



レーザー研究の個人的な思い出とこれから

欠端 雅之[†]

Personal Memories of Laser Research and Prospects for the Future

Masayuki KAKEHATA[†]

2023 年のノーベル物理学賞「アト秒光パルス」に少し関連する研究を中心に個人的な思い出を紹介します。お仕事の合間にも読んでいただき、当時の研究の進展やグループの様子について感じていただければ幸いです。

「レーザー研究」を初めて目にしたのは、大学の研究室配属が決まり、春休みに新しい四年生が集まった頃です。

学生時代は放電励起真空紫外レーザーに取り組み(小原さん、神成さん)、発振器性能や増幅器性能を評価したりレーザーを集光して加工特性を評価する実験を行いました。

その後、現在在籍している研究所に就職し、超短パルスレーザーの研究に取り組みます(1993)。「基礎シフト」の状況下、グループ(宮崎さん、鳥塚さん、酒井さん、高田さん、植村さん)では、高次高調波発生やレーザーの短パルス化等の研究が行われており、ミーティングでの文献紹介では、率直に疑問点を議論する雰囲気がありました。丁度、高次高調波発生 of Corkum のスリーステップモデルなどが出た頃でしょうか。

その後、光波合成に取り組み始めたグループメンバー(鳥塚さん、高田さん、小林さん、吉富さん)との議論を通じ、増幅パルスのキャリアエンベロープ位相(CEP)の計測方法、そして増幅器の CEP 安定化に取り組むことになります。当時、光周波数コムの分野でキャリアエンベロープオフセット(CEO)が制御されており、時間領域とスペクトル領域の関係、レーザーの縦モードと物質分散の影響など、一つ一つ基礎に戻って疑問点を議論したことはとても有意義でした。

単一ショットでの相対的 CEP 計測手法($f-2f$ of SI)は鳥塚さんのアイデアで、実験結果が得られたので CLEO2001 の PD で発表し、招待講演後の Krausz に「こんなの興味ありますか?」と話しかけてその後の訪問と共同研究につながりました。ウイーン工科大に短期間滞在する機会を得て(2001 年 11 月~12 月, 2002 年 2 月~3 月)、初めのひと月 CEP 計測実験を行い、後半ひと月では装置を持ち込み、金属表面からの電子放出の CEP 依存性の計測を行いました。滞在時には非線形性の確認まででしたが、国際色豊かな方々(Dombi, Apolonski, Tempea, O'Keeffe)の実験継続により CEP 依存性を確認できました(2004)。理論計算グループ(Lemell, Burgdörfer, 吉田さん)との連携も貴重でした。

彼らはチャープミラー(ハンガリー、ドイツ)やパルス圧縮(ミラノ Nisoli)など、他より優れた技術を有し、かつ理論的な議論を国内外の研究者と活発に行うなど研究情報へのアクセス力も優れていました。

当時、隣の部屋の装置では、高次高調波発生とパルス幅計測実験(アト秒パルス発生)を行っており(Hentschel, Kienberger, Drescher, Spielmann)、比較的大きな装置には工夫とアイデアの詰まった光学系と計測系が構築されていました。2001 年 12 月 14 日にクリスマスパーティーがあり、Krausz が論文の成果についてコメントしていて、これがアト秒光パルス計測の論文(650as, 2001)でした。この時は CEP は安定化されていませんでしたが、その後 OPO の差周波発生による受動安定化を東大で実現した Baltuska がウイーン工科大学に移り、プリズムストレッチャーでの Ti:S 増幅システムの CEP 安定化実現と高調波発生 of 依存性を実証しました(2003)。

CEP 安定化で出遅れたものの、回折格子を用いた CPA システムの CEP 安定化は報告されていなかったため、原理的に可能か? という疑問も残る中、一步一步実験を進めて回折格子を用いた CPA での CEP 安定化を実証し(2004)、液晶空間変調器での CEP 制御なども行うことが出来ました(西嶋さん、高宮さん、大久保さん)。なお発振器の安定化はメンバーの知見と労力のおかげです(小林さん、高田さん、藤平さん)。

私は現在、超短パルスレーザープロセッシングに取り組んでいます。新しい展開を求めて、光パルスの電場波形を利用したレーザープロセスの可能性を研究しています(大村さん、屋代さん)。複雑になればなるほど、「やってみなければわからない(やってもわかるとは限らないが)」、「実験結果は実験結果(結果の解釈を間違える場合はある)」と意識し取り組んでいます。

(文中のお名前は感謝を込めて「さん」、外国の方は苗字に統一しました)

[†] 国立研究開発法人産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門(〒 305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1, 中央 2 群)

[†] National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Central 2, 1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8568