

会議報告

LINAC 2014 会議報告

鈴木 伸介^{*1}・出羽 英紀^{*1}・丸田 朋史^{*2}・柳田 謙一^{*1}

LINAC 2014 Conference Report

Shinsuke SUZUKI^{*1}, Hideki DEWA^{*1}, Tomofumi MARUTA^{*2} and Kenichi YANAGIDA^{*1}

1. はじめに

2014年8月31日から9月5日の6日間、スイスのジュネーブにある Centre International de Conférences Genève (CICG) にて、CERN の主催により LINAC 2014 (27th International Linear Accelerator Conference) が開催された。これまでこの会議は組織委員会からの招待と言う形を取っていたが、今回より誰でも申し込める形式に変更された。今回は世界各国より 383 名の参加者があり、地元ヨーロッパから 44%、北米から 28%、アジアから 27%、中近東から 2% の参加者があった。会議は基本的に、午前と午後前半の口頭発表、夕方のポスター発表で構成されていた。会議初日 (8/31) は CERN の展示施設で Registration, Students Poster Session, Reception のみが行われ、2日目からが主会場の CICG で開催された。Linac Conference の定例であるが 4日目 (9/3) の午後は Conference Outing, 最終日 (9/5) の午後は Conference Tour が行われた。本稿では、会議の様子などについて報告を行う。

2. 会議概要

会場の CICG は十分に広く、使い勝手の良いところであった。口頭発表会場はマイクとヘッドフォンが常設してある机付きの席の後ろに秘書席まである贅を尽くしたホールであった (写真 1)。質問も手を挙げて指名されると手元のマイクのス

イッチを入れてすぐ出来ると言うことで、スタッフが走り回ってマイクを届けるという見慣れた光景は皆無であった (写真 2)。もっとこのような会場が普及して欲しいものである。



写真 1 口頭発表会場風景 1



写真 2 口頭発表会場風景 2

*1 公益財団法人高輝度光科学研究センター
(E-mail: shin@spring8.or.jp, dewa@spring8.or.jp, ken@spring8.or.jp)

*2 高エネルギー加速器研究機構
(E-mail: tmaruta@post.j-parc.jp)

発表の申込件数が前回(イスラエル), 前々回(つくば)が350件程度であったのに対し, 今回はCERNのお膝元ということもあり430件と大きく増えていた。その内容は, 大きく分けて電子ライナック(16.9%), 陽子とイオンライナック(25.5%), テクノロジー(31.4%), 軌道解析等(15.7%)であり, 括弧内の数字はオーラル発表件数の割合であり, 残りの10.5%はオープニング, クロージング, アワード講演である。オーラルの発表ではテクノロジーの割合が大きくなっているが, ポスターではその割合は更に37%近くまで増加する。その中でも超伝導関係の発表が顕著であった。この傾向は前回から引き続いており, 今後の線形加速器ハイパワー化の進展が加速しているように思われた。

9/1 開会宣言直後のオープニングセッションでは, ホスト研究所(CERN)の発表が2件あった。最初はリニアコライダー計画についての講演で, ILC建設候補地が北上一つに絞られていたのが印象的であった。ここではILCが0.5-1 TeVの超伝導, CLICが0.5-3 TeVの常伝導のコライダー計画として取り上げられた。技術的にはILCの超伝導技術はかなり成熟した技術ととらえられており, CLICについては開発段階の加速器であって, 先にILCを日本に作り, その後のオプションとしてCLICを用意しておくという話の流れであった。もう一つは, 陽子加速器Linac4(後述参照)の立ち上げの講演で, 主に縦・横方向ビームプロファイルの測定結果を示し, それらをシミュレーションと比較していた。それらの結果を見る限り, 測定とシミュレーションはよく一致しており, ビームの振舞いをかなり理解している印象を受けた。ただ, 測定中のピーク電流は10 mAと, 設計の4分の1である。そのためピーク電流が増加して空間電荷効果の影響が大きくなった場合に, どの程度シミュレーションで再現するか興味をもって注目したいと感じた。

初日から2日目前半は電子ライナックの講演が主であった。ここではX線自由電子レーザーの講演が目立った。PAL-XFEL(韓国, PAL), SINAP(中国, 上海), Swiss FEL(スイス, PSI), Swedish X-ray Lasers(スウェーデン, MAXlab), LCLS-II(米国, SLAC), FERMI(イタリア, Elettra), European XFEL(ドイツ, DESY)の口頭発表が

あった。この中で, FERMIは加速勾配70 MV/mのXバンド加速管を使用し, 50 mで2.8 GeVのエネルギーゲインを得て最終的に3.5 GeVを達成しようとしている計画であり, また上海のSINAPでは現在Cバンドで0.84 GeVの軟X線FELを現在建設中であるが, さらにXバンドにアップグレードして1.3 GeVまでエネルギーを上げる計画を紹介していた。またSINAPはこれとは別にXバンドを用いて80 MV/mの加速勾配で8 GeVのFEL計画を提案している。CLICで100 MV/mの加速勾配を目指しているのに並行して, XバンドのFEL計画が進められているようである。これらの計画を聞いているといよいよXバンドが実用機に導入され始めるのかという感慨深いものがあつた。また, Swedish X-ray LasersはMAX IVの入射器をXFELに使用する計画で, 入射部に熱陰極RF電子銃を用いているが, 十分な性能が達成できていることなどに著者らの目を引かせた。SLACのLCLS-IIでは線形加速器を超伝導化する計画であり, 「SLACよ, おまえもか…」と一つの時代の終焉を垣間見た気がした。

陽子加速器施設に目を向けると, 今回の会議がCERNのお膝元であるジュネーブで開催されたこともあり, Linac4に関する発表が多かった。LHCは現在ルミノシティ化のために, 2014年から2015年に2年間ビーム停止して改造を実施しているが, その間の大きな目的のひとつは, 入射器群の最上流部のLinac2からLinac4への変更である。次段加速器である陽子ブースターシンクロトロンに供給するビームのエネルギーを50 MeVから160 MeVに増加させ, さらに加速粒子を陽子から負電荷水素イオン(H^-)に変えてペインティング入射することにより, ブースターで加速するビーム強度の向上を目指している。Linac4はイオン源から取り出された45 keVの H^- を, 3 MeV RFQ, 50 MeV DTL, 100 MeV CCDTL, 160 MeV π モードストラクチャーで加速する。運転開始は2015年を予定しており, 現在DTL途中の12 MeV加速部までのビーム調整試験と, それより下流部の建設を同時並行で進めている。下流側に関しては, CCDTLの製作とコンディショニングに焦点を当てた口頭発表があつた。

技術的な方に目を向けると, 米国SNSのような既に運転が開始されている陽子加速器では, 常

伝導空洞で低～中エネルギー区間を加速し、ある程度 β が大きくなってから超伝導空洞で加速する設計が多いように思う。それに対して現在計画が進行中の加速器では、QWR/HWR やスポーク空洞の開発により、より低エネルギーでも超伝導空洞が採用できるようになり、それらを採用する例が増えてきているようである。超伝導に関しては、ILCの超伝導技術について“成熟”という言葉があったが、これはILCの目標の35 MV/mの加速勾配はかなり安定して出せるようになってきたと言う意味であって、超伝導技術についてはむしろまだまだ技術発展の余地が残されていると感じた。これは超伝導のQ値の向上に窒素ドープや高温からの急冷が有効であるという発表やNb単体よりもNb₃Snが高いQ値を持つという発表があり、より高い加速電界で実用できるようにCuへのNb₃Snのコーティング方法を改良した点に興味を引いた。窒素ドープについては、米国のCornell大学、Fermilab、Jlabの3つの研究所で確認済みということで、米国では超伝導空洞に関して多くの研究所が協力して効果的に研究を進めている雰囲気が感じられた。ポスターセッションでも超伝導空洞のR&Dに関する発表が多く、またセッション中、これらのポスターの前では活発な議論が行われていた。

またアジアからも数多くの発表があり、中国のCSNS、C-ADS、韓国のKOMAK、そして日本のJ-PARCから計画の進行状況やビーム調整試験結果について口頭発表があった。これらの加速器のみでひとつのセッションを構成する等、前回のLINAC 2012よりアジアのプレゼンスがさらに増した印象である。

アメリカからはSNS、FRIB、PIP-IIについて口頭発表があった。PIP-IIを初めて耳にする方も多いかもしいないが、FNALでProject-Xの代わりに新たに始まったプロジェクトである。発表によると、Project-Xと比べて長基線ニュートリノプログラムにより特化した計画になっている。計画のメインは800 MeV超伝導リニアックの建設で、これをまずは既存の400 MeVリニアックの代わりに入射器にすることで、ブースターやメインリングのビーム強度を2倍程度に向上させる計画のようである。

15時からは口頭ポスターセッションであった。

ポスターセッションは16時から18時までであるが、その前の1時間を使い、ポスター発表の中から選ばれた約12件のポスター発表を短い口頭発表として紹介するものである。ポスター発表は一日あたり約120件なので、約10%のポスター発表が口頭ポスター発表に選ばれる。ポスターセッションでは、17時までは発表者がポスターをきちんと貼っているか、きちんと説明に立っているかをチェックするためのパトロールが続くお仕事モードであったが、17時以降はアルコールも入り歓談モードとなった(写真3)。

3. Outing と Tour

水曜日の午後はフランスのシャモニーへのOutingであった。シャモニーはモンブランなどの山の麓にある美しい町である。3つのグループに分かれたが、一つはメール・ド・グラスという氷河を見るコースであった(写真4)。ここ30年



写真3 ポスターセッション会場



写真4 Outing メール・ド・グラス氷河

の気温上昇のため氷河が縮小しており、氷河まで階段を降りて行かなければならないのだが、年々その位置が低くなっているようだ。今年は420段も降りなければならず、また帰りの登りは体力的にハードだった。氷河までたどり着くと洞窟が掘られていて、その中を見学した。氷で作ったオブジェなどがありカラフルな光で照らされてきれいだった。もう一つのグループはロープウェイで3840 mの絶景ポイントであるエギーユ・デュ・ミディまで登るツアーに参加し、頂上からは、南側はモンブラン山頂から東側は北壁で有名なグランドジュラス等のヨーロッパアルプスまでを見渡すことが出来た(写真5)。空気は薄かったが…。その後はシャモニーのレストランで地元の食事を楽しみ、ジュネーブへ着いたのは23時ごろであった。最後のグループはシャモニー市内の散策であったが、著者らは誰も行かなかったので、詳細は不明である。

見学ツアーはCERNの加速器群を見学するものであったが、あまりに大きいので、CTF3, Linac4, CMS, LHCbから二つを選択するシステムであった。Linac4の見学ではH⁻イオン源, RFQ, DTL 1台でCCDTLなども一部設置されている状況であった。CTF3ではトンネル内の環境を模擬した風洞実験中の1ユニットが目をつけた。細かなコンポーネントが並び、ビームベースのアライメント用アクチュエーターやアライメント方法の開発などの様子が見て取れた。LHCbでは反応荷電粒子の測定が昔ながらの大型ソレノイ



写真5 Outing エギーユ・デュ・ミディ (3842 m) から眺めるモンブラン (4811 m)

ドを用いたシリンダリカルな検出器群ではなく、偏向電磁石を用いた検出器群となっているのが興味を引いた。

4. 次回開催

Concluding remarkにてLINAC 2016はFRIB@ミシガン州立大(米国)が、LINAC 2018は高能物理研究所(中国)がホスト研究所となると発表があった。次回LINAC 2016の委員長である山崎良成氏によるアナウンスがあり、期日は2016年9月25日～30日、会場はKellogg Hotel & Conference Center、バンケットはHuntington Club in Spartan Stadium、Outingはミシガン湖で準備を進めていますから皆様お越し下さいとのことであった。