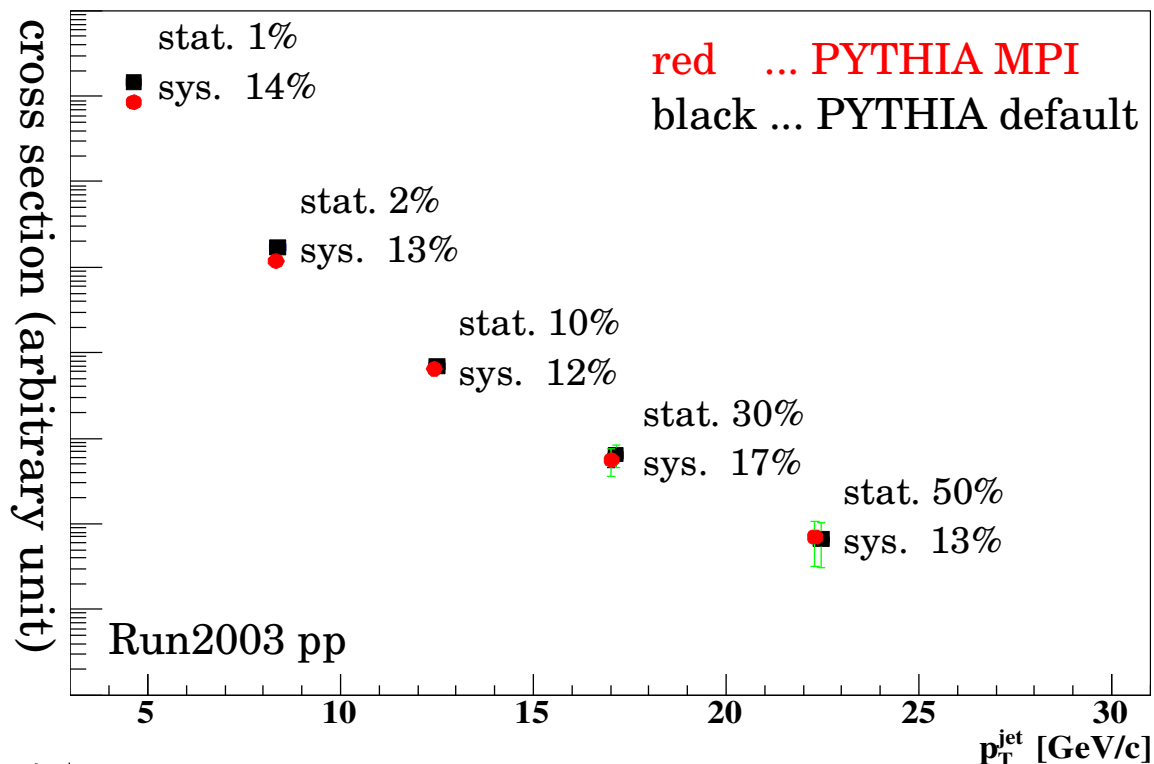


- PYTHIA MPI の場合、光子トリガーイベントと min. bias イベントの断面積には ~15% の差が有る (トリガー効率の系統誤差、検討中)

ジェット生成断面積

■ ジェット生成断面積測定現状

$$E \frac{d^3\sigma}{dp^3} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{p_T^*} \cdot \frac{C_{\text{trig}}}{f^{\text{BBC}}} \cdot \frac{N_{\text{corr}}^{\text{jet}}}{\Delta p_T \Delta \eta \Delta \phi}$$



■ 断面積測定の世界誤差

- 評価済; luminosity (BBC 断面積) ... 10%、光子及び荷電粒子の測定運動量のスケール ... 9% & 4%、等
- 未評価; $p_T^{\text{cone}} \rightarrow p_T^{\text{jet}}$ 変換でのモデル依存性、トリガー効率

結論

- この研究の目的は、陽子中のグルーオン偏極分布関数 Δg を測定することである。PHENIX Central Arm ($\Delta\phi = 90^\circ \times 2$, $|\eta| < 0.35$) を用いた多粒子測定は、ジェットの部分的な測定として Δg に感度が有る。
- 多粒子測定を用いて inclusive ジェット生成断面積を求めようとしている。これは、ジェット及びその p_T をどれだけ良く測定できているかの指標となる。
- p_T^{cone} と p_T^{jet} の対応関係を、PYTHIA+GEANT を用いて評価した。多くの p_T^{cone} bin のイベントが一つの p_T^{jet} bin に寄与しており、これは大きなモデル依存性を作っている可能性がある。適した unfolding method を検討中である。
- 断面積測定の主な系統誤差は、luminosity (BBC 断面積、10%)、光子及び荷電粒子の測定運動量のスケール (9% と 4%)、 $p_T^{\text{cone}} \rightarrow p_T^{\text{jet}}$ 変換でのモデル依存性 (評価中)、トリガー効率 (~15%、評価中) である。
- この研究を元にして、PHENIX Run2005 のデータを用いた多粒子測定の A_{LL} 及びジェット生成断面積の解析を行う

Backup Slides...

Particle Clustering

- Particle clustering with cone
 - photons ($p_T > 0.4 \text{ GeV}/c$) and charged particles ($0.4 < p_T < 4.0 \text{ GeV}/c$) with offline high- p_T ($> 2.0 \text{ GeV}/c$) photon trigger
 - make cones by using all particles as seed
 - cone radius $R = \sqrt{(\Delta\phi)^2 + (\Delta\eta)^2} = 0.3$
 - cone momentum = vector sum of momenta of particles in the cone
 - cone axis = direction of cone momentum (dir. of seed particle at first)
 - use cone with highest p_T^{cone} in events

$$p_T^{\text{cone}} \equiv \sum_{i \text{ in cone}} p_{Ti}$$

Unfolding Method

■ $p_T^{\text{cone}}-p_T^{\text{jet}}$ relation

- S_{ij} ... conversion matrix from p_T^{jet} to p_T^{cone} (by acceptance effect etc.)

$$S_{ij} \equiv \frac{\partial \sigma_i^C}{\partial \sigma_j^J} = \frac{n_{ij}}{n_j^J}, \quad n_i^C = \sum_j n_{ij}$$

- S_{ij} must be evaluated with simulation
- n_{ij} ... event rate in (i, j) bin

■ Folding/unfolding

- N_i^C ... cone yield in i -th p_T^{cone} bin (measured)
- N_j^J ... jet yield in j -th p_T^{jet} bin (true)
- S'_{ij} ... square matrix with p_T^{cone} and p_T^{jet} ranges to be measured

$$N_i^C = S'_{ij} N_j^J, \quad N_j^J = S'_{ji}^{-1} N_i^C$$

- statistical covariance matrix

$$\nu(N_j^J, N_k^J) = \sum_{i1=1}^{n_{\text{cone}}} \sum_{i2=1}^{n_{\text{cone}}} \mathcal{D}(j, i1) \mathcal{D}(k, i2) \sigma_{N_{i1}^C} \sigma_{N_{i2}^C}, \quad \mathcal{D}(j, i) \equiv \frac{\partial N_j^J}{\partial N_i^C} = S'_{ji}^{-1}$$

