

原子の BEC から分子の BEC へ

(京大理) ○高橋義朗、高須洋介、小林 淳、牧賢一、押切洋平、
山口敦史、加藤豊、泉 勇気、熊倉光孝、薮崎努、小森一樹

【序】希薄原子気体の BEC の研究は現在様々な方向に発展しているが、そのなかでも大変注目を集めているものに分子の BEC の研究がある。原子の BEC から低温分子を生成する方法として、光結合法、および Feshbach 共鳴を用いた方法が知られている。また最近、超低温のフェルミ粒子から Feshbach 共鳴を用いて超低温分子を生成する研究も行われている。これは BCS 転移との関連において大変興味深い。こうしたこれまでの盛んな研究にもかかわらず、生成された分子が BEC 状態にあるとする決定的証拠はいまだ得られているとは言いがたく、分子の BEC 研究はいまだ未知の領域で、理解は進んでいない。

【全光学的 BEC 生成】一方、最近我々は、ルビジウム原子 (^{87}Rb) およびイッテルビウム原子 (^{174}Yb) の全光学的 BEC 生成に成功した[1]。図 1 に ^{87}Rb 原子の BEC の信号を示す。BEC に特徴的な、非等方な広がり観測されている。我々は特に、Rb 原子の BEC を、 CO_2 レーザーによる準静的な光トラップ中で生成しており、分子も同様にトラップすることができるため、分子 BEC の研究に大変有利であると考えている。

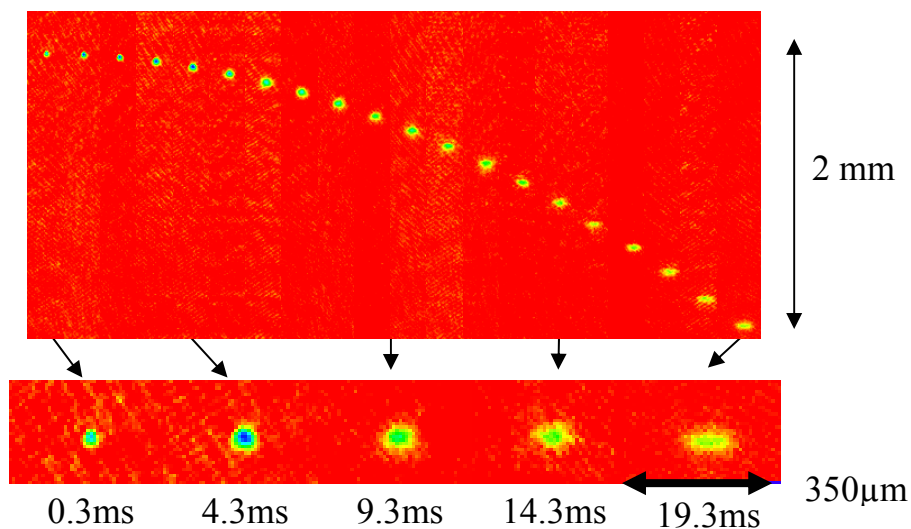


図 1 : Rb 原子の BEC。光トラップから原子を開放したときの原子集団の広がる様子を CCD カメラで観測したもの。BEC に特徴的な非等方な広がりが観測されている。

また、図 2 に Yb 原子 BEC の信号を示す。図 1 と同様に、非等方な分布が観測されている。Yb 原子 BEC は、これまでのアルカリ原子系の BEC と根本的に異なり、2 電子系原子の BEC であり、基底状態はスピン一重項でスピンが無い、準安定なスピン三重項の光励起状態がある、などの特徴がある。これらのユニークな特徴は分子の BEC の研究においても大変重要である。

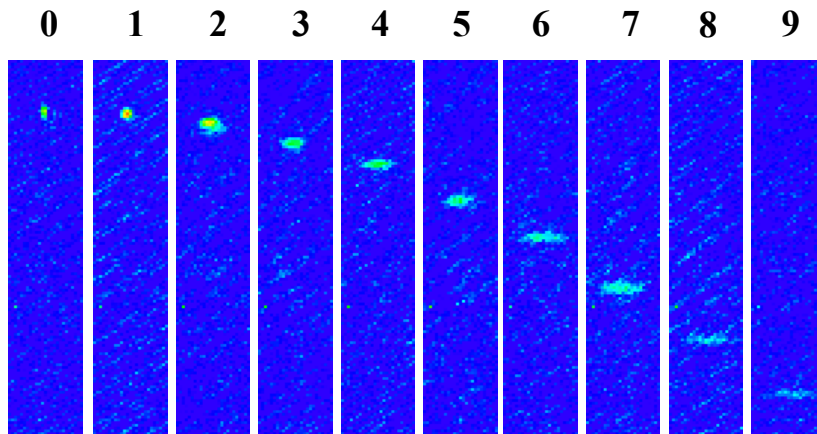


図 2 : Yb 原子の BEC。光トラップから原子を開放したときの原子集団の広がる様子を CCD カメラで観測したもの。BEC に特徴的な非等方な広がりが観測されている。図の上の数字は、トラップから開放されてから測定までの時間で、単位は ms である。また、縦軸のスケールは 0.5mm である。

【Yb 原子光結合実験】 さらに分子 BEC に向けて、既に我々は光トラップされた低温の Yb 原子の光結合実験を行い、微細構造や超微細構造のない極めて単純かつ明快な 100 本近くの共鳴信号を観測することに成功している[2]。図 3 に得られた共鳴信号の例を示す。これから、光励起状態の寿命の精密測定、スピン-重項状態からスピン三重項状態への前期解離の観測、散乱長の上限の決定、などを行った。

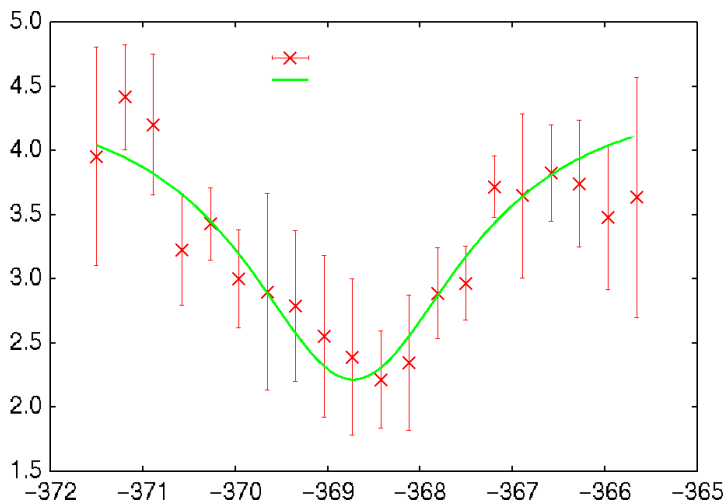


図 3 : Yb 原子の光結合信号。光トラップに残った原子数を縦軸 (arb. Units) に、原子の共鳴からの離調 (GHz) を横軸にして表したものである。実線はローレンツ曲線によるフィットで、約 3GHz の幅に相当する。

講演では、分子 BEC への応用の展望についても紹介する予定である。

- [1] Y. Takasu, K. Maki, K. Komori, T. Takano, K. Honda, M. Kumakura, T. Yabuzaki, and, Y. Takahashi, Phys. Rev. Lett **66**, 042505 (2002).
- [2] Y. Takahashi *et al.*, in *Proceedings of XVIII International Conference on Atomic Physics (ICAP 2002)*, edited by H. R. Sadeghpour, D. E. Pritchard, and E. J. Heller (World Scientific), p83. :Y. Takasu *et al.*, submitted.