

総研大国際シンポジウム 「先進的固体フォトンクスASSP 2008」レポート

平等拓範

総合研究大学院大学准教授 機能分子科学専攻／自然科学研究機構 分子科学研究所准教授

先進的な固体レーザー、非線形光学波長変換に関する国際会議ASSP 2008が、1月27日から奈良にて、総研大との共催のかたちで開催された。基礎から応用にわたる広汎な研究成果が報告され、優秀な発表をした大学院生に総研大賞が与えられた。

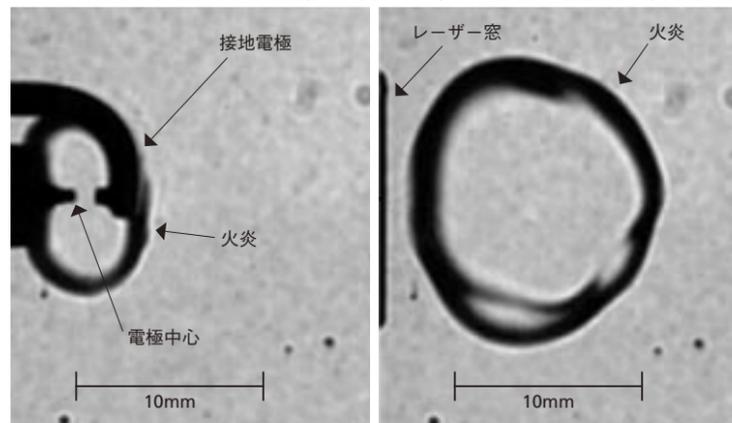
アメリカ光学会^{*1} (OSA) のトピカルミーティング『先進的固体フォトンクス (Advanced Solid-State Photonics) :ASSP 2008』が、1月27日から30日までの4日間、奈良県新公会堂にて行われた。総研大国際シンポジウムとして共催のかたちで、OSA 設立23年目にして初めて日本で開催された。

この会議は、固体レーザーならびに非線形光学波長変換を中心とした先端固体フォトンクスに関する世界動向の把握と同時に新たな潮流の発信を目的としている。そもそも、1980年代半ばの「固体レーザーのルネッサンス」により展開さ

れた半導体レーザー励起固体レーザー (DPSSL)、超短パルスレーザーの代名詞でもある Ti:Al₂O₃ レーザーの可能性を議論する場として、その頃に形成された。

その後も非線形光学波長変換のブレイクスルーとされる擬位相整合 (QPM) 素子、次世代の高出力・高効率レーザーである Yb (イッテルビウム) レーザーなど次々と魅力的な提案がされ、この分野では最も権威ある国際会議との地位を築いた。しかし、これまでの活動は北米・欧州に留まっており、日本開催どころかアジア誘致は今回に至るまで実現しなかった。

図1 点火6 ms後の火炎核の密度分布 (シュリーレン撮影による)
(a) スパークプラグによる点火 (投入エネルギー 35 mJ)、(b) マイクロレーザーによる点火 (2.7 mJパルス4回投入)。高輝度マイクロレーザー点火では、通常のスパークプラグ点火に比べ1/3のエネルギーで3倍の火炎核を効率的に生成できることを実証した。



子科学研究所、日本自動車部品総合研究所らとの共同研究)。

もともと、レーザーによる点火は理想的な着火法といわれてきたが、従来は点火用ジャイアントパルスレーザーが大型のうえ、不安定で効率も低いため、長らく将来の技術とされてきた。ところが最近のマイクロレーザーの進展により、急に現実味を帯びてきたのである。マイクロレーザーの高出力化、単一モード光の短パルス化による高輝度化は著しく、従来のプラグよりも効率的なエンジン点火が可能とされる (図1)。それだけでなく、天然ガスを利用したコジェネレーションシステムの改善には不可欠とされ、環境・エネルギー問題から注目が集まっている。

トヨタグループでは以前からレーザー点火の研究を行っていたが、小型化が不可欠とのことで、2004年頃にデンソー、日本自動車部品総研が相談に来て、そこから共同で研究が始まった。なお海外では、天然ガス発電を目的としたレーザー点火の研究が盛んである。

3日目のアイセーフ (目に障害を与えない) のセッションでは、栗村直氏 (物質材料研究機構) らが自発分極をもたない水晶に、周期12 μmのツイン反転でQ P M構造を作り込み、Nd:YAG レーザーの第4高調波266 nmを出力2 mWで得たと報告した。また、M. Dubinskii氏 (アメリカ陸軍研究所) らは、液体窒素冷却のEr:Sc₂O₃ (エルビウム添加酸化スカンジウム) セラミックスをErファイバーで励起することでスロープ効率 (微分効率) 77.15%の高効率特性を実現している。

そのほか注目すべき発表をいくつかあげておく。2日目のウェルカムメッセージの直後、三瓶和久博士 (トヨタ自動車) から「レーザーの自動車分野への応用: 製造技術」として自動車の製造現場におけるレーザー加工の現状に関する紹介があった。3日目夕方には、京都教育大学の和田 萃名誉教授が大仏建立にまつわる最新の研究紹介 (図2) を行った。また最終日には、伊藤弘昌教授 (東北大学) の広帯域波長可変 THz 波と応用に関す

図2 和田 萃・京都教育大学名誉教授のバンケット講演「東大寺大仏と木簡」「奈良の大仏」とよばれる東大寺盧舎那仏像は、その歴史的、美術的な価値ばかりでなく、光の象徴であることから参加者の興味をひいた。



る最近の展開、S. Karsch 博士 (ドイツ・マックス・プランク研究所) の40 J級OPCPAの1.5サイクルレーザーの最新成果に関する紹介があった。

セラミックレーザーサミット

とくに注目すべき分野ということで、最終日にセラミックレーザーサミットが行われた。セラミックレーザーが初めてASSP (当時はASSL) に登場したのは1998年のアイダホ・コーダレイ会議である。筆者は1997年より池末博士の協力を得てセラミックレーザー研究に着手し、その成果を報告したのが1998年のASSLであった。2000年以降、分子研レーザーセンターの外部評価員であった電気通信大学の植田憲一教授の研究参加もあって、この分野の研究が活性化。そしてこの10年のあいだに、セラミックレーザーの名を冠したサミットが特設されるまでになった。関係者として感慨深い。

ここではセラミックレーザー材料関連3件に続き、材料評価とレーザー構築関連の発表がなされた。アメリカ・ローレンスリバモア国立研究所からは、平均出力70 kWにもおよぶ高出力動作が実証されたとの報告があり、大いに盛り上がった。

新設された総研大賞

最後に「総研大賞」についてふれておきたい。これは、総研大が主催、あるいは

共催する国際学術会議で、優秀な発表をした大学院生に授与されるものである。本学の名を冠した賞を与えることによって、学生にとって大きな励ましとなると同時に本学の名を高めるものとして、新たに制定され、本シンポジウムから適用された。

総研大教員を主体とする選考委員会を設け、審査のうえ10名の大学院生に授与した。授賞対象となった分野は、高出力・高強度レーザーの基礎にあたる超高速発振器から3件、超高速増幅器から4件などとなっており、最先端分野の動向がうかがえる。3日目の夕方に授与式があり、小平総研大学長から賞が贈られた。

以下、総研大賞を受賞した発表についてくわしくみていく。

2日目の超高速発振器のセッションからは3件。C. Bear氏 (スイス連邦工科大学: ETH) らはドーブ濃度9 at.%, 厚み200 μmのYb:YAGディスクを用いた発振器を試作し、波長1030 nm、パルス幅791 fs、くり返し4 MHzで平均出力45 Wを達成している。パルスエネルギーは11.3 μJにもなるため、さまざまな応用が可能になってくる。

同じくETHのS. Marcheseは、2 at.%, 厚み250 μmのYb:Lu₂O₃ (イッテルビウム添加酸化ルテチウム) を用いて、パルス幅370 fs、くり返し65 MHzで出力20.5 Wを効率36.6%で得ている。この発表はとくに優秀とのことでOSA学生賞も受けている。



図3 ASSP 2008参加者が勢ぞろい

A. Bellancourt 氏も同じく ETH 所属で、モード同期のための半導体過飽和ミラー (SESAM) を半導体レーザー励起面発光レーザー (OPS-VECSEL) と一体化させながらも、パルス幅 290 fs、くり返し 3.0 GHz で 10 mW の出力を得ている。出力はまだ低いものの、非常にコンパクトになっている。

同日のポスターセッションで、戸倉川正樹氏 (電気通信大学) らが、異種のセラミック材料を接合する事でスペクトルを合成し広げることで短パルス化を図り、53 fs で 1 W の平均出力を得た、などの最新話題が報告された。同氏は別のポスター発表で総研大賞を受賞したが、10 名中唯一の日本人であった。

3 日目の超高速増幅器のセッションからは 4 件。T. Metzger 氏 (マックス・プランク研究所) は、Yb:YAG ディスクを用いた再生増幅器を構築し、7 ps、くり返し 10 kHz において 5.6 mJ を得ており、光パラメトリック過程によるチャープトパルス増幅 (Optical Parametric Chirped Pulse Amplification: OPCPA) への展開を検討している。この発表に関連して X. Gu 氏 (マックス・プランク研究所) らは、QPM 素子による OPCPA を構築し、アト秒に有利な $2.1 \mu\text{m}$ 域で数サイクルのサブ mJ パルスを達成、この中赤外光を希ガスに照射して 250 eV までの高次高調波発生を得たと報告している。

一方、J. Rothhardt 氏 (ドイツ・フリードリヒ=シラー大学イエーナ) は、Yb ファイバーレーザーを用いてサブ 20 fs の光

パラメトリック増幅を実現。エネルギーは 500 nJ と少ないものの、繰り返しは 2 MHz に達している。

また、F. Roser (フリードリヒ=シラー大学イエーナ) はコア径 $80 \mu\text{m}$ の Yb フォトニックファイバーを増幅器として用いることで、800 fs ながら出力エネルギーを mJ 級にまで向上させた。これに対し、Y. Zaouter (フランス・ボルドー大学 CELIA) は Yb:KYW (イッテルビウム添加カリウム・イットリウム・酸化タングステン) 超短パルスを直接増幅することで 49 fs、870 fs を達成した。

最終日には、C. Wirth 氏 (ドイツ・フ라운ホーファー IOF) らが構築したスロープ効率 77%、線幅 0.2 nm で出力 1 kW の狭線幅ファイバーアンプ、および H. Kofler 氏 (ウィーン工科大学) による発電システムの天然ガスエンジンをマイクロレーザー着火する研究が選出されている。

総括と次回予告

ASSP 2008 (総研大シンポジウム) の内容は、固体フォトニクスにまつわるレーザー材料、デバイス、システム、そして高エネルギー物理、生物、天文学から自動車産業まで広範なものであった。そのため参加者は 298 名に達し、投稿論文数も 196 件 (内ポスター 128 件) と過去最多であった。

参加者の内訳は、環太平洋 45%、欧州 31%、北米 22%、その他 2% である。今年には日本開催のため日本人の参加者が

104 名と急増したが、それでもほかに 27 カ国、200 名近くの参加があり、今後の光科学を議論するのにふさわしい会議だったといえる。またそのような場所であるからこそ日本のプレゼンスを明確に示すことができたことと確信している。一方で、今回新たに制定した総研大賞も、教育効果は高いと関係者から好評であった。

国際的な注目度も高かったようで、会議の様子が米国雑誌『Photonics SPECTRA』(2008.3)、『Nature Photonics』vol.2 (2008.4) などに紹介された。

最後に、次回の ASSP 2009 だが、場所を北米に戻し、デンバーにおいて 2009 年 2 月 1 日から 4 日間開催される予定である。学生賞や旅費サポートなどの支援も計画しており、総研大からも多くの参加があることを期待している。

*1 アメリカ光学会(OSA)ホームページ
<http://www.osa.org/meetings/topicalmeetings/assp/default.aspx>



平等拓範 (たいら・たくのり)

三菱電機のLSI研究所から大学に転出し、高分解分光法を背景としたレーザーレーダーによる環境計測に従事した。その際、実験時間の大半を固体レーザーの調整に費やしたため、先端科学技術であるはずのレーザーに大きな疑問を感じた。企業で超LSI、マイクロプロセッサを研究開発していた視点より固体レーザーおよびその周辺技術を見直したところ、かなり根深い問題があることに気づき、固体中のドメインを光の波長と同程度のミクロンオーダーで制御することにより、新たな光学機能の発現させる「マイクロ固体フォトニクス」の提案に至った。