

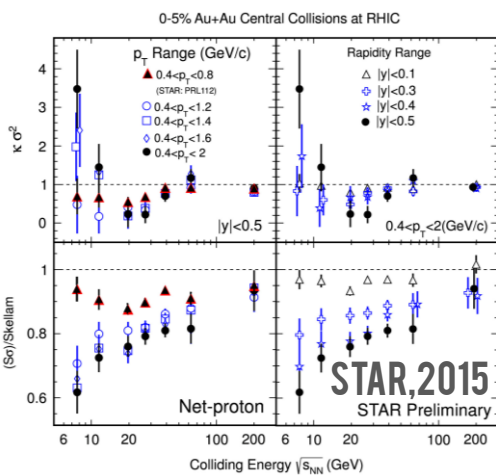
背景

保存電荷イベント毎ゆらぎ@重イオン衝突実験 (RHIC-BES、LHC)

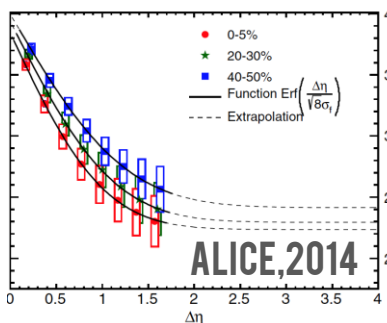
→QCD臨界点探索・衝突初期熱力学のプローブ ASAKAWA,MK,PROG.PART.NUCL.PHYS.2016

確率論的拡散方程式による3次ゆらぎ時間発展の記述

非ガウスゆらぎ (高次キュムラント)



ラピディティ幅依存性 (2次キュムラント)



ラピディティ幅依存性は、非平衡時間発展のスナップショット

MK, ASAKAWA, ONO, 2014
SAKAIDA, ASAKAWA, MK, 2014
MK, 2015

平衡状態へ緩和する拡散系での非ガウスゆらぎの時間発展を記述したい

確率論的拡散方程式

$$\frac{\partial}{\partial t} n(t, x) = D \frac{\partial^2}{\partial x^2} n(t, x) - \frac{\partial}{\partial x} \xi(t, x)$$

D : 拡散係数
 χ_2 : 感受率

$$\langle \xi(t_1, x_1) \xi(t_2, x_2) \rangle = 2D\chi_2 \delta(t_1 - t_2) \delta(x_1 - x_2)$$

- 特徴**
- 流体ゆらぎの理論の構成要素
 - 拡散系のゆらぎの時間発展を記述可能
 - χ が定数のとき、平衡状態のゆらぎはガウス型
 - →非ゼロの非ガウスゆらぎへの緩和は記述不可

本研究の試み: 感受率に密度依存性を導入

$$\chi_2 = \chi_2(n) \simeq \chi_2(n_0) + \delta n \frac{\partial \chi_2}{\partial n}$$

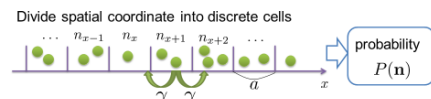
平衡状態で非ゼロ3次キュムラント
解析的に解ける
解析解と数値解を比較する

$$\chi_3 = \frac{\partial \chi_2}{\partial \mu}$$

$$\frac{\partial \chi_2}{\partial n} = \frac{\partial \chi_2}{\partial \mu} \frac{\partial \mu}{\partial n} = \frac{\chi_3}{\chi_2}$$

参考: 拡散マスター方程式 (無相互作用ブラウン粒子系)

Diffusion Master Equation MK, Asakawa, Ono, 2014 MK, 2015



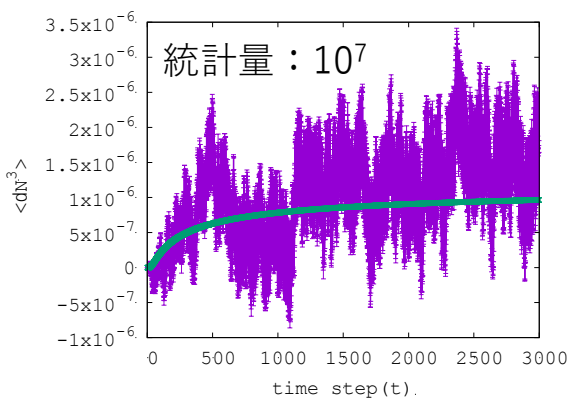
$$\frac{\partial}{\partial t} P(\mathbf{n}) = \gamma \sum_x [(n_x + 1) \{P(\mathbf{n} + \mathbf{e}_x - \mathbf{e}_{x+1}) + P(\mathbf{n} + \mathbf{e}_x - \mathbf{e}_{x-1})\} - 2n_x P(\mathbf{n})]$$

Solve the DME exactly, and take $a \rightarrow 0$ limit
No approx., ex. van Kampen's system size expansion

拡散方程式の解と一致
参考: DEAN, 1996

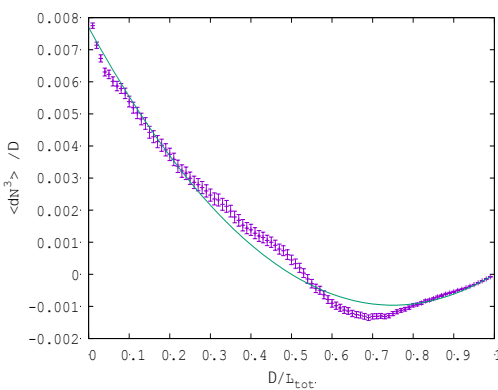
解析解と数値解の比較

3次キュムラント時間発展



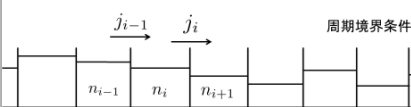
- 解析解と数値解が一致
- 数値解析は誤差が大きく、膨大な統計量が必要

有限系での平衡分布



- キュムラントは二項分布に従う
- 数値解は平衡状態に収束

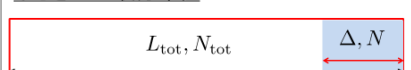
数値計算における離散化の方法



空間をセルに区切って拡散方程式を解く
 ξ は粒子数密度依存性をもつガウス型ノイズ
素朴な離散化法を採用

$$j_i = -D \frac{n_{i+1} - n_i}{\Delta x} + \xi \quad \rightarrow \quad n_i(t + \Delta t) = n_i(t) - \left(\frac{j_i - j_{i-1}}{\Delta x} \right) \Delta t$$

ゆらぎの二項分布性



N個の粒子がΔにいる確率
 $B(N) = n_{tot} C_N \left(\frac{\Delta}{L_{tot}} \right)^N \left(1 - \frac{\Delta}{L_{tot}} \right)^{N_{tot}-N}$ 二項分布に従う

粒子数ゆらぎ

$$\langle \delta N^n \rangle = \zeta_n N_{tot}$$

$$\zeta_2 = \frac{\Delta}{L_{tot}} \left(1 - \frac{\Delta}{L_{tot}} \right)$$

$$\zeta_3 = \frac{\Delta}{L_{tot}} \left(1 - \frac{\Delta}{L_{tot}} \right) \left(1 - \frac{2\Delta}{L_{tot}} \right)$$