

## 会議報告

## FEL2011 会議報告

中尾 圭佐\*

Report on FEL2011 (The 33<sup>rd</sup> International Free Electron Laser Conference)

Keisuke NAKAO \*

## 1. はじめに

2011年8月22日から26日まで上海応用物理研究所 (SINAP: Shanghai Institute of Applied Physics Chinese Academy of Science) の主催で開催された FEL2011 (33<sup>rd</sup> International Free Electron Laser Conference) に参加する機会を得たので、会議の内容や感想などを報告する。

FEL Conference は、1978年から始まった FEL (自由電子レーザー) の発展をめざした国際会議であり、理論、実験、利用、安定化まで幅広い議論が行われている。今回は33回目で、上海の国際会議中心で開催された(写真1)。

上海の都市建設は、唐代(751年)に華亭県が設置されたことから始まり、200年後に海岸線が東に移動したことから、991年に現在の場所に行政区が設けられた。13世紀になると重要な商業港に成長し、1292年元王朝が上海県とした。アヘン戦争の南京条約により上海港は開港され、イギリス、フランス、アメリカの租借地である租界が誕生した。1865年に香港上海銀行が設立されたことをきっかけに、欧米の金融機関が進出しはじめ、英米仏の文化が流入し、バンド地区、南

京路を中心に西洋街が建設された。日中戦争、第二次世界大戦中は、外国資本は香港に移動したが、改革開放後は再び流入し始めた。外灘地区には、当時の英国人が貿易拠点として構えたネオ・ルネッサンス様式、ネオ・バロック様式、アール・デコ様式の歴史的建築物が並んでいる(写真2)。

最近では、外灘地区の黄浦江をはさんだ対岸にある東浦新区が牽引役となり、めざましい高度経済成長を遂げている(写真3)。FEL Conference の会場となった上海国際会議中心は、黄浦江の東浦側の川岸にある。

## 2. Pascal Ellaume 氏の追悼

会議は、5月に亡くなった Pascal Ellaume 氏の追悼から始まった。氏は1978年に ACO に入所された後、Optical Klystron の開発研究に携わり、1983年の ACO FEL の発振に貢献された。この発振は蓄積リングでは世界初の可視光領域の発振であった。その後、1986年に ESRF の Insertion device のリーダー、2001年には ESRF Machine division のリーダーを務められ、2011年5月11日に、アルプス山中の事故で亡くなられた。55歳だった。



写真1 会場の外観



写真2 外灘地区の歴史的建築物

\* 日本大学電子線利用研究施設 Laboratory for Electron Beam Research and Application, Nihon University (E-mail: nakao@lebra.nihon-u.ac.jp)

### 3. レセプション, バンケット, FEL Prize

会議初日にはレセプションとして、黄浦江のクルージングが行われた。ビールやワインを片手に、涼しい夜風を浴びながら美しい夜景をバックに、1年ぶりの再会に話を弾ませた(写真4)。

バンケットは、会場の裏にある Seagull Palace で行われ、中国の民族音楽が演奏されるなか、北京ダックを含む中華料理が振る舞われ(写真5)、2011年のFEL Prizeが、SACLA XFEL施設の初の硬X線FELの発振成功とその建設ならびに長年にわたるFELの科学、技術の進展への大きな貢献により、新竹積氏に贈られることが発表された(写真6)。また、SOLAILのMarie Labat 女史に、女史が大学院から今までの比較的短期間に行った seeded FEL, Higher-order Harmonics Generation in Gas などによる、FELの科学、技術の進展への大きな貢献と、特に将来の大きな貢献への期待に対し、2011 Young FEL Scientist Awardが贈られた。

### 4. First Lasing

恒例となっている First Lasing のセッションは、この1年間に初めてFEL発振に成功した光源の発表が

行われる。今回は、Daresbury LaboratoryのALICE IR-FEL, FERMI@elettraのFEL-1, University of DortmundのDELTA,そしてSACLAの発表があった。

DaresburyのALICEは、2010年10月23日にビームエネルギー27.5 MeVで、波長8  $\mu\text{m}$ でFEL発振に成功した。現在は波長5から8  $\mu\text{m}$ で、1パルスあたり3.3  $\mu\text{J}$ で、rmsで2.5%の安定度を達成している。

ALICEは2009年のLiverpoolで開催されたFEL Conferenceで、施設見学が行われた施設である。

FERMI@elettraのFEL-1は、シードレーザとRFのジッタに悩まされていたが、LLRFのパラメータをチューニングする事で、ジッタを100 fs程度までに抑え、2010年12月に波長43 nmの発振に成功した。現在では波長20から65 nmまでの発振に成功し、パワーおよび安定度の向上に努めている。

SACLAでは、2011年6月に7.1 GeVの電子ビームをFELラインに供給し、16台あるアンジュレーターギャップを、ひとつずつゆっくり閉じていき、8番目のアンジュレータを閉じたところで、YAGスクリーンに明るいま



写真3 東浦地区の夜景



写真4 レセプション会場となったクルーザー



写真5 バンケットでは中国音楽が奏でられた



写真6 FEL Prizeを受賞した新竹氏

ポットが現れ、すべて閉じた時に  $20 \mu\text{J}/\text{pulse}$ 、パルス幅  $30 \text{ fsec}$  の FEL を確認した。現在は、波長  $1.6$  から  $0.8 \text{ \AA}$ 、FEL パワー最大  $4 \text{ GW}$ 、FEL 強度の安定度  $18\%$  を達成している。

## 5. FEL Prize Lectures

FEL Prize Lecture は、昨年 FEL Prize の受賞者の講演である。今年は、GENESIS の開発者である PSI の S. Reiche 氏が、GENESIS で使われている FEL のモデルやアルゴリズムの解説を行った。GENESIS は第一世代の高ゲインのシングルパスの SASE FEL ではよく計算が合った。現在注目されている次世代の FEL であるシード FEL では、現在のコードでも近似値が得られるが、いくらかの修正が必要であるとのことだった。

## 6. New Science

New Science セッションでは、XFEL の利用法が提案された。“Multi-photon Processes and Two-color Studies in Atomic and Molecular Systems” では、AMO (Atomic, Molecular and Optical science) ユーザから、XFEL への要求が示された。これによると、非線形反応の測定には、 $10^{15} \text{ W}/\text{cm}^2$  以上のパワーが必要で、パルス幅は  $10 \text{ fs}$  以下および  $100$  から  $300 \text{ fs}$  で、かつパワーとパルス幅が可変でなければならないなどの要求が示された。

“Femtosecond Protein X-ray Nanocrystallography” では、ミクロンからサブミクロンレベルのタンパク質の結晶に XFEL を照射し、大量の回折像を撮り、再構成した例が示された。

## 7. XFEL

XFEL セッションでは、SACLA, FLASH, LCLS から 1 件ずつ発表があった。SACLA からは、“SACLA (XFEL/SPring-8) Project-Status of Beam Commissioning” というタイトルで発表があり、現在の XFEL のパフォーマンスとして、波長、スペクトル、安定度などが報告された。また集光した XFEL を使って金属の膜に穴をあけたところ、その大きさが、 $1.1 \mu\text{m} \times 0.9 \mu\text{m}$  (FWHM) であった。10 月上旬から SASE の試験をはじめ、2012 年の 3 月にユーザ利用実験を始める予定である。

次の、“First Lasing in the Water Window with  $4.1 \text{ nm}$  at FLASH” では、DASY の FEL 施設である FLASH が、ビームエネルギーを  $1 \text{ GeV}$  から  $1.25 \text{ GeV}$  に増強し、波長  $4.45 \text{ nm}$  の FEL 発振に成功したことが報告された。また、2010 年 9 月から 2011 年 7 月までの運転統計が示され、総運転時間の  $76\%$  である  $3300$  時間を SASE 利用実験に提供し、チューニング等が  $5\%$ 、ダウンタ

イムが  $5\%$  であったことが報告された。FLASH-II の建設は、2011 年 9 月中旬から始まる予定である。

“Operational Experience at LCLS” では、LCLS の現状が報告された。LCLS は XFEL のエネルギーが  $0.48$  から  $10.5 \text{ keV}$ 、FEL パワーが最大  $4.7 \text{ mJ}/\text{pulse}$ 、FEL パルス長が  $5$  から  $500 \text{ fs}$  (FWHM) で、6 つのユーザ実験室に XFEL を供給している。1 週間のマシンタイムを、2 つに分け、5 日間をユーザに、2 日間をマシンスタディやメンテナンスに充てている。また、FEL 波長を変えるためのビームエネルギーの変更操作は、ほぼ自動化されており、例えばビームエネルギーを  $12 \text{ GeV}$  から  $14.5 \text{ GeV}$  に数分間で変更できる。このように LCLS では多くの自動化プログラムおよびフィードバックシステムが稼働しており、安定な運転に貢献している。

## 8. Tutorials

会議初日から 4 日間、ポスターセッションの後に、教育プログラムとして、Tutorial セッションが開催された。K.J.Kim 氏の、“Simple Physics for Marvelous Radiation Device: A Tutorial for FEL Theory” と題した FEL 理論の講義に始まり、加速器、放射理論、同期技術についての講義が行われた。

## 9. Closing

最終日の午前中に Closing セッションが行われた。このセッションでは本会議の総括が行われ、Editing Team, Local Team, ボランティアに感謝の拍手が贈られた。本会議の参加者は  $302$  人で、 $232$  件の発表があったことが報告された。次回の FEL2012 は、SPring-8 と京都大学の共催で、2012 年 8 月 26 日から 31 日まで、奈良県新公会堂で開催されることが発表された。なんとオーラル発表は能舞台を使って行われるとのことである。午後は SINAP の Zhangjiang キャンパスにある SSRF (Shanghai Synchrotron Radiation Facility) および、SDUV-FEL がある Jiading キャンパスの施設見学が行われた。

## 10. おわりに

個人的な感想として、XFEL が実用化されパルス長が  $100$  から  $10 \text{ fs}$  のオーダーになったことから、同期信号の伝送技術といった、どちらかという加速器の花形ではない部分がより重要になってきた印象がある。これは Tutorial で同期に関する講義が行われ、Stability and Timing というセッションがあることから、重要性は既に認識されているように思う。

最後に、本会議の成功を次の FEL2012 につなげ、より一層の FEL の発展を願って筆を置く事にする。