

◁研究会報告▷

2001 Particle Accelerator Conference

庄司 善彦 (姫路工業大学高度産業科学技術研究所)

2001年6月18日から22日までの5日間、Particle Accelerator Conference (通称 PAC) がシカゴ市で開催されました。今回のホストは Argonne National Laboratory, Fermi National Accelerator Laboratory と OakRidge National Laboratory で、会場はシカゴ市中心部のホテル Hyatt Regency Chicago でした。

PAC は加速器に関する国際会議では最大規模で、2年に1回開かれています。PAC に準ずる規模を持ち、やはり2年に1回開かれる EPAC (European Particle Acceleration Conference) と対になり、大きな会議が毎年開かれる仕組みです。参加者は1000人を越え、口頭発表が221件、ポスター発表は2500件を越えました。オーラルセッションは2会場または3会場のパラレルセッションで、更に300件程度を1会場に集めたポスターセッションが同時に開かれました。

プロシーディングズは電子化されており、投稿論文をインターネット上で閲覧できます。ホームページは <http://pac2001.aps.anl.gov> です。主催者からのメールによれば98%が正常にサブミットされているとの事です。

会議の基調講演とも言える opening plenary session の講演は以下の4件でした。

- (1) S. Ozaki, BNL
RHIC Commissioning and First Results.
- (2) S. Kurokawa, KEK
B-Factory Commissioning and First Results.
- (3) J. Rossbach, DESY
New Development on Free Electron Lasers based on Self-Amplified Spontaneous Emission.
- (4) T. E. Mason, SNS (Spallation Neutron Source)
The Spallation Neutron Source: A Powerful Tool for Materials Research.

最初は RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) の調整が順調に進んでいるという報告でした。原子核分野では最大のプロジェクトですが、放射光とは関係ありません。

2番目は KEK と SLAC の両 B-Factory の状況報告でした。B-Factory はエネルギーの異なる電子と陽電子を衝突させる衝突型リング加速器です。KEK は SLAC に遅れを取っていましたが、世界最高ルミノシティを達成して SLAC に追い付きました。ルミノシティ劣化の主要な原因は「electron cloud (two-stream instability)」でした。

これは放射光等でたたき出された電子が陽電子ビームのポテンシャルにトラップされ、最終的に陽電子ビームのサイズが広がる現象です。真空チェンバー内に弱いソレノイド磁場を作り、光電子がビームに近づくのを抑制したのが効果的でした。放射光リングでは陽電子ビームを扱う APS で観測されています。

3番目は線形加速器を用いた X 線 FEL の話題でした。Self-Amplified Spontaneous Emission, 略して SASE は、第4世代放射光源としての評価が固まりつつある様子です。この分野の技術の進展は目覚ましく、今回のトピックの一つでした。FEL 発振の短波長化は更に進み、DESY の TESLA FEL では 10^4 程度の FEL ゲインで80~180 nm の範囲がチューナブルでした。更に Argonne と BNL の両施設では電子バンチがアンジュレーター内を進むに従って放射光パワーが増大し、サチュレーションに至っていることを実測で示しました。マイクロバンチの観測などの診断技術も進歩し、SASE の発振プロセスが実験的に確認されつつあります。現在も数 ns からオングストロームまでの波長領域をねらった装置が次々と建設または提案中です。まだ様々な課題が残されていますが、X 線 FEL の実用化は遠くないように思えました。

4番目は、spallation neutron source (SNS) の計画でした。これは大強度中性子を発生させる加速器を Oak Ridge に建設し、中性子散乱実験に用いる計画です。1.4 B\$ の予算で1999年に建設を開始しており、2006年に完成予定です。加速器部分は1 GeV の大強度陽子線形加速器と周長248 m のストレッチャーリングから成ります。パルス当たり 1.5×10^{14} の H^- を60 Hz で Hg ターゲットに当ててパルス中性子を作ります。チャレンジングで意義の大きい計画だと思いますが、印象に残ったのはその宣伝活動でした。会場のロビーには SNS 建設地のリアルタイム映像を流し続けるインターネット端末があり、またカラフルなロゴ入りの栓抜き(らしい)が用意される、といった調子でした。

約20件あるオーラルセッションのテーマは前回の会議とほぼ同じでしたが、今回新規に加わったのは、先に述べた「Two-stream instability」と「Secondary Beam Facility」でした。伝統的な素粒子実験は高エネルギーに加速された粒子が起こす素粒子反応の観測ですが、「Secondary Beam Facility」で扱う装置は最初の反応自体には興味が

なく、2次粒子の利用を目的とする施設です。具体的にはSNSの中性子、ミュオンコライダーやニュートリノ生成に使うミュオン粒子です。

「Light Sources and FEL」というoral sessionの発表は12件でした。招待講演は、

- (1) S. Chattopadhyey, LBL
The Frontier of Ultrashort Pulse Technique: Probing the Quantum Limit of Rapidity
 - (2) M. de Jong, CLS
Overview of New Light Sources
 - (3) S. Milton, ANL
Measurements of Exponential Gain and Saturation of SASE at the APS LEUTL
 - (4) P. Emma, Univ. of Wisconsin
Issues and R & D Critical to the LCLS
- の4件で、他の口頭発表は以下の8件でした。
- (5) A. Streun, PSI
Commissioning of the Swiss Light Source.
 - (6) M. Poole, Daresbury Lab.
The DIAMOND Project; An advanced Light Source for the UK.
 - (7) M. Tigner, Cornell Univ.
The Energy Recovery Linac (ERL) as a Driver for X-ray Producing Insertion Devices.
 - (8) R. Rossmanth, Karlsruhe
A Superconductive Small Period Undulator: Concept and Test Result.
 - (9) T. Shaftan, BNL
High-Gain harmonic Generation Free-Electron Laser at Saturation
 - (10) S. Besson, Jefferson Lab.
A 10 kW IRFEL Design for Jefferson Lab.
 - (11) J. Carke, Daresbury Lab.
Prospects for a 4th Generation Light Source for the UK.
 - (12) P D. Hartog, ANL
Design and Manufacture of a Prototype Undulator for the LCLS Project.

略称を説明しますと、2番の講演者の所属CLSは、現在2.9 GeV蓄積リングを建設中のCanadian Light Sourceです。3番目の講演のLEUTLはLow-Energy Undulator Test Lineの略。4番目と12番目のLCLSはLinac Coherent Light Sourceの略で、SLACにあるX線FELです。

放射光蓄積リング関係の口頭発表は少なく、SPring-8, ALS, ESRFといった大型施設のfacility statusも全てがポスターセッションに入りました。5番目の講演のSwiss Light Sourceは2.4 GeVの第3世代リングです。2000年12月にリングへの電子ビーム入射を開始してから順調に立ち上がり、6ヶ月後には400 mAを蓄積しています。た

だ、加速器研究という点から見ると性能的にも技術的にも特に目新しい点が無く、「チャレンジングな点はどこか?」といった質問には苦笑いするしかありません。蓄積リングの技術は着実に進歩していますが、画期的なアイデアは難しいようです。

DIAMONDは電子エネルギー3.0 GeVに対して周長が大きい(500 m)点が特徴です。電子エネルギー2.9 GeVのCLSの周長が170 mであるのに比べると約3倍です。エミッタンスは2 nmまで下げることができますが、どうしてもビーム寿命が短くなるので、トップアップ運転も考慮しているようです。完成予定は2006年ですが、リングのデザインも完全には決定していないようです。

ERLはJefferson Lab.で稼働中ですが、数カ所で次期計画として検討されていました。全体は細長いリングの1つの長辺に超伝導線形加速器が設置された形です。線形加速器で加速された電子はFEL等に利用され、再び線形加速器に戻りますが、2回目は減速位相で電子ビームのエネルギーを回収します。同じ電子はリングを1度通過するだけなので蓄積リングではありません。主は線形加速器を使ったFELですが、偏向部をバンチ圧縮に使うと同時に、偏向電磁石からの放射光を望むユーザーの為にビームラインを設置できます。

放射光関連の口頭発表は「Light Sources and FEL」に限りましたが、やはり線形加速器FELが目立つ印象でした。

ポスターではサブピコ秒バンチの測定はトピックスでもあり、X. Wangが提案した「beam streaking」が実現していることが目を引きました。測定したい電子バンチを線形加速器のゼロ位相(中心は加速も減速もなく、加速勾配だけが存在)で通して時間差をエネルギー差に変換します。更に偏向磁石で分散を作り、エネルギー差を位置に変え、それをscintillating screen等で観測します。時間分解能は元々の電子ビームのエネルギー広がりやビームサイズに依存しますが、BNLのDUVFELでは最高8 fsを出しています。IRFELでバンチ圧縮によりマイクロバンチが生成される様子をはっきり観測されました。バンチ圧縮を最大にした状態ではFWHM=50 fsのマイクロバンチが140 fs間隔できれいに並んでいるのが見え、驚異的な時間分解能は本当のようです。

蓄積リングではAPSがtop-up運転に取り組み、昨年6月から1年間で4週間分がtop-up運転であったそうです。2分間に1回の定期入射で蓄積電流は102 mA + 0.2 mA(ほぼ全幅)に保たれました。入射時には軌道のミスマッチが起こり、電子軌道が揺れるので放射光ユーザーは時間ゲートをかけます。入射周期は厳格に守られますが、入射の数秒前に警告信号を出します。全ての挿入光源にチェレンコフモニターを設置して入射時のビーム損失をモニターしており、入射効率は99%とっていました。