

格子ゲージ理論を用いた
クォーク・グルーオン・プラズマ相の研究
—高エネルギー重イオン衝突における
チャーモニウム

LQGP コラボレーション

浅川正之^a、河野泰宏^a、北沢正清^a、*野中千穂^b、星野武之^b

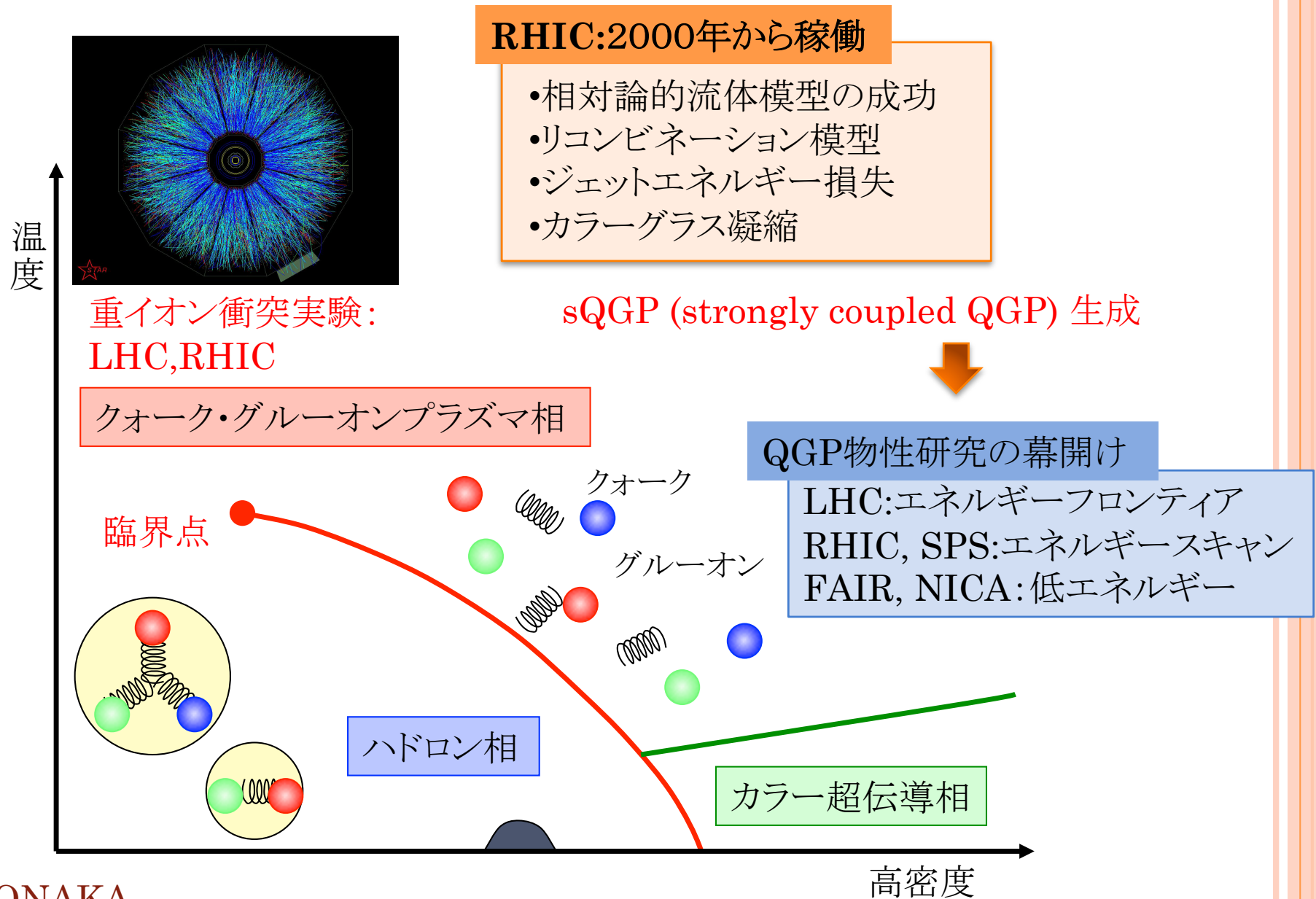
^a大阪大学、^b名古屋大学

クォーク・グルーオンプラズマ相の微視的理解へ

我々の目標: 格子ゲージ理論からのQGP物性研究

- クォーク、グルーオンの一粒子状態
- 相関
- 揺らぎ
- フォトン・レプトン対生成率

RHICでの新しいQGP状態の発見

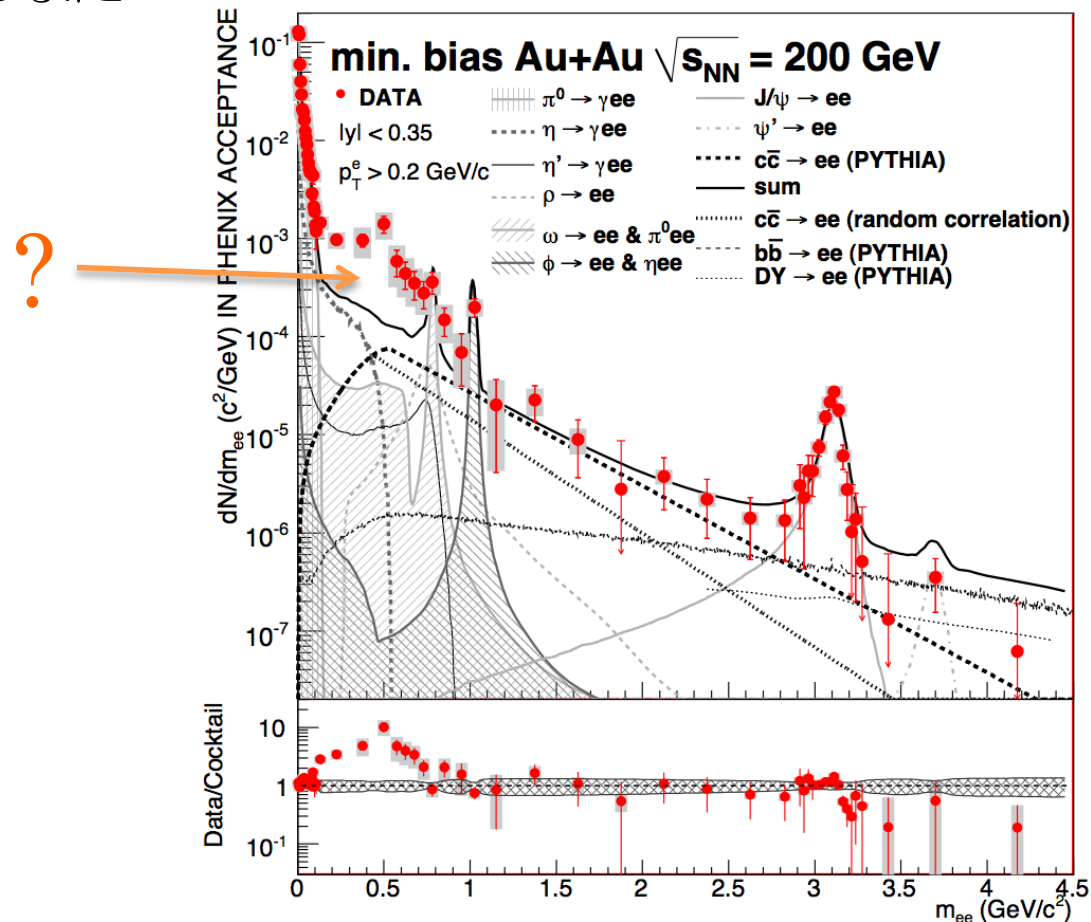


格子ゲージ理論からのQGP物性研究

○ RHICでの豊富な実験結果

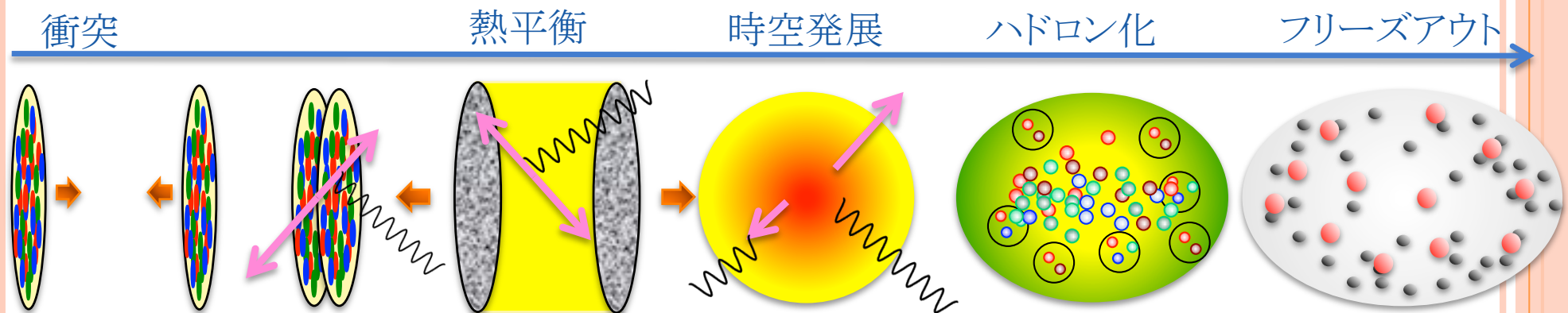
- チャーモニウム: J/ψ 抑制
- 光子・レプトン対
- 確固とした理解はまだ

PHENIX@RHIC



格子ゲージ理論からのQGP物性研究

- RHICでの豊富な実験結果
 - チャーモニウム: J/Ψ 抑制
 - 光子・レプトン対
 - 確固とした理解はまだ
- 現象論的モデルの必要性
 - 重イオン衝突のダイナミクス
 - 熱平衡へ、時空発展、ハドロン化、フリーズアウト



格子ゲージ理論からのQGP物性研究

- RHICでの豊富な実験結果
 - チャーモニウム: J/Ψ 抑制
 - 光子・レプトン対
 - 確固とした理解はまだ
- 現象論的モデルの必要性
 - 重イオン衝突のダイナミクス
 - 熱平衡へ、時空発展、ハドロン化、フリーズアウト
- 第一原理からの理解
 - 格子ゲージ理論
 - 第一原理計算、数値実験 ← 重イオン衝突実験と相補的
 - 現象論的モデルのインプット

現在の計算状況

- クエンチ近似: プラケット作用
- Wilson フェルミオン
- 非等方格子: $\xi = 4$
- 格子サイズ:
 $N_\sigma^3 \times N_\tau = 64^3 \times N_\tau$

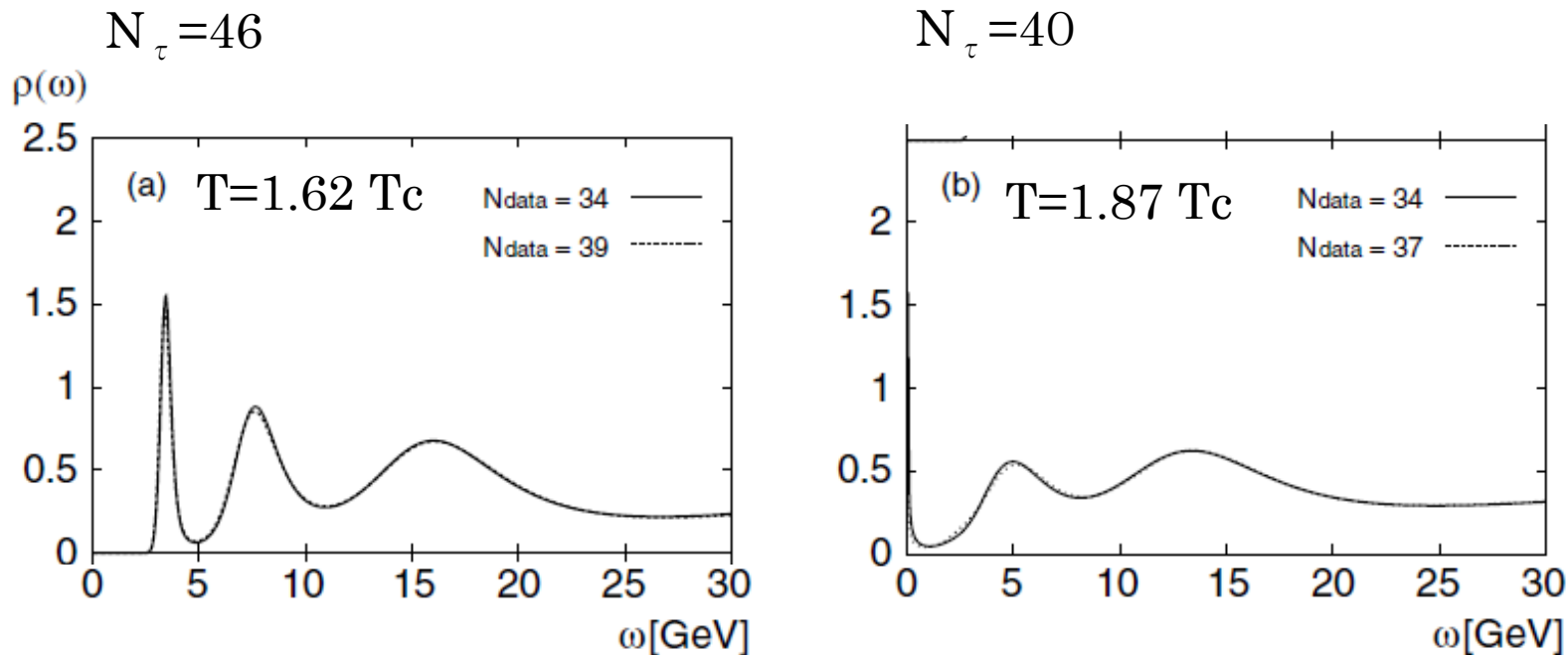
N_τ (T/Tc)	目標統計	終了 ゲージ配位	終了 相関関数
96 (0.78)	400	200	0
54 (1.38)	400	0	0
46 (1.62)	400	300	200
44	400	200	0
42	400	200	0
40 (1.87)	400	300	200
32 (2.33)	400	~50	0



これまでの研究成果

- 重イオン衝突でのJ/Ψ抑制の理解にむけて

$N_{\sigma}^3 \times N_{\tau} = 64^3 \times N_{\tau}, N_{\tau} = 40, 46$ の計算の一部終了



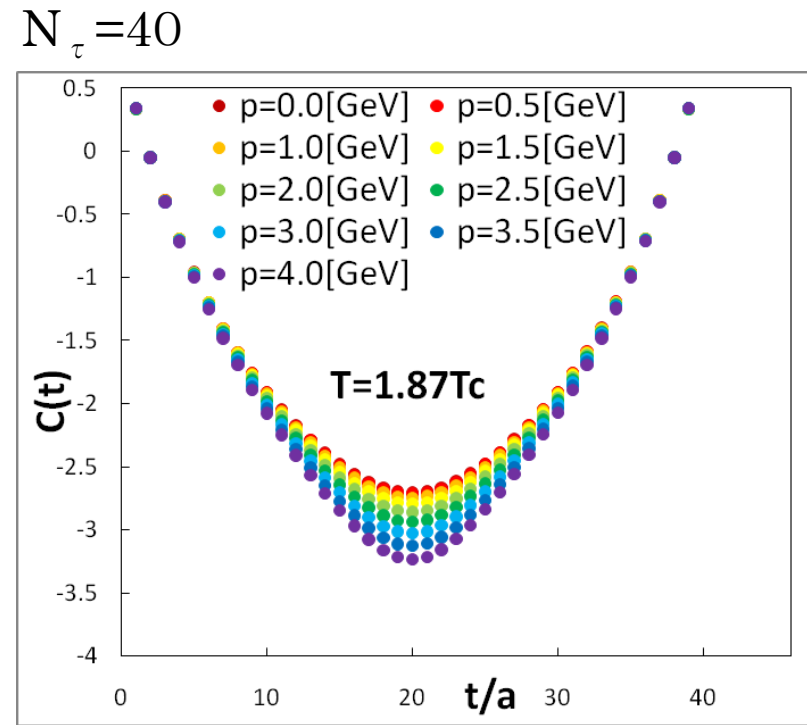
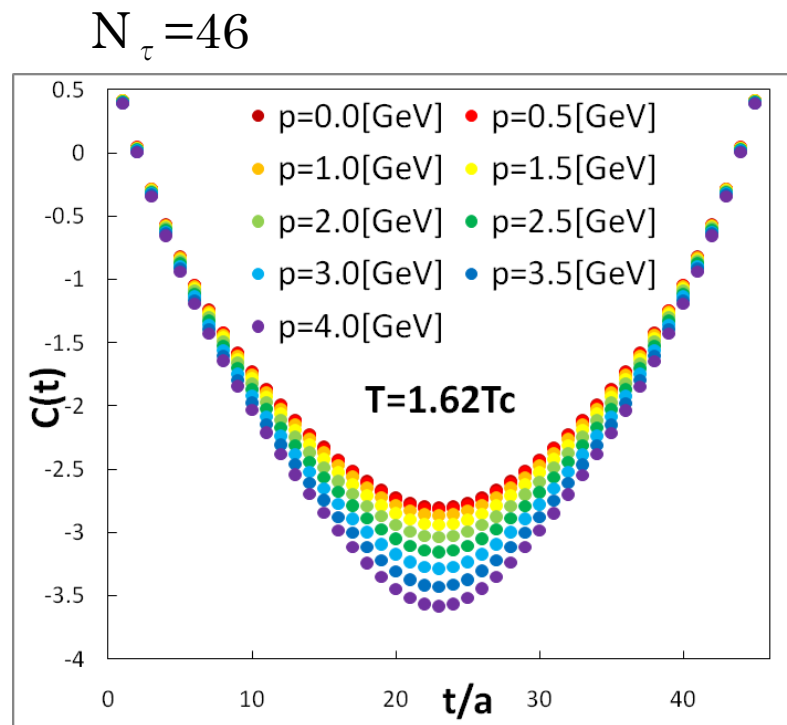
先行研究: Asakawa and Hatsuda, PRL92, 012001

$$N_{\sigma}^3 \times N_{\tau} = 32^3 \times N_{\tau}$$

重イオン衝突実験: ダイナミカルな系 → 有限運動量効果

研究成果

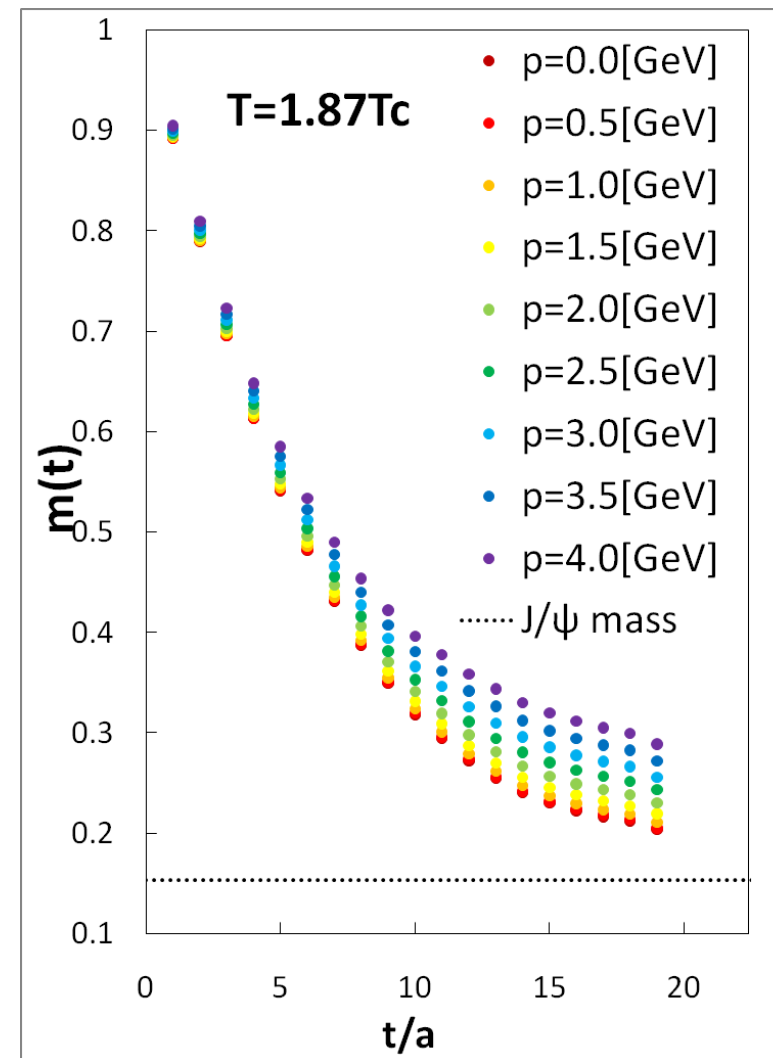
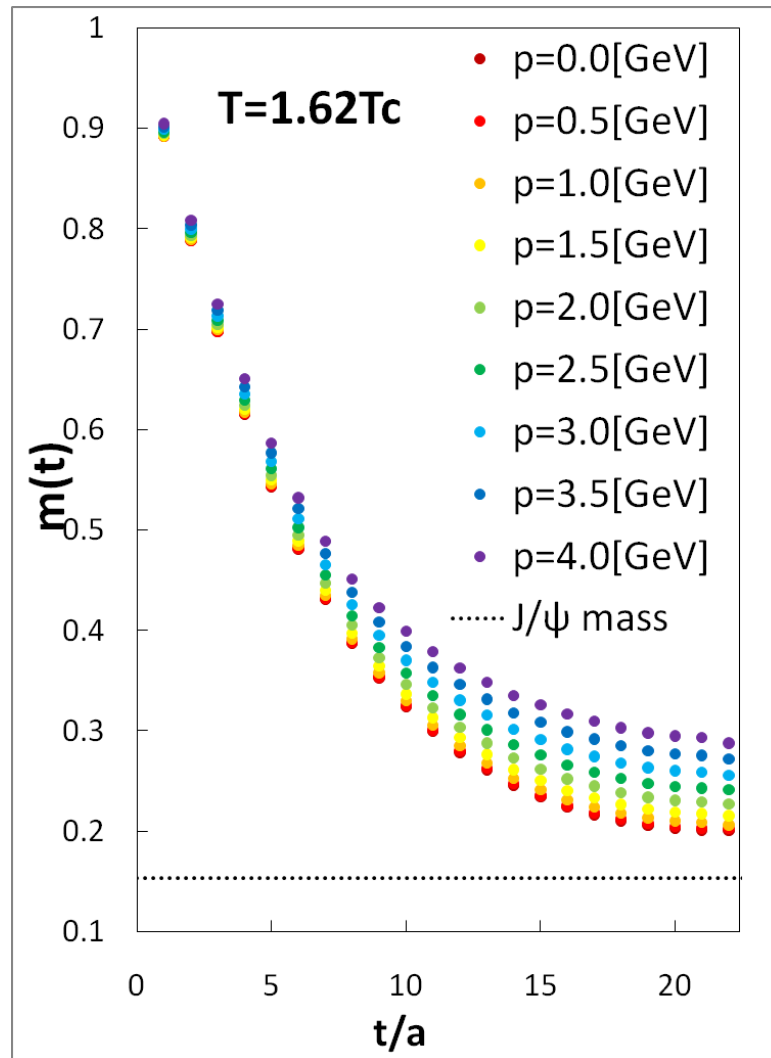
- チャーモニウム: J/Ψ の相関関数 ~ 100 ゲージ配位上
 $N_\sigma^3 \times N_\tau = 64^3 \times N_\tau, N_\tau = 40, 46$ の計算の一部終了



有効質量

$$\frac{C(t)}{C(t+1)} = \frac{\cosh[m_{\text{eff}}(t)(N_t/2 - t)]}{\cosh[m_{\text{eff}}(t)(N_t/2 - t - 1)]}$$

有効質量



両温度間で大きな差はみられない

→より詳しいチャーモニウムの情報 → **スペクトル関数**が必要

スペクトル関数

- Ill-posed 問題: 最大エントロピー法で解決

$$C(t, \vec{p}) = \int d\omega \rho(\omega, \vec{p}) K(t, \omega)$$

相関関数

スペクトル関数 カーネル

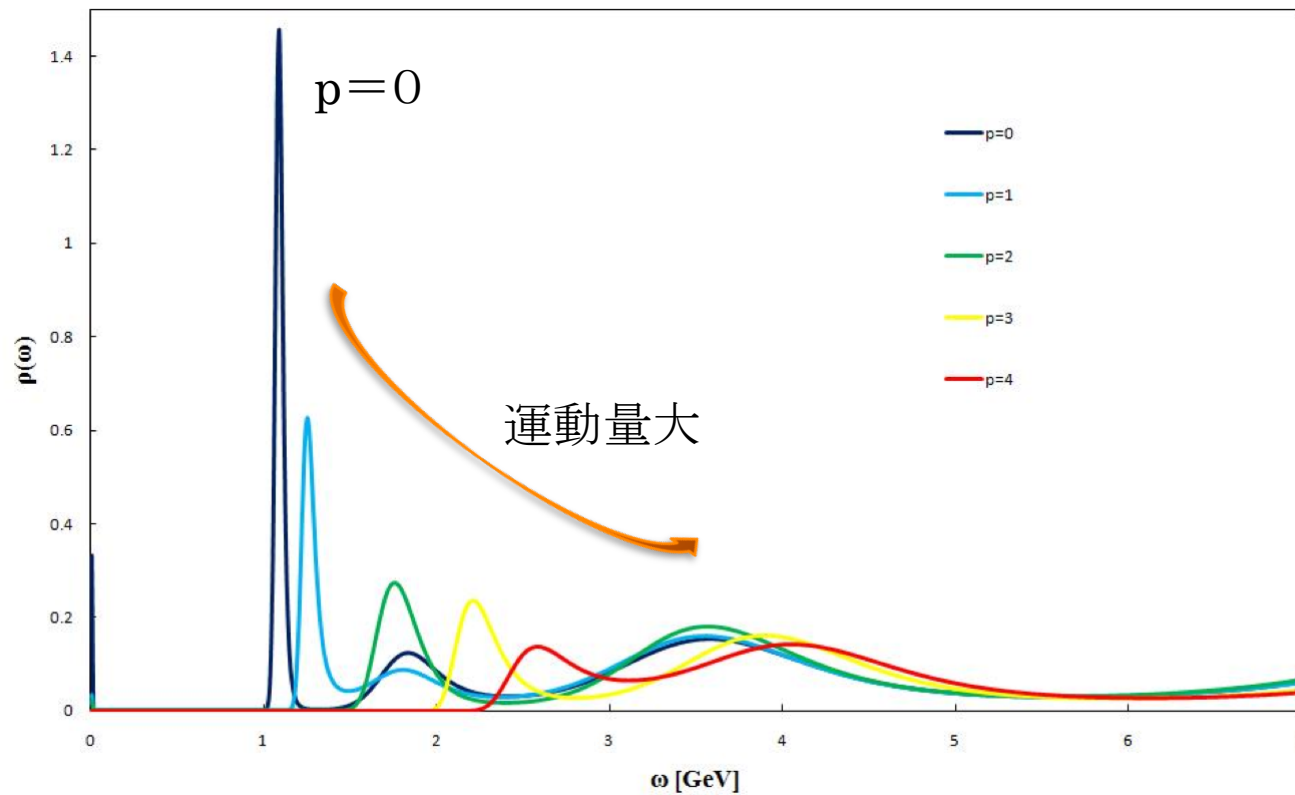
~O(10): 格子上

連続数

- 計算パラメータと物理量によって必要統計量が異なる
 - 先行研究 ~200ゲージ配位上での計算
 - 今回: 有限運動量効果を含む計算 → 200以上必要
 - 意味のある計算には400程度必要

テスト計算:有限運動量を考慮したスペクトル関数

小さい格子でのテスト計算:



大きな格子での計算も開始中

目標とする物理成果

QGP物性を第一原理から明らかにする

- チャーモニウム
 - QGP生成のシグナルとしての J/Ψ 抑制機構の理解
- 軽いメソン: ρ 中間子などの有限温度中の性質
 - レプトン対不変質量分布の実験結果の理解へ
- 光子・レプトン対生成率
 - レプトン対不変質量分布の実験結果の定量的理解へ
 - 現象論的模型(相対論的流体模型)へのインプット