

## 会議報告

## LCWS10 and ILC10 会議報告

佐伯 学行\*

## Report on ILCWS10 and ILC10

Takayuki SAEKI\*

## Abstract

International Linear Collider Workshop 2010 (LCWS10 and ILC10) was held in the Friendship Hotel at Beijing from 26<sup>th</sup> March to 30<sup>th</sup> March 2010. This workshop is a joint effort of Accelerator and Physics/Detector groups for the International Linear Collider (ILC). I joined this workshop as a researcher of Superconducting RF linac. In this article, I would report the presentations/discussions/activities of the workshop.

## 1. はじめに

2010年3月26日から3月30日までの間、北京のフレンドシップホテルにて、International Linear Collider Workshop 2010 (LCWS10 and ILC10) が開催された。ILCWSは、ILCの加速器グループ(Global Design Effort, GDE)と物理/測定器グループが合同で行うWorkshopで、1年にほぼ2回の割合で欧州、北米、アジアと順番に開催されている。今回はアジアの番で、北京での開催となった。私はこのWorkshopに、超伝導加速器の研究者として参加した。このWorkshopの活動状況について報告する。

## 2. Workshopの開催地周辺について

北京は、2008年の夏に開催された北京オリンピックのためにインフラが著しく整備され、最初に到着した空港ターミナルの巨大さに圧倒された。空港からタクシーで1時間弱程走り、Workshopの開催される北京市内のフレンドシップホテルに到着した。北京市内では、幹線道路は片側が3~4車線で整備され、現代的なビルが立ち並び、むしろアメリカの街中を思わせるような光景であった。フレンドシップホテルは、多くの有名大学が集中する地区の中にあり、複数の宿泊棟、会議場、宴会場等を備えた大変立派なホテルである(図1)。LCWS10 and ILC10は、参加者のほとんどがフレンドシップホテルに宿泊し、会議もフレンドシップホテル内の会議場で行われた。



図1 LCWS10 and ILC10 が開催された北京市内のフレンドシップホテル

## 3. 前回の ILCWS からの経緯

前回のアルバカーキでの ILCWS<sup>1)</sup> (LCWA09, 2009年9月29日-10月03日)では、ILCの建設コスト削減について盛んに議論が行われた。その後、ILC RDR<sup>2)</sup>から現在までの研究成果を取り入れた新しいBaseline設計に向け、その下書きとなるStrawman Baseline (SB) 2009が2009年12月に作成され、そのReviewが行われた。その中で、2トンネル案から1トンネル案への変更や、ダンピングリングの周長を6 kmから3 kmに短縮する変更、陽電子源の設置位置の変更等が提案された。しかし、そのコス

\* 高エネルギー加速器研究機構 KEK, High Energy Accelerator Research Organization  
(E-mail: takayuki.saeki@kek.jp)

ト削減効果が13%と思っただけではなかったことや、物理/測定器グループと十分に議論を尽くさずにコスト削減のためにルミノシティを減らしたため、議論が紛糾した。その結果、当初SB2009は2010年の夏には纏められる予定だったが、2010年の終わりまで議論が継続されることとなった。このような経緯の反省から、その後、物理グループと加速器グループがより密接に意見交換を行い、物理シナリオと建設シナリオにまで踏み込んでコスト削減を行おうという状況に発展した。今回のLCWS10 and ILC10はそのような状況下で開催された。

## 4. 発表と議論

### 4.1 プレナリーセッション

初日のプレナリーセッションの発表について、順番で紹介していくことにする。最初に、ICFA議長である高エネルギー加速器研究機構の鈴木機構長から、ICFA, FALC, ILCSCに関連した活動が紹介された(図2)。また、鈴木機構長は、かねてよりILCに関するガバナンス、すなわちプロジェクトの承認、ILCの建設、ILCの運転の各時期における組織と運営について研究を進めており、その研究成果が紹介された。

次にGDEのリーダーであるBarry Barish氏から、「The Path Towards the Technical Design Report (TDR)」と題して加速器グループ(GDE)の活動が発表されると共に、2012年末までにTDRを完成するための計画とR&D項目が確認された。また、From TDR to ILC (or beyond 2012)として、TDR以降のことについても軽く言及された。内容としては、工業化、サイト選択、5~6年間の建設、2年間の試運転といったごく当たり前のことではあったが、鈴木機構長の話にも関連し、徐々にTDR以降のことが議



図2 プレナリーで発表をするKEKの鈴木機構長

題になりつつあるという印象を持った。

物理/測定器グループのResearch Director (RD)である山田作衛氏から、物理/測定器グループの活動について紹介があった。測定器に関しては、前回アルバカーキで開催されたLCWA09にて、ILCの測定器として、2つの測定器、すなわちSiDとILDが承認されたが、これらの測定器グループの活動状況が報告された。また、相変わらずのマンパワー不足や、ILC-CLICによる協調した研究活動についても言及された。

東京大学の村山氏から、対称性粒子やヒッグス粒子などの新粒子がILCによってどのように観測されるかを解りやすく説明する発表があった。それと同時に、アメリカにおいてILCのコストに関して悲観的なムードがあること等も言及された。アメリカでは、FNALのProject-Xにおいて、ILCと共通部分が多いライナックの建設を目指しているが、同時にミュオンコライダーにも舵を切れるように計画を進めている。村山氏の発表は、「それでもILCは必要」として締めくくられたが、アメリカにおいて、さらにILCのコスト削減の圧力が増していることがうかがえた。

LHCのKaty Foraz氏(CERN)から、LHCの事故からの回復状況が報告された。LHCのマシンが回復したことは大変喜ばしいことだが、当分の間はエネルギーとルミノシティを下げて運転し続けるということで、ヒッグス粒子の発見は当初予定よりかなり遅れることが予想される。ILCの最初の段階で最も期待されるのはヒッグス粒子の精密測定であり、LHCの遅れは少なからずILCにも影響を及ぼすものと考えられる。Rob Roster氏(FNAL)からは、TEVATRONの最近の成果について報告があった。LHCの遅れが予想される中、TEVATRONのデータの重要性は増しているが、同時に、Project-Xへの移行が遅れていく可能性もあり、悩ましい状況である。続いて、GDEのProject Manager (PM)の1人であるMarc Ross氏(FNAL)からILC Accelerator R & D statusの報告があり、同じくFNALのSteve Geer氏から、FNALにおけるMuon Collider研究について紹介があった。Muon Accelerator Program (MAP)なる予算が承認されつつあり、FY2010においてInterim MAPとして約10Mドルが承認され、来年度には約15Mドルを要求しており、アメリカではMuon Colliderの研究費を増額する傾向にあることが報告された。

CERNのRolf Heuer所長が、CERNからのTV会議映像で「CERN and LC」と題した発表を行った。スライドは一切無というスタイルだったが、現在の

LHC の状況から予想される LHC の物理の遅れや、CLIC は当然のこととして、ILC に関しても興味があることなどが説明された。聴衆から、LHC の物理の遅れに関して、何か物理シナリオの腹案はないのかとの質問に、物理シナリオは誰の目にも明らかで、早急にミッシングエネルギーによる超対称性粒子の兆候を掴み、それを元に物理シナリオを構築することだと答え、肩をすくめて見せた。何も素晴らしいマジックなど無いという訳である。

その後、物理/測定器グループから SiD と ILD の現状報告があり、さらに GDE の PM の Nick Walker 氏から 2010 年半ばまでの Technical Design Phase (TDP)-I と、さらに 2012 年の終わりまで続く TDP-II について、より詳しい研究計画が示された。GDE の PM である山本氏 (KEK) からは、「AAP Review of SCRF to be prepared」と題して、SCRF の R & D の現状が報告された。特筆すべきこととして、9-cell 空洞における ILC の縦測定受け入れ性能である accelerating gradient  $> 35$  MV/m において、現在の歩留まりが既に 44% に達していることが示された。TDP-I の目標歩留まりは 50% であるから、これは大変明るいニュースである。歩留まりを押し上げているのは、アメリカの AES 社が製造した 2nd バッチと呼ばれる中の最後の 4 台の 9-cell 空洞である。これら 4 台の空洞は、JLab で表面処理されたものだが、驚異的なことに、2nd pass すなわち 2 回の表面処理を許す ILC の量産ルールを適応すると、歩留まりは 100% となる。まだ統計が少ないため、今後、見守る必要があるが、AES 社と JLab の表面処理の組み合わせ

は、大変有望と言える。実は、KEK においても既に AES 社と JLab を訪問し、その技術の詳細を調べ、取り入れることにより、これまでより良い結果が出つつある。これもまだ統計が十分ではないが、楽しみな話題である。また、DESY における XFEL の生産 Pre-series である PXFEL-1 クライオモジュールの試験において、8 台の 9-cell 空洞の平均電界として 32 MV/m が達成されたことが報告された。ILC の目標運転電界は 31.5 MV/m であるので、これもまた大変重要なマイルストーンである。

#### 4.2 パラレルセッションでの議論

2 日目からは、加速器グループと物理/測定器グループが幾つかの WG に分かれて、多くの参加者がパラレルセッションで活発な議論を行った。既に前回の ILCWS からの経緯で説明したように、今回の会議では、加速器グループと物理/測定器グループの相互理解ということに焦点が当てられた。その代表的な議論が、低エネルギー領域でのルミノシティについてである。これまで、ILC は衝突エネルギー 500 GeV としてきたため、SB2009 の中で加速器グループ (GDE) は、500 GeV に近い高いエネルギー領域でルミノシティが高まる可能性があるトラベリングフォーカスといったテクニックを提案してきたが、これは低エネルギー領域ではルミノシティ増加が期待できないことが解ってきた。一方、物理グループは、低エネルギー領域にヒッグスが存在する可能性があり、LEP (CERN) で到達した 200 GeV 付近から 500 GeV までのエネルギースキャンが重要であることを強調した。その結果、今回の LCWS10 において、低



図3 参加者の集合写真

エネルギー領域では冷凍機やクライストロンのパワーが軽減されることを考慮し、ビームの繰り返し回数を倍増することにより、低エネルギー領域でもルミノシティを増強する案が出された。考えてみればごく当たり前の話だが、加速器グループと物理/測定器グループの相互理解がなければ、このような簡単なことすら議論が進まないという例である。図3は、フレンドシップホテルにおいて撮影された参加者の集合写真である。

#### 4.3 日本グループの発表紹介

LCWS10においては、日本からの参加者が多くの重要な発表を行った。それらの内、代表的な発表を紹介する。今回、大変注目度が高かった発表としては、KEKの吉岡氏、榎本氏、宮原氏が中心となって行った、山岳地帯における1トンネル案のConventional Facility and Siting (CFS) 設計検討案である。この研究は、先端加速器科学技術推進協議会(AAA)の施設Working Groupにおける日本の建設業界ボランティアの協力を得て、大変レベルの高いものとなった。また、山岳地帯における1トンネル案に欠かせないのが、トンネル内に小型のクライストロンを配置し、1つのクライストロンで、少数台の空洞にパワーを供給するDistributed RF Source (DRFS) 案である。これは、KEKの福田氏を中心としたKEKライナックグループが大きく貢献している。また、KEKのライナックグループは、DESY/FLASHにおいてILCの高いビームロード(9 mA)を検証する実験に参加しており、道園氏がその実験結果を報告した。KEKのSuperconducting-RF Test Facility (STF)の加古氏(超伝導空洞グループ)から、S1-Global実験について発表があった。S1-Globalは、欧州から2台の9-cell空洞、北米から2台の9-cell空洞、日本から4台の9-cell空洞をクライオモジュールにインストールし、KEKのSTF施設において高電界試験を行うことで、真の国際協力によりILCが実現可能であることをデモンストレーションするものである。S1-Global実験では、現在、KEKの大内氏(クライオモジュールグループ)が中心となりクライオモジュール組立て作業が着々と進行しており、この夏に、合計8台の9-cell空洞の高電界試験が予定されている。陽電子生成に関しては、KEKの大森氏が中心となり、Baseline設計であるアンジュレーター方式に比べてより堅実な方法であるターゲット方式について発表を行い、着実にその必要性が認知されつつある。また、ATF関係では、KEKの照沼氏や内藤氏が中心となって行っている、ダンピングリングからの取り出し用Fast

Kickerについて発表が行われると共に、東京大学が中心となってATFで実験を行っている新竹ビームモニターについても、東京大学の学生達による発表があった。周長を3 kmに短縮したダンピングリングにおけるElectron Cloudの問題についても、KEKの大見氏を中心として、KEKBの経験に基づいたシミュレーションが行われ、SB2009で提案されているILC RDR<sup>2)</sup>の半分のbunch数、およびダンピングリング周長が3 kmの場合において問題がないことが確認された。さらに詳しい発表内容については、Workshopのwebsite<sup>3)</sup>を参照されたい。

#### 4.4 サマリーセッション

最終日のプレナリーセッションにおいては、PMの山本氏から、今後のSB2009の進め方が発表された。その一連の活動は、Top-Level Change Control (TLCC) processと名付けられており、ILCのPM達を中心となって、これまでの議論を盛り込んだ新しいBaseline案を作成し、GDE、物理/測定器グループ、ILCSC、FALCに了解を得て、最終案を決定しようというものである。そのために、Baseline Assessment Workshop (BAW)と呼ばれるWorkshopをテーマごとに開催し、2010年の終わりに向かって案を纏めていくことがアナウンスされた。

### 5. バンケットとエクスカージョン

最終日の前日に、フレンドシップホテル内で行われたバンケットでは、当然のことながら中華料理が振る舞われ、さらに中国の民族音楽の演奏が行われた。図4がその演奏風景を撮影した写真である。幾種類もの民族音楽が違う楽団によって演奏され、最後には聴衆が舞台の前に集まって写真を撮り始め、後ろからは見えない程の盛り上がりようであった。因みに、



図4 バンケットでの中国民族音楽の演奏



図5 小雨の中の万里の長城

Workshop の期間中は、ホテルの外の食堂にも行ったが、毎日のように中華料理であった。当初、油が多い中華料理は飽きるのではないかと思ったが、不思議と飽きることはなく、毎日楽しく食事をすることができた。また、最終日には、万里の長城ツアーが企画されていたため、著者も参加した。あいにく、天気は小雨となってしまったが、図5にあるように、小雨の中に

浮かび上がる万里の長城もなかなかよい趣であった。

## 6. Workshop を終えて

ILCWS の頻度は多すぎるという批判もある。しかし、Workshop を終えて、改めて半年間の進展が大きいことに驚かされる。ILC は、技術的に着実に実現可能な加速器に近付いているが、コスト削減の圧力や、CLIC 等の他実験/計画との競争は激しさを増している。苦しい時期でもあるが、真の国際協力によってどこまで実現に近づけるか、ここ数年が正念場になると強く感じた。

## 参考文献

- 1) 2009 Linear Collider Workshop of the America, Sept 29 -Oct. 3 2009, Albuquerque, New Mexico, U.S., home page, <http://panda.unm.edu/LCWA09/>
- 2) ILC RDR: ILC Reference Design Report, <http://www.linearcollider.org/about/Publications/Reference-Design-Report>
- 3) International Linear Collier Workshop 2010, LCWS10 and ILC10, 26-30 March 2010, Beijing, China, home page, <http://lcws10.ihep.ac.cn/>