

Jet-Fluid String 模型における粒子相関

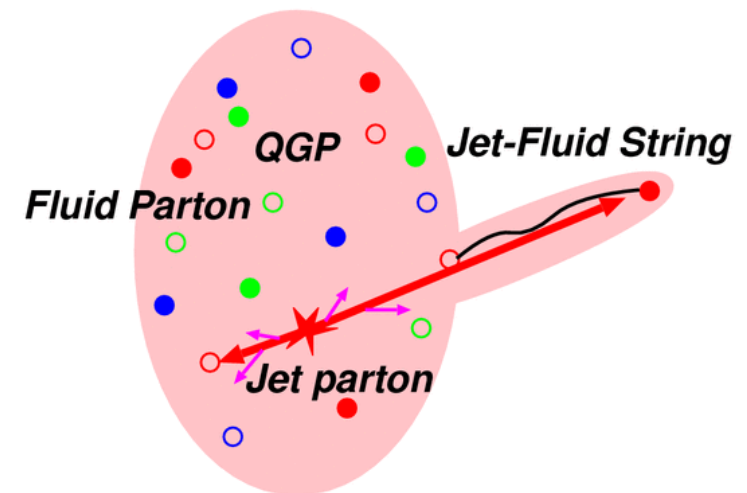
東大理、阪大理^A、北大理^B、フランクフルト大^C

平野哲文、一瀬昌嗣^A、水川零^B、奈良寧^C、大西明^B、吉野公二^B

Hadron correlations in Jet-Fluid String model

T.Hirano, M.Isse^A, R. Mizukawa^B, Y.Nara^C, A. Ohnishi^B, K.Yoshino^B
U. Tokyo, Osaka U.^A, Hokkaido U.^B, Frankfurt U.^C

- Introduction
- High p_T でのハドロン化模型
- JFS でのハドロン相関
- まとめ



Isse, Hirano, Mizukawa, AO, Yoshino, Nara, nucl-th/0702068

High p_T ハドロン生成

- GSI, AGS, SPS → 共鳴ハドロン、ストリング生成と破砕

Nara et al., PRC61('00),024901; Isse et al., PRC72('05),064908.

- RHIC での標準描像 = pQCD+E-loss+ 独立破砕

$$\begin{aligned} \frac{d N^{AA}(b)}{dy d^{\nu} p_T} &= \int d \mathbf{r}_T t_A(\mathbf{r}_T - \mathbf{b} / \nu) t_B(\mathbf{r}_T + \mathbf{b} / \nu) && \text{Geometry} \\ &\times K \sum_{abcd} \int dx_a dx_b d^{\nu} k_a d^{\nu} k_b f_{a/A} f_{b/B} \frac{d \sigma^{ab \rightarrow cd}}{d \hat{t}} && \text{pQCD} \times \text{K-fac.} \\ &\times D(E_c - \Delta E_c(\mathbf{r}_T); c \rightarrow h) && \text{E-loss + Indep. Frag.} \end{aligned}$$

→ しかし問題は残っている (high p_T での v_2 など)

→ RHIC ではストリング破砕は必要ないのか？

Hirano et al., PLB636('06)299 (afterburner improves v_2 in Hydro+Jet)

Sahu et al. Pramana 67 ('07)257 (cascade → low p_T data except for v_2)

Parton Cascade (Kinder-Geiger) (Parton cluster → hadrons)

Jet-Fluid String formation and decay: Model

Isse, Hirano, Mizukawa, AO, Yoshino, Nara, nucl-th/0702068

■ ミニジェット生成 = pQCD (PYTHIA 6.4)

■ QGP 中のパートン伝播

● 3次元流体模型

Hirano-Nara, PRL91('03), 082301;

PRC69('04), 034908

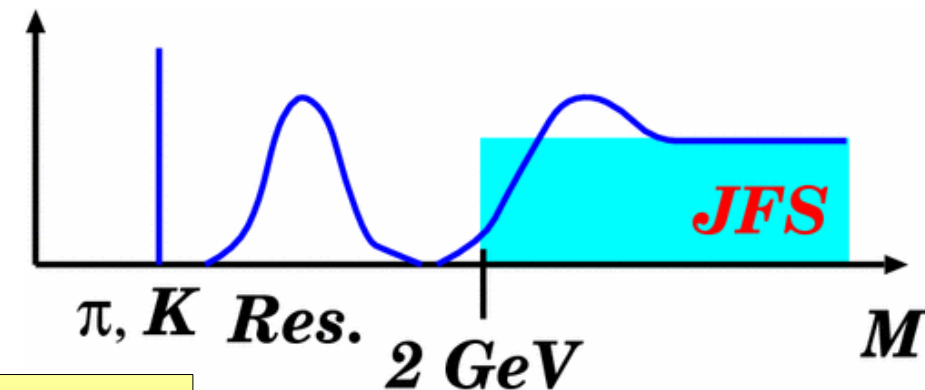
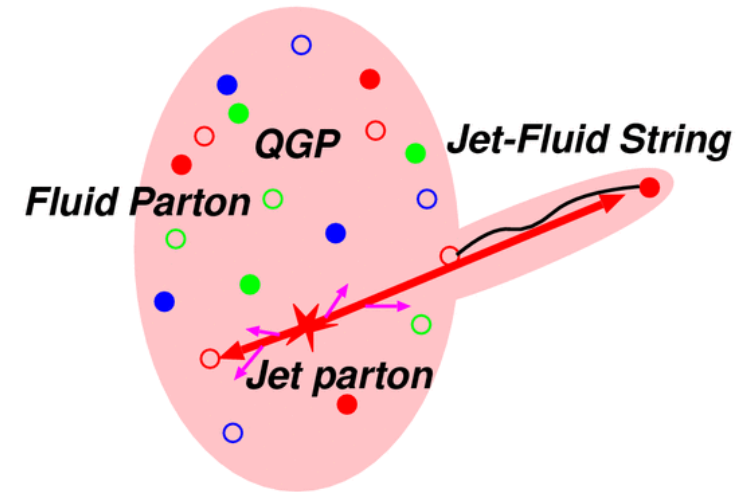
Hirano, Tsuda, PRC66('02), 054905

● GLV エネルギー損失× factor (C)

Gyulassy-Levai-Vitev, PRL85('00), 5535.

■ スtring生成・破碎

● ”スペクトル”関数 Θ ($\sqrt{s} - 2 \text{ GeV}$)

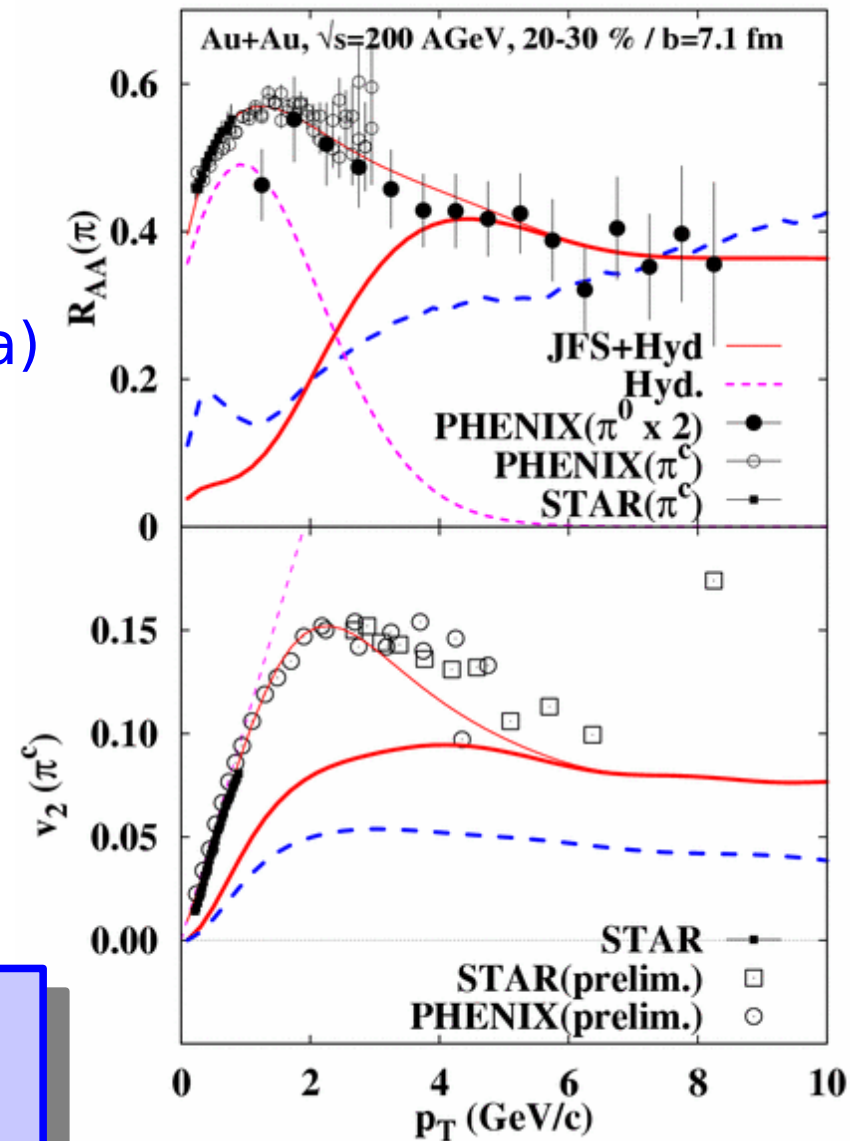


$$D(j \rightarrow h) = \int d^3 k_f f_f(k_f, T, u_\mu, \mathbf{x}(\tau_f)) \\ \times S(s = (k_j + k_f)^2) D(String(\sqrt{s}, k_j, k_f) \rightarrow h)$$

Jet-Fluid String formation and decay: Results

Isse, Hirano, Mizukawa, AO, Yoshino, Nara, nucl-th/0702068

- 高い high p_T ハドロン生成率
→ 大きなエネルギー損失が必要
 - R_{AA} fit → E-loss fac. $C = (6-8)$
 $C = (2-3)$ in Hydro+Jet (Hirano-Nara)
- 大きなエネルギー損失
+ 流体パートンの v_2
→ high p_T での大きな v_2
 - $v_2 \sim 8\%$ @ $p_T > 6$ GeV/c
 $v_2 \sim (3-5)\%$ in Indep. Frag.

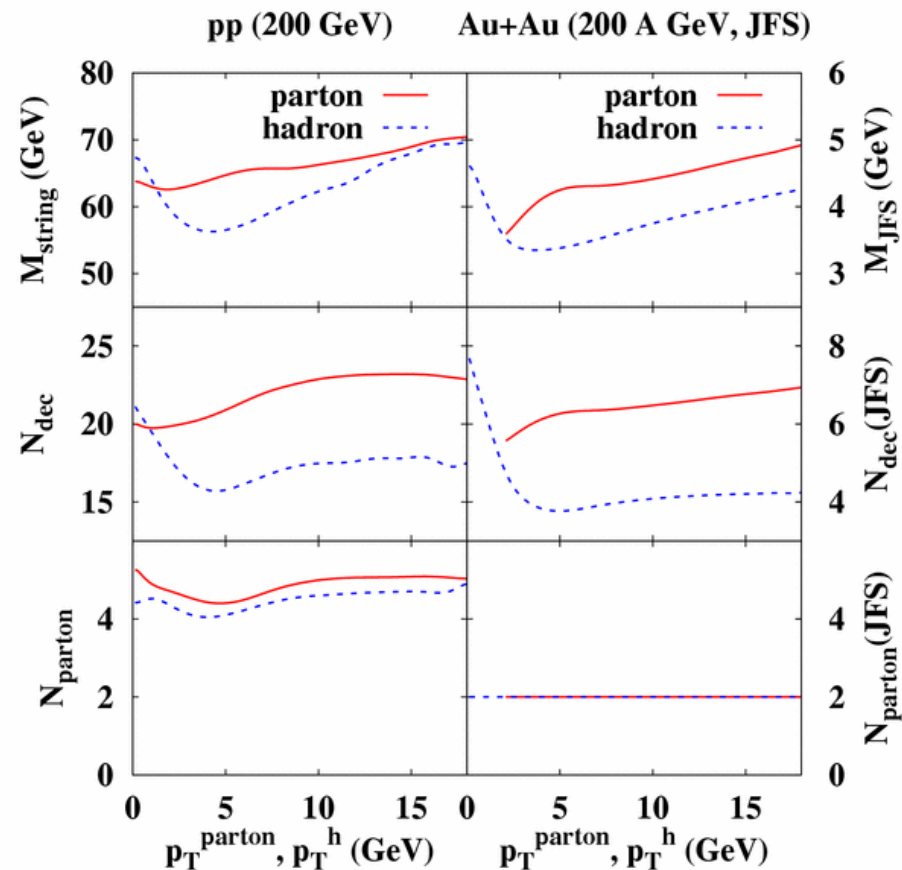
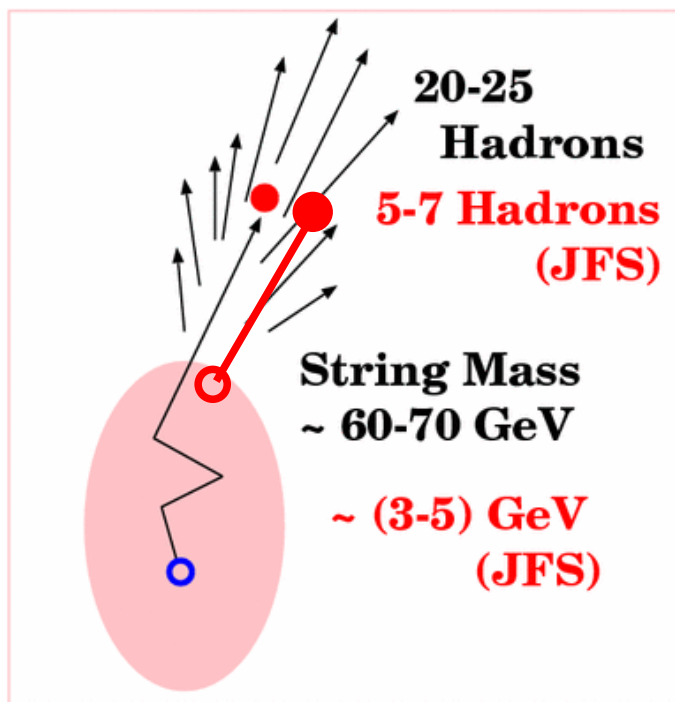


High p_T で R_{AA} を説明する E-loss で
 v_2 データをほぼ説明
→なぜ high p_T ハドロンが作られやすい？

独立破碎模型との比較

独立破碎模型 (IF)

- ppでは IF ~ スtring破碎
→ 重いString (60-70 GeV) が
多くのハドロン (20-25) に崩壊
- AA での IF @ pT (After E-loss)
~ pp でのString破碎 @ p_T

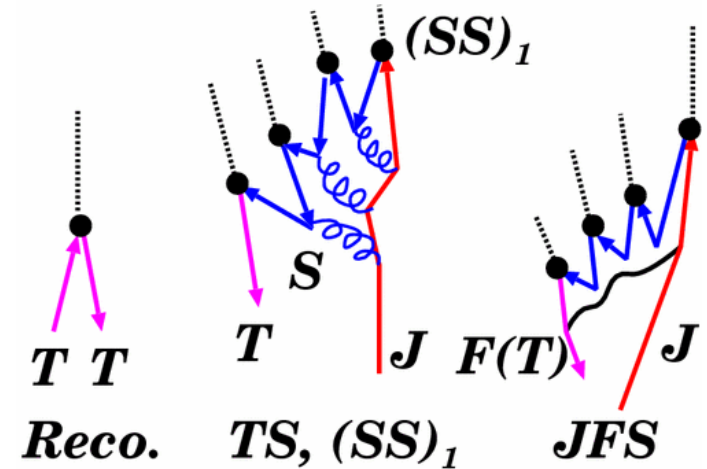


ジェットパートンの独立破碎
~ 重いStringの崩壊
→ AA 衝突のジェット破碎段階で
これほど重いStringが作られるか？

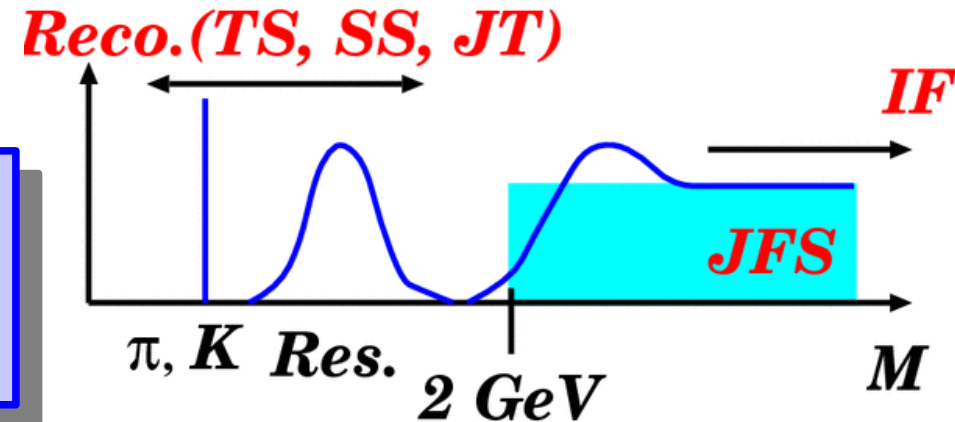
High p_T 領域での再結合模型との比較

- $TT(T) \rightarrow \text{med. } p_T$
Nonaka et al., PRC69('04),031902
- $JT \rightarrow \text{med. } p_T$ (soft-hard)
Greco-Ko-Levai, PRC68('03),034904
- $TS \rightarrow \text{med. } p_T, (SS)_1 \rightarrow \text{high } p_T$
Hwa-Yang, PRC70('04)024905
- $TT(T) \rightarrow \text{Res.} \rightarrow \text{med./low } p_T$
Greco-Ko, PRC70('04)024901

T: Thermal (Fluid) parton
J: Jet parton
S: Shower parton

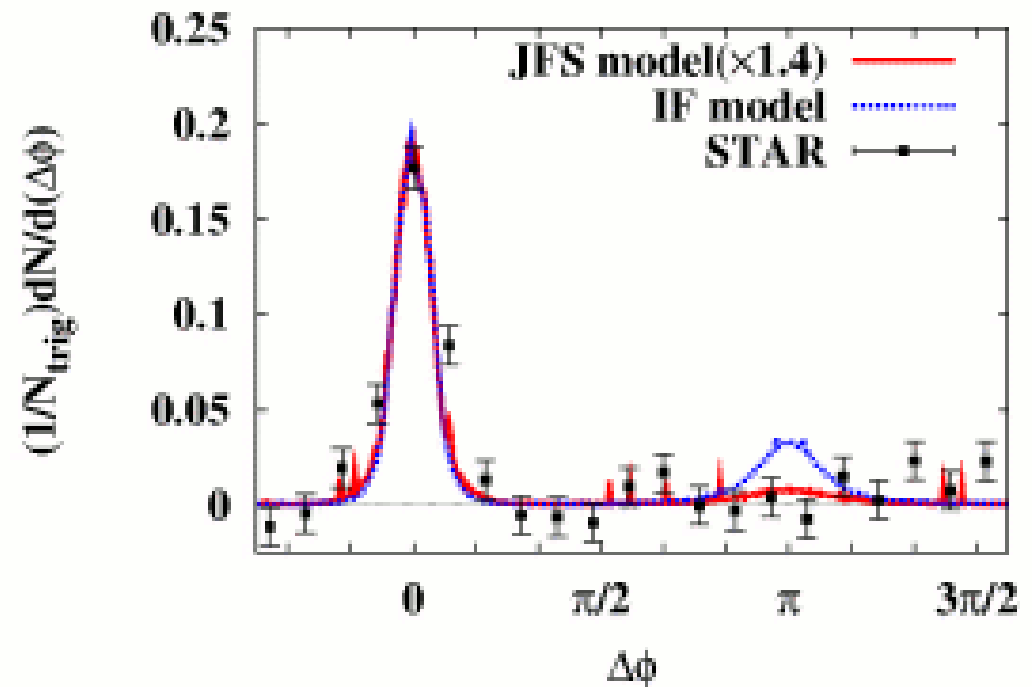


- T + "part of Jet" によるハドロン生成
- π の直接生成より共鳴崩壊が有利
→ JFS の描像と無矛盾



ハドロンの方角角相関

- Au+Au 衝突での後方相関の消失 = QGP 生成の強いシグナル
 - Hydro + Jet model Hirano & Nara, PRL (2003)
 - ◆ R_{AA} を説明する E-loss では後方相関の抑制が十分でない
 - Jet “absorption” model Drees, Feng, Jia, PRC71('05), 034909
 - ◆ ジェットパートンが $\exp(-\alpha L)$ の確率で「吸収」
 - ◆ エネルギー損失との関係は？
 - JFS
 - R_{AA} を説明する E-loss により、後方相関は消失



ジェット・リッジ構造

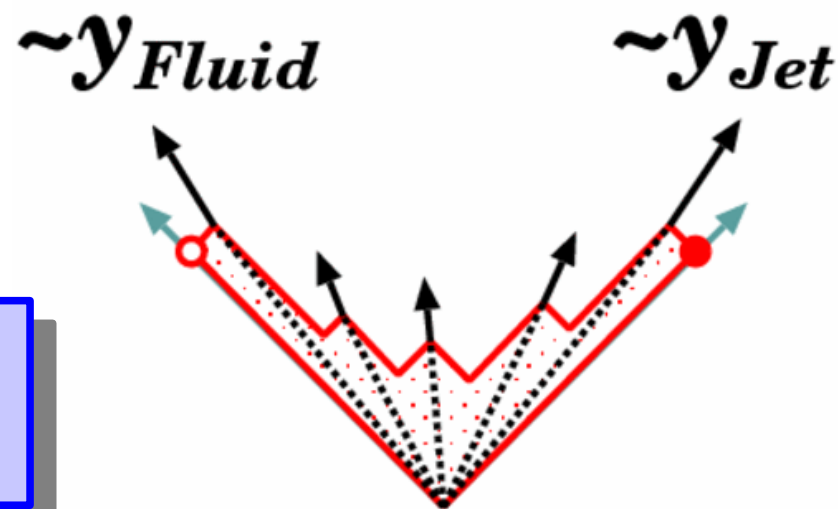
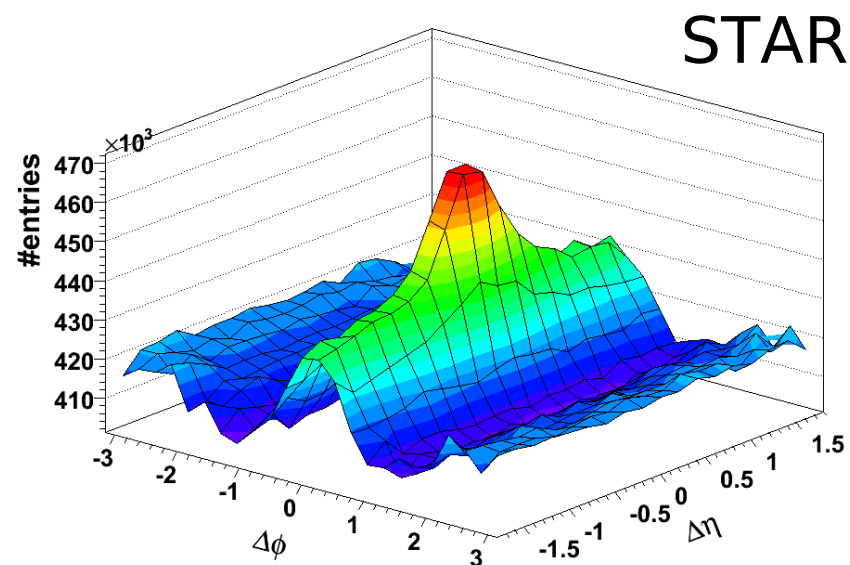
- Jet-Ridge structure
→ 横に狭く、縦に広い相関
(narrow $\Delta\phi$ + wide $\Delta\eta$ corr.)

- Hwa et al.
放出されたグルーオンの η が
流体発展により広がる

- JFS conjecture
ハドロンが流体パートンと
ジェットパートンの y の間で
作られ、

$$y_{\text{Fluid}} < y < y_{\text{Jet}}$$

p_T boost により $\Delta\phi$ 相関は狭くなる



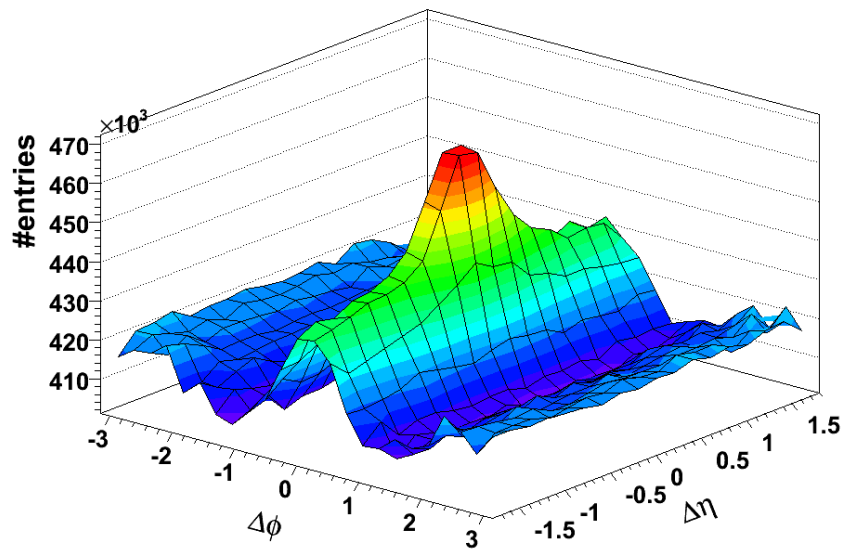
Ridge structure はストリング崩壊の
幾何学の現れではないか？

ジェット・リッジ構造

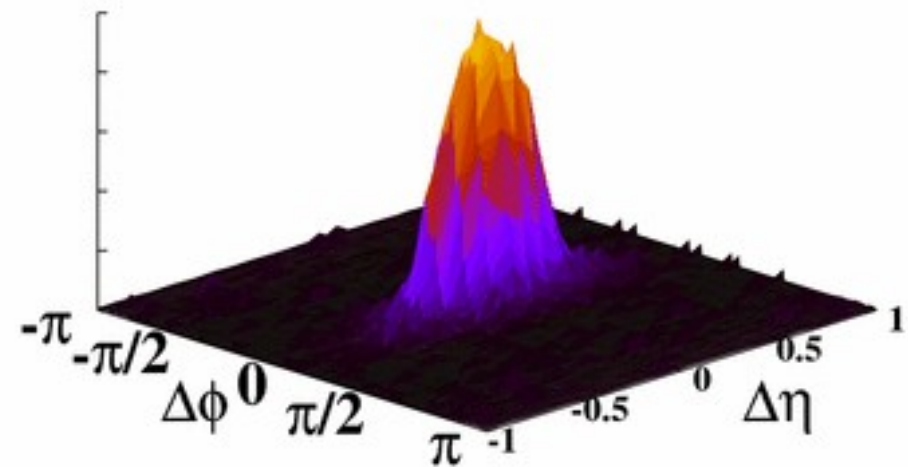
But, ...

- JFS 模型において、リッジ構造は見られていない
(理由の分析は今後)

Data



JFS



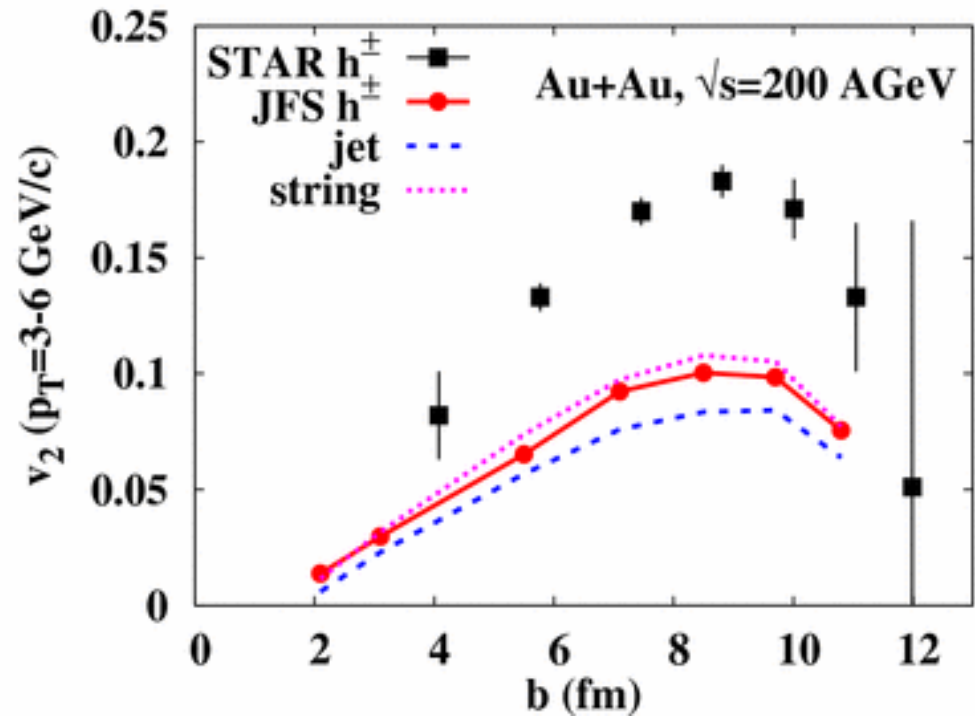
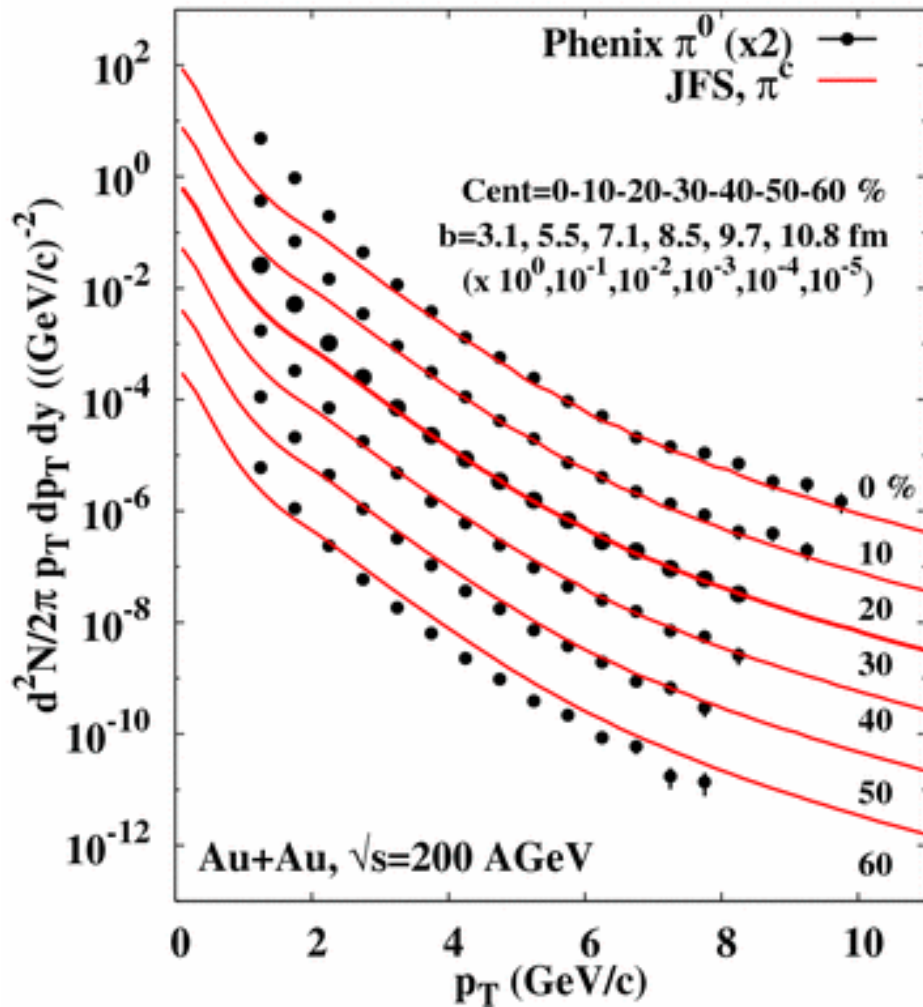
水川、卒論

Ohnishi et al(26aSC-4), JPS@Metro U. (2007/3/25-28)

Summary

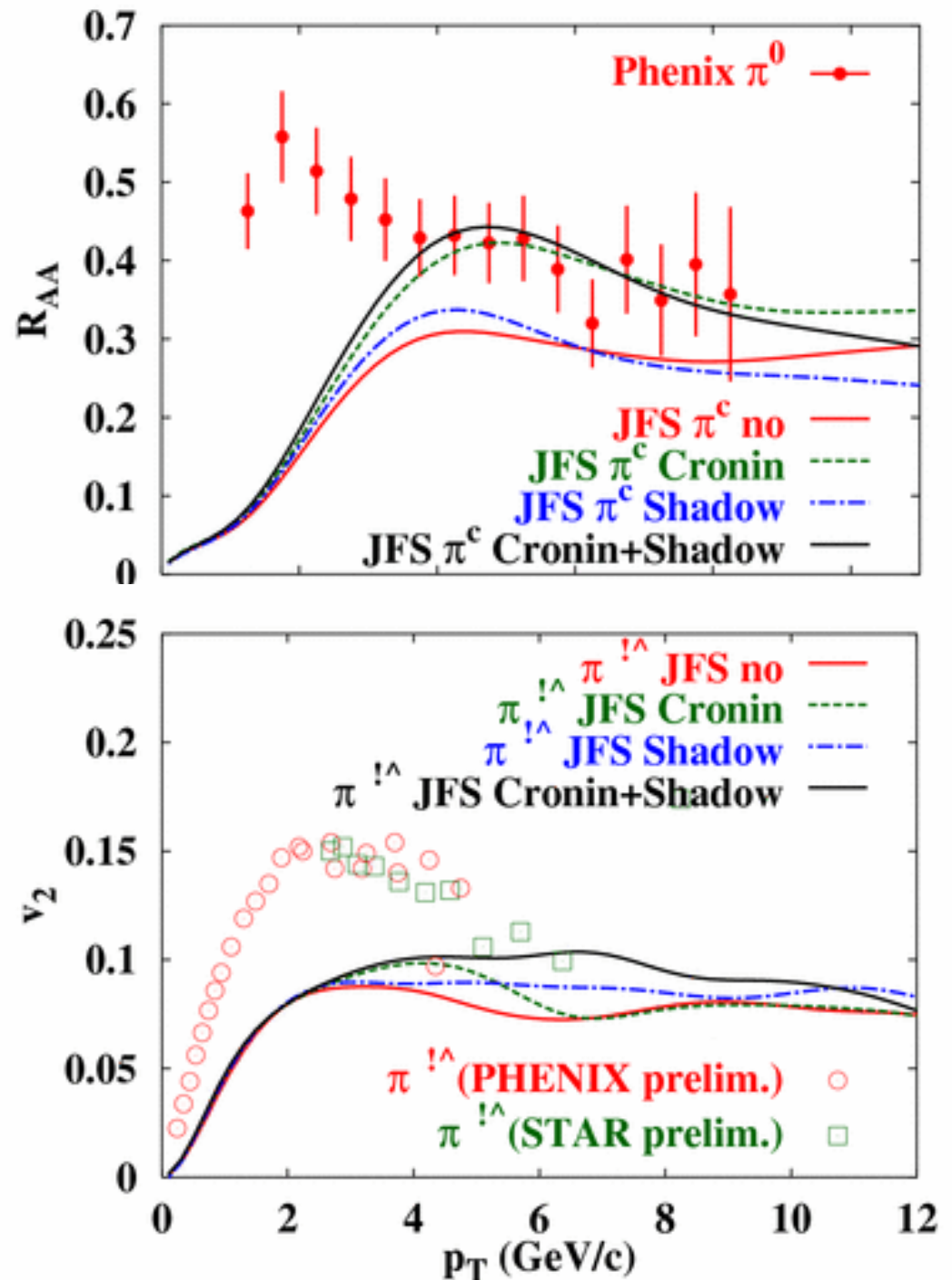
- JFS 模型は high p_T で R_{AA} を再現するエネルギー損失率により high p_T での v_2 と 後方方位角相関の消失をほぼ説明できるジェットの破碎機構を与える。
 - v_2 は 1 % 程度過小評価 → ハドロン相での v_2 成長か？
 - $\Delta\phi$ 相関は絶対値で 1.4 倍過小評価 → Jet-Fluid Res. ?
- JFS では比較的軽いストリングが少数のハドロンに崩壊する。
↔ 独立破碎模型～重いストリング破碎
- 今後の課題
 - バリオン増大, Jet-Fluid Res. (スペクトル関数との関連), *Ridge structure, Cronin and Shadowing effects,*

Centrality Dependence



Cronin and Shadowing Effects

- Standard (EKS, ...)
- Cronin+Shadow
- enh. med. $p_T R_{AA}$
- and suppr. high $p_T R_{AA}$.



吉野、修論

Ohnishi et al(26aSC-4), JPS@Metro

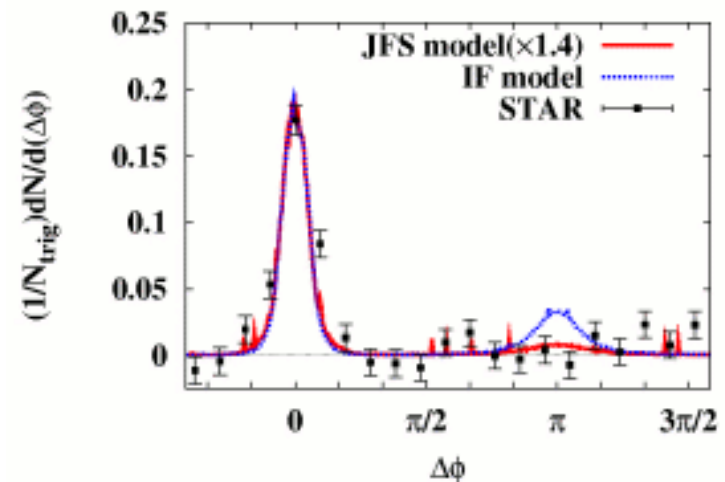
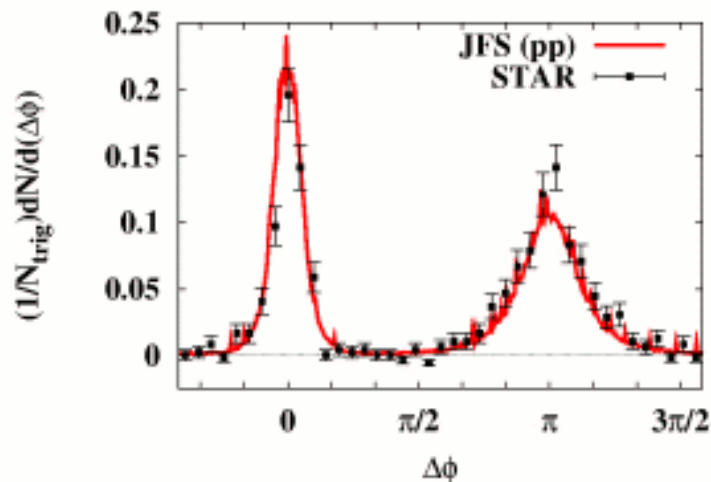
Two hadron azimuthal angular correlation

pp 衝突では $\Delta\phi$ correlation は再現されている

Au+Au 衝突を見ると、

IF model では 180° 相関の消失が不完全

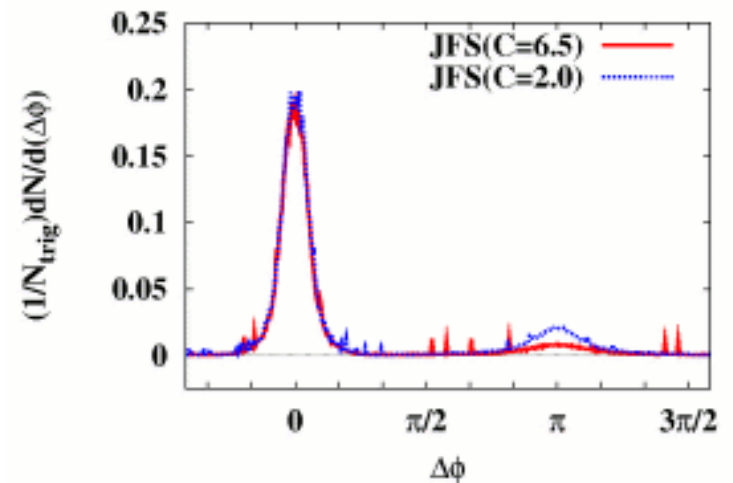
JFS model では 180° 相関の消失を定性的には再現



Two hadron azimuthal angular correlation

JFS model で C-factor の値を小さくしてみると、
180° 相関は消失しない

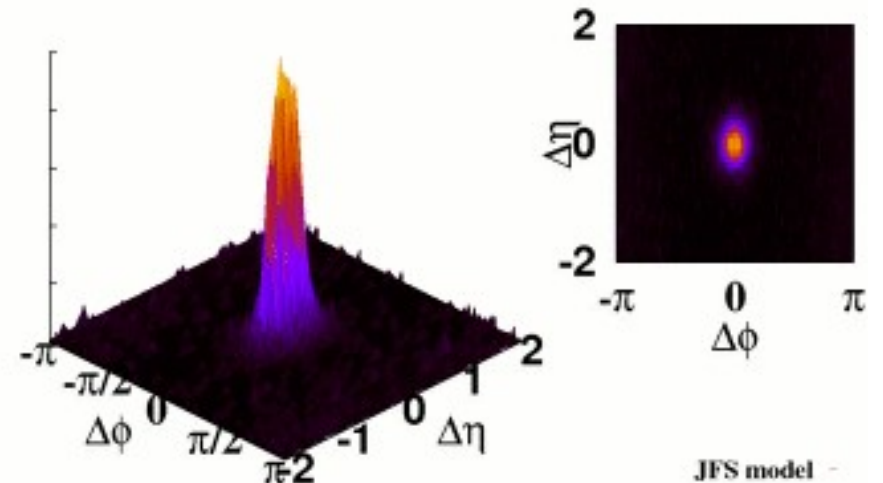
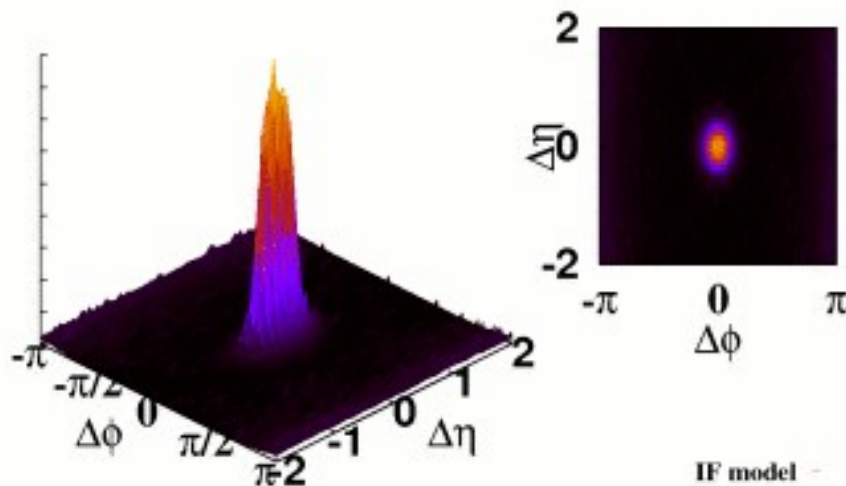
→ v_2 同様、 $\Delta\phi$ correlation も大きな C-factor をとることができるのが JFS のポイント



+pseudo rapidity correlation

二つのモデルで ridge structure の再現を試みる

→ どちらのモデルも再現には至らなかった



水川、卒論

Jet-Fluid String formation and decay: Model

Isse, Hirano, Mizukawa, AO, Yoshino, Nara, nucl-th/0702068

■ ミニジェット生成 = pQCD (PYTHIA 6.4)

■ QGP 中のパートン伝播

● 3次元流体模型

Hirano-Nara, PRL91('03), 082301;

PRC69('04), 034908

Hirano, Tsuda, PRC66('02), 054905

● GLV エネルギー損失× factor (C)

Gyulassy-Levai-Vitev, PRL85('00), 5535.

$$\Delta E = C \times \gamma \pi \alpha_s^2 F_{\text{color}} \int d\tau (\tau - \tau_0) \rho \log \left(\frac{\gamma E}{\mu \tau L} \right)$$

■ スtring生成・破碎

● ”スペクトル”関数 Θ ($\sqrt{s} - 2 \text{ GeV}$)

$$D(j \rightarrow h) = \int d^3 k_f f_f(k_f, T, u_\mu, \mathbf{x}(\tau_f)) \\ \times S(s = (k_j + k_f)^2) D(\text{String}(\sqrt{s}, k_j, k_f) \rightarrow h)$$

