

会議報告

IBIC 2014 会議報告

三浦 昭彦^{*1}・高井 良太^{*2}Report on IBIC 2014 (The 3rd International Beam Instrumentation Conference)Akihiko MIURA ^{*1} and Ryota TAKAI ^{*2}

1. はじめに

2014年9月15日から4日間の日程で、ビーム診断技術に関する国際会議IBIC 2014 (The 3rd International Beam Instrumentation Conference) が開催された。この国際会議は、北米で隔年開催されていたBIW (Beam Instrumentation Workshop) と欧州で隔年開催されていたDIPAC (European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators) を統合して発足したもので、2012年より米・欧・亜の3極持ち回りで毎年開催されている。つくばで開催された第1回から数えて3回目に当たる今回は、米国のSLAC国立加速器研究所がホストとなり、カリフォルニア州モンレーにあるリゾートホテルを会場にして開催された。登録参加者は、企業展示による参加

も含めて220名程度であったが、これはオックスフォードで行われた前回と比べると100名以上も少ない数字である。原因としては、直前にLINAC 14という比較的大きな会議が開催されたこと、例年の倍に跳ね上がった高額な参加費が挙げられるであろう。ホスト機関であるSLACの研究者ですら参加を見合わせる程であり、日本からの参加者も15名と低調であった。

IBICでは設立時の規定によりパラレルセッションが行われなかったため、全ての講演を聴講できるという利点がある。今回も口頭発表は全て参加者全員を収容できる一つの大ホールで行われた。その内訳は、Invitedが11件、Tutorialが2件、Contributedが19件であった。およそ130件のポスター発表と22社による企業展示は、その隣の二つの中ホールを会場にして3日に分けて行われた。ポスター発表は各回とも2時間の予定



写真1 参加者の集合写真 (モンレー・フィッシャーマンズワーフにて)

*1 日本原子力研究開発機構 JAEA, Japan Atomic Energy Agency
(E-mail: akihiko.miura@j-parc.jp)

*2 高エネルギー加速器研究機構 KEK, High Energy Accelerator Research Organization
(E-mail: ryota.takai@kek.jp)

であったが、特に終了のアナウンスがないため心行くまで議論することができた。また、一つのカテゴリーに属する発表が3日間に均等に割り振られており、自分の発表がない日でも同じカテゴリーの内容について深く議論できるよう配慮されていた。ただ、どの日もポスターが貼られていないパネルが目についた。伝え聞いた話によると、今回はインドや中国、ロシアからの参加者で会期までにビザの取得が間に合わなかったケースが多かったらしい。

2. 会議報告

口頭発表は主に次のカテゴリーに分類されて行われた。

- General Diagnostics
- Overview and Commissioning
- Timing and Time-resolved Diagnostics
- Profile Monitors
- Beam Position Monitor Electronics
- Charge and Loss Monitors

招待講演では、LHC(CERN, Switzerland), FLASH-II (DESY, Germany), NSLS-II (BNL, USA), LCLS (SLAC, USA) の各施設のビーム診断系紹介の他、ビーム位置モニター (BPM) やプロファイルモニターのレビュー、ハイパワーハドロン加速器のマシン保護システム、超伝導技術を利用した高感度検出器等の話題があった。ビーム計測に関連する高周波回路の設計や電磁ノイズの抑制についてのチュートリアル講演も行われた。日本からは、高井 (KEK) によるコンパクト ERL (Energy Recovery Linac) におけるビーム診断とコミッショニングについて、浦川氏 (KEK) による効率的な逆コンプトン散乱のためのレーザーワイヤシステムについて、正木氏 (JASRI) による X 線フレネル回折を利用したエミッタンス測定について、飛山氏 (KEK) による J-PARC メインリングにおけるイントラバンチフィードバックシステムについての報告があった。以下では、筆者らが関心を持ったいくつかの話題について紹介する。

会議初日の招待講演では、W. Cheng 氏 (BNL) による NSLS-II のビーム診断系の紹介とコミッショニングの進捗状況報告があった。NSLS-II は、3 台のダンピングウィグラーにより $1 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ 以下の水平方向エミッタンスを実現できる最新の第



写真2 口頭発表会場の様子

3 世代放射光源である。筆者 (R. T.) が 2012 年 3 月に訪れた際にはまだ先頭の 200 MeV S-band リニアックまでしか完成していなかったが、その後 3 GeV ブースターや蓄積リング、各セクションを繋ぐビーム輸送ラインの建設が着々と進められ、2014 年 7 月に行われた蓄積リングの第 2 期コミッショニングでは、超伝導加速空洞を用いて 50 mA の 3 GeV ビームを蓄積することに成功した (定格 500 mA)。講演では BPM をはじめとする NSLS-II のスタンダードなビームモニターの詳細が述べられた他、それらを使って得られたコミッショニング時の特徴的な測定データが紹介された。中でも、コミッショニングの初期に BPM の 4 電極と信号からリングの特定の 1 ヶ所でビームを大きく削っていることが分かり、真空を破って近くのチェンバーを覗いてみると、DBA (Double Bend Achromatic) セルの第 1 ベンド直後で使用していたフランジアブソーバの RF スプリングがビーム軌道上まで垂れ下がっていたという体験談が印象的だった。現在は各挿入光源のギャップを閉めた状態でのコミッショニングが慎重に行われており、定格電流での安定な運転状態が確立される日も近いと期待される。

この日のポスター発表では、D. M. Gassner 氏 (BNL) が BNL における ERL 計画の最近の動向について報告していた。これまで BNL の ERL 計画は、RHIC の高エネルギーイオンビーム (100 GeV/u) の電子冷却や将来の電子-イオンコライダー計画 (eRHIC) のための電子ビーム源を念頭に進められてきたが、現在は RHIC の低エネルギー運転 ($7.7 \sim 20 \text{ GeV/u}$) に注目が集まっており、ERL はそのときの電子冷却に利用され

ることになったらしい. この Low Energy RHIC electron Cooling (LEReC) 計画は 2017 年に関連機器のコミッショニングを開始することを目標としており, コスト削減のためこれまで ERL の R&D で開発してきた機器の多くをこの計画に流用することが最近決まったそうである. 電子冷却に必要な電子ビームのカレントとエネルギーはそれぞれ 30 ~ 50 mA, 1.6 ~ 5 MeV であり, 規格化エミッタンスは 2.5 mm・mrad 以下を目標としている. 発表ではやはり 2 種のビームが並走するおよそ 20 m の冷却区間周辺で必要になるモニターの説明に重きが置かれていた. 冷却効果の検証には, これまでの確率冷却で実績のあるショットキーモニターが使用される.

同じく会議初日のポスター発表では, 陽子加速器のプロファイルモニターに関する発表が充実していた. 欧州原子核研究機構 (CERN) の T. Hofmann 氏は, 現在建設中のリニアック施設 (LINAC4) で運用している, 負水素イオンビームとレーザーの相互作用を利用した非破壊型のプロファイルモニターについて報告していた. これは, 負水素イオンビームにレーザーを照射することで発生する中性水素や電子を下流に設置したそれぞれの検出器で電圧信号に変換するという原理のもので, レーザーの照射位置をスキャンすればビームの横方向プロファイルやエミッタンスを測定できる. LINAC4 では新しい加速空洞を設置する度にこのモニターでビーム品質を評価し, 上流から着実にビームラインを伸ばしている. 低エネルギーの負水素イオンビームは高周波四重極加速器 (RFQ) により加速されるが, 負水素イオンが持つ一つの電子は非常に電離し易いため, 加速の

過程で中性水素が発生する. この中性水素はビームロスの原因となるため, 陽子加速器を大強度化する上で問題となることが知られている. これまで粒子が中性であること, 負水素イオンに比べて粒子数が少ないことからその検出は難しいとされてきたが, 発表では上記のモニターにも使用しているダイヤモンド検出器を用いて RFQ のコミッショニング中に発生した中性水素のプロファイルを測定した結果も報告されていた. ESS (European Spallation Source) の C. Roose 氏からは, ESS で導入を検討している, ワイヤスキャナ, BIF (Beam Induced Fluorescence Profile Monitor), IPM (Ionization Profile Monitor) を併用したプロファイル測定システムについて報告があった. これは, 大強度ビームによるワイヤスキャナの破損に備え, Non-invasive なプロファイルモニターである BIF と IPM をビームのエネルギーに応じて配置することを目的としている. 現在はシミュレーションによる設計計算の段階であり, 実際の測定はこれからとのことであった. これらの他にもタングステンワイヤーや炭素ワイヤーを用いたプロファイルモニターの熱設計やインピーダンス設計についての報告があり, 従来型のモニターも少しずつ改善が進んでいると感じた.

筆者 (A. M.) は, 会議 2 日目のポスター発表においてバンチシェイプモニター (BSM) と呼ばれるビームの縦方向 (位相方向) プロファイルを測定するためのモニターに関する報告を行った. J-PARC リニアックで BSM を使用した際に発生した真空チェンバー内の真空圧力の上昇状況, 及びその原因に関する試験の結果を報告した. 同種のモニターをこれから導入する予定の施設の担当者より, 今後の参考にしたいとのコメントをもらった.

会議 3 日目と 4 日目の最終日には, 2009 年に世界で初めて X 線領域でのレーザー発振に成功して以来安定したユーザー運転を続けている LCLS と, 2014 年 8 月に世界初の 2 ビームライン同時発振に成功したばかりの FLASH-II からビーム診断系に関する招待講演があった. とともに次期計画である LCLS-II と European XFEL への発展を意識した構成となっており, 特にワイヤスキャナと YAG シンチレータを組み合わせで電

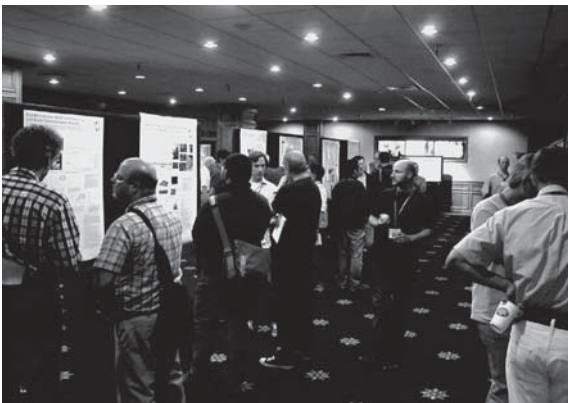


写真 3 ポスター発表会場の様子

子ビームとシード光の重なりを調整するためのビームオーバーラップモニターや、X-bandの偏向空洞とダンブラインへの偏向電磁石を利用してビーム進行方向のプロファイル（バンチ長）とエネルギースペクトルを同時に測定する XTCAV (X-band Transverse Deflecting Cavity) システムは聴衆の興味を引いていた。日本の XFEL 施設である SACLA からの発表がなかったのが残念だった。

このような FEL 施設のプロファイルモニターで最近必ず話題に上るのがコヒーレント可視域遷移放射 (COTR) の問題である。COTR とは、可視光の波長と同程度のバンチ長あるいは密度変調を持ったビームが物質を通過する際に発せられるコヒーレントな遷移放射で、通常のプロファイルモニターの構成では本来のシンチレータ光に重畳する形で発せられるためビームプロファイルの計測が困難になる。シンチレータ光と COTR を分離する方法はいくつか考えられるが、最近のトレンドはシンチレータをビームに直交する面から数°傾けて設置し、指向性の高い COTR が当たらない位置に設置した斜鏡を介してシンチレータ表面を観測するというものである。このセットアップは SwissFEL (PSI, Switzerland) のプロファイルモニター用に考案されたもので、最終日に見学した LCLS の電子ビーム輸送ラインでも実際に使用されていた (写真 4 参照)。傾いた観測面全体にピントを合わせるため、カメラをレンズに対して傾けて設置しているのが分かる (Scheimpflug の原理)。

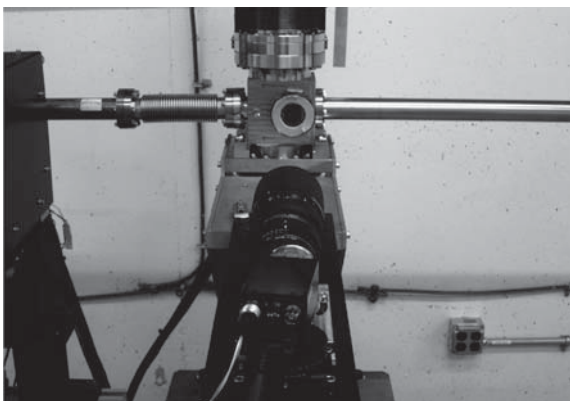


写真 4 LCLS の電子ビーム輸送ラインに設置してあった SwissFEL 式プロファイルモニター

3. 施設見学

閉会のセッションが行われた最終日の午後、SLAC 研究施設の見学が行われた。会場から片道 2 時間の道のりをバスで移動し、約 3 時間半をかけて次期リニアコライダーのための試験加速器 (NLCTA) や先端加速技術の試験施設 (FACET)、蓄積リング型放射光施設 (SSRL)、LCLS の各施設を回った。

写真 5 に FACET 見学時の様子を示す。この施設は、リニアックから入射した電子ビームをプラズマ航跡場を用いて加速し、種々の実験施設に供給する施設である。チェレンコフエネルギースペクトロメーターや OTR プロファイルモニター、CTR (Coherent Transition Radiation) バンチ長測定システム等を見学することができた。

写真 6 は LCLS の見学の様子である。この施設は世界初の硬 X 線自由電子レーザーであり、高輝度の短パルス X 線を出力できることから、原子スケールの構造解析実験等に使用されている。全長は約 2 km にも及ぶが、今回はリニアック下

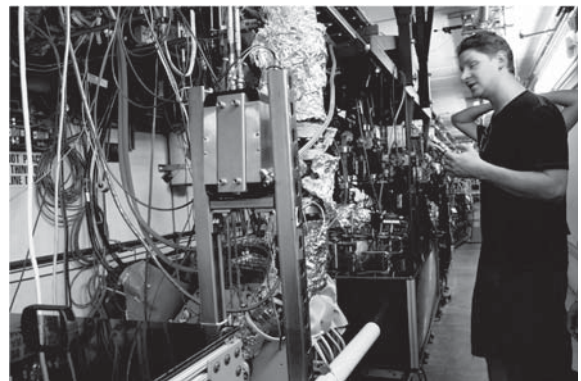


写真 5 FACET の見学の様子



写真 6 LCLS の見学の様子 (アンジュレータホール)

流の電子ビーム輸送ラインから入ってアンジュレータホール, Near 実験ホール, X線輸送ライン, Far 実験ホールの順に歩いて見学した。陽子加速器のモニターを担当している筆者 (A. M.) にとっては, 干渉やスペクトル分析等, 陽子加速器ではあまり見ないような測定システムを見ることができて有意義であった。陽子加速器では原理的に導入できない技術もあるが, レーザー光を用いた計測システム等は今後の参考にしたいと考えている。

4. その他の雑感

会議のウェブサイトにもントレーの日中最高気温は 20°C 程度とあったため, 荷物が重くなるのを我慢して長袖の服を多く持って行ったが, 実際には日本よりも暑いくらいの陽気で少し後悔した。写真 7 は会場近くの港で撮ったアシカの写真である。この辺り一帯は野生動物の保護区域に指定されているため, 港内にはたくさんのアシカやラッコが生息しており, 栈橋や岩場では人間を恐れずにゆったりと休憩している姿がよく見られた。港からキャナリー・ロウへと続く海岸線の景色は雄大で, 多くの観光客 (日本人はほとんどいない) が穏やかな海を見ながらのランチを楽しんでいた。

会議 3 日目の夜には, 会場に隣接する建物の裏庭でバンケットが行われた。ライトアップされた木々の下に丸テーブルが並べられており, メインの分厚いステーキに皆舌鼓を打っていた。

会期中はプロシーディングスだけでなく, ポスターや口頭発表の資料も随時アップロードされたため, 理解を深める上で非常に役立った。プロシーディングスは JACoW という会議の予稿等のデータベースを管理する団体により編集・登録が行われており, 原稿の提出や修正の際は JACoW の編集者と電子メールでやり取りするのだが, 今回は会議用の無線ネットワークが準備されておらず, 参加者はホテルの有料 LAN かロビーの不安定な無料 LAN を使うことを余儀なくされた。これはホスト側の明らかな不備であり, 次回以降は改善されることを願う。

会議のプログラムを見ると, 広い分野から講演者や参加者を募るというよりは, 現地の SLAC 研究施設やスタンフォード大学, LCLS と同様の



写真 7 会場付近の様子



写真 8 バンケットの様子

FEL 施設の関係者に偏っているという印象を受けた。ただ, 今回は各施設の研究者のみならず, エンジニアやテクニシャンも多く参加しており, 細かな技術的経験や工夫等についての知見も共有できたのは良かった。

5. 最後 に

先に述べたように, IBIC は米・欧・亜の 3 極持ち回りで毎年開催されている。本会議は発表件数が多すぎず, 十分に議論する時間も取れるため, 今回も非常に有意義な時間を過ごすことができた。プロシーディングスのプリプレス版や発表資料は, 既に会議のウェブサイト (<https://conf-slac.stanford.edu/ibic-2014/>) からダウンロード可能となっているので, 詳細が知りたい方は是非参照していただきたい。次回の IBIC は来年の 9 月にオーストラリアのメルボルンで開催される。

最後に, この様な会議に出席する機会を与えてくださった関係者の皆様に深く感謝致します。