

The Best Student Oral Paper Award in ALPS'17 を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター・板谷研究室・博士課程1年 齋藤 成之

この度、2017年4月にパシフィコ横浜で行われた The 6th Advanced Lasers and Photon Sources Conference (ALPS'17)にて、“Attosecond streaking of chirp-free high harmonics in the extreme ultraviolet driven by a long-wavelength infrared light source”と題した講演を行い、The Best Student Oral Paper Awardを受賞する名誉にあずかりました。この場をお借りして、講演内容について、簡単に説明させていただきます。まず研究の背景として、近年、超短パルスレーザーを用いてフェムト秒(10⁻¹⁵秒)領域での超高速分光が広く行われています。さらに最近では、高強度フェムト秒レーザーを希ガスに集光して得られる極端紫外域の高次高調波発生によって、アト秒(10⁻¹⁸秒)オーダーの時間幅の光パルスが作り出せるようになり、アト秒領域での電子ダイナミクスの実時間観測が可能になりつつあります。

従来のアト秒分光では、実用的な高調波の光子エネルギーは極端紫外(10-100 eV)であったため、放射光施設等で行われている各元素の吸収端を利用した軟X線領域(100-2000 eV)の測定手法を用いることは困難でした。そこで、レーザーベースの光源としては未踏の軟X線へアト秒分光を拡張することが期待されています。これが実現すれば、光触媒、太陽電池等において重要な電子励起や電荷移動の初期過程を元素選択的に実時間観測する道が拓かれると考えられます。

高調波の最大光子エネルギーは、希ガスに集光するレーザー波長の2乗に比例することが知られており、長波長の高強度レーザーを用いれば、軟X線の高調波を得ることができます。例えば、従来高次高調波発生に用いられてきた近赤外(波長 0.8 μm)のチタンサファイアレーザーに比べ、板谷研で開発された赤外(波長 1.7 μm)のBiB₃O₆結晶を用いた光パラメトリックチャープパルス増幅器(BIBO-OPCPA)を用いることにより、高調波の最大光子エネルギーを4倍以上に伸ばすことが期待できます。

発生した高調波をアト秒分光へと応用するに当たっては、高調波の時間波形の測定が必須となります。しかし、これまで 0.8 μm より長波長の赤外光源から発生した高調波の時間波形を、信頼性の高い手法で直接測定した例はあ

りませんでした。その原因の一つとして、高調波の光量がレーザー波長の5-6乗に反比例して減少するという事実が挙げられます。少ない光量で高調波の時間波形を測定するのは困難であり、そもそも光源として全く原理の異なる赤外OPCPA光源ベースで時間波形測定が可能かどうかは自明ではありませんでした。そこで、赤外光源ベースでのアト秒計測の可能性を探るため、波長 1.7 μm の赤外光源を用いてアト秒の高次高調波を発生させ、その時間波形を測定し、赤外光源のアト秒科学における有効性を実証することを目指した実験を行いました。実験では、BIBO-OPCPA から得た高強度赤外パルスを実験室に集光し、極端紫外域の高調波(光子エネルギー100 eV)を発生させ、高調波の時間波形をアト秒ストリーク法で測定しました。アト秒ストリーク法は、高調波と赤外光を希ガス原子に集光し、その光電子スペクトルを測定しつつ、高調波と赤外光の相対遅延を掃引する手法です。遅延ごとの光電子スペクトルの2次元マップ(スペクトログラム)に対して、適当なアルゴリズムを適用することによって、高調波の時間波形を再構築できます。この手法はチタンサファイアレーザーベースの実験で広く用いられており、アト秒科学における最も基本的な測定手法となっています。

得られたスペクトログラム及び再構築の結果を図1に示します。スペクトログラムには、単一アト秒パルスを示唆する赤外電場による光電子スペクトルの明瞭な変調が観測

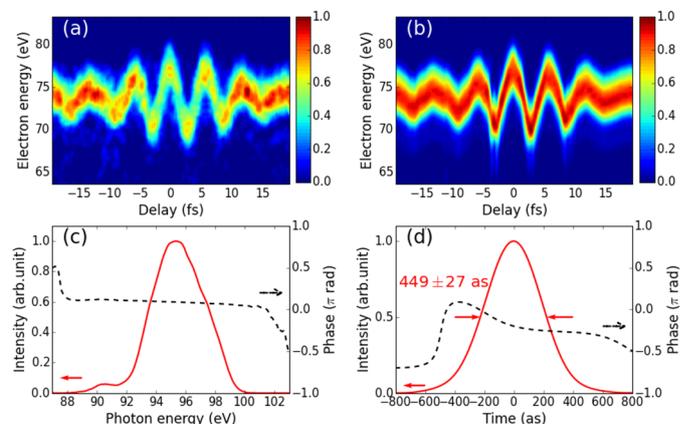


図1. (a)測定されたスペクトログラム。再構築した(b)スペクトログラム、(c)高調波のスペクトル、(d)時間波形。

