

Particle Accelerator Conference (PAC)99に参加して

財団法人高輝度光科学研究センター
放射光研究所 加速器部門
早乙女光一、安積 隆夫
谷内 努、田中 均
大熊 春夫

Particle Accelerator Conference (PAC) は、2年に1度開催される加速器全般に関する国際会議である。第18回目の今回は、3月29日から4月2日にかけてニューヨーク市で開催された。1000人ほどの参加者があり、75件の招待講演と121件の一般講演が2カ所の会場で並行して行われた。

講演はトピックスごとに、下記のように分類されて行われた：Plenary Session、High-Energy Hadron Accelerators and Colliders、Sources and Injectors、Multiparticle Beam Dynamics、Magnets、Light Sources and Free-electron Lasers、Extremes of Beams、Linear Colliders、Special Sessions、Advanced Concepts、Lepton Accelerators and Colliders、Controls and Computing、Single-Particle Beam Dynamics and Optics、Radio-Frequency Systems、Low- and Medium-Energy Accelerators and Rings、Beam Instrumentation、Accelerator Technology、Applications of Accelerators、Pulsed-Power and High-Intensity Beams、Instabilities and Feedback

またこれらの講演と同時に、1000件を越すであろうポスター発表も連日行われた。

SPring-8からは、招待講演“ Performance and New Capabilities of SPring-8 (H.Kamitsubo, N.Kumagai) ”と9件のポスター発表があった。以下、会議の概要を感想もまじえてトピックス的に紹介する。自分の発表を担当する以外は各人の興味にまかせて参加したこともあり、全体を網羅しているわけではないことをあらかじめお断りしておく。投稿済みのプロシーディングス原稿で著作者が閲覧を許可しているものは、www経由で取得することができる。会議の詳しい内容を知りたい方は、

PAC99ホームページ：<http://pac99.bnl.gov/>

口頭発表：

<http://pac99.bnl.gov/Pac99/Program/Oral.html>

ポスター発表：

<http://pac99.bnl.gov/Pac99/Program/Poster.html> にアクセスされるとよい。

まず、“ Opening Plenary ” のセッションでは、KEKB (筑波) とPEP-II (USA) 2つのB-factoryおよびRHIC (USA) の現状報告などがあった。B-factoryは電子-陽電子衝突型加速器であり、電子リングと陽電子リングからなっている。ビームコミッション開始時期は異なるが、ともに順調に蓄積電流値を伸ばし、両者とも検出器のインストールを今年5月に予定している。Luminosityに関してはPEP-IIがやや進んでいるようだが、計画の進行状況はほとんど同じと言ってよい。2つのB-factoryの報告を1人がまとめて比較しながら行った、というのも印象的だった。聴衆にはわかりやすかったが、「講演者の方はいろいろとご苦労されたらう...」などと思いながら聞いていた。RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) は4月からマシン (超伝導電磁石) の冷却を始め、今年の中頃にはビームコミッションを開始するとのことであった。今回は超伝導電磁石の調整状況などが報告された。放射光業界と直接関係はないが、超伝導技術を駆使した加速器という点で興味のあるマシンである。次回のPACあたりで、ビームコミッションの経過報告があるのではないだろうか。

“ Multiparticle Beam Dynamics ” のセッションでは、陽子加速器におけるspace-charge効果についての発表が盛んになされていたのが印象的だった。またelectron cloudの効果についての発表があった。

これは、真空槽中に発生した光電子が周回ビームによって加速され、2次的な電子を発生し、やがて（正に荷電した）ビームのまわりに引き寄せられて cloud となる、というものである。これには、真空槽の幾何学的形状と表面の効果、および加速器のパラメータが密接に関連しており、モデルに基づいた理論的考察と、PF、CERN、APS、PEP-II、KEKB などでの測定結果が議論された。また、これに関するポスター発表もかなり見受けられた。陽子や陽電子など正の荷電粒子を扱う加速器では重要な問題である。幸い SPring-8 では陽電子運転を（今のところ）行っていないから、この効果は考えなくてもよいが、興味深い話題ではある。放射光に直接関連した話題としては、NSLS VUVリングからのコヒーレント放射の観測についての報告があった。リングの蓄積電流値が microwave instability の閾値を越えたときに電子ビームに密度変動が生じ、偏向電磁石ビームラインで波長約 7mm のコヒーレント放射が観測された、というものである。検出器での信号強度が、ある電流値を境に、電流値の2乗に比例するようになったことから、コヒーレント放射と判断したようである。「波長 7mm」を説明する候補としてベローズ部のインピーダンスを考えているが、明確な結論はまだ出ていないようである。また同じく NSLS VUVリングであったが、momentum compaction factor を正負に変えてバンチ長などを系統的に測定した、という報告も興味深かった。こうした試み自体は、例えば UVSOR リングですで行われているが、6極電磁石で非線形項まで制御したときに RF バケツ内に 2 つの安定点が生じ、おのにおに電子ビームが捕獲されるという過程を、放射光イメージで見せてくれた。

“Light Sources and Free-electron Lasers” のセッションでは、BESSY-II（ドイツ）のコミッション報告があった。BESSY-II は蓄積電子のエネルギーが 1.7 GeV の第 3 世代放射光リングであり、VUV および soft X-ray 領域の放射光利用を目的としている。昨年 4 月にビームを蓄積して以来、順調にコミッションを続け、デザイン通りのパフォーマンスをほぼ達成したとのことである。蓄積電流値は最大で 400 mA 近くを記録し、エミッタンスは 6 nmrad、カップリング比は 0.1% 以下である。すでに 4 台の挿入光源がインストールされており、放射光を使った実験も始まっている。ポスター会場でも話を聞いたが、非常に精力的にマシンスタディを行

い、ビームの質の向上を図っているという印象を持った。また APS からは、試験的に行ったトップアップ運転の結果が報告された。APS におけるトップアップ運転とは、“injection with photon shutters open” というこで、頻繁に入射し続けるモードと数時間に 1 回入射するモードを考えているそうである。電流値のゆらぎを 0.01% 以下に抑えることを目標に、トップアップ運転のコミッションを昨年 9 月に開始し、放射線安全やビームへの影響を調べたという内容であった。蓄積電流値がある範囲で一定に保たれるため、光学系に対する熱負荷が一定になる、あるいは、ビーム診断系の電流値依存性がなくなる、などのメリットがあるとのこと。ユーザータイム時のトップアップ運転を、年内にもテスト的に行うそうである。SPring-8 でも、シングルバンチ的な蓄積をしたときにビーム寿命が短くなることから、こうした運転の必要性や可能性が議論されはじめたところである。トップアップ運転をターゲットとした入射電磁石の改造も検討され始めている。またこのセッションのタイトルにもなっているが、FEL と SASE に関する講演が 4 つあり、こうした光源の開発が精力的に行われているとの印象を受けた。

“Sources and Injectors” セッションの電子源関連では 6 件のうち 5 件が RF 電子銃に関するものであった。FM Technologies の F. M. Mako は招待講演でバンチ化ビームを発生する電子銃について報告し、特にマイクロパルス電子銃と呼ばれる RF 空洞内でのマルチパクタリングを利用した電子銃についてシミュレーションと実験結果を示した。これは空洞壁の一部を電子は透過できるが電界は遮断されるようにして、空洞ギャップで起こるマルチパクタリングの共鳴条件に適合する位相にある電子のみが増幅され、その結果バンチ化ビームとなって空洞から出射されるというものである。実験では L バンド（1.3 GHz）空洞でバンチあたり 1.1 nC、バンチ長 40 psec のビーム発生が確認された。大電流バンチ化ビームの新たな生成方法として今後開発が進むものと思われる。一方、高密度、低エミッタンスビームの生成を目指した開発では MIT による 17 GHz の RF 電子銃、BNL における高電圧パルスを用いた電子銃の報告があった。前者は RF 空洞の周波数を上げることにより、200 MV/m の加速電界発生を確認した。また、後者はパルス電圧により 1 GV/m 以上の加速電界を発生するというもので、シミュレーショ

ンによれば1 mm·mrad以下のエミッタンスビームを生成できる。1MVパルスによる実験が行われており、5MVの電源も開発中である。さらにDESYでは、以前から開発が進められてきたRF電子銃がTTFの電子銃として設置され運転が始まった。TTFではリニアコライダの開発と並行してSASE原理実証のためのFEL計画(TTF-FEL)が進められており、2002年の試験運転と2003年からのユーザー運転を予定している。ポスターセッションでもRF電子銃に関する発表が30件近くあり、盛況であった。

“Advanced Concepts”のセッションでは、プラズマ加速やlaser wakefield 加速など、新しい加速機構の開発についての報告がなされた。内容は、各研究機関での経過報告といったところである。

またポスターで、アンジュレータ光をモニターするためのX線BPMについての発表がELETTRA (Galimberti, et.al.) とAPS (Decker, et.al.) からあったことを報告しておく。両者とも偏向電磁石からのバックグラウンドX線を減らしてS/N比を改善させることを目的としているが、手法は全く異なっていた。ELETTRAで検討している方法は、アンジュレータと偏向電磁石からの放射光スペクトルの違いを利用し、ブレード部から出てくる光電子のエネルギーを測定してフィルターをかけるというものである。なるほど、という感じである。現在試作機を作製中とのことである。一方、APSで検討している方法は、アンジュレータ上下流の偏向電磁石の曲げ角を1mradずつ減らしてビーム軌道を外寄りにし、アンジュレータ直近の補正電磁石で1mrad分を補償して偏向電磁石からの光をアンジュレータの光軸から分離する、というものであった。当然、リングの各コンポーネントの再アラインメントが必要になる。ただし、補正電磁石からの光がどう影響するのか、無視できるのか、といった疑問が残り、とうとう理解できなかった。

最後に一言。今回の会場はMarriott Marquisというホテルであったが、これはニューヨークの街中の最もにぎやかな場所にある。夜中でも人通りが絶えないので、まっすぐ歩くのが難しい。東京で言えば歌舞伎町である。ただ、治安は想像以上に良かった。滞在費がかさむのは言うまでもないが、物価のレベルが全く異なる国から参加した人たちは、いったいどうして暮らしていたのか、などと心配するのは大きなお世話であろうか。