

相川 清隆

東京工業大学理学院  
准教授

## 真空中の浮揚ナノ粒子に対するレーザー冷凍機の開発

### § 1. 研究成果の概要

本研究では、真空中に浮揚させたナノ粒子の内部状態を光学的に冷却するレーザー冷凍機の開発を主たる目的としている。これまでの研究で、真空中に光捕捉されたナノ粒子が自発的に帯電している可能性が示唆されたことから、2018 年度はナノ粒子の帯電特性を調べることに、および荷電ナノ粒子の電場に対する応答を調べることを重要な目標として研究を進めた。

まず、真空槽内部に改良を加え、真空下にあるナノ粒子に三次元的な電場をかけられるよう電極を導入した。この電極を通じて、ナノ粒子の重心運動の周波数付近の交流電場をかけることで、ナノ粒子が帯電している場合には、電場によってナノ粒子の重心運動が影響される様子を光学的に観測できることを確かめた。その結果、大気圧から真空へと圧力を下げていくと、ナノ粒子が自発的に比較的大きな電荷を持つことが明らかとなった。

荷電ナノ粒子は電場から大きな力を受けるため、ナノ粒子の重心運動を電場によって従来手法より効率的に冷却することが可能であると予想された。そこで、さらに実験装置を改良し、ナノ粒子の重心運動を観測して得られた信号を変調して電極に付加する回路を導入し、ナノ粒子の重心運動を三次元的に冷却する試みを行った。その結果、数 mPa 程度の圧力において、どの方向にも絶対零度 10mK 程度まで冷却できる新しい電場冷却の手法を実証することに成功した。従来の光変調に基づく手法では、この圧力において 0.1~1K 程度までの冷却しかできないため、電場冷却の方が 1~2 桁ほど効率がよいといえる。実験結果を詳しく解析した結果、さらに圧力を下げることで、ナノ粒子の重心運動を量子基底状態付近まで冷却できるとの展望が得られた。

また、ナノ粒子の持つ電荷の価数を正確に評価する新しい手法も確立できたことから、真空下の超低温荷電ナノ粒子を扱う実験的基盤を構築できたとと言える。

## § 2. 研究実施体制

①研究者:相川 清隆 (東京工業大学理学院 准教授)

②研究項目

- ・ナノ粒子の荷電特性の解明
- ・電場によるナノ粒子の重心運動の制御
- ・ナノ粒子の質量・価数を正確に評価する手法の開発