

## 会議報告

## FEL 2014 会議報告

川瀬 啓悟\*

Report of the 36<sup>th</sup> International Free Electron Laser Conference (FEL 2014)

Keigo KAWASE\*

## 1. はじめに

2014年8月25日から29日までスイスの Paul Scherrer Institut (PSI) 主催による第36回自由電子レーザー国際会議 (FEL 2014) がバーゼルの Congress Center において開催された。バーゼルはドイツ、フランスとの国境に接した都市で、実際バーゼル空港 (正式名称 EuroAirport, Basel-Mulhouse-Freiburg) はフランス領内にあり、スイス側への出口とフランス・ドイツ側への出口は異なっている。また鉄道陸路についても、バーゼル市街地中心の南にあるスイス鉄道の駅 (Basel SBB) とフランス鉄道の駅 (Basel SNCF) は同じ敷地内にある。ドイツ側へはライン川を挟んで Congress Center を越えた北東にある Basel Badischer 駅から発着し、ドイツ鉄道の旗がたなびいている。

会議の参加者数は、会議前の参加者リストでは400名が予定されており、会議終了時の主催者発表では424名であった。同様に会議終了時に発表された統計としては、アブストラクト数327件、早期参加申し込み数148件、通常参加申し込み数101件、企業参加者数85名、学生52名、同伴者数18名、現地組織委員および編集者数20名であった。会議終了時の地域別の参加者数を図1に示し、会議前参加者リストから集計した国別参加者数を図2に示す。参加者人数が最も多かった国は FLASH (DESY) や Euro-XFEL (DESY) を有するドイツで、2番目は LCLS (SLAC) から多数の参加があったアメリカ、3番目は開催国のス

イスであり、日本は4番目であった。企業展示には46件の出展があった。

口頭発表件数は招待講演が26件、一般講演が23件、First Lasing のミニ講演が2件であった。招待講演の国別集計はアメリカ8件、イタリア5件、ドイツ4件、スイス3件、中国2件、韓国



図1 地域別参加者数

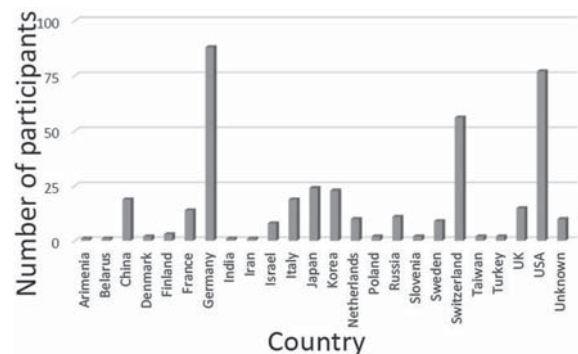


図2 国別参加者数

\* 大阪大学産業科学研究所 Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University  
(E-mail: kawase@sanken.osaka-u.ac.jp)

2件, 日本1件, イギリス1件であった. 一般講演はアメリカ6件, ドイツ6件, 中国3件, フランス2件, 日本2件, イタリア1件, 韓国1件, スイス1件, イギリス1件であった.

## 2. 会議概要

会議の流れとしては, 口頭発表セッション1つにつき, 招待講演2件(30分ずつ)と一般講演2件(15分ずつ)を基本に, 午前中2セッション, 午後はポスターセッションを挟んで, 口頭発表1セッション, チュートリアル(45分)が基本であった. **写真1**に口頭発表会場の様子を示す. 会議初日(月曜日)のチュートリアル終了後に Welcome reception がバーゼル市街地中心の歴史的建築 Safran Zunft のホールで実施され, 3日目(水曜日)は午後から PSI へのバスでのラボツアーと所内での Conference dinner が催された. 最終日(金曜日)は午前の口頭発表2セッションの後, 閉会となった. 翌日は希望者のみのツアーとして, ピラトゥス山とルツェルン湖, ルツェルン市街への観光が催された.

次に各セッションにおける発表内容の一部を紹介するが, 紙面の都合上, 多くの発表については割愛させて頂いた. 多くの発表スライドが Conference Website よりすでにリンクされており, 詳細な発表内容についてはそちらをご参照頂きたい.

### 2.1 Opening Talks, First Lasing

Conference Chair の Braun さんにより開会が宣言され, PSI 所長の Mesot さんから開会の挨拶と PSI の概要についての説明があった. 続いて, BNL の Yu さんより, 本年4月に亡くなった BNL の Samuel Krinsky さんの追悼講演があっ



写真1 口頭発表会場の様子

た. 光科学における Krinsky さんの功績を紹介する中で, 特に1990年の Sag Harbor での X-FEL のワークショップを開催したことにより, 今日の LCLS へ繋がったことを強調しておられた. また病床での Krinsky さんの映像と肉声を見せて頂き, 感慨深いものであった.

次に First Lasing 報告として, DESY-FLASH の Schreiber さんより, FLASH1, 2の同時運転成功の発表があった. 10 Hz 駆動で FLASH1 側に250パルス列を, FLASH2 側に1パルスを入射し, 42 nm (2% b.w. FWHM), 23.5 nm (1.6% b.w. FWHM) の発振確認がなされた. 2つ目の First Lasing 報告は, 主催機関 PSI の Ganter さんより, SwissFEL の入射器試験施設において 220 MeV, 10 Hz, 200 pC の電子ビームを用い, 周期長 15 mm のアンジュレータで可視領域の SASE 発振の報告があった.

### 2.2 FEL Prize Talks

初日の午前後半のセッションでは前回の FEL Prize 受賞者による講演があった. ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy) の Giannessi さんからは FEL 増幅器におけるパルス制御について, KAERI (Korean Atomic Energy Research Institute, Korea) の Jeong さんからは小規模加速器光源についての発表があった. Young Prize 受賞者である Shanghai Jiao Tong Univ. の Xiang さんからは, 多次元位相空間におけるビーム制御の考え方の定式化と Echo-Enabled Harmonic Generation (EEHG) などの FEL における実例の紹介と, Shanghai Jiao Tong Univ. の高速電子回折, 電子顕微鏡の計画などが紹介された. 特に, 大学研究施設の紹介ビデオの完成度の高さには多くの聴衆が驚いていた.

### 2.3 Poster Session

ポスターセッションは初日, 2日目, 4日目の3回に分けて実施され, すべて昼食後に2時間とられていた.

### 2.4 FEL Theory

初日午後のセッションでは, DESY の Schneidmiller さんより, XFEL の円偏光生成メカニズムについて, わかりやすい紹介があった. 現在の主流はアフターバーナーと呼ばれるもので, 平面アンジュレータで飽和させた後, ヘリカ

ルアンジュレータで円偏光生成するものである。新しいアイデアとして、平面アンジュレータを逆テーパ平面アンジュレータで置き換える方式が提案された。平面部分ではパワー放出を低くしてマイクロバンチングのみを十分に進め、ヘリカルアンジュレータ部でパワーを取り出すという手法で、今後 LCLS で試験するとのことであった。

次に今回 Young FEL Prize を受賞した SLAC の Hemsing さんより、High Gain Harmonic Generation (HGHG) FEL について、1次元と3次元のシミュレーション研究が発表された。

## 2.5 FEL Technology and Hardware: Gun, RF, Lasers

2日目午前の前半セッションでは、LBNL の Filippetto さんより、CW FEL のための MHz で動作する VHF 帯常伝導 RF 電子銃についての発表があった。

## 2.6 SASE FEL

2日目午前後半は SASE FEL のセッションで、Univ. Strathclyde の McNeil さんからセルフシード SASE FEL, HGHG カスケード, EEHG についてのレビューが発表された。

## 2.7 Seeded FEL

2日目午後は seeded FEL のセッションで、RIKEN の Inagaki さんから SACLA セルフシードセットアップの概要と結果についての報告があった。SLAC の Ratner さんからは LCLS における回折格子単色器を用いた軟 X 線領域でのセルフシード FEL についての報告があった。

## 2.8 FEL Oscillator

3日目午前の前半セッションでは、Duke Univ. の Wu さんから蓄積リング FEL を用いた逆コンプトン散乱によるガンマ線源の現状と利用状況などが報告された。また現在、JILA (Joint Institute for Laboratory Astrophysics, Colorado) と共同で外部レーザーのスーパーキャビティを用いてガンマ線の高強度化を進めているとの報告もあった。ENEA の Dattoli さんで FEL 発振器の理論と周回ごとのパルス発展の計算シミュレーション (PROMETEO) の紹介があった。ANL の Kim さんから LCLS-II における超伝導 4-GeV CW ライナックを用いた高次高調波 XFEL の評価が発表された。Univ. Bordeaux の Donoghue さんから、AES (Advanced Energy Systems, U.S.A.) の Bluem

さんに代わって円筒回折格子を用いたスミスパーセル FEL の実験結果の報告があった。

## 2.9 Status of Projects and Facilities

3日目午後の後半セッションでは、SLAC の Raubenheimer さんから CW 超伝導ライナックを用いた LCLS-II の詳細が発表された。主な内容としては、新しい超伝導ライナックと現在の常伝導ライナックを発生 X 線のエネルギーに応じて切り替えて利用するというものである。超伝導ライナックは加速エネルギーが 4 GeV で、SLAC トンネル内で現状の常伝導ライナックの上流に設置される。加速されたビームは常伝導ライナックをバイパスし、現在のアンジュレータビームラインへ導入される。電子ビームの仕様は 100 pC, 0.62 MHz (0.062 mA) で加速勾配 16 MV/m としている。0.2~1.4 keV の軟 X 線および 1~4 keV のエネルギー領域では超伝導ライナックを用い MHz の繰り返しで X 線を供給する。一方、25 keV までの硬 X 線は従来の常伝導ライナックを用い 120 Hz で供給する。超伝導加速モジュールの建設は Fermilab と JLab で折半される。

PAL (Pohang Accelerator Laboratory, Korea) の Han さんからは PAL-XFEL の仕様と入射器試験施設におけるエミッタンス測定の結果報告があった。

DESY の Decking さんからは Euro-XFEL の現状報告があり、超伝導空洞に関しては 50% が納入済みで要求加速勾配 23.6 MV/m に対して平均 30 MV/m であるとのことであった。FHI (Fritz Haber Institut der Max Planck Gesellschaft, Germany) の Shollkopf さんからは赤外 FEL 施設の現状報告があり、様々な利用の紹介があった。DESY の Honkavaara さんからは FLASH における 2 ビームライン同時利用の報告があった。

このセッションの後、Conference Chair の Braun さんから PSI へのラボツアーの案内と PSI の概要についての紹介があった。

## 2.10 FEL Technology and Hardware

4日目はハードウェアについてのセッションで、PSI から Juranic さんが SACLA で実施した時間計測モニターの実験結果について、Elettra の Ferrari さんからは crossed Undulator による偏光制御と APPLE-II Undulator による偏光特性評価の報告、SLAC の Marinelli さんからは 2色

X線生成の発表があり、KEKのHondaさんから500 kV DC電子銃をFELへ利用する場合の必要条件の報告があった。

### 2.11 FEL Applications

5日目(最終日)には、応用と先進的な概念設計のセッションがあった。利用応用として、MPI(Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Germany)のRohringerさんからXFELを利用した非線形分光の研究の可能性についての発表があり、Waseda Univ.のEndoさんからは、EUV-FELのリソグラフィ応用への可能性が報告された。

### 2.12 Closing Remarks

5日目午前のセッション終了後、Conference ChairのBraunさんからClosing Remarksがあり、参加者数やその内訳などが発表された。続いて次回FEL 2015のホストであるKAERI, PALを代表してPAL-POSTECHのKoさんから会場案内などがあった。

## 3. イベント

### 3.1 Welcome reception

会議初日の夜は、バーゼル旧市街地中心部にある歴史的な建物Safran Zunftのホールにてレセプションが催された(写真2)。この建物は2階がレストラン、3階がバンケットホールとなっている。ワインを片手にしばらく談笑し、PSIのGassmannさんからSafran Zunftの来歴などの説明があった後、蛇に扮装した音楽隊の演奏もあり、大盛況であった。

### 3.2 Lab tour and conference dinner

会議3日目の午後からはバーゼルからバスで1

時間ほど東にあるPSI研究所の見学ツアーに向かった。数グループに分かれて、PSI内にある放射光施設Swiss Light SourceとSwissFELの入射器試験施設を見学させて頂いた。入射器試験施設ではSASEの発生試験に用いたアンジュレータをすでに撤去しており、主にビーム診断系の試験を進めているように思われる。次に、アーレ川に架かる橋を渡って対岸の研究所構内を歩き、駐車場から山道を上がり、SwissFEL実験ステーションの建築現場を見渡せるところで、SwissFELの建設状況について説明してもらった。

その後、PSIのレストランOASE前で食前酒を頂きながらスイス相撲とホルンの演奏を鑑賞した(写真3)。レストランに移動してから、今回のFEL Prize受賞者の発表があり、SLACのZhirong HuangさんとLBNLのWilliam Fawleyさんが受賞した。Young PrizeにはSLACのErik Hemsingさんが選ばれた。

### 3.3 Tour to Pilatus Top & Luzern

会議終了翌日は希望者のみでピラトゥス山およびルツェルンへのツアーがあり、50名弱が参加した。バスでピラトゥス麓へ向かう途中、PSIのGassmannさんからピラトゥス山の伝説やスイスの成り立ちを解説してもらった。

ピラトゥス山頂へはロープウェイを乗り継いで到着した。残念ながら山頂は一面雲の中だったが、下山直前に少し晴れ間が見られた。下山は世界最急勾配の登山電車に乗り、40分の登山電車の旅を味わった。100年以上も前に、すごい急勾配斜面に4キロ以上線路を敷いたという事実は驚くばかりである。

麓駅のすぐ前にはルツェルン湖が広がってお



写真2 Welcome Receptionの様子



写真3 PSI レストラン前で食前酒とともにスイス相撲を楽しむ



写真4 遊覧船から望むルツェルン市街

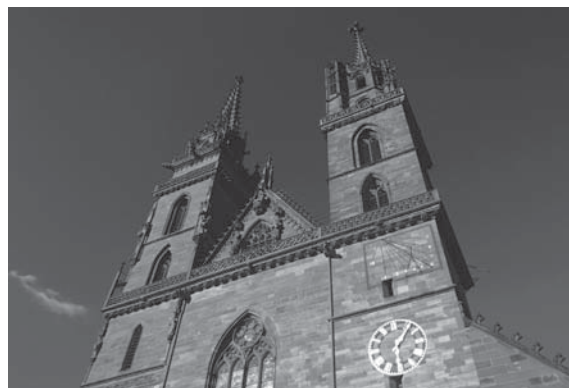


写真5 バーゼル大聖堂 (Münster)

り、次は船に乗ってルツェルン市街までの1時間半のクルーズを楽しんだ(写真4)。途中スイス定番の昼食(すなわちチーズとハム)を頂いた。

ルツェルン市街は観光客で非常ににぎわっており、バーゼルよりも人が多いのではないかと感じられるほどであった。

#### 4. 終わりに

ヨーロッパ開催ということで、地元PSIにおけるSwissFELとDESYのFLASH、EuroXFEL、FERMI-Elettra関連の発表が目立っていたが、SLAC-LCLSおよびそのアップグレードについても存在感があり、実際今回のFEL PrizeはLCLS関連の研究に対するものであった。

個人的な感想として、国内外の様々な研究に触れ、大いに刺激を受けた。それにより、今後の研究活動において、FELに関するより深い理解とアイデアの創出が必要であると感じている。また、全体的に大型研究所からの研究が大半であったので、分野的に難しい点はあるが、裾野を広げる意味で大学における関連基礎研究と大型研究所との交流・連携のさらなる強化が必要と感じた。

最後にバーゼルという街はヨーロッパの歴史的な都市の例にもれず、ゆっくりと散歩・散策を楽しめる街であった。いくつかの大きな教会があり(写真5)、中の壁画や絵画はどれも圧巻であった。バーゼルの特徴である路面電車は市民の足でありながら、乗っていて楽しめる乗り物であった。