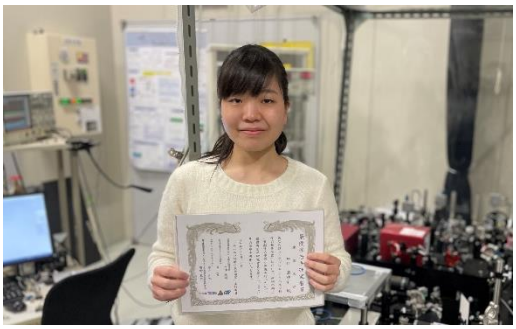
「テラヘルツ科学の最先端 IX」の最優秀若手研究者賞を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター　松永研究室　博士後期課程 2 年　　中川 真由莉

この度、2022 年 11 月に福井で開催されたシンポジウム「テラヘルツ科学の最先端 IX」で最優秀若手研究者賞を受賞させていただきました。この賞はテラヘルツ分光学およびその関連分野に関する優れた研究成果を得た 40 歳以下の者を対象とするもので、このような賞をいただくことができてとても光栄です。この場をお借りして松永隆佑准教授、神田夏輝助教や小林洋平教授、乙津聡夫博士、伊藤功氏をはじめ本研究でお世話になっている方々に深くお礼申し上げます。

対象となった発表は「フリーランニングパルスレーザーに適用可能な非同期サンプリング法におけるジッター補正法の開発」についての内容です。非同期サンプリング法 (ASOPS) を用いるとテラヘルツ分光を高速かつ高い周波数分解能に行えるため、ガスなどの細い吸収線を含む周波数スペクトルの観測に応用されていますが、従来は測定の進行速度を安定化させ、信号積算を可能にするために、レーザーを精密にフィードバック制御するという技術的難易度が高く実験環境の安定性にも依拠する方法や、分光用の光源に加えてテラヘルツ帯の CW レーザーが必要となる手法がとられていました。そこで我々は制御も CW レーザーも必要ない簡便で低コストな方法として、実験中に測定速度の情報をモニターすることで後から正確な波形に補正する方法を考案し、実証しました。実験では周波集制御を全く行わないフリーランニングの Yb ファイバーレーザーを光源として、ASOPS によるテラヘルツ電場の時間波形測定が行われたため、大きなジッターやドリフトを含む時間波形が取得されました。しかし本手法を使って時間軸を補正することで、信号積算による信号-雑音比の向上が可能となり、2 THz 以上の高周波数成分を含むパワースペクトルを得ることができました。また、補正しきれなかったジッター量を評価し、テラヘルツ分光に十分な 0.1 ps 以下まで時間軸精度を回復できていることがわかりました。この結果は高周波領域まで相殺されることなく広帯域に積算測定できることを示しています。さらに、低圧にした水蒸気の測定実験で得られた周波数スペクトルは、1 GHz 以下の細い吸収線幅と吸収強さの両方がデータベースとよく一致し、本補正法を使った ASOPS においても高い周波数分解能が示されました。

本手法では、レーザーを制御する必要がないため、気温や湿度などの変動が大きい環境であってもが安定的に実験することができ、制御機構が要らないことで市販のレーザーなどを自由に光源として選ぶことがでると考えられます。これによって室外での実験や長時間の測定、低繰り返しのポンプパルスと組み合わせたポンププローブ測定など、ASOPS の応用範囲が大きく広がったと考えております。

今後は Ti: Sapphire レーザーを用いた高感度化に取り組み、タンパク質を励起した際の特異な凝縮現象について、ASOPS の高速性と高周波数分解能を活かした時間変化測定によってメカニズムを調べていく予定です。

博士課程から物性研に編入して改めて ASOPS の立ち上げを行うことで、これまでの知識不足を実感したり大変な部分もありましたが、物性研の強みを生かし研究室内外の様々な方々にご協力いただいて視野を広げ、良い成果につなげることができてうれしいです。