

BCS-BEC クロスオーバー全域に渡る EoS の実験的決定手法

堀越宗一¹, 富樫康平², 乙津聡夫¹, 小芦 雅斗¹, 五神真^{1,2}

¹ 東京大学工学系光量子化学研究センター; ² 東京大学理学系

E-mail address: hori@psc.t.u-tokyo.ac.jp

[キーワード] フェルミ粒子, ユニタリー極限, BCS-BEC クロスオーバー

粒子間の相互作用を自由に調節できる冷却フェルミ原子を用いた多体物理の物性研究は、電子系や中性子系の理解を進める上で重要である。これまで我々はリチウム 6 原子を用い、散乱長が発散しているユニタリー極限で熱力学と EoS の測定を行った [1]。しかしこれまでの手法ではユニタリー極限のみで成り立つ関係式を用いているため、有限の散乱長で相互作用している系に適用することができない。今回我々は BCS-BEC クロスオーバー全域に渡る熱力学や EoS の決定手法を提案する。

我々の提案する熱力学と EoS の決定手法は、グランドポテンシャル: $\Omega(V, \mu, T, a) = -P(\mu, T, a)V$ を決定し、熱力学関係式より全ての熱力学量を導出する手順である。ここで P, μ, T, a はそれぞれ、局所的な圧力、局所的な化学ポテンシャル、温度、散乱長である。冷却原子は調和ポテンシャル中に用意されるため、不均一なトラップ系から局所的なそれぞれの物理量を測定する必要がある。しかし T は熱平衡状態の下トラップ全体に渡り一様であり、リチウム 7 原子を温度計として混ぜ熱接触させる事で測定可能である。 a もトラップ全体で一様であり、その値の磁場依存性は判っている。また P は不均一に分布しているが、局所的な圧力は原子の密度分布から簡単に導出する事ができる [2]。ここで局所的な μ を測定することは一般的に簡単ではないが、トラップ中心の化学ポテンシャル μ_0 を決定することができれば、LDA より局所的な化学ポテンシャルを $\mu = \mu_0 - V_{trap}(\mathbf{r})$ により決定することができる。ここで μ_0 を決定するため、我々は調和ポテンシャル中の熱力学量と関係式に注目した。熱平衡状態の下、各局所点においては $\varepsilon = Ts + \mu n - P$ が成り立っている。ここで ε, s, n はそれぞれ内部エネルギー密度、エントロピー密度、粒子数密度である。これらをトラップ全体で積分を取ることで、 $E_{rel} = TS + \mu_0 N - 5E_{pot}/3$ となる。ここで E_{rel}, S, N, E_{pot} はそれぞれトラップ全体のリリースエネルギー、エントロピー、粒子数、ポテンシャルエネルギーであり、実験的に測定可能である。よって μ_0 が導出され、局所的な μ を得ることができ、 Ω を任意の相互作用で得ることができ

[1] M. Horikoshi, *et al.*, Science **327**, 442 (2010).

[2] T. Ho, *et al.*, nature physics **6**, 131 (2010).