

■会議報告

第1回日本加速器学会年会：2004年8月4日～6日，日本大学工学部船橋校舎—LINACの話題—

Meeting Report 1st Annual Meeting of PASJ, Aug, 4~6, 2004, Funabashi, Nihon University

—Topics on LINAC's—

早川 建（日本大学量子科学研究所）

Ken HAYAKAWA

今回の第1回加速器学会年会・第29回リニアック技術研究会（以下本研究会と略記）に線形加速器としてエントリーされた件数は口頭発表31件ポスター96件で，従来のリニアック研究会とほぼ同規模であった．講演を見聞きした中から筆者の感じたところを記述してみた．

加速構造は当然加速器の要となるコンポーネントであるから，その動向は気になるところである．近年の超伝導加速構造に関する技術的進歩は著しく，本研究会では，空洞形状の最適化の議論に絡めて，加速勾配の理論的限界に関する報告がなされていた．現状で，すでにその限界に迫っているとのことである．すでに成熟した技術ということなのか発表件数は多くはなかった．かわって，電子加速器に限った話になるが，常伝導のCバンド加速構造の開発に関する発表が目についた．原理的にSバンドより小型で加速効率が良くなることが開発の動機になっていると思われる．またSバンドからの移行も比較的容易であるように見える．主にSpring-8, Compact SASE-FEL Source (SCSS) と KEKB 入射器における開発の様子が報告されていた．小型になるということは，エネルギー密度も高くなるということでもあるので，放電の心配やら，熱除去の方法に工夫が必要とのことである．大電力試験は始まったばかりのようであるが，KEKB 入射器ではカップラー部の放電頻度の高いことが問題になっていた．放電の発生はパルスの長さにも依存するので，SKIP を介してパルス圧縮したマイクロ波を投入したときどうなるかは興味深いところである．この秋にも実験が開始されるようなので，来年にはその結果が報告されると思われる．さらに波長が半分になるXバンドの加速構造は，リニア・コライダー用ということで開発され，関連する幾つかの報告がなされていた．着々と開発が進められているように見受けられ

たが，本研究会の2週間後，国際技術推奨委員会 (ITRP) の，「我々は超伝導技術に基づいたリニア・コライダー設計を勧告する」を将来加速器国際委員会 (ICFA) が承認してしまった．今後の動向が気になるところではある．

建設中とあってJ-PARC 関連の発表が前回のリニアック研究会に引き続き多く，リニアック関係だけで口頭，ポスター合わせて20件以上に及んだ．加速構造，制御システム等，加速器に必要なほとんど全てのカテゴリーが含まれていた．大電流のH⁻ビーム加速ということで，加速器本体の放射化が懸念される場所だが，その対策のため，特に低エネルギー部に非常に高密度にビームモニターが配置されている．これらモニター類の開発の様子が何件か報告されていたが，特に障害は無いようなので，近々実用化されるであろう．これらの威力によって，どこまでビーム損失を減らせるかは興味深いところである．

ビームの位置検出は，加速器を運転する上で，欠かすことのできない技術である．特に，加速中，ビームに触れずにその位置を知りたいという要求は強く，様々な形式が試みられてきた．しかし，開発が修了したということか，近年は報告そのものが一時期にくらべ，減ってしまったようである．J-PARC のリニアックでもそうであったように，このような非破壊型のビーム位置モニターとしては，ストリップライン型のBPM が，発表件数からは主流になっているように思われるが，実態はどうであろうか．

その他，ここでは内容に触れることができなかったマイクロ波源，制御システム，電子銃，イオン源等についても最新の研究成果が報告されていた．また，大型施設のプロジェクトに伴う技術開発の報告が多かった中で，大学の研究施設における特徴ある研究成果の報告も散見された．

第1回日本加速器学会年会：2004年8月4日—6日，日本大学理工学部船橋校舎—円形加速器に関する話題—
Meeting Report 1st Annual Meeting of PASJ, Aug, 4~6, 2004, Funabashi, Nihon University
—Topics on Ring's—

野田 耕司（放射線医学総合研究所・重粒子医科学センター）
Koji NODA

第1回加速器学会年会・第29回リニアック技術研究会は，8月4日から6日の3日間にわたり日大理工学部船橋校舎にて開催された。そこでの口頭およびポスター講演およびその議論のなかから円形加速器を中心とした話題について個人的な感想を述べたい。

現状報告では，各施設ともにそれぞれの技術的問題点を克服しながら一歩ずつ進展しているように感じた。理研のRIBFおよび原研・KEKの統合プロジェクトであるJ-PARCは，建設の最中であることもあり，要素技術も含めた発表が数多く見受けられた。両者ともに大電流加速という目的を持つために放射線損傷や放射化に対する配慮を感じた。

日本の努力で実機化しつつあるFFAGについてのポスターも含めた講演および議論に興味を覚えた。本研究会では，FFAGの加速器駆動原子炉，ミュウオンの位相回転，がん治療への応用についての講演だけではなく，RFや磁石などのFFAGの基本要素開発など様々な講演があった。FFAGは，サイクロトロンとシンクロトロンの両方の要素をもつため，用途に応じてどちらに重点を置くかによって設計が随分変わるようである。また，FFAG固有の大きな特徴はそのアクセプタンスの大きさにあり，2次ビームの蓄積や加速に大きなメリットを感じる一方，ビームエミッタンスが大きい分だけ，入射・取り出しには十分な配慮が必要になるように感じた。ただ，FFAG開発の本家であるKEKの発表が見受けられなかったのは少々残念であった。

加速器の応用には様々な話題があったが，特に，がん治療用加速器に関連した講演が数多くあった。従来のシンクロトロンを用いたものだけではなく，レーザーイオン源，冷却リングおよび高速パルスシンクロトロンを組み合わせた加速器システム等の先進的な取り組みもあった。従来型のシンクロトロンシステムでは，空間電荷効果を抑制するための高調波混入加速のビーム試験やシステム構築に関する講演が，陽子，重

イオンシンクロトロンそれぞれであった。高速パルスシンクロトロンでもRFシステムや電磁石電源等の要素技術の発表があった。また，レーザーイオン源からの低速炭素イオンのRFQでの直接入射・加速のホットな話題も注目を浴びたが，加速後の質量分析など，今後，より詳細な実験が待たれる。

リング関連の話題としては，電子蓄積リングの講演も大きな割合を占めている。KEKBではルミノシティー増強に対する精力的な取り組みが行われ，それに関連した発表も多くあった。また，電子蓄積リングからのビーム加熱に基づいた遅いビーム取り出しの報告も若い人達から幾つかあり，約15年前からこの遅いビーム取り出し法によるイオンビームの取り出しに取り組んできた者の一人としては大変興味深かった。同様に，以前，SORTECで行われ始めた(?)トッパアップ運転法も幾つかの電子蓄積リング施設で行われるようになっており，加速器技術の継続と発展が着実に進んでいる様子が判る。

ちょっと変わった話題としては，磁場と電場を組み合わせる運動量分散を制御するリングの講演があった。アイデアそのものはビーム輸送系での分散関数制御法として50年以上前に発表されているが，リングに応用した解析は初めてと思われる。これはレーザー冷却によるビーム結晶化といった新たな目標によってもたらされたものであろう。

ビーム診断機器の開発やビーム力学実験などの発表も多かった。イオンリングにせよ電子リングにせよ，加速器では，ビーム力学に基づくビームの振る舞いに関する理解とビーム診断機器による実測が重要だと改めて認識させられた。

リニアック研究会と合同開催のためか，2003年に開催された最後の加速器科学研究発表会と比べて演題が大幅に増え，また，若い人の発表も多かったようであり，今後，非常に楽しみである。



日本加速器学会年会 口頭発表の様子
(榎 泰直氏 撮影)



日本加速器学会年会 ポスターセッションの様子
(榎 泰直氏 撮影)

■会議報告

LINAC2004

山崎良成 (日本原子力研究所)
Yoshishige YAMAZAKI

LINAC2004 は正式名を「第 22 回リニアック国際会議 (The XXII International LINAC Conference)」という。この会議は当初、米国の陽子リニアックの研究會のようなものであったのが、電子陽電子リニアック、重イオンリニアックと枠を広げ、リニアックに関するすべてを網羅するものとなった。さらに、1994 年からは完全に国際化した会議となった。PAC (Particle Accelerator Conference), EPAC (European Particle Accelerator Conference) と並んで、加速器分野

では世界的に権威を持つ会議である。しかし、PAC, EPAC と決定的に異なる大きな特徴は、参加者を 300 人程度に絞り、すべてのセッションをプレナリー (全体会議) としていることである。そのため、自分の分野に限らずリニアック全体を見渡すことができるのが大きな長所である。このルールは非常に頑固に堅持されており、会議中に開かれた国際組織委員会でこの点の確認が再度なされた。そのため、会議は招待者のみが参加を許されることになっているが、一方では、若い新人、新規参入者、新分野からの参入者、産業界か



会議場から歩いて 2, 3 分の所にある有名なホルスシュタイン門



リュウベック港波止場でのバンケット

らの参加者が優先されるという伝統的不文律がある。例として、招待講演の選考は常に研究機関間の熾烈な争奪合戦の場であるにもかかわらず、テーマが決まった後の講演者の選考では、この優先度は尊重されている。

国際化した1994年につくばで開催した後、ジュネーブ(CERN)、シカゴ(ANL, FNAL)、モントレイ(SLAC)、慶州(POSTECH)の後を受けて、今回はDESY(ドイツシンクロトロン研究所)およびGSI(重イオン研究所)共催で8月16日から20日までリュージュベック(ハンブルグから電車で40分、自由都市としてハンザ同盟の盟主であった)で開かれた。次回2006年はSNSが主催して米国ノックスヴィルで開くことが既に決まっているが(8月20日から25日)、今回開かれた国際組織委員会で、2008年はTRIUMFが主催してカナダのヴィクトリアで開くことが決定された。2010年はアジアの順番となる。

今回は62の研究機関、22の企業から274名の参加があり、46の招待講演(内、日本は5)、230のポスター発表があった。開催国ドイツからの参加者が90で最も多かったのは当然として、米国からの76が2番目で、今回少ないと叱られるのを覚悟していた日本からの22が、何と第3番目であった。それは、スイス、フランスが10ちょっとで、イタリアにいたっては10以下と例年と比較して極端に少なかったためである。これらの国の夏休み日程、EPACとの間隔等の調整をつける必要があることから、2008年は9月に開く可能性が検討されることとなった。

発表については、DESY, GSIが主催であったこともあり、超伝導リニアコライダー、その技術を利用したXFELおよびGSIのFAIR計画を中心にしたRI(不安定核イオン)ビーム関連の発表が多かった。GSIの発表以外でも、重イオンリニアックは、もはやRIビームの時代になっているといっても過言ではない。さらに、電子陽電子、陽子、重イオンを問わず、採用するかどうかは別にして、また事の良否もともかく、超伝導リニアックを中心に検討を始めている例が殆どである。

それと関連して、10数年来、齋藤健治(KEK)[文中敬称略]がその重要性を提唱しかつ実証して来た電界研磨技術が、超伝導空洞表面処理の世界標準となりつつある。DESY/KEKの共同研究で、1.3 GHzの9セル空洞において40 MV/mでQ値 10^{10} が安定して得られるようになった。一方、TESLA 800 GeVの設計勾配35 MV/mでは、8空洞内蔵クライオモジュールでビーム試験まで行って来ているのは、TES-

LAの大きな成果である。

最終日(金曜日)の最初は予定を変更して、Norbert Holtkamp(SNS)が、リニアコライダーに関するInternational Technology Recommendation Panel(ITRP)のrecommendationについて、委員の1人として(世界ほぼ同時に)発表を行うこととなった。大きなビーム口径と長いバンチ間隔をとれる点から、ビームをより安定に加速できるという理由で、超伝導を推すというものであった。それに引き続いて早野仁司(KEK)の講演があったが、これはリニアコライダーの試験施設の成果の総括であり、ITRPがどのような技術開発の結果をもとに勧告を行ったかの非常によい説明となっていた。その後のSami Tantawi(SLAC)のSLEDII(常伝導リニアコライダーの高周波システムの本命)に関する講演では、淡々と極めて優れた内容の発表が行われた。その日の午後のDESYのツアーは、TESLAの技術開発およびそれを利用したXFEL試験施設の見学であり、ITRPの発表の後であっただけに、冷静に技術の説明を行っていた分、より印象的であった。

一方、大強度陽子リニアックについてみると、常伝導で、今や第1期では180 MeVとなっているJ-PARCリニアックについて、招待講演1に15のポスター発表があったのと比較すると、1 GeVの超伝導リニアックのSNSからは招待講演は2あったものの、ポスターは5しかなかったのは、やや寂しかった。ともに、DTLのビームコミッションが始まっていることからして、エミッタンス等活発な議論を期待していただけに、少し拍子抜けした。しかし、次回のLINAC2006はSNS主催であり、そこで一気に盛り上げることを期しているのかもしれない。

以上を概括すると、現在計画としては、電子リニアックを利用したXFEL、SNSやJ-PARCの大強度陽子リニアック、種々のRIビームリニアックがあり、将来計画としてリニアコライダー、ニュートリノファクトリーを含むミュオン加速器があり、それらがリニアックの技術を先導しているといえる。そのために必要な技術として、超伝導空洞、高周波源、高電界技術、制御技術、イオン源・電子銃等が開発されている。そこに、レーザー加速等の先端加速技術の研究が粘り強く続けられているといったところが、リニアックの分野の世界の趨勢であろうか。[早野仁司氏、道園真一郎氏、内藤富士雄氏の報告も参考にさせていただきました。また写真は道園真一郎氏によるものです。]