

## 会議報告

## IWLC2010 会議報告

横谷 馨<sup>\*1</sup>・峠 暢一<sup>\*2</sup>

## Report from the IWLC2010 Meeting

Kaoru YOKOYA <sup>\*1</sup> and Nobukazu TOGE <sup>\*2</sup>

## Abstract

The International Workshop on Linear Collider 2010 - IWLC2010 - was held from October 18 through October 22 of 2010 at Geneva. A brief overview of this meeting is reported.

## 1. はじめに

リニアコライダー・ワークショップ (International Workshop on Linear Colliders 2010 - IWLC2010 - <https://espace.cern.ch/LC2010/default.aspx>) が 2010 年 10 月 18 日から 10 月 22 日までジュネーブで開催された。その概況を紹介する。

国際リニアコライダー (ILC) <sup>1,4)</sup> のコミュニティは、年二回大きな全体会議を開催している。主に、ILC の設計 (図 1 に、ILC 主線形加速器の実装構想図を示す) や技術開発に従事する加速器関係者と、ILC での物理研究と測定器開発に携わる高エネルギー物理の理論・実験関係者が集まり、それぞれの部門での進捗状況の相互報告や方針確認、そして、加速器・実験の合同の検討課題である、ルミノシティほかの加速器性能やスケジュールに関する広汎な意見交換を行う。今年前半は、三月に北京で国際リニアコライダー・ワークショップ (LCWS10 & ILC10 - <http://lcws10.ihep.ac.cn/>) が開催されている。今回十月の会合は、欧州将来加速器委員会 (European Committee for Future Accelerators - ECFA) が組織委員会を務め、スイス・ジュネーブで IWLC2010 として開催された。

IWLC2010 はこれまでのリニアコライダー・ワークショップと大きく異なっている。それは、ILC に加えて CLIC <sup>5)</sup> 関連のグループを、加速器・物理・測定器にわたって同時に一同に集め、共通・並行相半ばする一連の技術課題について扱う、という会議フォーマットを採用したところである。

CLIC について本学会誌上では、関連する加速管開発 <sup>6,7)</sup> の記事を除いて、今まで系統的に紹介されていない。概略を説明すると、CLIC は、CERN を中心とする、ILC とは別の国際協力による、電子陽電子リニアコライダー計画の構想である。2 ビーム方式によってマイクロ波電力を生成し、これを X-バンドの常伝導加速管に投入することで ~ 80 MV/m の高い加速勾配を得、最大 48 km 超のサイト長で ~ 3 TeV までの重心系エネルギーへの到達を目指す (ILC は、31 km のサイト長で ~ 0.5 TeV である)。図 2 に、2 ビーム方式によるマイクロ波電力の生成・取出しの概念図を、図 3 に CLIC 主線形加速器の実装想像図を示す。

CLIC グループは、2011 年終わりまでに、CLIC の技術的実現可能性を強調した Conceptual Design Report (CDR) を完成する予定である。その後 2011-2016 の間、Project Preparation Phase の活動を行い、そこで、建設後も漸次エネルギーの増強を図る計画実施プランを立案、2016 年からは計画承認を得ることを念頭に置いた機材製作の工程工業化などの作業に移る、としている。ILC は 2007 年に基準設計書 (Reference Design Report - RDR) を完成し、現在は、RDR をさらに深化し、コスト面の圧縮と技術リスクの低減を図った工学設計書 (Technical Design Report) を 2012 年終わりまでに完成予定であるから、計画進捗としては CLIC は ILC の 4-5 年あとを追っていることになる。しかし、ILC を大幅に上回る最終到達エネルギーを目標とする点で、CLIC はより未来志向、とも言える。

\*1 高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設 (E-mail: kaoru.yokoya@kek.jp)

\*2 高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設 (E-mail: nobu.toge@kek.jp)

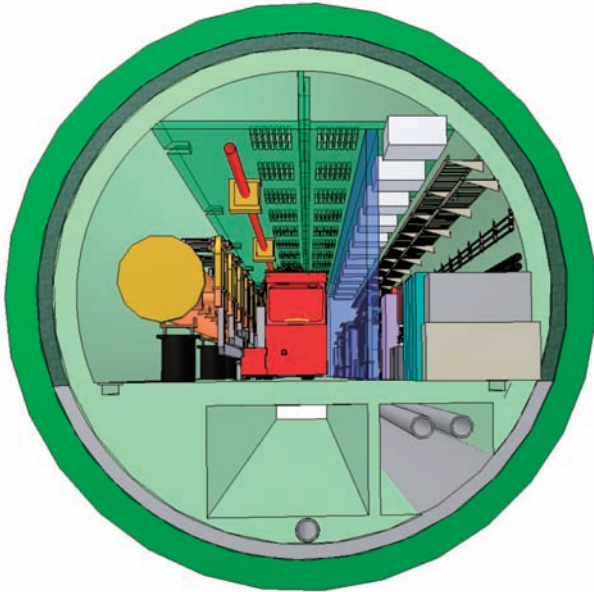


図1 ILCの主線形加速器の実装想像図（中央部の赤い車両は、物品運搬用のカート）

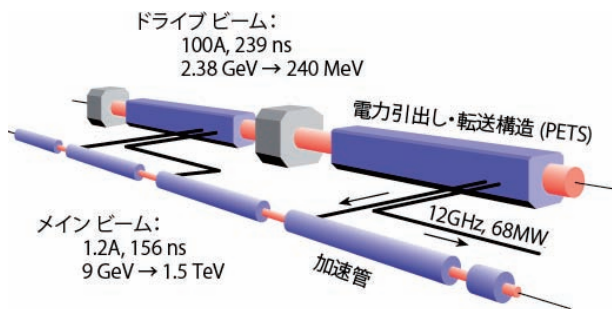


図2 CLICの主線形加速器における2-ビーム加速方式の概念図

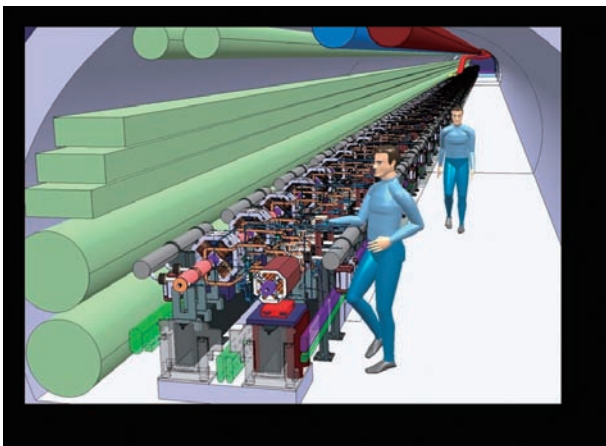


図3 CLICの主線形加速器の実装想像図

## 2. ワークショップのプログラム

従来も、ILCのワークショップに少数のCLIC関係者が参加または招待され、逆にCERNで主に行われているCLICの年次ワークショップにILC関係者が招かれ、ということはある。しかし、会議全体としての統合は、今回IWLC2010が初の試みである。ILCとCLICの双方の関係者が出席する、ということで、登録者総数は479を数えた(図4)。初日と最終日の全体セッションをCERN講堂(図5)で行ったのを除いては、多数の並行セッション(瞬間最大で、同時開催セッション数は16)を行う部屋がCERNではまかないきれないため、会議の大部分はGeneva市内の国連関係施設が集中する区域にあるジュネーブ国際会議センター(CICG, 図6)で開催された。

IWLC2010ワークショップの詳細スケジュールは、<http://ilcagenda.linearcollider.org/conferenceDisplay.py?confId=4507> で見ることができる。ワークショップに付随して行われた衛星会議は、開始日の前日、または半日前の午前中に始まった。たとえば、土木工事検討等を扱う一般施設グループは、LHCの冷凍機施設やモン・ブランのトンネルの視察を行った。CERNのスタイナー・スタプネス氏(Steinar Stapnes)は、会議開始まえの月曜日10月18日の午前中、CERNとその共同研究者への導入セミナーで「将来リニア・コライダーにむけて」と題する講演を行った。2011年春に、スタプネス氏はこれまで「CLIC研究リーダー」を務めてきたジャンピエール・デラエ氏(Jean-Pierre Delahaye)のあとを引き継ぎ、「CERNリニアコライダー研究リーダー」に就任する予定である。職名タイトルの改定は、CERNにおけるリニアコライダー研究の変化と、ILC-CLIC双方に共通する、あるいは並列する課題と活動に対するCERNの姿勢の変化を反映するようだ。また、ILCのための測定器関連の活動に関しては、研究ディレクター(Research Director-RD)の山田作衛氏に助言する国際測定器諮問委員会も、会期中の二日を費やして開催された。

初日、月曜日10月18日の全体セッションでの「LCロードマップ」と題する基調講演は、CERN所長のロルフ・ホイヤー氏(Rolf Heuer)が行った。ホイヤー氏は、まず、北京の前回ワークショップのあと始まった2010年の重心系エネルギー7 TeVでのLHC運転からの結果を紹介した。続いて、今後1、2年で期待されるLHC成果の可能性を展望し、その結果を土台として、いかなるエネルギーでのいかなるリニアコライダーを建設すべしと決めるか、意志決定プロセスのありかた



図4 IWLC2010参加者の集合写真. CIGにて. 高精度版は, 以下のURIにあり: [http://mediarchive.cern.ch/MediaArchive/Photo/Public/2010/1010242/1010242\\_01/1010242\\_01-A4-at-144-dpi.jpg](http://mediarchive.cern.ch/MediaArchive/Photo/Public/2010/1010242/1010242_01/1010242_01-A4-at-144-dpi.jpg)



図5 初日の基調講演. CERN 講堂にて



図6 CIG 会場外観

について論じた。ホイヤー氏は、いたずらにスペキュラティブな議論に堕すること戒め、いまは設計を深化し、現実に根ざしたコスト評価を進め、様々な物理の展開可能性に対応してリニアコライダーがどのような実験環境を提供できるか、地道な検討と文書化に注力すべきである、と強調した。

初日全体セッションでは、そのあと、ILCとCLICの双方について、加速器設計開発の状況と、測定器R&Dに関する展望報告が行われた。CLICからは、CDRの準備状況と技術展望が紹介された。CLIC-CDRは、CLICの物理、測定器、加速器に関する現況をまとめ、特に加速器について多くのフェジビリティ問題にメドがつつきつつあることを示し、初期のコスト評価と併せて将来計画としてのCLICの基礎固めを目指すものである。このため、従来ILCに主に注力していた

多くの研究者に協力要請がなされ、今回のILC-CLIC合同でのワークショップ開催の背景ともなっている。

そのあとの三日間は、加速器・物理とも、それぞれで細分化された並行セッションに移り（図7、一部は合同セッションも併用）、ILCとCLICで共通する、あるいは固有の技術的課題の現状と今後の展開についての意見交換が行われた。ILC加速器と測定器の関係者間では、二日目10月19日の午前中にパネルディスカッションの場が設けられ、ベースライン設計の改定とそれに伴う低エネルギー領域での加速器運転に関する理解共有の促進が図られた。200-300 GeVのエネルギー領域は、軽いヒッグス粒子が観測された場合、最重要領域となるからである。

最終日金曜日10月22日は、まず午前中に加速器・物理測定器のそれぞれでのまとめがCIG会場で行わ



図7 CICGでの並行セッション風景

れ、ついで午後、場を移し、超満員のCERN講堂にて、GDEディレクターであるバリー・バリッシュ氏（Barry Barish）、ILC研究ディレクタ山田作衛氏、CLIC共同研究ボード議長ケン・ピーチ氏（Ken Peach）が全体まとめ講演を行った。また、CERNのフィリップ・レブラム氏（Philippe Lebrum）は、物理、測定器、加速器-測定器インタフェース、土木工事・一般施設、コスト評価、加速器科学上・技術上の一般課題に関するILC-CLIC共同ワークグループの構成とその仕事について概観した。会議の終わりに、CERN研究・計算機部門長のセルジオ・ベルトルッチ氏（Sergio Bertolucci）が、締めくくり講演を行った。

### 3. ILC 加速器の話題から

今回の会合では、ILC側としては、昨年来問題となっている設計変更に関する議論の見通しをつけるという課題があった。主な項目について概略を述べよう。

まず、重要な設計方針について、以下の二つを確認した：

- 加速勾配に関しては、加速空洞開発がほぼ目標通りにすすんでいることに鑑み、従来の加速勾配（運転勾配 31.5 MV/m）を維持する。ただし、個別の空洞の試験の段階ではこれまで仮定されていた 35 MV/m での足きりではなく、20%程度の幅を受入れることになった。
- これまでの主線形加速器では、高周波源を取めるトンネルと、加速器本体のトンネルの二つを並行して設置することになっていたが、これらをひとつにする。その結果、高周波システムを変更する必要がある、そのR&Dを進めることで合意した。

上の2点に関しては、9月はじめに高エネルギー加

速器機構で開かれたGDEの小会合でも詳細な議論があったが、今回のワークショップを踏まえてGDEディレクターに提案がなされ、後日、正式採択された。

また、前年からの設計改訂上の懸案事項として、次の二つが議論された：

- 従来の設計では、1パルスで約2600個の電子・陽電子バンチを加速したが、このバンチ数を半減、主リナックの高周波システムの電力容量と減衰リングの周長も半減可能にするという案が検討されている。この案では、ルミノシティ低下をどこまで防げるかという点が問題になる。
- もう一つの重要な変更点は、陽電子を生成するためのアンジュレータを電子リナックの中程から終端に移す、という提案である。これによって、低エネルギーでのルミノシティが下がることが重要な問題になるが、前記の問題とともに、3月の北京でのワークショップ中に新しいアイデアが出され、その後の進展が議論された。

以上の2点はまだ最終的結論に至らず、1月にアメリカのSLACで開催される会合で詳細に議論することになった。

### 4. ILC-CLICの協力関係について

転じて、ILCとCLICとの協力に関して述べよう。この協力関係は、正式には2007年11～12月、いわゆる「黒い十二月」（米国・英国におけるILC関連予算の削減）の直前に始まったものである。ILCとCLICの両者は、最終目標エネルギーは異なるが、電子・陽電子リニアコライダーを目指す点では同じであり、加速方式が全く異なるとは言え、その他の部分では技術的な共通点も多い。高エネルギー関係の予算・人材が



図8 バンケット会場で、未来予知を試みるCERN会長R. Heuer氏

限られている現状を考えれば、協力を考えるのは自然、とも言える。当初は、最終収束システム・減衰リングなど、技術的に近い部分から出発し、2009年からは、政策的問題を含む「一般問題グループ」、検出器の設計に関するグループなども立ち上がった。今回初めての合同ワークショップが開催されたのも、こうした流れを踏まえている。

全体セッションの講演では、この流れへの歓迎の声が多く聞かれた。2つのリニアコライダークループを統合すべき、という意見すら飛び出した。しかし、現実には様々な課題がある。CLICはより野心的な技術を使い、ILCより高いエネルギーに到達することを目標としており、現時点ではILCにくらべると、技術的成熟度が低い部分をいくつも残す。まだ原理実証の段階にある重点テーマも、CLICは抱えているとの声もある。一方、ILCは今後の研究では、詳細工業設計や大量生産の工業化・価格低減といった方向に重点を移そうとしている。この状況でコラボレーションを行う場合、双方それぞれで固有の重点項目への人材・リソースの適正な配分が大きな関心事となる。CLICまわりからのILCへの参入もあるが、より現実的には、エキサイティングなCLICのためのR&Dに惹かれる人材も現れてくるし、加速器・測定器ともどちらかと言えば後者の流れのほうが目立つ傾向にある。先述のようにCLICは現在CDRの執筆を進めており、このためにILC側の多くの人材が動員されてもいる。こうした点を憂慮するILC側の発言もあった。他方、CLIC CDRが完成した暁には、ILC側にそれらの人材は戻るはずだ、という指摘もある。実際にどうなるかは分からない(図8)、という慎重な意見もある。

今後数年のうちに、LHCが将来の物理の目標に関して何らかの示唆を与えると考えられ、その時点でリニアコライダークループの計画についての決断を下すべしという点では、ILC・CLICの両者は了解していると言える。しかし、成熟度の違いについての認識がどれほど適切に共有されているだろうか。コラボレーションを進めて行く上で、これは、今後は非、より明確にされるべきポイントであろう。

## 5. おわりに

今回のIWLC2010では、ILCとCLICから多数の参加者を得て、活発な雰囲気での議論のなか、双方の状況を知り合う良い機会が提供された。ただし、運営上2つの会議が合同したために初日と最終日の全体まとめのセッションが長くなり、通常のILCの会合では3日ある並行セッションが2日に短縮されて、個別の課題の議論が削られることになってしまった。個別の技術案件を掘り下げるにはやはり日数が足りず、全部の並行セッションを回すことは物理的に不可能なこともあって、消化不良感が残った向きもあるようだ。この状況を受け、今後ILCの年2回の会合(CLIC側はもとも1回)のうちの1回を、今回のようなILC-CLIC合同とすることで、会期中に両者の執行部は合意に至った。個別案件についての議論の時間を確保するため、全体セッションの時間圧縮が望まれるところである。

次回のILCワークショップは、米国オレゴン州ユージンにて、3月に開催予定である。

## 参考文献

- 1) 横谷 馨:「リニアコライダークループ」, 加速器 (193-198) Vol. 1, No. 3, 2004.
- 2) Global Design Effort: ILC Reference Design Report (2007), <http://www.linearcollider.org/about/Publications/Reference-Design-Report>
- 3) 早野 仁 司:「超伝導加速器試験施設 STF (Superconducting RF Test Facility) の現状」, 加速器 (116-129) Vol. 6 No. 2, 2009.
- 4) 照沼 信 浩:「先端加速器試験装置(ATF)におけるR&Dの現状」, 加速器 (172-183) Vol.7 No. 3, 2010.
- 5) The Compact Linear Collider Study: <http://clic-study.web.cern.ch/>
- 6) 松本 修 二:「Xバンド加速管の設計と試験プログラムに関する国際協力」, 加速器 (164-168) Vol. 5 No. 2, 2008.
- 7) 肥後 寿 泰:「KEKにおけるXバンド高電界加速への研究開発」, 加速器 (202-212) Vol. 6 No. 3, 2009.