

IPMU NEWS

Feature
Paradigm Shifts in Cosmological View
Interview with JAXA astronaut Naoko Yamazaki



IPMU NEWS CONTENTS

English

- 3 **Director's Corner** Hitoshi Murayama
IPMU Now a Citizen of Today!
- 4 **Feature** Naoshi Sugiyama
Paradigm Shifts in Cosmology
- 10 **Message** Junichi Hamada
Sadanori Okamura
- 12 **Logo and Organization Chart of TODIAS**
- 13 **Our Team** Kwokwai Chan
- 14 **IPMU Interview** with JAXA astronaut
Naoko Yamazaki
- 20 **News**
- 24 **Majorana Nature of Neutrinos and $(\beta\beta)_{0\nu}$ -Decay**
Serguey T. Petcov

Japanese

- 33 **Director's Corner** 村山 斉
IPMUが東大の一員になりました!
- 34 **Feature** 杉山 直
宇宙観のパラダイムシフト
- 40 **Message** 濱田 純一
岡村 定矩
- 42 **東京大学国際高等研究所のロゴと組織図**
- 43 **Our Team** 陳 國威
- 44 **IPMU Interview** 山崎直子宇宙飛行士に聞く
- 50 **News**
- 52 **ニュートリノのマヨラナ的性質 $(\beta\beta)_{0\nu}$ 崩壊**
セルゲイ T. ペトコフ

- 25 **Special Contribution**
Momotaro (The Peach Boy)
新説・桃太郎 西川正美 (Masami Nishikawa)



Naoshi Sugiyama is Professor at the Graduate School of Science, Nagoya University, and Principal Investigator at the IPMU. He is a leading theorist in cosmology and astrophysics. In particular, he is famous for his theoretical investigation of the cosmic microwave background radiation. He received his Ph.D. at Hiroshima University in 1989. He became a research associate at the University of Tokyo in 1991. From 1993 he stayed at the University of California, Berkeley, supported by Japan Society for the Promotion of Science. He became Associate Professor at Kyoto University in 1996, and Professor at National Astronomical Observatory of Japan in 2000. Since 2006, he has been Professor at Nagoya University.

杉山 直：名古屋大学理学研究科教授で、IPMU主任研究員を兼ねる。宇宙論、天体物理学、特に宇宙背景放射の理論的研究の世界的権威。1989年に広島大学理学博士の学位を取得。1991年に東京大学理学部助手、1993年から日本学術振興会海外特別研究員としてカリフォルニア大学バークレー校に滞在、1996年に京都大学理学研究科助教授、2000年に国立天文台教授、2006年から現職。

IPMU Now a Citizen of Todai!

Director of IPMU

Hitoshi Murayama

You must have heard devastating news about the biggest earthquake that has ever hit Japan, and ensuing tsunami and developing situations at the Fukushima Daiichi nuclear power plant. I would like to express my deepest sympathies and condolences to those who had lost lives and their families, as well as those in the harsh conditions at shelters or devastated areas. We at IPMU experienced a very big shake, with loose items falling on the floor, and many were stranded by the shutdown of the railway systems. Our staffs helped those who stayed overnight at IPMU with food and providing ways to contact their family members. I'm happy to report no IPMU members were hurt.

There is bright news to report. On January 1, 2011, the Todai Institutes for Advanced Study (TODIAS) was established as a university-wide organization, and on January 11, 2011, Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (IPMU) was approved as the first entity within the TODIAS. This provides IPMU a "citizenship" within Todai, and a wonderful opportunity to continue its research on the fundamental questions about the Universe. We hope to play our own role in pursuing the vision of President Hamada to realize Todai as a "world-leading center of knowledge." At the same time, this is a critical step for IPMU to become a permanent member of the Todai community.

IPMU was founded on October 1, 2007 by the World Premier International Research Center Initiative (WPI) of the Japanese government. The WPI funding

has a term of 10 years, and mandates (1) world class research, (2) internationalization by adopting English as the official language and employing a large number of non-Japanese researchers, (3) scientific breakthroughs by fusion of disciplines, (4) new organizational structure unprecedented in Universities in Japan. This way, IPMU is required to achieve a high visibility to the worldwide scientific community.

Starting from scratch, IPMU has been appointing researchers from around the world, setting its research agenda, and building up its infrastructure in a dizzying pace. In three years it has grown to a research institute of about 120 members including graduate students and support staff. About 60% of the 65-member full-time research staff are not Japanese nationals.

Yet we still have to work hard to acquire necessary resources to keep IPMU going in the long run. This is where MEXT, Todai, and every one of you count. We would like to make IPMU so visible both in the scientific community and general public that it would be impossible to terminate.

I deeply thank President Hamada for his bold vision, Director Okamura for his involvement in kick-starting IPMU, and everybody in the Todai community for making the TODIAS possible. The IPMU members and I will do our best to fulfill the expectations in TODIAS, and ask for your continued support.



Paradigm Shifts in Cosmology

The paradigm shift, as put forward by Thomas Kuhn, means revolutionary changes in the normative concepts and principles occurring in the stages of scientific development. A most easily understandable example is the transition from the Ptolemaic (geocentric) theory to the Copernican (heliocentric) theory. It is well known that in the 17th century Galileo Galilei's era, a revolution abruptly occurred from the idea that the Earth is the center of the Universe to a completely different idea or a new paradigm that the Earth revolves around the Sun. Such paradigm shifts that thoroughly changed mankind's view of the Universe have repeatedly occurred and are still going on in the 20th century and thereafter. Developments in the field of cosmology are strongly shaking mankind's view of the Universe again.

The Milky Way was found not the sole galaxy

At the beginning of the 20th century, it was not understood whether celestial objects called *nebulae* lay within the Milky Way or if they were independent groups of stars (*island universes*). It was in 1920 that the famous *Great Debate* between Harlow Shapley and Heber Curtis took place at the Smithsonian National Museum of Natural History. In the debate, Shapley argued that all the nebulae lay within the Milky Way, and Curtis on the other hand argued that spiral nebulae such as Andromeda lay

outside the Milky Way.

This debate was settled in 1922 when Edwin Hubble determined the distance to Andromeda. Since it was far beyond the distance across the Milky Way, it turned out that the Andromeda Nebula lay outside the Milky Way, and it was an independent group of stars, namely a galaxy. It would be an irony of history that it was Shapley—loser in the debate—that measured the size of the Milky Way Galaxy for the first time.

We could call it a paradigm shift in mankind's view of the Universe that the Milky Way to which the Sun belongs turned out to be but one of the immense number of galaxies in the Universe. Hubble's measurement, which caused this paradigm shift, was inspired by Henrietta Swan Leavitt's discovery of how to measure the distance in the Universe. She found that the Cepheid variables have a correlation between the period and the luminosity—the longer the period of the variable star, the greater the intrinsic luminosity. Therefore, the measurement of the period gives the true luminosity. It is possible, then, to determine the distance by comparing the observed apparent luminosity with the true one. It was her finding that opened the door to the cosmology as an objective of scientific research. Finally mankind obtained the means to measure the distance beyond the solar system to the Milky Way and further to galaxies. In fact, Hubble measured the distance to the Andromeda Nebula using this means.

Expanding Universe

At around the same time as the recognition of island universes other than the Milky Way, an expanding dynamic nature of the universe was found. Here, Vesto Slipher should be mentioned. From the 1910's to the 1920's he made spectroscopic observations of the spiral nebulae (galaxies) and found that almost all the galaxies showed the shift of spectral lines toward the red side of the spectrum. This phenomenon is known as *redshift*. He thought that this phenomenon was due to the Doppler shift arising from the high-speed movement of nebulae (galaxies) away from us, but he did not make further attempts to relate it with the expansion of space.

The universe that allows the expansion of space is possible only in terms of the general theory of relativity completed by Albert Einstein in 1915. The reason is that this theory shows the possibility for the space-time structure to vary due to the effects of gravity. Until that time, it had been considered to be absolutely stable.

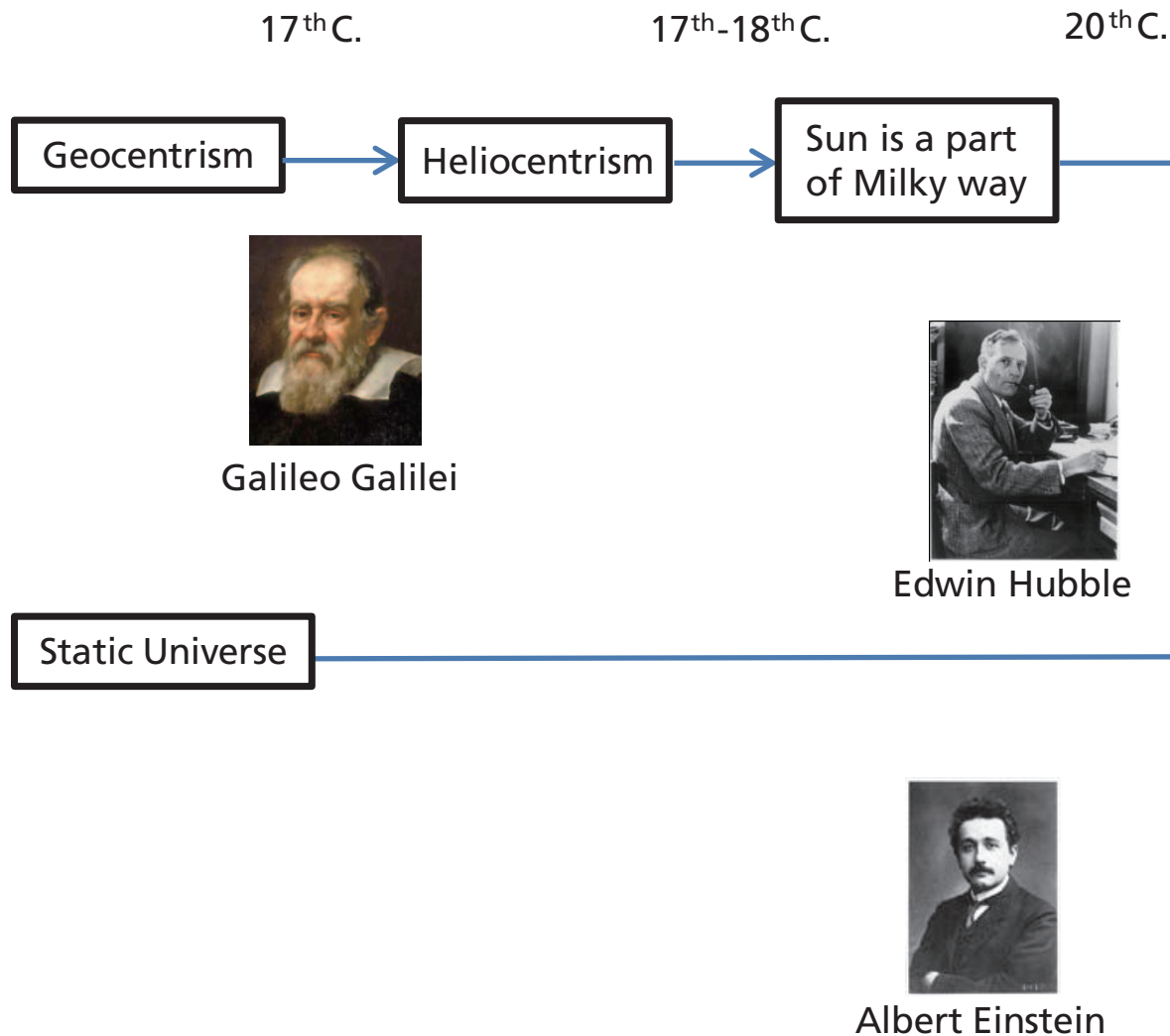
A cosmological model based on the theory of general relativity was published by Einstein himself in 1917. However, Einstein, being influenced by preconceptions that space should be static, introduced a repulsive force into his basic equation in order to balance out the gravity and prevent the evolution of space with time. This is a cosmological constant. It acts as anti-gravity that expands space. It

is said that Einstein later regretted the introduction of a cosmological constant and remarked that it was "the biggest blunder of his life," when the dynamic nature of space became clear.

In 1922, Alexander Friedmann proposed a model of the universe which allows for the expansion or contraction of space. A model of an expanding universe can naturally explain the results of Slipher. Suppose that the surface of an expanding balloon represents the space of our universe. Then, it is easy to imagine that the expansion of the balloon, i.e., the expansion of space with time, means that all galaxies move away from each other. The general theory of relativity can also explain redshift by thinking that the wavelength of light expands with space while it has been propagating from a galaxy to us.

However, the mere fact that galaxies are moving away cannot be decisive evidence for the expansion of space. It should be verified based on an accurate law and *Hubble's law* is the very thing. It states that the velocity of expansion is proportional to the distance from us. Let's assume that the entirety of space expands uniformly independent of point and direction. The distance between any celestial bodies, then, will be multiplied by the same amount. As a result, if a distance is large, its increment is proportionally large, and the velocity of expansion is also large because it is proportional to the increment of the distance

It was in 1929 when Hubble found the



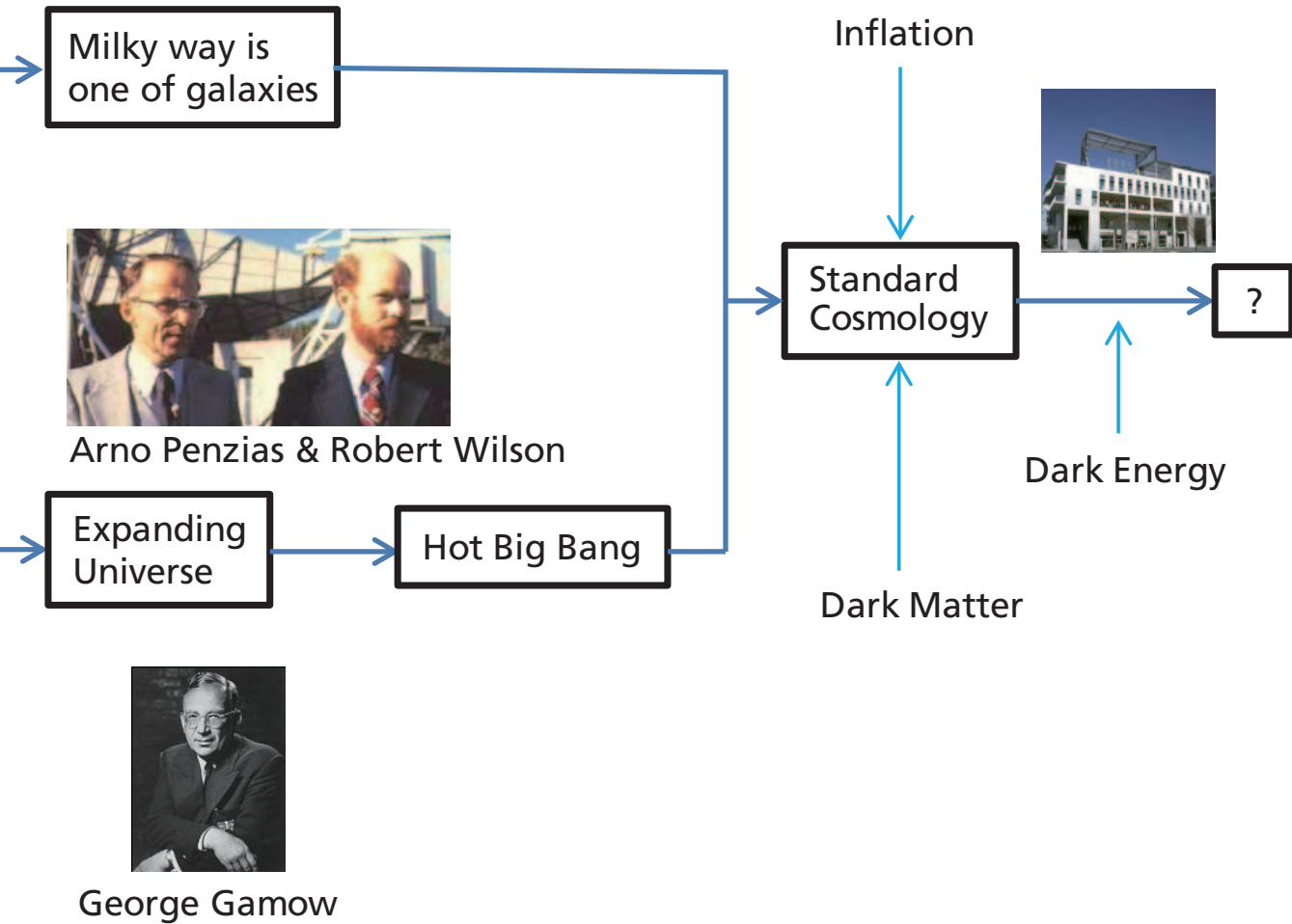
proportionality between the velocity of expansion and the distance by measuring the distances to galaxies with use of Leavitt's method and comparing his results with Slipher's data. The space of the universe turned out not to be static, but to be dynamically varying.

Big Bang

In 1965, it became clear that the universe had a beginning—a hot and dense state. In the latter half

of the 1940's, George Gamow and his collaborators proposed a hot beginning of the universe in order to explain the origin of elements. This was followed by a hot debate between the school of Gamow and that of Fred Hoyle. Hoyle thought that elements were produced by fusion reactions inside the star. As for the universe, he also proposed the Steady State Cosmology Hypothesis which asserts that the universe is simply expanding with no beginning and no end.

It was the discovery of cosmic microwave



background radiation (CMBR) by Arno Penzias and Robert Wilson that settled this debate. It is expected that the hot universe was filled with light having a temperature-dependent spectrum. That light remains without disappearing as the temperature of the universe has cooled down in accordance with its expansion. This is CMBR. The radio wave discovered by Penzias and Wilson by chance was found to have an absolute temperature of about 3K. Although Hoyle was defeated in the debate, his name has been known to the public as the godfather of *Big*

Bang. This also may be an irony of history. It was Hoyle that called Gamow's theory Big Bang *with derision in his radio broadcast lectures*. On the other hand, it turned out later that hydrogen and helium were produced in the Big Bang, and heavy elements were produced by stars—both Gamow and Hoyle were right.

Failures of the standard cosmological paradigm

A cosmological paradigm newly established in

the 20th century, with pictures of the expanding universe, the beginning of the hot universe, and the universe brimming over with galaxies, led us to the view of Standard Cosmology. However, as the 20th century advanced into the latter half, failures started to show up also in the Standard Cosmology.

The mechanism proposed to solve the difficulties in the Big Bang and to produce seeds of a variety of structures seen in the present universe is a rapid expansion of the early universe, *inflation*. According to the inflation scenario, the huge vacuum energy caused the rapid expansion of space and converted vacuum quantum fluctuations into matter density fluctuations. The expansion made the universe once almost empty, and then the Big Bang started with conversion of vacuum energy into heat and particles. In 1992, the COBE satellite discovered the temperature fluctuations in CMBR and the spatial pattern of fluctuation almost completely agreed with the expectation of inflation. Because of this, it is not too much to say that now inflation is one of the pieces incorporated into the Standard Cosmology.

Dark matter is also one of the pieces incorporated into the Standard Cosmology. Dark matter was “discovered” by Fritz Zwicky in the 1930’s. He investigated the peculiar motions of galaxies in a cluster of galaxies and found that visible matter cannot provide enough gravity to hold these galaxies in the cluster. To hold them together, there must be a large quantity of invisible matter—dark matter.

Since then, the existence of dark matter has nearly been established by observations of the rotational speeds of galaxies and gravitational lensing. Yet, we do not know what dark matter is. Now, searches are performed extensively for unknown particles that are candidates for dark matter. For instance, IPMU is conducting a direct search experiment XMASS in the Kamioka mine. Also, at the Swiss-French border, experiments are going on at the Large Hadron Collider (LHC) to produce candidate particles for dark matter.

Dark energy could be the most dangerous failure of the Standard Cosmology Paradigm, which might be collapsed by it. Dark energy was “discovered” in 1998 through a survey of distant supernovae. It is possible to determine the true luminosity of a supernova (in particular, that called type Ia) from the time variation of its decrease in brightness. By comparing the true luminosity with the apparent one, the distance to the distant galaxy where the supernova appeared can be determined. Once the distance is determined, it is possible to determine the rate of expansion of space at that point from the relation between the redshift and the distance. Along these lines, investigations showed that the distant (i.e., past) universe had a slower rate of expansion than the present universe. This means an accelerating expansion.

The accelerating expansion is an extremely strange phenomenon. Ordinary gravity exerts only attractive

force so that its effect on the expansion rate is only deceleration. In order to accelerate the expansion, a sort of repulsive force, namely, something that exerts anti-gravity is needed. What we can readily think of is Einstein's cosmological constant. The vacuum energy that caused inflation is also a strong candidate. So, the unknown energy that accelerates the expansion of the universe has been called dark energy. This, however, means that we have only named it without knowing its real nature at all. Unlike dark matter, dark energy spreads out over the entire universe—it is so much diluted. This makes its direct detection almost impossible. For now, the only possibility to approach dark energy is precise measurements of the expansion rate of the universe. If we could determine the time variation of the expansion rate as a function of redshift, we would be able to know the time evolution and physical properties of dark matter to some extent. For that purpose, large-scale survey projects of supernovae and galaxies have been planned and carried out.

For measurements of dark energy using galaxies, there are two methods. One is a method to use gravitational lensing effects on the images of distant galaxies. The size of the effects is dependent on the degree of structure growth. On the other hand, since dark energy acts as a repulsive force accelerating the expansion of space, it would impede the growth of structure due to gravity if its amount increases. So, it is possible to obtain the time evolution of

dark energy from the degree of structure growth. The other method is the one using an effect called *Baryon Acoustic Oscillations*. The galaxy distribution has a special-size structure which was caused by the acoustic oscillation in the early universe. The physical scale of this size can be theoretically predicted. On the other hand, the observed apparent scale varies depending on the amount of dark energy which dominates the space in between. Therefore, it is possible to determine the amount of dark energy by measuring this structure at great distances

At IPMU, a survey project of dark energy is under way in collaboration with the Subaru Telescope. First, gravitational lensing effects on distant galaxies will be measured using a very wide-field camera HSC (Hyper-Suprime Cam) which will be commissioned in FY2011. Next, a project to obtain more detailed information about dark matter by measuring Baryon Acoustic Oscillations with a next-generation multi-object spectrograph PFS (Prime-Focus Spectrograph) is being planned

Might dark energy be only one of the pieces which can be incorporated into the Standard Cosmology? Or, might it be a vanguard to urge a shift into a completely new paradigm, overturning the Standard Cosmology which has been developed over 100 years until now? It would be an important mission of IPMU to quest for the answer to this problem.



Junichi Hamada

President of the University of Tokyo

We are ushering in a time of great change. At this critical juncture, society expects universities and scholarship to play an important role in steering that change for the betterment of the world. To meet such a demand from society, the University of Tokyo conceived “Action Scenario – FOREST2015 –” and has set out to implement a variety of innovative programs since last April.

The tasks marked for priority in FOREST 2015 challenge us to ensure academic diversity and the pursuit of excellence, promote world-class scientific research, strengthen international PR efforts to boost our global presence as a comprehensive research university, and become a world leader in inter-university collaboration and scholarship.

As part of the measures the University is taking to achieve these goals, we have established the Todai Institutes for Advanced Study (TODIAS) as a university-wide organization. TODIAS will comprise research institutes that can function as a “world-leading center of knowledge,” aiming to enhance the University’s academic excellence as a whole and further advance our internationalization.

At the University of Tokyo we are firmly committed to fulfill our public duty and responsibility to the

future of Japan and of the world. The newly-founded TODIAS is the epitome of this commitment. As the president of the University, I would like to take this opportunity to express my heartfelt appreciation to all those involved with TODIAS and kindly request your further support for our scientific research endeavors. (2011. 1. 1)

Sadanori Okamura

Director of TODIAS

I would like to express my gratitude for being appointed as the Director of the Todai Institutes for Advanced Study. It is a tremendous honor and privilege that President Hamada has given me a position of such great responsibility.

We chose *TODIAS* for the abbreviation of the Todai Institutes for Advanced Study. It is worth pointing out that *TODIAS* has additional interesting meanings besides being a straightforward acronym. In Greek, *DIAS* is another name of Zeus, head of the 12 gods of Olympus. It also means *DAY* in Spanish. Therefore, writing *TO DIAS* means *to the Gods*, or *to better days*. What a fitting abbreviation it is for the Todai Institutes for Advanced Study's mission of creating new disciplines and contributing to the betterment of the culture and life of mankind. There are two versions for *TODIAS* logo – the one with full title and the other only with the abbreviation – both of which make an impression of openness, by using Todai's symbol of a ginkgo leaf as a motif and combining it with a gently curved typography. The simpler version with a ginkgo leaf threading the type *D* gives an impression of vigorous vitality.

TODIAS will comprise a host of research institutes, each of which must satisfy the following three requirements: (1) to be evaluated as a world-class research hub by governmental organizations and global communities of researchers; (2) to acquire sufficient external funds to sustain its operation; and (3) to provide an international research environment. *TODIAS* will vigorously promote their activities by relaxing some of the rules that are applied within the university, such as those of personnel employment and salary payment systems.



At the inaugural steering committee of *TODIAS* on January 11, 2011, committee members are in consensus that the Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (IPMU) is a suitable organization that meets all the criteria. We have decided to designate IPMU as the first institute within *TODIAS*. IPMU was founded in October 2007 following its selection for the World Premier International Research Center Initiative by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The institute serves as a platform where a whole range of mathematicians, physicists, and astronomers cooperate with one another seeking to unlock the fundamental mysteries of the Universe, humanity's never-ending quest. Under the outstanding leadership of Director Hitoshi Murayama, IPMU has evolved steadfastly since its inception and has now about 60% of its researchers coming from abroad. It has come to be widely recognized as a "world-leading center of knowledge" in relevant research communities throughout the world.

As Director of *TODIAS* I am committed to providing the best possible research environment for IPMU so that it can conduct research activities more quickly, flexibly and actively under stable management. Also, I would like to enhance the University of Tokyo's academic excellence and internationalization by establishing the second and third institutes, and so forth, within *TODIAS*. (2011. 3. 9)

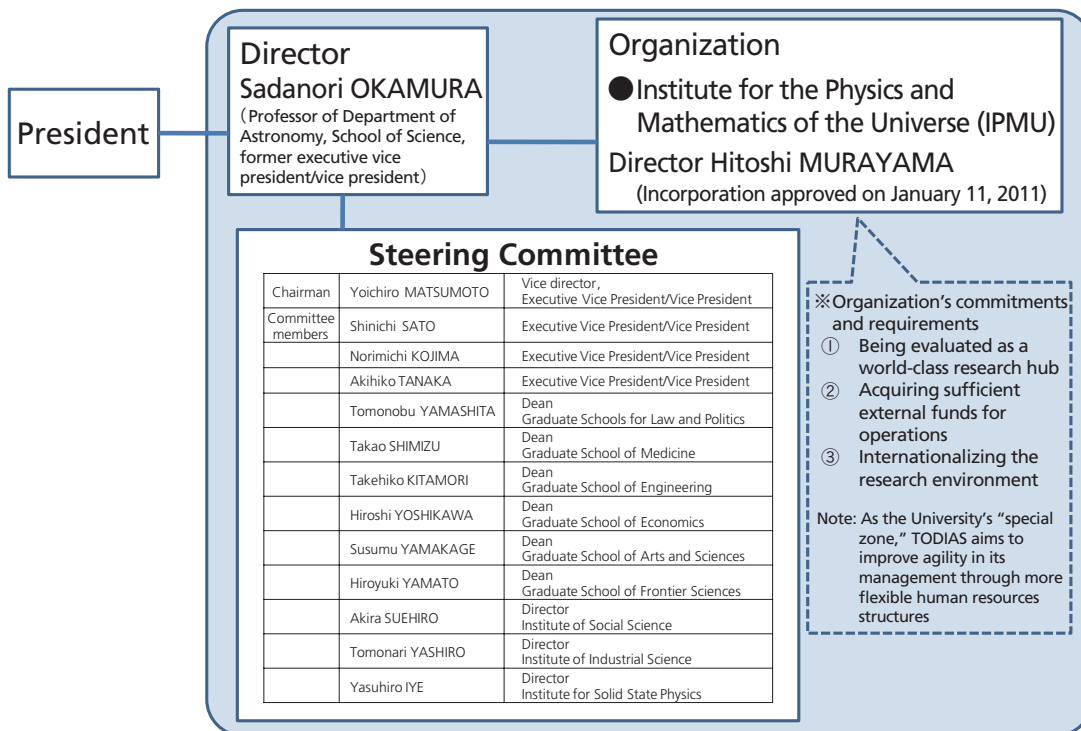
Message

Logo and Organization Chart of TODIAS



Todai Institutes for Advanced Study (TODIAS)

(Establishment : January 1, 2011)



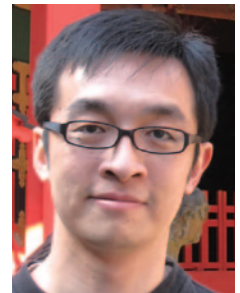
Our Team

Kwokwai Chan

Research Area: **Mathematics**

Postdoc

Mirror symmetry is discovered by string theorists more than two decades ago. Mathematically, it predicts that the symplectic (resp. complex) geometry of a space is equivalent to the complex (resp. symplectic) geometry of another space. The two spaces are then said to form a mirror pair. My research to date is primarily concerned with the study of the Strominger-Yau-Zaslow (SYZ) conjecture which asserts that a mirror pair should admit dual special Lagrangian torus fibrations, and the interchange of



geometric structures should be realized by certain Fourier-type transformations. Morally speaking, this means that mirror symmetry is nothing but a Fourier transform.

Our Team



IPMU Interview with JAXA astronaut Naoko Yamazaki

Interviewer: Mihoko Nojiri

Weightlessness was much more fun than expected

Nojiri: Thank you for coming today.*¹ So you stayed up in space for 16 days, starting on April 5. Let's see, where should I start...was space fun?

Yamazaki: Yes, it's fun. Being in a weightlessness was much more fun than I had expected. There is neither up nor down, nor right nor left: you can't trust your ordinary senses in this state. For instance, as soon as I was upside down standing on the ceiling, I felt that the ceiling was a floor for me. My sense of direction had switched on a dime.

Nojiri: The various equipment

had the same orientation though, right?—certain equipment above and certain equipment below?

Yamazaki: Yes, the lights were put on the ceiling. So we could tell up and down from this equipment. But my directional sense became independent of up and down inside the spacecraft. It was an amazing feeling.

Nojiri: How did the stars look?

Yamazaki: Well, Orion and other constellations looked the same as I see them on Earth. But they didn't flash or flicker. They were like clear light dots. The Milky Way also looked as it should be where stars clustered.

Nojiri: And except for those, space must have been really dark, right?

Yamazaki: Yes. How I can say this... It was lightless black, pitch black, I mean, inspired black. Star lights looked more artificial like those seen in a planetarium.

Nojiri: What about the Sun?

Yamazaki: It was really a sharp beam. You can't look straight at the white light.

Nojiri: White? Yes, because

Naoko Yamazaki joined the National Space Development Agency (NASDA) of Japan—now the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)—in 1996. She was selected as an astronaut candidate for the ISS in 1999, and was officially certified as an astronaut in 2001. She became qualified as a Flight Engineer for the Russian spacecraft Soyuz in 2004, and was certified as a Mission Specialist by NASA in 2006. On April 5, 2010 she launched aboard the space shuttle Discovery to the ISS, and returned to Earth on April 20, 2010. She received a Master of Science degree in Aerospace Engineering from the University of Tokyo in 1996.

*¹ This interview was held on November 12, 2010.

it was not absorbed by the atmosphere.

Yamazaki: And its intense heat came through the wall of the spacecraft.

Nojiri: Yes, that side should become hot.

Yamazaki: Yes, I felt really hot on that side. But even with the sunlight in the daytime, outer space was really dark. I was amazed. But, come to think of it, it is a matter of course, because there is no blue sky in space.

Nojiri: Were you struck looking down at Earth—that it should be so huge?

Yamazaki: The Earth had a thin blue shining layer of atmosphere with the backdrop of really dark space. It was miraculously beautiful.

Nojiri: I used to watch the International Space Station (ISS) when the JAXA astronaut Koichi Wakata was on board. I could find the passing light dot in the evenings. If it's in a good orbit, you can see it from beginning to end, but usually it suddenly disappeared in the middle of the sky.

Yamazaki: Even though it was cloudless?

Nojiri: I was wondering why, and suddenly I noticed that the reason was because it came into the shadow of the earth. I was excited about watching it though. It was fun. By the way, I just learned through a newspaper a couple of days ago that you will return to Todai (the University of Tokyo) this December. What exactly are you going to study?

Doing research at Todai while continuing astronaut training

Yamazaki: I'm thinking about taking a Ph.D. course, eventually. For now, I want to study rather broadly, not focusing too much on a specific topic. I will hold the position of Project Academic Support Specialist at Todai.

Nojiri: Is it a preliminary step to taking a Ph.D. course?

Yamazaki: It has been almost 14 years since I graduated, so I want to warm up while I work as a research support member. The lab that I'll join is studying nano-satellites, aiming at utilizing these satellites for such education as to make space more accessible to students. They are also trying to use the data acquired from real satellites for extensive applications. In view of this, I would rather work on a perspective of how we can apply the space systems to education than work on research until formally taking a Ph.D. course.

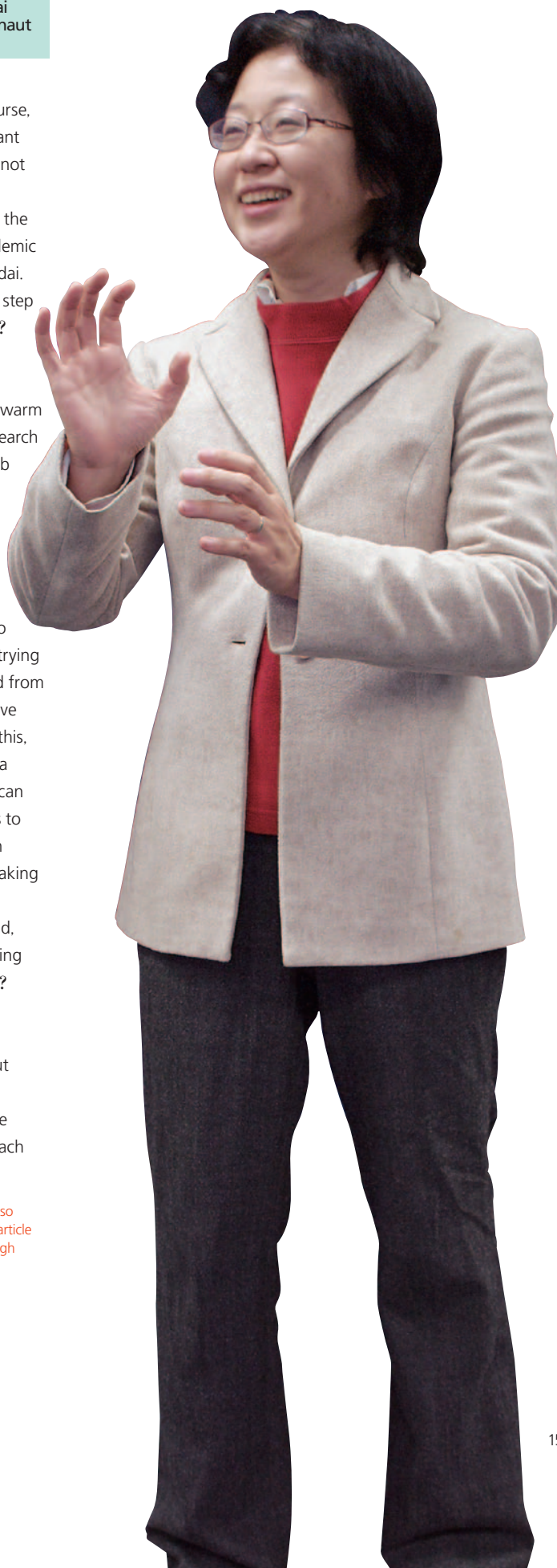
Nojiri: On the other hand, you'll continue undergoing astronaut training, right?

Yamazaki: Yes, indeed.

Nojiri: It sounds tough.

Yamazaki: The astronaut training itself is pretty systematic. Once you are assigned to a mission, each

Mihoko Nojiri is a principal investigator of IPMU. She is also Professor at the Institute of Particle and Nuclear Studies (IPNS), High Energy Accelerator Research Organization (KEK).



training session related to the ISS is firmly scheduled over two and a half years. Until we are assigned an actual space flight, they are more of review sessions on how to maintain and improve our current skills than precise training program. To be more specific, it is about improving communication skills, maintaining physical strength, and periodically brushing up on some technical operational skills like robot arm maneuvers.

Nojiri: Do you receive training in Tsukuba?

Yamazaki: Yes, in Japan it is mainly done at JAXA Tsukuba Space Center.

Nojiri: Do they have a specific environment for it there?

Yamazaki: Yes, there is a full-scale model of the Japanese Experiment Module (JEM) "Kibo (Hope)" at the Tsukuba Space Center where we can undergo various simulation training sessions.

Nojiri: Recently I visited the center to see the burned "Hayabusa" capsule which was on display. They have a big building like a gym there.

Yamazaki: That's exactly the site where we have training.

Nojiri: Do many foreigners also visit there?

Yamazaki: The ISS is run in cooperation with 15 countries. Astronauts from other countries also come to Tsukuba to train to work at the JEM "Kibo," but they usually complete one- or two-week sessions. So, they come there like as a short-term business trip. They do not ordinarily live there.

Nojiri: Are you going to Russia for training as well? Do you think the environment is different from that at NASA?

Yamazaki: Oh, yes. Since we can only go to the ISS either by the US Space Shuttle or by the Russian Soyuz, I trained in Russia as well. I had trained at Star City in Russia for seven months in total. I found many differences in the culture, the way of training, and the lifestyle.

Nojiri: In what way are they different?

Yamazaki: First of all, the language is different. Star City is just under a one-hour drive from Moscow, but they don't speak English at all.

Nojiri: Was the town built for the space mission?

Yamazaki: It was originally a town for military facilities. The whole town is a kind of closed area. There are a couple of

fancy shops, banks, post offices, and so on. So people can have basic necessities inside the

JAXA astronaut Naoko Yamazaki works with the Window Observational Research Facility (WORF) in the Destiny laboratory of the ISS on 10 April, 2010 (courtesy of JAXA/NASA).



city, and it looks like a blocked-up and isolated town. Because of that, people there have stronger bonds within the community. Especially in winter, people always visit each other, and have drinks late into the night. They have very strong interpersonal relationships.

Nojiri: Were Japanese astronauts with them?

Yamazaki: Yes! Once we got to know them, I was surprised that Russian people were more familiar with Japan than we thought. We, on the other hand, were well aware of our lack of knowledge about Russia.

Multi-task daily life, while raising a child

Nojiri: And then you went to NASA to continue the training, right? As a matter of fact, I bought your book*² and read it for this interview. I only knew about you from TV reports or news papers, so I didn't know any meaningful personal stories like those written in this book, like taking your child to daycare, what happened when your child got sick, and so on. Those are really tough experiences. My husband lives away from home for his career, so all these stories in this book reminded me of the days I had to take care of my kids all by myself. For instance, one of my kids threw up on a day when I had to interview

*² *It's gonna be all right! Mom is gonna go to space*, Sunmark Publishing, Inc., Tokyo, 2010

grad school applicants as part of their entrance exam, and so I was in a panic.

Yamazaki: Yes, I understand. Because we cannot predict what will happen every day, we think "Thank God, I could get through today" at the end of day.

Nojiri: Is there any support staff while women astronauts are training? Does NASA arrange that support for their children?

Yamazaki: They support our work operation but not our daily life. As for space shuttle training sessions, they were scheduled at NASA, but I also had to give reports to my affiliation, JAXA, in a timely fashion. Therefore, my work burden was greater than that of other astronauts at NASA, and so a support member from JAXA usually helped me compile those reports or attended the trainings with me which helped him in turn to have various technical experiences.

Nojiri: Who does things like looking for daycare?

Yamazaki: Nobody takes over personal household work, so I had to do it privately, all by myself. But NASA has a "Family Support Office" where they give us appropriate information for our questions or requirements like schools, hospitals, and so on. Also we supported one another among the small Japanese community of fellow astronauts from JAXA who were assigned to Houston and also with resident officers at the JAXA

Houston Office and their families. In addition, the wife of astronaut Erison Onizuka who died in the space shuttle Challenger accident in 1986, is of Japanese ancestry and works at the JAXA Houston Office. She gave great advice to us as a surrogate mother of astronauts. It is a very hard thing to restart your life in a place new to you, but it is especially difficult in a foreign country because there are many problems you can't solve by yourself. I have made it this far because I have had such encouraging support. Also my husband who went back and forth over and over between Japan and the US helped me greatly. We actually had been run off our feet and organized our life.

Nojiri: Are there any other astronauts who have their respective families and work away from home?

Yamazaki: There are about 30 female astronauts in the US and about 10 of them are raising children. But it is really rare to find one with a husband who works outside of Houston or out of Texas. There were only two astronauts, Cady (Catherine Coleman) at NASA and Julie (Julie Payette) from Canada. They had similar circumstances and we always encouraged each other.

Nojiri: You have family, you are going to university, and you have training sessions. It seems to be really tough. Do you think astronauts are good at juggling their limited time?

Yamazaki: Well, I can't say I'm good at it. I'd rather say I have no choice. It is driven by necessity. I'm surviving day by day.

Nojiri: I understand, because so am I...

Yamazaki: But we, astronaut, call those hectic days which we have to juggle, multitasking. In the actual spacecraft we can't concentrate on just one thing. Every few minutes we have to handle various tasks in parallel, like doing this experiment and then taking photos and after a while going back to the work again. Schedules are always switched. In that sense, I think my daily life of raising a child may be a good thing for an astronaut's training.

Nojiri: So, you can't do just one thing all day long.

Yamazaki: Now, there are always about 6 astronauts staying in the space station, and several tens of experiments from participating countries are on going in parallel. In addition, we also operate robot arms, maintain the space station itself, and so on, so that we have to share all of this among the 6 astronauts. It's really hectic.

Nojiri: Wow, I doubt I could do that. I have two kids but I can either bring my work home or do it in my office because I'm doing theoretical studies. I'm not involved as a part of a team project. It seems that teamwork must be an important part of being an astronaut, isn't it?

Yamazaki: Yes, it is. There is hardly any training that we can do alone. There are instructors and facility operators. Sometimes it's a very small team but sometimes it's a huge one with a hundred teammates. Then our schedule is always precisely set and we really have to be at the designated place on time. It can be difficult if you have kids... or if I myself catch a cold. Anyway, we always need to pay careful attention to being there on time. We get support from family or from friends, but when a family member has an accident or we really can't help it...

Nojiri: Do you take a day off?

Yamazaki: The training schedule has time margins set to be up to such conditions, and then they re-arrange it for me.

Nojiri: I see. So they treat it with flexibility when you have a serious problem.

Yamazaki: Yes, we are ready to help each other when we have a problem.

It's challenging, but not impossible

Nojiri: I know many young female researchers who say it is too much to have kids with the busy life that research entails, so they think they cannot get married. Or they start questioning whether they should resign because they are not confident about juggling their research with being mother. I am very much impressed with what you say in this book, that is, having

the attitude of "I'll deal with it" when problem arise, and it works out in the end. I really recommend this book to those researchers.

Sometimes, I say to my young colleagues "why don't you hire babysitters. It's just buying your way out of the problem." But you know, the situation is not so simple. It takes a long time for every mother to overcome ambivalence between positive and negative aspects of hiring babysitters. I could not hire babysitters until my kid was hospitalized. My job is different from yours, so I just need to slow down my work and accept the inevitable. I can't do everything, so I have to improvise. I just reboot my mind to think that slowing down is still worth going forward even a bit. This is the way I've been doing it.

Yamazaki: I understand.

Nojiri: I was really impressed by this book.

Yamazaki: Saying "it's just challenging, nothing is impossible."

Nojiri: Yes, that's certainly in the book.

Yamazaki: I think I often make an acceptable range by myself and try to be within the limits of what is allowed. But when I encounter problems I really need to handle, there are a few ways to solve them like hiring babysitters...

Nojiri: Unlike you, doing a great job, it's more routine things in my case.

Yamazaki: I don't think so. All working mothers have similar

circumstances in their daily life. How old are your kids?

Nojiri: One is in the seventh grade and the other is a high-school freshman. It's much easier now. For the first time, I recently left my kids alone for one night and went on a business trip to Korea. I prepared all meals for the time I was away. They had no problem without me. So I'm going on many overnight domestic trips from now on. (laugh)

Yamazaki: When I was in junior high, my father worked and lived in Hokkaido away from home. My mother sometimes went to Hokkaido. My brother, who was a high school student at that time, and I had to be left home. But our grandma was with us.

Nojiri: I thought you were in Hokkaido with your father.

Yamazaki: Yes, I was there when I was in kindergarten and the first years of elementary school, but when I was in junior high, my father stayed there away from us. At the time, my mother took turns staying about one month here and Hokkaido. At first, I cried because I missed my mom, but by the second time, I was like, "see you, mom!"

Nojiri: Although it seems to be too much trouble at first, once you do it and feel at ease, then you can start to think "I'm OK and so are they." How old is your daughter?

Yamazaki: She is in second grade, so that means she's still willing to be around me.

Nojiri: Will you be in Japan for a while?

Yamazaki: Yes. When we returned from the US to Japan, my daughter had a difficult time saying goodbye to her American friends and was missing America so badly because of the different environment. So did my husband. He had to go back and forth between the US and Japan, but still he had a hard time starting everything over in Japan after living for six years in the US. With our altered environment, it was a stressful time for us and also for our family members as well.

Nojiri: Since you are here, can you go home a bit earlier?

Yamazaki: Yes, sometimes. But I spend a lot of time away on domestic business trips so it's still busy. Actually, JAXA operates a once-a-week basis work-at-home. Although it is only one month trial, I hope it will be institutionalized.

Nojiri: But you have to work even though you are home, right?

Yamazaki: Yes, but I can save commuting time and set my work schedule flexibly. So I would very much appreciate it.

Both space and high-energy experiments facing a problem of becoming long-term

Nojiri: Let's change topics. I'm working in a theoretical field close to high-energy physics experiments. I think both high-energy experiments and space experiments have been getting more and more

long-term projects, and an experiment's project cycle is approaching the same order as a researcher's life cycle. When we accept new students, it has to coincide with the experiment that is just starting; otherwise, they miss essential skills. If we accept one in the middle of an experiment, he or she would be able to acquire only software skills in an extreme case. I think it's also a problem in space development that whole projects become long term.

Yamazaki: Yes, they have increasingly been long term. In the space development, for instance, the Japanese Experiment Module "Kibo" which was delivered to the ISS was a 25-year project starting from its conception and initial designs. Even for satellites, it usually takes five to six years, sometimes over a decade. So even if you join a project in an early stage, there personnel may be reshuffled, and so it's not always true that you can be involved in the same project from the beginning to the end. Researchers are likely to keep doing one project in the same department, but engineers or project members are usually transferred from one department to another every three to four years, in order to gain a range of experiences. Starting members of a project can be reassigned to other projects before completion. On the other hand, new members join the project in progress. A research

project also extends over several years.

Nojiri: High-energy experiments are usually a decade long. My research is closely related to the LHC experiment in Europe. Well let me think... I can't even remember when they started its construction. Hmm, it's such ancient history. (laugh) When I first decided to study LHC physics, they said it would be starting in 2003. Now I recall-it was in 1998. I can tell it because I had my baby that year. A year before, I moved from KEK (High Energy Accelerator Research Organization) to Kyoto University. And then, I heard it would be postponed to 2005---after that, the start date was rescheduled like one-year delay in every other year. Finally it was started in 2008, but as you know, there were serious issues which took an entire year to fix. Finally, it began to turn around this year (2010), but there was a five year delay in getting it off and running since it was supposed to start in 2005. Challenging things don't usually go as planned.

Yamazaki: And so it was for our JEM "Kibo." In 1996, I joined JAXA as an engineer at first. That was before I became an astronaut. When I first joined the "Kibo" development team, the design had been finalized, so we were in the last stage of construction and final testing. I heard it would be launched within the next three years or

so, around the same time as the Tsukuba Express. We were competing with the Tsukuba Express in this sense, but we lost. Last year (2009), “Kibo” was successfully launched and completed at last! Since the ISS project has been jointly operated internationally, a delay by one country has created subsequent delays for the entire project.

Nojiri: So the researchers who were going to do experiments in the “Kibo” needed to accept the situation.

Yamazaki: Yes, the delay in the launch caused delays in experiments, too.

Nojiri: There is also a case of delays caused by those preparing an experiment at the ISS. I know Alfa Magnetic Spectroscopy (AMS) which will be mounted on the ISS is an important experiment, but it caused changes in the ISS operation due to the design modification. It took a longer time than we anticipated.

Yamazaki: Yes, indeed. It was delayed due to the deterioration of Russian economic conditions. Also, its construction was suspended during a three-year hiatus of space shuttle missions following the Columbia accident. It was delayed for various reasons.

Nojiri: I know what you went through when your first mission was changed.

Yamazaki: I was originally scheduled to fly aboard the shuttle after the ISS was built.

Nojiri: Is there still a possibility of continuing with the

experiments at the ISS?

Yamazaki: Yes. We are pursuing ways to keep it in operation until 2015, and ideally extend it to 2020.

Nojiri: Ten more years? ..

Yamazaki: Yes, another decade.

Nojiri: Will it be operated in six-month mission cycles?

Yamazaki: Yes. At first, the JAXA astronaut Koichi Wakata stayed in space for four and a half months. And then, the JAXA astronaut Soichi Noguchi stayed for five and half months during the same period with me. We continue to go back and forth with the Russian Soyuz spacecraft. So far, the astronauts Furukawa and Hoshide are scheduled to have long term missions. Are you involved in the AMS experiment?

Dark matter is mysterious

Nojiri: No, I'm not, but elementary particle research has to do with cosmic-ray physics, for the most part. It is thought that unknown dark matter particles exist. Then, their pair annihilations create high-energy antiprotons and positrons. In cosmic rays, the positron component is less than the electron component, but if a sudden rise of the positron component would be observed, it might be interpreted as a signature of dark matter among other possibilities.

As the AMS is a huge instrument, we hope for its measurements in the higher

energy region. Though the initial design had employed a superconducting magnet, it was changed to employ a permanent magnet at the final stage. Only the space shuttle can deliver an instrument as huge as the AMS to space. We are looking forward to the data from AMS as early as possible. Also, other scientific research satellites are all important for us, particle physicists. We were waiting eagerly for Pamela, Fermi, Planck and other scientific research satellites to launch.

Yamazaki: AMS is launching next year (2011), right?

Nojiri: I'm looking forward to it. I hope it will be set up at the ISS and observation will start soon. It's possible to install a bigger instrument on the ISS. It's different from, and more attractive than, any other satellites. I really hope the AMS project will be continued for at least 10 years, and not just 5 years or so.

Yamazaki: Dark matter is mysterious. Outer space was really dark, it was pitch black. I was looking at the darkness with a curious feeling that various unknown matter exists. I can't understand why dark matter particles collide. It's interesting. Do dark matter particles really collide?

Nojiri: Dark matter particles usually go through even though they encounter some materials. As the solar system rotates at a speed of 230 km/second together with the galaxy, dark matter particles penetrate our body

at a similar speed on the average. But, it is thought that dark matter particles collide with matter particles or dark matter particles and change into known particles, even though such collisions are rare. In the central region of our galaxy, a lot more dark matter particles exist. So, the signal of photons produced from their pair annihilations at the galactic center is promising. If antiprotons are produced, they survive for a long time in the galaxy. So, we will observe their flux accumulated in the galaxy.

Yamazaki: I'm so mystified. Our visible world is only a fraction of the Universe.

Nojiri: I expect that dark matter will be discovered sooner or later. The LHC experiments have to do with dark matter. Collisions of particles produce dark matter particles with a certain probability, though it is small. I'm studying theoretically about the sort of signal we can see when dark matter particles are produced in the LHC experiments. Also, one of the IPMU projects is ongoing underground in the Kamioka Mine to search for collisions of dark matter particles with nuclei. The observation of distant galaxies with the Subaru Telescope is also important. As you come back to Todai, please visit the IPMU, which is on its Kashiwa campus. Thank you very much for sharing your time today.

Yamazaki: Yes, I would like to visit IPMU. Thank you, too.

News

IPMU Suffered No Physical Damages by the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake: Research Activities Face Inconvenience at Present

“The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake” occurred on March 11, 2011, at 14:46 JST, and caused devastating damage to the coast region of the Tohoku and Kanto districts. We would like to express our deepest condolences and sympathies to the families of those who lost their lives, and to those who were affected by this earthquake and tsunami.

We also would like to report that the safety of all the IPMU members, including temporary visitors, was confirmed. Further, the IPMU building suffered no serious damage. We wish to thank those who expressed their concerns to us. However, at present research activities at IPMU have been influenced by various issues caused by the earthquake, such as rolling blackouts and difficulties in the public transportation systems, and seminars as well as workshops have been cancelled or postponed. We sincerely hope the recovery from this tumultuous situation can be executed as rapidly as possible.

Todai Institutes for Advanced Study (TODIAS) Launched and Decided to Bring IPMU under its Umbrella

As President Junichi Hamada remarks (see page 10), the University of Tokyo

marked ensuring academic diversity and pursuit of excellence as one of the priority areas, with the objectives of promoting world-class scientific research, strengthening international public relations efforts to boost the University of Tokyo's global presence as a comprehensive research university, and becoming a world leader in inter-university collaboration and scholarship. As part of the measures that the university is taking to achieve these goals, the Todai Institutes for Advanced Study (TODIAS) was established on January 1st, 2011 as a university-wide organization, and at the first meeting held on January 11th the TODIAS Steering Committee decided to approve the Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (IPMU) as the first entity within TODIAS. This provided IPMU a “citizenship” within Todai, and this is a critical step for IPMU to become a permanent member of the Todai community.

Public Lecture to Inaugurate the Todai Institutes for Advanced Study “Unravelling the Secrets of the Universe”

On March 9, 2011, a public lecture to inaugurate the Todai Institutes for Advanced Study “Unravelling the Secrets of the Universe” was held at the Yasude Auditorium on the Hongo Campus of the University of Tokyo, with a bidirectional simultaneous interpretation service between Japanese and English provided.

After the opening remarks given by Junichi Hamada, President of the University of Tokyo and Sadanori Okamura, Director of TODIAS, and a congratulatory address given by Etsuya Kanamori, Deputy Minister of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, IPMU Director Hitoshi Murayama spoke on “What

is the Universe made of?” and 2004 Nobel Laureate in Physics David J. Gross, Director in Theoretical Physics at the Kavli Institute for Theoretical Physics of the University of California, Santa Barbara gave a lecture on “The Frontiers of Fundamental Physics.” Although it was a weekday afternoon, the lecture was well attended, with nearly 1,000 participants.



Univ. of Tokyo President Hamada, giving an opening remark



TODIAS Director Okamura, introducing the TODIAS's logo.



IPMU Director Murayama, giving a lecture



2004 Nobel Laureate Prof. Gross, giving a lecture

Yoichiro Suzuki and Serguey T. Petcov won the 2010 Bruno Pontecorvo Prize

The prestigious 2010 Bruno Pontecorvo Prize has been awarded to Yoichiro Suzuki, Director of the Kamioka Observatory, ICRR, the

University of Tokyo and Deputy Director of IPMU, for his outstanding contribution to the discovery of atmospheric and solar neutrino oscillations in the Super-Kamiokande experiment, and to Serguey T. Petcov, Professor at SISSA (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati) at Trieste in Italy and Visiting Senior Scientist at IPMU, for his fundamental contribution to the investigation of neutrino propagation in matter, $\mu \rightarrow e + \rightarrow \gamma$ and $\mu \rightarrow 3e$ processes, and Majorana properties of neutrinos.

This Prize was established in 1995 by the Joint Institute for Nuclear Research (JINR) in Dubna, Moscow in commemoration of Bruno Pontecorvo who produced numerous pioneering achievements in neutrino physics.

The award ceremony was held on February 18th, 2011 at JINR.

Seon Chan Park Co-Winner of the 2010 Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics

Seong Chan Park, an IPMU postdoctoral fellow and Kin-ya Oda, Assistant Professor of Osaka University received the 2010 Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics. Their article "Rotating black holes at future colliders: Greybody factors for brane fields" was recognized by the Japanese particle theorist community which selects recipients of this award from its young members (one of the co-authors of the awarded article, Daisuke Ida, is a non-member).

IPMU Director Murayama Won the 2011 Best Paperback Book Grand Prix

IPMU Director Hitoshi Murayama won the 2011 Best Paperback Book Grand Prix awarded by a Japanese publishing company Chuokoron-Shinsha, Inc. His book "What Is the

Universe Made Of? –Solving the Mystery of the Universe with Particle Physics" (in Japanese, Gentosha, Inc., Tokyo) was recognized. It is an easy and enjoyable introduction to particle cosmology, published at the end of September, 2010, with contents ranging from the investigations of fundamental constituents of matter to the attempts to solve mystery of the birth of the Universe (see IPMU NEWS No.12, page 23). The award ceremony was held on March 8th, 2011, and a commemorative lecture was given.



Astronomers Release the Largest Color Image of the Sky Ever Made

At the 217th American Astronomical Society meeting in Seattle, the Sloan Digital Sky Survey-III (SDSS-III) Collaboration, including some IPMU scientists, is releasing the largest digital color image of the sky ever made, and it is free to all. SDSS is a survey program to create a 3-dimensional map of the nearby universe and study the structure and evolution of the universe. This data release will open all imaging data taken over the last decade to the public. SDSS will continue spectroscopic observation to determine distances to individual galaxies over the next four years.

Workshop: Geometry and Analysis of Discriminants

This workshop was held at IPMU on February 7 and 8, 2011. The discriminant of a deformation of some mathematical structure is often a free divisor and contains plenty of

substantial information of the original family (Gauss-Manin system and its Fourier transform, the fundamental group of the compliment and its monodromy representation, etc). It was impressive that several talks in the workshop suggested the important role of the large circle in the fundamental group, which corresponds to the Coxeter element in the classical theory.

IPMU Workshop on Black Holes

The "IPMU Workshop on Black Holes" was held at IPMU from February 21 to 25, 2011. The topic of the meeting was black holes, but very broadly defined, from their astronomical observations to their quantum properties in string theory and loop quantum gravity. The number of participants was limited to 40, in order to have a relatively small number of talks per day and encourage free discussions on possible links between different research fields.

Workshop: Log Hodge Theory and Elliptic Flat Invariants

This workshop was held at IPMU on February 24, 2011.

Future Workshop: Death of Massive stars: Supernovae & Gamma-Ray Burst

The symposium was originally scheduled to be held in Nikko, Japan, from 18 to 22 April, 2011. It was postponed, however, because of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, which occurred on March 11. Further details, including the alternative date, will be announced later.

In this symposium, some 30 speakers will be invited from all over the world, and there will be as many contributed talks and many more

poster presentations. The primary goal of this symposium is to bring together theoretical and observational experts in order to discuss the connection between supernovae and gamma-ray bursts. (This symposium is supported by IAU and JSPS.)

IPMU Seminars

1. "Global Gauge Anomalies in Two Dimensions"
Speaker: Krzysztof Gawedzki (ENS-Lyon)
Date: Dec 01, 2010
2. "Krono-metric model: the low-energy limit of Horava-Lifshitz gravity"
Speaker: Sergey Sibiryakov (Moscow INR)
Date: Dec 02, 2010
3. "Charting the Transient Sky: The Palomar Transient Factory"
Speaker: Robert Quimby (Caltech)
Date: Dec 03, 2010
4. "The Next Generation Transient Facility"
Speaker: Shri Kulkarni (Caltech)
Date: Dec 03, 2010
5. "Quasar Eclipses"
Speaker: Martin Elvis (CfA)
Date: Dec 06, 2010
6. "Toric degeneration and tropical curves"
Speaker: Takeo Nishinou (Tohoku University)
Date: Dec 06, 2010
7. "Clustering of AGNs from the ROSAT All-Sky Survey and Halo Occupation Distribution"
Speaker: Takamitsu Miyaji (UNAM)
Date: Dec 07, 2010
8. "G-structures and calibrations in supergravity and steps towards SUSY breaking on the conifold"
Speaker: Johannes Schmude (IPMU)
Date: Dec 07, 2010
9. "Degeneration of minuscule varieties, quiver toric varieties and mirror symmetry"
Speaker: Alexey Bondal (IPMU/Aberdeen)
Date: Dec 08, 2010
10. "How are Massive Galaxies Built Over Cosmic Time?"
Speaker: Kevin Bundy (UC Berkeley)
Date: Dec 08, 2010
11. "Analysis on Minimal Representations"
Speaker: Toshiyuki Kobayashi (The University of Tokyo)
Date: Dec 09, 2010
12. "Open mirror symmetry for Pfaffian Calabi-Yau manifold"
Speaker: Masahide Shimizu (Hokkaido University)
Date: Dec 09, 2010
13. "Lie group actions on linear categories"
Speaker: Constantin Teleman (UC Berkeley)
Date: Dec 13, 2010
14. "Wave operators and a topological version of Levinson's theorem"
Speaker: Serge Richard (University Lyon, Tsukuba University)
Date: Dec 14, 2010
15. "The structure of 2D semi-simple field theories"
Speaker: Constantin Teleman (UC Berkeley)
Date: Dec 14, 2010
16. "Levitating Dark Matter"
Speaker: Nemanja Kaloper (UC Davis)
Date: Dec 15, 2010
17. "Fate of the False Vacuum Revisited"
Speaker: Shigeki Matsumoto (IPMU)
Date: Dec 16, 2010
18. "Higher spin gauge theory and vector models"
Speaker: Xi Yin (Harvard)
Date: Dec 16, 2010
19. "Distance Precision with Type Ia Supernovae"
Speaker: Gaston Folatelli (IPMU)
Date: Jan 06, 2011
20. "Wall-crossing holomorphic anomaly and mock modularity of multiple M5-branes"
Speaker: Albrecht Klemm (Bonn)
Date: Jan 11, 2011
21. "Another dark component of the Universe"
Speaker: Fuminobu Takahashi (IPMU)
Date: Jan 13, 2011
22. "First Stars and their Local Relics"
Speaker: Andrea Ferrara (Scuola Normale Superiore, Pisa)
Date: Jan 21, 2011
23. "Quantum Hall Effects, $SL(2, Z)$ Symmetry, and Holography"
Speaker: Norihiro Iizuka (CERN)
Date: Jan 21, 2011
24. "Consistent truncations from wrapped branes, and a Lifshitz solution"
Speaker: Oscar Varela (MPG)
Date: Jan 24, 2011
25. "New nonspherical black holes and charged black rings"
Speaker: Maria J Rodriguez (MPI)
Date: Jan 24, 2011
26. "Supermassive Black Holes in Nearby Galaxies: Insights into Accretion and Jet Physics"
Speaker: Luis Ho (Carnegie Observatories)
Date: Jan 24, 2011
27. "Phase Transitions in the $U(1)$ Charged Sector of ABJM Theory"
Speaker: Dongsu Bak (Seoul University)
Date: Jan 25, 2011
28. "Coevolution of Black Holes and Galaxies: Recent Developments"
Speaker: Luis Ho (Carnegie Observatories)
Date: Jan 26, 2011
29. "Witt vectors as a polynomial functor"
Speaker: Dmitry Kaledin (Steklov)
Date: Jan 31, 2011
30. "Comparing Hydrodynamic Models"

- with Observations of Type II Plateau Supervae”
 Speaker: Melina Bersten (IPMU)
 Date: Feb 01, 2011
31. “D-branes Wrapped on Fuzzy del Pezzo Surfaces”
 Speaker: Kazuyuki Furuuchi (NCTS Hsinchu)
 Date: Feb 01, 2011
32. “Quantum Gravity phenomenon: achievements and challenges”
 Speaker: Stefano Liberati (SISSA, Trieste)
 Date: Feb 03, 2011
33. “The SYZ picture of mirror symmetry”
 Speaker: Kwokwai Chan (IPMU)
 Date: Feb 04, 2011
34. “Fluxes and BPS Vortices in ABJM model”
 Speaker: Yoonbai Kim (Sungkyunkwan University)
 Date: Feb 08, 2011
35. “Core-collapse supernovae: Cosmological probes and astrophysical laboratories for stellar evolution and explosion”
 Speaker: Luc Dessart (Laboratoire d’Astrophysique de Marseille)
 Date: Feb 09, 2011
36. “Supernova Explosions inside Carbon-Oxygen Circumstellar Shells”
 Speaker: Elena Sorokina (Sternberg Astronomical Institute)
 Date: Feb 10, 2011
37. “Closing in on Dark Matter”
 Speaker: Carsten Rott (The Ohio State University)
 Date: Feb 15, 2011
38. “Precise Duals in Cosmology”
 Speaker: Daniel Harlow (Stanford University)
 Date: Feb 15, 2011
39. “Search for Walking Technicolor theory using Lattice”
 Speaker: Norikazu Yamada (KEK)
 Date: Feb 17, 2011
40. “The Limits of Reductionism”

- Speaker: Ed Turner (Princeton University)
 Date: Feb 18, 2011
41. “Ruan’s conjecture and integral structures in quantum cohomology”
 Speaker: Hiroshi Iritani (Kyoto University)
 Date: Feb 21, 2011
42. “Long and Longer Baseline Neutrino Oscillations: Searching for Symmetry Violation”
 Speaker: Roger Wendell (Duke University)
 Date: Feb 22, 2011
43. “The Dark Sector vs. Modified Gravity”
 Speaker: Scott Dodelson (Fermilab/ University of Chicago)
 Date: Feb 23, 2011
44. “Panoramic mapping of star formation in and around distant clusters of galaxies”
 Speaker: Yusei Koyama (University of Tokyo)
 Date: Feb 24, 2011
45. “Linear free divisors and quivers”
 Speaker: Michel Granger (l’Universite d’Angers, France)
 Date: Feb 28, 2011
46. “ $6 = 4+2$ ”
 Speaker: Yuji Tachikawa (IPMU)
 Date: Mar 01, 2011
47. “Active galaxies observed with integral field spectroscopy”
 Speaker: Hajime Sugai (Kyoto University)
 Date: Mar 03, 2011
48. “Super-massive Black Holes Across the Cosmic History”
 Speaker: Ezequiel Treister (University of Hawaii)
 Date: Mar 04, 2011
49. “Exact results for ’t Hooft loops in supersymmetric gauge theories”
 Speaker: Takuya Okuda (University of Tokyo)
 Date: Mar 08, 2011
50. “Mirror symmetry and projective

- geometry of Reye congruences”
 Speaker: Shinobu Hosono (University of Tokyo)
 Date: Mar 10, 2011
51. “Motivation and Application of Recent Development in Supersymmetric Gauge Theories”
 Speaker: Kentaro Hori (IPMU)
 Date: Mar 10, 2011

IPMU Komaba Seminar

1. “Mirror symmetry for toric Calabi-Yau manifolds from the SYZ viewpoint”
 Speaker: Kwokwai Chan (IPMU)
 Date: Jan 31, 2011

Personnel Changes

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

IPMU Assistant Professor Fuminobu Takahashi [December 1, 2007 – January 31, 2011] moved to the Graduate School of Science, Tohoku University as an Associate Professor.

IPMU postdoctoral fellow Seong Chan Park [November 1, 2008 – February 21, 2011] moved to Chonnam National University in Korea as an Assistant Professor.

IPMU postdoctoral fellow Keisuke Izumi [April 1, 2009 – March 31, 2011] moved to the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University as a Researcher.

JSPS postdoctoral fellow Issha Kayo [April 1, 2008– March 31, 2011] moved to the Faculty of Science, Toho University as a Researcher.

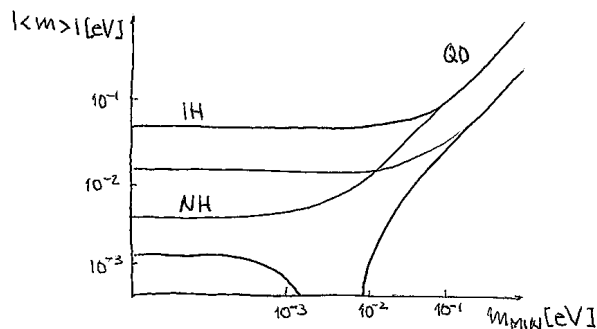
Swiss National Science Foundation postdoctoral fellow Cornelius Schmidt-Colinet stayed at IPMU from November 2, 2009 and January 20, 2011. After a temporary return to Switzerland, he will be hired by IPMU as a postdoctoral fellow.

Majorana Nature of Neutrinos and $(\beta\beta)_{0\nu}$ -Decay

Serguey T. Petcov

Professor of SISSA (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati), Trieste, Italy,
and IPMU Visiting Senior Scientist

A massive neutrino can be a Dirac particle (like the electron and the quarks), possessing distinctive antiparticle, or a Majorana fermion, which is its own antiparticle. Only the electrically neutral fermions (neutrinos, neutralinos, etc.) can be Majorana particles. The smallness of masses of neutrinos can be related to their Majorana nature. The latter manifests itself in the existence of processes in which the lepton charge L changes by 2 units: $\mu^- + (A, Z) \rightarrow e^+ + (A, Z-2)$, etc. The only feasible experiments, having the capability to reveal the possible Majorana nature of neutrinos, are those searching for the process of neutrinoless double beta $((\beta\beta)_{0\nu})$ decay: $(A, Z) \rightarrow (A, Z+2) + e^- + e^-$, where $(A, Z) = {}^{48}\text{Ca}$, ${}^{76}\text{Ge}$, ${}^{82}\text{Se}$, ${}^{100}\text{Mo}$, ${}^{118}\text{Cd}$, ${}^{130}\text{Te}$, ${}^{136}\text{Xe}$, ${}^{150}\text{Nd}$. The searches for $(\beta\beta)_{0\nu}$ -decay are conducted in many laboratories around the world and in Japan. The $(\beta\beta)_{0\nu}$ -decay amplitude depends on the neutrino mixing parameters through the effective Majorana mass $\langle m \rangle$. The figure shows $|\langle m \rangle|$ as a function of the lightest neutrino mass, m_{\min} , assuming 3-neutrino mixing. The regions corresponding to the normal or inverted hierarchical (NH or IH) and quasi-degenerate (QD) types of neutrino mass spectrum are indicated.



$$|\langle m \rangle| = \left| m_1 |U_{e1}|^2 + m_2 |U_{e2}|^2 e^{i\alpha_{21}} + m_3 |U_{e3}|^2 e^{i\alpha_{31}} \right|$$

m_i - Majorana neutrino mass,
 U_{ei} - neutrino mixing matrix element,
 α_{21}, α_{31} - Majorana CP violating phases.

しんせつ もも た ろ う
新説・桃太郎

A New Interpretation of a Japanese Folk Tale Momotaro (The Peach Boy)

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
2010年10月29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。好評を博
しましたので、ここに収録するこ
とにしましたが、実は、もう一つ
の目的があります。この日本語劇
の出演者だけでなく、IPMU の
日本語教室で学んだ、あるいは
これから学ぶ人たちにとって役立
つ教材となることを望んでいます。
そのために、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。

The representation of
“Romaji” adopted here is that
of Japanese language teachers.

*The long vowels /ē/ and /ō/ are
transcribed by adding an い or
an う to an e-vowel or o-vowel
hiragana: e.g., せんせい (sensee).

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

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
29, 2010 at an open house on
the Kashiwa campus of the
University of Tokyo. It won
popularity. This is one reason
why the script is included in this
volume. Also, there is another
reason. It is hoped that this
should be a useful material for
both those who already finished
and those who will take the
IPMU Japanese class. Therefore,
its English translation as well
as its “Romaji” version are also
shown.

キャスト (配役) :

桃太郎 ^{ももたろう} シメオン・ヘラーマン
おじいさん ドメニコ・オルランド
おばあさん スザンネ・レフエアト
犬 ^{いぬ} ヨハンナ・クナップ
サル ウィリアム・クレム
キジ トードル・ミラノフ
赤鬼 ^{あかおに} コーネリアス・シュミ
ット-コリネット
青鬼 ^{あおおに} ミンシン・ホアン
ナレーター ジアユ・タン

ナレーター: ^{むかしむかし} 昔昔、^{ちば} 千葉のあるところにおじいさんとおばあさんが住んでいました。おじいさんは、^{やま} 山に^{しばか} 芝刈りに、おばあさんは、^{かわ} 川に^{せんたく} 洗濯に出かけました。

おばあさん: おじいさん、^き 気をつけて行ってらっしゃい。

おじいさん: おばあさんも、^{せんたく} 洗濯がんばって。すべてころばないようにね。じゅうなんざいもわすれないで。

ナレーター: おばあさんが、^{かわ} 川で^{せんたく} 洗濯をしています。

おばあさん: さあ、これで、ハミングしておしまい。あ、あれは! まあ、おいしそうなちいさい^{もも} 桃。これならおじいさんに^{ないしょ} 内緒で一人^{ひと} でたべてしましましょう。
ああ、おいしい。あ、また、

Nareetaa: Mukashi mukashi,
Chiba no aru tokoro ni ojiisan
to obaasan ga sunde imashita.
Ojiisan wa, yama ni shibakari
ni, obaasan wa kawa ni
sentaku ni dekakemashita.

Obaasan: Ojiisan, ki o tsukete
itte-rasshai.

Ojiisan: Obaasan mo, sentaku,
ganbatte. Subette korobanai
yooni ne. Juunan-zai mo
wasurenaide.

Nareetaa: Obaasan ga, kawa de
senkaku o shite imasu.

Obaasan: Saa, korede, hamingu
shite oshimai. A, arewa! Maa,
oishisoon chiisai momo.
Korenara ojiisan ni naisho de
hitori de tabete shimaimashoo.
Aa, oishii. A, mata, nagarete

The Cast:

Momotaro Simeon Hellerman
Grandpa Domenico Orland
Grandma Susanne Reffert
Dog Johanna Knapp
Monkey William Klemm
Pheasant Todor Milanov
Red ogre Cornelius Schmidt-
Colinet
Blue ogre Minxin Huang
Narrator Jiayu Tang

Narrator: Once upon a time,
there lived a grandma and
grandpa somewhere in Chiba.
The grandpa went to cut the
grass on the mountain, and
the grandma went to do the
laundry in the river.

Grandma: Grandpa, take care.

Grandpa: You, too. Be careful
doing the laundry—don't slip.
By the way, don't forget to
use fabric softener.

Narrator: Grandma is doing the
laundry in the river.

Grandma: All righty then, now
that I've added fabric softener,
I am almost done. Oh dear,
look at that. What a small and
delicious looking peach. I can
eat it all by myself since it's so



ながれて来た。今度は大きいからおじいさんと二人で食べよう。

kita. Kondo wa ookii kara ojiisan to futari de tabeyoo.

small.

Yummy, Yummy! Oh, dear. Another one came. This time, I should share with Grand-pa since it is big enough.

ナレーター：おばあさんは洗濯物も忘れて、桃を持って家に帰りました。家で桃を割ったら中から男の子が出て来ました。二人は男の子を桃太郎と名づけました。桃太郎はすくすくと元気な男の子になりました。勉強もよくでき、とくに物理と数学が得意でした。

Nareetaa: Obaasan wa sentakumono mo wasurete, momo o motte ie ni kaerimashita. Ie de momo o wattara naka kara otokonoko ga dete kimashita. Futari wa otokonoko o Momotaro to nazukemashita. Momotaro wa sukuuku to genkina otokonoko ni narimashita. Benkyoo mo yoku deki, tokuni butsurei to suugaku ga tokui deshita.

Narrator: Grandma forgot her laundry and went home. They split the peach and found that a boy was inside! So, they named him Momotaro (the Peach Boy). Momotaro grew to become a brave smart boy. He was especially good at physics and math.

桃太郎：ええっと、重力の存在と量子力学の不確定性原理は……
そうだ、ひもの理論だ。(手をたたく!) これで時空を11次

Momotaro: Ee-tto, juuryoku no sonzai to ryoushi-rikigaku no fukakuteesee-genri wa…
Sooda, himo no riron da.
(Te o tataku!) Korede jikuu o

Momotaro: Mmmm… the existence of gravity… mmm… the uncertainty principle of quantum mechanics…
Yes! Use string theory.

げん
元^{げん}にできる。

ナレーター：ある日、鬼が島では
鬼が「反物質を作って村人をい
じめている」と連絡が入り、鬼
退治に行くことになりました。

おじいさん、おばあさん：気をつ
けてね。これはせんべつのかき
団子です。

ナレーター：そこに犬、キジ、サ
ルが来ました。

家来：(歌いながら・・・) もも
たろうさん、ももたろうさん、お
こしにつけたきび団子。ひとつ
わたしにくださいな。

桃太郎：(歌って) あげましょう、
あげましょう。これからおにの
せいばつについてゆくならあげま
しょう。ただし、物理か数学が
わかりますか。

サル：私は素粒子物理を勉強して
います。クォーク、レプトン、グ
ルーオンの素粒子がわたしたち
です。わたしたちは素粒子で
きています。わたしたちを知
ると宇宙がわかります。

11-jigen ni dekiru.

Nareetaa: Aruhi, Onigashima
dewa, oni ga "Hanbusshitsu o
tsukutte murabito o ijimeteiru"
to renraku ga hairi, Onitaiji ni
iku koto ni narimashita.

Ojiisan, Obaasan: Kiotsukete
ne. Kore wa, senbetsu no
kibidango desu.

Nareetaa: Sokoni, inu, kiji, saru
ga kimashita.

Kerai: (utai nagara) Momotaro-
san, Momotaro-san, okoshi
ni tsuketa Kibidango, hitotsu
watashi ni kudasai na.

Momotaro: (utatte) Agemashoo,
agemashoo. Korekara oni no
seebatsu ni tsuite yuku nara
agemashoo. Tadashi, butsurei
ka suugaku ga wakarimasu ka.

Saru: Watashi wa soryuushi
butsuri o benkyoo shite imasu.
Kuooku, Reputon, Gruuon
no soryuushi ga watashitachi
desu. Watashitachi wa
soryuushi de dekite imasu.
Watashitachi o shiru to, uchuu
ga wakarimasu.

(Claps his hands) I can change
the number of the space-time
dimensions to eleven……

Narrator: One day, Momotaro
learned that ogres torment
the villagers on the Island
of Ogres, and he aimed to
punish the ogres.

Grandma and Grandpa: Please
take care of yourself. This is a
farewell gift, Kibidango millet
cakes.

Narrator: A dog, a pheasant, and
a monkey pass by.

Dog, Pheasant, and Monkey:
(Singing) Momotaro-san,
Momotaro-san, please give us
a piece of Kibidango.

Momotaro: (Singing) I shall give
you a piece if you come with
me to punish the ogres—and
only if you know physics or
math.

Monkey: I study the theory of
elementary particles. In order
to know the universe, we have
to know ourselves—consisting
of quarks, leptons, gluons and
other particles.



犬：わたしは10次元の中のコンパクトにまとめられた6次元と、残りの4次元、その数学的こうぞうをしらべています。コンパクト化された超弦理論を関係づけるミラー対称性のような双対性を探求しています。

キジ：すばらしい。ぼくの専門は数学です。数学と自然現象の一致に興味を持っています。ぼくは複素幾何と表現論とを用いて、超弦の密度の特徴付けをえようとしています。とてもおもしろいピックです。

桃太郎：すごい。これなら「鬼に

Inu: Watashi wa juujigen no naka no konpakuto ni matomerareta rokujigen to, nokori no yojigen, sono suugaku teki koozoo o shirabete imasu. Konpakutoka sareta choogen riron o kankee zukeru miraa taishoosee no yoo na sootsuisee o tankyuu shite imasu.

Kiji: Subarashii. Boku no senmon wa suugaku desu. Suugaku to shizen genshoo no icchi ni kyoomi o motte imasu. Boku wa fukuso kika to hyoogen ron to o mochiite, choogen no mitsudo no tokuchoozuke o eyoo to shite imasu. Totemo omoshiroi topikku desu.

Momotaro: Sugoi. Korenara "Oni

Dog: My research is to learn about the mathematical structure of the compactified six-dimensions and the remaining four-dimensions, and to explore dualities, such as mirror symmetry, which relate different string compactifications.

Pheasant: Wonderful. My specialty is mathematics. I am interested in the unity of seemingly different areas of mathematics on one side and nature on the other. I use complex geometry and representation theory to obtain a characterization of the string amplitudes. This is really exciting and interesting.

Momotaro: Awesome. That

かなぼう 金棒]、みんなで鬼退治にいき
ましよう。

ぜんいん 全員 : えいえい、お~!

ナレーター: 鬼が島に着きました。
さて、鬼は何をしているのでし
ょう。

あかおに 赤鬼 : また、反物質ができた。こ
れは大きい。とても大きい。こ
れでまた村人をいじめて、食べ
物をとってしまおう。
あおおに 青鬼、さあ、村に行こう。こ
れが、本当の、「鬼に金棒」あ
らため、「鬼に反物質」だ。

あおおに 青鬼 : 親分、そろそろ米がなくな
ってきたから新米を取ってしま
いましょう。

ナレーター: 途中で赤鬼と青鬼は
桃太郎一行と出会います。

あかおに 赤鬼 : おまえは、だれだ!

あおおに 青鬼 : 名をなのれ。

ももたろう 桃太郎 : ははは、知りたいか。知
りたいのなら教えてやろう。
ひとつ、ひとしにさそわれて、
ふたつ、ふるさとあとにして、
みつつ、みんなの宇宙のなぞを
さぐるため、桃から生まれた桃

ni kanaboo,” Minna de oni
taji ni ikimashoo.

Zen-in: Ei ei o~!

Nareetaa: Oni gashima ni
tsukimashita. Sate, oni wa
nani o shite iru no deshoo.

Akaoni: Mata, hanbusshitsu ga
dekita. Kore wa ookii. Totemo
ookii. Korede mata murabito
o ijimete, tabemono o totte
shimao.

Aooni, saa, mura ni ikoo.
Korega, hontoo no, 'Oni ni
kanaboo' aratame, 'Oni ni
hanbusshitsu' da.

Aooni: Oyabun, sorosoro kome
ga nakunatte kita kara,
shinmai o totte shimaimashoo.

Nareetaa: Tochuu de akaoni to
aooni wa Momotaro ikkoo to
deaimasu.

Akaoni: Omae wa dareda!

Aooni: Na o nanore.

Momotaro: Hahaha, shiritai ka.
Shiritai no nara oshiete yaroo.
Hitotsu, Hitoshi ni sasoware te,
Futatsu, furusato ato ni shite.
Mittsu, minna no uchuu no
nazo o saguru tame, momo

would give us a crucial
advantage. Let's go!

All: Hooray!

Narrator: They reached the
island. Well, what are the
ogres doing?

Red ogre: Here, again. I could
make more anti-matter—this
time, really big. I can torment
people and get a lot of food
this time. Blue ogre, let's go
to the village. This time, with
anti-matter, no one can stop
us.

Blue ogre: Hey, boss, we should
get a new rice crop since we
don't have any more.

Narrator: On the way, they meet
Momotaro and his friends.

Red ogre: Who are you?

Blue ogre: Tell us your name.

Momotaro: Hahaha, if you want
to know, I will tell you...
Hitoshi asked me to come
here,
And I left my home,
To search for the origin of the



たろう き
太郎。気はやさしくて、ちから
もち、みんなのアイドル桃太郎。

けらい も
(家来がみんなで盛りたてる)

あかおに
赤鬼：みんな、やっつけろ。

あおおに
青鬼：みんなって、ぼく一人だけ
だけど、ま、いいか。
たたか はんぶっしつ しけんかん お
(戦う。反物質の試験管を落とす)

あおおに
青鬼：あ、反物質が・・・落
ちちゃった。れれれのれ～、何
も起きないや。

あかおに
赤鬼：あれ、おかしいな。確かに、
レシピ本にはエレクトロンとポジ
トロンって書いてあるのに・・・
んんん・・・量を間違えたかな？
変だな。

kara umareta Momotaro. Ki
wa yasashikute, chikara mochi.
Minna no aidoru, Momotaro.

(Kerai ga minna de
moritateru.)

Akaoni: Minna, yattsukero.

Aooni: Minnatte, boku hitori
dake dakedo, ma, iika.
(Tatakau. Hanbusshitsu no
shikenkan o otosu)

Aooni: A, hanbusshitsu ga...
Ochichatta. Rerere no re~,
nanimo okinai ya.

Akaoni: Are, okashii na.
tashika ni, reshipi bon niwa,
erekutoron to pojitoron tte
kaite arunoni...
Nnn, ryoo o machigaeta kana?
Hen da na.

universe,

I am Momotaro, born from
a peach. I am a gentle and
strong man. On top of that, I
am very popular.

(The Dog, Pheasant, and
Monkey cheer for Momotaro.)

Red ogre: Everyone, get rid of
them.

Blue ogre: Well, I am the only
one.
(Fights; drops the container of
anti-matter)

Blue ogre: Oh, Anti-matter...
I spilled it. Oops, nothing is
happening.

Red ogre: Ummm, that is
strange. In the recipe book,
it was surely written to mix
electrons and positrons.
Maybe I didn't add enough
positron... Strange...

桃太郎：いったいどれだけのエレクトロンとポジトロンを混ぜたんだい？ レシピを見せて。

赤鬼：ああ、これなんだけど・・・

桃太郎：みんなも見てくれ。これだとちょっと
(物理、数学的な会話になる)

桃太郎：赤鬼さん、なかなかおもしろいですね。一緒にIPMUで研究を続けませんか？

キジ：これならわたしの研究とリンクしています。

サル：うん、私のもつかえる。

犬：でも、ここの、 $E=mc^2$ というところがちょっと。

ナレーター：こうして桃太郎と犬、サル、キジの家来、赤鬼、青鬼はみんなで柏にあるIPMUで仲良く宇宙の謎を解くために、研究を今も続けているそうです。めでたし、めでたし。あ、それからおじいさんとおばあさんも研究に加わったそうです。

Momotaro: Ittai, doredake no erekutoron to pojitoron o mazetan dai? Reshipi o misete.

Akaoni: Aa, kore nan da kedo...

Momotaro: Minna mo mite kure. Kore dato chotto...
(Butsuri, suugaku teki na kaiwa ni naru)

Momotaro: Akaoni san, nakanaka omoshiroi desune. Isshoni IPMU de kenkyuu o tsuzukemasen ka?

Kiji: Korenara watashi no kenkyuu to rinku shite imasu.

Saru: Un, watashi no nimo tsukaeru.

Inu: Demo, kokono, $E=mc^2$ to iu tokoro ga chotto.

Nareetaa: Kooshite Momotaro to inu, saru, kiji no kerai, akaoni, aooni wa minnade Kashiwa ni aru IPMU de nakayoku uchuu no nazo o toku tameni, kenkyuu o ima mo tuzukete iru soodesu. Medetashi, medetashi. A, sorekara, ojiisan to obaasan mo kenkyuu ni kuwawatta soo desu.

Momotaro: After all, how many electrons and positrons did you mix? Can I see the recipe?

Red ogre: Sure, here it is.

Momotaro: Well, everyone, take a look at that. What do you think about this...?
(Discussion about physics and math)

Momotaro: Mr. Red ogre, this is quite interesting. Would you like to continue working at IPMU with us?

Pheasant: Yeah, I can relate it to my research.

Monkey: Yes, mine, too.

Dog: Well, this ($E=mc^2$) is a little bit...awkward in this situation ...

Narrator: With this, Momotaro, a dog, a pheasant, a monkey, and red and blue ogres all joined the research group at IPMU in Kashiwa in order to determine the origin of the universe. Oh, Grandma and Grandpa also joined the team. Everything ended well and they lived happily ever after.

IPMUが東大の一員になりました!

IPMU 機構長

村山 斉 むらやま・ひとし

3月11日、日本で記録されたことのないマグニチュード9.0の東北関東大地震と、その後の津波、福島第一原子力発電所の危機は大変なショックでした。命を落とされた方々、その家族の皆様にご心よりお悔やみ申し上げます。そして避難所や大きな損害を受けた地域で厳しい暮らしを強いられている方々に心からの励ましの言葉をお送りしたいと存じます。

IPMUでも激しい揺れを経験しました。固定されていない物が床に落ち、電車が完全に止まったため、メンバーの多くが帰宅難民となりました。スタッフは献身的にIPMU研究棟に泊まった人に食べ物を用意したり、海外の家族とコンタクトをとれるように手配しました。幸いなことにIPMUのメンバーは全員無事でした。

一方、明るいニュースがあります。2011年1月1日、東京大学に国際高等研究所（TODIAS）が新たに全学組織として設置され、1月11日、数物連携宇宙研究機構（IPMU）が国際高等研究所の最初の機構として認定されました。これで数物連携宇宙研究機構は東京大学の中に「市民権」を得て、総長の「東大を世界を担う知の拠点へ」のビジョンを実現する一翼を担うよう、宇宙の根源的な謎の研究に一層励む機会を与えられました。そしてIPMUが東京大学の恒久的な研究機構を目指すための大きな一歩を踏み出しました。

数物連携宇宙研究機構は文部科学省の「世界トップレベル研究拠点形成プログラム」（WPI）に採択され、2007年10月1日に発足しました。国から10年間サポートを受け、(1) 世界最高水準の研究水準、(2) 英語を公用語とし、外国人専任研究者を多く採用することによる国際化、(3) 分野融合研究によるブレークスルー、(4) 日本

の大学にいままでなかったような組織を作ることによる研究システム改革を実現して「世界の目に見える研究拠点」を作ること、を要求されています。

発足後は全くのゼロからのスタートで、目が回る勢いで研究者の国際公募・採用、研究計画の設定、研究環境の整備を進めてきました。3年後の今は専任研究者約65名、学生・スタッフを含め総勢約120名の研究機構に成長、専任研究者の外国人比率は約6割です。

しかし、IPMUが長期的に継続していくために必要なリソースを確保するためには、まだまだ努力が必要です。また、文科省、東大、そして皆さん一人一人からいただく積極的なご支援がとても大事です。IPMUを科学者のコミュニティでも一般の人の目で見ても十分に評価される場所まで持っていき、IPMUをなくすことが到底考えられない様な状況にまで持っていく必要があるのです。

遠大なビジョンを持つ濱田総長、機構の設立に深く関わられた岡村所長、そして国際高等研究所の設立を推進された東京大学の全ての皆様に深く感謝します。そして「世界を担う知の拠点」の一翼となるよう努めて参ります。一層のご支援、ご協力、よろしく願いいたします。



宇宙観のパラダイムシフト

トーマス・クーンが提唱したパラダイムシフトとは、科学の発展段階において、それまでの規範・原則が突如としてくずれて劇的に変革を遂げる、というものだ。その最もわかりやすい例が、天動説から地動説への移行だろう。地球が宇宙の中心という考え方から、太陽が中心である、という全くこれまでと異なった考え、新たなパラダイムへの変革が、17世紀、ガリレオ・ガリレイの時代に突如として起こったことはよく知られている。

人類の宇宙観を根本から変えたこのようなパラダイムシフトが、20世紀以降にも、繰り返し起こってきた。また、現在も進行中である。宇宙論と呼ばれる研究分野の進展が、人類の宇宙観を再び大きく揺さぶっているのだ。

天の川は唯一の銀河ではなかった

20世紀初頭には、まだ星雲 (Nebula) と呼ばれるものが天の川に所属しているのか、それとも、天の川と同じような独立した星の集団=島宇宙なのかわかっていなかった。世に名高いシャプレー (H.Shapley) とカーティス (H.Curtis) の二人の討論が国立自然史博物館 (National Museum of Natural History) で行

われたのは、1920年のことである。「世紀の討論 (The Great Debate)」と呼ばれている。そこでは、シャプレーは星雲がすべからく天の川の内部にあるという立場で、一方のカーティスはアンドロメダなどの渦巻星雲 (Spiral Nebula) は天の川の外にあるという立場で討論を行ったのである。

この論争は、1922年にハッブル (E.Hubble) がアンドロメダ星雲までの距離を確定したことで決着を見た。天の川銀河の差し渡しよりもはるかに大きな距離であったことから、アンドロメダ星雲は天の川の外側にあり、独立した星の集団、つまり銀河であるということが明らかになったのだ。討論に破れた側のシャプレーこそ、天の川銀河の大きさを最初に測定した人物であったことは、歴史の皮肉といえよう。

太陽の属する天の川が、宇宙にある多数の銀河の一つに過ぎないことが明らかになったことは、人類の宇宙観のパラダイムシフトと呼べよう。それを導いたハッブルの測定の契機となったのが、リーヴィット (H.Leavitt) による宇宙での距離測定方法の発見だ。ケフェウス型変光星 (Cepheid variables) は、その変光の周期が長いと本当の明るさも明るい、という相関を持つことに気づいたのである。つまり、周期を測定すれば真の明るさがわかるのだ。見かけの明るさの

測定値と真の明るさを比較することで、暗くなり方の程度から距離を決定できる。彼女の発見こそ、科学的研究としての宇宙論の扉を開くものであった。太陽系を超えて、天の川、そして銀河までの距離を測定する方法を人類はついに手に入れたのである。実際にハッブルは、この方法を用いて、アンドロメダ星雲までの距離を測定したのだ。

膨張する宇宙

天の川以外の島宇宙の認識と、ほぼ時を同じくして見出されたのが、膨張をするダイナミックな宇宙像である。ここで登場するのが、スライファー (V. Slipher) だ。彼は、1910年代から20年代にかけて、渦巻星雲 (Spiral Nebula) (渦巻銀河) の分光観測を行い、ほとんどの星雲のスペクトルが赤い側にずれていることを見出した。赤方偏移として知られる現象である。スライファーは、この現象を星雲 (銀河) が我々から高速で遠ざかっていることで生じるドップラー効果によって引き起こされていると考えたが、空間の膨張と結びつけることまではしなかった。

空間が膨張するような宇宙は、1915年にアインシュタインによって発表された一般相対性理論によって初めて可能となる。それまでは絶対的と考えられていた時間・空間の構造が、重力の働きによって変わりうることを示す理論だからである。

一般相対性理論に基づく宇宙論はアインシュタイン自身によって1917年に発表された。しかし、空間は静止しているもの、という先入観に囚われていたアインシュタインは、重力によって空間が時間進化するのを防ぐために、重力と釣り合う斥力の項を自身の基礎方程式に導入した。これが宇宙項である。宇宙項は、反重力として空間を引き延ばす働きをする。空間がダイナミックなものであることが後に明らかになると、アインシュタインはこの宇宙項の導入を後悔し「生涯最大の失敗」(Biggest Blunder of My Life) と述べたと伝えられている。

空間が膨張したり収縮したりする宇宙モデルは、フリードマン (A. Friedmann) によって1922年に提案された。膨張する宇宙モデルでは、スライファーの結果は自然に説明できる。膨らむ風船の表面を我々の宇宙の空間と見立てると、風船が膨らむ、すなわち空間が時々刻々と広がっていれば、どの銀河も互いに遠ざかっていくことが容易に想像されるだろう。また、一般相対性理論では、光が銀河から我々まで伝播する間に、空間とともに光の波長も伸びる、と考えることで、赤方偏移について説明することもできる。

しかし、単に銀河が遠ざかっている、というだけでは、空間の膨張の決定的な証拠にはならない。きちんとした法則に基づいて証明する必要がある。その法則こそ、膨張の速度が距離に比例する、というハッブルの法則である。空間全体が場所や方向によらずに一様

17世紀

17-18世紀

20世紀



ガリレオ・ガリレイ



エドウィン・ハッブル

静的な宇宙



アルベルト・アインシュタイン

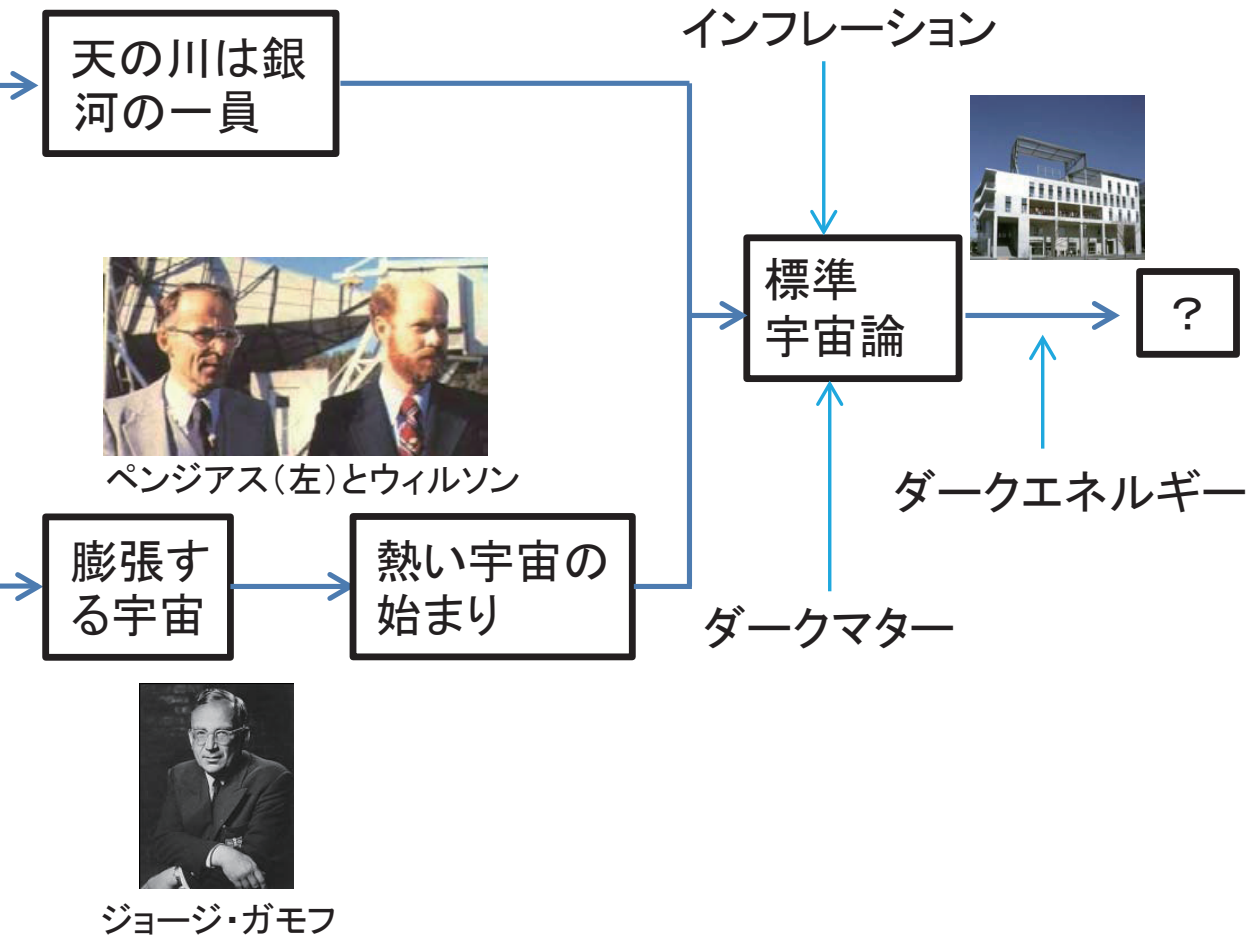
に膨張するものと仮定する。すると、すべての天体の間の距離が等倍されることになる。結果として、距離が大きければ、それに比例して距離の増加分も大きいことになり、距離の増加分に比例する膨張の速度も大きくなるのがわかる。

ハッブルは、リーヴィットの距離決定の方法を用いて銀河までの距離を求め、スライファアのデータと比較することで、膨張の速度が距離に比例することを見出した。1929年のことである。宇宙の空間は、静的なものではなく、ダイナミックに変化するものだった

のだ。

ビッグバン

宇宙には始まりがあり、それは熱く、密度の高い状態であったことが明らかになったのは、1965年のことである。1940年代後半には、ガモフ (G. Gamow) と彼の共同研究者が、元素の起源を説明するために、熱い宇宙の始まりを提唱した。元素の起源、そして宇宙の起源については、この後、ガモフらと、ホイール (F.



Hoyle) らの間で激しい論争が繰り広げられることになる。ホイルは、元素は星の中での核融合反応によって生じたと考えた。また、宇宙については、始まりも終わりもなく、ただ膨張を続けている、という定常宇宙論仮説 (Steady State Cosmology Hypothesis) を提唱したのである。

この論争に決着をつけたのが、ペンジアス (A.Penzias) とウィルソン (R.Wilson) による宇宙マイクロ波背景放射の発見である。熱い宇宙には、温度に応じた光が充ち満ちていたと考えられる。その光は、

膨張にともなって宇宙の温度が低下していても、消え去ることなく残っている。それが宇宙マイクロ波背景放射である。ペンジアスとウィルソンが偶然に発見した電波を温度に換算すると、絶対温度約3Kであった。論争に破れたホイルは、しかし、ビッグバンの名付け親ということで、一般に記憶されることとなったのは、これもまた歴史の皮肉であろう。ラジオ番組で、ガモフの理論をからかって、「大爆発=ビッグバン」と呼んだのこそ誰であろうホイルであったのだ。一方で、元素の起源については、水素、ヘリウムはビッグバン

で作られ、一方、重い元素は星で作られる、ということがわかり、ガモフもホイルも正しかったことが後に明らかになった。

標準宇宙論パラダイムのほころび

20世紀に確立した新たな宇宙論のパラダイム、膨張する宇宙、熱い宇宙の始まり、そして、宇宙に満ちあふれる銀河という描像が、標準宇宙論を導いた。しかし、20世紀も後半になってくると、標準宇宙論にもまたほころびが目立ち始める。

ビッグバンの困難を解決し、現在宇宙に見られる多様な構造の種を生み出す機構として提案されたのが、宇宙初期の急膨張、インフレーションである。真空が莫大なエネルギーを持ち、空間を急膨張させ、真空の量子的な揺らぎを物質密度の揺らぎに転換させたのがインフレーションだ。膨張によって、宇宙はいったんほぼ空っぽになり、その後、真空のエネルギーが熱や粒子に転化してビッグバンが開始された。1992年、COBE衛星による宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎが発見され、その揺らぎの空間パターンがインフレーションの予想するものとほとんどぴったりと一致したことから、現在ではインフレーションは、標準宇宙論に組み込まれた一つのピースとなっているといっても過言ではない。

ダークマターもまた、標準宇宙論に組み込まれた

ピースである。ダークマターは、1930年代にツビッキーによって「発見」された。彼は、銀河団に所属する銀河の固有運動を調べ、見えている物質の作る重力では、銀河を銀河団にとどめておくことができないことを見出したのである。とどめておくためには、大量の見えない物質＝ダークマターの存在が必要となるのだ。その後、銀河の回転曲線や重力レンズといった方法によって、ダークマターの存在はほとんど揺るぎないものとなっている。未だ、正体は不明であり、現在、ダークマターの候補となる未知の素粒子の探査が盛んに行われている。例えば、IPMUも、神岡鉱山でXmassという直接探査実験を推進している。また、スイス・フランス国境で稼働しているLHCでは、ダークマター候補となる素粒子を作り出そうとしている。

標準宇宙論パラダイムを、ことによると瓦解させてしまうかもしれない最も危険なほころびこそ、ダークエネルギーである。ダークエネルギーは遠方の超新星の探査によって、1998年に「発見」された。超新星（とくにIa型と呼ばれるタイプ）は、その減光の時間変化から、真の明るさを知ることができる。これを見かけの明るさと比較することで、遠方の宇宙までの距離を測定できるのだ。距離が求めれば、赤方偏移と距離の関係から、遠方での宇宙の膨張速度を決定できる。調べてみると、遠方、すなわち過去の宇宙では、現在よりも膨張の速度が遅かったのである。これは膨張が加速していることを意味する。

膨張の加速は、とてつもなく奇妙な現象である。通常の重力は引力しか及ぼさないために、膨張速度を遅くする働きのみをするからである。加速するためには、何らかの斥力、つまり反重力を及ぼす存在が必要となる。すぐに思いつくのが、アインシュタインの宇宙項だ。また、インフレーションを引き起こした真空のエネルギーも、有力な候補である。そこで、宇宙を加速させる未知のエネルギーのことをダークエネルギーと呼ぶようになった。しかし、これは名前をつけただけのことであって、実際の正体は全く持って不明である。ダークマターと違って、ダークエネルギーは非常に希薄に宇宙全体に拡がっているために、直接検出はほぼ不可能である。現在のところ、ダークエネルギーに迫る唯一の可能性は、宇宙の膨張速度の詳細測定だ。赤方偏移の関数として、膨張速度がどのように時間変化しているのかを決定できれば、ダークエネルギーの時間進化や物理的性質の一端を知ることができる。そのために、超新星や銀河などの大規模な探査計画が立案、実行されている。

銀河を用いてダークエネルギーを測定するには二つの方法がある。まず、遠方の銀河が被る重力レンズ効果を用いる方法である。この重力レンズ効果は、途中のダークマターが作る構造によって引き起こされる。構造がどれだけ育っているかによって、効果の大きさが異なる。一方で、ダークエネルギーは空間を加速させる斥力として働くため、その量が多くなると、

構造が重力によって集まってくるのを阻害する。構造が育ちにくくなるのである。構造の育ち方で、ダークエネルギーの時間進化を求めることが可能となるのだ。もう一つの方法が、バリオン音響振動 (Baryon Acoustic Oscillation) という効果を用いる方法である。銀河の分布には、初期宇宙での音響振動に起因する特別なサイズの構造が存在している。このサイズの物理的な長さは、理論的に予想できる。一方、観測される見かけの長さは、途中の空間を支配しているダークエネルギーの量によって変化する。つまり、遠方にあるこの構造を測定することで、ダークエネルギーの量が決定できる、というわけである。

IPMUでも、すばる望遠鏡と組んでダークエネルギーの探査をすすめている。まず、2011年度中には稼働をはじめる超広視野カメラHSCを用いて、遠方の銀河が被る重力レンズ効果の測定を行う。次に、次世代多天体分光器PFSによって、バリオン音響振動を測定し、さらに詳細にダークエネルギーの情報を得るための計画を立案中である。

果たして、ダークエネルギーは標準宇宙論にはめ込むことのできる一つのピースに過ぎないののだろうか。それとも、ここまで100年をかけて培ってきた標準宇宙論を覆し、全く新たなパラダイムへのシフトを促す先兵なのだろうか。その答えを探し求めることごと、IPMUの大きな使命といえよう。



濱田 純一 (はまだ・じゅんいち)

東京大学総長

時代は今、大きな変化の時を迎えています。それに対して、大学や学問は、変化をよりよい方向にリードしていく、重要な役割を果たすことを求められています。東京大学では、こうした社会からの期待に応えるべく、『東京大学の行動シナリオ-FOREST2015-』を作成し、昨年4月からスタートさせました。

この中では、重点的に取り組むべきテーマの一つとして「学術の多様性の確保と卓越性の追求」を挙げ、「世界最高水準の卓越した研究を遂行する」、「国際発進力を強化し、総合研究大学としての国際的プレゼンスを高め、大学間連携や学術を先導する」ことなどを達成目標として設定しています。

これらの目標を達成するための具体的取組の一つとして、このたび、「東京大学国際高等研究所」を新たな全学組織として設置しました。同研究所には、「世界を担う知の拠点」たるにふさわしい研究機構を置き、東京大学全体の学術の卓越性の向上及び国際化を強力に推進することとしております。

東京大学では、新たに設置した国際高等研究所の活動を含め、日本の未来、世界の未来に対する公共的な責任を果たして参る所存です。皆様方には、東京大学の学術研究にいっそうのご理解とご支援を賜りますよう、この機に改めてお願い申し上げます。 (2011. 1. 1)



岡村 定矩 (おかむら・さだのり)

東京大学国際高等研究所長

このたび、濱田総長より、新たな全学組織として設置された東京大学国際高等研究所長に指名され、責任の重さに身の引き締まる思いです。

本研究所の略称は、TODIAS としました。これは、英文名称であるTODAI Institutes for Advanced Studyを略したのですが、TO DIAS と分割するとすばらしい意味を持ちます。DIASは、ギリシャ語ではオリンポス十二神の主神であるゼウスの別名、スペイン語では「日、毎日」という意味であり、TO DIAS は「神へ」あるいは「良き日々のために」となります。世界レベルで新たな学術を創成し、人類の文化・生活の向上に貢献するという、本研究所の理念にぴったりの略称です。本研究所のロゴマークには、正式名称を伴うものと、マークと略称だけのものという二つのバージョンがありますが、いずれも、東大のシンボル「銀杏の葉」をモチーフに、曲線のおだやかな字体を組み合わせることで、開かれた印象をつくりだしています。マークと略称だけのものは、銀杏の葉が文字のDを縫うように貫通して力強い活力を感じさせます。

TODIASには、(1) 世界トップレベルの研究拠点として公的機関や研究者コミュニティ等に評価されていること、(2) 運営を賄うに十分な外部資金を獲得していること、および (3) 国際的な研究環境を構築していることの三つの要件を満たす研究機構を置き、人事・給与等の学内ル

ールを緩和することなどにより、その活動を強力に推進することとしています。

2011年1月11日に開催されたTODIASの第1回運営委員会において、これらの要件を全て満たす研究機構として、「数物連携宇宙研究機構 (IPMU)」が適当であるとの意見がとりまとめられ、これを踏まえ、TODIASに置く研究機構の第一号として、同機構を決定しました。同機構は、文部科学省の「世界トップレベル研究拠点形成プログラム」への採択を契機に2007年10月に発足しました。そこでは数学者と物理学者と天文学者が協力して、人類が数千年にわたって考えてきた根源的な宇宙の謎に挑んでおります。発足以来、村山斉機構長の卓越したリーダーシップの下で着実に成長し、現在では専任研究者の約6割の外国人研究者を擁し、当該分野の世界の研究者コミュニティに広く認知され、まさに「世界を担う知の拠点」の一つとなっております。

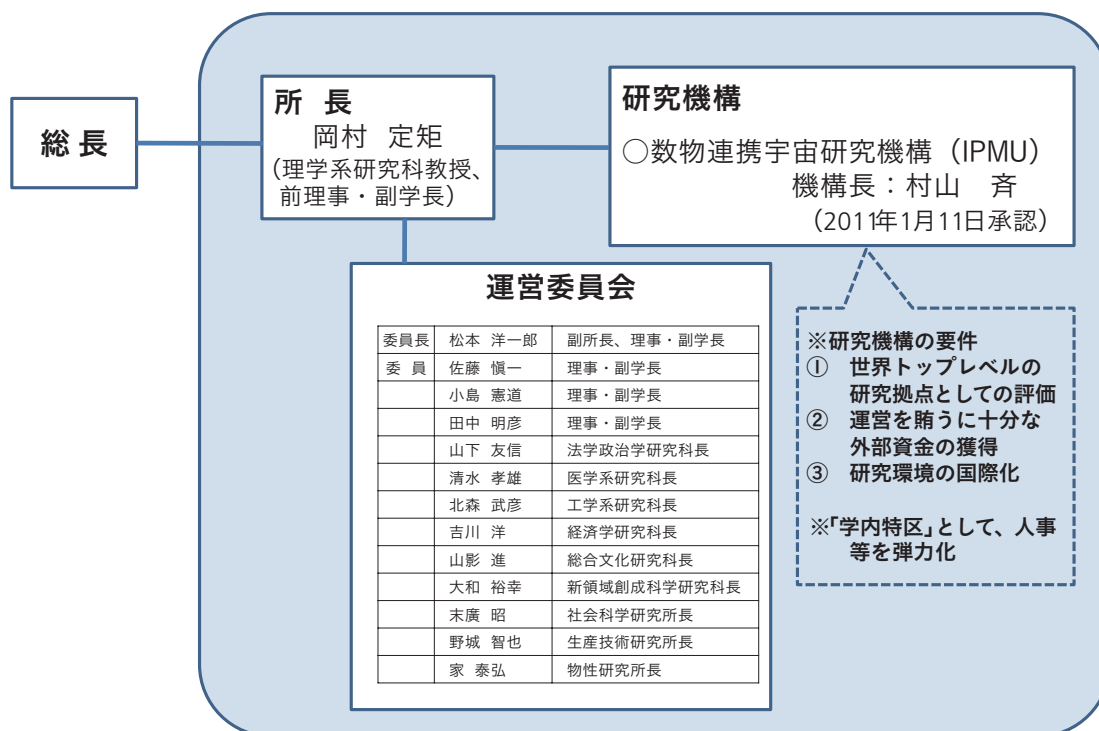
TODIASは、IPMUがより安定的な体制の下で迅速かつ柔軟に、これまでもまして活発な研究活動を展開できるよう支援するとともに、第二、第三と引き続き研究機構を設置することにより、東京大学全体の学術の卓越性の向上及び国際化を先導してゆきたいと考えています。

(2011. 3. 9)

東京大学国際高等研究所のロゴと組織図



東京大学国際高等研究所 (2011年1月1日設立)



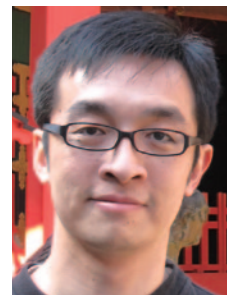
Our Team

陳國威

チャン・クオワイ 専門分野: 数学

博士研究員

ミラー対称性は弦理論の研究者により20年以上前に発見されたものです。数学的には、ある空間のシンプレクティック幾何学および複素幾何学が、別の空間の複素幾何学およびシンプレクティック幾何学と、それぞれ等価であることを予言しています。この場合、これらの二つの空間はミラー対を成していると言われます。私はこれまで主としてStrominger-Yau-Zaslow (SYZ) 予想に関わる研究を行ってきました。SYZ予想とは、ミラー対は双対な特異ラグランジュトーラスファイバー空間の構造を許すこと、および幾何学的構造



の入れ替えはあるフーリエ型の変換により実現されることを主張するものです。これは、事実上、ミラー対称性がフーリエ変換に他ならないことを意味します。

Our Team



IPMU Interview

山崎直子宇宙飛行士に聞く

聞き手：野尻美保子

思っていた以上に楽しかった無重力の世界

野尻 よろしくお願ひします。山崎さんは今年4月5日から宇宙に16日間滞在^{*1}されてきたわけですが、何から伺おうかしら、宇宙は楽しいですか？

山崎 楽しいです。無重力の世界で、思っていた以上に楽しいんです。上も下もちろん、右も左もない世界で、常識が通じないのですよね。

例えば、天井を足につけて逆立ちの状態になっても、すぐそこが、自分の立っているところが床だって思えるんです。ぱっぱって、切り替わるんですよ。

野尻 でも、いろいろな器具は、どっかが上でどっかが下みたいに配置されているわけですよね。

山崎 そうですね、一応、灯りは天井の方であって、機器の配置は上下がわかるようになっていますが、感覚は、空間の上下

山崎直子さんは1999年にISSに搭乗する宇宙飛行士候補者として選定され、2001年に宇宙飛行士として正式に認定されました。2004年にロシアのソユーズ宇宙船フライトエンジニアの資格取得、2006年にNASAからミッションスペシャリスト（MS:搭乗運用技術者）として認定され、2010年4月5日にスペースシャトル・ディスカバリーに搭乗してISSに滞在し、4月20日に帰還しました。1996年に東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻修士課程修了、同年宇宙開発事業団（現JAXA）入社。

とは関係なくなるんですね。だから不思議だなあと思ひます。

野尻 星はどんな風に見えます。

山崎 オリオン座とか、星座の形は同じように見えました。でも、ちらちらしない、瞬かないですね。もう、澄んだ点のような光で。天の川も、ちゃんと天の川のように見えましたね。星が集まっているところは。

野尻 で、あとは全部真っ暗のはずですよね。

山崎 そうです。なんていうか……本当、光のない黒、真っ暗、吸い込まれそうな黒なんです。プラネタリウムではないですが、そんな感じの人工的な光に見えます。

野尻 太陽は？

山崎 太陽は、凄ひ強烈な光なんです。直視できないくらいひ白い光。

野尻 白ですか。大気ひ吸収がないからですね。

山崎 真っ白な光で、その強烈な熱が、宇宙船の壁を通してでも来るんです。

野尻 熱くなりますよね、そっち側は。

山崎 体も熱くなりますね。ただ、太陽が出ている昼間でも、宇宙空間は真っ黒なんひですね。それが私にはびっくり。言われてみれば当然なんひですけど、空がないひので。

^{*1}インタビューは2010年11月12日に行われました。

野尻 やっぱり地球が大きいから、地球の方を見てそういう感じを受けるのでしょうか。

山崎 地球は真っ暗な背景に、薄い大気の層が青く輝いて、奇跡のようにきれいです。

野尻 若田さんが乗ってられたときに、よく国際宇宙ステーション (ISS) 見ました。夕方に見たんですが、すーっと動く光の点です。軌道が良いときだと最初から最後まで見えるんですけど、普通は空の途中の所で突然見えなくなる。

山崎 雲がないのに、ですね？

野尻 なんで消えたんだろうとしばらく考えて。あ、地球の陰に入ったのだから、それは消えるはずだよなって、結構興奮して見てました。あれはいいものです。ところで、12月から大学に戻られるっていうことを数日前に新聞記事で拝見しました。具体的にどういう研究をされる予定ですか。

宇宙飛行士の訓練を続けつつ、東大で研究員に

山崎 いずれは博士課程に入学したいと思っています。今は、学術支援専門職員として、テーマをあまり絞らずに幅広く。

野尻 博士課程に入学される前段階としてですか。

山崎 大学を離れてから14年くらいになりますので、まずは研究員としてリハビリもしつつ、感覚を取り戻したいと思えます。特に、今度行く研究室が超小型衛星をやっていて、人工衛星を使ってもっと宇宙を身近なものにしていく教育と、実際の人工衛星から取ったデータを幅広く活用しようということをしているので、博士課程に入るまでの間は研究と言うよりも、むしろ宇宙機のシステムをどういう形で教育分野に利用できる

かという視点でやっていきたいと思っています。

野尻 一方で宇宙飛行士の訓練も続けられるのですか。

山崎 はい、そうなんです。

野尻 大変ですね。

山崎 宇宙飛行士の訓練自体は、かなり系統立っているんです。実際にミッションにアサインされると、約2年半かけてISSに関する訓練課程がきっちりとカリキュラムされます。しかし、宇宙飛行に実際にアサインされるまでの間というのは、きっちとした訓練課程というより、いかに今までのスキルを維持し、向上させるか、復習という形が多いのです。具体的には語学をしたり、体力の維持をしたり、定期的にロボットアームだとか、運用の技術的なスキルを復習したりするということです。

野尻 それはつくばですのですか。

山崎 日本では主に筑波宇宙センターです。

野尻 そのための環境があるんですね。

山崎 はい。筑波宇宙センターには日本の実験棟、「きぼう」の実物大模型があって様々なシミュレーション訓練ができるようになっています。

野尻 この間、真っ黒に焦げた「はやぶさ」のカプセルを展示していて、見に行きました。大きな体育館みたいなのもありました。

山崎 まさにあの敷地内で私たちも訓練をしています。

野尻美保子さんはIPMUの主任研究員の一人で、また高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所の教授を務めています。



野尻 そこに外国人も来ていらっしゃるのでしょうか。

山崎 ISSは15カ国が協力しています。他の国の宇宙飛行士も日本の実験棟、「きぼう」の訓練を受けにつくばに来ます。1週間、2週間の単位で出張という短期のケースが多いので、日本で生活するというではありません。

野尻 今後は、ロシアにも訓練に行くのですか。NASAですると、すごく環境も変わってくるのではないですか？

山崎 そうですね。今まででもISSにはアメリカのスペースシャトルかロシアのソユーズのどちらかで行くので、ロシアでも訓練しました。私も合計7ヶ月、ロシアの星の街で訓練しましたが、やはり文化も、訓練の仕方、生活の仕方、全然違いましたね。

野尻 どんなところが違うのですか。

山崎 まず言葉が違います。星の街はモスクワから車で1時間弱くらい場所ですが、街中では英語は全く通じません。

野尻 それは、スペースミッションのための街ですか。

山崎 もともと軍の施設だった街なんですね。その街は結構閉ざされた空間で、中にはちょっとしたお店もあるし銀行もあるし郵便局もあるし、だからそこで一通りは生活できるようになっていて、いわば封鎖されたような、隔離されたような街だったんです。その分、中での人付き合いはとても深く、特に冬の寒い時はお互いの家を行き来して、それこそ夜更けまで飲み明かすような、そういう、人間関係は濃い場所でした。

野尻 日本人の宇宙飛行士も一

緒にですか。

山崎 そうなんです。付きあってみると、私たちが思っている以上にロシアでは日本のことを知っていて、びっくりしましたね。逆に私たちがいかにロシアのことを知らないか思い知らされたような気がしました。

子供を育てながら-マルチタスクの日常

野尻 それからNASAに行ったら訓練されたわけですね。実は、インタビューするので、山崎さんの本^{*2}を買って読んでみました。私、今まで報道でしか見ていませんでしたが、そこでは本に書かれてるようなことは出てきませんでした。子供を保育園に送っていったりとか、子供が病気になる時の話とか、、、大変ですよ。私も主人が単身赴任してるものですから、あー、そうそう、私もそうだったと。大学院入試の面接をするという日に子供がうわーと吐いて、ああ、どうしようどうしようとおろおろしたことを思い出しました。

山崎 そうですよ。本当に、毎日なにかあるかわからないので、一日が終わると、「ああ、今日も一日無事に過ごせて」と、それだけでありがたい感じがしますね。

野尻 訓練の時に、サポートする方がいらっしゃるわけですよ。子供のいるお母さんには、必要なアレンジをしてくれるのですか？

山崎 サポートというのは業務のサポートで、生活のサポートではありません。スペースシャトルの場合は、訓練は米国のNASAでやるんですけど、適

宜、私の所属機関である日本のJAXAに報告しなければなりません。従って、他のNASAの宇宙飛行士よりも作業負荷が多くなってしまうので、JAXAのサポートの人が報告書をまとめるのを手伝ってくれたり、あるいは一緒に訓練に立ち会って、彼自身も色々な技術的蓄積をしたりする、というような形で行われます。

野尻 では、保育園を見つるとか、そういうことは？

山崎 家庭のことは誰が肩代わりしてくれるわけでもないものですから、それはもう私自身が家庭内でやらなければいけないことでした。とはいっても、NASAの中にはファミリーサポートオフィスという所がありまして、なにか困ったことがあって相談しに行くと、それこそ学校のことでいいんですけど、こういう学校があるよとか、病院はと聞くと、こういう病院があるよとか、色々な情報を教えてくれたりしました。あとはJAXAの中でも、ヒューストンに赴任している宇宙飛行士の仲間もいますし、それ以外にも海外駐在員として来られている方も居るので、その小さな組織の中で自分たちでサポートし合いながら、ということも多かったですね。あるいは、1986年にスペースシャトルのチャレンジャー号の事故でなくなったエリソン・オニヅカ飛行士の奥様が日系人の方なんですが、ヒューストンのJAXAの事務所で働いていて、宇宙飛行士の母として私たちの色々なことをアドバイスしてくれました。全く一人で未知の所に行って、一から生活を立ち上げてというと、やはりとても大変で、特に国をまたぐとどうしても本人だけで出来ないことも多いので、そういう

^{*2}『何とかなるさ！ ママは宇宙へ行ってきます』（サンマーク出版、2010年）。



「デスティニー」(米国実験棟)内で観測用ラックの作業を行う山崎宇宙飛行士。2010年4月10日(飛行6日目)撮影。(提供: JAXA、出典: NASA)。

人達のサポートを心強く受けて、日米を何度も往復してくれた夫に助けをもらいつつ、自分たちで実際に走り回って、生活の一つ一つ立てていったという感じです。

野尻 他にも小さなお子さんがいらっしゃる宇宙飛行士で、単身赴任の形で来られる方はいらっしゃいますか？

山崎 アメリカの中でも女性の宇宙飛行士は30人くらい、そのうちの10人くらいは子供を育てながらという人ですけれども、旦那さんがヒューストン、テキサス州以外のところで働いてという人はいるようではありませんね。NASAのケイディーさん（Catherine Coleman）、カナダ人のジュリーさん（Julie Payette）が唯一境遇が近く、彼女たちとはよく励まし合いながらやっていました。

野尻 家庭があり、これから大学にも行って、訓練もして、大変ですね。そういう時間を切り分けていくのは、宇宙飛行士の方は皆さん得意ですか？

山崎 得意というより、必要に迫られてやらざるを得ないというのが現実で、実際にはその日暮らしですね。もう……

野尻 いや、わかります。私もそうなので。

山崎 ただね、逆に日々そういう形でやりくりするのは私たちの専門用語でマルチタスクと呼んでいます。実際の宇宙船の中の仕事でも一つのことに集中できないのです。数分単位で、これをやったら、次この実験のことをやって、次、ロボットアームやって、次、写真撮影をしてとか、また、しばらく経つと前にやっていた仕事に戻ってとか、スケジュールがばっばっばと切り替わって、色々なことを同時並行でやらなければいけ

ません。そういう意味では良い訓練になっているのかな、なんて思いますね。

野尻 今日はこれを一日中やるんだというわけではないのですね。

山崎 というのも、今、宇宙ステーションには大体6人が常に滞在していますけれども、各国の実験数十個がパラレルで走っていて、しかも実験だけでなく、たまにはロボットアームを操作したり、宇宙ステーション自体のメンテナンスをしないといけないしというように、色々な作業を6人で分担するので、結構忙しい感じなんです。

野尻 私はそんなこと出来るかなあ。私は子供が二人だけけど、理論研究だから全部家に持ち込んででもいいし、職場に行ってもいいし、人とチームを組んでるわけでもない。宇宙飛行士だとチームワークが大事なんです。

山崎 そうなんです。大体、訓練にしても一人でやる訓練ってほとんどありません。必ず先生がいて、設備を動かしてくれる人がいて、少ないチームもあれば百人くらいの大がかりなチームもあるので、必ず、毎日、何

時何分と決められた時間に、次、ここに行つてと、もう、何があっても行かないといけないうことが多くあります。ですから、そういう意味だと、それこそ子供がいると……あるいは、自分自身が風邪を引いてどうしようっていうとき。とにかく、何時何分にどこにいかなきゃいけないってのを守るということには気を遣います。極力、家族や知人で支えあうのですが、家族が事故にあったとか、本当にどうしようもないときは……

野尻 休みますか？

山崎 訓練スケジュールは、そういう状況に対応できるように予めマージンを設けてあって、スケジュールを組み替えてくれるんです。

野尻 なるほど、じゃあ本当に困ったときは変えてくれる。

山崎 もうそれは、どうしようもないときはお互い様ということで支えあっています。

チャレンジングでもインボシブルではない

野尻 私の知ってる若い女性でも、今は研究、研究だから子供は無理で、結婚は無理だよっていう人や、お母さんと仕事で両

立できるか分からないからやっぱり辞めてしまおうかって、すごく悩める人達があります。この本に書いてある、とにかくなんとかしよう、で、やってたらなんとかなるっていうのは、これは私とても共感します。もっと女性の方に読んでもらいたいと思いました。

結構みんなに、職場の若い方の子供が病気になったりしたときに、ベビーシッター頼めばいいんじゃない、頼んでお金払ったら解決するじゃないって言うんです。でも、母親はその壁が越えられない時期があって、すごく悩んでですね。私自身も子供が入院するまではベビーシッター頼んだこと無かったんですけど。

あと、山崎さんの仕事とは違って、私の場合ペースダウンするんです。こっちは諦めて、もうこれとこれは、適当って言うのかな、速度ダウンしてでもいいから、ちょっとでも前に進んだらいいじゃないかって、気持ちを切り替える時があって、その繰り返しで、今までやってきました。

山崎 わかりますね。

野尻 読んで、すてきな本だ



「きぼう」日本実験棟船内実験室でテレビ会議をするSTS-131クルー（中央上が山崎直子宇宙飛行士）。飛行7日目撮影（提供：JAXA、出典：NASA）。



なって思いました。

山崎 チャレンジだけけど決してインポシブルではないと。

野尻 そうそう、そう書いてあって。

山崎 そうですね、どこかで、自分でここでよし、ここまでとか制限をかけていることが多いのですが、本当に本当にそれをやりたいとか、やらなければいけないと思うときには、ベビーシッターにしてもなんにしても道は色々ありますね。

野尻 山崎さんみたいにすごいことされて人と違って、私の場合は日常的なことですけれど。

山崎 でも同じです、日々の生活は。本当に。お子様はおいくつですか。

野尻 中学一年と高校一年です。ずいぶん楽になりました。この間、初めて子供達を家に残して、一晩、あんたがたで勝手にしなさいと韓国に出張しました。ご飯は全部作っておいたかな。これで行って帰ってきて無事だったから、この次からは一泊の国内出張、たくさん行こうと思ってます。(笑い)

山崎 私は、自分が中学生の時に、父が北海道に単身赴任していたんです。で、母がよく北海道に行っていました。そうすると、その当時高校生だった兄と中学生だった私でお留守番して

ることも多かったのです。まあ、祖母がいたんですけれど。

野尻 一緒に北海道に住んでおられたのではなかったのですか。

山崎 私が幼稚園から小学校低学年の時は家族で行ってたんですが、中学に入った時は父が単身赴任だったんですね。そのときは母が約1ヶ月交代で北海道に行っていたので、最初は、母がいなくて寂しいって泣いたこともありましたが、2回目くらいになると、もう、「行ってきてねー」って感じでした。

野尻 最初は無理だと思っただけで、一回やって大丈夫だったから、もう大丈夫みたいなことですね。山崎さんは、お子さんおいくつですか。

山崎 いま、娘は小学校二年なので、まだそういう意味では一緒にいたがる年頃です。

野尻 しばらくは日本ですね。

山崎 はい。アメリカから日本に戻るときも、環境が変わるから、娘は娘でアメリカ離れたくないみたいな、友達のこととかで寂しがっていました。主人は主人で、行ったり来たりしつつ、せっかく6年間アメリカで色々な生活をしてたのが、また日本に振り出しみたいな形に戻ることになりました。環境が変わるときは、本人もそうだし家族にも色々ストレスになりますね。

野尻 こちらに戻られてからは、ちょっと早めに帰ってみたいいなことも？

山崎 そういう時もあります。国内ですが出張も多く、まだバタバタしています。社内でも一ヶ月間だけですが、週に一回在宅勤務の試行が始まったので、それが制度化されるといいなあって思います。

野尻 でも、家にもお仕事をしないといけないわけですね。

山崎 そうですね、でも在宅勤務だと通勤時間を省け、勤務時間もフレキシブルにできますので、制度化されるといいと期待しています。

宇宙の実験も高エネルギー実験も長期化が問題

野尻 話題を変えて、私は高エネルギー実験に割と近い理論の分野ですが、高エネルギー実験でも宇宙の実験でも、全体に時間がかかって、研究者のライフサイクルと、実験のライフサイクルが同じオーダーになってきていますね。新しい学生が入ってきたときに実験の立ち上げの時期でないと、本当に学ぶべきスキルを身につけることができず、すでに始まった実験に投入してしまうと、極端な話、ソフトウェアをいじるだけになる。宇宙開発でも、全体にロングタームになってきているのが問題ですね。

山崎 本当にロングタームですね。宇宙開発では一つのプロジェクトが、例えば宇宙ステーションに運んだ日本の実験棟「きぼう」であれば、構想、初期設計から始めて、25年がかりのプロジェクトでした。衛星にしてもやはり、5、6年、長いものは十年単位でかかります。ですから、初期の頃に入っても、

途中、部署替えがあったりして、最後までいられるとは限らないんです。研究者の人は一つの部署で一つの研究をする人も多いんですが、エンジニアとか、プロジェクト系の人ですと、数年ごとに部署を変わって色々経験をするとの方針もあるので、そうすると大体、3、4年ですね。最初の頃にも途中で抜けたり、逆に途中で入ってきたりします。研究も大体数年がかりのスパンになります。

野尻 高エネルギー実験だと十年です。例えば、私が研究上近いのはLHC実験というヨーロッパの実験ですが、最初に建設を始めたのいつでしたか、..、もうあんまり昔のことで忘れてしまいました(笑い)。そうそう、私が最初にLHCの物理をやろうって思ったときは、2003年に始まるって言っていました。それが、1998年。なんでわかるかと言うと子供が生まれた年で、その前年に、私、高エネルギー研から京都大学に移ったんです。それが2005年になり、その後、始まる時期が2年ごとに1年延びるような感じでした。2008年によくやく始まったと思ったら、ご存じかもしれないですが、割と大きい不具合が起こって、1年かけて直さないといけないということになったんですね。ようやく、今年から順調に動き出して、でも2005年って言うって時点から比べると、5年も遅れています。チャレンジングなことをやっていると、なかなか順調にいかない。

山崎 私たちの実験棟「きぼう」もそうでした、私は1996年に、最初はエンジニアとしてJAXAに入りました。宇宙飛行士になる前です。正に「きぼう」の開発部隊に入ったのですが、その頃はもう設計という意味では固

まって、ものづくり、最終試験の最後の方のフェイズだったんです。その頃にはあと3年後くらいで打ち上がると言われていました。つくばエクスプレスと同じくらいにできると。で、どっちが先にできるかと競争していて、最後はエクスプレスの方が先にできてしまい、ようやく昨年、「きぼう」が宇宙に打ち上げられて完成したんです。特に国際間でやっていることなので、一国でも遅れると、一緒に他もずれてしまったりします。

野尻 だから、「きぼう」で実験をやろうとしている研究者も大変。

山崎 そうですね、打ち上げ時期が遅れると実験もなかなか開始できない……

野尻 ISSで実験する側が引きずったりすることも。というのは、ISSに載るアルファ磁気分光器(AMS)は重要な実験ですが、設計が変わったりして、スペースシャトルのオペレーションを変えてしまったり。これも思ったより時間かかりましたね。

山崎 そうですね。途中、ロシアの経済状況で遅れ、あるいは、コロンビア号の事故があって、3年近くスペースシャトルが飛ばなかった時期があるので、その間建設がストップしたりして、色々な要素で遅れましたね。

野尻 どういうミッションに参加するかというところから変わってしまい、大変だったのでは？

山崎 元々ISSができてから乗り込む予定だったんです。

野尻 まだ、ここ(ISS)で実験できる可能性はあるのですか？

山崎 ありますね。今後2015年までは運用し、その後も2020年ぐらいまで延長しようという方向ですので。

野尻 あと10年。

山崎 はい、あと10年くらい。

野尻 その間、半年くらいのサイクルですか？

山崎 はい、最初に若田飛行士が4ヶ月半宇宙に滞在して、その後野口飛行士が、私と同じ時期だったんですが5ヶ月半滞在了しました。今後もロシアの宇宙船ソユーズで行って戻る。現在、古川飛行士、星出飛行士の長期滞在が決まっていますが、一回当たり半年の滞在というサイクルです。野尻さんはAMSの実験に関わっていらっしゃるんですか。

不思議なダークマター

野尻 直接関わってはいませんが、素粒子の研究は、結構宇宙線物理とも関係があります。未知の素粒子であるダークマターが存在すると思われているのですが、それが対消滅すると、エネルギーの高い反陽子とか陽電子とか出ます。宇宙線の中で、陽電子成分は電子成分と比べて少ないのですが、あるエネルギーから急に立ち上がってところが見られると、ダークマターのシグナルとして解釈できる部分もあるんです。

AMSの場合は大きい装置ですから、エネルギーの高い方を測るということで期待されています。超伝導マグネットを使う予定だったのですが、直前に設計を変えて、永久磁石を使うことになりました。AMSは大きな測定器ですから色々難しく、スペースシャトル以外に上げられるものはありません。早く上がってデータが出てくることを期待しています。このほかにも、科学衛星は私たち素粒子の研究者にとっても大事なもので、パメラ、フェルミ、プランク衛星などが上がるのを指折り



数えて待っていました。

山崎 来年^{*3}ですね。

野尻 楽しみにしています。早くISSに据え付けられて観測が始まるといいなと思います。ISSでは大きい装置が可能ですし、普通の衛星とは違う魅力があります。AMSは5年なんかでやめないで10年続けて欲しい。

山崎 ダークマターというのが不思議ですね。宇宙空間は真っ黒で、本当に吸い込まれそうな黒だったんですけれども、でも、何もなければなくて、色々な、まだ、未知の物質があるというのが不思議だなんて見えました。ダークマターがぶつかるとというのが分からないのですが、面白いなあ、ぶつかるものなんですか。

野尻 ダークマターは、ものにあたっても、ほとんどの場合すーっとすり抜けます。太陽系は毎秒230 kmの速度で銀河系とともに回転していますが、ダークマターも平均的にそのくらいのスピードで私たちの体の中を通り抜けています。でも、たまに物質とダークマターや、ダークマター同士がぶつかって、私たちの知っている粒子に変わることがあるだろうと思われています。銀河の中心には、より多くのダークマターがあるので、銀河中心で対消滅した時にでき

る光のシグナルは有望です。反陽子が出た場合は、銀河系の中でも長いこと残っていますので、銀河の中全体に溜まっているものを観測することになります。

山崎 すごく不思議ですね。私たちが見ている世界って、宇宙のほんの一部しか捉えていないんですものね。

野尻 ダークマターはそのうち見つかると思っています。LHC実験もダークマターと関係しています。粒子と粒子が当たると、たまたまダークマターが作られるときもあるのです。私は、LHC実験でダークマターが作られたときに、どういう風なシグナルが見えるかという理論研究をやっています。また、IPMUのプロジェクトの一つですが、神岡鉱山の地下でダークマターが原子核にぶつかるのを探そうということをやっています。すばる望遠鏡での遠方銀河の観測も重要です。山崎さんは、今度東大に戻られるのですから、同じ東大の柏キャンパスにあるIPMUにもおいで下さい。今日はどうもありがとうございました。

山崎 是非行ってみたいと思います。こちらこそありがとうございました。

^{*3} ここで言っている来年は2011年のことです。(脚注*1参照。)

東北地方太平洋沖地震でIPMUは無事、しかし研究活動には当面支障も

2011年3月11日14時46分頃に発生した「東北地方太平洋沖地震」は東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に大きな被害をもたらしました。被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。IPMUは柏キャンパス所属の研究者、大学院生、事務職員、さらに滞在中のビジターの安否確認を行い、全員無事であることが確認されました。また研究棟も軽微なものを除き、被害は受けませんでした。ご心配いただいた皆様に感謝いたします。しかし、地震後の計画停電や研究者の移動の困難などのため、セミナーや研究会が中止または延期されるなど、研究活動には当面支障も起きています。混乱の早期収束を願っております。

東京大学国際高等研究所 (TODIAS) が発足、IPMUを最初の機構に認定

濱田純一総長が述べられているように (40ページ参照)、東京大学では、今後重点的に取り組むべきテーマの一つとして「学術の多様性の確保と卓越性の追求」を掲げ、「世界最高水準の卓越した研究を遂行する」、「国際発信力を強化し、総合研究大学としての国際的プレゼンスを高め、大学間連携や学術を先導する」ことなどを目標としています。これらの目標を達成するための具体的取り組みの一つとして、2011年1月1日に「東京大学国際

高等研究所」(略称TODIAS)が新たな全学組織として設置されました。同11日の研究所運営委員会でIPMUはTODIAS傘下の最初の機構として認定され、東京大学に於ける恒久的な研究機構を目指すための大きな一歩を踏み出しました。

東京大学国際高等研究所設立記念一般講演会「宇宙はどこまでわかったか?」開催

2011年3月9日(水)の午後1時30分より、安田講堂において東京大学国際高等研究所(TODIAS)設立記念一般講演会「宇宙はどこまでわかったか?」が和英双方向同時通訳付きで開催されました。濱田純一総長と岡村定矩国際高等研究所長の挨拶及び金森越哉文部科学審議官の来賓挨拶の後、村山機構長が「宇宙は何でできているのか?」、続いて2004年ノーベル物理学賞受賞者でカリフォルニア大学サンタバーバラ校カブリ理論物理学研究所長のデイビッド J. グロス教授が「The Frontiers of Fundamental Physics –宇宙をひもとく基礎物理学の最前線–」と題して講演を行いました。平日にもかかわらず1000名近くの聴衆を数える盛況でした。



挨拶する濱田東京大学総長



挨拶でロゴを紹介する岡村国際高等研究所長



講演する村山機構長



講演するグロス博士

鈴木洋一郎副機構長とセルゲイ T. ペトコフ客員上級科学研究員、2010年ブルーノ・ポンテコルボ賞受賞

鈴木洋一郎副機構長と、イタリアの国際高等研究大学院大学(SISSA)教授でIPMUの客員上級科学研究員、セルゲイ T. ペトコフ氏が2010年ブルーノ・ポンテコルボ賞を受賞しました。この賞は、ニュートリノ物理学に多くの先駆的業績を残したポンテコルボ博士を記念して、1995年にロシアのJINR(ドゥブナ合同原子核研究所)が創設したものです。受賞理由は、それぞれ「スーパーカミオカンデ実験における大気ニュートリノおよび太陽ニュートリノ振動の発見に対する卓越した貢献」と「物質中でのニュートリノの伝播、 $\mu \rightarrow e + \gamma$ と $\mu \rightarrow 3e$ 過程、及びマヨラナニュートリノの性質に関する重要な貢献」です。授賞式は2011年2月18日にJINRで執り行われました。

Seong Chan Park特任研究員、素粒子メダル奨励賞を受賞

Seong Chan Park(朴盛燦)前特任研究員が、2010年度第5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」が会員の若手研究者を激励するために授与するものです。受賞業績の題目は「Rotating black holes at future colliders: Greybody factors for brane fields」で、共著者の尾田欣也京都大学助教との共同受賞です（もう一人の共著者、井田大輔氏は非会員）。

村山斉機構長、中央公論新社「新書大賞2011」を受賞

村山斉機構長が、著書「宇宙は何でできているのか -素粒子物理学で解く宇宙の謎-」(幻冬舎)により、中央公論新社の「新書大賞2011年」を受賞しました。この著書では物質の根源を探る素粒子研究から宇宙誕生の謎解きまでを、やさしく楽しく語る素粒子宇宙論入門として2010年9月末に出版されました(IPMU NEWS No.12の46ページ参照)。2011年3月8日に贈賞式と記念講演が行われました。



天文学者がこれまで最大の宇宙カラーイメージを発表

東京大学を含むスローン・デジタル・スカイ・サーベイ III (SDSS-III) 研究グループは1月に開催されたシアトル市での第217回米国天文学会会合で、これまで最大のデジタル宇宙カラーイメージを公開し、すべての人への無料提供を始めました。IPMUではこのプロジェクトに数名の研究者が携わっています。SDSSは、近傍宇宙の3次元地図を作成し、そのデータを元に宇宙の構造や進化を調べるサーベイプログラムです。今回のデータリリー

スで過去10年間の観測によって得られた画像データすべてが公開されました。また、今後4年かけて個々の銀河の距離を決定するための分光観測が行われます。

ワークショップ: Geometry and Analysis of Discriminants

2011年2月7日-8日の2日間、IPMUにおいて「Workshop on Geometry and Analysis of Discriminants (ディスクリミナントの幾何と解析)」が開催されました。種々の数学構造の変形理論において、ディスクリミナントはしばしば自由因子になり、元の変形族の本質的情報(例えば Gauss-Manin接続とそのフーリエ変換、ディスクリミナントの補集合の基本群とそのモノドロミー表現、等々)を含んでいます。研究会では幾つもの講演で、基本群の中のラージサークル(それは古典理論ではコクセター変換に対応)の役割の重要性が指摘されたのが印象的でした。

ブラックホールに関する IPMUワークショップ

2011年2月21日-25日の5日間、IPMUにおいて「IPMU Workshop on Black Holes」が開催されました。中心テーマはブラックホールですが、天文学的観測から弦理論におけるブラックホールの量子論的性質、及びループ量子重力理論まで、非常に幅広く議論されました。毎日の講演数を比較的小数にとどめ、異なる研究分野間での相互関連の可能性に関するフリーディスカッションを奨励するため、参加者は40名に限定されました。

ワークショップ: Log Hodge Theory and Elliptic Flat Invariants

2011年2月24日に IPMU において「Log Hodge Theory and Elliptic Flat Invariants (対数的ホッジ理論と楕円の平坦不変量)」が開催されました。

今後の研究会 IAU Symposium 279: Death of Massive Stars: Supernovae and Gamma-Ray Bursts

「IAU Symposium 279: Death of Massive Stars: Supernovae and Gamma-Ray Bursts (国際天文学連合シンポジウム279: 重い星の死: 超新星とガンマ線バースト)」は日光金谷ホテルにおいて2011年4月18日-22日の5日間開催される予定でしたが、3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響を受け、延期が決定されました。日程等の詳細は追ってアナウンスされます。

この研究会には世界中から約30人の招待講演者を招き、ほぼ同数の一般講演、及び多数のポスター講演を予定しています。重い星の生涯最期の爆発である超新星およびガンマ線バースト、およびその相互関係について議論される予定です。(本研究会は IAU および JSPS からの援助を受けています。)

人事異動報告

次の方々が転出しました。[括弧内はIPMU在任期間です。]

高橋史宜特任助教 [2007年12月1日-2011年1月31日] が東北大学理学研究科准教授へ。

Seong Chan Park (朴 盛燦) さん [2008年11月1日-2011年2月21日]、IPMU博士研究員から韓国 Chonnam National University (全南国立大学校) 物理学科助教へ。

泉圭介さん [2009年4月1日-2011年3月31日]、IPMU博士研究員から京都大学基礎物理学研究所研究員へ。

加用一者さん [2008年4月1日-2011年3月31日]、日本学術振興会特別研究員から東邦大学理学部研究員へ。

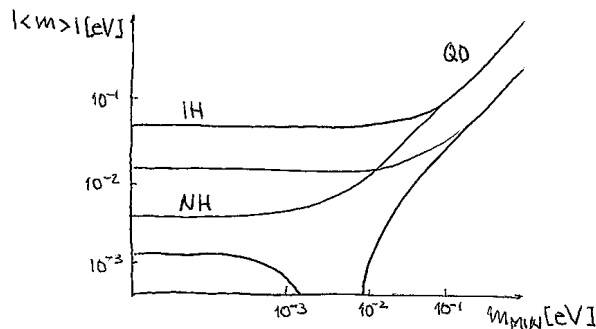
なお、Cornelius Schmidt-Colinet さんはスイス国立科学財団の博士研究員として2009年11月2日-2011年1月20日の間IPMUに滞在しましたが、一時帰国後IPMU博士研究員に採用予定です。



ニュートリノのマヨラナの性質と $(\beta\beta)_{0\nu}$ 崩壊

セルゲイ T. ペトコフ SISSA (国際高等研究大学院大学*) 教授、IPMU客員上級科学的研究員
*イタリア、トリエステ

ディラック粒子には、電子やクォークのように粒子と反粒子の区別があるが、マヨラナ粒子は自分自身が反粒子である。マヨラナ粒子であり得るのは、電気的に中性なフェルミオン（ニュートリノやニュートラリーノなど）だけであり、質量をもつニュートリノは、ディラック粒子かマヨラナフェルミオンのいずれかである。ニュートリノの質量が小さいことは、マヨラナ粒子としての性質に関係している可能性がある。レプトン数 L が2変わるような、例えば $\mu^- + (A, Z) \rightarrow e^+ + (A, Z-2)$ のような過程が存在すればマヨラナ粒子としての性質をもつことがはっきりするが、ニュートリノについてこれを明らかにするには、ニュートリノを出さない二重ベータ崩壊 $((\beta\beta)_{0\nu})$ 過程 $(A, Z) \rightarrow (A, Z+2) + e^- + e^-$ の探索が唯一実行可能な実験である。ここで $(A, Z) = {}^{48}\text{Ca}, {}^{76}\text{Ge}, {}^{82}\text{Se}, {}^{100}\text{Mo}, {}^{118}\text{Cd}, {}^{130}\text{Te}, {}^{136}\text{Xe}, {}^{150}\text{Nd}$ である。 $((\beta\beta)_{0\nu})$ 崩壊の探索は、日本国内および世界の多くの研究所で行われている。 $((\beta\beta)_{0\nu})$ 崩壊の確率は、有効マヨラナ質量 $\langle m \rangle$ を通じてニュートリノ混合のパラメーターに依存している ($\langle m \rangle$ が小さければ崩壊確率も小さい)。図は、3世代のニュートリノ混合を仮定して $|\langle m \rangle|$ を一番軽いニュートリノの質量 m_{\min} の関数として表しており、3世代のニュートリノの質量パターンが順階層的 (NH)、逆階層的 (IH)、あるいは縮退的 (QD) である領域がそれぞれ示されている。



$$|\langle m \rangle| = |m_1 |U_{e1}|^2 + m_2 |U_{e2}|^2 e^{i\alpha_{21}} + m_3 |U_{e3}|^2 e^{i\alpha_{31}}|$$

m_i - Majorana neutrino mass, (マヨラナニュートリノ質量)

U_{ei} - neutrino mixing matrix element, (ニュートリノ混合行列要素)

α_{21}, α_{31} - Majorana CP violating phases. (CPを破るマヨラナ位相)