

# 非平衡Thermo Field Dynamics に基づいた 冷却フェルミ気体系における非平衡過程の解析

今井 良輔, 中村 祐介, 桑原 幸朗, 山中 由也

早稲田大学  
基幹理工学研究科  
電子光システム学専攻

熱場の量子論とその応用 2014 3分発表

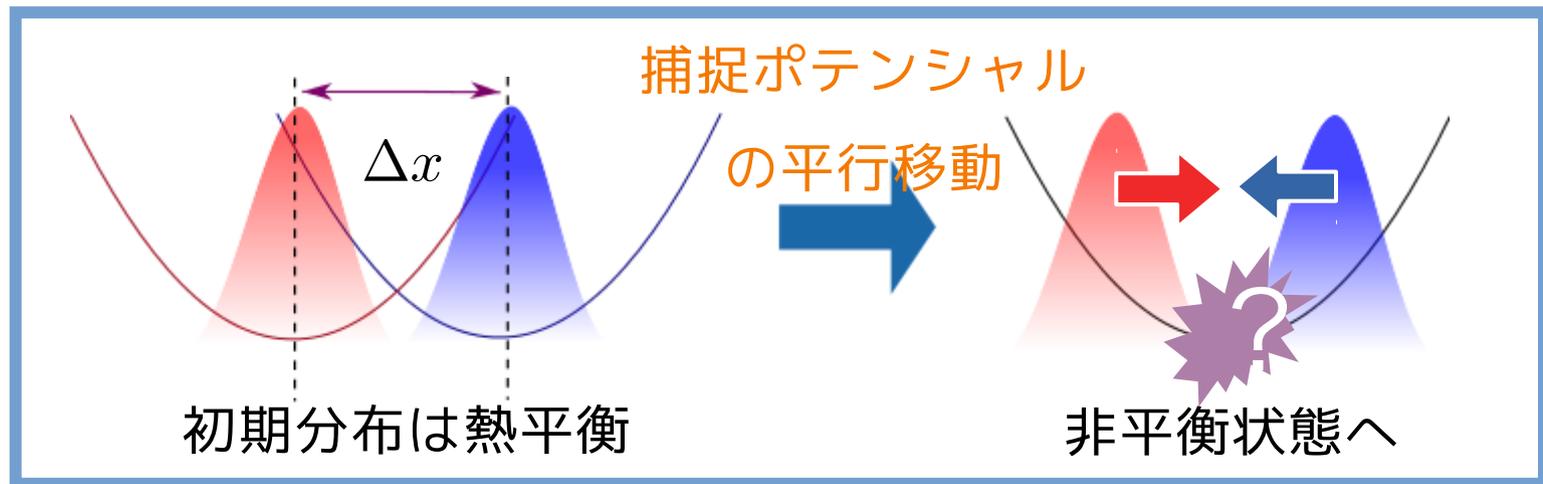
2014/9/4

# 冷却原子系と非平衡Thermo Field Dynamics

冷却原子系は非平衡系理論の検証の場として適した特徴を持つ

- 実験制御性の高さ・非平衡過程を直接観測できる等

調和ポテンシャルに捕捉された2成分冷却フェルミ気体を対象に  
非平衡TFDに基づいた解析を行う



[H. Umezawa, Advanced Field Theory: Micro, Macro, and Thermal Physics (AIP, New York, 1993)]

熱的状況下における実時間正準形式の場の量子論

粒子分布の時間発展を記述する量子輸送方程式を導出

# 非平衡TFDに基づいた量子輸送方程式の導出

$$\hat{H}(t) = \underbrace{\{\hat{H}_0(t) - \hat{Q}(t) + \delta\hat{H}(t)\}}_{\equiv \hat{H}_u(t) \text{ 非摂動項}} + \underbrace{\{\hat{H}_{int}(t) + \hat{Q}(t) - \delta\hat{H}(t)\}}_{\equiv \hat{H}_I(t) \text{ 相互作用項}}$$

$$H_u(t) = \sum_{\sigma,l} \left[ \{\omega_{\sigma,l} + \delta\epsilon_{\sigma,l}(t) - i\gamma_{\sigma,l}(t)\} \xi_{\sigma,l}^\dagger(t) \xi_{\sigma,l}(t) - (\text{tilde conj.}) + \dot{n}_{\sigma,l}(t) \xi_{\sigma,l}^\dagger(t) \tilde{\xi}_{\sigma,l}^\dagger(t) \right]$$

時間依存の未知関数  $\dot{n}(t), \delta\epsilon(t), \gamma(t)$  を含んでいる

→ 非摂動ハミルトニアン の採り方が時間によって変化

on-shell自己エネルギーに対するくりこみ条件から

$\dot{n}(t), \delta\epsilon(t), \gamma(t)$  を決定する

くりこみ条件から導出されたこの方程式が正しく物理を記述するか？

→ 2成分フェルミ気体系で計算・検証

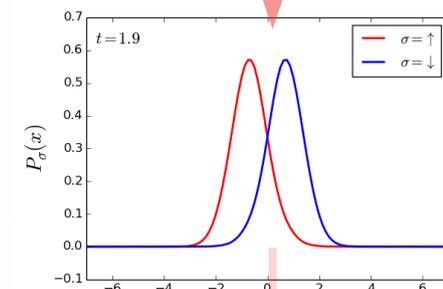
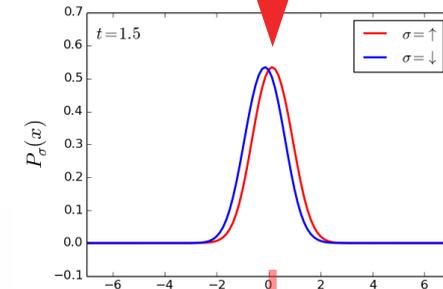
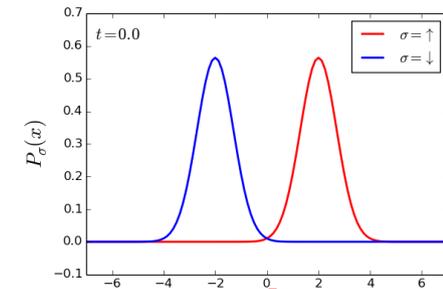
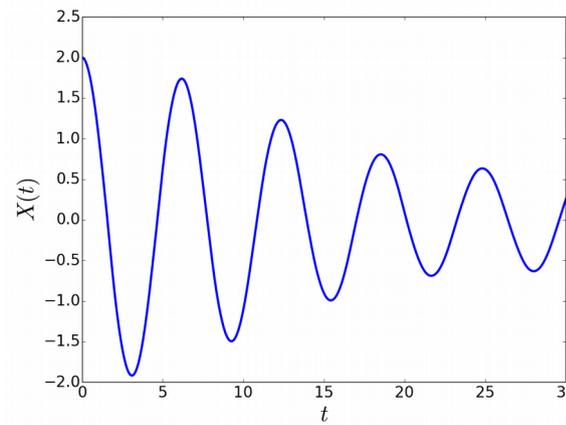
# 量子輸送方程式の解析

量子輸送方程式 ( $\dot{n}(t)$  の決定方程式) :

$$\begin{aligned} \dot{n}_{\sigma l}(t) = & 2g^2 \text{Re} \int_{-\infty}^t \underline{ds} \sum_{m_1, m_2, m_3} I_{m_1 m_2 l m_3}^{\sigma, \star}(t) I_{m_1 m_2 l m_3}^{\sigma}(s) \\ & \times [n_{\sigma m_1}(s) n_{\bar{\sigma} m_2}(s) \{1 - n_{\bar{\sigma} m_3}(s)\} \{1 - n_{\sigma l}(s)\} \\ & \quad - \{1 - n_{\sigma m_1}(s)\} \{1 - n_{\bar{\sigma} m_2}(s)\} n_{\bar{\sigma} m_3}(s) n_{\sigma l}(s)] \\ & \times e^{-\int_s^t d\tau [\gamma_{\sigma m_1}(\tau) + \gamma_{\bar{\sigma} m_2}(\tau) + \gamma_{\bar{\sigma} m_3}(\tau) + \gamma_{\sigma l}(\tau)]} \end{aligned}$$

- non-Markov型
- 準粒子の寿命を取り入れる  $\gamma(t)$
- 複雑な微積分方程式

→ 数値解析



詳しくはポスターで！