

EPS-QEOD Travel Grant Student Awards を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター 小林研究室 遠藤 護

この度、2015年6月にドイツ・ミュンヘンで開催されました国際会議、“The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the European Quantum Electronics Conference 2015 (CLEO/Europe-EQEC 2015)”において、“15-GHz, Kerr-Lens Mode-Locked Laser and Fourier Synthesis of Each Comb Tooth”という内容で発表を行い、EPS-QEOD Travel Grant Student Awards を受賞することができました。CLEO/Europe-EQEC はフォトンクス・光学分野を包括した世界最大規模の国際会議で、本賞はこの会議で発表した博士課程の学生に対して送られました。本発表は極限コヒーレント光科学研究センターの小林研究室において行われた、繰り返し周波数が GHz 以上のフェムト秒レーザー光源(光周波数コム)の開発と、それを用いた任意波形光パルスを生成する研究に関するものです。このテーマは、私が修士1年に物性研に配属されてから現在に至るまで5年間続けている内容で、博士課程の最終年度にこのような賞により研究が評価されたということをついに嬉しく感じております。この受賞研究の遂行にあたり、ご協力いただきました関係者の皆さまに深く感謝申し上げます。

受賞対象となった研究について、簡単にご紹介致します。

フェムト秒モード同期レーザーの出力は、その名の通りフェムト秒の光パルス列となります。その光スペクトル構造は、多数の縦モードがパルス繰り返し周波数間隔で等間隔に並んだ構造となります。この縦モードの光周波数はマイクロ波標準や光周波数標準に対して位相同期することができ、そのように制御されたフェムト秒レーザーは、そのスペクトル構造を「櫛(コム)」になぞらえて、光周波数コムと呼ばれています。1990年台後半に光周波数コムが提唱されて以降、光周波数の超精密な物差しとして使用されてきました。次世代の秒の標準の有力な候補として挙げられている光時計を始めとした超精密分光の分野だけでなく、呼吸診断や環境ガスの分光といった医療・環境分野への応用も盛んに行われています。しかし、目盛りの間隔に対応する繰り返し周波数(一般に10 MHz から1 GHz)が、分光器の分解能(数 GHz)に比べて小さいため、超精密な光周波数の物差しとしての性質を直接利用することが困難であるという課題がありました。いわば、「目盛は正確に刻まれているが、密に詰まりすぎているため、肉眼で目盛を分解することができない物差し」といえます。したがってよりモード間隔の広い、具体的には繰り返し周波数が GHz 以上の光周波数コムの実現が望まれています。天文用分光器の波長校正光源、低位相雑音マイクロ波源、また本研究でも取り上げる任意波形生成をはじめとする、コム分解分光と呼ばれる新しい分光分野に応用が可能となります。

繰り返し周波数が GHz 以上のモード同期レーザーを実現するためには、単に共振器長の短いレーザー共振器を作るだけでは不十分です。繰り返し周波数が高くなると、フェムト秒パルスを作るのに必要な共振器内ピークパワーが足りなくなり、パルスが不安定になるためです。この制限のため、低雑音かつ超短パルスを得ることのできるカーレンズモード同期という手法では10 GHz が最高の繰り返し周波数でした。私の開発したレーザー共振器では、共振器のフィネス向上・Yb:Y₂O₃ セラミックというレーザー媒質・曲率半径を限界まで小さくした共振器ミラーを用いることによって、最高で15 GHz という世界最高の繰り返し周波数を実現しました。また、開発したレーザーの光周波数を原子時計と光周波数標準に位相同期することで、15 GHz 光周波数コムの開発にも成功しています[1]。

上記で開発したレーザーおよび光周波数コム応用として、今回の発表では line-by-line 任意波形光パルス生成(line-by-line OAWG)に着目しました。フェムト秒レーザーや光周波数コムはスペクトルに強度・位相マスクを施すことで、時間領域で任意の光波形をもつパルスを生成する技術があります。この技術をさらに発展させ、縦モードに独立したマスクを施したものが line-by-line OAWG です。従来手法との違いは、波形自由度の飛躍的向上です。特に、パルスのデューティ比に制限がなくなり、時間領域を全て埋め尽くすような光パルスも生成することができます。この技術は、狭線幅単色レーザー、繰り返し周波数の通倍、コヒーレント制御、レーザーレーダーへの応用が期待されています。



