

## アジアで進む超伝導加速技術 ～中国と日本の技術協力～

国際リニアコライダー (ILC) は、超伝導加速技術で電子と陽電子のビームをほぼ光の速さまで加速する。この技術を実現するためのキーとなる要素が超伝導加速空洞だ。これまで、米欧日が中心となって進められて来たこの超伝導加速空洞の研究開発が、現在、インド、韓国、中国など、アジアの国々でも精力的に進められている。

加速器の性能を表す指標のひとつが「加速勾配」。ある決まった長さで加速して得ることのできるエネルギーのことだ。7月1日、中国科学院・高能物理研究所 (IHEP) の科学者が高エネルギー加速器研究機構 (KEK) を訪れ、中国製超伝導加速空洞の性能試験を行った。「結果は1メートル当たり20メガ電子ボルト。決して満足できる数字ではありません」と語るのは空洞の製作チームの一員である IHEP の研究者、李中泉 (Li Zhong quan) 氏だ。この空洞は中国で初めて製作された低損失型の9連空洞。今回の測定結果を楽しみにしていた中国の研究者たちは、早起きをしてメールチェックをしたという。「結果にはまだ納得していませんが、初めての空洞で一定の成果が得られたことは、中国の空洞製作技術にとって大きなステップだと考えています」と李氏は身を引き締める。

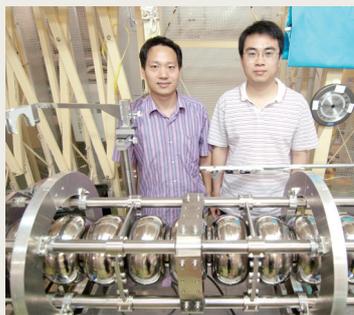
ILC の設計加速勾配は1メートル当たり31.5メガ電子ボルト。基準設計で採用されている TESLA 型と呼ばれる空洞の理論的な限界が41メガ電子ボルトであると考えられており、31.5メガ電子ボルトはチャレンジングな数字だ。加速勾配が大きいと同一長さの加速器では大きなエネルギーのビームを作り出すことが可能となり、ある一定のエネルギーのビームを作る場合には加速器の長さが短くて済む。目標とする加速勾配が実現できないと、加速器が大きくなってしまったため、高い加速勾配の実現に向けて研究が進められているという訳だ。

今回中国でつくられた空洞は低損失型と呼ばれるもの。TESLA 型とは異なる設計思想に基づいて設計・製作されており、2005年には単セルの試験結果ではあるが、KEK製の低損失型空洞が TESLA 型の理論的限界値を超える1メートル当たり47.3メガ電子ボルトの記録を達成している。「IHEPはKEKの低損失型空洞の専門家である齋藤健治氏との密接な協力のもと、この空洞を完成させました」と来日中のもう1人の研究者、翟紀元 (Zhai Jiyuan) 氏が語るように、中国の空洞開発は KEK との密接な協力のもと進められている。空洞の製作は2008年末から本格的に開始した。空洞製造と並行して、IHEPでは現在空洞製作に必要な大小様々な施設を急ピッチで整備している。「これらの施設整備にも、KEKから大きな協力を得ることができました。新しい空洞、新しい施設、新しい人、新しい経験—とにかく新しいものづくりのあつという間の一年でした」と翟氏は振り返る。

中国製空洞のもうひとつの特徴はその素材だ。「ラージグレイン」とよばれる



KEKで縦置き試験準備中の中国科学院・高能物理研究所 (IHEP) 製超伝導空洞。銀色の球体が連なっているように見えるのが、空洞本体。試験用にたくさんの線が取り付けられている。



IHEP製の超伝導加速空洞と李氏(左)、翟氏

結晶粒の大きなニオブ素材が使われている。ILCの基準設計では結晶粒の細かいスモールグレインの素材が採用されている。スモールグレインのひとつひとつの結晶の大きさはミクロン単位、対するラージグレインは数10ミリメートルから100ミリメートル程度にも及ぶ。金属材料中の原子は規則正しく並んでいるが、大きな塊が全て同じ原子配列を持っているわけではなく、結晶粒とよばれる一定の配列を持つ領域が多数集まった構造になっている。この結晶粒の境界が「結晶粒界」だ。空洞内の原子配列が乱れた領域とも言える。「これまでの研究開発や性能試験の結果から、結晶粒界によって加速勾配が制限されている可能性ができました」。加速空洞の素材として、スモールグレインよりもラージグレインのほうが有利になるかもしれない。「そこで、IHEPでは素材にラージグレインを使うことにしたのです」と翟氏は言う。この中国製の空洞は、見た目も他の空洞と異なり貴金属ジュエリーのような光沢がある。「この素材は、中国国内のメーカーが精製したもので、素材自体がびびかしているのです」。

「空洞中央部の3つのセルは、1メートル当たり32メガ電子ボルトの加速電界に達しています。今後の調整作業でこの空洞は、1メートル当たり30メガ電子ボルト以上の高い加速勾配に到達できると思います」と、翟氏は言う。中国チームは今回の測定後、加速勾配を制限した原因を特定するために、京都大学とKEKの研究チームが共同開発した特殊なカメラを使って、内部の空洞表面の検査を行った。今後、検査結果に基づいて不具合部分に手直しを入れた後、2回目の試験を計画している。

## 最近の話題

### グローバル・フォトウォーク@KEK、開かれる

8月7日、世界の5つの加速器研究所(米国立フェルミ加速器研究所、欧州原子核研究機構(CERN)、ドイツ電子シンクロtron研究所、カナダTRIUMF研究所、KEK)で、グローバル・フォトウォークが同時開催された。日本会場となったKEKには約40名が参加し、広大な研究所の敷地内で加速器の実験装置を撮影しながら、KEKの推進する最先端の科学に触れた。

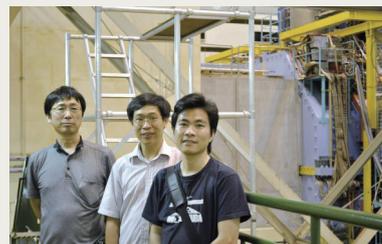
参加者の撮影した作品は、KEKのウェブサイトや一般公開の投票により、日本代表の3作品が選出される。それらの3作品は、世界の素粒子物理の広報担当者のネットワークである「Interactions.org」のウェブサイトで公開し、一般投票によって「グランプリ」が決定される。また、グランプリ作品と各研究所の大賞作品は、世界の5つの研究所で展覧会を同時開催する予定。

### ベトナムとの共同研究を進める KEK

今 KEK には、ベトナムのハノイ市やホーチミン市から共同研究のために研究者や大学院生が訪れている。KEK では、日本学術振興会の若手研究交流支援事業-東アジア首脳会議参加国からの招へいの採択課題「高エネルギー量子ビーム実験における新しい実験手法の開発」により、ベトナムからの若手研究者や大学院生等を受入れている。このプログラムは昨年10月から開始されたもので、今年の9月末までの一年間に10名以上のベトナム人を招へいする予定だ。日本側の世話人は、素粒子原子核研究所の栗

原良将氏。

栗原氏は加速器実験における数値計算を専門としており、実験値との比較を行うために、大型ハドロンコライダー(LHC)実験やILC実験での素粒子反応の確率を、理論に基づいて計算を行う研究をしている。特に



KEK B ファクトリーの Belle 測定器の前で。左から：栗原氏、Hoang Son Do 氏、Phan Hong Khiem 氏

ILC 実験のように精密な測定が可能となる実験においては、測定に見合った精密な理論計算の遂行が実験成功の重要な鍵の一つとなる。今回招へいしている8名は、量子色力学や超対称性理論の計算を行う大学院生や、理論計算のために必要な数式処理を行うプログラム開発を行う研究者である。その他 KEK で行われている「時間反転対称性の破れ」の実験や、GEANT と呼ばれる測定器のシミュレーションコードの開発を行う、より実験に重点のある研究者の受け入れもプログラムには含まれている。

7月に1ヵ月滞在したホーチミン市国家大学の Hoang Son Do 教授と、大学院生の Phan Hong Khiem 氏は、栗原氏の案内で先端加速器試験施設(ATF)や Belle 測定器を見学した。「ベトナムにはがん検診を行う PET (ポジトロン放出断層撮影法) 用の電子ライナックが2、3台あるだけです。今回、高エネルギー物理学実験用の加速器や測定器を初めてみることができました」と Son 教授。Son 教授はフランス・リヨンの大学で理論物理学を学び、ドイツのマインツ大学でポストドクとして研究を行ったが、加速器を見学する機会がなかったのだ。

「ベトナムでは、高エネルギー物理学実験の分野が立ち上がる時期です。これまでは主にヨーロッパに渡って教育を受けることが多かったのですが、今回のように日本で教育を受け、研究を行うことを希望する学生や若手研究者が増えてきています。」と Son 教授が語ったのを受け、栗原氏は「このプログラムによる招へい者が、帰国後第一線で活躍してくれることを期待しています。ベトナムと日本との友好関係を築くのに役立つのはもちろん、アジアの科学研究の実力の底上げのためにも、招へい者の帰国後も連絡をとりながら共同研究を進めていきます。」と抱負を述べた。

## お知らせ

### 夏のイベントのお知らせ

日程	イベント名	場所
8/28	J-PARC 公開 JAEA 東海研究開発センター施設見学会・実験教室	原子力科学研究所、J-PARC センター核燃料サイクル工学研究所/アトムワールド
	<時間> 9:30 ~ 16:30 (最終入場 15:30 まで) ※当日は JR 常磐線「東海駅」から無料送迎バスを運行いたします。 <お問い合わせ> 日本原子力機構 (JAEA) 東海研究開発センター 総務課 TEL: 029-282-5002 / 地域交流課 TEL: 029-282-3470	
9/5	KEK 一般公開	KEK つくばキャンパス
	<時間> 9:00 ~ 16:30 ※当日はつくばエクスプレス「つくば駅」から無料送迎バスを運行いたします。 <お問い合わせ> KEK 広報室 ウェブサイト: <a href="http://www.kek.jp/openhouse/">http://www.kek.jp/openhouse/</a> E-mail: <a href="mailto:proffice@kek.jp">proffice@kek.jp</a> TEL: 029-879-6047 FAX: 029-879-6046	

### 今月の滞在者

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

### ビジター・カウンター

9

国/地域から

25

名