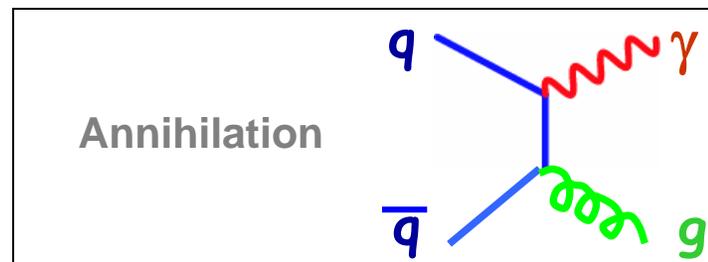
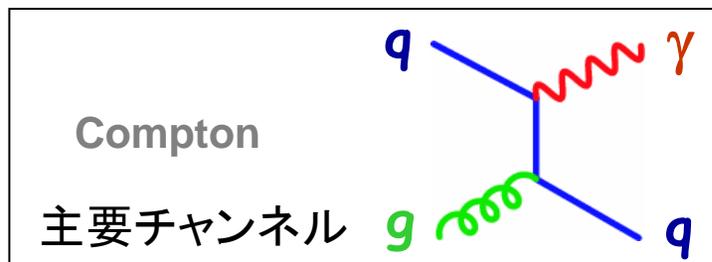


# 200GeV 陽子衝突による 直接光子生成事象の測定

岡田謙介 (理研BNL研究センター)  
PHENIX実験グループ

# 研究動機

p+p (陽子+陽子)衝突において、直接光子生成事象は最も単純な反応のうちのひとつ。



—QCD理論のテスト

—陽子中のグルーオン分布についての情報

偏極陽子コライダーRHICにおいてはグルーオンのスピン偏極分布についての重要なプローブ

—原子核衝突で光子は貫通力のあるプローブであり、衝突後の状態を調べるためのベースラインとしてもp+pの反応の測定は重要。

# PHENIX検出器

RHIC-PHENIX central arm detector

## Central Arm

(Rapidity  $|y| < 0.35$ )

Electromagnetic Calorimeter (EMCal)

Photon detection

High granularity ( $\sim 10 \times 10 \text{ mrad}^2$ )

Drift chamber (DC)

and Pad Chamber (PC)

Charged hadron veto

## Beam forward / backward

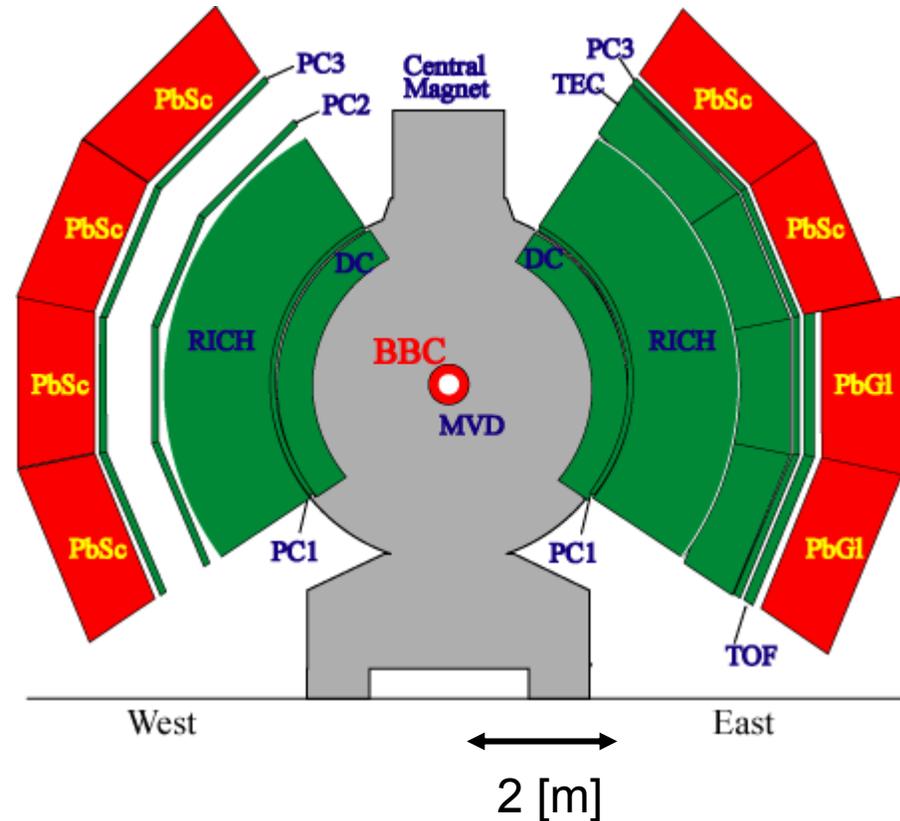
(Rapidity  $3.1 < |y| < 3.9$ )

Beam-beam counter (BBC)

Triggering and vertex determination

Luminosity measurement

BBC and EMCal Trigger for the data taking



# 200GeV p+p データセット

Run	Year	Recorded L	polarization	直接光子解析状況
2	2001/02	0.15/pb	15%	published (0.077/pb)
3	2002/03	0.35/pb	27%	submitted this morning (0.24/pb)
4	2003/04	(0.12/pb)	40%	--- a kind of engineering run
5	2004/05	3.8 /pb	45~50%	preliminary (2.5/pb)
6	2005/06	2.7+7.5 /pb	~60%	not yet analyzed

年々ミノシティ、スピン偏極度が向上

そろそろ直接光子生成のスピン非対称度測定も射程範囲 → 次の発表

# 解析方針

直接光子 = 全光子のサンプル - ハドロン崩壊からの光子(主に中性パイ粒子)

## 全光子のサンプル

EMCal クラスタから

荷電粒子によるものを排除

形状によるカット (=中心タワーに鋭いピーク)

## ハドロン崩壊からの光子の見積もり

### カクテル方式

中性パイ粒子の生成断面積の測定  
崩壊光子の収量の見積もり

他のハドロン成分( $\eta$ 等)の追加

中性パイ粒子の生成を求めてから  
また光子に戻すので多少遠回り。

### タグ付け方式

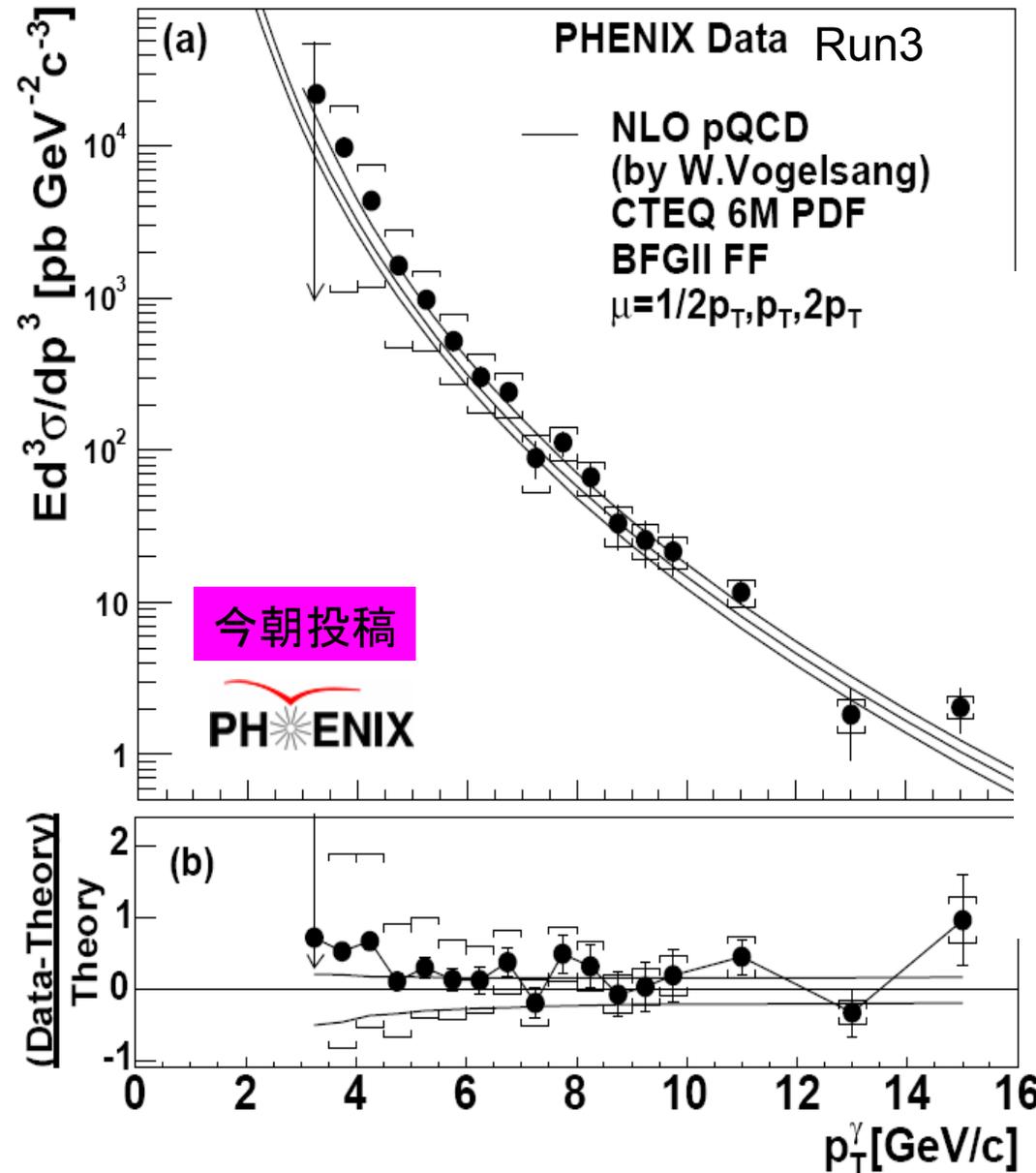
各pTビン毎に中性パイ粒子崩壊の相方  
をみつけ収量の見積もりを行う。

相方を失う確率をかけて全崩壊光子の  
収量の見積もり

他のハドロン成分( $\eta$ 等)の追加

過程が素直。

# 直接光子生成断面積



カクテル方式とタグ付け方式で結果は一致。単純平均をもって最終結果とした。

## 系統誤差

TABLE I: Relative systematic uncertainties of the direct photon spectra.

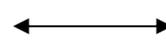
$p_T$ [GeV/c]	4.5-5	7.5-8	10-12
Signal fraction	9%	27%	49%
(a) Global	16.8%	14.9%	14.9%
(b) Inclusive photons	12.3%	4.7%	3.1%
(c) Photons from $\pi^0$	30.1%	10.7%	6.5%
(d) Other hadrons	21.4%	6.7%	3.8%
(e) Non-linearity (+ remaining)			
(e <sub>1</sub> ) $\pi^0$ tagging	42.7%	6.8%	5.4%
(e <sub>2</sub> ) cocktail	69.5%	20.4%	13.4%
Total	71.6%	25.2%	19.8%

Run3で初めて理論のスケールエラーと同程度の精度の測定が得られた。NLO pQCDはよくデータを表している。

# 光子孤立条件の適用

反応毎に他のアクティビティから孤立した光子の選択、

クォークラインからの破碎成分を除去  
グルーオンコンプトン反応の濃縮



理論計算との比較

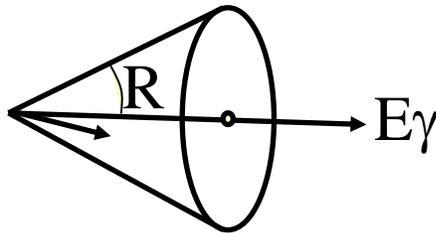
逆に、孤立条件をかけても直接光子の生成断面積が大きく変わらないならば、差し引きの方法で求めた、言わば“出所の分からない光子”に対して反応のパターンについて限定できたことになる。

# 孤立条件を満たす直接光子の測定

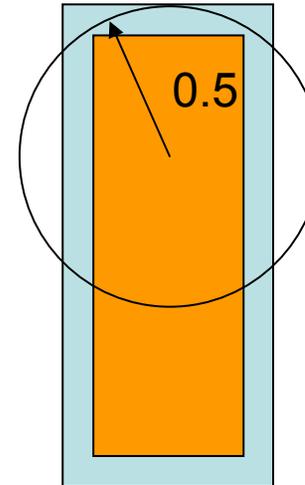
バックグラウンド差し引きについて基本的に同じ。

## ■ 孤立条件をかけた光子からスタート

$$0.1E_{\gamma} > E_{\text{cone}} \quad (R=0.5\text{rad})$$



$E_{\text{cone}}$  : photon energy  
+ charged particle momentum



PHENIX arm

$\Delta\eta=0.7$

$\Delta\phi=\pi/2$

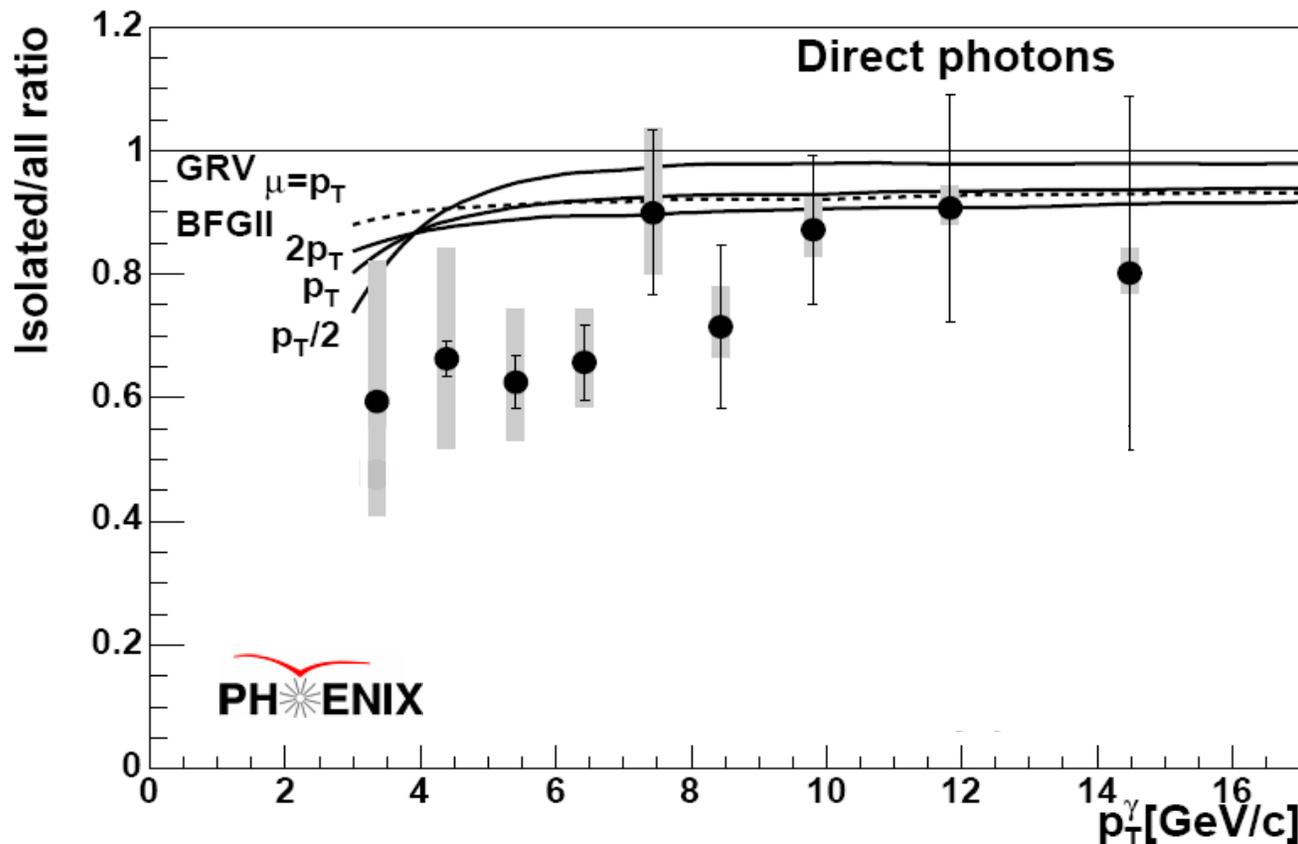
理論計算の側に吸収

## ■ ハドロンバックグラウンドの見積もり (タグ付け方式)

新たな点: 孤立条件を満たす中性パイ粒子からの光子

中性パイからの光子に対して相方に目隠しをして孤立条件をかけたものから見積もった。

# 孤立直接光子/全直接光子の比



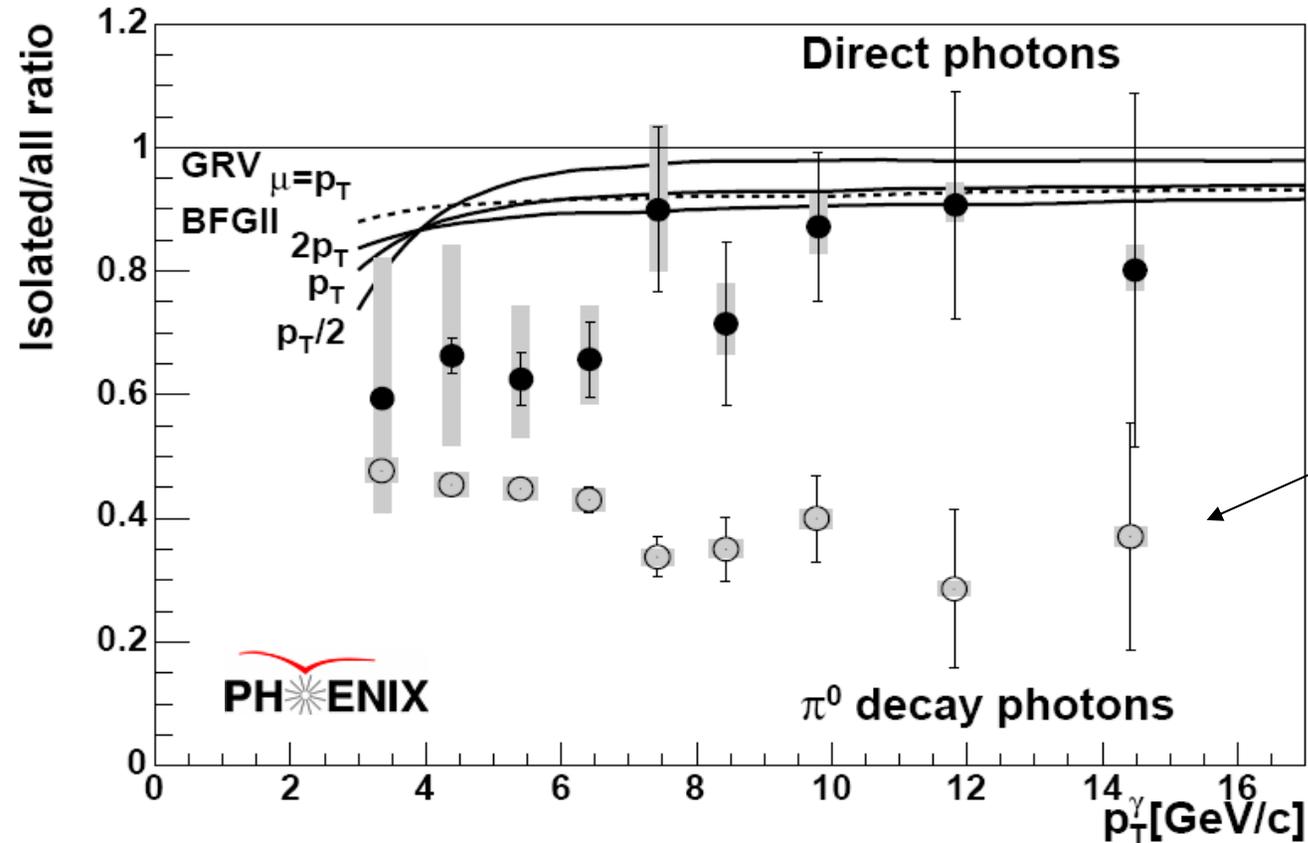
PHENIXカットを入れた  
理論計算

2つの光子への破碎関数  
(GRV、BFGII)

BFGIIIについては  
3つの理論スケール

- $p_T$ の高いところ ( $p_T > 7 \text{ GeV}/c$ ) に関して、  
測定値は全直接光子が高い割合で孤立していることを示している。  
理論の予想も良くあっている。
- $p_T$ の低いところ  
理論値は高め、しかしアンダーラインイベントの影響があり実験との比較は難しい。

# 孤立直接光子/全直接光子の比



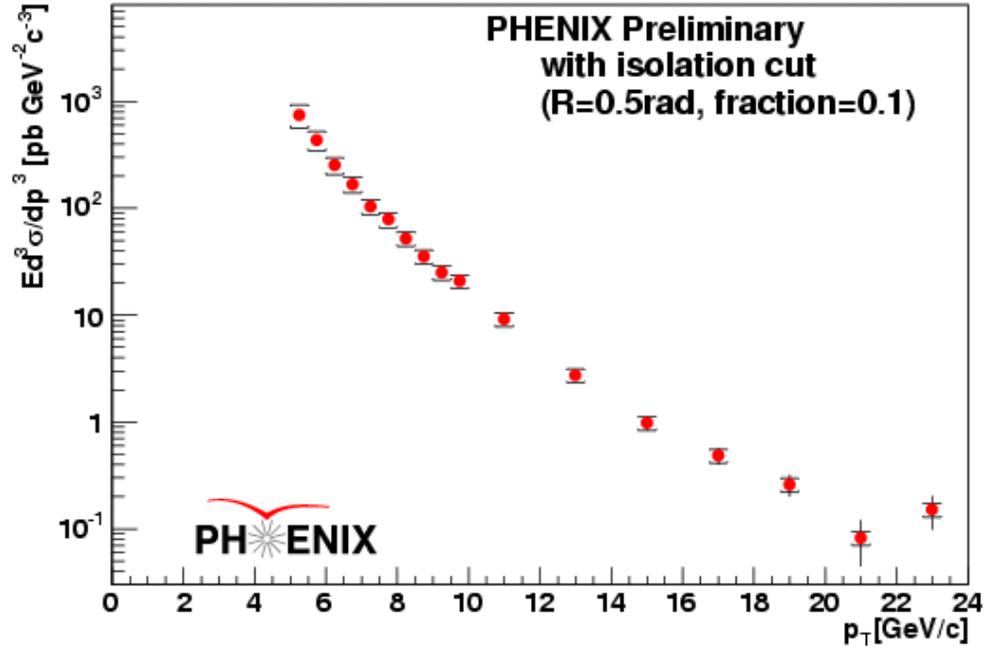
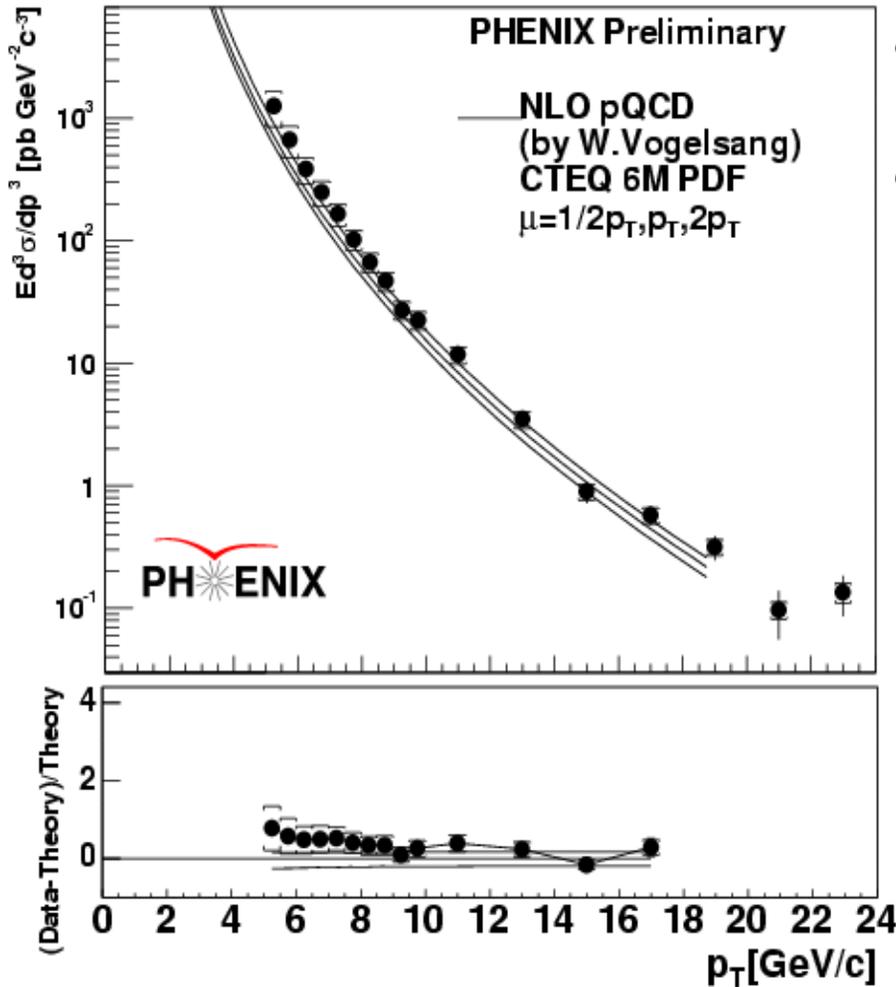
比較のための  
孤立粒子/全粒子の比

中性パイ粒子とタグ付け  
した光子に、相方を除いて  
孤立条件をかけた。

ジェットの破砕成分である中性パイ粒子起源の光子は期待通り孤立条件によって抑制されている。

# Run5 データより

Run3の10倍の積分ルミノシティ



タグ付け方式

Run3の結果と一致

より高い $p_T$ 領域

新たに気をつけなければいけない点

ダイナミックレンジ

光子形状カットをすり抜ける合体パイ2光子

# まとめ

PHENIX検出器を用いて、 $\sqrt{s} = 200\text{GeV}$  p+p 衝突における直接光子生成断面積を測定した。

Run3データ(0.24/pb)で初めて、理論のスケールエラーと同程度の精度の測定を行い、NLO pQCD計算がよく我々の結果を表していることを示した。

更に孤立条件をかけることで個々の反応のパターンによる解析も行った。高いpT領域では、直接光子のシグナルは多くが孤立条件を満たしている。理論の計算も測定結果と良く一致している。今朝投稿した。

Run5データ(2.5/pb)をつかった結果も得られている。Run3の結果と一致している。

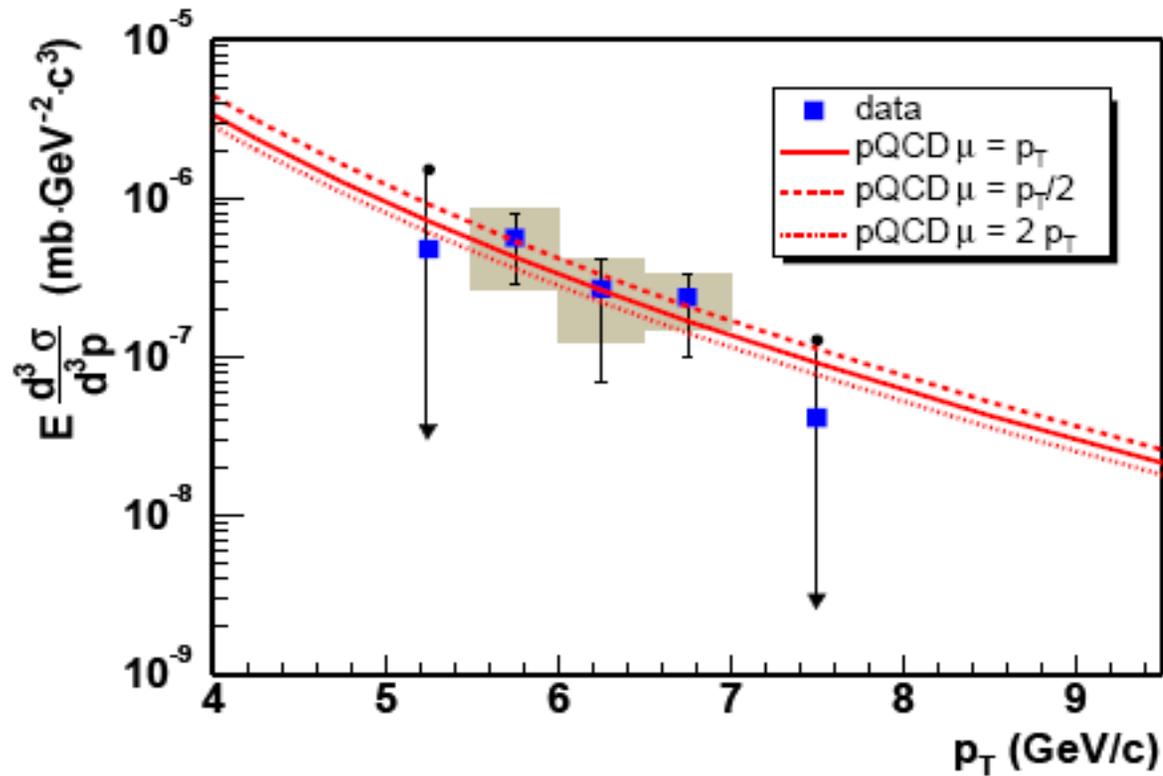
Run6ではさらに積分ルミノシティも増し、スピン偏極度も上がっている。そろそろhigh-x gluonの分布関数、スピン非対称度の精密測定についての道具立てがそろってきた。

# Backup slides

# Run2 Result

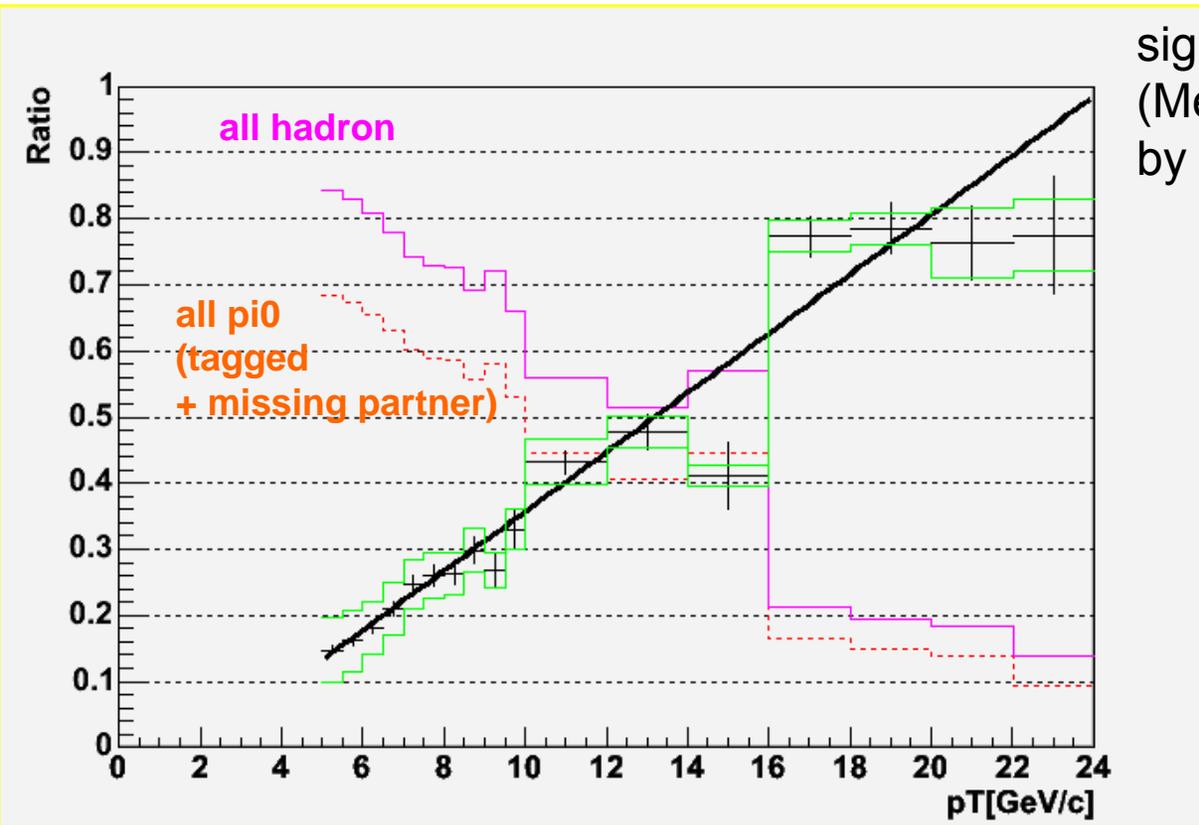
hep-ex/0502006

Published (Rapid communication?)



# Signal fraction in the sample

subtraction method ( $\pi^0$  partner  $E_{\min}=0.5\text{GeV}$ )

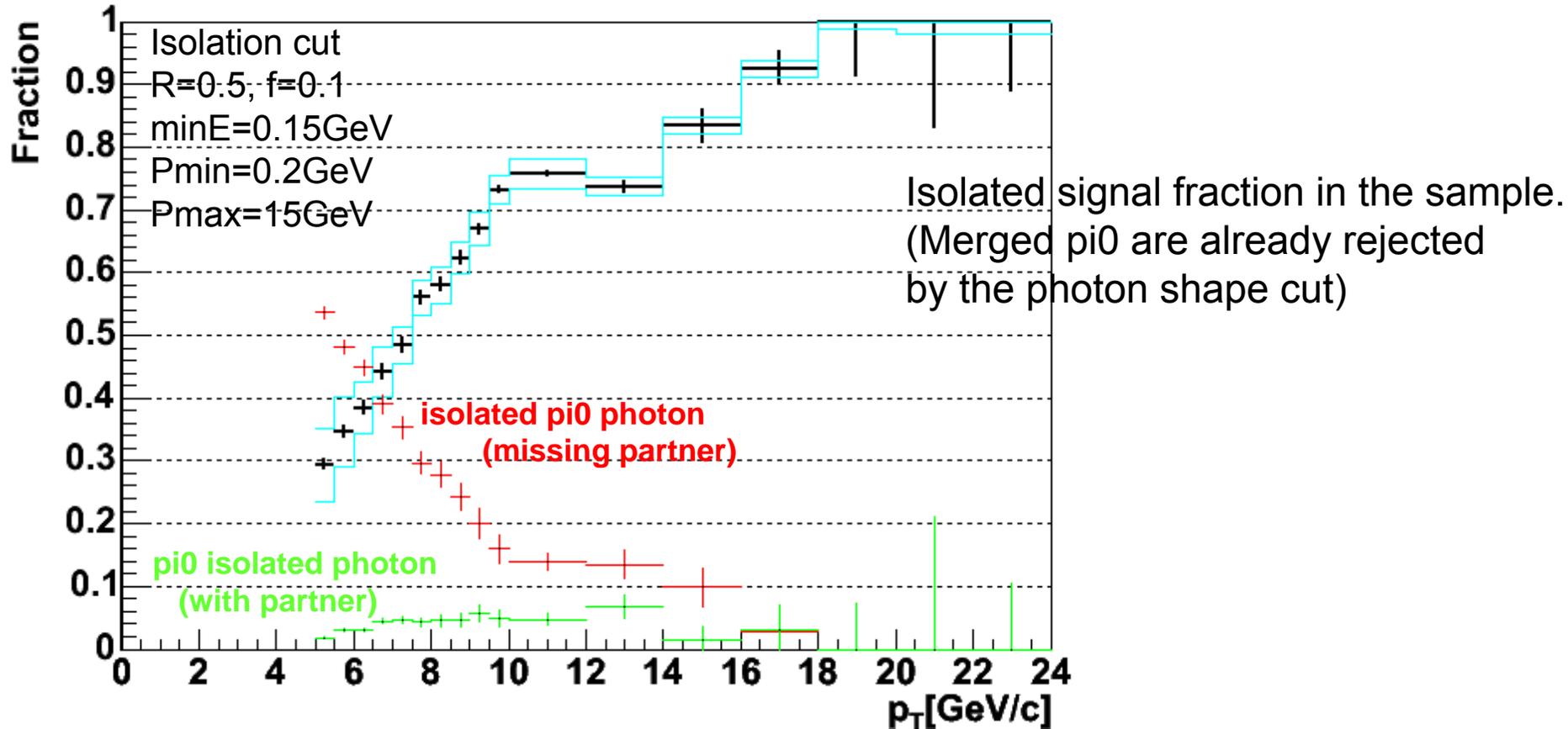


signal fraction in the sample.  
(Merged  $\pi^0$  are already rejected  
by the photon shape cut)

green band shows  
systematic error size.  
Common parts are cancelled.  
(normalization, acceptance)

# (iso)Signal fraction in the sample

isolation cut method ( $\pi^0$  partner  $E_{\min}=0.5\text{GeV}$ )



The message:

By applying a photon cut and an isolation cut,  
the purity is increased.

# アンダーライニングイベントの影響

iso/allの比についてPYTHIAを使った見積もり。

LOの計算なので本文で見た理論計算(NLO、フラグメンテーション光子とは独立の効果とみなせる。

$p_T$	default	MPI setting
3.50	0.881277	0.817291
4.50	0.912511	0.852327
5.50	0.935496	0.881526
6.50	0.950720	0.904568
7.50	0.962740	0.922673
8.50	0.972358	0.938516
9.50	0.978064	0.949693
10.50	0.982812	0.958002
11.50	0.987043	0.967197
12.50	0.989101	0.972430
13.50	0.991260	0.977000
14.50	0.993027	0.980591
15.50	0.994020	0.984195
16.50	0.994749	0.986209
17.50	0.995793	0.990103
18.50	0.996315	0.990602
19.50	0.996952	0.992844

← 3GeV/cで約8割

高い $p_T$ ではほとんど効かない。

# Pi0 missing ratio

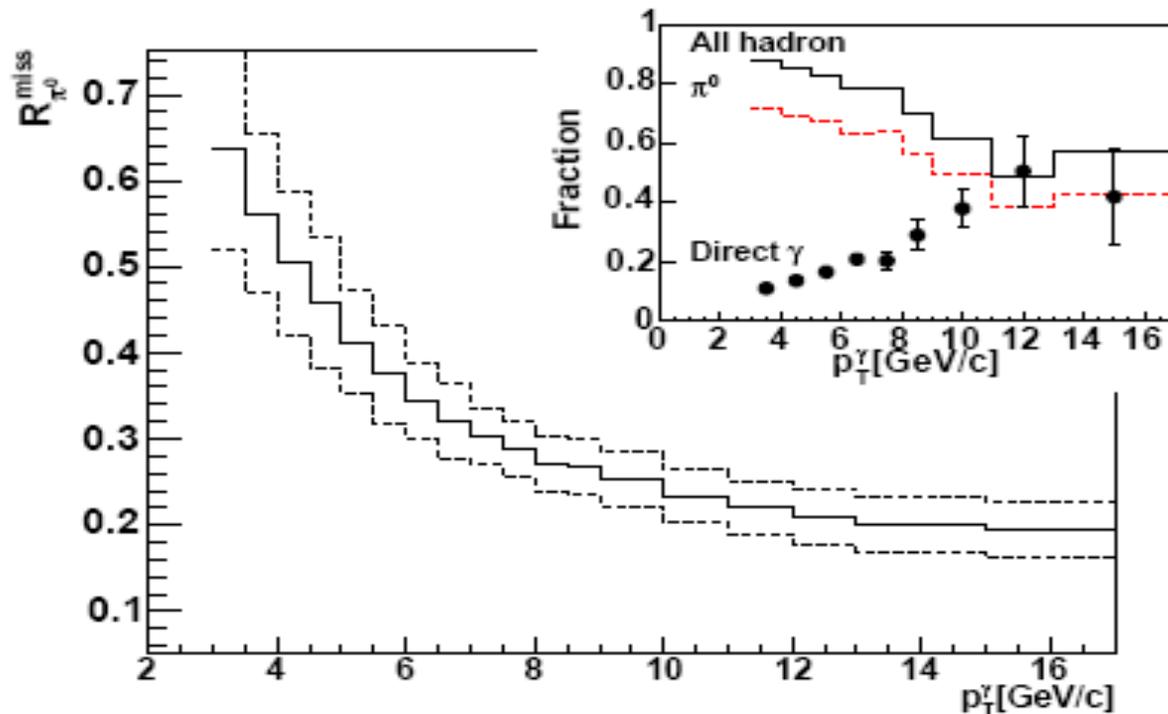


FIG. 1: Correction for missing photon partners to the  $\pi^0$  ( $R_{\pi^0}^{\text{miss}}$ ) vs.  $p_T^\gamma$ . Dashed lines show the systematic uncertainty. Inset: Different contributions to the inclusive photon spectrum. Solid (dashed) lines represent all hadronic ( $\pi^0$ ) decay contributions. The data points show the remaining photon contributions.

# Different Emin cut

Set  $E_{min}=0.5\text{GeV}$  instead of  $E_{min}=0.15\text{GeV}$

high missing ratio

but

small problem related to the low energy clusters

(a non-linearity, combinatorial backgrounds)

