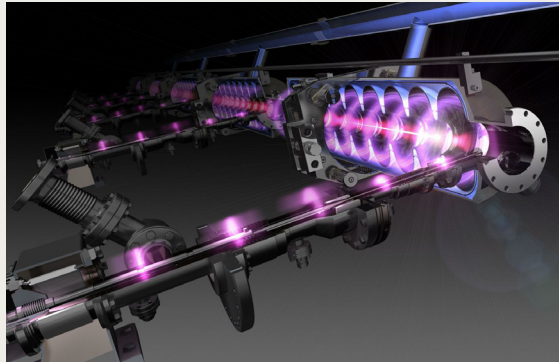




加速器図鑑

リニアック



ILCの超伝導リニアックの内部構造。左下から加速のための高周波の電波が送り込まれる。右から左に走るモコモコした部品が超伝導加速空洞。空洞の中に高周波の電波が貯められ、ビームが加速される。超伝導加速空洞は液体ヘリウムに浸され、超低温（摂氏マイナス271度）に保たれている。これらは低温を保つ為に真空断熱容器に納められており、その全体はクライオモジュールと呼ばれる（2012年8月1日発行【ILC通信】65号参照）。
©Rey.Hori/KEK

リニアックは線形加速器のこと。リナック、ライナックと呼ぶこともある。特徴はその名のとおり直線状であること。ILCはその全長の約三分の二がリニアックからなる。

加速器にはリング状のものもあり、その代表がシンクロトロンである。昨年ヒッグスらしき粒子を発見して話題になったLHC、B中間子とその反粒子である反B中間子の違いを詳しく調べて小林・益川両博士の2008年のノーベル賞受賞に貢献したKEKBも、シンクロトロン。これらのリング状加速器でも加速はリニアックから始まる。リニアックでビームを加速してからリングに送るのだ。高エネルギー物理学実験で使われるリング加速器は必ずリニアックと組み合わせて使われる。

リング状の加速器では、通常、エネルギーの大きな粒子は外側の軌道を通り、エネルギーの小さな粒子は内側の軌道を通る。人間が走る時に、速く走ると曲がりにくく、大きな弧を描くと楽に曲がれるのと同じである。リング状の加速器ビームではエネルギーのバラツキが大きいと、軌道の違いを生み出しビームをうまく回す事が出来ないのである。一方、リニアックは直線状であるのでエネルギーのバラツキの大きなビームも容易に通す事が出来る。一般に作られたばかりのビームはエネルギーが小さく、エネルギーの相対的なバラツキは大きい。その為、粒子源で作られたビームはまずリニアックで加速される。加速されるとエネルギーが大きくなり、その結果エネルギーの相対的なバラツキは小さくなる。この状態でリング状加速器に送られる。

ILCでもリニアックとリングは組合わせて使われている。電子はまず長さ約220mのブースターリニアックで加速され、直径1km弱のリング状加速器（ダンピングリング）に送られる。そこで何周もビームを周回させながらビーム中の電子の運動の向きを揃えた後、全長11kmのリニアックに送られる。電子の反粒子（陽電子）に対しても同様の装置を作り、両者が対向する形で設置され、電子と陽電子を衝突させる。

ILCのリニアックは大変長い、短いリニアックが活躍している場がある。それはガンの放射線治療だ。放射線治療にはいろいろなやり方があるが、リニアックを使うものは装置が比較的小型のため良く普及しており、現在全国で1000台程度の治療装置がある。この心臓部をなすのが長さ1mくらいの小型の電子リニアックである。山椒は小粒でもピリリと辛い。

お知らせ

先端加速器科学技術推進シンポジウム 2013in 新潟（仮）

主催：新潟大学／先端加速器科学技術推進協議会 後援：KEK

日時：2013年5月11日（土）13:30～17:00

場所：新潟大学

お申込方法やプログラムの詳細については、決まり次第、先端加速器科学技術推進協議会ホームページ (<http://aaa-sentan.org/>) に掲載される予定となっております。

KEKキャラバン～お届けします、科学に夢中～

KEKでは、学校、各種団体等へ研究者や職員を講師として派遣するプロジェクト「KEKキャラバン」を実施しております。本キャラバンは、いわゆる出前授業で、加速器を用いた素粒子や物質・生命などの研究や、その研究を支える仕事の紹介を行っています。

KEKのホームページで連載中の科学マンガ「カソクキッズ」(<http://kids.kek.jp/comic/>)を使用した授業や、ILCについての講演・サイエンスカフェ等も実施しております。

ただいま、平成25年4月以降実施分のお申込を受付中です。

まずは下記までお問合せください。

＜お問合せ＞



KEK広報室普及グループ KEKキャラバン係

TEL:029-879-6247

FAX:029-879-6246

WEB: <http://caravan.kek.jp>

E-mail:caravan@ml.post.kek.jp

編集部より

ILC通信公式 Facebook では、様々な科学のホットな話題について、現役物理学者による論戦(?)が繰り広げられています。紙面では紹介しきれないILC関連のニュースやイベント等の最新情報も発信しております。Facebookアカウントをお持ちでない方もアクセスできますので、ぜひ一度のぞいてみてください。また、Twitterでもつぶやいています。

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部数の変更等がございましたら、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。

ILC通信

検索

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

'12 9/16 ～ 12/31

12

国／地域から

68

名

Vol.67

2013年1月15日発行

国際リニアコライダー
アイ・エル・シー通信

ILCの新推進組織の委員長に駒宮幸男氏



リニアコライダー国際推進委員会（LCB）の委員長就任が予定されている、駒宮幸男 東京大学教授

今年は巳年。「巳」は漢書律曆志によると「巳(い)」。これは「止む」という意味で、草木の成長が極限に達して、次の生命が作られ始める時期、という意味だそう。また、「巳」という字は、胎児の形を表した象形文字で、蛇が冬眠から覚めて地上にはい出す姿を表しているとも言われている。つまり、今年2013年は新しいことが始まる、縁起の良い年。国際リニアコライダー計画もまた、新しいスタートを切る年である。

昨年12月末に、これまでILCの研究開発活動を率いてきた国際共同設計チーム(GDE)と実験管理組織(RD)は、技術設計報告書を完成させてそのミッションを終えた。同時にGDEとRDの監督機関であったILC運営委員会(ILCSC)もその使命を終え、新しい組織「リニアコライダー国際推進委員会(Linear Collider Board: LCB)」にバトンを手渡すことになった。そのLCBを率いることになったのが、駒宮幸男東京大学教授である。

「2月下旬にバンクーバー(カナダ)で行われる会議で、正式にLCBの活動がスタートすることになります」と、駒宮氏。LCBは将来加速器委員会(ICFA)*の下部委員会で、リニアコライダーとその測定器の国際的な研究開発を推進、監督す

る組織である。ここで気になるのが、名称から「I」が抜けて「LC」になっているところだ。この理由は、新組織がILCのみならず、欧州合同原子核研究機関(CERN)が中心になって推進しているCLIC(クリック)プロジェクトも監督することになっているからだ。CLICはILCと異なる加速技術を用いる直線型衝突加速器(リニアコライダー)計画で、ILCより高い3テラ電子ボルトの衝突エネルギーを目指している。

駒宮氏は「CLICはまだ概念設計が終わったところで、技術的成熟度はILCのほうが圧倒的に高いといえます。しかし、将来的に、非常に高いエネルギーで何らかの兆候が見つかった場合には、ILCよりエネルギーの高いマシンが必要になる可能性があるので、CLICの研究開発も続ける必要があるのです」と言う。両者には、共通する技術課題も多く、研究グループにとっても連携するメリットは大きい。

LCBを構成するのは駒宮氏に加え、米欧アジアの三極から各5名の委員の合計16名。アジアからは、王貽芳 中国科学院高能物理研究所(IHEP)所長、高杰 IHEP 研究員、サンキー・キム 韓国希少同位体科学プロジェクトディレクター、ロヒーニ・エム・ゴッドボル インド科学院大学バンガロール校教授、鈴木厚人 KEK 機構長の5名が委員となっている。

「昨年7月に発見された新粒子は、ヒッグス粒子であることはほぼ確実といえるでしょう。そのため、ILCの早期実現が研究者から切望されています」と駒宮氏。ヒッグス粒子とみられる新粒子を発見したのは、CERNの大型ハドロンコライダー(LHC)。複合粒子の「ハドロン」の1種である陽子同士を衝突させる加速器だ。駒宮氏は、これまでの実験も、ハドロン加速器と、電子陽電子加速器の両輪で行われてきた、と解説する。

例えば、1974年に発見されたJ/ψ(ジェイプサイ)中間子は、米スタンフォード線形加速器センターの電子陽電子加速器SPEARと、米ブルックヘブン加速器研究所の陽子加速器AGSの2つの研究グループがほぼ同時に発見したものだ。興味深いのは、これら2つの実験で、粒子が崩壊する逆のプロセスを見ることから発見に至ったことだ。SPEARでは、電子と陽電子を衝突させてJ/ψ中間子を生成、その崩壊の様子を観察した。一方、AGSでは、陽子を標的に衝突させ、そこから生まれる電子と陽電子の様子を調べ、その経過でJ/ψ中間子が生成されていることを確認したのである。違う方向から行った研究が、同じ結果に導かれたということになる。

また、トップクォークの研究でも、CERNの電子陽電子加速器LEPと、米フェルミ国立加速器研究所(Fermilab)の陽子反陽子衝突加速器テバトロンの実験データをお互いにフィードバックすることで、理解が一気に深まった。LEP加速器で



の実験の結果、トップクォークの質量が予言された。そこで、強力なハドロン加速器テバトロンで予言された質量近辺を徹底的に探索し、1995 年、トップクォークに発見に至ったのだ。テバトロンで行った研究成果は、LEP の実験にフィードバックされた。そして、この実験ではヒッグス粒子の質量の上限が導き出された。その成果が、再び、今回の LHC でのヒッグス粒子発見へとつながっているのである。

このように、科学的にはその必要性が明確である ILC だが、駒宮氏は「大きな科学プロジェクトを進める為には、政治、産業界、官界との連携が重要になってきます。特に日本では、このような動きが相当進められていますが、国際的に進めることが必要です。国際プロジェクトとして各国の議論の俎上にのせることが、LCB の使命です」と語る。

「LCB の目標は『国際協力でリニアコライダーを作り上げる』ことです。国際組織のあり方の検討や、建設サイト決定に至る活動への支援など、課題はいろいろあります。国際協力ですから、みんないろいろと意見が違う。しかし実験グループでは、これまでも国際協力で大きな成果を挙げた経験を数多く持っています。リニアコライダー実現は可能だと信じています」。

2 月に新組織が正式に発足した後も、6 月までは GDE と RD と連携して作業が進められる。6 月には技術設計報告書の完成版が刊行され、引き継ぎのセレモニーが行われる予定だ。

※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ための組織で、日本、米国、ロシア、中国、カナダ、CERN 加盟国などからの委員で構成される。純粋・応用物理学国際連合 (IUPAP) のワーキンググループとして、1976 年に設立された。

ILC NewsLine ダイジェスト

ILC 研究者グループが隔週で発行しているニュースレター「ILC NewsLine」に掲載された記事から、ILC 通信編集部セレクトのおすすめ記事を要約版でお届けします。元記事は、ウェブサイトでご覧頂けます。(英語：http://newsline.linearcollider.org/ 日本語訳：http://ilchighlights.typepad.com/japan/)

2012 年 11 月 21 日号

Fermilab Today より：今週の FALC 会議



Fermilab で開催された FALC 会議に参加した、FALC のメンバー。写真：Reidar Hahn 氏。

「大型衝突加速器の為の財政担当者会合 (FALC)」は、2003 年の設立当初は「線形衝突加速器の為の財政担当者会」という別の名前だったが、数年後、FALC の L は

「リニア：Linear」から「大型：Large」へと拡大された。

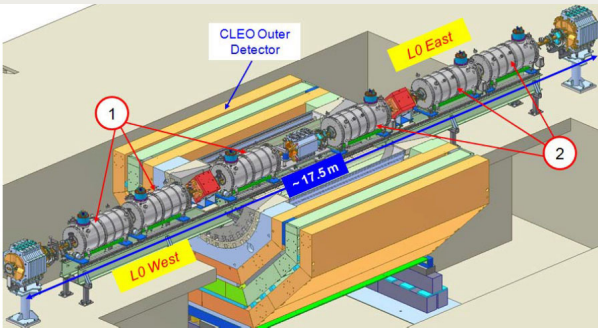
FALC は、素粒子物理学を推進する主要な国の機関によって設立された任意団体だ。年に 2 回会合を行い、巨大な国際施設の建設に関連する全ての問題について議論を行っている。FALC は、様々な国家機関の上級管理者に世界の他の領域での同等の立場の人物を紹介したり、将来において巨大な国際施設に着手するのに必要な信頼感を築いたりするうえでも役立って来た。FALC には、米欧アジアからの研究所所長各 1 名が参加している。

FALC の直近の会合は、Fermilab で開かれた。この会合は CERN におけるヒッグスらしき粒子の発見や日本の高エネルギー物理学研究者グループによる日本で国際リニアコライダーをホストすることを強く望む声明があった直後であり、とても興味深いものだった。まだ日本政府から、日本がこの世界的な施設をホストしたいとの正式な声明は出されていないが、ILC プロジェクトが日本においての力強いサポートを享受しており、日本では ILC プロジェクトは新しい国際都市をつくる、科学を超えた活動として理解されている。日本の研究者たちが求めている世界からの支援は、ILC プロジェクトを推進し、日本政府を説得するのに役に立つだろう。

FALC は、過去数年の GDE の活動についての報告書の執筆に取り掛かった。GDE は、2012 年末に ILC の技術設計を完了。2013 年 2 月に開催される ICFA の会議では、新しいリニアコライダー組織が始動し、リン・エバンス氏のリーダーシップのもと、ILC と CLIC の活動のマネジメントが統合される予定だ。

2012 年 12 月 20 日号 ディレクターズ・コーナーより

ILC の電子雲効果を低減する



ダンピングリングの ILC 型ウィグラーとともに改造・装備された CESR 衝突領域のレイアウト。

次世代の粒子加速器は、強力な粒子ビームが使われる。こうした強力なビームは、真空チャンバーに残留する分子からのビーム散乱から生まれるやっかいな現象「電子雲」を生成する。この電子雲は、入射される粒子ビームが散乱され、焦点をぼやかして、性能を低下させる可能性がある。したがって、ILC R&D プログラムにおける主要目的のひとつに、様々な電子雲の低減方法についてテストすることが挙げられていた。コーネル大学の CesrTA プログラムがそのひとつである。

CesrTA の R&D プログラムは大成功をおさめ、ILC のみならず、次世代の粒子加速器にとって非常に役立つ詳細報告書を最近発表した。

ILC 研究のみならず、電子雲効果のよりよい理解へと導く詳細なデータを提供し、ILC 陽電子ダンピングリング向けの信頼性の高い低減戦略が開発されたのだ。

CesrTA の構成は ILC のダンピングリングに類似しており、ILC ダンピングリングの性能を確実に予測することができるよう再現されている。CesrTA 共同研究グループは、ILC 陽電子ダンピングリングに対する低減戦略を開発するために、様々な低減技術の試験を行った。この中で、みぞ付のチャンパー、窒化チタン・コーティング、クリーニング電極という、3 つの技術についての研究が行われた。この中ではコーティングが有望だと思われるが、長期性能と耐久性についての研究がフェーズ II CesrTA プログラムで将来的に行われる必要がある。

将来的に、ILC では単独のダンピングリングの中での陽電子パンチの数を倍増させることが検討されており、電子雲の低減計画は非常に挑戦的なものとなっている。研究者は、自分たちの提案した電子雲低減策が SuperKEKB の真空パイプの設計と多くの共通点をもつことにも注目した。つまり、SuperKEKB 加速器が、ILC 陽電子ダンピングリングの電子雲低減で有益な情報を提供することになるということだ。

CesrTA は、ILC R&D プログラムの最も輝かしい業績のうちのひとつだ。このプログラムは、高ルミノシティ・リニアコライダーが直面せざるを得ない問題への対処法の現実性を立証したのだ。これは、次世代の粒子加速器にとって重要であり、幅広い価値を持つこととなる。

素粒子物理ワールドニュース

KEK と共同で ILC の研究開発にあたっている世界の研究所から発信された、素粒子物理学関連の話題をピックアップします。

2012 年 12 月 17 日

CERN プレスリリースより

大型ハドロンコライダー 第一期陽子運転終了

12 月 17 日、大型ハドロンコライダー (LHC) は第一期の陽子運転を終了した。この世界最強の加速器の 3 年間の素晴らしい運転では、ビーム強度を高めるために陽子パンチの間隔を半減させるという性能マイルストーンも達成された。

「ビーム強度が高いほど粒子の衝突が増えるため、新しい兆候を観測する可能性が高まる。LHC 実験の成功には強度の高いビームが不可欠であり、この成果は、2015 年の次期運転にとって好ましいものだ」と CERN の加速器・技術部長のスティープ・メイヤー氏。

この性能強化により、この 3 年間で、LHC は 6 千兆回、陽子同士を衝突させ、ATLS および CMS の 2 つの測定器は、50 億の衝突反応を記録した。このうち 400 個の衝突反応が、7 月に発表されたヒッグス粒子と見られる粒子の発見につながった。

「LHC の性能は、想像を超えるものだった。ルミノシティも上がり続けた。私は研究チームを誇らしく思う」とメイヤー氏は語った。

ルミノシティとは、粒子の衝突頻度を表す重要なパラメータで、2011 年に達成された数値の 2 倍にあたる $7.7 \times 10^{33} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ を記録した。衝突エネルギーは 2011 年に 7 テラ電子ボルト (TeV) だったのが、2012 年には 8 TeV に向上した。

これらの性能向上は、ヒッグス粒子らしき新粒子の発見を始め、宇宙のより深い理解へとつながる様々な発見をもたらした。

2013 年の初頭に、LHC は鉛イオン衝突の運転を行い、その後 2014 年末まで長期のメンテナンス期間に入る。衝突エネルギーを 13 TeV まで上げ、2015 年に運転が再開される予定だ。

英文記事：http://press.web.cern.ch/press-releases/2012/12/first-lhc-protons-run-ends-new-milestone

トピックス

KEK の ATF、垂直方向ビームサイズ 100nm 以下を達成

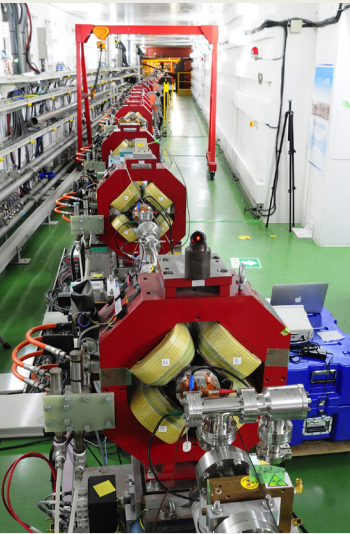


ATF の運転中は毎日 16 時半に行われる打ち合わせの様子

リニアコライダーの最終収束技術の実証実験を行っている、KEK の先端加速器試験施設 (ATF) の ATF2 ビームラインの収束点において、垂直方向のビームサイズが 70nm (ナノメートル)*程度まで絞られていることが確認された。

ILC で要求されるビームサイズは垂直方向が 5nm。ATF と ILC はビームのエネルギーが異なるため、ATF で 35nm を達成することが、ILC の性能要求を満たすことに相当する。目標達成に向けた開発研究が精力的に行われており、今回の成果は、ILC の実現に向けた大きな一歩とすることができる。

ATF では、昨年秋から合計 7 週間の運転を実施。特に 12 月には ATF2 ビーム収束実験のみに専念した連続運転を 2 週間行い、21 日に、極めて小さいビームが観測された。



ATF2 ビームライン

ビームサイズは、「新竹モニター」と呼ばれる装置で 2 本に分けたレーザービームを交差させてできる干涉縞と電子ビームのコンプトン散乱を利用して測定する。今回の実験では、交差角 174 度で、ビームサイズ約 70nm に相当するビームが観測された。系統誤差などの詳細な評価は今後行われるが、系統誤差は、通常ビームサイズを大きく評価してしまう側に働くため、100nm よりも小さいビームが生成・測定されたことは確実に見られている。

また、同様の状態を約 7 時間にわたって維持することもできており、システム全体の安定性も示された。

ATF2 は計画の段階から国際的な共同実験として進められている。12 月の実験でも海外から合計 17 名の研究者が積極的に参加して実験の進展に貢献。今回の結果は国際協力の成果を示すものでもある。

※1 ナノメートルは 1 メートルの 10 億分の 1