

加速器研究



若 者

柏 木 茂*

Accelerator Research

Key Words : Particle accelerator, Beam, Free electron laser, THz

はじめに

今回、「若者」の記事の執筆依頼を頂き、今年8月に38歳になった私が若者の記事を書いてよいものか?と少し迷ったが、まだ科研費・若手研究の交付を受けていたりもするので世間ではギリギリ若手に入れてもらえると思い、記事を書かせて頂くことにする。

私は2003年2月に大阪大学産業科学研究所(以後、阪大産研)の量子ビーム発生科学研究分野(磯山研)に助手として着任し、加速器を主テーマとして研究を行っている。大学では加速器を使って研究を行っている研究者は多いが、自分のように加速器自体の開発研究や加速されるビームについて研究をしているのは少数である。今回の記事では、加速器研究について自分がこれまで関係してきた加速器開発を振り返りながら紹介させて頂きたいと思う。

加速器との出会い

私の加速器研究は、エネルギーフロンティアの素粒子物理実験を目指す電子・陽電子リニアコライダー加速器の開発に興味を持った大学院修士課程の時に始まった。最初に、「リニアコライダー」という言葉を耳にしたのは、私が横浜国大の学部3年の時に物理教室の中村正吾先生(B4~M2までの指導教官)に誘われ参加したLEP-Iコライダー実験報告

会の席上であった。その報告会の中で、会場の前の方に陣取っていたあまり品の良くなさそうな先生方が「次の高エネルギー実験はJLC(Japan Linear Collider)*¹だ!」と声高に話をされていたのを強烈に覚えている。その後、大学のゼミなどでリニアコライダー計画の内容について指導教官から聞いたり、高エネルギー加速器研究機構(KEK)の夏期実習に参加したりしているうちに、全長30kmを超える巨大加速器リニアコライダー実現に向けた加速器研究をやってみたいという気持ちが強くなり、修士2年の4月、リニアコライダー加速器開発を日本で最も盛んに行っていたKEKの試験加速器施設(ATF: Accelerator Test Facility)に飛び込み、我が加速器研究をスタートさせた。

加速器研究に憧れてKEKにやってきたまではよかったが、具体的に何をテーマに研究を始めて良いか分からず大変苦労した。加速器研究はビーム力学や高周波・真空・制御などその研究対象は大変幅広い範囲に及び、そのためリニアコライダーに関するものだけでも研究のテーマは山ほどあった。KEKの先生方のアドバイスもあり、私はリニアコライダーに必須のマルチバンチビームのエネルギー補正方法に関する研究に取組むこととなった。そして博士後期課程では、ATFで引き続き加速器研究を行うために、基盤機関をKEKとする総研大・加速器科学専攻へと進学した。学位取得までのATFにおける研究生活では大変多くの事を学び、その中でもグループの方針でもあった実験の計画・準備から測定、解析まで全てを自分でやるという研究に対する基本姿勢をたたき込まれた。学生の頃の事を今思い起こすと、横浜国大の中村先生やKEKの先生方がいつも熱っぽく研究について語ってくれたことが、私の好奇心を刺激してやる気を引き出してくれていたように思う。



*Shigeru KASHIWAGI

1970年8月生
総合研究大学院大学 数物科学研究科
加速器科学専攻(1999年)
現在、大阪大学 産業科学研究所 量子
ビーム発生科学研究分野 助教
博士(理学) 加速器科学、ビーム物理
TEL: 06-6879-8486
FAX: 06-6879-8489
E-mail: shigeruk@sanken.osaka-u.ac.jp

加速器研究第2ステージへ

大学院卒業後も KEK で助手やポスドクとして研究するのではなく、今までとは違った環境で加速器研究を行いたいと思い国内外の大学・研究所のポストを探した。ちょうど幸運なことに、学位取得直前に早稲田大学の鷲尾方一教授から小型 RF 電子銃加速器システムを構築する研究員の話を受け、私は加速器研究の第2ステージを早稲田大学の研究員としてスタートさせた。その最初の約1年間は、早稲田での加速器システム構築の準備として米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)で RF 電子銃開発と逆コンプトン散乱による短パルス X 線発生の研究開発に参加し、そのノウハウを勉強してきた。BNL での研究生活では、各研究課題のビーム実験を経験し理解を深めると共に米国式(?)の研究のやり方を経験することができた。向こうの研究者がビーム実験で非常にスピーディーに研究成果を上げるのを目の当たりにして感心する一方、成果主義の歪みなのか結果ばかりを先に求め実験の詰めがあまく再現性などについてあまり議論しようとしないう印象が残っている。この約1年という短い期間ではあったが、研究システムの違う異国での経験は私にとって大きな財産となった。

帰国後、BNL で吸収してきたことを生かし、早

稲田大学での加速器システム構築を学生と共に行った。それは、個々のコンポーネントから加速器全体の全てを理解し、またシステムのバランスを考慮しながら組み上げていく大変貴重な経験の連続であった。小型 RF 電子銃加速器は約1年半の建設期間を経て完成し、それをういて逆コンプトン散乱小型軟 X 線源の開発やパルスラジオリシス実験などで成果を挙げる事ができた。他にも、BNL や早稲田での CO₂ レーザーや Nd:YLF レーザーなどを使った実験から、多くのレーザーに関する知識や経験を得ることができた。そして、これらの研究を通して、加速器とレーザーの融合の重要性とその発展の可能性を強く感じた。

阪大産研での加速器研究

2003年2月、私は阪大産研に任期7年の助手として着任した。阪大産研での加速器研究では、これまでの私の研究環境とは一つ大きく異なることがあった。それは、自分が研究に使う加速器が共同利用マシンであったということである。産研の加速器施設は、全国の大学の加速器利用施設の中でも老舗的な存在であり、私が研究に使用している L バンド電子ライナックは約四半世紀にわたり放射線化学研究などに利用されている(図)。これまで、R&D加



図：阪大産研 L バンド電子ライナック

速器などでしか研究をしたことがない私にとって、共同利用施設のようにビームを提供する側とされる側(ユーザー)の両方が比較的是っきり分かれている環境は、当初少し不思議な感じがしたのを覚えている。私のような装置を担当(開発)する者には、共同利用加速器は管理や維持といった面倒な仕事が増えるなど少し窮屈な感じがする。しかし、加速器研究を行う者にとって所属部署に加速器があり、それを使い実験ができるというのは恵まれた環境であるといえる。こういった産研のような加速器研究に適した環境で、腰を据えて長期的な展望を持ちじっくりと研究をやっていきたいところだが、残念なことに若手の助教には任期がある。更に、加速器研究は他の化学系などの研究分野に比べ研究のスパンが比較的長いといった任期付き研究者にとってはあまり具合が良くないこともある。

現在私は、産研 L バンド電子ライナックの性能向上に関する研究と、その電子ビームを使ったテラヘルツ領域の自由電子レーザー(FEL)の開発を中心に研究を進めている。これまでに、時間精度が1ピコ秒(10^{-12} 秒)を切る高精度タイミングシステムの開発やFEL実験に用いる新しいタイプのエッジ集束型ウイグラーの開発などを行い、成果を挙げることができた。また、グループで行っているテラヘルツ領域のFEL開発についても、加速器の性能向上や集束型ウイグラーの導入によりFELの高出力化・高安定化などが達成され、今年度から医学・工学系の研究者によるテラヘルツFELの利用も開始することができた。他方、数年間お休みしていたリニアコライダーの加速器開発を、LバンドRF電子銃開発という形で再開できることになった。このLバンドRF電子銃は、KEKに建設中のリニアコライダーのための超伝導加速空洞試験施設(STF^{*2})で電子ビーム源として使用される予定である。

ノーベル物理学賞受賞、そしてリニアコライダーへ!

記事の締め切り間近の10月7日、ビックニュースが飛び込んできた。日本の3人の物理学者が2008年のノーベル物理学賞を受賞されたという知らせである。テレビのニュースや新聞などではあまり取上げられないが、ノーベル賞受賞の対象となったCP対称性の破れを説明する小林・益川理論の検証にKEK-Bファクトリー加速器が重要な貢献を果たした。大学院時代にKEKで研究に取り組んでいた私にとって、ノーベル賞という偉業が少し身近に感じることができ、興奮すると共に大変嬉しく思った。加速器研究は縁の下の力持ち的などころがあり表舞台には出てきにくい、今回のノーベル賞受賞も含め科学の基礎を支える研究分野であることを私自身再認識することができた。そして、リニアコライダー実現を夢見て加速器研究の道に進んだ私にとって、今回のノーベル物理学賞受賞がリニアコライダー実現のきっかけになることを願っている。

最後に、自分が加速器研究を始めた頃の気持ちを忘れずに、今後も熱いハートをもって加速器研究に取り組んでいきたいと思う。

謝辞

今回、「若者」の記事の執筆機会を与えて下さいました、産業科学研究所の真嶋哲郎教授に感謝いたします。また、執筆に関しまして「生産と技術」の関係者の皆様にも感謝いたします。

*1 リニアコライダー計画は、現在「International Linear Collider Project (ILC project)」となり全世界共同で加速器開発が進められている。2004年夏、ILCは超伝導空洞技術を主加速部に使用すると決定された。(ILCに興味のある方はどうぞ(一般向け) <http://www.linear-collider.org/>)

*2 STF(Superconducting RF Test Facility)は、電子ビームを使って超伝導加速空洞の評価・研究を行うKEKに建設中の国際共同試験施設。