

フェムト秒で観る物質内のダイナミックな世界

2016年9月21日

(3F800 セミナー室、10:00~11:30)

長谷 宗明

筑波大学数理物質系准教授

物質を構成する基本単位は原子であり、電子はそれらの結合に重要な役割を担っている。原子の集団的振る舞いは格子振動（フォノン）として量子化され、フォノンと自由電子は互いに相互作用しながら複雑でダイナミックな運動をしている。通常、それらの運動はフェムト秒～ピコ秒領域の超高速現象であり、電気的な測定では、もはや観測できない時間領域にある。しかし、レーザーが1960年に開発されて50年以上経った現在、超短パルスレーザーの出現により、フェムト秒時間分解分光が可能になり、フォノンや自由電子の集団振動（プラズモン）などを実時間で観測することが可能になった。このフェムト秒時間分解分光では、超高速現象を観測するだけにとどまらず、原子・電子の運動をレーザーで自由自在に制御することによって、例えば化学反応の制御や、新しい物質相の発現など、光による物質創成の世界が拓かれると期待されている。本セミナーでは、これまで取り組んできた物質内のダイナミックな世界の観測と制御の研究について紹介したい。

具体的な研究内容として、近年グラフェンの研究から爆発的に発展して研究されているトポロジカル絶縁体に注目すると、その典型的な物質の一つである Sb_2Te_3 は特に新しい材料ではなく、古くから熱電変換材料として研究されてきた物質である。すなわち、レーザーやSTM（走査型トンネル顕微鏡）等の計測技術の進展により、表面電子状態の高精度解析が可能になり、以前は観測できなかった表面状態（トポロジカル絶縁体の場合は、表面のみが金属状態になっており、表面の電子構造にディラックコーンを観測することが肝要とされる）が見えるようになったと言える。我々は、このトポロジカル絶縁体をはじめ、光ディスクとして既に実用化されている相変化記録膜材料（いわゆる Ge-Sb-Te 合金でカルコゲンと呼ばれるアモルファス半導体）に焦点をあて、特にフォノンとスピンのダイナミックな現象を観測・制御しようとしている。その結果、この相変化記録膜材料におけるフォノンあるいはスピンのダイナミクスを、フェムト秒パルスレーザーやX線自由電子レーザーを駆使することにより観測することに最近成功した。

これまで相変化記録膜材料やトポロジカル絶縁体における、フォノンやスピンの光物性に関する基礎から応用指向型の研究例は少なく、ほとんど未知の領域である。これらの物質内で起こる超高速現象の研究の応用例についても、今後の展望を述べたい。