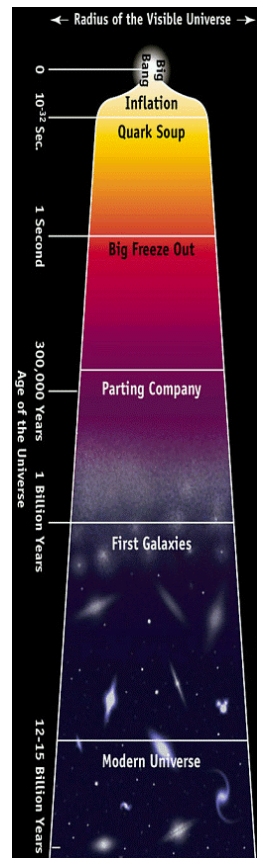


SPSエネルギーにおける 重イオン衝突実験でのQGP発生？

筑波大学、物理学系、江角晋一

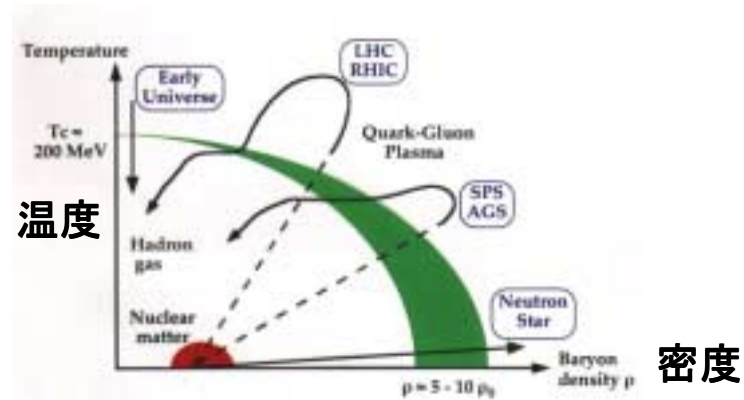
イントロ
エネルギー密度
ストレンジネス増加
化学平衡、熱平衡
集団運動
レプトン対、熱光子
結論

クォーク、グルーオン、プラズマ (QGP) と重イオン衝突



ビッグバン

現在



衝突後の時間

AGS

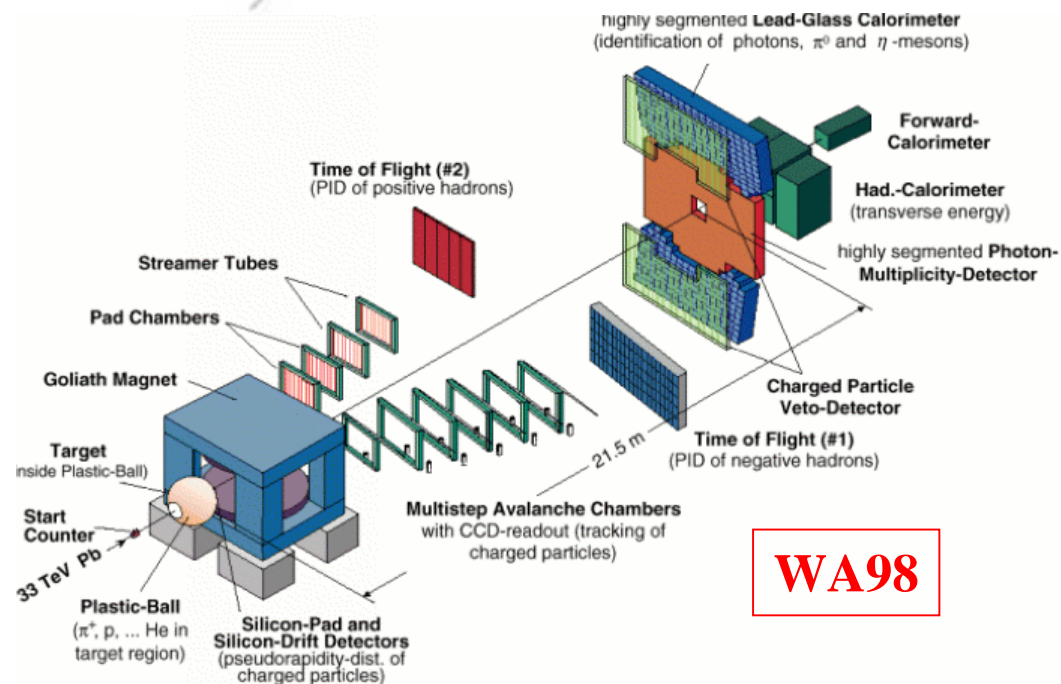
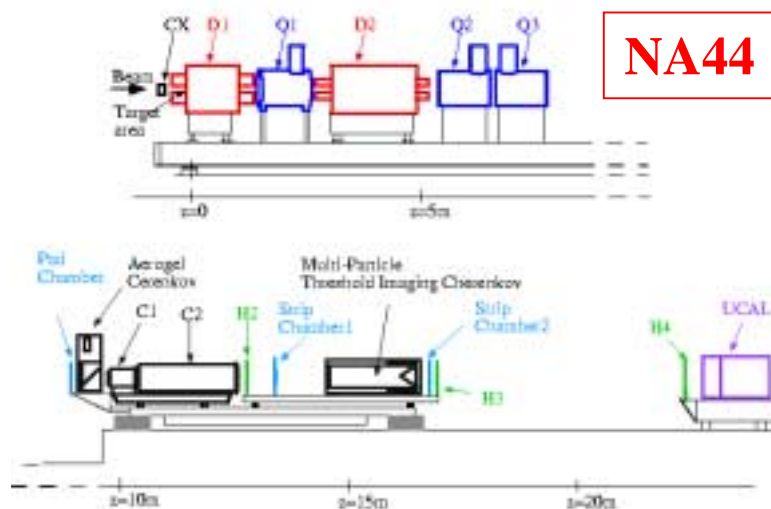
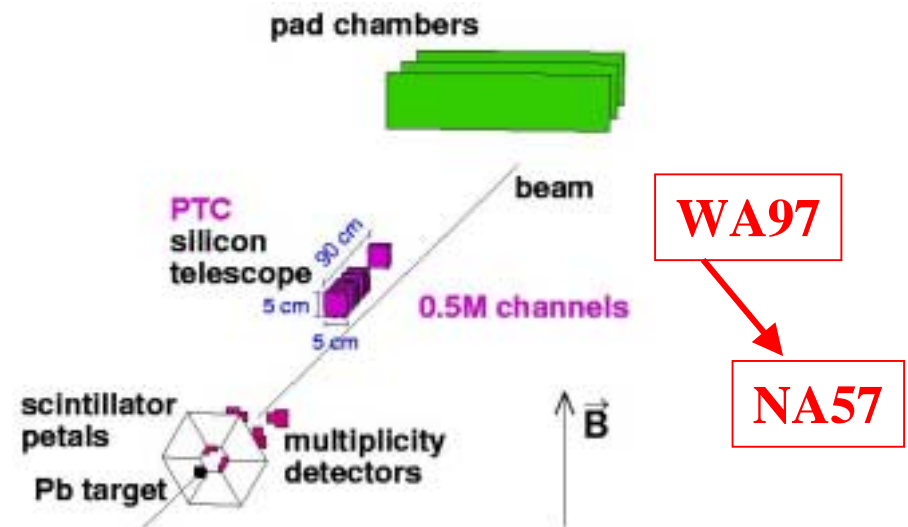
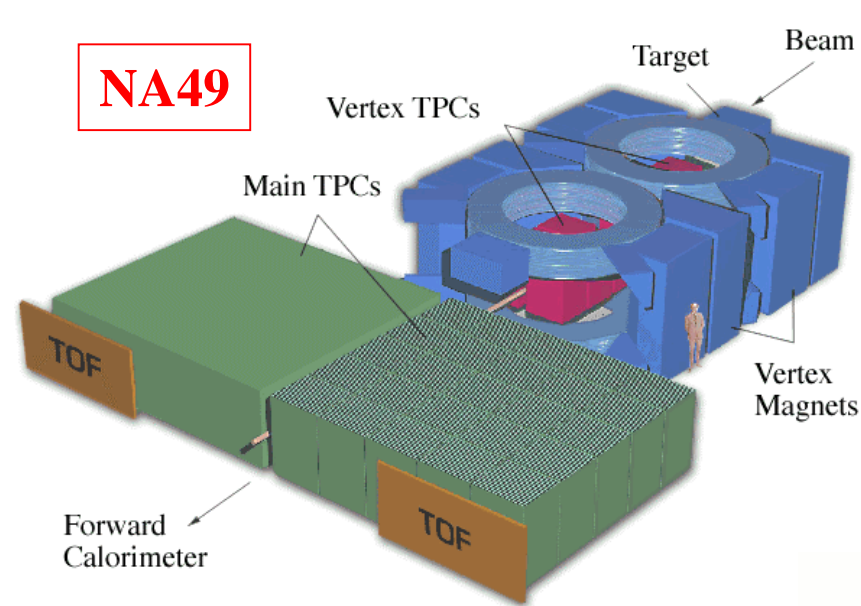
SPS



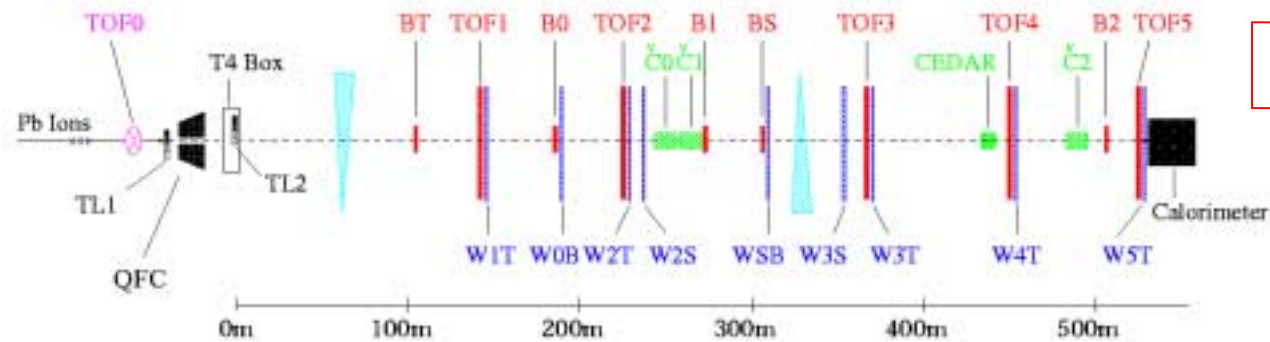
Y

Z

SPS実験(1)

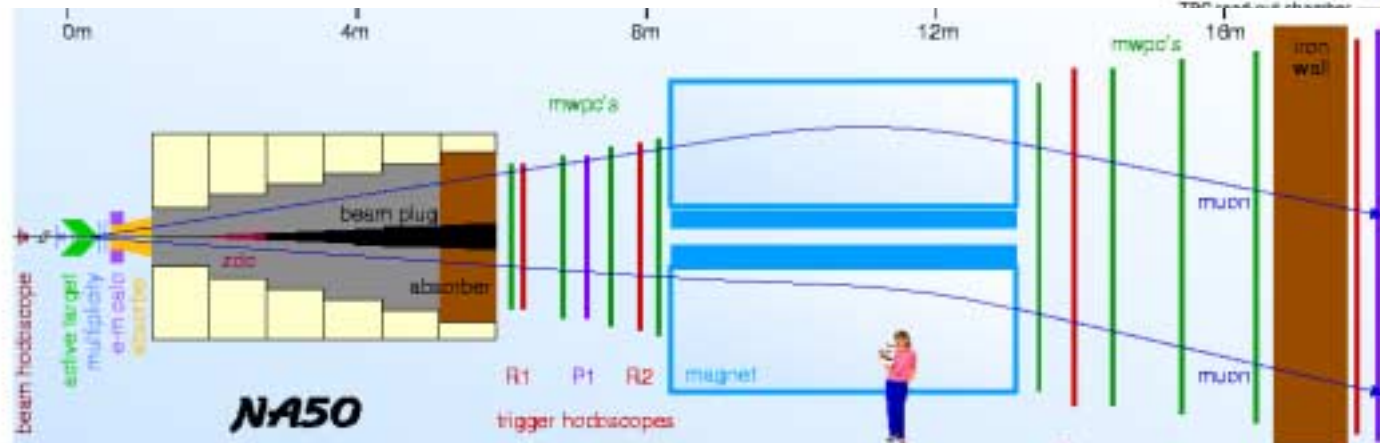
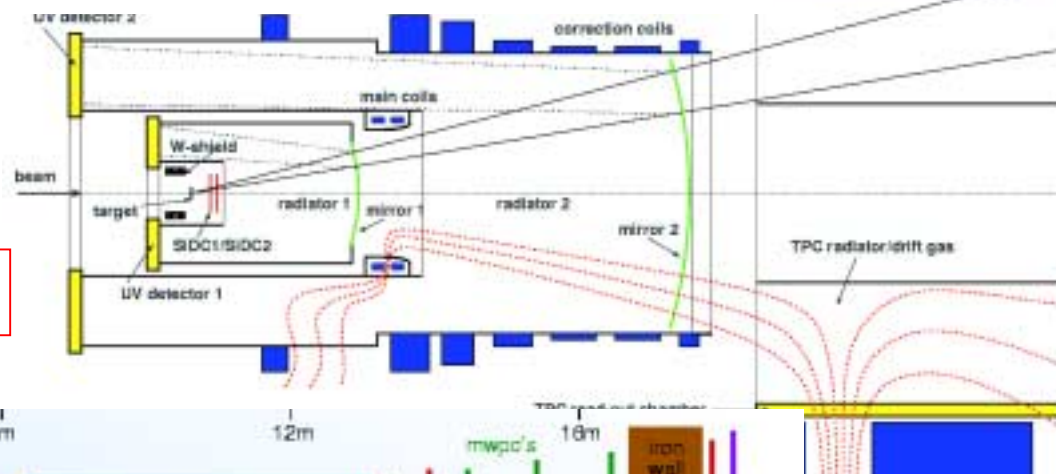


SPS実験(2)



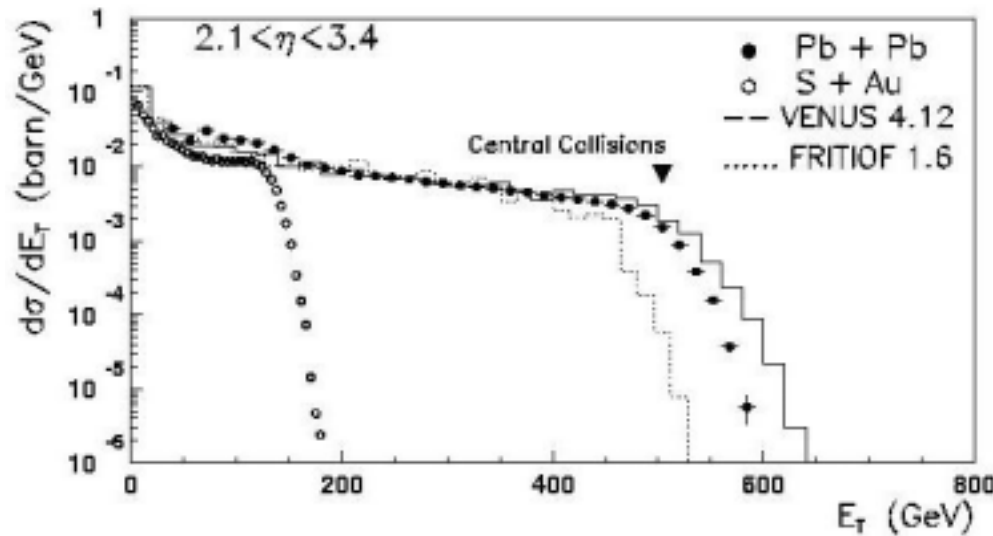
NA52

NA45 / CERES



NA38 / NA50

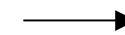
エネルギー密度



相転移の予想密度

$$\epsilon_{\text{crit}} \approx 1 \text{ GeV/fm}^3$$

横方向エネルギー

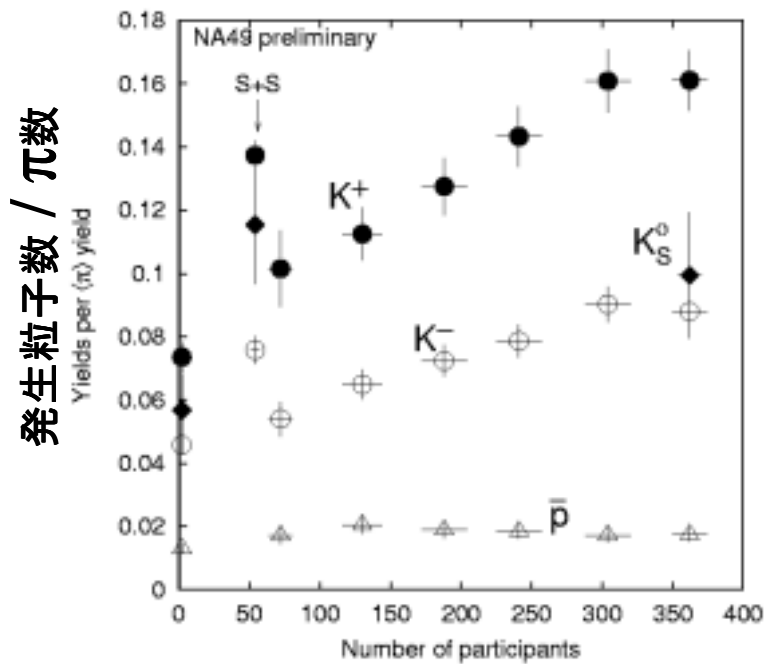


System	E_{LAB}/A (GeV)	$n_{\text{part.}}^{\text{total}}$	ϵ (GeV/fm ³)
S+S	200	58	1.3
S+Au	200	113	2.6
Pb+Pb	158	390	3.2

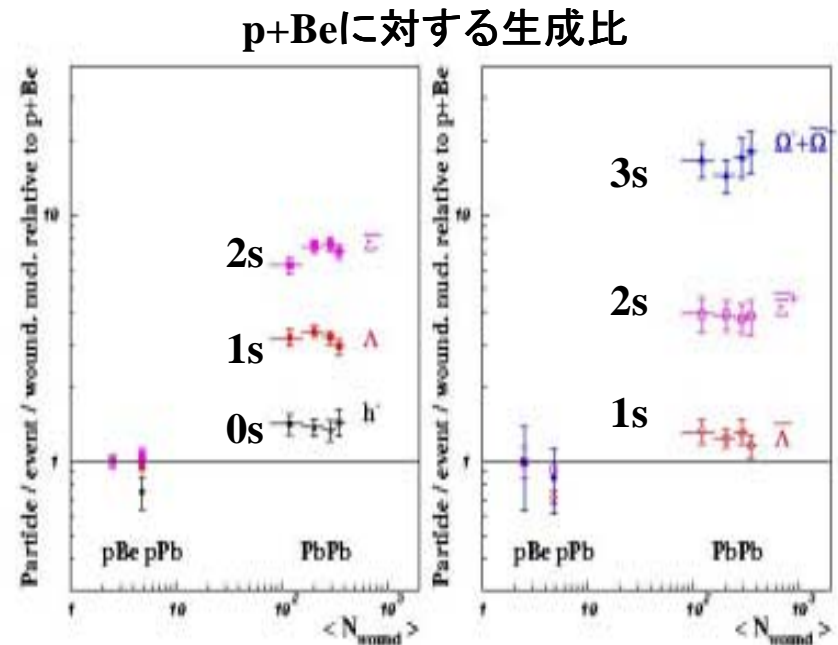
$$\epsilon_{Bj}(\tau_0) = \frac{1}{\pi R^2 \tau_0} \frac{dE_T}{d\eta}$$

相転移に必要なと予想されるエネルギー密度を十分に超えている。

ストレージネス増加

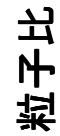


衝突に関与した核子数

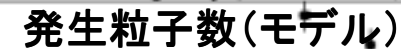


衝突に関与した核子数

非弾性衝突が終わり、粒子数が固定される。その後は、弾性散乱が熱的フリーズアウトまで続く。



γ_s : ストレンジュネス平衡

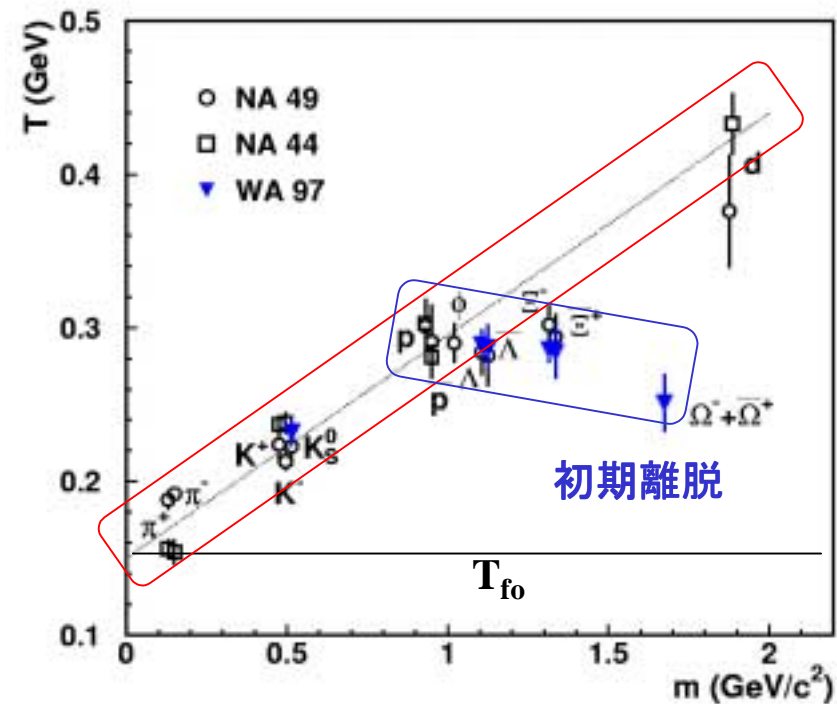
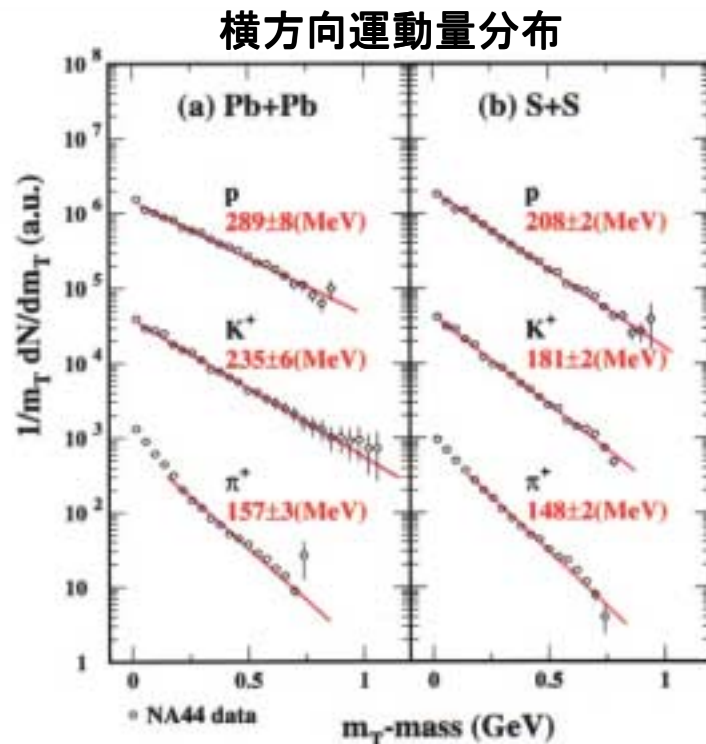


熱平衡と集団運動的膨張

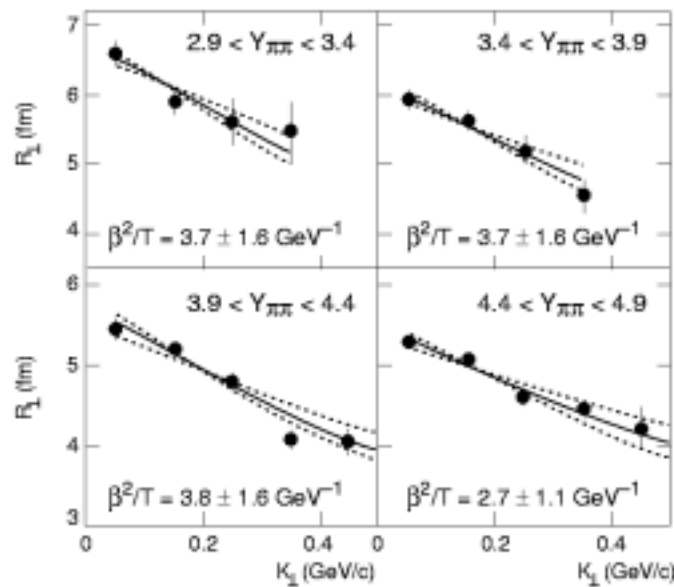
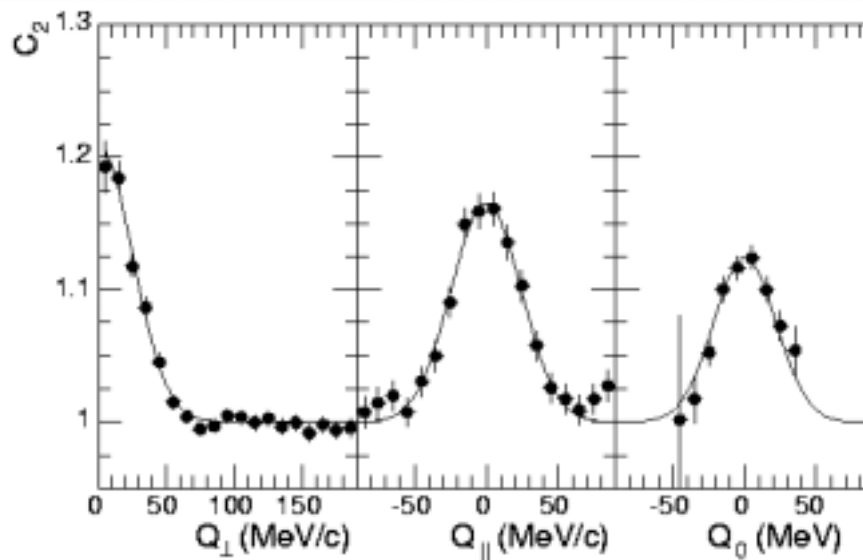
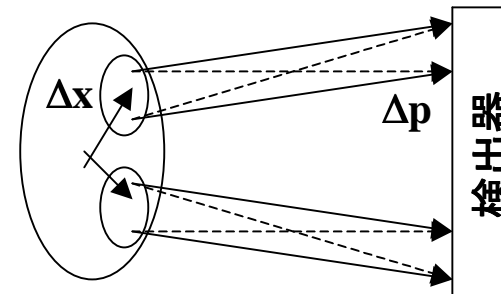
弾性散乱が終わる熱的フリーズアウト時に、運動量分布が決まる。

$$T_{\text{eff}} = T_{\text{fo}} + 0.5 m \langle v_{\perp} \rangle^2$$

局所的に熱平衡した衝突領域が半径方向に集団運動的、流体的に膨張

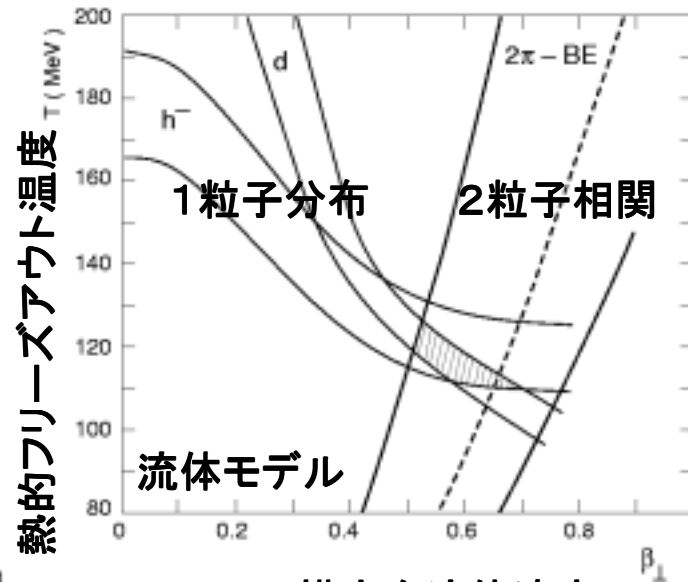


2粒子相関と横方向膨張



横方向運動量

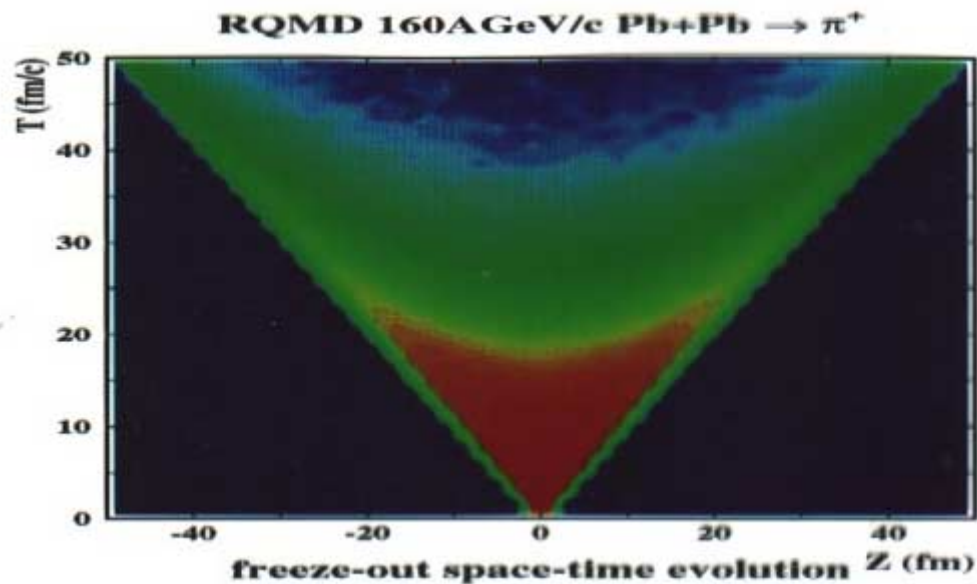
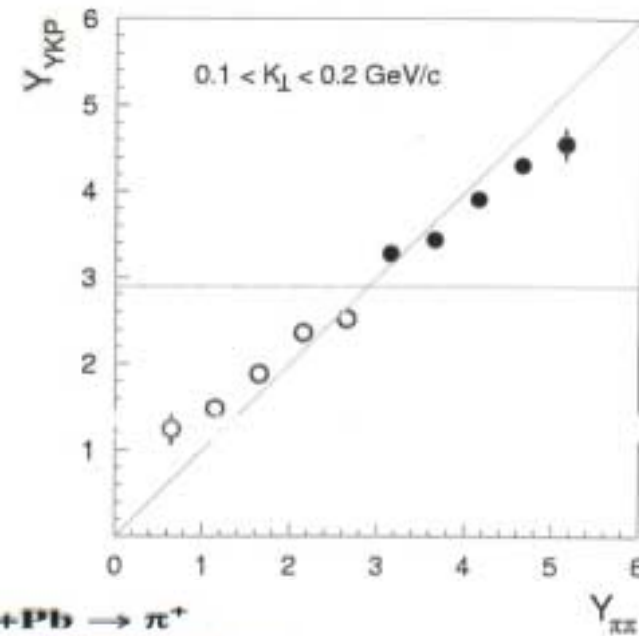
熱的フリーズアウト温度



横方向流体速度

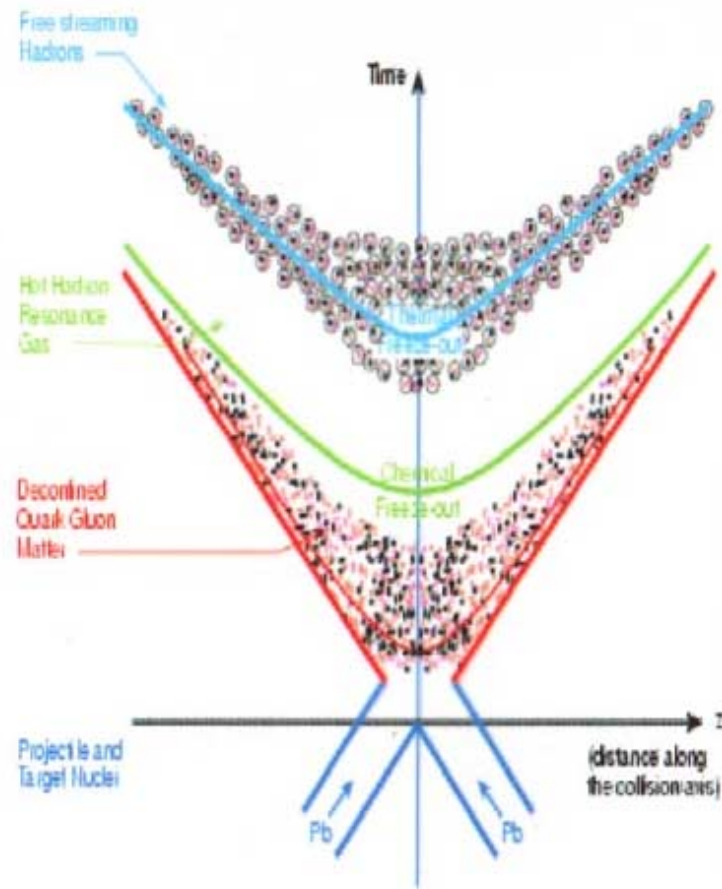
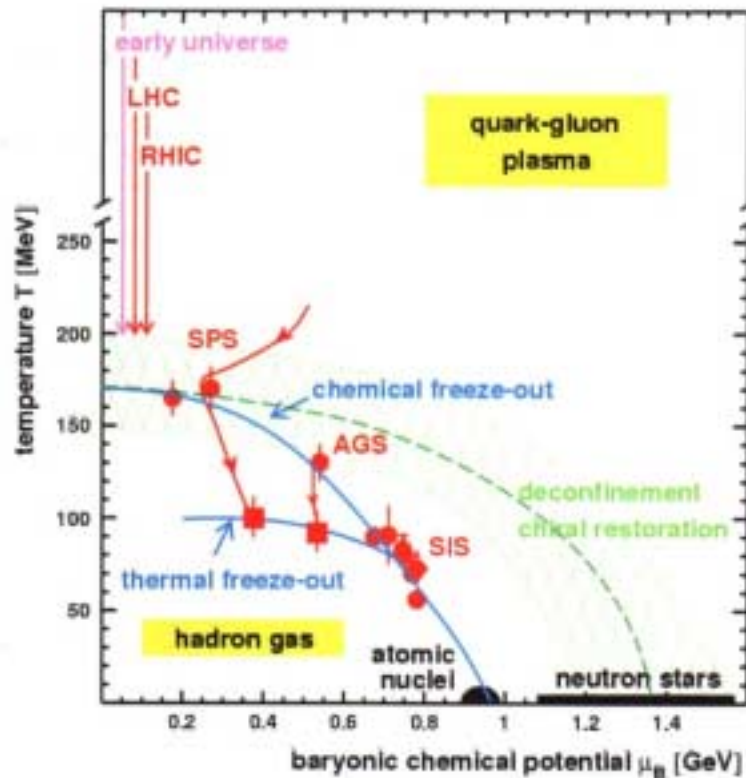
光速に近い 縦方向膨張

2粒子相関(YKPフィット)により
測定された π 発生源の縦方向
速度(Y_{YKP})を、2つの π の平均
ラピディティー($Y_{\pi\pi}$)の関数に
して表示。

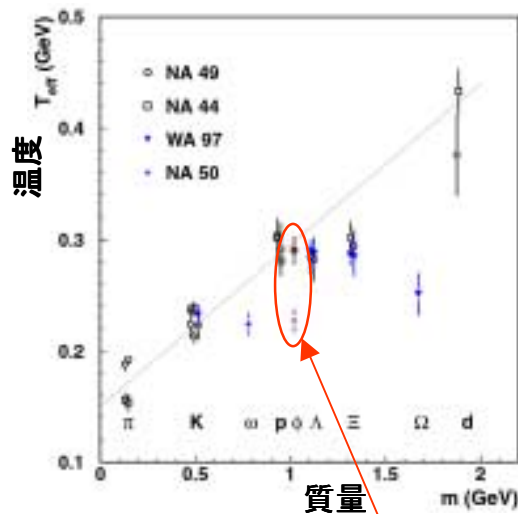


カスケードモデルによる
 π の粒子密度分布。

衝突 → 相轉移 → 化学平衡 → 熱平衡

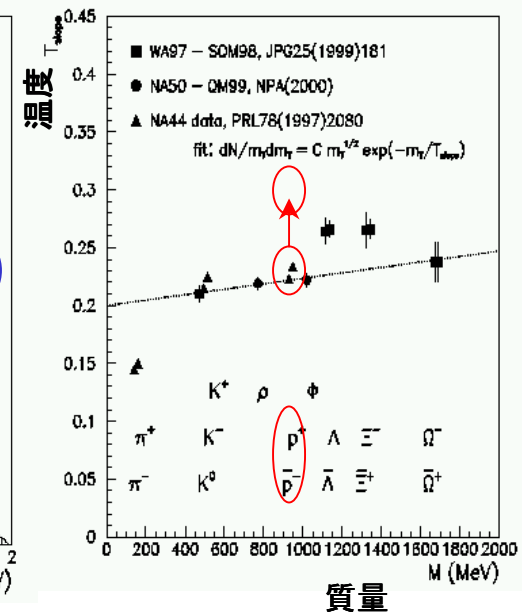
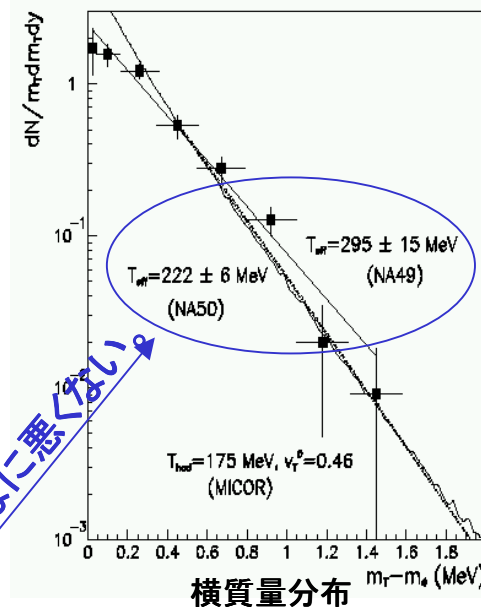


$\rho/\omega/\phi/\Omega$ は衝突初期？



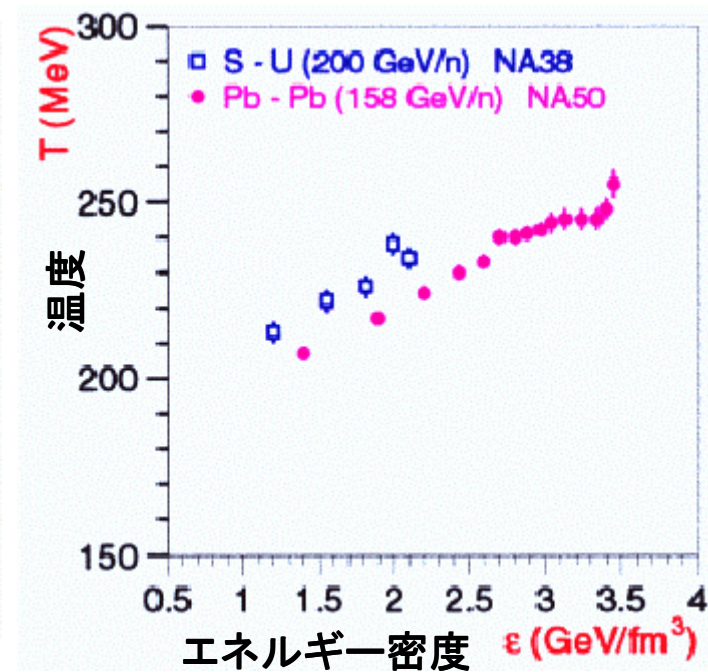
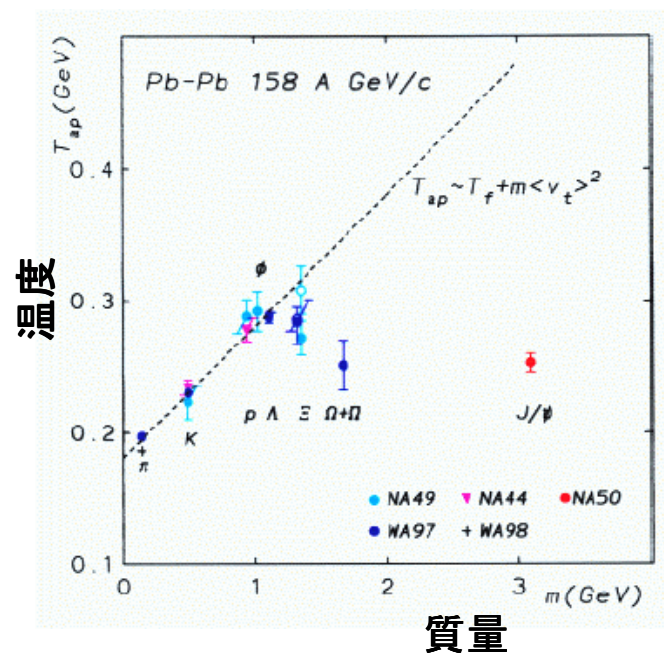
3 σ discrepancy
between NA49 and NA50
measurements

そんなに悪くない

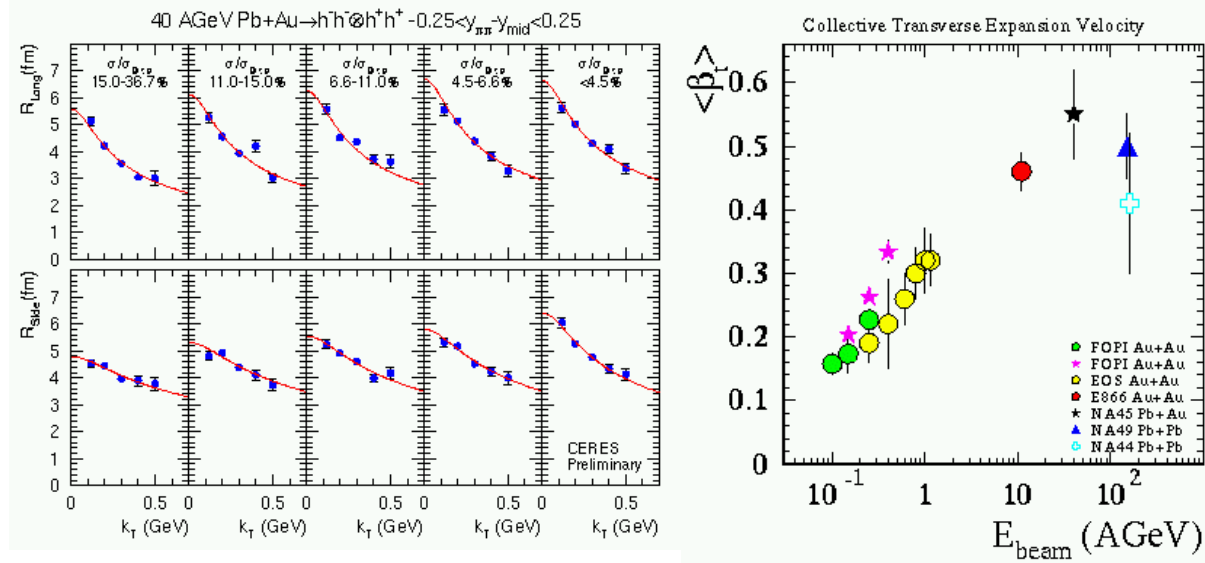
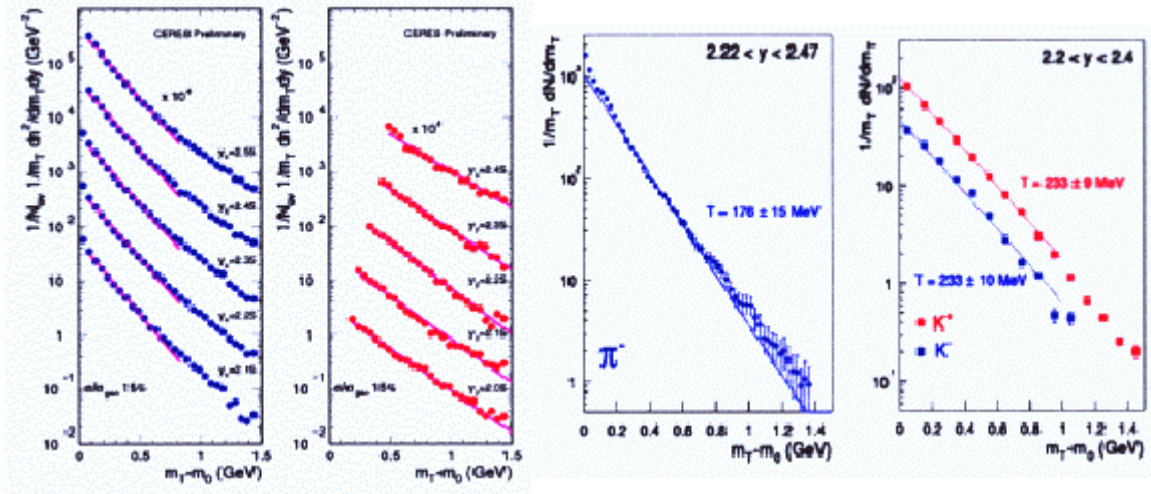


クォーク、反クォークの非閉じ込め相からの直接放出を、ハドロン化温度と横方向速度を用いて説明。

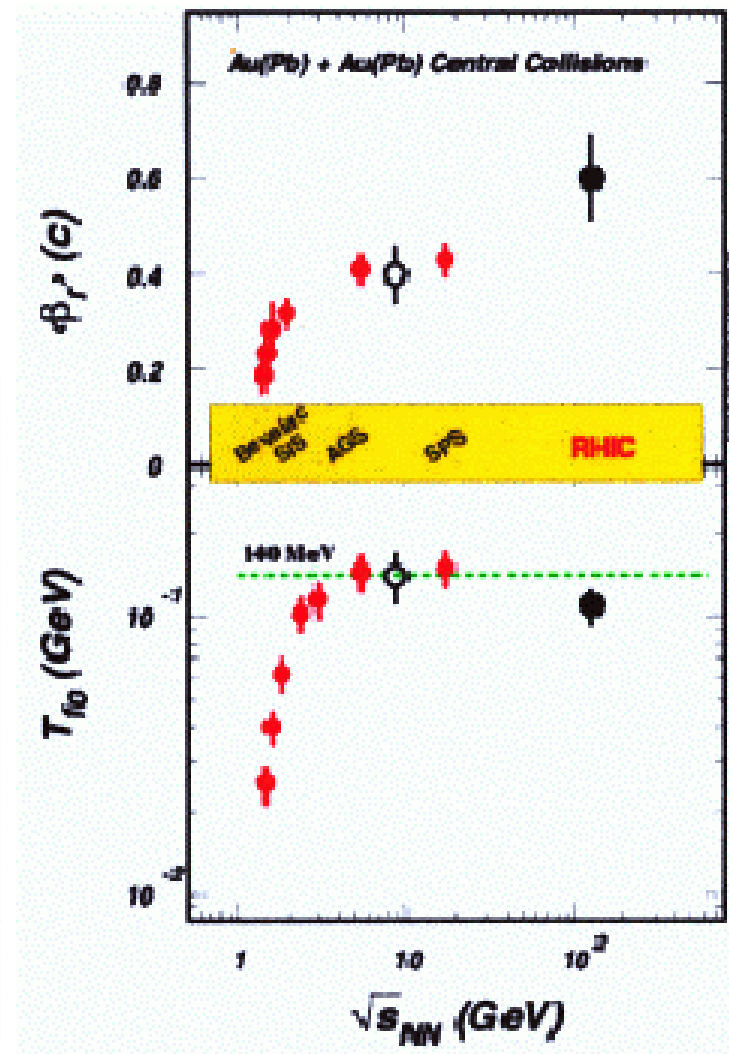
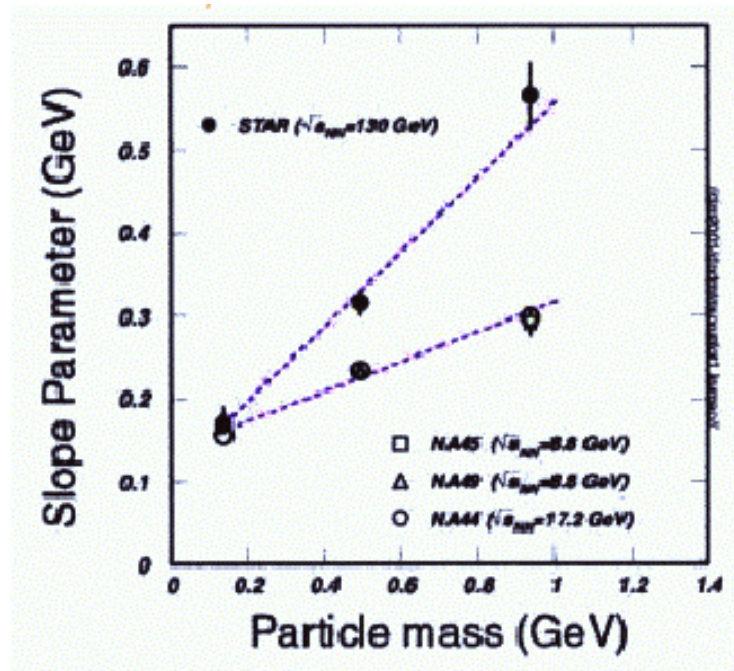
J/ψも集団運動？



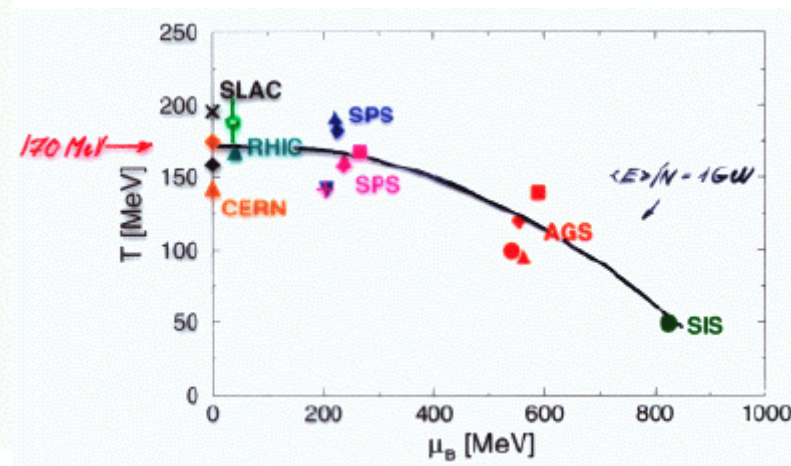
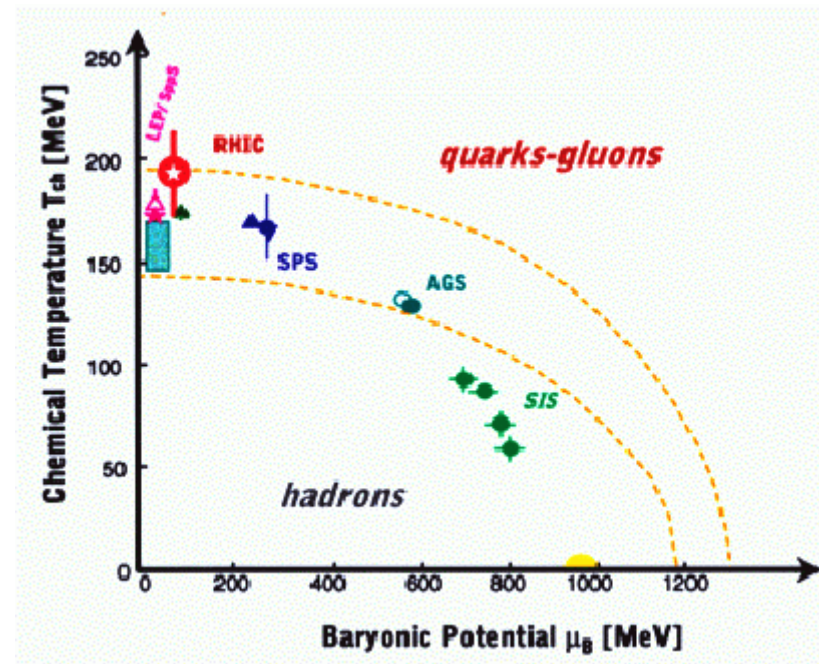
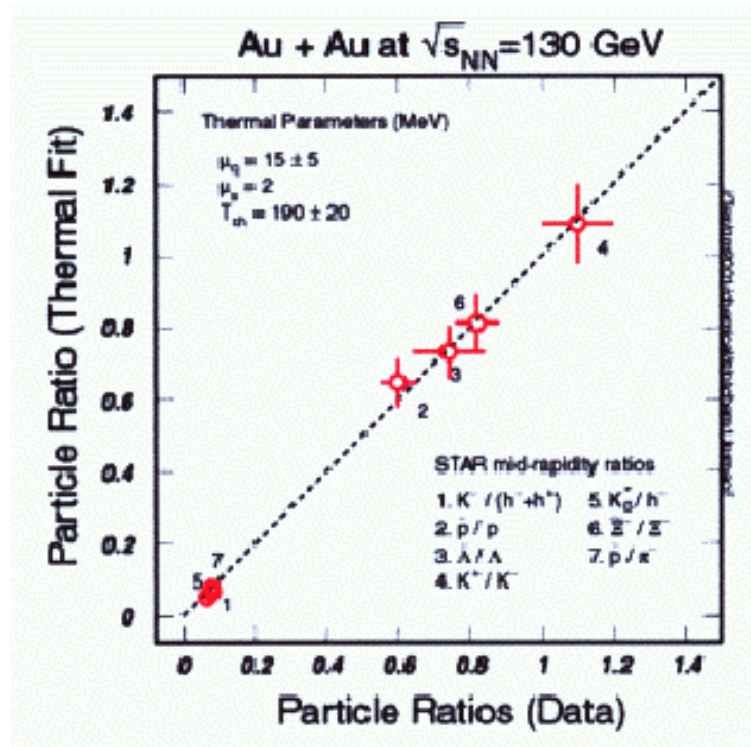
SPS での低エネルギー実験(40A GeV)



RHICエネルギーでの 熱平衡パラメター

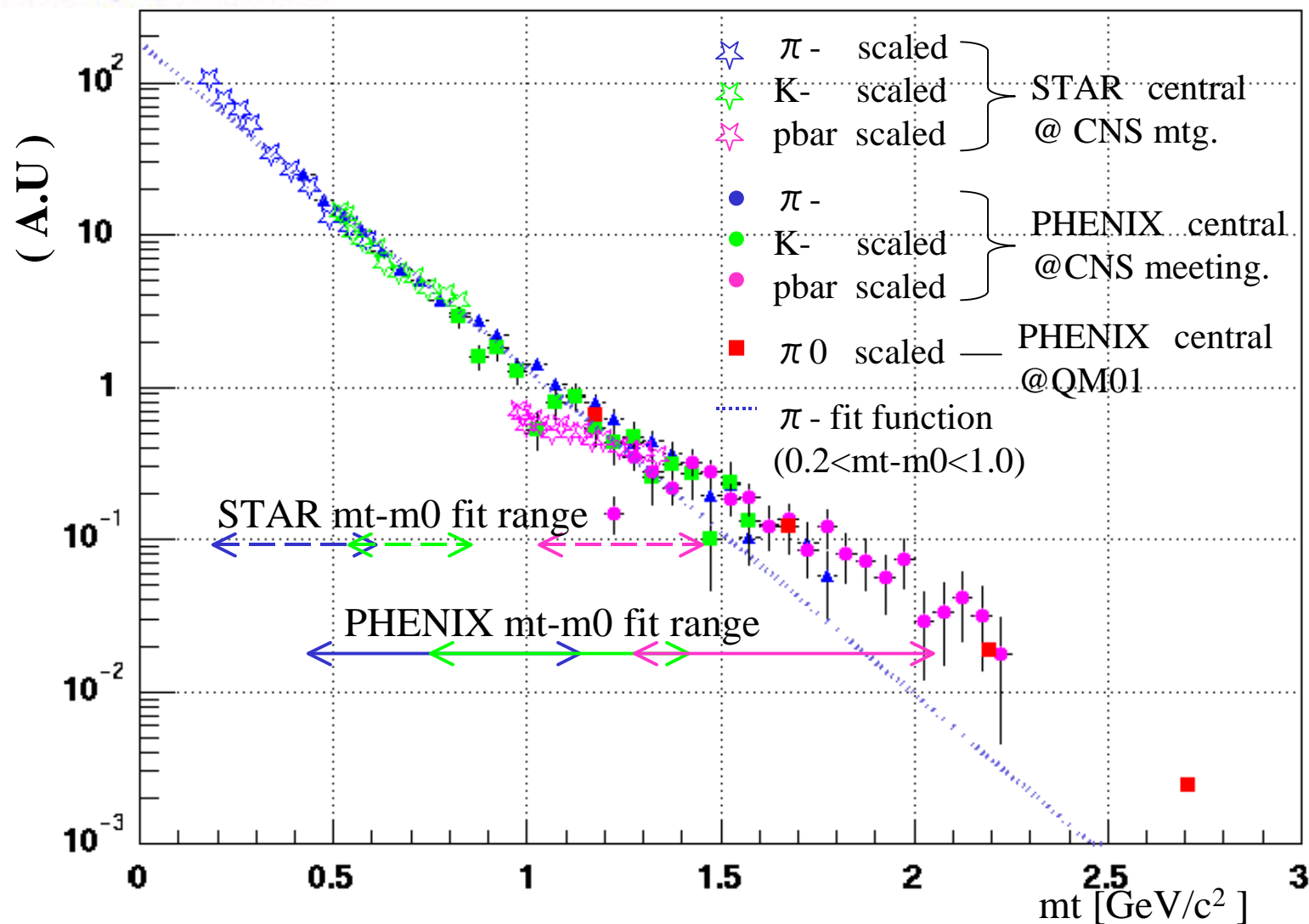


RHICエネルギーでの 化学平衡パラメター

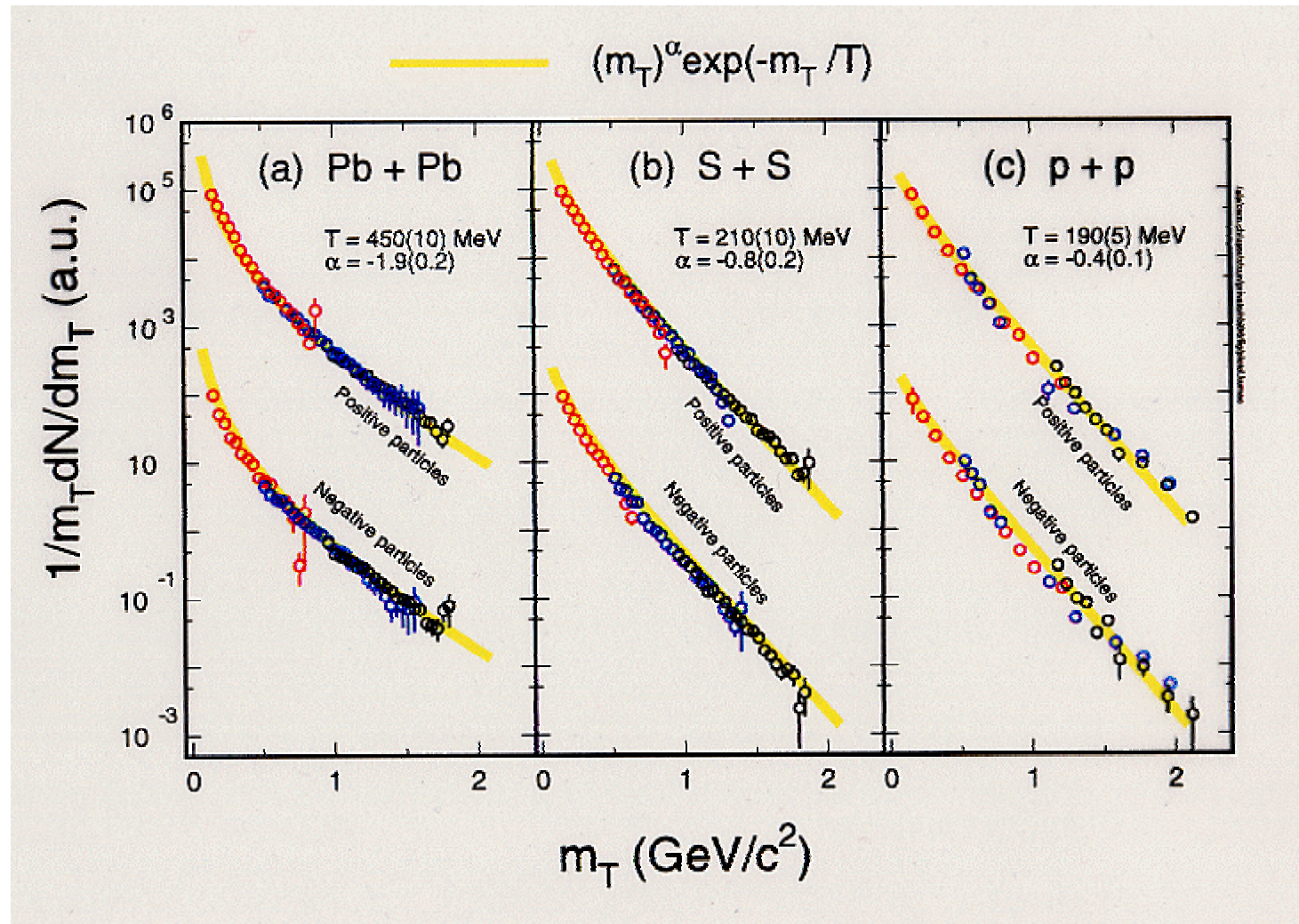




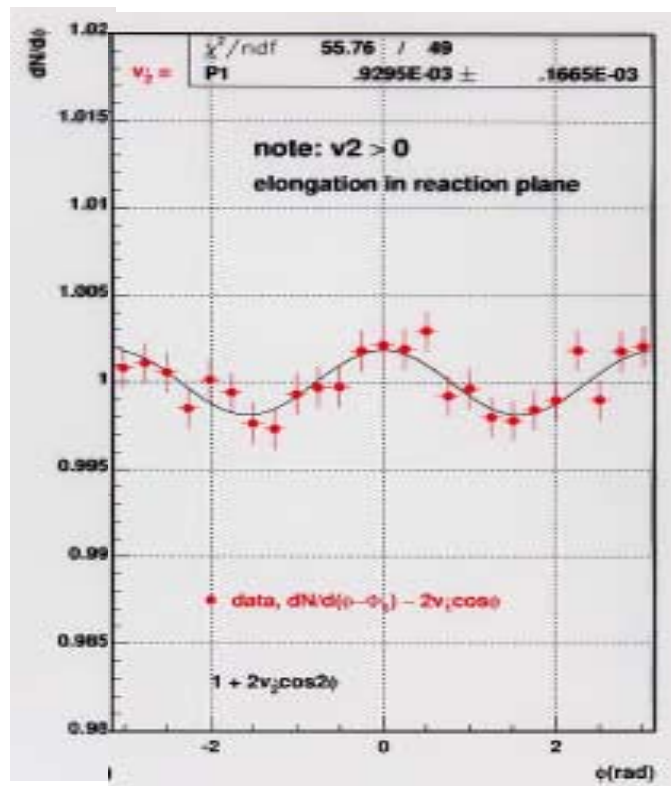
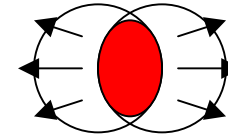
mt Spectrum



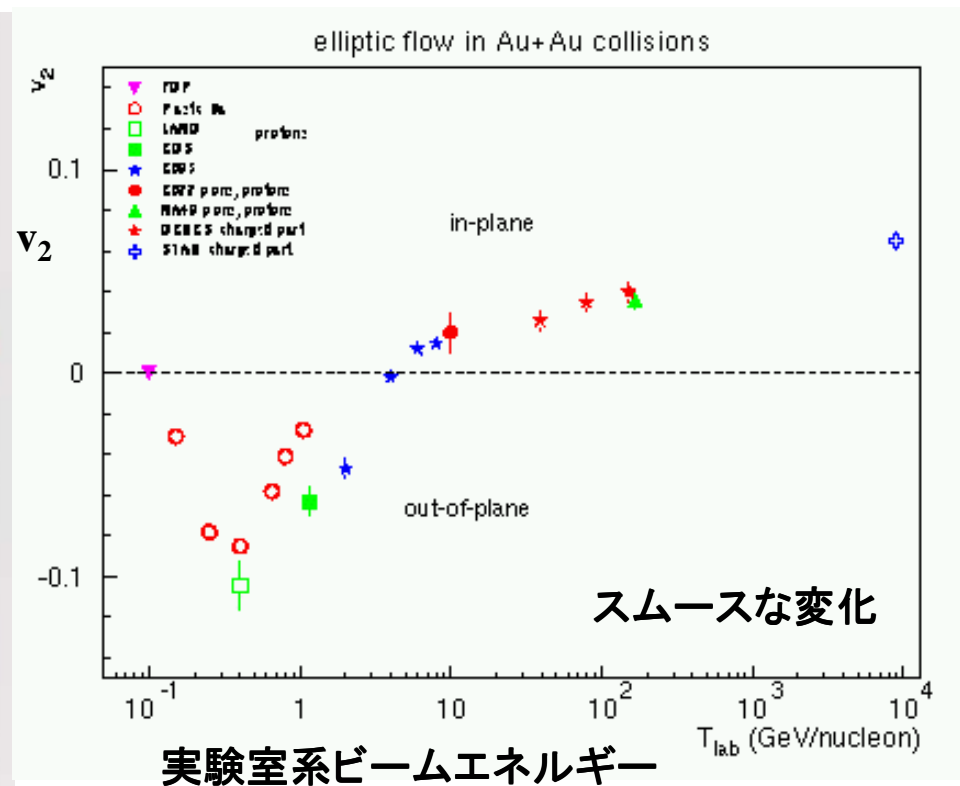
mT spectra at SPS



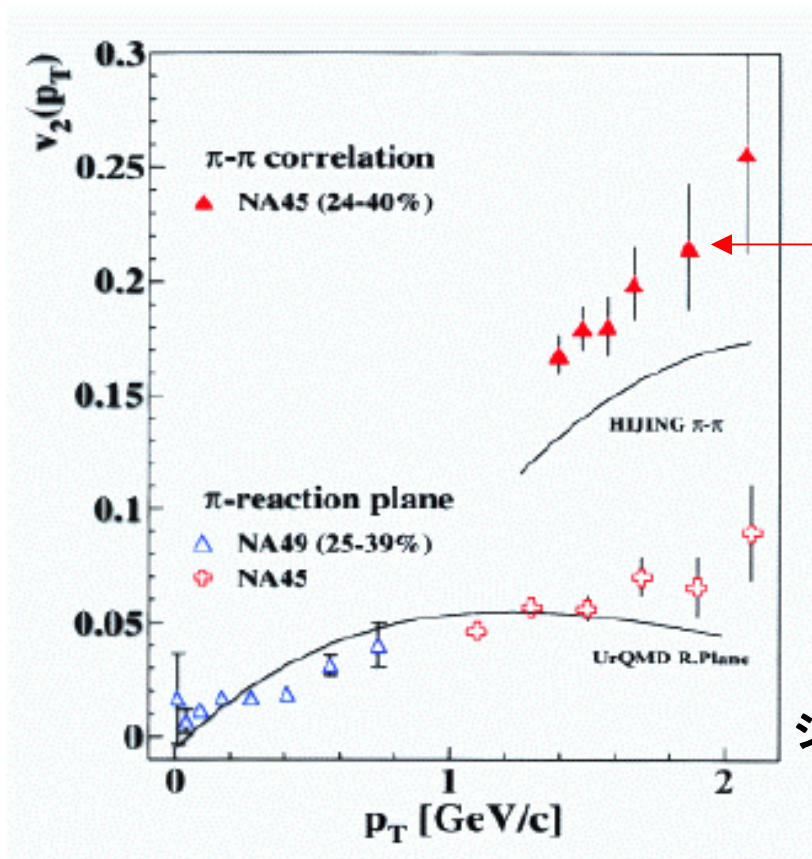
楕円型集団運動



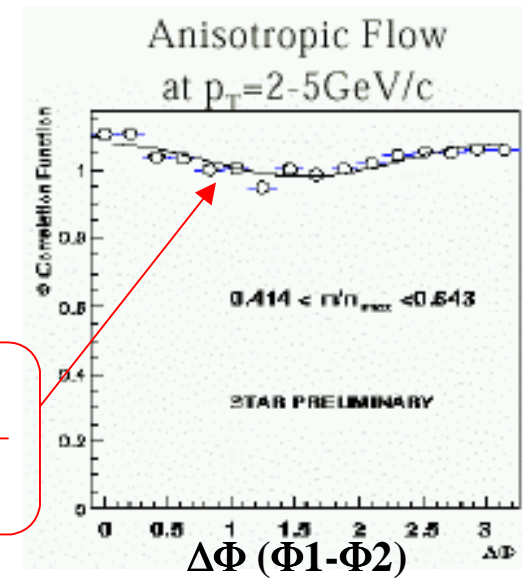
Φ分布



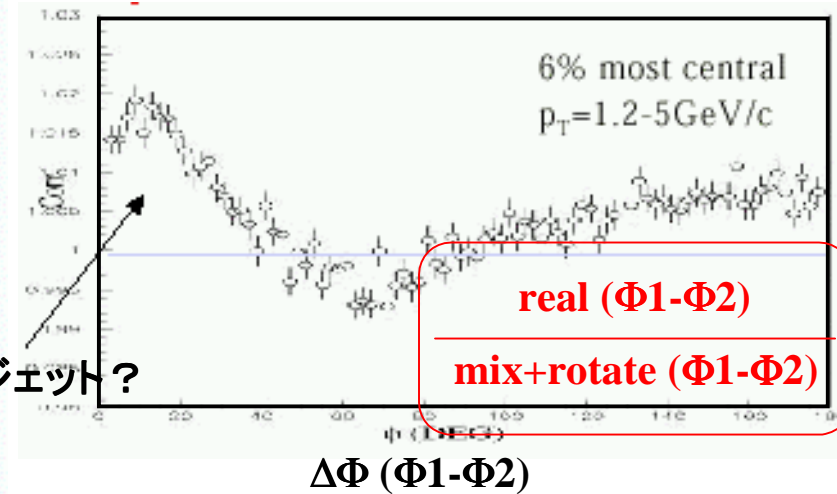
V_2 中のジェット成分



real ($\Phi_1 - \Phi_2$)
 mix ($\Phi_1 - \Phi_2$)

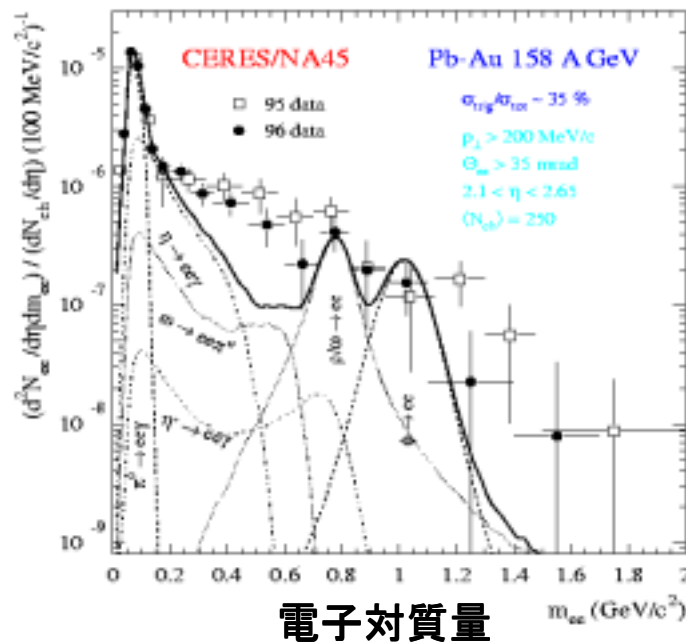


ジェット？

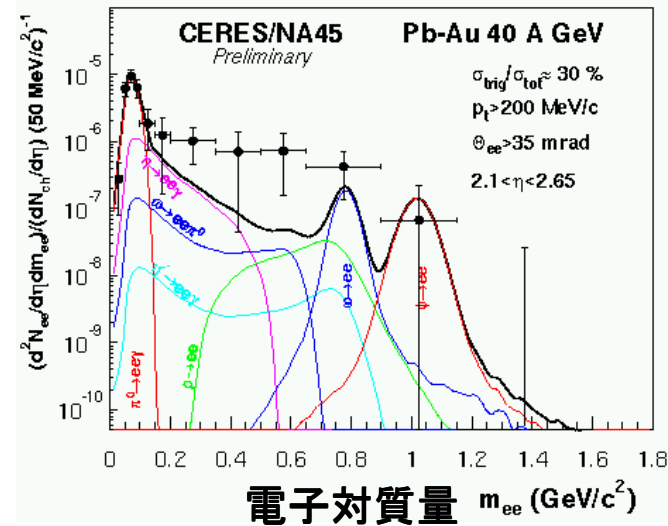
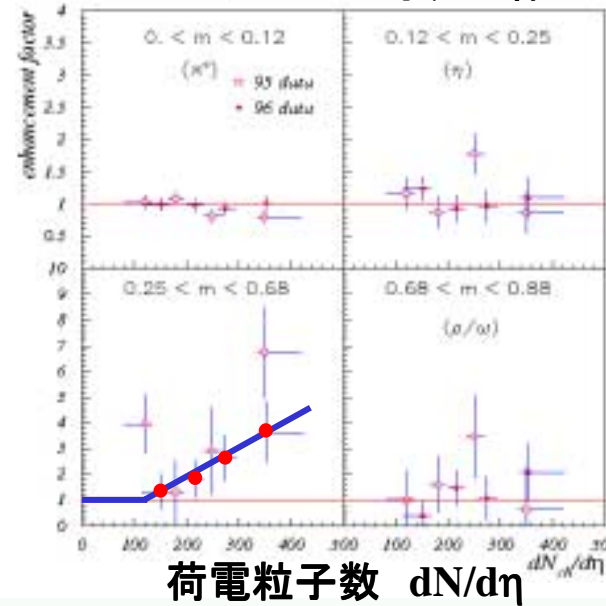


低質量電子対 の増加

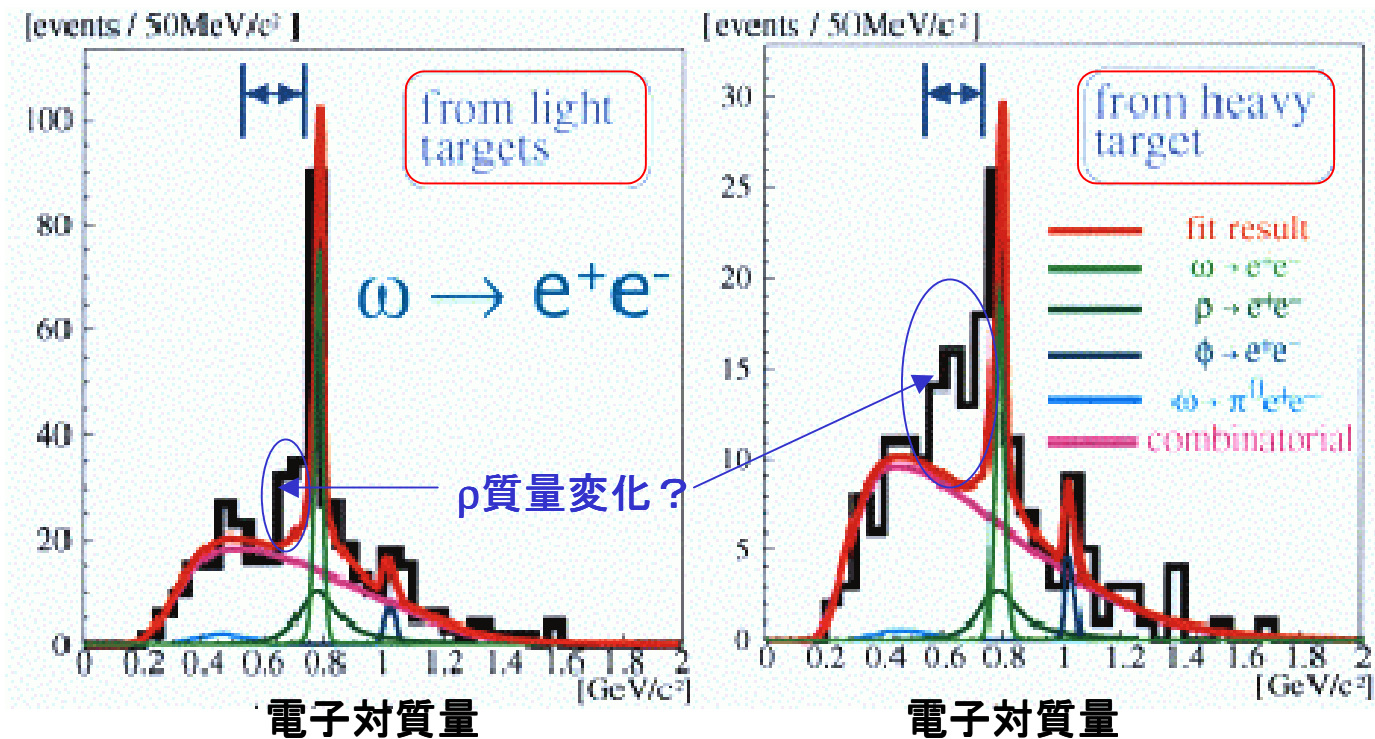
陽子ビーム実験のデータにおいては
フリーズアウト後のハドロン崩壊
の重ねあわせで、分布を説明できた。

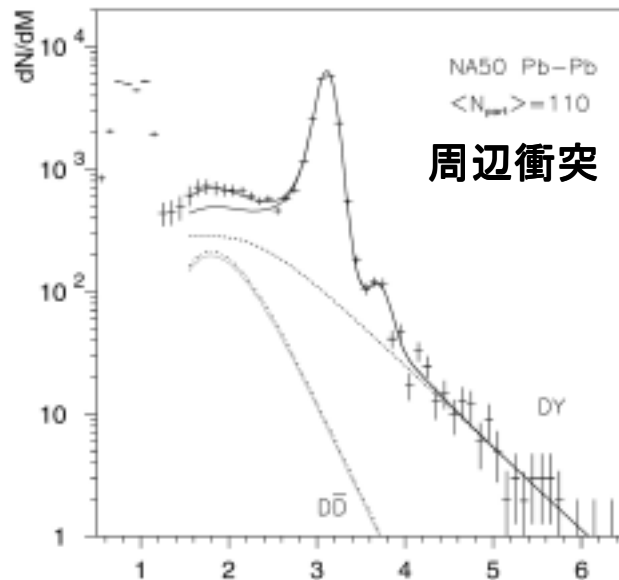


ハドロンカクテルに対する増量比

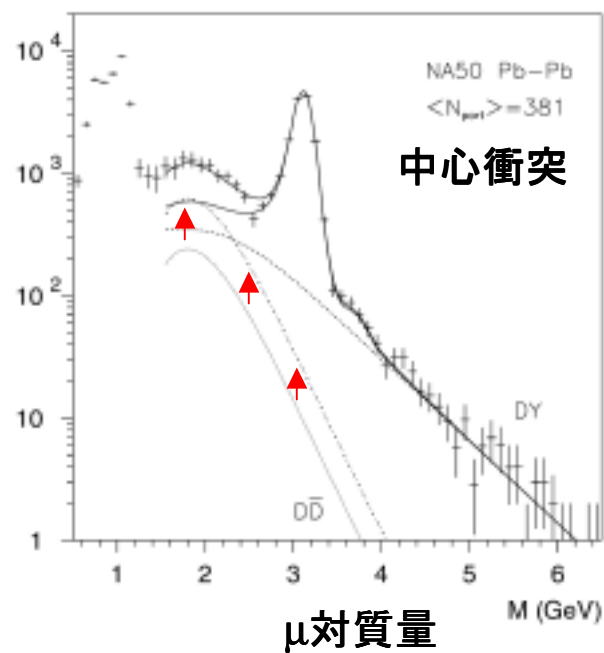


KEK-PS 12GeV p+A

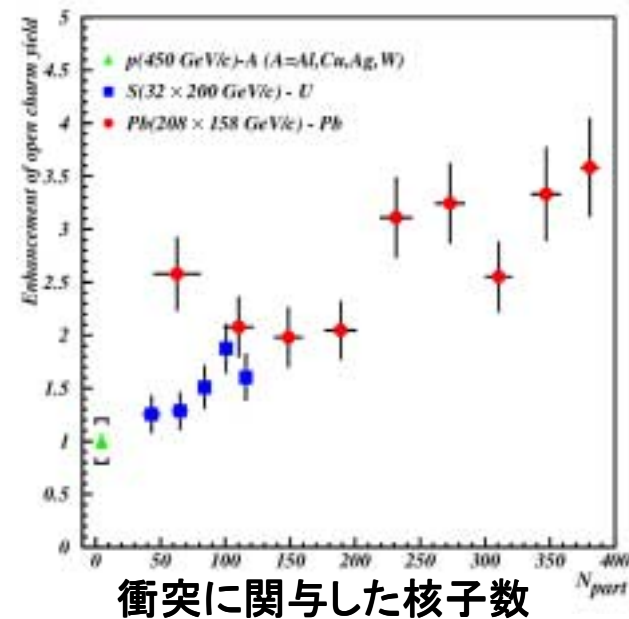




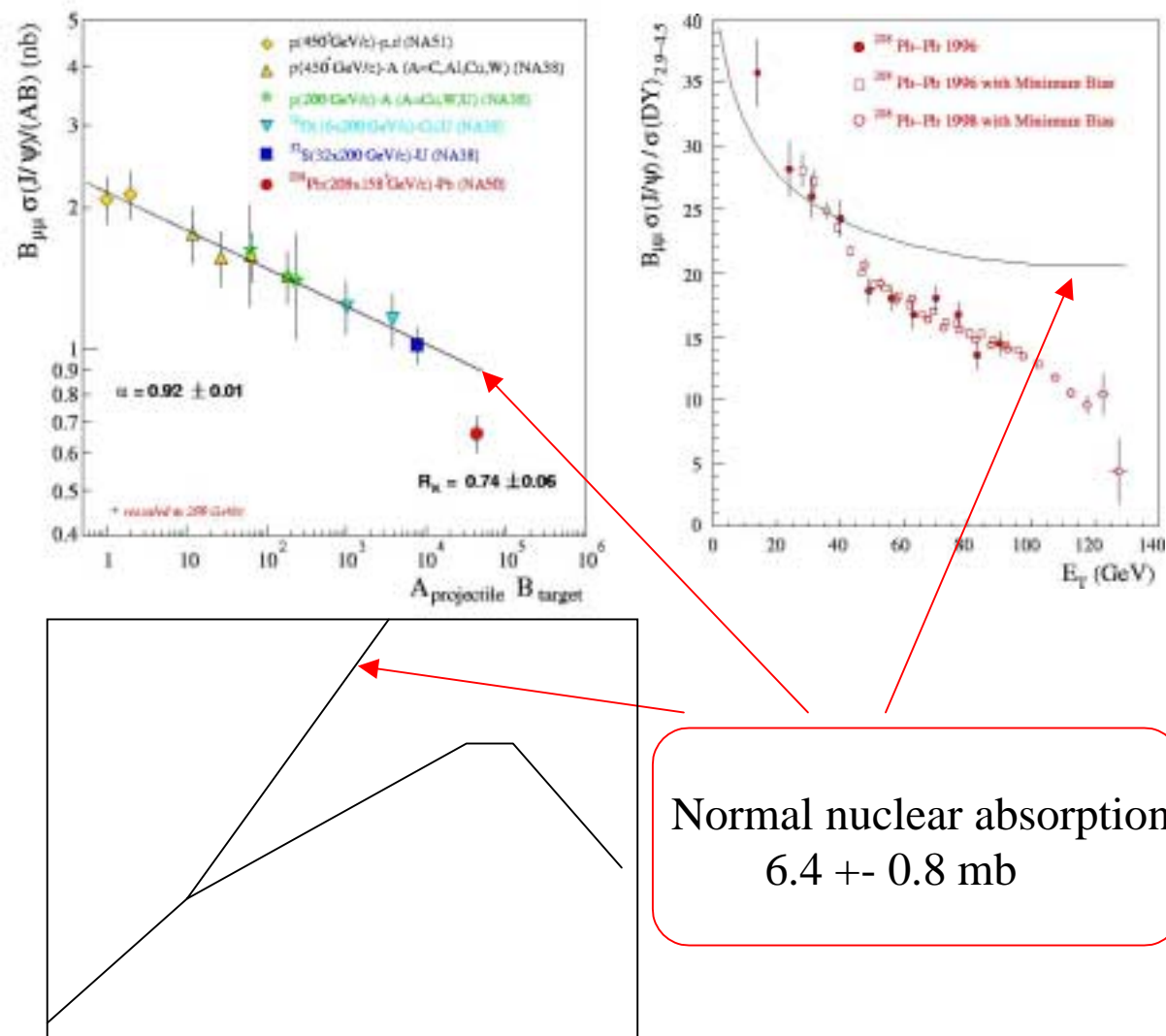
チャームクォークの増量、
 それとも
 熱的ミューオン対の増量？



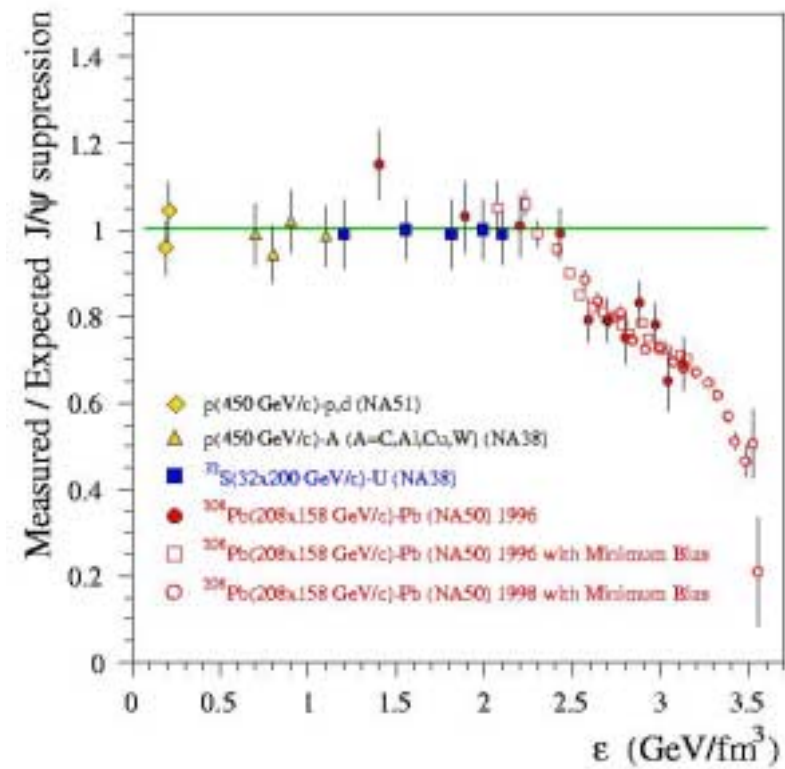
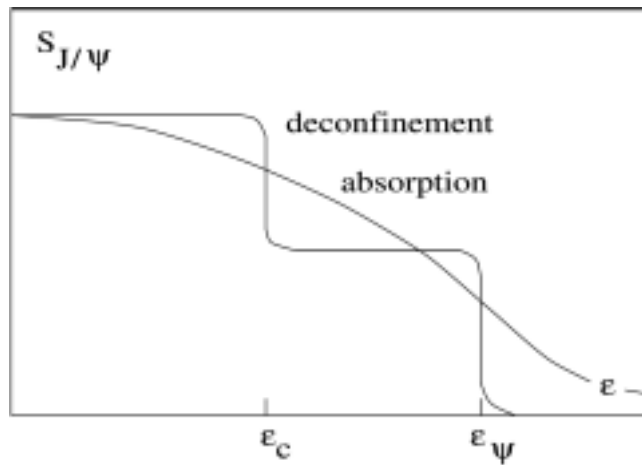
チャームのp-Aに対する生成比



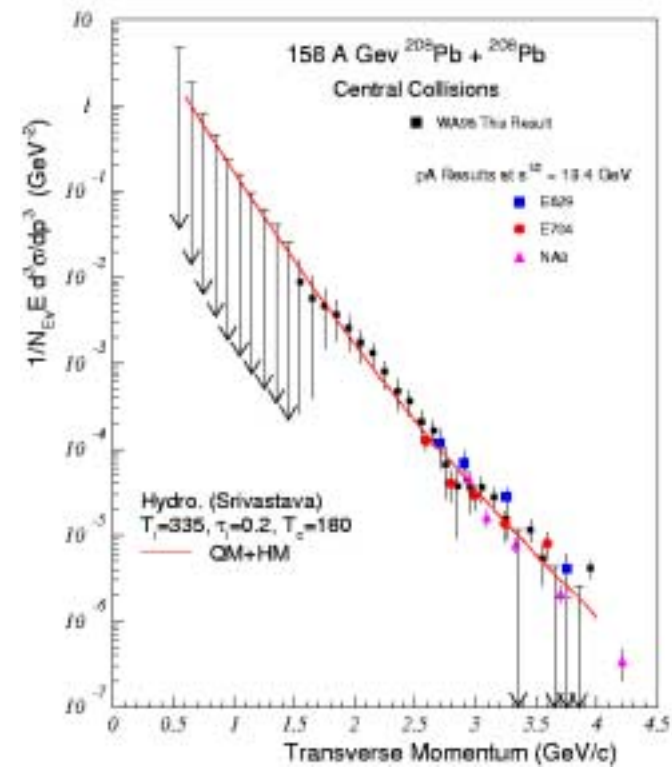
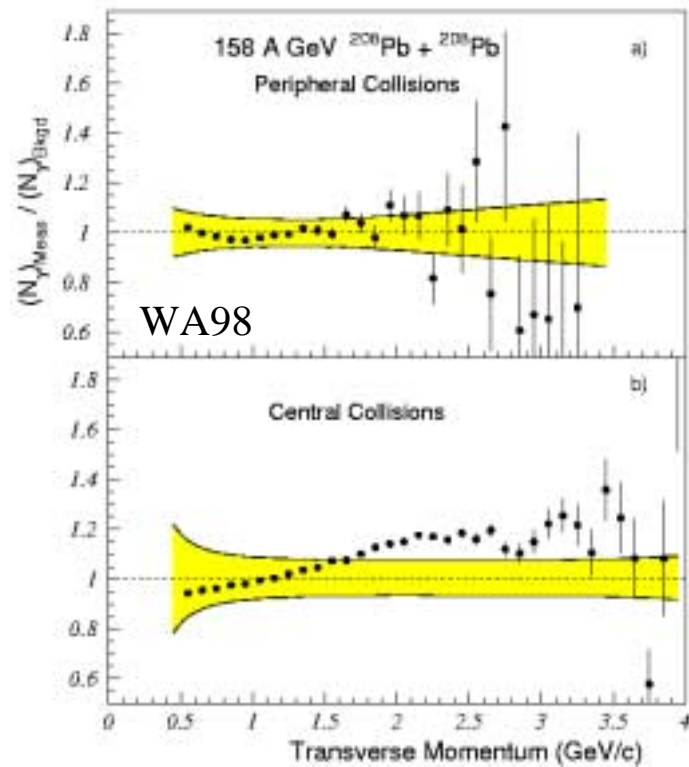
通常の核吸収から更にJ/ψの減少



J/ψの減少の閾値的振る舞い



QGP相から直接放出される熱光子



まとめ

- 1) エネルギー密度は予想される相転移には十分
- 2) ストレンジ粒子の増加
- 3) 化学平衡の温度は相転移温度とほぼ同じ
- 4) 局所的熱平衡と集団運動的膨張
- 5) 低質量電子対の $[2\pi-\rho/\omega]$ 領域での増加
- 6) J/ψ の減少とその閾值的振る舞い
- 7) 熱光子の生成



クォーク、グルーオン、プラズマ (QGP) ?