

捕捉された冷却原子気体の非平衡緩和過程における非平衡 Thermo Field Dynamics

中村 祐介¹, 桑原 幸朗¹, 山中 由也¹

¹ 早稲田大学 基幹理工学部

E-mail address: nakamura@aoni.waseda.jp

[キーワード] 熱場の量子論, 非平衡 TFD, 非平衡緩和過程

非平衡 Thermo Field Dynamics (TFD) [1] の立場で、捕捉された冷却原子気体に対する非平衡緩和過程を解析する。冷却原子気体系では十分に観測可能な非平衡状態が実現されており、非平衡系に対する量子多体系理論の構築・検証の場として最適な系である。

実時間正準場の理論形式である TFD は、自由度を倍加することによって熱的な混合状態期待値を純粋状態期待値 (熱的真空の期待値) で表現する形式である。その際、熱的真空を消去する生成消滅演算子 ξ と、もともとの生成消滅演算子 a を結ぶ変換 (熱的 Bogoliubov 変換) にはいくつかのパラメータ自由度 (例えば非平衡分布関数) があり、非平衡ではこれらのパラメータの選択が重要な役割を担っている。これらのパラメータは、マクロな量に対する熱的な因果律、即ち時間の矢の向きに現象を記述する要請により決定される。

TFD の最大の特徴は、明確に定義された粒子描像・真空の上で議論が行えることである。単純なモデルの最低次の計算では粒子描像の違いが与える影響は小さいかもしれないが、凝縮体がある場合 (自発的に対称性が破れている場合)、分布が空間的に非一様な場合など、より複雑なモデルでは粒子描像の選び方が本質的となってくる [2]。

本講演では凝縮体がある場合、非一様な分布の場合において非平衡 TFD の定式化を行う。さらに導出された運動学的な方程式を数値的に解き、その緩和過程を示す。

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

[2] Y. Nakamura, T. Sunaga, M. Mine, M. Okumura, and Y. Yamanaka, *Ann. Phys. (N.Y.)* **325**, 426 (2010); Y. Nakamura and Y. Yamanaka, *ibid.* **326**, 2070 (2011).