

会議報告

FEL09 参加報告

紀井 俊輝*・大垣 英明・増田 開

Report on FEL09

Toshiteru KII*, Hideaki OHGAKI and Kai MASUDA

1. はじめに

FEL09に参加したので報告する。本会議は1978年より始まった自由電子レーザー（FEL: Free Electron Laser）の発展を目指した国際会議である。この会議では、FELの物理から、光源開発、利用研究と多岐にわたり毎年活発な議論が行われている。31回目となる今回は、2009年8月24日から28日まで、英国・科学技術設備会議（STFC）Daresbury Laboratory主催のもと英国リヴァプールで開催された。

リヴァプールは古くから貿易で栄えてきた港町であり、2004年には「海商都市リヴァプール」の名で、ユネスコの世界遺産に登録されている。現在も人口40万人を超える商業都市として繁栄している。また、The Beatlesが結成された街でもあり、The Beatlesメンバーが幼少時代に過ごした家や歌詞にゆかりのある場所などが市内各地に数多くあり、The Beatlesのファンにとっては、まさに「聖地」として知名度が高い（写真1）。会期中に開催されたバンケットでもThe Beatlesのトリビュートバンドの生演奏があり、大いに盛り上がった（写真2）。

会場は、港町リヴァプールの面影を今に残すThe Albert Dock（写真3）に隣接したThe BT Convention Centre（写真4）で、赤レンガの倉庫とは対照的にガラス張りの2つのドーム屋根を連結した近代的な建物であった。参加者は22の国から269名、259件の発表が行われた。会議初日にはリヴァプール大聖堂（Anglican Cathedral）でレセプションが開かれ、パイプオルガンの生演奏の中、ワインとつまみを手に一年ぶりの再会に話を弾ませた（写真5）。

なお、バンケットの際に次回2010年はMAX-labの主催によりSweden, Malmö市で開催されるとの

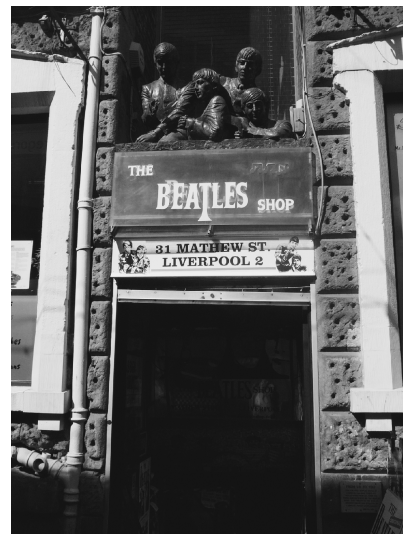


写真1 The Beatlesの面影の残る街角



写真2 ビートルズトリビュートバンドによる生演奏。大いに盛り上がった

アナウンスがあった。会議は2010年8月23日から27日が予定されている。また2011年は上海、2012年は京都で開催の予定であると報告があった。

* 京都大学 エネルギー理工学研究所
(E-mail: kii@iae.kyoto-u.ac.jp)



写真3 港湾都市リヴァプールの面影を今に伝える Albert Dock



写真5 リヴァプール大聖堂で行われたレセプション



写真4 会場となった BT Convention Centre (手前) と Albert Dock (奥). 二つの対照的な建物のコントラストが面白い

2. 会議報告概要

2.1 FEL Prize Lecture および New Lasing

毎年恒例となっている FEL Prize Lecture からスタートした. 昨年の FEL 受賞者の Samuel Krinsky による “Stochastic Temporal Behavior of SASE”, および Young Scientist FEL award 受賞者の Oleg A. Shevchenko による “Statistical Theory of the SASE FEL Based on the Two-Particle Correlation Function Equation” の講演がなされ, どちらも SASE FEL (光共振器を用いず電子バンチが発生した自発放射光を自己増幅することでコヒーレントなレーザー光を発生させる方式の自由電子レーザー) に関連した FEL 理論に関するものであった. SASE FEL は近年 FEL 国際会議でもっとも “Hot” な領域で, 彼らの研究は FEL 増幅現象を理解する上で極めて重要な知見を導き, X 線自由電子レーザー実現に大きく貢献している.

Prize Lecture に引き続き, 同様に恒例となっている “New Lasing” セッションが行われ, 今回は以下の 5 件の FEL 発振成功の報告があった.

LCLS (アメリカ: SLAC), SPARC (イタリア: ENEA), Coherent Smith-Purcell (フランス: CESTA/CEA), Two-Orbit FEL (ロシア: BINP), NIJI-IV (日本: AIST)

LCLS の報告は, 波長 1.5 \AA において SASE FEL 発振および飽和を観測したもので, ついに短波長 FEL がオングストロームの領域に到達したという FEL の短波長化におけるマイルストーンといえるものであった.

2.2 FEL Theory

FEL Theory で発表件数が多かったのが, EEHG (Echo-Enhanced Harmonic Generation) であった. X 線 SASE が電子ビームの発生する X 線自発放射を自己増幅するのに対し, 高利得高調波発生 (High-Gain Harmonic Generation) においては, 可視域のレーザー光の高調波より生成する X 線をシード光として X 線増幅を行うため, 狭帯域化やコヒーレンスの面において高品質な X 線レーザー実現に有利である. Stupakov によれば, EEHG 方式では 2 組の電子ビームエネルギーモジュレータ (変調用レーザーとアンジュレータ) およびシケインを用いることで, 特定の高次高調波の発生に最適化した電子ビーム密度変調を与えることが可能になるとのことで, 今後の実験的な検証に期待が大きい.

2.2 X 線 FEL 関連

New Lasing セッションでも報告のあった LCLS (アメリカ: SLAC) であるが, きわめて順調にコミ

セッションが進み、2009年4月7日に21本のアンジュレータの設置を終え、わずか3日後の4月10日に1.5 ÅでのFEL発振、4月14日にはビームベースアライメントを終え1.5 ÅでのFEL飽和を達成するという順調さが際立っていた。2009年10月からはユーザー運転を開始するとのことで、早くもオンダストローム領域でのX線レーザーを用いた新たな研究が始まろうとしている。コミッションニングの中心となったPaul Emmaと高輝度電子ビーム生成の鍵となる光陰極高周波電子銃開発の中心となったDavid Dowellがそろって今年のFEL Prizeを受賞することとなった(写真6)。また、プロジェクトのディレクターのJohn Galaydaには特別賞が贈られた(写真7)。LCLSに関しては、EmmaやDowellをはじめとし、多くの報告がなされた。なお、今年の“Young Scientist FEL award”はJLabのPavel Evtushenkoに贈られた(写真6)。

日本のX線FELも順調に建設が進みつつあることが新竹より報告が行われた。その他、原による小型X線FELにおける電子バンチ圧縮、田中(均)によるSCSS試験加速器における高いビーム安定性について報告が行われ、日本のX線FEL完成への期待が高まった。

FLASH(ドイツ: DESY)のSASE FELに関しては、詳細な運転統計やアップグレード計画の報告が行われたほか、利用研究の発表もありX線レーザー利用の時代に突入したことが感じられた。

日米欧3施設のほかに多くの研究機関がSASE FELのプロジェクトを計画しており、X線レーザーへの期待が高まっている。また、上述のEEHGや高調波レーザーシードによるX線特性の向上にむけた取り組みも非常に活発であるほか、K. J. Kimからは完全結晶でのBragg反射を利用した狭帯域のX線領域での共振器型FELの提案も行われた。

2.4 長波長FEL

X線レーザー実現を目指した研究開発が急速に進む中、近年注目を集めているのがTHz領域である。THz領域においてもX線領域と同様に、既存の大強度光源がないことから、加速器ベースのTHz光源に関連した発表が数多く行われていた。方向性としては、New LasingセッションでVinokrovから報告のあったERL方式(Energy Recovery Linac)による超大出力FEL: Two-Orbit FEL(ロシア: BINP)、比較的小型のFEL(共振器型・SASE型)、超高輝度電子ビームを用いたCoherent THz radiationに大別される。



写真6 FEL Prize 受賞者たち



写真7 LCLS チームには特別賞も贈られた

2.5 その他

FELに関連したビーム加速器技術としては、今後はこれまで以上に高い安定性、精密なビーム制御等が要求されるようになる。ビームモニター、同期技術、フィードバック技術の報告が数多くなされた。また、施設見学会では、Daresbury Laboratoryで建設中のERL施設(ALICE)を訪問した。

3. 終わりに

LCLSの成功によりFELはオンダストローム領域のX線レーザーを現実のものとし、新しい段階へと進みつつあることが実感される会議であった。日本のX線FEL(XFEL/SPring-8)、European XFELも完成が近づく中、SASE X線レーザーの更なる高品質化に向けた研究が着実に進みつつある。SPring-8を中心に2012年には京都でFEL国際会議を開催することになったが、今後のFEL分野の発展を祈念して筆をおくことにする。