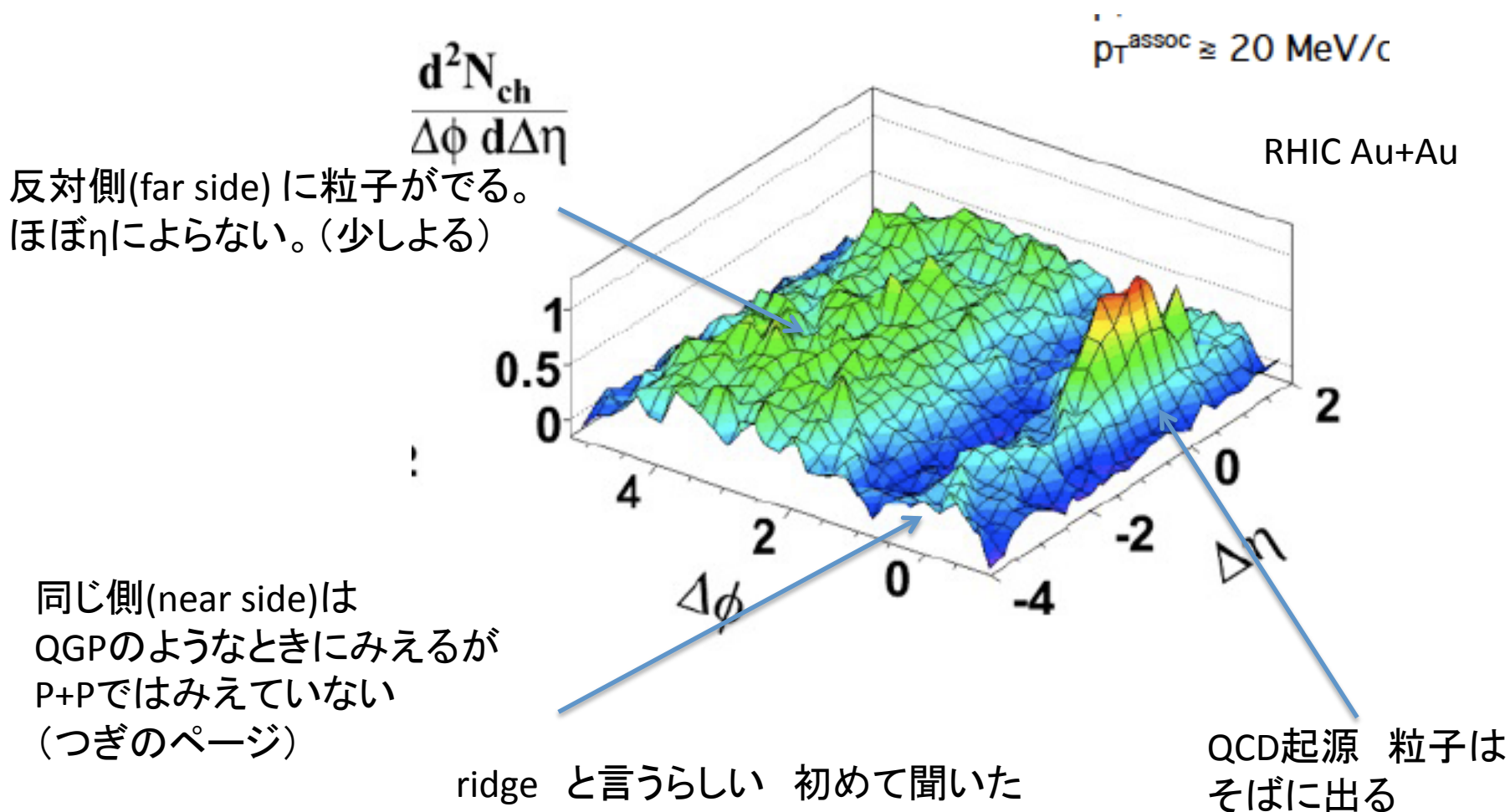


CMSの話

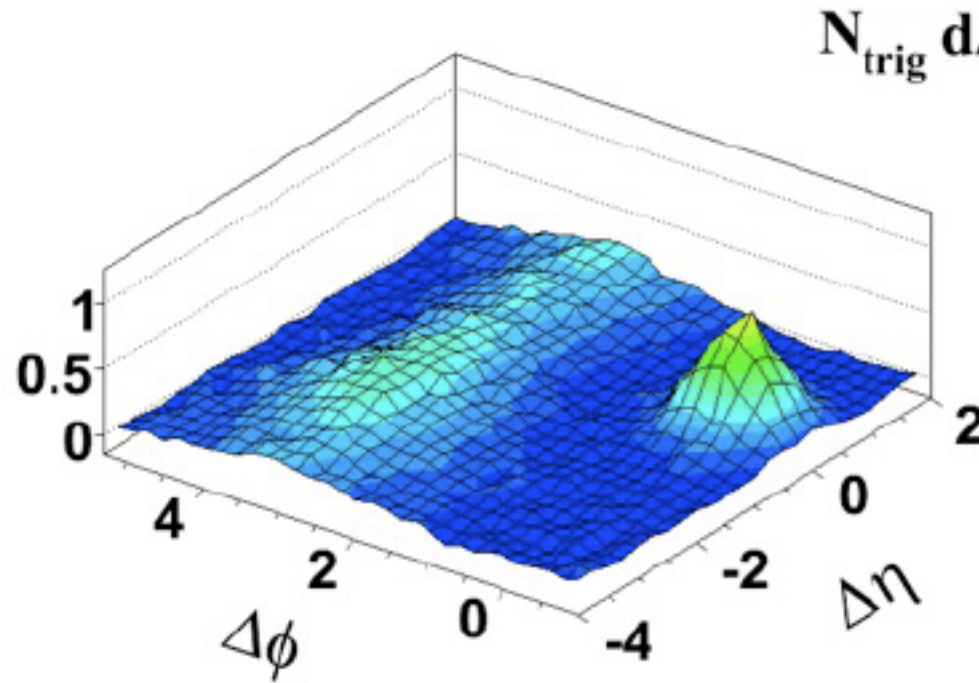
<http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=107440>

をみてね

Au+Auをぶつけると イメージとして熱い液体になって中でいろいろな振動がぶつかり方で出来る。その“ジオメトリー”効果で 粒子の出る方向が phase spaceからずれる



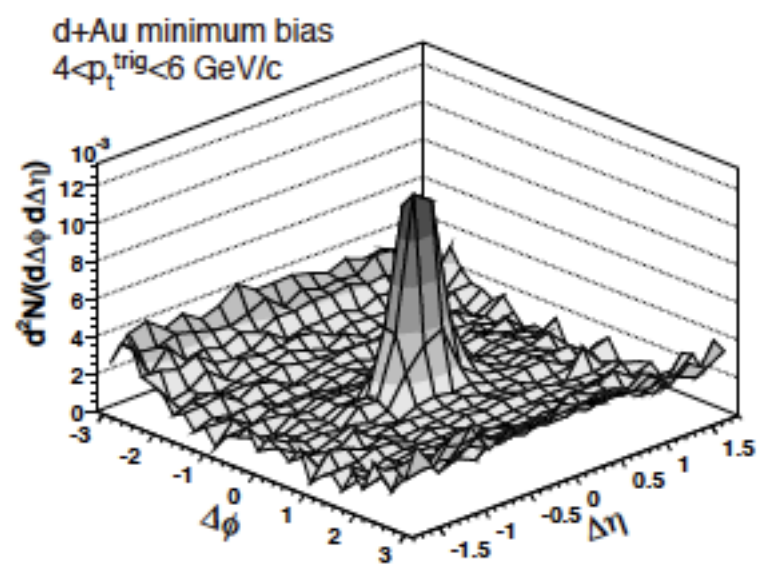
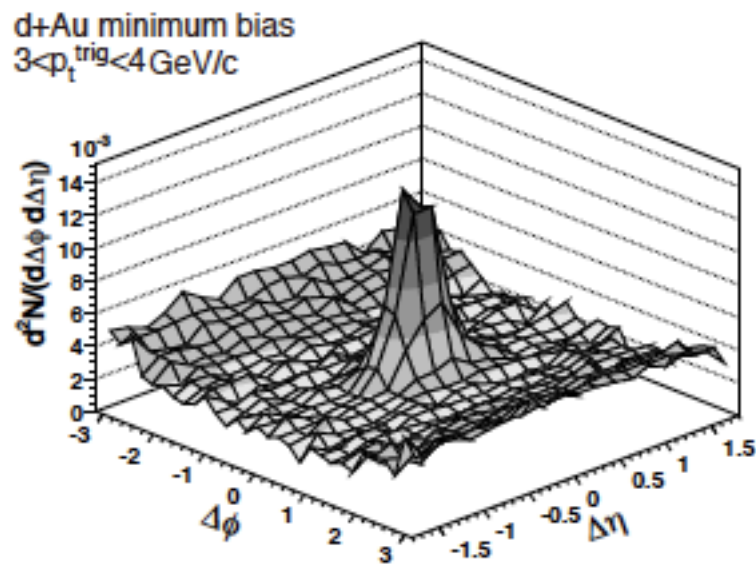
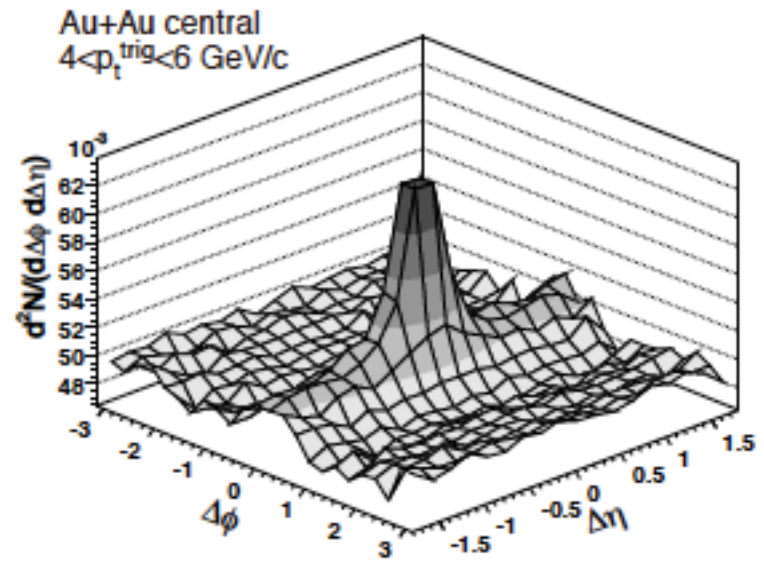
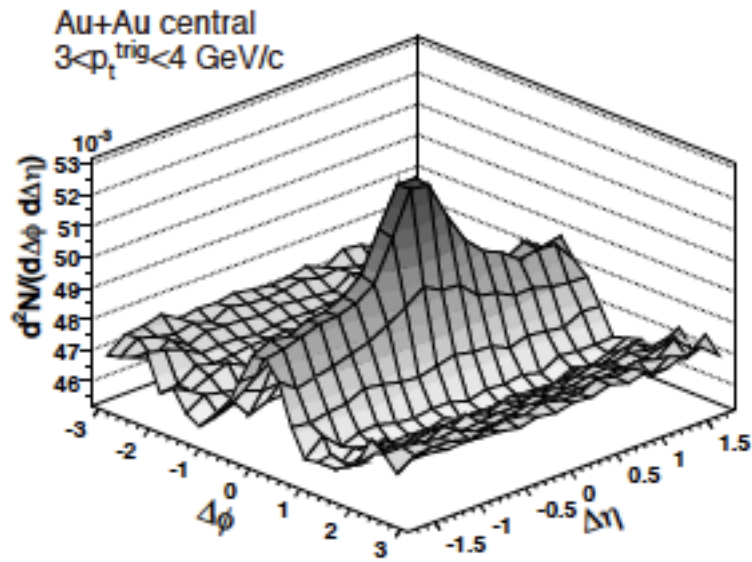
RHIC で PPぶつけてもみえていない



PYTHIA p+p 200 GeV

RHICではd+Auでも見えない

Phys.Rev.C80:064912,200



この原因は不明であるが、QGP関係の何かで諸説紛々

- **Coupling of induced radiation to longitudinal flow**
Armesto et al., PRL 93, 242301
- **Recombination of shower + thermal partons**
Hwa, arXiv:nucl-th/0609017v1
- **Anisotropic plasma**
Romatschke, PRC 75, 014901
- **Turbulent color fields**
Shuryak, arXiv:0706.3531v1
- **Bremsstrahlung + transverse flow + jet-quenching**
Majumder, Muller, Bass, arXiv:hep-ph/0611135v2
- **Splashback from away-side shock**
Pantuev, arXiv:0710.1882v1
- **Momentum kick imparted on medium partons**
Wong, arXiv:0707.2385v2
- **Glasma Flux Tubes**
Dumitru, Gelis, McLerran, Venugopalan, arXiv:0804.3858; Gavin, McLerran, Moscelli, arXiv:0806.4718

Currently most compelling explanation is
geometrical fluctuations, not dynamical ones

理論の平野さんに教えてもらいました。

2003年くらいから、near side peakは見えるものの、away side peakが消えるというのはQGP中のjetの消失として理解されているのはご存知のとおりです。また2004年くらいから、うまいtrigger particleの横運動量とassociated particleの横運動量を拾ってくるとaway sideにmach cone like構造が見えるのもご存知だと思います。その後、2005年くらいから第3のjet相関として、方位角方向だけでなくラピディティ方向の差も取って、2次元プロットを描かせると、RHICではAu+Auのときにのみnear sideのrapidity方向にlong rangeな相関が見えました。場合によっては $\Delta\eta$ が4くらいにもなります。これをridge(尾根構造)と呼んでいます。

trigger particleに対する相関なので、jet(mini-jetを含む広い意味でのjet)に関わる物理のように思いますが、実はsoft ridgeというparticleをtriggerしない場合にもridgeが見えます。つまり、ある運動量領域の粒子集団を持ってきて、単に2粒子の $\Delta\phi$ 、 $\Delta\eta$ を計算しても構造が見えます。そのため、最初に見られたtrigger粒子に対するridgeを最近ではhard ridgeと区別して呼ぶこともあります。添付にもありましたように、諸説様々です。hard ridgeとsoft ridgeは同じものを見ているのかどうかも自明ではありませんが、最近では同じなのではないかと思う人が増えてきています。

最近の有力な解釈はcolor flux tubeによるものです。カラーグラスでも、もっと素朴なものでも良いですが、ひとつのイベントでcolor flux tubeが出来れば、ラピディティ方向に一様なtubeが出来るので、ラピディティ方向の相関は自然に出ます。問題はtriggerなりassociatedなり、soft ridgeでも良いのですが、とある横運動量(1-3GeV/cくらい?)のあたりで、同じ方位角方向に相関が見えるためには、一本のcolor flux tubeが流体のback groundに押し出される必要があります。中心付近ではなくて、周辺付近にできたcolor flux tubeがradial flowによって押し出されるという描像です。これが、RHICのd+Auやp+pでは見えない理由にもなります。Dumitru-Gelis-McLerran-Venugopalan

<http://arxiv.org/abs/0804.3858>

Gavin-McLerran-Moschelli

<http://arxiv.org/abs/0806.4718>

実は、この解釈は同時にmach cone like構造に対しても新しい別の解釈を与えます。Color flux tubeは横平面で見ると局所的にエネルギー密度が高い領域ですので、むしろ流体のバックグラウンドの上に見えるspikeのようにも見えます。このとき、color fluxtube自身も押し出されるのですが、バックグラウンドの流体からは障害物のようにも見えます。そのため、color flux tubeに当たったradial flowがsplitし、120度の相関を生みます。空間的には近い領域(color fluxの両隣)で粒子が放出されますが、運動量空間では角度相関が120度くらいという意味です。これはback groundとして差っぴかれるように思いますが、差っぴいているのはellipticflow v2のcomponentで、120度相関を生むv3のcomponentは残っている可能性があります。

Takahashi et al. <http://arxiv.org/abs/0902.4870>

結局のところ、color flux tube状の初期状態と、event-by-eventの流体(概念的には注意が必要)をするとridge、Mach coneを同時に説明できるというものです。最近ではv3がv2と同じくらいのシグナルがありそうだという論文も出てきており、流体的な解釈が有力になってきています。Alver-Roland

<http://arxiv.org/abs/1003.0194>

このRolandはまさに今日CERNでセミナーをした人です。

さて件のp+p @ LHCですが、Rolandのトーク

<http://indico.cern.ch/getFile.py/access?resId=1&materialId=slides&confId=107440>

にもあるように、p+pのhigh multiplicity eventはLHCが始まる前から注目されていました。high multiplicityの起源はmini jetの増加でしょうが、それでも、p+pなのに、RHICのCu+Cuと同じくらいのmultiplicityが得られるのは驚きです。ともあれ、p+pでもQGP生成や流体的振る舞いが期待されてきました。実際、私の参加したウクライナの会議

<http://wpcf2010.bitp.kiev.ua/agenda.html>

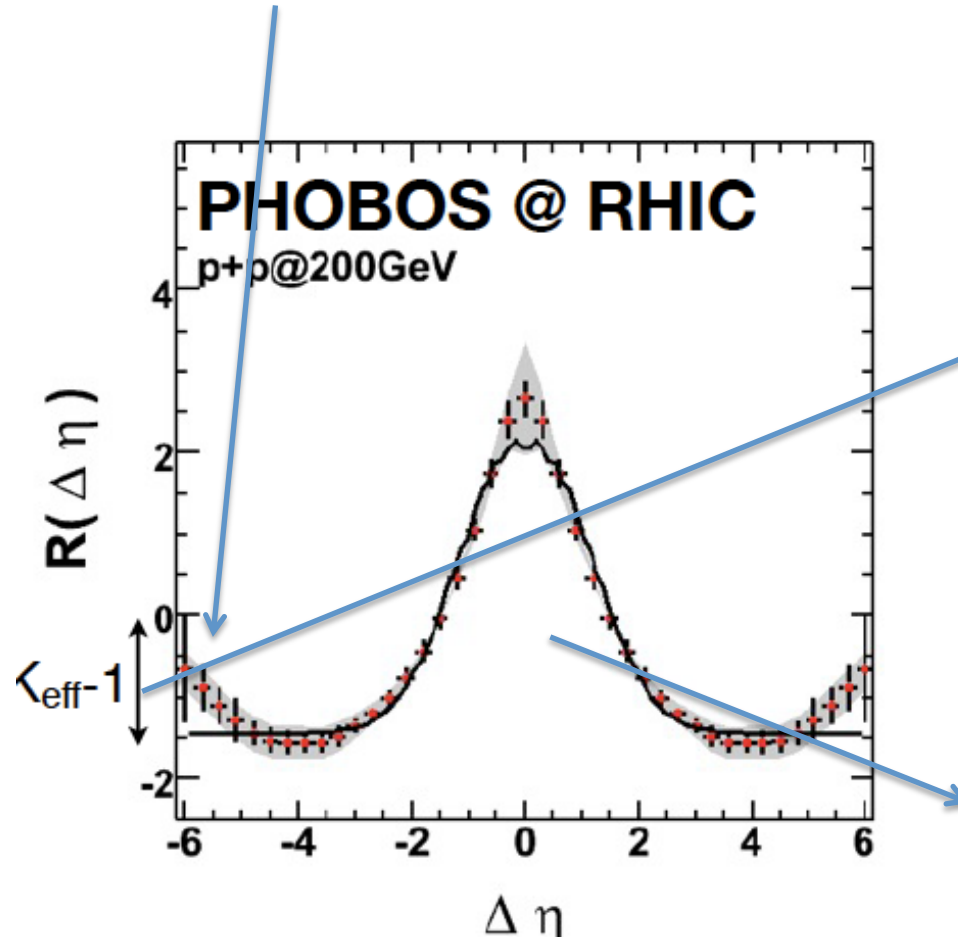
でもLHCにおけるsoft physicsの話がいくつかあって、流体的な振る舞いを示唆するトピックもあったように思います。すぐには思い出せないのですが。ともあれ上記のRHICのA+Aと同じ解釈を求めるならば、color flux tubeのような横平面におけるエネルギー密度の揺らぎと流体的バックグラウンドが必要になります。A+Aでは、横平面におけるエネルギー密度の揺らぎは自然なのですが、p+pではどうなのかは自明ではないと思います。原子核内の核子分布を扱うように、核子内のクォークの空間分布を現象論的には導入できるのかもしれませんが。

と言うわけで、CMSは狙ってたようです。QGPと言うよりはソフトQCDなんでしょうね

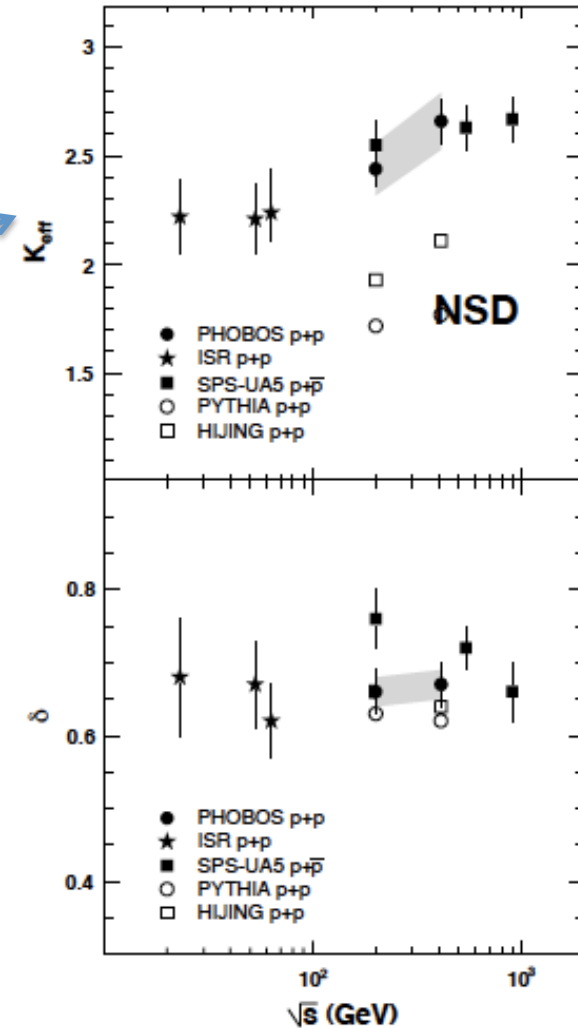
ちなみに 反対側(far side)の η 依存性はPPもあって
 これは昔から知られている。
 直感的に、パートンのイメージがでてくると増える気がする

ECMがあがるほど大きくなる

Phys. Rev. C 75(2007)054



幅



Track efficiency 80-90(eta<1.5) % PT>1GeV

Trigger は High mul trigger (L1はハード sum ET > 60GeV
L2はソフト 3以上のhit あるとラック> 85 or 70
85はunscaled)

2粒子相関R

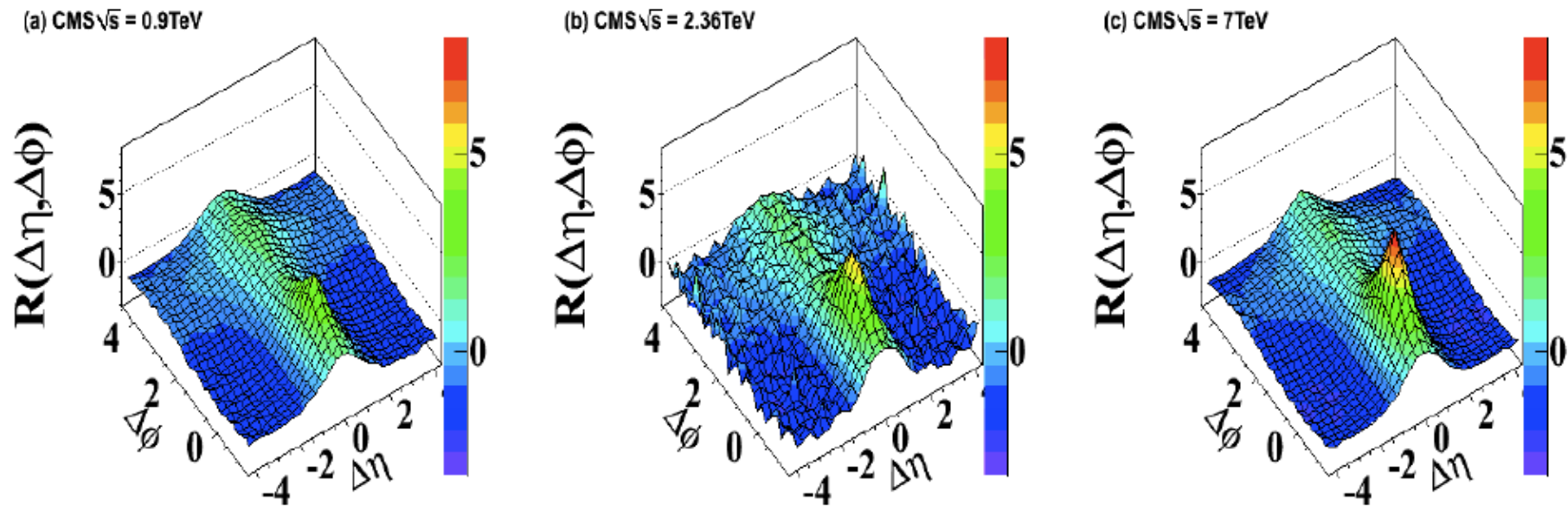
$$R(\Delta\eta, \Delta\varphi) = \left\langle (N-1) \left(\frac{S_N(\Delta\eta, \Delta\varphi)}{B_N(\Delta\eta, \Delta\varphi)} - 1 \right) \right\rangle_N$$

$\Delta\eta = \eta_1 - \eta_2$
 $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$

5E10コリジョンで 354K事象選んだ。

data量はL=940nb⁻¹

$N > 110$ を要求すると、back-to-back構造がみえる。
QCDの事象が enhance している

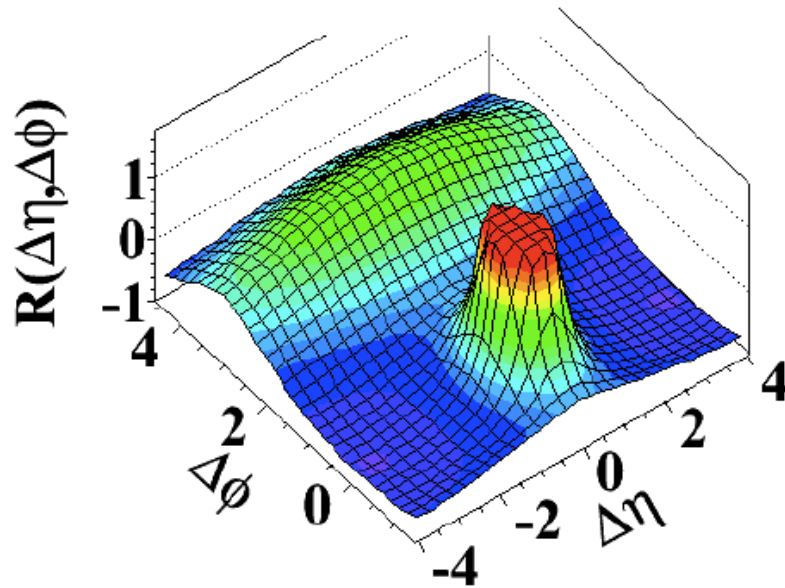


p_T -inclusive two-particle angular correlations in Minimum Bias collisions

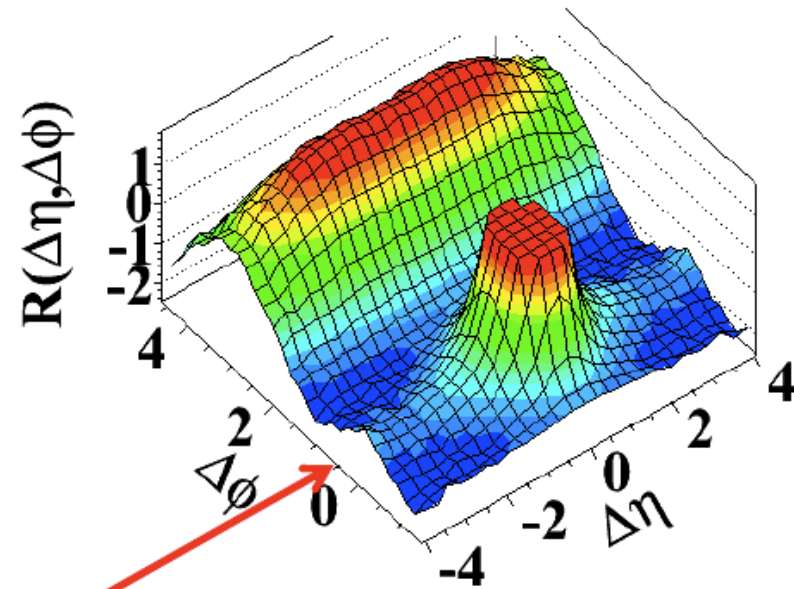
ここまでは、MBやQCDの話

$N > 110 (3 > p_T > 1 \text{ GeV})$ にすると Ridgeがみえる。
P+Pなのに！！

(b) MinBias, $1.0 \text{ GeV}/c < p_T < 3.0 \text{ GeV}/c$



(d) $N > 110, 1.0 \text{ GeV}/c < p_T < 3.0 \text{ GeV}/c$



New “ridge-like” structure extending to large $\Delta\eta$ at $\Delta\phi \sim 0$

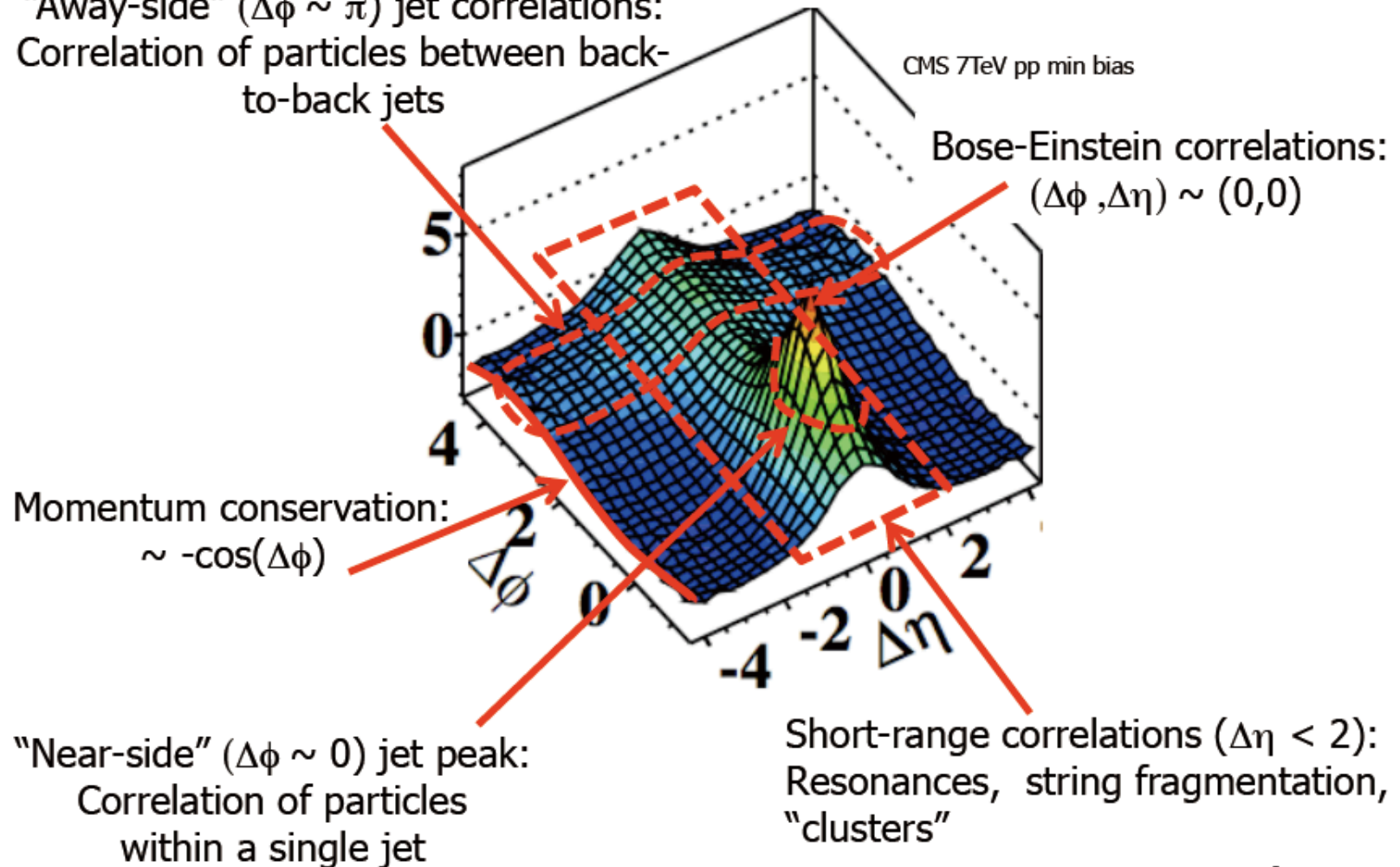
勉強になります



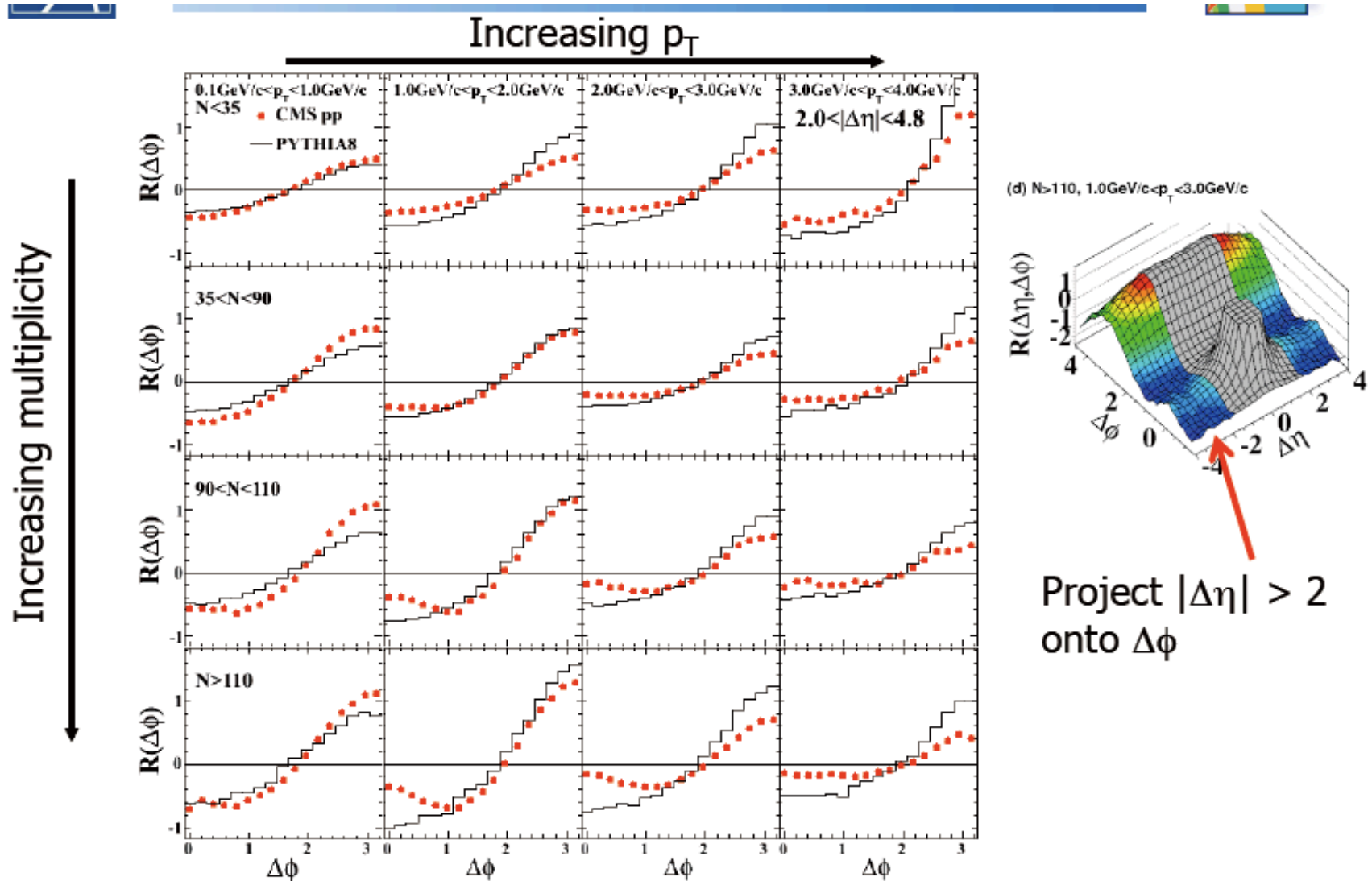
Angular Correlation Functions



"Away-side" ($\Delta\phi \sim \pi$) jet correlations:
Correlation of particles between back-to-back jets



PT > 3 GeV以上いれると弱くなる。 N > 110が一番つよく見える

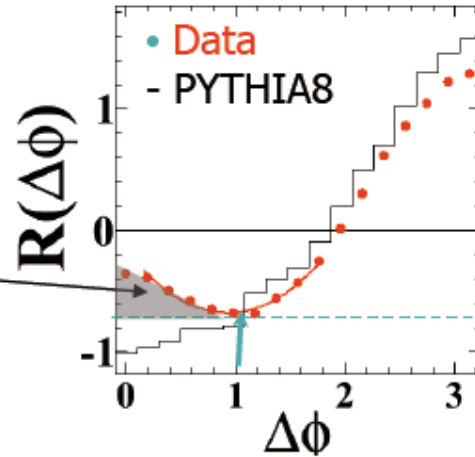


“Ridge” maximal for highest multiplicity and $1 < p_T < 3 \text{ GeV}/c$

PT=1-2GeV > 2-3GeV でよく見える。 3GeV以上や1GeV以下は見えない

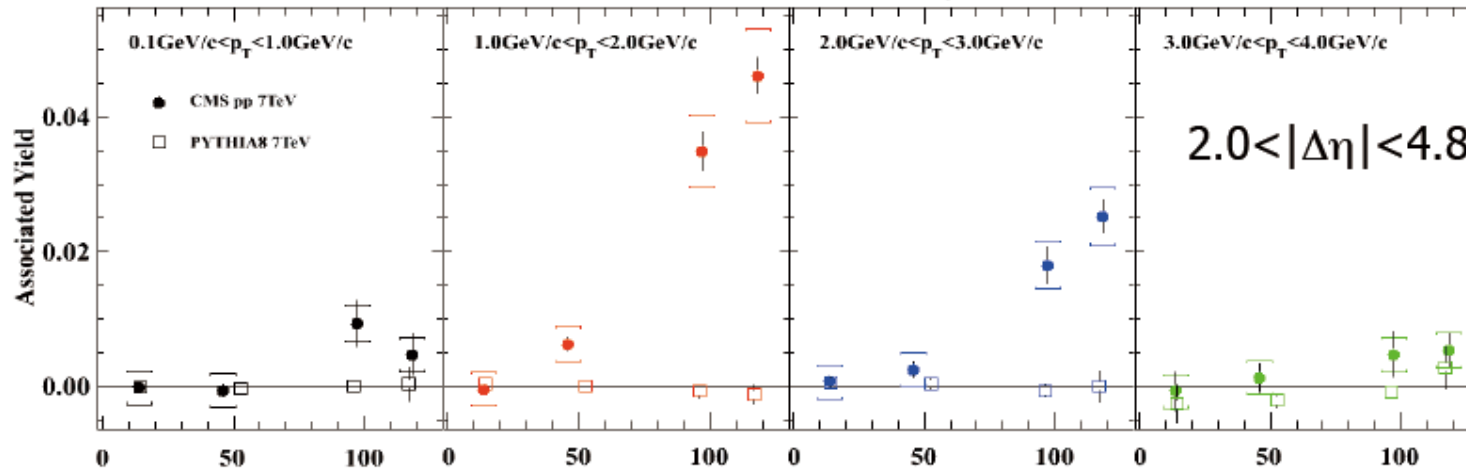
Zero Yield At Minimum (ZYAM)

Associated yield:
correlated multiplicity per particle



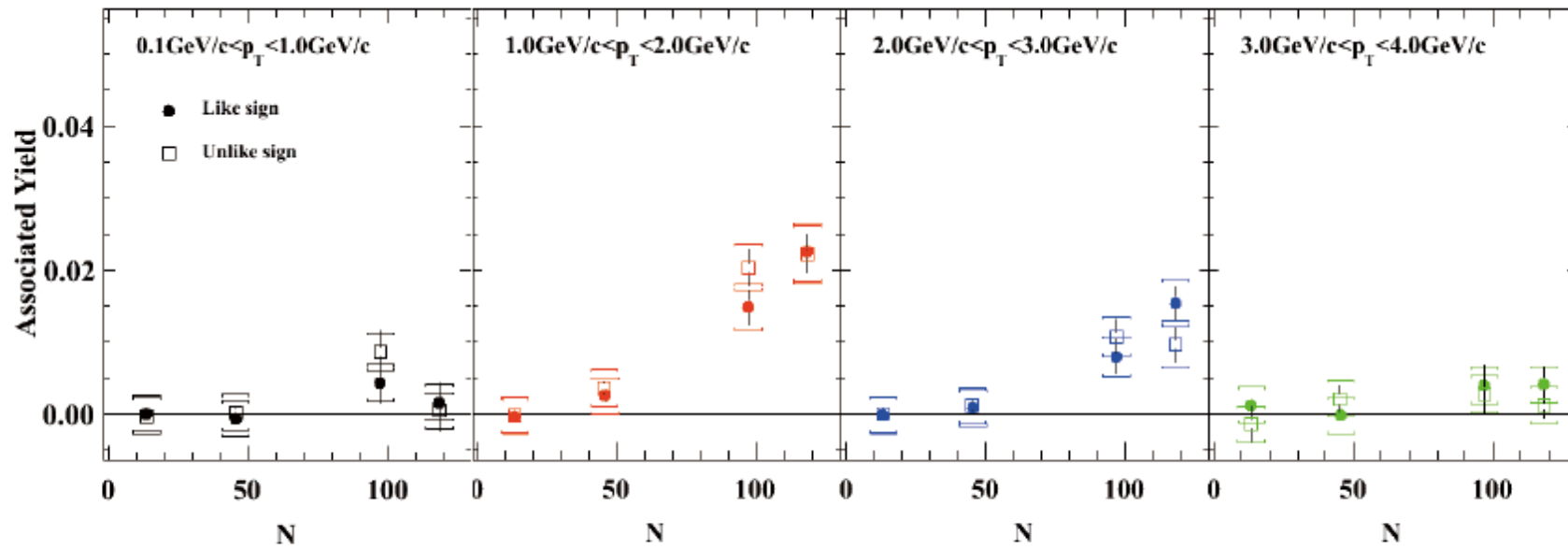
$N > 110$
 $2.0 < |\Delta\eta| < 4.8$
 $1 \text{ GeV}/c < p_T < 2 \text{ GeV}/c$

Minimum of R



Associated yield grows with increasing multiplicity

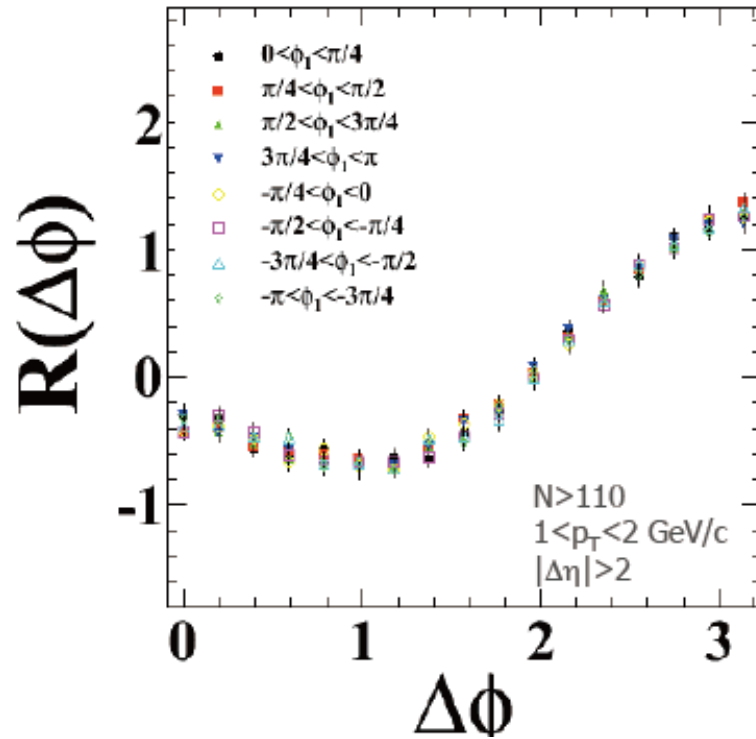
電荷は関係ない。same sign も opposite signも同じ



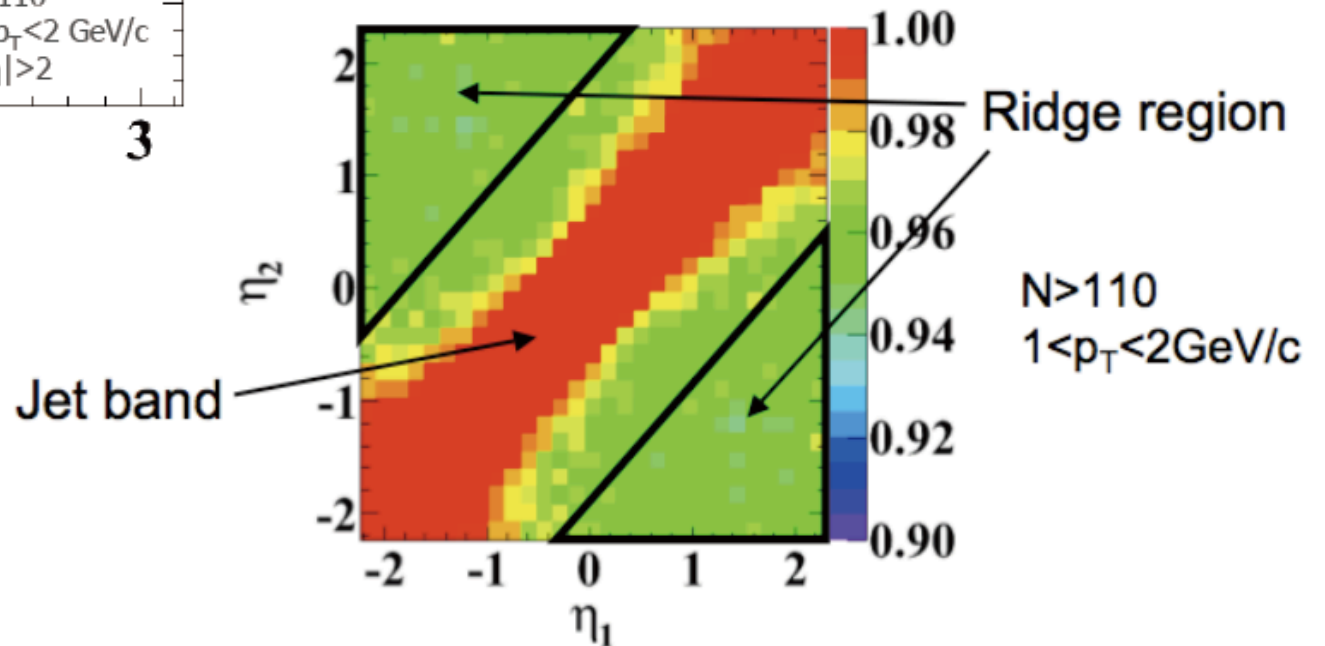
No dependence on relative charge sign

検出器効果でない (ϕ 対称、ridgeの事象は特別なetaにいない)

Data



η_1 vs η_2 correlations for near-side ($|\Delta\phi| < 1$)



なんなんでしょう？

ほんとうに trigger バイアスないのかな？

Rigdeは QGPでなく soft QCDの話ってことになるよね。