

IPMU NEWS

Special Contribution
Nobel Minds Expand Our Universe
Bringing the Forefront of Scientific Research to the Art Museum!
Interview with Michael A. Strauss



IPMU NEWS CONTENTS

English

- 3 **Director's Corner** Hitoshi Murayama
Joining the Kavli Family
- 4 **Special Contribution**
Nobel Minds Expand Our Universe
Robert Quimby
- 8 **Special Contribution**
Bringing the Forefront of Scientific Research
to the Art Museum! Akira Mabuchi
- 12 **Our Team** Naoyuki Tamura
- 13 **Workshop Report**
Growing Black Holes in COSMOS
John Silverman
- 14 **IPMU Interview** with Michael A. Strauss
- 20 **News**
- 28 **Duality among String Theories**
Yuji Tachikawa

Japanese

- 37 **Director's Corner** 村山 斉
カブリ・ファミリーの一員に
- 38 **Special Contribution**
宇宙を膨張させるノーベル賞受賞者たち
ロバート・クインビー
- 42 **Special Contribution**
科学研究の最前線を美術館に!
馬淵 晃
- 46 **Our Team** 田村 直之
- 47 **Workshop Report**
COSMOSサーベイによるブラックホール進化の研究
ジョン・シルバーマン
- 48 **IPMU Interview** マイケル・ストラウス教授に聞く
- 53 **News**
- 56 **超弦理論の双対性**
立川裕二

- 29 **Special Contribution**
2011: A Space Odyssey
スペースオデッセイ2011 西川正美 (Masami Nishikawa)



Toshiyuki Kobayashi is Professor at the Graduate School of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, and Principal Investigator at IPMU. He is a leading mathematician in Lie groups and representation theory, and works at the interface of discontinuous groups, symmetries of infinite dimensional spaces, and global analysis via geometric methods. Immediately after receiving M.S. in 1987 from the Department of Mathematics, the University of Tokyo, he became Assistant Professor there. He received Ph.D. from the University of Tokyo in 1990, and became Associate Professor in 1991. After working as Professor at the Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, he returned to the University of Tokyo as a professor in 2007. He has opened up several new areas of mathematics through his original theories ranging over algebra, geometry and analysis, including theory of discretely decomposable restrictions of infinite dimensional representations, new theory of discontinuous groups beyond the classical Riemannian setting, and theory of visible actions on complex manifolds. He was honored with the distinguished Sackler Lecture in Israel for 2007, the Humboldt Award in Germany for 2008, and the 27th Inoue Prize for Science for 2011.

小林俊行：数学者。東京大学大学院数理科学研究科教授でIPMU主任研究員を兼ねる。リー群の表現論の研究者として世界的な権威であり、不連続群論、無限次元の対称性、および幾何的手法による大域解析の接点で研究を進めている。1987年に東京大学で修士の学位取得後、直ちに東京大学理学部助手となり、1990年に東京大学から理学博士の学位を取得。1991年、同助教授（現在の准教授）。京都大学数理解析研究所教授を経て、2007年より東京大学大学院教授。無限次元表現論における離散的分岐則の理論、リーマン幾何学の古典的な枠組みを超えた不連続群の基礎理論、複素多様体への可視的作用の理論など、代数・幾何・解析にまたがる独自の理論を次々と創出し、数学の新しい領域を開拓した。2007年にサックラー・レクチャー（イスラエル）、2008年にドイツの国際学術賞「フンボルト賞」、2011年に井上学術賞などを受賞。

Joining the Kavli Family

Director of IPMU

Hitoshi Murayama

IPMU will become a Kavli Institute this April, and I'm very excited about it. It is a great honor that the Kavli Foundation recognized our exciting research and international membership, and invited us to the family of Kavli Institutes that exist only at the most prestigious universities in the world. It brings an international visibility to the Institute that will help us recruit the best minds from around the world. In fact, this is the first research center at a Japanese National University named after a non-Japanese donor. Meanwhile, the connection to the other Kavli institutes will boost our collaborative research opportunities.

Mr. Fred Kavli studied physics in Norway, and moved to the United States. He founded Kavlico Corporation that was highly successful in selling sensors for aircrafts, automobiles, and other industrial applications. He deeply cares about advancement in human knowledge, and founded the Kavli Foundation to support science after divesting interest in the company. It works with renowned scientific organizations worldwide: American Association for the Advancement of Science, the National Academy of Sciences (US), the Royal Society (UK), and The Norwegian Academy of Science and Letters. They award prestigious Kavli prize every other year, and the US winners are invited to the White House to meet the President. The Foundation also created endowment for fifteen Kavli Institutes around the world in the areas of astrophysics (Stanford, Chicago, MIT, Peking, Cambridge), nanoscience (Cornell, Caltech, Delft,

Harvard), neuroscience (Columbia, UC San Diego, Yale, Norwegian University of Science and Technology), and theoretical physics (UC Santa Barbara, Chinese Academy of Sciences). The Kavli IPMU is the sixteenth, and the only one in Japan.

The endowment created by the Kavli Foundation brings in annual returns in perpetuity. Such flexible funds would be extremely useful to kickstart new ideas at the development stage not ready for research grant proposals, or to recruit topnotch researchers from around the world. The naming ceremony is planned in May.

IPMU receives funding support from the government and the university, but the IPMU must eventually identify other sources of support to become a permanent research center. The endowment income will help sustain the research program at the Kavli IPMU beyond the current initiative by the Japanese government. I will work hard to boost endowment further to fund named professorships or named fellows together with the Foundation and the University.



Nobel Minds Expand Our Universe

Robert Quimby

IPMU Postdoctoral Fellow

There had been considerable speculation that he would eventually receive the world's most famous award, yet I was still pleasantly surprised on the day Saul Perlmutter won the 2011 Nobel Prize in Physics along with Brian Schmidt and Adam Riess for the discovery of the accelerating expansion of the universe. I served on Saul's team as an undergraduate (and later "post-baccalaureate") from 1997 and made a small contribution to the prize-winning paper. Saul generously invited the whole team to join in the festivities, so last December I boarded a plane bound for Stockholm.

My connection to this Nobel Prize winning research began when I was at Berkeley looking for some research experience to fill out my future graduate school applications. Not sure of what to do, I sent out a blind email solicitation. Ok, I spammed the physics department. Luckily, I got one reply from "George" who didn't have a job for me but knew someone who might. Saul Perlmutter was leading a project that involved supernovae, which seemed a good match given my astrophysics major. This was one of the great advantages of studying at UC Berkeley; there was plenty of

interesting research being conducted, and there were great advisers to point astray students in the right direction (George Smoot went on to win the 2006 Nobel Prize in Physics).

Saul's team was using distant Type Ia supernovae to derive the matter density of the universe and the deceleration parameter, which was originally intended to express how quickly the expansion of the universe was slowing down due to the confining pull of gravity. As the Nobel Prize was awarded for the acceleration in the expansion of the universe, we now know that the value of this deceleration parameter is negative. But this was not clear at the time as reflected in this unfortunate name.

The key to using Type Ia supernovae as cosmological probes comes from empirical evidence that different Type Ia supernovae all have about the same peak luminosity. This may be attributed theoretically to physical laws that limit how much mass white dwarfs, the dying embers of stars similar to our Sun, can steal from a companion and remain stable. There is still debate about the exact nature of these progenitor systems, but if one considers a white dwarf

star near its critical mass limit as a necessary ingredient, then the conformity in Type Ia supernovae can simply be explained by the similar quantities and distributions of fuel in the explosions. Turning these stellar bombs into rulers to measure great distances is then straightforward.

As with any source of light, the brightness of a supernova appears to decrease with the distance to the observer squared. Since we know the luminosity of Type Ia, we also know how distant they are to good accuracy (about 5% with careful corrections), and since they are quite bright, we can see them even when they are extremely far away. The light from the most distant Type Ia supernovae discovered came from so far away that it takes about 10 billion years to reach earth. The universe has expanded greatly since these stars exploded, and this effects the photons on their journey to earth as well so that short wavelength blue light get stretched into red. The extent of this "redshift" conveys the accumulated effects of this expansion since the light escaped from these exploding stars. By measuring the redshifts to Type Ia supernovae over a range of distances, Saul hoped to map out



The Supernova Cosmology Project members in Stockholm during Nobel Week. Back row: Ivan Small, Sebastian Fabbro, Greg Aldering, Robert Quimby, Brad Schaefer, Rob Knop, Renald Pain, Carl Pennypacker, Shane Burns, Richard Muller, Ariel Goobar, Peter Nugent. Front row: Alex Kim, Pilar Ruiz-Lapuente, Andy Fruchter, Nelson Nunes (middle), Richard Ellis, Julia Lee, Susana Deustua, Saul Perlmutter, Warrick Couch, Heidi Newberg, Sylvia Gabi, Chris Lidman, Don Groom.

the universe's expansion history and determine just how much gravity was slowing down the expansion of the universe. At least that was the original plan.

Saul invented a novel technique to discover distant Type Ia supernovae in batches, on demand. A galaxy such as our own Milky Way has, on average, just one Type Ia supernova every 200 years. It is therefore impractical to discover supernovae in any particular galaxy within the lifetime of a typical research grant. However, if you look in any direction at a patch of sky roughly the size of the full moon, there are thousands of distant galaxies churning out Type Ia supernovae. Take a deep enough exposure of a few such patches, and when you revisit the fields with your

telescope a month later, there will be a dozen new Type Ia supernovae waiting to be found. As Saul explained during his Nobel Lecture in the magnificent Aula Manga lecture hall of Stockholm University, the tough part was convincing the telescope allocation committees that this would work and to schedule the observing runs as needed. It was not enough for Saul to invent the strategy to find cosmologically interesting supernovae; he needed the tenacity to see it carried out despite formidable opposition.

The Lectures are one of the first events in what is known as Nobel Week. It was also the moment that I began to realize that this was real – Brian, Adam, and Saul had really won the Nobel prize, and there they

were on stage regaling a packed auditorium with the tale of their discovery. Brian recounted how he had read one of the first telegrams put out by Saul's team, the Supernova Cosmology Project, to announce the successful discovery of a batch of high redshift supernovae and decided to start a competing team leveraging his group's expertise using Type Ia supernovae as distance indicators. Brian invited Adam to join, and the High-z Search Team was born. As you might imagine, the competition for resources and to publish first fomented a certain amount of animosity in the early days, but this has faded away over the years.

The highlight of Nobel Week is of course the award ceremony, which is followed by a banquet, dancing,

and then more dancing. This all begins the anniversary of Alfred Nobel's birth, December 10, with the celebration running well past midnight. The laureates are each given complimentary tickets to share with their families and collaborators, but the standard allocation is not enough to accommodate all the co-authors on such modern, highly collaborative experiments. An equal number is given to each awardee, so the High-z Team started off with twice the number of seats as the Supernova Cosmology Project, which evoked some grumbling amongst my team, echoes of the former rivalry. Saul pleaded on behalf of his collaborators, and in the end all of the team members in Stockholm received tickets to the ceremony (mine came just hours before the start of the show).

Dressed in our formal costumes – white tie and tails for the men and evening gowns for the women – we observed from the balcony as the drums rolled and the King, Queen, and Crown Princess of Sweden

entered the theater. The orchestra played Mozart as the winners of the physics, chemistry, medicine economics, and literature prizes marched in. This was not the most common of venues for an astronomer like myself who is more familiar with jeans and tee-shirts than tuxedos and waist coats, and the fact that much of the ceremony is done in Swedish did not help me to feel at home either. But it was absolutely amazing, nonetheless, to see Saul honored on stage at this most prestigious ceremony.

Saul was the first laureate to be awarded his prize, which like everything else that night was a tightly choreographed process constrained by customs far older than the prize itself. For the record, the proper procedure for receiving your Nobel Prize is: 1) stand when called upon and walk to the center of the stage, 2) receive the boxes with your diploma and medal from the King with two hands, 3) shake the King's hand, 4) step back and bow to the King, 5) turn 45 degrees

to your left and bow to the Nobel Academy on stage, and 6) turn to face the audience, bow, and bask in your ovation. When the applause die down, you may return to your seat, but don't open boxes! They will be collected after the ceremony and the contents displayed for 2 days before they are returned to you for good.

Saul appeared slightly nervous as he walked to the King, and it was reassuring to see that he and the other laureates retained their humility in spite of the pampering heaped on them since the announcement of their honor. He executed the next two steps with precision, but nearly erred on the fourth step. After taking the customary two steps back, Saul began to turn ever so slightly without bowing to the King. The audience let out a collective gasp. Saul corrected himself and bowed to the King appropriately, much to the relief of those in attendance. The near transgression lasted perhaps one second, but it served to intensify then break the tension in the room.

The ceremony was followed by the



The Nobel Prize Ceremony in the Stockholm Concert Hall.

Nobel Banquet, which was held in the Stockholm City Hall. Despite the 1300 seats in the main hall, which is a voluminous room decorated to give the feeling of being outdoors, tickets were again in short supply for the two teams, and I joined the overflow in a separate room (the actual dining hall in the basement). The adjacent room held the relatives of Alfred Nobel, and we all had the same three-course meal served to the laureates and royalty, complete with a pyrotechnic dessert. After coffee and cognac, two of the six beverages served through the meal, we were escorted upstairs to join the party. I managed to fight through the crowds to congratulate Saul, and he humored me when I asked for a picture, as did so many others that night. As if this all weren't enough, there was a final celebration, the Nobel Night Cap, thrown by University of Stockholm students. The Laureates still had energy to chat and pose for pictures well past 3 am when we said our goodnights.

I was invited to participate in this fantastic week of celebration for providing a small but important role in the discovery. I helped fit models to the data to find the cosmological parameters. Saul has described the realization of his discovery not as a single moment, but rather as a long “ah—ha” process. My contribution came near the end of this when it started to become clear that the supernovae discovered actually appeared a little fainter than we had expected given their redshifts. In other words, it seemed that the universe had expanded more than expected since these distant supernovae exploded. Saul asked me to help determine if there was evidence that the expansion of the universe was not slowing down at all,

but rather accelerating. He rushed to my office on the day the results came in, and I reported that with greater than 99% confidence, the expansion history of the universe could not be fit by the gentle attraction of gravity alone. True to his meticulous style, Saul requested double, triple, and quadruple checks, but the results held: a mysterious force is pulling the universe apart.

After participating in what has become a Nobel Prize winning experiment, I attended graduate school where I continued to study supernovae. This time instead of looking across the universe, I created my own modest search to locate the closest Type Ia supernovae I could find. I began to study supernovae themselves to help reveal exactly what they are to help perfect the calibration of their peak magnitudes and turn them into even better distance indicators, which will be useful in addressing the obvious question remaining after the champagne was finished, “what is the nature of this Dark Energy accelerating the universe?” Amazingly, the first empirical evidence that Type Ia supernova are truly the explosions of white dwarf stars was not obtained until late 2011 by the Palomar Transient Factory, which I have contributed to as a postdoc.



The 2011 Nobel Prize laureate, Saul Perlmutter, with the author after the banquet.

Questions about the nature of the companion are just beginning to be addressed.

During my search for ordinary Type Ia explosions, I uncovered the extraordinary supernovae with peak magnitudes and energetics ten times greater than ever seen before. Much like their lower luminosity cousins, these superluminous supernovae may serve as probes of the distant universe and help reveal its beginnings. Whether the results will similarly defy expectations remains to be seen.

Special
Contribution

Bringing the Forefront of Scientific Research to the Art Museum!

Akira Mabuchi

Designer/Art Director

The Marriage of Art and Science—Developments Leading up to the Exhibition

A unique exhibition entitled *The Marriage of Art and Science: Utsurobune*¹—Where Do We Come from and Where Are We Going?* was held at the Taro Okamoto Museum of Art, Kawasaki for some three months, from 15 October 2011 to 9 January 2012.

My involvement in the exhibition began with a request from the Taro Okamoto Museum of Art for participation in the planning of an exhibition for a certain up-and-coming new artist. The basic medium for this artist in producing his works was oil painting, but in what he ultimately expressed, the works released a mysterious energy that transcended the boundaries of the materials. Speaking of cultivating imagination in order to create, these works were created through a unique philosophy produced by capturing in the same dimension interests in various scientific thoughts—such as Big Bang cosmology, elementary particle theory, and molecular biology—as well as a spiritual sense, and then converting that philosophy into creative energy. In a preliminary discussion about the planning of this exhibition it was concluded that the usual exhibition format would not be

conducive to conveying this image, and a recommendation from the artist helped invite my participation. I had a strong interest in scientific images from the beginning, and in the same way, I was interested in the imagination of scientists as they advanced their research. It occurred to me that it would be interesting to place the fruits of the imaginations of scientists and artists in the same space—that is, the museum. Further, at the suggestion of a guest curator, the spatial sense of unity was enhanced through the participation of artists using scientific techniques in creating their works. As a result, the production staff was able to concretely share the image of a mysterious space in which works of art and scientific images are in perfect harmony, and this planning, with the basic concept of the *Marriage of Art and Science* was specifically launched.

How to Display Images—On the Science Installations

As the basic theme of the painter who was the center of this exhibition was *Life*, the themes for science installations were concerned with the *Universe, Brain, and Life Sciences*. This is because, taking a comprehensive view of *Life* as a genre of science, the images that naturally emerge are

questions of: *Where did life come from? What makes us live? Where do our emotions come from?* Specifically, we set as key concepts: *The universe—where did we come from? The brain—the thing that governs us. Cells—the things that make us live*, and tried them as science installations incorporating art reflecting the latest research results. Further, we asked people familiar with each genre and involved in some way with science communication to serve as coordinators. We established a system through which we were able to obtain the cooperation of the Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (IPMU) and the National Astronomical Observatory of Japan for the universe section, and RIKEN for the brain and cells section.

With respect to the universe installations, by holding discussions held primarily with coordinators, as well as concerned parties from the IPMU, researchers of the National Astronomical Observatory of Japan and the University of Tokyo who also work as science communicators, and by analyzing video interviews with researchers and members of the IPMU made to determine the direction of the exhibition this time, we placed the emphasis of this exhibition on the imagination itself



Universe Zone Installation. A giant work, 250 cm top to bottom x 1800 cm right to left. Courtesy: Taro Okamoto Museum of Art, Kawasaki.

of researchers concerned with the beginning of the universe, splitting into three layers—comprising cosmic background radiation as the basis, the part that can be observed specifically in electromagnetic waves subsequently, and the previous part concerned with the beginning of the universe. Take, for example, one episode of *Dr. Hawking's 13.7 Billion Year Story of the Universe*, of the Cosmic Front science program on NHK BS Premium—although it aired after the exhibition. As seen in the intense debate among the researchers and Director Murayama in front of the blackboard, we were aiming to present replicating the field of research grappling with the mysteries of the universe through pure theory rather than through observations and experiments, and the imagination itself of researchers, as art at the exhibition. That is, to express the magnificence and

potential of human imagination and creativity, and to express the wonder of the varied capabilities of individual human beings. People are impressed with the figure of humans challenging the unknown to the limits of their abilities, and I believe it makes people interested viscerally.

Accordingly, no matter how incomprehensible formulas, graphs, conceptual diagrams, and theses may be to ordinary people, through the wonder of the human brain, we recognize shapes even in difficult formulas, feel that they are interesting, feel that they are beautiful, and from there we can expand images and draw inspiration. With respect to explanations based on the logic of the scientific world—however simple they may be, or however many analogies might be used to make them easy to understand—ordinary people are prone to reject them because of the characteristic scientific logic,

and it is hard to get them to accept these explanations. We therefore decided to have faith in the human ability to accept images and boldly use art without explanations. In the exhibition, we explored expression and space intended to be accepted as *interesting* for overall appearance—even if the respective images were difficult seen as parts—and aimed for *intuitive understanding*. Through artistic sensibility, we presented the scientific imagination as interesting, and conversely we tried directions of a broad range of scientific approaches that emerge from there.

During the exhibition, we were able to observe the reactions of visitors at the venue, or there were some opportunities to speak with them directly, and it seems that a lot of visitors enjoyed themselves as they peered at formulas and mysterious shapes drawn on blackboards.

This time, in lieu of scientific

Special
Contribution

explanations used as captions in the installations (included in an illustrated book of the exhibition), we asked for the cooperation of a poet (who is also a scientist) as a means of trying another channel to stimulate the imagination. We also played music softly in the introduction part using a rare instrument called *hamon* (ripple sound) in the image of a *suikinkutsu*^{*2} aiming to make a spatial intimation.

Here, we introduce the poetry below.

In Closing—the Future of Scientific Information

This exhibition was a valuable experience through which I was able to put into practice the things that I had felt about conveying scientific information through visualization—something that I had been involved with for a long time. Based on this

experience, I found that however impossible it may be to accurately understand scientific theories themselves, I can understand them as images due to the nature of my work, so I am ever more determined to pursue graphics with the sensibility of art as a bridge to understanding.

Scientific information has become increasingly difficult. As seen in the growing expectations for the

Taro's Explosion

Yosuke Tanaka

In the beginning
There was Taro Okamoto

Art is an explosion
He said, standing with arms outspread

But it is invisible
Time-space swells
And now
As it has run up the slope of night

Mathematicians, cosmologists, physicists calculate
They tap equations into the blackboards at Kashiwa

Like a warm tide of blood
The blackboard is covered with every imaginable equation
Erased then rewritten
Written then re-erased

Even so, someday
Surely, they will arrive, to Taro's source

The unfathomable, invisible far side beyond time-space
The explosion that
For the first time
Purified the
Universe

(translated by Jeffrey Angles)



Part of the exhibition venue. The Cell Zone created in cooperation with RIKEN can be seen at the back. Courtesy: Taro Okamoto Museum of Art, Kawasaki.

roles of science in vastly expanded research, ethical issues of life sciences, and building a sustainable society, understanding among ordinary people of the significance of this research has become increasingly important, and efforts toward that end are vital. We need more than a single methodology—we must consider the variety of human sensibilities, and there must be increased mutual influence in *Art and Science*.

We enjoyed the cooperation of many people involved with science and art in our experiments this time. At the Universe Zone installation in particular, we received the active support of concerned parties at IPMU for our direction of installations that we want to put scientific imagination or the research results themselves, rather than incorporating the sensibility of illustrators and designers for techniques to form things that basically do not appear. Also, for further investigation of these techniques, we received wide ranging cooperation in discussions of how to make representations, interviewing with scientists, recreating actual discussions using blackboards, and more.

We are confident that it is this cooperation that produced depth in this exhibition and provided various imaginations to exhibition visitors.

(Exhibition data)

Title: Taro Okamoto Centenary Exhibition *The Marriage of Art and Science: Utsurobune—Where Do We Come From and Where Are We Going?*
Organizer: Taro Okamoto Museum of Art, Kawasaki
 7-1-5 Masukata, Tama-ku, Kawasaki, 214-0032
Dates: October 15 (Sat), 2011 through January 9 (Mon), 2012
Image cooperation: National

Astronomical Observatory of Japan; Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, The University of Tokyo; RIKEN
Cooperation: Department of Arts Policy & Management, Musashino Art University
General supervision: Keinosuke Murata (Director, Taro Okamoto Museum of Art, Kawasaki)
General production/art direction: Akira Mabuchi (Designer/Art Director)
Guest curator: Ryu Niimi (Professor, Department of Arts Policy & Management, Musashino Art University)

(Editor's footnotes)
 *1 According to EDRDG's JMdict/EDICT Japanese-English Electronic Dictionary database, *utsurobune* is an unidentified craft said to have washed ashore in Ibaraki Prefecture during the Edo period (sometimes alleged to have been a UFO). Here, it may symbolize a journey of our imagination through space and time.
 *2 According to Wikipedia日英京都関連文書対訳コーパス (Kyoto-related Japanese-English bidirectionally translated documents corpus), *suikinkutsu* is a decoration device in a Japanese garden that generates a sound like the *koto* (Japanese harp) with drops of water. More specifically, it is an upside down buried pot into which water drips through the hole at the top onto a small pool of water inside of the pot, creating a pleasant splashing sound.



A poster of the exhibition *The Marriage of Art and Science: Utsurobune—Where Do We Come from and Where Are We Going?*

Special Contribution

Our Team

Naoyuki Tamura

Research Area: **Astronomy**

IPMU Assistant Professor

I have been working on observational astronomy and instrumentation. These two areas are intimately connected and synergy is essential to better understand the universe by observation.

I started instrumentation when I was a graduate student at Kyoto University. While I was studying the internal variation of stellar population in early-type galaxies to understand their formation and evolution, I joined the development team of "FMOS" (Fiber Multi-Object Spectrograph) for the Subaru Telescope. Later I moved to Durham University (UK) and then to the Subaru Telescope as an instrument scientist, and I continued to play the central roles in the development and commissioning of FMOS, with continuing galaxy evolution studies by observing globular cluster populations and high-redshift

galaxies.

Now that FMOS is in science operation as a powerful tool for modern survey astronomy, I decided to move onto a new project to build yet another, much more powerful multi-object spectrograph, namely, SuMIRe-PFS. As a member of the project office centered at IPMU, I am trying to oversee the instrument development. I am also keen to develop an integral field spectrograph and research new technologies and applications for this.



Growing Black Holes in COSMOS

John Silverman

IPMU Assistant Professor

A workshop was held at IPMU between February 13-22 to pave the way forward to answer fundamental questions regarding the growth of supermassive black holes using the COSMOS survey such as those addressing the physical mechanism that triggers the growth of black holes, the epoch when the first black holes appeared, and whether a causal connection between the mass assembly of black holes and their host galaxies exists. The meeting was designed to span a broad range in topics related to active galactic nuclei (AGN), an observationally-defined class of objects in which mass is being converted into energy by a massive black hole sitting at center of practically every galaxy.

COSMOS is a unique extragalactic survey that covers two square degrees of the sky with observations by practically every observatory from both space (e.g. Hubble Space Telescope, Chandra X-ray Observatory) and the ground (e.g. Subaru Telescope, Very Large Telescope) to provide unprecedented coverage, of galaxies and their supermassive black holes, across the electromagnetic spectrum from radio to X-rays. In particular, the Subaru Telescope with Suprime-Cam, under the direction of Dr. Yoshiaki Taniguchi (Ehime University) has provided a suite of medium-band optical images thus contributing to a new era in precision photometric redshift estimates. Such an effort to utilize this vast array of telescopes requires the international cooperation of over one hundred dedicated scientists worldwide.

The workshop, attended by forty-one scientists, kicked off with a broad introduction by Dr. Luis Ho (Carnegie Observatories) and Dr. Martin Elvis (Harvard-Smithsonian Center for

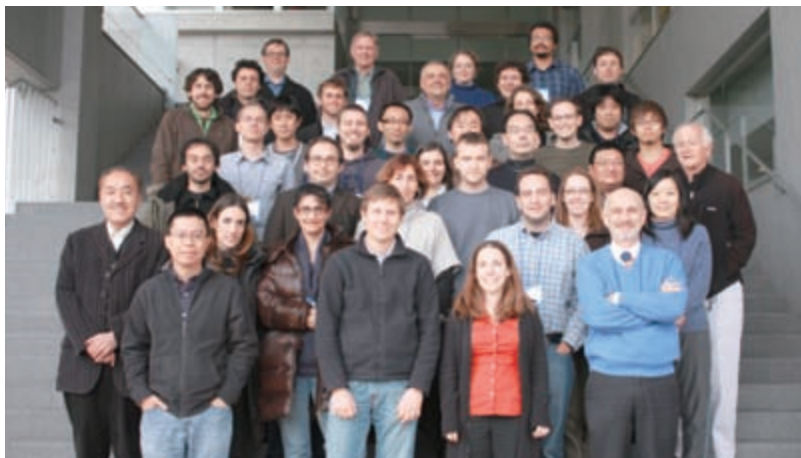
Astrophysics) that covered what we know about black holes that power the low luminosity AGNs in the local Universe to the most luminous and distant quasars. Over the next two and a half days, there were contributed talks that addressed the physical properties of AGN including the circumnuclear dust content, the connection to star formation, and the relation to large-scale structures such as galaxy groups and clusters. An extensive discussion addressed the need to disentangle the emission from an AGN and its underlying host galaxy in order to assess the total (bolometric) energy output generated by supermassive black holes thus providing an accurate measure of the rate at which they grow in mass. Furthermore, one of the main goals of COSMOS is to trace the accretion of matter onto supermassive black holes over a wide range of cosmic time (i.e. the last 10 billion years).

The participation of scientists within the Japanese astronomical community was encouraged. For example, Dr. Toshihiro Kawaguchi (Tsukuba University) presented a new theoretical model of dust reprocessing of ultraviolet emission from AGN. Dr. Masayuki Akiyama (Tohoku University) reported on new results regarding the global evolution of the mass distribution of actively, growing supermassive black holes from the Subaru XMM Deep Survey. In addition, Dr. Tohru

Nagao (Kyoto University) kindly provided an overview of Japan's effort to carry out the next wide-area optical survey with Hyper-Suprime-Cam (HSC), a wide-field optical imager to be mounted on the Subaru Telescope this spring. Early science results from surveys with HSC are likely to make use of the multi-wavelength data available in COSMOS.

The final week of the meeting was dedicated to working group sessions that addressed ongoing observational efforts in COSMOS. There was much discussion and coordination of the near-infrared spectroscopic survey being carried out with FMOS on Subaru, a joint effort between IPMU and the University of Hawaii. These observations are enabling more accurate estimates of the masses of supermassive black holes at high redshift and unveiling the nature of AGN hidden by dust-obscuring clouds. There were also short presentations of new data sets in the near and far infrared with Hubble Space Telescope and Herschel. Finally, it was recognized that the Atacama Large Millimeter Array, with Japan playing a major role, opens remarkable opportunities to study supermassive black holes by detecting the reservoirs of cold gas that may be feeding these monsters.

The organizers and IPMU greatly appreciate the contribution from all of those in attendance at this workshop. We look forward to having you back again.



IPMU Interview with Michael A. Strauss

Interviewer: Masahiro Takada

IPMU Has Grown to Become a Major World Institution in Astronomy

Takada: Thank you so much for helping us with this interview. Let me start with this question. Could you tell me your impressions of IPMU?

Strauss: Oh, IPMU is really a wonderful place. Well, you know very well that it has grown so quickly. I guess 2007 was the beginning?

Takada: Yes you are right, we have existed for four years so far.

Strauss: Just four years and a little bit, and it's already one of the major world institutions, at least in astronomy, and I think also in physics and mathematics. It's just astonishing how quickly it has grown. You all have managed to bring together really top people from all over Japan and all over the world. It's very exciting that

Michael A. Strauss is a Professor at the Department of Astrophysical Sciences, Princeton University. He is former Project Spokesperson and Deputy Project Scientist of the Sloan Digital Sky Survey (SDSS). He received his Ph.D. from the University of California at Berkeley in 1989. He became a faculty member of the Department of Astrophysical Sciences, Princeton University in 1995, and a full professor in 2004.

you are not just focusing on theoretical astrophysics, but also observational work, and you are bringing together different components of the Japanese observational community to start thinking about these large surveys that we are doing, which is really wonderful. I am really happy to see that.

Takada: I am very glad to hear such nice words about IPMU. Thank you! Okay, let me ask you about a different topic. You have been working on very massive galaxy surveys, and we are now working together on upcoming surveys using the 8.2m Subaru Telescope, that is, the SuMIRe project. Could you explain the SuMIRe project for the readers?

Excited by the SuMIRe Project

Strauss: Well, the first thing to say is that the Subaru telescope is one of the best telescopes in the world. It's one of the largest optical telescopes in the world, with an 8.2-meter diameter mirror. It's been designed with a very wide field of view, so it's particularly well suited for large-scale surveys both for

imaging and spectroscopy. With this in mind, the National Astronomical Observatory of Japan, NAOJ, led by Satoshi Miyazaki, and institutes in Japan including IPMU have built a wide-field imaging camera, called Hyper Suprime-Cam. This is going to be the largest imaging camera on a large telescope in the world, and therefore the most powerful for doing large surveys for covering the sky and mapping the sky to very faint magnitudes to study distant galaxies and faint stars.

So, the first aspect of the SuMIRe project is to image the sky with Hyper Suprime-Cam. We hope to start that survey a little over one year from now. With the images that we gather, we will use gravitational lensing to study the distribution of matter in the universe as a function of redshift, study the properties of galaxies, look for distant quasars, look for structure in the Milky Way halo, and many other things. The data that we will gather will be useful for studying a very large range of different scientific areas.

But in astronomy, to get full information about the physical nature of the objects that we want and in particular to measure the distances of galaxies, we need to measure spectra. We can gain detailed understanding of the physical nature of the galaxies with the spectra. We can measure the chemical composition, surface temperatures and speeds of

stars from their spectra. To measure spectra, one needs a different instrument, and that's where the Prime Focus Spectrograph, PFS, comes in. This is the second aspect of SuMIRe. IPMU is playing a leadership role on both of these projects, but in particular, Hitoshi Murayama is the PI of the PFS project and has brought together an international collaboration to design and to build this spectrograph to measure the spectra of objects that we identify from the imaging data. We are starting to design the surveys that we hope to carry out with this spectrograph. We have just spent the last week discussing this topic in a conference with about 80 people in Tokyo. We then continued these discussions here at IPMU discussing the survey plans and how this affects the design of the spectrograph. This project is becoming very real. It's really very exciting. The complementarity of the imaging data and the spectroscopic data together gives you an extremely powerful probe of a huge range of different scientific questions: from cosmology and galaxies to the structure of our own Milky Way.

Takada: Yeah. We can do so many things. However, what is the most exciting and most interesting scientific outcome that you are expecting to get

Masahiro Takada is an IPMU Associate Professor. He is an astronomer, interested in the field of observational cosmology.





from the SuMIRe surveys?

Strauss: Well, we design surveys to do very specific scientific projects. For SuMIRe, the main focus is really two-fold. Understanding the structure of the universe as a whole, probing the parameters of dark matter and dark energy, which dominate the mass-energy density of the universe, that's one goal. The other is to understand the evolution of galaxies. When we look with our telescopes, we see the light from these distant galaxies not as they are now, but as they were in the distant past: because they are so distant, the light takes billions of years to reach us. We can learn about the history of the universe directly from our observations. So, those are the

two key goals of SuMIRe.

But, when we do large-scale surveys, we quickly realize that there is lots of other science we can do including scientific areas that we had not anticipated. My experience with the surveys that I have been involved in is that the science that we don't anticipate is often the most exciting. And the way we can make that happen is by doing the highest quality survey we can – we design the survey, the instruments, and of course the telescope, and the survey to do this is focused on the main science goals, but we will try to get the most out of our data that we possibly can and that will enable us to do science that we have not yet anticipated.

Takada: Exactly. You are

emphasizing that data quality is really important for getting full potential out of this kind of massive survey.

Strauss: Yes.

Takada: Of course, one aspect of this SuMIRe project, as you mentioned, is international collaboration. Have you found any issues, or any suggestions, for carrying out this size of international collaboration, given your expertise?

Strauss: Well, international collaborations are difficult because, of course, we are separated by such large distances, so we find ourselves having to work very hard on communication, making sure that we actually are communicating with each other and understanding what we are doing. The SuMIRe collaboration involves

scientists on four continents; Asia with Japan and Taiwan; North America with the United States; South America with Brazil; and Europe with the French, so trying to work all together is a real challenge. I have been to Japan 11 times in the last four or five years. Most of these times, I have come to visit IPMU, and this sort of intensive travel is what is required. And you have come to visit us at Princeton many times as well.

Takada: So communication is really important for such an international collaboration.

Strauss: Yeah, and having opportunities to be together and work together in the same place. We can communicate by Skype, by phonecon, by Polycom, by email, but being face to face together is still very important, and so we have to spend a lot of time on airplanes. But, it's very exciting. At dinner the other night, we were talking; there was Portuguese, and Spanish, and English, and French, and Japanese, and one of the wonderful things about being a scientist is being part of that international community. I am really enjoying that.

SuMIRe Is a Natural Continuation of SDSS for Massive Galaxy Surveys

Takada: Okay. Again, let me come back to massive galaxy surveys. You have been working on the Sloan Digital Sky Survey for many years, which is the largest

galaxy survey thus far. It uses a dedicated 2.5m telescope, and has well controlled data quality. When did you join Sloan Digital Sky Survey?

Strauss: The first time I remember hearing about the project, I was a postdoc at Caltech; this was perhaps 1990. I was observing at Palomar Observatory and Jim Gunn, who was visiting from Princeton, was observing there at the same time. I remember talking to him at that time, and he told me, "You know, I am thinking about this really exciting project and we are going to measure the spectra of a million galaxies." I said, "Oh, my goodness, this sounds very exciting." My thesis work was a redshift survey, spectroscopic survey...

Takada: To measure peculiar velocities of galaxies in the large-scale structure?

Strauss: That's right, peculiar velocities: large scale flows. My thesis included redshifts for about 2,400 galaxies. That took my colleagues and me several years. I spent lots of time at the telescope to measure those redshifts.

Takada: But, he was talking about a million galaxy spectra.

Strauss: He was talking about a million galaxies. I thought, "Oh, this is very, very exciting." In one night with SDSS, we can observe about 5,000 galaxies; twice the size of my thesis every night! I came to Princeton as a postdoc in late 1991. One of the first things I did was to go to Jim Gunn, and



I said, "I am very interested in the Digital Sky Survey." It wasn't yet the Sloan Digital Sky Survey because the Sloan Foundation was not yet funding the project. I said, "Is there anything that I could do to be useful?" He said, "Oh, yes, I am sure we can find something you to work on." I started getting more and more involved. I was a postdoc and then I made a transition to being on the faculty...

Takada: Okay. When was that, is that '94 or '95?

Strauss: I became a faculty member in 1995, so I was a postdoc for 4 years.

Takada: At the Institute for Advanced Study?

Strauss: I was at the Institute, that's right. It's separate from Princeton University but very

close, as you know; it's not very far away. I was coming to Princeton University quite often. In fact, the Institute was a partner in the SDSS so it was actually officially part of the project. Indeed another person who was at the Institute at the same time as me was David Weinberg who also got involved in SDSS at the same time.

Takada: So you mean you were involved in the Sloan Digital Sky Survey Project from the beginning?

Strauss: Almost, not the absolute beginning... The official beginning of the project was in 1988. There was a meeting held in Chicago to discuss how to make this happen, and Jim was there, as well as people from the University of Chicago. I was

not there at that time, only getting involved some years later. The Sloan project, as you know, involves an imaging survey and a spectroscopic survey with the same telescope, so separate instruments for imaging and for spectroscopy. The imaging camera was built by Jim Gunn and his colleagues centered in Princeton, and the spectrographs were built largely by people at Johns Hopkins University, including Alan Uomoto and Steve Smee. The legacy of both of those continues on to the SuMIRE project, both the imaging and spectroscopy. The imaging camera, of course, is built by the Japanese, led by Miyazaki-san. But, Jim and Miyazaki-san have been discussing the design a lot.

The SuMIRe spectrographs are being led again here in Japan, but Jim has been very much involved in the design, and Johns Hopkins, including Steve Smee, is involved as well. With the SDSS, we did wide-field imaging and multi-object spectroscopy, and we were able to characterize the distribution and physical nature of galaxies in the nearby universe at low redshifts, and therefore at the present time. As we ask the next generation of scientific questions, we realize that we need to explore the nature of the Universe as a function of redshift to ask how the distribution of galaxies changes with redshift, and how their physical nature changes with redshift, what the gravitational lensing signature is as a function of redshift.

And all these things require observing much fainter galaxies, and therefore a much larger telescope, which leads us to the SuMIRe project on Subaru. So, it's a very natural continuation of the same scientific themes. In science, we answer many important questions, but new questions come up. For example, when the SDSS started, we had never heard of dark energy. We did not know that the universe's expansion was accelerating. There were a few people who had some crazy ideas that maybe this was happening, no one paid them any attention. Now here we are; it is one of the most

important developments in our field in many years. Now, our view of the universe has changed completely, and we are in this very exciting situation that we have a very complete model for the universe, a very simple model for the universe that describes essentially all the cosmological data we have, with just a very small number of parameters. But, it involves dark energy and dark matter, and we don't know what these things are, so we have a very precise measurement of the things we don't understand, which is a very confusing situation to be in, and it's of course very exciting.

Takada: Yeah I am very interested in the nature of dark matter and dark energy, and believe the SuMIRe surveys can address these very important questions. For the SDSS, how did you deal with such a massive dataset, and how did you prepare the software and pipeline for processing such a huge dataset?

SDSS Almost Failed Several Times

Strauss: Yes, well, when we started SDSS, we had a very poor understanding of how big the software challenge would be. People had reduced images before, so we thought that we could use some of the existing pipelines, and we would develop the software in our spare time. In our first budget, there was no money set aside for

software at all, zero. In fact, the software turned out to be one of the most difficult technical challenges of the project. The SDSS had many, many problems. This was one of them. We had a lot of tensions in the early years of the project, a lot of disagreements among people about the writing of the software and how to fix problems with datasets. In addition, we did a very poor job early on of understanding how much it would all cost—so, the original estimation of the cost of the project would be \$15 million.

Takada: Fifteen! one-five?

Strauss: Yeah, one-five. The final number was \$100 million for the first phase of SDSS. So, we were almost an order of magnitude too small. When I came to Princeton in 1991, I was told that the first light would be in late 1994. First light was in May 1998, so it was 4 years late. We had big money troubles and everything was late. There were many problems. Do you know that there was a book written about the history of the project, by Ann Finkbeiner?

Takada: Yes, I know that.

The book about Jim's story describing how the SDSS started. But I haven't yet read it.

Strauss: Yeah, do read it, because it's very interesting. One of the things that we are very aware of in SuMIRe is not to repeat some of those mistakes. We became very

realistic about the timescales and the amount of money required. We were talking earlier about international collaborations making sure that communication happens, so we don't spend all of our time fighting, and that's where I think we are doing very well. We don't spend our time fighting; we spend our time working and being productive together and helping each other.

Takada: The SDSS did such a great job. It's really amazing.

Strauss: Yes. Well, it almost failed several times. We ran out of money several times, and had technical problems of all sorts, and organizational problems. Many chapters of Finkbeiner's book describe this. Do you know, for example, that we broke the secondary mirror of our telescope?

Takada: What! I didn't know that.

Strauss: First light of the telescope was in May 1998, and at that point, we were just doing drift-scan imaging on the equator. You don't have to drive the telescope, just keep the telescope fixed and let the sky go by. We were already able to start using those data to do science, and we were starting to write scientific papers 6 months later. But, about a year after that, in 1999, we started doing spectroscopy and the mirror was broken. The secondary mirror is supported on the back by pistons that control focus and

tilt. The different pistons push in various ways, and they have to push in a way that's consistent with the shape of the mirror. However, one of the pistons pushed too hard and punched through the glass, putting a hole in the secondary mirror.

Takada: A hole in the secondary mirror!

Strauss: This happened, I think, in November of 1999. I thought at that time, the project is dead; that's the end. But it turned out that the damage to the mirror was confined to the center of the mirror. As you know, the primary mirror has a big hole in the middle so that central part of the secondary is not illuminated, and so it was possible to just patch up the damaged portion, and the secondary was usable after that. That damaged secondary is still there. This is all described in Finkbeiner's book.

SDSS Has Been Making Major Impacts in Many Areas of Astronomy

Takada: Well, once these things were sorted out, you have done some great things with SDSS. Some of the papers using SDSS data have had significant impact on the community and have so many citations, even compared to the papers from the Hubble Space Telescope or the high-energy X-ray satellites.

Strauss: We are very pleased with that. Again, one of the things that's really fun

has been that we can make major impacts in many different areas of astronomy from large-scale structure, to distant quasars, to the structure of the Milky Way. Early in the Sloan, one of the things that I was involved in, using some of the very early data, was identifying high redshift quasars. Because of the absorption from the neutral hydrogen in the intergalactic medium, high-redshift quasars are very red. Actually, this was before the SDSS spectrographs were in operation, so we were using the Apache Point 3.5 meter telescope to observe these spectroscopically. I was working with my student Xiaohui Fan (now on the faculty at Arizona). We were observing the reddest objects we could find with the 3.5 meter. We were finding high redshift quasars and very red brown dwarfs at the same time, so half the objects were brown dwarfs and half were high redshift quasars, so we were finding the most distant quasars and the most nearby stars, you know, ten parsecs away and 14 billion light years from us, so it was really lot of fun. That was really exciting observing.

Every night, whenever we found something at very high redshift, we would call Jim Gunn. He told us, "You can always wake me up; if you have a high redshift quasar, wake me up," so we called at two in the morning and said, "Jim, we have redshift 5,"

and he said, "Oh, that's good, that's good. I am going back to sleep."

Takada: After the big success of SDSS, do you feel that it's easier to work for the new massive galaxy survey, the SuMIRe project, for example compared to mid 90s?

Strauss: Yes, one of the things that we were doing new with SDSS was trying to think about how to work together in large groups. Astronomers—optical astronomers, at least—are used to working in small collaborations, a few people. When we published our first SDSS papers and had over 100 authors, people thought that was really strange. We wrote a detailed policy describing our rules for publications. That turned out to be very important because we needed some way to allow people to follow their scientific interests and to promote the careers of young people and make sure that the best science happened. There are ways to do this wrong and spend all your time arguing about who gets to do what science and who gets to be the first author. By having a clear policy that everyone agreed to, we solved a lot of trouble.

Takada: Yes, for the Hyper SuprimeCam Survey we in the collaboration team agreed to a collaboration policy similar to that of SDSS. Hopefully we can also follow the big scientific success as in the SDSS.

Okay, let's change the

topic. For you, what's the difference between theorist, observer and experimentalist in astronomy or cosmology?

Strauss: I have certainly noticed that many people who call themselves theorists in astronomy are finding themselves more and more excited by observational astronomy—in particular survey astronomy because they realize that if they want to test their theories, they need these surveys. Princeton still thinks of itself as a very theoretically-oriented astrophysics department. But, many of the theorists are doing more and more observational work; people like David Spergel, for example.

Takada: Now, no clear boundary. Okay this is the last question. What do you expect for the future of IPMU—any suggestion or comments?

Strauss: IPMU is getting very much involved in and playing a leadership role in these surveys. SuMIRe will keep us busy a long time: we will still be doing SuMIRe science 10 years from now and then we will be thinking about the next wonderful project to do.

Takada: Thank you very much! All you told me and described is very fun and interesting. Please keep working with us on this exciting journey of wide-area galaxy surveys!

Kavli Foundation Established an Endowment for IPMU

On February 8, 2012, a press conference was held at the University of Tokyo, with the establishment of an endowment of \$7.5 million by the Kavli Foundation for the Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (IPMU). The income from the endowment will help sustain the research program at the IPMU. At the conference, President Junichi Hamada, Managing Director Masako Egawa, IPMU Director Hitoshi Murayama and others from the University of Tokyo, Vice President Miyoung Chun from the Kavli Foundation, and a guest from MEXT (the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology), Deputy Director-General of the Research Promotion Bureau, Koichi Morimoto participated. Also, from the Kavli Foundation, Founder and Chairman Fred Kavli and President Robert W. Conn joined the conference through a video conference system.

The IPMU will be named as the Kavli IPMU on April 1, 2012 in honor of Fred Kavli for his generous gift. This is the first time a National University in Japan is hosting a named research institute with an endowment donated from a foreign foundation.

The Kavli Foundation sponsors research in astrophysics, nanoscience, neuroscience and theoretical physics. Up to now, it has donated fifteen

Kavli institutes that exist only at the most prestigious universities in the world, such as Harvard, MIT, Cambridge, and the like. The IPMU will become the 16th Kavli institute. As Director Murayama expresses in Director's Corner (page 3) of this issue of *IPMU NEWS*, joining the family of Kavli Institutes implies that the IPMU joins the prestigious institutes in the world, and, therefore, it helps IPMU to develop further to a world premier institute.

The University of Tokyo has set a long-term goal of "200 billion yen by 2020" in accordance with President Hamada's action scenario "FOREST 2015," with the aim of attaining a new form of the national university by strengthening global competitiveness. The fact that the IPMU is supported by the endowment donated from a foreign foundation has implications for the University of Tokyo that it successfully secured a resource from overseas with a new scheme, and that it has stepped forward to a new vision of the national university. For the IPMU, supported by the WPI program for the specified duration, introducing a scheme to receive annual returns in perpetuity from an endowment is also a big step forward to make the IPMU a permanent research center.

The Kavli IPMU naming ceremony and public lecture will be held on May 10, with Mr. Fred Kavli in attendance.



From left to right: K. Morimoto (Deputy Director-General of the Research Promotion Bureau, MEXT), H. Murayama (IPMU Director), J. Hamada (President, the University of Tokyo), M. Chun (Vice President, Kavli Foundation), and M. Egawa (Managing Director, The University of Tokyo).



From the Kavli Foundation, Founder and Chairman Fred Kavli and President Robert Conn joined the press conference through a video conference system.

Missing Dark Matter Located: Inter-Galactic Space Is Filled with Dark Matter

Masataka Fukugita, Professor at the Institute for Cosmic Ray Research (ICRR), the University of Tokyo, and IPMU Principal Investigator and Naoki Yoshida, IPMU Associate Professor, together with Shogo Masaki, a graduate student at Nagoya University, used very large computer simulations of cosmic structure formation to unfold various contributions to the projected matter distribution. They showed that galaxies have extended

the outskirts of dark matter, well beyond the region where stars exist. The dark matter distribution is well organized but extended to intergalactic space, whereas luminous components such as stars are bounded within a finite region. There is no empty space in the universe. The inter-galactic space is filled with dark matter.

More interestingly, the estimated total amount of dark matter in the outskirts of the galaxies explains the gap between the global cosmic mass density and that derived from galaxy number counting weighted by their masses. A long-standing mystery on the location of the missing dark matter is now solved by the research.

This article was published in *the Astrophysical Journal*, vol. 746, on February 10, 2012.

Precise Measurement of Dark Matter Distribution with Strong and Weak Gravitational Lensing

Gravitational lensing provides an important means of studying the spatial distribution of mysterious dark matter, which is a dominant component of the mass in the universe but which cannot be directly seen by the usual observations. An international research group led by Masamune Oguri, Assistant Professor at IPMU, has made a precise measurement of dark matter distribution in galaxy clusters by analyzing both 'strong' and 'weak' gravitational lensing

phenomena observed in images of 28 galaxy clusters taken at the Subaru telescope. The result settles a long-standing controversy about the central concentration of dark matter distribution.

This result appeared in *the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* as an online version in January, 2012, and was published in its vol. 420 in March, 2012.

Masataka Fukugita & Tsutomu Yanagida Awarded the Third Yoji Totsuka Prize

The Third Yoji Totsuka Prize has been awarded to Masataka Fukugita, Professor at the ICRR and Principal Investigator at IPMU, and Tsutomu Yanagida, IPMU Professor and Principal Investigator, for the "Proposal of a Mechanism to Generate the Cosmological Baryon Number Asymmetry via Leptogenesis." This prize is awarded annually aiming at recognizing outstanding achievements in neutrino physics experiments, non-accelerator particle physics experiments, or related theoretical studies.

Fukugita and Yanagida proposed a model in which the decays of right-handed neutrinos may produce the lepton number asymmetry if CP invariance is violated in the decay processes, and this lepton number asymmetry is converted into the baryon number asymmetry of the

universe via non-perturbative effects of electroweak theory. Though this model has not yet been tested experimentally, at present it is the simplest and most promising model to explain the baryon number asymmetry of the present universe. This mechanism to account for the origin of the cosmological baryon number asymmetry via the lepton number asymmetry is called *leptogenesis*. Prof. Fukugita and Prof. Yanagida have been highly evaluated for their work which opened a new horizon in the investigations of cosmological baryon number asymmetry.

The award ceremony was held at the Koshiba Hall at the University of Tokyo's Hongo campus on March 18, 2012.

2012 Japan Academy Prize to Takaaki Kajita

The Japan Academy announced at its 1057th General Meeting on March 12, 2012 that Takaaki Kajita, ICRR Director and IPMU Principal Investigator, had won the 2012 (102nd) Japan Academy Prize for the "Discovery of Atmospheric Neutrino Oscillations." The award ceremony will be held in June, 2012.

Prof. Kajita and his collaborators discovered neutrino oscillations through observations of atmospheric neutrinos, which are produced by the interactions of cosmic rays with the atmosphere surrounding the

Earth, by the Kamiokande and Super-Kamiokande detectors located in the Kamioka mine in Gifu Prefecture. Neutrino oscillations give the conclusive evidence for finite neutrino mass. A detailed story of this discovery was written by Prof. Kajita in *IPMU NEWS* No. 15, see pp. 28-33.

Masahiro Ibe Co-Winner of the 2011 Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics

The 2011 Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics was awarded to Masahiro Ibe, Associate Professor at ICRR and IPMU Scientist, and Ryuichiro Kitano, Associate Professor at Tohoku University. Their article “Sweet Spot Supersymmetry,” published in *the Journal of High Energy Physics* 0708 (2007) 016, was recognized by the Japanese particle theorists community which selects recipients of this award from its young members to encourage them.

Science Camp for High School Students “Learn Math and Physics to Challenge Particles and the Universe”

A winter science camp for high school students, “Learn Math and Physics to Challenge Particles and the Universe” was held at IPMU for three days, December 26 – 28, 2011, and nineteen students selected among applicants from all over Japan took part. The science camp is one of the

projects supported by JST (Japan S&T Agency), providing hands-on experience to high school students. JST selects programs for subsidization from applications, and three-day camps on approved topics are held at universities or research institutes, which include discussions with frontier scientists and among the participating high school students.

This was the second science camp held at IPMU. The participating high school students who like mathematics and physics stayed together for three days, hearing lectures in mathematics and relativity. They also attended IPMU researchers’ tea time. After the camp, they made comments such as, “I am very happy because I made friends with whom I can share a keen interest



in science, which is impossible with my school friends,” or “After the camp, I will stay in contact with friends I met here through e-mail or Skype.”

IPMU in WPI Exhibit Booth at AAAS Annual Meeting

The six WPI centers jointly participated for the first time in an overseas event, the AAAS (American Association for the Advancement of Science) 2012 Annual Meeting, which was held from February 16 through 20, 2012 in Vancouver, Canada.

The WPI booth was open from February 17 through 19 within the Japan Pavilion in the Vancouver Convention Center, and the purpose



WPI booth at the Japan Pavilion.



WPI booth staff members included a MEXT officer Mitsu Ueda (Director, WPI/Basic Research Promotion Division, Research Promotion Bureau), 2nd from the right in the front row, in addition to those from the six WPI centers.

of the WPI program, which aims to establish globally visible research centers in Japan, as well as the recent research activities of each WPI center was exhibited through video presentations and posters. About 2,700 people visited the JAPAN Pavilion over the three days. A total of 11,000 people visited throughout the AAAS 2012 Meeting, many more than in the usual year. About 6,000 people came on the “Family Science Day,” and about 700 people were those engaged in media or public-relations.

IPMU Seminars

1. “What are higher-dimensional analogues of D_n , E_6 , E_7 and E_8 singularities?”
Speaker: Ivan Cheltsov (Edinburgh)
Date: Nov 08, 2011
2. “Stellar dynamics lecture - 1: Kozai-Lidov resonance”
Speaker: Scott Tremaine (Institute for Advanced Study, Princeton)
Date: Nov 08, 2011
3. “Spinoptics in a stationary spacetime”
Speaker: Valeri Frolov (Alberta)
Date: Nov 08, 2011
4. “On tetragonal construction of R. Donagi”
Speaker: Constantin Shramov (Steklov Math Institute and Laboratory of Algebraic Geometry, HSE)
Date: Nov 08, 2011
5. “Stellar dynamics lecture - 2: integration algorithms”
Speaker: Scott Tremaine (Institute for Advanced Study, Princeton)
Date: Nov 09, 2011
6. “Gravitational Lensing III”
Speaker: Marcus Werner (IPMU)
Date: Nov 10, 2011
7. “Testing the equivalence principle: the link between constants, gravitation and cosmology”
Speaker: Jean-Philippe Uzan (IAP)
Date: Nov 10, 2011
8. “Fermionic structure in lattice, conformal and massive integrable field theory”
Speaker: Fedor Smirnov (Paris 6)
Date: Nov 14, 2011
9. “Derived Reid’s recipe for threefold singularities (Part I)”
Speaker: Timothy Logvinenko (Warwick)
Date: Nov 14, 2011
10. “Derived Reid’s recipe for threefold singularities (Part II)”
Speaker: Timothy Logvinenko (Warwick)
Date: Nov 15, 2011
11. “Universal behavior in the scattering of heavy, weakly interacting dark matter on nuclear targets”
Speaker: Richard Hill (Chicago)
Date: Nov 15, 2011
12. “Hidden fermionic structure of the XXZ model”
Speaker: Fedor Smirnov (Paris 6)
Date: Nov 15, 2011
13. “Quantum cohomology of flag varieties”
Speaker: Changzheng Li (IPMU)
Date: Nov 16, 2011
14. “Conquering Systematic Errors in Weak Lensing Measurements”
Speaker: Jun Zhang (Texas)
Date: Nov 16, 2011
15. “Signals from the cosmological recombination era and spectral distortions of the CMB”
Speaker: Jens Chluba (Toronto)
Date: Nov 17, 2011
16. “Introduction to AdS/CFT Correspondence”
Speaker: Tadashi Takayanagi (IPMU)
Date: Nov 17, 2011
17. “Hyperbolic geometry and symplectic Calabi-Yau varieties”
Speaker: Dmitri Panov (King’s College London)
Date: Nov 18, 2011
18. “Fukaya category of the punctured torus”
Speaker: Yanki Lekili (Cambridge university)
Date: Nov 19, 2011
19. “The Stokes geometry of a quantum non-integrable map”
Speaker: Akira Shudo (Tokyo Metropolitan University)
Date: Nov 22, 2011
20. “Gravitational Lensing as the Source of Enhanced Strong MgII Absorption Towards Gamma-Ray Bursts”
Speaker: Sharon Rapoport (Mt. Stromlo Observatory, Australian National University)
Date: Nov 24, 2011
21. “Discrete R-Symmetries and Generalized Gaugino

- Condensation (and Three Generations)”
Speaker: John Kehayias (IPMU)
Date: Nov 24, 2011
22. “Generation of Magnetic Field in Cosmic Structure”
Speaker: Francesco Miniati (ETH Zurich)
Date: Nov 28, 2011
23. “Lectures on photometry and detectors (Part 1)”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Nov 28, 2011
24. “Lectures on photometry and detectors (Part 2)”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Nov 29, 2011
25. “Summing up All Genus Free Energy of ABJM Matrix Model”
Speaker: Shinji Hirano (Nagoya U.)
Date: Nov 29, 2011
26. “Challenges of neutrino oscillation physics”
Speaker: Alexei Smirnov (ICTP)
Date: Nov. 30, 2011
27. “Signals of Quark-Gluon Plasma Formation in Astrophysical Environments”
Speaker: Omar Benvenuto (Universidad Nacional de La Plata)
Date: Dec 01, 2011
28. “Lectures on photometry and detectors (Continued)”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Dec 01, 2011
29. “The Novikov homology and complex hyperplane arrangements”
Speaker: Andrei Pajitnov (The University of Nantes)
Date: Dec 01, 2011
30. “Lectures on optics and the atmosphere (Part 1)”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Dec 05, 2011
31. “Lectures on optics and the atmosphere (Part 2)”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Dec 05, 2011
32. “Higher spin AdS₃ supergravity and its dual CFT”
Speaker: Yasuaki Hikida (Keio U.)
Date: Dec 06, 2011
33. “Gravitational lensing in a dark matter free braneworld model”
Speaker: Fanky Wong (U. Hong Kong)
Date: Dec 06, 2011
34. “Subaru fiber multi-object spectroscopy: current & future instruments for large census in astronomy”
Speaker: Naoyuki Tamura (SUBARU (NAOJ))
Date: Dec 07, 2011
35. “Studying the Evolution of Galaxies with the Subaru Telescope”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Dec 07, 2011
36. “Understanding the cosmic recombination epoch”
Speaker: Chris Hirata (Caltech)
Date: Dec 08, 2011
37. “Exotic branes, double bubbles, and superstrata”
Speaker: Masaki Shigemori (KMI, Nagoya U.)
Date: Dec 12, 2011
38. “Lectures on image processing, spectroscopy and spectrophotometry (Part 1)”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Dec 12, 2011
39. “Lectures on image processing, spectroscopy and spectrophotometry (Part 2)”
Speaker: Jim Gunn (Princeton)
Date: Dec 12, 2011
40. “Confluent A-hypergeometric functions and rapid decay homology cycles”
Speaker: Kiyoshi Takeuchi (U. Tsukuba)
Date: Dec 13, 2011
41. “Global Geometry and Analysis on Locally Homogeneous Spaces”
Speaker: Toshiyuki Kobayashi (Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo)
Date: Dec 14, 2011
42. “Spinning the Top”
Speaker: Adam Falkowski (Laboratoire de Physique Theorique d’Orsay)
Date: Dec 15, 2011
43. “Probing neutrino masses in the baryon triality cMSSM at $\sqrt{s}=7$ TeV”
Speaker: Marja Hanussek (U. Bonn)
Date: Dec 15, 2011
44. “Precision constraints on UED models and implications for the LHC”
Speaker: Thomas Flacke (Michigan U., MCTP & Wurzburg U.)
Date: Dec 16, 2011
45. “McKay Type Correspondence for

- Quantum Projective Spaces (Part 1)"
Speaker: Izuru Mori (Shizuoka U.)
Date: Dec 19, 2011
46. "McKay Type Correspondence for Quantum Projective Spaces (Part 2)"
Speaker: Izuru Mori (Shizuoka U.)
Date: Dec 19, 2011
47. "Fluid gravity at finite r "
Speaker: Daniel Brattan (Durham University)
Date: Dec 20, 2011
48. "Model Discrimination at the LHC"
Speaker: Satoshi Shirai (UC Berkeley)
Date: Dec 22, 2011
49. "Quantum Mechanics, Gravity, and the Multiverse"
Speaker: Yasunori Nomura (UC Berkeley)
Date: Jan 04, 2012
50. "Parton distribution functions and CDF dijet anomaly"
Speaker: Hiroyuki Kawamura (KEK)
Date: Jan 18, 2012
51. "Gravitational Lensing VI: Magnification invariants and Lefschetz fixed point theory"
Speaker: Marcus Werner (IPMU)
Date: Jan 19, 2012
52. "Observational constraints on disk galaxy formation from Tully-Fisher relation and weak gravitational lensing"
Speaker: Reina Reyes (Chicago: KICP)
Date: Jan 19, 2012
53. "Trisymplectic manifolds"
Speaker: Misha Verbitsky (IPMU)
Date: Jan 19, 2012
54. "Global Torelli theorem for hyperkaehler manifolds"
Speaker: Misha Verbitsky (IPMU)
Date: Jan 20, 2012
55. "Twistor correspondence for hyperkaehler manifolds and the space of instantons"
Speaker: Misha Verbitsky (HSE, National Research University)
Date: Jan 23, 2012
56. "Dissipative force on an external quark in heavy quark cloud"
Speaker: Shankadeep Chakraborty (Institute of Physics, Bhubaneswar)
Date: Jan 24, 2012
57. "Trihyperkaehler reduction"
Speaker: Misha Verbitsky (HSE, National Research University)
Date: Jan 24, 2012
58. "A Global Model for Galaxy Evolution: Simplicity and its Consequences"
Speaker: Yingjie Peng (ETH Zurich)
Date: Jan 25, 2012
59. "Gravitational lensing VII: Magnification invariants and orbifolds"
Speaker: Amir Aazami (Duke University)
Date: Jan 26, 2012
60. "Long-distance properties of baryons in the Sakai-Sugimoto model"
Speaker: Aleksey Cherman (DAMTP, Cambridge)
Date: Jan 30, 2012
61. "Motivic Donaldson Thomas invariants and the Kontsevich Soibelman integration map (Part I)"
Speaker: Ben Davison (Oxford)
Date: Jan 30, 2012
62. "Motivic Donaldson Thomas invariants and the Kontsevich Soibelman integration map (Part II)"
Speaker: Ben Davison (Oxford)
Date: Jan 30, 2012
63. "Instantons on $R^3 \times S^1$ and a semi-classical realization of IR renormalons"
Speaker: Philip Argyres (U. Cincinnati)
Date: Jan 31, 2012
64. "Tensor structure on module category of W_p Vertex Operator Algebras"
Speaker: Akihiro Tsuchiya (IPMU)
Date: Jan 31, 2012
65. "Black holes in Einstein-aether and Horava-Lifshitz gravity"
Speaker: Thomas Sotiriou (SISSA)
Date: Feb 01, 2012
66. "The Galaxy-Dark Matter Connection across Mass and Time"
Speaker: Risa Wechsler (KIPAC/Stanford University)
Date: Feb 02, 2012
67. "SCFTs, OPEs, and susy breaking mediation"
Speaker: Ken Intriligator (University of California, San Diego)
Date: Feb 03, 2012
68. "BPS State Wallcrossing and ADHM Sheaf Theory (Part I)"

- Speaker: Wu-yen Chuang (National Taiwan University)
Date: Feb 06, 2012
69. "BPS State Wallcrossing and ADHM Sheaf Theory (Part II)"
Speaker: Wu-yen Chuang (National Taiwan University)
Date: Feb 06, 2012
70. "Subgroups of Cremona groups I"
Speaker: Yuri Prokhorov (Moscow State University)
Date: Feb 08, 2012
71. "Towards a quantum treatment of leptogenesis"
Speaker: Mathias Garry (DESY)
Date: Feb 08, 2012
72. "Supernova shocks in circumstellar medium: from puzzles to cosmological tools"
Speaker: Sergei Blinnikov (ITEP)
Date: Feb 08, 2012
73. "Subgroups of Cremona groups II"
Speaker: Yuri Prokhorov (Moscow State University)
Date: Feb 09, 2012
74. "SN explosions inside extended non-hydrogen circumstellar shells"
Speaker: Elena Sorokina (Sternberg Astronomical Institute)
Date: Feb 09, 2012
75. "Electric and magnetic screening in plasma with charged Bose-Einstein condensate"
Speaker: Alexander Dolgov (Ferrara)
Date: Feb 09, 2012
76. "Axion Monodromy Inflation and Related Phenomenology"
Speaker: Raphael Flauger (IAS / NYU)
Date: Feb 15, 2012
77. "Evolution of the most massive galaxies: a statistical study of SDSS LRGs"
Speaker: Tomer Tal (Yale)
Date: Feb 16, 2012
78. "Atiyah-Hirzebruch spectral sequences for real varieties"
Speaker: Jeremiah Heller (Bergische Universität Wuppertal)
Date: Feb 17, 2012
79. "McKay correspondence via G-Hilbert schemes"
Speaker: Yukari Ito (Nagoya U.)
Date: Feb 20, 2012
80. "Spontaneous R-symmetry breaking with Multiple Pseudomoduli"
Speaker: David Curtin (Stony Brook)
Date: Feb 22, 2012
81. "Asymptotic analysis of the function $Ei(x)$ "
Speaker: Alexander Getmanenko (IPMU)
Date: Feb 23, 2012
82. "SL(2,R) duality on AdS/BCFT"
Speaker: Mitsutoshi Fujita (University of Washington, Seattle)
Date: Feb 24, 2012
83. "The Upcoming Grand Challenge by the Super B-Factor Experiment"
Speaker: Takeo Higuchi (KEK)
Date: Feb 27, 2012
84. "Mahler measures and pencils of Calabi-Yau varieties"
Speaker: Evgeny Shinder (MPIM)
Date: Feb 28, 2012
85. "Derived fusion tensor product"
Speaker: Alexander A. Voronov (Minnesota)
Date: Mar 01, 2012
86. "Mirror symmetry and mixed Hodge structures"
Speaker: Tony Pantev (Pennsylvania)
Date: Mar 05, 2012
87. "The Riemann-Hilbert correspondences and sheaves on subanalytic sites"
Speaker: Giovanni Morando (University of Padova/RIMS)
Date: Mar 07, 2012
88. "Introduction to Inflationary Universe"
Speaker: Shinji Mukohyama (IPMU)
Date: Mar 07, 2012
89. "Hydrogen-deficient explosions and their environments"
Speaker: Giorgos Leloudas (Copenhagen Univ.)
Date: Mar 08, 2012
90. "Soliton Theories and Quasideterminants"
Speaker: Masashi Hamanaka (Nagoya U.)
Date: Mar 08, 2012
91. "Ramification Points of Seiberg-Witten Curves"
Speakers: Chan-Y. Park (Caltech)
Date: Mar 13, 2012
92. "Holonomic D-modules on abelian varieties"
Speaker: Christian Schnell (IPMU)
Date: Mar 15, 2012
93. "Landau-Ginzburg/Calabi-Yau correspondence of all genera for elliptic orbifold P^1 "

- Speaker: Yefeng Shen (Michigan)
Date: Mar 19, 2012
94. "Towards q-deformations of the Mirror TBA"
Speaker: Gleb Arutyunov (Utrecht)
Date: Mar 21, 2012
95. "Spontaneous Cogenesis from the MSSM Flat Direction as the Origin of Matter and Dark Matter"
Speaker: Kohei Kamada (DESY)
Date: Mar 21, 2012
96. "Core-collapse supernovae as tracers of massive star formation within nearby galaxies"
Speaker: Joseph Anderson (U. Chile)
Date: Mar 22, 2012
97. "Integer Partitions, 3d Mirror Symmetry and 3d Gauge Theories"
Speaker: Noppadol Mekareeya (MPI Munich)
Date: Mar 27, 2012
98. "Cosmology at Sub-mm Wavelengths: From Herschel to CCAT and Beyond"
Speaker: Asantha Cooray (UC Irvine)
Date: Mar 27, 2012
99. "Strong field QFT in condensed matter – photo-induced topological phase transition and many-body Schwinger mechanism"
Speaker: Takashi Oka (U. Tokyo)
Date: Mar 28, 2012
100. "Filtrations of the singular homology of real varieties"
Speaker: Mircea Voineagu (IPMU)

- Date: Mar 29, 2012
101. "Search for new physics using underground detectors"
Speaker: Alexandre Kozlov (IPMU)
Date: Mar 30, 2012

IPMU Komaba Seminars

1. "Enumerative meaning of mirror maps for toric Calabi-Yau manifolds"
Speaker: Siu-Cheong Lau (IPMU)
Date: Nov 21, 2011
2. "Refined holomorphic anomaly equations"
Speaker: Albrecht Klemm (The University of Bonn)
Date: Jan 23, 2012

Personnel Changes

The following people left IPMU to work at other institutes. Their time at IPMU is shown in square brackets.

IPMU Associate Professor Tadashi Takayanagi [September 1, 2008 to March 31, 2012] moved to the Yukawa Institute for Theoretical Physics as a Professor.

IPMU Associate Professor Naoki Yoshida [September 1, 2008 to March 31, 2012] moved to the Department of Physics, the University of Tokyo as a Professor.

IPMU Assistant Professor Yuji Tachikawa [November 1, 2010 to April 9, 2011 and August 8, 2011 to March 31, 2012] moved to the Department of

Physics, the University of Tokyo as an Associate Professor.

IPMU Postdoctoral Fellow Yutaka Ookouchi [August 16, 2010 to March 31, 2012] moved to Kyoto University as a Hakubi Project Associate Professor.

IPMU Postdoctoral Fellow Ikko Shimizu [January 1, 2009 to March 31, 2012] moved to the Physics Group, College of General Education, Osaka Sangyo University as a postdoctoral fellow.

JSPS Postdoctoral Fellow Mitsutoshi Fujita [April 1, 2011 to February 28, 2012] moved to the University of Washington as a Research Associate.

JSPS Postdoctoral Fellow Noriaki Ogawa [April 1, 2011 to March 31, 2012] moved to Riken Nishina Center for Accelerator-Based Science as a Special Postdoctoral Researcher.

Also, IPMU Professor Akihiro Tsuchiya resigned IPMU on March 31, 2012. He has been working full time at IPMU since February 1, 2008, but he served as IPMU Principal Investigator from the launch of IPMU (October 1, 2007) through March 31, 2009.

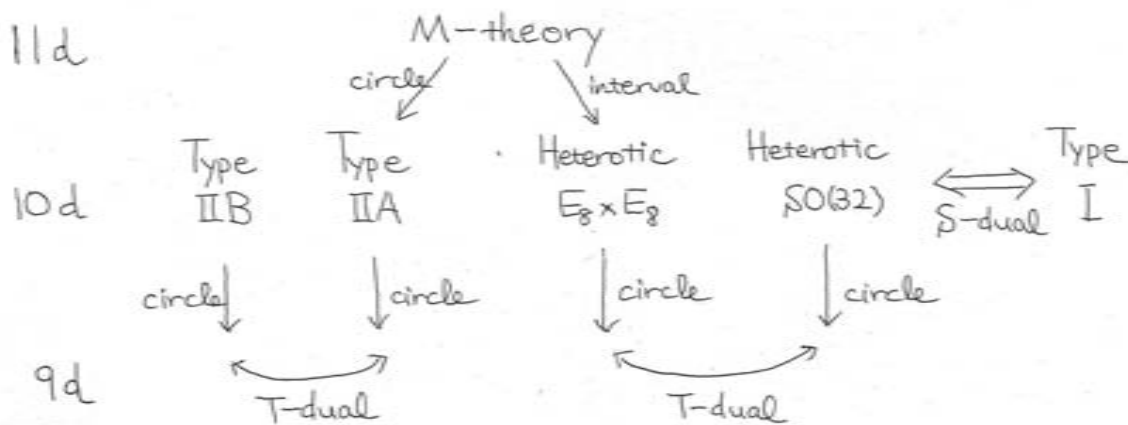
From the Editor

Starting with the next issue, the name of this magazine will be *Kavli IPMU News*. A FEATURE article by Toshiyuki Kobayashi will appear in this next issue.

Duality among String Theories

Yuji Tachikawa IPMU Assistant Professor

In the 80s, it was realized that spacetime needs to be ten-dimensional if the elementary particle is in fact made of relativistic strings. What puzzled theorists in those days was that, in fact, there are five consistent string theories, called Type IIA, Type IIB, Type I, Heterotic $E_8 \times E_8$, and Heterotic $SO(32)$. A few years later, people recognized that two Type II theories are the same theory if they are put on a small circle, and that two heterotic theories become similarly the same on a circle. These relations are called T-dualities. In the 90s, the S-duality relating Type I theory and Heterotic $SO(32)$ theory was appreciated. Also, the existence of an 11-dimensional theory whose basic excitations are membranes is realized. This theory, called the M-theory, becomes Type IIA string or Heterotic $E_8 \times E_8$ theory if it is put on a small circle or on a small segment, respectively. Thus, all five string theories turned out to be in fact a single physical system. This is now the foundation of string theory research.



スペースオデッセイ2011

2011: A Space Odyssey

にしかわまさみ

西川正美 Masami Nishikawa

Japanese Language Instructor, IPMU

これはIPMUの日本語教室を修了した外国人研究者により2011年10月21日に東京大学柏キャンパスの一般公開で上演された日本語劇の脚本です。昨年に続いて好評を博しましたので、ここに収録することになりました。前回同様脚本は英和対訳とし、またローマ字による読み方も添えてあります。

ここではローマ字表記法として、日本語教師が使用するもの(外国人に分かり易い)を用います。

*長音 / ē / and / ō / の表記法は、例えば「せんせい」を “sensee” とする。

*助詞の前にはスペースをあける。

This is a script of a Japanese play presented by foreign researchers, who finished a standard course of the IPMU Japanese class, on October 21, 2011 at an open house on the Kashiwa campus of the University of Tokyo. Because it was well received like the last year's one, a “Romaji” version of the script and its English translation are included.

The representation of “Romaji” adopted here was determined by the Japanese language teachers.

*When an e-vowel or o-vowel hiragana is followed by an い or an う, it represents a long vowel / ē / or / ō /, transcribed as ee or oo: e.g., せんせい ←→ sensee

*Before and after the particles (助詞), a single space is used.





ソーラブ: さあ、今日も竹を切って籠をつくろう。きれいな籠をつくろう。あ、何か光ってる。えいっ! (竹を割る) あ、かわいい女の子だ。連れて帰ろう。(人形を持って家に帰る) おばあさん、竹の中にかわいい女の子がいたよ。

アレクシー: まあ、おじいさん、なんてかわいい女の子でしょう。幸い、私には子供がいませんからこの子を私たちの子として育てましょう。この子は光り輝いているのでかぐや姫と名付けましょう。

ソーラブ: うちが殿様、姫様の身分の家ではないけど、まあ、いいでしょう。(舞台退場、すぐ戻る) それにしてもかぐや姫はきれいになりましたが、泣いてばかりいますね。どうしましょう。

アレクシー: おじいさん、大変です。かぐや姫は月から来たそうです。明日月に帰るそうです。

ソーラブ・アレクシー: かぐや姫、元気だね。eメール送ってね。(泣く)

(月に帰るかぐや姫とお付きの人々の写真)

Sourav: Saa, kyou mo take o kitte, kago o tsukuroo. Kiree na kago o tsukuroo. A, nanika ga hikatteru. Ei!!! (Take o waru) A, kawaii onna no ko da. Tsurete kaeroo. (Ningyoo o motte ie ni kaeru) Obaa-san, take no naka ni kawaii onna no ko ga itayo.

Alexie: Maa, ojii-san, nante kawaii onnanoko deshoo. Saiwai, watashitachi niwa kodomo ga imasen kara konoko o watashitachi no ko toshite sodatemashoo. Konoko wa hikari kagayaite irunode Kaguya-hime to nazukemashoo.

Sourav: Uchi wa tonosama, himesama no mibun no ie dewa naikedo, ma, iideshoo. (Butai taijoo, sugu modoru) Soreni shitemo Kaguya-hime wa kiree ni narimashita ga, naite bakari imasune. Doo shimashoo.

Alexie: Ojii-san, taihen desu. Kaguya-hime wa tsuki kara kita soodesu. Ashita tsuki ni kaeru soo desu.

Sourav & Alexie: Kaguya-hime, genki dene. Email okutte ne. (cry)

(Tsuki ni kaeru Kaguya-hime to otsuki no hitobito no shashin)

Sourav: Well, well, well, I will cut a lot of bamboos today to make baskets. Oh, there is something shiny here. Ei! (cut a bamboo tree) Oh, what a cute girl! I will take her home. (return home with a doll) Grand-ma, look, I found a cute girl in a bamboo tree.

Alexie: How lovely she is. Since we have no children, let's raise this girl as our own. She shines so much, so let's name her Princess Kaguya.

Sourav: Though we are working class in society, we will still call her Princess. (off stage, and comes back) Princess Kaguya has grown to be a beautiful woman, but she cries all the time.

Alexie: Grand-pa, I cannot believe it! Princess Kaguya came from the moon and she will return tomorrow.

Sourav & Alexie: Good bye, Princess Kaguya. Please don't forget to email us when you return. (cry)

(A picture of Princess Kaguya, returning to the moon)

Special Contribution

ヨハネス：と、言^いってかぐやは月^{つき}に帰^{かえ}たはずなのに、それから行方不明なんです。

そして最近^{さいきん}このワームホールから変^{へん}な3人^{にん}がやってきたのです。

(スコット、サイモン、子寝^{こね}登場^{とうじょう})

スコット：私^{わたし}はうみへび座^ざ銀河^{ぎんが}団^{だん}の向^むこうの宇宙^{うちゅう}の director of the universe.

サイモン：私^{わたし}はしし座^ざ銀河^{ぎんが}団^{だん}のそのまた向^むこうの宇宙^{うちゅう}の director of the universe.

子寝^{こね}：そして私^{わたし}はかみのけ座^ざ銀河^{ぎんが}団^{だん}のうんと、うんと、う〜〜〜んと向^むこうのスーパーマッシブブラックホールをくぐったところに最近^{さいきん}新しく出来^{でき}た宇宙^{うちゅう}の director of the universe. 新^{あたら}しい宇宙^{うちゅう}なのでまだ新^{しん}人^{じん}です。

スコット：僕^{ぼく}たち3人^{にん}でdirectors of the universes. そして全^{すべ}ての宇宙^{うちゅう}を統^{とう}括^{かつ}しているのがまさ^まに director of the multiverse の村^{むら}山^{やま} 齊^{ひとし}。

サイモン：それにしても宇宙^{うちゅう}も最近^{さいきん}は便利^{べんり}になったよね。このワームホールは

Johanes: To itte, Kaguya-hime wa tsuki ni kaetta hazu nanoni, sorekara yukuefumee nandesu.

Soshite, saikin kono waamu hooru kara hen na san nin ga yatte kita no desu.

(Scott, Simon, Kone toojoo)

Scott: Watashi wa umihebiza gingadan no mukoo no uchuu no "director of the universe."

Simon: Watashi wa shishiza gingadan no sono mata mukoo no uchuu no "director of the universe."

Cornelius: Soshite watashi wa kaminokeza gingadan no unto, unto, uuuunto mukoo no suupaa massibu burakku hooru o kugutta tokoro ni saikin atarashiku dekita uchuu no "director of the universe." Atarashii uchuu nanode mada shinjin desu.

Scott: Bokutachi san nin de "directors of the universes." Soshite subete no uchuu o tookatsu shite irunoga masani "directors of the multiverse" no Murayama Hitoshi.

Simon: Soreni shitemo uchuu mo saikin wa benri ni natta yo ne. Kono

Johanes: Although she promised write back once on the moon, she was never heard from again.

Then these 3 weird people showed up from this worm hole.

(Three directors appear on stage)

Scott: I am the director of the universe over the Hydra Cluster.

Simon: I am the director of the universe over the Abell 1367.

Cornelius: And I am the director of a newly created universe which is located far far away, after going past that super massive black hole.

Scott: We three are directors of universes. And our leader is Hitoshi Murayama, the director of the multiverse.

Simon: Traveling in this universe has gotten more and more convenient



(指さす) ドラえもん「どこでもドア」
みたいに簡単にワープ出来るんだ。あな
たのいとこのかぐや姫はきっとあの天の
川の中心にあるブラックホールに吸い
込まれてしまったのかもしれないね。あ
そこの重力ときたら普通じゃない。本当
に大きいんだ。

スコット: そうそう、僕もあそこを通ると
きはブラックホールに呑み込まれないよ
うに細心の注意を払うんだ。僕の宇宙
の人間もどれだけ呑みこまれたか。

子寝: われわれは、正体不明の暗黒物
質、ダークマターとダークエネルギーの
不穏な動きを察知した。はやく奴らを
捕まえなければならぬ。君にも協力し
て欲しいんだ。

ヨハネス: 私も簡単には信用できません。
そこで、3つの問題を出そうと思います。
みなさん、次の問題を解決してください。
そうしたら信用しんよう。(なんちゃって)
1. 0で割り切れる実数
2. 光より速い物質
3. 1000億年前の宇宙の写真

スコット: 解けました。答えはこれです。
ほら、0で割り切れるし、答えも0。

ヨハネス: おおおおお。

サイモン: 私の答えはこれだ。
(箱を見せながら・・・)

waamuhooru wa Doraemon no
“Doko demo doaa” mitai ni kantan
ni waapu dekiru n da. Anata no
itoko no Kaguya-hime wa kitto
ano amanogawa no chuushin ni
aru burakku hooru ni suikomarete
shimatta no kamo shirenai ne. Asoko
no juuryoku to kitara futsuu ja nai.
Hontoo ni ookii n da.

Scott: Soo, soo, boku mo asoko o tooru
toki wa burakku hooru ni nomikomare
nai yoo ni saishin no chuui o harau
n da. Boku no uchuu no ningen mo
doredake nomikomareta ka.

Cornelius: Wareware wa, shootai
fume no ankokubusshitsu, daaku
mataa to daaku enerugii no fuon na
ugoki o sacchi shita. Hayaku yatsura
o tsukamae nakereba naranai. Kimi
nimo kyooryoku shite hoshii n da.

Johanes: Watashi mo kantan ni wa
shinyoo dekimasen. Sokode, mittsu
no mondai o dasoo to omoimasu.
Minasan, tsugi no mondai o kaiketsu
shite kudasai. Sooshitara shinyoo
shinyoo....nanchatte.
1. Zero de warikireru jissuu
2. Hikari yori hayai busshitsu
3. Issen oku nen mae no uchuu no
shashin

Scott: Tokemashita. Kotae wa kore
desu. Hora, zero de warikireru shi,
kotae mo zero.

Johanes: Ooooooooooooo.

Simon: Watashi no kotae wa kore da.
(hako o mise nagara...)

recently. This worm hole allows us to
travel anywhere in the multiverse, just
like Doraemon’s “Dokodemo Door.”
Your cousin, Princess Kaguya must
have been sucked into the black hole
in the center of the Milky Way. The
gravity there is unreal. It is humongous.

Scott: Yes, that is right. I am especially
careful when I cross the Milky Way. I
cannot tell how many of our people
have been sucked into that hole.

Cornelius: We are detecting abnormal
dark matter and dark energy. We need
to gather it as soon as possible. We
need your help.

Johanes: I cannot trust you yet.
Prove yourselves by solving these 3
questions. Then I will promise to help.
Find:

1. A number which can be divided
by 0.
2. Matter that travels faster than light.
3. A picture of the universe 100
billion years ago.

Scott: I could solve it. Here is the
answer. See? We can divide by 0 and
the answer is 0.

Johanes: Oh, my God.

Simon: This is my answer. (Showing
the box)

Special
Contribution

これが光より速い物質 なごやん、タキヤン、タキオン、なごやん

ヨハネス：なんてことだ。これは名古屋地域でいつでも買えるじゃないか。

サイモン：そう、なごやん、タキヤン、タキオン、なごやんは光より速いと仮定される物質なのだが、なごやんとして名古屋近辺で売られていたのだ。名古屋人はいつもなごやん、タキヤン、タキオン、なごやんを食べていたのだみゃ〜。おそるべし名古屋人。

子寝：そして私の答えはこれだ。(真っ黒い写真の中にヨハンナが映っている)

ヨハネス：こ、こ、これが、1000億年前の宇宙。ああああ、かぐや姫がいる。彼女はワープしてこんな昔に行ってしまったんだな。

みなさん、とても頭がいいですね。わかりました。出来る限りの協力をしましょう。それには正体不明のダークマターとダークエネルギーを捕まえなくてはいけないと言うことですね。強力な仲間を呼ぼう。スバルの望遠鏡君とXマス子ちゃんだ。

サーシャ：アロ〜ハ〜！私はすばるの望遠鏡。ハワイ島のマウナケア山の山頂からきました。ハワイだというのにあそこは寒いよ！

ラダ：あら、私は岐阜の神岡の地下一キロのところから来たのよ。みなさん、

Kore ga hikari yori hayai busshitsu, nagoyan, takiyan, takion, nagoyan.

Johanes: Nante koto da. Kore wa Nagoya chiiki de itsude mo kaeru ja naika.

Simon: Soo, nagoyan, takiyan, takion, nagoyan wa hikari yori hayai to katei sareru bussitsu nano daga, nagoyan toshite, Nagoya kinpen de urarete itanoda. Nagoya jin wa itsumo nagoyan, takiyan, takion, nagoyan o tabete ita no da mya~. Osorubeshi Nagoya jin.

Cornelius: Soshite watashi no kotae wa kore da. (Makkurroi shashin no naka ni Kaguya-hime ga utsutte iru.)

Johanes: Ko, ko, kore ga issen oku nen mae no uchuu. Aaaaa, Kaguya-hime ga iru. Kanojo wa waapu shite konna mukashi ni itte shimatta n da na. Minasan, totemo atama ga ii desu ne. Wakari mashita. Dekiru kagiri no kyooryoku o shimashoo. Soreni wa shootai fumee no daaku mataa to daaku enerugii o tsukamae nakute wa ikenai to iu koto desu ne. Kyooryoku na nakama o yoboo. Subaru no booenkyoo kun to ekkusu masu ko chan da.

Sasha: Alo~~~~ha! Watashi wa Subaru no booenkyoo. Hawaii too no maunakea-san no sanchoo kara kimashita. Hawaii dato iu noni asoko wa samui yo!

Lada: Ara, watashi wa Gifu no Kamioka no chika ichi-kilo no

This is matter that travels faster than light, Nagoyan, Tachyan, Tachyon, Nagoyan.

Johanes: Holy Mackerel!!!! We can buy them in Nagoya.

Simon: Yes, Nagoyan, Tachyan, Tachyon, Nagoyan travels faster than light indeed. And amazingly, it is sold in Nagoya. Nagoyan people always eat Nagoyan, Tachyan, Tachyon, Nagoyan. I don't know how Nagoyan people do it!

Cornelius: And here is my answer. (A dark picture that contains Princess Kaguya.)

Johanes: Th- th- this is the picture of the universe 100 billion years ago. Ahh, here is my cousin, Princess Kaguya. Oh dear, she warped all the way back to 100 billion years ago. I am really impressed with you three. You are so intelligent. I will try to help you as much as I can. So, you think we have to catch dark matter and dark energy, right. I will ask my helpful friends, Subaru Telescope and X-Mass-ko.

Sacha: Aloha, I am the Subaru Telescope. I come from the top of Mt. Mauna Kea in Hawaii. It is very cold there even though it is located in Hawaii.

Lada: Well, I came from 1 km beneath Kamioka, Gifu. Hello, everyone. My

こんにちは。わたしの名前はX-mass
子。どうぞよろしく。神岡は夏はいいけど、
冬は本当に寒いよ。雪も多いし、去年の冬は特に大変だったわ。どか雪よ。

子寝：みんな、そろったな。さあ、これで「鬼に金棒」あれ？ このフレーズは一年前にどこかで言った気がするなあ。とりあえず、宇宙船に乗ってダークマターとダークエネルギーを探しにいこう。

宇宙船で旅に出る。(ブラックホールやら、隕石やら、黒い箱が飛んでくる)

は~~~~ひ~~~~ふ~~~~へ~~~~ほ~~~~

スコット：あ、あれはなんだろう。

ラダ：わたしにまかせて。あれ？ 痛っ！
何か通り抜けたわ。

サーシャ：ぼくの重力レンズで観測できたかもしれない。よ～し、次は僕だ！

スコット：あ、また来たよ。(黒い箱がまた飛んでくる)

tokorokara kitanoyo. Minasan, kon' nichi wa. Watashino namae wa X-Mass-ko. Doozo yoroshiku. Kamioka wa natsu wa iikedo, fuyu wa hontoo ni samui no yo. Yuki mo ooi shi, kyonen no fuyu wa toku ni taihen dattawa. Doka yuki yo.

Cornelius: Minna, sorotta na. Saa, korede "Oni ni Kanaboo" Are? Kono fureezu wa ichinen mae ni dokoka de itta kiga surunaa. Toriaezu, uchuusen ni notte daaku mataa to daaku enerugii o sagashi ni ikoo.

Uchuusen de tabi ni deru. (Burakku hooru yara, inseki yara, kuroi hako ga tonde kuru)

ha~~~~ hi~~~~ fu~~~~ he~~~~ ho~~~~

Scott: A, are wa nan daroo.

Lada: Watashi ni makasete. Are? Ita! Nanika toori nuketa wa.

Sasha: Boku no juuryoku renz de kansoku dekita kamo shirenai. Yoshi, tsugi wa boku da.

Scott: A, mata kita yo. (kuroi hako ga mata tonde kuru)

name is XMASS-ko. Nice to meet you. Summer is very nice in Kamioka, but winter is... brrrr cold. There is a lot of snow, and the last winter was especially horrible.

Cornelius: So we are all set. With them we are unbeatable, that will put the icing on the cake. Now off we go!

The spaceship departs.
(On the screen, black holes, meteors, black boxes are flying)

(ha(left)~~~~hi(right)~~~~fu(left)~~~~he(front)~~~~ho(back)~~~~)

Scott: What is that???

Lada: Leave it to me. Oops, ouch, something went through me.

Sasha: Well, I can observe it with my gravitational lenses. Now it is my turn.

Scott: Here more come again. (More black boxes.)



Special
Contribution

カブリ・ファミリーの一員に

IPMU 機構長

村山 斉 むらやま・ひとし

IPMU はこの4月にカブリ研究所になります。これは大変嬉しいことです！アメリカのカブリ財団が、私たちの研究の面白さとスタッフの国際性を認知し、世界でも名だたる大学にしかないカブリ研究所の一員として迎えてくれました。これで IPMU の国際的な認知度も更に増し、優秀な研究者のリクルートの大きな助けとなります。実際、日本の国立大学では、外国の寄付者の冠を付けた研究所は初めてです。同時に、他のカブリ研究所との共同研究が更に進むことでしょう。

フレッド・カブリ氏はノルウェーで物理学を学び、アメリカへ渡りました。飛行機、自動車、などの工業応用があるセンサーを開発、カブリコ株式会社を設立して、大成功を収めました。人類の知を推し進めることに深い関心を持ち、会社の株を売却した後、カブリ財団を設立しました。世界の著名な学術組織、アメリカ科学振興協会、米国科学アカデミー、英国の王立協会、そしてノルウェー科学人文アカデミー、などを支援しています。名誉あるカブリ賞を隔年で授与し、アメリカの受賞者はホワイトハウスに招かれて大統領に面会します。財団は更に15ヶ所のカブリ研究所に基金を寄附、宇宙物理(スタンフォード、シカゴ、MIT、北京、ケンブリッジ)、ナノサイエンス(コーネル、カルテク、デルフト、ハーバード)、脳科学(コロンビア、サンディエゴ、イェール、ノルウェー科学技術大学)、理論物理(サンタバーバラ、中国科学院)の四分野を支援してきました。カブリIPMUはその16番目となり、日本では初めてです。

基金からは運用益が毎年「永遠に」入り続けます。こうした柔軟な資金は、まだ研究費の申請段階までい

かない生まれたばかりのアイデアを育てたり、優秀な研究者をリクルートする資金に使うことができます。IPMUにカブリの冠を付ける記念式典は5月に予定しています。

勿論、IPMUは日本政府の時限付き資金で運営されていますが、いずれ他の資金を確保して恒久的な研究所になることを求められています。カブリ財団による基金からの運用益は、現在の時限を超えて研究を続ける助けになります。更に財団や東京大学と協力して基金を増やし、冠教授や冠フェローを設けるように、今後努力していきます。



宇宙を膨張させるノーベル賞受賞者たち

ロバート・クインビー Robert Quimby

IPMU 博士研究員

ソール・パールマターがいずれは世界で最も有名な賞を得るであろうという下馬評は相当高かったが、それでも彼がブライアン・シュミットとアダム・リースとともに宇宙の加速膨張の発見により2011年のノーベル賞を受賞した日は心地よい驚きを感じた。私は1997年から学部学生として（その後「学士研究員」として）ソールの研究チームに加わり、受賞を決定づけた論文に少しでも貢献していた。ソールは気前よく研究チーム全員を受賞式典に出席するよう招待してくれたので、私は昨年12月にストックホルム行き飛行機に搭乗した。

私とノーベル賞に輝いたこの研究との関係が始まったのは、将来大学院への入学願書に書き込むため、何か研究を経験する機会をパークレーで探していた時のことである。何をしたらよいのかははっきりしないまま、私は機会を与えて欲しいというお願いのeメールをやみくもに送りつけた。それで物理学教室に迷惑メールを送ってしまったのだ。幸運にも一つ“ジョージ”から返事がきた。彼は自分で私を雇う仕事は持っていなかったのだが、そういう可能性をもつ人を知っていた。ソール・パールマターは超新星に関係のあるプロジェクトを率いており、私の専攻が天体物理学であることを考えればそれはとてもぴったりに思えた。カリフォルニア大学パークレー校で学ぶことの

大きな利点の一つは、多くの興味深い研究が行われており、迷える学生を正しい方向に導いてくれる何人もの偉大な指導者がいたことであった。（ジョージ・スムートはその後2006年にノーベル物理学賞を受賞した。）

ソールの研究チームは宇宙の物質密度と減速パラメーターを導くために遠方の Ia 型超新星を用いていたが、その研究は当初、宇宙膨張が重力により引き戻される作用でどれだけ遅くなっているかを明らかにしようと意図していた。ノーベル賞が宇宙膨張の加速の発見に対して与えられたことから、今や我々は減速パラメーターの値が負であることを知っている。しかし、この適切でない名前が表しているように、当時それは明らかではなかった。

Ia 型超新星を宇宙論的観測手段として利用する上で鍵となったのは、異なる Ia 型超新星が全てほぼ同じ最大光度をもつという経験的に得られた証拠であった。これは理論的には白色矮星（我々の太陽に似た星は燃料を使い果たすと冷えて死を迎えるが、その途中の残り火のような段階の星）がもうひとつの星と連星系を作っている時、相手の星から流れ込むガス（質量）の量がどこまでなら安定にとどまっていられるか、その限界を与える物理法則に帰することができるかもしれない。超新星爆発を起こした元の星の正確な性質については未だに論争があるが、必要な

要素として臨界質量に近い白色矮星を考えるならば、Ia 型超新星の一致した性質は、単純に超新星爆発した燃料が量的にも分布的にも似ていることで説明できる。その場合、これらの超新星爆発を非常に長距離を測る物差しとして用いるのは簡単なことである。

どんな光源でもそうであるように、超新星の明るさは観測者からの距離の2乗で減衰して見える。我々はIa型超新星の光度を知っているため、距離についても良い精度（注意深く補正すれば約5%）で知ることができ、またIa型超新星は非常に明るいので、どんなに遠くても観測可能である。最も遠方で発見されたIa型超新星からの光は100億年かけて地球に到達している。これらの星が爆発して以来宇宙は大きく膨張しており、光が地球に届くまでにその影響を受けて、短い波長の青い光が引き延ばされて赤い光に変わっている。この「赤方偏移」の程度は、爆発した星から光が放出されて以来の宇宙膨張の累積効果を伝えてくれる。ソールは、Ia型超新星の赤方偏移を距離の関数として測定することにより宇宙の膨張の歴史を精密に求めることと、重力によってどれだけ膨張が減速しているか決定することを望んだ。少なくとも、それが当初の計画であった。

ソールは遠方のIa型超新星を必要に応じてまとめて発見する新しい方法を考案した。我々の天の川銀河のよう



ストックホルムのノーベル・ウィークに参加したSupernova Cosmology Project チームのメンバー。後列: Ivan Small, Sebastian Fabbro, Greg Aldering, Robert Quimby, Brad Schaefer, Rob Knop, Renald Pain, Carl Pennypacker, Shane Burns, Richard Muller, Ariel Goobar, Peter Nugent. 前列: Alex Kim, Pilar Ruiz-Lapuente, Andy Fruchter, Nelson Nunes (中央), Richard Ellis, Julia Lee, Susana Deustua, Saul Perlmutter, Warrick Couch, Heidi Newberg, Sylvia Gabi, Chris Lidman, Don Groom.

な銀河では平均して200年に1回 Ia 型超新星が発生する。従って、典型的な研究資金の交付期間中に特定の銀河で超新星を発見することは非現実的である。しかし、もし天球のどの方向でも満月程度の区画を観測すれば、そこにはIa型超新星を創り出している何千もの遠くの銀河が存在する。望遠鏡でこういった区画を幾つか観測し、十分遠方まで感度を持つように露光しよう。1ヶ月後に同じ区画を再び観測すると、1ダースもの新しいIa型超新星を発見できる。ソールがストックホルム大学の Aula Magna (ラテン語で「大ホール」の意味) と呼ばれる壮麗な講堂でのノーベル賞記念講演で説明したように、手強かったのは望遠鏡の観測時間配分委員会にこの方法がうまくゆくこと納得させ、必要に応じて観測予

定を組み込んでもらうことであった。ソールにとっては宇宙論的に興味のある超新星を発見する戦略を考案しただけでは十分ではなかった。強硬な反対にも屈せずそれを実施する粘り強さが必要であった。

受賞記念講演はノーベル・ウィークとして知られる一連の行事の最初のイベントである。またそれは私がブライアン、アダム、それにソールが本当にノーベル賞を受賞したことを実感し始めた瞬間であった。彼らは満員の講堂の演壇上で自分たちの発見を物語り、聴衆を大いに楽しませたのである。ブライアンは、ソールの Supernova Cosmology Project (超新星宇宙プロジェクト) チームが、一群の高赤方偏移超新星の発見成功を告げた最初の電報のうちの一つを読んだ経緯と、Ia

型超新星を距離の指標として用いることについて彼のグループがもつ専門的技術を梃子に、競合する研究チームを立ち上げる決心をした経緯を詳しく語った。ブライアンはアダムに参加を要請し、High-z Search (高赤方偏移探索) チームが誕生した。想像できると思うが、初期には望遠鏡の奪い合いや論文発表の先陣争いによりある程度の軋轢が発生したが、これは何年もの間に次第に消え去った。

ノーベル・ウィークのハイライトは勿論授賞式であり、晩餐会、ダンス、更にダンスと続く。これら全てはアルフレッド・ノーベルの誕生日である12月10日に始まり、祝賀会は深夜遅くまで延々と続く。各受賞者は家族や共同研究者向けの無料招待券を受け取るが、最近の大きかりな共同研究の

Special
Contribution

場合、標準的な配分枚数では共同研究者全員には行き渡らない。受賞者一人一人に同じ枚数の招待券が与えられるので、High-z チームは Supernova Cosmology Project チームの2倍の座席数を得たが、このため私の所属するチームの中に昔の敵対心がこだまのようによみがえり、不平不満が巻き起こった。ソールは自分の共同研究者に代わって嘆願し、結局はストックホルムに来たチームメンバー全員が式典出席の招待券を受け取った（私の分をもらったのは式典開始のたった数時間前だった）。

男性はホワイトタイに燕尾服、女性はイブニング・ドレスの正装に身を包み、ドラムが鳴り響いてスウェーデン国王夫妻と次期王位継承者である王女が会場ホールに入場されるのを我々はバルコニーから注視した。オーケストラがモーツァルトを演奏する中、物理学賞、化学賞、医学生理学賞、経済学賞、文学賞の受賞者が列を作って入場してきた。タキシードやウェストコートよりジーンズとTシャツの方が慣れている私のような天文学者には普段とはかけ離れた場所であり、式典の大部分がスウェーデン式に行われたこともあってくつろいだ気分にはなれな

った。それにもかかわらず、この最高の名声をとどろかせる式典においてソールが舞台の上で栄誉を受ける様子を見るのは何とも素晴らしいことであった。

ソールは受賞者の中で真っ先に呼ばれて賞を受け取ったのだが、その様子というものはその晩のあらゆるものと同じように、ノーベル賞よりもはるかに古い慣習に則り堅苦しく型にはまった儀式であった。因みに、ノーベル賞を受賞する正しい手順は次の通りである。1) 名を呼ばれたら立ち上がり舞台中央に進み出る。2) 国王から賞状とメダルが入った箱を両手で受け取る。3) 国王と握手する。4) 後向きに下がり、国王に礼をする。5) 左に45度向きを変え、舞台上のアカデミーメンバーに礼をする。6) 聴衆の方へ向き礼をして拍手喝采を浴びる。拍手が収まったら席に戻って良いが、決して箱を開けてはならない。式典の後で箱は回収されて、中身が2日間展示された後、返されて受賞者のものとなるのである。

ソールは国王に向かって進む際、少しおどおどしているように見えたが、受賞の栄誉が発表されて以来降り注いだ数々の賞賛にもかかわらず彼ら受賞

者が謙虚でいる様子は、見ていてほっとするものがあった。彼は続く2歩を正確に進んだが、危うく4歩目を踏み出すところであった。慣例により2歩後退した後、ソールは国王に礼をせずにはほんの僅か向きを変えなかった。瞬間聴衆が一斉にはっと息をのんだ。そこでソールは気がついて正しく国王に礼をしたので参列者は安心した。ひょっとしたら間違うかもしれないと、会場内は多分1秒ほどの間極度に緊張したが、それで緊張がほぐれた。

式典の次はストックホルム市庁舎でのノーベル賞晩餐会であった。屋外にいるような感じに飾り付けられたメインホールはゆったりとした部屋で1300席もあったが、2つの研究チームに対しては再び招待券が不足したため、私は他の入りきれなかった人たちと共に別室（これが地階にある本当のダイニングホールである）で参加した。隣の部屋ではアルフレッド・ノーベルの親類が着席し、我々は皆受賞者および王族と同じ、華やかなデザートで終わる3コース・ディナーを振る舞われた。ディナーでは6種類の飲み物が供されたが、コーヒーとコニャックの後で我々は案内されて上の階のパーティーに加わった。私は混雑する人混みを



ストックホルム・コンサートホールで行われたノーベル賞授賞式典。

かき分けて、何とかソールにお祝いの言葉を伝えることができた。その晩ほとんどの人たちがやっていたように、私は彼に頼んで一緒に写真に写ってもらった。これでもまだ十分ではないと言うかのように、祝賀会の最後にストックホルム大学の学生達が催すノーベル・ナイトキャップと呼ばれるアフターパーティーがあった。我々は午前3時を大分回ってからおやすみなさいと挨拶してホテルに引き揚げたが、受賞者達はまだまだ元気に談笑したり、ポーズを取って写真に収まったりしていた。

私がこのすばらしいノーベル週間の祝賀会に出席するよう招待されたのは、小さいけれども重要な役割で発見に貢献したためである。私は宇宙論のパラメーターを得るため、データに対するモデルの当てはめを手伝った。ソールは、彼の発見は一瞬にして得られたものではなく、「なるほど、そうなのか」と納得する長い段階を経て達成されたのだと述べた。私の貢献は最終段階に近く、発見された超新星がその赤方偏移から予想されるよりも実際はやや暗いことがはっきりし始めた時のことであった。換言すると、これら遠方の超新星が爆発して以来、宇宙は予想以上に膨張したように見えたのだ。ソールは私に、これが宇宙の膨張速度が遅くなっているどころか加速していると思われるが、それが本当かどうか決定するのを手伝って欲しいと言った。結果が得られた日、彼は私のオフィスに駆けつけてきた。私は宇宙膨張の歴史は重力が及ぼす緩やかな引力だけでは説明できないことが99%以上の信頼度で結論されると報告した。慎重なスタイルにそむかず、ソールは2重、3重、4重のチェックを要求した。しかし結果は動かなかった。宇宙を引き裂こうとする不可思議な力が働いているのだ。

ノーベル賞を受賞することになった実験に参加した後、私は大学院に進み、超新星の研究を続けた。ただし、宇宙の果てを観測する代わりに私は最



ソール・パールマター(右)と筆者(左)。晩餐会の後で。

も近いIa型超新星を探索して位置を特定する控えめな研究計画を立てた。Ia型超新星は、その最大光度の較正を完全なものとするれば、距離の指標として今までよりも良いものとなり、祝杯を挙げた後に残る「宇宙膨張を加速させているダークエネルギーの正体は何か?」という明らかな疑問に取り組む上で役に立つ。それには超新星とは何かを正確に理解することが必要で、そのために超新星自体の研究を開始したのである。驚くべきことに、パロマー山天文台の全自動掃天システムによってIa型超新星がまさしく白色矮星の爆発であるという観測的な証拠が初めて得られたのは2011年末のことである。私は博士研究員としてこの研究に貢献した。連星系の片割れの星がどのような

性質のものかという問題は、やっと取り組みが始まったところである。

普通のIa型超新星爆発を探している間に、私は今まで観測されたものより最大光度とエネルギーが10倍も大きい異常な超新星を見出した。これらスーパーリミナス超新星は、普通のもっと光度の低い「従兄弟たち」と同様、遠くの宇宙を調べる手段となり、その始まりを明らかにするため役立つかもしれない。その結果が同じように予測に反するものであるかどうかは今後の課題である。

科学研究の最前線を美術館に!

馬淵 晃 まぶち・あきら

デザイナー / アートディレクター

「芸術と科学の婚姻」 - 展覧会開催までのいきさつ -

2011年10月15日から12年1月9日までの約3ヶ月間、川崎市岡本太郎美術館で「芸術と科学の婚姻 虚舟 - 私たちは、何処から来て、何処へ行くのか」と題されたユニークな展覧会が開かれました。

私とその展覧会に関わるようになったのは、岡本太郎美術館からの、ある新進アーティストの展覧会のための企画参加要請でした。その作家の作品制作の基本は油彩によるものですが、最終的に表現されたものは素材の枠を越えた不思議なエネルギーを放つもので、制作のためのイメージングづくりといえば、例えばビックバン宇宙論、素粒子論、分子生物学といった様々な科学的思考に対する興味と霊的な感覚を同じ次元で取り込んで独自の哲学を創り出し、それを創作のエネルギーに換えるといったような独特なものでした。そのために普通の展覧会形式ではイメージを伝えるのは難しいと判断され、作家の推薦もあって私に話が回って来たからなのです。もともと科学画像に強い興味を持っていた私は、研究を進めるうえでの科学者のイメージの在り方にも同じように興味を持っていて、科学者と芸術家のイメージの果実を美術館という空間に置いてみたら面白いのではないかと閃いたのでした。さらにゲストキュレーターの提案による、作品制

作に科学的な手法を駆使するアーティストの参加が実現したことで空間的一体感が強まり、その結果、芸術作品と科学画像が渾然一体となった不思議空間のイメージが制作スタッフ間で具体的に共有できるようになり「芸術と科学の婚姻」を基本コンセプトとしたこの企画が具体的にスタートしたのでした。

画像をどう見せるか - 科学展示について -

今回の展覧会の中心になる画家の基本テーマが「いのち」であることから、科学展示のテーマは「宇宙・脳・生命科学」に関するものとしました。「いのち」を科学のジャンルとして俯瞰すると、「生命は何処から来たのか?」「私たちが生かすものは何か?」「私たちの感情は何処から来るのか?」というイメージがおのずと浮かび上がってくるからです。具体的には「宇宙 - 私たちは何処から来たのか」「脳 - 私たちを司るもの」「細胞 - 私たちを生かすもの」を基本コンセプトに据え、最新の研究成果を反映したアートとしての科学展示を試みることにしました。その上で、それぞれのジャンルに精通し、かつサイエンスコミュニケーションに何らかの形で関わりを持つ人にコーディネーター役を依頼し、宇宙部分はIPMUと国立天文台に、脳と細胞部分については理化学研究所の協力を得られる体制が出来上がりました。

宇宙展示については、コーディネー

ター役を中心にIPMUの関係者、国立天文台、東京大学に所属しサイエンスコミュニケーターとしても活動している研究者達との議論、今回の展示の方向性を掴むために制作されたIPMUに所属する研究者たちへのビデオインタビューの分析などから、宇宙背景放射を基準に、それ以後の電磁波で具体的に観測出来る部分と、それ以前の宇宙の始まりに関する部分の3層に分け、今回の展覧会では宇宙の始まりに関わる科学者のイメージそのものに力点を置こうという事になりました。例えば、展示期間以後に放映されたものですが、NHK BSプレミアムの科学情報番組、コズミックフロント「ホーキング博士の宇宙137億年の物語」のエピソードの一つである村山機構長と研究員の黒板を前にした熱い議論などに見られるような、観測や実験によってではなく純粋に理論によって宇宙の始まりの謎にこだわる研究の現場を、そこでの科学者のイメージそのものを、展覧会会場にアートとして再現してみようということです。それは人間の持つ想像力や創造力の素晴らしさとその可能性を表現することであり、個々の人間の持つ多様な能力の不思議さを表現することでもあります。未知のものにチャレンジし能力の限りを尽くす人間の姿に人々は感動し、理屈抜きで興味を持ったたりするのではないかと考えたからなのです。

そこで表現される数式や図形、概念図、論文などなどは一般人には到底理



宇宙ゾーンの展示。サイズは天地250 cm×左右1800 cmと巨大なもの。

写真提供/川崎市岡本太郎美術館

解不能なものです、人間の脳とは不思議なもので、たとえ難しい数式であってもそれを形として認識し、面白いと感じたり、美しいと感じたり、そこから様々なイメージを広げたり、インスピレーションを得たりすることが出来るのです。科学の世界の論理による解説は、いくら平易に、あるいは解りやすいように色々なアナロジーを用いての解説であっても、一般の人々は、その科学特有の論理ゆえ拒否反応をおこしやすく、中々受け入れてもらえないのが現状です。そこで今回は人間のイメージを受け入れる力を信じ、思いきって解説抜きでアートに徹してみようと決断しました。画像それぞれはパーツとしては難しいものであっても、全体の形として「面白い」と受け入れて貰えるような展示表現と空間を模索し、「感覚的理解」を目指しました。アートの感性で、科学のイメージの面白さを提示し、そこから逆に科学に対する多様なアプローチが始まる方向性を試みた訳です。

展示期間中、会場でお客様の反応を

観察したり、あるいは直接お話をする機会が幾度かありましたが、数式や不思議な図形の描かれた黒板を覗き込んだりして結構面白がって見てくださる方が多いようでした。

今回、展示そのものにキャプションとしての科学的な解説（展覧会図録には収録）を省いた代わりに、詩人(科学

太郎の爆発 田中庸介

まず始めに
岡本太郎があったのだ

芸術は爆発だ、
と彼は立ち、大手を広げて言った

ところがそれが見えないのである
時空が膨らみ
夜の長い坂をかけあがった
今となっては

数理宇宙物理学者たちは計算する
柏の黒板に数式を叩きこむ

者でもある)に協力をお願いし、イメージネーションを刺激する別のチャンネルの試みもしてみました。その他に会場の導入部には波紋音(はもん)という水琴窟をイメージして作られた珍しい楽器を使った音楽を柔らかく響かせ空間的な暗示も試みてみました。ここでは、宇宙展示のための詩をご紹介します。

熱き血潮のように
あらゆる方程式にまみれた黒板の表面
消しては書いて、
書いてはまた消され

いつかそれでも
届くよきっと、太郎のもとへ

わけのわからない、見えない時空のかなた
宇宙をはじめて
きよめた
爆発

Special
Contribution

最後に
—科学情報のこれから—

今回の展覧会は、科学情報のビジュアル化に長い事関わってきて、その情報を伝えることについて感じていた事を実践することが出来た貴重な経験でした。この体験を踏まえ、科学理論そのものを正確に理解することは到底不可能であったとしても、職業柄イメージとして捉えることは出来るので、橋渡しとしてのグラフィックをアートの感性でもって追求していきたいという思いを益々強くいたしました。

科学情報はどんどん難しくなっています。一方、研究の巨大化、生命科学の倫理問題、持続可能な社会構築のために科学が果たす役割への期待の高まりなどに見られるように、一般の人々にその研究の意義を理解していただくことは増々重要となっていて、努力は欠かせません。そしてそのため

の方法論は一つではなく、人間の持つ多様な感受性を考慮する必要があり、「科学と芸術」こそもっと互いに影響し合う必要があるのではないのでしょうか。

今回の試みでは、科学関係、芸術関係の多くの方々にご協力をいただきました。特に宇宙ゾーンの展示では、基本的に見えていないものを形にするための手法をイラストレーターやデザイナーの感性ではなく、科学者のイメージネーション、あるいは研究成果そのものに置きたいという展示の方向性にIPMUの関係者の方々には積極的なご賛同をいただき、さらにそれを掘り下げるべく表現のためのディスカッション、科学者への取材、黒板を使用している現実の議論の再現など多岐にわたり大変なご協力をいただきました。

この協力があってこそ展覧会に奥行きが生まれ、訪れた人々に色々なイメージネーションを与えることが出来たと確信しております。

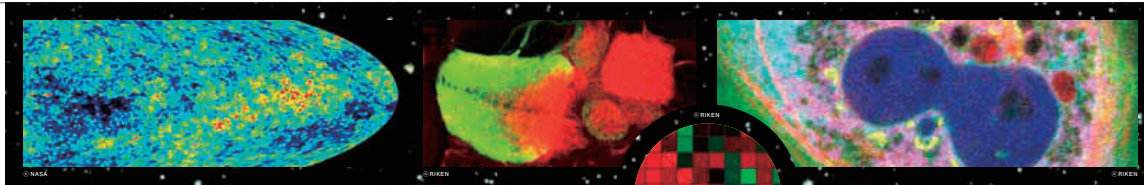
(開催データ)

タイトル：岡本太郎生誕百年記念展
芸術と科学の婚姻 虚舟一私
たちは、何処から来て、何処へ行くのか
主催：川崎市岡本太郎美術館
〒214-0032 川崎市多摩区升形7-1-5
会期：2011年10月15日(土)～2012年1月9日(月)
画像協力：国立天文台、東京大学数物連携宇宙研究機構、理化学研究所
協力：武蔵野美術大学芸術文化学科
総合監修：村田慶之輔(川崎市岡本太郎美術館館長)
総合プロデュース／アート・ディレクション：馬淵 晃(デザイナー／アート・ディレクター)
ゲスト・キュレーター：新見 隆(武蔵野美術大学芸術文化学科教授)



展示会場の一部。奥に理化学研究所にご協力をいただいた細胞ゾーンが見える。

写真提供／川崎市岡本太郎美術館



現代作家9人衆と宇宙・脳・細胞の視覚表現

芸術と科学の婚姻

- 粟野ユミト ●画像提供 国立天文台
- 岩崎秀雄 東京大学
- 植田信隆 数物連携宇宙研究機構
- 杉本博司 理化学研究所
- 多田正美
- 銅金裕司
- 戸田裕介
- 能勢伊勢雄
- 藤本由紀夫

UTSUROBUNE

Where Do We Come From ?
Where Are We Going ?
(Paul Gauguin, Noa Noa I)

Homage to (the Great Avant-Garde Artists),
Ohno Kazuo, Taro Okamoto, Yukio Mishima,
Tatsumi Hijikata, and Tatsuhiko Shibusawa

Homage Paintings by
Takashi Shinozaki, and photos by Eikoh Hosoe

Synchronization with Contemporary 9 Artists
and Visual Echos from Advanced Science Technology of Universe, Brain, and Cell

未来の魂に捧げる鬼才たちの星座

招魂の作家 篠崎 崇 (絵画)・細江英公 (写真) によって蘇る大野一雄・岡本太郎・三島由紀夫・土方 巽・瀧澤龍彦



2011.10.15 SATURDAY
→ 2012.1.9 MONDAY

- 開館時間 9:30 - 17:00 (入館は 16:30まで)
- 休館日 月曜日(1月9日を除く)、11月4日(金)、11月24日(木)、12月29日(木) - 1月9日(木)
- 入館料 一般900円(700円) 高・大学生 600円(500円) 700円(600円) 中学生以下無料 (1月は20名以上の団体料金)

- 主催 川崎市岡本太郎美術館 芸術と科学の婚姻実行委員会
- 助成 芸術文化振興基金
- 協力 国立天文台(NAO)、東京大学数物連携宇宙研究機構、武蔵野美術大学芸術文化学科、理化学研究所

特別企画

村田隆之輔

(複製画 本人蔵 複製販売)

馬淵晃

(複製画 本人蔵 複製販売)

新見隆

(複製画 本人蔵 複製販売)

交通

●小田急線 百原駅南口より徒歩17分

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

●バス 9分り車のみは、津田部入口(津田部入口)下車徒歩5分(1階1-2番)

川崎市岡本太郎美術館

Taro Okamoto Museum of Art, Kawasaki

川崎市多摩区南形7-1-5 TEL. 044-900-9898 <http://www.taromuseum.jp>



川崎市の岡本太郎美術館で開催された「芸術と科学の婚姻 虚舟—私たちは、何処から来て、何処へ行くのか」のポスター

Special Contribution

Our Team

田村 直之 たむら・なおゆき 専門分野:天文学

IPMU 助教

私は、銀河がどのように形成し進化してきたかを理解すべく観測データをもとに研究を進めると同時に、より良質のデータをより効率よく取得するために必要な新しい観測装置の開発にも従事しています。これら2つの研究領域はいわば車の両輪で、天体観測を通して宇宙を理解するためにどちらも不可欠だと思うからです。

私が観測装置開発に取り組むようになったのは大学院生時代（京都大学）です。早期型銀河の形成や進化の歴史を知るための1つの手がかりとして、色や吸収線の強さの銀河内部で変化する様子を調査、研究する傍ら、遠方銀河の分光観測にも強い関心を持ち、多数の天体を効率良く分光観測できる多天体分光器“FMOS”の開発チームに加わりました。博士号を取得し京都を離れ、イギリスのダーラム大学や、国立天文台ハワイ観測所へポスドク研究員として赴任後も、早期型銀河に付随する球状星団種族や遠方銀河の観測研究を続けながら、FMOS の開発、装置立ち上げの中



で中心的な役割を果たしてきました。

FMOS が科学運用を開始し様々なサーベイ観測プログラムが走り出した今、私はさらに強力なファイバー多天体分光器を新たに開発するためのプロジェクトへの参画を決めました。SuMIRe プロジェクトです。私は、IPMU に本拠を置くPFS 開発プロジェクトオフィスの一員として、FMOS の開発を通して培った経験を生かし、装置の開発やマネジメントに従事しています。また、これとは独立に、面分光装置の開発にも関心を持っており、必要な技術開発や既存技術の応用へ向けた取り組みにも積極的に関与していきたいと思っています。

COSMOSサーベイによるブラックホール進化の研究

ジョン・シルバーマン John Silverman

IPMU 助教

2月13日から22日にかけて、IPMUにおいてCOSMOSサーベイの活動銀河核(AGN)研究会が開催された。この研究会はAGNに関連した話題を包括するよう企画されたが、とりわけブラックホール進化をけん引する物理機構や最初のブラックホールが出現した時期、そしてブラックホールの成長とその宿主銀河の間の関係といった、超巨大ブラックホール進化に関する根本的な問題にCOSMOSデータを用いて道を切り開くことを主眼とした。

COSMOSは2平方度の天域をカバーするユニークな銀河系外サーベイである。事実上すべての宇宙・地上天文台(宇宙では例えばハッブル宇宙望遠鏡、チャンドラX線観測衛星、地上では例えばすばる望遠鏡、超大型望遠鏡VLT)を用いて、今だかつてない広い視野にわたって、電波からX線までの波長域で観測が行われている。世界中で100人を越す研究者が国際共同研究をしたことで、このような非常に多くの望遠鏡を動員することが可能だったと言えるだろう。とりわけ、愛媛大学の谷口義明教授が率いる、すばる望遠鏡のシュプリームカムを用いた可視光の中間帯域観測により、測光的赤方偏移が画期的な精度で推定できるようになったことを強調しておきたい。

41名の研究者が参加したこの研究会は、カーネギー天文台のルイス・ホー博士とハーバード・スミソニアン天体物理学センターのマーティン・エルビス博士による講演で幕を開けた。彼らは近傍宇宙にある低光度AGNを駆動するブラックホールから、最遠方にある高光度クエーサーまでをカバーする広範なレビューをした。続く2日半

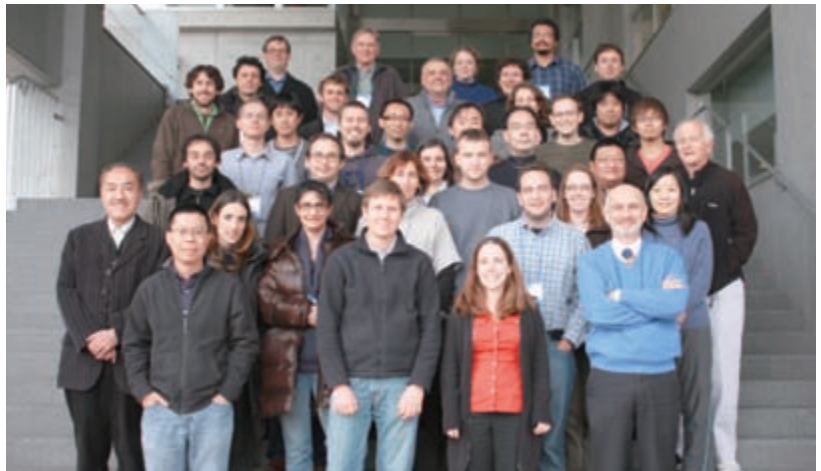
は中心核周囲にあるダスト、星形成との相関、そして銀河群・銀河団というような大規模構造との相関といった、AGNの物理的な性質を議論する一般講演にあてられた。とりわけ、AGNと宿主銀河の放射を分離し、超巨大ブラックホールが生成する総エネルギー、すなわちブラックホールへの質量降着率を測定する方法について活発な議論がなされた。過去100億年にわたる超巨大ブラックホールへの質量降着の測定は、COSMOSサーベイの目標の一つであるため、これは重要な議論であった。

研究会には広く日本の天文学コミュニティから研究者の参加を奨励した。例えば、筑波大学の川口俊宏博士はAGNからの紫外線放射のダストによる吸収・再放出の新たな理論模型を発表した。また、東北大学の秋山正幸博士はすばる/XMM-Newtonディープサーベイのデータから、活発に成長する超巨大ブラックホールの質量分布を近傍宇宙から遠方宇宙にわたって調べた新しい結果を報告した。加えて、京都大学の長尾透博士が、近くすばる望遠鏡に搭載される広視野可視光カメラ、ハイパーシュプリームカム(HSC)による次世代の広域サーベイに向けての日本の努力について概要を示してくれた。HSCによるサーベイからの早

期のサイエンス結果は、COSMOSにおける多波長データを利用することになりそうである。

研究会の最後の週は専らワーキンググループのセッションに充てられ、COSMOSで現在進められている観測が議論された。すばるに搭載されているFMOS(Fiber Multi-Object Spectrograph、ファイバー多天体分光器)を用いてIPMUとハワイ大学が共同で進めている赤外線分光サーベイについては、多くの議論があり熱心にサーベイ計画の調整が行われた。この観測は、高赤方偏移における超巨大ブラックホール質量をより高精度で見積もることを可能とし、さらにダストに隠されたAGNの性質を明らかにすることができる。また、ハッブル宇宙望遠鏡と赤外線天文衛星ハーシェルによる近赤外および遠赤外の新しいデータについて短い講演もあった。最後に、日本が主要な役割を果たしているアタカマ大型ミリ波干渉計で、超巨大ブラックホールを成長させている可能性のある冷たいガス雲を検出することから、超巨大ブラックホールに挑む手法が議論された。

研究会に参加された方々に、主催者とIPMUを代表して感謝したい。再びIPMUで会えることを楽しみにしている。



天文学の世界的な主要研究機関に発展したIPMU

高田 このインタビューを受けていただき、ありがとうございます。まず最初にお聞きしたいのですが、IPMUについてどんな印象をお持ちですか？

ストラウス IPMUは素晴らしい研究所ですね。すごい早さで成長しました。確か始まりは2007年だったと思いますか？

高田 その通りです。4年経ちました。

ストラウス 4年ちょっとで、少なくとも天文学分野では既に世界の主要研究機関の一つになりましたが、物理と数学でも同じだと思います。成長の早さには驚くのみです。日本中、世界中から本当に最高の人材の結集に成功しました。理論天体物理学だけでなく、観測的研究にも焦点を合わせ、日本の天文観測コミュニティの色々な人たちをまとめ上げ、私たちが関わっている大規模なサーベイ計画を着手したことも本当に素晴らしいことです。私はこの発展を目の当たりにすることができ本当に嬉しく思っています。

高田 IPMUについてそう言って

マイケル A. ストラウスさんはプリンストン大学天体物理学教授で、スローン・デジタルスカイサーベイ (SDSS) の元プロジェクトスパーソンおよび元副研究責任者。1989年にカリフォルニア大学バークレー校から博士の学位を取得、1995年にプリンストン大学天体物理学の教員となり、2004年より現職。

いただき、ありがとうございます。では、別の話題に移りましょう。あなたはこれまで大規模な銀河サーベイに関わってきましたが、今私たちは共同で8.2mのすばる望遠鏡を用いた銀河サーベイ計画、SuMIRe (すみれ) プロジェクトを進めています。SuMIReプロジェクトを読者に説明していただけませんか？

胸躍るSuMIReプロジェクト

ストラウス まず最初に言うべきことは、すばる望遠鏡は世界で最高の望遠鏡の一つだということです。直径8.2mの主鏡は光学望遠鏡として世界最大級です。非常に広い視野を持つように設計されたため、イメージング (撮像) と分光の両方で、特に大規模サーベイに適しています。これを念頭に、宮崎聡さんをはじめとする国立天文台とIPMUを含む日本の研究機関がHyper Suprime-Cam (ハイパーシュプリームカム) と呼ばれる広視野撮像カメラを建設しています。これは大型望遠鏡に搭載される世界最大の撮像カメラで、遠方の銀河と暗い星を研究するため、できるだけ広い天域に渡り、非常に暗い等級まで大規模サーベイを行うには最強の装置になります。

それで、SuMIReプロジェクトの最初の柱はハイパーシュプリームカムによる宇宙の撮像サーベイです。今から1年後には銀河サ

ーベイを開始したいと思っています。観測したイメージから、重力レンズ効果を用いて宇宙の物質分布（ダークマター）を赤方偏移の関数として求める研究、銀河の性質の研究、遠方のクエーサーの探索、天の川銀河のハローに存在する構造の探索、等々を行います。私たちが得るすばるのデータは非常に広範囲に渡る様々な分野の研究に役立ちます。

しかし、天文学では調べたい天体の物理的性質の詳しい情報を得るため、また特に銀河の距離を測定するためには、分光観測が必要です。スペクトルによって銀河の物理的性質を詳細に理解できるのです。スペクトルから化学的組成、表面温度、星の運動速度を測定できます。スペクトルの測定には別の装置が必要であり、ここで主焦点分光器(Prime Focus Spectrograph; 以下PFS)が役割を果たすことになります。これがSuMIReプロジェクトの第2の柱です。IPMUは両方の計画で指導的役割を果たしていますが、特に村山さんはPFS計画の中心研究者で、撮像データから選んだ天体のスペクトルを観測するためのPFS分光器を設計し、建設する国際共同研究体制をまとめ上げました。私たちはこの分光器で可能になる銀河サーベイの立案に取りかかろうとしています。先週、東京で80人が参加して開催された会議でこのテーマを議論したところですが、その続きをここIPMUで行い、サーベイ計画とその要求が分光器の設計に及ぼす影響を議論しています。このプロジェクトは非常に現実的になりつつあり、本当にエキサイティングなのです。撮像データと分光データは相補的であり、宇宙論と銀河から私たちの天の川銀河まで、非常に広範囲にわたる様々な研究課題に対して極め

て強力な手段になります。

高田 そうですね。すごく色々なことができます。しかし、SuMIReによるサーベイから期待される研究成果のうち、あなたが一番興味があるものは何ですか？

ストラウス そうですね、私たちは非常に明確な目的をもった研究プロジェクトを遂行するため、サーベイを計画します。SuMIReの主たる狙いは、実は2つあります。宇宙の質量-エネルギー密度で支配的なダークマターとダークエネルギーのパラメーターを調べて宇宙全体としての構造を理解すること、それが目標の一つです。もう一つは銀河の進化を理解することです。望遠鏡で観測する遠方の銀河からの光は現在ではなく遠い過去の銀河からやってきたものです。数十億年かけて到達するほどの遠方です。この観測から宇宙の歴史を直接知ることができます。これらがSuMIReの2つの主要な目標です。

しかし、大規模なサーベイを行うと、予期しなかった分野も含め多くの他の研究ができることにすぐ気がつきます。私が参加したサーベイの経験から言えることですが、予期しなかった研究が最も大きな成果だったということは良くあることです。そして、できる限り高精度のサーベイを行うことが予期せぬ大成果を上げることにつながるのです。私たちはサーベイと観測機器と、勿論、望遠鏡をデザインし、そうして行うサーベイは主たる研究目的に焦点を合わせるわけですが、一方ではデータをできる限り利用し尽くし、得られるものは全て得ようとしています。それが予期せぬ研究成果につながります。

高田 全くその通りですね。こ

高田昌広さんはIPMU准教授です。専門分野は天文学で、特に観測的宇宙論を研究しています。





の種の大規模サーベイの能力を最大限引き出すためには、データの質が実に重要であることを強調されるのですね。

ストラウス はい、そうです。

高田 あなたが言われたように、SuMIReプロジェクトの一つの側面は、勿論、国際協力です。

ストラウス 私たちは遠く離れているので、国際共同研究は勿論やさしいことではなく、一生懸命コミュニケーションを図り、実際互いの意思の疎通ができていて、やっていることが理解できていることを確認することが必要です。SuMIRe共同研究にはアジアから日本と台湾、北米からアメリカ、南米からブラジル、ヨーロッパからフランスと4つの大陸の研究者が参加しているので、全員と一緒に仕事を進めようというのは実に困難なことですが、やらなければなりません。私は過去4、5年で11回日本を訪れました。その間はほとんどIPMUにいましたが、このように頻りに旅行することが必要になります。同様にあなた達もプリンストンにいる

私達を何度も訪れなければなりません。

高田 そうですか、こういう国際共同研究にはコミュニケーションが実に重要なのですね。

ストラウス ええ、それから同じ場所で一緒に過ごし、一緒に働く機会を持つことです。スカイプや電話会議やテレビ会議、eメールでコミュニケーションはできませんが、それでも実際に顔を合わせることも非常に重要で、従って飛行機の中でかなりの時間を過ごすこととなります。しかし、先日の夜の夕食のようにポルトガル語、スペイン語、フランス語、日本語が飛び交うような会話はとてもわくわくするものです。そういう国際的なコミュニティの一員であることは科学者であることの特典の一つですね。私にはそれが大きな楽しみです。

大規模銀河サーベイでSDSSの次の時代を担うSuMIRe計画

高田 では、大規模銀河サーベイの話題に戻りたいと思います。あなたは何年もの間今まで

で最大の銀河サーベイであるスローン・デジタルスカイサーベイ(SDSS)で研究されてきました。2.5mの専用望遠鏡を使い、データの質は良くコントロールされています。SDSSにはいつ頃参加したのですか?

ストラウス このプロジェクトのことを初めて聞いた記憶があるのはカリフォルニア工科大学のポストドクの時で、多分1990年でした。私はパロマー山天文台で観測していましたが、同じ時にジム・ガンもプリンストンから観測に来ていました。その時彼と話したことを覚えています、「私はすごいプロジェクトを考えていて、100万個もの銀河のスペクトルを観測しようとしている」と彼が言い、私は「なんと、それは本当にすごい」と言ったのです。私の博士論文は赤方偏移の分光観測だったので…

高田 確か宇宙の大規模構造中の多数の銀河の固有速度を測定する研究でしたね?

ストラウス その通り、固有速度、つまり大規模構造での速度場です。私の博士論文ではおよそ2,400個の銀河の赤方偏移を使っています。私と共同研究者の数年がかりの仕事でした。それだけの赤方偏移を測定するため、望遠鏡の多くの時間を費やしたのです。

高田 それなのに彼は100万個もの銀河のスペクトルの話をしたわけですね。

ストラウス そう、100万個もの銀河です。私はただ、ただ「すごい」と思いました。一晩にSDSSで5,000個もの銀河を観測できるのです。毎晩、私の博士論文の2倍です。1991年の暮れに私はポストドクとしてプリンストンに来ました。最初に私がしたことの一つは、ジム・ガンのところに行って「デジタルスカイサーベイ

にとっても興味があります」と言ったことです。その時はまだスローン財団から資金を得ていなかったため、スローン・デジタルスカイサーベイとは言われていませんでした。「私のできることで役に立つことはありますか?」と聞いたら、彼は「勿論、間違いなく君がすることがあるよ」と言ってくれました。それで私はどんどん関わっていったのです。私はポストドクでしたが、それからプリンストンの教員になることができませんでした。

高田 それは1994年か95年でしたか?

ストラウス 1995年に教員になったので、ポストドクは4年間でした。

高田 プリンストン高等研究所のポストドクだったのですか?

ストラウス その通り、プリンストン高等研究所にいました。プリンストン大学とは離れていますが、非常に近い、というかそれほど遠くはありません。私は頻りにプリンストン大学に来ていました。実は高等研究所はSDSSの協力機関の一つであり、正式にプロジェクトに参加していました。ですから、もう一人私と同時期に高等研究所にいたデイビッド・ワインバーグも同時にSDSSに加わりました。

高田 では、あなたは最初からスローン・デジタルスカイサーベイ計画に関わっていたのですか?

ストラウス ほとんどそれに近いのですが、完全に初めからというわけではありません。プロジェクトが正式に始まったのは1988年です。シカゴでどうやってプロジェクトを実現しようかと議論する会議があり、ジムとシカゴ大学の人たちが出席していました。私はその会議には出ていなくて、プロジェクトに関わり始めたのはその数年後のことです。ご存知のように、スローン計画では同じ望遠

鏡で撮像と分光の両方のサーベイをします。ですから撮像と分光で違う装置が使われます。撮像用のカメラはプリンストンが中心となりジム・ガンと彼のグループが製作し、分光器は主にアラン・ウオモトとスティーブ・スマーを含むジョンズ・ホプキンス大学グループが製作しました。SuMIReプロジェクトは撮像と分光の両方でこのやり方を受け継いでいます。撮像用カメラは勿論宮崎さんを中心に日本グループが製作していますが、その設計についてはジムと宮崎さんがずっと議論を続けてきました。

SuMIReの分光器はやはり日本が中心になっていますが、その設計にはジムとスティーブ・スマーを含むジョンズ・ホプキンスグループが非常に大きく関与しています。SDSSでは広視野撮像と多天体分光を行い、低赤方偏移、従って時間的には現在の近傍の宇宙にある銀河の分布と物理的性質の特徴を明らかにすることができました。その次の世代の問題を考えると、銀河の分布とその物理的性質が赤方偏移と共にどのように変化するか、また重力レンズの信号は赤方偏移の関数としてどのようなものなのかを知るために、宇宙の性質を赤方偏移の関数として調べることが必要であると気がつきます。

これら全てがもっとうずと暗い銀河の観測を、従ってもっとずっと大きな望遠鏡を必要とし、私たちがすばる望遠鏡でのSuMIReプロジェクトへと導いたのです。ですから、SuMIReプロジェクトは同じ学問的課題の非常に自然な延長線上にあるわけです。科学の世界では多くの重要な問題に回答が与えられてきましたが、それで終わりではなく、また新たな問題が現れてくるのです。例えば、SDSSが始まった時にはダー

クエネルギーのことは全く聞いたこともありませんでした。宇宙膨張が加速していることは知りませんでした。そういうことが起きているかもしれないというクレイジーなアイデアをもった人たちが少しはいましたが、誰も注意を払いませんでした。しかし、今私たちはそれが事実であることを知っているのです。それは私たちの分野で、ここ何年もの間の最も重要な発展の一つなのです。

今や宇宙についての私たちの考え方は完全に変わってしまいました。私たちの置かれた状況には、非常に興奮させられます。というのも、ほんの数個のパラメーターでほとんど全ての宇宙論的なデータを記述する、極めて完全であると同時に極めて簡単な宇宙のモデルを手に入れたわけですから。しかし、そのモデルにはダークエネルギーとダークマターが登場するのに、私たちはその正体を知りません。ですから、私たちはなんだか分かっていないものについて非常に精密な観測をしているという、とても困惑させられるような状況にいるわけで、それは当然ながらとてもわくわくするような状況なのです。

高田 ええ、私もダークマターとダークエネルギーの性質には非常に興味があり、SuMIReのサーベイはこの非常に重要な問題に取り組むことができると信じています。ところで、SDSSでは、大量のデータセットをどう取り扱ったのですか？ あのような巨大なデータセットを処理するソフトウェアとパイプラインをどうやって準備したのですか？

失敗の瀬戸際を何度も経験したSDSS

ストラウス そうですね、私たちがSDSSを始めた時、ソフトウェアがどれほど大変なものかほと



んど理解していませんでした。皆以前に撮像データを解析したことがあり、既存のパイプラインを使えるだろう、空いている時間にソフトウェアを開発しよう、と考えていました。最初はソフトウェアの開発のために取っておく予算は全くなし、ゼロでした。実際はソフトウェアがプロジェクトの最も難しい技術的課題の一つであることが判明しました。SDSSには実に多くの問題がありました。そのうちの一つがこれでした。プロジェクトが始まった最初の数年は多くの葛藤があり、ソフトウェアの書き方や、問題を実際のデータ自体を用いてどのように解決するか、意見の食い違いも多々ありました。さらに、当初、プロジェクト全体の費用の見積もりを誤ったのです。最初の見積もりは1,500万ドルだったと思います。

高田 たった1,500万ドルですか？
ストラウス そうです。最終的にはSDSSの第一フェーズで1億ドルかかりました。ですから、ほとんど一桁少ない予算を立てたわけです。1991年に私がプリンスト

ンに来た時には、ファースト・ライト（望遠鏡が完成して最初の観測）は1994年暮れと聞きました。実際は、ファースト・ライトは4年遅れの1998年5月でした。予算不足は大問題で、全てが遅れました。問題山積でした。アン・フィンクバイナーがSDSSプロジェクトの歴史について書いた本があるのを知っていますか？

高田 ええ、知っています。SDSSがどうやって始まったかというジムの物語についての本ですね。でも、まだ読んでいません。

ストラウス ええ、とても面白いので是非読むことを勧めます。私たちがSuMIReについてとても意識して気をつけていることの一つはSDSSの過ちを繰り返さないことです。かかる時間と必要な金額について、私たちは非常に現実的になりました。以前、私たちは国際協力で十分確実にコミュニケーションが図れるように話し合ったので、意見の対立で時間をかけたりせず、その点でもうまくやっているといます。一緒に生産的に仕事をし、互い

に助け合い、有効に時間を使っています。

高田 SDSSはすごい成果を上げました。全く驚くような成果です。

ストラウス そうなのですが、ほとんど失敗の瀬戸際が何度かありました。資金を使い果たしたことが何度かあり、あらゆる種類の技術的問題が起き、組織上の問題もありました。フィンクバイナーの本では数多くの章を費やしてこれらについて述べています。例えば、私たちが望遠鏡の副鏡を壊したことを知っていますか？

高田 え！それは知りませんでした。

ストラウス 望遠鏡のファーストライトは1998年5月でしたが、その時点で私たちは天球の赤道上でドリフトスキャン撮像だけを行ったのです。この方法では望遠鏡は動かさずに固定しておき、天球が回転して行くのを観測します。既にこのデータを用いて研究の開始が可能で、6ヶ月後には論文を書き始めていました。しかし、およそ1年後、1999年でしたが、分光観測を開始して副鏡を壊してしまいました。副鏡は裏でピントと傾きを調節するピストンに支えられています。個々のピストンが押し力は同じではなく、全体として鏡の形を正しい形状に保つように押さなければなりません。しかし、一つのピストンが強く押しすぎてガラスを突き破り、副鏡に穴を開けてしまったのです。

高田 副鏡に穴を開けてしまったのですか！

ストラウス それが起きたのは1999年11月だったと思います。その時、私は「これでプロジェクトは終わった」と思いました。ところが、鏡の損傷は中心部だけに限られていることが分かりました。ご存じのように、主鏡の中心には大きな穴がありますから

副鏡の中心部は光を受けません。ですから損傷部だけを修理して、その後副鏡を使うことができたのです。損傷した副鏡は今でもまだ取り付けられたままです。フィンクバイナーの本にはこれが全部書かれています。

天文学の様々な分野に大きな影響を与え続けてきたSDSS

高田 そういったことがひとたび決着した後は、あなたたちはSDSSでいくつも重要な業績を上げました。SDSSのデータを用いた論文のいくつかは天文学界に大きな影響を与え、非常に多くの引用数を誇っています。ハッブル宇宙望遠鏡や高エネルギーX線天文衛星と比較してさえ、それらを上回るほどです。

ストラウス 私たちは非常に満足しています。繰り返しますが、本当に面白かったことの一つは、宇宙の大規模構造から遠方のクエーサーや天の川銀河の構造まで、天文学の様々な分野で大きな影響を与えることができたことです。SDSSの初期に私が関与したものの一つに、非常に初期のデータを用いて高赤方偏移のクエーサーを発見することがありました。銀河間物質中の中性水素による吸収のため、高赤方偏移のクエーサーは非常に赤く見えます。実はこの時はSDSSの分光器の稼働前だったので、私たちはアパッチポイント天文台の3.5m望遠鏡を使い、当時私の学生(今はアリゾナ大学の教員)だったシャオファイ・ファンと一緒に分光観測をしました。3.5m望遠鏡で見つけられる最も赤い天体の観測から、高赤方偏移のクエーサーと非常に赤い褐色矮星を同時に発見しました。半分は褐色矮星、半分は高赤方偏移のクエーサーでしたが、140億光年という最も遠いクエーサーと10パーセク先と

いう最も近い星を発見した訳で、実に面白かったですね。本当にわくわくして観測しました。

毎晩、非常に高赤方偏移を発見する度に私たちはジム・ガンに電話したものです。彼はこう言いました。「いつでも私を起こして良いのだよ。高赤方偏移のクエーサーを見つけたら私を起こさない。」ですから私たちは午前2時に電話して「ジム、赤方偏移5を見つけました」と言うと、彼は「結構、結構、では私は戻って寝るよ」と言ったものです。

高田 SDSSは大成功でしたが、例えば1990年代半ばと比べて、新しい大規模銀河サーベイであるSuMIReプロジェクトは当時より仕事し易くなっていると感じますか？

ストラウス ええ、SDSSで私たちが新しく始めたことの一つは、大グループと一緒に仕事をするやり方を考えようとしたことです。天文学者、少なくとも光学天文学の研究者は数人の小さなグループでの共同研究に慣れていました。私たちがSDSSの最初の論文を出版したときは著者が100人を超え、他の人たちから見るととても奇妙に思われました。私たちは論文出版についての詳細なポリシーとそれに基づくルールを定めました。それは非常に重要なことであることが分かったのですが、なぜかという研究グループのそれぞれが学問的興味を追究することを許すこと、若者をキャリア・アップさせること、そして確実に最高の研究成果を上げること、これらのために何らかの方法を必要としていたからです。やり方を誤ると、誰がどんな研究を始めるのか、誰が一番目の著者になるのか、などについて延々と議論に時間を費やすはめになります。全員が同意できる明確なポリシーをもつことにより、多

くのトラブルを解決したのです。

高田 そうですね、ハイパーシュプリームカムのサーベイに関しては、私たち共同研究チームはSDSSと似たポリシーを採用することに同意しました。願わくは科学的成果についてもSDSSのように大きな成果を挙げられることを望みます。

さて、話題を変えたいと思います。あなたにとって、天文学あるいは宇宙論の理論家と観測家と実験家は、何か違いがありますか？

ストラウス 天文学で自分を理論家と呼ぶ人たちが益々観測的天文学、特にサーベイ天文学に興味を惹かれるようになったことは確かだと感じています。なぜなら彼らが自分の理論をテストしたいと思うならサーベイが必要だからです。プリンストン大学の天体物理学教室は、未だに理論志向を強く打ち出しています。しかし、理論家の多くは益々観測的な研究に関わるようになってきました。例えばデイビッド・スパーゲルのような人たちです。

高田 今やはっきりした境界は無いわけですね。では、最後の質問です。IPMUの将来について何を期待しますか？提案やコメントはありますか？

ストラウス IPMUはどんどんサーベイに関わるようになり、指導的役割を果たすようになっていくでしょう。私たちは長期間SuMIReプロジェクトで忙しくなり、10年後もまだSuMIReで研究を続けていると思います。それから次にやるべき素晴らしいプロジェクトを考えることになると思います。

高田 ありがとうございます。とても面白い話を伺えました。今後も一緒にこの素晴らしい広域銀河サーベイの旅を続けていきたいと思います。

IPMUのためにカブリ財団が基金設立

平成24年2月8日に東京大学本部棟において、濱田純一東京大学総長、江川雅子東京大学理事、村山斉IPMU機構長他、米国カブリ財団からミヨン・チュン副理事長、および文部科学省からの来賓、森本浩一研究振興局審議官が出席し、またカブリ財団創設者で会長のフレッド・カブリ氏と理事長のロバート・コン氏がテレビ会議システムを通じて参加して記者会見を行い、カブリ財団がIPMUのために750万ドル（約6億円）を拠出して基金を設立し、基金からの運用益によりIPMUの研究を助成することを発表しました。

IPMUはこの基金の設立を受けて、平成24年4月1日にカブリ氏の名を冠してカブリ数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU）となります。海外の財団から基金を獲得し、支援を受ける冠研究所となるのは日本の国立大学の研究所としては初めての事例です。

カブリ財団は宇宙物理、ナノサイエンス、脳科学、理論物理学の4分野を支援しています。現在までにハーバード、MIT、ケンブリッジ等世界の有力大学で「カブリ」の冠をつけた15箇所のカブリ研究所に基金設立等の寄付を行ってきており、IPMUは16番目のカブリ研究所となります。村山機構長が今号の巻頭言で述べているように、カブリ研究所の一員になるということは世界の名門研究所に仲間入りしたことであり、IPMUが世界トップレベルの研究機関へと更なる発

展を遂げるための足掛かりとなります。

また、東京大学では大学の新しい形を目指し国際競争力を高めるため、濱田総長による中期的ビジョン「行動シナリオ FOREST 2015」のもと、2020年までに2000億円の基金を作る計画です。IPMUが、外国の財団からの寄付による基金で支援を受けることは、新しいスキームで海外から資金の導入ができたという成果であり、東京大学にとって新しい大学像に向けて大きく弾みをつけられたという意義があります。また、時限つきのWPIプログラムによって設立されたIPMUにとって、基金により恒久的に支援を受ける仕組みを導入できたことは研究機構を恒久的なものにするための一歩を踏み出したと言えます。



左から森本文科省研究振興局審議官、村山IPMU機構長、濱田東京大学総長、ミヨン・チュンカブリ財団副理事長、江川東京大学理事



カブリ財団からフレッド・カブリ会長、ロバート・コン理事長もテレビ会議で参加した記者会見風景

基金設立を記念して、5月10日にフレッド・カブリ氏を迎えて『カブリIPMU記念式典』と『カブリIPMU記念一般講演会』の開催が予定されています。

暗黒物質は銀河間空間にも広がっていた

宇宙線研究所教授でIPMU主任研究員を兼ねる福来正孝さん、IPMU准教授の吉田直紀さん、名古屋大学の大学院生で日本学術振興会特別研究員の正木彰伍さんの3人は、高精度の数値シミュレーションを用いて、最新の観測結果と整合する暗黒物質の分布を明らかにしました。星など光を出す通常の物質の分布は隣り合う銀河同士で重なり合うことはありません。しかし、暗黒物質の分布は通常の物質より広がっていて、隣り合う銀河同士で裾野が重なり合っており、切れ目無く宇宙全体に広がっていることが分かったのです。

さらに、これまで銀河に重力的に束縛されている質量（物質と暗黒物質の和）が宇宙の質量の半分にしかならないという矛盾がありましたが、銀河の外に広がる暗黒物質の質量を全て足し合わせると、銀河内部の質量に匹敵する量にもなるということも判明し、矛盾が解決されることになりました。

この結果は、2012年2月10日発行の *Astrophysical Journal* 746巻に掲載されました。

強弱重力レンズによるダークマター分布の精密測定

ダークマターは宇宙の質量の大半を占める謎の物質ですが、重力レンズ現象を利用することでその空間分布を直接測定することができます。IPMU助教の大栗真宗さんを中心とする国際研究チームは、すばる望遠鏡で観測された28個の銀河団の画像について「強い」重力レンズ現象と「弱い」重力レンズ現象を組み合わせた解析を行うことで、銀河団内のダークマター分布をこれまでにない精度で明らかにしました。特に、ダークマター分布の中心集中度については理論予言との矛盾が指摘されており長らく論争が続いていましたが、その論争に決着をつける重要な成果となります。

この結果は2012年1月に *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 誌の電子版に発表され、同年3月発行の同誌420巻に掲載されました。

福来正孝、柳田勉 両主任研究員、第3回戸塚洋二賞を受賞

東京大学宇宙線研究所の教授でIPMU主任研究員を兼ねる福来正孝さんと、IPMU教授で主任研究員の柳田勉さんが「レプトン起源の宇宙のバリオン数非対称機構の提唱」によりニュートリノ実験または非加速器素粒子実験、あるいは関連する理論研究ですぐれた成果をあげた研究者に授与される戸塚洋二賞(第3回、2011年度)を受賞しました。

福来、柳田両氏は、右巻きニュートリ

ノの崩壊時に生じるCP非対称性によって宇宙のレプトン数非対称性が生成され、これが電弱相転移時に非摂動的効果を通じてバリオン数の非対称性に転化されるという模型を提唱しました。この模型はまだ実験的に検証されてはいませんが、現在宇宙のバリオン数の非対称性を説明する最も単純で有力な模型です。宇宙のバリオン数の非対称性の起源をレプトン数非対称性に求めるこの機構は、通常レプトジェネシスと呼ばれ、バリオン数の非対称性研究に新しい地平を切り開いたものとして高く評価されました。

受賞式は2012年3月18日(日)に東京大学小柴ホールで行われました。

梶田隆章主任研究員、第102回日本学士院賞を受賞

平成24年3月12日開催の第1057回日本学士院総会において、東京大学宇宙線研究所長でIPMU主任研究員を兼ねる梶田隆章氏が「大気ニュートリノ振動の発見」により第102回日本学士院賞を受賞することが決定し、発表されました。受賞式は本年6月の予定です。

梶田氏は、共同研究者とともに宇宙から飛来する宇宙線が地球を取り巻く大気と衝突した結果作られる大気ニュートリノを、岐阜県神岡鉱山内に設置されたカミオカンデ検出器、さらにスーパーカミオカンデ検出器により観測し、ニュートリノ振動の現象を発見しました。ニュートリノ振動はニュートリノが有限の質量を持つ決定的な証拠となりました。こ

の発見の詳しい経緯については、梶田氏自身が *IPMU NEWS* に解説を書いています。No. 15の28-33ページをご覧ください。

伊部昌宏科学研員、2011年度(第6回)素粒子メダル奨励賞受賞

東京大学宇宙線研究所准教授でIPMUの科学研員を兼ねる伊部昌宏氏と東北大学の北野龍一郎准教授が *Journal of High Energy Physics* 0708 (2007) 016 に発表された論文“Sweet Spot Supersymmetry”により2011年度(第6回)素粒子メダル奨励賞を受賞しました。この賞は日本の素粒子論研究者の組織である「素粒子論グループ」が若手研究者を奨励するために授与するものです。

高校生のためのサイエンスキャンプ「数学と物理学で挑む素粒子と宇宙」

ウインター・サイエンスキャンプ「数学と物理学で挑む素粒子と宇宙」が2011年12月26日から28日までの3日間IPMUで開催され、全国からの応募者から選ばれた19名が参加しました。サイエンスキャンプはJST(日本科学技術振興財団)が受け入れ機関を公募し、採択された研究機関の第一線で活躍する研究者が高校生に対して直接指導を行い、交流を深める体験合宿型プログラムです。

IPMUでは2回目のサイエンスキャンプでしたが、数学や相対論の講義を受け、IPMU研究者のティータイムにも参加す

るなど、3日間寝食を共にした数学好き、物理好きの高校生達は「普段、学校の友達とは分かり合えないような部分で共感しあえる仲間が出来たことが大変嬉しかった」、「終了後もこのキャンプで出会った友達とメールやスカイプを通して連絡を取り合っていきたい」などと感激を語っていました。



アメリカ科学振興協会 (AAAS) 年次大会に出展

2月16日からカナダのバンクーバーでAAAS (米国科学振興協会) の年次総会が開催されましたが、今回、WPI (世界トップレベル研究拠点プログラム) 6拠点は合同で初めて海外でのイベントに出展しました。

WPIブースは2月17日から19日の間バンクーバーコンベンションセンターの日本パビリオン内に設けられ、各拠点の

最新の研究成果や、世界中から研究者が集まる国際的な研究拠点としてのWPIの特長をビデオやポスターを使って紹介しました。3日間の会期中、WPIブースを含む日本パビリオンには約2,700人が訪れ、大会全体では例年を大きく上回る11,000人以上が来場しました。うち約6,000人が家族向けイベント「ファミリーサイエンス・デー」参加者、約700人がメディア・広報関係者でした。



日本パビリオンのWPIブース。



WPI 6拠点の担当者に加えて文部科学省からも上田光幸研究振興局基礎研究振興課基礎研究推進室長 (前列右から2人目) がWPIブースを担当。

人事異動

次の方々が転出しました。〔括弧内はIPMU在任期間です。〕

高柳 匡さん〔2008年9月1日-2012年3月31日〕 IPMU 准教授から京都大学基礎物理学研究所教授へ。

吉田直紀さん〔2008年9月1日-2012年3月31日〕 IPMU 准教授から東京大学

理学系研究科教授 (物理学専攻) へ。

立川裕二さん〔2010年11月1日-2011年4月9日および2011年8月8日-2012年3月31日〕 IPMU 助教から東京大学理学系研究科准教授 (物理学専攻) へ。

大河内 豊さん〔2010年8月16日-2012年3月31日〕 IPMU 博士研究員から京都大学次世代研究者育成センター特定准教授へ。

清水一紘さん〔2009年1月1日-2012年3月31日〕 IPMU 博士研究員から大阪産業大学教養部物理学教室博士研究員へ。

藤田充俊さん〔2011年4月1日-2012年2月28日〕 日本学術振興会特別研究員から米国ワシントン大学の博士研究員へ。

小川軌明さん〔2011年4月1日-2012年3月31日〕 日本学術振興会特別研究員から理化学研究所特別研究員として理化学研究所仁科加速器研究センターへ。

また、土屋昭博 IPMU 教授が任期満了で退職しました。IPMU 在任期間は2008年2月1日-2012年3月31日ですが、2007年10月1日のIPMU発足以来2009年3月31日まで数学分野の主任研究員を務められました。

お知らせ

本誌は次の2012年6月号 (No. 18) から「Kavli IPMU News」となります。なお、小林俊行主任研究員のFEATURE記事は、次号に掲載を予定しています。



超弦理論の双対性

立川裕二 IPMU助教

素粒子が粒子でなく弦でできているとすると、時空は10次元でないといけな
ないことが80年代に明らかになりましたが、詳細にみるとIIA型、IIB型、I型、
混成 $E_8 \times E_8$ 、混成 $SO(32)$ と呼ばれる五種類の弦理論が許されることが判明し、
理論家を悩ませていました。数年経って、二種のII型弦及び二種の混成弦は、
それぞれ小さな円周上に於いて観察すると実は同じ弦理論であることが認識
されます(T双対)。90年代半ばには、I型弦と混成 $SO(32)$ 弦は結合定数が互
いの逆数である関係にあること(S双対)、また11次元に膜が基本構成要素で
あるM理論があり、それを円周上及び線分上に於いて調べると、それぞれIIA
型及び混成 $E_8 \times E_8$ 弦となっていることが判明し、五種の弦理論は全て結局同
じ物理系であったことが理解されました。これら「双対性」は今世紀の超弦
理論研究の基礎になっています。

