



トピックス



ATF2 ビームライン

KEKの先端加速器試験施設、世界最小のビームサイズを実現

KEKの先端加速器試験施設(ATF)のATF2は、ILCの最終収束系の試験ビームラインだ。ここでは、電子をナノメートル*レベルまで絞り込む実験が行われている。ATF2では2つの主要目標を掲げており、第1は極小ビームサイズの実証、そして第2は安定したビームの実証だ。5月に米シカゴで行われた国際ワークショップで、この第1目標における素晴らしい成果が報告された。世界最小のビームサイズ「55ナノメートル」が達成されたのである。

ILCで衝突させるビームサイズは高さ6ナノメートルだ。ATFとILCではエネルギーが異なるため、ATFで37ナノメートルのビームサイズが実現できれば、ILCでは5ナノメートル以下のビームを実現できることになる。そのため、ATFでは37ナノメートルを目標値に実験が続けられている。6月末から7月にかけて、より規模の大きな国際会議が相次いで行われ、ここでは5月の報告よりさらに小さな「44ナノメートル」という数字が報告された。ILCの仕様まで、あと一歩のところまで到達したのである。

注目すべきは、サイズだけではなく、その再現性の高さだ。ナノメートルという極小サイズのビームを、加速器の停止期間を挟んで、短時間で再現することが可能になったのである。また、ビームの安定性も増した。ほとんどの実験で、チューニング無しに30分から60分の間、安定的な運用を行うことができたのだ。

ATFは現在夏期の停止期間中だ。現在の課題を解決すべく、秋には運転が再開される。

*1ナノメートルは1メートルの10億分の1

ILCの夏の合宿、鳥取で開催



7月19日～22日、グリーンズコーレ関金(鳥取県倉吉市)にて第5回「加速器・物理合同 ILC夏の合宿2014」が開催された。ILCの加速器や物理に興味のある若手研究者・大学院生を中心に、全国各地の19の大学・研究機関から102名(うち大学院生45名)が参加した。本合宿は、鳥取県、KEK大学等連携支援事業、および関係大学のサポートのもと、日本のILC加速器と物理研究者グループが主催し実施されたもの。合宿の共同世話人をつとめた広島大学の高橋徹氏は「ILCへの大きな期待と、若い世代の勢いを感じた」と述べた。同じく共同世話人の栗木雅夫氏(広島大学)は「鳥取県の皆様には細やかなサポートをしていただき、大変ありがたかったです。ILCでも地域社会との関係は大切だと感じました」と合宿を振り返った。

お知らせ

KEK 一般公開

2014年の一般公開は9月13日(土)に開催します。普段は公開されていない実験装置・施設の見学や、研究者による講演のほか、小学生から高校生を対象とする体験コーナーもご用意しています。リニアコライダー関係では、ILC関連の講演、ATF・超伝導RF試験施設(STF)の施設公開、研究本館でのパネル展示を予定しています。今年も、STF、ATF、研究本館の3か所を回った方を対象に、缶バッジなどが当たるILCくじを実施予定です。みなさまのお越しをお待ちしております。詳細については、KEK一般公開2014特設ウェブサイト(<http://openhouse.kek.jp/>)をご覧ください。

「ILCかるた」読み札募集中!

ILC通信編集部では、遊びながら、ILCを楽しく知って頂くために「ILCかるた」を、皆さまとともに作り上げていく企画を実施中です。下記の要領で、読み句を募集いたします。多くの皆さまのご応募をお待ちしております。

- 読み句:
語調は自由。
ILCの特徴や、ILCへの期待などを詠った句を20字程度で作成して下さい。お一人何句でも可。ダジャレも大歓迎です。
- 応募方法:
Fax: 029-879-6246 (ILCかるた制作チーム)
E-Mail: pr@lcdev.kek.jp (件名に「ILCかるた」とご記入下さい。)
Twitter: ハッシュタグ「#ILCかるた」を付けてツイート
Facebook: ILC通信 Facebook (<https://www.facebook.com/ilcetsushin/>) に投稿
- 応募期限:
電子メール、Twitter、Facebookは2014年9月30日(火)23時まで。
Faxは同日17時まで。
- 選考:
ILCかるた選考委員会による厳正なる審査で選考します。選考結果は2015年1月頃発表予定です。入選者には、賞状と副賞を贈呈いたします。
- その他:
選考後採用された読み札の著作権はILC通信編集部へ帰属します。

編集部より

ILC通信各号の記事はウェブページでもご覧いただけます。紙版の送付をご希望されない場合や送付先、部数の変更等がございましたら、下記「ILC通信編集部」までご連絡下さい。今後ともご愛読いただけますようよろしくお願い申し上げます。

ビジター・カウンター

KEKには、毎月世界各地から学生や研究者が訪れ、共同研究を行っています。ILCの技術開発のために訪れた滞在者はこちら

5/1 ~ 7/31

9

国/地域から

11

名

ILC通信

Vol. 75

2014年8月1日発行

国際リニアコライダー
アイ・エル・シー通信

米国、ILCの意義と価値を再確認

Building for Discovery
Strategic Plan for U.S. Particle Physics in the Global Context



Member of the Particle Physics Project Prioritization Panel (P5)
P5 レポートの表紙

内閣府ホームページには「科学技術は国力の根幹であり、未来を切り拓く鍵です」と記されている。日本と同様に、世界各国でも科学技術政策を国家の重要事項と位置付けている。科学技術政策によって推進される研究開発活動は、多様な科学成果を産み出す。そしてその成果は、新しい材料や製品の開発、新産業の創出といったイノベーションにつながり、国家の経済力や国際競争力、ひいてはその国の国際的なプレゼンスに大きく影響を与えるからだ。

今年5月、米国の素粒子物理学研究の方向性を定める、通称「Pファイブ(P5)レポート」が承認された。P5とは「Particle Physics Project Prioritization Panel(素粒子物理学プロジェクト優先順位決定委員会)」の頭文字で、その名の通り、米国が推進すべき素粒子物理学研究プロジェクトを選定し、その優先順位付けを行う委員会。米国のこの報告書は、国家の素粒子物理学研究の方向性を定める重要な意味を持つ。そしてその内容は、ILCにとっても非常に大きな前進となるものであった。

今回のレポートの前にP5レポートが公表されたのは2008年だった。2008年のP5レポートでは、前年に公表された基準設計報告書記載の建設コストが想定より大きく、建設遅延への懸念が示された。一方で、大型ハドロンコライダー(LHC)実験から、次期加速器として500ギガ電子ボルト(GeV)より低いエネルギーの加速器がふさわしいという結果が出た場合は、ILCが最も成熟した設計で、10年以内に建設開始が可能なプロジェクトであるとも評価していた。しかし、このレポートが公開された半年後、米国のILCの予算は一気に4分の1までカットされてしまう。当時の米国のイラク戦争への大規模な予算拠出が主な原因だ。この時には、ほぼ全ての新規の科学技術予算関係予算が大幅に削減され、事実、国際公約されていた国際熱核融合実験炉(ITER)への予算拠出までもが停止されたのである。

2008年以降、予算上は一見完全にストップしたかに思えた米国のILC関連研究開発であるが、ILCの科学的意義は引き続き高く評価されていた。そのため、政権交代後には超伝導加速器の予算は大幅に増加され、さらにILC予算の復活もあり、2013年6月に技術設計報告書(TDR)が完成するまで、米国の技術開発は大きな進展を遂げてきた。しかしながら、TDR完成後は「当初の目的を達成した」と言う理由で米国のILCの活動は、事実上ほぼ停止していた。

前回のP5レポート後の5年で、素粒子物理学の世界ではヒッグ

ス粒子の発見をはじめ、非常に大きな前進があった。そして、これらの成果をより詳細に研究し、さらに新しい発見を導くのにふさわしい加速器がILCであることが確認されたのである。

今回のP5レポートでは、ILCの科学的意義を「極めて大きい」とし、ヒッグス粒子、ダークマター、そして未知の発見に向けて、アップグレードされたLHCと相補的な役割を担う加速器となると評価した。また、「ILCの科学的重要性と最近の日本におけるILCホストに向けた動きを鑑み、米国は、米国の重要な専門知識を活かすことが可能な分野におけるILC加速器と測定器の設計に、ある程度の適切なレベルで予算措置を行うことが望ましい。ILC計画に進展があった場合には、より高いレベルでの協力を検討するものとする」と記述している。

ここに見られるのは、米国の「高エネルギー物理」に対する立ち位置の変化だ。米国は、高エネルギー物理の全ての面で世界を牽引するリーダーとなるよりも、グローバルな研究コミュニティでの役割分担をはっきりさせ、その中で米国の得意分野に注力する「研究のグローバル化」へと方針転換したことを明確に示したのである。米国の研究者コミュニティは、日本におけるILCの実現に向けて、米国内での加速器と測定器のR&Dが継続するとしている。さらに、日本政府の意志が確認された次第、米国のILCへの取組みについて再検討し、日本での建設が決定した暁には、ILCに本格的に参加したいと意気込んでいる。

米国のみならず、グローバルな研究者コミュニティにも動きがあった。7月6日、高エネルギー加速器の建設や利用における国際協力、超高エネルギー加速器施設の建設に必要な技術についての検討などを行う組織である、国際将来加速器委員会(ICFA)は「国際リニアコライダー(ILC)計画への支持、欧州・アジア・米国の将来戦略の承認、及び円形加速器の将来構想に関する国際的な検討活動の推進」に関する声明を公表した。ここでICFAはILC計画への支持を改めて表明し、かつその技術が成熟した段階に到達している事を確認したのである。この声明では同時に「LHCのエネルギーを大きく凌ぐ陽子-陽子衝突型加速器を究極的目標とする円形加速器構想の国際的な検討活動の推進」も引き続き奨励している。次期に推進すべき「プロジェクト」としてのILCと、将来に向けて検討(study)すべき構想を明確に区別したことも、この声明のポイントである。

この声明は、P5レポート発表後以降初となるICFAの会合で公表された。アジアや欧州でも、P5レポートと同様の素粒子物理学の将来戦略がすでに発表されているが、これら3地域の戦略は共通した優先的研究課題を挙げている。ILCもその一つだ。これらの優先課題は、世界の素粒子物理学研究コミュニティによる慎重な検討の行程を経てまとめられたもので、各国政府の科学政策立案における重要な指針となるものだ。

よりグローバルになる世界の素粒子物理学研究。その中で日本が果たす役割は、より重要になってきている。



電子

ILCで加速される電子は、強力なレーザーを超格子半導体の標的に当てることでたたき出されます。そのレーザーは、2ナノ秒の間、瞬間的に繰り返し照射されます。1回の照射で取り出される電子は数百億個。それらの電子は電磁場によって「バンチ」と呼ばれるかたまりにされ、250メートルの前段加速器を通過する間に5ギガ電子ボルトのエネルギーにまで加速されます。

陽電子

陽電子は電子の反物質。地球上では自然に存在しないので、人為的につくらなければなりません。まず、「アンジュレータ」と呼ばれる磁石の中に、主線形加速器からの電子ビームを通します。すると、電子ビームの軌道が上下左右にローラーコースターのように蛇行します。このときに放射される高エネルギーガンマ線をチタン合金の標的に当てると、電子と陽電子が生まれます。この陽電子を集め、250メートルの前段加速器を通して5ギガ電子ボルトまで加速します。一方、アンジュレータを通りすぎた電子ビームは衝突点に向かいます。

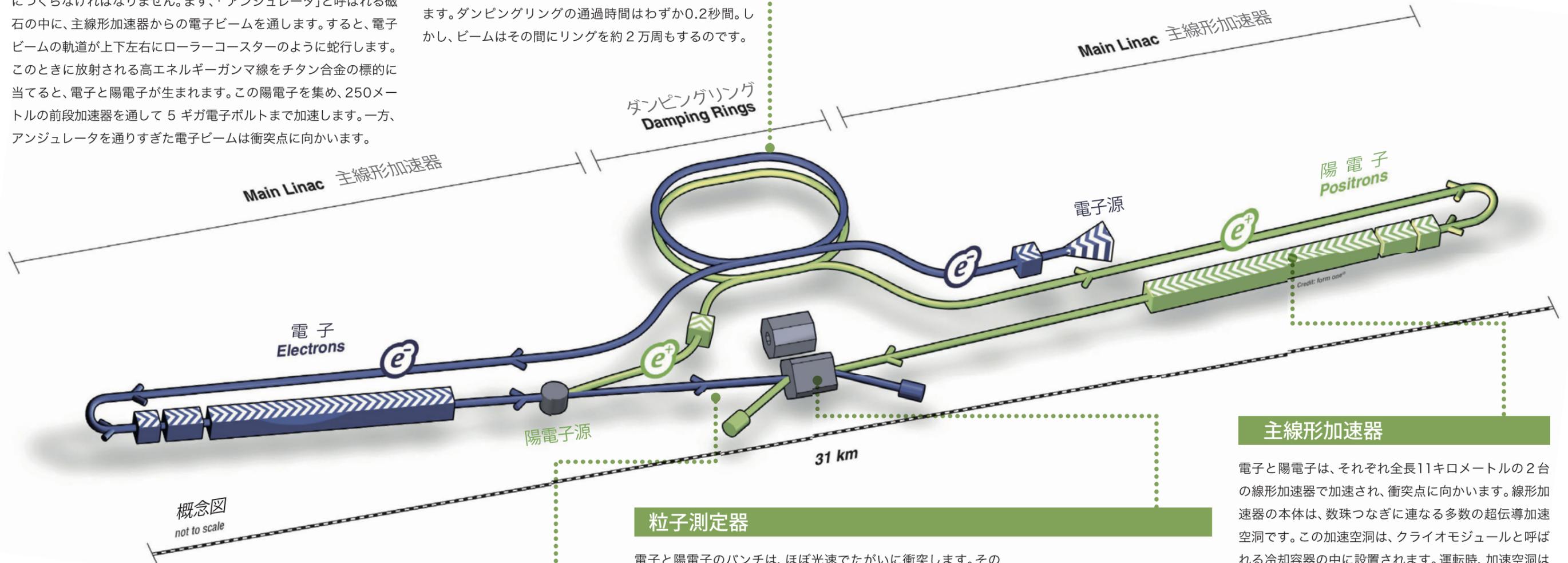
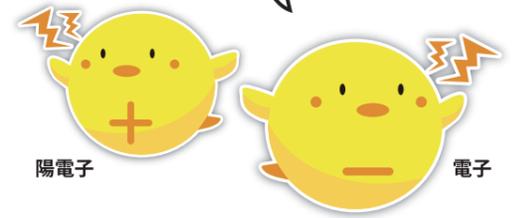
ダンピングリング

電子源や陽電子源でつくられるバンチは、そのままでは粒子の密度が低く、多数の素粒子反応を効率よく起こすことができません。そこで、電子用と陽電子用にそれぞれ1台ずつ、周長3.2キロメートルのダンピングリングを導入します。ダンピングリングには「ウィグラー」という電磁石が何台も連なっています。ビームがウィグラーを通過すると、その軌道が左右に揺さぶられてX線を放射します。リングを周回することによってビームがウィグラーをくりかえし通過すると、バンチの粒子密度はしだいに小さくなり、長さは数ミリメートルに、幅は髪の毛よりも細くなります。ダンピングリングの通過時間はわずか0.2秒間。しかし、ビームはその間にリングを約2万周もするのです。

ILC見学ガイド

全長31キロメートルに及ぶ加速器は、複数の装置から構成されています。そのどれもが、電子と陽電子を光速近くまで加速するために不可欠です。ここでは、ILCがどのようなしくみで動くのかを解説します。

光速の99.999999999%の速さまで加速されるよ

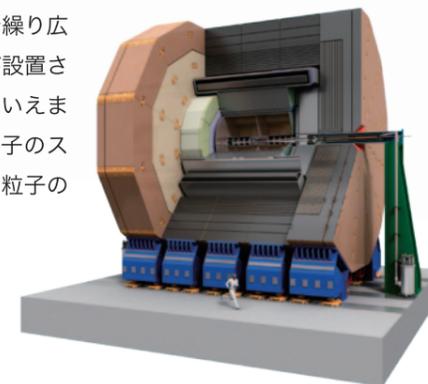


ビーム集束システム

ルミノシティを最大限まで上げるために、衝突点ではきわめて小さなサイズまで粒子ビームを絞り込みます。衝突点でのビームサイズは、厚さ数ナノメートル、幅数百ナノメートル。このサイズにビームの焦点を合わせる装置が「ビーム収束システム」です。2キロメートルの範囲に設置された電磁石群で構成されるビーム収束システムは、敏感な測定器に悪影響を与える、バンチの中心から大きくそれた粒子をとり除いたり、電子と陽電子のビームが最適に衝突するようにビーム軌道などの条件を微調整する機能も備えています。

粒子測定器

電子と陽電子のバンチは、ほぼ光速でたがいに衝突します。そのときの衝突エネルギーは最大500ギガ電子ボルト。そこで繰り返される壮大な衝突を記録するため、2台の粒子測定器が設置されます。これらの粒子測定器は、巨大なデジタルカメラといえます。このカメラを使って、電子と陽電子から生まれる素粒子のスナップショットを撮影するのです。新たに創りだされる素粒子の貴重な情報をもれなく取り込むため、2台の最先端測定器は相補的な機能を備えています。2つの測定データをつきあわせて、新しい物理現象の証拠を確かなものにするのです。



主線形加速器

電子と陽電子は、それぞれ全長11キロメートルの2台の線形加速器で加速され、衝突点に向かいます。線形加速器の本体は、数珠つなぎに連なる多数の超伝導加速空洞です。この加速空洞は、クライオモジュールと呼ばれる冷却容器の中に設置されます。運転時、加速空洞は液体ヘリウムによって-271°C(絶対温度2度)まで冷やされ、超伝導状態となります。ここに、外部から電磁エネルギーを送り込んで、必要な加速電場を発生させるのです。電子と陽電子の生成から加速までの全過程は、1秒の間に5回の割合で繰り返されます。最終的に250ギガ電子ボルトまで加速されたビームは、平均電力に換算すると、電子・陽電子合わせておよそ10メガワットの電力になります。