

## ■会議報告

国際会議 ALCW2018 と ILC 福岡宣言<sup>\*1</sup>川 越 清 以<sup>\*2</sup>

## Asian Linear Collider Workshop 2018 and Fukuoka Statement on the ILC

Kiyotomo KAWAGOE<sup>\*2</sup>

## Abstract

The Asian Linear Collider Workshop 2018 was held in Fukuoka from May 28 to June 1, 2018. This article briefly reports the workshop, the status of the International Linear Collider (ILC), and then a statement on “Towards the realization of the International Linear Collider”, that was issued during the workshop. The statement expressed (1) physics importance of the 250 GeV ILC, (2) maturity and application of superconducting RF technology, and (3) necessity of a positive message from the Japanese government in a timely manner.

## 1 はじめに

最先端の素粒子研究に用いる電子陽電子直線型衝突加速器「リニアコライダー」の国際会議 Asian Linear Collider Workshop 2018 (ALCW2018)<sup>1)</sup>が、2018年5月28から6月1日まで福岡県福岡市の福岡国際会議場で開催された。2017年11月に国際将来加速器委員会(ICFA)が、「250GeV の ILC 建設計画を支持し、ILC の早期実現を奨励」する声明を出してから最初の国際会議であり、素粒子物理の欧州戦略更新の議論が本格的に始まろうとする中、重要な会議となった。

## 2 リニアコライダーの国際会議

リニアコライダーの国際会議にはアジア、欧州、北米の各地域が主催するシリーズ(それぞれ ALCW, ECFA-LC, AWLC)と、リニアコライダー・コラボレーション(LCC)が主催するLCWSシリーズがあり、それぞれ年一回3地域が持ち回りで開催している。

従来、アジア主催の国際会議は、日本だけでなく、中国、韓国、インド、台湾でも開催されてきた。しかし、国際リニアコライダー(ILC)計画を日本で実現しようとする気運が世界的に高まってきた 2013 年以降、リニアコライダーの国際会議は、すべて日本(東京、つくば、盛岡)で開催されている。

ALCW2018 は九州大学と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が主催し、アジア将来加速器委員会(ACFA)、アジア太平洋高エネルギー物理学委員会(AsiaHEP)、ならびに LCC の共催を得た。参加者は約 220 名、そのうち約半分が海外からの参加であった。ALCW はアジア主催であるが、欧米からの参加も多く、LCWS シリーズと遜色ない。集合写真を次頁に示す。

現行のリニアコライダー計画は、ILC と CLIC(Compact Linear Collider)の二つである。ILC は超伝導高周波加速技術に基づいており、LCC の前身である加速器設計の国際共同チーム Global Design Effort(GDE)がまとめた技術設計書が 2013 年に公表された。一方、CLIC は欧州原子核研究機構(CERN)が中心となって開発を進めている常伝導・2ビーム加速方式のコライダーであり、ILC より高いエネルギーの実現を目指しているが、まだ概念設計の段階であり、加速技術の成熟には相当の時間を要する。ILC 計画の早期実現に向けて、今年こそ真の正念場であるという研究者コミュニティの共通認識があるため、ALCW2018 では、ILC に焦点を当てた議論が展開された。物理、加速器、測定器だけでなく、ILC を実現するための世界戦略についてのセッションや産業界との合同セッションも開かれた。各セッションの内容は website<sup>1)</sup> にあるスライドを参照していただきたい。市民講演会(講師は Barry Barish 氏と村山斎氏)も盛況だった。昼食、パンケットなども好評を博し、主催者としては、成功裏に会議を終えられたことに安堵している。参加・協力していただいた皆さんに、改めて感謝したい。

## 3 ILC 計画：最近の動向

ILC は日本がリーダーシップをとって実現しようとする国際プロジェクトである。昨年までの動向については、2018 年 1 月に発行された加速器 14 卷 4 号(2017)の特集「国際リニアコライダー(ILC)計画と新しい科学プロジェクトのあり方」<sup>2)</sup> に詳しいので、ぜひ読んでいただきたい。

高エネルギー物理学研究者会議は 2012 年 10 月に公表した「国際リニアコライダー計画の段階的実施案について」で、「ILC を国際コミュニティーの同意と各国の参画を得たグローバル・プロジェクトとして以下のシナリオで日本に建設すること」を提案した。そのシナリオは、「物理研究はヒッグス粒子の精密測定で開始し、加速器をアップグレー

<sup>\*1</sup>編集委員会注：本記事は、著者及び日本加速器学会の了承の下、加速器 15 卷 3 号(2018)より転載させていただきました。

<sup>\*2</sup>九州大学大学院理学研究院 Kyushu University Faculty of Science (E-mail: kawagoe@phys.kyushu-u.ac.jp)



ドすることによって、トップクォーク、ダークマター粒子、ヒッグス自己結合の研究へと展開する」であり、より具体的には a) 第一期として  $E_{cm} \sim 250\text{GeV}$  のヒッグスファクトリーをまず建設する、b)  $E_{cm} \sim 500\text{GeV}$  まで加速器を段階的に増強する。500GeVまでを全体プロジェクトとする、c) 1 TeV領域への技術的拡張性は確保する、というものだった。

一方、GDE は 2013 年 6 月に ILC 技術設計報告書(TDR)を公表し、ILC が技術的に成熟し、建設可能なレベルにあることを示した。TDR での ILC の全長は約 30km、重心系エネルギーは 250~500 GeV である。また、線形加速器部分の延長(全長~50km)と高加速勾配への技術開発によって、1 TeV 領域へ将来拡張することが可能となっている。

2013 年の日本学術会議「国際リニアコライダー計画に関する検討委員会」の答申に基づいて、文部科学省は 2014 年に「国際リニアコライダー(ILC)に関する有識者会議」<sup>3)</sup>を立ち上げ、公式な検討を続けている。有識者会議は「これまでの議論のまとめ」を 2015 年 6 月に公表しており、その中で「ILC で得られる成果等については、2017 年末までの計画として実施されている LHC での実験結果に基づき見極めが必要であることから、LHC の動向を注視し、評価・分析すべき。併せて、技術面での課題の解決やコスト面でのリスクの低減について、明確にすることが必要」と提言した。そのため、有識者会議の結論が出るのは 2018 年以降となった。

LHC の ATLAS 実験と CMS 実験は衝突エネルギー 7TeV および 8TeV の Run 1(2009~2013)で標準理論最後の未発見粒子・ヒッグス粒子を発見し、大成功を収めた。2015 年以降、LHC では衝突エネルギーを 13TeV に増強した Run 2 実験が続けられている。Run 2 実験は順調に進んでおり、

最近ではヒッグス粒子とトップクォークの結合が初めて確認されたという報告があるなど、着実に成果をあげている。しかし、超対称性理論、余剰次元など、「標準理論を超える物理」の兆候は、未だ LHC のデータに現れていない。少なくとも「明白な証拠」が Run 2 実験で得られるという見通しは立っていない。ILC における「ヒッグス粒子の精密測定」から「標準理論を超える物理」へアプローチすることの重要性が、さらに高まったと言える。

TDR で提案された ILC は 250~500GeV のマシンであり、有識者会議でもこの提案に基づいて議論されていた。タイミングポイントとなったのは 2016 年 12 月に開催された LCWS2016(盛岡)である。ここで ILC を重心系エネルギー 250GeV のヒッグス工場とし、計画の早期実現を目指す議論が始まった。日本では、高エネルギー研究者会議が「ILC 250GeV Higgs Factory の物理意義を検証する委員会」を立ち上げ、報告<sup>4)</sup>をまとめた。国際的には、LCB(リニアコライダー国際推進委員会)と LCC が、ILC の物理意義の検討と加速器設計の見直しを行い、2017 年 11 月に ICFA から『ILC の「ヒッグス・ファクトリー」としての 250 ギガ電子ボルト運転に関する声明』<sup>5)</sup>が発表された。この声明は、250GeV で運用する ILC の建設を強く支持するとともに、ILC を日本のイニシアチブによる国際プロジェクトとして、時宜を得て実現することを強く奨励している。また、衝突エネルギーを 250GeV(加速器の全長は約 20km)とすることで、超伝導加速技術の開発研究の成果と合わせて、最大 40% の建設コスト削減を期待できることを示した。もちろん、リニアコライダーであるので、将来のエネルギー拡張性は担保されている。

この ICFA 声明を受け、有識者会議は議論を再開した。本稿執筆時点(8 月)で有識者会議の議論は完了し、7 月

4日に「ILC の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」が公表されている。そのまとめを受けて、日本学術会議での再審議が始まっている。2013年に学術会議から受けた指摘について、ILC 計画は格段の進捗を見せている。再審議によってはっきりとした前向きの結論がまとめられることを切望する。

一方、素粒子物理の欧州戦略の更新(European Strategy for Particle Physics Update 2018 – 2020)<sup>6)</sup> のプロセスがすでに始まっている。今年中に様々なグループが議論の元となる文書を提出し、本格的な議論が来年から始まる。前回の更新(2013)で「欧州のグループは日本がホストする ILC への参加を熱望しており、日本からの提案を期待している」という積極的な文章があった。ILC を国際プロジェクトとするには欧州の十分な貢献が必須であり、今回の戦略更新では、ILC について前回以上の記述がなくてはならない。そのためには今年中に「日本政府から積極的なメッセージ」が得られることが不可欠である。一方、今回の欧州戦略更新に ILC がうまくはまれば、米国の研究戦略の議論、アジア諸国との議論にポジティブに繋がって行くだろう。

## 4 ILC 福岡宣言

以上の状況を鑑み、国際会議 ALCW2018 参加者の総意として、LCC とともに「ILC 福岡宣言」<sup>7)</sup>を表明した。以下に日本語訳の全文を掲載する(日本語訳、正文は英語版)。この宣言は、会議の全体セッションで発表し、記者説明会も開催した。

### ILC 福岡宣言

#### 「国際リニアコライダーの実現を目指して- 更新版」

2018 年 5 月 31 日、福岡

2015 年に東京で行われたリニアコライダーワークショップに集まった科学者は、国際リニアコライダー (ILC) の迅速な実現の科学的正当性に対する強い支持を確認する声明を発表した。リニアコライダーコラボレーション (LCC) と 2018 アジアリニアライダーワークショップ (ALCW2018) に世界から集まった参加者は、ILC の科学的重要性を再確認する。我々はプロジェクトの実現に近づいており、今は決定的に重大な段階である。

(1) 欧州合同原子核研究機関(CERN)の大型ハドロンコライダー(LHC)の結果は、我々が宇宙の起源と歴史を明らかにするための探求の岐路に立っていることを示唆している。現在、精密測定、特にヒッグス粒子の特性の測定は、我々が宇宙の理解を深めるために不可欠な次のステップであることがわかっている。250 ギガ電子ボルト(GeV)の重心系エネルギーにおける ILC での電子-陽電子相互作用の正確な測定は、我々の科学的知見に飛躍をもたらし、LHC と SuperKEKB の今後の成果とともに、素粒子物理学の究極の理論と、宇宙の深い理解に向け研究を進展させるであろう。

(2) 我々は長年にわたり、産業界と協力し、世界各国の政府と協議を行なって ILC の準備を進めてきた。ILC は現在最も成熟し、かつ実現可能な電子・陽電子衝突加速器のプロジェクトであり、線形加速器としてのエネルギー拡張性も有している。ハンブルクの欧州自由電子レーザー(XFEL) の運用の成功、シカゴ近郊のフェルミ国立加速器研究所や他研究所における超伝導研究開発の最近の進歩、また重心系エネルギーを 250GeV に変更することによるコスト削減は、当該エネルギーにおける物理実験の能力を維持しつつ、ILC の技術的および財務的な実現可能性を向上させた。ILC のために開発された超伝導技術は、加速器産業および医療用途において大きな波及効果をもたらすものだ。我々は、新しい ILC の設計に基づく提案に対する日本政府の評価プロセスに深く謝意を表する。

(3) ILC は国際プロジェクトとしてのみ実現することができる計画であり、本プロジェクトのホスト国が国際交渉を導くべきであると考える。ILC 建設への協力を含む、素粒子物理学における欧州の未来戦略の更新作業が来年初めに始まるため、今年、日本政府からの議論の開始に前向きの姿勢が示される肯定的なメッセージが提示されることが非常に重要となる。この更新作業は、世界中の高エネルギー物理学計画の将来について、欧州以外の地域にも大きな影響を与えるものである。更新作業に関する議論においては、我々は ILC の科学的論拠を強く主張する予定であるが、日本政府から積極的なメッセージが時宜を得て伝えられることが不可欠である。

リン・エバンス LCC ディレクター  
LCC と ALCW2018 の科学者

### 参考文献

- 1) <https://agenda.linearcollider.org/event/7826/>
- 2) 「国際リニアコライダー(ILC)計画と新しい科学プロジェクトのあり方」、加速器 14 卷4号(2017)
- 3) [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shinkou/038/index.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/038/index.htm)
- 4) ILC250GeV Higgs Factory の物理意義を検証する委員会報告書  
<http://www.jahep.org/files/ILC250GeVReport0622Final.pdf>
- 5) ICFA Statement on the ILC operating at 250 GeV as a Higgs Boson Factory  
<http://icfa.fnal.gov/wp-content/uploads/ICFA-Statement-No-v2017.pdf>
- 6) <https://council.web.cern.ch/en/content/european-strategy-particle-physics-update-2018-2020>
- 7) Statement on “Towards the realization of the International Linear Collider, an update”  
<https://agenda.linearcollider.org/event/7826/page/223-fukuka-statement>