

会議報告

会議報告 : Americas Workshop for Linear Colliders 2014 (AWLC2014)

末原 大幹*

Report of Americas Workshop for Linear Colliders 2014 (AWLC2014)

Taikan SUEHARA *

1. 会議の概要

国際リニアコライダー (ILC) に関する国際会議は 2006 年頃より物理・測定器および加速器の合同で年 2 ~ 3 回程度行われている。2010 年頃からは CERN 中心のリニアコライダーである CLIC (Compact Linear Collider) も加わっている (以後 ILC と CLIC を総称して LC とする)。これらは 1 年 ~ 1 年半に 1 度行われる LCWS とそれを補完する Regional workshop (アメリカ・ヨーロッパ・アジアの三極のうちいずれかが主催) に分かれ、合わせて年に 2 ~ 3 回開催される。今回の会議はアメリカの Regional workshop で 2014 年 5 月 11 日から 15 日まで Fermilab で開催された。参加者は 170 名程度であった。前回は 2013 年 11 月に東京大学にて開催され、今回は 2014 年 10 月にセルビア・ベオグラードにて開催される予定となっている。もちろん、これ以外にも LC 内のサブグループや特定のトピックに関する workshop は随時開催されている。

LC 関係の会議のプログラムやスライドは agenda.linearcollider.org という indico サーバにアップロードされている^{†1}。

私は以前加速器関係の仕事をしていたことから本稿の執筆を引き受けることとなったが、現在の仕事は ILC の物理・測定器であるため、本会議でもパラレルセッションでは物理・測定器関係のものに出席した。本稿が主に物理・測定器の視点

からの報告となること、加速器のセッションを網羅した報告でないこと、一部の報告内容は私が直接見聞きしたのではなく前記のページのプログラムおよびスライドの内容に依っていることはご了解いただきたい。

2. LC をめぐる現状

はじめに、LC の関係者でない読者を想定して、現在の LC をめぐる現状について、本会議での講演内容を踏まえつつ概観を試みたい。本稿は私の私見も含まれており LC 推進組織等の公式見解ではないことをお断りしておく。

ILC は重心系エネルギー 250 ~ 500 GeV (1 TeV へのアップグレード計画を含む) の電子・陽電子衝突型線形加速器である。加速には 1.3 GHz の超伝導加速空洞を用いる。2013 年 6 月に加速器 TDR (Technical Design Report) が完成し、加速器に関して技術設計が完了している (測定器については DBD : Detailed Baseline Design というレポートが同時に完成したが TDR よりは前段階となる)。建設候補地については近い将来に建設が開始される可能性は日本国内にほぼ絞られている。国内候補地については 2013 年 8 月に立地評価会議のレポートが公表され東北・北上山地が候補地として推薦された。

CLIC は重心系エネルギー 3 TeV (最大) の電子・陽電子衝突型線形加速器で、常伝導加速空洞を用いる。CLIC の最大の特徴はドライブビームを用

* 九州大学理学研究院 Kyushu University, Faculty of Sciences (E-mail: suehara@phys.kyushu-u.ac.jp)

†1 今回の会議のプログラム・スライドは

<http://agenda.linearcollider.org/conferenceOtherViews.py?view=standard&confId=6301>
にアップロードされている。

いた2ビーム加速にあるが、近年の設計では少なくとも低エネルギー運転 (350 GeV) ではクライストロンを用いた通常の方法 (但し周波数は11 GHz と高い) を用いる見込みである。CLIC は CERN のプロジェクトであり建設地は CERN が推定される。2012年にCDR (Conceptual Design Report) が完成し、Technical Design Phaseに入っているが、ILC と比べまだ多くの開発要素がある。

ILC と CLIC を統合的に推進する組織として、2013年にLCC (Linear Collider Collaboration) が新たに発足した。LCCのChairはかつてLHCのProject LeaderであったLyn Evans氏である。図1にLCCを含むLC推進組織の組織図を示すが、日本からは駒宮氏、村山氏、山本氏が要職に就いている。LCCの当面の目標はILCの実現と将来計画としてCLICのR&Dを進めることである。本会議ではLCB Chairの駒宮氏による講演が初日にあり、最終日にLCC ChairのEvans氏の講演があった。

本会議ではILC実現に向けた日本国内の状況および海外の協力体制に多くの関心が集まった。国内状況としては、2013年9月にILC建設に関する日本学術会議の答申が発表され、今後数年かけて、ILCの物理ケース (特に新物理)・国際的な費用分担・必要な人的資源とその確保の見通し等を集中的に検討することが要請された。

これらを検討するため政府内にタスクフォースが設置され5000万円の予算が措置されるとともに、ILCに直接関係のない専門家による有識者会議が設置された。LCC (およびKEK等国内の連携機関) としてはこのタスクフォースおよび有識者会議に必要な情報を迅速かつ的確に提供していくことが今後重要となる。

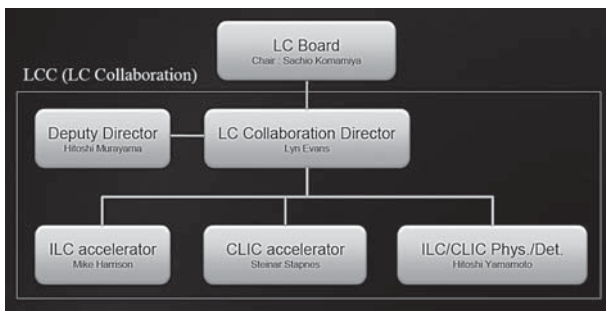


図1 LC推進組織 (LCB, LCC) の組織図

国際協力に関しては、ヨーロッパにおいてはすでに2013年に日本に建設されるILCを強力にサポートするという方針が決定されており、アメリカでは昨年春ごろよりSnowmassおよびそれを受けたP5 (Particle Physics Project Prioritization Panel) により議論が進められてきた。本会議はP5のレポート発表の直前であり新しい情報は公開されなかったが、その直後に公開されたレポート^{†2}によれば、ILCのR&Dプログラムは想定される予算シナリオによらず継続することが明言され、予算シナリオによっては“world-leading”な役割を果たすとされた。これにより2008年以来予算の大半がカットされ組織的なR&D継続がほぼ不可能となったアメリカの現状は大きく改善すると見込まれ、日本のILC建設への動きに呼応するものと考えられる。

LCCは今後5年程度でのILC建設開始を目指し上記の国内・海外交渉を進めるとともに、ILC研究所の組織、詳細な土木設計等を進めていく。

3. 物理・測定器に関する議論

物理・測定器のセッションは、物理関係が3つ (ヒッグス・新物理・トップ)、測定器関係が4つ (トラッキング・カロリメータ・ソフトウェア・インテグレーション) のワーキンググループに分かれてパラレルセッションを行った。そのほかILCのランニングシナリオに関するプレナリーセッション、2つのILC測定器コンセプトのセッションがあった。

ILCのランニングシナリオとしては、現在250 GeV, 350 GeV, 500 GeVおよびアップグレードとして1 TeVの運転があるが、その順番や期間は決まっていない。現在主に物理の観点からこのシナリオ案を検討するグループがあり (加速器の専門家も参加している)、その議論が行われた。250 GeVの運転から開始し一定の運転後に350 GeVを経て500 GeVにアップグレードする案は、建設予算を分割できるメリットがあるが、特に新物理の観点からはできるだけ最高エネルギー運転を早く行いたいという意見もある。また、トップとヒッグスの結合を直接測定できるttHプロセスは500 GeVに比べ550 GeVでは4倍近く統計量

^{†2} <http://www.usparticlephysics.org/p5/>

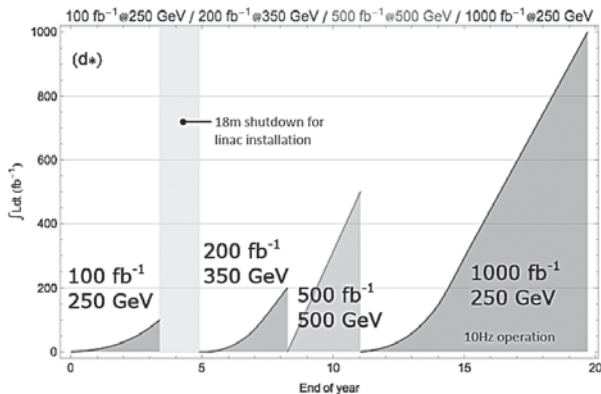


図2 ILC ランニングシナリオの例
(Lyn Evans の講演より)

が得られるため 500 GeV に変えて 550 GeV の運転を行う案もある。本会議では結論は出なかったが、一旦少ない luminosity で 250 GeV 運転を行った後、通常 luminosity で 350 GeV, 500 GeV の運転を行い、最後にヒッグスのモデル非依存の測定精度向上に重要な 250 GeV の high luminosity run を行うというプランが有力であった (図2)。各エネルギーでの物理性能の比較等はまだ不十分であり、今後更に詳細な比較検討を行う必要がある。また実際の運転時は技術的な理由により変更される可能性もあるが、あくまでリファレンスデザインとして運転シナリオを提示しておくことは重要であろう。

物理セッションでは、最近の発展としてヒッグスの標準模型からのずれが LC でしか見えないケースとしては、新物理が重い decoupling limit のケースの他に拡張ヒッグスが重くないが標準模型ライクなヒッグスと混合しないパラメータも考えられることが議論された。これは ILC でのヒッグス結合測定の価値を考える上で重要である。また、測定器セッションでは DBD 後の取り組みとして、より工学設計を進めるとともに、再度物理の観点から測定器を最適化する動きがあり、数年間で最終デザインを確定させることを目指している。

4. 加速器に関する議論

加速器のセッションは、Sources, Beam delivery system (BDS), Main Linac, Conventional facilities (CFS), Superconducting RF (SRF) の5つのワーキンググループに分かれていた。この

うち SRF は ILC に特有だが他の4グループは ILC と CLIC の共同で進められている。特に BDS に関しては共通点が多く、最終収束試験設備の ATF2 では双方から研究者が集まり協力して開発を進めている。

ILC に関しては、TDR はサイトを想定しない設計であったため、日本の北上サイトに合わせた site specific design が喫緊の課題となっている。国内サイトではもともと斜坑を使って地下トンネルに装置を運ぶ構想だったが、測定器側の要請もあり、縦坑を併用する方法も改めて検討がなされている。5年程度での建設開始を想定して土木工事の計画プランや空洞を並べる順番など、技術開発に加えて、プロジェクト実現に必要な検討をいよいよ本格的に進めていく必要がある。

CLIC に関しては、現在の設計では電力消費等の問題が大きいことから基本設計の見直しが進められている。特にドライブビームに用いるクライストロンや、低エネルギーでのクライストロンを用いた従来型の運転に関する検討が進められている。

最近の話題として、“Green ILC” というものが議論されている。これは ILC 建設と都市作りを一体化してエネルギーの有効活用を図ろうという取り組みで、エネルギー効率のよいクライストロン等の技術的な要素に加え、再生可能エネルギーの活用、加速器から出る熱の都市での利用など、ILC の設計を大幅に変えずに環境配慮型の拠点を目指している。一般社会の ILC に対する理解という観点でも重要な取り組みであろう。

5. まとめと所感

今回の会議は Regional workshop ということもあり、また現在の予算状況がかなり厳しいアメリカでの開催でもあったためか (さらには、Fermilab というあまり魅力的でない開催地のためか)、参加者は前回東京での LCWS よりかなり少なかった。アメリカでは P5 で ILC にかかなり好意的なレポートが発表されたので、今後アメリカのアクティビティが戻ってくることを期待したい。そのためには、日本から継続的によいメッセージを発信し続けることが重要であろう。

物理のセッションは従来 Regional workshop ではさほど多くなかった理論の研究者が講演の大



図3 集合写真

半を占め、ILC への関心の高まりを感じた。特に LHC で新物理の兆候およびヒッグスの標準模型からのずれが見られないため、より精密かつ広範囲な測定が可能な ILC への期待が高まっている。一方、実験側は DBD が完成して新たなフェーズに入ったところであるためか、次のまとまった結果が出てくるにはもう少しかかりそうである。特に測定器要素開発のセッションは参加者が少なく、さらに裾野を広げていくことが必要である。

前述したように、政府内で ILC に対する本格的な検討が始まったことは極めて大きなインパクトがある。政府内のタスクフォースおよび有識者会議からは、今後議論が進むにつれさまざまな資料の提供要請が ILC グループに出されることが予想される（既に始まっているようである）。そ

の中には極めて短い時間での回答を要求される場合もあり、その場合正確な資料を提供するために国際的に議論する時間がない場合もあることが会議中で話題となった。

そのような場合には「日本の同僚を信じて」任せることに関しては一般的な合意が得られそうだったが、我々としては特に日本学術会議で検討課題に挙げられた項目については、広汎な国際的議論を早期に行い、回答を用意しておくことが重要であろう。

ILC 建設決定に向け、環境が整い始めていることをひしひしと感じる。ILC 早期実現の可能性を少しでも高めるべく、今後も微力を尽くしていきたい。