Sea quark polarization measurement via W-boson production at PHENIX (II)

- 2011年のRunのデータの解析 -

生出秀行[A,B]

井栗威[D], Inseok Yoon[F], 今津義充[B], 栗田和好[D], 齊藤直人[C], Sanghwa Park[F], 庄司幸平[B], Joseph Seele[H], 谷田聖[F], 中川格[B], 中村克朗[D], 深尾祥紀[C], 三部勉[C], 村上哲也[D], 村田次郎[E], Ralf Seidl[B], 山下了[G], 渡邉健太郎[E], 他 PHENIX Collaboration

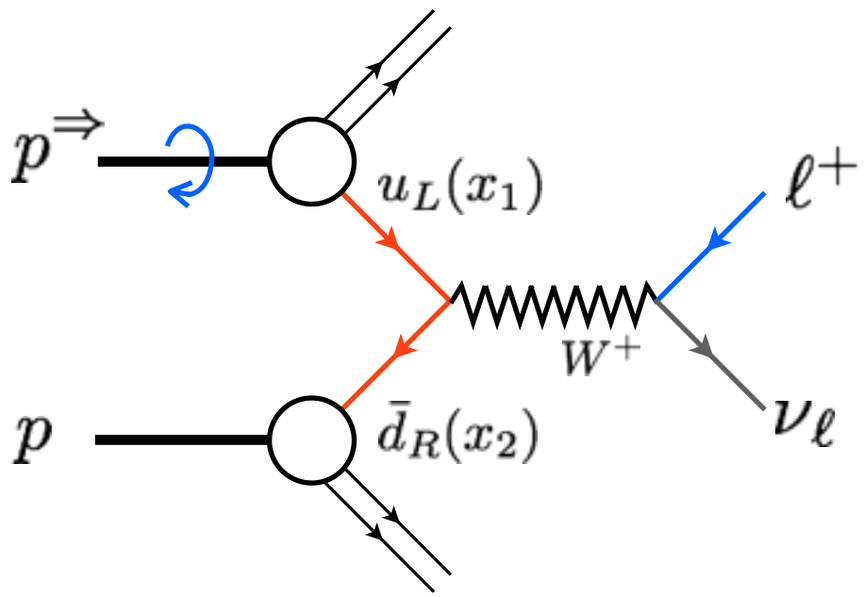
東大理[A], 理研[B], KEK素核[C], 京大理[D], 立教大理[E], ソウル大[F], 東大素セ[G], RBRC[H]

2012年9月14日，日本物理学会2012年秋期大会，京都産業大学

概要

- **2011年に取得したPHENIX Muon Armを用いた初の本格的なデータ（約25 pb^{-1}）について，今年の３月にPHENIX Collaborationは $W^{\pm}\to\mu^{\pm}$スピン非対称度のPreliminary resultを公開した.**
  - 世界初の$W^{\pm}\to\mu^{\pm}$のスピン非対称度の測定
  - 世界初の前後方ラピディティにおける測定結果
- **2011年の結果はスピン非対称度に対して十分に制限するほどの統計はない**
  - 2012年：約50 pb^{-1}取得済み，2013年：> 250 pb^{-1}を予定
  - 現段階のデータで解析の道筋をつけることが重要
- **特にスピン非対称度を希釈するS/BGの確度の向上が重要**
  - 現状では中央値に対して [x0.5 - x2.0] の安全サイドのエラー
- **Preliminaryの結果以後，信号量推定に寄与するトリガー効率，解析効率の評価を詳細に行ったので報告する.**

pp衝突におけるWの生成と海の偏極



$$\frac{1}{2} = \boxed{\frac{1}{2}\sum_f (\Delta q_f + \boxed{\Delta \bar{q}_f})} + \boxed{\Delta g} + \bar{L}$$

未踏

RHICで制限
偏極は小さい

~25% in total (DIS)
("The spin crisis")

SIDISで制限もなお不定性大

$$d\sigma(p^{\Rightarrow}p \to W^+) \propto u_L^{\Rightarrow}(x_1)\bar{d}_R(x_2) + \bar{d}_R^{\Rightarrow}(x_1)u_L(x_2)$$

$$d\sigma(p^{\Rightarrow}p \to W^-) \propto d_L^{\Rightarrow}(x_1)\bar{u}_R(x_2) + \bar{u}_R^{\Rightarrow}(x_1)d_L(x_2)$$

縦偏極・単スピン非対称度

$$A_L = \frac{d\sigma^{\Rightarrow} - d\sigma^{\Leftarrow}}{d\sigma^{\Rightarrow} + d\sigma^{\Leftarrow}}$$

弱い相互作用のパリティを破る性質にもとづいて
生成断面積の単スピン非対称度が現れる

"弱い相互作用を使って強い相互作用を探る"

Wの電荷および $\{x_1,\ x_2\}$ の選ばれかたによってenhanceされるフレーバーが異なるので,
偏極パートン分布関数のうち $\{\Delta u(x), \Delta\bar{u}(x), \Delta d(x), \Delta\bar{d}(x)\}$ それぞれに対して感度を持っている.

この特徴を生かして, 様々なラピディティに対してスピン非対称度の測定値を与えることが
偏極クォークPDFに制限を与える上で重要になる.

**とりわけ前後方向ラピディティを測定できるPHENIX Muon Armでの
測定結果を与えることが重要な意義を持つ.**

PHENIX Muon Armと解析の概要

2011年の実験で使用した検出器と役割

- **BBC**: ビーム・ビーム・カウンター

  超前方チェレンコフカウンタ (3.1 < |eta| < 3.9)
  →TOFによる衝突点(z)再構成
  ＋ ミニマムバイアスを与えるトリガー

- **MuTr**: ミューオン・トラッカー

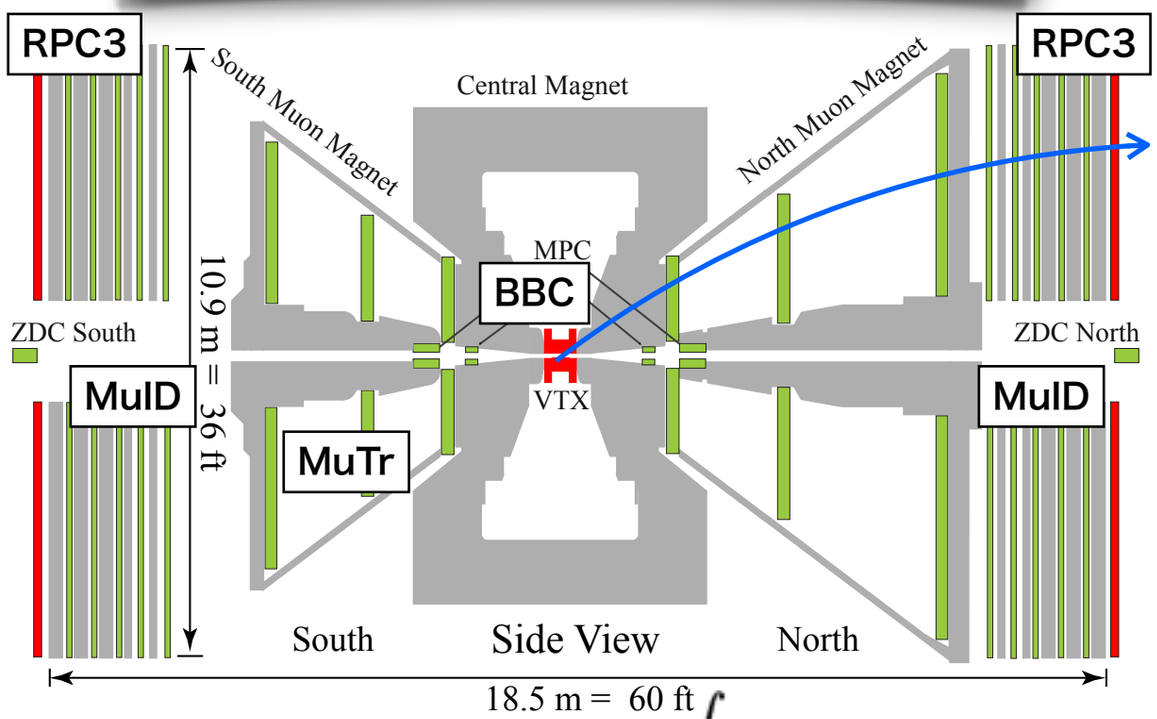
  ステレオ方式カソードストリップチェンバー３層のトラッカー
  →運動量測定 ＋ 高運動量ミューオントリガー(Mutrg)

- **MuID**: ミューオンID

  Iarocci tubeアレイ(X,Y)と鉄吸収体のサンドイッチ５層
  →ハドロン除去 ＋ ミューオン同定の基本トリガー

- **RPC3**: MuID後方のResistive Plate Chamber

  →ミューオン同定の補強 ＋ タイミング
  (2012年はトリガーに参加)

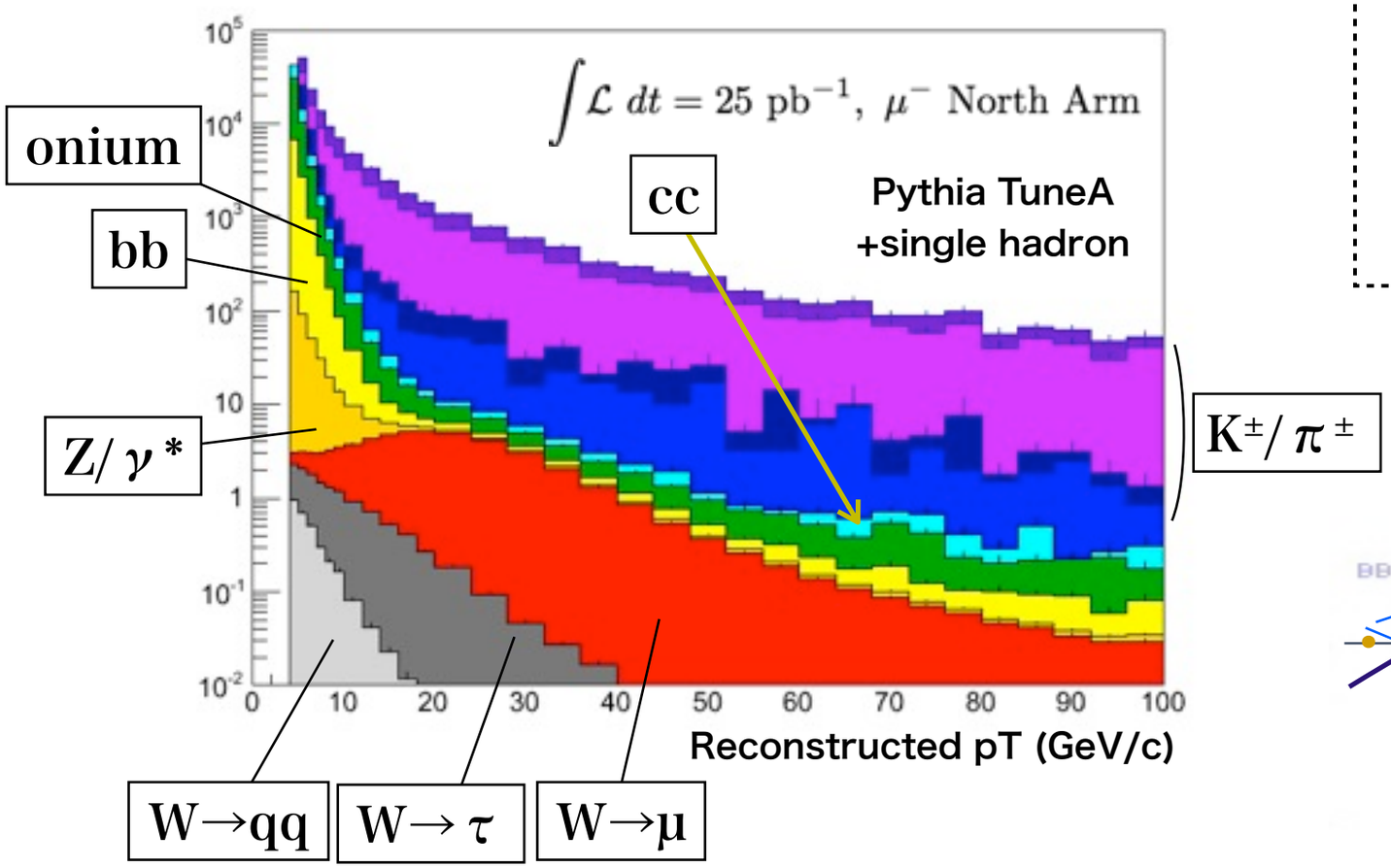


$$\int \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{l} = 0.72\ [\mathrm{T} \cdot \mathrm{m}]$$

Wからのミューオン崩壊($\mu+\nu$)を捉えたいが，mising E_Tは得られない.
→High pT single muonをシグナルとしてinclusiveにsingle muonの断面積を求めて
シミュレーションによりバックグラウンドを評価する.
→Data drivenなefficiencyの評価を行うことで信号量推定の確度を高める

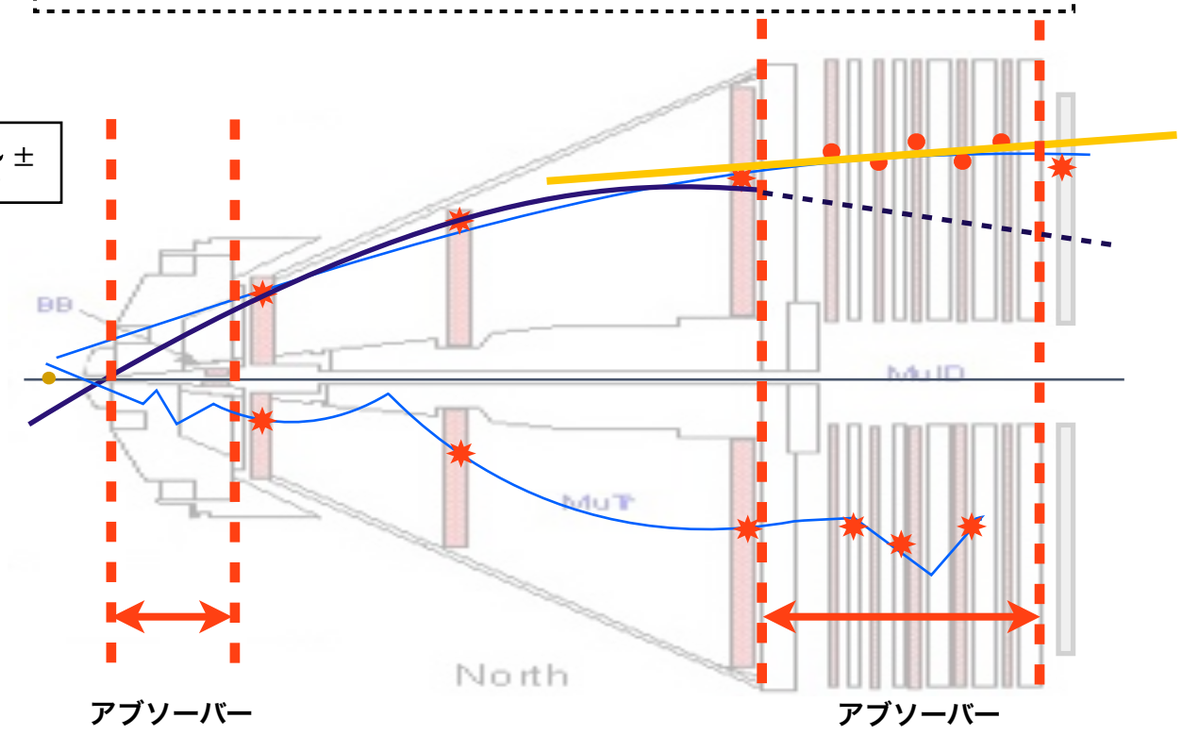
バックグラウンド

シミュレーションによるMuon Basic CutにおけるYield



Muon Basic Cut

(1) MuIDの最終層にヒットを要求(lastGap = 4)
(2) MuID RoadとMuTr Trackのマッチング
  (2-1) 距離 (DG0 < 20 cm)
  (2-2) 角度 (DDG0 < 9)
(3) Track chi2 < 20



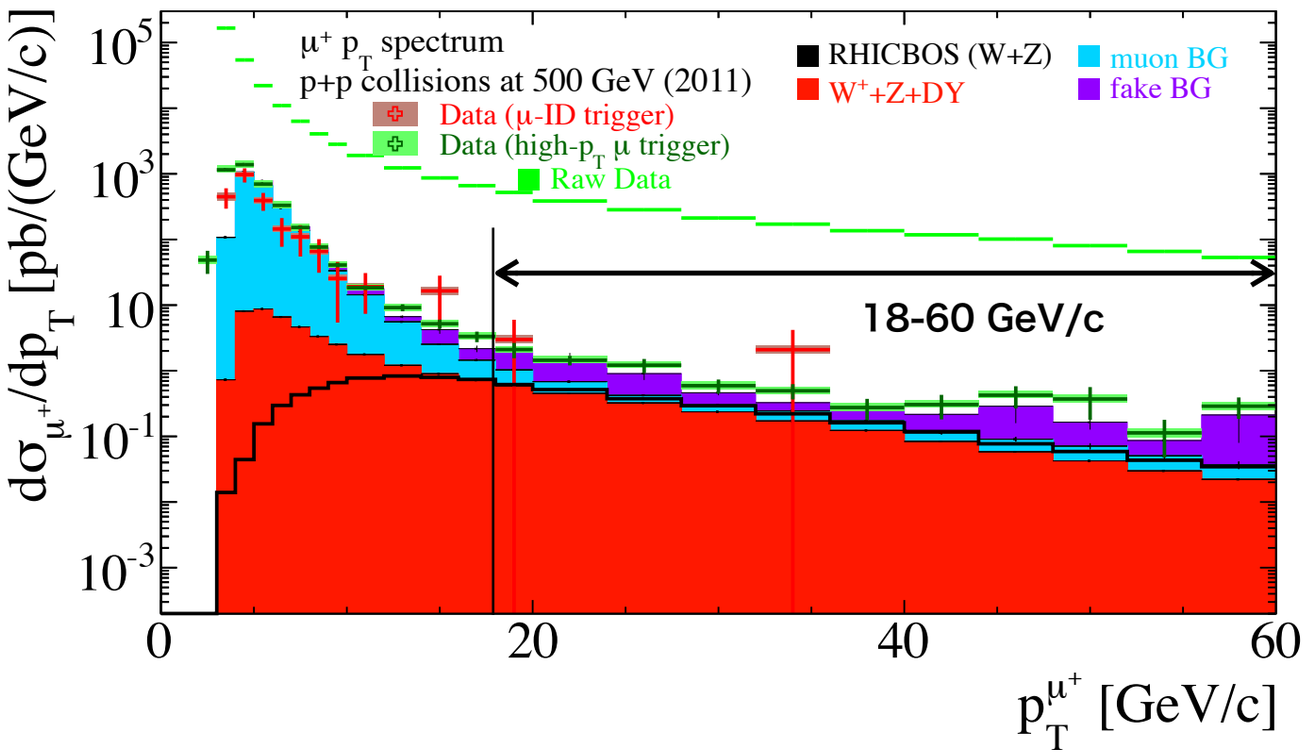
Wのブーストおよび運動量分解能のため信号に明瞭なピークはない

低運動量ハドロンのMuTr内での崩壊によるkinkを伴うトラックが偶々直線的に配置され
fake high pT muonとなるイベントがdominant BG.
Tight cutではこれらを落とすことを目的とする.

→MuTr前後のアブソーバーにおけるmultiple scatteringの効果の違いを
利用して真のhigh pT trackが満たすべきカット条件をかける.

ミューオンスペクトル

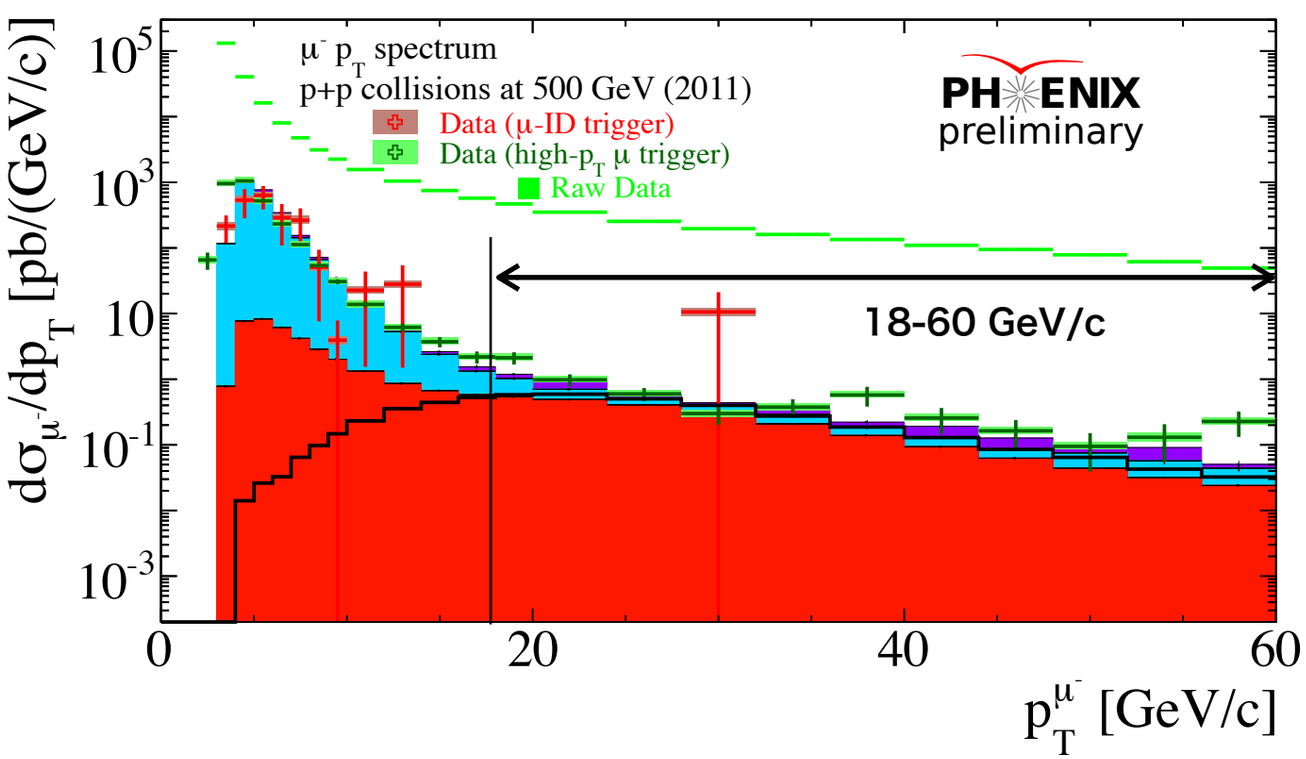
Single muon candidates cross section at tightest cut level



- トリガー効率の補正（系統誤差10%）
- トラッキング効率×アクセプタンス + ルミノシティ補正
- RPC効率補正

を行った上で，Tightest cutを通過するミューオン候補の断面積を求めた.

RHICBOSによるW+ZのNLO断面積と比較して，スピン非対称度の計算に用いるS/BGを算出する.

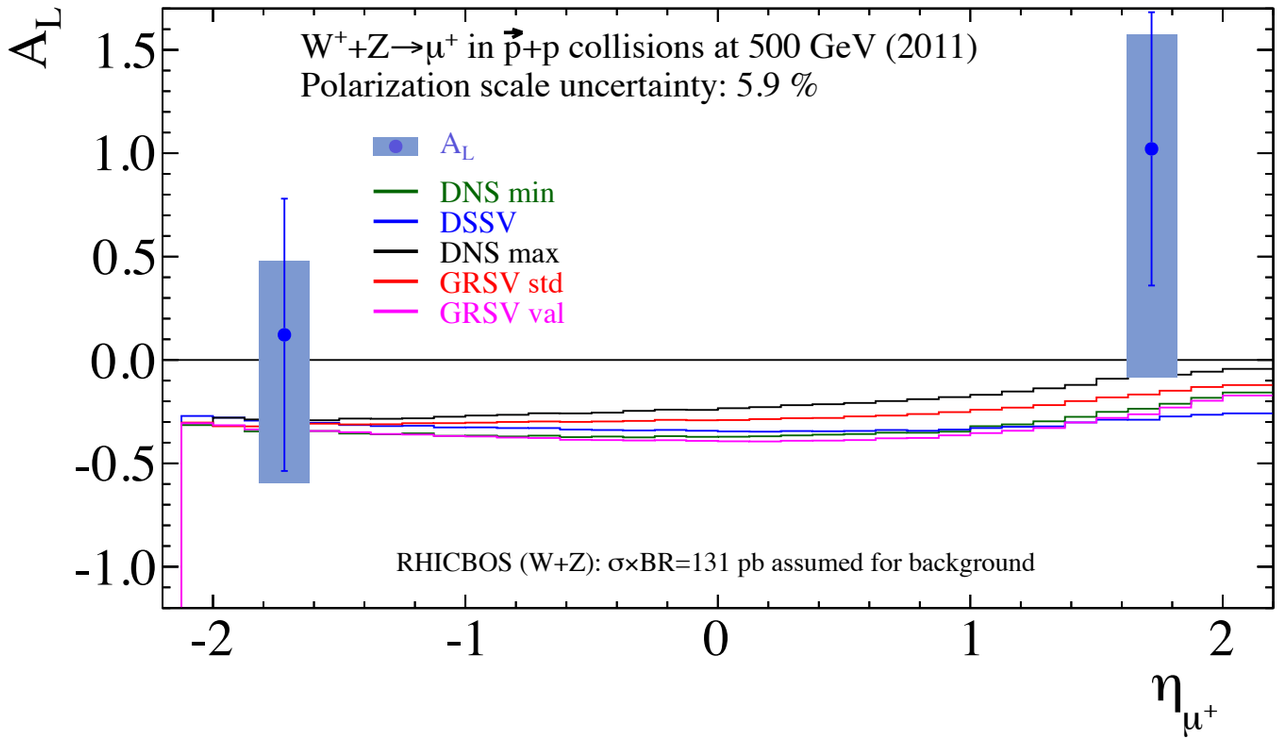


18 - 60 GeV/cの範囲に対して
S/BGは以下の値となった.

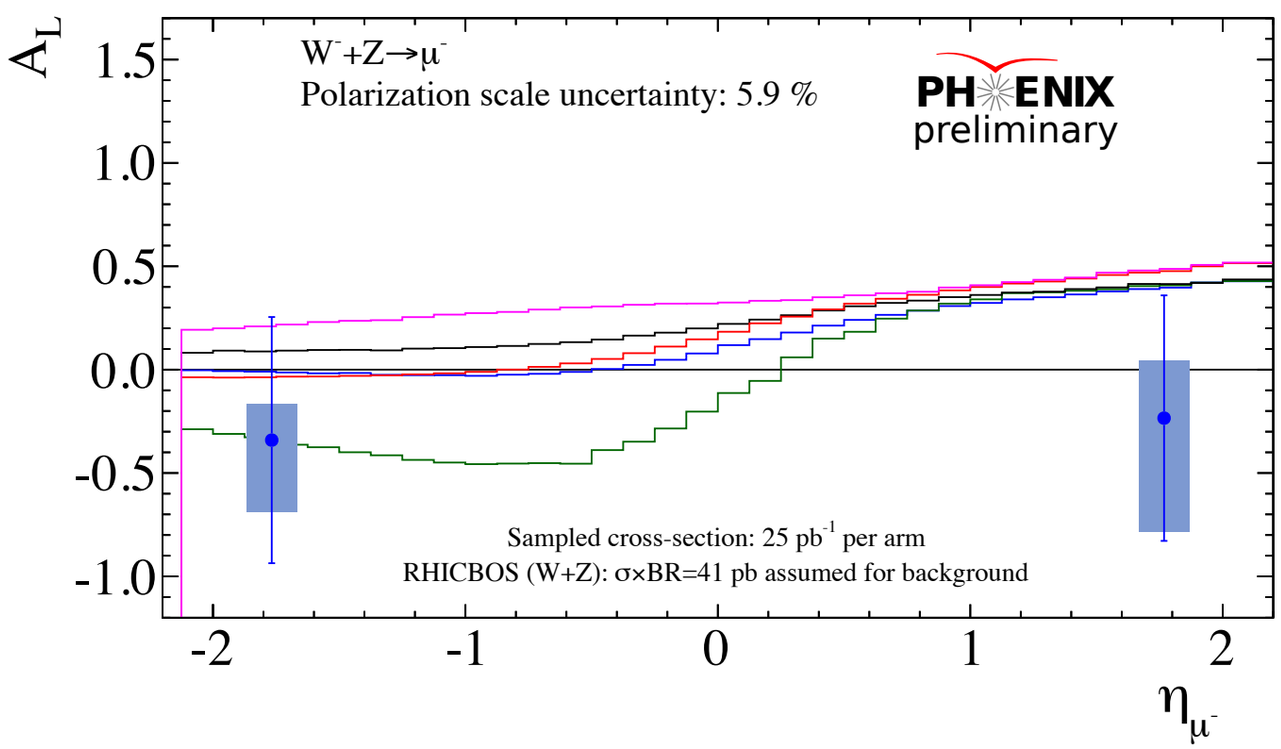
S/BG	North	South
$\mu+$	0.21	0.40
$\mu-$	0.42	0.33

conservativeに この値の[x0.5 - x2.0]を
スピン非対称度におけるS/BGの系統誤差とした.

スピン非対称度 (PHENIX Preliminary)

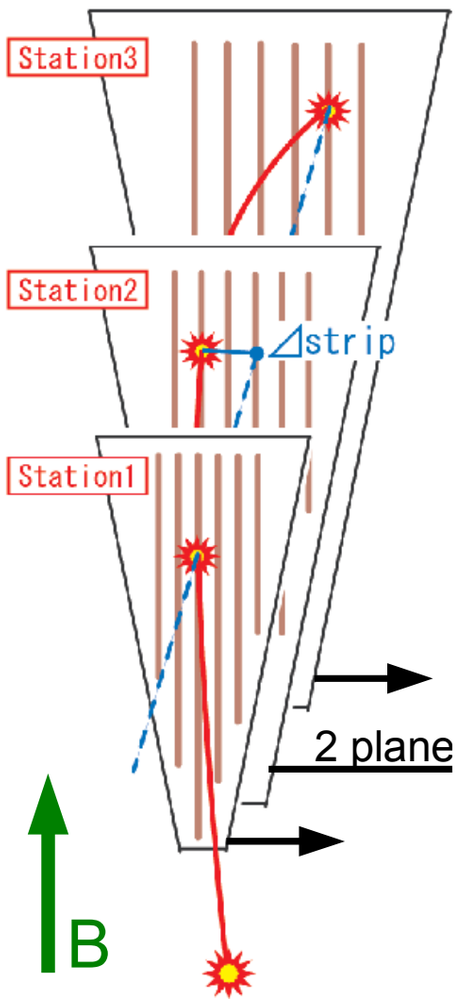


・2012年３月の物理学会で発表済み



（理論曲線：pT>15GeV/cミューオンについての計算）

Mutrgのトリガー効率の評価

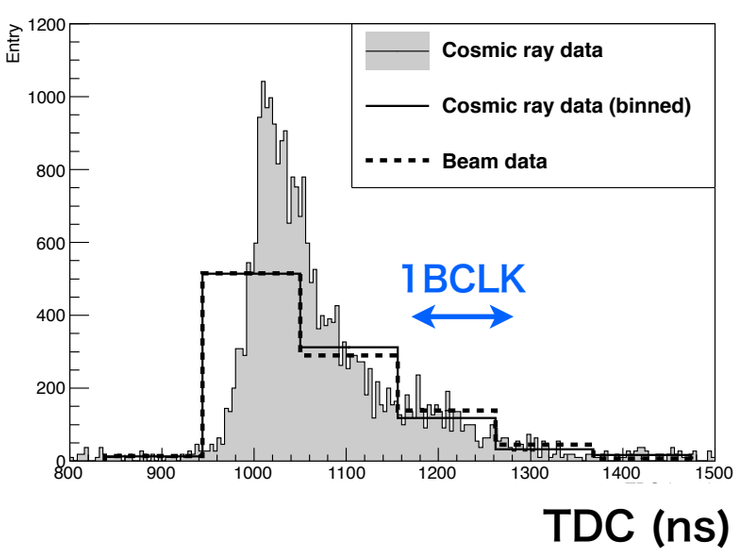


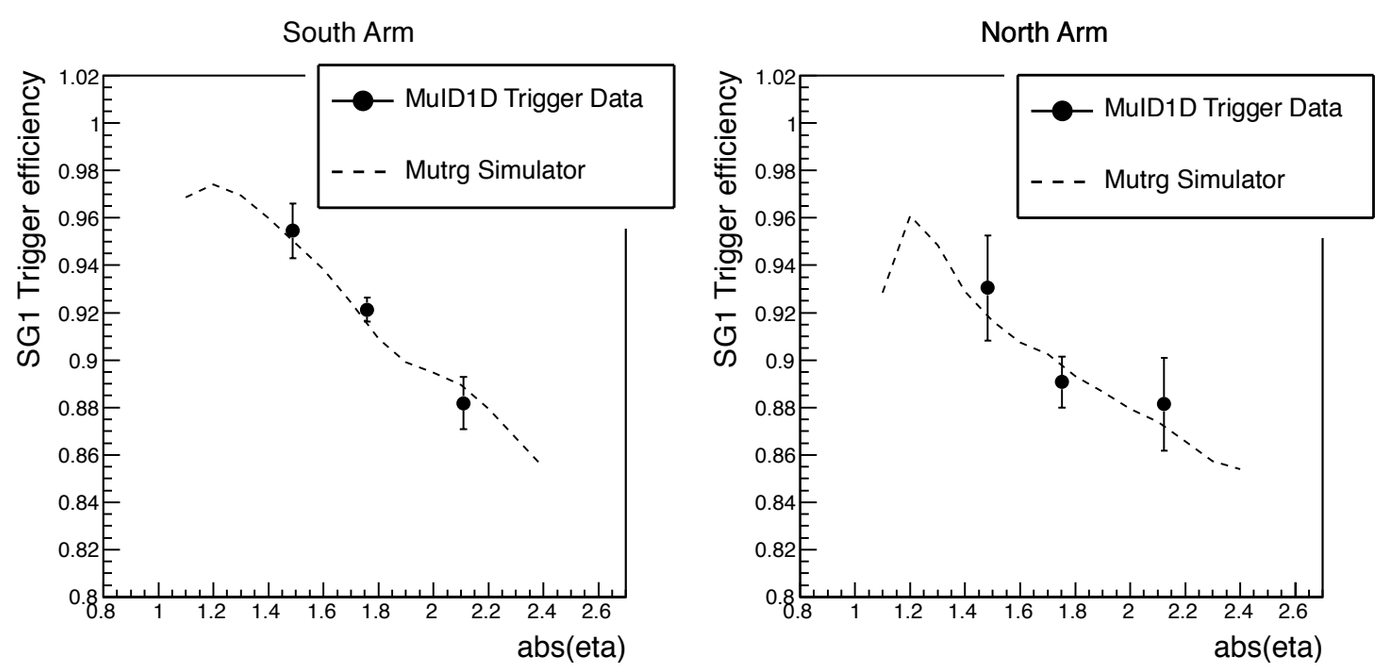
原理：カソード・ストリップ・チェンバー(MuTr)のヒットマップをオンラインで取得，sagittaにより運動量識別を行う方式.

※オフライン・トラッキング用のMuTr検出器にトリガー回路を追加することでトリガーの機能を付加したもの.
→タイミングはバンチ交差時間間隔(106 ns)の範囲に収まらない.

・時間分解能は主に**ドリフト時間**が支配
トリガー効率の理解のために，チェンバー・セル内のドリフトを考慮に入れたトリガーシミュレーターを開発した.

チェンバーへの荷電粒子の入射角度（=**ラピディティ**）に依存してプラトーのトリガー効率が異なることが予測される（〜10%）.





シミュレーションと実データで一致する結果を得た.

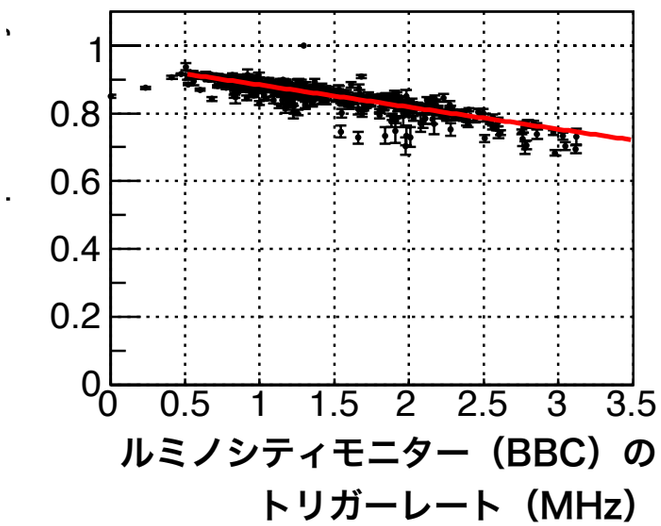
MuIDのトリガー効率の評価

ルミノシティが上昇して粒子入射頻度が上がることで以下の現象が発生した.

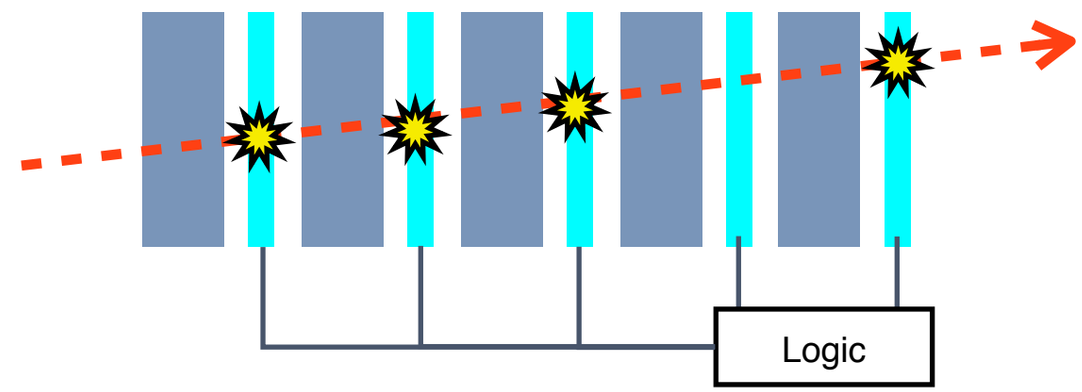
1. 個々のチェンバーのヒット効率が低下した.
2. 信号検出タイミングに遅れが生じた.

MuIDのHVにハイレートでサグが起こることが原因と推定されている.

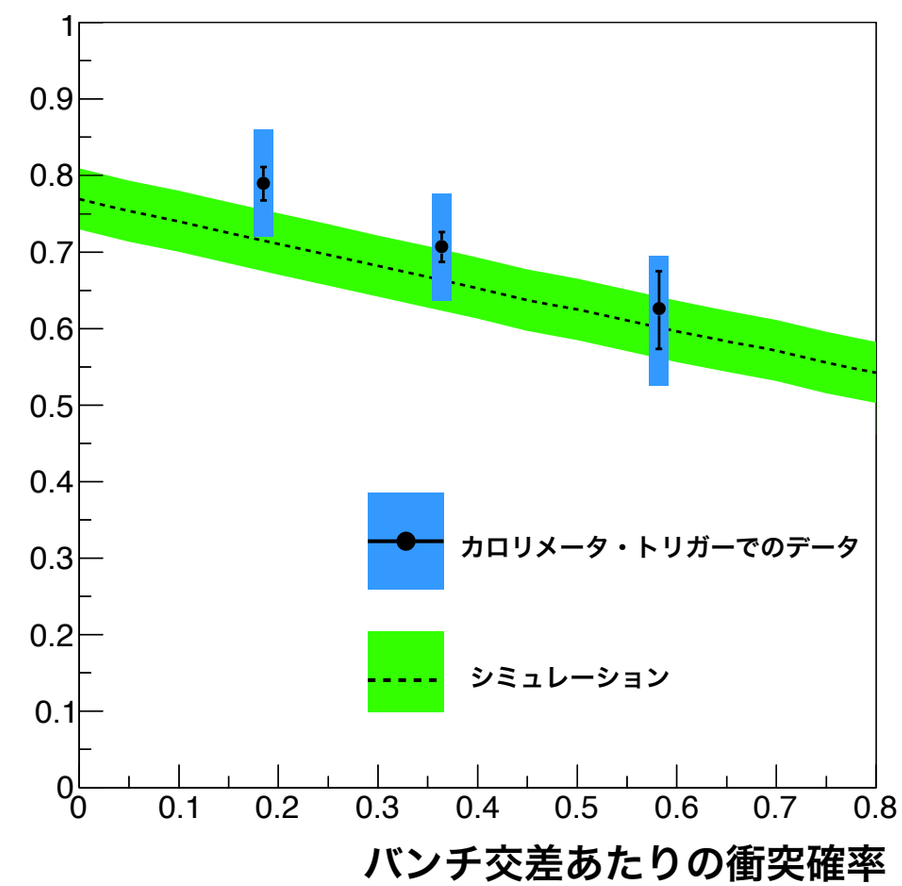
MuIDの一部のセグメントにおけるヒット効率



MuIDトリガーの模式図



MuIDトリガー効率



・結果として，ルミノシティとともにトリガー効率が低下する.

・上記二つの現象を切り分けて解析し，得られたデータをもとにトリガー効率の定量的なシミュレーションを行った.

・シミュレーションの予測結果は，カロリメータ・トリガーを使った実測定とコンシステント．トリガーの正しい理解を裏付けている.

・Preliminaryの結果で使用したRunを通じたトリガー効率の平均値は変更を受けない.

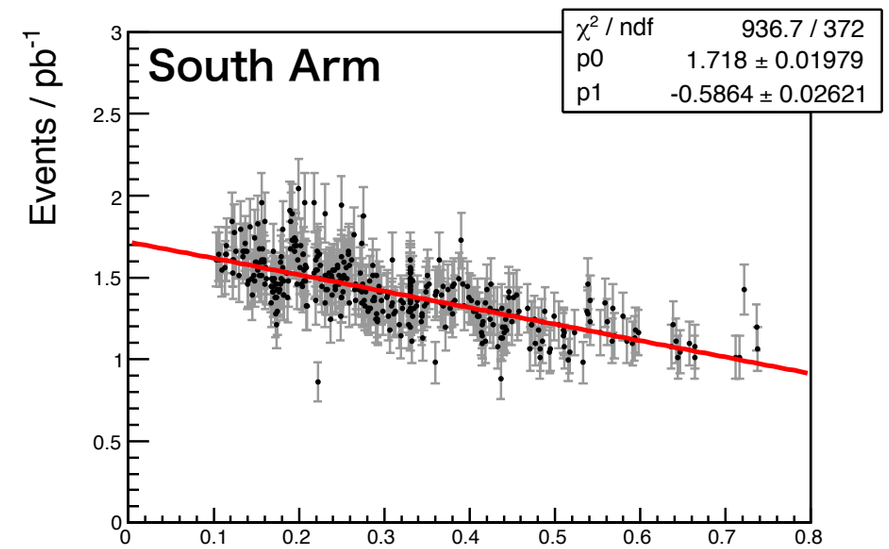
MuIDトリガー効率の不定性を改善した.

シミュレーションの改善

アクセプタンス・トラッキング効率・解析効率はすべてシミュレーションで評価する.
- Preliminary resultの段階ではMuTrのデッドチャンネルが考慮

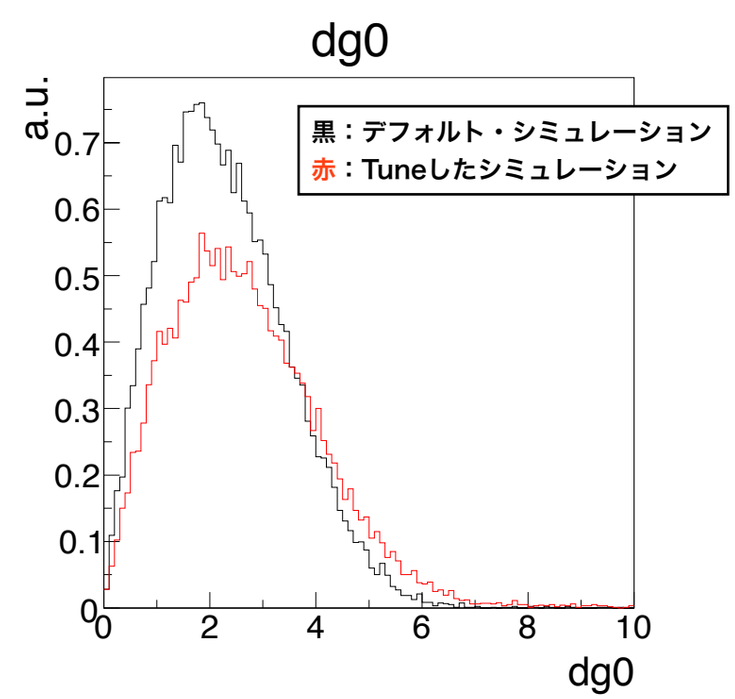
Runごとの実データから得られた
・MuIDのヒット効率
・MuTrのヒット効率
をinputしてシミュレーションのtuningを行った.
（どちらのヒット効率もルミノシティとともに低下する）

Tuneしたシミュレーションに基づくW⁻→μ⁻の収率



バンチ交差あたりの衝突確率

結果として理解されたこと：
ヒット効率の低下によって
・トラッキング効率が低下し,
・カット変数の分布が一部の変数で拡がる（MuIDの位置分解能に関係）
⇒高ルミノシティではsignalの収率が落ちる.



データを用いたクロスチェックを行なっている.
これらの効果を取り入れて最終的な解析効率の評価を行う予定

まとめ

- 2011年のRunにおける$W^{\pm}\to\mu^{\pm}$の初の測定結果の最終結果に向けて
  トリガー効率と解析効率の詳細な評価を行った.
- トリガー効率の評価ではMuIDトリガー・Mutrgトリガーともに
  データとシミュレーションの比較はよく一致している.
- 解析効率の評価のために実データを用いた検出器のヒット効率を
  シミュレーションに取り入れた．クロスチェックが進行中.
- これらの改善によってWの候補事象における信号量推定の精度が向上する.
- BG評価法についても改善を行なって，最終結果とする予定.

Backup