

会議報告

NA-PAC '13 会議報告

百合 庸介^{*1}・黒田 隆之助^{*2}

Report on the 25th North American Particle Accelerator Conference (NA-PAC '13)

Yosuke YURI^{*1} and Ryunosuke KURODA^{*2}

1. はじめに

第25回 North American Particle Accelerator Conference は米国カリフォルニア州パサデナにて2013年9月29日(日)～10月4日(金)の日程で開催された。パサデナはロサンゼルス中心部から北東に鉄道や車で30分程度のところに位置しており、ロサンゼルス国際空港からパサデナの中心街までは乗合バンで40～50分であった。会議はパサデナ市内のコンベンションセンターで行われた(図1)。会場の周辺にはショッピングモールやレストランがあり、会場の1ブロック北側の通りは旧ルート66という立地で、街は落ち着いた雰囲気であった。少し離れたところにカリフォルニア工科大学がある。会期中の天候はほぼ快晴で、日中の気温は25℃前後と少々暑かったが、日本のような湿気がないため過ごしやすかった。



図1 会場 (Pasadena Convention Center) の外観

2. 会議概要

主催者の発表によれば、事前参加登録者数は約500名で、そのうち約80%がアメリカ国内からの参加者であり、その他は日本、中国などからは10数名ずつであった。約130件の口頭発表と約450件のポスター発表(図2)が行われた。口頭発表の内訳は、Plenaryが4件、Tutorialが4件、Invited Oralが58件、Contributed Oralが70件とのことであった。

参加者数は、2011年3月末～4月初旬にかけてニューヨークで行われた前回国際会議と比べて、ほぼ半減した。この理由について主催者からの明確な説明はなかったが、8月末～10月の近い時期に加速器関係のより各論的な会議(FEL, ERL, ICIS, CYC, IBIC, SRF, ICALEPCS等)が多数開催されており、参加者が分散したことが一因か



図2 ポスターセッション会場の様子。企業展示ブースも併設された。

*1 日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所 Takasaki Advanced Radiation Research Institute, Japan Atomic Energy Agency

*2 産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

もしれない。また、DOE が支出削減のため、大きな会議への同一部署からの多数の出席を制限しているという話を聞いた。そのような中でも、民間企業でありながら発表数が極めて増えている RadiaBeam Technologies の台頭が目される。RadiaBeam は、加速器関連のコンポーネントや計測機器を開発している UCLA 発のベンチャー企業であるが、口頭・ポスター含め 18 件の発表に寄与しており、企業展示ブースへの出展だけでなく、アブストラクトブックレットの背表紙に 1 面広告を載せるなど、現在の勢いが象徴されている。アメリカの加速器業界としても、この勢いに便乗した巻き返しに期待したい。

LBNL, SLAC, UCLA による共催であったが、残念ながら施設見学ツアーは設定されなかった。しかしながら、UCLA は会場から車で 1 時間弱のため、筆者の一人は関係者の協力により UCLA の加速器施設を見学することができた。また、出席者に配られたカンファレンスバッグ (図 3) も簡素なもので、周辺案内はおろかメモ帳や筆記用具さえ同梱されていなかった。バンケット (図 4) もビュッフェ形式 (かつドリンクは 1 杯のみ無料) で、かなり節約されている印象を受けた。本年 8 月末にニューヨークで開催された FEL 会議に次いでのエコ会議ブームの到来ではあるが、参加費はほとんど変わっていないこともあり、参加者にとっては賛否の分かれるところであろう。



図 3 今回のカンファレンスバッグ。中身はプログラムブックレットのみで、メモ帳やペンは配布されなかった。

3. 会議報告

初日最初の講演は、FermiLab の S. Henderson 氏による将来のヒッグスファクトリーに向けた高エネルギー加速器計画についてのオーバービューであった。CERN の既存施設をアップグレードする案の他、新たに周長 100 km もの重イオンコライダーリングを作る案やミュオンコライダーや加速器が比較的コンパクトになる光子コライダーが説明・比較された。ILC については、2013 年 3 月 27 日に ILC ディレクターの L. Evans 氏が官邸を訪問した際の安倍首相のコメントを引き合いにし、ILC の建設が日本の主導で行われることを歓迎する旨が強調された。

その後は、最終日の午前中まで 2 会場に分かれての平行セッションであった。2 日目以降は午前中に 1 時間のチュートリアルセッションが開催された。テーマ (講演者) は以下の通りであった: ERL (G. Hoffstaetter 氏, Cornell 大学), 偏極陽子 (M. Bai 氏, BNL), 遺伝的アルゴリズムの加速器応用 (A. S. Hofler 氏, JLab), フェムト秒レーザー技術 (J. Frisch 氏, SLAC)。

現在アメリカで最も活発な大型加速器計画はミシガン州立大学の FRIB のようであった。ビームパワー 400 kW, エネルギー 200 MeV/u 以上の大強度重イオンビームを供給する核物理研究のための希少同位体ビーム施設である。2018 年のコミッショニング開始を目指し、主にフロントエンド部の設計研究が進められており、J. Wei 氏及び D. Leitner 氏のプロジェクト概要に関する口頭発



図 4 バンケットの様子。ビュッフェ形式で、ハンバーガーやタコス、サラダ等が振舞われた。ステージ (写真中央奥) ではギターが生演奏が行われた。

表の他, ポスター発表が多数あった. ビーム強度を高めるため, ECR イオン源で生成された複数の価数を含む低エネルギーイオン (たとえば, ウランの場合, 33 価と 34 価など) を同時に RFQ で加速することが検討されている.

FEL & Light Source 関連のセッションでは, M. Venturini 氏 (LBNL) から現在 LBNL で計画中の NGLS (Next Generation Light Source) に関する報告があった. NGLS のコンセプトは超伝導線形電子加速器によるマルチビームライン XFEL で, 超短パルスでありながら 1 MHz のオペレーションが魅力であり, 超高速の X 線ポンププローブ実験等が期待される. ERL 関連では, Cornell 大学の G. H. Hoffstaetter 氏から, ERL アップグレードに関連してマルチアルカリ光陰極 (NaK_2Sb , CsK_2Sb) DC 電子銃の開発を進めており, これまでに 75 mA 以上のワールドレコード電流量を達成したとの報告があった. 質疑応答では, Chairman の K.-J. Kim 氏から日本の ERL プロジェクトとの違いを問われる一幕があったが, 電流量の違いが一番のアドバンテージであるとのことで, 期待された利用関連での回答は得られなかった. 関連発表では, C. M. Gulliford 氏によって上記 DC 電子銃におけるエミッタンス計測についての報告もあった. 水平方向の 90% 投影エミッタンスでは, バンチ当たりの電荷量 19 pC 時 (25 mA 相当) で $0.14 \mu\text{m}$, 77 pC 時 (100 mA 相当) で $0.29 \mu\text{m}$ 以下の結果が得られており, デザイン値をほぼ達成しているとのことで, また, 長時間の安定的な大電流生成には, やはり CsK_2Sb カソードが有力であるとのことであった. 上記 CsK_2Sb 等のマルチアルカリカソードは, 近年日本を含め様々な研究機関で開発が行われているが, LBNL においても, 上記マルチアルカリカソード (CsK_2Sb) や従来型の Cs-Te カソードを用いた APEX (Advanced Photo-injector Experiment) Gun Project が行われており, 招待講演にて F. Sannibale 氏 (LBNL) から詳細な報告があった. LBNL では, 第四世代放射光のための CW モードで駆動可能な VHF-band (186 MHz) 常伝導 RF 電子銃の開発を行っており, Yb ファイバーレーザーと Cs-Te カソードとの組み合わせでは, 量子効率 5% 以上を 4 日間維持し, 1 MHz のオペレーションでトータル 40 C の電子を引き出すことができ

たとのことであった. 今後はマルチアルカリ光陰極での長時間大電流の結果が期待される.

近年の放射光源開発では, やはりレーザー開発が困難な領域である, 短波長側の XFEL か長波長側の THz 光源の開発へと二極化している現状があり, 小型の電子加速器開発においても THz 光源をターゲットにしている報告もいくつか行われていた. 早稲田大学の水柿氏による ECC (Energy Chirping Cell) RF 電子銃の報告や, S. Antipov 氏 (ANL) による誘電体加速に関する報告では, アプローチは異なるが, どちらも超短バンチ電子ビームを生成し THz 放射へと繋がるものであった. 特に, S. Antipov 氏の招待講演では, ANL の AWA, BNL の ATF, SLAC の FACET が共同研究を行っている誘電体航跡場加速の Overview があり, エネルギーチャージ電子バンチをスリットにて時間的に 2 バンチ化し, 1 つのバンチを誘電体航跡場加速のドライブビームとしてもう一方の電子バンチを加速する手法で, 石英やダイヤモンドの誘電体材料を用いた実験結果の報告があり, シミュレーションと極めて一致した結果を実証していた. 将来的には, $100 \text{ nC} \times 10$ バンチのトレインビームを用いて CLIC のようなダブルビーム加速を行う計画があるとのことであった. それは少々無理があるのでは, いやいや予算取りのための皮算用であろう, と思ってコーヒープレークの際にその本気度を Antipov 氏に聞いてみたのであるが, GHz 帯ではあるが 700 MW もの放射を生成して加速用 RF とすることを本気で目指しているとのことで, ついつい吃驚してしまった.

また, これまでの PAC や IPAC においても加速器応用に関するセッションはあったが, Scientific Program Chair の A. Chao 氏によれば, 今回の会議では加速器の産業利用に特化したセッションを拡充したとのことであった. 大学や研究所に加え, 加速器の開発や販売をする企業やコンサルティング会社, IAEA 関係者からの講演があった. 筆者の 1 人もその枠内で小型電子加速器を用いた THz 光源開発と応用に関する発表を行ったが, 聴衆に産業関係者が多かったためか質疑応答では, 「加速器ベースの光源はレーザーなどと比較して使用電力量から光量への変換効率が悪いのでは?」との手厳しい質問があった. 加速

器ベース光源の魅力を力説してみたが、魅力が伝わったかどうかは定かではないものの、その熱意は伝わったであろう。

また、最も普及している加速器である半導体製造用のイオン注入器ではチップの微細化とウエハの大口径化の技術革新に伴って約5年の周期で変動しながらも毎年世界で数100台が製造・販売されている (S. Felch, Susan Felch Consulting 及び R. Hamm, R&M Technical Enterprises)。小型電子加速器については、架橋反応等の化学プロセス、医療器具の滅菌、食品照射、工場における排ガス・排水処理等幅広く利用されていることが紹介された (S. Sabharwal, IAEA) : アメリカでは炭疽菌によるテロ事件以降、郵便物を電子線照射し殺菌することが行われている。中国では、密輸対策や検疫のため、貨物コンテナを検査するための小型電子加速器による X 線検査システムが港湾の他、鉄道施設でも国内数カ所に導入されていることが紹介された (H. Chen, TUB) : 貨物列車は最速 60 km/h で通過しながら検査できるということであった。高エネルギーイオンビームについては、がん治療装置を除けば、小型サイクロトロンを利用した陽電子放出核種生成がメインのようだ。将来、産業利用へ展開が期待される技術としては、FEL, 超伝導ライナック, 超伝導サイクロトロン, FFAG が有望で、やはりナノテクノロジー, エネルギー, 環境が応用分野のキーワードとなる。筆者らにとって非常にためになるセッションであった。

4日目の午後には、Award Session が開かれ、表彰と受賞講演があった。IEEE NPSS Particle Accelerator Science and Technology Awards は、Maryland 大学の A. J. Dragt 氏, SLAC の M. Hogan 氏, FermiLab の A. Grassellino 氏が受賞した (図5)。また、U.S. Particle Accelerator School Prizes for Achievement in Accelerator Science and Technology 受賞者は、ANL の K.-J. Kim 氏, LBNL の J.-L. Vay 氏, Indiana 大学の S. Y. Lee



図5 受賞講演 (A. J. Dragt 氏) の様子

氏であった。会議に参加できなかった Lee 氏を除く5名の受賞講演が和やかな雰囲気で行われた。また、会議に先立って9月29日に行われた Student Poster Session での Poster 賞は UCLA の J. Shaw と MIT の J. X. Zhang に贈られた。

4. おわりに

PAC 会議が初回以来50年を迎えるということで、会期中、“mysterious 50th anniversary” という企画が開催された。これは、50年前1963年に起こった加速器に関する大きな出来事を当てる懸賞のようなもので、最終日の Closing Session にて正解が発表された。イタリア Frascati の ADA 加速器 (直径 1.6 m の超小型リング) での世界で最初のビーム衝突実験とのことであった。この電子・陽電子コライダー開発に関連して Touschek 寿命に関する論文が発表されたのもこの時期であったことも付け加えられた。

次回の NA-PAC は2016年にシカゴで行われることが最後に発表され、会議は無事閉幕した。

プロシーディングスのプリプレス版は、会議直後から NA-PAC の会議ウェブサイト (<http://www.napac13.lbl.gov/>) 経由の専用サイト (<http://appora.fnal.gov/pls/pac13/toc.htm>) にてダウンロード可能となっているので、興味のある方には参照していただきたい。