

# IPMU NEWS

**Feature**  
From Algebras to Varieties  
**Interview with** Sadanori Okamura



# IPMU NEWS CONTENTS

## English

- 3 **Director's Corner** Hitoshi Murayama  
3.11
- 4 **Feature** Alexey Bondal  
From Algebras to Varieties
- 10 **Our Team** Hajime Sugai  
Tomoyuki Abe  
Masamune Oguri  
Mitsutoshi Fujita  
Noriaki Ogawa  
Malte Schramm  
Shunsuke Tsuchioka
- 14 **Special Contribution**  
Experiencing the 2011 March 11 Earthquake  
and its Aftermath at IPMU  
Serguey T. Petcov
- 18 **Special Contribution**  
WPI Centers on March 11, 2011  
and Aftermath  
Toshio Kuroki
- 20 **IPMU Interview** with Sadanori Okamura
- 26 **Workshop Report**  
Focus Week on Astrophysics of Dark Matter
- 27 **News**
- 30 **Infinite Grassmannian** Satoshi Kondo

## Japanese

- 31 **Director's Corner** 村山 斉  
3.11
- 32 **Feature** アレクセイ・ボンダル  
代数から代数多様体へ
- 38 **Our Team** 菅井 肇  
阿部 知行  
大栗 真宗  
藤田 充俊  
小川 軌明  
マルテ・シュラム  
土岡 俊介
- 42 **Special Contribution**  
IPMU滞在中に起きた2011年3月11日の  
東日本大震災とその後の数週間  
セルゲイ T. ペトコフ
- 46 **Special Contribution**  
世界トップレベル研究拠点プログラム採択拠点  
東日本大震災の影響について  
黒木 登志夫
- 48 **IPMU Interview** 岡村定矩教授に聞く
- 53 **Workshop Report**  
フォーカス・ウィーク：暗黒物質天文学
- 54 **News**
- 56 **無限グラスマン多様体** 近藤 智



Alexey Bondal is Leading Scientific Researcher at Steklov Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences. He is also a Principal Investigator of IPMU. He graduated from Department of Mechanics and Mathematics, Moscow State University in 1983, and received a Doctorate from Steklov Mathematical Institute in 1989. In the same year, he became Assistant Professor at Moscow State University. Since 1994 he has been Leading Scientific Researcher at Steklov Mathematical Institute.

アレクセイ・ボンダル：ロシア科学アカデミー・ステクロフ数学研究所の上級研究員。IPMU主任研究員を兼ねる。1983年にモスクワ国立大学の工学・数学学部を卒業、1989年にステクロフ数学研究所より博士の学位を取得。同年、モスクワ国立大学の助教授、1994年よりステクロフ数学研究所で現職。

## 3.11

Director of IPMU  
Hitoshi Murayama

On September 11, 2001, I was in Santa Fe for the High-Energy Physics Advisory Panel meeting to discuss the future of particle physics in the US. I had the alarm on in my hotel room that turned on the radio. It said something about the airplanes crashing into the World Trade Center. One committee member there lived in Manhattan and she was frantic to reach her children on phone to no avail. She eventually reached them in the evening. Her children saw people jumping from the World Trade Center before the two towers collapsed.

On March 11, 2011, I happened to be in Princeton to discuss the SuMIRe project with our collaborators from around the world. Watching the CNN news, it almost seemed that the whole Japan had sunk in the ocean. I could not reach anybody in Japan on phone for two days. A few days later back in Japan, I watched the deepening crisis at the Fukushima Daiichi.

Despite the enormous scale of the triple disaster, I admired the way people stayed calm and evacuated quickly. Unlike 9.11, it is a natural disaster without the malice of terrorism. Yet the reconstruction effort will probably take many years. I was awed by the destructive power of nature beyond anything I could imagine.

IPMU accepted a graduate student from Tohoku University for a while. An IPMU student, on the other hand, spent a week in a disaster-stricken area as a volunteer helper. We survived the blackouts and many

many aftershocks. Many of us made donations to help people in the disaster areas.

Fortunately, life at IPMU is back to normal after a few weeks of hiatus. There were no serious damages to the infrastructure. Seminars are held regularly. Daily teatimes are once again buzzing with cookies and discussions. Papers are being written. Yes, there are fewer visitors from abroad because of the radiation scare. But the radiation levels at IPMU are actually lower than the US average.

I thank everybody who sent us encouragements. Now all of us are back to do what we love: to think about how the Universe works.



Director's  
Corner

# From Algebras to Varieties

## Derived categories after Grothendieck

Homological algebra is considered by mathematicians to be one of the most formal subjects within mathematics. Its formal austerity requires a lot of efforts to come through basic definitions and frightens off many of those who starts studying the subject. This high level of formality of the theory gives an impression that it is a *ding an sich*, something that has no possible way of comprehension for outsiders and efforts for learning the theory would never be paid back.

After Alexander Grothendieck, the great creator of modern homological algebra who introduced the concept of derived categories, had left the stage where he occupied a central place for decades, the opinion that the homological theory had reached its bounds and become a useless formal theory was widely spread in the mathematical community. Paradoxically, these sentiments were particularly strong in those countries, like France, where the influence of Grothendieck's ideas was particularly strong. When I visited Universities Paris 6/7 in the beginning of the new century, I was surprised to observe that Algebraic Geometry, the branch of mathematics where homological methods showed their extreme usefulness, was split in France into two separate trends: there were those who studied geometry by classical methods and did not want to hear anything about derived categories, and those who studied very formal aspects of derived categories and did not know anything about classical

geometry of varieties superlatively developed by Italian school of the late 19th and early 20th century. Both groups had very strong representatives, but they had scarce overlap in research.

Perhaps, one of the reasons for this strange state of affairs was a side effect of the great achievement of one of the best Grothendieck's students, Pierre Deligne, who used complicated homological algebra to prove Weil conjectures. These conjectures are, probably, more of arithmetic nature and do not have so much to do with geometry of algebraic varieties in the classical sense of Italian school. For years, applications of derived categories were developed rather in the area of number theoretical and topological aspects of varieties and, later, in Representation Theory than in classical geometry of varieties.

## Associative algebras

Let us trace back the idea of homological algebra on the example of categories of modules over an associative algebra. When mathematicians started to study various mathematical structures which admit operations like addition and product, they extracted an important class of such objects called associative rings. Basically, one requires that the addition is associative and commutative, the multiplication is associative too and multiplication is distributive with respect to addition:

$$(a+b)+c = a+(b+c),$$

$$a+b = b+a,$$

$$(ab)c = a(bc),$$

$$(a+b)c = ac+bc$$

If one adds the property that every element can be multiplied by scalars, then an associative ring becomes an associative algebra.

One can ask: why these conditions on operations have so omnipresent behavior in mathematics? Indeed, even if you start with another algebraic structure, like, for instance, Lie algebra, much of its theory, in particular, all relevant homological algebra, can be interpreted in terms of its universal enveloping algebra, which is an associative algebra. Well, the answer to this question is probably rather hard to formulate, though the question itself is very important.

When the theory, especially its homological aspects are developed far enough, one gets a need to extend the definition of associative algebra, and to generalize it to DG-algebras, A-infinity algebras, etc. When playing the game with various definitions, to have a clear reason for basic definitions is really crucial. The current state of affairs in homological algebra demands a clear understanding of the foundations of the theory. Associativity of multiplication is, basically, related to the fact that the composition of maps is an associative operation. Addition and multiplication by scalars come from the idea of *Linearization*, which seems to be based on the formalization of the “observation” that the space surrounding us (space-time) looks locally like a vector space. One can speculate that this subject is directly related to the basic principle of superposition in quantum mechanics, where linearity is the milestone. The need of DG-algebras and A-infinity algebras is a strong indication of homotopy flavor of the basic constructions in algebra. Recent development of the theory of types suggests that logical foundations of mathematics might also be naturally rooted in Homotopy Theory.

## Homological Algebra

Let us see how mathematicians came to the idea of Homological Algebra. First, they observed that associative algebras are complicated objects. To understand why, one has to consider them in their “society,” the place where they work, play tennis and communicate. This is the category of algebras, which means that associative algebras are observed together with (“communicate” by means of) maps between them, morphisms of algebras, i.e., maps

$$f: A \rightarrow B,$$

that preserve addition and multiplication. It would be easier to work with algebras if any such map has the kernel (elements that go to zero), the image (elements in B which come from A), and the quotient by the image to be of the same kind as algebras themselves. Both kernel and the image are subalgebras in A, but not every subalgebra can be the kernel of a morphism, it must be a so-called *ideal*, i.e., a subset which preserves multiplication by every element of the algebra. The image of the map is not usually an ideal, which prevents from forming the quotient of B by the image. All this makes studying of algebras a complicated story.

Now remember that associativity has come from composition of maps. This supports the idea to represent elements of algebra by maps in some space M. It is natural to assume that this space also has some linearity properties, like addition and multiplication by scalars. Thus, we come to the notion of module, or representation, over a given algebra.

“The society” of modules over a fixed algebra, i.e., the category of modules, is much better settled than that of algebras. The kernel of any morphism of modules over an algebra, as well as the quotient by the image is again a module over the same algebra. In other words, the category of modules over a fixed algebra is *Abelian*.

By reversing the ideology, it is reasonable to think that the algebras themselves are important only in what concerns their categories of modules. This leads to the notion of *Morita equivalence*. Two algebras are Morita equivalent if their categories of modules are equivalent. It is reasonable to adopt the viewpoint that algebras are important only because of their categories of modules. The fundamental idea of Category Theory is that we have to consider various structures like, for example, algebras or modules over algebras not as individual objects but rather as members of “societies,” i.e., appropriate categories.

Now we are well-prepared to come to the basics of Homological Algebra. Consider a submodule  $K$  in module  $L$ . We know that there is a module  $M$  which is the quotient of  $L$  by  $K$ . We can think of  $L$  as being kind of split or decomposed into two simple pieces,  $K$  and  $M$ .

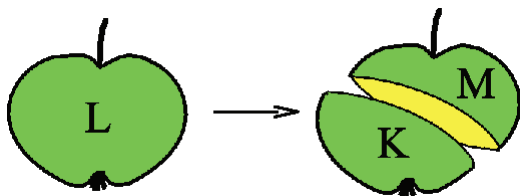


Figure 1. Splitting a module into a submodule and a factor-module.

Since the roles of  $K$  and  $M$  are clearly different, this situation is described by words “ $L$  is an extension of  $M$  by means of  $K$ .” How can one describe all such extensions with fixed  $M$  and  $K$ ?

The basic observation of homological algebra is that all such extensions are numbered by elements of an additive group which, moreover, admits multiplication by scalars! It was a surprising discovery that one can sum up two extensions with given  $M$  and  $K$  and obtain another extension with the same property. It is like conjurer’s trick: he takes two apples, yellow and green, split each of them into two pieces, small and big, quickly mixes up all the pieces together by his hands, gets two new pieces,

small and big, of a red apple, and finally joins these two pieces and shows a new one whole red apple.



Figure 2. Addition of extensions.

The fascinating idea of derived categories is that one should enlarge the category of modules, the society where modules live, to include there “descendants and predecessors” so that extensions for given  $M$  and  $K$  could be interpreted as morphisms from  $M$  into the first descendant of  $K$ :

$$M \rightarrow K[1],$$

where  $K[1]$  is the notation for the first  $K$ -descendant (the “son” of  $K$ ). The strange operation of summation of extensions then has the meaning of addition of morphisms which always exists in additive categories. This category which includes descendants of the original category was conceived by Alexander Grothendieck, who baptized it as *derived category*. The precise definition of the derived category uses old ideas of syzygies, or resolutions, in modern terminology, which go back to at least 19th century British mathematician Arthur Cayley and great German David Hilbert.

The idea of derived categories is, in fact, quite universal and applicable to many other mathematical theories, always, when objects of study comprise an Abelian category. The typical psychological problem for researchers is that when they study some particular area, for instance, complex analysis, with many technical details in its own and come to the point when they need to use homological methods, the idea of derived categories looks so perpendicular to their mathematical experience and so abstract and technical by itself, that a real courage is needed

to plunge into this “hostile” sea with a hope to reach an island of interesting applications. I have only one advice for young researchers: start practicing to swim in this sea near the land when you are in kindergarten!

### Derived categories of coherent sheaves

In algebraic geometry, objects like algebraic varieties, in their “social behavior,” are similar to algebras, they don’t comprise an Abelian category. So if we want to use Homological Algebra, we need to find an analogue of the category of modules. This is the category of coherent sheaves over an algebraic variety.

Let us look on what these sheaves are and how they naturally appear from the idea of *Linearization*. If we consider a smooth variety  $X$ , which is a very curvy-linear object, and look at it in a vicinity of some smooth subvariety  $Y$ , we will see that the variety is well-approximated by its linearized version, the normal bundle. Assume now that the variety is not smooth while the subvariety is, then the approximation would give us something which looks like “a vector bundle with a jump of dimension of some fibers.” This is formalized as a coherent sheaf. As an example, consider a quadratic cone  $X$  and a line  $Y$  on  $X$  through the central point  $x$  of the cone. The fiber of the normal bundle is a line at every point of  $Y$  except the central point where the fiber is a plane, the vector space of dimension 2.

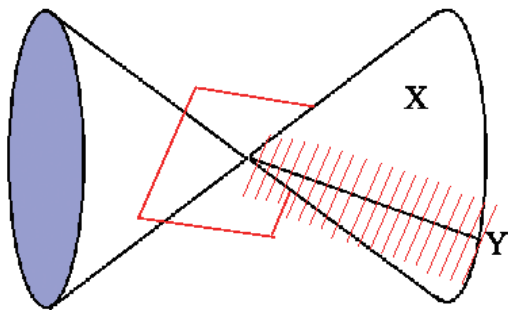


Figure 3. Jump of dimension of a fiber of the normal bundle to  $Y$  in  $X$ .

This jump of dimension of fibers of coherent sheaves is always located on a subvariety, say  $Y_1$ , of  $Y$ . Further higher rank jump of fibers might happen on a subvariety in  $Y_1$ , and so on.

It might be surprising that coherent sheaves are in a sense easier to tackle with than vector bundles. They are relatively tame features, because they live in the well-organized society, an Abelian category. So the machinery of derived categories is applicable to them: by including the “descendants” and “predecessors” we obtain the derived category of coherent sheaves.

Ideas of Grothendieck on derived categories were put on firm basis and vastly developed by many of his students, and first of all by Jean-Louis Verdier. Important formal properties of bounded derived categories of coherent sheaves on varieties, those derived categories which are most relevant to classical algebraic geometry, were scrutinized particularly in papers by Luc Illusie, but the structure of coherent derived categories of algebraic varieties remained totally obscure and their relation to geometry of varieties was unknown for decades.

Grothendieck’s ideas were smuggled over the Iron Curtain into Russia by Yuri Manin during Russian political Thawing in Khrushchev era. Manin met with Grothendieck in the 60’s and fully realized importance of these new homological ideas. Manin and his students and collaborators in Moscow explored the idea of derived categories and started to study derived categories of coherent sheaves for some algebraic varieties.

The situation in Moscow was similar to that in Paris: Manin’s seminar studied formal, topological and arithmetic properties of algebraic varieties via derived categories, while Shafarevich’s seminar and many representatives of his school, like Andrej Tyurin, Vassily Iskovskih and many others, worked on classical Algebraic Geometry in Italian style. They existed in parallel, though the splitting was not so profound as in France: it is sufficient to recall the outstanding achievement of Atiyah-Drinfeld-Hitchin-

Manin paper on classical geometry of instantons, which has clear homological flavor. It is also worth to mention that derived categories started to be actively applied to Representation Theory. One of the most spectacular achievements was the proof in the beginning of the 80's of Kazhdan-Lustig conjecture by Beilinson and Bernstein, also independently obtained by Brylinski and Kashiwara. But the structure of the derived categories of coherent sheaves was beyond the main stream.

There was a clear conceptual logic in studying derived categories and there was an evident deepness of results in the study of birational geometry and low dimensional varieties, though these results looked very miscellaneous and hard to grasp especially for the beginner, who I was by that time.

At some point, I realized that various contemporary developments in classical Algebraic Geometry might be approached via the derived category of coherent sheaves on an algebraic variety, if we consider the category as an invariant of the variety. Natural questions had quickly come. How to extract any information from this invariant? Is it possible to reconstruct usual invariants of varieties and vector bundles on them, like Hodge cohomology and Chern classes? Is it possible to reconstruct the variety itself from its derived category? How the derived category transforms under various geometric operations, for example birational transformations?

It appeared that the categories of some varieties had some bases, called exceptional collections, which are like orthonormal bases in a vector space with a scalar form. Though, the scalar form is rather non-symmetric and not skew symmetric, and semi-orthonormality is a more relevant analogy. A semi-orthonormal basis has an order on its elements. If you change the order and use the (semi-) orthonormalization process similar to Gram-Schmidt orthonormalization, you will quickly come to the action of the braid group on the set of bases. This reflects a deep connection of derived categories

to Homotopy Theory.

The problem of extracting any information from the derived category, when you consider it as an abstract triangulated category, comes from the fact that morphisms in this category don't have kernels and cokernels as they used to have in Abelian categories. A useful tool was discovered jointly with Mikhail Kapranov. It was Serre functor, the categorical incarnation of the canonical class of an algebraic variety. Using it, I was able to reconstruct the columns of Hodge diamond from the derived category and Chern character. It was really striking to see that derived invariants were columns and not rows of Hodge diamond, as it was standard "knowledge" that the rows made good sense as they were responsible for singular homology of the variety. The mirror symmetry conjecture appeared by that time with rows and columns of 3-dimensional Calabi-Yau varieties exchanged under the symmetry. I have conjectured that derived categories should play the central role in mirror symmetry. This was later formulated in a more precise form in Homological Mirror Symmetry by Maxim Kontsevich who proposed to compare the derived category of a complex variety with Fukaya category of the symplectic manifold on the other side of the mirror.

Jointly with Dmitry Orlov, we proved that the variety can be reconstructed from the derived category under the condition that the variety has ample canonical or anti-canonical class. On the other hand, examples of derived equivalences had already been known from papers of Shigeru Mukai for K3 surfaces and Abelian varieties. We found that derived categories have nice behavior under some special birational transformation in the Minimal Model Program of Shigefumi Mori. We conjectured that they are equivalent under so-called flop transformations, while flips should induce fully faithful functors between derived categories. This gave a new perspective to the program by interpreting that it is the derived category that should be nicely minimized in an appropriate



sense. There are results by Tom Bridgeland, Yujiro Kawamata and others in favor of the conjecture, but the proof is far from being achieved yet.

When we consider the derived category as the primary invariant of an algebraic variety, we naturally come to the question what are the properties of categories which distinguish the class of derived categories of coherent sheaves on smooth algebraic varieties. Some nice properties of these categories were found relatively quickly in collaboration with Mikhail Kapranov and, later, with Michel Van den Bergh. These properties are also enjoyed by algebraic spaces, a modest extension of the class of algebraic varieties. Bertrand Toen and Michel Vaquie proved a nice theorem that if the derived category of any complex manifold satisfies those properties then the manifold must be an algebraic space.

On the other hand, it was fairly clear from the very beginning that there was no easy formulated property of the abstract category which would distinguish the class of derived categories of coherent sheaves. The idea came to me in the early 90's that we should regard all categories which satisfied good properties mentioned above, but which are not derived categories of geometric objects, as categorical images of non-commutative varieties. Despite of a number of results in this direction, for instance, a classification of noncommutative projective planes in a joint work with Alexander Polishchuk (inspired by an early work of Artin, Tate and Van den Bergh), and works on noncommutative blow-ups by Van den Bergh, Stafford and others, we are still very far from comprehending geometry of these noncommutative categorical varieties as compared to results in the commutative case. Better understanding of invariants of categories, similar to Hodge cohomology for commutative varieties, would certainly help to this end.

Looking forward, it seems reasonable to consider the category of all smooth algebraic varieties and fully faithful functors as morphisms between them, with possibly reasonable mild extensions for

both objects and morphisms, and try to grasp the structure of this "society" by means of Homotopy Theory. Objects of the derived categories of coherent sheaves have interpretation as boundary conditions for B-models in Topological String Theory. Thus, appropriate understanding of this structure would give an insight in the landscape of possible compactifications of the stringy space-time.

# Our Team

## Hajime Sugai

Research Area: **Astronomy**

IPMU Associate Professor

I have moved from Kyoto University, where key words on my research have basically been astronomical instrumentation and observations of active galaxies in optical/infrared wavelengths. I developed a multi-mode optical spectrograph Kyoto 3DII, which is used at the Cassegrain foci of the Subaru 8m telescope as well as of the UH 88-inch telescope. It has four observational modes, including integral field spectrograph, Fabry-Perot imaging, slit spectrograph, and filter imaging modes. The integral field spectrograph mode enables us to simultaneously obtain the spectra for more than 1000 spatial elements of a target object. I will use my experience here for the development of the Subaru Prime Focus



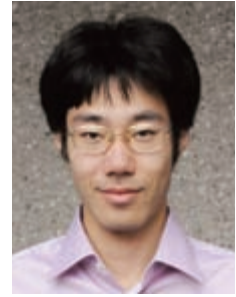
Spectrograph, which is a project promoted by IPMU. I used Kyoto 3DII for the research of active galaxies. Examples are clarifying the morphological and kinematical structures of a young AGN outflow, and investigating a lens galaxy mass distribution and line emission region structure of a lensed quasar through observations of a lensed quasar system.

## Tomoyuki Abe

Research Area: **Mathematics**

IPMU Assistant Professor

I am studying arithmetic geometry; especially, the theory of arithmetic D-modules. Arithmetic geometry is a subject that tries to understand arithmetic equations, or more generally arithmetic varieties, by “geometric” methods. How, for example, can we get “topological information” of a  $\mathbb{Z}$  coefficient equation? A naive answer would be, by considering the equation as a complex variety and taking the cohomology. Although we can get genus information with this method, we cannot see the difference between equations defined over  $\mathbb{Z}$  and  $\mathbb{C}$ . In the 60’s, Grothendieck defined étale cohomology on which arithmetic properties reflect. This important cohomology is an analog of singular cohomology. He also suggested more “analytic” cohomology,



called crystalline cohomology, which is an analog of de Rham cohomology. I am studying a variation of crystalline cohomology called the arithmetic D-modules, and I am interested in the relationship between various cohomology theories from the viewpoint of Langlands program.

Recently, some physicists pointed out links between the geometric Langlands program and “S-duality.” It is my dream to study arithmetics by using some insight from physics.

## Masamune Oguri

Research Area: **Cosmology**

IPMU Assistant Professor

A recent development in cosmology has revealed that the universe is filled by unknown components called dark matter and dark energy. My main research interest is to explore the properties of these dark components from astronomical observations. In particular, I make use of gravitational lensing phenomena to tackle this problem. While I initially started my research career as a theoretical astrophysicist, I had the opportunity to have my theoretical prediction confirmed by my own observation, which was exciting enough for me to begin observational research using various survey



data and telescopes. So far I’ve worked mainly on gravitational lens searches in the Sloan Digital Sky Survey data and its theoretical implications. At IPMU, I’d like to engage in the SuMIRe project, a wide-field survey using the Subaru telescope. I can’t wait to see the new picture of the universe that the survey will bring us.

Our Team

## Mitsutoshi Fujita

Research Area: **Theoretical Physics**

Postdoc

My research interests are the gauge/gravity correspondence and its application for condensed matter physics. Here, the gauge/gravity correspondence is the duality between the strong-coupling gauge theory and weak-coupling gravity. In particular, we have constructed three holographic models of the fractional quantum hall effect via gauge/gravity correspondence. Here, the fractional



quantum hall system is realized via  $d=2$  strong-coupling electron systems under the strong magnetic field, and the hall conductivity in this system is quantized.

## Noriaki Ogawa

Research Area: **Theoretical Physics**

Postdoc

One of the most important aspects in field and string theories is duality, where apparently different theories describe the same physics. We can sometimes use it to understand complicated phenomena easily using the other equivalent theory. In particular, gauge/gravity correspondence is a surprising duality between a gravitational theory and a non-gravitational one. I have been studying



its applications to black holes. At IPMU I would also like to research many other aspects of this correspondence.

## Malte Schramm

Research Area: **Astronomy**

Postdoc

My research interest as an observational astrophysicist is the evolution of active galactic nuclei (AGN) and their host galaxies. I mainly focus on quasars, the most luminous active galaxies known, which can tell us something about the growth phase of the black hole. I want to get a better understanding of the tight correlations found between the black hole and the properties of their host galaxies. Therefore I use high angular resolution multi-band imaging to study the properties of the host galaxies out to high redshifts. Lately I am also



involved in observational campaigns using spatially resolved integral field spectroscopy with the aim to explain the unusual stellar population properties of AGN host galaxies and to collect evidence for AGN driven outflows and their relevance for the evolution of these galaxies.

# Shunsuke Tsuchioka

Research Area: **Mathematics**

Postdoc

I am studying Lie theory and its applications via categorification. While Lie theory has a rich history in mathematics and physics, it became known recently that it has relations with seemingly different areas of research such as modular representation theory of Hecke algebras via categorification. I aim at both establishing such connections and studying the corresponding Lie-theoretic objects. Recently,



I am interested in Lie theory associated with non-symmetric Cartan matrices, conjecturally related algebras and supermathematics.

The IPMU Berkeley Satellite, located at the University of California, Berkeley, is in close collaboration with the Department of Physics of UC Berkeley and the Berkeley Center for Theoretical Physics (BCTP). The pictures show a sign of the IPMU Satellite and theorists gathering at the BCTP's interaction area.



Our Team

# Experiencing the 2011 March 11 Earthquake and its Aftermath at IPMU

Serguey T. Petcov

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

When the biggest earthquake in modern Japanese history struck on March 11 at 2:46 PM, I was in my office on the 3rd floor of the IPMU building in the Kashiwa campus. I did not have much earthquake experience and was wondering what to do since my office and the whole building were shaking and swinging in a way I have not seen a building doing that before, when one of the IPMU secretaries, Yuuko-san, told me I should leave the building. I collected my things, put on my coat, descended the stairs and got out of the building which continued to tremble. Many IPMU scientists and members of the administration were already outside the building in the open space in front of it, some were still leaving the building. People were getting out of the adjacent buildings as well. There was no panic, everybody was calm. Soon the space in front of the buildings of the Kashiwa campus was full with people. Many of my colleagues used their mobile phones to connect to the Internet and get the latest information about the earthquake. We learned that the epicenter is in the Pacific Ocean off the north-east coast of Japan and that it was of magnitude 8.9-9.0 on the Richter scale, or 6+ on the Japan Meteorological Agency (JMA) seismic

intensity scale. In the Tokyo area it was of magnitude 5- to 5+ on the JMA scale. Soon a tsunami warning was issued for the north-east coastal area of Japan. I met in the crowd two members of the Super-Kamiokande and the T2K neutrino experiments, Nakahata-san and Shiozawa-san, who came out of the ICRR building, and had a very interesting discussion about the latest results from Super-Kamiokande and the first T2K event which had all the characteristics of being due to  $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$  oscillations. The latter exciting result was supposed to be discussed that afternoon at a seminar at KEK and on March 18 in a talk scheduled to take place at ICRR (both presentations were cancelled). The ground and the buildings continued to shake and tremble from time to time due to the aftershocks, some of which were rather strong. The IPMU secretaries managed to get the coffee and the cakes from the IPMU building, which were prepared for the traditional 3 PM coffee and tea break, and we were enjoying hot coffee in the cold weather outside the building. The news about the effects of the earthquake continued to flow and during the first hour there were no reports of big damages. The tsunami had not reached yet the coast. It began to rain and we were



invited to take shelter in the building of one of the restaurants where we usually had lunch. At around 5:30 PM it was announced that we can go back to our offices at the IPMU building - the building was inspected and no damage was found. Later we learned that none of the Kashiwa campus buildings had any damage (except some non-serious ones). Actually, the same was true for the enormous number of buildings in Tokyo, the only exception being few buildings in the Tokyo Disney Land park area, which were built on a land recovered from the sea.

The next problem for those of us who lived in Tokyo was how to get to Tokyo. The Tsukuba Express and the JR trains as well as most of the metro lines were not running since it was necessary to check the tracks for

damages. In the case of the Tsukuba Express these checks took two days to complete. The IPMU secretaries managed to reserve 3 rooms in a hotel not far from Kashiwa for Ooguri-san,<sup>\*1</sup> Maeda-san<sup>\*2</sup> and his wife and child who happened to be in Kashiwa by chance, and myself. This was very nontrivial given the circumstances, some members of the IPMU administration could not get home and spent the night in the IPMU building. We were spared this inconvenience, the room I got in the hotel was very comfortable. The next day (which was Saturday) we drove to Tokyo in a taxi. It took us about 3 hours to cover the distance of 30 km to Tokyo since the highways were closed for inspection and the traffic was quite intensive on the other roads leading to Tokyo.

The five-storey building of the Elite-Inn Yushima Residence near Ueno, Tokyo, where I lived, was intact. The Residence was located in a charming quarter next to the Yushima Tenjin Temple, at a walking distance from the Hongo campus of the University of Tokyo. In the studio which I rented, there was no damage, only the night lamp fell on its side. The scale of devastation and loss of life, caused by the tsunami, began to unfold in the news reported on the TV. On that day the first reports about the problems at the Fukushima Daiichi nuclear plant appeared. I was following the news on the TV channels of CNN, BBC and later - on the NHK service in English. On the Internet I was reading the reports in the Italian and other European media.

The Internet connection worked without any interruptions after

<sup>\*1</sup> Hiroshi Ooguri, Professor at Caltech and Principal Investigator at IPMU  
<sup>\*2</sup> Keiichi Maeda, IPMU Assistant Professor



the earthquake. On March 12 my Ph.D. student at SISSA, A. Meroni, submitted to the arXiv our (with three more co-authors) article on multiple mechanisms of  $\beta\beta 0\nu$ -decay, on which I was working since my arrival at IPMU.

The week after the earthquake (March 14 - 18) I stayed in Tokyo. Due to the problems with the Fukushima nuclear plant, there were electricity blackouts at Kashiwa (there were none in the area of Tokyo where I lived) and the Tsukuba Express line was operating with largely reduced number of trains and with a schedule that made the trip to the Kashiwa campus quite problematic. We were receiving daily information about the planned blackouts and the train schedules from the IPMU secretaries, Yuuko-san and Midori-san, with whom I was in contact via the Internet. Hitoshi Murayama, the IPMU director, asked the members of IPMU (including the visitors) to report any problems caused by the earthquake. The "census" showed that, fortunately, all IPMU members were fine.

My life during that week was very simple: I would have breakfast

in my studio, then work until lunch time, have lunch in one of the many restaurants in the Ueno area (my preferred places to eat were a ramen, udon, sushi/sashimi and Korean restaurants), have a walk in the Ueno park after the lunch, do more work in my studio in the afternoon and the evening, and go out to have dinner and a brief walk after that; sometimes I had just a bento for dinner. I also spoke every day by phone with my family. The situation at the Fukushima Daiichi nuclear plant was becoming alarming and since March 14 our colleagues-scientists from the University of Tokyo and KEK began providing data on the Internet about the levels of radiation at the Hongo and Kashiwa campuses and in the Tsukuba area where KEK is located. I was checking these data few times a day. Late in the evening I was watching the news on the CNN and BBC programs as well as reading the news reports in the Italian media; as an entertainment I was watching from time to time some of the games of the Italian soccer team Inter-Milano, which were shown on one of the Japanese sports channels late in the evening. Without the

usual distractions I managed to do a lot of work that week, essentially completing a study with two junior colleagues on the low energy signatures of the TeV scale type I see-saw model of neutrino mass generation. The results of this study were collected in an article which was sent to the arXiv at the end of March.

In the first week after the earthquake some of standard food items one could buy in the convenience stores in Tokyo - different types of onigiri and bento, yogurt and cakes, were not available - there were empty shelves at the places where one could usually find them. However, one could find most of these food products (at a somewhat higher price) and much more, including the Italian cheese Gorgonzola, Mozzarella, etc. in the food section of the Matsuzakaya department store in Ueno. The restaurants in the area where I lived were working also as usual. Therefore I was a bit surprised at the reports in the European and American news media that there were food shortages in Tokyo. This was indeed true only for one item: the Bulgarian style yogurt was missing and actually did not appear on the shelves of the convenience stores even one month after the earthquake.

In the period March 12 - March 15 there were hydrogen explosions at the Fukushima nuclear plant with a release of a certain amount of radioactive material in the environment. The Japanese government ordered the evacuation of the residents living within the 20 km radius zone of the plant. The continued aftershocks and the possibility of much more massive radioactive contamination which could reach Tokyo (Tokyo is located at 240 km from the Fukushima plant) and the south-western part of Japan,

triggered the exodus of foreigners from Tokyo and Japan. The French, German and Swiss governments advised their citizens to leave Japan. Charter planes were sent to collect the citizens of these countries who were willing to leave, all the expenses (including the air tickets of the passengers) being covered by the respective governments. Similar advises were issued also by the Italian, British and American governments. The German national airline Lufthansa stopped flying to Tokyo; its planes were flying to/from Nagoya and Osaka only. On March 20 the wind changed direction and brought certain amount of radioactive iodine-131 (half-life of 8 days) and cesium-137 (half-life of about 30 years), which were being emitted by the Fukushima nuclear plant, to the Tokyo area. This led to the increase of the radiation levels by a factor of 4 at the Hongo campus and by a factor of 5 at the Kashiwa campus. The subsequent rain made the iodine-131 appear in the water supply system of Tokyo in quantities corresponding to a radioactivity of 200 Becquerel (Bq, 1 Bq = 1 decay/second) per liter. This level was considered dangerous only for children under the age of one year. The Tokyo municipality authorities distributed about 240 000 bottles (of 0.55 liter each) of mineral water to the families with small children. Some of these families preferred to leave Tokyo and spend some time further away in the south of Japan - in the Osaka area. The European and American media were writing about an exodus from Tokyo of its inhabitants. I did not notice any significant decrease of the density of population in the Ueno area. The indicated reports were contributing to the creation of a feeling of an

eminent unavoidable catastrophe.

The aftershocks were not worrying me after the buildings in Tokyo and Kashiwa survived without damages the March 11 earthquake. When the iodine-131 appeared in the tap water in Tokyo, I used for several days only mineral water for drinking and the minor cooking I was doing. Moreover, I knew that the human body is radioactive at the level of 50 Bq per liter due to the presence of potassium-40 (half-life of about 1 billion years). A medium size person had a natural radioactivity of about 3000 Bq. I was following the daily (hourly and the real time) data about the radiation levels provided by colleagues-scientists. I read also a number of review articles and reports about the natural radiation levels, the radiation doses one gets from various X-ray machines, scanners, and radiation therapy of cancer, used in medicine, as well as about the effects of the radioactivity released at Chernobyl. I learned that an X-ray of the chest corresponds to an average of 250 hours of natural radiation exposure in the area of the Hongo campus in Tokyo. It was clear from these reports that the radioactive fallout at Fukushima was much less than that at Chernobyl. The increased radiation levels at the Hongo and Kashiwa campuses were as the natural radiation background in some populated areas around the world. A British person, for instance, is exposed on average to about 2.5-3.0 times more radiation than an inhabitant of Tokyo due to the natural background. Moreover, as the data were showing, after the March 20-21 increase, the radiation levels at the two campuses of the University of Tokyo and in the tap water in Tokyo began to decrease, as was expected in the absence of a



new contamination.

My family was anxious about me staying in Japan. Many friends and colleagues from Europe, who were reading the reports in the European media, expressed strong concern as well. My decision to stay was based on the analysis of the facts mentioned above and only on one “bet,” namely, that the “big earthquake” which is predicted by some geophysicists to hit Tokyo some (unknown) time in the future, will not occur so soon after the March 11 one. I hope it will not occur in any foreseeable future.

On March 25 I met Hitoshi Murayama who was spending that week at IPMU (Hitoshi is sharing his time between IPMU and UC Berkeley). He told me that the experiments at Kamioka (Super-Kamiokande, KamLAND, XMASS, etc.) did not suffer any damage from the earthquake, but that the KEK and J-PARC accelerators had some damage. I learned also that many foreign scientists canceled or postponed their visits to IPMU.

The situation in the Tokyo area was gradually returning to normal during the second and third weeks after the March 11 earthquake. In the convenience stores all standard food items became available. The Tsukuba Express trains were running first at 60% rate (without the rapid train service) and later at the usual pre-earthquake schedule. The blackouts at the Kashiwa campus were canceled. The colleagues were returning to IPMU and the scientific life was gradually resuming its standard rhythm. The radiation levels measured at the Hongo and Kashiwa campuses as well as at KEK (in Tsukuba) were decreasing. Starting from the beginning of April they were in most of the Tokyo area at the levels before the March 11 earthquake. The

aftershocks were continuing. There were several on April 8 (Friday), but the first which happened around 8:20 AM was both relatively strong and long and made me wonder whether the Residence building I was in will survive it. However, as I was about to reach the stairs to go out of the building, it was over; the building did not have any damage. I experienced another one in the metro: the train of the Chiyoda line I was traveling on was at one of the stations when the tremor started and the cars began to swing slowly. Nobody panicked, people began connecting to the Internet with their cell phones to get more information. After the tremor ended we waited for about several minutes before the train started moving again.

The last part which follows contains very personal and subjective comments and observations, some of which might be due to the lack of sufficient information and thus might not be correct. My impression about the efforts by the TEPCO<sup>\*3</sup> company to gain control over the damaged Fukushima Daiichi nuclear plant was that the problems the TEPCO was facing were too many and too complex for the company. The company was doing what it could to avoid the radioactive fallout, but was overwhelmed by the scale of these problems. I expected that the Government will gather a team of experts, or will invite foreign experts, to help TEPCO much sooner than it did it. I am not sure the other companies which run nuclear power plants in Japan offered help (I may be wrong on this point). What was obviously lacking was some kind of Nuclear Emergency Unit - a group

\*3 Tokyo Electric Power Company

of nuclear engineers, physicists and technicians, trained to deal with possible complex problems at nuclear power plants (I am not sure such units exist in the U.S., France or the other countries which have nuclear power plants). It was also my impression that the actions of the Nuclear and Industrial Safety Agency of Japan were not very helpful and useful - they were just adding “pressure” on the already much stressed TEPCO staff at Fukushima. I was surprised to learn that the electricity supply grid in the western part of Japan is “incompatible” with the grid in the eastern Japan, so that it is impossible to transfer electricity from the western grid to the eastern grid and vice versa in the cases of emergency like the one after the Fukushima plant stopped supplying electricity to the eastern grid. This caused the necessity to save electricity and led to the blackouts and other measures which had a negative impact on the economy in eastern Japan. Making the two grids compatible and creating one unified grid in Japan will have considerable economic and practical advantages.

Finally, I would like to use this opportunity to express my deep condolences and sincere sympathy to all my Japanese colleagues and the members of the IPMU administration for the devastation and the loss of life caused by the March 11 earthquake and the subsequent aftershocks and the tsunami. I would like also to thank the members of the IPMU administration who did everything possible to ensure normal working and living conditions for the IPMU visitors during the first dramatic weeks for Japan after the March 11 earthquake.

May 2, 2011, Trieste, Italy

# WPI Centers on March 11, 2011 and Aftermath\*

Toshio Kuroki, MD, PhD

Program director of the WPI program, Japan Society for the Promotion of Science

The magnitude (M) 9.0 earthquake struck the east Japan on the afternoon (14:46) of March 11, 2011. It was the 4th largest earthquake of the world since 1900. The epicenter was located at 130 km from the coast of Sendai and 24 km in depth under the Pacific Ocean, causing the devastating tsunami. Thirty min after the quake, 20-meter wall of sea water had swept across towns of the coast, washed away houses, cars, boats and even airplanes and killed nearly 25,000 people living in these areas. Japan has been well prepared for earthquake and tsunami by the world densest monitoring network, the biggest tsunami barriers particularly in these areas and warning systems by catching primary (P) wave of quake. However, M 9.0 quake and 20 m tsunami were far beyond our preparations and imagination.

The quake shook academic facilities in Sendai and Tsukuba. Although nobodies were killed or injured and buildings were not so badly damaged, WPI-AIMR and MANA, which are renowned for material science, had serious damages of fine equipments including STM (Scanning tunneling microscope) by M9 earthquake and the following M7 aftershocks. Most

\* Editor's footnote: At the request of Prof. Kuroki, all the six WPI centers publicize this article through their respective periodicals and/or websites.

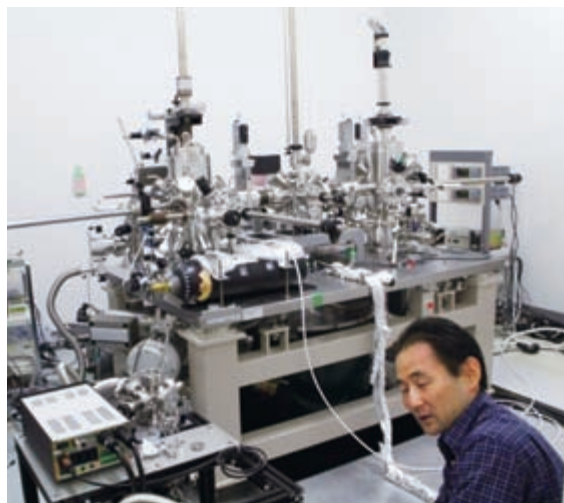


Figure. STM (Scanning tunneling microscope) damaged by the earthquake. Dr. Hitosugi, AIMR

of them were placed on earthquake-proof foundations, but they were vigorously shaken. Damaged equipments are now being repaired by replacing parts or by realignment of optical axis etc (Figure). It will take further months to be recovered completely to the level before March 11.

Costs to restore them are estimated approximately 242 million yen (US\$ 2.9 million) for AIMR and 200 million yen (US\$ 2.4 million) for MANA, which will be compensated by the supplemental budget of the government. However, most serious loss for researchers is loss of time. We sincerely hope that they will catch up rapidly and return to the frontier of research shortly.

IPMU, which locates 25 km

south of MANA, was not damaged. Among IPMU-related research facilities, Kamioka was not suffered from the earthquake but KEK and newly opened J-Park were seriously damaged. Professor S.T. Petcov, a visiting scientist of IPMU from Italy, will report his personal experience of March 11 and aftermath in "IPMU News."

Another WPI centers, iCeMS, IFRcC, I<sup>2</sup>CNER, which locate far away in south and west Japan, has no damage at all, though they felt unusual shake in Kyoto and Osaka.

In addition of these earthquake and tsunami, we faced the third disaster; the nuclear power plants in Fukushima became out of control totally and nuclear fuel was melted down. However, environmental

radioactivities have been at the level of normal background or only marginally high (IPMU), as shown in Table 1.

National Institute for Radiological Sciences estimated cancer risk of habitants in Tokyo on the assumption that environmental radioactivity is 0.5 $\mu$ Sv/h and food stuffs contain upper limits of radioactivity (300 Bq / kg) for 90 days. Under these conditions, life-time cancer risk at all sites will increase only marginally by 0.0265%.

As seen in the report of Professor Petcov, there was no panic and everybody was calm even after the triple disasters. However, continuing aftershocks, uncertainty of nuclear plants and lack of information triggered exodus of foreigners from Japan. In particular, some European governments, e.g., French, Italian, German and Swiss, strongly advised their citizens to leave Japan and prepared free charter flights. Foreign media also exaggerate the crisis and report that the whole nation is likely contaminated with radioactive materials and foods are not available. Such an overreaction of the governments and media caused unrest among WPI researchers from abroad.

As a result, 29-52% of foreign researchers left Japan in AIMR, MANA and IPMU shortly after the disaster, but most of them now returned and continue their research activity as

Table 1. Environmental radioactivities in 6 WPI centers.

WPI	City	Distance from Fukushima nuclear plants	Environmental dose
AIMR	Sendai	94 km	0.07 $\mu$ Sv/h
MANA	Tsukuba	170	0.08
IPMU	Kashiwa	196	0.25
iCeMS	Kyoto	540	0.04
IFReC	Osaka	570	0.04
I <sup>2</sup> CNER	Fukuoka	1065	0.04
—	Tokyo	230	0.06

Data (as of May 20, 2011) are taken from URL of MEXT and Univ. of Tokyo (for IPMU ). Radioactivity before March 11 is 0.03-0.08  $\mu$ Sv/h.

Table 2. Evacuation of foreign researchers from WPI research centers.

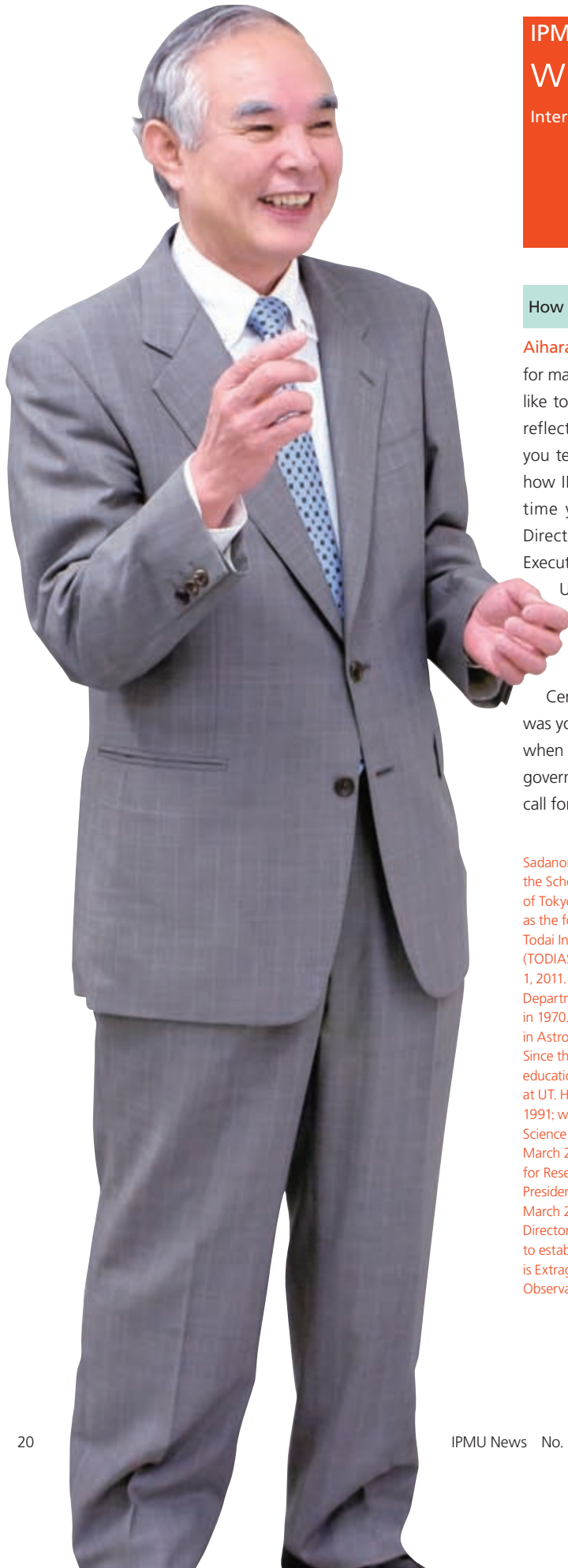
WPI	Total foreign researchers before March 11	Evacuated researchers on March 31	Evacuated researchers on May 30
AIMR	44	23 (52.3%)	5 (11.4%)
MANA	113	33 (29.2%)	13 (11.5%)
IPMU	41	12 (29.3%)	6 (14.6%)
iCeMS	30	0 (0%)	0 (0%)
IFReC	49	1 (2.0%)	0 (0%)
I <sup>2</sup> CNER	10	0 (0%)	0 (0%)

seen in Table 2. Those who still remain in their home promised to return to WPI centers shortly. However, some newly appointed postdocs cancelled his/her contract.

Internationalization is one of goals under the WPI program. We will further support the international faculties and students by providing comfortable environments and full information for research and daily life

Taking this opportunity, we would like to express our sincere sympathy and condolence to victims of these triple disasters.

We much appreciate for the support and sympathy given by our colleagues, friends and science communities of the world, which greatly encourage us. We are convinced that we will recover quickly and return to the frontier of science.



## IPMU Interview with Sadanori Okamura

Interviewer: Hiroaki Aihara

### How IPMU was born

**Aihara:** Thank you very much for making time for us. I would like to begin this interview by reflecting on the past. Could you tell us about the story of how IPMU was born? At that time you were a Managing Director for Research and an Executive Vice President of the University and overseeing initiatives such as WPI (World Premier International Research Center Initiative). What was your immediate reaction when you learned that the government was planning to call for application to WPI?

*Sadanori Okamura is Professor at the School of Science, The University of Tokyo (UT). He was appointed as the founding Director of the Todai Institutes for Advanced Study (TODIAS), established on January 1, 2011. He graduated from the Department of Astronomy, UT in 1970. He received a Doctorate in Astronomy from UT in 1977. Since then he has been engaged in education and research in Astronomy at UT. He became Professor in 1991; was Dean of the School of Science from April 2003 through March 2005; Managing Director for Research and Executive Vice President from April 2006 through March 2009. While he was in the Directorate of UT, he endeavored to establish IPMU. His research field is Extragalactic Astronomy and Observational Cosmology.*

**Okamura:** As far as I remember, before the invitation for applications was announced at the university, Professor Katsuhiko Sato had been coordinating submission of at least one proposal in physics. At first, I think the discussion started to adopt the neutrino as a central topic of the project, probably influenced by a strong image of Professor Masatoshi Koshiha. Then, someone pointed out that the neutrino is important, but the neutrino alone is a bit less appealing. In the meantime, a subject having something to do with astronomy was searched for. At that time, I think I was hearing the discussion with my personal feeling that it was a project more or less related to the astronomy group, without a clear consciousness of being Managing Director for Research, Executive Vice President. Meanwhile, the contents of the project further changed. I don't remember when it occurred, but Professor Hiroshi Ooguri came onstage and the inclusion of mathematics was decided. At around that time, I had the clear impression that the big change of the scenario was likely to make the project very

appealing. Then, I met Ooguri-san, who happened to be staying in Japan. It may have been at the stage when I was coordinating the proposals as Managing Director. While I was talking with him, I clearly came to believe that it is a very good thing to combine mathematics with physics and astronomy. Upon the university-wide announcement of the formal invitation for application, a number of proposals were submitted from various other fields, and as Managing Director I had to coordinate among them. The Directorate created a selection committee which held hearings. After having gone through a lot of things, we came up with three proposals to submit. Even now I think that they were all very excellent proposals that deserved governmental selection. Actually, I thought that hopefully more than one proposal might be successful, given that these three excellent ones were submitted. However, the result was that only IPMU was selected. This is the story before the selection of IPMU.

**Aihara:** Right. Because Professor Sato was taking leadership in the Department of Physics back then, discussion on WPI naturally started with cosmology playing a central role. Simultaneously, though separately, Professor Yoichiro Suzuki, Director of the Institute for Cosmic Ray Research, started planning a WPI proposal targeting neutrino physics research. Since cosmology and neutrino are

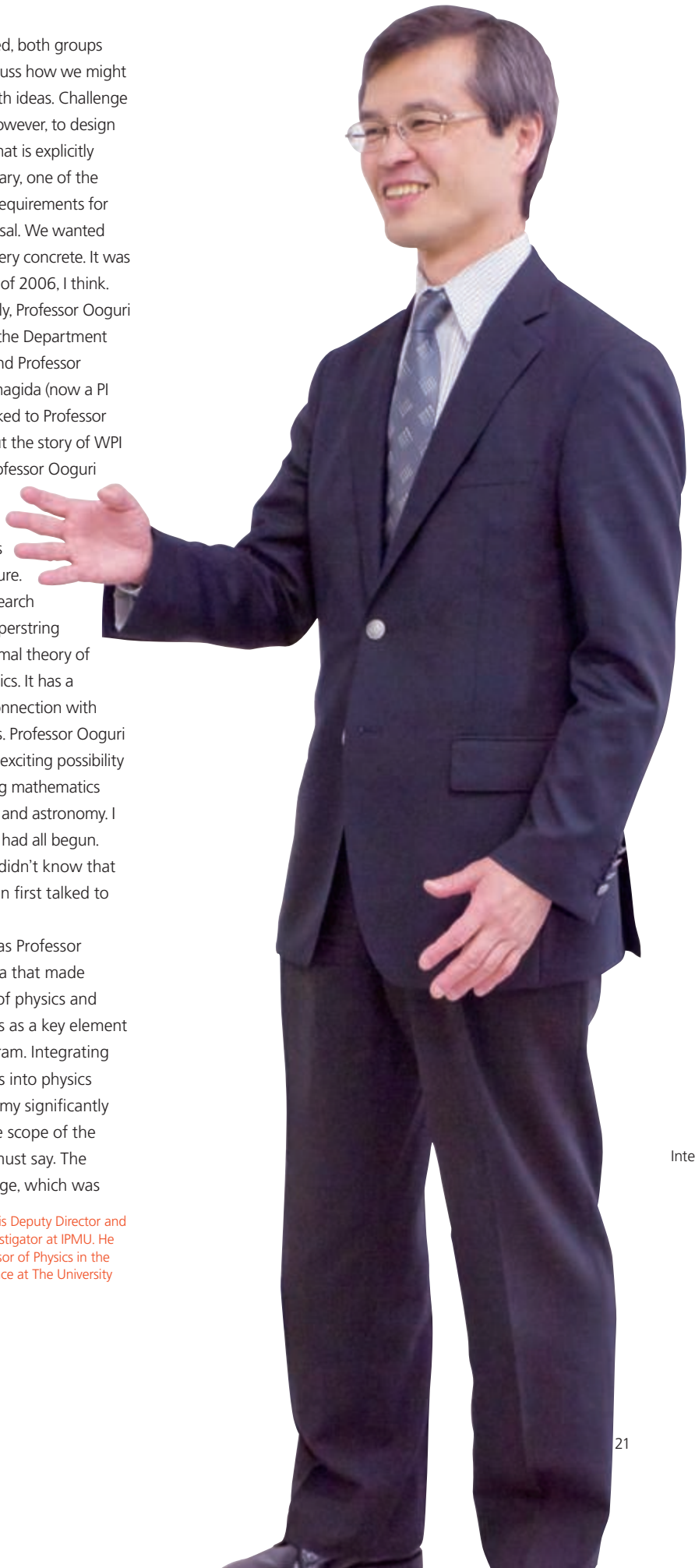
closely related, both groups came to discuss how we might integrate both ideas. Challenge remained, however, to design a program that is explicitly interdisciplinary, one of the mandatory requirements for a WPI proposal. We wanted something very concrete. It was the summer of 2006, I think. Coincidentally, Professor Ooguri was visiting the Department of Physics, and Professor Tsutomu Yanagida (now a PI of IPMU) talked to Professor Ooguri about the story of WPI planning. Professor Ooguri proposed integrating mathematics into the picture.

His main research interest is superstring theory, a formal theory of particle physics. It has a very close connection with mathematics. Professor Ooguri stressed the exciting possibility of integrating mathematics with physics and astronomy. I recall how it had all begun.

**Okamura:** I didn't know that Yanagida-san first talked to Ooguri-san.

**Aihara:** It was Professor Ooguri's idea that made integration of physics and mathematics as a key element of this program. Integrating mathematics into physics and astronomy significantly widened the scope of the proposal, I must say. The next challenge, which was

**Hiroaki Aihara is Deputy Director and a principal investigator at IPMU. He is also a Professor of Physics in the School of Science at The University of Tokyo.**



equally crucial, was to come up with the leader of the project. Professor Suzuki and I extensively searched for candidates, and gradually narrowed down to a few who could cover elementary particle physics, cosmology, and astronomy, and could also bring mathematics on board. Eventually, we came up with Hitoshi Murayama, our founding director, who was a well known young, dynamic particle theorist at Berkeley.

**Okamura:** I think it changed greatly. We proposed three projects, each deserved to be selected, but the most striking point of IPMU I think was the clear visibility of integrating mathematics with physics and astronomy; usually people think these fields are distinctly different. Another point was the scouting of a prospective Director. You found a bright new face, Murayama-san from outside the university. I feel these were the reasons that distinguished IPMU from other proposals.

**Aihara:** Indeed, we received a lot of advice from you. For instance, I recall your comments such as “Inclusion of mathematics gives a fresh impression” and “Recruiting Murayama as Director from outside the University of Tokyo is very positive.” Your advice helped to sharpen our proposal. I think it might well be the case that the Program Committee, which down-selected WPI proposals, also had similar impressions when they received our proposal.

The feedback you gave was very beneficial to us.

**Okamura:** I gave such pieces of advice as to make a proposal appealing not only to IPMU but also to other projects.

**Aihara:** President Komiyama and the university Directorate had been very supportive from the beginning. I recall that Directorate regarded all three proposals were strong and promising. We all believed all three of them would be selected (laugh), or at least two of them for sure.

#### A pilot program for the university-wide reform

**Okamura:** I naturally thought that if two or possibly more proposals were selected, it would be ideal because their competition as well as cooperation would go well. For the Directorate, however, the WPI Program was very demanding. The requisite for application was the reform of the university such as changing the current system and/or introducing a new system.

**Aihara:** It was exactly the reason why we had to work closely with the university Directorate from the beginning. Discussion with the Directorate was definitely needed when preparing a proposal. I don't know whose idea the *special zone* was, but that was an excellent invention. It meant that we were exempt from many administrative regulations that normal organizations within the university, such as Faculties

and Schools, must abide by. Otherwise, it would have been almost impossible to change a system so quickly within a colossal organization like the University of Tokyo.

**Okamura:** That's true. It was requested to submit the host institute's commitment signed by the President. There, we had to write how the university would provide long-term support of the selected WPI center, how it would institute a system under which the center Director would be able to take leadership in recruiting excellent researchers and deciding their salaries, how it would provide research space and foreign researchers' residential facilities, and the like. To cope with these requirements, Mr. Eto, who was Leader of External Fundraising Group (it was in charge of this kind of administrative tasks), thought of various clever ideas. One of them was this idea of designating the selected WPI center as a *university's special zone*, and positioning it as a test case for the future university-wide reforms. We determined this idea to be the leading policy and got an approval of the Directorate.

**Aihara:** In particular, introducing a merit-base salary system was a big issue.

**Okamura:** Actually, that problem was already solved a bit prior to proposing IPMU. In April 2007, the university instituted a new employment system to recruit excellent researchers and capable

supporting staff, and this system made it possible, at least in principle, to hire those people full-time with a higher annual salary than, for instance, that of President. In actuality, however, given the position and age, the salary of the faculty staff was almost automatically determined by applying the standard of the government employee. Without changing such a situation we could not recruit excellent researchers from overseas. A survey showed that professors of Harvard University in the US earned about twice as much salary as professors of the University of Tokyo did. In the meantime, someone said that we really had to offer higher salary than that of the President in order to recruit excellent researchers. I remember well that President Komiyama at that time said “It's no wonder. You feel it's odd because you are in the university, but nobody complains in professional baseball that Ichiro earns a much higher salary than the manager.” It was very persuasive. At that time, the Directorate was also trying to reform the university-wide systems, and this I think was the reason why the idea of the special zone was approved relatively smoothly. The most impressive thing was that the Directorate of the University of Tokyo, led by President Komiyama, was very cooperative, and I was thankful for it.

Also, we somehow

managed to get approval by the Directorate of some special exceptions from the university-wide employment rule for IPMU as a special zone to employ project faculty members and support staff. For deciding on the detailed rules related to employment and personnel systems, Mr. Takeshita, Leader of the Personnel Management Team worked very hard. I think it would not have been possible to make the system design of the present rules which are applied to IPMU, if Mr. Eto, whom I mentioned previously, and Mr. Takeshita had not been involved in this attempt.

#### IPMU built from scratch

**Aihara:** Securing research space was another challenge.

**Okamura:** Yes, it was. Two other proposals submitted from the University of Tokyo had plans of securing the research space, if selected, in the existing buildings, but there was no existing building to accommodate IPMU. However, it was necessary to write in the proposal about how to secure the space to accommodate the proposed project.

**Aihara:** Well, one of the university's commitments was to build a new lab building for us...

**Okamura:** Was it already written in the proposal?

**Aihara:** Yes. It was a Directorate's initiative, a great support, indeed.

**Okamura:** It may well be that it was also telling for

successful selection. But, there was a story which if you hear now you may feel is incredible. Just after the launch, IPMU was not very well spoken of by, for instance, MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology), though it was doing well. It was pointed out that the university's support to IPMU was insufficient. All the four selected WPI centers other than IPMU were based on the existing organizations. So, the expenses spent for each of such organizations including the salary of researchers, which was the same after the launch as before, was counted as the host university's support to the new WPI center. In contrast, because IPMU launched from scratch, it looked as if the University of Tokyo did not support it at all. It was a very hard time.

**Aihara:** Right, but not any more. By a year or so after the inauguration, I believe, both the Follow-up Committee and MEXT came to understand creating IPMU is indeed building everything up from ground zero, a real big deal to the University.

**Okamura:** About a year was needed. Though this is not a long period of time, it was an embarrassment for us at first. Actually, the fact that IPMU was established from scratch gave a fresh feeling in various points. I think there is a clear difference at a glance between the two types of WPI centers; one was newly built up from scratch and the

other was converted from the existing organization. Now we understand that it was the biggest, or rather essential difference. In that sense, it was very good to have built IPMU from scratch though we had a difficult time for the first half-year or so.

**Aihara:** It was good, yet difficult. Precisely because IPMU started from zero, it would fall back to zero unless we continue to make progress.

**Okamura:** Yes, you are right (laugh).

**Aihara:** We have no place to go back (laugh). Although having built it and assembled top-notch researchers successfully, there is no guarantee to keep IPMU operating for good. If those people recruited from overseas leave in ten years, it means that the efforts to establish WPI will have failed. Although IPMU is supported by the university Directorate, it turned out to be a big challenge to secure even a single tenured position for IPMU within the traditional university system, which comprises of a number of Units, i.e., Faculties, Graduate Schools, and Institutes.

#### Making IPMU a permanent Institute under TODIAS

**Okamura:** Before corporatization of national universities this might have been easier than now. If a budget request under the conventional scheme was granted to establish a new institute based on a large group of

researchers who were doing extremely well, it immediately solved the demand you mentioned. In principle, this kind of budget request is still possible now, but the barrier is much higher. So, the problem is what we should do.

Viewing from a broader perspective, the University of Tokyo comprises a collection of Units, each having a clear discipline. There are 10 Faculties, 15 Graduate Schools, and 11 Institutes, all doing activities within their respective disciplines. In particular, each educational Unit independently makes course plans without any interaction with the outside. Nobody cares, for instance, if there are overlaps or not among the courses in the Faculty of Engineering, Faculty of Science, and Faculty of Economics; all run independently within the respective Departments. Research has been conducted more or less similarly. But, after corporatization, when Professor Komiyama became President, this situation changed to some extent. Turning our eyes to the world, there were many areas which span across the disciplines of the existing Units in the University of Tokyo. So, to find a way out of this situation, a new Unit called the Committee for Presidential Initiatives was established. It was different from the existing Units in that it can establish research organizations under the direct control of

the President. Then, various research organizations were launched; some had a definite term of 5-year or so, some were aiming at permanent activities by establishing a network, and some turned out not to be very successful after some activities.

It turned out that with such a system alone, however, interdisciplinary or multidisciplinary fields did not always perform as expected. Therefore, the Directorate had a plan, prior to the launch of IPMU, to establish a higher-level permanent entity by selecting a few from such organizations. It was a plan for the "Institute for Advanced Study," though "international" did not appear in the title. Actually an invitation for applications was announced inside the university to realize this idea.

**Aihara:** Was that originally planned for the Arts?

**Okamura:** Yes. So the invitation was limited to researchers in the Arts. Even though hearings were held, no promising project was identified. So, that attempt faded away. In my understanding, TODIAS has been established because the present Directorate thought it very important how to deal with IPMU in future, as you pointed out, and this caused a revival of the idea of Institute for Advanced Study, based on IPMU for this time.

**Aihara:** How can we develop TODIAS, appropriately positioning it within the

University of Tokyo? We have no answer yet; we need experience to answer this question. What IPMU is aiming at is to become an excellent organization that lasts much longer than 10 years, with prospects over several decades. Becoming a member of TODIAS is just the first step toward these ends. We will be asking for even more advice from you and the Directorate.

**Okamura:** There is no doubt that TODIAS is a permanent institute established within the framework of the University of Tokyo. Its management goes by the prescribed rules, and research organizations are admitted into TODIAS if they satisfy the pro forma requirements specified by the rules. I think, however, that admission of organizations into TODIAS does not mean that these organizations automatically last forever without any efforts. The three pro forma requirements are found in the previous issue of IPMU NEWS (No. 13, page 11). One of them is "Acquiring sufficient external funds for operations." Regarding this condition, I think no organization can promise "We can satisfy this requirement forever" from the beginning. But, on the other hand, once the university established TODIAS, it does not make sense if the university merely says to organizations admitted in TODIAS "Please do it yourself," without giving any support to them. This

is my feeling, though I do not know exactly what the university Directorate is going to do with TODIAS. Since TODIAS launched with its first organization nominated, it may be that its rule and management method would make some kind of evolution by looking at how it is going to be operated. Conversely, it may be that IPMU has great bearing on determining how TODIAS should evolve.

**Aihara:** Because I also belong to School of Science, a typical university Unit, I see the issue from both sides. The issue is to establish a new organization such as IPMU without taking a toll on the existing units. There is no guarantee of sufficient external funds to sustain IPMU. Moreover, we do not have traditional tenured positions. Yet, the university resources are limited.

**Okamura:** I think it is probably the problem of the University of Tokyo as a whole, rather than the problem between some of its Units, like between TODIAS and IPMU or IPMU and the Graduate School of Science. The existing Units have been guaranteed an allocation of University Operating Grants, but as you know, these university base budgets have been decreasing every year. Accordingly, personnel expenses must decrease. Unless you take measures to counteract this situation, the numbers of faculty members and administrative staff continue to decrease. I think

it is necessary to reconsider what a university's faculty member ought to be, and to establish a system which allows the university to find, with all means possible, new permanent sources of revenue which can be spent for the whole or part of the salary of faculty members. Otherwise, basically the number of faculty members keeps decreasing. It won't be zero, but already at this moment it has significantly decreased compared to that at the time of corporatization. Therefore, if almost the same number of faculty staff as that at the time of corporatization is needed to keep the level of research and education, the university has to be prepared to take different measures. This is a problem not only for IPMU, but also for the university as a whole, I think.

**Aihara:** Am I right that the significance of admitting IPMU into TODIAS lies in that the university Directorate has shown its commitment to address the problem as a university-wide problem?

**Okamura:** Yes you are right. The various rules for the admission of organizations into TODIAS will probably evolve. I cannot say at this moment how this will take place, but one thing I am sure of is that for an organization with excellent achievements, people would say "If it should disappear, it would be a major issue for the University of Tokyo." So, this is a necessary condition for IPMU to fulfill by doing its best. At least for now, it seems that



your efforts are taking IPMU toward that direction.

#### IPMU takes the initiative of big projects at Subaru

**Aihara:** Thank you very much for your confidence in us. Now, let us talk about science. Currently IPMU is leading a big project that was selected by the government under “Funding Program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology (FIRST Program).” IPMU Director Hitoshi Murayama is leading this new initiative. The project is to build two instruments for the Japanese Subaru telescope, an ultra wide-field CCD camera called Hyper Suprime-Cam (HSC), and a wide-field multi-object spectrograph called Prime Focus Spectrograph (PFS). With these two new instruments we can conduct a novel cosmology research to unveil the nature of dark energy and dark matter. I am sure you know this project very well (laughs).

**Okamura:** Sure. I am impressed with that project. HSC is regarded as the successor of the prime-focus camera called Suprime-Cam which has attained great scientific achievements. Actually I am involved in building it as PI. Though I did not contribute very much to the engineering aspects of building the Suprime-Cam, I had been claiming from the beginning that Subaru should be equipped with a prime focus to secure capability of

wide-field imaging and that we should build a prime-focus camera. Now, fewer and fewer people remember it, but whether the prime focus should be realized or not became a very big problem while the Subaru telescope had been designed. The reason was that it would require the rigidity of the entire telescope structure to have the prime focus where a heavy instrument could be loaded in the massive prime focus unit, and the telescope cost would be very expensive. At that time, not so many people of the Subaru construction group at the National Observatory expressed their strong wish to conduct imaging observations at prime focus. Therefore, at a certain point a leading opinion was something like “We may not need the prime focus which only Professor Okamura of the University of Tokyo wishes to have.”

**Aihara:** I think the availability of the prime focus instrumentation most characterizes Subaru. We now know the Suprime-Cam has many users. Do you mean its merit was not obvious at all?

**Okamura:** No, it was not. It was around the end of the 1970’s, a bit earlier than the discovery of the large-scale structure of the universe, that the discussion started to build a large telescope which would replace the 1.88-m diameter telescope, built in 1960, at the Okayama Observatory, which was an annex to the

Tokyo Observatory operated by the University of Tokyo at that time. A long time has passed since then, and almost no one remembers the story. It is now incredible that the situation at that time was like “The future of astronomy should rely on spectroscopy. Taking pictures with imaging devices will be of no use.” This stream also influenced people to ask “Should we really have the prime focus even though not so many people will use it?” At that time I kept saying “Yes, we should have it.” The telescope tube of Subaru is very rigid because we decided to have the prime focus. You can understand, if you look at other 8-m class telescopes such as Keck and Gemini at Mauna Kea, that it is not possible for them to add a prime focus later because they do not have a rigid structure. In this sense, I think it was very good that Subaru was able to start its construction aiming at having a prime focus. As a result, the Suprime-Cam attained great achievements, and in turn this has led to further future possibilities, the HSC project and the SuMIRe project, the latter being a combination of HSC and a wide-field multi-object spectroscopy. I feel something destined in the fact that these projects are going to start by IPMU’s initiative.

**Aihara:** I understand. I am interested in physical quantities derived from the statistical information obtained from a large number of galaxies,

rather than the properties of individual objects. It was almost a miracle that a big IPMU project fortunately managed to have a connection with Subaru. At first, I was not sure how our participation would be received by the Subaru user community.

**Okamura:** When I first heard that IPMU was to conduct the HSC and SuMIRe projects supported by the FIRST Program, I was pretty astonished and said “Oh dear! It’s unexpected (laughs).” It is this project that can address the most important problem in astronomy first in the world, I think. Because it is a competition, various other ideas are being considered in other places, and gradually some projects which can also address the same problem will be identified. The instruments of this project, however, are without a doubt the most powerful at this moment.

**Aihara:** I think HSC will have the first light by the end of the year. We are sure that HSC will produce excellent results once its galaxy survey starts. Furthermore, based on these results we can proceed to the next step, a multi-object spectroscopy. I am proud of the SuMIRe project, because it is a well programmed project that leads the research of observational cosmology for some ten years to come.

**Okamura:** Well, I am looking forward to hearing good news from HSC and SuMIRe.

# Focus Week on Astrophysics of Dark Matter

Shigeki Matsumoto

IPMU Associate Professor

“Focus Week on Astrophysics of Dark Matter” was held at IPMU on May 30 - June 3, 2011, aiming to bring together experts in particle physics and cosmology as well as in astrophysics, to discuss the future prospects for identifying dark matter. Despite the serious situation of Japan due to the earthquake and nuclear reactor problems, many researchers from several countries gathered together to discuss the dark matter problem and fortunately there were many attendants, including graduate students. During this focus week, several topics about the dark matter problem were discussed. The warm dark matter was one of main topics in the focus week, for example, and was actually discussed in detail in terms of theoretical motivations, simulation studies, and observational constraints, following excellent morning review talks. The WIMP dark matter, which is the traditional candidate for cold dark matter, was also an important topic in the focus week. We discussed the topic with a particular focus on the light WIMP dark matter (its mass is about 10 GeV) from the viewpoint of DAMA/CoGeNT anomalies. The dark matter problem



is one of the biggest in particle physics, cosmology, and astrophysics, and this problem actually deeply concerns the core questions of IPMU, “what is the universe made of.” Following this focus week, it is very important to hold workshops aiming to discuss dark matter.

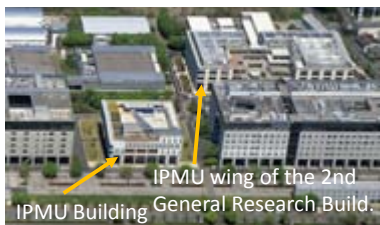
# News

## “Second IPMU Building” Completed

As previously reported in IPMU NEWS No.11, p. 24, IPMU’s “Second Building” or “Annex,” included in the Government’s stimulus package in fiscal 2009, has been under construction since April of last year. The IPMU “Annex” is not a single building, however, but rather a part of the larger building shared by three institutes. This building, named “the Second General Research Building,” was originally planned to be completed within fiscal 2010, but the Tohoku Region Pacific Coast Earthquake that occurred on March 11, 2011 caused some delay in construction, so it was completed at the end of April. The pictures below show the exterior appearance of this building and its location relative to the IPMU Building.



The Second General Research Building



The IPMU Research Building and the Second General Research Building

At the corner on the ground floor of IPMU wing of this building is located IPMU’s “Astronomical Information Center.” It will function as an analysis and information center for the data to be obtained from the IPMU initiatives for astronomical observations. It will also showcase the IPMU activities—such as researchers’ meetings and computer work—to the public. People outside can enjoy looking at these scenes as well as the data projected on a number of large screens through transparent glass wall. The picture below shows the inside of the Astronomical Information Center.



Astronomical Information Center

## Science Café: The Universe 2011

“Science Café: The Universe 2011” was held at the Tamarokuto Science Center in Nishi-Tokyo City, jointly sponsored by IPMU and the Tamarokuto Science Center on April 23, May 28, and June 25.

In this series, three easy-to-understand lectures in Astronomy, Mathematics, and Particle Physics were given: IPMU Professor Hiroshi Karoji spoke on “The Subaru Telescope and Dark Energy” on April 23, IPMU Assistant Professor Satoshi Kondo “On Galois Theory” on May 28, and IPMU Associate Professor Shigeki Matsumoto on “Producing Dark Matter in Terrestrial Experiments” on June 25. In this series of the Science Café, a relaxed atmosphere is particularly emphasized so that attendees can talk with the lecturers in a friendly manner. To ensure this atmosphere, the number of attendees was limited by lottery to

within 100 people for each lecture.

Having started in 2009, this year’s Science Café was third in this series. So far, eleven lectures, one per day, were given in total. This series of Science Café will be held every year.



Prof. Hiroshi Karoji gave a lecture on April 23



Prof. Satoshi Kondo gave a lecture on May 28



Prof. Shigeki Matsumoto gave a lecture on June 25

## Shigeki Sugimoto Receives 16th JPS Award for Academic Papers on Physics

IPMU Professor Shigeki Sugimoto won the 16th JPS (The Physical Society of Japan) Award for Academic Papers on Physics with his coauthors Hiroyuki Hata, Tadakatsu Sakai, and Shinichiro Yamato for their paper entitled “Baryons from Instantons in Holographic QCD.” They proposed a method for analyzing baryons using superstring theory, and showed that the baryon spectrum calculated with this method qualitatively reproduces the experimentally observed spectrum well. The awards ceremony took place on April 9, 2011.

### Hidetoshi Ohno Awarded AIJ Prize 2011 for his Design of IPMU Research Building

Professor Hidetoshi Ohno of the Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, was awarded the AIJ (The Architectural Institute of Japan) Prize 2011 for Design for his achievement in the design of the IPMU research building.

The AIJ Prize for Design is awarded for an excellent achievement, which contributes to the advancement and development of the science, technology, and art related to architecture, in the category of the architectural design of recent buildings (including garden, interior, and other designs), mainly completed in Japan.

The prize was awarded in recognition of the integrated powers in form, in design, and in details including furniture, as a facility for research, and also, in particular, of the embodiment of “powers of place,” namely, the “prime power” of architectural work, which the architect put into these “projections” under various restrictions. This architect’s attempt was highly evaluated. The awards ceremony took place on May 30, 2011.



The IPMU Research Building

The Architectural Institute of Japan presented Professor Ohno a commemorative plaque with his name in relief, a work of a famous contemporary sculptor, Ryokichi Mukai. It has been fixed to one of the columns in the colonnade of the IPMU building.

For those who are interested in the design of the IPMU building, we refer to

“Spiraling Academia - A Memorandum for the Design of the New IPMU Research Building” written by Professor Ohno in IPMU NEWS No. 8, page 4 – 9.



Commemorative plaque presented to Prof. Toshihide Ohno

### Focus week on Astrophysics of Dark Matter

This Focus Week was held at IPMU from May 30 to June 3, 2011. For details, see p. 26.

### Future Workshop: 2011 IPMU School and Workshop on Monte Carlo Tools for LHC

The “2011 IPMU School and Workshop on Monte Carlo Tools for LHC” will be held from September 5 to 10, 2011 at Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University.

### IPMU Seminars

1. “Electroweak baryogenesis in the MSSM revisited”  
Speaker: Eibun Senaha (NCTS)  
Date: Mar 31, 2011
2. “Soft Leptogenesis and Gravitino Dark Matter in Gauge Mediation”  
Speaker: Norimi Yokozaki (The University of Tokyo)  
Date: Apr 06, 2011
3. “A new method to identify AGNs and the nature of low-luminosity AGNs”  
Speaker: Masayuki Tanaka (IPMU)  
Date: Apr 07, 2011
4. “SUSY Gauge Theories on Squashed Three-Spheres”  
Speaker: Kazuo Hosomichi (YITP)  
Date: Apr 12, 2011
5. “Asymmetry in Type Ia Supernovae:

An Origin of Their Observational Diversities?”

Speaker: Keiichi Maeda (IPMU)

Date: Apr 14, 2011

6. “Geometric entropy and confinement/deconfinement transition in  $d=4$  QCD like theories”  
Speaker: Mitsutoshi Fujita (IPMU)  
Date: Apr 19, 2011
7. “Jets at weak and strong coupling”  
Speaker: Yoshitaka Hatta (Tsukuba University)  
Date: Apr 20, 2011
8. “On the construction of the virtual fundamental class”  
Speaker: Masahiro Futaki (University of Tokyo)  
Date: Apr 20, 2011
9. “Supernova Explosions in Dense Circumstellar Medium”  
Speaker: Takashi Moriya (IPMU)  
Date: Apr 21, 2011
10. “Quantized integrable systems, matrix models and AGT correspondence”  
Speaker: Kazunobu Maruyoshi (SISSA)  
Date: Apr 26, 2011
11. “The Unification of Forces”  
Speaker: Koichi Hamaguchi (IPMU)  
Date: Apr 27, 2011
12. “Information content in cosmological observables”  
Speaker: Masahiro Takada (IPMU)  
Date: Apr 28, 2011
13. “Small Black-Holes and Higher Spin States in Heterotic String”  
Speaker: Massimo Bianchi (University of Rome)  
Date: May 17, 2011
14. “Natural selection of inflationary vacuum required by infra-red regularity and gauge-invariance”  
Speaker: Takahiro Tanaka (YITP)  
Date: May 18, 2011
15. “The Supernova Origin of Galactic Cosmic Rays”  
Speaker: Yasunobu Uchiyama (SLAC/Stanford)  
Date: May 18, 2011

16. “Yangian symmetry in deformed WZNW models on squashed spheres”  
Speaker: Kentaroh Yoshida (Kyoto University)  
Date: May 24, 2011
17. “Recent results from ATLAS at the LHC”  
Speaker: Junichi Tanaka (University of Tokyo)  
Date: May 25, 2011
18. “Gravitational Lenses of the Dark Universe”  
Speaker: Adam Amara (ETH-Zurich)  
Date: May 26, 2011
19. “ $6=3+3$ ”  
Speaker: Masahito Yamazaki (Princeton University)  
Date: May 31, 2011
20. “Quantum Field Theory and the Analytic S-Matrix, Redux”  
Speaker: Jacob Bourjaily (Princeton University)  
Date: Jun 01, 2011
21. “Some recent results on microstate geometries”  
Speaker: Jan de Boer (University of Amsterdam)  
Date: Jun 01, 2011
22. “(Astro)-supercolliders: growing black holes in galaxy mergers”  
Speaker: John Silverman (IPMU)  
Date: Jun 03, 2011
23. “Cosmology, Scalar Fields and Hydrodynamics”  
Speaker: Alexander Vikman (CERN)  
Date: Jun 03, 2011
24. “An X-ray – infrared study of AGN unification and selection”  
Speaker: Murray Brightman (MPE)  
Date: Jun 07, 2011
25. “Cosmology Results from the Atacama Cosmology Telescope”  
Speaker: David Spergel (Princeton University/IPMU)  
Date: Jun 08, 2011
26. “Refined topological string for Omega background”  
Speaker: Yu Nakayama (Caltech)  
Date: Jun 14, 2011
27. “Challenges in Fukushima and Japan”  
Speaker: Mihoko Nojiri (IPMU)  
Date: Jun 15, 2011
28. “The high-z interplay between annihilating DM and the IGM”  
Speaker: Marco Valdes (Pisa)  
Date: Jun 16, 2011
29. “Multiple brane solutions in Open String Field Theory”  
Speaker: Martin Schnabl (Prag)  
Date: Jun 20, 2011
30. “Thermo-dynamical limit function’s seminar”  
Speaker: Yoshio Sano (National Institute of Informatics)  
Date: Jun 20, 2011
31. “Product formula for p-adic epsilon factors”  
Speaker: Tomoyuki Abe (IPMU)  
Date: Jun 21, 2011
32. “Maxwell’s Demon: Introduction to Information Thermodynamics”  
Speaker: Masahito Ueda (University of Tokyo)  
Date: Jun 22, 2011
33. “Dark matter distribution in cluster from strong+weak lensing”  
Speaker: Masamune Oguri (IPMU)  
Date: Jun 23, 2011
34. “Recent advances in modular representation theory of the symmetric groups”  
Speaker: Shunsuke Tsuchioka (IPMU)  
Date: Jun 28, 2011
35. “Statistical Symmetry Breaking in the CMB”  
Speaker: Jiro Soda (Kyoto Univ.)  
Date: Jun 29, 2011
36. “Impact of Large  $\theta_{13}$  on Flavor Physics”  
Speaker: Morimitsu Tanimoto (Niigata Univ.)  
Date: Jun 30, 2011

## Personnel Changes

### New Principal Investigator

Professor Toshiyuki Kobayashi of

the Graduate School of Mathematical Sciences, now also holds the position of Principal Investigator at IPMU as of June 1, 2011. Previously, he held a joint appointment at IPMU as Senior Scientist. His research area is Mathematics, and his research interests will be published in the next issue of IPMU NEWS, in the Our Team section.



### Moving Out

IPMU Assistant Professor Yuji Tachikawa moved to the Institute for Advanced Study as a long-term member. He was at IPMU from November 1, 2010 to April 9, 2011. This time he left IPMU temporarily, and he will be appointed at IPMU again in the near future.

Also, the following three IPMU postdoctoral fellows left IPMU to work at other institutes. Their time at IPMU is shown in the square brackets:

Kai Wang [September 1, 2008 – May 31, 2011] moved to Zhejiang University in China as a Research Professor.

Michael Pichot [October 1, 2008 – June 30, 2011] moved to the Department of Mathematics and Statistics, McGill University in Canada as an Assistant Professor.

Jiayu Tang [November 1, 2008 – June 30, 2011] moved to The Chinese University of Hong Kong as a postdoctoral fellow.

### Erratum

There is a correction in IPMU News, No. 13, p. 23, right column. In the second paragraph, under the headline “Personnel Changes,” the correct time at IPMU for Fuminobu Takahashi is December 1, 2007—January 31, 2011. (This correction does not apply to the web version of IPMU NEWS, No. 13.)

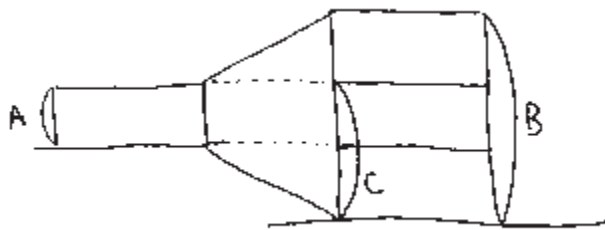
# Infinite Grassmannian

Satoshi Kondo

IPMU Assistant professor

The infinite Grassmannian represents vector bundles on a manifold. In the homotopy category, it represents topological K-theory. The same holds true in the algebraic setting. In the motivic homotopy category (constructed using the Nisnevich topology and the condition that the affine line is contractible), it is known that it represents (homotopy invariant) algebraic K-theory.

A morphism  $A \rightarrow B$  in the Q-construction of the exact category of vector bundles is an isomorphism class of diagrams  $A \xleftarrow{q} C \xrightarrow{i} B$  where  $A, B, C$  are vector bundles,  $i$  is an admissible monomorphism, and  $q$  is an admissible epimorphism.



## 3.11

IPMU 機構長

村山 斉 むらやま・ひとし

2001年9月11日、私はアメリカの素粒子物理の将来を議論するため、サンタフェの高エネルギー物理学諮問パネルのミーティングに来ていました。目覚ましのためにラジオが鳴るようにしていたところ、世界貿易センターに飛行機が突っ込んだという話が聞こえてきました。委員の一人はマンハッタンの住民で、何度お子さんたちに電話をかけても通じませんでした。夜やっと連絡がとれました。タワーが潰れる前、彼女のお子さんたちは世界貿易センターから飛び降りる人たちの姿を見たということでした。

2011年3月11日、世界の色々な国からの共同研究者とすみれ計画について話し合うため、アメリカ、プリンストンにいました。CNNのニュースを見ていると、まるで日本全体が海に沈んだかのような印象です。日本の知り合いに電話をかけても二日間通じません。その後日本に戻り、福島第一の状況が悪化していく様子を見ました。

三重の大災害の中にあっても、人々が落ち着いて素早く避難する様子に感嘆しました。9.11と違って、悪意に満ちたテロではなく、これは自然災害でした。しかし再建の努力は何年も続くことでしょう。私の想像力をはるかを超える自然の破壊力には深く畏れを感じました。

この間IPMUでは東北大学の学生を一人受け入れ、またIPMUの学生が一週間ボランティアとして被災地へ行きました。IPMU自身、停電や何度も起きる余震を耐え抜きました。多くのメンバーが災害地へ義援金を送りました。

幸いなことに、数週間の中断のあと、IPMUの生活は普段のものに復帰しました。インフラには大きな損害はありませんでした。今ではセミナーは定期的に行われ、毎日のティータイムはクッキーと議論でにぎやかです。論文も出ています。海外からのビジターは放射能の懸念で確

かに減っていますが、IPMU付近の放射能レベルは実は全米平均より低いのです。

この間励ましの言葉を贈ってくださった皆さまには本当に感謝します。そして今は私たち皆、一番気にしている問題に再び取り組んでいます。宇宙はどういう仕組みなのか。

Director's  
Corner

## 代数から代数多様体へ

### グロタンディーク以降の導来圏

数学者たちは、ホモロジー代数を数学の中で最も形式的な分野の一つとみなしている。この分野の形式的で厳格な特性は、基本的な定義から先へ進むだけでも多大な努力を要し、この分野を学習し始めた人たちも多くは恐れをなして逃げ出してしまう。高度に形式的なこの理論は、門外漢にとっては *ding an sich*、\* つまり認識できないものであり、この理論を学習してもその努力は決して報われない、という印象を与える。

導来圏の概念を導入した、現代的ホモロジー代数の偉大な創始者であるアレクサンドル・グロタンディーク (Alexander Grothendieck) が、この分野で数十年に渡って中心的な役割を果たした舞台を去って後、ホモロジー的理論は限界に達し、役に立たない形式的な理論となったという意見が数学界に広がった。一見不合理なことに、フランスのようにグロタンディークの思想に著しく影響された国々でこのような意見が特に強かった。私が21世紀の初めにパリ第6大学と第7大学を訪れた際、フランスではホモロジー的手法が極めて有効な代数幾何学と呼ばれる数学の分野が2つの潮流に分裂していたのを見て衝撃を受けた。古典的な方法で幾何学を勉強してきた、導来圏など聞きたくないという一派と、導来圏の極めて形式的な側面だけを勉強してきた、イタリアの学派が19世紀末から20世紀初頭にかけて発展させ極致に至らしめた古典的な

\* 訳注：カントの『純粋理性批判』第2版序文によれば、「我々が認識し得るのは、物自体 (Ding an sich) としての対象ではなくて、感性的直観の対象としての物—換言すれば、現象としての物だけである。」(カント著、篠田英雄(訳)『純粋理性批判 上 (岩波文庫)』p.40より引用。)

代数多様体の幾何学について何も知らない一派である。それぞれの集団には有力な代表的研究者たちがいたが、彼らの研究に共通する点はほとんどなかった。

この不思議な事態に至った一つの理由は、恐らくグロタンディークの最も優秀な弟子の一人であるピエール・ドリーニュ (Pierre Deligne) による、複雑なホモロジー代数を用いたヴェイユ (Weil) 予想の解決、という偉大な功績の副作用であるのかもしれない。これらの予想は、多分、数論的な性質が強く、イタリア学派による古典的な意味での代数多様体の幾何学とはあまり関係がないものである。長年に渡り、導来圏の応用は、古典的な代数多様体の幾何学的研究におけるよりは、代数多様体の数論的・位相的な側面、後には表現論において発展した。

### 結合的代数

例として結合的代数上の加群の圏を取り、ホモロジー代数の観念を遡ろう。数学者たちは加法や乗法などの演算を許す様々な数学的構造を研究し始めた結果、結合的環と呼ばれる重要な代数的構造に辿り着いた。要するに、加法については結合性と交換性を、乗法については結合性を、さらには乗法は加法に関して分配的であることを要求する：

$$(a+b)+c=a+(b+c),$$

$$a+b=b+a,$$

$$(ab)c=a(bc),$$

$$(a+b)c=ac+bc$$

全ての元に対しスカラー倍 (スカラーは普通の数の



こと)が定義されているという性質を加えれば、結合的環は結合的代数となる。

ここで、問う。演算に関するこれらの条件が、数学においてかくも普遍的に振る舞うのは、なぜであろうか？ 実際、例えば一環のような他の代数的構造から議論を始めても、その理論のかなりの部分、特にホモロジー代数に関係する理論は、普遍包絡環という結合的代数を用いて理解できる。先の質問は、その質問自体は非常に重要だが、解答を系統立てて述べるのは簡単ではないだろう。

理論のホモロジー代数的な側面が十分に確立されると、今度は結合的代数の定義をDG代数、A無限代数などに拡張する必要に迫られる。いろいろなルール(定義)が定められているゲームにプレイヤーとして参加するには、基本的なルール(定義)について明確に理解しておくことが極めて重要である。ホモロジー代数の現状は、理論の基礎の明確な理解を求めている。乗法の結合性は、要するに写像の結合(合成)が結合的な操作であることに関係している。加法とスカラー倍の由来は「線型化」という概念であり、それは我々の周囲の時空が局所的には線型空間であるかのように見えるという「観測事実」の定式化に基づくと思われる。この問題は、線型性を道しるべとする量子力学の基本原則、「重ね合わせの原理」と直接的に関係していると推測することも可能である。DG代数、A無限代数の必要性は、代数の基本的な構成にホモトピーが深く関係していることをうかがわせる。最近の階型理論(Theory of Types)の発達は、数学の論理的な基礎もまた、本来的にホモトピー理論に根ざしているであろうことを示唆している。

## ホモロジー代数

どのようにして数学者たちがホモロジー代数の概念に辿り着いたのかを見てみよう。まず、彼らは、結合的代数は複雑な対象であることに気がついた。その理由を探るために、結合的代数の「社会」、言ってみ

れば、そこで働き、テニスをし、互いに話をする、彼らの生活空間に着目する必要に迫られた。これが代数の「圏」である。「圏」に着目するということは、結合的代数たちをその間の「射」と共に観察するということである。(あるいは結合的代数たちはその社会で「射」によって“話し合う”と言える。)ここで、結合的代数の間の「射」または「準同型」とは、写像

$$f: A \rightarrow B$$

であって加法と乗法を保持するものことである。もし代数の間の準同型の核(Aの元であってfによりBの0へ行く元全体の集合)と、像(Bの元であってfによりAから来ている元全体の集合)と、像による商が代数として同じ種類であれば、話は簡単である。核と像は代数の部分代数となるが、勝手な部分代数が準同型の核として表せるわけではない。準同型の核として表せる部分代数は「イデアル」という。すなわち、代数の部分代数であって代数の勝手な元との積に関して閉じているものである。準同型fの像は一般にはイデアルにはならず、像によるBの商を構成することは許されない。代数を学ぶことが簡単な話ではないのは、まったくこのためである。

結合性は写像の結合(合成)に由来していたことを思い出そう。すると代数の元を空間M上の写像として表現するという考えに至る。この空間に加法やスカラー倍といった線型性が想定されることは自然である。したがって我々は与えられた代数上の「加群」または「表現」という概念に至るのである。

固定された代数上の加群の「社会」、すなわち加群の圏、は代数の圏よりもずっと安定している。与えられた加群の間の準同型に対し、核も余核(像による商)も同じ代数上の加群になる。言い換えれば、固定された代数上の加群の圏は「アーベル圏」になる。

価値観を逆転させると、代数自体が重要性をもつのは、その代数上の加群の圏に関することのみであると考えることが合理的である。この考えを推し進めると「森田同値」の概念に行き着く。2つの代数は、その上の加群の圏が同値であるとき、森田同値であると

いう。代数上の加群の圏のみが代数の重要な性質であるという視点を受け入れることは合理的である。圏論の基本的な考えは、代数や代数上の加群などの多様な構造を、個々の対象としてではなく、「社会」、即ち、適切な圏の構成員として捉えることにある。

ようやく我々はホモロジー代数の基礎を学ぶための準備を終えた。加群Lの部分加群Kを考えよう。LのKによる商Mには加群の構造が入る。これは、LがKとMという2つの単純な部分に分解したと考えることができる。

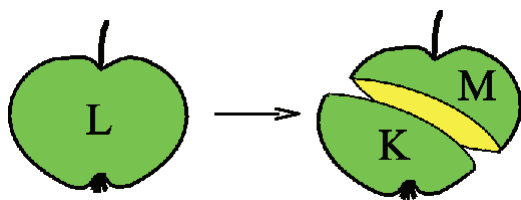


図1 加群の部分加群と剰余加群への分割。

KとMの役割は明らかに違い、この状況は「LはKによるMの拡大である」と説明される。MとKが固定されている時、このような拡大はどのように説明できるだろうか。

ホモロジー代数による基本的な所見は、全てのこのような拡大は加法群の元として数え上げられ、しかもスカラー倍が定義される (!) ということである。与えられたMとKに対する2つの拡大に対して、それらの和をとって別の同じ性質を持つ拡大を得ることができるという事実は驚くべき発見であった。これは手品のようなものである。黄色と緑色の2つの林檎を手に取り、それぞれを大小2つに分割し、手早くかき混ぜて、2つの小さい方の片から紅い林檎の小さい片を、2つの



図2 拡大の和。

大きい方の片から紅い林檎の大きな片を得て、最後に併せて新しい1つの紅い林檎にしてみせる。

導来圏の魅力的な考え方は、加群たちが生活している社会、すなわち加群の圏を拡大して、子孫たちと先祖たちを含めることにより、与えられたMとKに対する拡大がMからKの第一子孫への射：

$$M \rightarrow K[1]$$

と解釈できるようにしたということである。ここでK[1]はKの第一子孫を表す。こうして拡大の和という不思議な操作は、射の和として加法圏の中で意味を持つ。元の圏の子孫まで含む圏はグロタンディークにより考え出され、「導来圏」と名付けられた。導来圏の正確な定義には、少なくとも19世紀のイギリスの数学者アーサー・ケイリー (Arthur Cayley) とドイツの偉大なダヴィッド・ヒルベルト (David Hilbert) に遡る「シジギー」(syzygy、現代の用語で「分解(resolution)）」という古い考え方が使われている。

導来圏の考え方は、実はかなり普遍的であり、研究の対象がアーベル圏をなす場合にあっては常に、他の多くの数学理論に応用される。しかし研究者にとって、導来圏を学ぶことには次のような典型的な心理的問題がある。つまり、例えば複素解析のように、それ自体が多くの詳細な技術的要素を含むある特定の分野を学習しているとき、ホモロジー代数を使う必要がある所に来たとしよう。導来圏の考え方は、あまりにも彼らの数学的な経験に直交し、あまりにも抽象的で技術的であるように見えるため、興味深い応用という島に泳ぎ着くという希望を持ってこの「敵意をむき出しにした」海に飛び込むには、本物の勇気が必要とされるのである。私から若手研究者への助言はたった一つ、「『幼稚園児』のときから岸辺で泳ぐ練習を始めなさい。」ということである。

## 接続層の導来圏

代数幾何学では、代数多様体などの対象は、「社会的振る舞い」という点では、代数と似ている。彼らは

アーベル圏を構成しない。したがって、もしホモロジー代数を用いたいのなら、加群の圏に相当するものを探さなくてはならない。これが代数多様体上の「接続層」の圏である。

これらの層が何であり、どのようにして「線型化」の概念から自然に現れるのかを見てみよう。滑らかな代数多様体 $X$ を考えると、これは非常に曲がった座標系を持つ空間であるが、それをある滑らかな部分多様体 $Y$ の近傍で考えると、この代数多様体はその線形化である「法束」によってうまく近似される。次に、代数多様体は滑らかではないが、部分代数多様体は滑らかであるとすると、この近似は「あるファイバーで次元の跳躍が起こるベクトル束」のようなものになる。これが「接続層」として定式化される。例として二次の円錐 $X$ と $X$ の中心点 $x$ を通る $X$ 上の直線 $Y$ を考えよう。 $Y$ の各点における法束のファイバーは、ファイバーが2次元平面になる中心点を除いて、直線になる。

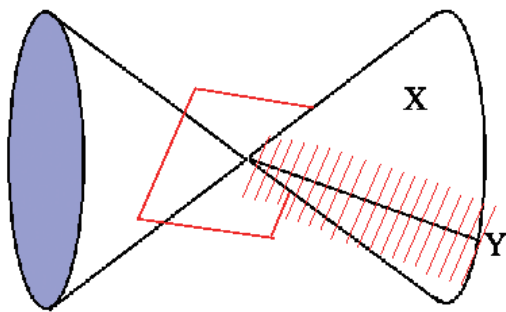


図3 YのXにおける法束のファイバーの次元の跳躍。

この接続層のファイバーの次元の跳躍は、常に $Y$ の部分代数多様体上で起こる。これを $Y_1$ とすると、さらに次元の高い跳躍が $Y_1$ の部分代数多様体上で起こるかもしれないし、さらに同様のことが次々と起こるかもしれない。

接続層の方が、ベクトル束よりも、ある意味取り組みやすいというのは驚きかもしれない。彼らはアーベル圏という秩序だった「社会」に属しているので、比較的素直な性格を持つ。したがって、導来圏のからくりは彼らにも応用できて、「子孫」と「先祖」を含め

ることにより接続層の導来圏を得る。

グロタンディークの導来圏の概念は、ジャンルイ・ヴェルディエ (Jean-Louis Verdier) を始めとする彼の多くの弟子により、確固とした基礎付けがなされ、非常な発展を遂げた。古典的な代数幾何学と最も関係のある導来圏である、代数多様体の接続層の有界な導来圏の重要な形式的特性は、特にリュック・イリュージー (Luc Illusi) の論文で精査されたが、代数多様体の接続層の導来圏の構造は全く不明瞭なままであり、代数多様体の幾何学との関係は何十年にも渡り未知であった。

グロタンディークの概念はフルシチョフによる「雪解け時代」にユーリ・マニン (Yuri Manin) により「鉄のカーテン」を越えてロシアに持ち込まれた。マニンは1960年代にグロタンディークと会い、これらの新しいホモロジー代数の概念の重要性を十分に理解した。マニンおよびモスクワにいた彼の弟子たちと同僚は、導来圏の概念を調べ、いくつかの代数多様体について接続層の導来圏の研究を開始した。

モスクワの状況はパリと似ていた。マニンのセミナーでは導来圏を使って代数多様体の形式的・位相的・数論的な性質を研究していたのに対し、シャファレヴィッチ (Shafarevich) のセミナーおよびアンドレイ・チューリン (Andrej Tyurin) やワシリー・イスコフスキー (Vassily Iskovskih) のような、彼の学派の主だった人たちの多くはイタリア風の古典的な代数幾何学を研究していた。彼らの研究が交わることはなかったが、フランスほど根深く分裂していたわけではなかった。明らかにホモロジー代数の趣きを有する、インスタントンの古典的な幾何学に関するアティヤ-ドリンフェルト-ヒッチマン (Atiyah-Drinfeld-Hitchin-Manin) の論文という際立った業績を思い起こせば十分である。導来圏が表現論に活発に応用されるようになったことも言及に値する。最も目覚ましい業績の一つは、ベイリンソン (Beilinson) とベルンシュタイン (Bernstein) が得た、また独立にブリリンスキー (Brylinski) と柏原も得た、1980年代初めのカジュダ

ン・ルスティック (Kazhdan-Lustig) 予想の証明である。

導来圏の研究には明確な概念的論理があり、双有理幾何学と低次元代数多様体の研究結果には明らかに深いものがあった。もっとも、これらの結果は種々雑多に見え、当時の私のような初学者には理解の難しいものであった。

ある時私は、もし圏を代数多様体の不変量として考えれば、古典的な代数幾何学の現代における様々な発展は、代数多様体上の接続層の導来圏を通して理解できるかもしれない気がついた。直ちに自然な疑問が生じてきた。この不変量からどのようにして情報を取り出せば良いのだろうか？ 代数多様体と代数多様体上のベクトル束の普通の不変量、例えばホッジ・コホモロジーやチャーン類を復元できるのだろうか？ 導来圏から元の代数多様体を復元できるのだろうか？ 例えば双有理変換といった様々な幾何的な操作により、導来圏はどのように変換を受けるのだろうか？

いくつかの代数多様体の圏は、exceptional collections と呼ばれる計量線型空間の正規直交基底のような基底を持つことが分かった。もっとも、計量とは言っても交代対称（あるいは歪対称）ではなく、むしろ非対称的で、半正規直交性と言う方がより適切なアナロジーかもしれない。半正規直交基底はその要素に順序づけられた添字を持つ。順番を変え、グラム・シュミット (Gramm-Schmidt) の正規直交化と似た (準) 正規直交化操作を施すことにより、基底の集合に対して組みひも群の作用があることが直ぐに分かる。これは導来圏とホモトピー理論とが深く関連していることをうかがわせる。

導来圏を抽象的な三角圏として考え、そこから情報を得ようとする、この圏の射がアーベル圏の場合とは違い核や余核を持たないということに起因する問題が生じる。私はこれに対して有用な手段をミハイル・カプラーノフ (Mikhail Kapranov) と共に発見した。それはSerre 関手 (functor) であり、代数多様体の標準因子類の圏論的な実現である。私はそれをを用い

て導来圏とチャーン指標 (Chern character) からホッジ・ダイヤモンド (Hodge diamond) の縦列を復元することに成功した。導来圏の不変量がホッジ・ダイヤモンドの横列ではなくて縦列であるということが分かったのは、実に印象的であった。というのも、横列は代数多様体の特異ホモロジーに起因することから横列の方が意味を持つというのが標準的な「理解」であったからである。3次元カラビ・ヤウ (Calabi-Yau) 多様体の横列と縦列が対称性により交換されるというミラー対称性予想がこの時には世に現れていた。私は導来圏がミラー対称性において中心的な役割を果たすはずであると予想した。これは、後に、複素代数多様体の導来圏と、そのミラー対称であるシンプレクティック多様体の深谷圏を比較することを提案したマキシム・コンセヴィッチ (Maxim Kontsevich) により、ホモロジカルミラー対称性として、より正確な形で定式化された。

代数多様体が十分多くの標準類 (canonical class) または反標準類 (anti-canonical class) を持つという条件の下で、代数多様体を導来圏から復元できることを、私はドミトリー・オルロフ (Dmitry Orlov) と共同で証明した。一方で、向井 茂の論文によりK3曲面とアーベル多様体については導来圏同値の例が知られていた。我々は、森 重文の極小モデル理論 (Minimal Model Program) での特別な双有理変換の下で、導来圏は良い振る舞いをするを見出した。そして、いわゆるフロップ (flop) 変換の下では導来圏は同値であり、その一方でフリップ (flip) は導来圏の間の充満忠実関手 (fully faithful functors) を誘導すると我々は予想した。これは、適切な意味でより良く極小化されるべきは導来圏であると解釈することにより、極小モデル理論に対して新しい視点を与えた。トム・ブリッジランド (Tom Bridgeland)、川又雄二郎らにより予想を支持する結果が得られているが、その証明の達成にはまだ程遠い。

導来圏を代数多様体の基本的な不変量だと考える場合、滑らかな代数多様体上の接続層の導来圏のクラ

スの特徴づける圏の性質は何かという疑問が自然にわいてくる。私はこれらの圏のいくつかの良い性質を、割と直ぐにミハイル・カプラノフと、また後にミシェル・ファンデンベルク (Michel Van den Bergh) との共同研究で見出した。代数多様体のクラスを少し拡張した代数空間にもこのような性質が見受けられる。ベルトランド・トーエン (Bertrand Toen) とミシェル・ヴァキエ (Michel Vaquie) が、もし複素多様体の導来圏がこの性質を満たすならば、この多様体は代数空間であることを証明した。

他方、接続層の導来圏のクラスを区別するような、抽象的な圏の簡単に定式化できる性質はない、ということ当初より明らかであった。私は1990年代初め、上に述べたような良い性質を満たす圏ではあるが、幾何学的な対象の導来圏にはなっていないような全ての圏を、非可換多様体からの像とみなすべきであるというアイデアに達した。この方向で多くの結果が得られたにもかかわらず【例えばアレクサンダー・ポリシュチューク (Alexander Polishchuk) との非可換射影空間の分類に関する共同研究 (それ以前のアルティン (Artin)、テイト (Tate)、ファンデンベルクの研究に影響を受けた) やファンデンベルク、スタフォード (Stafford) らによる非可換ブローアップ (blow-up) に関する研究】、可換な場合の結果に比べると非可換な圏論的代数多様体の幾何学は未だに包括的理解には程遠い。可換代数のホッジ・コホモロジーと類似した圏の不変量をよく理解することは、必ずやこの目的の助けになるであろう。

将来を考えると、滑らかな代数多様体とそれらとの間の充滿忠実な関手を射にもつような圏、及びその適当な拡張を考え、それらの「社会」の構造をホトピー理論により捉えようとするのが適切と思われる。接続層の導来圏の対象たちは、トポロジカルな弦理論におけるBモデルの境界条件として解釈される。したがって、この構造の適切な理解は、弦理論における時空の可能なコンパクト化を見通す上で、洞察を与えるであろう。

# Our Team

## 菅井 肇

すがい・はじめ 専門分野:天文学

IPMU 准教授

宇宙物理学の研究を、観測装置の開発と、銀河の観測という2つの観点から進めてきました。ハワイ島の4200メートルのマウナケア山頂に日本の口径8メートルすばる望遠鏡があります。この望遠鏡に搭載するための装置を開発しました。天体からの光を色に分けて分析することを分光と言います。天体の全面（いろいろな部分）から届く光を一度に分光できる面分光装置を開発しました。天体のどこで何が起きているかを明確にすることができるようになりました。工夫してコンパクトに設計したため、ハワイ大学の2メートル望遠鏡にも搭載できます。これらの望遠鏡に搭載した経験をIPMUにおいても活かします。IPMUでは、ファイバを用いて一度に2400天体を分光する装置を開発しこれをすばる望遠鏡に搭載すべく努力をしています。



これまでの観測対象としては個々の銀河で起きている派手な現象が多かったです。銀河と銀河が衝突すると、ガスが銀河中心領域に向かって落ち込んでいきます。それが原料となって多くの星々が誕生したり、一部が、銀河中心に潜んでいる超巨大ブラックホールへの燃料となり断末魔の光を放出したりします。これらの現象を面分光装置でとらえました。

## 阿部 知行

あべ・ともゆき 専門分野: 数学

IPMU 助教

私の専門は数論幾何で、特に数論的D加群を研究しています。数論幾何は数論的な方程式、さらに一般に数論的な多様体を幾何学的手法を用いて研究する分野です。例えば整係数方程式が与えられたとき、どのようにして位相的な情報を取り出せるでしょうか？一つの方法として方程式によって定まる複素多様体のコホモロジーを取ることが考えられます。この方法では種数などをとらえられますが、 $\mathbb{Z}$  上と  $\mathbb{C}$  上の多様体の違いがとらえられません。60年代にグロタンディークは数論的な性質を反映しているエタールコホモロジーを定義しました。このコホモロジーは特異コホモロジーの類似と見なせ、現代の数論幾何で重要かつ基本的な役割を果たしています。一方、彼はクリス



タリンコホモロジーと呼ばれるドラムコホモロジーの類似のもっと解析的な理論も提唱しています。私は数論的D加群と呼ばれるこの理論の変動を研究しており、特にラングランズの観点から様々なコホモロジー間の関係に興味を持っています。

近年物理学者によって幾何学的ラングランズと“S双対”の間の関係が指摘されています。物理学者の直感を数論に持ち込めればとても興味深いと思っています。

## 大栗 真宗

おおぐり・まさむね 専門分野: 宇宙論

IPMU 助教

宇宙の大部分はダークマターとダークエネルギーと呼ばれる謎の成分で満たされていることが分かっています。私は、この暗黒成分の性質を天文学的な観測から明らかにするべく研究を行っています。特に、重力レンズ現象と呼ばれる光の伝搬経路の重力場による曲がりの効果を駆使してこの謎に取り組んでいます。私は大学院で研究者としてのキャリアを理論家としてスタートさせましたが、自分の理論計算を自ら観測的に検証する機会に恵まれ、その魅力に取りつかれて以来、様々なサーベイデータや望遠鏡を駆使した観測的研究も平行して行っています。これまでは主にスローンデジタルスカイサーベイデータ内の重力レ



ンズ探索及びその理論的解釈で成果を挙げてきましたが、IPMUではすばる望遠鏡を用いた研究、特に新たに開発された広視野装置を用いた次世代サーベイ観測SuMIReプロジェクトによるサイエンスを推進していきたいと考えています。この日本発のサーベイがどのような新しい宇宙の描像を我々にもたらすのか、今から非常に楽しみです。

Our Team

## 藤田 充俊 ふじた・みつとし 専門分野:理論物理学

博士研究員

私の研究対象は、ゲージ/重力対応とその物性物理への応用です。ここで、ゲージ/重力対応とは、強結合のゲージ理論と弱結合の重力理論の間の双対性（等価性）です。特に、私はゲージ/重力対応と Chern-Simons 理論を用いて、分数量子ホール効果を記述する三つのモデルを構成しました。ここで、分数量子ホール系は強磁場の下で強相関している2次元電



子系を用いて実現され、Chern-Simons 有効理論を用いて記述することができ、この系のホール伝導度は量子化された値を取ります。

## 小川 軌明 おがわ・のりあき 専門分野:理論物理学

博士研究員

場の理論や弦理論にしばしば現れる重要なことの一つに、一見異なる系や理論が実は同一の物理を記述する、双対性と呼ばれる性質があります。これをうまく用いると、複雑な量や現象を、等価な理論で簡単に計算や理解することなどが可能になります。中でもゲージ/重力対応は、重力理論と重力を含まない場の理論が実は等価であるという驚くべき双対性です。私は、



この双対性をブラックホールに応用する研究などをしてきました。IPMUでは他の様々な側面にも取り組みたいと考えています。

## マルテ・シュラム Malte Schramm 専門分野:天文学

博士研究員

私の専門は観測宇宙物理学で、活動銀河核（AGN）とそのホスト銀河の進化を研究しています。主たる研究課題は最も明るく輝く活動銀河として知られているクエーサーで、ブラックホールの成長段階についての情報が得られます。私はブラックホールとホスト銀河の性質の間に見出された緊密な相関についてより良く理解するため、高い角度分解能をもつ多波長撮像によりホスト銀河の性質を高赤方偏移まで調べています。また、最近では、AGNのホスト銀河の異常な恒星種族



の性質を説明するため、およびAGNにより駆動されるアウトフロー（噴出流）とそれがホスト銀河の進化に関係している証拠を得るため、空間分解能をもった面分光を用いる観測キャンペーンに参加しています。



## 土岡 俊介 つちおか・しゅんすけ 専門分野: 数学

博士研究員

私の研究テーマは、リー環論の深化とその応用です。リー環は対称性と関連して古くから研究されていますが、最近では圏論化を通じて、(ヘッケ環などの)対称群に関連する代数のモジュラー表現論と密接に関係していることが知られるようになりました。私も圏論化を通じてこのような一見異なる理論の対応を確立することが目標であり、また対応するリー環論の対象を研究しています。そのうち最近は、非対称なディン



キン図形に付随するリー環論、およびそれに関連した種々の代数、そしてパリティを用いた一般化(スーパー化)に興味を持っています。

IPMUのバークレー・サテライトはカリフォルニア大学バークレー校に設置され、同物理学教室およびバークレー理論物理学センター(BCTP)と密接な協力関係にあります。写真はIPMUバークレー・サテライトの看板とBCPTの交流スペースに集う理論家たち。



Our Team

# IPMU滞在中に起きた2011年3月11日の 東日本大震災とその後の数週間

セルゲイ T. ペトコフ

SISSA (国際高等研究大学院大学\*) 教授、  
IPMU客員上級科学研究員  
\*イタリア、トリエスタ

3月11日午後2時46分、日本の近代史における最大の地震が発生した時、私は柏キャンパスのIPMU研究棟3階のオフィスにいた。地震の経験は余り無かったというのに、私のオフィスも研究棟全体も今まで見たこともなかった程大きく揺れ動いており、どうしたら良いか分からずにいたとき、秘書の裕子さんが研究棟の外に避難するように言ってくれた。そこで持ち物をまとめ、コートを着て、階段を下り、まだ小刻みに揺れ続けている研究棟から外に出た。IPMUの研究者と事務職員の多くは既に研究棟の前の広場に避難していたが、まだ研究棟から出てくる人たちもいた。隣接する建物からも同じように避難が行われていた。全員冷静で、誰一人としてパニックしてはいなかった。柏キャンパスの研究棟群の前の広場は、すぐに人で埋まった。私の同僚研究者の多くは携帯電話をインターネットにつなぎ地震について最新の情報を得ていた。震源は東北の太平洋沖で、リヒターマグニチュード8.9~9.0、\*1 震源に近い東北地方で震度6強であった。東京の震度は5強から5弱であった。すぐに日本の東北沿岸に津波警報が発令された。人混みの中で、私は宇宙線研究所の研究棟から出て来たスーパーカミオカンデとT2Kニュートリノ実験のメンバー二人、中畑さん、塩澤さんと出会い、スーパーカミオカンデの最近の結果とT2K実験

で見出された $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$ 振動の特徴を持つ最初の事象について非常に興味深い議論をした。(T2K実験のエキサイティングな結果はその日午後KEKで、また18日に宇宙線研究所で予定されていたセミナーで議論されるはずであったが、両方とも中止された。) その間も、しばしばかなり強い余震が起きて地面も建物も揺れがやまなかった。IPMUの秘書さん達が、定例の午後3時のティータイムのために用意されたコーヒーとお菓子をなんとか持ち出してくれたので、寒い屋外で温かいコーヒーが嬉しかった。地震の影響についてニュースは流れ続けていたが、最初の1時間ほどは大きな損害は報道されなかった。津波はまだ海岸線に到達していなかったようだ。\*2 そのうち雨が降り出したので、いつも昼食を取るキャンパス内のレストランに入れてもらえた。5時半頃、IPMU研究棟は被害がないことが確認され、我々は研究棟のオフィスに戻るようになった。後で、柏キャンパスの建物は(軽微なものを除き)どれも損害がなかったことを知った。実際は東京の無数の建物も同様であり、例外は東京ディズニーランド地区で埋め立て地に建てられた家屋が損害を受けた程度だった。

東京に住んでいた者にとって、次の問題は どうやって東京にたどり着くかであった。つくばエクスプレスもJRも、またほとんどの地下鉄も線路の点



検が必要なため動いていなかった。つくばエクスプレスの場合は点検を終えるのに2日間かかった。IPMUの秘書さん達は、大栗さん、\*3 前田さん\*4と偶々柏にいた彼の奥さんと子供さん、それから私のため、キャンパスから遠くないホテルに何とか3室予約を入れてくれた。このような状況では、これは尋常なことではなく、実際IPMUの事務職員の中には帰宅できず研究棟で一晩を明かした人たちがいたのである。

翌日、私が滞在中の、東京上野に近いエリート・イン湯島の5階建ての

\*1 後日、気象庁はモーメントマグニチュード9.0(暫定値)と発表。リヒターマグニチュードとモーメントマグニチュードは定義が異なる。

\*2 実際は地震発生後30~40分で東北地方沿岸部を大津波が襲った。

\*3 カリフォルニア工科大学教授でIPMU主任研究員の太栗博司さん。

\*4 IPMU特任助教の前田啓一さん。

ビルは何事もなく佇んでいた。このレジデンスは湯島天神に隣接する魅力的な場所であって、東京大学の本郷キャンパスからも歩ける距離にある。私の借りていた部屋の中は電気ス



タンドが倒れただけで被害は無かった。テレビのニュースでは津波による被災状況と失われた人命の大きさが明らかになってきた。その日、福島第一原子力発電所の問題について初めて報道された。私はテレビでCNN、BBC、その後NHKの英語放送のニュースにくぎづけになり、インターネットでもイタリア、その他ヨーロッパのメディアの報道に目を通し続けた。

地震の後もインターネットの接続は何も問題なかった。3月12日にSISSAでの私の大学院学生であるA. Meroniが、私たち（他に3人の共著者がいる）の「ニュートリノを出さない2重 $\beta$ 崩壊の種々の機構」についての論文をプレプリントサーバー、arXivに投稿した。この論文は今回私がIPMUに来てからずっと手がけていたものである。

震災後の月曜から金曜まで（3月14日-18日）私は東京にとどまっていた。福島原発事故のため柏では計画停電があり（東京では実施されなかった）、つくばエクスプレスは大幅な間引き運転をしていたので、柏キャンパスに行くのは困難な問題があった。計画停電

の予定と電車の運行状況はIPMU事務部門の女性達、裕子さん、みどりさんから、インターネットを通じて毎日情報を得ていた。IPMUの村山機構長はビジターを含むIPMUメンバーに、地震によって生じた問題はなんでも報告するように求めた。「安否確認」の結果、IPMUメンバーは幸い全員無事であることが分かった。

私のその週の生活はとても簡単なもので、自室で朝食の後昼食までの間仕事をし、上野近辺にある多くのレストランの一つで昼食を取り（私の好みはラーメン、うどん、寿司と刺身、韓国料理といったレストランである）、昼食後上野公園を散歩し、その後部屋に戻り夕方まで仕事の続きをしてから夕食のため外出し、その後少し散歩、といったものであった。時には夕食は弁当で済ませた。家族とは毎日電話で話をした。福島第一原発の状況は大変な事態になってきて、3月14日以来、東京大学とKEKは、本郷キャンパス、柏キャンパス、KEKの位置するつくば地区での放射線レベルについてインターネットで情報を提供し始めた。私はこのデータを毎日数回チェックし、夜

遅くにはテレビでCNNとBBCのニュースを見るとともにインターネットでイタリアのメディアの報道を読んだ。時々、気晴らしに深夜日本のスポーツチャンネルでイタリアのサッカーチーム、インターミラノの試合を見たりした。その週は、いつものように気が散ることもなく仕事はかどおり、ニュートリノの質量生成に関与する重い右巻きニュートリノがTeVスケールに存在する「I型シーソー模型」が低エネルギーで示す信号についての研究を2人の若手の同僚研究者と一緒に完成させた。この研究結果は論文にまとめられ、3月末にarXivに送られた。

震災後の最初の1週間は東京のコンビニのいつもの棚から各種のおにぎり、弁当、ヨーグルト、ケーキなどが消えてしまった。しかし、上野の松坂屋デパートの食品売り場に行けば、いくらか高い値段ではあるが、こういった食品類だけでなくイタリアのゴルゴンゾーラチーズやモッツァレラチーズまでも見つけられた。私の住んでいたあたりではレストランも普段通り営業していた。というわけで、東京は食料不足という欧米の報道機関のニュース

には一寸驚いた。たった一つだけその通りだったものはブルガリアスタイルのヨーグルトで、震災後コンビニの棚から消えてしまった上、1ヶ月経っても現れなかった。

3月12日から15日の間に福島第一原子力発電所では水素爆発が起き、ある量の放射性物質が環境中に放出され、日本政府は原発から半径20キロ圏の住人に避難指示を出した。引き続き余震と、福島原発から240 kmの東京、さらにその南西にもっと大量の放射能汚染が到達するかもしれないという恐れにより、東京あるいは日本から外国人が退去し始めた。フランス、ドイツ、スイス各国政府はそれぞれの国民に日本を離れるように勧告した。それに応じて帰国する自国民のため、これらの国はチャーター機を派遣し、航空運賃を含む全経費を負担した。イタリア、イギリス、アメリカ各国政府も同様の勧告を行った。ドイツの航空会社、ルフトハンザは東京への飛行を中止し、寄港先は名古屋と大阪のみとした。3月20日には風向きが変わり、福島第一原発から放出が続いているヨウ素131（半減期8日）とセシウム137（半減期30年）がいくらか東京に届いた。そのため、本郷キャンパスでは通常の4倍、柏キャンパスでは5倍程に放射線レベルが増加した。その後降った雨のせいで東京の浄水場では水1リットル当たり200ベクレル（1ベクレルは毎秒1個の原子核が崩壊して出す放射能の量）のヨウ素131が観測された。これは1歳未満の乳児に対して

だけ危険なレベルと考えられる。東京都は乳児のいる家庭に550ミリリットルのミネラルウォーター 24万本を配布した。中には一時的に東京を離れ、大阪などに滞在した家族もあった。欧米のメディアは東京の住民が避難したと書き立てたが、私の知る限り、上野あたりで人口密度が目立って減ったことは全くなかった。このような報道によって、大々的な災害が不可避であるという印象が形成されていったのである。

3月11日の地震で東京や柏の建物に被害がなかったのも、私はその後余震を心配しなかった。ヨウ素131が東京の水道水に現れた時は、飲み水と私のちょっとした料理には数日間ミネラルウォーターだけを使った。その上、私は人間の体はカリウム40（半減期約10億年）を含むため、1リットル当たり50ベクレル程度の放射能を帯びていることを知っていた。中肉中背の人は約3000ベクレルの自然放射能を持っている。私は科学者仲間によって1時間おき、あるいはリアルタイムで日々提供される放射線レベルのデータを追っていた。また、自然放射線レベルや、医療用のX線装置やCTスキャナー、ガンの放射線治療により受ける放射線被曝、およびチェルノブイリで放出された放射能の影響について数々のレビュー論文や報告書を読み、例えば胸部X線撮影は東大本郷キャンパス地区で受ける自然放射線の平均250時間分相当であることを知った。これらの報告書によれば福島からの放射性降

下物はチェルノブイリよりずっと少ないことは明らかだった。本郷や柏キャンパスで放射線レベルが増えたが、世界では人口の多い地域でも同じくらいの自然放射線を受ける所がある。例えばイギリス人は平均的に東京の住民の2.5倍から3倍くらいの自然放射線にさらされている。さらに、データが示していたが、3月20日～21日に増加した後、新たな放射能汚染がない場合に予想されるように、東大の2つのキャンパスの放射線レベルも東京の水道水のそれも下がりはじめた。

私が日本滞在を続けることは家族からは心配された。ヨーロッパのメディアの報道を読んでいた多くの友人や同僚からも強い懸念が伝えられた。私が滞在を続けることを決断した理由は、一つの「賭け」を除き上に述べたような分析による。その「賭け」とは、地球物理学者の予言する、いつかは分からないが将来東京を襲うという大地震は、3月11日の震災後すぐには起きないであろう、というものである。そんな大地震は近い将来にも起きないことを願う。

3月25日にIPMUの村山 斉機構長と会い（彼はIPMUとカリフォルニア大学バークレー校を兼務しているが、その週はIPMUにいた）、スーパーカミオカンデ、カムランド、エックスマスなどの神岡の実験は全く地震による被害を受けなかったが、KEKとJ-PARCの加速器が被害を被ったことを聞いた。それから、多くの外国人研究者がIPMU訪問を取り止めたり延期したことを知

った。

3月11日の震災後、2週目と3週目には東京地区の状況は徐々に通常に戻りつつあった。コンビニでは普通の食料は全て入手できるようになった。つくばエクスプレスは最初、通常の60%の運行で快速は走らなかったが、その後ほとんど地震前のダイヤに戻った。柏キャンパスの計画停電は行われなくなった。IPMUでは研究者達が戻ってきて、研究生活は徐々にいつものリズムを取り戻してきた。東大の本郷と柏キャンパス、及びつくばのKEKで測定される放射線レベルも下がってきて、4月初めからは東京ではほとんどの場所でほぼ3月11日の地震前のレベルになった。しかし余震は続いており、4月8日には幾つか立て続けに起きたが、中でも午前8時20分前後に起きた最初の余震はかなり強く、また長く揺れ、私の住んでいるレジデンスのビルは大丈夫か心配になった。しかし、私が外に出ようと階段にたどり着く寸前に揺れは終わり、ビルには何事も起きなかった。地下鉄の中で余震を経験したこともある。千代田線のある駅で振動が始まり、やがて電車がゆっくり揺れ始めた。しかし、誰もパニックにはならず、もっと情報を得ようと携帯電話でインターネットに接続したりしていた。振動が収まって数分後には電車が再び動き始めた。

ここからは非常に個人的、主観的なコメント及び所見を述べるが、幾つかは情報不足によるものかもしれず、従って正しくないかもしれないことを

お断りしておく。東京電力が被害を受けた福島第一原発を制御しようとした努力について私の受けた印象では、東電が直面したこの問題は会社にとって余りにも多岐にわたり、余りにも複雑であった。東電は放射性物質の放出を避けるため、できることはやったが、この問題の余りに大きなスケールに圧倒されてしまった。私は政府が、実際に行ったよりもっと早く、東電を支援するためエキスパートチームを編成し、あるいは外国のエキスパートを招聘するものと思っていた。また、日本で原発を運転している他の電力会社が支援を申し出たようには見えなかった。(ただし、この点については私の認識違いかもしれない。)明らかに欠けていたものは、原子力発電所で起きるかもしれない複雑な問題に対処する訓練を受けた原子力工学者・物理学者・技術者のグループ、つまりある種の原子力災害即応部隊である。(アメリカやフランスや、その他の原子力発電所を有する国がこのような部隊を置いているかどうかについて、私ははっきりとは知らない。)また、私は日本の原子力安全・保安院の対応は、既に大変な精神的重圧を受けている福島の東電スタッフに「圧力」を加えるだけで、助けにもならず、役にも立たなかったという印象をもっている。私は西日本と東日本の送電網が「両立しない」こと、従って福島原発が停止した後、東日本の電力供給がピンチに陥った際にも西日本から東日本への送電が不可能なことを知って驚いた。これが原因

で節電が必要となり、東日本の経済に悪影響を及ぼす計画停電やその他の対策を取らざるを得なくなった。東日本と西日本の送電網を両立させ、統一した一つの送電網とすれば、日本は経済的にも実生活の上でも大きな利益を得るであろう。

最後に、私の日本の友人およびIPMU事務部門の皆さん、3月11日に起きた大地震と津波によって日本が受けた災害と失われた多くの人命に対し、心よりお悔やみとお見舞いを申し上げます。また、日本にとって衝撃的な大震災後の数週間、IPMUのビジターに対して通常通りの研究と生活の環境を保証するため、あらゆる努力をしてくれたIPMUの事務スタッフに感謝します。

2011年5月2日  
イタリア、トリエステにて

# 世界トップレベル研究拠点プログラム採択拠点 東日本大震災の影響について\*

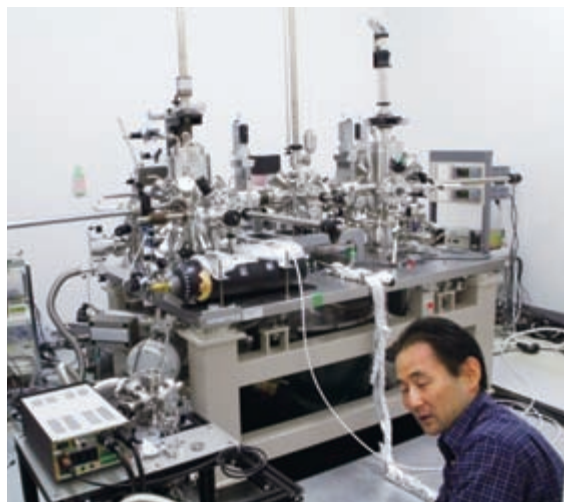
黒木登志夫 くろぎ・としお

WPIプログラム・ディレクター（日本学術振興会  
学術システム研究センター副所長）

平成23年3月11日14時46分に東日本を襲ったマグニチュード(M) 9.0の地震は、20世紀以降に世界が経験した地震の中で4番目に大きなものであった。震源は仙台沖130km、深さ24kmの太平洋の海底であり、巨大な津波を引き起こした。地震の30分後には高さ20mの大津波が東北地方の太平洋沿岸の町々を襲い、家や車、船、そして飛行機までも押し流し、この地域で2万5千人近くの人々が犠牲となった。日本は世界有数の密度で地震観測網が整っており、東北地方の防潮堤や地震のP波をとらえる緊急地震速報など、地震・津波に対して十分な備えをしてきた。しかし、今回のM9.0の地震と20mの津波はその備えやこれまでの想定を遥かに超えるものであった。

今回の地震は仙台及び筑波地区の学術関係施設も直撃した。死傷者はなく、建物の被害もさほど深刻ではなかったが、このM9の地震とM7の余震によって、材料科学分野で著名な研究拠点として知られる東北大学AIMRと物質・材料研究機構MANAについては、走査型トンネル顕微鏡（STM）といった精密な研究装置に深刻な被害が出た。こうした装置の大半は除振など

\* 編集者註：この記事はWPIの黒木プログラムディレクターの要請により、全国6ヶ所のWPI拠点全てがそれぞれの定期刊行物やホームページで公表するものです。



写真：地震で被害を受けたSTM（東北大学AIMR 一杉研究室）

の措置を施したものであったにもかかわらず、強い揺れにさらされてしまった。被害を受けた装置については、部品の交換や光軸合わせ（写真参照）といった修理や調整によって、今も復旧が続いている。3月11日以前の状態まで完全に復旧するには、なお数ヶ月がかかるものと思われる。

修理等の費用はAIMRで約2億4千万円、MANAで約2億円と見積もられており、政府の補正予算などが充てられる予定である。しかしながら、研究者にとって最も大きな損失は、修理や点検等に費やされる時間である。被災した拠点の研究者の方々が速やかに復旧を終え、一日も早く研究の最前線に戻ってくることを願ってやまない。

MANAの25km南方に位置する東京大学IPMUでは、損害はなかった。

IPMUに関連する研究施設では、神岡（東京大学宇宙線研究所）は地震の影響はなかったが、高エネルギー加速器研究機構（KEK）や最近開所したJ-PARCは深刻な被害を受けた。イタリアからIPMUにvisiting scientistとして訪問しているペトコフ教授は、今回の震災の体験談をIPMU Newsに掲載予定である。

その他のWPI採択拠点（京都大学iCeMS、大阪大学IFReC、九州大学I<sup>2</sup>CNER）は震源から遥か遠くの西日本に位置しており、京都や大阪などで特異な揺れを検知したものの、地震の影響は全くなかった。

地震と津波という2つの大きな災害に加え、我々は福島第一原子力発電所が制御不能に陥り、メルトダウンを引き起こすという第3の災害に直面し

た。しかし環境中の放射線量は、表1に示すように、平常値か平常より僅かに高いレベル（IPMU）である。

放射線医学総合研究所の試算によれば、東京の放射線量を0.5  $\mu\text{Sv/h}$ と仮定し、摂取制限の上限の放射線（300 Bq/kg）を含む食品を90日間摂取した場合、生涯発がんリスクは、わずかに0.0265%上昇するだけ、ということである。

ベトコフ教授の報告にもあるように、今回の震災でパニックは起こらず、3重の災害のあとですら、みな平静であった。しかしながら、度重なる余震や原発事故の先行きが不透明であったこと、情報が不足していたことによって、多くの外国人が日本から脱出する事態を招いた。とりわけ、いくつかのヨーロッパの国々は（フランス、イタリア、ドイツ、スイスなど）、政府が自国民に日本を離れるよう強く勧告し、無料のチャーター機を準備するなどした。また、海外のメディアもこの危機を誇張して報道し、日本全土が放射能に汚染されたようだとし、食料も摂取できないと伝えた。こうした政府やメディアの過剰反応が、海外からWPI拠点に来ている研究者を不安にさせた。

結果として、AIMR、MANA、IPMUでは29-52%の外国人研究者が震災後に一時日本を離れたが、今ではその大半は帰国し、自身の研究を続けている（表2参照）。海外に依然としてとどまっている研究者もWPI拠点に近いうちに戻ってくると約束している。しかし

表1：WPI 採択6拠点の環境中の放射線量

拠点名	都市名	福島原発からのおよその距離 (km)	環境中の放射線量 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
AIMR	Sendai	94	0.07
MANA	Tsukuba	170	0.08
IPMU	Kashiwa	196	0.25
iCeMS	Kyoto	540	0.04
IFReC	Osaka	570	0.04
I <sup>2</sup> CNER	Fukuoka	1065	0.04
—	Tokyo	230	0.06

- ・データは平成23年5月20日付けのもので、文部科学省と、東京大学（IPMU分のみ）のWebからそれぞれ参照した。
- ・原発事故以前の放射線量は0.03-0.08  $\mu\text{Sv/h}$ 。

表2：外国人研究者のWPI 拠点から海外への退避状況

拠点名	震災以前の外国人研究者数	3月31日時点の退避状況	5月30日現在の退避状況
AIMR	44	23 (52.3%)	5 (11.4%)
MANA	113	33 (29.2%)	13 (11.5%)
IPMU	41	12 (29.3%)	6 (14.6%)
iCeMS	30	0 (0%)	0 (0%)
IFReC	49	1 (2.0%)	0 (0%)
I <sup>2</sup> CNER	10	0 (0%)	0 (0%)

ながら、新しく着任予定のポスドクについては、これをキャンセルするケースがいくつかあった。

拠点の国際化はWPIの達成すべき目標の一つであり、我々は快適な研究環境と研究や日常生活にかかるあらゆる情報を提供することで、海外からの研究者や学生のサポートを推進していきたい。

最後に、今回の震災の犠牲となっ

た方々に心よりお悔やみを申し上げ、被災された方々にお見舞いを申し上げます。

また、我々に様々な支援やお見舞いの言葉をお寄せくださった同僚や友人、世界の科学コミュニティに厚く御礼申し上げます。今後の復興に向けて、大変励みとなりました。我々は一日も早い復旧を果たし、サイエンスの第一線に復帰すると確信しています。



## IPMU Interview

# 岡村定矩教授に聞く

聞き手：相原博昭

### IPMUの誕生前夜

**相原** よろしくお願ひします。まずIPMU発足前後の経緯から伺いたいと思います。岡村先生は、当時研究担当理事をされていましたが、世界トップレベル研究拠点（WPI）プログラムの公募があるということになって大学執行部の立場でどのように対応されたのでしょうか。

**岡村** 学内に募集のアナウンスをする前からだったと思いますが、物理で絶対一つ応募するんだという話になっていて、佐藤勝彦先生が動いておられました。小柴昌俊先生のイメージが強かったのか、一番最初はニュートリノを中心としたプロジェクトということで話が始まったと思います。そのときに、ニュートリノは重要だけれど、ニュートリノだけでというのは、ちょっとアピールが足りないのではという話が出ました。そのうちに、何か天文と結

岡村定矩さんは東京大学理学系研究科教授で、本年1月1日に発足した東京大学国際高等研究所長に就任。1976年に東京大学理学系研究科博士課程を終え、1977年理学博士。以来、東京大学で天文学の教育・研究に従事し、1991年に教授、2003年4月から2005年3月まで理学系研究科長・理学部長、2006年4月から2009年3月には東京大学理事・副学長を務め、この間研究担当理事として数物連携宇宙研究機構（IPMU）の発足に尽力されました。専門は銀河・銀河団・観測的宇宙論の研究。

びつクようなテーマが模索されました。当時私はまだ、担当理事という意識はそれほどなく、天文のグループに近いプロジェクトとして話を聞いていたような気がします。ところが、内容が段々変わってきて、そのうちの時点かは憶えていないのですが、大栗博司さんが登場して数学を入れようということになりました。この辺から明確に「これはすごく大きく話が変わって、大変アピーリングになりそうだ」という印象をもちました。これは既に担当理事として提案プログラムの調整をしている段階だったかもしれませんが、偶々日本に来ておられた大栗さんにお会いしました。色々話を聞いているうちに、数学と天文と物理をくっつけることはとても良いことだとはっきり思ったわけです。正式に学内公募を出してみると、もちろん他の分野からも提案がたくさん出てきて、担当理事として調整することが必要になりました。執行部としては選考委員会を作り、ヒアリングもしたりして色々ありましたが、最終的には3つの提案を出そうということになりました。今考えても、3つとも採択されて当然な、非常に立派な計画でした。これだけ良いテーマが3つも出ると、実は東大で複数採択されることがあるかもしれないと思っていたのですが、結果としてはIPMUだけと



ということになりました。これが採択までの話です。

**相原** そうですね。当時、物理学教室では佐藤先生が指導的立場でいらしかったから、宇宙論中心のWPI構想の検討が自然に始まりました。一方、小柴先生の後を引き継ぐ、宇宙線研究所長の鈴木洋一郎先生もニュートリノでWPI構想の検討を開始していました。宇宙論とニュートリノは密接な関係にあるので、両者のグループの話し合いは自然に始まりましたが、WPIプログラムの必須条件、異分野融合はなかなか具体案がまとまらず悩んでいました。2006年の夏の話です。偶々大栗先生が物理学教室に来ていて、柳田勉先生（現IPMU主任研究員）がその話を持ち出したところ、大栗先生から数学との融合はどうかという提案がありました。大栗先生は、スーパースtringという素粒子理論でも数学にきわめて近い分野を専門とされているので数学との融合は非常に面白いという話になったのを憶えています。

**岡村** 柳田先生が最初に大栗さんに話したのですか。それは知りませんでした。

**相原** 物理と数学の融合をこのプログラムの柱としようという話が具体的に進み始めたのは、大栗先生の提案がきっかけだったと思います。さて、次に、非常に重要だったのは、いったい誰がこのプロジェクトのリーダーになるかということで、鈴木先生と私であれこれと大いに議論し、素粒子物理、宇宙論、天文をカバーできて、かつ数学もまとめられるということから候補がだんだん絞られてきました。そしてパークレーで活躍している村山齊さんを機構長として引っ張り出そうというアイ

アに行き着きました。物理と天文だけの提案に、数学を入れたので、少しプロジェクトの性格が変わりました。広がったと言うべきですよ。

**岡村** 大きく変わったと思います。3つ提案を出して、どれもみな採択されてもおかしくないものだったのですが、今から考えてみると、IPMUの一番の強みは、普通の人たちが明確に違うと思っている数学と物理、天文が分野融合するというのがきちんと見えていたことでしたね。もう一つは、村山さんという、まったく新しい素晴らしい人を発掘して外国から引っ張ってきて機構長に据えるということ、これが、他の提案と比べて差がついた点かという気がします。

**相原** 岡村先生には随分相談にのっていただき、数学が入ったので新鮮に思えるとか、東大の外から村山さんを引っ張ってくることに對してもポジティブなご意見をいただいたことを憶えています。その辺の判断を伺いながら、計画に修正を加え、その結果、良い構想が完成したと思います。私はWPI選考委員会のメンバーも岡村先生と同じような印象を持ってくれたのかもしれないと思っています。岡村先生から受けたフィードバックの影響は非常に大きかったです。

**岡村** アピーリングにするためのそういうアドバイスはIPMUだけでなく他の提案に対しても行いました。

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



**相原** 小宮山総長、岡村理事も含めて、大学執行部は構想の最初から非常に協力的で、我々と一緒になって考えてくれたと思います。執行部にとっては、3つのどの提案も重要かつ有望で、願わくば3つとも（笑）、最低でも2つは採択にこぎ着けたいと思っていたと記憶しています。

#### 全学的改革のテストケースに

**岡村** 当然ですが複数採択されるとその後の競争と協調もうまくいくのでとても良いと思っていました。実はWPIプログラムは、今までのシステムを変えろとか新しいシステムでやれというシステム改革が応募の際の必須条件になっていたので、執行部としては大変な提案でした。

**相原** それで申請書を書く段階から大学執行部との共同作業がかなり多く、執行部との話し合い抜きでは進みませんでした。「特区」というのは誰が言い出したのか知らないのですが、東大のように大きな組織の中ではすぐに制度を変えることはほぼ不可能ですから、特区というコンセプトでまずそだけ特別にやってみると言われたのは非常に良かったですね。事務方もそれならば、ということでやってくれました。

**岡村** そうですね。ホスト機関のコミットメントという書類に総長がサインしたものを提出することが必要でした。そこには、大学として長期的にどのような支援を行うか、プログラムが要請する研究者の採用、給与などについての機構長のリーダーシップの発揮をどう担保するか、研究スペースや外国人研究者のための宿舎などをどう確保するか、などを書くことになってい

ました。これには担当事務であった外部資金グループの江頭グループ長が色々智慧を出してくれて、採択されたらその拠点を「学内特区」として、今後の全学的な改革のためのテストケースとして位置づけるという大方針を固めて役員会の上で承認を得たのです。

**相原** 特に、競争的な給与設定の導入は非常に大きな問題でした。

**岡村** それについては実はIPMUの提案段階で既に解決済みで、少し前の2007年4月に、優れた研究者や優秀な支援スタッフを確保できるようにするための新たな雇用制度を創設して、例えば総長より高い年俵でフルタイム雇用することが全学で、制度的には可能となりました。でも、実際の運用では、国立大学教員の給与は、昔から国家公務員の基準が適用されて、職種と年齢を決めれば給与がほとんど決まってしまうのでした。そんなことをしているのは海外から優秀な人は採れない。調べてみると、アメリカのハーバード大学などの先生の給料はどれも東大の二倍くらいらしいとか、最後になったら総長よりも高い給料を出さないと良い研究者が来ないのではないかという話も出てきました。その時のことでよく憶えているのは、小宮山総長が「そんなことは当たり前だよ。大学だからみんな変だと思うけれど、プロ野球ではイチローが監督より高給取っていても誰も変だって文句言わないじゃない」という話をされ、これは非常に説得力がありました。そういうように東大全体としてもシステム改革を進めようとしていたので、特区構想が比較的スムーズに受け入れられたと思います。小宮山総長

をはじめ、東大の執行部が非常に協力的だった、ということが一番印象的で、ありがたかったことでした。

それから「特区」として特任の研究員と職員の雇用ルールに、全学ルールから若干の例外を設けることを役員会で認めてもらい、なんとか進めることができました。このような特区における雇用・人事関係の詳細ルールの策定には、人事制度チームの竹下係長が大変に頑張ってくれました。先ほど言った江頭さんと竹下さんがいなかったら、現在のIPMUの制度設計はできなかったと思っています。

#### ゼロから始まったIPMU

**相原** 研究スペースの確保ももう一つの重要な問題でした。

**岡村** そうでした。東大から3つ出した提案のうちの他の2つは、採択されたら既存の建物の中でここを使うという計画がありましたが、IPMUだけは、入るべき既存の建物はありませんでした。これだけの所を確保して入れますというように書かなければいけなかったはずでした。

**相原** 新しく建てるのが大学のコミットメントであると・・・

**岡村** 建てるって書いてありましたか、最初に。

**相原** ありました。それは大学からのサポートとしては非常に大きいものでした。

**岡村** それも採択に効いたかもしれませんね。しかし、発足直後は、IPMU自身は頑張っていたのですが、今から思うと想像できないけれど、文科省あたりから聞こえてくる評判は芳しくなかったですね。大学のサポートが少ないと。採択された他の大学等の拠点は既に存在している建物と組織をそのまま

拠点にしたので、その組織に対して以前から投入していた経費が新しい拠点に対する大学のサポートにカウントされたわけですね。それに対してIPMUはゼロから始まったので、東大は全然サポートしていないみたいに見えました。これが大変に厳しいところでした。

**相原** でも、今はもう言われていません。スタートから一年くらいした段階で、東大は、ゼロから本当に新しい物を作り上げているのだということが、文科省やフォローアップ委員会にも分かっていただけののだと思います。

**岡村** 1年くらい経たないとはっきりわからないことでしたね。長い期間ではなかったけれども、発足当初は困りました。実際の所、ゼロから作りあげたということが色々な面でフレッシュ感があり、なかったものができ上がってきたのと、前からあったものが拠点になって活動しているのでは、ぱっと見た時にも違うと思います。今になってみるとそれが一番大きな、むしろ本質的な違いでしたね。そういう意味では最初の半年くらいは苦しかったけれども、ゼロから作ったのはとても良いことでした。

**相原** それ良かった面でもあり、同時に、我々にとっては苦しい面でもあるわけです。ゼロから始まったので、これから何もしないとゼロに戻ってしまうわけです。

**岡村** 仰るとおりですね（笑い）。

**相原** 帰る場所がない（笑い）。人が集まってきたけれども、制度としてはそれがずっと続く保証がないので、最初は勢いがあった他の大学等の拠点は既に存在している建物と組織をそのまま

な人材を集め確保し続けるにはどうしたら良いのか。外国から呼んできた人たちが、十年経ったら皆いなくなるというのではWPIを作ったことになりません。IPMUをいかに恒久化していくかというのが組織としての最大の課題です。特に東大という多くの優れた学部、研究科、研究所がある組織の中では、大学執行部からサポートはされているとはいえ、IPMUのための恒久ポスト一つ得るだけでも非常に難しいというのが分かってきました。

#### 高等研の傘下で恒久化を目指す

**岡村** 法人化の前だったら今より易しかったかもしれませんが。非常に良い成果を挙げている大きなグループをまとめて研究所として発足させるという概算要求を出し、それが通ったら一挙に話が進んだと思います。今でも概算要求は出せませんが、実現はより難しくなりました。そこでどうするかという話なのです。

広い背景から言うと、東大は基本的にデシプリンがはっきりしているものの集合体で組み立てられています。学部が10、大学院の研究科が15、附置研究所が11あり、それぞれのデシプリンの中でやっています。特に、授業は一つ一つの教育部局の中を一步も出ていません。工学部の講義、理学部の講義、経済学部の講義、それぞれに、例えば重複があるとかないとか、誰も意識しないで自分の所だけでやっています。研究も似たような状況だったのですが、法人化後、小宮山総長の時代になって少し変わりました。世の中を見るに東大の既存の部局のデシプリンをまたぐようなもの

はたくさんある、それをなんとかしようとする仕組みが作られました。総長室総括委員会を作った、既存の部局とは違う、いわば総長の直轄のような形で研究機構が置けるようになりました。するといろいろな研究機構がどんどん出てきました。プロジェクト的で5年やったら終わるといようなもの、ネットワークを作らずとやってゆく恒久的な感じになるもの、やってみたらまいち上手くいかなかったというようなものもありました。

ところが、そういう仕組みの中だけで、学際的なものや融合的なものも全てもうまくいかないと、どうもそうはいかないという状況もありました。ですから執行部としてはそういうものの中から選別してもう一つ上の恒久的なものを作るという構想はあったのです。「国際」はついてなかったのですが、「高等研究所」というアイデアはIPMUが採択される前からあって、実は学内でアイデアを公募したこともあります。

**相原** ももとの構想は文系のための研究所だったのではないですか。

**岡村** そうです。ですから文系にしか公募を出しませんでした。ヒアリングまでしたのですが、結局うまく実るプロジェクトにはならずその話は立ち消えになったのです。今回、相原さんが言われたようにIPMUを今後どうするかが重要だということになって、それでは、前からあった高等研究所構想をもう一度IPMUをベースに考えてみてはどうかということで、国際高等研究所が発足したと私は理解しています。

**相原** 高等研究所構想を東大の中でどう位置づけて発展させて

いけるか、これから先はやってみなければ分からないことです。IPMUとして目指していることは、良いものを作ってそれが十年といわずに何十年という視点でずっと続くというものにしたいわけです。その第一歩としての国際高等研究所なので、今後は岡村所長、そして大学執行部とも話し合いを重ね、アドバイスをもらいながら、どのようにIPMUを目指しているものに近づけていくかを考えていきたいと思っています。

**岡村** 国際高等研究所は枠組みとしては東大に恒常的に置かれる研究所であることは間違いありません。どのように運営するかという、規則に書かれている外形基準を満たした研究機構を受け入れていくのですが、ひとたび高等研究所に入った機構は何もしなくても自動的に永遠に続くというものではないと思います。3つの外形基準はIPMU NEWSの前号に書いてあります (IPMU NEWS No.13, 41ページ参照)。その一つ、「運営に十分な外部資金を確保する」ことについて、どんな機構であっても「未来永劫その基準を満たしていけます」と最初から約束はできないと思います。しかし一方では、大学として国際高等研究所を作ったのですから、単に機構を入れておいて何のサポートもせず、「皆さん自分たちでやってくださいよ」と言っているだけでは、作った意味がないわけです。これから大学の執行部がどのようにしていくか分かりませんが、私はこう感じています。まずは第一号の機構ができて国際高等研究所が船出したので、これが運用されていくのを見ながら、国際高等研究所のルールや運営方法もある種の進化をしていくという形

になるのではないかと、逆に言えば、どういう進化をしていくか決めるためにIPMUが非常に大きな意味を持っているのではないかと感じます。

**相原** なるほど。私はIPMUと理学部の併任です。典型的な既存の組織に属している立場から見ると、IPMUのような新しいものを既存の教育研究部局に犠牲を強いずに確立するにはどうすれば良いのかという難しい問題に直面すると思います。外部資金も必要ですが未来永劫に獲得できる保証はないし、お金だけでは解決できないこともあります。特に、教授の数や研究者のポストをどういう形で保証するかが組織運営の立場からすると最大の課題です。

**岡村** これは多分国際高等研究所とIPMU、あるいはIPMUと理学系研究科とか、一部の部局間だけの話だけではなく、東大全体の話だと思っています。既存の部局には運営費交付金というきっちりしたものがありますが、ご存じのように年々減ってきました。人件費も減ってゆくわけですから、何もしなかったら教職員の人数が減るしかないのです。大学の教員の在り方を考え直して、国から与えられた人件費だけでなく、恒常的に使えるお金をありとあらゆる手法で大学が生み出して、それを教員の給与ないしその一部に充ててゆく仕組みを作り出さないと、基本的には教員は減るばかりだと思います。ゼロにはならないでしょうが、現時点でも既に法人化した時に比べれば大分減っています。ですから、もし、法人化した時と同じくらいのポストがなければ研究と教育をやっていけないのなら、別の方法を考える覚悟をしなければいけない。それはもうIPMUだけで

なく、東大全体でどうするかという話だと思います。

**相原** IPMUが高等研の一員となった意義は、大学執行部が、IPMUをモデルケースとして、今はまだ明快な解決策はないけれど、これをきっかけに解決策を見つけようという、大学全体の問題として取り組む意気込み、コミットメントを示したということではないでしょうか。

**岡村** そうです。高等研に入る機構についての色々なルールも進化していくことになるでしょう。今こうやるとは言えないが、すごい成果を挙げている所に対しては、「あそこが無くなったら東大として困る」となることは確かなので、そういう方向で頑張ることは必要条件です。少なくとも現在は、皆さんの努力でIPMUはそういう方向に向いていると思います。

#### すばるで展開するIPMU主導のプロジェクト

**相原** IPMUはサイエンスをやるために生まれてきたわけですから、サイエンスの成果を挙げるのは当然です。そして自らの組織を維持していくためにあらゆる努力をする。大学としてはそれらの必要条件が満たされていればサポートする、そのための意思表示として高等研ができたということですね。そこで、次にサイエンスの話ですが、いまIPMUが進めている大規模研究は、最先端研究開発支援プログラム（FIRST）に採択され、村山機構長が代表になって進めているすばる望遠鏡を使った新しい研究プロジェクトです。非常に広い視野を持つCCDカメラ、ハイパーシュプリームカム（Hyper Suprime-Cam、HSC）を作るプロジェクトと、さらに、広い視野で多天体を同時に

観測できるスペクトログラフ（Prime Focus Spectrograph）を作るプロジェクトを進めています。その二つの観測装置をすばる望遠鏡に設置してダークエネルギーやダークマターという宇宙論の新しい研究をするものです。良くご存じだと思いますが（笑い）。

**岡村** そういう意味では私にとっては、感慨深いことです。このHSCは、その前のシュプリームカム（Suprime-Cam）という主焦点カメラの後継機と位置づけられています。シュプリームカムは実は私がPIとして作った観測装置で、これが非常に大きな成功を収めました。私はシュプリームカムを作る技術的なことにはあまり貢献していませんが、主焦点を作って、主焦点カメラを作るという方針は最初から主張してきました。今や知っている人が少なくなりつつありますが、主焦点を作るかどうかはすばる望遠鏡の製作の過程で非常に大きな問題になりました。それは主焦点を作るとそこに重い観測装置を積むために望遠鏡全体の構造を頑丈にしないといけないので、非常にお金がかかるためです。当時国立天文台のすばる建設グループの中には、主焦点で撮像観測をしたという強い主張をする人があまりいなかったのです。ですから、東大の岡村先生だけが言っているけれど、主焦点はいらないのではないかという話の出た時期もあったのです。

**相原** 主焦点の存在がすばるの最大の特徴だと思います。今ではとても多くのユーザーがシュプリームカムを使っていますよね。それが全然自明ではなかったのですか。

**岡村** その通りです。もはや覚えていない人がいないくらい長い

時間が経ちましたが、東京天文台の岡山観測所にある1960年製の口径1.88mの望遠鏡に代わる大型望遠鏡建設の話がそもそも始まったのは1970年代の終わり頃かな、宇宙の大規模構造というのが見つかるより少し前だったのです。今では信じられないのですが、その頃は「天文の将来は分光だよ、撮像で絵なんか撮ったってなんにもならないよ」という状況でした。その流れの影響もあり、使うという人があまりいない主焦点を「本当にやるんですか」となったのです。その時私が「いやいや、それはやるべきだ」と言い続けたのです。主焦点を作ることしておいたから、すばるの鏡筒は非常に頑丈にできています。KeckとかGeminiなどマウナケア天文台にある他の8m級望遠鏡をご覧になると分かると思いますが、これらは骨組みが柔だから今更主焦点を付けようとしてもできません。そういう意味では、すばるが主焦点を作るとしてスタートできたのは良かったと思っています。それでシュプリームカムが大きな成果を挙げて、これならもっと将来に繋がろうということでHSCプロジェクト、それから、広い主焦点を使った多天体分光を組み合わせたSuMIReプロジェクトへと発展しました。それがIPMUの主導で開始されることには、とても運命的なものを感じます。

**相原** なるほど。物理屋としては、個々の天体の性質よりも、広い視野の観測などから得られる多くの銀河の統計をとったことによって出てくる物理量に興味があります。天体の統計から宇宙論に関する情報を引き出す研究、統計天文学とも呼ばれる研究に、すばる望遠鏡は向いていると思ったのです。世界的に

もユニークな可能性を持った望遠鏡だと思いました。そこに幸い、IPMUの大規模プロジェクトが繋がったというのは、ほとんど奇跡的だったのです。最初は、受け入れてもらえるか自信がありませんでした。

**岡村** それは確かですね。最初にIPMUがFIRSTでHSCとかSuMIReプロジェクトをやると聞いた時は、「あ、そういうことになったんですか」と私は結構驚きました（笑い）。天文学の最重要課題に世界で最も早く取り組めるのはこのプロジェクトですね。競争ですからあちこちで色々なことをやっているの、次第に他にもやれるところが出てくると思いますが、現在は一番強力な装置であることは間違いないですね。

**相原** HSCプロジェクトは、3月11日の震災の影響もあり、遅れが出ていますが、それでも、今年の年末までにはファーストライトを迎えられると思います。HSCを使った銀河サーベイが始まれば必ず成果が挙げられます。さらに、その結果をもとに多天体分光という次のステップに進むことができると思います。SuMIReプロジェクトは今後10年間くらい世界最先端の観測宇宙論研究を進めることができる非常に良く考えられたプロジェクトであると自負しています。

**岡村** いや大変楽しみにしています。

# フォーカス・ウィーク：暗黒物質天文学

松本重貴 まつもと・しげき

IPMU准教授

「フォーカス・ウィーク：暗黒物質天文学」は、東京大学数物連携宇宙研究機構において2011年5月30日から6月3日の期間で行われたワークショップであり、素粒子物理学、宇宙論、天文学の専門家を一堂に集め、暗黒物質問題について議論を行うために開催されました。ご存じの通り、東日本大震災及び原子力発電所の問題等がありましたが、海外からの参加者を含め、数多くの方に参加して頂くことができました。ワークショップ期間中には数多くの暗黒物質に関する議論が行われましたが、とりわけ“温かい暗黒物質”(Warm Dark Matter) については、素粒子論による模型構築、シミュレーション研究、観測からの制限等の観点から、素晴らしい講演及び有意義な議論が行われました。また伝統的な暗黒物質候補であるWIMP暗黒物質についても議論が行われ、とくに近年報告されたDAMA/CoGeNT異常シグナルの観点から、軽いWIMP暗黒物質(10 GeV程度の質量)

の議論が注目を集めました。暗黒物質問題は、素粒子物理学、宇宙論、天文学の全ての分野において重要な問題であり、またIPMUの掲げる5つの問題の一つ、「宇宙は何でできているのか?」と深く関係があります。



このフォーカス・ウィークに引き続き、暗黒物質問題について議論する数多くのワークショップが開催されることが期待されます。

## IPMUの“第2研究棟”完成

2009年度の補正予算により認められたIPMUの“第2研究棟”または“別館”は、既報（IPMU NEWS No.11の50ページ参照）のように3つの研究組織が共同で使用する建物の一部として昨年4月より建設が進められてきました。予定では2010年度中に完成のところ、3月11日に発生した東日本大震災の影響により若干の遅れを生じて、本年4月末に完成したこの建物は「第2総合研究棟」と名付けられました。下の写真は第2総合研究棟の外観及びIPMU研究棟との位置関係を示しています。



第2総合研究棟の外観



IPMU研究棟と第2総合研究棟の位置関係

IPMU別館の1階角には「天文情報発信センター」が設けられ、今後IPMU主導の天文学研究で得られるデータの解析と成果の発信を図ります。また、一般の訪問者が外部からガラス張りの外壁を通して、研究者の会議やデータ解析の状況を見られるとともに、多数の大きなスクリーンに投影されるデータなどを楽しむことができます。下の写真は天文情報発信センターの室内を示しています。



天文情報発信センターの内部

## サイエンスカフェ宇宙2011

2011年4月23日、5月28日、6月25日に、東京都西東京市にある多摩六都科学館で、IPMUと同科学館の共催による「サイエンスカフェ宇宙2011」が開催されました。

今回のシリーズでは天文学、数学、素粒子物理学の話題を取り上げ、4月23日には唐牛宏特任教授が「すばる望遠鏡とダークエネルギー」、5月28日には近藤智特任助教が「ガロア理論の解説」、6月25日には松本重貴特任准教授が「地上で作る暗黒物質」と題してそれぞれ分かりやすく解説しました。このサイエンスカフェは参加者が気軽に講師と懇談できる雰囲気を特に重視し、毎回の参加者は抽選で100名以内としました。

2009年から始めたこのイベントは今回でシリーズ3回目となり、計11回開催されました。今後も継続して開催してゆく予定です。



講演する唐牛特任教授



講演する近藤特任助教



講演する松本特任准教授

## 杉本茂樹特任教授、第16回日本物理学会論文賞受賞

杉本茂樹特任教授が、共著者の畑浩之氏、酒井忠勝氏、山戸慎一郎氏と共に第16回日本物理学会論文賞を受賞しました。受賞理由は、超弦理論を用いてバリオンを解析する方法を提案し、それを用いて計算されたバリオンのスペクトルが実験で得られているものを定性的にうまく再現することを示した功績、「ホログラフィックQCDにおけるインスタントンとしてのバリオン」です。授賞式は4月9日に行われました。

### IPMU研究棟の設計者大野秀敏教授、 2011年日本建築学会賞(作品)受賞

東京大学新領域創成科学研究科の大野秀敏教授が、IPMU研究棟設計の業績で、2011年日本建築学会賞(作品)を受賞されました。

日本建築学会賞は、「近年中主として国内に竣工した建築の設計(庭園・インテリア、その他を含む)であって、技術・芸術の進歩に寄与する優れた作品」に与えられます。

受賞理由は、「研究施設としてのフォーム力、デザイン力、そして家具を含む細部の力をあわせもち、また、建築家がこの『設計』(projections)に込めた『空間力』という建築作品における『第一のもの(初源力)』が、さまざまな制約条件のなかで現前化されており、その企ては高く評価できるとされ、5月30日に賞の贈呈式が行われました。



IPMU研究棟

日本建築学会からは受賞作品に取り付けるため、著名な現代彫刻家である向井良吉氏制作の銘板が贈呈されました。大野教授の名前の刻まれた銘板はIPMU研究棟の外側、コロネードの柱の一つに取り付けられました。

なお、大野教授の執筆による「螺旋運動するアカデミア—IPMU研究棟設計覚え書き」がIPMU NEWS No.8の30-35ページに掲載されていますので、ご覧下さい。



IPMU研究棟のコロネードに取り付けられた日本建築学会賞の銘板

### フォーカスウィーク： 暗黒物質天文学

2011年5月30日-6月3日の5日間、IPMUにおいて「Focus week: 暗黒物質天文学」が開催されました。詳しくは53ページをご覧ください。

### 今後の研究会

#### 2011 IPMU School and Workshop on Monte Carlo Tools for LHC

9月5日-10日の6日間、京都大学基礎物理学研究所において、「2011 IPMU School and Workshop on Monte Carlo Tools for LHC」が開催されます。

### 人事異動報告

#### 主任研究員

東京大学数理科学研究科教授でIPMUの上級科学研究員に併任していた小林俊行さんが2011年6月1日付けでIPMU主任研究員を兼ねることになりました。専門分野は数学で、研究内容についてはIPMU NEWS次号のOur Teamに掲載予定です。



#### 転出

特任助教の立川祐二さんがプリンストン高等研究所長期研究員として転

出しました。IPMUの在任期間は2010年11月1日-2011年4月9日でした。今回の転出は一時的なもので、近々IPMUに再度着任予定です。

また、次の3名のIPMU博士研究員が転出しました。[括弧内はIPMU在任期間です。]

Kai Wang (王凱)さん[2008年9月1日-2011年5月31日]、中国のZhejiang University(浙江大学)の研究教授へ。

Michael Pichot (ミカエル・ピシヨ)さん[2008年10月1日-2011年6月30日]、カナダのMcGill University(マックギル大学)の助教授へ。

Jiayu Tang (唐佳妤)さん[2008年11月1日-2011年6月30日]、香港中文大学の博士研究員へ。

#### 訂正

IPMU News No.13, p. 51 人事異動報告の3-4行目、高橋史宜前特任助教のIPMU在任期間を[2007年12月1日-2011年1月31日]に訂正します。(Web版では訂正済みです。)



## 無限グラスマン多様体

近藤 智 IPMU助教

無限グラスマン多様体は、多様体の上のベクトル束を表現します。ホモトピー圏においては位相的K理論を表現します。これは代数多様体でも同様です。アフィン直線が可縮であるという条件と、ニスネヴィッチ位相を使って定義されるモチビックホモトピー圏において、代数的な無限グラスマン多様体は、(ホモトピー不変な)代数的K理論を表現することが知られています。

ベクトル束のなす完全圏の  $Q$  構成に  
おける射  $A \rightarrow B$  とは、図式  
 $A \xleftarrow{q} C \xrightarrow{i} B$  の同型類のこと。  
( $A, B, C$  はベクトル束,  $i$  は許容単射,  $q$  は許容全射)

