

Study of Quark-Gluon Plasma Phase with Lattice Gauge Theory

名古屋大学

野中 千穂

LQGPコラボレーション

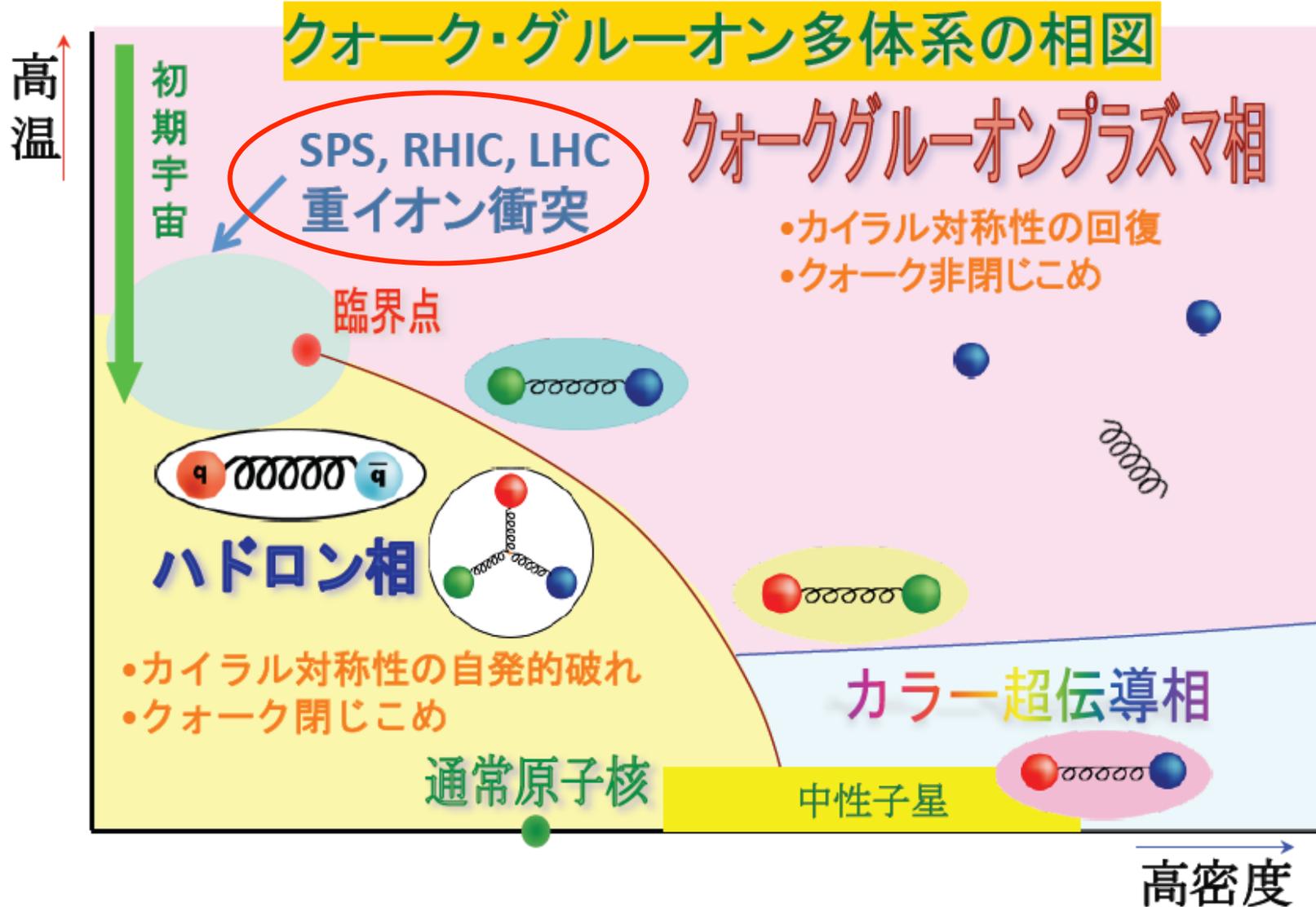
浅川正之(阪大)

北沢正清(阪大)

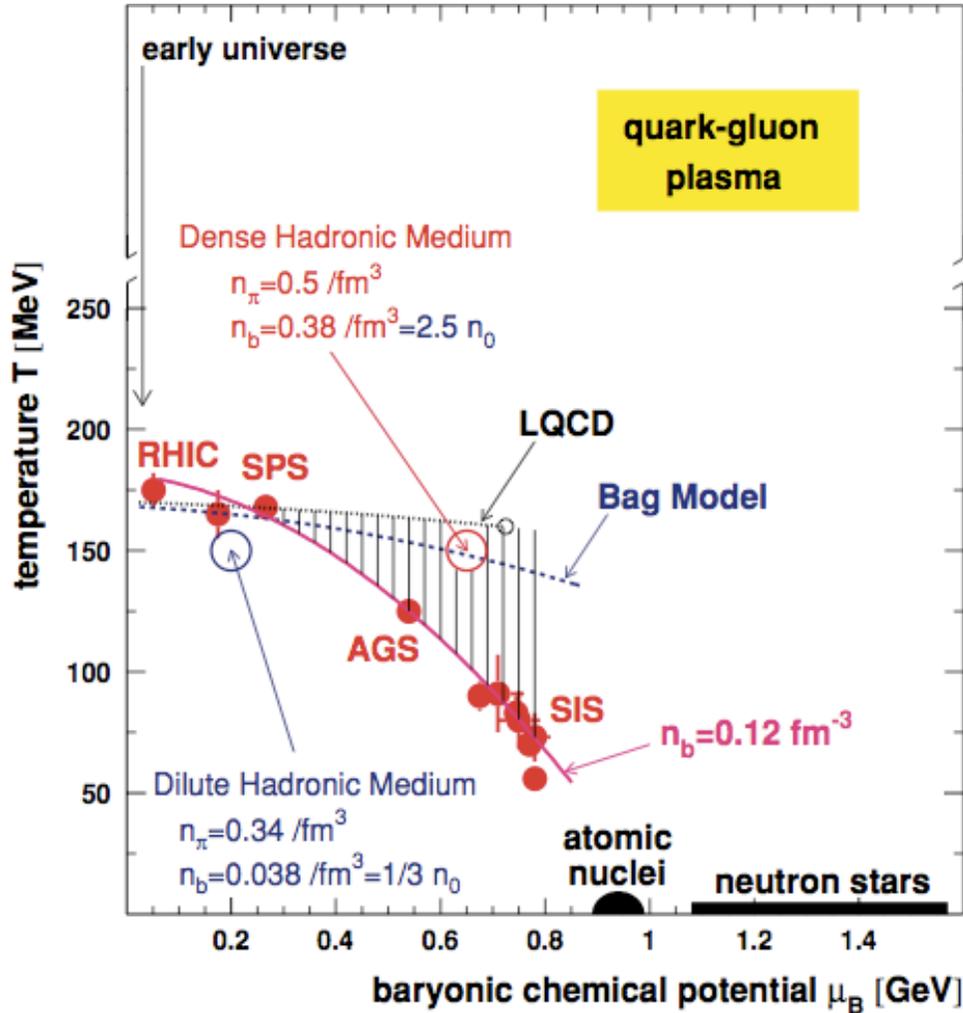
第5回「計算科学による新たな知の発見・統合点創出」シンポジウム

May 15, 2009@計算科学研究センター

QCD相図



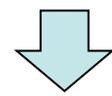
重イオン衝突実験



現在のエネルギーフロンティア



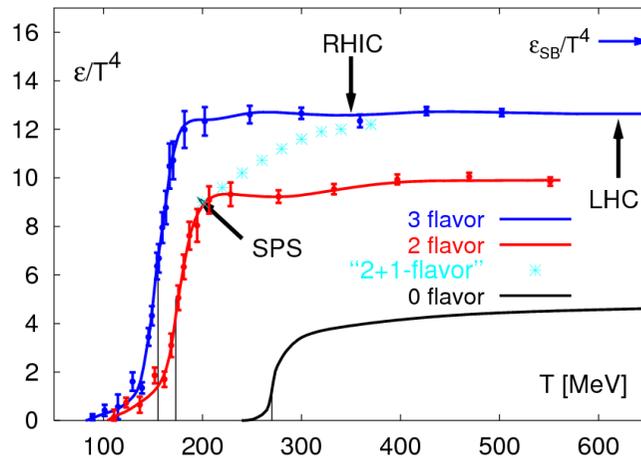
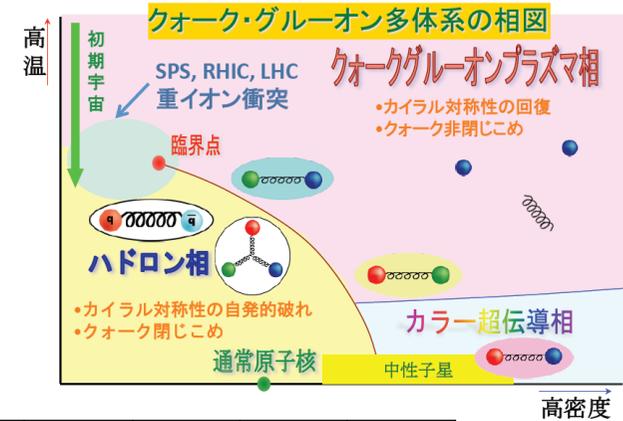
強結合QGP状態の生成
 相対論的流体模型の成功
 リコンビネーション模型の成功



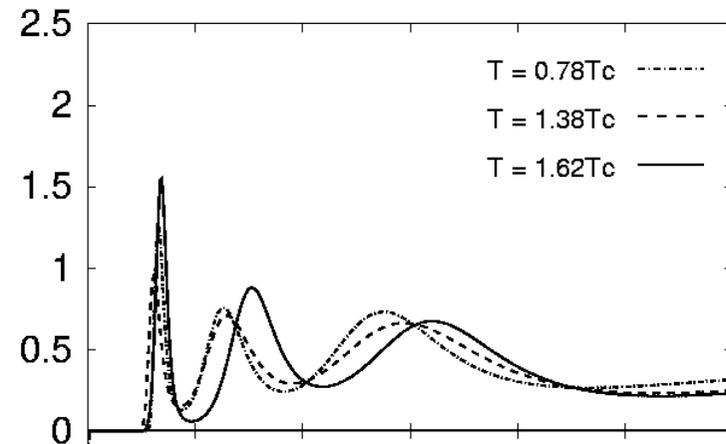
粘性効果？
 粒子相関や集団運動？

有限温度格子QCD

- QCDの非摂動領域を第一原理計算で探る
現在唯一の手段
- 重イオン衝突実験物理への理論提言



状態方程式 Karsch et al.
流体描像へ



J/ψ 粒子のスペクトル関数 Asakawa et al.
粒子相関へ

格子QCD: QGP物性を探る強力な数値実験

第一原理からのQGP研究

RHICでの成果

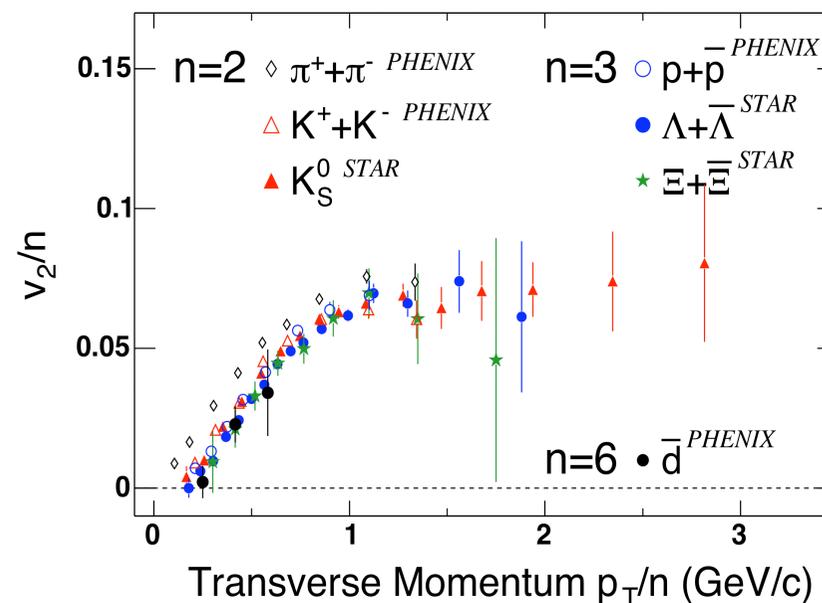
強結合QGP状態の生成

QGPは完全流体？

リコンビネーション模型の成功

実験理解への理論提言

- QGP相の熱力学的性質
 - 輸送係数
- QGP相を構成する基本的自由度
 - クォークとグルーオン
 - メソンの励起状態
 - ダイクォーク



第一原理からのQGP研究

RHICでの成果

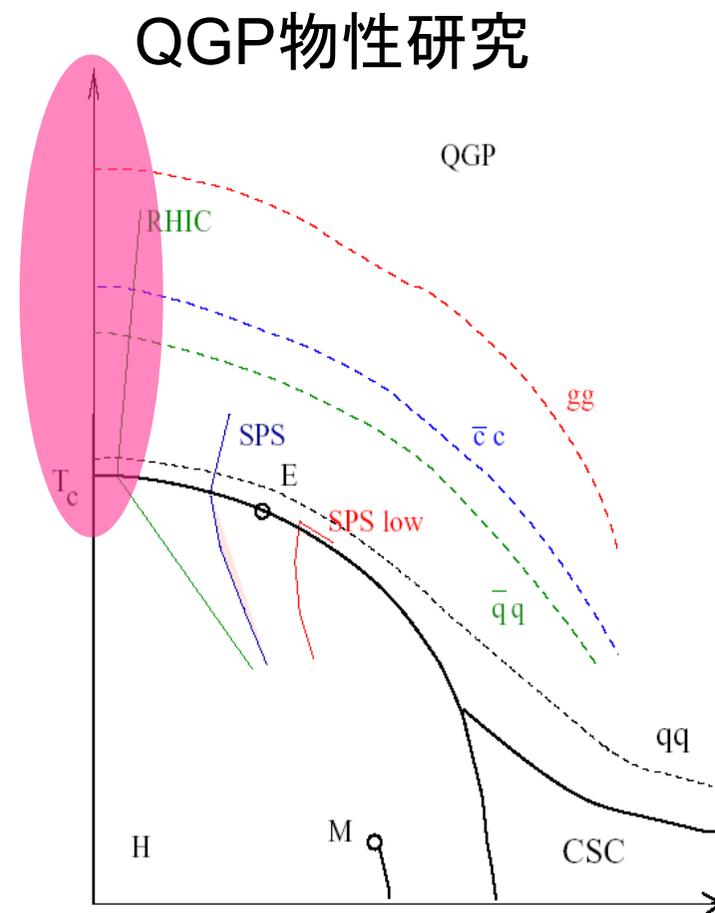
強結合QGP状態の生成

QGPは完全流体？

リコンビネーション模型の成功

実験理解への理論提言

- QGP相の熱力学的性質
 - 輸送係数
- QGP相を構成する基本的自由度
 - クォークとグルーオン
 - メソンの励起状態
 - ダイクォーク



Shuryak@QM2004

輸送係数測定への試み

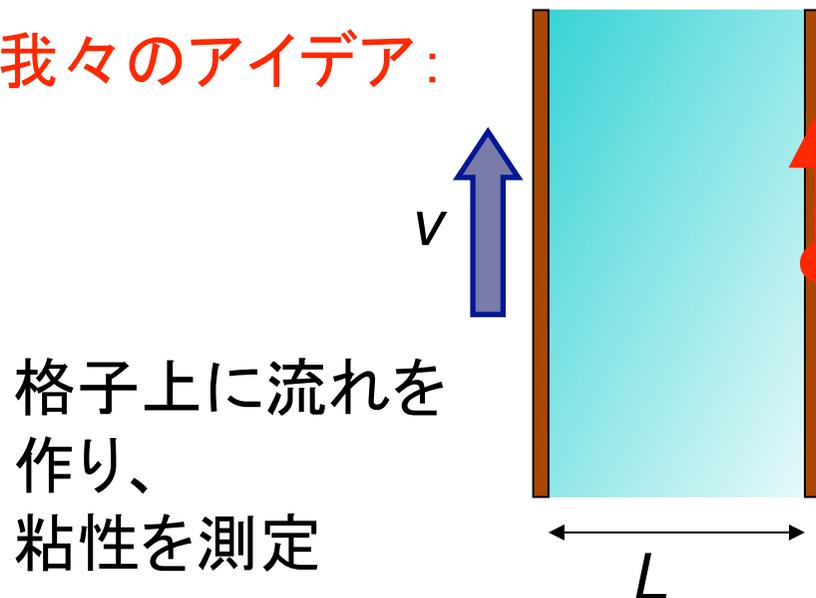
- QGPは完全流体？

- 粘性効果への興味が高まっている。
- 格子QCDによる測定の難しさ Nakamura, Sakai (1997,2004), Meyer(2007,2008)
 - Kubo formula: 解析接続？
 - 空間方向のサイズが十分にとれているか。

$$\eta = \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{1}{\omega} \rho_{12,12}(\omega, \mathbf{0})$$

$$\int d^3x C(\mathbf{x}, \tau) = \int d\omega K(\omega, \tau) \rho(\omega)$$

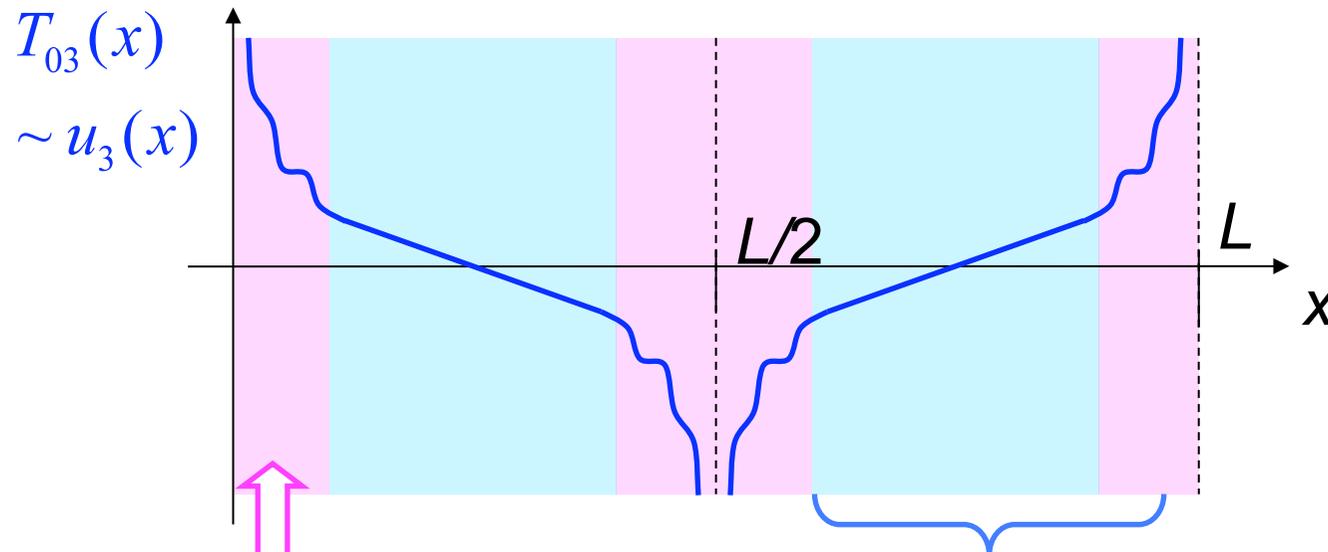
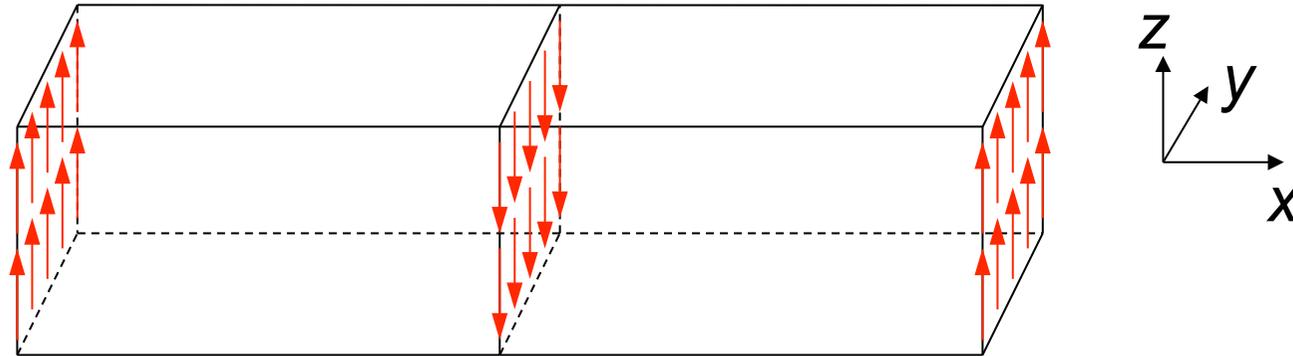
我々のアイデア:



$$\frac{F}{A} = \eta \frac{v}{L}$$
$$\eta = \frac{FL}{vA}$$

北沢がLattice08で成果発表

輸送係数測定にむけて



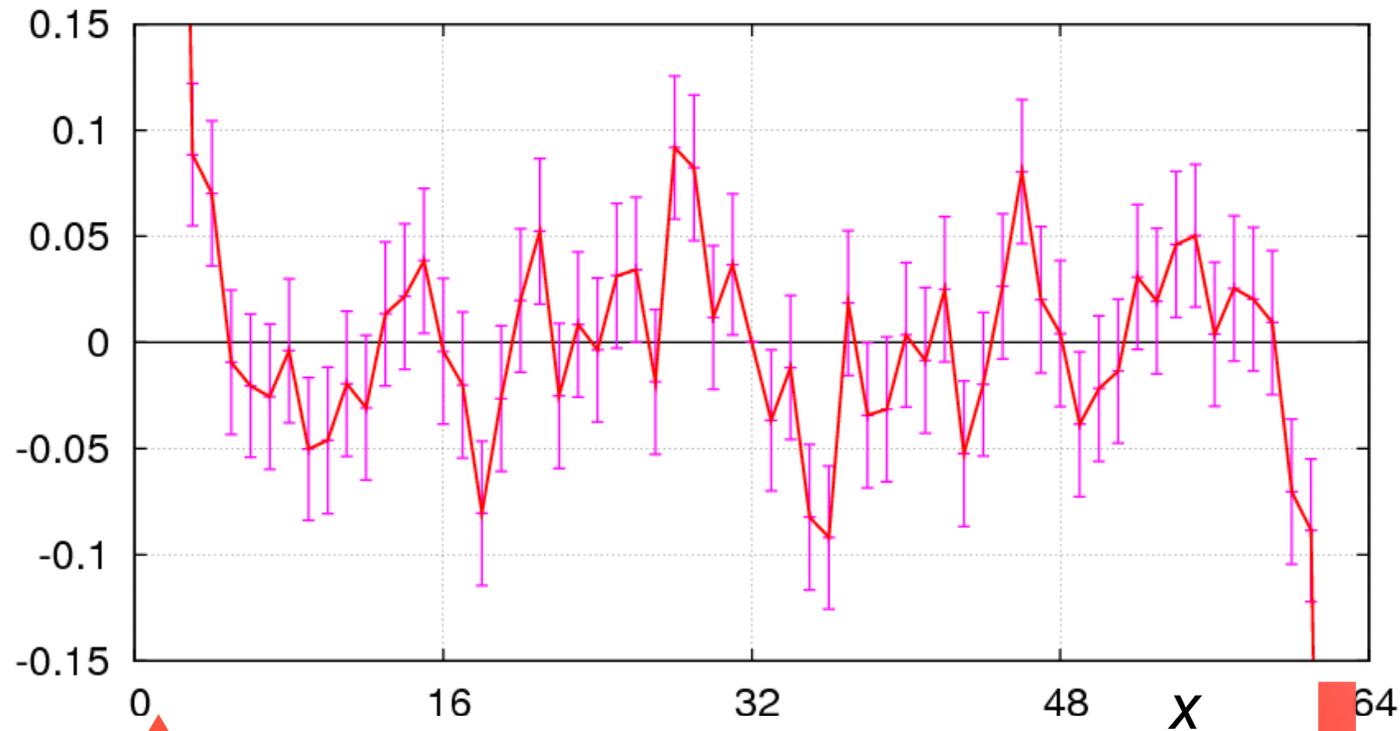
Microscopic dynamics governs short rang behavior.

The hydro. mode forming the linear behavior will survive at long range.

Numerical Results

- Standard plaquette action, $b=6.499$
 $128 \times 32^2 \times 6$ $N_{\text{conf}} \sim 27\text{k}$

$$T_{03}^{(3)}(x)$$



↑ source

現在さらなる研究が続行中

↓
L/2

メソンの励起状態

- J/ψ suppression : QGP生成のクリアなシグナル
Matsui, Satz(1986), Hashimoto et. al (1986)

– Ex. ポテンシャル模型

$$V(r) = \sigma r - \frac{\alpha_{\text{eff}}}{r}$$



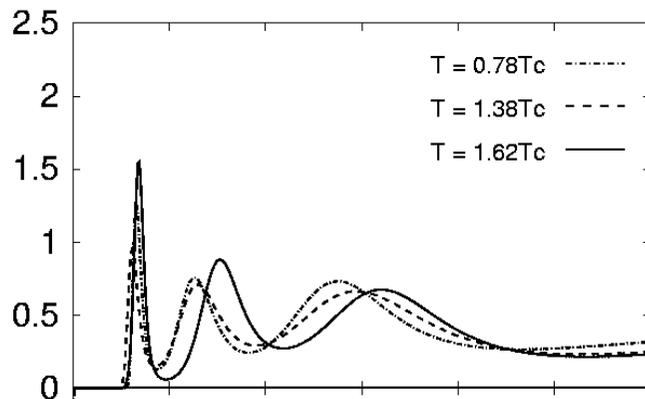
QGP相

$$V_D(r) = -\frac{\alpha_{\text{eff}}}{r} \exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right)$$

T ~ 1.2T_c: J/ψは生成不可

- チャーモニウムが臨界点温度以上でも存在？

Asakawa, Hatsuda(04)



チャーモニウム

- 我々のアプローチ
 - 有限運動量への拡張
 - 大きな格子での再解析
- 計算パラメータ
 - Standard plaquette action, quench 近似
 - 格子サイズ $32^3 \times Nt$
 - 非等方格子をサイズを採用: $\beta=7.0, \xi=4.0$
 - Wilson fermion
- 解析方法
 - メソン相関数を計算
$$C(t) = \sum \langle O_{\Gamma}(\vec{x}, t) O_{\Gamma}^{\dagger}(\vec{0}, 0) \rangle \quad O_{\Gamma}(\vec{x}, t) = \bar{q}(\vec{x}, t) \Gamma q(\vec{x}, t)$$
 - 最大エントロピー法 (MEM) Nakahara, Asakawa, Hatsuda

まとめ

重イオン衝突実験の第一原理からの理論提言を目指す

- QGP相の熱力学的性質
 - 輸送係数
 - レプトン対生成レート
 - 実験で直接観測可能な量
 - 格子QCDによる解析はまだ不十分
- QGP相を構成する基本的自由度
 - メソンの励起状態: チャーモニウム
 - 有限運動量への拡張、大きな格子サイズ
 - クォーク、グルーオン
 - ダイクォーク

現在計算中