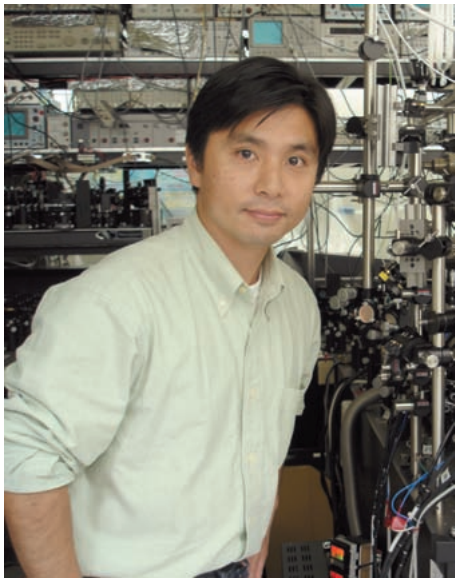

主役登場

原子を操る

向井　哲哉
NTT物性科学基礎研究所
主任研究員

原子は，古代ギリシャの哲学者デモクリトスが，これ以上分割できない物質の最小単位として唱えて以来，科学の教科書などでは馴染みの深いものですが，教科書を離れた日常の生活では，原子と聞いてもあまりピンとはきません．確かに世界のありとあらゆるものは，原子からできているのですが，原子が目に見えることはありませんし，産業上も分子や半導体をつくるための材料といった扱いしかされてきませんでした．

このように原子を材料として一塊にしてしまえば，単独の原子が持つ性質とは全く異なるものになります．シリコン原子の塊が半導体としての性質を示し，現代の半導体産業を支える基盤となっていることを考えれば，これはこれで非常に重要なことですが，原子が単独で示す性質には，まだ利用されていない多くの可能性が残されています．その１つが，量子情報処理技術への応用です．

量子コンピュータをはじめとする量子情報処理技術の開発が注目を集めていますが，これは量子力学の原理に基づく素子を開発し，量子状態を制御しようとする試みに他なりません．この量子力学は，20世紀の初めに登場した新しい物理的解釈の方法で，不連続なエネルギー状態や，物体も波の性質を持つといった，一般の常識で考えると，非常に難解な理論です．しかしながら，原子一粒のようなミクロの世界では，量子力学こそがもっとも自然な常識となっています．したがって，量子力学の原理に基づく素子を開発するには，量子力学が自然に成り立つものを用いる，というのはもっとも自然な発想です．すなわち，原子が単独で示す量子力学的性質を使う素子をつくるという，今まで誰も試みていない原子の新しい利用法を開発するという試みです．

もちろん前例のないことをやるわけですから，簡単ではありません．物理的性質を計算し，実験の手法を考える．装置は手づくりで，図面を描き，金属の塊を旋盤で削り，回路をハンダ付けする．装置の制御・解析プログラムを書き，レーザ・真空・液体ヘリウムを駆使して試行錯誤を繰り返す地道な作業の連続です．しかも研究対象は，ピストルの弾丸程のスピードで飛び回る，0.1 ナノメートル（ナノ＝10億分の１）の単独の原子です．これをレーザの光で瞬間的に減速し，ほとんど止めてしまう．それを，重力で落下する前に，磁場で捕捉する．しかもその磁場は，超伝導永久電流から発生させた，原理的にノイズのない磁場．まるで手品か曲芸のようですが，そういうこともできるようになってきました．これからは，さらに原子を小さい領域に強く閉じ込めて，原子を一粒のレベルで制御できるように発展させる予定です．この技術が成功するころには，量子コンピュータの完成まで，あと何年かかるのかを，ある程度予測できるようになるのではないかと期待しています．