

理学系研究科研究奨励賞を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター 松永研究室 博士課程1年 小川 宏太郎

2025年3月24日に本郷キャンパスの小柴ホールで開催された学位記授与式において、令和6年度理学系研究科研究奨励賞を受賞いたしました。同賞は東京大学大学院理学系研究科の修士課程の学生として学問研究に励み、優れた業績を挙げたものに授与されるものです。このような荣誉ある賞を頂くことができ、大変光栄に存じます。受賞対象となった研究は「空間光変調器を用いたマルチテラヘルツ帯偏光波形整形及び二色逆回り円偏光パルス生成法の開発」です。以下ではこの場をお借りして、受賞対象となった研究内容について説明いたします。

近年、高強度な中赤外光やテラヘルツ光を使って物質の性質を高速に制御する研究が盛んに行われています。近年では円偏光のカイラリティを利用して物質のトポロジーを制御するフロッケ・エンジニアリングに向けて数多くの理論的な提案が報告されており、実験による検証が進められています。さらに最近では、逆回りの二つの円偏光を組み合わせ合わせた二色逆回り円偏光と呼ばれる偏光状態によって、物質の回転対称性そのものを自在に変える新しい可能性も見えてきました。

こうした研究を進める上で特に重要なのが、マルチテラヘルツ帯(10–70 THz、波長4–30 μm)の光です。この帯域の光は、物質の実励起による損傷を避けながらの電子の高速なコヒーレント制御ができます。しかし、マルチテラヘルツ帯の広帯域な位相変調素子の不足などの理由から長らくマルチテラヘルツ光の偏光制御は未開拓領域であり、特に二色逆回り円偏光の生成はこれまで実現できていませんでした。

そこで、本研究では近赤外パルスを波形整形し、偏光と位相を十分に整えてからマルチテラヘルツ光へと波長変換するというアプローチを取りました。ここで重要になるのが、波長変換時に非線形光学結晶として利用した GaSe が面内に持つ三重回転対称性に由来する偏光選択則です。これによって、近赤外パルスの偏光と位相を制御することで、パルス内差周波発生過程において必要な周波数成分のみを発生させることが可能となります。このような手法を用いて生成したパルスは、電場の軌跡の成す向きや形状、回転対称性やヘリシティなどの様々なパラメーターをプログラ

マブルに操作可能で、自在な制御を実証しました。

さらに本研究では、マルチテラヘルツ電場の広帯域電気光学サンプリングにおいて課題となっていた電気光学結晶のフォノン応答を補正する新しい解析手法を独自に構築し、その有効性を実験的に実証しました。マルチテラヘルツ帯の電気光学サンプリングによく用いられる GaSe は、7 THz 周辺にフォノンとの共鳴をもつため、検出感度の周波数特性に歪みを生じます。この影響を補正するために、低周波極限で非線形感受率におけるフォノンと電子の寄与の比を表す Faust-Henry 係数をテラヘルツ分光によって評価することで、電気光学サンプリングにおける複素応答関数を決定し、これを用いた補正を行いました。本成果は、テラヘルツからマルチテラヘルツ帯にまたがる超広帯域電気光学サンプリングの実現に直結するものです。

最後に、本研究は神田夏輝元助教(現理化学研究所・ISSP リサーチフェロー)、室谷悠太助教、田中駿介元助教(現産総研)、吉信淳教授、松永隆佑准教授のご協力のもとに遂行いたしました。この場を借りて感謝を申し上げます。

