

IPMU NEWS

Feature
LHC and Dark Matter

Interview with Makoto Kobayashi



5

No.

March 2009

IPMU NEWS CONTENTS

English

- 3 **Director's Corner** Hitoshi Murayama
Benefit to the Society
- 4 **Feature** Mihoko Nojiri
LHC and Dark Matter
- 8 **Our Team** Naoki Yasuda
Taizan Watari
Guillaume Lambard
Simon Dedeo
Keisuke Izumi
Ikko Shimizu
Hajime Takami
Marcos Valdes
- 12 **IPMU Interview** with Makoto Kobayashi
- 16 **News**
- 20 **Gravitational N-body Simulations**
Reproduce Cosmic Structure
Naoki Yoshida

Japanese

- 21 **Director's Corner** 村山 斉
社会貢献
- 22 **Feature** 野尻美保子
LHCとダークマター
- 26 **Our Team** 安田直樹
渡利泰山
ギヨム・ランパール
サイモン・デデオ
泉圭介
清水一紘
高見一
マルコ・バルデス
- 30 **IPMU Interview** 小林 誠教授に聞く
- 34 **News**
- 36 **重力N体計算を用いて**
宇宙の構造を再現する
吉田直紀



Mihoko Nojiri is a professor at the Institute of Particle and Nuclear Studies (IPNS), High Energy Accelerator Research Organization (KEK), and a principal investigator at the IPMU. She is an expert on the phenomenology of the supersymmetric (SUSY) models. Currently, she is developing a physics study involving both theorists and LHC experimentalists toward the determination of the parameters of the SUSY models and the nature of dark matter. She received her Ph.D. at Kyoto University in 1990. She became an assistant professor at KEK in 1993, and an associate professor at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University in 1997. She returned to KEK in 2006 and became a professor in 2007.

野尻美保子：高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 素粒子原子核研究所 (IPNS) 教授でIPMU主任研究員を兼ねる。超対称模型の現象論に関する世界的なエキスパートであり、近年は理論物理学者だけでなくLHCの実験物理学者も巻き込み、LHCで超対称模型のパラメーターやダークマターの性質を決定するための研究をリードしている。1990年に京都大学理学博士の学位を取得。1993年にKEK助手、1997年に京都大学基礎物理学研究所助教授、2006年にKEK助教授、2007年に同教授。

Benefit to the Society

Director of IPMU

Hitoshi Murayama

Whenever I meet somebody new outside science, I always dread of two questions. First one: “You study physics? I hated it back in high school! How would anybody want to devote oneself to it?” I think I can handle this question by explaining physics is a very human activity with lots of drama of rivalry, working together, excitement, and luck. Then comes the second question that is harder to answer: “And you spend millions of dollars? What is your study good for?”

The short answer is none. Human beings have been wondering about the mysteries of the Universe for millennia, not because it makes us wealthier or healthier, but for pure intellectual curiosity. But such a quest does have a place in our society. It will give us new perspective about our place in the Nature, with subtle connections to philosophy. We will be intellectually richer, and may understand ourselves better.

But sometimes it will bring us something more tangible. Worldwide web was invented for researchers to exchange data; it is now a multi-trillion-dollar business. Many technologies invented for basic research have applications in our daily life; laser for DVDs, superconducting magnets in MRI, and particle accelerators for radiation therapy. We expect cutting-edge research will produce similar applications as by-products.

In addition, we are committed to bring back our

findings to people who supported them. Public lectures we've organized have proved extremely popular, and were sold out each time. We mobilized more than twelve hundred people so far, which shows people do care about intellectual richness beyond practical applications. This newsletter is another such effort; I hope you enjoy it! We will organize schools for high school students. We very much hope that our research and outreach effort will excite young minds to study science, mathematics, and engineering. We aspire to become a magnet to science for the society at large.



LHC and Dark Matter

Invisible dark matter fills the universe

The universe consists mainly of matter that does not emit light (called “dark matter” because it is invisible). This fact, based on the motions of stars in galaxies and clusters of galaxies, has been known for some time. Thanks to advances in observational techniques, we now know that so-called dark energy comprises 70% of the universe’s energy while dark matter comprises about 23%. Baryons, such as protons and neutrons, comprise only 4%. Recently, a team of scientists used NASA’s Chandra X-ray Satellite and other telescopes to trace the shadows of dark matter in two colliding clusters. The shadows are passing through each other without interference,

while the normal matter in the two clusters is being slowed by the collision (Figure 1). This indicates that particles of dark matter rarely interact with other types of particles.

Dark matter particles have significantly affected particle physics. Although the standard model of particle physics well describes the properties of all of the particles that have been investigated to date, this model does not include dark matter candidates.

While the properties of dark matter are not clearly understood, the reasons for its existence in the universe are. According to the Big Bang scenario, the universe contracts as we move into the past. This implies that all types of matter in the early universe were extremely hot and dense and their particles



Figure 1. The separation between the material shown in pink (hot gas of normal matter, observed by the Chandra X-ray Observatory) and blue (dark matter observed by the Hubble Space Telescope and other telescopes using a technique known as gravitational lensing). Dark matter regions pass through each other without interference. Credit: X-ray: NASA/CXC/CfA/M.Markevitch et al.; Optical: NASA/STScI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.; Lensing Map: NASA/STScI; ESO WFI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.

frequently collided. Those collisions must have created many particles that do not exist today. If some of the particles created in high-energy collisions happened to be stable, they may have survived to the present day as dark matter. If dark matter was created in this way, then the interactions among them must be weak. Otherwise, they would have quickly disappeared in the collisions. This idea agrees well with those properties of dark matter that can be observed only by gravitational means.

On the other hand, dark matter was not predicted by particle theory. The particles we normally observe—protons (a composite of u- and d-quarks, gluons, and other small components), electrons, and neutrinos—are stable because of the laws of conservation in particle theory. If dark matter is unstable, then its lifetime must exceed the age of the universe. Therefore, some unknown (approximate) conservation law must be preventing the decay of dark matter.

LHC can create dark matter

It may be possible to create dark matter. CERN

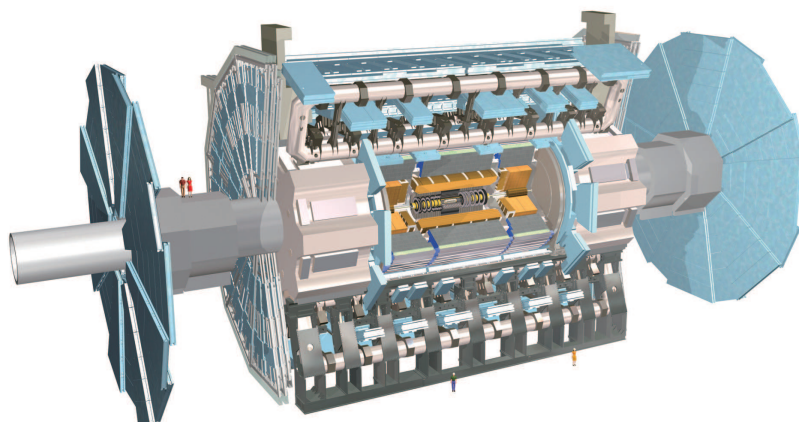


Figure 2. Computer-produced image of the detector for the ATLAS experiment at the LHC. Copyright © CERN, Photograph by Joao Pequeno

(European Organization for Nuclear Research) has built the world's largest colliding beam accelerator, the LHC (Large Hadron Collider), near Geneva. Completed last year, the LHC can collide 14 TeV protons. The energy of these collisions roughly corresponds to that of the particle collisions that took place one ten billionth of a second after the creation of the universe (when the temperature of the universe was 100 trillion degrees). If the early universe could create dark matter, then the LHC experiments also should be able to create it.

Theorists have proposed various models to explain the properties of dark matter in ways that do not change the properties of known particles. A common feature of these models is a partner particle for each of the known particles. For example,

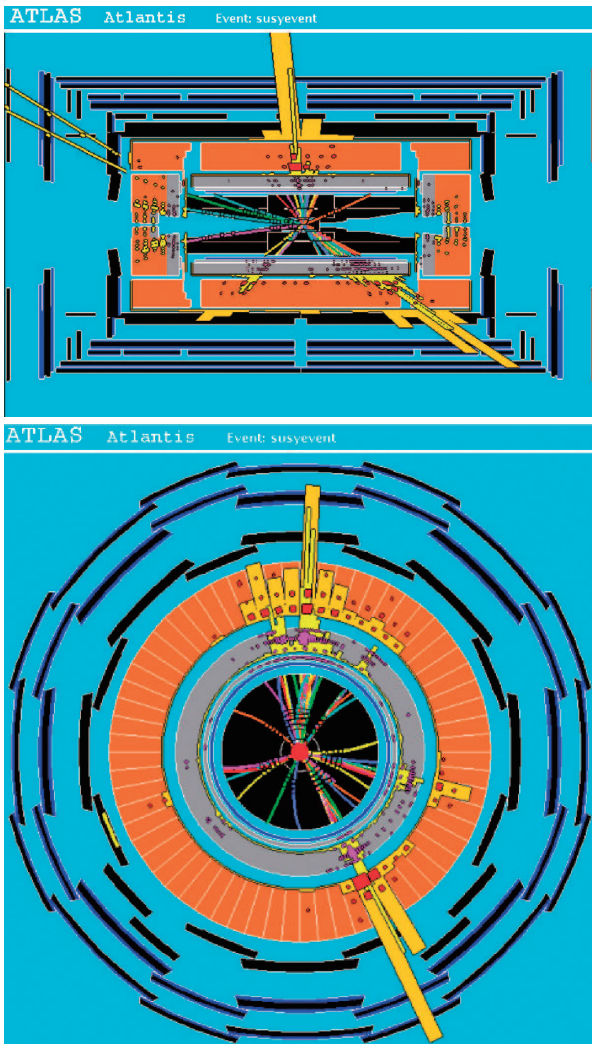


Figure 3. Simulation showing how the ATLAS detector observes an event that produces a pair of supersymmetric particles.
Credit: The ATLAS Experiment at CERN, <http://atlas.ch>

the supersymmetry model predicts the scalar quark as the partner of the quark and the gluino as the partner of the gluon. We already know that these predicted particles are heavier than their partners by a factor of 500 or more. The particles that qualify as dark matter candidates are the partners of photons, Z bosons, and Higgs bosons, all of which have masses that should be lighter than scalar quarks.

In these models, all of the particles have a conserved quantum number called parity,* which is

either +1 or -1. All of the particles in the standard model have a parity of +1, while all of their supersymmetric partner particles have a parity of -1. The product of parity is always conserved. For example, if an initial particle has a parity of -1, then the product of the parity of all of its decay particles also must be -1. Likewise, when two standard model particles having a parity of +1 collide and produce particles with a parity of -1, those particles are produced in even numbers. Therefore, proton-proton collisions at the LHC produce supersymmetric particles in pairs. As each supersymmetric particle decays into a final state containing another supersymmetric particle, the collisions produce an even number of dark matter particles as well as many standard model particles.

Measuring trails of invisible particles

The LHC's detectors cannot directly observe dark matter. However, non-conservation of the momentum sum of the observed particles tells us that dark matter particles were created but have escaped detection. This is because nearly the entire momentum sum is conserved in most of the events that produce only standard model particles. Therefore, the contribution of dark matter production to the momentum sum can be inferred from the contribution of invisible momentum.

Moreover, we should be able to estimate the masses of dark matter particles by looking at the momenta of the visible particles. We also should be able to determine the interactions of supersymmetric

* "Parity" usually refers to the conserved quantum number associated with the space inversion operation. In this paper, however, "parity" refers to the conserved quantum number associated with supersymmetric transformation. It is usually called R-parity.

particles by looking at the distributions of the visible particles. Twenty years ago, the LHC was thought capable only of discovering new particles. Today, however, we believe that the LHC can reveal much more knowledge about dark matter. I'll skip the details of the data analysis and explain our final goals.

LHC experiments can test the Big Bang scenario

The density of dark matter particles created in the hot universe of the past is known to be inversely proportional to the probability of their disappearance through collisions with each other. (The stronger dark matter particles interact, the lower their density in the present universe becomes because they continue to collide each other and disappear as the temperature of the universe becomes lower.) In other words, if we know the properties of dark matter, we can know its density. Will the results of experiments on dark matter properties at colliders such as the LHC be consistent with the observed dark matter density in the present universe? The two must agree in order for the universe, which created the dark matter, to be a simple Big Bang universe. But if dark matter is created by a different mechanism or if the history of the universe is more complicated, then the two will differ. This means that we can explore the history of the universe from a completely different perspective.

The reactions that occurred in the early stages of the universe can be reproduced by bending protons into a circular ring using a magnetic

field, accelerating them, and then colliding them. Larger rings are more effective, so the LHC ring is 27 km in circumference. Protons circulate inside the ring 40 million times every hour and collide. Efficient collisions require precisely controlled proton-beam positions. Superconducting magnet coils create the strong magnetic field required to bend high-energy protons. The protons are housed in liquid helium tanks cooled to below 1.9 K. The beams that are guided by the magnets are kept at a temperature lower than the present day universe (2.7 K), resulting in collisions that produce energy corresponding to a temperature of 100 trillion degrees.

The LHC produced its first collision on September 11, 2008. Unfortunately, the LHC developed a liquid helium leak soon thereafter and is now undergoing repairs. Incidents such as this are not uncommon in the startup stages of pioneering experiments. We have seen such incidents in the past, but they have always been resolved by the efforts of specialists and, eventually, good scientific results are produced. We look forward to the expected start of full-scale experiments later this year.

Figure 4. The first LHC magnets to be installed in the LHC tunnel. Copyright © CERN, Photograph by Maximilien Brice



Our Team

Naoki Yasuda

Research Area: **Astronomy**

Professor

As part of my study of the universe, I am observing type Ia supernovae (SNe Ia). An SNe Ia type supernovae is thought to be the thermonuclear explosion of a white dwarf that has exceeded 1.4 solar masses as a result of accreting mass from its companion star in a binary system. SNe Ia have similar luminosity and spectrum characteristics, as well as a maximum luminosity comparable to that of an entire galaxy. Assuming that SNe Ia have a constant absolute luminosity, we can determine their distance up to 9 billion light-years, which gives us information about the expansion history of the universe and the content of its dark matter and dark energy. I have searched for distant SNe Ia using the NAOJ's Subaru telescope in collaboration with the Supernova Cosmology Project and found this



method to be more effective than the Hubble Space Telescope for detecting distant SNe Ia. The data has been used to measure the SNe Ia rate and constrain the progenitor system for SN Ia. I also joined the SDSS-II Supernova Survey and have obtained about 500 multi-band light curves from SNe Ia. This data has been used to examine the relationship between SNe Ia and their host galaxies.

Taizan Watari

Research Area: **Theoretical Physics**

IPMU Associate Professor

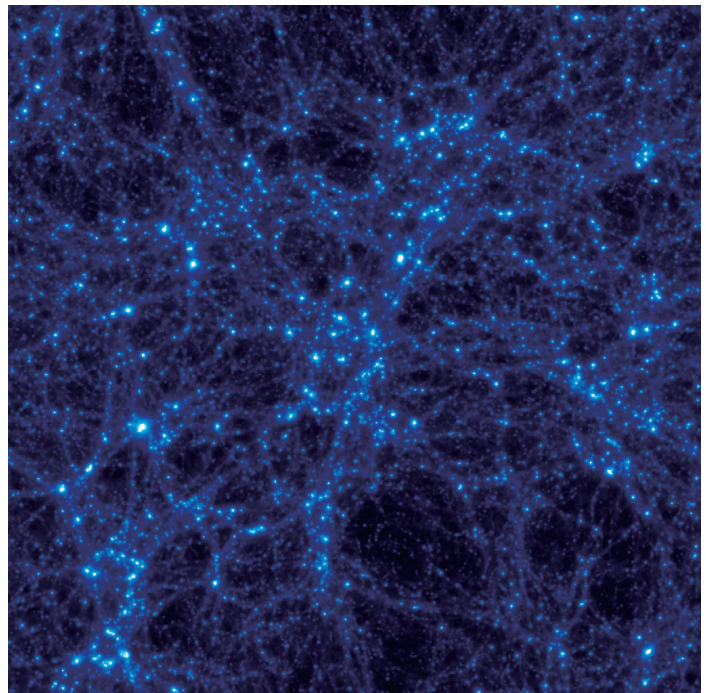
In the 1960's, scientists discovered that the variety in the types of light mesons and their interactions derives from an underlying symmetry and its spontaneous breaking. Applying this idea to the variety in the types of elementary particles in the Standard Model and their Yukawa interactions, my collaborator and I pointed out in 2006 that an E_n type Lie algebra and its symmetry breaking may be at work behind the Standard Model.

In string theory compactification, the algebra arises from topology of a geometry. In order to know more about the detailed pattern of Yukawa couplings, however, non-topological aspects of the geometry are also involved. Neutrino oscillation experiments



have revealed that the leptons have large mixing angles, which contrasts sharply with small-angle quark mixing. This contrast has been the biggest theoretical puzzle associated with the Yukawa couplings. Can this puzzle be solved in terms of geometry? I am looking for the answer to that and other questions.

The distribution of galaxies in the universe shows a characteristic pattern called "the large scale structure." The structure may be as large as one billion light years in size. It is thought that the structure developed through gravitational amplification of the tiny matter density fluctuations generated in the early universe. The picture shows a computer simulation of the cosmic structure formation (see page 20). The bright regions are dense concentrations of galaxies, whereas the dark regions are empty spaces called "cosmic voids."



Our Team

Guillaume Lambard

Research Area: **Experimental Physics**

Distinguished Postdoc

My Ph.D. allowed me to investigate one of the greatest mysteries of the Universe, dark matter, and to constrain its potential characteristics through the framework of 4+n dimensions. Using the ANTARES neutrino telescope in France, I studied neutrino fluxes from possible sources of dark matter and developed a strategy for neutrino reconstruction, including the fine details of the ANTARES telescope.

At the IPMU, I continue to probe the deep nature



of dark matter, either indirectly via the Sun and similar objects (Super-Kamiokande observatory), or directly by means of the XMASS experiment (Kamioka). I'm also very excited to help enhance the efficiency of hybrid photo-multipliers.

Simon Dedeo

Research Area: **Astrophysics**

Postdoc

I work on the interface between fundamental theories and the observations. I ask questions, for example, about how symmetries underlying gravitational theories might leave signatures in cosmological and astrophysical phenomena. Or, I ask under what conditions can various coarse-graining techniques allow one to make and test predictions while remaining agnostic about microphysics. Finally,



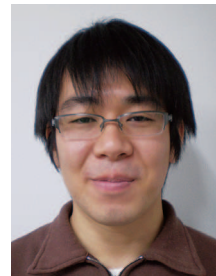
I ask about complexity in physical and biological systems, using tools from condensed matter and information theories. Sometimes, I answer these questions!

Keisuke Izumi

Research Area: **Theoretical Physics**

Postdoc

The present-day acceleration of the universe's expansion is one of cosmology's most interesting phenomena. Although most investigations take a scalar approach, this phenomenon may indicate large-scale modification of general relativity. Ghost excitation, which has negative energy, is problematic for a modified gravity theory that takes into account



this acceleration. However, I've shown that ghost excitation causes negligible instability.

Ikko Shimizu

Research Area: **Astrophysics**

Postdoc

The universe contains much hydrogen from which Lyman α photons radiate. Recently, many objects with a strong Lyman α line (LAE) were discovered at a very high redshift. Although the spatial distribution of LAEs is very important, it has not been described theoretically. Therefore, I am attempting to build up a picture of LAEs that is concordant with CDM cosmology. Moreover, to comprehensively understand



galaxy evolution, I'm exploring how LAEs are related to galaxies observed with other methods.

Hajime Takami

Research Area: **Astrophysics**

Postdoc

I study cosmic rays of the highest energy level. Although cosmic rays with energies 1000 times greater than the maximum energy of the largest artificial collider (LHC) have been detected, the sources of these cosmic rays are unknown. I am investigating the propagation process of these cosmic rays and their sources using data from observations. I would like to expand my research at the IPMU into



multi-particle astronomy in order to determine their origin.

Marcos Valdes

Research Area: **Cosmology**

Postdoc

My main research field concerns cosmic reionization and the physics of the high redshift Universe during the transition phase that marks the end of the "Dark Ages". In particular I focus on the science of the 21cm hyperfine transition of neutral hydrogen. In the near future the neutral InterGalactic Medium (IGM) prior and during cosmic reionization will be directly studied through 21 cm observations by next generation radio telescopes. I also investigate the effects of Dark Matter (DM) decays/annihilations



on the high redshift IGM properties, and as a consequence on the 21cm line. The most popular DM candidates can in fact be constrained if they leave different imprints on the IGM.

Our Team

IPMU Interview with Makoto Kobayashi

Interviewer: Hiroaki Aihara

An Enjoyable Nobel Prize Award Ceremony

Aihara: Thank you for taking the time to speak to IPMU NEWS. We planned this interview well before the announcement of the 2008 Nobel Prize, but you actually won the Physics Prize before the interview. Since there has been a great deal of media coverage about that already, today I'd like to bring up the subject of research grants such as Grants-in-Aid, as you are a member of the Executive Board of the Japan Society for Promotion of Science (JSPS) and have been appointed as the Director of the JSPS Center for Scientific Systems. I'd

Makoto Kobayashi was awarded the 2008 Nobel Prize in Physics jointly with Hidetoshi Maskawa for "the discovery of the origin of the broken symmetry which predicts the existence of at least three families of quarks in nature," or, for the "Kobayashi-Maskawa theory" of CP violation. He has also received many other distinguished awards, in particular the 1985 Japan Academy Prize and the 2008 Order of Cultural Merit. He received a Doctorate from Nagoya University in 1972 and became a Research Associate at Kyoto University. Since 1979 he has been working at KEK. In December 2008, KEK awarded him with the title of "Honorary Professor Emeritus." He is now serving at JSPS as Executive Director, and from January 2009 also as the Director of the Research Center for Science Systems.

also like to touch upon your research accomplishments, which led to your Nobel Prize. But before going on to that topic, let me ask one question. Did you enjoy the Award Ceremony?

Kobayashi: I had a very tightly scheduled week in Stockholm. But it wasn't too formal, and overall I had good time.

Aihara: As a Nobel Laureate your opinions on science policy will become more and more influential. Could you tell us if you have any particular goals?

Kobayashi: I'm afraid that I'm not sufficiently prepared to answer your question yet. What recently happened to me was all too sudden, but this I can tell you: what I have been saying, whenever asked, is only what I have been usually thinking. I have been talking with many researchers and I feel my thinking isn't very different from theirs. So, I'd like to reflect their opinions.

Aihara: The program of Grants-in-Aid is often brought up in conversations between we researchers, since many of us are benefiting from it. Could you tell us what you

think, albeit preliminarily, about this program?

Kobayashi: Needless to say, Grants-in-Aid are now the largest research grants for basic scientists at universities and inter-university institutions. But we must examine whether or not the program is functioning as originally intended. Grants-in-Aid are taking the role of partially compensating the university base budgets for research, budgets that have been significantly cut in recent years. The fact that this grant is playing too big a role, I think, might reflect a sort of distortion. Let me explain in a more concrete way. A large number of relatively small-scale grants play an important role for many researchers. But people have to spend lots of energy on the application and review processes. So, I think it is better to guarantee a certain level of base budget for scientists at universities. It is important to expand the Grants-in-Aid program itself, but I also think that the preferred direction from a wider perspective is rather different.

Aihara: It is true that the University Operating Grants

that cover basic research in national universities are decreasing. This is national policy. In order to deal with this, we are encouraged to obtain competitive grants in the US style. In the University of Tokyo, as well, we are trying hard on this front under the leadership of the President. So, my question is, are there any discussions about this system inside JSPS, among the Program Directors and Program Officers (a post I once served in)?

Kobayashi: Larger schemes like that are decided on at higher levels than the JSPS. The day-to-day business of JSPS is more to review and select the proposals in a fair and impartial manner under the given scheme. I think we are doing well within this context and producing good results, so we are trusted by researchers. On the other hand, I have to admit that at JSPS we may not adequately discuss the big issues like what the best system for the

Hiroaki Aihara is Deputy Director and a principal investigator at IPMU. He is also a professor of physics at the School of Science, the University of Tokyo.



nation-wide science budget should be.

New breakthroughs appear when there seems nowhere left to turn

Aihara: Previously, it was possible to do research at our own free will, supported by the University Operating Grant etc., without worrying too much about evaluation. But, these days, the University Operating Grant has been reduced considerably. So now we depend rather heavily on Grants-in-Aid. However, there is a screening process for Grant-in-Aid applications. In the proposal, we have to specify a definite outcome within a certain time scale of say five years. Without a definite impact, the proposal most likely won't pass. This puts those working in the most basic fields such as mathematics, particle physics, and astronomy, in a difficult situation because research there doesn't tend to produce a useful outcome in a short time span, and some of them can't guarantee results.

Kobayashi: I know it's difficult to fill in an application form if you work in those fields.

Aihara: We will probably end up not being able to conduct high risk or "odd" research, for want of a better expression.

Kobayashi: That's a very serious problem. We don't know where breakthroughs will come from, and there is no guarantee that they will

come from a popular area which is currently drawing a lot of attention. I think the natural pattern is that something new, something which no one was paying attention to before appears when there is a bottleneck. It would be a serious mistake to nip things like this in the bud.

Aihara: This argument has a close connection with the Kobayashi-Maskawa theory. I'd like to ask if you believed in quarks in those days. Making a theoretical model will end up as just a game unless it reflects reality, won't it? This kind of game-playing, if you'll pardon the expression, used to be more tolerated in the past. But nowadays grossly unrealistic ideas tend to raise eyebrows, although some theoretical work is put up with to a degree. This sort of argument arises because research is supported by Grants-in-Aid, which come from the taxpayers' pockets. What do you think about this in conjunction with your own research accomplishments?

Tradition of the Sakata Group led us to think that quarks were realistic

Kobayashi: I'm not saying that theorists didn't need research grants in those days, but as I didn't apply for a Grant-in-Aid on this particular subject, I can't tie in my work with the problem of research grants. Let me talk about physics, instead. The quark model was taken rather realistically at the time we

wrote that paper. The other day, someone reminded me about this. We were talking about the atmosphere of the theory group at Nagoya University, both I and professor Maskawa being members there, compared with that of groups at other universities. We were thinking the quark model rather realistically, and this atmosphere led us to a relatively clear idea of applying field theory to the quarks. This was to some extent a difference between us and the other groups.

Aihara: Why did you see the quark model as a realistic proposition?

Kobayashi: It was more a way of thinking, a sort of tradition of the Sakata Group originating from the Sakata model.

Aihara: Did all members of the Sakata Group believe in quarks?

Kobayashi: I am not sure "believe" is adequate, but it is true that they were thinking over quarks.

Aihara: Was this before the deep inelastic scattering experiment?

Kobayashi: No, the experiment had already been done, as had the quark-parton model been put forward, but the existence of quarks was not yet widely accepted.

Aihara: I see, it was not until the charm quark was discovered.

Kobayashi: That's right. That discovery changed the atmosphere.

Aihara: People might have

been somewhat skeptical before that.

Kobayashi: At that point we were slightly different from other groups. We were working in an atmosphere that led us to see the quarks as a reality long before the charm discovery.

Aihara: Many people are working on superstring theory today. However, I think experimentalists see superstring theory as only a model because we can't prove it by experiments. But people actually working on this subject might be envisioning strings as realistic entities. Do you think your quarks case was similar?

No promised road in basic research, crucial thing is increasing chances

Kobayashi: Belief or disbelief isn't the point. When people concentrate on one subject, they accumulate knowledge and develop a certain perspective. Were a breakthrough to occur, they naturally will be the ones with a better chance.

Aihara: But we don't know when a breakthrough will appear.

Kobayashi: No, we don't know.

Aihara: That's a problem, isn't it?

Kobayashi: Of course we can only judge from the results afterwards. But the range of possibilities we have gives a depth to science as a whole.

Aihara: This argument should provide a good reason

for allocating more Grants-in-Aid on basic research.

Kobayashi: I agree. The significance of basic research and basic grants is how to add this depth to science.

Aihara: Do you mean how to increase our chances?

Kobayashi: Yes. There is no promised road leading to definite results. What's important is how to keep open as many options as possible.

Aihara: In a way, CP violation was discovered by chance. More than forty years have passed since the discovery of CP violation in K meson. It was great that you received the Nobel Prize by solving the mystery. But the problem might have remained unsolved. Also, we still don't know how to solve the problem of CP violation beyond the quark level.

Kobayashi: Oh, are you talking about the problem of the universe? It won't matter if the problem stays and people continue working on it.

Aihara: By the same token, experimentalists should tolerate superstring theories. We hope very much that you will encourage scientists to spend Grants-in-Aid for broadening possibilities.

Let me ask another question from a different point of view. You served as Director of the Institute of Particle and Nuclear Studies at KEK (High Energy Accelerator Research Organization). Big laboratories like KEK are mission-oriented.

In particular, the scale of high-energy physics experiments like those at LHC are very big, they need big budgets. Here comes the often brought-up problem of balance among various research fields.

What's your opinion on this issue?

Kobayashi: Future high-energy experiments will be on an even larger scale, probably by another order of magnitude, compared with the present ones. So they will present different problems. The problem we are facing now is how to deal with medium-scale projects requesting a few tens to one hundred million dollars. They are not top-down type projects but emerge from scientific necessities in various fields. Here we have very successful examples such as several projects at the National Observatory, KEK's B Factory, and Kamioka underground experiments. They produced excellent outcomes. We have to continue the process of picking up these projects, encouraging researchers and making their projects a reality with government support. I'm afraid this mechanism is somewhat confused and lacks transparency these days. One big problem I think is the new budget system following the corporatization of national universities and laboratories.

Aihara: That's an important point, I agree. We experimentalists often see projects that are reasonably well tested for feasibility,

yet can't be scaled up for improved sensitivity to reach meaningful result. So, there are many seeds for good proposals, but the present Grants-in-Aid hardly allows their realization.

Kobayashi: Some such projects don't fit into the scale of Grants-in-Aid. We need a mechanism for making a proper evaluation and selection of them.

Aihara: In other words, we need a system to deal with it. I guess many of us, not just in physics and life science but in all fields, feel that that system is missing. I hope you will speak up on our behalf on this issue.

Let me move to another subject. Five new research centers were established under the WPI program. They are all oriented to basic research, but they are different from the existing research institutes in that they are encouraged to bring in researchers from the outset. Their top-down funding is mostly for the purpose of hiring people. It is different from Grants-in-Aid. How do you see this program, or what do you hope to see from this program?

Kobayashi: It is a completely new attempt, and I'm expecting a great deal from it. We have free, extremely fast means of communication through the Internet these days, but I think it is somehow meaningful for scientists to get together under the same roof. Bringing people together

contributes to a sort of local accumulation. My view might be old fashioned, but my own experience suggests that it's very meaningful. In that sense, I expect good effects from organizations where bringing people together is emphasized.

Aihara: At IPMU, we have the research areas of mathematics, astronomy and particle physics. I used to think that mathematicians worked independently, but actually I often see that they get together and discuss things, something I noticed for the first time recently. A new IPMU building is under construction in the Kashiwa Campus, and it is our hope that we all mix and work together here. We are hoping this attempt will produce something new after a while. We are determined to develop and extract the maximum potential of this research organization.

Kobayashi: I wish you good luck.

Aihara: Thank you.

Recipient of President's Award for Operational Improvement

A four-person Working Group made up of IPMU Administrative Division staff headed by Midori Ozawa, head of the International Relations Section, has received the 2008 President's Award for operational improvement in the University of Tokyo. The award was given in recognition of the group's establishment of a website designed to promote the hiring of foreign researchers at the Kashiwa Campus.

IPMU accepts many researchers who are foreign nationals. However, most of the English language websites designed for foreigners staying in Japan focus on providing information for travelers, and there is not enough information available about living in Japan. This meant that it was necessary to respond individually to the many inquiries submitted by foreign researchers prior to assuming their posts. Posting wide-ranging



Awards Ceremony held on Friday, December 19, 2008 at Yasuda Auditorium at the University of Tokyo.

information about living in Japan on the IPMU website has helped to alleviate the concerns of researchers planning to come to Japan, and it has also reduced the number of inquiries, making business operations more efficient.

IPMU Open Lecture Presentation "Will the Universe Ever End?"

On January 24, 2009, an open lecture presentation entitled "Will the Universe Ever End?" was held at Yayoi Auditorium Ichijo Hall on the University of Tokyo Hongo Campus. The lecture was limited to the first 300 persons to apply and was sold out by the deadline for advance registration.

The lecture by IPMU Director Hitoshi Murayama was followed by a question and answer period, after which a discussion period designed to facilitate dialogue between Hitoshi and the attendees was held. The atmosphere was relaxed, with tea and sweets being served, and the attendees asked Hitoshi many questions about space-related matters.



IPMU Director Murayama talks with attendees during the discussion period

"Science Café: The Universe" at Tamarokuto Science Center

"Science Café: The Universe" is being held every Saturday from February 14 through March 14 at the Tamarokuto Science Center in the

city of Nishi-Tokyo, Tokyo. Sponsored jointly by IPMU and the Tamarokuto Science Center, each week's event features a presentation by one of five IPMU Principal Investigators: Naoshi Sugiyama, Katsuhiko Sato, Kunio Inoue, Hitoshi Murayama and Hiroshi Ooguri. The presentations are aimed at the general public and discuss the origin, evolution and future of the universe in an accessible manner. Science Café emphasizes interaction with attendees; the lecture and question and answer period are followed by the opportunity for attendees to talk with the lecturer in a relaxed atmosphere. Each Science Café has been attended by 100 persons.



Science Café at Tamarokuto Science Center

Masayuki Nakahata Receives the 2008 Inoue Prize for Science

Masayuki Nakahata, Professor at the Institute for Cosmic Ray Research of the University of Tokyo and IPMU Principal Investigator, has been awarded with 25th Inoue Prize for Science (for 2008) in recognition of his work on the observation of solar neutrinos and study of neutrino oscillation. Professor Nakahata had conducted front-line research into solar neutrinos in the Kamiokande and Super-Kamiokande experiments conducted using large water Cherenkov detectors. The award was presented in recognition of his outstanding experimental skill that

has produced many contributions to neutrino research and elementary particle physics. The awards ceremony for the Inoue Prize for Science was held on February 4, 2009.

Kunio Inoue Receives the 5th JSPS Prize

On January 30, 2009, the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) announced that the 5th JSPS Prize (for 2008) has been awarded to Professor Kunio Inoue, Director of the Tohoku University Neutrino Science Research Center and IPMU Principal Investigator. Professor Inoue has played a leadership role in serving as site supervisor for the KamLAND Project, conducted to observe the electron antineutrinos produced in power plant reactors. The prize was awarded in recognition of his "Precision Measurement of Reactor Neutrino Oscillations" that succeeded in proving for the first time that the measured rate of neutrinos from reactors varies depending on neutrino energy. The awards ceremony was held on March 9, 2009.

Naoshi Sugiyama Awarded 2008 Astronomical Society of Japan Hayashi Chushiro Prize

On January 31, 2009, the Astronomical Society of Japan announced that the 2008 Hayashi Chushiro Prize has been awarded to Naoshi Sugiyama, Professor at the Nagoya University Graduate School of Science and IPMU Principal Investigator. The prize was awarded to Professor Sugiyama for his theoretical research into cosmic microwave background radiation.

Professor Sugiyama achieved a numerical solution for the time evolution of density and temperature fluctuations in the expanding

universe, obtaining detailed and accurate theoretical predictions of the temperature fluctuations of cosmic microwave background radiation and identifying the elementary physical processes involved in their generation. He also provided a clear explanation of the ways in which the spatial patterns of temperature fluctuations are dependent on curvature of space and other cosmological parameters. The awards ceremony was held on March 25 during the General Assembly at the Society's 2009 Annual Spring Meeting.

WPI Program Site Visit

The second site visit was conducted over two days, December 9 and 10, 2008, to follow up the IPMU activities toward the formation of a World Premier International Research Center. Toshio Kuroki, overall WPI Program Director (PD), Ichiro Sanda, IPMU Program Officer (PO) who chairs the Working Group for the assessment of IPMU, and five Working Group members (Heisuke Hironaka, Tuneyoshi Kamae, Hikaru Kawai, John Peacock, and Matthias Staudacher) visited the Kashiwa Campus. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) official in charge of the WPI Program, Shigeo Okaya, Director of the Strategic Program Division in the MEXT Science and Technology Policy Bureau attended the site visit delegation. The observers reviewed efforts to assemble researchers at IPMU, the current state of research and so on in order to evaluate the progress at IPMU. The results of the site visit were reported to the WPI Follow-up Committee meeting held on March 17, 2009 as reference data for evaluation purposes.

Completion of Kamioka Satellite Research Building

On February 18, 2009, the Kamioka Satellite Research Building was completed. This is a 2-story building with an area of approximately 500 m².



Kamioka Satellite Research Building

Construction of IPMU Research Building Begins

Construction of the new IPMU Research Building began on February 9, 2009. This will be a 5-story building with an area of approximately 6,000 m², and its interior will include a spacious area for interchange. The design concept aims to achieve large, bright open area and full array of research equipment that can be found at major theoretical research institutes such as the Kavli Institute for Theoretical Physics at Santa Barbara and the Berkeley Center for Theoretical Physics. The resulting building will provide an attractive research environment for researchers from around the world. The new building is scheduled to be completed and opened for occupancy before the end of the year.

Workshop Report

A workshop entitled "Supersymmetry in Complex Geometry" was held at IPMU for six days, January 4 - 9, 2009. The workshop focused on the recent developments in new structure

in complex geometry such as generalized Kähler structures, with both mathematicians and physicists participating in the discussion.

Future Conference

Focus Week:

Non-gaussianity in Cosmology

“Focus Week: Non-gaussianity in Cosmology” will be held for five days, April 6 - 10, 2009, at the Media Hall in the Kashiwa Library on the Tokyo University Kashiwa Campus.

Why is the universe as big as it is? How did the structure of the universe such as galaxies come into being? The Inflation Theory of the Universe attempts to answer the essential components of these simple questions. Recent observational advances have confirmed the predictions of the Inflation Theory with considerable precision. However, this theory is dependent upon many theoretical models. Identifying these models observationally is a task of pressing importance, and non-Gaussian fluctuations are thought to be an effective way of accomplishing this goal. There are various issues that need to be resolved: determining the limits to non-gaussianity by means of observations of cosmic background radiation and the large-scale structure of the universe, constructing inflation models with significant non-gaussianity, and so on. The aim of this Focus Week is to bring together researchers working on the front lines of this research in order to achieve new progress.

IPMU Seminars

1. “A pair of non-birational but derived equivalent Calabi-Yau manifolds from non-Abelian

- gauge theories”
Speaker: Kentaro Hori (University of Toronto / IPMU)
Date: December 1, 2008
2. “The boundary state from open string fields”
Speaker: Yuji Okawa (University of Tokyo)
Date: December 3, 2008
3. “Immersed Lagrangian Floer theory”
Speaker: Manabu Akaho (Tokyo Metropolitan University)
Date: December 11, 2008
4. “Science and Instrumentation of ASTRO-H Mission: Next Generation X-ray / Gamma-ray Satellite Mission”
Speaker: Hiro Tajima (Stanford Linear Accelerator Center)
Date: December 15, 2008
5. “Halo Properties of Groups and Clusters via Weak Gravitational Lensing in COSMOS”
Speaker: Alexie Leauthaud (LBL)
Date: December 16, 2008
6. “The Mass-Dependent Role of Mergers in Galaxy Evolution”
Speaker: Kevin Bundy (UC Berkeley)
Date: December 16, 2008
7. “Big-bang nucleosynthesis and a hint to solve problems in astrophysics, cosmology and particle physics”
Speaker: Kazunori Kohri (Lancaster)
Date: December 18, 2008
8. “On the geometry of supersymmetric AdS solutions”
Speaker: Nakwoo Kim (Kyung Hee University)
Date: December 18, 2008
9. “New Developments in d=4, N=2 Superconformal Field Theories”
Speaker: Yuji Tachikawa (IAS)
Date: December 24, 2008
10. “Brane Tilings and M2 Branes”

- Speaker: Amihay Hanany (Imperial College)
Date: December 24, 2008
11. “Journey Toward Gravitational Wave Astronomy”
Speaker: Seiji Kawamura (NAOJ)
Date: January 5, 2009
12. “Weak lensing by large scale structure”
Speaker: Henk Hoekstra (Leiden)
Date: January 7, 2009
13. “M(T2)-assisted on-shell reconstruction of missing momenta and application to spin measurement at the LHC”
Speaker: Kiwoon Choi (KAIST)
Date: January 8, 2009
14. “An Index for Non-relativistic Superconformal Field Theories”
Speaker: Yu Nakayama (UC Berkeley)
Date: January 8, 2009
15. “Fedosov quantization in algebraic and holomorphic setting”
Speaker: Dmitry Kaledin (Steklov Institute)
Date: January 9, 2009
16. “Hidden Charged Dark Matter and Its Relics”
Speaker: Haibo Yu (University of California, Irvine)
Date: January 15, 2009
17. “Planckian dissipation”
Speaker: Jan Zaanen (Leiden University)
Date: January 15, 2009
18. “On Harvey’s curve complex”
Speaker: Kenneth Shackleton (IPMU)
Date: January 16, 2009
19. “The SDSS Quasar Lens Search and its use as a dark energy probe”
Speaker: Masamune Oguri (Stanford)
Date: January 22, 2009
20. “Moduli of Bridgeland semistable objects on the projective plane”

- Speaker: Ryo Ookawa (Tokyo Institute of Technology)
Date: January 22, 2009
21. "Debris Disks"
Speaker: Amaya Moro-Martin (Princeton)
Date: January 23, 2009
 22. "The First Billion Years"
Speaker: Andrea Ferrara (Scuola Normale Superiore, Pisa, Italy)
Date: January 27, 2009
 23. "CFT Duals for Extreme Black Holes"
Speaker: Tatsuma Nishioka (Kyoto University)
Date: January 29, 2009
 24. "Black Holes and Blackfolds in Higher Dimensions"
Speaker: Roberto Emparan (ICREA & U.Barcelona)
Date: February 4, 2009
 25. "Complementarity of Future Dark Energy Probes"
Speaker: Jiayu Tang (IPMU)
Date: February 5, 2009
 26. "The deformation philosophy of quantization, singleton physics and noncommutative analogues of space-time structures"
Speaker: Daniel Sternheimer (Keio University)
Date: February 5, 2009
 27. "Self-similar growth of black holes in the Friedmann universe"
Speaker: Hideki Maeda (Centro de Estudios Científicos)
Date: February 9, 2009
 28. "String Theory and the Very Early Universe"
Speaker: Robert Brandenberger (McGill)
Date: February 9, 2009
 29. "R-axion: A new physics signature involving muon pairs"
Speaker: Masahiro Ibe (SLAC)
Date: February 12, 2009
 30. "Reactor neutrino experiments and future prospects"

- Speaker: Yifang Wang
Date: February 12, 2009
31. "Supernova light"
Speaker: Sergei Blinnikov
Date: February 16, 2009
 32. "Supersymmetric Dark Matter in Cosmology and at Colliders"
Speaker: Frank Daniel Steffen (Max Planck Institute of Physics)
Date: February 18, 2009
 33. "0-dimensional cusps of the Kahler moduli of a K3 surface"
Speaker: Shouhei Ma (University of Tokyo)
Date: February 19, 2009
 34. "LOFAR - a major new low frequency observatory: science drivers, challenges and some pilot facility results"
Speaker: A.G. de Bruyn (ASTRON, Dwingeloo and Kapteyn Institute Groningen)
Date: February 24, 2009
 35. "Probing the End of the Universe's Dark Ages with LOFAR"
Speaker: Saleem Zaroubi (Kapteyn Astronomical Institute, Groningen)
Date: February 24, 2009
 36. "Double Compact Object Binaries"
Speaker: Ashley J. Ruiter (New Mexico State Univ)
Date: February 25, 2009
 37. "SYZ conjecture for hyperkaehler manifolds"
Speaker: Misha Verbitsky (Institute of Theoretical and Experimental Physics)
Date: February 26, 2009
 38. "The cosmological constant as a manifestation of the conformal anomaly"
Speaker: Federico Urban (UBC)
Date: February 26, 2009
 39. "Three Stringy Realizations of Fractional Quantum Hall Effect"
Speaker: Wei Li (IPMU)
Date: February 26, 2009

40. "The end of the cosmological constant problem!"
Speaker: Niayesh Afshordi (Perimeter Institute)
Date: February 27, 2009
41. "Observational Evidence for Cosmological-Scale Extra Dimensions"
Speaker: Ghazal Geshnizjani (Perimeter Institute)
Date: February 27, 2009

Personnel Changes

IPMU postdoctoral fellow Shinya Wanajo has left IPMU to become a visiting researcher at Technische Universität München in Munich, Germany. He was at IPMU from April 16, 2008 to March 6, 2009. We wish him health and success in his future endeavors.

Corrections/Errata to the Printed Version of IPMU NEWS No. 4

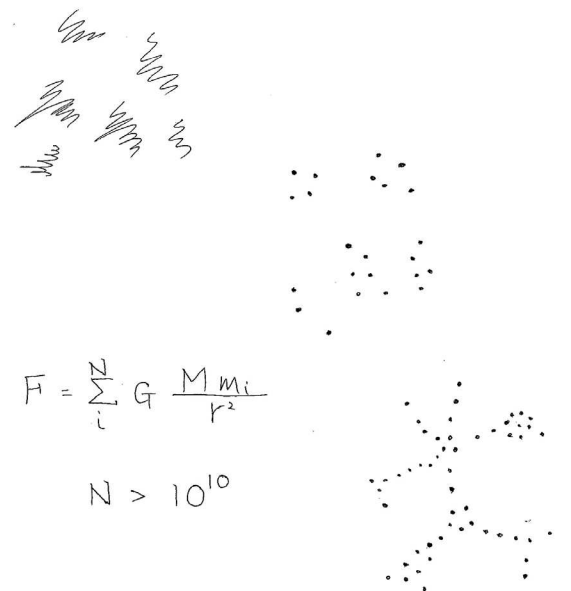
(These corrections/errata do not apply to the web version of IPMU NEWS No. 4.)

- Page 8, 1st column: in the line 7 of the 1st paragraph, "indivisibly from" should read "individually with"
- Page 14, 2nd column: In the 5th – 7th lines from the bottom, "My grandfather on my mother's side was an accountant..." should be replaced by "My grandparents on my mother's side were accountants ..."
- Page 16, 4th column: In the 9th - 10th lines, "... is related to series of bundles with connections ..." should be replaced by "... is related to bundles with connections ..."
- Page 17, 1st column: In the 3rd line, "limited" should read "limiting"

Gravitational N-body Simulations Reproduce Cosmic Structure

Naoki Yoshida IPMU Associate Professor

Current thought suggests that gravity is responsible for the universe's rich structure of galaxies, clusters of galaxies, etc. The formation of this structure can be simulated by applying the gravitational dynamics of matter ("particles") to an expanding universe. While the basic equation is Newton's law of gravity, which simplifies the application, modern simulations contain more than 10 billion (!) mass particles and employ supercomputers and special-purpose computers. A figure on page 9 shows the result of such a simulation.



社会貢献

IPMU 機構長

村山 斉 むらやま・ひとし

初めての人に会ったときにいつも怖い質問が二つあります。まずは、「物理をやっているんですか？ 高校で大っ嫌いだったんですよ。なんでそんなものに人生賭けるんですか？」この質問は何とか答えられると思います。物理の研究はとても人間的な営みで、競争、協力、興奮と運のドラマだと説明します。すると次のもっと難しい質問が来ます。「それで何億円も使うんですか？ それで一体何の役に立つんですか？」

直接は役に立ちません。人類は何千年もの間宇宙の神秘に思いを馳せてきましたが、お金持ちになるためでも健康になるためでもなく、純粋な知的好奇心でした。しかしこうした営みは社会の中で大事な価値があると思います。自然界の中での私たちの位置について新たな視点をもたらし、ひいては人生哲学にもつながります。知的に豊かになり、自分自身を理解するのにも役立つでしょう。

時にはもっとはっきり見える形で役に立つこともあります。ウェブは研究者がデータを共有するために考えだされたものですが、今や何百兆円のビジネスです。基礎研究の為に生み出されたテクノロジーで日頃の生活の役に立っているものは、例えばDVDに使われるレーザー、MRIに不可欠の超伝導磁石、放射線治療に使う素粒子加速器等があります。今後も最先端の研究の副産物として様々な応用が生まれていくに違いありません。

そして、IPMUでは研究で分かってきたことをサポートしていただいた一般の方へ報告していくことを心がけています。今までに行った一般講演は大変好評で、毎回事前申し込みは一杯になりました。既に1200人

以上の方に来ていただき、一般の方々が「知的な豊かさ」を求めていることの証にもなりました。このニュースレターも私たちの努力の一環です。楽しんでいただければ幸いです。高校生のためのスクールも開催予定です。このような私たちの研究とアウトリーチの努力で若い頭脳が刺激を受け、科学、数学、工学を学んでくれることを願い、科学の「磁石」となっていきたいと思っています。



LHCとダークマター

宇宙を満たす見えない物質ダークマター

宇宙の中の物質の大半が光っていない物質（暗黒物質、ダークマター）であるということは、銀河の中の星や銀河団の運動から数十年前から知られていましたが、今では観測の発展によって宇宙のエネルギーの70%を暗黒エネルギー、約23%をダークマターが占める一方で、陽子、中性子などバリオンはわずかに4%であることが明らかになっています。また最近では、X線衛星チャンドラとハッブル宇宙望遠鏡などを用いた観測チームが、銀河団どうしがぶつかる際に、普通の物質と違いダークマターがお互いに干渉せず通り抜けている姿をとらえています（図1）。このことからダークマターが極めて他の粒子とぶつかりにくい粒子だということがわかります。このような粒子の存在は素粒子物理にとっても大きな意味をもっていま

す。実験的に調べられた素粒子の性質は素粒子標準模型でよく記述されているのですが、この標準模型の粒子の中にダークマターとなりうる素粒子は知られていないからです。

ダークマターの性質はまだ明らかではないのですが、それがなぜ宇宙に存在するか、という問いには比較的自然的な答えが存在します。ビッグバンシナリオでは、過去にさかのぼっていくと宇宙の大きさはどんどん小さくなります。このことから、宇宙の始まりには、物質の温度や密度が極端に高く、頻繁に衝突していたことがわかります。この衝突から、現在我々のまわりには通常存在していない素粒子も頻繁につくられていたことが想像できます。高いエネルギーの素粒子の衝突から作られる安定な素粒子があれば、これが現在まで残ってダークマターになると考えることができます。このようにダークマターが宇宙の最初の素粒子

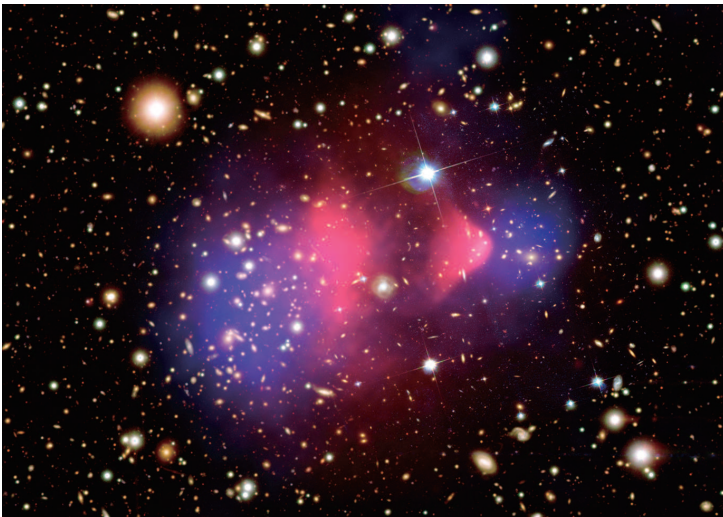


図1 銀河団の衝突により、ピンク色のX線観測衛星チャンドラが観測した高温ガス（普通の物質）とハッブル宇宙望遠鏡で重力レンズ効果により観測した暗黒物質の存在する領域（青い部分）が分離している様子。暗黒物質は衝突せずにすり抜けている。

Credit: X-ray: NASA/CXC/CfA/M.Markevitch et al.; Optical: NASA/STScI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.; Lensing Map: NASA/STScI; ESO WFI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.

同士の衝突でつくられたとすると、ダークマター同士の相互作用は弱くなければいけません。相互作用が強いと、せっかく作られてもお互いにぶつかって消えてしまうのです。これは現在重力だけで観測されているダークマターの性質と符合しています。

一方で、ダークマターの存在は素粒子理論にとって驚きでもあります。われわれが普段観測している素粒子のなかで安定なのは、電子、ニュートリノ、陽子（uクォーク、dクォーク、グルーオンなどの複合粒子）です。素粒子物理では、これらの粒子を安定にするのは保存則であることが知られています。ダークマターは少なくとも宇宙年齢よりはるかに長寿命なので、その崩壊を禁止する未知の（近似的な）保存則が存在するはずで

LHCでダークマターを生成する

ダークマターを実験で生成することも可能と考えられます。CERN（欧州共同原子核研究所）が昨年ジュネーブ近郊に完成させたLHC（Large Hadron Collider）は世界最大の衝突ビーム加速器で、陽子と陽子を14TeVで衝突させます。この陽子・陽子衝突のエネルギーは、宇宙が始まって 10^{-10} 秒後（宇宙の温度が 10^{14} 度だったころ）に起こっていた粒子・粒子衝突のエネルギーとほぼ同じです。宇宙の始めにダークマターが作られたのであれば、LHC実験によってもダークマターを作ることができるはずで

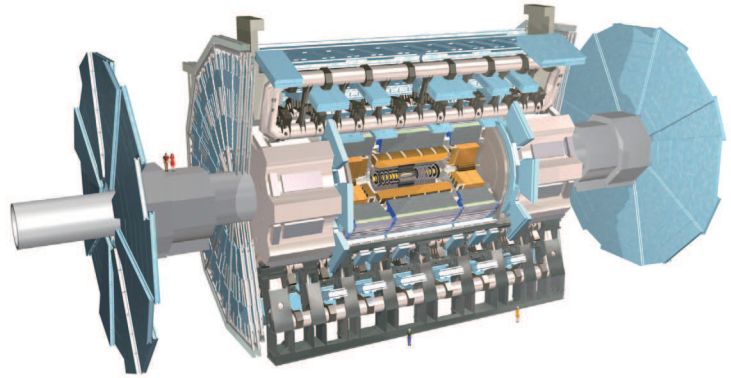


図2 LHCでの実験の一つ、ATLAS実験の測定器のイメージ
Copyright © CERN, Photograph by Joao Pequeno

理論研究者は、これまで知られている素粒子の性質は変えずにダークマターの性質を説明するモデルを多数提案しています。このようなモデルに共通した特徴として、知られている素粒子に対して、それぞれパートナーとなる素粒子が予言されている、ということがあります。例えば、超対称モデルというモデルでは、クォークに対してスカラークォーク、グルーオンに対してグルーイノという粒子が予言されています。これらの粒子は、そのパートナーよりも約500倍以上重いということがすでにわかっています。暗黒物質になれるのは、光、Z粒子、ヒッグス粒子のパートナーで、質量はクォークのパートナーよりは軽いと考えられています。

このようなモデルでは、すべての粒子が1か-1の値を取るパリティ*という保存量を持ち、標準モデルの粒子はパリティ1を、そのパートナーの超対称粒子はパリティ-1をもっています。パリティの積は保存します。

*ここでいうパリティは、空間反転に伴う保存量であるパリティと区別するため、専門的にはR-パリティと呼ばれる。

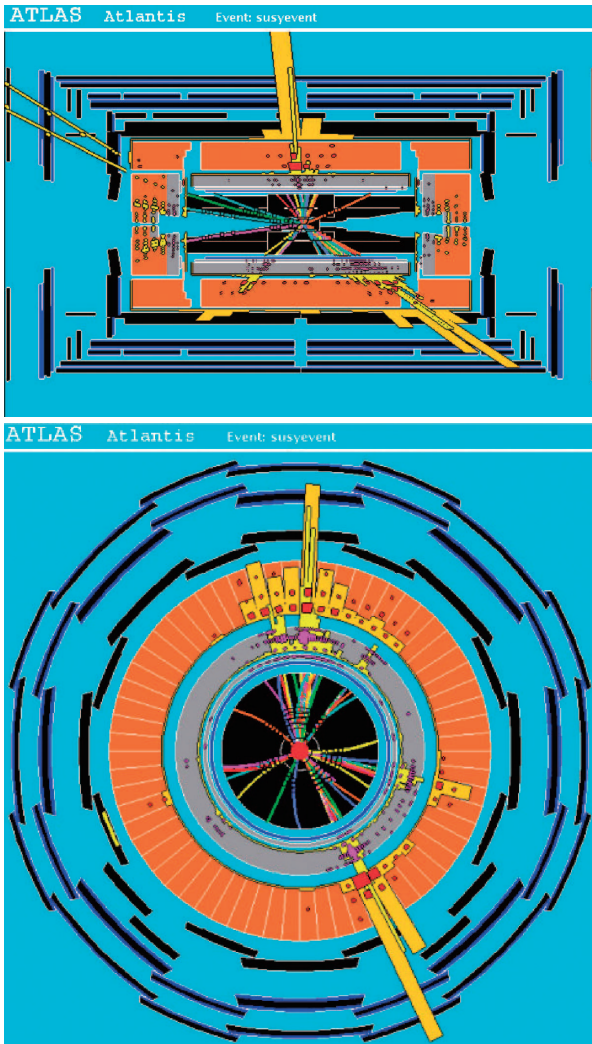


図3 ATLAS実験で観測される超対称性粒子生成事象のシミュレーション
Credit: The ATLAS Experiment at CERN, <http://atlas.ch>

たとえば、最初の粒子のもつパリティが-1であれば、それが崩壊してでてくる粒子のパリティの積も-1でなければなりません。またパリティ 1の標準模型の粒子

同士が衝突してパリティ -1の粒子が作られる場合は、偶数個つくられます。したがって、LHCでは超対称粒子は対になってつくられ、各々が超対称粒子を含む粒子に崩壊して、最終的に偶数個のダークマターとたくさんの標準模型の粒子が作られます。

見えない粒子を測定する

LHCの測定器ではダークマターを直接見ることはできません。LHCで主に観測されるのは標準模型の粒子だけの生成で、この場合、運動量の和はほぼ保存しています。そこで、見えている粒子の運動量の和が保存していなければ、ダークマターが作られて逃げていったとわかるはずですが、ですから、見えない運動量に着目することにより、ダークマターの生成の寄与をみる事ができるのです。

それだけではありません。見えている粒子の運動量から超対称粒子の質量を調べたり、見えている粒子の分布から超対称粒子の相互作用を決定することが可能です。20年前には、LHCでできることは新粒子の発見だけだと思われていましたが、現在ではかなり詳しくダークマターのことがわかると考えられています。どのようなステップでそれを達成するかはかなり専門的な話なのでここでは触れず、最終的な目標についてお話ししましょう。

LHC実験でビッグバン宇宙論を検証

熱い過去の宇宙でつくられたダークマターの密度



図4 LHC加速器のトンネルに最初に設置された電磁石
Copyright © CERN, Photograph by Maximilien Brice

は、ダークマター同士がぶつかって消える確率に反比例することが知られています。(相互作用の強いダークマターほど、宇宙の温度が冷えても消滅を続けて密度が減ってしまうのです。)つまりダークマターがどんな粒子であるかわかれば、その密度もわかるということになります。LHCなどのコライダー実験で調べたダークマターの性質から宇宙の中にあるダークマターの量を計算して、観測結果とぴったり一致するのでしょうか？ダークマターをつくりだした宇宙が単純なビッグバン宇宙で記述されるのであれば、この2つは一致するはずですが、しかし、ダークマターが作られる機構が違ったり、宇宙の歴史が単純なものではなかったりすると、この2つは異なってきます。このように、宇宙の歴史についてこれまでとは全く違う角度から調べることが可能になるのです。

宇宙の初期に起こった反応を再現するには、大がかりな仕掛けが必要です。陽子を高いエネルギーまで加速するために、陽子に磁場をかけて軌跡を曲げ、リングの中を回転させながら加速します。リングは大きい

方が効率が良いので、LHCのリングの全周は27Kmもあります。陽子はこのリングの中を1時間に4,000万回転しながら衝突を続けます。効率よく衝突をするためには、ビームの位置を精度よくコントロールすることが必要です。また陽子のエネルギーが高いために、非常に磁場の強い電磁石が要求され、発熱を押さえるために、電磁石のコイルはすべて超伝導となっています。この超伝導磁石は、1.9K以下に冷やされた液体ヘリウムの中に入っています。2.7Kの現在の宇宙より低い温度に保たれた磁石に導かれたビームが、 10^{14} 度の温度に相当する衝突を起こすのです。

LHCは2008年9月11日に最初の衝突を成功させましたが、その後この冷却に必要な液体ヘリウムの漏れによって停止し、現在修理を行っています。このような先端的な実験施設では過去にも初期不良による困難に直面していますが、現場の専門家の努力によって克服され、科学的成果を挙げてきた実績があります。今年から本格的に始まる実験に期待したいと思います。

Our Team

安田直樹 やすだ・なおき 専門分野:天文学

教授

私はIa型超新星を宇宙論に応用するための観測を行っています。Ia型超新星は、連星系の白色矮星が他方の星からガスを取り込み、質量が太陽質量の1.4倍を超えて爆発を起こすと考えられています。そのため、明るさやスペクトルなどのばらつきが小さく、超新星の明るさは銀河1個に匹敵するくらい明るくなります。絶対的な明るさが一定と考えることで、90億光年先の天体までの距離を測定することが可能です。このようにして決めた距離と、宇宙膨張による観測波長のずれの関係を調べることで、宇宙の膨張史、さらに、暗黒物質、暗黒エネルギーの割合を知ることができます。国立天文台ハワイ観測所のすばる望遠鏡を使ってSupernova Cosmology Projectと共同で行った観測からハッブル宇宙望遠鏡よりも効率的に遠方のIa型超新星を発見できることが分かりました。そのデータを宇



宙論に応用すると同時に超新星の発生割合の測定を行い、Ia型超新星の起源に対する制限も与えています。また、SDSS-II超新星サーベイにも参加し、多色で観測された約500個の光度曲線を取得し、宇宙論的な応用に加え、超新星のスペクトルの詳しい性質や超新星が発生した母銀河と超新星の性質との関係などについて調べています。

渡利泰山 わたり・たいざん 専門分野:理論物理学

IPMU 准教授

我々とは即ちクォーク、レプトン、グルーオンと光子に他ならない；そのように考える人は素粒子屋と呼ばれ、確かに私もその一人になります。素粒子の理論は、これら素粒子の性質をよりよく知ること、そして究極的にはそれら「我々」がいったい何者なのかを理解することを目指しています。

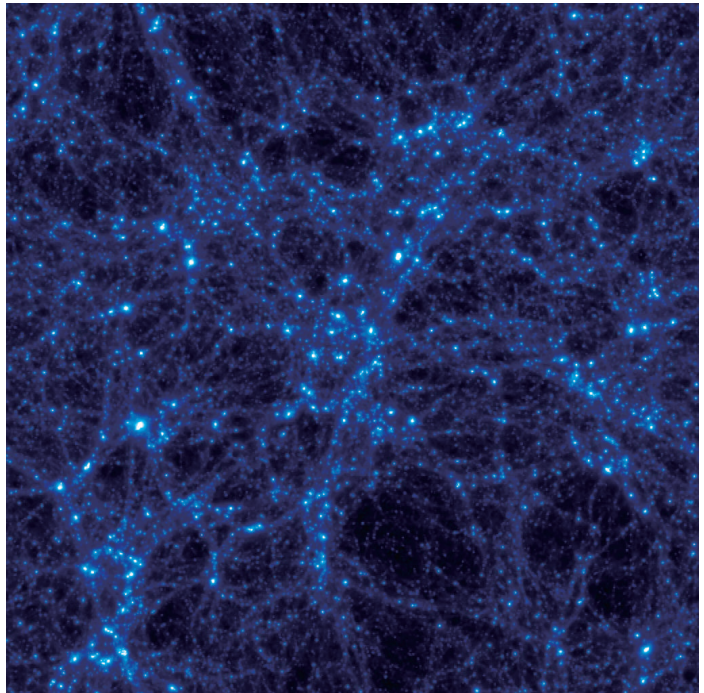
1960年代、軽い中間子の種類とそれらの相互作用のすべては、隠れた対称性とその破れを仮定することで導けることが発見されました。この考え方を標準模型の粒子の種類とそれらの湯川相互作用に適用することによって、共同研究者と私は、例外型リー代数とその対称性の破れが標準模型の背景にはあるはずだ、という指摘をしました。

弦理論のコンパクト化では、そのような代数は幾何のトポロジーに現れます。そして、湯川相互作用の詳細



は幾何によって決まることになります。標準模型には、ニュートリノ振動にあらわれるレプトン間混合が大角度であるのに対して、クォーク間混合は小角度である、という不思議な実験事実がありますが、その事実の理論的本質はどこにあるのか？ それが幾何の単純な性質に帰着できるのではないかと、というのが私の現在追いかけているテーマのひとつです。

宇宙には大きさが数億光年という巨大な構造が存在します。銀河の分布の特徴的なパターンとして現れるこの「大規模構造」は、宇宙初期のわずかな物質密度揺らぎが原因でできたと考えられています。本号の裏表紙で取り上げた話題、コンピューターシミュレーションにより再現した宇宙大規模構造を右に示します。色の明るい部分は銀河がたくさん集まったところで、濃い部分には物質がほとんどなく、空洞（ボイド）と呼ばれています。



Our Team

ギヨム・ランバール Guillaume Lambard 専門分野: **実験物理学**

上級博士研究員

私は宇宙の最大の謎の一つ、ダークマターを研究し、4+n次元の定式化によりその性質について制限を与え、博士の学位を取得しました。フランスにあるニュートリノ観測装置、ANTARESを用いて、大量にダークマターが存在すれば（例えば太陽の中に捕獲されたダークマター）その消滅反応で発生するはずのニュートリノを調べたのです。私はANTARES観測装置の詳細を考慮に入れてニュートリノの運動学的再構成の手法を開発しました。

IPMUでは、ダークマターの追求を続けます。まず、



間接的な方法ですが、スーパーカミオカンデを用いて太陽のような対象を調べます。また、神岡のXMASS実験で直接ダークマターの検出を試みます。更に、ハイブリッド光検出器の効率を上げる開発研究に加わることを楽しみにしています。

サイモン・デデオ Simon Dedeo 専門分野: **天体物理学**

博士研究員

私は基礎理論と観測の境界分野で研究を進めています。例えば次のような問題に着目しています。重力理論の根底に存在する対称性が、宇宙論的、天体物理学的事象に残すかもしれないシグナルはどのようなものか。あるいは、どのような条件のもとで、ミクロの物理過程を無視した、様々な「粗視化」した手法が理論予言、またそのテストを可能にするのか。最後に、私は凝縮系物理学と情報理論の手法を用い、物理系及び

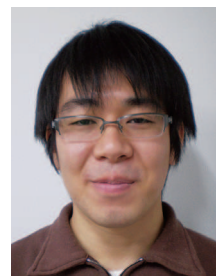


生物系の複雑性に関する問題に取り組み、ときには解答を得ています。

泉 圭介 いずみ けいすけ 専門分野: **理論物理学**

博士研究員

超新星爆発の観測は、現在の宇宙が加速膨張期に入ったことを示している。この観測事実を説明するモデルの多くは、宇宙を加速させる場を宇宙論に導入している。しかし、加速膨張は重力理論の修正の効果の表れであるかもしれない。私は、この重力理論の修正の可能性について研究している。重力理論を修正した際、ゴースト粒子という負のエネルギーを持つ粒子の存在に悩まされる。一般にゴースト粒子の存在は理論の破



綻を招くが、私は重力理論の修正の際に現れるゴーストについては理論の破綻を招かないことを示した。

清水一紘 しみず・いっこう 専門分野:天体物理学

博士研究員

ライマン α 輝線は、宇宙にもっとも多く存在する水素から放射される紫外線です。近年観測技術の進歩によりライマン α 輝線で非常に明るい天体(LAE)が彼方の宇宙の深遠部で大量に発見されています。しかしこれまで非常に重要な統計量にも関わらずLAEの空間分布を理論的に説明した人はいません。そこで私はシミュレーションを行いLAEの空間分布の特徴からLAEの正体を探る研究をしています。さらに、他の手法で観



測される銀河とLAEがどのように関係しているかを同時に調べることで銀河進化を統一的に理解できるモデル構築を目指しています。

高見一 たかみ・はじめ 専門分野:天体物理学

博士研究員

私は最高エネルギーの宇宙線について研究しています。人類史上最大のエネルギーの粒子を生成するLHCの最大エネルギーの1000倍にも達する宇宙線が観測されていますが、その起源はわかっていません。私はそのような宇宙線が地球までどのように伝搬してくるかに着目して、観測データに基づいて起源を探ろうとしています。IPMUでは最高エネルギー宇宙線の起源



をより理解するために、光、ニュートリノ、宇宙線、と複数の粒子種を用いた天文学を開拓していきたいと考えています。

マルコ・バルデス Marcos Valdes 専門分野:宇宙論

博士研究員

私は、宇宙の「暗黒時代」の終焉期を特徴づける宇宙の再イオン化過程および高赤方偏移宇宙の物理過程を主に研究しています。特に、中性水素原子の超微細構造遷移の21cm放射に関するサイエンスに焦点を合わせています。近い将来、次世代の電波望遠鏡による21cm線の観測が可能になり、宇宙の再イオン化以前、あるいはその最中の中性銀河間物質(IGM)の物理状態を直接研究できるようになります。また、私はダークマターの崩壊と消滅反応が高赤方偏移のIGMに及ぼ



す影響と、結果として21cm線に及ぼす影響を研究しています。実際、もしIGMに特徴的な痕跡を残すならば、最もポピュラーなダークマター候補に対して制限をつけることができます。

Our Team

小林 誠教授に聞く

聞き手：相原博昭

授賞式は楽しかった

相原 お忙しいところ、IPMUのためにお時間をとっていただき、ありがとうございます。ノーベル賞の発表以前から小林先生のお話を伺おうと企画していたのですが、そうこうしているうちに、先生がノーベル賞を受賞されました。ノーベル賞の話は発表以来、いろいろなところで伝わっていますし、先生は今、学振（日本学術振興会）の理事で、今度は学術システム研究センターの所長に就任されましたので、今日は主に科研費（科学研究費補助金）などの研究費のことについてお話を伺い、その中でノーベル賞受賞に至った先生の研究についても触れていただければと思います。その前に一言だけ伺いたいのですが、授賞式

は楽しかったですか。

小林 スtockホルムのプログラムは、1週間、非常にタイトなスケジュールだったのですが、わりに堅苦しさはなかったから、楽しかったですね。

相原 先生はノーベル賞を取られたこともあり、今後、ご発言の学術行政に対する影響力が大きくなると思います。そこで抱負といいますか、どうしたいということをお話しいただけないでしょうか。

小林 突然の話ですからまだまだあまり準備はないのですが、いろいろ聞かれて、言っていることは、単に日頃感じていることを話しているだけなのです。ただ、いろいろな研究者と話してみても、そんなに違った意見ではないと思います。一般の研究者の意見を反映できればいいと考えています。

相原 我々も科研費の恩恵を受けているので、科研費についてはいろいろなところで話題になります。今は漠然としたお考えかもしれませんが、科研費についてのご意見をお聞かせ願えないでしょうか。

小林 もちろん、現状では科研費が大学及び大学共同利用機関の研究者の基礎的な研究の一番大きな資金になっています。しかし、これは本来望ましい姿かどうかという点からは、いわゆる大学の基盤研究費と言われるようなものが非常に貧弱になっ

小林誠さんは「3世代のクォークの存在を予言した対称性の破れの起源に関する発見」、つまりCP対称性の破れに関する「小林・益川理論」で益川敏英氏と共に2008年のノーベル物理学賞を受賞しました。他にも1985年に日本学士院賞、2005年に文化功労者、2008年に文化勲章など、多くの輝かしい受賞歴があります。1972年に名古屋大学で理学博士の学位取得後、京都大学助手を経て1979年からKEK（当時高エネルギー物理学研究所、現在高エネルギー加速器研究機構）に所属、2009年2月に特別栄誉教授。現職は日本学術振興会（JSPS）理事で2009年1月から同学術システム研究センター所長を兼務。

てきているために、部分的にはその代償措置として働いている部分があるわけで、その意味では、その役割が大き過ぎるというのは、ある種の歪みを表わしているのではないかと思います。もっと具体的に言うと、例えば比較的小さな規模の科研費がたくさんある研究者にとっては重要な役割をしているわけですが、そのための申請とか審査にずいぶんエネルギーを使っています。その点で、もう少し基礎的な研究費が保証されている方が望ましいのではないかという気はします。科研費自体を充実していくことは大事ですが、もう少し大きな観点から言うと、もっと違った方向が望ましいのではないかという気がしています。

相原 大学の場合、確かに基礎的な研究費の財源である運営費交付金が減っています。これは国の方針として減っているのので、その部分をどう補うかというと、アメリカ方式で外部資金を獲得しなさいということで、東大でも総長以下、そのためにがんばれという形になっています。学振にはプログラムディレクター、あるいは私も一時やっていたプログラムオフィサーがいますが、内部でそういうことについての議論はあるのでしょうか。

小林 大きなスキーム自体は、学振よりもっと上で決まっています。学振は、その与えられた

スキームの中でいかに公平で公正な審査をするかというところに日常的な業務としてのウェイトがあり、その意味では一所懸命にやっているし、一応の実績と信用は得ていると思っています。国全体の研究費の本当に望ましいあり方というスケールの議論を学振の中で十分にやっているかと言われると、それはちょっと苦しいところですね。

行き詰まった時に
新しいものが現れる

相原 元々は運営費交付金などで、自由な研究が審査などもあまり関係なくできていたものが、今はほとんどそれがないので、皆科研費になるわけです。科研費だと審査がありますから、5年間なら5年間で必ずこういう成果が出ますよと書き、そこにインパクトがないと、たぶん採択されません。そうすると、数学、素粒子物理、天文など、基礎科学の中でも一番の基礎、短いタイムスケールでは役に立たないもの、さらに言えば、成果が出るという保証のないものは困ります。

小林 そういう分野にとっては、現実に申請書は書きにくいですね。

相原博昭さんはIPMUの副機構長で主任研究員、また東京大学理学系研究科の教授でもあります。



相原 そういうリスクの高いものというか、表現が適切かどうかは別にして、わけのわからないものができなくなってしまう。

小林 それは非常に問題です。新しいブレイクスルーというのはどこから出てくるかわからないわけで、今ここが注目を集めているという、そこから必ず進んでいくというわけではないわけですね。それがどこかで行き詰まった時に、必ず新しいもの、まったく今まで注目されていなかったようなものが出てくるといのが自然のパターンではないかという気がします。そういうものの芽を摘んでしまっているとしたら、非常に問題だと思えますね。

相原 その話が小林・益川理論とうまくつながるかと思うのですが、あの時代に先生がクォークを信じていらっしやっただかどうかということをお聞きしたいと思えます。そういうモデルを作っても、何も当たらないとただの遊びですね。遊びと言っては悪いのですが、そういうものが許されていた時代と比べて、あまり非現実的なものはどうかという批判もあるわけですね。今でも理論はある程度は許されますが、それでも税金を元とする科研費を使って研究をするので議論となるわけです。その辺をご自身の研究と重ね合わせてどうお考えでしょうか。

クォークをリアリスティックに捉えた坂田研究室の伝統

小林 理論だから研究費が要らなかったということはありますが、この研究のために科研費を申請したことはないで、研究費の問題とはあまり結びつかないと思いますけれど、物理の話をするれば、我々が論文を書いた時、クォークモデルをかなりリアリスティックなものとして考えていたのです。この間、ある人と話していて、こういうことを指摘されました。益川さんもち名古屋の研究室と他の大学の研究室の雰囲気と比べて話をしていたのですが、我々のところではクォークモデルというものを割にリアリスティックに考えていて、その上でクォークに対して場の理論を適用して考えようという雰囲気が比較的明確であったこと、それが多少他のところと違うのではなかったかということですね。

相原 なぜクォークモデルをリアリスティックに考えられたのでしょうか。

小林 それは坂田研究室の坂田模型以来のある種の伝統というか、考え方です。

相原 研究室のグループとして、全員がそれを信じていたということでしょうか。

小林 信じていたというか、そういう蓄積ですね。

相原 まだ深部非弾性の実験は出ていない時ですか。

小林 いや、出ていました。もちろんクォーク・パートンモデルとかはあったけれど、それでもまだ一般的には実在性はそれほど信じていませんでした。

相原 そうですね。チャームクォークが発見されるまでは。

小林 そうですね。そこで雰囲気がちよっと変わったのです。

相原 それまでは、ひょっとしたらそうかもしれないという程度でしょうか。

小林 そのへんのところで温度差があったような気がします。つまり、我々には、チャーム発見よりもかなり前からクォークを実在のものとして見ようという雰囲気があった。

相原 今、スーパースtringの研究をやっている人はたくさんいるわけですが、実験屋から見るとスーパースtringはまだ単なる模型ではないかと私は思います。実験ができないのですから。しかし、やっている人はひょっとしたら、実在というか、Stringがあると強く信じているかもしれないですね。そういうことと似ているのでしょうか。

基礎研究には必然の道はない、可能性を増やすことが肝要

小林 信じる、信じないというよりも、そういうものにずっと着目しつづけてきて蓄積があるということから、自然に発想の範囲が違ってくるわけです。も

しそこに本当にブレイクスルーがあるならば、やはりそういう蓄積の上に出てくるチャンスは多いのではないかと考えてしょうね。

相原 ただ、いつブレイクスルーになるかわかりません。

小林 それは全然わからないですよ。

相原 そこが問題ですね。

小林 それはすべて結果でしか判断できないのですが、そういう可能性のあるところがどれだけたくさんあるかということが、全体としての厚みだと思えます。

相原 それはよい理由かもしれませんが、そのために科研費を使えるようにするという。

小林 そうだと思います。基礎研究とか基盤的研究費というものという意味は、いかにそういう厚みをつけるかということです。

相原 可能性を増やすということですね。

小林 そうです。こうすれば結果が出るという必然の道などはないわけで、いかにそういうチャンスがたくさん用意されているかということだと思います。

相原 CP非保存も元々は偶然発見したようなものです。K中間子でのCP非保存の発見から40年以上も経っています。先生がノーベル賞を受賞したからよかったようなものの、ひょっとするとわからなかったかもしれないし、クォークでのCP非

保存の先の問題も実はまだ解決できていないわけですね。

小林 宇宙の問題ですか？ それはずっと続いているのではないですか。

相原 そういえば実験屋から見てスーパースtringなどもある意味で許せますね。いろいろな可能性を増やすために科研費を使ってください、と先生に言っていただくのは非常に良いことだと思います。

それとは違う観点から、もうひとつ伺います。小林先生はKEK（高エネルギー加速器研究機構）の素粒子・原子核研究所長もされましたが、ああいう大きな研究所は、ミッション型です。特に素粒子、高エネルギーの実験はLHCのように規模も大きくコストも大きいです。よく議論になりますが、バランスの問題があると思います。そのあたりについて先生はどのようにお考えでしょうか。

小林 これから先の高エネルギー実験のスケールは、今までのもとはまたもう一段違うから、それは少し別の問題かと思えます。そういうものを大きなスケールとすれば、今もうひとつ問題だと思っていることは、数10億とか100億とかの中規模の計画、トップダウンではなくてそれぞれの学問上の必要性から出てくるような計画のことで、天文台のいくつかの研究とかBファクトリー、神岡はそ

ういう規模のものとしてやってきて、ちゃんとした成果を上げたという意味で非常にうまくいった例だと思えますが、これから先、そういうものに対してどうやって計画を拾い上げていくか、研究者を支えて政府との間でどうやって実現までのシナリオを描いていくか、というメカニズムが今は多少混乱して見通しが悪いのではないかと、そこに問題があるという気がしています。一つには、法人化後の予算システムの問題が大きいかと思えます。

相原 そうですね。そのへんは重要なポイントであると思えます。これは我々実験関係者がいつも感じていることなのですが、ある程度うまく育ってきた時に、あるスケールにしないと結果が出てこない、感度がそこまで届かないというものがあります。ですから、実際にはかなりたくさんプロポーザルのネタはありますが、それを実現するのは、今の科研費の規模では困難です。

小林 そういうものは科研費のスケールではないわけで、どこかで適切な評価と決定をするメカニズムが必要です。

相原 システムですね。その部分が欠けているというのは、物理とか生命とか分野を問わずすべての人が感じていると思えます。その問題については、ぜひ先生に積極的に発言していただ

きたいと思います。

次に、今回のWPIのプログラムでつくった5拠点はどれも基礎的な研究をするところで、ある意味では今までとちょっと違った、まず人を集めなさいということで始まっています。科研費とも違いますし、トップダウンと言っても研究者を集めるためというお金の使い方なのです。そういう拠点の様子を見て感じられていること、あるいは何を期待したいのかということ伺いたしたいと思います。

小林 まったく新しい試みですから、大いに期待したいわけですね。今はコミュニケーションはネットなどで非常に速く、自由にできるわけですが、サイエンスの一番元のところで、人が1カ所にいる、集まっているというある種の地理的な問題というのが、やはりどこかで意味を持っているのではないかという気がします。要するに、人が集まることによって、そこにある種のローカルな蓄積ができるのではないかということです。古い考え方かもしれませんが、私の経験から言うと非常に意味があるような気がします。そういう意味で、人を中心にした組織というものが生む効果に期待しています。

相原 IPMUには数学、天文、素粒子の分野があります。数学の先生などは独立にやっているような気がしていたのです

が、実はいつも一緒になって議論します。それが日常の活動であるということは、今回初めてわかりました。柏キャンパスにIPMUのための新しい建物ができますが、そこでとにかく混ざり合うというか、いろいろな人と一緒になれる場所をなんとかつくろうと思っています。ある程度の時間の後何か新しいものを生みだしていれば成功だと思っています。我々としては研究組織としての可能性を最大限に引き出す努力をするつもりでいます。

小林 がんばってください。

相原 ありがとうございます。

業務改善総長賞受賞

IPMUの事務部門教職員4名のワーキンググループ（代表：小澤みどり 国際交流係長）が、「柏キャンパス外国人研究者受入促進Webサイト」を立ち上げた成果により、東京大学の2008年度業務改善「総長賞」を受賞しました。

IPMUでは外国籍研究者を多く受け入れています。日本滞在に関する外国人向け英語サイトの大半が旅行者向けだったこと、日常生活に必要な情報が不足していたことにより、着任前の外国籍研究者からの多数の問い合わせに個別に対応せざるを得ませんでした。そこで、IPMUのWebサイト上に日本の生活に関する多様な情報を掲載したことで、来日する研究者の不安を取り除く一助となったほか、問い合わせ件数も減り、業務の効率化に成功しました。



2008年12月19日（金）に東京大学安田講堂で行われた表彰式で、総長から表彰を受けました。

IPMU一般講演会 「宇宙に終わりはあるか」

2009年1月24日、東京大学本郷キ



懇談会で参加者と懇談する機構長

ャンパス内の弥生講堂一条ホールにおいて、一般講演会「宇宙に終わりはあるか」が開催されました。事前申込は締切日を待たずに満席となり、先着300名の参加者が会場を訪れました。

村山機構長の講演と質疑応答ののち、機構長と参加者の懇談を行いました。お茶とお菓子を囲んだ和やかな雰囲気の中、参加者から機構長へ宇宙に関する多くの質問が寄せられました。

多摩六都科学館サイエンスカフェ 「宇宙」

2009年2月14日—3月14日の毎週土曜日、東京都西東京市にある多摩六都科学館で、IPMUと同科学館の共催による「サイエンスカフェ『宇宙』」が開催されています。IPMU主任研究員5名（杉山直・佐藤勝彦・井上邦雄・村山斉・大栗博司）が各回を受け持ち、宇宙の始まり・進化、そして未来を、一般の方向けに分かりやすく解説しています。参加者との交流を重視する企画で、講演、質疑応答の後、参加者は和やかな雰囲気の中で講師との懇談を楽しんでいます。事前申込と当日受付を併せ、毎回100名の参加者がこのサイエンスカフェを訪れています。



サイエンスカフェ「宇宙」の会場のようす

IPMU中畑雅行主任研究員、 平成20年度井上學術賞を受賞

東京大学宇宙線研究所の教授でIPMUの主任研究員を兼ねる中畑雅行氏が「太陽ニュートリノの観測とニュートリノ振動の研究」により平成20年度第25回井上學術賞を受賞しました。中畑氏は大型水チェレンコフ型ニュートリノ検出器を使ったカミオカンデ、スーパーカミオカンデという2世代の実験の第一線で太陽ニュートリノの研究に従事しました。その優れた実験手腕によりニュートリノ研究と素粒子物理学に多大な貢献をした功績を評価されたものです。井上學術賞の贈呈式は2009年2月4日に行われました。

IPMU井上邦雄主任研究員、 第5回日本學術振興会賞受賞

2009年1月30日に日本學術振興会から、東北大学ニュートリノ科学研究センター長でIPMUの主任研究員を兼ねる井上邦雄氏が平成20年度第5回日本學術振興会賞受賞者に決定したことが発表されました。受賞理由は、発電用原子炉で生成される反電子ニュートリノを測定するカムランド計画を現場で主導し、ニュートリノの数がニュートリノのエネルギーと共に増減することを、世界で初めて実証した功績「原子炉を用いたニュートリノ振動の精密測定」です。受賞式は2009年3月9日に行われました。

IPMU杉山直主任研究員、 2008年度日本天文学会 林忠二郎賞受賞

2009年1月31日に名古屋大学理学研究科教授でIPMUの主任研究員を兼ねる杉山直氏が「宇宙マイクロ波背景放射に関する理論的研究」により2008年度日本天文学会林忠二郎賞受賞者に決定したことが発表されました。膨張宇宙での密度・温度揺らぎの時間発展を数値的に解き、宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎの詳細かつ

精密な理論的予想を得、また、生成の物理素過程を明らかにし、温度揺らぎの空間パターンが宇宙の空間曲率などの宇宙論パラメータにどのように依存するかについて明快な説明を与えた功績が評価されました。受賞式は3月25日の2009年春季年会中の通常総会において行われました。

WPIプログラムの現地視察

2008年12月9日と10日の2日間にわたり、第2回の現地視察が行われました。WPI全体のプログラムディレクター (PD)、黒木登志夫氏、IPMU担当プログラムオフィサー (PO) の三田一郎氏、5名のIPMU担当作業部会委員全員 (広中平祐、釜江常好、川合光、John Peacock、Matthias Staudacherの各氏)、文部科学省からWPIプログラム担当の岡谷重雄科学技術・学術戦略官、その他の視察団が柏キャンパスを訪れ、IPMUでの研究者の集結と研究の状況など、世界トップレベル研究拠点の形成に向けての進捗状況を視察しました。現地視察の結果は、2009年3月17日に開催されるWPIのフォローアップ委員会に評価資料として報告されました。



現地視察

神岡サテライト研究棟完成

2009年2月18日に神岡サテライト研究棟が完成しました。2階建て、約500m²の建物で、今後はこの研究棟でニュートリノの研究で知られるスーパーカミオカンデとKamLAND、ダークマターの検出を目指すXMASSの研究

が進められます。



神岡サテライト研究棟の外観

IPMU研究棟着工

IPMUの新研究棟の建設工事が2009年2月9日に正式に開始されました。5階建て、約6,000m²の研究棟で、内部には広い交流スペースが設けられます。建物のコンセプトは、カリフォルニア大学サンタバーバラ校にあるカブリ理論物理学研究所、カリフォルニア大学パークレー校の理論物理学センターなど、代表的な理論研究所のもつ、明るく大きなオープンエリアや研究のための設備を備えたスタイルを受け継いでいます。世界各地から訪れる研究者に魅力的な研究環境を提供することが期待されており、2009年中の完成・入居を目指しています。



研究棟の工事の様子

研究会報告

2009年1月4日—9日の6日間、IPMUにおいて「ワークショップ：複素幾何学における超対称性」が開催されました。このワークショップでは、一般化されたケーラー構造などについての最近の発展に焦点をあて、数学者・物理学

者双方が参加して議論が行われました。

今後の研究会 ——フォーカスウィーク :宇宙論における非ガウス性

2009年4月6日—10日の5日間、東京大学柏キャンパス図書館メディアホールにて「フォーカスウィーク：宇宙論における非ガウス性」が開催されます。

なぜ宇宙はこれだけ大きいのか？銀河などの宇宙の構造はどうやって生まれたのか？これらの素朴な疑問の本質的な部分に答えてくれるのが、インフレーション宇宙理論です。近年の観測の進展により、インフレーション理論の予言はかなりの精度で確かめられていますが、この理論には多くのモデルが存在することも事実です。それらの理論モデルを観測的に識別することが急務であり、そのために有効であると考えられているのが揺らぎの非ガウス性です。宇宙背景放射や宇宙の大規模構造の観測からの非ガウス性への制限、非ガウス性が顕著なインフレーションモデルの構築など、様々な課題があり、これらの研究課題について、第一線で活躍する研究者を集めて新しい進展を目指すのが、本フォーカスウィークの目的です。

人事異動 転出

IPMU博士研究員の和南城伸也さんが、ミュンヘン工科大学客員研究員に転出されました。IPMUの滞在期間は2008年4月16日から2009年3月6日でした。今後のご活躍とご健康をお祈りします。

訂正

IPMU News No.4に、下記の通り訂正があります。(Web版では訂正済みです。) p.34 第2コラム (右端) 23行目、「母方の祖父」を「母方の祖父母」に訂正 p.36 第3コラムの下から18行目、「一連の」を削除



重力N体計算を用いて 宇宙の構造を再現する

吉田直紀 IPMU准教授

銀河や銀河団、宇宙の大規模構造は、宇宙初期のわずかな物質密度の揺らぎに重力が作用して形成されたと考えられています。コンピューターシミュレーションで宇宙の構造形成を再現するには、膨張する宇宙の中での物質間の重力相互作用を解かなくてはなりません。基本的には多数の質量粒子の間にニュートンの万有引力の法則を適用すればよいのですが、最新のシミュレーションでは100億個以上もの質量粒子を用いるため、スーパーコンピューターや専用計算機を必要とします。結果は27ページの図を御覧下さい。



$$F = \sum_i^N G \frac{M m_i}{r^2}$$

$$N > 10^{10}$$