

IPMU NEWS

Feature
Towards a global Astroparticle Physics roadmap

Interview with astronaut Takao Doi

Moonshiney Conference
A Visit from the Magician: John Horton Conway



IPMU NEWS CONTENTS

English

- 3 **Director's Corner** Hitoshi Murayama
Going Global
- 4 **Feature** Stavros Katsanevas
Towards a global Astroparticle
Physics roadmap
- 8 **Our Team** Simeon Hellerman
Tadashi Takayanagi
Naoki Yoshida
Cosimo Bambi
Damien Easson
Wei Li
Takaya Nozawa
Brian Powell
Kai Wang
- 12 **IPMU Interview** with astronaut Takao Doi
- 16 **Special Contribution**
Moonshiney Conference
Kyoji Saito
A Visit from the Mathematician:
John Horton Conway
Siobhan Roberts
- 22 **News**
- 26 **Plato's polyhedra** Kyoji Saito

Japanese

- 27 **Director's Corner** 村山 斉
グローバルに成長するIPMU
- 28 **Feature** スタブロス・カサネバス
天体素粒子物理学の
グローバルロードマップに向けて
- 32 **Our Team** シメオン・ヘラーマン
高柳 匡
吉田直紀
コシモ・バンビ
デェイミアン・イーサン
李 微
野沢貴也
ブライアン・パウエル
王 凱
- 36 **IPMU Interview** 土井隆雄宇宙飛行士に聞く
- 40 **Special Contribution**
ムーンシャイン(月影)研究会
斎藤恭司
IPMUを訪れた手品師数学者、
ジョン・ホートン・コンウェイ
シュポーン・ロバーツ
- 46 **News**
- 48 **プラトン体** 斎藤恭司



Stavros Katsanevas is Professor of Physics at Université Paris Diderot - Paris 7 and Deputy Scientific Director responsible for astroparticle and neutrino physics at the National Institute of Nuclear and Particle Physics (IN2P3) of the National Center of Scientific Research (CNRS) in France. Also serves as a principal investigator at IPMU. Graduated from Athens University in 1975. Doctorate from University of Paris-Sud XI in 1979, and Ph.D. from Athens University in 1985.

スタブロス・カサネバス：パリ第7大学の物理学教授およびフランス国立科学研究機構(CNRS)の国立原子核・素粒子物理学研究所(IN2P3)天体素粒子物理学・ニュートリノ物理学担当副所長。IPMU主任研究員を兼ねる。1975年アテネ大学卒。1979年にパリ南大学(パリ第11大学)から、また1985年にアテネ大学から博士の学位を取得。

Going Global

Director of IPMU

Hitoshi Murayama

IPMU is shaping up truly globally. The fraction of non-Japanese scientists will exceed 50% this fall among all on-site full-time members. As far as I can tell, this is unprecedented in a Japanese research center. We have achieved a fair amount of visibility worldwide. It is amusing to meet scientists from other countries asking me about “ip-moo”; maybe this pronunciation will stick in the end. It sounds kind of cute.

Speaking of being global, our principal investigator featured in this issue is a true global thinker. Stavros Katsanevas is Greek working in Paris. He coordinates ASPERA, a network of funding agencies from 17 European countries supporting science at the interface of astronomy and particle physics. In addition, his dream is a truly global project: to build a network of large-scale experiments spread around the world. Given the great success of the Super-Kamiokande experiment in Japan, which houses fifty thousand tons of water underground, discussion for its even bigger successor has already begun. But it is not easy to find a site or funds to build an apparatus as big as a million tons. Many countries need to get involved to make the dream a reality, and even the apparatus itself can be built in modules, possibly one each in Europe, Japan, and the United States. This kind of out-of-the-box thinking and great optimism is exactly what the world science needs, and we are fortunate to have Stavros on our team.

I had a great pleasure and privilege to interview a Japanese astronaut, Takao Doi. He is famous of catching and manipulating a 1.3-ton satellite with his own hands during a spacewalk from a space shuttle. He loved stargazing as a boy, which motivated him to become an astronaut. In fact, he earned doctorate in astrophysics in his spare time between intensive training. Even though I was supposed to be the interviewer, he was so keen to learn more about dark matter and dark energy so that our roles have switched in the course.

Our science is not only global, but also local. When we organized my public lecture with the title “Does the Universe have an end?” it became so oversubscribed that I ended up giving the same lecture twice to accommodate the audience. I feel it is very important to let the public know what we have learned about the mysteries of the Universe and what problems we are attacking now. We will do our part in this important outreach activity, and I hope you enjoy this newsletter as one of its means.



Towards a global Astroparticle Physics roadmap

The big question of the universe's fundamental constituents

We live exciting times; exciting in terms of the tasks in front of us and in terms of the richness of the forthcoming new data. We have achieved a lot; we know with high precision the density and geometry of the Universe, its age, the parameters of its evolution and made tremendous progress in understanding the particles of matter forming the visible Universe: the so called Standard Model of particles and interactions. Nevertheless, we still do not know the nature of invisible dark matter and dark energy filling the 95% of the density of this same Universe. In this beginning of the 21st century, our knowledge of the cosmos can be compared to the understanding of the gases at the beginning of the 20th; we know the overall parameters, *its thermodynamics or macrophysics*, but still lack the full knowledge of its elementary constituents, *its microphysics*.

Furthermore, our theories of the visible matter are not yet complete. We need to know whether they stay coherent at the smallest scales possible (equivalent to the highest energies of interaction). It is encouraging that the theories of extension of the Standard Model propose elegant solutions to both the riddles of dark matter and those of the extension at the smallest scales. They also predict the unification of what appears to be different types of interaction and suggest that a series of phenomena,

e.g. the finite lifetime of the proton or the properties of neutrinos, give access to these scales.

The birth of astroparticle physics

On the astrophysics side, we have come to a progressive understanding of the mechanisms that through violent cosmic phenomena, stellar deaths or mergers, influence the largest scales, determining galaxy formation and evolution. Here, astrophysics needs to be supplemented with particle physics for the comprehension of the mechanisms and the detection of new sidereal messengers. Observatories of a new type complement the optical and radio telescopes. They use high-energy photons, neutrinos, charged cosmic rays or gravitational waves to probe the astrophysical objects.

A series of recent seminal results from instruments in operation are reshaping the field. They come from high-energy gamma ray observatories (H.E.S.S., MAGIC, CANGAROO and VERITAS, and shortly GLAST), high-energy cosmic ray observatories (AUGER) and underground detectors (SuperK, Kamland, Borexino). Other observatories have been recently completed or are nearing completion: the neutrino telescopes ICECUBE (Antarctica) and ANTARES (Mediterranean) or the gravitational antennas VIRGO and LIGO. Dark matter and neutrino mass searches have entered a period where one

expects large jumps in sensitivity within a few years and the neutrino program (e.g. T2K, DCHOOZ, DAYA-BAY) will complete missing parts of the neutrino property matrix by the start of next decade. The flagship particle physics (LHC, 2008) and cosmology (PLANCK, 2009) projects will have a large impact on the whole field.

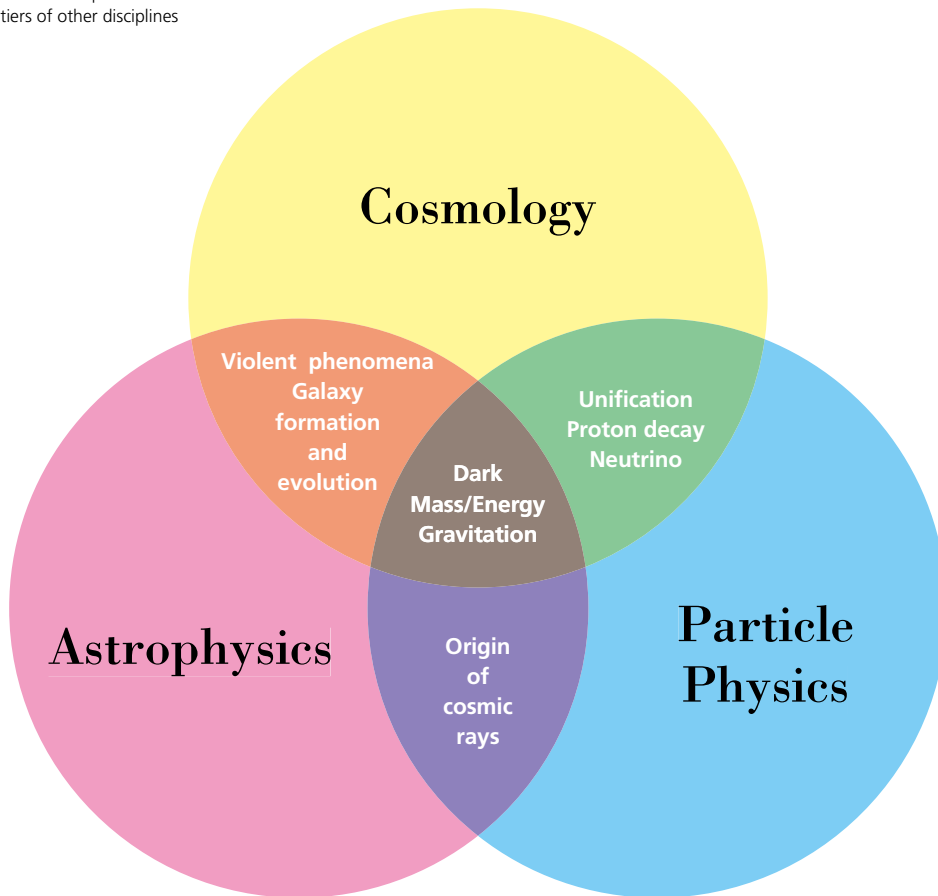
It is widely understood that only a coherent analysis of the above data, will be able to advance our scientific world-picture. The interlinked approach to these questions forms what is sometimes called Astroparticle Physics, an interdisciplinary domain, at the frontier of Particle Physics, Astrophysics and Cosmology (see Figure 1). Though one could trace

the roots of Astroparticle Physics to the discovery of cosmic rays in the beginning of the 20th century, the detection of the Supernova 1987A with neutrinos (Koshiba, Nobel prize 2002) is seen by many as the birth event of the new “astroparticle” era.

Europe’s future experimental plans

My scientific work has touched upon different aspects of the above themes. I have contributed to phenomenological studies and experimental analyses of supersymmetry, the most coherent, to my taste, extension of the Standard Model. In particular, I was one of the authors of the Monte Carlo generator¹

Figure 1: Main themes of astroparticle physics at the frontiers of other disciplines



Feature

used to evaluate sensitivities of the quasi-totality of supersymmetric analyses of the LEP experiments at CERN. I have also largely contributed to the design of the long baseline neutrino beam from CERN to Gran Sasso, the neutrino oscillation experiment OPERA and the high-energy neutrino telescope NESTOR. Since 2002, I work at the *National Institute of Nuclear and Particle Physics (IN2P3)* of the French *Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)* as deputy scientific director responsible for Astroparticle and Neutrino Physics.

Since 2006, I am also coordinating ASPERA,² a European agency consortium, funded by EU, aiming at the coming together of European national programs of Astroparticle Physics. ASPERA has studied and compared, up to now, the funding mechanisms in 14 European countries. It has found for instance that, in Europe, 2300 researchers are working in the field and that of the order of 70 M € annually are spent in investment, giving a consolidated total (including salaries) of 186 M €/year. Interestingly, preliminary estimates give the same figures for US. It has also studied mechanisms of common funding of these projects. But, its main task has been to chart the



Figure 2: From the round table discussion on ways of global coordination, during the ASPERA workshop in Amsterdam in September 2007. From left to right: J. Dehmer (NSF/US), A. Coates (STFC/UK), R. Staffin (DOE/US), T. Berghoefer (BMBF/Germany), R. Blandford, C. Spiering, J. Zinn-Zustin (CEA/France), S. Katsanevas (standing), J. Ellis (CERN)

10-year action plan of future ground or underground astroparticle infrastructures. They are about to be published in a report and they are presented briefly below.

In the domain of high energy observatories, the priority projects are the high-energy gamma Cherenkov Telescope Array (CTA) and the high-energy neutrino telescope Cubic Kilometre Network (KM3NET). They extend by an order of magnitude the sensitivities of current instruments and their construction could start by 2012. European Physicists also aspire to the implementation of a larger than AUGER observatory, preferably in the northern hemisphere, in a worldwide context.

In the domain of underground observatories one has a picture that should be clarified in 2 years from now. In particular, for dark matter searches we need to operate one – possibly two – complementary detectors on the ton scale or beyond with low background, capable to reach a 10^{-10} pb sensitivity to dark matter particles. A stepwise approach is presently underway and a prioritization between different technologies will be performed around 2010–2011. On what concerns neutrino mass, the construction and operation of one or two double beta decay experiments on the ton-scale, capable of exploring the inverted-mass region will be pursued. A decision on the construction could be taken around 2013. One also needs to construct a megaton scale observatory to investigate proton decay, neutrino properties and low energy neutrino astrophysics. This detector would be also an ideal target to receive accelerator neutrinos in long baseline experiments. Beyond the well established Kamioka/SuperKamioka water Cherenkov technique, alternative technologies using liquid argon or scintillator are currently in development. The European scientists pursuing all 3

Figure 3: Map of European underground laboratory space, including both major laboratories and smaller or future endeavours



techniques work in synergy in the EU funded design study LAGUNA. Depending on technology, site and worldwide cost sharing, construction could start by the middle of the next decade.

In the domain of gravitational wave observatories, the short-term priority is the upgrade of the present generation gravitation detectors and in particular “advanced VIRGO”, while the long-term priority is the Einstein Telescope, a large underground gravitational wave detector. Its construction could start after first discoveries have been made with the current world network, likely around 2016/17.

The estimated investment cost of the above instruments, including a 25% of R&D, maintenance of current experiments and smaller projects, for the next 10 years, is about 1000 MEuros, that is 50% above the projection of currently available European funds.

Calling for cooperation from across the globe

One should not forget that Europe is not the only continent charting roadmaps, similar efforts exist in the US and Asia. They all come to convergent goals on the future infrastructures. Science and budgetary issues call for a worldwide coordination. Following

the example of the gravitational wave observatories, one could hope to form worldwide consortia, or since many of these detectors are modular (in particular these of underground laboratories) we could conceive the construction and deployment of these modules in different continents but within the same overall structure. These are “middle scale” projects and a fair distribution in different continents can be negotiated. The domain of excellence of each country should be respected, e.g. it is difficult to imagine a worldwide project of a megaton scale detector where Japan would not play a major role.

As a preparation to this coordination, ASPERA organizes a conference this September in Brussels, where these opportunities will be discussed and where the director of IPMU will report on the situation in Japan. The discussion will continue in the context of the OECD Global Science Forum. It is an ambitious dream of world cooperation, but I firmly believe that the stakes are high and they are certainly worth the effort.

References:

- ¹SUSYGEN 2.2: A Monte Carlo event generator for MSSM sparticle production. S. Katsanevas, P. Morawitz, Comput. Phys. Commun. 112: 227-269, 1998
- ²For more details see www.aspera-eu.org

Our Team

Simeon Hellerman

Research Area: **Theoretical Physics**

IPMU Associate Professor

I study the dynamics of gravity in situations where the short-distance structure of space-time becomes important, for example, in the early Universe. As a tool, I use string theory, which is the unique dynamical system incorporating both the existence of gravity and the uncertainty principle of quantum mechanics.

My recent work has mapped out the various different phases of string theory and the transitions the theory can make from one phase to another, in a cosmological environment. These phase transitions alter several features of the theory dramatically. For instance, the number of dimensions of the space-time can change, or the transition may restore a highly stable type of order known as supersymmetry,



or else the character of the string dynamics may change altogether.

This network of connections has turned out to unify all known string theories for the first time — via dynamics that are intrinsically cosmological.

Tadashi Takayanagi

Research Area: **Theoretical Physics**

IPMU Associate Professor

Quantum mechanics describes microscopic physics, while physics at large scale is governed by general relativity. The unification of these two theories, called quantum gravity, is expected to reveal the origin of our universe and is obviously an ultimate goal of theoretical physics. Superstring theory is known as the most promising candidate to achieve this goal. Therefore I am exploring new predictions of quantum gravity arising from superstring theory.

Specifically, we constructed the first exactly solvable and dynamical model of quantum gravity that is completely stable. Even though its spacetime is two-dimensional and looks like a toy model, at present this is virtually the only string theory where we can compute everything exactly. In this model, called a type 0 matrix model, we can deal with multiple universes at the same time and consider

quantum mechanical mixing between them.

I am currently interested in applying to quantum gravity the idea of entanglement entropy, which is an important component of quantum information theory. This offers us a new microscopic understanding of the Bekenstein-Hawking entropy of black holes. We have also developed a differential geometry interpretation of quantum information theory.



Naoki Yoshida

Research Area: **Astrophysics**

IPMU Associate Professor

I have been working on a broad range of topics in cosmology and astrophysics. I primarily use large computer simulations. Recent highlights of my work include simulations of star formation in the universe and statistical analyses of large-scale galaxy distributions. The former is for observations using next generation space-telescopes, which are expected to explore the distant universe. The latter study is aimed at optimizing dark energy surveys. At IPMU, I'd like to interact with many people to work on the important questions regarding the nature of dark matter and dark energy. Cosmology is now at

a stage where theory can provide accurate and solid predictions, and observations can verify them. I am excited to work in this active research area.



Cosimo Bambi

Research Area: **Theoretical Physics**

Postdoc

Broadly speaking, my research interests include physics of the early Universe, tests of General Relativity and possible connections between gravity and particle physics.

At present I am very interested in the issue of the end state of the gravitational collapse of matter. In the framework of General Relativity and under apparently reasonable assumptions, we should expect the formation of a black hole. However,



from a strictly theoretical point of view, black holes are a challenge, demanding new physics, while astrophysical observations cannot yet confirm unambiguously their existence.

Damien Easson

Research Area: **Theoretical Physics**

Postdoc

My research interests include topics at the interface of particle physics and cosmology. I am searching for answers to fundamental questions about the origins of the Universe, drawing on discoveries in quantum gravity and superstring theory. I am particularly interested in finding evidence of new physics in cosmological data from the cosmic microwave background radiation and large scale structure observations. Current research projects include:



inflationary model building, discovering the nature of dark energy, modified gravity and the accelerating Universe, implications of extra dimensions of space, dark matter and quantum aspects of black holes.

Wei Li

Research Area: **Theoretical Physics**

Postdoc

My research focuses on string theory, especially the quantum gravity aspects of string theory. Apart from the big bang singularity, the black hole is the object where the tension between gravity and quantum physics is the strongest, hence it provides the best stage to test and unlock the full power of string theory. Therefore I am particularly interested in how to understand black holes microscopically using



string theory. Recently I have also been working on a toy model of three-dimensional quantum gravities, with the hope of gaining some insight towards higher-dimensional quantum gravities.

Takaya Nozawa

Research Area: **Astronomy**

Postdoc

I am working on the evolution of dust in the early universe. Because dust grains absorb stellar light and re-emit it by thermal radiation, the existence of dust can play crucial roles in revealing the evolution of the universe from observations. So far I have determined the composition, size distribution, and amount of dust formed in primordial supernovae, as well as the destruction efficiency of dust in shocked hot gas.



Currently I am studying the chemical evolution of dust and its impact on the relevant observations.

Brian Powell

Research Area: **Cosmology**

Postdoc

My primary research interest is inflationary cosmology — both its observational consequences and its theoretical origins. I have explored the possibility of using parameterization-independent approaches to constraining the inflationary power spectrum with the latest CMB and LSS data. The flow formalism is an effective method for identifying scales on which the data places the weakest



constraints on the spectrum. I am also interested in applying methods of Bayesian analysis to the inflaton potential directly, both for parameter estimation and model selection.

Kai Wang

Research Area: **Theoretical Physics**

Postdoc

The Standard Model has been extremely successful in explaining numerous experimental observations in the energy regime up to a few hundred GeV. There are, however, many hints encouraging us to go beyond the Standard Model. We still have to answer several fundamental questions such as how EW symmetry is broken and if there is a Higgs boson, why a fundamental scalar in the theory is naturally at EW scale, what the dark matter is made of, and why the neutrinos have such small masses.



These questions motivate my research. With the LHC coming online soon, it will open great opportunities to explore physics at the TeV scale. My research has been focusing on LHC phenomenology, especially signatures from new physics beyond the Standard Model.

Our Team



IPMU Interview with astronaut Takao Doi

Interviewer: Hitoshi Murayama

How does it feel to catch hold of a 1.3 ton satellite?

Murayama: Mr. Doi, I was very impressed when you performed a spacewalk and grabbed the Spartan satellite with your hands. Didn't you feel any fear when you go out of the spacecraft like that?

Doi: We feel no fear because we train repeatedly on the ground for EVAs (extravehicular activities). However, while we are working on EVAs, we are exposing ourselves to danger, so we must pay great attention even to things which are not directly related to the assigned tasks. EVAs demand great concentration. They are

also physically demanding.

Murayama: Really! To me, your spacewalk looked very much like a stunt. What did you feel when you actually grabbed the satellite with your hands?

Doi: It felt very light. The Spartan satellite weighs approximately 1.3 tons, about the same as a compact car. It was approaching our space shuttle at a speed of about 5cm per second. Due to this inertia, I felt a heavy weight the moment we grabbed it, but after that, while rotating the satellite and adjusting its position, it felt very light.

Murayama: That's quite natural according to the laws of physics, but still it's amazing, isn't it?

Doi: It certainly was amazing. However, the inertia meant there was a danger of possibly losing control of the satellite if we moved it too fast. We were aware of that, of course. Astronaut Scott and I practiced rotating or moving the satellite in the same direction and with the same speed.

Takao Doi joined the National Space Development Agency (NASDA) of Japan - now the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) - in 1985 as a payload specialist and has been working in the Japanese manned space program since then. In 1996 NASA and NASDA selected him as a mission specialist. He flew on the Space Shuttle Columbia in 1997 and is the first Japanese astronaut to perform an EVA (Extravehicular Activity, or spacewalk). In March 2008 he flew on the Space Shuttle Endeavour, which delivered the Japanese Experiment Logistics Module, Kibo Laboratory to the International Space Station. He received a Doctorate in Aerospace Engineering from the University of Tokyo in 1983, and a Doctorate in Astronomy from Rice University in 2004.

A fascination with space that only grows with visiting it

Murayama: I see. Now I'd like

to ask what motivated you to become an astronaut.

Doi: I was interested in nature from the time I was an elementary school child. I was a boy who loved playing outdoors, doing things like fishing and collecting insects. I was introduced to the stars after entering junior high school. First I tried observing sunspots, which was the easiest introduction. The landing of Apollo on the moon, which took place when I was in the third year of junior high school, strongly impressed me. I remember very well the scene of Captain Armstrong walking on the moon. Probably I became interested in the universe during this period.

Murayama: Did you continue your sky observations after junior high school?

Doi: Yes. Starting with the sun, I gradually moved on to the night sky. Taking photos of the sky was becoming popular then, and that inspired me to also take nice photos for myself. I was camping out at many places and having a good time.

Murayama: I understand you also discovered supernovae.

Doi: That came much later. I started by observing sunspots, moved on to observing stars with the naked eye, and then continued on with night-sky photography. Eventually, however, I became unsatisfied and was eager to know more about the universe. I wanted to try different things, and started to look for supernovae. This occurred much later, when

I was in my late thirties.

Murayama: I understand that you earned your Ph.D. in astrophysics after you became an astronaut.

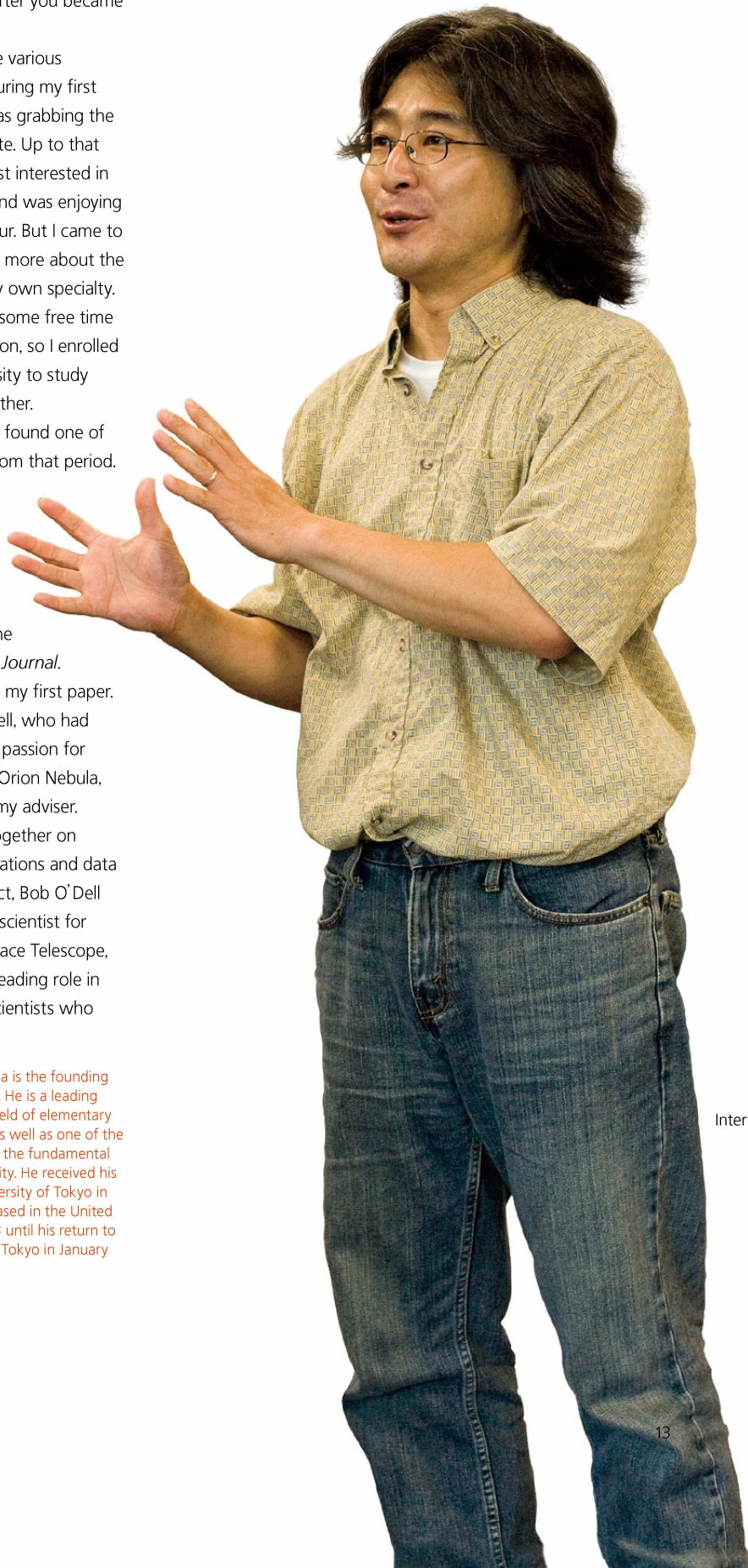
Doi: I did have various experiences during my first mission, such as grabbing the Spartan satellite. Up to that point, I was just interested in the universe and was enjoying it as an amateur. But I came to want to know more about the universe as my own specialty. I could afford some free time after the mission, so I enrolled at Rice University to study astronomy further.

Murayama: I found one of your papers from that period.

It was about calibration of a filter for the Hubble Space Telescope, published in the *Astrophysical Journal*.

Doi: That was my first paper. Professor O'Dell, who had a tremendous passion for analyzing the Orion Nebula, agreed to be my adviser. We worked together on several observations and data analyses. In fact, Bob O'Dell was a project scientist for the Hubble Space Telescope, and played a leading role in the team of scientists who

Hitoshi Murayama is the founding director of IPMU. He is a leading physicist in the field of elementary particle theory, as well as one of the young leaders of the fundamental science community. He received his Ph.D. at the University of Tokyo in 1991, and was based in the United States from 1993 until his return to the University of Tokyo in January 2008.



constructed the Hubble Space Telescope. Under his guidance, I worked on calibrating the filter, with which there were some problems at that time.

Murayama: What did you work on after that?

Doi: I worked on the Orion Nebula. A large number of new stars are being born in this nebula and jets are emerging from the region of new-born stars. Shock waves are generated as a result of the interaction between the jets and the molecular cloud. These shock waves have very complicated structures that are related to both the origin and the structure of the Orion Nebula. I worked on observing and analyzing these shock waves with Bob O'Dell. These shock waves move as time passes. If very precise images of the shock waves are taken, we can know the change in their locations after 5 years or 10 years, and that allows us to determine their velocities. Using Hubble Space Telescope images, we were able to determine their velocities with ten times better precision than the ground-based observations.

Murayama: I suppose you benefited a great deal from the knowledge of fluid

dynamics calculations you gained through aerospace engineering.

Doi: Yes, I did. The shock waves are generated by the interactions of the jets with the surrounding gas. The knowledge of fluid dynamics I acquired when I was at university was very useful in analyzing the structure of the shock waves.

Dark matter, interesting because we don't understand it

Murayama: I see. Regarding your supernova observations, recently people have been using supernovae to measure the expansion of the universe, and the amount of dark energy is now known quantitatively. In what aspects of supernovae are you interested?

Doi: I was able to observe supernovae that appeared in relatively nearby galaxies such as those in the Virgo Cluster, so unfortunately they had nothing to do with the expansion of the universe. What I was most interested in is the fact that heavy elements produced inside stars spread through space due to the explosion of supernovae, and these heavy elements are the necessary ingredients for

creating planets and life. This whole process is miraculously well organized. It gave me a sense of the mystery of the universe. This motivated me to look for supernovae.

Murayama: Does this mean that your interest in the universe is strongly related to your curiosity about the cycles of birth and death of stars, something like the metempsychosis of nature?

Doi: I guess so. When I first came to be interested in the universe, I wanted to go to the moon, Mars, and other planets and to confirm with my own eyes that they really exist, and to look for life if it is there. My interest then gradually shifted to the evolution and structure of the universe that created life.

Murayama: I think tremendous progress is being made in this area nowadays. We now know how the universe evolved to its present state.

Doi: Recent astronomical research has told us about things like dark matter and dark energy, and has also told us that the amount of visible matter is only 4%. It sounds very mysterious to me. It's really difficult for me to imagine such a world. Do experts have a good idea about where the dark energy

comes from and what it is?

Murayama: We have absolutely no answer yet.

Doi: That's very interesting.

Murayama: Of course, we have formulated many scenarios, but we have not reached a convincing answer yet.

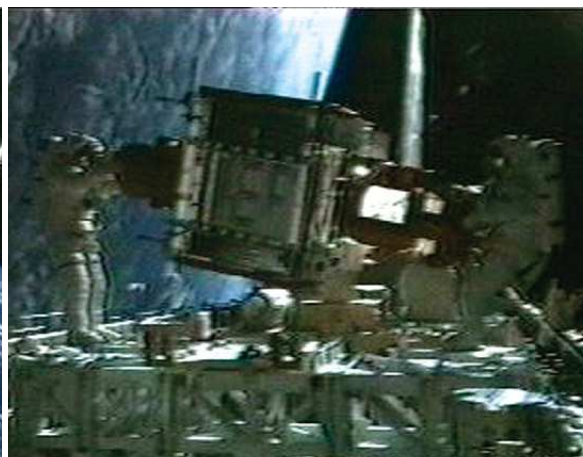
Doi: It's said that the percentage of dark matter is 23%. If so, am I correct in saying that dark matter exists in our planet system?

Murayama: Yes, that is correct.

Doi: We launch rockets, but we ignore the existence of dark matter when we calculate their orbits. I think this is somewhat contradictory because the dark matter must exert gravity. How do you explain this?

Murayama: The effects of dark matter can be safely neglected in the case of a rocket being launched from the Earth. However, the solar system, including our Earth, is circulating around the Milky Way Galaxy at an extremely high speed of 220km per second, which is only possible because dark matter in the Milky Way Galaxy is holding the solar system together, so actually there must be plenty of it around us.

Doi: It must exist, but it



Left: Mission specialist astronauts Takao Doi (right) and Winston E. Scott (left) await the approach of the Spartan satellite to the Space Shuttle Columbia. (Courtesy of NASA/JAXA) Right: The two mission specialists successfully grab the Spartan satellite manually. Takao Doi (right) and Winston E. Scott (left). (Courtesy of NASA/JAXA) (Images captured from video)

is invisible. That's quite a mystery!

Murayama: Dark matter freely penetrates our bodies; it easily penetrates rocks to reach underground, and on rare occasions it may collide with a detector which is located there. IPMU is planning such an experiment. If we are lucky, we may see 2 or 3 such collisions per year. We are hoping to confirm the presence of dark matter in this way.

Doi: Do you think the best guess is that they are some type of matter or elementary particle which is as yet unknown to us?

Murayama: Yes, that is what most of us are guessing. Of course, we don't know for sure yet.

Doi: I feel that a new view of the world has emerged suddenly. It's fascinating, but at the same time, it's very shocking to know that the astronomy we have developed so far has been looking at only 4% of the universe's constituents. Well, perhaps we should say it's "interesting" rather than "shocking".

Murayama: It's extremely interesting. I really hope to pin this down.

Doi: Well, good luck to you.

Hopefully children will learn about the nature around them before they study space

Murayama: Scientific research using the Japanese "Kibo" laboratory in the Space Station will soon start. What do you think the most important direction will be

for this scientific research in space?

Doi: Well, let me see. One thing is the space experiments. With the completion of the Kibo laboratory, which can provide Japanese scientists with good data on the characteristics of outer space in a short time and economical way, we will soon see good achievements in life science, material experiments, and various experiments on physical phenomena in space. Japanese scientists have been conducting space experiments for nearly 20 years, but they were forced to take too long a time because of the use of Space Shuttle missions. Another thing is related to unique features of the Kibo laboratory, the Exposed Facility (EF) and the Experiment Logistics Module-Exposed Section (ELM-ES). EF provides a multipurpose platform where science experiments can be launched and conducted in an exposed environment. We can use an optical telescope and an X-ray telescope, as well as an instrument that allow constant monitoring of the Earth's ozone layer. We can put a telescope like the Hubble Space Telescope in a manned facility. The strongest feature of the EF and ELM-ES is that they enable frequent and easy access for replacing and manipulating observational instruments.

Murayama: How do you manage your life both as an astronaut and as a scientist undertaking your own

research?

Doi: Keeping up both roles is difficult. Astronauts are assigned to a specific mission about one to one and a half years in advance. Once assigned, we must devote ourselves to the mission and we must give up working on our own research completely. Even when we are not assigned to a specific mission, we must go through regular training. We also have some NASA-related work, so we can only do research in our spare time. I think it is difficult to manage both tasks. I was very lucky because after the first mission NASA allowed me to have one day per week free for studying at university.

Murayama: Do you mean that you got a Ph.D. degree with only one day's study per week?

Doi: Yes, but I worked every night at home until late doing data analysis.

Murayama: That is very impressive. By the way, as scientists we are trying to attract young people to science in various ways. Please tell me your thoughts about how we can attract young people to science and, in particular, to the study of the universe?

Doi: Based on my experience when I became interested in science as a young boy, I think it is not advisable to start initially with subjects that are too difficult, as young people may rebel against, and depart from, science. It is important to go forward step by step. For

example, elementary school children may not have enough money to buy a telescope even if we talk about the universe. Becoming familiar with nature in an easier way, like collecting insects, may be more appropriate for them.

Murayama: Certainly I didn't have any money to buy a telescope when I was a kid.

Doi: In my case, I was able to buy a telescope with my own money only after entering junior high school. I think this kind of step by step approach is better. It would be out of balance if kids knew only about the universe. They must first learn about the Earth, nature, and life. They must learn from hands-on experience. Learning from just books is inadequate. They can expand their world to the space around the Earth or the Big Bang as they go to junior high school and high school. I hope we can provide good books and learning materials as they proceed step by step. The other day, I visited the National Astronomical Observatory and, for the first time, saw a three dimensional movie about the solar system and clusters of galaxies in the universe. We now have places such as this where we can have exciting experiences of the universe.

Murayama: Yes, that movie is fantastic.

Doi: I think it would be great if people could see displays like that in planetariums and other places.

Murayama: I agree. Thank you very much.

Moonshiney Conference

Kyoji Saito

Principal Investigator / Organizing Committee Representative

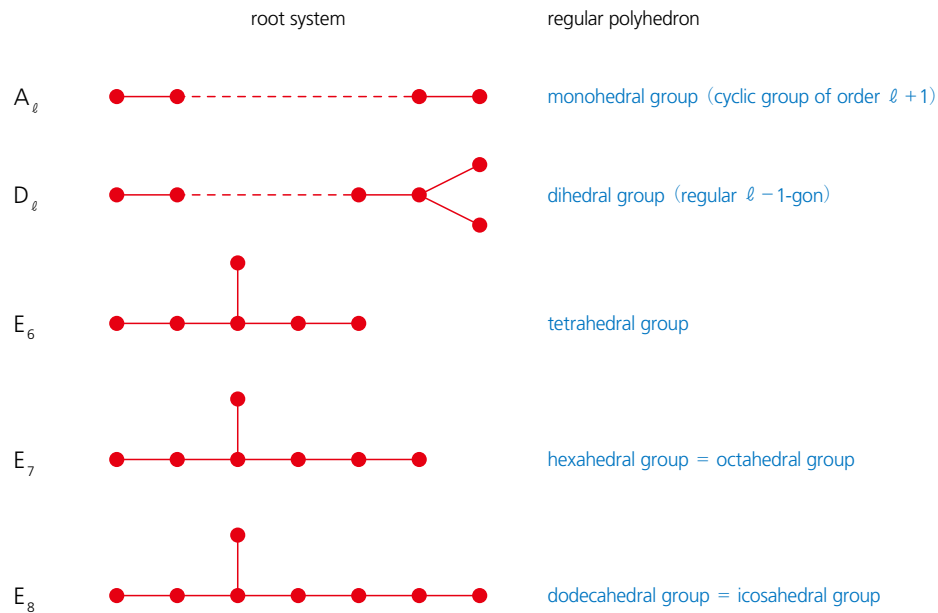
Symmetry is one of clues that human beings use to recognize the world. For instance, the human face has a left-right symmetry, and a round flower has a rotation symmetry (when viewed from above). Particularly well-known is the symmetry of regular polyhedra, which are shown on page 26. Plato is said to have recognized the harmony of the universe in this symmetry, and so he ordered diagrams of regular polyhedra to be displayed at his school, Academeia. Surprisingly, human beings appear to have first recognized this symmetry much earlier than Plato's time - stones carved into the shape of regular polyhedra have been discovered amongst New Stone Age relics in Scotland.

However, it was not until much later, in the early 1800s, that symmetry was formulated precisely in a mathematical sense with the notion of the group (a system of operators satisfying the associative law and containing the unit element, with every element having an inverse). Évariste Galois, who died at the tender age of 20 in May 1832 in a duel, devised the notion of a normal subgroup of a group to completely settle the solvability of algebraic equations, which was discovered in letters he wrote the night before the duel. In the letter, Galois also suggested application of the notion of groups to permutations of Abelian integrals.

Later, from around 1870, Felix Klein, Sophus Lie, and other mathematicians began to apply the study

of the structure of groups, which had been initiated by Galois, to geometry. In particular, it is known that there is a one-to-one correspondence between the table of classification of simple Lie groups (to be precise, classes which are called simply-laced types), first performed in 1888 by Wilhelm Killing, Élie Cartan, and other mathematicians, and that of regular polyhedra. (There are several known correspondence methods. One method in particular, the method using the characters of regular polyhedral groups, is called the McKay Correspondence.) The Table of Correspondence Methods and the Dynkin Diagrams, which are used to classify simple Lie groups, are shown below.

Independent of this, many mathematicians studied simple groups (groups which are no longer decomposed by their normal subgroups). It is said that the classification of simple groups consisting of finitely many elements was finally completed in 2004. There are 26 groups arising sporadically in the classification table apart from some infinite sequences of groups, including those described by simple Lie groups. The largest group amongst these sporadic groups is called the Monster (named by John Conway). Conway, Simon Norton, Robert Griess and others pointed out that the Monster, if it should exist, can be realized as the symmetry of a 196883-dimensional space. Finally Griess constructed a 196883-dimensional non-associative commutative



algebra, and this confirmed the existence of the Monster as the symmetry (the automorphism group) of the algebra.

John McKay pointed out that the number at the focus of interest, $196883+1$, arises as a coefficient in the Fourier expansion of the elliptic modular function j ; $j(z)=q^{-1}+744+196884q+\dots$. This famous discovery is known as McKay's Observation. As the theory of elliptic functions, stemming from Leonhard Euler's work in the 1740s, had developed as one of the most historic and important fields in mathematics, a huge sensation was created by the suggestion that elliptic functions are (likely to be) closely related to the Monster group. People therefore came to take notice of Fourier coefficients of modular functions, and a series of amazing discoveries called Monstrous Moonshine followed immediately. These include the correspondence between the conjugacy classes of the Monster and the elliptic modular functions and groups (the Conway-Norton Correspondence, 1979) and an explanation of this fact by a vertex operator algebra (Richard Borcherds).

The Moonshine Conference held at IPMU in Kashiwa, Japan, was lively and exciting, with attendance by mathematicians involved in Monstrous Moonshine - John McKay, John Conway, Robert Griess, and others. I was particularly impressed with the lectures by McKay and John Duncan. The former told us about a new movement in the study of Monstrous Moonshine, and the latter sought to explain "another McKay Correspondence" (conjugacy classes of products of Fischer involutions in the Monster from the E_8 Dynkin Diagram) by using the corresponding elliptic modular group. The evolutionary history of symmetry started with the symmetries of regular polyhedra known by human beings from ancient times, went through the symmetry of type E_8 , and has now come to the symmetry of the newcomer, the Monster. I dream that this evolution might extend to symmetries arising in the deepest parts of the universe in the future.

(I am grateful to Atsushi Matsuo and Masahiko Miyamoto for their assistance in preparing this manuscript.)

A Visit from the Mathemagician: John Horton Conway

Siobhan Roberts

On a recent visit to Sensoji Temple in Tokyo, I suspended all scientific rationality for a moment and pulled my fortune from a drawer. To paraphrase, it read: “You will make the acquaintance of an eminent individual and find your way in the world.” Oddly enough, this nicely explained how I found myself in Japan in the first place. I was tailing John Horton Conway as I researched his biography, and Conway was the keynote speaker at the “Moonshiney” workshop held at IPMU this past May.

The John Von Neumann Professor of Mathematics at Princeton University, Conway is a breed of mathematician more aptly characterized as a “mathemagician.” One of his sleight-of-hand tricks involves carefully balancing a penny on the tip of a coat hanger hook, then in one grand swoop spinning the entire contraption over his head, whirling it around like a helicopter rotor, and, eventually (and if the penny doesn’t fall off, first), bringing it to a graceful swinging stop — a trick he performs at kids’ math camps, which he attends religiously every

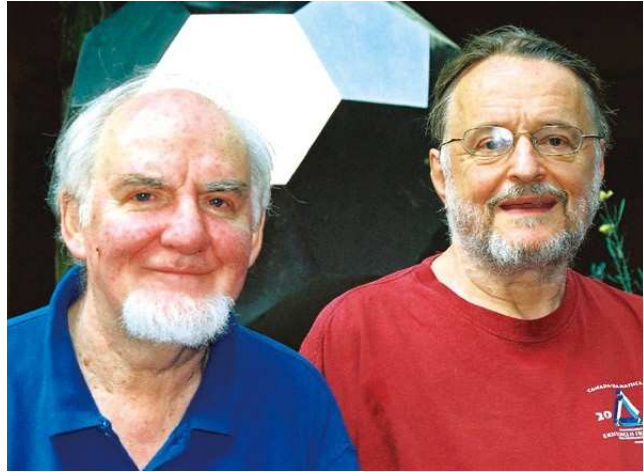
summer.

Conway is the man responsible for so fabulously naming the Monster, and (together with Simon Norton) the Monstrous Moonshine conjecture — moonshine, due to the preposterous chance it could be true (as it was proven to be by Richard Borcherds). The Monster, to put it simply, is a rather impressive entity in group theory, the mathematical study of symmetry. Bernd Fischer and Bob Griess predicted its existence in 1973. Nearly a decade later Griess constructed the Monster (that is to say, confirmed it to exist), and Griess’s construction was subsequently simplified by Conway.

“I have been fighting with the Monster for the last 25 years,” said Conway during his lecture at the Moonshiney workshop. “Before I die, I really want to understand WHY the Monster exists. But I’m almost certain I won’t.”

“This is one of those things that perpetually intrigues me,” he added later. “There are these abstract objects that are as real as trees or cats, but

John Conway (right) and John McKay (left) on the occasion of the Moonshine Workshop at IPMU, the University of Tokyo. (Photo by Siobhan Roberts)



we can only access them by thinking about them. One feels the Monster can't exist without a very real reason. But I don't have any idea what that reason is."

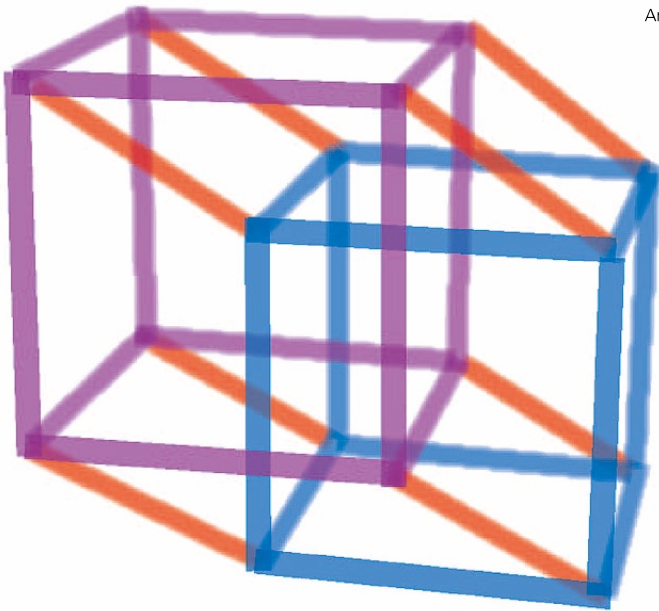
*

I first met Conway when writing *King of Infinite Space*, my biography of the classical geometer Donald Coxeter. Conway generously agreed to be my tutor, my translator, as it were, as I traveled through the foreign world of mathematics. I had taken all the math and sciences courses in high school, but thereafter my focus had been history, and then writing. My interest in math and science, however, endured — perhaps because it seems so preposterous, like moonshine itself, that the universal language of mathematics somehow expresses and describes the laws of the physical world. So on Coxeter's coattails I became a fulltime curious observer, and then, at one remove, a translator to the wider popular audience — attempting to reconcile and unite what the English physicist and novelist C.P.

Snow once lamented were the "two cultures" of the sciences and humanities.

Confronted with this mathematical dilettante, Conway sat me down in front of a blackboard and provided personalized lessons on polytopes and hyperdimensions and how to draw a 4-dimensional cube. The latter triggered some rather surreal stories from his past.

Put the question of how to think in four dimensions to Conway, and he snaps back, "None of your business! That's personal!" But if one probes a little further, he happily recounts a nutty escapade while he was at Cambridge circa 1960, when he made an earnest attempt to think in four dimensions. He did not expect to see the fourth dimension, as if it were a physical reality. Time, of course is most often thought of as the fourth dimension (and time, the physicists are telling us lately, may not survive much longer). Higher dimensions, however, can measure any value or feature of existence. The fourth dimension could be temperature or wind direction,



An image of a 4-dimensional cube.

the fifth dimension could be the rate of interest on your credit card, and the sixth dimension could be your age, and on and on and on as you please. Each characteristic measured adds another “dimension” — the dimensions become coordinates, a navigational tool that quantifies our existence, our position in the world. Being a geometer, Conway naturally preferred contemplating a fourth dimension in terms of space.

In attempting to visualize a fourth coordinate or dimension in space, Conway built a device that allowed him to see with what he called “double parallax” — in addition to the displacement that occurs horizontally when you look at an object by closing one eye and then the other, he tried to train himself to see vertical parallax. If he could experience both horizontal and vertical parallax, he would have four coordinates for every point in space, and thus would be seeing four dimensions. In his attempt to do so, Conway donned a recycled motorcycle helmet, adapted with a flat visor and cheap, old war-surplus periscopes. The periscopes were bolted to

the visor (not very well; they rattled when he walked) and extended from his right eye up to his forehead and his left eye down toward his chin. The only name Conway had for the helmet was “that damned contraption” because it was rather uncomfortable, his nose pressed up against the visor, as a child’s to a toy shop window at Christmas.

Conway had a strong desire to see four dimensions, which he truly believed was possible (and still does). He regularly walked around wearing his helmet in the Fellows Garden of his college at Cambridge, and in a flash of daring (or stupidity) during one Saturday in the downtown streets busy with shoppers. “I suppose I had a limited amount of success in that quixotic quest,” he told me. “I got to the point where I could see four dimensions, but there was no hope of going beyond, so what’s the point?” Conway’s discoveries since his helmet days are in dimensions much, much higher — the Conway group is in twenty-four dimensions, and the Monster group exists in 196, 883 dimensions.



Siobhan Roberts is a Toronto-based journalist and author. Her first book *King of Infinite Space: Donald Coxeter, The Man Who Saved Geometry*, will be published in Japan by Nikkei BP.

*

Conway is perhaps most widely known as the inventor of the Game of Life. Though when he randomly flips through indexes of mathematics texts actually looking for his name, what he hopes to find is reference to his favourite piece of work to date: discovering surreal numbers.

Discoveries like these Conway says are “white hot.” With the surreals, he walked around in a world all his own for weeks. He characterizes such a delectable discovery with what he has dubbed the “Hotspur property,” in reference to a character in Shakespeare’s *King Henry IV*. In act 3, Glendower says, “I can call spirits from the vasty deep...” To which Hotspur replies, “Why, so can I, or so can any man; But will they come when you do call for them?”

His one disappointment with the surreals is that they have yet found application. The late Princeton physicist Martin Kruskal (known for his discovery and theory of solitons, solitary waves that hold their

shape as the travel at a constant speed), dedicated the latter part of his career to constructing the theory of surreals as applied to analysis, but he died in 2006 with the work incomplete.

I spent last year as a Director’s Visitor at the Institute for Advanced Study in Princeton, and in speaking to a few Institute mathematicians they seem to have no doubt that someday Conway’s surreals will find their application. That always seems to be the way it is with mathematics: what is beautiful becomes useful, eventually. The Monster holds promise to inform string theory, the so-called Theory of Everything. It may take a year or a century, or two, as well as a few passionate scientists working in ideal think tank conditions, like those at IPMU.

IPMU Public Lecture for the Citizens of Kashiwa

The IPMU Public Lecture 2008 “Is there an end to the universe?” was held at Media Hall on the University of Tokyo Kashiwa Campus on July 12. This was the first such event held by the IPMU since its startup on October 1 of last year. Initially we expected an attendance of 150, but since we received more than 300 requests the speaker, Director Murayama, made his presentation twice, in two sessions on the same day.

The lecture and subsequent Q&A session was followed by another long discussion session between



Photo 1: Audience listens intently to Director Murayama's lecture.

Photo 2: Audience members surround Director Murayama during the discussion session.

Murayama and the audience in which many questions were asked by audience members. This setup of directly talking with the Director helped members of the general public to better understand the role of the IPMU.

Many audience members answered the questionnaire favorably, saying that they were very satisfied and wanted to participate again in the next such opportunity.

Ken'ichi Nomoto and International Colleagues Discover a New Type of Supernova

Ken'ichi Nomoto, a principal investigator at the IPMU, and his international colleagues announced that a supernova they discovered in January 2008 is a new type created by the explosion of a middle-sized star. They reached the conclusion that this supernova was the result of the explosion of a star approximately twenty-five times heavier than the sun based on the variation of its brightness and spectrum of its visible light. This is the first confirmation of a supernova created from the explosion of a middle-sized star such as this, although they have been predicted theoretically. The discovery was reported in the online edition of Science on July 24, 2008.

Conference Report Focus Week: Second Workshop on LHC Phenomenology

The Focus Week: Second Workshop on LHC phenomenology was held over 5 days, from June 23 through 27, at the IPMU. It was organized by Mihoko Nojiri, a principal investigator at the IPMU, in the style of focus week, as was the first LHC workshop, which was held December 17 through 21, 2007. The purpose of this workshop was to focus on the Large Hadron Collider experiments (expected to start on September 10, 2008 at CERN in Geneva), bringing together efforts by researchers and theorists working on LHC physics, and to explore new physics beyond the standard model of particle physics.

Following the success of the first workshop, the number of presentations per a day was limited to only 2 or 3, and the rest of time was made available for discussion.



Future Conferences Focus Week: Quantum Black Hole

Focus week: Quantum Black Hole will be held at Media Hall on the University of Tokyo Kashiwa Campus from September 12 through 16. This workshop aims to strengthen our understanding of the quantum black hole and to develop new directions and new mathematics.

The following speakers have been invited: from overseas Atish Dabholkar (University of Paris 6), Veronika Hubeny (University of Durham), Mukund Ramgamani (University of Durham), Norihiro Iizuka (KITP), Daniel Kabat (Columbia University), Gautam Mandel (TIFR), and Sunil Mukhi (TIFR); and from Japan, Satoshi Iso (KEK), Makoto Natsuume (KEK), Jun Nishimura (KEK), Yasuhiro Sekino (OIQP), Koji Hashimoto (RIKEN), Yoshifumi Hyakutake (Osaka University), Wei Li (IPMU), and Tadashi Takayanagi (IPMU).

Further details can be found on the IPMU website.

—Workshop: Micro-local Analysis of Symplectic Manifolds

The Workshop on Micro-local Analysis of Symplectic Manifolds will be held from September 16 through 18 at the FS Hall in the Frontier Sciences, Environmental Studies

Building on the University of Tokyo Kashiwa Campus. The workshop is being organized by Kyoji Saito, a principal investigator at the IPMU. In mathematics, a phenomenon called deformation quantization is a sheaf of rings on the symplectic manifold, and means of quantifying it using the notion Frobenius action are being developed.

The workshop will feature a keynote lecture by Masaki Kashiwara on basic theory and its application to representation theory. The organizers are currently requesting other experts for presentations on recent developments in their research. The content of the talks is to be above student level.

Tea Time

The IPMU hosts tea time every day from 3 o'clock in the afternoon. Scientists working in physics, astronomy, and mathematics gather together over tea and cookies for communication across research fields.



Sharing a relaxed time in this manner is a good way for scientists from different fields to keep up with recent developments in various research areas. The participants also enjoy conversing about their home countries (there are many researchers from overseas at IPMU) and exchange information about life in Japan.

IPMU Website

The IPMU website was recently renewed (<http://www.ipmu.jp>). In addition to previously available information such as an introduction to the IPMU and various announcements, much more information for visitors and employees and about living in Kashiwa has been added. You can find information about getting visas, finding hotels, and other useful information for living in Japan. Those who come to the IPMU to conduct research can find useful information about such matters as acquiring research grants and using the library in addition to information about living in Kashiwa (you need a password to access this page). The website is one of several ways the IPMU supports research activities.

Japanese Lessons

The IPMU offers free Japanese

language classes for two hours a day for a total of 40 hours for scientists newly arrived from overseas. The lessons are intended to teach the bare minimum of Japanese conversation skills required for day-to-day living in Japan. Time is set aside in the final class for speeches in Japanese. We also offer more advanced classes. Some people continue on and are working hard to master Japanese.



Seminars

The IPMU hosts regular seminars every Wednesday at 3:30 and invites speakers from around the world. Information is posted on the IPMU website (<http://ipmu.jp/seminars>). One of the purposes of these regular seminars is to encourage researchers from different fields to understand each other's specialties. Separate seminars are also held for each research field. At present, seminars on particle physics and astrophysics are held every Thursday at 1:30pm, and on mathematics and mathematical physics

every Thursday at 3:30pm. All seminars are in English. Mathematics seminars are also held at the Komaba Campus.

The following is a list of seminars that have been held since June 18, 2008.

—IPMU Seminars

1. "Crossing the Wall: overcoming an Obstruction in Quantum Field Theory and String Theory"
Speaker: Andy Neitzke
Date: 18 June, 2008
2. "BPS Wall-crossing and Hyperkahler Geometry"
Speaker: Andy Neitzke
Date: 19 June, 2008
3. "Planar AdS/CFT wrapping it up"
Speaker: Sakura Schafer-Nameki
Date: 19 June, 2008
4. "IPMU, Mathematics, Physics, and Me"
Speaker: Hitoshi Murayama (IPMU)
Date: 20 June, 2008
5. "The Muon $g-2$ and the Bounds on the Higgs Boson Mass"
Speaker: Massimo Passera (INFN)
Date: 24 June, 2008
6. "Spin Foam Models of Quantum Gravity"
Speaker: J. Manuel Garcia-Islas (National Autonomous University of Mexico)
Date: 25 June, 2008
7. "TBA"
Speaker: Andrei Mikhailov
Date: 25-26 June, 2008
8. "Weak Scale Gravitino Dark Matter"
Speaker: Shigeki Matsumoto (University of Toyama)
Date: 26 June, 2008
9. "Galaxy Formation through Cosmic Time Using Cosmological Hydrodynamic Simulations: Successes and Current Issues"
Speaker: Kentaro Nagamine (U. Nevada)
Date: 2 July, 2008
10. "On Multiplier Ideal Sheaves on Toric Fano Manifolds"
Speaker: Yuji Sano
Date: 3 July, 2008
11. "Neutrino Oscillations in Non-spherical Supernova"
Speaker: Shiou Kawagoe (Tokyo)
Date: 10 July, 2008
12. "Drived Hall Algebra I, II, III"
Speaker: Jie Xiao, Fan Xu (Tsinghua University)
Date: 14, 18, and 21, 2008
13. "AdS/CFT Correspondence and Integrable Systems"
Speaker: Kazuhiro Sakai (Keio)
Date: 16 July, 2008
14. "Cosmology in Warped Extra Dimensions"
Speaker: Kenji Kadota (Minnesota)
Date: 17 July, 2008
15. "Partition Functions for Non-commutative Lattices"

- Speaker: Kyoji Saito (IPMU)
Date: 17 July, 2008
16. "Testing Inflation: Gravitational Waves, Consistency Conditions, and Bootstrap Relations"
Speaker: Latham Boyle (CITA)
Date: 22 July, 2008
17. "Joint Seminars on Cosmology and Gravitation"
Speaker: Latham Boyle (CITA)
Date: 23 July, 2008
18. "Lie Algebras Associated with Derived Categories I, II, III"
Speaker: Jie Xiao, Fan Xu (Tsinghua University)
Date: 24, 28 and 29, 2008
19. "Quasars from $z=0$ to $z=6$: Demographics and Clustering as Clues to Their Physical Nature"
Speaker: Michael Strauss (Princeton University)
Date: 24 July, 2008
20. "Symmetries and the Riemann Hypothesis"
Speaker: Lin Weng (Kyushu University)
Date: 28 July, 2008
21. "On a Drinfeld Modular Analogue of Beilinson's Conjecture"
Speaker: Satoshi Kondo (IPMU)
Date: 30 July, 2008
22. "Vertex Operator Algebra with C2-finite Conditions and Logarithmic Conformal Field Theory"
Speaker: Akihiro Tsuchiya (IPMU)
Date: 31 July, 2008
23. "Counting Invariants of Perverse Coherent Systems on CY 3-folds and Their Wall-crossings"
Speaker: Kentaro Nagao (Kyoto University)
Date: 4 August, 2008
24. "Introduction to Deligne-Lusztig theory"
Speaker: Shushi Harashita (IPMU)
Date: 11 August, 2008
25. "One-Loop Riemann Surfaces in Schnabl Gauge"
Speaker: Michael Kiermaier (MIT)
Date: 13 August, 2008
26. "Applications of Wide and Deep Multi-waveband Imaging in the Extragalactic Astronomy: Suprime-Cam to HSC"
Speaker: Hisanori Furusawa (NAOJ)
Date: 18 August, 2008
27. "Where is the Information in Cluster Lenses?"
Speaker: David M. Goldberg (Drexel University)
Date: 21 August, 2008
28. "Mass and Spin at LHC"
Speaker: Yeong-Gyun Kim (KAIST)
Date: 22 August, 2008
29. "A Singularity Problem with $f(R)$ Dark Energy"
Speaker: Andrei Frolov (Simon Fraser University)
Date: 28 August, 2008

—IPMU Komaba Seminars

1. "Quantum Topological Invariants and Black Hole Entropy"
Speaker: J. Manuel Garcia-Islas (National Autonomous University of Mexico)
Date: 30 June, 2008
2. "Symmetries and the Riemann Hypothesis"
Speaker: Lin Weng (Kyushu University)
Date: 28 July, 2008

Personnel Changes

Yasuhiro Shimizu, IPMU distinguished postdoctoral fellow, has taken a position as an assistant professor at the Tohoku University International Advanced Research and Education Organization, Institute for International Advanced Interdisciplinary Research. He was with the IPMU from April 1 to June 30, 2008. We wish him good luck in his new endeavors.

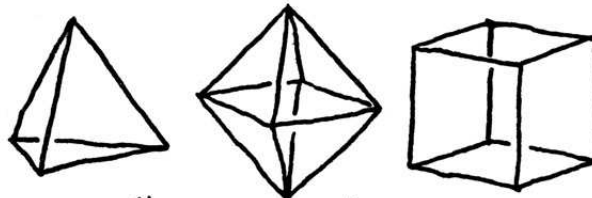
Corrections

IPMU News vol.2 News (p.22) "by the German Prime Minister" should be corrected to "by the German President".

Plato's polyhedra

Kyoji Saito Principal Investigator of IPMU

According to legend, Plato ordered the diagrams of five regular polyhedra to be displayed at his school, Academeia, because he recognized the harmony of the universe in their symmetry. These regular polyhedra are also called "Plato's polyhedra."



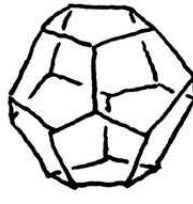
正四面体
Regular
tetrahedron

正八面体
Regular
octahedron

正六面体
Regular
hexahedron



正二十面体
Regular
icosahedron



正十二面体
Regular
dodecahedron

グローバルに成長するIPMU

IPMU 機構長

村山 斉 むらやま・ひとし

IPMUはとてもグローバルに成長しています。この秋には専任のメンバーのうち、半数以上が外国人になります。これは日本の研究機関では史上初めてのことだと思います。IPMUは世界中でかなり知られるようになってきました。外国の研究者が「イプムー」について質問しに来ると、何かすぐったい感じがします。もしかするとこの発音が定着するかもしれません。

グローバルと言えば、この号の表紙の主任研究員は非常にグローバルな考えを持っている人です。スタブロス・カサネバスはパリで働くギリシャ人で、ヨーロッパの17ヶ国の省庁にまたがるアスペラ (ASPERA) という連絡網をまとめている人です。そして彼の夢はもっとグローバルな実験計画です。世界に散らばった大きな実験装置を作りたいというのです。日本のスーパーカミオカンデ実験は地下に5万トンの水をたたえるタンクで大成功を収めました。更に大きな次の実験装置を作る相談は既に始まっています。しかしそんなに大きな実験装置を置く場所や資金は、なかなか簡単には見つかりません。実現には多くの国々の協力が必要です。スタブロスは実験装置自身もいくつかの部分に分けて、例えばヨーロッパ、日本、アメリカの一つずつ作ることを考えています。こうした今までの殻を破る前向きな考え方はまさに世界の科学の発展に必要なものです。彼のような人物がIPMUのメンバーにいて大変幸いだと思っています。

日本の宇宙飛行士、土井隆雄さんのインタビューは貴重な経験でした。土井さんは1.3トンの人工衛星を自分の手で捕まえ、操ったことで有名です。子供のときに星を見るのが好きだったことが宇宙飛行士への道

のきっかけだったそうです。実は宇宙飛行士としての厳しい訓練の合間に天体物理学の博士号を取られました。暗黒物質や暗黒エネルギーについて大変興味を持たれていて、インタビューをするのは私だったはずなのに何度か立場が逆転してしまいました。

IPMUのサイエンスはグローバルですが、またローカルでもあります。最近「宇宙に終わりはあるか?」という題で一般公開講座を企画しましたが、あまりに参加希望者が多くて二度同じ講演をすることになったほどです。私たちの研究で何が分かって来たのか、今どんな問題に取り組んでいるのか、一般の方に伝えていくのは研究者のとても大事なつとめだと思っています。このIPMUニュースもその一環として楽しんでいただければ幸いです。

Director's
Corner

天体素粒子物理学の グローバルロードマップに向けて

宇宙の基本的構成要素についての大問題

私たちは、これからなすべき仕事、得られるであろう新しいデータの豊富さ、という観点から非常に面白い時代に生きていると言えます。既に多くの成果が得られました。宇宙の密度と幾何学的構造、年齢、進化のパラメーターは高い精度で知られています。また、目に見える宇宙を形作る物質のもととなる粒子についての理解は、いわゆる素粒子の標準模型として驚くほど進みました。

しかしながら、私たちには宇宙の密度の95%を占める、目に見えない暗黒物質と暗黒エネルギーの正体がまだ分かっていないのです。21世紀初頭の私たちの宇宙に関する知識は、20世紀初頭のガスに関する理解にたとえることができます。私たちは宇宙の全体的なパラメーター、つまりその熱力学あるいは巨視的な物理については知っていますが、その基本的構成要素、つまり微視的物理学についての完全な知識にはまだ欠けているところがあるのです。

さらに、目に見える物質に関する私たちの理論はまだ完全ではありません。私たちは、理論が可能な最小のスケール（最大の相互作用エネルギーと等価）まで整合性のとれたものかどうか知る必要があります。この点、標準模型を拡張した理論が暗黒物質と最小のスケールへの適用という両方の難問にエレガントな解答を提案していることには勇気づけられます。また、理論は異なる種類に見える相互作用の統一を予言し、一連の現象、例えば陽子の有限の寿命あるいはニュートリノの性質、が最小のスケールへ達する手段となることを示

唆します。

天体素粒子物理学の幕開け

天体物理学においては、激変天体現象である星の死や合体を通じて銀河の形成や進化を決定し、最大のスケールに影響を及ぼすメカニズムについて段階的に理解が進んでいます。ここでは天体物理学は、そのメカニズムを理解するため、また星からの新しい情報を検出するために、素粒子物理学の助けを借りる必要があります。新しい種類の観測は光学望遠鏡および電波望遠鏡と相補的であり、天体物理学の対象を探るため、高エネルギーの光子、ニュートリノ、荷電宇宙線、あるいは重力波を用います。

稼働中の検出器から得られた、強い影響力を持つ最近の一連の結果によって、この分野は形を変えつつあります。それらの結果は高エネルギーガンマ線天文台（H.E.S.S, MAGIC, CANGAROO 及び VERITAS、それに間もなく GLASTが加わる）、高エネルギー宇宙線観測所（AUGER）、および地下検出器（スーパーカミオカンデ、カムランド、Borexino）から得られました。

他の観測所で最近完成したもの、あるいは完成間近なものにニュートリノ望遠鏡のICECUBE（南極）と ANTARES（地中海）、重力波アンテナのVIRGOとLIGOがあります。暗黒物質とニュートリノ質量の探索は、数年のうちに感度が大きく飛躍することが期待できる時期にさしかかりました。T2K、DCHOOZ、DAYA-BAYなどのニュートリノ実験プログラムは、次の2010年代初めまでにニュートリノの性質を表す行列

で欠けている部分を完全なものにしましょう。素粒子物理学と宇宙論の最重要プロジェクト（2008年開始のLHCと2009年開始のPLANCK）は全分野に大きなインパクトを与えることでしょう。

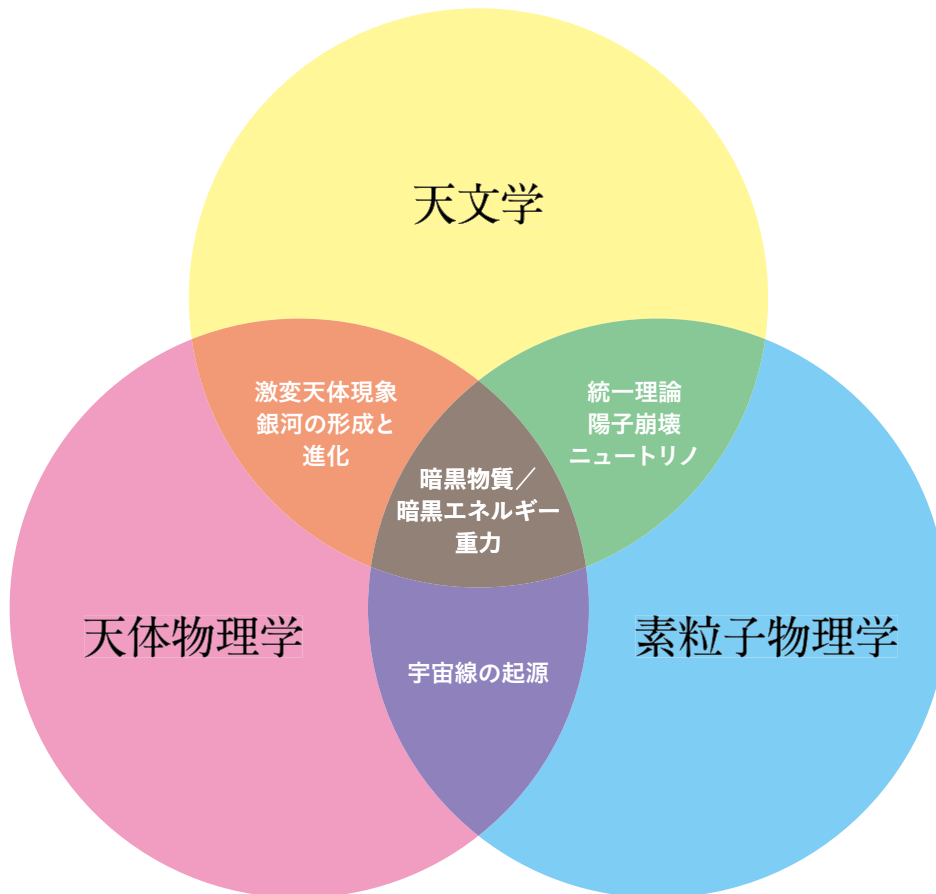
これらのデータを統一的に解析を行うことによりのみ、私たちの科学的世界像を進歩させることができるということは広く理解されているところです。この問題への分野を越えたアプローチは素粒子物理学、天体物理学、及び宇宙論の最前線の学際領域を形成し、それは時には天体素粒子物理学と呼ばれます（図1を参照）。天体素粒子物理学の由来を20世紀初頭の宇宙線の発見にたどることもできますが、多くの人たちはニュートリノによる超新星1987Aの観測（小柴教授が2002

年にノーベル賞を受賞）が新しい「天体素粒子物理学」時代の幕開けと考えています。

欧州の今後の実験計画

私はこれまで、上に述べた研究課題の色々な面に関わって来ました。まず標準模型の（私の感覚では）最も整合性のとれた拡張である超対称性の現象論的並びに実験的研究に対して寄与してきました。特に、私はCERNのLEP実験での超対称性の解析で、ほぼ全体的にその感度を評価するために使用されたモンテカルロ事象発生プログラム¹の著者の一人です。また、私はCERNからグランサッソへの長基線実験用二

図1 3つの学問分野の最前線と重なる天体素粒子物理学の主な研究テーマ



Feature

ニュートリノビームラインの設計、ニュートリノ振動実験OPERA、及び高エネルギーニュートリノ望遠鏡NESTORに大きく寄与してきました。2002年からは、フランス国立科学研究機構(CNRS)の国立原子核・素粒子物理学研究所(IN2P3)で天体素粒子物理学とニュートリノ物理学担当の副所長を務めています。

また、2006年から私はASPERA²の企画調整を行っています。ASPERAとは、欧州の研究機関が加わる組織で、各国の天体素粒子物理学に関する計画を取りまとめることを目的とし、欧州連合(EU)によって予算を措置されています。ASPERAはこれまでに欧州14ヶ国の研究資金援助のメカニズムを比較調査し、一例として次のようなことが分かりました。欧州ではこの分野で2,300人の研究者が活動し、毎年約7,000万ユーロが資本的支出として費やされ、(人件費を加えた)全支出では1.86億ユーロ/年となります。面白いことに、ざっと試算してみたところ、米国も同程度であることが分かりました。また、ASPERAはこれらの計画に参加国が協調して資金援助するメカニズムについても調査しています。しかし、主な仕事は将来の地上あるいは地下の天体素粒子物理学研究施設について、10年間のアクションプランを描くことなのです。これら研究施設について間もなく報告書が出版されますが、以下、簡単に紹介することにします。



図2 2007年9月にアムステルダムで行われたASPERAワークショップでのラウンドテーブルディスカッション。グローバルな協力の調整法について。左から J. Dehmer (NSF/US), A. Coates (STFC/UK), R. Staffin (DOE/US), T. Berghoefier (BMBF/Germany), R. Blandford, C. Spiering, J. Zinn-Zustin (CEA/France), S. Katsanevas (立って司会), J. Ellis (CERN)

高エネルギーの観測所の分野では、優先度の高い計画は高エネルギーガンマ線のチェレンコフ望遠鏡アレ- (CTA) と高エネルギーニュートリノ望遠鏡のCubic Kilometre Network (KM3NET) です。これらは現在の測定器の感度を約10倍に拡張するもので、2012年には建設を開始することも可能と思われます。また、欧州の物理学者は、AUGERより大きい観測施設が、できれば北半球で国際的な背景のもとで実施されることを熱望しています。

地下観測所の分野では、今から2年以内にはっきりさせるべき描像があります。特に暗黒物質の探索では、1トン級あるいはそれ以上で低バックグラウンド、かつ暗黒物質に対して 10^{-10} pbの感度に到達可能な測定器1台あるいは相補的なもの2台を稼働させる必要があります。現在、段階的に進展が図られていますが、2010年から2011年頃に異なる測定技術の間の優先順位付けが行われます。ニュートリノ質量に関しては、1トン級で逆階層の場合の有効質量領域を探索可能な2重ベータ崩壊実験を、1つあるいは2つ建設し稼働させることを目指します。2013年頃に建設についての決定を下すことができるものと思われます。

また、陽子崩壊、ニュートリノの性質、および低エネルギーニュートリノ天体物理学の研究のために100万トン級の測定装置を建設する必要があります。この測定装置は長基線実験で加速器からのニュートリノを検出するための理想的な標的ともなるでしょう。カミオカンデ及びスーパーカミオカンデにより水チェレンコフの技術は十分に確立していますが、そのほかに液体アルゴンと液体シンチレーターの技術の開発が進められています。欧州の科学者は、欧州連合の資金援助による設計調査LAGUNAのもとで協力して研究を進めながら、3つの技術全部を追求しています。どの技術を採用するか、どこに立地するか、また世界中でどのように経費を分担するかによりますが、2010年代の半ばまでには建設を開始できるものと思われます。

重力波天文台の分野では、短期的には現在の世代の重力波検出器、なかでも“advanced VIRGO”の改良



図3 ヨーロッパの地下研究施設の分布。大きなもの、小さなもの、あるいは将来の努力目標を含む。

が優先されますが、長期的には巨大な地下重力波検出器、アインシュタイン望遠鏡が最優先とされます。その建設は、現在の重力波検出の世界的ネットワークがおそらく2016年から17年頃に最初の発見をした後になるものと思われる。

上述の観測装置に対する次の10年間の投資額は、研究開発費、現在実施中の実験の維持費、及び小型のプロジェクト経費25%を含めて約10億ユーロと見込まれます。これは欧州で現在利用可能な研究資金からの予測の50%増しとなります。

全世界の協力を呼びかける

忘れてならないことは、欧州がロードマップを描く唯一の大陸ではないことです。同様の努力は米国とアジアにも存在します。これらは全て将来の基盤施設という目標に向けて収束するのです。科学と予算の問題は全世界的な調整を必要とします。重力波天文台の例に倣えば、全世界的な組織を形成することも期待できるのではないかと思います。あるいは、これらの測

定器の多く（特に地下実験室に設置されるもの）は単独で機能するモジュールなので、これらのモジュールが異なる大陸に建設・設置され、しかし全体的には1つの組織として機能することが考えられると思います。これらは「中規模」の計画であり、異なる大陸に公平に分布させることは交渉可能です。その際、それぞれの国の優れた分野は尊重されるべきです。例えば、全世界的な100万トン級測定器の計画で日本が主役を努めないということは想像できません。

この調整に向けての準備段階としてASPERAはこの9月にブリュッセルで国際会議を主催します。ここで上に述べたような機会について議論がなされ、日本の状況についてはIPMUの機構長が報告します。この議論はOECDのグローバル・サイエンス・フォーラムの枠組みの中で継続されます。それは全世界の協力という野心的な夢ですが、成功すれば得られるものは大きく、確実に努力する価値があると私は固く信じています。

文献：

¹SUSYGEN 2.2: A Monte Carlo event generator for MSSM sparticle production. S. Katsanevas, P. Morawitz, Comput. Phys. Commun. 112: 227-269, 1998

²For more details see www.aspera-eu.org

シメオン・ヘラーマン Simeon Hellerman 専門分野: 理論物理学

IPMU 准教授

私は、時空の短距離構造が重要となるような状況（例えば初期宇宙）における重力のダイナミクスを研究しています。その手段として、重力の存在と量子力学の不確定性原理を統一した唯一の力学系であるストリング理論を用いています。

最近では、宇宙論的状況下において、ストリング理論の多様な相および異なる相の間に起こる転移を分類して精密に調べ上げる研究を行いました。これらの相転移は、理論の幾つかの特徴を劇的に変化させます。例えば、時空の次元数が変わることが可能です。また、相転移が超対称性という極めて安定な種類の秩序を回復させたり、あるいはストリングの力学的性質が完全に変わってしまったりするかもしれません。

この異なる相の間のネットワークによって初めて、



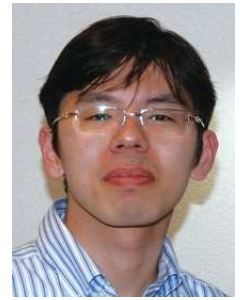
知られている全てのストリング理論を（本質的に宇宙論的なダイナミクスを通して）統一して理解できることが分かりました。

高柳 匡 たかやなぎ ただし 専門分野:理論物理学

IPMU 准教授

我々の世界を電子やクォークといったミクロな立場で理解するには量子論が必要になりますが、一方、宇宙や天体のようなマクロなスケールを記述するのは一般相対論です。この両者を統合することは、宇宙の起源を明らかにすると期待され、理論物理の究極的な目標の一つです。これを実現する理論（量子重力理論）の最も有力な候補が超弦理論なのです。ですから、私は、「超弦理論は量子重力理論として新たに何を予言するのか」を研究しています。

例えば私達は、完全に安定で厳密に解け、かつダイナミクスのある量子重力理論を初めて構成しました。これは、時空が二次元と低次元で、現実と比べるとかなり単純ですが、すべてを厳密に計算できる現在ほとんど唯一のモデルであり、タイプゼロ行列モデルと呼ばれています。これを用いると複数個の宇宙を同時に記述



したり、それらを量子力学的に重ね合わせるといったことも可能です。

最近、量子情報理論で重要なエンタングルメント・エントロピーという量が量子重力理論でどのように役立つのか研究しています。特に、量子情報理論の様々な性質を微分幾何学的に理解することに成功しました。また、この成果はブラックホールのエントロピーの量子力学的解釈にも役立ちます。

吉田直紀 よしだ なおき 専門分野:天体物理学

IPMU 准教授

大規模コンピューターシミュレーションを用いて宇宙の構造形成の理論的研究を行なっています。最近、特に初期宇宙での天体形成に着目し、宇宙最初の星がいつ、どのようにして生まれ、それまで暗黒だった宇宙をどのように照らしたのかについて明らかにしてきました。宇宙初期の天体形成については、2010年代の天文観測によって多くの事が明らかになると期待されており、その準備となる理論研究を行なっています。また、標準宇宙モデルに基づく高精度の数値シミュレーションから模擬観測カタログをつくり、進行中あるいは計画段階の大規模銀河観測プロジェクトのための研究も行なっています。誕生初期から現在の宇宙まで、そして星から宇宙の大規模構造にいたるまで、多様な天体の形成の歴史を解き明かすことが大きな目



標です。IPMUでは興味の対象をさらに広げて、暗黒物質や暗黒エネルギーの謎について天体物理学のアプローチによって挑みたいと考えています。

Our Team

コシモ・バンビ Cosimo Bambi 専門分野:理論物理学

博士研究員

大まかに言えば、私は初期宇宙の物理、一般相対論の検証、および重力と素粒子物理の間の関係の研究に関心を持っています。現在は、物質の重力崩壊で到達する最後の状態は何かという問題に大変興味を持っています。一般相対論の枠組みと一見合理的な仮定の下ではブラックホールが形成されると期待されます。しかし、厳密に理論的な観点からは、ブラックホールは新しい物理を要求する挑戦的な問題であり、一方、天



体物理学的観測では未だにその存在を明確には確認できていません。

デイミアン・イーサン Damien Easson 専門分野:理論物理学

博士研究員

私の研究対象は素粒子物理学と宇宙論に共通するトピックであり、量子重力やスーパーstring理論における発見を利用して、宇宙の起源に関する根本的な問題に対する解答を追求しています。とりわけ興味を持っているのは、宇宙マイクロ波背景放射と宇宙の大規模構造の観測から得られる宇宙論的なデータを用いて、新しい物理の証拠を見いだすことです。現在の研究プロジェクトには、インフレーションモデルの構築、



暗黒エネルギーの正体の発見、重力理論の修正と加速膨張宇宙、空間の余剰次元は何を意味するか、暗黒物質とブラックホールの量子的側面、などがあります。

李微 リー・ウェイ 専門分野:理論物理学

博士研究員

私の研究はstring理論、特にその量子重力の側面に焦点を合わせています。ビッグバンの特異点は別として、ブラックホールは重力と量子物理の間で矛盾とはいえないまでも最も強い食い違いが存在する対象です。それゆえstring理論の持つ力を全面的に検証し解き放つのに最適な舞台を提供してくれます。従って私はstring理論を使ってブラックホールを微視的に理解する方法に興味を持っています。また、最



近3次元量子重力のToyモデルを研究していますが、これにより高次元の量子重力に関して何らかの洞察を得ることを期待しています。

野沢貴也 のざわ・たかや 専門分野:天文学

博士研究員

私は、宇宙初期におけるダスト（固体微粒子）の進化の研究をしています。宇宙空間に存在するダストは、星の光を吸収し熱放射として放出するため、観測から宇宙の進化を考察する際に決定的な影響を及ぼします。私はこれまでに、宇宙初期の超新星爆発時に形成されるダストの組成やサイズ分布、形成量や衝撃波により加熱されたガス中でのダストの破壊効率を明らかにしました。現在は、ダストの形成と破壊の素過程を



整合的に取り扱った初期宇宙におけるダスト進化モデルを構築し、ダストが観測に及ぼす影響を解明しようとしています。

ブライアン・パウエル Brian Powell 専門分野:宇宙論

博士研究員

私の主たる研究対象はインフレーション宇宙論で、観測から得られる帰結と理論的な起源の解明の両方に興味があります。最近のCMB（宇宙マイクロ波背景放射）とLSS（宇宙の大規模構造）のデータを用いて、パラメーターによらない方法でインフレーションのパワースペクトルに制限を与える可能性について研究しました。量子揺らぎを数値的に積分するフローフォーマリズムは、データがスペクトルに対して最も弱い制限を課す



スケールを見極めるための有効な手段です。また、私はパラメーター推定およびモデル選択の両方について、インフラトンポテンシャルに直接ベイジアン解析の方法を応用することにも興味を持っています。

王 凱 ワン・カイ 専門分野:理論物理学

博士研究員

標準模型は数百GeVのエネルギー領域までの豊富な実験事実の説明に、際だった成功を収めています。しかし、標準模型の彼方を示唆するヒントも未だ数多くあります。私達は依然としていくつかの基本的な疑問を解明しなければなりません。例えば、電弱対称性はどのように破られるのか、またヒッグスポソンは存在するのか；理論の基本的スカラー粒子が電弱スケールに存在することが自然であるのはなぜか；暗黒物質は何からつくられるのか；ニュートリノの質量がこんなに小さいのはなぜか、などです。これらの疑問が私の



研究の動機となっています。もうすぐLHCが稼働を開始すれば、TeVスケールの物理を探究する最高の機会が訪れます。私の研究は、LHCの現象論、とりわけ標準模型を超える新しい物理のシグナルに焦点を合わせています。

Our Team



IPMU Interview

土井隆雄宇宙飛行士に聞く

聞き手：村山 斉

1.3トンの衛星を 宇宙でつかんだ感触は？

村山 土井さんと言うと、スペースウォークをされて、スパルタン衛星を素手で回収されたことが非常に印象に残っているのですが、ああいうふうに出るというのは、怖くないものですか？

土井 地上で何度も船外活動の訓練をしていますので怖さはないのですが、やはり危険と隣り合わせですので、仕事以外にも細かなところまで注意していないといけない。そういう意味では集中力が必要で、肉体的にもきつい作業です。

村山 なるほど。あれは非常に離れ業という感じがしたのですが、実際に素手でつかまえた瞬間というのは。

土井 非常に軽く感じましたね。

土井隆雄さんは1985年にNASDA（現JAXA）の有人宇宙実験プログラムのベイロードスペシャリスト（PS：搭乗科学技術者）として選定され、以来、日本人宇宙飛行士として活躍しています。1996年にはNASAとNASDA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、1997年にスペースシャトル・コロンビア号に搭乗、日本人宇宙飛行士としてはじめての船外活動を行いました。また、2008年3月には「きぼう」日本実験棟の打ち上げでスペースシャトル・エンデバー号に搭乗しました。東京大学工学部航空学科を卒業して大学院に進み、1983年に宇宙工学で博士号を取得、さらに米国のライス大学でも天文学を研究し、2004年に博士号を取得しました。

スパルタンは約1.3トンありますから、中型車くらいの重さです。シャトルが毎秒5cmくらいで近づいている、その慣性があるわけで、つかんだ瞬間だけ「ズシッ」という重さがありました。あとは回転させたり、姿勢を直すのは非常に軽かったですね。

村山 物理法則からすればそれは当然ではありますけど、不思議ですね。

土井 本当に不思議です。ただ、それだけ質量があるので、速く動かしてしまうと自分でコントロールできなくなる可能性もあったわけです。そのへんはやはり注意して、スコット宇宙飛行士とちゃんと同じ方向に同じスピードで回転したり動かすような練習をしました。

宇宙へ行ってさらに増した 宇宙への興味

村山 なるほど。宇宙飛行士になりたいと思われたきっかけについて伺いたと思います。

土井 小学生の時から自然に興味を持っていて、魚釣りや昆虫採集のように外で遊ぶことが好きな少年でした。星に目覚めたのは中学に入ってからです。最初は一番やりやすい太陽の黒点観測でした。中学3年生の時のアポロの月着陸はやはり非常に印象に残っています。アームストロング船長が月の上を歩くのをよく覚えています。その頃から宇宙に興味を持ちはじめたとい

う感じですよ。

村山 天体観測はずっと続けられていたわけですね。

土井 ええ、太陽から始めて、だんだんと夜のほうに行きました。その頃天体写真が流行りはじめて、自分もきれいな写真を撮って見ようと思い、あちこちへキャンプに行ったりすごく楽しんでいました。

村山 超新星も発見されたということですね。

土井 超新星発見はもっとずっと後の話になります。最初は太陽の黒点観測、それから肉眼でいろいろな天体を楽しんで、その後に天体写真に移っていくのですが、それをずっとやっているとなんとなく物足りなくなってきました。自分でもう少し宇宙のことを知りたいと思い、違うことをやろうとして超新星の観測を始めたのです。それはずっと後で、私が30代後半くらいになった時ですね。

村山 宇宙飛行士になられてから、さらにまた天体物理学の学位を取られるために大学に入られたわけですね。

土井 ええ。私は第1回目のフライトで先ほどのスパルタン衛星をつかんだり、いろいろな経験をしました。それまでは宇宙というものに興味があってアマチュア的に楽しんでいましたが、やはり自分自身でもう少し専門的に宇宙のことを知りたいと思うようになりました。ミッ

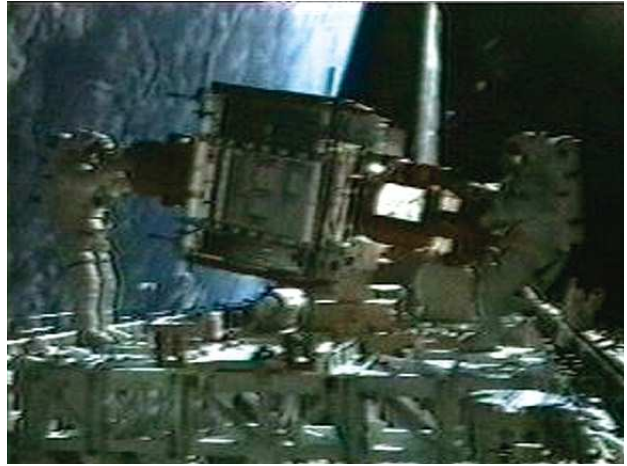
ションの後で少し時間的な余裕があったので、天文学をもっと勉強しようとライス大学に入りました。

村山 その間の論文をひとつ見つけました。『アストロフィジカル・ジャーナル』に載ったハッブル望遠鏡のフィルターの較正です。

土井 それは第1番目の論文ですね。オリオン星雲の解析にすばらしく情熱を持っているポプ・オデール先生が私の指導教官になってくられまして、彼と一緒にいろいろな観測をしたり、データ解析をしました。ポプ・オデール先生は、実はハッブル望遠鏡のプロジェクト・サイエンティストで、最初のハッブル望遠鏡を造ったサイエンティストのチームの指導的な立場にいた方なのです。彼の指導で、まずその頃少し問題のあったフィルターの較正をやってみようということになりました。

村山齊さんは数物連携宇宙研究機構の初代機構長で、素粒子理論の世界的なリーダーの一人であるとともに、基礎科学分野における若き指導者の一人でもあります。1991年に東京大学で博士の学位取得後、1993年以来アメリカ在住でしたが、今年1月に帰国して機構長に就任しました。





左 スバルタンへの接近を待つ土井MSとスコットMS（右側が土井MS、提供：NASA/JAXA）
右 スバルタンをつかむ土井MSとスコットMS（右側が土井MS、提供：NASA/JAXA）
いずれもビデオから切り出した映像

村山 その後はどういう研究をされたのですか。

土井 オリオン星雲です。あそこでは若い星がいっぱい誕生していますがそこからジェットが飛び出しています。そういうジェットと分子雲との干渉によって、衝撃波ができます。その衝撃波は非常に複雑な構造をしていて、それがまたオリオン星雲の成り立ち、また、その構造にも関係しています。その衝撃波の観測と解析をボブ・オデール先生と行いました。時間が経つと衝撃波が動いていきますから、非常に精度よく撮れた写真があれば、5年とか10年するとその位置が変わり、その時の速度を出せます。ハッブル望遠鏡の撮った写真を使ってみると、地上観測の10倍の精度で速度が測定できました。

村山 その時には、かつて学んだ航空工学の流体力学の計算などがずいぶん役に立ったわけですね。

土井 そうですね。ジェットと周辺ガスとの干渉から衝撃波ができ、その衝撃波の構造の解析に、私が大学時代に学んだ流体力学

の知識が非常に役立ちました。

わからないからおもしろい
ダークマター

村山 なるほど。超新星の観測と言いますと、最近では超新星を使って宇宙の膨張などを観測しています。暗黒エネルギーもはっきり数字が出たわけですが、超新星のどのへんに興味をもっておられたのでしょうか。

土井 私が観測できるような超新星というのは、おとめ座銀河団など比較的近い銀河で発生するもので、残念ながら宇宙の膨張までは行きません。私が一番興味を持ったのは、超新星によって、星の中で生成された重い物質が宇宙空間に広がっていき、惑星や生命が生まれたことです。その一連のプロセスは非常にうまくできていますよね。そこに宇宙の神秘を感じました。じゃあ超新星を探してみようかと思ったわけです。

村山 では、宇宙への興味というのは、自然界の輪廻じゃないけれど、巡り巡るそういった姿への興味が、一番強かったのでしょうか。

土井 そうですね。自分が最初に宇宙に興味を持った時には、まず月とか火星とかそういう惑星に行って、自分の目で存在を確かめたい、また、生命があるならば探してみたいと思いました。その後、生命を創り出す宇宙の生い立ちとか宇宙の構造そのものに強く引かれるようになったわけです。

村山 そこらへんは非常に進歩してきていて、徐々に、宇宙がどうやって今の姿になってきたかというのがわかるようになってきたなという感じですか。

土井 最近の天文学は、ダークマターとか暗黒エネルギーとか、人間が見える物質が4%しか存在していないとか、非常に不思議です。そういう世界って想像するのは本当に難しいですね。暗黒エネルギーというのはどこから出てくるのか、いったいどういうものなのかというのは、専門家の間では何かアイディアはあるわけですか。

村山 まったくわかっていません。

土井 それは非常におもしろいですね。

村山 説はたくさんあるのです

が、なかなかまだ「これ」という解答はないのです。

土井 ダークマターが23%ですか、それだけあるのだったらこの地球がある惑星系の中にもダークマターは存在していると思っただけです。

村山 ええ、存在しています。

土井 私たちはロケットを飛ばしたりいろいろことをしていますが、実際にそのロケットなどを飛ばす軌道計算をするときにダークマターの存在は気にしないですね。ダークマターというのは重力を及ぼすはずで、そのへんに矛盾があると思うのですが、それはどうなのでしょう。

村山 地球からロケットなどを打ち出す時には、ダークマターは確かに気にならないですが、地球の入っている太陽系自身が銀河の中で秒速220kmという超高速でぐるぐる回っているわけで、そんな速さで回れるのは、ダークマターが銀河の中にあって引き留めていてくれるからです。だから、実際にこの身の回りにたくさんあるはずなのです。

土井 あるはずだけど、見えない。それが非常に不思議ですね。

村山 ダークマターは我々の体もしょっちゅう通り抜けているわけですから、地下に潜っても岩を通して簡単に入ってきます。それがたまに検出器とコソソとぶつかるのを探そうという実験をIPMUでやろうとしています。年に2、3回ぶつかってくればめでたいくらいの話なのですが、そういう形でダークマターの正体が突き止められればなと期待しています。

土井 やっぱり、今まで人間が知らないような物質、素粒子、そういう可能性が一番強いですか。

村山 ええ。そういうふうに考えられていますね。本当のところはまだわからないわけですけど。

土井 急にになにか新しい世界観が生まれたような気がしますが、それと同時に、今まで私たちがやってきた天文学が、いわゆる4%の世界しか宇宙を見ていなかったことになり、それは非常にショックです。おもしろいと言ったら、おもしろいのですが。

村山 非常におもしろいです、本当に。なんとかそれを突き止めてやりたいのです。

土井 期待しています。

身近な自然を知ってから
宇宙を学んでほしい

村山 これからは、日本の実験棟「きぼう」を使って宇宙ステーションの中でサイエンスということになると思うのですが、

土井さんから見て、これから宇宙を使って科学をしていくにあたり、どういう方面が一番大事になっていくと思いますか。

土井 そうですね、ひとつは宇宙実験です。「きぼう」ができましたので、日本の研究者も短期間に安く宇宙空間の特性を利用できるということで、生命科学とか材料実験、いろいろな宇宙空間での物理現象について成果が上がってくると思います。日本では20年近く前から宇宙実験をやっていたのですが、スペースシャトルのミッションを使うため、時間がかかりすぎていました。

もうひとつ、この「きぼう」の特徴というのは、いわゆる船外実験パレットです。そこで光学望遠鏡、X線望遠鏡、それから地球のオゾン層を常に観測するような観測装置を使い、地球の大気の外に出ているいろいろな観測、また実験ができるようになります。ハッブル望遠鏡のような宇宙望遠鏡を人間のいる施設に置く、そうすると、こまめにいろいろな観測装置を取り替えたり、操作したりすることができるところが、非常に大きな特徴だと思います。

村山 実際に宇宙飛行士としての生活をされていて、またご自分の研究テーマもあって、その両立というのはどのようにされているのですか。

土井 両立はなかなか難しいで

すね。宇宙飛行士の仕事というのは、ミッションにアサインされるのがだいたい1年から1年半前ですが、それにアサインされるとミッションのための仕事になり、自分の研究は100%やめなければいけません。ミッションにアサインされていない時期も、やはり通常の訓練をしなければいけない。またNASAの仕事もあるので、自分の研究は余暇の時間を使うということになり、両立するというのは難しいかと思います。

私が非常に幸運だったのは、最初のミッションの後で、週に1日だけでしたが自由に大学で勉強するというのをNASAのほうで許してくれたことです。

村山 では、週に1日だけで学位を取られたのですか？

土井 そうです。でも毎晩家では、遅くまでデータ解析をしていました。

村山 それはすごいですね。こういう研究をやろうとしていると、科学への興味を特に若い人にかき立てたいと思いろいろなことをするわけですが、どのように若い人を科学、それから宇宙というテーマに引きつけていったらよいのでしょうか。

土井 私が小さい時に科学に興味を持った時のことを考えると、最初から若い人たちに難しいことを押し付けても、やはり難しくすぎて逆に反発して離れていってしまうと思います。段階を踏

んでいくのが重要なことだと思います。たとえば小学生の時に宇宙と言っても、望遠鏡を買ってお小遣いも少ないだろうし、その頃はやはり自然一般の昆虫採集くらいでいいですよ。

村山 うちも望遠鏡は買ってもらえなかった。(笑)

土井 私も中学に行って初めて望遠鏡を自分のお小遣いで買ったのですが、そうやって段階を踏んでいく方がいいと思うんです。宇宙だけ知っているというよりは偏っている。地球、自然、生命、そのへんを子供たちはまず知っておかなければいけない。自分で実地体験しないといけない。本の上だけの勉強ではだめなのですね。それから

中学、高校でも少し世界を広げて、地球の回りの宇宙空間とか、ビッグバンなどが理解できるようにになったら、段階を追うごとに勉強に役立つような本や教材などをうまく提供できれば良いですね。たとえば先日、私は国立天文台に行って、初めて太陽系や宇宙に広がる銀河団の3次元ムービーを見てきました。このように宇宙を体験し感動できる場ができて来ています。

村山 あれはすばらしいですね。

土井 ああいうものをもっとブラネタリウムやいろいろなところで見られるようになったら、すばらしいと思います。

村山 わかりました。どうもありがとうございました。

ムーンシャイン(月影)研究会

齋藤恭司 さいとう・きょうじ

IPMU主任研究員／研究会組織委員代表

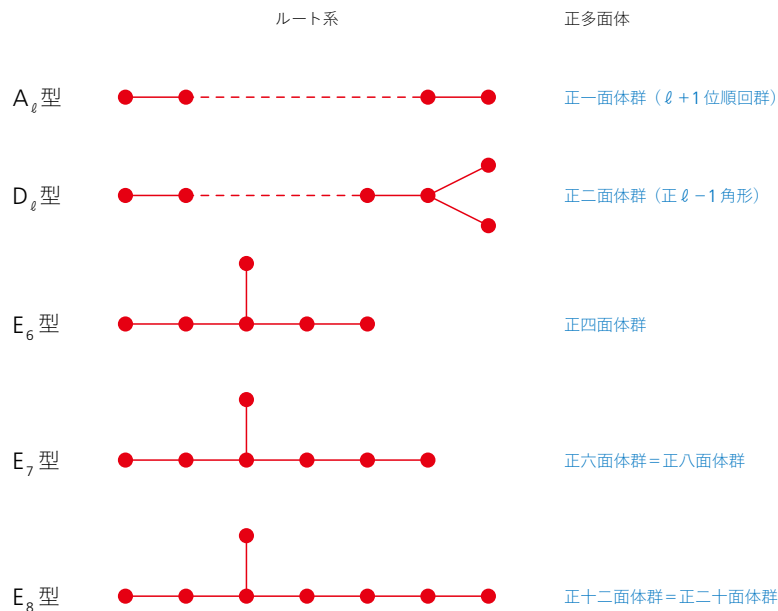
人が世界を認識するとき、一つの手がかりになるのは対称性です。例えば人の顔は左右対称であるとか、丸い花は(上から見て)回転対称であるとかです。中でも有名なのは、本冊子の裏表紙に掲げる正多面体の持つ対称性でしょう。プラトンがこの対称性に宇宙の調和を見て取り、それらを彼の学園アカデメイアに掲げさせたとされています。驚くことに、人類がこの対称性を認識したのはそれより遥かに古く、スコットランドにある新石器時代の遺跡から、正多面体の対称性を象った丸い石が発見されています。

しかし、対称性が数学的にはっきりと群という概念(結合法則を満たし単位元を持ち、かつどの元も逆元を持つような演算体系)により定式化されたのは、ずっと時代が下り1800年代初めの頃で、特に1832年5月わずか20才数ヶ月で決闘に倒れたガロアがその前夜書き残した手稿では、群の正規部分群の概念を導入して代数方程式の可解性を完全に解明するに至っています。更にガロアはその手稿の中で、群の概念をアーベル積分の置換に応用することを示唆しています。

上記ガロアにより始まった群の構造的研究は、その後クラインやリーらにより1870年頃から幾何学にも

応用されはじめ、特に1888年に始まるキリングやカルタンらによってなされた単純リー群(正確にはその中で単純織と呼ばれているクラス)の分類表は、正多面体の分類表と1対1に対応することが知られています。(対応のさせ方は何通りも知られています。特に、正多面体群の指標を用いる方法はMcKay対応と呼ばれています。)以下に、その対応表及び単純リー群を分類する際に用いられるDynkin図式というものを掲げておきます。

これとは独立に、単純群(正規部分群を使ってそれ以上分解できない群)も多くの研究者により研究され、最終的には2004年に有限要素からなる単純群の分類が完成されたとされています。その分類表には、単純リー群を用いて記述される群を含むいくつかの無限系列の群の他に、散在的に登場する群が26ほどあります。その散在群の中で一番大きい群がモンスターと呼ばれているものです(Conwayに依る命名)。もしもモンスターが存在するなら196883次元の空間の対称性として実現できることがConway、Norton、Griessらにより指摘されましたが、最終的にGriessが196883次元の非結合的な可換代数を構成し、モンスターはその対称性(自己同型群)として存在が確定したのです。



McKayは1979年に、その問題となっている数 $196883 + 1$ が楕円モジュラー関数 j のフーリエ展開 $j(z) = q^{-1} + 744 + 196884q + \dots$ の係数として登場することを指摘しました。これがMcKay Observationとして著名な発見です。楕円関数論は、1740年代のオイラーの仕事に由来して発展してきた、数学の中でも由緒ある重要な一分野ですが、それとモンスター群とが密接に関係する（かもしれない）ということで大きな反響を呼び起こします。これをきっかけにして、モジュラー関数のフーリエ係数が注目されることになり、モンスター群の共役類から楕円モジュラー関数及び群への対応（Conway-Norton対応、1979）やその事実の vertex operator algebraによる説明（Borcherds）等、矢継ぎ早にMonstrous Moonshineの名前で呼ばれる驚くべき一連の発見が続きます。

柏で行われたMoonshiney研究会は、McKayを中心にConwayやGriessらMoonshineをめぐる当事者達の集まる、気迫に満ちたものでした。私としてはMoonshine研究の新たな動きを告げるMcKay氏の講演、更に「もう一つのMcKay対応」（モンスター群の中のFischer Involutionの積の共役類達が E_8 型Dynkin図式を形成する）を対応する楕円モジュラー群を用いて説明しようとしたDuncan氏の講演に心惹かれたのでした。人類に古くから知られてきた正十二面体対称性からはじまり、 E_8 型の対称性を経て、新たに登場したモンスター群の対称性となってきた進化の流れが、更に将来、宇宙の最も深い所に現れる対称性に連なっていないだろうかと夢想するのは楽しいことです。

（本稿の作成にあたり、松尾厚氏及び宮本雅彦氏のご協力を得ました。）

IPMUを訪れた手品師数学者、 ジョン・ホートン・コンウェイ

シュボーン・ロバーツ Siobhan Roberts

最近、東京で浅草寺を訪れた際、私は一時的に科学的合理性を棚上げしておみくじを引いてみた。その言葉の中に、「高名なる人の知遇を得れば、一生の職業、安寧なり。」とあった。妙なことに、これは私が日本に来た一番の目的を良く言い表している。私は伝記を書くための調査でジョン・ホートン・コンウェイを追いかけて回っていたが、彼は5月にIPMUで開催されたMoonshineワークショップで基調講演を行ったのだ。

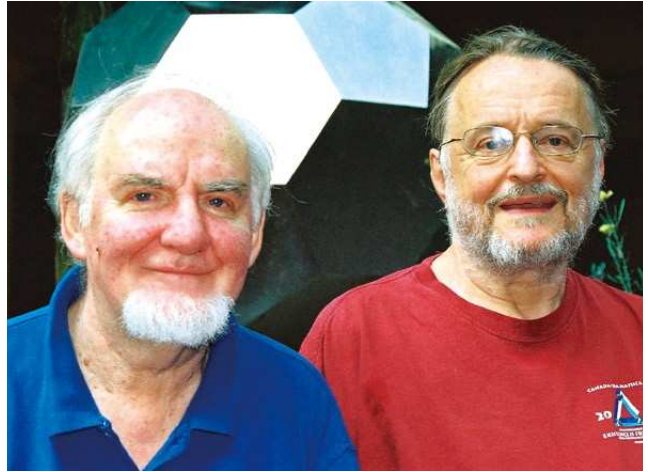
コンウェイはプリンストン大学で数学のジョン・フォン・ノイマン教授職を務めているが、「手品師数学者」(“mathemagician”)という方がもっとふさわしい類の数学者である。彼の手練の技の一つは次のようなものだ。(四角に曲げた*¹)ワイアハンガーのフックの先端に1セントコインを平らに置いてバランスさせ、(フックと反対側の角にかけた指を中心に*¹)一気にハンガーを回転させながら頭上にもって行く。そのままヘリコプターの回転翼のように勢よく回した後、徐々に回転をゆるめて止めてみせる(コインが落ちなければ—実際、コインを落とさずに止めるにはかなり修練を要する*¹)。彼は毎年決まって子供たちの夏の数学キャンプに参加し、この技をやってみせる。

「モンスター」などという、とんでもない名前をつけたのはコンウェイである。また、サイモン・ノートンとともに「とてつもなく馬鹿げた予想 (Monstrous Moonshine conjecture)」という名前もつけた。^{*2}ここではmoonshineは月光ではなく“たわごと”という意味である。途方もない偶然でもなければ本当ではあり得ないと思われたのでそう名付けたのだが、この予想はリチャード・ポーチャーズにより正しいことが証明された。簡単に言えばモンスターとは、群論、つまり対称性の数学においてかなり興味深い研究対象なのである。その存在についてはベルント・フィッシャーとボブ・グリースが1973年に予言している。ほぼ10年後にグリースがモンスターを構成(すなわち存在を確認)し、この構成法はその後コンウェイにより簡単化された。

「私は今まで25年間モンスターと闘ってきた。」Moonshineワークショップでの講演でコンウェイは言った。「死ぬまでにはモンスターが存在する理由を是非とも理解したいものだが、ほとんど無理だと思う。」

「いつまでも興味の尽きないものの一つがこれだ。」後で彼はそう付け加えた。「こういう抽象的なものも木だの猫だのと同じように実在するのだが、違うのは

Moonshineyワークショップに参加したジョン・コンウェイ(John Conway) (右)とジョン・マッカーイ(John McKay) (左)。撮影：シュボーン・ロバーツ(Siobhan Roberts)



頭の中で考えるだけで、見たりさわったりできない点だ。モンスターが存在するからには、それなりの理由がなければならないと思うが、その理由がさっぱり分からない。」

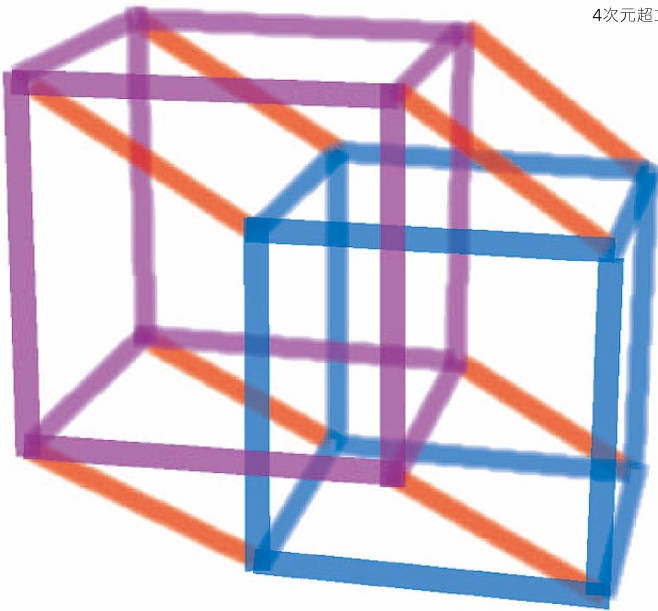
*

初めてコンウェイに会ったのは、私が古典的幾何学者のドナルド・コクセターの伝記、「*King of Infinite Space*」を執筆中のことである。いわば私が数学という外国を旅するに当たり、コンウェイは寛大にも私の家庭教師、私の通訳となることを引き受けてくれた。私は高校で数学と科学の授業は全部取ったのだが、その後興味を中心に、さらに物書きにと移り変わった。しかし、数学と科学に対する興味は一応持続した。それは多分、数学という普遍的な言語がどういう訳か物理的世界の法則を表現し、記述するというそのことが、全然つじつまが合わない、まるで戯言のように見えて気になったからだろう。そんな訳で、コクセターのおかげで私は四六時中好奇心に満ちた観察者となり、次に、少しの違いが、広く一般読者向けの(数学という言葉の)翻訳者となり、イギリスの物理学者

で小説家、C.P. スノーがかつて嘆いたところの、科学と人文学という隔絶した「二つの文化」の和解と統一を試みている。

コンウェイはこの素人の数学好きに正面から向き合ってくれた。私を黒板の前に座らせ、ポリトープ(多胞体)や、超次元や、どうやって4次元超立方体を描くかについて個人向けに授業をしてくれた。この最後の話題がきっかけになって、彼は自分の過去はかなりシニールな話をしてくれた。

コンウェイにどうやって4次元で考えるのか質問すると、彼はピシッと言い返す。「君の知ったことではない! そんなこと、答えられるか!」それでももう少し探りを入れてみると、ケンブリッジにいた1960年頃、真剣に4次元で考えようと試みていた時の突飛な行動を実に楽しそうに物語ってくれる。彼は第4の次元を物理的実在であるかのように見ることを期待してはいなかった。勿論、たいていの場合は時間を第4の次元と考える。(因みに、物理学者は最近、時間はそんなに長く続かないかもしれないと言っている。)しかし高次元は、実のところ数値だろうが特徴だろうが何かを測る物差しであれば良い。第4の次元は温度でも風向でも、第



5の次元は自分のクレジットカードの利率でも、第6の次元は自分の年齢でも、といった具合に好きなものを取りることができる。何かの物差しが一つ増える毎に「次元」が一つ増えるのだ。次元とは、我々の存在、つまり世界における自分の位置を示す測量器具、すなわち座標となるものである。コンウェイは幾何学者なので、当然ながら第4の次元を空間として捕らえることを好んだ。

空間における第4の座標あるいは次元の視覚化を試みて、コンウェイは「二重視差（ダブルパララックス）」と彼が呼んでいる方法でそれを見るための装置を作った。片方の目を閉じてものを見る。次に反対の目を閉じて見る。すると像が水平に移動してみえる。彼はさらに垂直方向の視差も見ようと訓練を試みた。もし水平方向と垂直方向の視差を両方見ることができたら、彼にとって空間上の各点は4つの座標をもち、従って4次元を見ていることになるだろう。その訓練で、彼は中古品のオートバイ用ヘルメットに平らなバイザーと軍からの放出物資の古くて安いペリスコープを取り付けたものをかぶった。2個のペリスコープはバイザーにネジ止めされ（しっかり止まってないので歩くとガタガ

タ動いたが）、1個は右目から額へ、もう1個は左目から顎へと延びていた。ヘルメットは余り快適ではなく、コンウェイの鼻はまるでクリスマスにおもちゃ屋の窓をのぞく子供のようにバイザーに押しつけられていたものだから、彼はそのヘルメットを「あの忌々しいがらくた」としか呼ばない。

コンウェイは4次元を見ることを強く欲していた。彼はそれが可能だと本当に信じていたし、今でも信じている。彼はそのヘルメットをかぶってケンブリッジで自分のカレッジのフェローズガーデンを定期的に歩き回った。また、ある土曜日には、突然大胆にも（あるいは、愚かにも）買い物客で混みあっているダウンタウンの通りを歩いたのだ。「このドンキホーテ的な探求の旅は限られた成功しか得られなかったと思う。」と彼は言った。「私は4次元が見えるところまではたどり着けたが、それを超えることは全く望みがなかった。そんなことをして何になる。」そして、ヘルメットの日々以来、コンウェイははるかに高次元を発見したのだ。コンウェイ群は24次元だし、モンスター群は196,883次元なのである。



著者のシュボーン・ロバーツ (Siobhan Roberts) はトロントを本拠とするジャーナリスト兼作家である。彼女の初めての著書「*King of Infinite Space: Donald Coxeter, The Man Who Saved Geometry*」の邦訳が日経BP社から出版される予定。

*

多分コンウェイが最も広く知られているのは、ライフゲームの考案者としてであろう。しかし、彼が当たり次第に数学の教科書の索引をめくってみる時、実際は自分の名前を探しているのだが、見つけたいのは今までの仕事の中で一番好きな超現実数の発見について参照している項目である。

こういう発見は「ものすごく熱いもの」だ、とコンウェイは言う。彼は超現実数と共に何週間も自分だけの世界を歩き回った。彼はこのような愉快的発見のことを、シェークスピアのヘンリー4世の登場人物に関連させて彼が名付けた「ホットスパー的特質」なるものによって、特徴づける。第3幕でグレンダワーは言う。「俺は果てしれぬ空の彼方、地の底より精霊共を呼び寄せる事も出来る」ホットスパー答えて曰く「そんな事、私にも出来る、いや、誰でも出来る、が、奴らはやって来ますかな、あなたの一声で?」*3

超現実数について、彼が唯一失望しているのは、まだ応用の道がないことである。ソリトン (一定の速度で波形を保ったまま伝播する孤立波) の発見とその理論で知ら

れた故マーティン・クルスカはプリンストンの物理学者であったが、その研究生生活の最後を超現実数を解析に应用するための理論構築に捧げたものの、未完のまま2006年に死去した。

昨年、私は所長のビジターとしてプリンストン高等研究所に滞在し、研究所の数学者数名と話したが、皆コンウェイの超現実数がいつか応用されるであろうことは疑問に思っていないようだった。数学とはいつもこんなものらしい。「美しいものは必ずいつか役に立つ。」モンスターは、いわゆる“Theory of Everything”であるストリング理論を特徴づける徴候がある。その解明は1年後かもしれないし、あるいは1～2世紀かかるかもしれないが、時間と、また、IPMUのような理想的なシンクタンクで働く情熱的な科学者が何人か必要であろう。

*1 訳者註

*2 普通は「ムーンシャイン予想」と呼ばれる。

*3 会話の訳文は「ヘンリー四世」、ウィリアム・シェークスピア著、福田恆存訳、新潮社、2005/06/17発売電子版による。ノーサンバランド伯の息子、ヘンリー・パーシーは勇猛な武人で「ホットスパー (熱い拍車)」とあだ名された。

柏市民向け公開講座

2008年7月12日、東京大学柏図書館のメディアホールにおいて、市民公開講座「宇宙に終わりはあるか」が開催されました。

この市民公開講座は昨年10月1日の機構発足後初めての試みで、当初は先着150名の開催を予定していましたが、定員を大幅に上回る300名以上の申し込みが殺到しました。これに対応するため、村山機構長は1日に2回の講演を行いました。

当日は村山機構長の講演と質疑応答のち、機構長と参加者の懇談を行いました。参加者からは質問が多く寄せられ、機構長と直接話せる機会も設け



上：機構長の講演を熱心に聞く参加者
下：参加者に囲まれる機構長

たことで、機構の役割の理解を深める良い機会となりました。

また、参加者に配布したアンケート結果では「大変満足した」という回答とともに次回開催を希望する意見が多く寄せられました。

IPMU野本憲一主任研究員らを中心とする国際チーム、 新タイプの超新星発見

IPMUの野本憲一主任研究員らを中心とする国際研究チームは、2008年1月に発見された超新星が、中規模の星の爆発による新しいタイプのものであるということを発表しました。

この超新星の明るさの変化や可視光のスペクトルなどを分析することで、太陽の質量の25倍くらいの星が爆発したらしいことを研究チームは突き止めました。このような中規模の星による超新星は、理論的には予測されていたものの、存在が確認されたのは初めてです。この成果は2008年7月24日付けの米国の科学雑誌『Science』のオンライン版に掲載されました。

研究会報告 ——フォーカスウィーク：第2回LHC現象論

2008年6月23日-27日の期間、IPMUにおいて「フォーカスウィーク：第2回LHC現象論」が開催されました。「第1回LHC現象論」は2007年12月17日から21日の5日間、IPMUの野尻美保子主任研究員を中心として組織・開催されましたが、第2回においても「フォーカスウィーク」形式で開催されることとなりました。

この研究会の目的は、2008年9月10日にスイスのジュネーブにあるCERN（欧州原子核研究機構）で開始が予定されているLHC（大ハドロン衝突加速器）における実験を見据え、LHC実験で起こる物理過程を研究する実験・理論の研究者を集結することによって、素粒子の標準理論を超えた「新しい物理」の研究を発展させることです。

第1回の成功を踏まえ、第2回LHC現



象論においても1日あたり2ないし3講演に留めたことで、残りの時間を議論のため有効に生かすことができました。

今後の研究会 ——フォーカスウィーク： 量子ブラックホール

2008年9月12日-16日の5日間、東京大学柏キャンパス図書館メディアホールにおいて、「フォーカスウィーク：量子ブラックホール」が開催されます。このフォーカスウィークは量子ブラックホールの理解と新たな分野、新たな数学のさらなる発展を狙いとしています。

以下の招待講演者が予定されています。

海外より：Atish Dabholkar（パリ第6大学）、Veronika Hubeny（ダラム大学）、Mukund Ramgamani（ダラム大学）、飯塚則裕（KITP）、Daniel Kabat（コロンビア大学）、Gautam Mandel（TIFR）、Sunil Mukhi（TIFR）

国内より：磯 暁（KEK）、夏梅 誠（KEK）、西村 淳（KEK）、関野 恭弘（OIQP）、橋本 幸士（理研）、百武 慶文（大阪大学）、Wei Li（IPMU）、高柳 匡（IPMU）

——ワークショップ： シンプレクティック多様体上の 超局所解析

2008年9月16日-18日の3日間、東京大学新領域環境棟のFSホールで、「ワークショップ：シンプレクティック多様体上の超局所解析」が開催される予定です。IPMUの齋藤恭司主任研究員が中心となって組織されています。

数学で変形量子化と呼ばれる現象をシンプレクティック多様体上の層とし

てとらえるとともに、フロベニウス作用を通して数量化する研究が進展しています。

このワークショップでは、柏原正樹氏によるその理論の基礎から表現論への応用に至るまでの基調講演後、専門家による最新の話題の研究講演をお願いしています。対象は大学生以上です。

ティータイム

IPMUでは毎日午後3時から、ティータイムの時間を設けています。研究者が物理学、天文学、数学の垣根を超えて集まり、クッキーを食べ、お茶を飲みながら交流を深めています。

それぞれ専門の違う研究者が顔を合わせ、リラックスした雰囲気のなか時間を共にすることは、研究状況の理解や共有に有効な手段となっています。

また、自国紹介やお国自慢、日本での生活情報交換など、外国人が多いIPMUならではの会話も大いに弾んでいます。



IPMUホームページ

IPMUのホームページがリニューアルされました (<http://www.ipmu.jp/>)。

従来の機構案内やお知らせページに加え、訪問者向け・職員向けのコンテンツや柏での生活情報を新たに掲載しています。訪問者向けコンテンツではピザや宿泊情報など日本滞在に際して便利な情報を見ることができます。これからIPMUで研究を行う職員向けには、日本での生活情報のほか、IPMUでの研究費や図書館利用などに関する

案内も掲載されています(職員向けの情報を閲覧するためにはパスワードが必要です)。IPMUではホームページを通じて、研究生活をサポートしています。

日本語教育

IPMUは、新規で着任した外国人研究者に合計40時間、1日2時間の日本語入門クラス集中コースを無料で提供しています。日本で生活する上で最低限必要な日常会話の習得ができます。最終日には日本語でスピーチをする発表の場も設けてあります。また、コース終了後は希望者に向けて上級クラスも設けています。このサービスを受けて、何人かの研究者は日本語の習得にも熱心に励んでいます。



セミナー

世界中から研究者を招き、毎週水曜日の午後3時半より柏キャンパス内のIPMUにおいて定期的にセミナーを行っています。セミナー情報はIPMUのホームページ上にあるセミナー情報のページ (<http://www.ipmu.jp/seminars/>) で確認することができます。この定期セミナーは、異なる分野の研究者同士の相互理解の促進を目的のひとつとしています。

また、分野ごとのセミナーも開催しています。現在、素粒子物理・天体物理セミナーは木曜午後1時半、数学・数理論理セミナーは木曜午後3時半に開催されています。セミナー講演はすべて英語で行われ、駒場キャンパスにおいても数学分野のセミナーを開催し

ています。

2008年6月18日以降、8月末までに行われたIPMUセミナー、IPMU駒場セミナーの一覧については、本誌24ページを参照してください。



人事異動

IPMU博士研究員の清水康弘さんが、東北大学国際高等研究教育機構国際高等融合領域研究所助教に転出されました。IPMUの滞在期間は2008年4月1日から2008年6月30日でした。今後のご活躍とご健康をお祈りします。

訂正

IPMU News No.2のNewsのコーナー (p.22、p.46) において、下記の通り訂正箇所があります。
p.22 3列 11行目: by the German prime minister
→by the German President
p.46 3列 1行目: ドイツ首相官邸→ドイツ大統領官邸
2行目: 首相主催のレセプション→大統領主催のレセプション



プラトン体

齋藤恭司 IPMU主任研究員

プラトンが宇宙の調和を表すとして以下の正多面体を彼の学園アカデメイアに掲げさせたという故事に基づき、それらはプラトン体とも呼ばれています。

