

ICUIL2022 国際会議参加報告書

量子科学技術研究開発機構 関西光科学研究所 先端レーザー技術開発グループ
グループリーダー/上席研究員 桐山 博光
(2019年度 国際会議等参加助成 AF-2019240-X2)

キーワード：フェムト秒レーザー，時間空間ビーム品質，安定性

1. 開催日時

2022年9月18日～9月23日

2. 開催場所

韓国・済州島・Seogwipo KAL Hotel (Fig. 1, Fig. 2)



Fig. 1 Entrance at KAL hotel.



Fig. 2 View from the hotel.

3. 会議報告

先進的フェムト秒レーザーとその応用に関する国際会議 (The 9th International Conference on Ultrahigh Intensity Lasers (ICUIL2022)) に出席し、研究成果の発表を行った。プログラム委員として本会議のプログラムの審議・策定を行うとともに、セッションの座長を務める等、会議の運営にも貢献した。また、参加している研究者と本研究成果や、レーザー高度化及び応用研究に関して議論を行うとともに、今後の研究活動に有用な情報収集を行った。

会議はシングルセッションであり、参加者は全て講演を聴講することができる。比較的プログラムにも余裕があり、

議論も活発になされていた。また、2日目、3日目においては1時間30分のポスターセッションも行われ、より密な議論が成されていた。発表件数は2018年にノーベル物理学賞を受賞したG Mourou教授の講演から始まり、招待講演を含む72件の口頭講演、58件のポスター発表があった(口頭講演、ポスター発表の様子はそれぞれFig. 3, Fig. 4を参照)。招待講演者の顔ぶれも北米、欧州、アジア等各地域から多岐にわたり、ベテランの研究者だけでなく、活躍している若手研究者の発表もあり、先進的フェムト秒レーザーとその応用の最新の動向を学ぶには最適の会議であった。参加者は全体で22か国から168名で、1番参加者が多かったのが開催国の韓国で、2番目はドイツ、次いでフランスであった。日本は7番目であった。出張者はフェムト秒レーザー自身やレーザーの時間空間ビーム品質向上や安定性を中心に情報収集を行った。展示会においても、最新の光学装置、周辺部品等に関する有益な情報を得る絶好の機会であった。

出張者は、”Demonstration of pulse temporal quality improvement in femtosecond pre-pulse and picosecond pedestal in the J-KAREN-P laser”というタイトルで口頭講演を行った。出張者らのフェムト秒レーザーの時間品質向上において、メインパルスに付随する不必要なプリパルスの除去技術の詳細について多くの質問を受けた。本研究開発が非常に興味を持たれており、レーザーの高強度化に伴って、その利用に向けた高品質レーザーに関する技術開発が重要であることが確認できた。



Fig. 3 Oral session.

近年のフェムト秒レーザー技術の進展に伴い、実際の利用を行う際に重要となる時間品質などのビーム品質に関心がもたれ、これらに関して会議全体を通して議論が活発になされていた。



Fig. 4 Poster session.

高い強度を有するフェムト秒メインレーザーパルスに先立って強度の低いプリパルスが存在する。高強度下ではプリパルスの強度も大きいため、プリパルスが加工対象物を傷つける等問題となっている。レーザーシステムの中には、レーザー増幅結晶等の平行平面を有する透過媒質が存在し、レーザーがその媒質を透過すると、透過媒質の表面と裏面の反射に起因する主パルスより時間的に後から追従するポストパルスが発生する。最近、メインパルスと時間的に遅いポストパルスの相互作用で生じる非線形結合効果により時間的に早いプリパルスが発生するという興味深いことが指摘されており、その理解・解明に関する議論がなされていた。この現象はメインパルスとポストパルスが互いに干渉し、メインパルスのスペクトル強度や位相が変調を受けることで、パルス圧縮後にプリパルスが発生する。出張者らはポストパルスを除去するためにウエッジ（微小な角度をつけた光学素子）を導入するなどの工夫をしてプリパルスの除去に成功している。ドイツ・ヘルムホルツ研究機構のグループはその現象を数値計算で再現するための計算コードを試作し、定性的に一致するところまで完成しており、今後の展開が期待される。

フェムト秒レーザーの時間・空間品質向上は勿論、高出力化、高繰り返し化といった高度化技術は、今後産業応用で重要な生産性向上の観点からも不可欠なものである。このため、加工用はもちろん理化学用にも使える光源開発も進んでいた。

ドイツの TRUMPF のグループは薄型ディスクタイプの Yb:YAG レーザー媒質を用いてディスク背面より固体熱伝導で熱を速やかに除去することで、数百フェムト秒領域で kHz のレンジでマルチ kW の平均出力を有するレーザーの開発に成功したとの報告があった。例えば 0.7 J, 1 kHz, 900 fs や 0.1 J, 20 kHz, 900 fs などのレーザーの報告があった。更に、自己位相変調を用いた追加パルス圧縮で 630 fs のパルスを 36 fs に再圧縮することにも成功していた。高速で高精度な加工に適した光源であると注目を集めていた。

チェコの ELI-BL のグループは 15 fs, 1 kHz, ~100 mJ

のレーザーパルスを、非線形光学結晶を用いた光パラメトリックチャープパルス増幅 (OPCPA) 法を用いることで、直接 10 fs 台の極短パルスを高エネルギーで生成することに成功していた。今までできなかった極薄材料の加工等に使えるとのことであった。

日本の浜松ホトニクスグループは、大面積レーザーピーニングにも使用できる低温冷却型 Yb:YAG レーザー媒質を用いることで 250 J の大出力動作を実現していた。現在の繰り返し率は 0.2 Hz 程度であるが、スラブ型レーザー媒質の排熱を工夫することにより 10 Hz まで高めるとのこと、今後の展開が楽しみである。

米国のコロラド州立大学のグループは、同様に低温冷却 Yb:YAG をレーザー媒質として用い、薄型ディスク形状で背面より直接排熱できる方式で、1.1 J, 1 kHz, 4.5 ps が得られているとのことであった。

また、レーザーの遠隔化や自動化といった DX 化に関する報告も多くあった。レーザープロファイル画像等のリアルタイム可視化システムやレーザーのポインティングを常時監視し、そのデータを取得し、アクチュエータが付属したミラーを自動で制御することで、レーザー立ち上げ時間を短縮するとともに、長時間の安定供給を実現していた。小型装置から、例えば ELI-NP のピーク出力が 10 PW (=ペタワット=10¹⁵ W) のチタンサファイアレーザー媒質を用いた大型装置まで導入が段階的ではあるが急速に進んでいるように感じた。ELI-NP の 10 PW レーザーは 1 時間に 1 ショットのショットレートとのことであった。

最後に、超高ピーク出力レーザーの報告も付け加えておく。英国のラザフォードアップルトン研究所では、PW, 10 Hz チタンサファイアレーザー装置開発が建屋を含めて予算化され、2025 年に運用を開始するとのことであった。米国ロチェスター大学のグループでは OPCPA を用いてシングルショットではあるが、50 PW の出力を目指した小型の試験モジュールで 0.5 PW を達成していた。中国科学院上海光学精密機械研究所が中心になり OPCPA を用いて同様にシングルショットではあるが 100 PW レーザーの開発が予算化され、0.2 PW の小型のモジュールの試作が完了していた。2023 年に 1 PW, 2024 年に 20 PW, 2026 年に 50 PW, 2027 年に 100 PW の出力を段階的に実現するとのことであった。韓国では OPCPA を用いて 200 PW レーザー開発の検討に入っているとのことであった。

先進的レーザーとその応用に関する国際会議において、最新の研究動向や各国の研究者との意見交換、及び義重 τ 開発の現状を把握することができた。今後の研究開発の遂行に活かしていきたい。

謝 辞

最後に、本会議への参加にあたり、天田財団より援助をいただきました。深く感謝の意を表し、厚くお礼申し上げます。