

Prompt Photon Production at $\sqrt{s_{NN}}=200\text{GeV}$ p+p and d+Au Collisions

PH ENIX

鳥井久行 (理研)

for the PHENIX Collaboration

2005/Mar/24 JPS Meeting

目次

- 研究動機
- PHENIX実験
- 解析方法
- 結果
- 結論

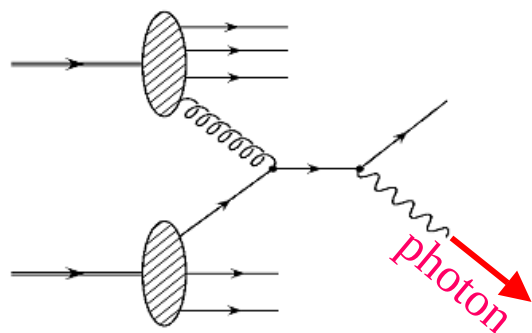
Prompt Photon 生成

ハドロン衝突における直接光子生成は2つのプロセスからなる。

$$\sigma = \sigma_{dir} + \sigma_{frag} = \sum_{i,j,k} \int dx_i dx_j \times \boxed{f_1^i(x_i, \mu) \cdot f_2^j(x_j, \mu)} \quad \text{parton distribution function(PDF)}$$
$$\times \left\{ \boxed{\sigma(i + j \rightarrow \gamma)} + \int dz \boxed{\sigma(i + j \rightarrow k)} \times \boxed{D_k^3(z_k, \mu_F)} \right\}$$

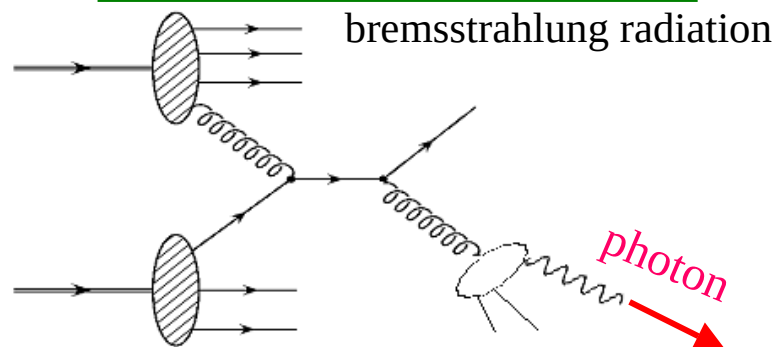
fragmentation function(FF)

Direct Process



Compton/Annihilation process

Fragmentation Process



PDF/FFは主に deep inelastic scattering(DIS)/ e^+e^- 消滅反応で測定。

パートン分布(PDF)に対して有効な信号

研究動機

• 原子核効果

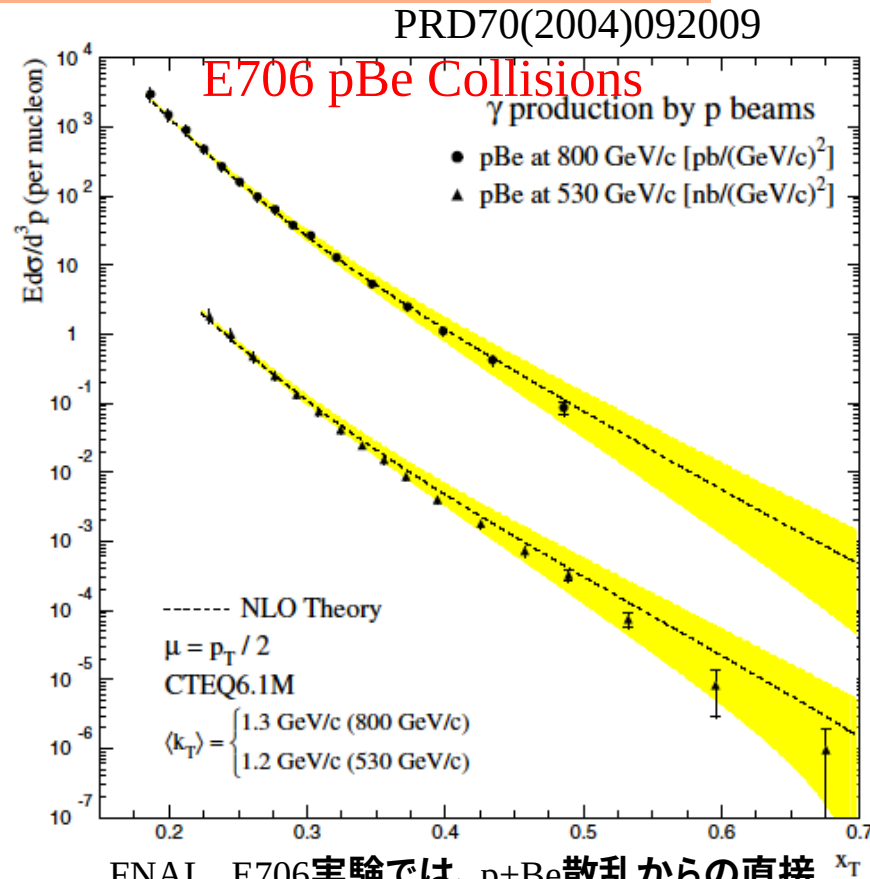
– パarton分布の原子核依存性

- EMC効果
- Shadowing, anti-shadowing
- color glass condensate

– Cronin 効果

- multiple scatteringと考えられており、現象論的に intrinsic k_T の導入によって理解されてきた。

直接光子生成は、原子核中の
parton構造を知る上でよい
プローブである。



FNAL E706実験では、p+Be散乱からの直接光子測定により、初期partonの横運動量にして1.3GeV/c程度の原子核効果があると結論。

next-to-leading order(NLO) pQCD計算との比較や、d+Auとp+p衝突を比較することにより原子核効果について研究する。

研究動機

- PHENIXではAu+Au衝突において直接光子測定を行った。
 - p+p衝突の重ね合わせで記述できる。

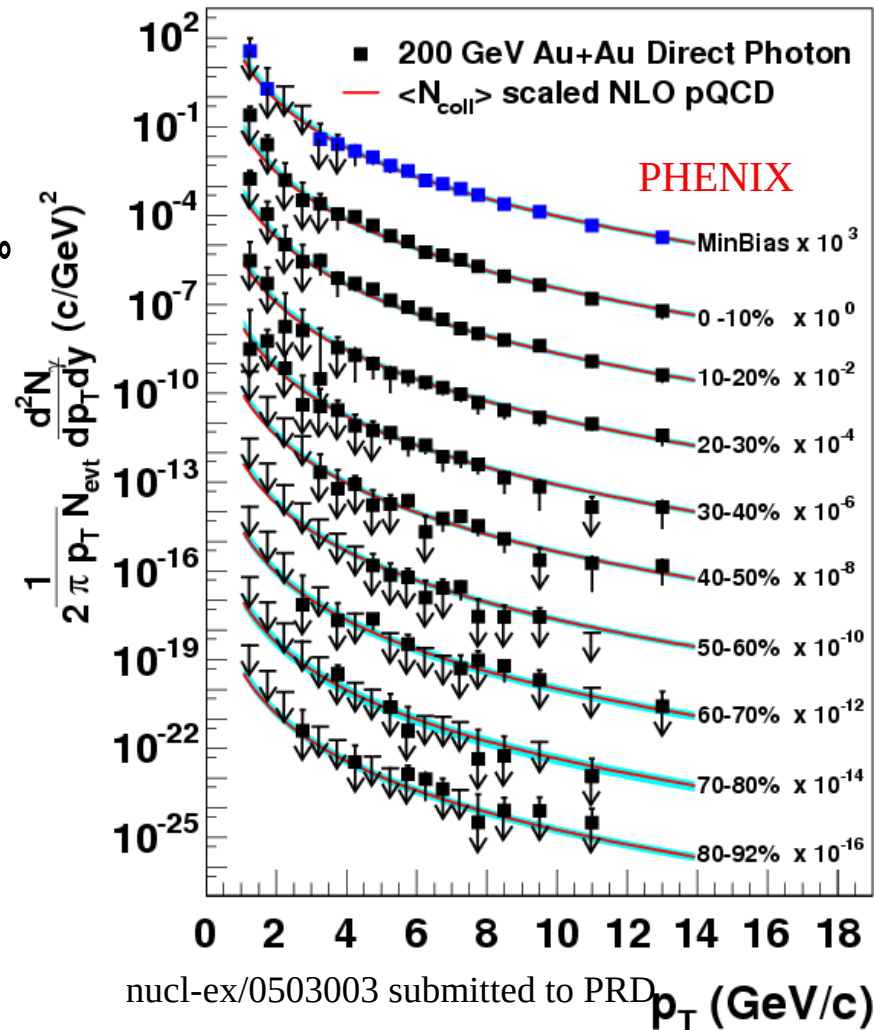
↑ 矛盾していない

ジェットクエンチングシナリオ
(π 中間子生成の抑制)

問題

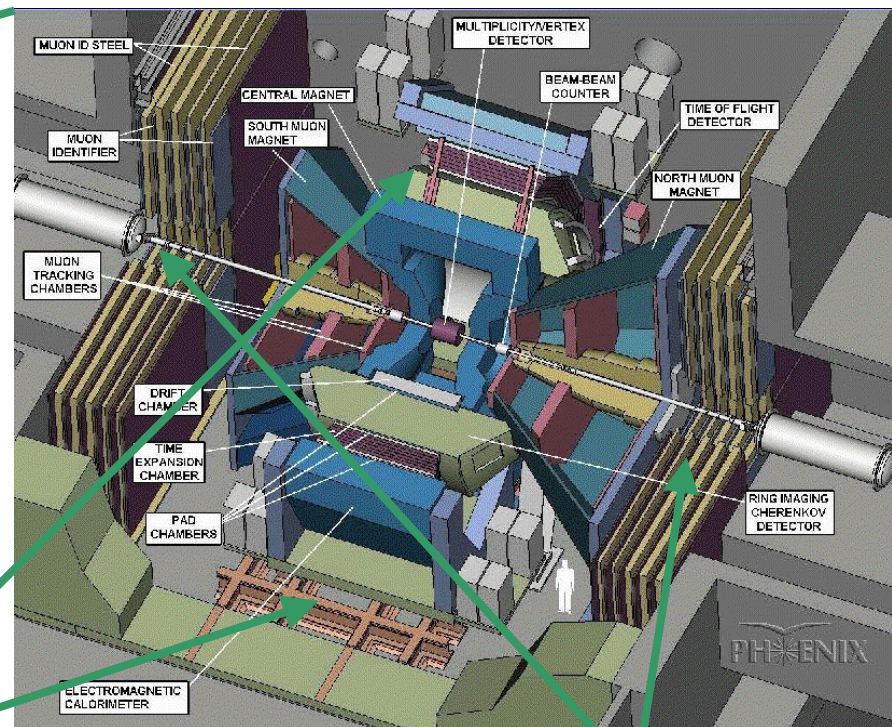
原子核効果は？

Thermal photonの寄与はあるか？



Au+Au衝突での原子核効果や、
Thermal photon探索に対する基礎データを与える

PHENIX実験



- 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

2 central Spectrometers

2 forward Spectrometers

- 衝突点、ルミノシティ、中心度を決めるための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)

電磁カロリメータ(PbSc)

Lead Scintillator (PbSc)

–サンドイッチタイプカロリメータ

•鉛板 110.4x110.4x1.5mm

•シンチ板 55.2x55.2x4mm

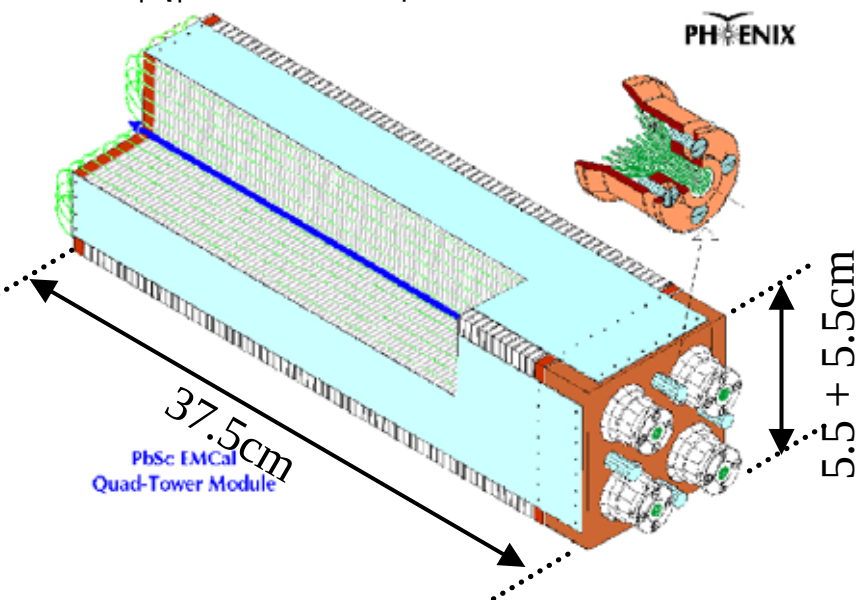
–読み出しは Shish-kebab タイプ。

•Wave length shifter fiber 読み出し。

–6 sectors(15552 channels)

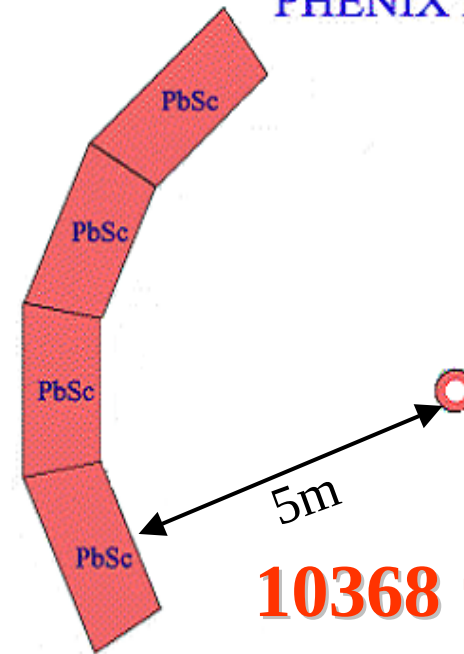
•Coverage

$-|\eta| < 0.38$ $\phi = 180^\circ$



	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

PHENIX Detector



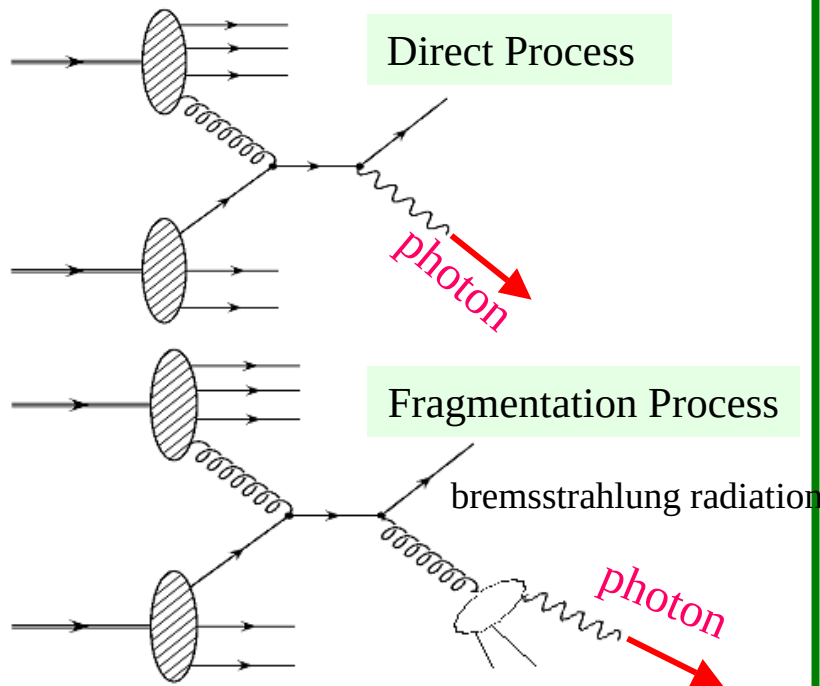
10368 チャンネル

1セグメントが小さい



25GeV/cまでの π^0 崩壊から来た光子を測定することが出来る。

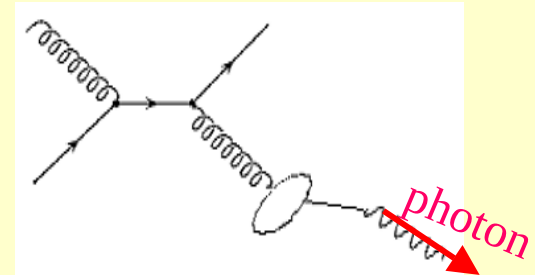
直接光子測定



実験的に同定することは不可能

バックグラウンド

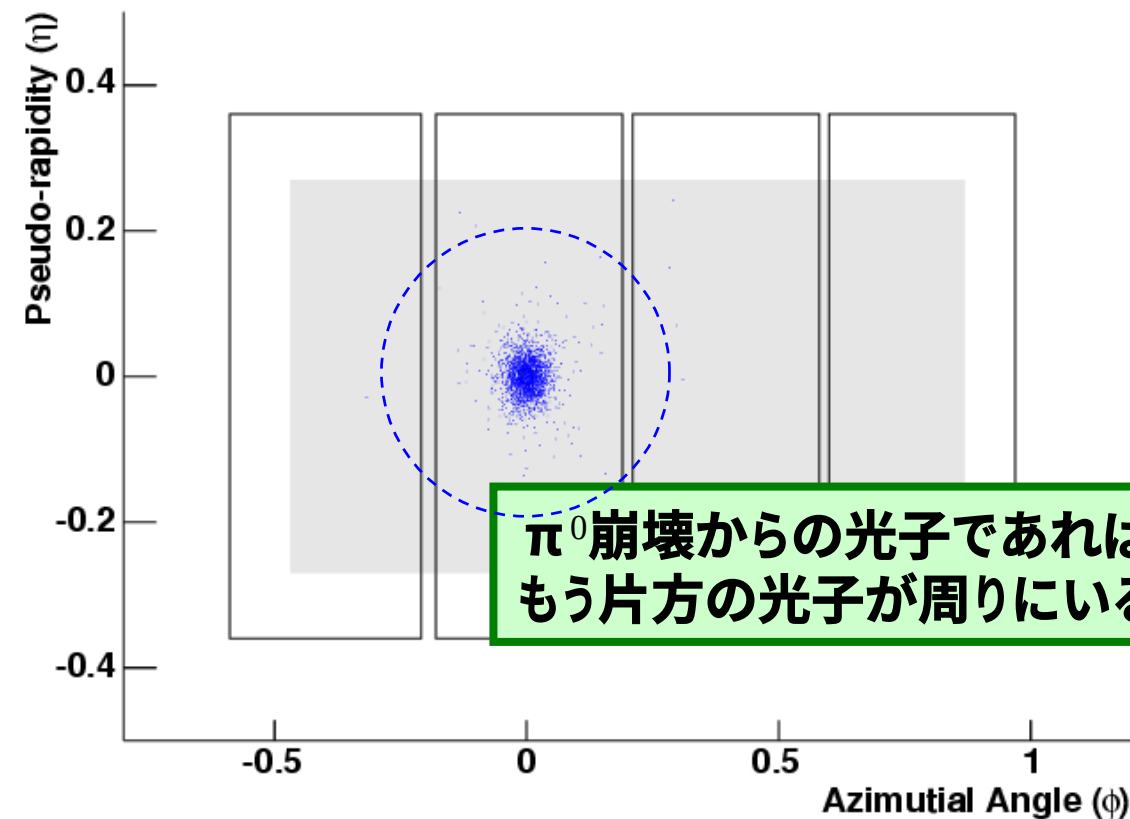
衝突点以外からの光子
中性・荷電ハドロンが光子に見えてしまう
検出器のノイズ
ハドロン(π^0, η, ω 等)崩壊から来る光子



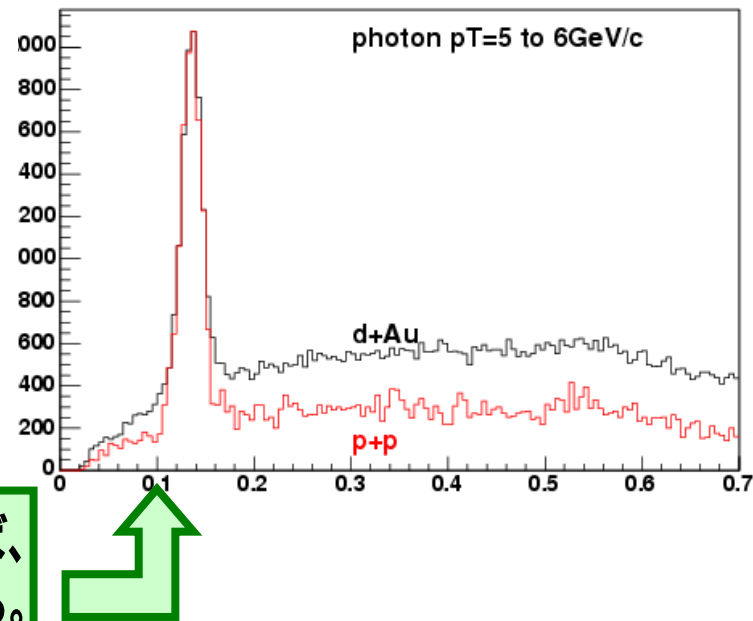
すべてのバックグラウンドを特定

すべてのバックグラウンドを差し引いた残りを
直接光子生成の信号とする

バックグラウンド同定



π^0 崩壊からの光子であれば、
もう片方の光子が周りにいる。



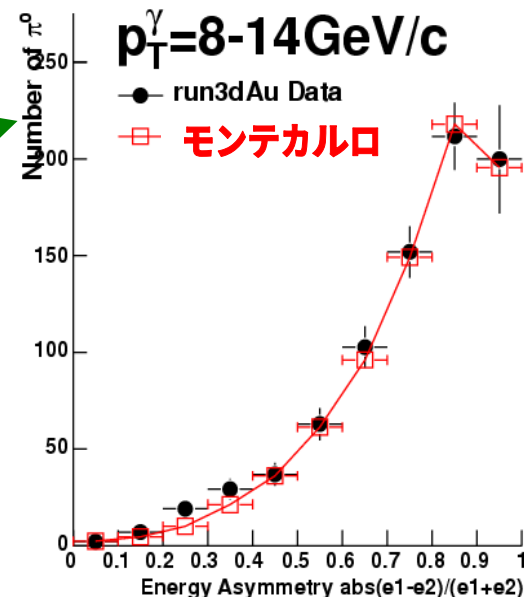
ターゲットとなる光子と周りのすべての組み合わせを取ることで、 π^0 中間子からのバックグラウンドの寄与を差し引くことができる。

→ 約70%の π^0 崩壊からの光子を同定することが可能

バックグラウンド同定

• 同定できた π^0 粒子からの光子

- π^0 質量分布
 - ピーク位置や幅が正しく再現する。
 - π^0 のenergy asymmetryが正しく再現する。
- すべてのEMCalのチャンネルが正しく動作。
 - 一つも π^0 を見落としていないことを確認。
 - 場所依存性が無い。
- Combinatorialの見積もりから来る系統誤差3%。



モンテカルロ自体は過去のテスト実験等で得られたEMCalの性能を再現するように調整

• 同定できなかった π^0 粒子からの光子

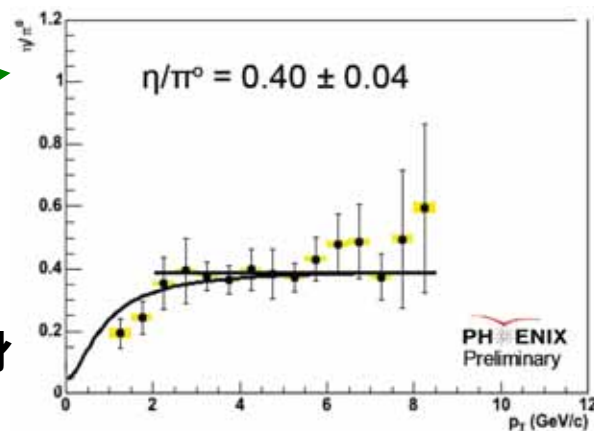
- モンテカルロ計算で補正
 - おもに、検出器間の隙間によって起こる
 - モンテカルロ計算の系統誤差
 - 系統誤差はあらゆる可能性を考慮して誤差を評価。

• 他のハドロン崩壊からの光子

- PHENIXにおける η 粒子の測定結果ならびに m_T スケーリング則を仮定して、 ω 等を見積もる。

• その他もろもろ

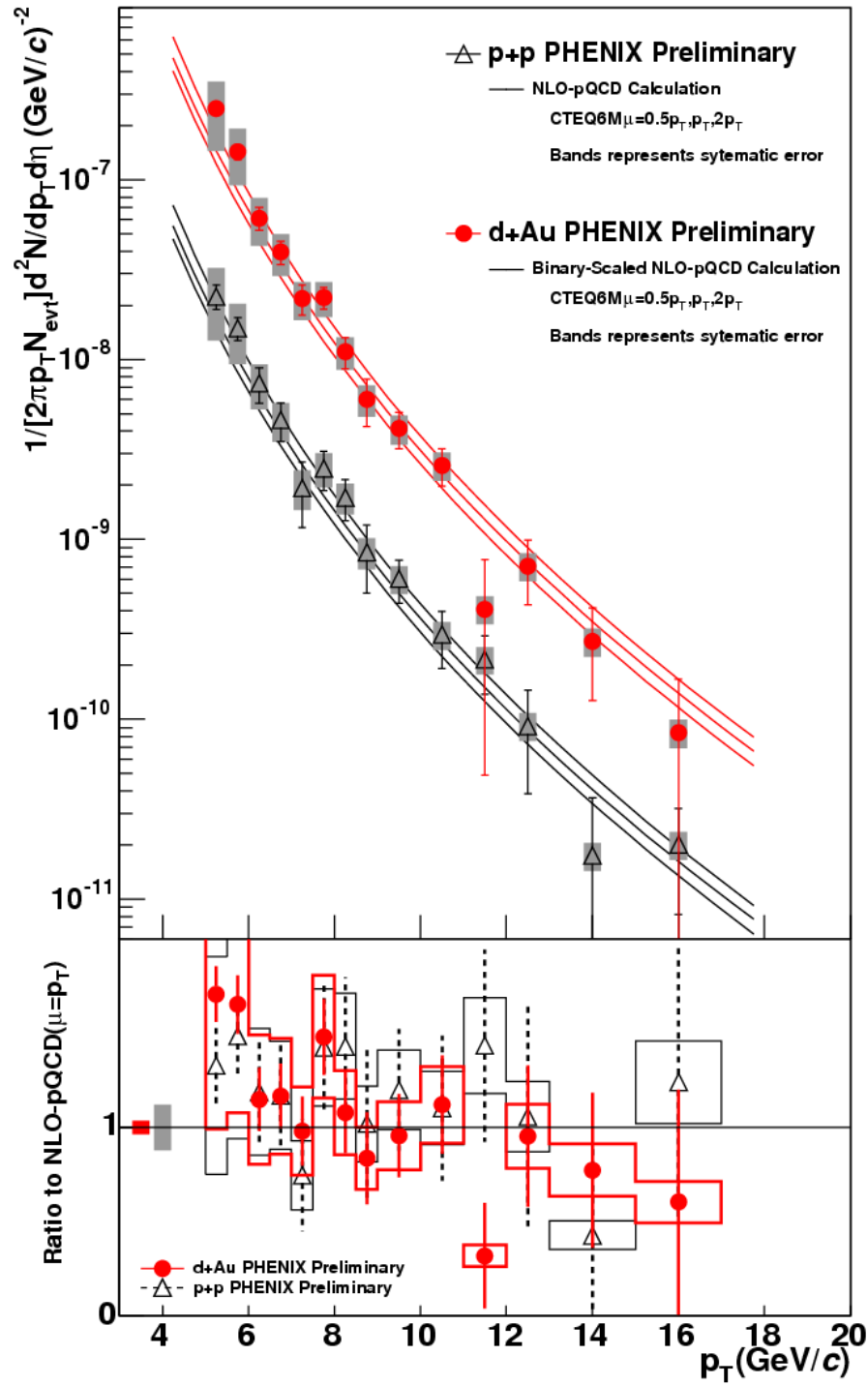
- 中性・荷電ハドロン、衝突以外からの光子等はデータ自身ならびにGeantモンテカルロを用いて見積もる。



結果

- 陽子陽子衝突における結果
 - 昨年秋の学会にて発表。
- NLO pQCD Calculation
 - p+p 衝突
 - Calculated by W.Vogelsang
 - CTEQ6M
 - Scale(renormalization and factorization scale)を 0.5,1.0,2.0pTにとる。
- d+Au衝突における結果と比較するために、
 - グラウバーモデルにより計算した、平均自由衝突回数 (Ncoll) = 8.42 を掛ける。

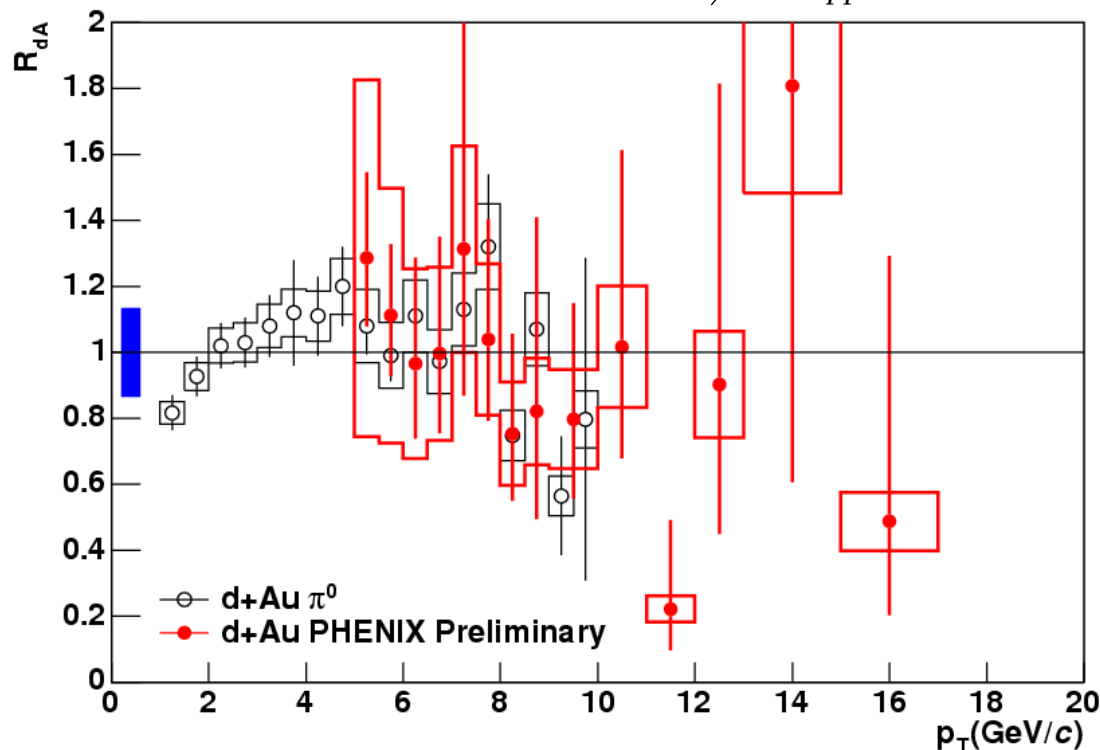
NLO-pQCD計算は結果を再現する。



結果

Nuclear Modification Factor

$$R_{dA} = \frac{\left[d^2 N_{dA} / dp_T d\eta dN_{evt} \right]}{\langle N_{coll} \rangle \sigma_{pp}^{inel} \times \left[d^2 \sigma_{pp} / dp_T d\eta \right]}$$



原子核効果は誤差の範囲で見られない。

π^0 で測定した、Modification Factorと一致している

結論

- 200GeV d+Au衝突にて直接光子生成の測定に成功
 - 世界初 $p_T=5-16\text{GeV}/c$ $|\eta| < 0.35$
 - NLO-pQCD との比較
 - p+p衝突におけるNLO-pQCD計算を平均衝突回数にてスケールしたものと比較。d+Au衝突での直接光子生成をよく説明。
 - Nuclear Modification Factor
 - 1 (Modificationが無い) と一致している。 ($p_T=5-16\text{GeV}/c$)
 - d+Au衝突における直接光子生成はp+p衝突の重ねあわせで記述できる。
 - π^0 で測定した結果と一致している。
 - 直接光子生成における原子核効果は小さいと考えられる。
- AuAu衝突で観測された直接光子の結果と矛盾していない。