

第 78 回応用物理学会秋季学術講演会

2. 放射線 分科企画シンポジウム

「国際リニアコライダー計画とその技術」開催報告

岸本 祐二(高エネルギー加速器研究機構)、鳴海 一雅(量子科学技術研究開発機構)

国際リニアコライダー (ILC) 計画は、全長約 30 km の直線状の加速器をつくり、現在達成しうる最高エネルギーで電子と陽電子の衝突実験を行う計画である。宇宙初期に迫る高エネルギーの反応を作り出すことによって、宇宙創成の謎、時間と空間の謎、質量の謎に迫る。ILC 計画は、現在 CERN (欧州原子核研究機構) で稼動している LHC (大型ハドロン衝突型加速器) の次に実現すべき有力な大型基幹計画として、世界中の素粒子物理学者の意見が一致している計画である。ILC 計画を進めるために、アジア・欧州・米国の三極の素粒子物理学者による国際共同研究チームが作られ、日本の研究者は世界中の研究者と密接に協力しながら研究を進めている。平成 29 年・秋季講演会の放射線分科会企画シンポジウムでは「国際リニアコライダー計画とその技術」と題して、前半は ILC 計画を概観する講演を 3 件、後半はそこで使われている素粒子を加速する、測定する最新の技術についての講演を 4 件、それぞれの専門家 (いずれも招待講演者) にご講演いただいた。

シンポジウム前半では、最初に東京大学の相原博昭氏から、ILC 計画の概要とその科学的意義について講演いただいた。ILC 計画で行う電子と陽電子の衝突実験ではエネルギーが高いほどたくさんの粒子が発生する。ヒッグス粒子を発見した LHC を始めとした世界の大規模加速器はほとんどが円形であるが、一方で円形加速器では放射光によるエネルギーのロスが効いてくることから、衝突エネルギーに限界がある。そういった背景から線形加速器計画が生まれ、国際プロジェクトとして議論が進められている。さらに、素粒子物理学においてヒッグス粒子の詳細を調べる意義、ILC 計画によって実現される超伝導加速器技術、ナノビーム技術等がアドバンステクノロジーを推進すること、このような巨大プロジェクトはサイエンスとして重要であるだけでなく、経済に貢献し、若い世代に夢と希望を与えなければならないことなどが説明された。

次に、KEK の早野仁司氏から ILC で利用される加速器の概要を紹介していただいた。250 GeV + 250 GeV の衝突を実現するための加速器の構成と山岳地帯を想定したトンネルデザインであること、また、電子ビームと陽電子ビームを効率よく衝突させるために、水平方向 474 nm、垂直方向 5.9 nm までビームを収束させる技術、31.5 MV/m という高い加速電場を発生させる技術が鍵であることが紹介された。

続いて、九州大学の川越清以氏から ILC で使われる測定器の概要を説明していただいた。素粒子の検出原理の説明から始まり、川越氏自身が開発に携わってきたものを含むこれまでのいくつかの測定器の紹介、ILC 計画で要求される検出器の性能についての解説があった。これに対して、会場からは、ILC 計画の研究の寿命、即ちどれくらいの期間フレッシュな結果が出るのかという質問があった。当初は 20 年と考えられていて、その後は得られる成果を見ながら次の段階を考えることになるが、リニアコライダーということであれば 50

年くらい続くのではないかということであった。

休憩をはさんだシンポジウム後半では、まず、KEKの佐伯学行氏より ILC 計画を実現させるために鍵を握る二つの技術、高いエネルギー効率で粒子を加速する「超伝導加速器技術」と、極限までビームを絞りこんで衝突頻度を高める「ナノビーム技術」の詳細についての講演があった。特に KEK での技術開発の紹介を中心に超伝導加速空洞を用いた加速技術について解説があった。会場からの質問に対しては、本加速器技術は企業の協力がなければ実現できず、設計に当たっては、全てのコンポーネントについて全ての参画企業とミーティングを実施してきたとの説明があった。

次に、東北大学の石川明正氏による、衝突によって発生するクォークを弁別するための崩壊点測定用半導体測定器についての講演があった。最初に崩壊点検出器の役割や原理、要求される性能についての解説があり、続いて測定に用いられる Si 半導体検出器の原理、特徴が紹介された。さらに ILC で用いる予定のピクセル崩壊点検出器について、その構造、ビームバンチのトレイン構造とその読み出しの詳細などが解説された。

続いて、佐賀大学の杉山晃氏からは ILC 用に開発する TPC (Time Projection Chamber) ガス検出器についての解説があった。ILC 計画では高精度の運動量分解能と高い飛跡再構成効率が要求される。講演においては、高性能飛跡検出器を実現するためにこれまでに達成された技術について、DESY (ドイツ電子シンクロトロン) におけるその性能試験の様子も併せて紹介があり、最後に次世代の TPC 検出器が紹介された。会場からは、TPC 検出器に用いるガス種や圧力をどのように決めたのかという質問があった。

最後は、信州大学の竹下徹氏によって、素粒子のエネルギーを測定する高精細カロリメーターの原理検証実験と、実装に向けた技術開発が紹介された。ILC で期待される物理現象ではジェットイベントと呼ばれる多数の粒子の束を伴うイベントの精密な測定が必須であり、そのため高精度のエネルギー分解能が要求される。講演では、ジェットイベントを精度良く再構成するためのアルゴリズムである PFA (Particle Flow Algorithm) が紹介され、PFA から要求される測定器の条件に基づいて開発が進められている種々のカロリメーターの解説があった。

本シンポジウムでは、各講演者より ILC の全体像から個々の装置、技術に至るまで非常にわかりやすく説明していただき、素粒子実験になじみのない参加者からもよく理解することができたとの声をいただいた。世話人を含む幹事一同、非常に有意義なシンポジウムであったことを実感している。