高強度・超短パルスレーザーの開発と新しい光科学の開拓

理化学研究所　光量子工学研究センター　神田夏輝

超短パルスレーザー技術の発展により、物質中の超高速現象を観測するだけでなく、光によって物質の状態を超高速に制御する研究が進展している。特に、テラヘルツから中赤外に至る長波長領域では、光源の高強度化・短パルス化に伴い、固体中の電子の強電場駆動や極端非線形光学応答、光誘起量子状態の形成など、新たな物質制御の可能性が拓かれている。

我々はこれまで、テラヘルツから中赤外域にわたる高強度光源の開発と、光の偏光・位相・時間波形の制御技術の開拓に取り組んできた。テラヘルツ帯においては、時空間における光電場ベクトルの制御を行ってきたほか[1-3]、高強度テラヘルツ光源の開発によりディラック半金属において、強電場による電子のコヒーレントな加速に起因する高次高調波発生を観測した[4]。さらに、マルチテラヘルツと呼ばれる 10〜50 THz 程度の周波数帯における高強度・位相安定な光源を開発し[5]、固体の光誘起異常ホール効果や Floquet 状態の形成など、強い光電場による量子状態制御に取り組んできた[6]。また、光による物質状態のより高度な制御を目指し、電場ベクトルの時間波形を制御する技術を開発し、二色逆回り円偏光マルチテラヘルツパルスの発生を実現した[7]。一方、高次高調波光源の高繰り返し化・高平均出力化に向けた薄ディスクレーザー開発[8]や中赤外増幅器の開発[9]にも取り組んでいる。

本講演では、これらの高強度レーザー光源の開発と光電場制御技術、およびそれらを用いた物質の超高速・非線形応答の研究を紹介する。さらに、レーザーによる物質の状態制御と、放射光や中性子などの量子ビームを用いた物質の多角的な観測との組み合わせなど、異なる実験手法の相補的な活用によって拓かれる新しい物質科学の可能性についても議論したい。

[1] NK *et al*., Nature Communications **2**, 362 (2011).
[2] M. Sato, T. Higuchi, NK *et al*., Nature Photonics **7**, 724 (2013).
[3] R. Imai, NK *et al*., Optics Express, **20**, 21896-21904 (2012).
[4] B. Cheng*, NK* *et al*., Phys. Rev. Lett. **124**, 117402 (2020).
[5] NK *et al*., Opt. Express **29**, 3479 (2021).
[6] Y. Murotani*, NK * *et al*., Phys. Rev. Lett. **129**, 207402 (2022).
[7] K. Ogawa, NK *et al*., Nature Communications **15**, 6310 (2024).
[8] NK *et al*., Light: Science & Applications **9**, 168 (2020).
[9] NK *et al*. Opt. Express **34**, 44994 (2026).