

## 2012 年度原子核三者若手夏の学校活動報告

嶋田健悟 (総合研究大学院大学 e-mail: skengo@post.kek.jp)

川名清晴 (京都大学 e-mail: kiyokawa@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp)

鈴木裕貴 (北海道大学 e-mail: hsuzuki@nucl.sci.hokudai.ac.jp)

高橋将太 (京都大学 e-mail: shotakaha@scphys.kyoto-u.ac.jp)

### 1. 原子核三者若手夏の学校とは

原子核三者若手夏の学校は、素粒子論(理論)、原子核(理論及び実験)、高エネルギー物理学(実験)分野の大学院生が全国から集い、毎年 8 月に 200~300 人規模で開催される、研究者としての素養を養うことを目的とした滞在型研究会です。歴史は古く、1955 年の第 1 回から数えて 2012 年で第 58 回を迎えます。

本研究会では例年、第一線で活躍されている研究者の方を講師としてお招きした講義やレビュートーク、若手研究者としての参加大学院生による研究発表、そして若手同士の交流を深めるための各種企画が催されます。

以下では、2012 年度の原子核若手三者夏の学校の活動について報告を行います。この報告を通じて、日本物理学会の皆様はこの分野の若手研究者達が将来活躍できる研究者になるべくどのような活動を行っているか、そして伝統ある夏の学校がどのように受け継がれているかを知っていただければと思います。

### 2. 2012 年度活動報告

2012 年度原子核三者若手夏の学校は、8 月 2 日から 7 日までの計 6 日間、山梨県富士吉田市にあるホテルエバークリーン富士にて開催されました。この場所での開催は今年度が初めてとなりましたが、素粒子論パートには 191 人、原子核パートには 79 人、高エネルギーパートには 30 人が集まり、2003 年度以来 9 年ぶりに参加者が 300 人を越えました。

夏の学校は毎年、大学院生自身の手で企画・運営されており、そのため若手研究者が研究運営のノウハウを身につける場にもなっています。今年度は名古屋大学を中心に、総合研究大学院大学、東京工業大学、早稲田大学が夏の学校全体の企画・運営に関わる役職校を務めました。また各パートにも役職校が存在し、素粒子論、高エネルギーパートは京都大学が、原子核パートは北海道大学が中心となって準備が進められました。

ここからは、三者共通の活動について総研大の嶋田が、各パートの活動についてはそれぞれの役職校から、川名、鈴木、高橋が行います。

## 2.1. 三者共通の活動

三者共通での活動は、夏の学校初日の三者共通講義、共通講義の講師を囲む会、二日目と四日目に行われたポスター発表、三日目のエクスカージョン及び三者全体で行った懇親会です。

三者共通講義では、Kavli IPMU の松本重貴先生をお招きして、「暗黒物質研究の現状 ―暗黒物質の招待解明に向けて―」という題目で講義をしていただきました。講義前半では、暗黒物質が存在していると考えられる理由と、暗黒物質が満たすべき条件を説明して下さった後、その条件の中から二つの非自明なものとして「現在の暗黒物質の質量密度の値が決まっていること」と「暗黒物質が安定であること」に着目し、これらを実現する幾つかの理論の構造について特に対称性の観点から議論されました。また講義後半では、暗黒物質が原子核に衝突した際に生じる反跳エネルギーを捕える“直接検出実験”について、そして宇宙空間における暗黒物質対消滅により生じるガンマ線、反陽子、陽電子、又は宇宙の晴れ上がり時の暗黒物質対消滅による宇宙背景放射スペクトルの変化を捕える“間接検出実験”について、さらには暗黒物質の候補となる超対称粒子の加速器実験における検出に関して、LHC 実験の現状と絡めて解説していただきました。暗黒物質を専門としない学生にも分かりやすいように丁寧にお話しして下さり、また専門の学生からの一步踏み込んだ質問にも詳しく答えてくださいました。

共通講義後に行われた松本先生を囲む会には、初日夜にも関わらず 160 人を越える三分野の若手研究者が参加し、松本先生と共にお酒を飲みながら、研究についての議論や歓談などで大変盛り上がりました。

例年、パート毎に行ってきたポスター発表ですが、今年度は初めて三者合同で行いました。同じ専門分野の若手同士の活発な議論はもちろんのこと、普段詳しく聞く事のできない他分野の研究について、じっくりと理解を深める時間が持てたことと思います。三者若手夏の学校の特色を十分に生かした活動になったのではないのでしょうか。

今年度の開催場所は富士山の麓にあったため、エクスカージョンでは「樹海散策ツアー」と「鍾乳洞見学ツアー」が企画され、学生はどちらか一方を選択し参加しました。その日の夜に行われた懇親会にはほぼ全ての参加学生が出席し、分野を問わずこれだけ多くの若手研究者と知り合える、この貴重な機会を存分に楽しみました。

## 2.2. 素粒子論パート

今年度の夏の学校の素粒子論パートでは、朝 8 時 45 分から夜の 10 時まで、講師の方々による講義や学生による研究発表会、講師の方を囲んでの懇親会など

が企画され、とても内容の濃い6日間となりました。

まず、夏の学校の「講義」について少し説明させていただきますと、これは毎年研究の最前線でご活躍されている先生方をお招きし、先生方の研究内容やそれに関係したトピックスについて、あまり専門的な知識を仮定せずに学生向けに講義をしていただくというものです。その主な目的としては、もちろん講義内容自体を理解することも一つの目的なのですが、それよりも修士課程に入ったばかりの学生や若手の研究者に対して研究の雰囲気や熱気を肌で感じてもらい、自らの研究に生かしてもらうことを目的としています(これは夏の学校を通じても言えるのではないのでしょうか)。今年の素粒子論パートの講義は、京都大学の吉田健太郎氏、新潟大学の伊藤克美氏、そして富山大学の兼村晋哉氏の3人をお招きし、それぞれ大きく分けて「弦理論」・「場の理論」・「現象論」の内容について講義して下さいました。吉田氏はタイトルが「ゲージ理論と重力理論の双対性」ということで、弦理論・超対称性ゲージ理論の基礎的なことから AdS/CFT 対応の話まで、ホワイトボードを使って丁寧に解説して下さいました。私の身の回りでもこのトピックスについて勉強してみたいという人は多く、弦理論を勉強し始めた学生にとっても分かりやすい講義でした。伊藤氏の講義は「厳密繰り込み群と場の理論の対称性」というタイトルで、場の理論の枠組みの中では必要不可欠な繰り込み群について、イジングモデルを例とした統計力学的な話から場の理論の繰り込み群の話まで、詳しく解説して下さいました。大学などでの場の理論の講義は、講義時間の関係などで「繰り込み群」についてはさらっとしか触れられないことも多く、今回このようにたっぷり時間をかけて話を聞いたのは、私を含め修士の学生には貴重な講義となりました。兼村氏の講義は「電弱対称性の破れとテラスケールの新物理学」というタイトルで、ヒッグスの物理について標準模型におけるヒッグスからそれを超えた模型でのヒッグスについて、理論的な側面のみならず実験との関わりも含めて講義して下さいました。特に今年は、夏の学校のちょうど一カ月ほど前に CERN でヒッグス粒子らしきものが見つかったという報告もあり、とてもタイムリーな内容となりました。この粒子が本当にヒッグス粒子であることが断定されれば、これで一応標準模型は一つの区切りを迎えることになるのですが、兼村氏の講義はそれを超えた物理での様々なヒッグス模型について話が及んでおり、将来的に現象論を目指す学生のみならず、弦理論の研究者にとっても刺激的な講義だったのではないのでしょうか。

3日、5日、6日の夕方6時半からは、学生達が自らの研究内容や興味あるトピックスについて発表する研究会が行われました。この研究会というのは、まだ自分の研究分野やテーマが決まっていない学生や、「これを勉強してみたい!」と思っている学生にとっては絶好の機会になると、私は今回初参加してみて感

じました。というのも、私自身研究会で発表させていただくことになり、発表のためにたくさんの文献を調べたり、「どうやったら分かりやすく説明できるだろうか」とあれこれ試行錯誤したことが、自分の研究を始める上でとてもよい経験になったからです。来年も修士の学生をはじめ、多くの若手にぜひこの研究会に発表者として参加してほしいと思っています。今年の研究会の様子ですが、口頭発表者が 27 人、ポスター発表が 20 人で、内容としては弦理論・現象論・宇宙論など分野にとらわれず幅広い内容となりました。発表時間内に答えきれなかった質問について、懇親会などで個別に学生同士議論し合っている様子も見られ、とても雰囲気の良い研究会でした。

最後に個人的な感想になってしまいますが、今回この夏の学校を通し、全国の同年代の研究者の人達と少しの間ですが一緒に寝食をともにし、親交を深めることができたのは私にとって大変貴重な経験となりました。普段の大学生活では得られない研究者同士の横のつながりを実感するというのも、夏の学校の 1 つの意義なのではないでしょうか。

### 2.3. 原子核パート

2012 年度夏の学校原子核パートでは、講師の方々による講義と学生による研究会を 2 本の柱として、近年の例にもれず質の高い充実した 6 日間をおくることができました。

今年は講師として吉田賢市氏（新潟大学）、松井哲男氏（東京大学）、青井考氏（RCNP）をお招きし、おのおの 6 時間ずつ、密度の高い講義をお聞かせいただきました。はじめに、吉田氏からは「密度汎関数法に基づいた原子核集団運動の微視的理論」というタイトルでお話をいただきました。講義では、広い質量数領域にある原子核の静的及び動的性質を微視的に記述できるとされる密度汎関数理論の基礎にはじまり、平均場における量子多体理論を振り返りながら、いくつかの具体的な適用例が紹介されました。こうして原子核における密度汎関数理論に期待されること一すなわち、さまざまな対称性の自発的な破れに伴って核子多体系に現れるエキゾチックな相構造の理解と、理研 RIBF 等で行なわれる不安定核ビーム実験で研究可能となる重い中性子過剰核における集団運動の記述—これら現在の諸問題に対する有望なアプローチとしての密度汎関数法を学ぶことができました。また講義の終盤では、新しい集団運動の発現可能性およびその微視的メカニズムの探求という瑞々しいテーマに触れることで、発展の可能性に満ちた密度汎関数法への興味を強く引き立てられました。次に、松井氏からは「極限状態の核物理：その歴史から何を学ぶか」という題目で講義をしていただきました。本講義では、1950 年代以前の宇宙線による中間子多重発生の研究からはじまり、素粒子・原子核物理学の深化や加速器実験の進展と

ともに、研究の課題や目標の大きな移り変わりを丁寧に追っていきました。そして講義が進むにつれ、これまでの研究の歩みを振り返り、その歴史から何を学ぶのか、それが今後の研究でどのように役立てられるのか、というテーマに議論が収斂していきます。2010年より CERN の LHC による重イオン衝突実験が始まり、高エネルギー原子核衝突を用いた物質の極限状態の研究がまた新しい節目を迎えようとしているいま、核物理学徒が何を目指してゆくべきかという大局を考える素晴らしい契機となりました。そして、青井氏からは「不安定核物理研究の最新の潮流」というテーマでお話していただきました。中性子数・陽子数がアンバランスな不安定核の研究が進展し、殻構造の変容や中性子ハロー核など、従来の原子核の理解をくつがえす構造が次々と見出されつつある近年、原子核の構造研究は新しい局面を迎えつつあります。というのも、こうした特異な構造の研究は、安定核の理解をより深く掘り下げる糸口ともなりうるからです。本講義では、日本で行われている研究の二つのフロンティアである理研 RIBF での不安定核構造研究と、阪大 RCNP での精密核研究についての議論を通じ、不安定核研究の推進と、そこに端を発する安定核研究の多角的な見直しとその成果に焦点が当てられていきます。実験核物理の観点から、不安定核研究と安定核研究とを俯瞰し、見つめ直すよい機会となりました。

いずれも刺激的な講義でしたが、学生同士でおこなわれる研究会も、刺激という点では負けません。学生同士が各自の研究を発表する場としての夏の学校研究会は、同年代の若手研究者の研究内容を知り、自由に議論をおこなう好機となります。今年も 26 名の発表者をむかえ、各セッションでは若手同士の議論や講師の方からの的確な指摘が飛び交う活発な研究会となりました。また、本研究会のはじめには、例年通り 2 名の若手研究者の方をレビュートーカーとしてお招きし、最先端の研究についてレビューしていただきました。永田桂太郎氏（広島大学）と石川貴嗣氏（東北大学）です。永田氏からは格子 QCD シミュレーションによる有限密度 QCD の研究について符号問題への取り組みを中心に、また石川氏からは光生成反応によるバリオン共鳴の研究について、それぞれ解説していただきました。原子核研究のフロンティアで活躍される若手お二人の講演は、参加学生たちにとって大きな刺激となりました。

同じ核物理を志す同年代の学生と交流し、研究内容を共有できる夏の学校という貴重な場で、今年も 6 日間の非常に有意義な時間を過ごすことができました。これからの核物理の現場をつくっていく若手が集うこの貴重な機会が、今後とも末長く続いていくことを確信しています。

#### 2.4. 高エネルギーパート

高エネルギーパートは、8月2日から6日の日程で開催されました。昨年度同

様、他パートより1日短縮した日程です。参加者内訳は、東北大学、総合研究大学院大学、東京大学、首都大学東京、名古屋大学、奈良女子大学、京都大学、神戸大学から博士、修士学生ら合計30人です。

8月3日と4日には、石原安野氏（千葉大学）をお招きして宇宙ニュートリノ観測に関して、8月5日と6日には、宮川治氏（東京大学）をお招きして重力波検出に関して、各々6時間ずつ講義していただきました。また、8月3日と5日の午後には参加した学生によるポスター発表、夜には研究発表会が行われました。以下では、その大まかな雰囲気について報告します。

8月3日、4日の9～12時には、IceCube実験に参加されている、千葉大学大学院理学研究科粒子線物理学研究室の石原安野氏をお招きして、「宇宙ニュートリノ観測の今」と題して宇宙ニュートリノに関して講義していただきました。IceCube実験は、南極の大量の氷をニュートリノの反応標的として使い、宇宙からやってくるニュートリノを観測します。2012年6月のニュートリノ国際会議にて、超高エネルギー(PeV領域)ニュートリノに関する報告があり、興味を示す学生が多かったので、ぜひこの機会に話を聞いてみようと思い、夏の学校直前に急遽お願いし、お越しいただきました。宇宙ニュートリノの基本に始まり、IceCube実験の建設から解析まで詳しく講義していただき、他の宇宙ニュートリノ実験や、将来計画についても講義していただきました。また、南極での観測シフトの様子なども実体験を踏まえてお話していただきました。

8月4日、5日の9～12時には、KAGRA実験に参加されている、東京大学宇宙線研究所の宮川治氏をお招きして、「神岡地下からの重力波検出」と題して、重力波について講義していただきました。KAGRA実験は、岐阜県飛騨市の神岡鉱山地下に建設中の、大型低温重力波望遠鏡です。旧称 LCGT と呼ばれていましたが、今年1月に公募にて「KAGRA」という愛称が決定されました。重力波の生成機構や、その検出方法などの基本に始まり、過去に行われた宇宙観測の結果や、現在他の国で進行中の重力波観測実験、また、KAGRAの実証を兼ねた、TAMA300実験や、CLIO実験の成果を分かりやすく説明していただき、KAGRA建設の現状と今後の重力波検出実験のロードマップについて講義していただきました。講義の合間には、検出器開発の上で直面した困難とそれをどう乗り切ったかという苦労話も挟んでいただき、聴講していた実験屋の学生にとっては大変参考になったと思います。また、重力波の講義ということで、素粒子論パートなどからの参加者もあり、理論的部分からの質問が多かったことは我々にとってはとても刺激的でした。

研究会では12人、ポスター発表では8人の学生が、発表を行いました。発表者の参加している実験は高エネルギー加速器研究機構の Belle II 実験、J-PARC 加速器を使った T2K 長基線ニュートリノ振動実験や KOTO 実験、また、暗黒物

質探索や新しい半導体検出器の開発と多岐に渡っていました。各々が、日頃の研究成果を分かりやすく発表しており、自身の参加していない実験についても幅広く知識を得る素晴らしい機会になりました。また、それらに対する活発な意見も交わされ、非常に有意義な研究交流の場となりました。

研究会後の講師を囲む会では、毎回大量のお酒を消費しつつ、他パートから遊びに来てくれる方もおり、分野を越えて皆和気藹々と親睦を深めていました。

最後に、遠い所お越しいただいた講師のお二方、および参加してくれた学生の皆様、本当にありがとうございました。来年度の高エネパートは、参加学生の意見を反映し、さらに1日短縮して開催する予定です。少ない日数ではありますが、この場で得られる友人、経験、知識はとても貴重なものだと思いますので、ぜひぜひご参加ください。

### 3. 最後に

上記の活動を通じて、三分野の多くの若手研究者がそれぞれに知識を深め、さらに今後の研究活動で活かされるであろう若手同士の繋がりを得ることができたはずです。そしてこの夏の学校が、物理学の今後の発展に貢献するものとなったと信じています。

2012年度原子核三者若手夏の学校は基礎物理学研究所研究会であり、基礎物理学研究所・素粒子論グループ・原子核談話会のご後援のもとに運営され、成功のうちに終わることができました。ありがとうございました。