

後継者育成

未来への船出

— 第 8 回国際リニアコライダー加速器スクール報告 —

栗木 雅夫*

Sail to the New World, A Report of the 8th International Accelerator School for Linear Colliders

Masao KURIKI *

Abstract

The 8th International Accelerator School for Linear Colliders was held from 4th to 15th December 2013 in Antalya, Turkey. 52 students from around the world attended the school to study the related topics. The school covers from the physics motivation of the linear colliders to the detail of the sub-system of accelerators. There were 6 hours lecture every day followed by a night session. The night session continued sometimes until the mid-night, depending on the student's curiosity and lecturer's strength. Antalya is the famous resort in Europa and also an ideal location for the school. The students could concentrate on their study without any stresses because of the excellent hospitality of the local organizer and local business staffs. The school must be an irreplaceable experience to all students not only to study various subjects of the accelerator sciences, but also to make good friends. This is only a friendship at this moment, but it could be a connection on the scientific researches, jobs, and projects. This is the real purpose of the school and this is being achieved. Now, we can see many graduates are active in various fields.

1. はじめに

第 8 回リニアコライダーのための国際加速器スクールが 2013 年 12 月 4 日から 15 日まで、トルコのアンタリヤを会場として開催された¹⁾。トルコのアンタリヤは地中海沿岸に位置し、夏は海水浴、冬は背後にそびえる 3000 m 級のトラス山脈のスキー場を目当てに、一年を通じ多くの観光客が押し寄せる有名リゾート地である (写真 1)。その数は人口の数倍にも達し、一地方空港であるアンタリヤ空港の利用客数は、イスタンブールのアタチュルク国際空港を凌ぐというから大したものである。冬も温暖な気候であり、日本を含むサッカークラブの冬季キャンプ地としても有名らしいが、開催時期には大寒波が到来し、アンタリヤも寒さに震えた。

本スクールは、ICFA (International Committee for Future Accelerators) により 2006 年から毎年一回、アジア、欧州、米国のもちまわりで開催されている。2006 年の第一回目は日本の葉山、2007 年はイタリアのシシリア島エリーチェ、2008 年はアメリカの

シカゴ近郊、2009 年は中国の北京近郊のファイロウ (怀柔)、2010 年はスイスのレマン湖から齒軌条鉄道で登ったヴィラール、2011 年はカリフォルニアのパシフィックグローブ、2012 年はインドのインドールと、寝食をともにし、勉学に集中できる環境と設備が整った地で行われてきている。筆者は過去のスクールのほぼ全てに講師として参加してきてい

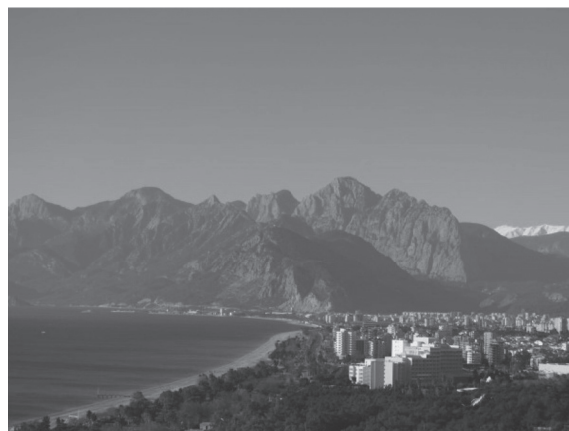


写真 1 アンタリヤの街とトラス山脈

* 広島大学先端物質科学研究科 Advanced Sciences for Matters, Hiroshima University
(E-mail: mkuriki@hiroshima-u.ac.jp)

るが、今回のスクールについて、そのロケーションの良さはもちろんのこと、現地の手配を一手に担ったアンカラ大学²⁾のスタッフの優秀さに感心した。聞けば、アンカラ大学には現在のところ小規模な加速器施設しかないようだが、CERNの協力をえて、CLIC技術を基盤としたFEL施設を計画しており、頻繁に国際ワークショップを開催しているようだ。また、今回は参加者全てが参加することができた初めてのスクールである。学生が参加を許可されてもビザが発給されるかどうかは別問題である。過去の例では全ての参加者にビザが発給されたことはなく、世界情勢の複雑さを常に思い知らされる。日本も例外ではなかったように思う。しかし今回は全ての参加者にビザが発給されるという快挙を成し遂げた。トルコは欧州とアジア、オリエントを結ぶ歴史の十字路とも呼ぶべき場所であるが、このような一場面にも、それを感じた次第である。

2. スクールの構成

今回のスクールの参加人数は学生52名、講師11名である(写真2)。他に、ICFA Beam Dynamic Panel ChairのWeiren Chou氏が校長(School chair)、SLACのAlex Chao氏が最終試験の専制君主(Tsar、ロシア語で皇帝の意)として、表裏一体、陰陽合一してスクールを支えている。スクール参加学生の国籍分布を把握するのは困難だ。スクールへの参加は、所属する大学や研究所からの推薦をベースにしており、国籍は関係ない。したがって、ビザ発給の手続きをおこなう事務局は把握しているが、



写真2 会場となったホテルロビーでの集合写真。吹き抜けの開放的な空間だ (Courtesy of IAT Ankara University)。

スクール講師には必ずしも知らされない。不正確ながらカウントしてみると、表1の様になる。CERNは国際機関で国ではないのだが判別しようがない。また所属と国籍が違う場合は国籍を示している。そうすると、開催国ということもありトルコが最大となったが、二位は中国となった。国内ドメインに加え、海外の研究所所属の中国人若手研究者が積極的に参加していることがうかがえる。本スクールは応募をもとに地域バランスを考慮した厳正なる審査により決定されており、常に3倍近い競争率となっている。

スクールは、午前および午後の3時間の講義、および夜のホームワークセッションで構成される。会場となったのは、おそらくアンタリヤ随一の高級ホテルであり、三食は全てホテルの食堂でとることができる。講師は毎回の講義の内容にそった演習問題を出題し、ホームワークセッションで学生はその問題に取り組む。ホームワークセッションは数名のグループに組織され、異なるナショナルリティの学生が交流できるよう配慮されている。ホームワークセッションにおいて学生が解答に到達するまで指導するのが講師の役目であり、しばしば本セッションは深夜にまでおよぶ。このような理想的な住環境、食事環境、そして学習環境が整えられ、学生は日夜勉学に励むのである(写真3)。

表1 スクール参加者の所属等

国名(機関名)	人数
トルコ	11
中国	9
CERN	7
米国	3
英国	3
日本	3
ロシア	3
イラン	2
インド	2
韓国	2
イタリア	2
ドイツ	1
フィンランド	1
スペイン	1
ルーマニア	1
メキシコ	1
ポーランド	1
チェコ	1

スクールは二つのコースから構成されている。一つは加速器物理コースであり、ビームダイナミクスを縦糸、リニアコライダー加速器の各サブシステムを横糸として、全体のイメージをつかむことを目的とする。もう一つは加速器技術コースであり、リニアコライダーの核心である常伝導および超伝導加速技術について、基礎から実践的な内容を含めて学ぶことを目的としている。スクールの前半は共通講義にあてられ、それには「宇宙の神秘と加速器」「ILC 加速器入門」「CLIC 加速器入門」「ビーム計測 (Instrumentation) 入門」が含まれる。共通講義でスクールの目的や概観を捉えた上で、個々のテーマについてより詳細に学べるように配慮されている。さて、私はリニアコライダー入射器という題で毎回四コマ（一コマは90分）の講義を担当してきた。しかし、今回はある事情から「宇宙の神秘と加速器」と「リニアコライダー加速器入門」という、各々二コマの講義をさらに担当することになり、合計で八コマという、ちょっとした集中講義なみの分量を話すことになってしまった。窮すれば通ずとはあまりいい例えではないだろうが、何とかこなすことができた。災難だったのは、私の講義を長時間聴くはめになった学生諸氏であろう。日本からは他にKEKの佐伯学行氏が、超伝導加速技術についてやはり四コマの長尺講義を担当した。

3. しばしの息抜きとラストスパート

スクールでの生活にはほとんど余裕というものはない。しかし睡眠と食事以外の全ての時間を勉強にあてるというのも、理想的な環境とは言えな



写真3 ホームワークセッションの一コマ

い。適宜の息抜きが気持ちをリフレッシュして、やる気を新たにさせ、最終的に最大の学習効果を与える。本スクールでも、半日の遠足が二回ほど設定され、学生達は地中海の風光明媚な絶景と、アナトリア半島の重要港湾都市として栄えたアンタリヤの2000年以上の歴史に触れた。アンタリヤの港から出発した遊覧船は、そのいでたちはまさに大航海時代のガレオン船さながらであり、若者たちの未来への船出を象徴しているかのようにあった（写真4）。

十分な息抜の後には、最終試験に向けてのラストスパートである。スクール最終日の午前中には最終試験と称して、4時間半にわたる筆記試験が課される。出題範囲は、スクールでのほぼすべての講義課題にわたる。ホームワークの問題がそのまま最終試験に出題されることはないが、ホームワークの問題を十分に理解していれば、最終試験の問題は難なく解けるように講義全体がデザインされている。ぬかりなくスクール全体のカリキュラム、ホームワーク、そして最終試験を行うことがAlex Chao 皇帝の重要な役割である。そのため、適宜講師達は召集され、問題作成委員会が開催される。この問題は適切か、ホームワークに取り組んでいれば解答可能か、ホームワークや過去の問題と類似しすぎていないか、難しすぎはしないか、等などが論点となる。各講師が出題した問題について、上のような論点を一つ一つ議論し、最終試験問題を決めていくのである。そして最終試験前日には、問題の最終確認、配点の決定、そして採点者が決められる。採点者を決めるのはとても重要である。なぜなら、しばしば講師はすべての日程に出席することはできず、一部の講師のみです



写真4 地中海に行くガレオン船風の遊覧船 (右)

すべての試験問題を採点する必要がある。さらに、試験が終了してから、夜のバンケットまでは、5時間程度しかない。講師もバンケットまでには採点を終えて、おいしい料理とお酒を楽しみたい、からではなく、バンケットでは優秀学生を発表しなくてはならないのがその理由である。そのためには、バンケット開始前までには是が非でも採点を終わらせる必要があるのだ。

優秀学生を表彰することについて、議論が無いわけではない。明らかに学生の9割以上は、その能力の全てを駆使して講義や演習問題に取り組んでいる。かつて、入賞を逃したために、バンケットで人目もはばからず号泣した学生もいた。また、バックグラウンドとなる素養にも大きな差がある。そういう意味では全員を表彰してもよいとさえ思う。しかしもともと試験とは学生の一面的評価にしか過ぎない。しかし一面的評価であっても、基準が明確であり、皆が納得できる指標は、能力、やる気などの曖昧な指標よりも有用である。それならその試験で優秀な成績を得たものを表彰しようではないか。それにより、スクール全体が活気のあるものとなるのであればそれでよい。Alex Chao氏は毎回のよう、学生表彰を行う前に述べている。「ここに参加できたというだけで、すでにあなたたちは三倍近い難関をくぐり抜けた優秀な学生です。さらに、このバンケットに参加しているということは、この厳しいスクールのカリキュラムをすべてこなしたということを示しています。これから優秀学生を発表しますが、これはひとつの評価に過ぎません。でもみんなでその栄誉を讃えましょう。」今回も両コースあわせて8名の学生が表彰を受けた。

4. 最後 に

ヒッグス粒子の発見をうけて、物理学はまさに革命前夜の情勢である。標準理論ヒッグスだけで終わりになると思っている物理学者を探すのは困難である。真空凝縮により、弱ボゾンに質量を与え、フェルミオンに質量を与えるという、まさに標準理論の矛盾をすべて解決してくれる便利屋のようなヒッグス粒子。標準理論の言うように一つだけなのか、あるいは複数あるのか、性質や仕組みは理論の予想通りなのか？ 疑問は尽きない。さらに宇宙論から突きつけられたより根源的な難

題である暗黒物質と暗黒エネルギーの存在は、質量という形而上とも言える概念の理解を人類に試している。リニアコライダーはこれらの疑問に挑む人類の一大プロジェクトである。その実現には資金など課題が多いが、なんといっても最大の課題は人的資源である。ICFAはそのような考えのもと、リニアコライダー建設に挑む若手の加速器科学者予備軍を創設するため本スクールを運営している。今までに卒業生の総数は少なくとも500人以上に達しているはずで、多くの研究施設や大学で活躍している。リニアコライダー建設には1000人規模の加速器物理学者が関わる必要があるとされている³⁾が、その半数に迫る数である。

現在、日本は国際リニアコライダー建設に進もうとしている。一方で、私を見る限り、大学や研究所の若手研究者に対する教育的配慮は充分とは言えない。かつて、筆者がKEK加速器部に職を得た際、当時の黒川総主管のすすめで二週間にわたる北京の国際加速器スクールに出席する機会を頂いた。その機会は加速器という学問の全体像を把握し、内外の同年代の研究者と知り合い、そして多くの専門家達との人脈を築き、研究者としての出発点となったと認識している。今でも当時の同級生に国際会議で頻りに邂逅する。大抵、相手はすでに準幹部クラスで、それに比べて私が当時の黒川先生の期待に応えるような活躍ができていないのは自分の責任である。21世紀はアジアの世紀とも呼ばれ、日本はアジアのリーダーとして、地域の科学の発展を牽引していく世界史的役割を担うべきである。国際リニアコライダーはそのような文脈の中で実現すべきであり、またそれできか実現しえない。

2014年度のILCスクールは北米、カナダのブリティッシュコロンビアでの開催を予定している。次回は、大学院生はもちろん、多くの若手研究者が応募してくれることを願い、筆を置くことにする。

参考文献

- 1) <http://www.linearcollider.org/school/2013/>
- 2) http://hte.ankara.edu.tr/index_en.php?bil=bil_icerik&icerik_id=16
- 3) ILC Technical Design Report, Vol.3-II (2012) p.292.