物理学コロキウム第一　2002.7.4

Charmonium Production in Pb-Pb Interactions at 158 GeV/c per Nucleon

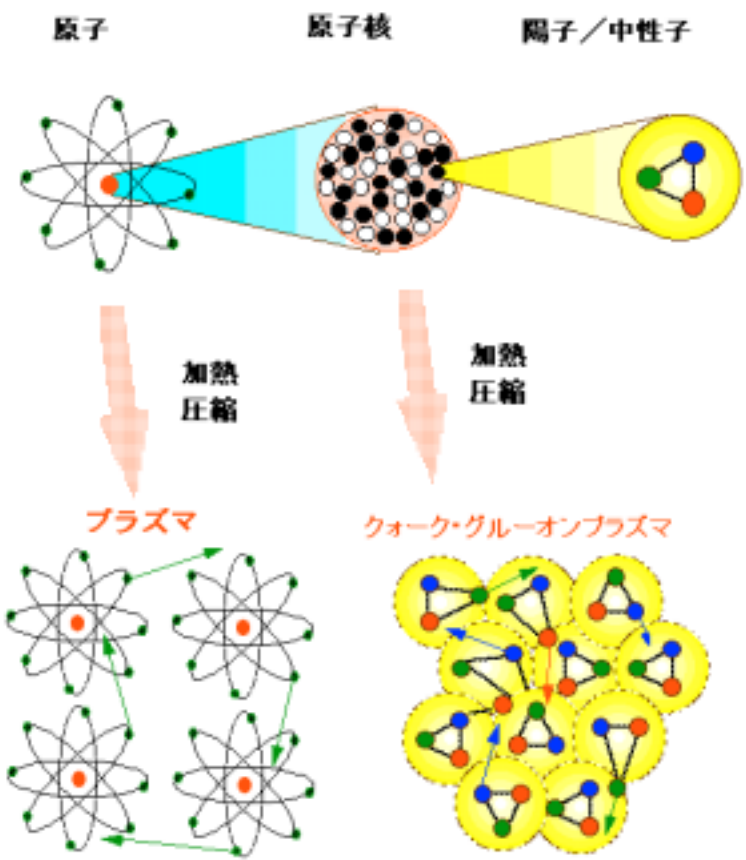
[内容]
1. 実験の背景
2. 実験内容
3. 装置
4. 測定結果
5. まとめ

M.C. Abreu et al.
(NA50 Collaboration)
Nucl. Phys. A 638 (1998) 261c-278c

柴田研究室
99-0711-5　稼農　広樹

1.実験の背景

通常、核子や中間子の中のクォークは強い相互作用によって束縛されており、単独で取り出されることはない（クォークの閉じ込め）



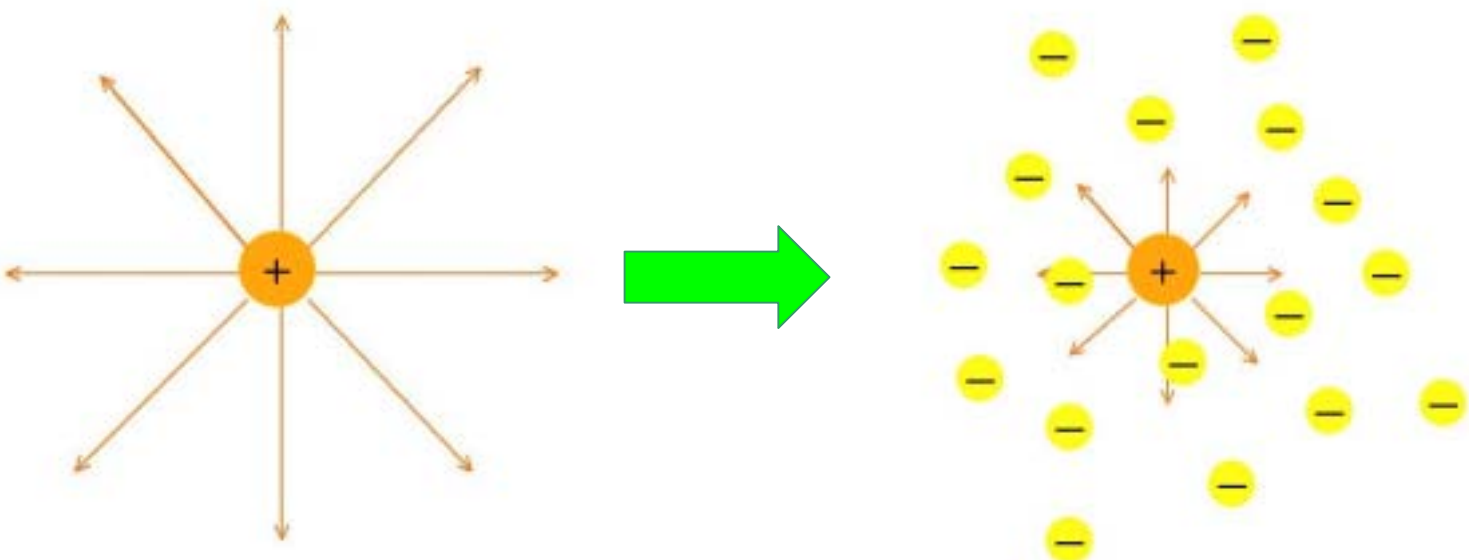
核子の密度が高い状態（通常の10倍）や温度が高い場合（~200MeV以上）、クォークが核子や中間子への閉じ込めから開放され、クォークとグルーオンが自由に動き回れるようになる

QGP (quark-gluon plasma)

QGP生成のてがかり

デバイ遮蔽効果(Debye screening mechanism)

プラズマ中に正電荷を持ち込んで静電ポテンシャルをつくると、プラズマ中の電子が集まって、正電荷の作る静電ポテンシャルを打ち消すように振る舞い、プラズマの温度と密度で決まる半径（デバイ半径）以上に電荷の作用が到達しなくなる



QGPにおいても同様な現象が起こると提案

(T. Matsui and H. Satz ; Phys. Lett. B 178 (1986) 416)

J/ψ粒子のデバイ遮蔽効果を使い、QGPの有無を調べることができる

J/ψ粒子：チャーム・反チャームクォークの束縛状態（charmonium）
クォーク・反クォーク間の強い相互作用により粒子が保持されている

J/ψ粒子がQGPの中を通ると…

↓

デバイ遮蔽効果により、クォークの色電荷が打ち消され、
J/ψ粒子が壊れる

衝突において生成されたJ/ψ粒子がQGPを通り抜けてくる場合、収量が通常のハドロン媒質を通過する場合に比べ減少する、と予想される

2. 実験内容

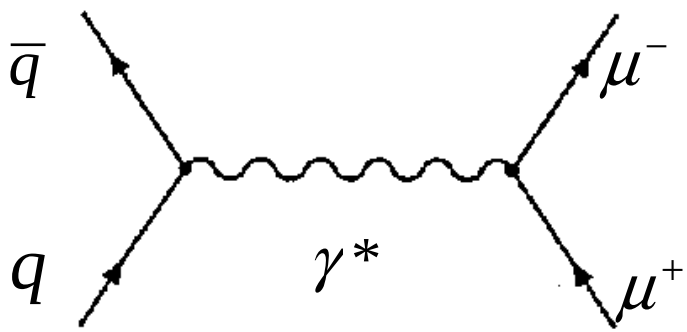
CERN-SPS加速器において、Pb-Pb衝突(核子あたり158GeV/c)で
J/ψ粒子が $\mu^+\mu^-$ 対に崩壊する過程を使い、J/ψ粒子の収量を測定

$$J/\psi \rightarrow \mu^- + \mu^+$$

(分岐比 :$6.9 \pm 0.9\%$)

Drell-Yan 過程からの$\mu^+\mu^-$対についても測定 (規格化のため)

$$q + \bar{q} \rightarrow \gamma^* \rightarrow \mu^- + \mu^+$$



通常のハドロン媒質でのJ/ψ粒子の収量

これまでの衝突実験におけるJ/ψ粒子とDrell-Yan連続領域の収量比

$$\frac{B\sigma_{J/\psi}}{\sigma_{DY}} = \exp(-\rho\sigma_{abs}L)$$

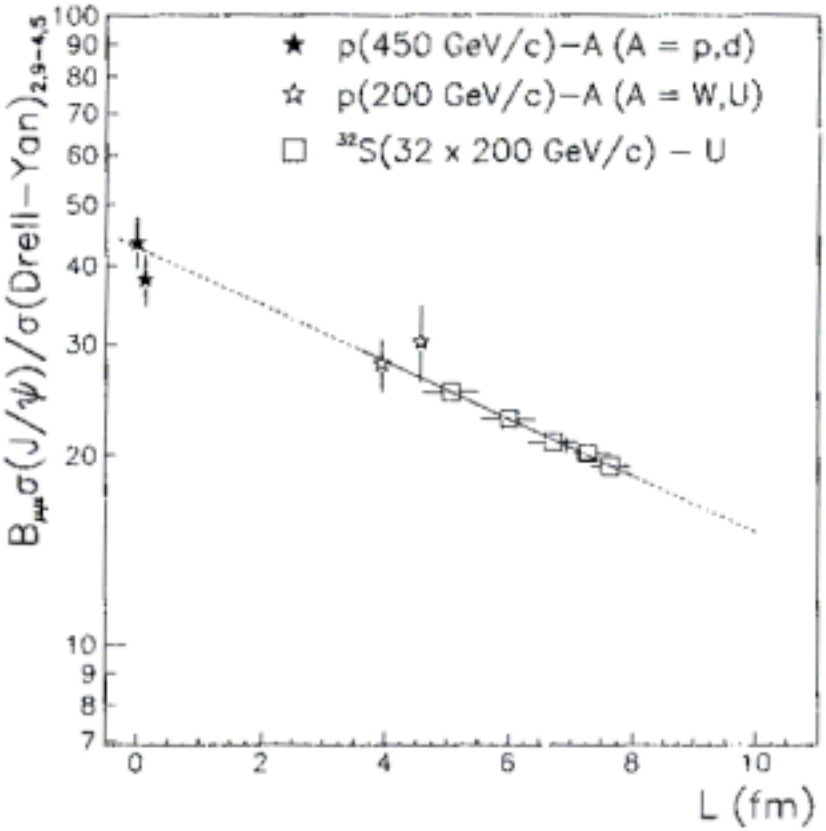
B　: 分岐比

ρ　:ハドロン媒質の平均密度

σ_{abs} :J/ψ粒子のハドロン媒質での吸収断面積

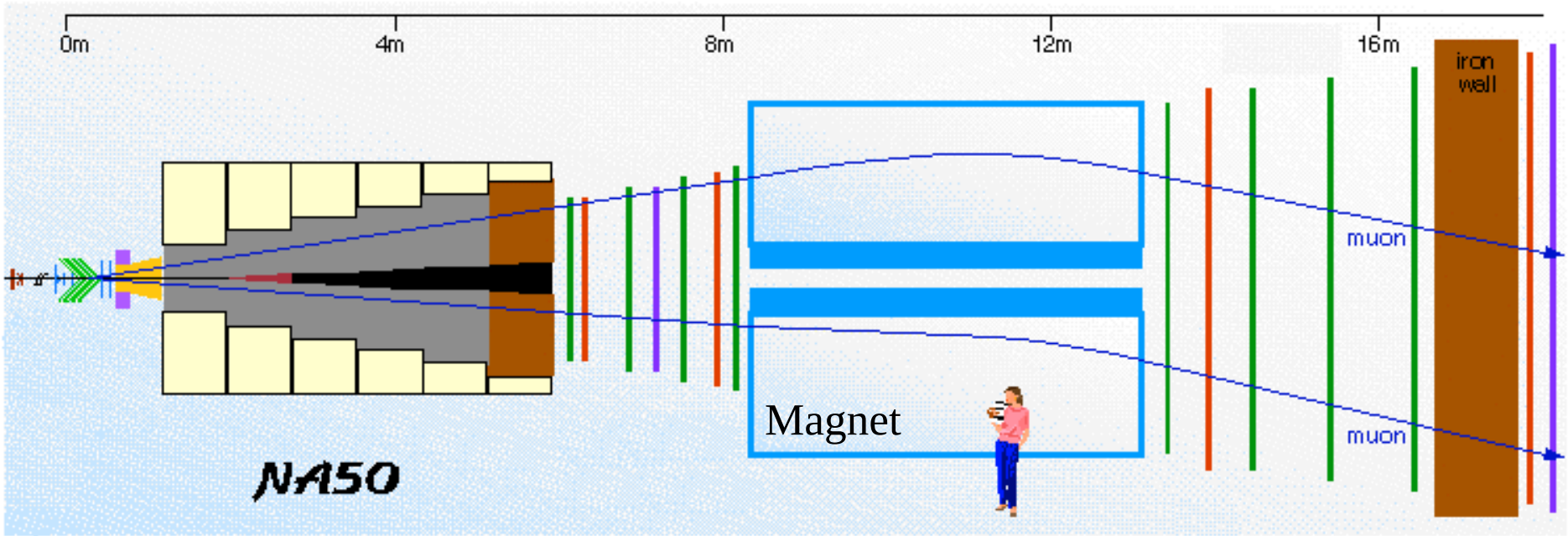
L　:衝突実効長
(J/ψ粒子が通り抜けるハドロン媒質の長さ)

・J/ψ粒子がハドロン媒質との2次衝突により失われた



Pb-Pb衝突において、この線からのずれを探す

3. 装置



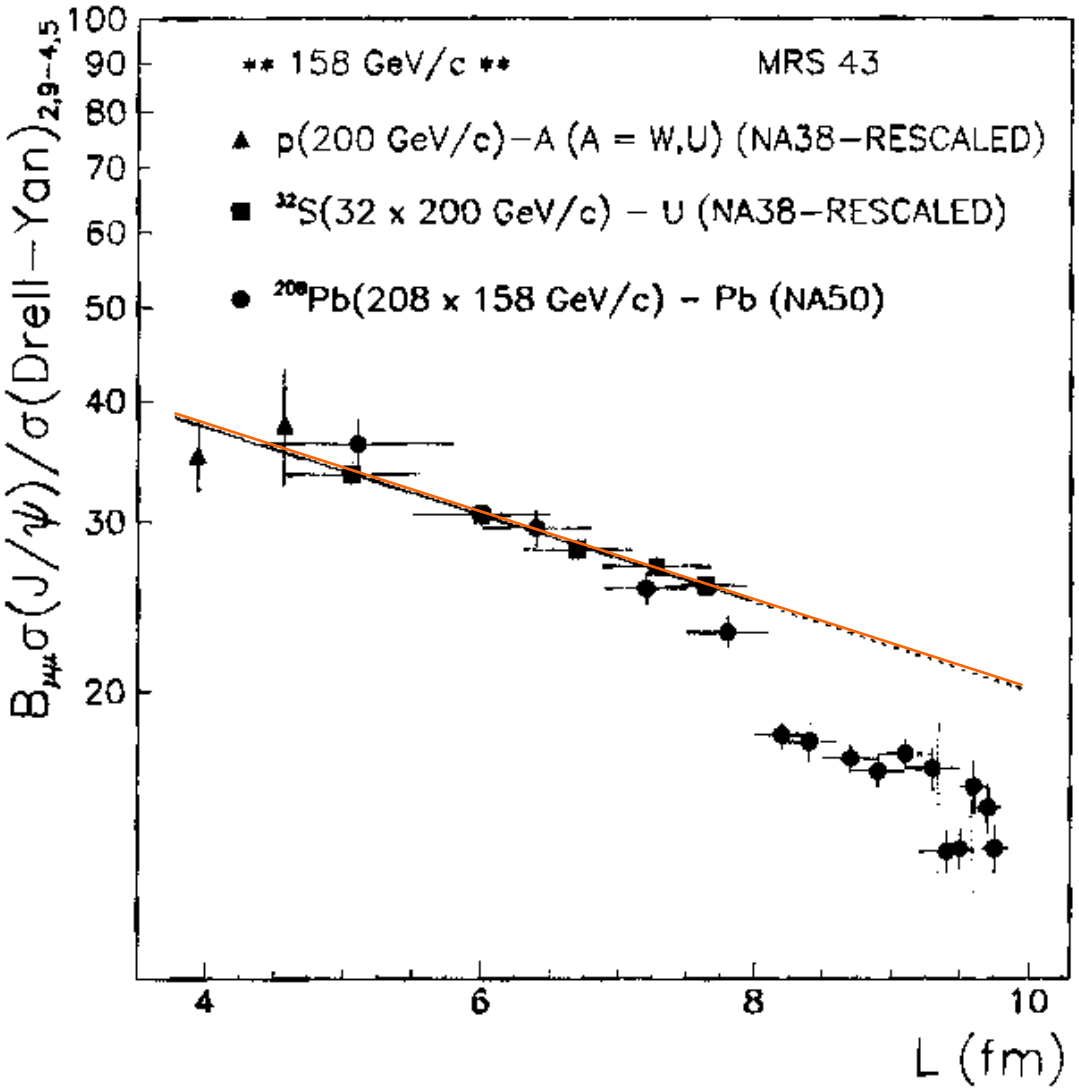
ここで衝突で生成した
ハドロンを吸収

ミューオンの飛跡を測定
“Muon Spectrometer”

標的

4. 測定結果

Pb-Pb衝突におけるJ/ψ粒子の収量



・Lが小さい部分では
ハドロン媒質での吸収
による線に一致

・ $L \cong 8\,\mathrm{fm}$ からするどく減少

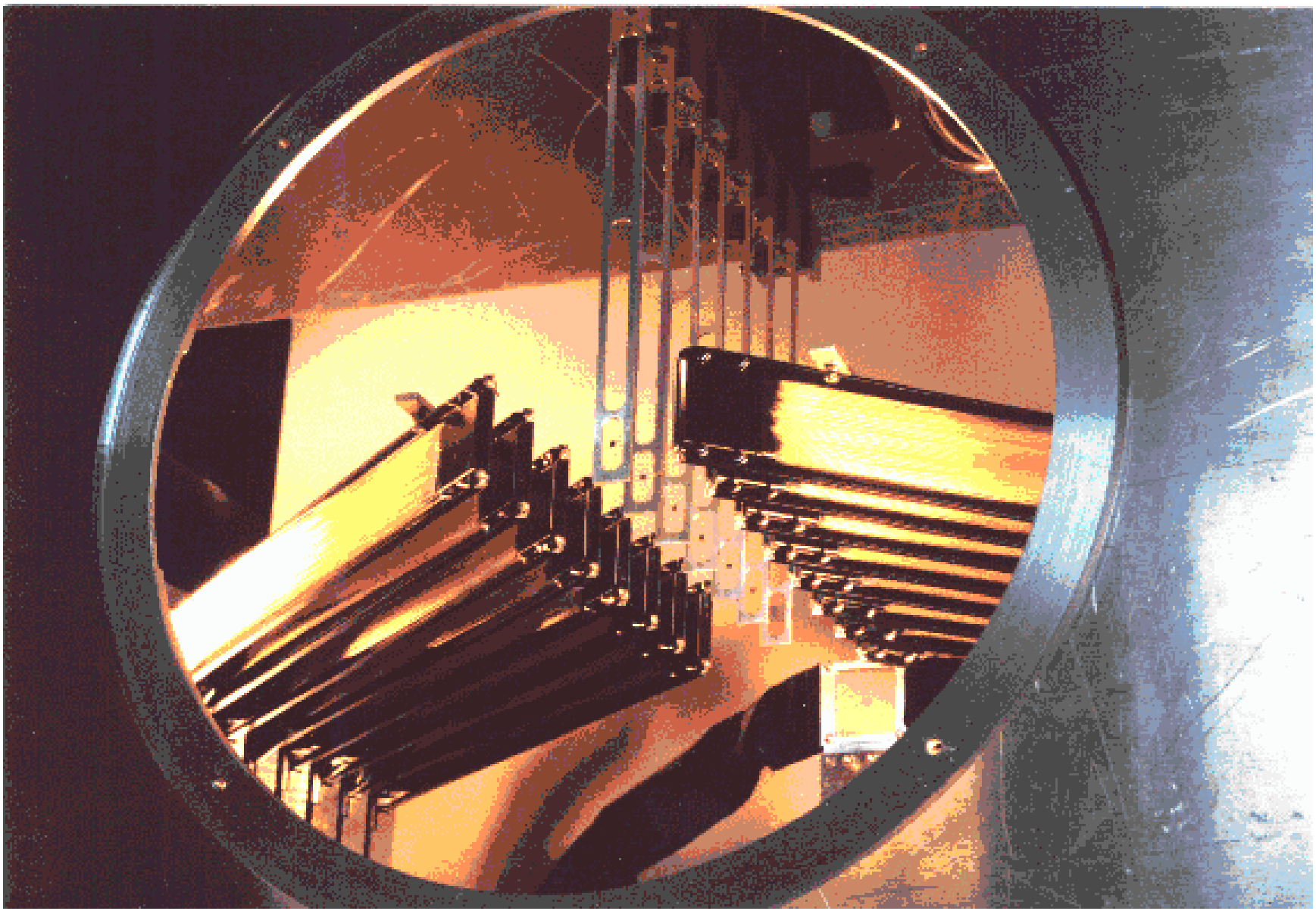
原子量 W:183.8 U:238.09 Pb:207.2)

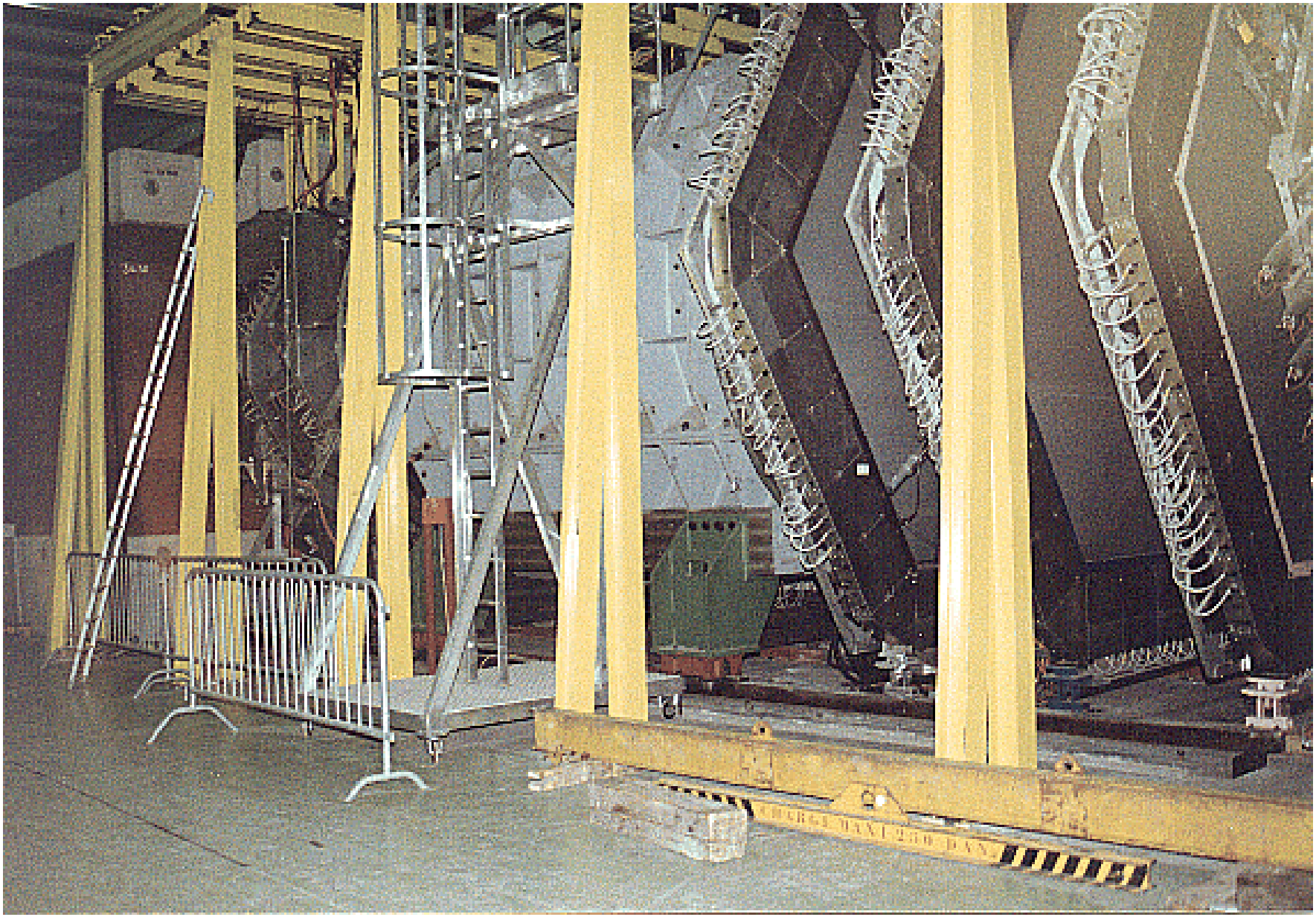
5．まとめ

CERN-SPS加速器において、$\mu^+\mu^-$対を使いPb-Pb衝突での
J/ψ粒子とDrell-Yan連続領域の収量を測定

J/ψ粒子とDrell-Yan連続領域の収量比は、衝突実効長Lが小さい部分ではハドロン媒質による吸収モデルに一致しているが、
Lが大きい部分では大きく減少している

→ QGP相が形成され、デバイ遮蔽効果によって
J/ψ粒子の収量が減少したのではないか



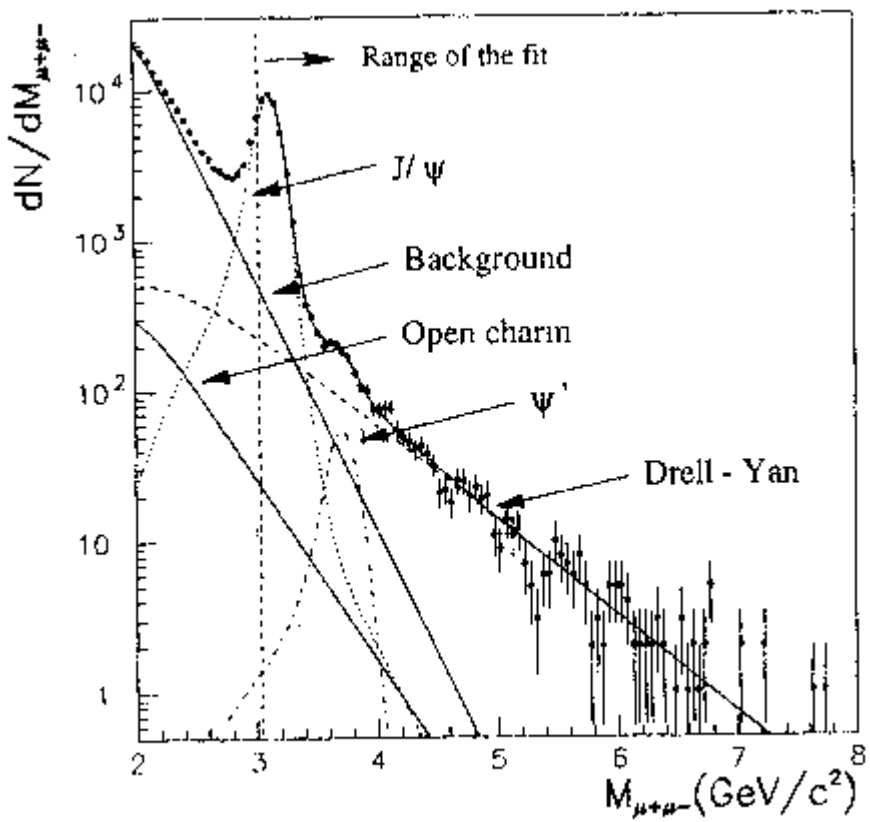


補足～解析の手法

実験から得られた$\mu^+\mu^-$の質量分布(右下図)

$$\frac{dN^{+-}}{dM} = A_{J/\psi}\cdot\frac{dN^{J/\psi}}{dM} + A_{\psi'}\cdot\frac{dN^{\psi'}}{dM} + A_{DY}\cdot\frac{dN^{DY}}{dM} + \frac{dN^{D\bar{D}}}{dM} + \frac{dN^{bg}}{dM}$$

第一項：J/**ψ**
第二項：**ψ'**
第三項：Drell-Yan**連続領域**
第四項：Open Charm
(c**を含む中間子の生成からの寄与**)
第五項：Background
(**π**・K**中間子からの崩壊**)



MonteCarlo**法によるシュミレーションによって各質量分布の形を計算し、係数はフィットして決定**

(J/ψ粒子の質量 $\cong$ 3.097GeV)

補足～解析の手法

σ_{DY} の補正

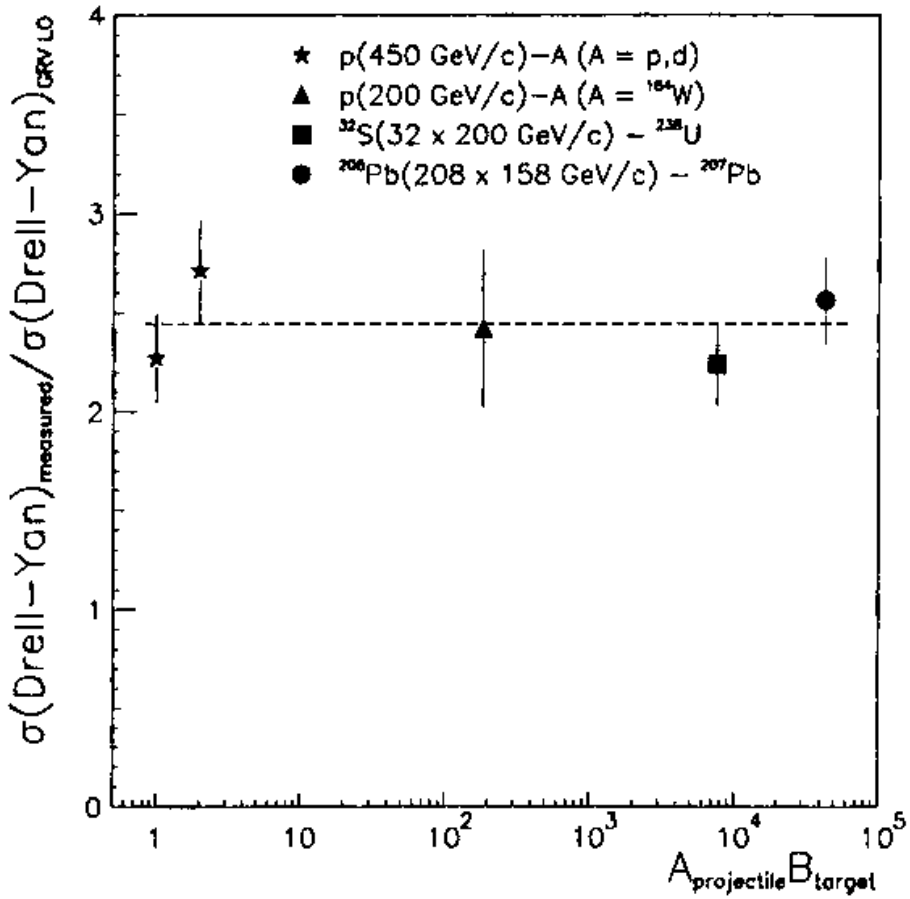
$$\sigma_{DY}^{AB}(corr.) = \sigma_{DY}^{AB}(meas.) \times \frac{AB\sigma_{DY}^{pp}(LO)}{\sigma_{DY}^{AB}(LO)}$$

A：入射粒子の質量数
B：標的粒子の質量数

$$\frac{\sigma_{DY}^{AB}(meas.)}{\sigma_{DY}^{AB}(LO)}$$ (Drell-Yan K-factor)

がABによらず一定

➡ σ_{DY} がABに比例



$\frac{B\sigma_{J/\psi}}{\sigma_{DY}}$: 核子-核子衝突当たりのJ/ψ粒子の収量