

■ 会議報告

2017 International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2017) 報告 (物理・測定器)

九州大学大学院理学研究院

末原 大幹

suehara@phys.kyushu-u.ac.jp

2018年2月2日

1 会議の概要

2017年10月23日～27日まで、フランス・ストラスブールにて「2017 International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS2017)」が開催された。リニアコライダー (ILC, CLIC) のためのワークショップは最近では1年に2回開催されており、ヨーロッパ・アメリカ・アジアの3極持ち回り開催となっている。年2回のワークショップのうち1回はワールドワイドのLCWSとして、もう1回は3極のいずれかのLC推進組織の主催によるリージョナルワークショップとして開催する(参加者の実体はあまり変わらない)。本会議はワールドワイドのLCWSであり、参加者は300名弱であった。本会議は物理・測定器・加速器合同の会議であり、本会議の詳細は加速器の観点から森川氏 (KEK) の報告が掲載されているが、私は物理・測定器の観点から本会議について報告する。

LCWSはILC, CLIC合同の会議であるが、現在はその最大のテーマは言うまでもなく日本におけるILC計画の実現である。これについては、本会議の後ではあるが、2017年11月のICFA (International Committee of Future Accelerators) 答申により、ILC計画は250 GeVでの建設を早期に目指すこととなった。国内では文部科学省が設置したILCに関する有識者会議の議論が進んでおり、本年の早い時期をめどに結論を出す予定となっている。本会議でも日欧の政治家が登場し、ILC実現に向けた機運の高まりと連携の強化に資する議論があった(後述)。

ストラスブールはパリから最近開通したTGVで約2時間の距離にある仏独国境の都市であり、アルザス地方の中心でもある。文化的にはフランスとドイツの折衷文化であり、欧州議会も置かれる国際色豊かな都市であった(図1)。

2 250 GeV ILC の意義

本会議の物理セッションは、ヒッグス・電弱相互作用、新物理、トップ・QCDの3セッションに分かれ、パラレルセッションが行われた。理論家・実験家の講演が概ね半々程度となっており、理論家と実験家の間のコミュニケーションの場

として重要な機能がある。LHCで新粒子が発見されていないことも踏まえると、250 GeVのILC計画では、新粒子の直接的な発見のチャンスはもちろん残されているが、ヒッグスを含む標準模型粒子の精密測定により重点が置かれることとなる。ヒッグスの結合定数の精密測定においては、ヒッグスと各粒子の結合定数を未知数と見做し、その測定性能を評価する κ モデルと言われる評価方法が従来特にLHCとの対比でよく使われていた。これに対して、標準模型のラグランジアンにできるだけ一般的な付加項を加え、その係数に対する感度を見るEFT (Effective Field Theory) 法が最近注目されている。この方法を用いると、各結合定数の関係をよりphysics drivenな仮定から構成することができ、各新物理モデルとの比較もより直接的なものとなる。EFT法にはラグランジアンを取り方によりいくつかの構成が考えられる。より一般的な構成をとる場合、ヒッグスの結合定数や全崩壊幅、質量等の精密測定に加え、標準模型ボゾンの結合定数(ゲージ三点結合、四点結合やZff結合の精密測定など)の測定精度も重要となってくる。この文脈から、リニアコライダーにおけるこれらの解析の重要性が見直され、本会議でもいくつかの新しい結果の発表があった。



図1: ストラスブールの町並み

なお、ヒッグス等の精密測定で標準模型からのずれが一切見られない場合には、真空安定性の観点から、350 GeVにアップグレードしてヒッグスとトップの質量を精密に測定することが重要となる。ヒッグスの質量は従来ZH→HH終状態を用いた反跳質量解析がgolden channelであったが、最近では断面積の大きいhadron channelを使う方法や、反跳質量でもinitial state radiation (ISR)の影響を大きく受ける4元

運動量保存を完全に仮定せず横方向の運動量を主に用いる方法など、いくつかの方法でより精度をあげることが提案されている。トップ質量については、理論的に素性のよいトップ質量を決める方法や、質量間の変換の理論的取扱いの進展が重要となる。

3 ILC 測定器の開発状況

ILCには二つの測定器コンセプト (ILD, SiD) があり、基本的なコンセプトは似通っていて、精密なトラッキングデバイス、微細分割サンプリングカロリメータ、ハドロンカロリメータの外側にソレノイドとミュオン検出器がある。最大の違いはメインのトラッキングに TPC (ILD) を用いるかシリコンストリップ (SiD) を用いるかの違いである。

これらの測定器開発においては、基本的な要素技術はすでに確立し、実機に近いプロトタイプ製作と試験が盛んに行われている。私に関わるシリコン電磁カロリメータについても、技術プロトタイプが完成し、2013年より改良を加えながらビームテストをほぼ毎年行っている。ASICに起因するトリガーの問題やセンサーの構造に関わる問題等が改善されてきており、まだマイナーな問題はあるものの実機の製作に必要な技術が概ね準備されてきた。また、すでに確立した技術に加えモノリシックな崩壊点検出器や、LHCアップグレードで盛んに開発が進められているピコ秒時間測定を可能とするシリコン検出器など、新たな高性能測定器を ILC 測定器上で実用化するための研究も精力的に行われている。

なお、潤沢とは言い難いがある程度開発人員・予算が確保されている日本とヨーロッパを中心とする ILC グループに対し、アメリカは未だ ILC に関する予算が厳しい状況にあり、アメリカを中心とした SiD グループの開発は引き続き苦戦を強いられている。この点においては、本年より日米予算で ILC 測定器の開発に一定の予算が付き、カロリメータの開発等で共同研究が始まっている。また、ドイツの DESY グループもハドロンカロリメータのテストビームの前置検出器として SiD の電磁カロリメータを設置するなど、実験グループを越えて新たな協力関係の構築が進んでいる。

3 ILC 実現を目指して

本会議のハイライトの一つが、最終日に行われた日欧の政治家を招いてのセッションであった。本会議はあいにく日本の衆議院解散総選挙と日程が重なり、当初来訪を予定していた政治家が来られなくなり、急遽スカイプを用いての中継による講演となった。通信の安定を確保するため、このセッションのみは会場の WiFi が off となり、通信が遮断された参加者が会議の内容により集中するという副作用もあった。

セッションでは ICFA の chair である Geoff Taylor 氏の overview のあと、スカイプにて日本より河村議員、塩谷議員、平野議員の3名が講演した(図2)。リニアコライダー推進議員連盟の主要メンバーである各議員の講演はそれぞれ ILC の実現に向けた力強い歩みを示すものであり、各参加者に感銘を与えた。過去の会議でも政治家の講演はあったが、今回はリモートではあったがメッセージの明確さが際立っていた。また、今会議のこのセッションの大きな特徴は、フランス・ドイツの政治家が参加し、この日本からのメッセージを歓迎し支援に取り組む姿勢を示したことにある。ILC の実現には、海外、特にアメリカおよびヨーロッパからどれだけ具体的な協力が得られるかが、政府の決断の際に重要となる。特に日欧の政治家の交流は日米に比べて少ないため、今回の会議でヨーロッパの議員に対して ILC のアピールができ、好意的なメッセージを得たことは重要な意義がある。なお、年が明けて本年の1月には、日本からリニアコライダー議員連盟の多数の政治家が欧州各国を訪れ、各国の政治家、官僚等との対話を進め、具体的な協力に向けて話し合いが大きく進んでいる。

私がこの会議に参加するようになったのは約10年前からであるが、その間、超伝導加速技術の採用決定、アメリカ・イギリスでの大幅予算カット、国内候補地の決定など様々な浮き沈みを ILC プロジェクトは経てきた。今回の会議はその中でも参加者に特に希望を抱かせるものであったと思う。2018年中に大きな動きがあることを皆が期待しており、ILC 実現への最大のチャンスが到来していることを感じる。今後の ILC プロジェクトの進展に大いに期待いただくとともに、より多くの方に関心を持ちプロジェクトに関わっていただきたい。

なお、本年5月28日から6月1日まで、次のリージョナルワークショップが福岡にて開催される[1]。ILC プロジェクトに現在関わっていない方も含め、多くの方々が参加し、活発な議論がなされることを期待したい。

[1] <https://agenda.linearcollider.org/event/7826/>



図2：LC 推進議連会長・河村衆議院議員のスピーチ