

小林・益川理論の先にあるもの

小林・益川理論の検証によるノーベル賞は、KEKBの研究者にとっても大きなマイルストーンだ。とはいえ、その先には、ヒッグス粒子、超対称性、新しい素粒子など、果てしない未知の領域が広がっている。理論、実験、そして加速器の分野がせめぎ合い、協調し合いながら、新たな物理が拓かれていく。

[出席者]

生出勝宣
“加速器屋”

岡田安弘
“理論屋”

山内正則
“実験屋”

高橋理佳
“広報屋”



山内 小林・益川理論を証明したいというのは、Bファクトリーの非常に大きな原動力でした。ノーベル賞受賞はこのうえなくうれしいことですが、それが達成できたから終わりではないという点は強調したいと思います。今、素粒子物理は非常にエキサイティングな曲がり角に差し掛かっているところですよ。

岡田 同感です。1970年代初めに素粒子の世界を支配する法則、いわゆる標準模型が出たことで、大きな変換が生まれました。その1つひとつの確証をしていく過程の最後が、35年前に出された小林・益川理論の検証でした。次はLHC*1から、新たな変革のステージが始まるでしょう。

山内正則 | やまうち・まさのり

総合研究大学院大学教授 素粒子原子核専攻
高エネルギー加速器研究機構教授
Belle実験グループ共同代表者

ヒッグス粒子が扉を開く

高橋 どんな変革が期待されますか。

岡田 いわゆるヒッグス物理といわれる体系です。標準理論とは、強い力、弱い力、電磁気力を、同じ数学的構造のゲージ理論で説明しようというものです。既存の力に加えて、もう1つヒッグス粒子を作り出す力を導入すると、3つの力が統一的に理解できるという前提で書かれました。新しい力は未知のもので、実験はまだまだ先だと思われていましたが、やっとそれを解き明かそうという段階です。

山内 LHCの目的がヒッグス粒子の発見だという捉え方は、正しくありません。す

で知られていることは、もっと別の大きな体系の近似として成り立っており、ヒッグスはその橋渡しをする特別な粒子なのです。

岡田 20世紀に、強い力と弱い力の2つの新しい力が出てきたように、21世紀の新しい力が必ずあるはずですよ。いろいろな予測はされていますが、本当にどんな描像が正しいかは、エネルギーを上げてみなければわかりません。素粒子物理は時代につれ、エネルギーの大きさにつれ、どんどん描像が変わります。余分な次元や超対称性があるのか、あるいは今まで基本粒子だと思っていたヒッグス粒子の中にまた構造が現れるのかはわかりませんが、何か新しいものがあるのは確かです。

高橋 加速器もどんどん進歩していかなくてははいけませんね。

生出 加速器の歴史は世界では70～80年近く、日本でも50年以上になります。高エネルギー物理学にとっていちばんの推進力でしたが、今ではさまざまなアプリケーションがあります。また他では代替の効かない加速器実験がたくさんありますし、さらなる高エネルギー化も検討されています。

明確な目標の下に加速器を作って行う実験もあれば、新しいエネルギー領域に達したことで、予想もしなかったものが出てきたこともありました。単なる高エネルギー化だけでなくルミノシティも要りますが、同



岡田安弘 | おかだ・やすひろ

総合研究大学院大学教授 素粒子原子核専攻
高エネルギー加速器研究機構教授

がないか考えてくれ」と言われたことを覚えています。

生出 陽電子ビームの電子雲、電流の蓄積など、ルミノシティが上がらない問題がいくつか具体化して、それを解決すればここまで行くはずだろうと、サイエンスによる解決を探っていました。トリスタン*3の100倍という電流ですから、とにかく、いろいろな物が壊れるのも問題でした。最初の1ヶ月で、心臓部であるシリコンバレー検出器が壊れました。普通なら立ち直れないと思いますが、成功させたいという一念で乗り越えたのです。

山内 もう1つの原動力が、トリスタンで経験した悔しさです。トリスタンは加速器自体はうまく行ったのに、トップクォークの発見に至りませんでした。長らく誰にも振り向いてもらえず、KEKBでまた前線に躍り出たいという思いが強くありました。

生出 当時SLACに出かけたときには、トリスタンの説明用のスライドを用意して持参しましたが、ランチ時の話題にすら上りません。物理の成果を出せる加速器でなければ意味がないと、リベンジを誓いました。

岡田 こんなに苦勞したという話ばかり聞いていたら、後継者が育ってこないのではないのでしょうか。

生出 逆に、KEKBが世界最高性能になった今となっては、後から来た人は、これ以上何をやるのかという思いも避けがた

時に満たすのは容易ではありません。装置の精密化には、真空、エレクトロニクス、物性など、あらゆる技術を結集しなければなりません。

成功したい一念で競争に勝つ

高橋 過去を振り返ると、^{スラック}SLAC*2との競争のときはどんな思いでしたか。

生出 もう必死で、とくに最初に負けているときには、生きた心地がしませんでした。

山内 最初にCP対称性の破れが観測された2001年までは、われわれも胃に孔が開く思いでした。あるとき、生出さんに「ルミノシティ(衝突性能にあたる、詳しくは12ページ参照)が3分の1でも勝てる方法

*1 LHC

Large Hadron Collider(大型ハドロン衝突型加速器)の略称。欧州共同原子核研究機構(CERN)が建設し、1万4000GeVという世界最高のエネルギー実現をめざしている。その開発には世界中の研究者が参加している。

*2 SLAC

Stanford Linear Accelerator Center(スタンフォード線形加速器センター)の略称。そのPEP-II加速器はKEKBより半年ほど早く実験を始めたが、KEKBに追い抜かれた。

*3 トリスタン

1986年に開始され、90年代前半まで続けられた日本初の大型加速器実験。当時、世界最高のエネルギー領域であった60GeVで多くの素粒子現象を記録。後の加速器科学に多大な貢献をした。

いはずですが、これで終わりではないと、私も言い続けています。

物理の面白さは各人各様

高橋 後継者育成では何が課題でしょうか。

山内 素晴らしい装置が整っているの、今の若い研究者はハッピーです。必死に努力しなくても、論文は書けるし、国際会議にも呼んでもらえます。何か自分で新しいことをしようという動機が失せているのではないかとの危惧を持ちます。今回のノーベル賞受賞は、チャレンジ精神を喚起する良いきっかけになるでしょう。

高橋 小林先生、そして益川先生も教育について文科省に苦言を呈していました。私はKEKに来てから物理の面白さに開眼しましたが、高校までに習った物理はおよそつまらないものでした。

生出 物理教育ではとくに下に行くほど、試験でも計算などが中心で、いちばん大事な考え方までたどりついていませんね。

山内 1つの大きな問題は大学受験です。高校生を対象に講義をした折に「こんな実験をするので、ぜひ参加しませんか」と話したら、先生から「それは受験に役立ちますか」と質問が出たのは、とてもショックでした。面白いからやるといふ発想にはなりません。

とはいえ、やはり物理は積み重ねなので、計算がつまらなくても、仕方がない。高校生に、世の中はクォークでできていますとい

うところから始めるのは無理でしょうが。

生出 微分積分学をひと通りやらないとニュートン力学を学ぶのは難しいのですが、高校1年で物理をやるのに、微分積分学は2年で出てくるという矛盾がありました。**岡田** 私もやはり大学初年級までの物理は面白いとは思いませんでした。ただ高校生のころから、量子力学というすごいものがあるらしいから、早くそれを勉強したいというあこがれをもって物理に進んだ面があります。

山内 私が初めて面白いと思えたのも量子力学ですね。

生出 それは教え方がまずいのかも知れません。私が最初に面白と思ったのは古典力学、電磁気学、そして一般相対論です。量子力学は災いのようなもので、この



世から消えてしまえば良いと。アインシュタインも最後まで信じていませんでした。

岡田 人それぞれです。とはいえ、面白いことはたくさんあるというのが結論ですね。

山内 面白くないところから始めるから、高校生には非常に難しくなる。

生出 私のお薦めは『ファインマン物理学』です。数式や計算を省いて、日常的な現象から説き起こすようになっている名著です。今はもっと良い本があってもいいはずですが、高校生から読める教科書はほとんどなく、最先端の研究者の教育への努力はまだ足りないと感じます。

岡田 ファインマンは卓越した能力を持つ特殊な人であるうえ、2年間、教科書執筆に専念できる環境も与えられました。

生出 大学院のための良い教科書を総研大で作れたらいいのですが、小林先生が書いてくれないか。

山内 興味を持って修士課程に来る人は十分いるのに、一生の仕事にしたいと博士課程にまで進む人が少ないことも課題ですね。

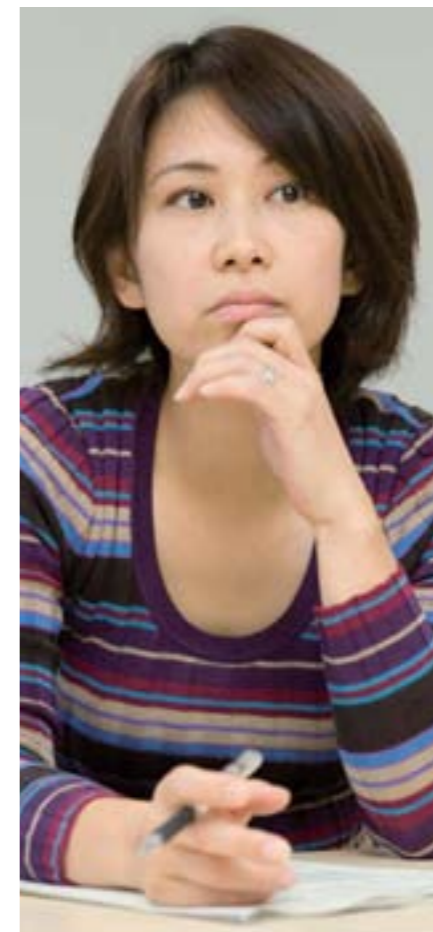
岡田 物理屋として生きていけるレベルまで行くには、やはり競争が厳しいですね。素粒子物理は特殊かもしれませんが、方向転換する人は少なからずいます。

生出 加速器研究は総合的な分野ですが、担い手は物理出身者が7割以上です。物理屋さんの就職先としては、非常に面白いと思います。しかし学部レベルではよく知られていないのか、大学院の志願者が少ないのが残念です。

山内 いわゆる優秀かどうかは重要な指

生出勝宣 | おいで・かつのぶ

総合研究大学院大学教授 加速器科学専攻
高エネルギー加速器研究機構教授



高橋理佳 | たかはし・りか

高エネルギー加速器研究機構 ILC コミュニケーター

それに代わる考え方が正しいかを実験的に探していかなければなりません。

岡田 ヒッグス粒子の代わりに粒子が出るか、代わりに相互作用が出るか、または基本的な物理の原理が間違っているのか、それを確信するまでには、理論と実験との批判のし合いがあつて時間がかかります。何かがわかると、さらに説明が必要なことが出てくるので、必ず次のステップ、そのまた次のステップを考えていく必要がある。そのためには次の加速器技術も進めておかないといけません。

高橋 本日はありがとうございました。次の一手を期待しています。

(2008年11月7日、KEKで収録)
(構成 塚崎朝子)

が先かはわかりません。新しい扉が開かれれば、理論屋にとっても新時代の始まりで、小林・益川に匹敵する仕事ができるかもしれないチャンスです。

最近、宇宙と素粒子の関係も研究されており、ダークマター、ダークエネルギーなど、標準理論の範囲内では説明がつかないことがあります。LHCの次の物理に対するヒントを与えてくれます。ただし宇宙創成の過程で起きたことを知るには、いくら宇宙観測だけをしてもダメで、加速器を用いて下のエネルギーから1つひとつ解明していかなければわかりません。

山内 たとえばLHCでヒッグスが見つからないとすれば、それこそ大発見です。あたりそうもないことですが、その場合には、

標ですが、総研大では少し変わった学生を取りたいと思っています。多彩な先生が大勢いますから、うまく伸ばしてやれる人が見つかるかもしれません。総研大の特徴になり得るのではと期待しますが、実際は選考委員会を通らないので、残念です。

岡田 理論の分野では、活躍している総研大生も多数います。とくに5年一貫制になって、伸び盛りの若い力が研究室を引っ張るという意味でも、良い方向に進んでいるようです。

新しい物理学幕開けのチャンス

高橋 次の目標は何でしょうか。

生出 Bファクトリーを限界まで行かせる。その先は、新しい物理を見据えて、次にどのような加速器を作るかを明確にすることです。

山内 これまでの実験結果から、小林・益川理論だけではすまないと思われることがいくつも出てきています。今の実験精度では断定には至っていませんが、その白黒を見極めないと、夜もおちおち眠れないという感じです。また、LHCでいろいろな粒子が発見されれば、同時に、われわれはその相互作用について解明できるはずです。協力して新しい物理を明らかにしていくのが夢です。

岡田 CP対称性の破れでは、まず理論が出て、トップクォークが見つかり、Bファクトリーで確かめるといふ順序をたどりましたが、LHCで始まる新しい物理では、何