

会議報告

Posipol 2014 会議報告

成田 晋也*

Report on 9th International Workshop on Polarized Positrons, Gamma-rays and X-rays (Posipol 2014)

Shinya NARITA *

1. はじめに

2014年8月27日～29日、岩手県一関市において、偏極陽電子源に関する国際研究会 (Posipol 2014) が開催された。この会議は、2006年にCERNで最初の会議が開催され、その後、毎年、アジア/欧州/米国で持ち回りに開催されており、今年が9回目となる。日本での開催は2010年以來4年ぶりである。

会議の主な議題は、リニアコライダーを中心とした陽電子源に関する技術開発であり、高輝度陽電子生成方法、陽電子生成のための標的の破壊限界、偏極陽電子の生成やそれに関わる偏極ガンマ

線・エックス線の生成、さらにはそれらビームを用いた応用技術などである。

会議には、国内外から約40名の研究者が参加し、34件の発表があった(海外からのリモート接続による発表2件を含む)。比較的小規模の会議であり、参加者の多くはこれまでも様々な機会に情報交換を重ねてきているメンバーであったため、会議全体を通して、打ち解けた雰囲気の中、率直な意見を交わし合っていた。その中で、現在、国際リニアコライダー (ILC) 計画が実現に向けて具体的な動きを見せていることもあり、特に、ILCにおける陽電子生成法を中心とした最新の研究報告とそれに対する活発で深い議論がなされ



図1 会議参加者による集合写真

* 岩手大学工学部電気電子情報システム工学科
Department of Electrical Engineering and Computer Science, Iwate University
(E-mail: narita@iwate-u.ac.jp)

た。また、会場となった岩手県一関市は、ILC 加速器建設候補地（東北／北上サイト）を含む都市であることから、ILC が当地で実現した場合を想定して、この地域の雰囲気や周辺環境に対して興味を持って参加した研究者も多かったようである。

2. 会議報告

研究報告に先立ち、会議冒頭、横谷氏 (KEK) から今回の研究会の目的と主要議題について確認があった。その中で、ILC において、陽電子源は、唯一検討課題が残されており、ILC 計画を進める上でも、この部分のデザインの最終決定および今後の開発スケジュールについて、早急にその案を示すことが重要であるということが述べられた。また、学術会議は、その報告の中で、ILC に対して十分な調査の上で実施することを求めており、文部科学省に設置された部会は、技術設計報告書にある各種技術の現状を精査している。それらに対して、陽電子源に係る技術の妥当性をしっかりと示すことが必要であるということが強調された。

このような背景の下、本研究会では、ILC における陽電子生成技術の確立という観点からの報告と議論に多くの時間が割かれた。

ILC の陽電子生成方法としては、

- アンジュレータからの高エネルギーフォトンの標的照射
- 電子ビームの標的照射
- 逆コンプトン散乱によるフォトンの標的照射

の方法が提案されており、その基本設計では、アンジュレータによる方式をベースライン技術として、それ以外の方式が代替オプションとして位置付けられている¹⁾。以下に、これらについての概要と本研究会での主要な論点を述べる。

- アンジュレータ方式

この方式は、150-250 GeV まで加速された電



図2 会議の様子

子が超伝導ヘリカルアンジュレータを通過する際に発生する数 10 MeV 程度の偏極フォトンをも、Ti 合金の回転体に照射し陽電子を発生させる方法である。この方法では、30-60%の偏極度を持つ陽電子が得られることより、物理解析の高精度化等のメリットがある。現在、その基本要素技術はほぼ固まっているものの、一方で回転標的の機械設計、生成された陽電子の収集方法など解決すべき課題が残されている。このうち、最重要課題となっているのが標的の設置方法とその冷却方法である。この標的構造に関して、J.Gronberg 氏 (LLNL) から、真空チェンバー内の標的回転体と外部駆動系を磁性流体によって隔離する方法 (Water-cooled ferro-fluid 方式) での最近の実験結果が示された。この方法では、回転軸から回転体に冷却水が供給され、冷却方法としては最善の方法であるが、磁性流体のシーリング効果の改善が課題となっている。一方で、A.Ushakov 氏 (ハンブルグ大)、P.Sievers 氏 (CERN) からは、標的を直接水冷しない、ラジエーター構造を持った標的回転体の提案と、その特性評価結果が紹介された。この方法 (Radiation cooling 方式) は、冷却効率の改善は見込めるものの、回転体構造の複雑さやその重量増のため、安定駆動が課題である。さらに、W.Gai 氏 (ANL) からは、駆動系を含めた回転標的を真空容器に格納し、内部で冷却パッドと回転標的を接触させることで冷却する方式 (Contact cooling 方式) について報告があった。この方法は、真空容器内外のシーリングの点で優位性があるが、真空容器内での駆動、接触パッドによる冷却効率など不確定要素が多く、さらなる検証が必要と思われる。その他、関連して、F. Staufenbiel 氏 (DESY) や A.Alrashdi 氏 (ランカスター大) からは、回転体剛体における力学計算や回転体の運動における磁場の影響に関する実験結果が紹介された。

ここで報告されたそれぞれの方式について、ILC の陽電子源としての可能性を、その有用性と耐久性、研究開発スケジュール、コストなど様々な観点から参加者全員によって検討した結果、Water-cooled ferro-fluid 方式をベースラインとして集中的に開発を進め、他の方式を代替オプションと位置づけ、それぞれ要素技術の開発を継続するという今後の方針を得た。

- 電子ビーム照射方式

この方式は、電子を標的に入射し、そこでの電

磁シャワーによって発生する陽電子を利用する方法である。ターゲットの構造・冷却方法など、ILCのビーム条件に適した技術設計の立案や、偏極陽電子が得られないといった点はあるものの、従来の陽電子生成方法としての実績があるためその実現性は高い。

電子ビーム照射方式に関する研究報告では、まず、大森氏 (KEK)、栗木氏 (広島大) から電子ビーム照射方式の概要と数値計算結果などもふまえ、現状の問題点が報告された。それによると、電子ビームエネルギーやスポット径、キャプチャーライナックへのL-bandの採用などの最適化により、標的を破壊せず ILC に必要な陽電子が生成可能なことが示された。それを実現する要素技術についての最新の研究成果が続いて紹介された。浦川氏 (KEK) からは KEK・ATF におけるマルチバンチ加速のビームローディング補償の試験セットアップについて、高橋氏 (広島大) からは振り子型標的について、大森氏および P.Sievers 氏からは回転型標的でのリーク試験や放射線損傷耐性、回転型標的システムの冷却方法や標的材料の構造についての報告があった。また回転体の運動力学、応力について S.Jin 氏 (IHEP)、F.Dietrich 氏 (TH Wildau) らが研究成果を報告した。

上述のように、ILCの陽電子源としては、アンジュレータ方式をベースラインとしているが、運用シナリオとしては、電子ビーム照射方式からの段階的な移行が現実的と考えられる。そのため、両方に対応した施設設計が必要となる。これに関して、大森氏から、ILC 陽電子発生部分の施設レイアウト案が示された。その細部については、北上サイト決定後の施設設計が今後本格化するなかで、具体化していく必要がある。

これら、ILC を想定した陽電子生成とは別に、紙谷氏 (KEK) から Super-KEKB における陽電子生成について、各要素の説明とビームのコミッションングについて近況報告があった。現在は設計値達成に向けた改良が行われている。Super-KEKB における最新の陽電子生成技術には ILC に対する有用な知見が数多く含まれている。特に、フラックスコンセントレーターと呼ばれる強磁場による陽電子収集光学系は、ほぼ直接電子ビーム方式に適用可能である。

他に、電子や陽電子発生に深く関わるコンプトン・逆コンプトン散乱反応において、そこでのフォトンおよび陽電子生成に関するいくつかの興味深

い報告がなされた。P.Gladikh 氏 (NSC KIPT) は、エネルギー回収型ライナックとコンプトンストレージリングを利用したコンパクトなガンマ線源について、想定される応用技術も含めて紹介した。Y.Bulyak 氏 (NSC KIPT) は、アンジュレータ方式とコンプトン方式によるフォトンおよび、それによる偏極陽電子の生成に関して報告した。浦川氏は自由電子レーザー (FEL) を用いた陽電子生成方法について、F.Zomer 氏 (CNRS)、高橋氏、上杉氏 (広島大) らは、コンプトン方式による偏極陽電子源のための光学系要素の開発について、それぞれ最新の研究成果について発表した。島田氏 (KEK) からは、CSR (Coherent Synchrotron Radiation) として得られる赤外線を利用した再帰的な逆コンプトン反応からのガンマ線生成について報告があり、今後の光学系の改良などによって、さらなる性能向上が図れることが示された。

これら以外に、関連した要素技術として、菊池氏 (KEK) から Super-KEKB における Ti ウィンドウの強度評価、S.Riemann 氏 (DESY) からは、アンジュレータ方式での Ti 標的および電子ビーム照射方式での W 標的それぞれでのエネルギー付与について、山本氏 (名古屋大) からゆがみ補正型の GaAs/GaAsP 超格子フォトカソードによる従来比 3 倍程度の高効率電子量子効率の実現、加藤氏 (大阪大) から高出力 FEL の開発について、A.Potylitsyn 氏 (Tomsk Polytecnic 大) から 2 つの W 標的とコリメータを組み合わせることで生成陽電子の拡散を抑制する方法など、多くの興味深い報告がなされた。

3 日間の会期中、2 日目の午後には ILC 建設候補地の衝突点周辺の視察も行われた。今回参加したほとんどの研究者にとって、建設候補地を実際に見るのは初めてで、周辺の様子に興味深そうに



図 3 バンケットにおける、国際チーム一丸となった餅つき。一関は餅文化が有名である。

眺めていたのが印象的であった。さらに国外からの参加者にとっては、日本の典型的な山村風景ともいえる北上高地の里山の雰囲気を感じるとともに、休憩で立ち寄った道の駅でのショッピングなどを通して、日本の生活・物価等を実感する機会にもなったようである。

3. おわりに

今回の研究会では、特に、ILCの陽電子源に関する技術開発について非常に活発かつ深い議論がなされ、その結果、向こう1～2年間の開発方針が明確に示された。この点において、非常に意義のある会議であったように思う。一方で、この分野の研究開発における日本の研究グループのアクティビティの高さが示された会議でもあった。今後も、高いリーダーシップを持って世界各国の研究者と協力しながら、ILCの実現に向けた研究開発を進めていくことが期待される。なお、次回のPosipol 2015は欧州で開催予定である。

今回会場となった一関市図書館は、今年7月に完成したばかりの新しい施設で、その中の設備の



図4 会議場となった一関市図書館

整ったきれいな会議室で、快適に会議を行うことができた。このようなすばらしい会場を提供くださり、さらに会議の運営でも協力いただいた一関市および開催にあたって支援をいただいた岩手県 ILC 推進協議会にこの場を借りて感謝申し上げたい。

参考文献

- 1) International Linear Collider Technical Design Report, ISBN 978-3-935702-74-4 (2013)

休憩室

我が家の子供たち

近所に西条農業高校という学校がある。11月にある学園祭では、大規模な販売会が催され、高校生達が丹精をこめて育てた花々が販売される。市価よりもかなり安いのはもちろんだが、品質も素晴らしく、丈夫な株が手に入る。赤、白、黄色と、毎年ひとつずつ、シクラメンの株を一株1000円で購入してきた。シクラメンはアフリカ原産の多年草であるが、熱さや湿気に弱く、決して日本の気候に適した花とは言い難い。冬のうちはきれいな花を咲かせるが、梅雨の時期に根腐れをおこして、夏に枯れてしまうのが一般的で、一年草と思いついでいる人も多いだろう。

広島県の西条は標高が250m程度と高く、夏の気温が低めなのがいいのか、かなりの確率で夏越しに成功する。多くの花をつける華麗なシクラメンは、受粉すると花弁を落とし、莖を屈曲させる。



一か月程度でめしべはまるく大きく成長し、はぜると、内部には大量の種が。夏が過ぎた9月の下旬頃に種を撒くと、一か月ほどで芽を出す。子供たちの誕生である。誕生より一年後の冬に花をつける。冬の朝は零下に下がる西条の冬には、子供たちは耐えられない。部屋に専用の棚を設置し、そこに並べているが、天気の良い暖かな日にはベランダに並べて、充分に日光を浴びさせる。風が吹くと、色とりどりの花弁は、戯れるようにそのからだを揺らせる。(K)

「休憩室」への投稿はこちら
 加速器学会事務局 学会誌「休憩室」係
 E-mail: gakkai@kasokuki.com