



# World Premier International Research Center Initiative

世界トップレベル研究拠点プログラム

Vol.

18

2022.9

# Contents

<b>Message from Program Committee Chair</b>	01
<b>About WPI</b>	02
<b>WPI centers</b>	
Tohoku University: Advanced Institute for Materials Research (AIMR)	06
The University of Tokyo: Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (Kavli IPMU)	08
Kyoto University: Institute for Integrated Cell-Material Sciences (iCeMS)	10
Osaka University: Immunology Frontier Research Center (IFReC)	12
National Institute for Materials Science (NIMS): Research Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)	14
Kyushu University: International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (I <sup>2</sup> CNER)	16
University of Tsukuba: International Institute for Integrative Sleep Medicine (IIS)	18
Tokyo Institute of Technology: Earth-Life Science Institute (ELSI)	20
Nagoya University: Institute of Transformative Bio-Molecules (ITbM)	22
The University of Tokyo: International Research Center for Neurointelligence (IRCN)	24
Kanazawa University: Nano Life Science Institute (NanoLSI)	26
Hokkaido University: Institute for Chemical Reaction Design and Discovery (ICReDD)	28
Kyoto University: Institute for the Advanced Study of Human Biology (ASHBi)	30
High Energy Accelerator Research Organization (KEK): International Center for Quantum-field Measurement Systems for Studies of the Universe and Particles (QUP)	32
<b>Information</b>	68

Updated in 2023.4

## Message from Program Committee Chair

World Premier International  
Research Center Initiative

Human society has been experiencing significant transitions amid the COVID-19 pandemic which started at the end of 2019. As of August 1st, more than 571 million people around the world have contracted the virus, among whom over 6.38 million have passed away. Adding to the COVID-19 pandemic has been Russia's invasion of Ukraine since the spring and prospects of a drawn-out war. The pandemic and the war have caused ruptures in the supply chain triggering a worldwide economic slump and food shortages along with heightened anxiety about the future. We are all concerned whether a way can be found for us to overcome these difficulties and to rekindle hope for future society. If there is a way, it will only be through advances in science, technology and innovation.

To accomplish this, it will first of all be necessary for us to raise the level of Japan's research capacity. By advancement of basic research that lead to elucidation of new phenomena and creation of innovative technologies as world-leading research results, we can contribute to the betterment of human society. For achieving breakthroughs in science, technology and innovation, it is necessary to establish research centers whose work transcends boundaries of nations and disciplines by novel designs free from conventional ideas.

It goes without saying that revitalizing international brain circulation that has been stalled by the effects of COVID-19 is a pressing issue for Japan.

The World Premier International Research Center Initiative (WPI Program) has had four missions since its launch in 2007; Advancing research at the highest world standard, creating scientific breakthroughs through fusion of research disciplines, establishing internationally open research environments, and reforming research and administration systems in Japan. By the year 2018, thirteen WPI centers had been established. The highly innovative and challenging activities conducted by these centers have attracted to them excellent researchers working at the world frontiers of research from around the world. This success in building the centers has accrued to making the WPI Program Japan's research flagship, evaluated highly not only within Japan but also by countries throughout the world.

In December 2020, the WPI Program added a new mission titled "Values for the Future," while continuing to elevate its ongoing four missions. The added new mission emphasizes that young researchers are to be fostered by coupling the centers with higher education initiatives and policies are to be put in place to ensure sustainance of the centers after WPI funding ends. The first center established under the new mission was selected in 2021, making the total of WPI centers to fourteen. In 2022, three more new centers have been selected.

We believe that the WPI Program provides an opportunity for revolutionizing the way research is conducted in Japan. Through this program, we expect that further structural changes are introduced toward transforming Japan's research activities into new shapes and capabilities in the approach to a post-COVID-19 era including digital transformation (DX) of research environments.

While we strive to continue advancing WPI's critical role of strengthening Japan's research capacities, it is with much appreciation that we ask for your sustained understanding and cooperation.



### Emblem Concept

The emblem of WPI adopts the motif of a bird, symbolizing the program's driving concept of "upward flight." Undaunted by today's turbulent global climate of twisting and turning winds, the bird flies on steady, azure wings through the sky. In its beak, it carries a seed of new innovation. This radiant dot over the "i" also serves to light the path ahead in pioneering the frontiers of scientific discovery.

# Toward Enhancing and Strengthening "Highly Visible Research Centers"

**Background**

An intensifying global demand for talented researchers is accelerating the need to circulate good brains among the world. This trend has prompted Japan to establish new research centers that attract top-notch researchers from around the world so as to be a hub within global brain circulation.

**Program Summary**

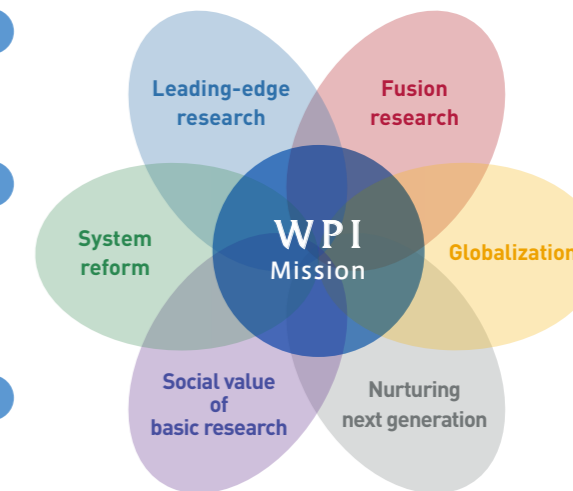
WPI provides concentrated support for projects to establish and operate research centers that have at their core a group of very high-level investigators. These centers are to create a research environment of a sufficiently high standard to give them a highly visible presence within the global scientific community—that is, to create a vibrant environment that will be of strong incentive to frontline researchers around the world to want to come and work at these centers.

**Formulation of New Missions**

In December 2020, new missions were formulated with the addition of "Values for the Future," and the enhancement of the four conventional missions: Science, Fusion, Globalization, and Reform.

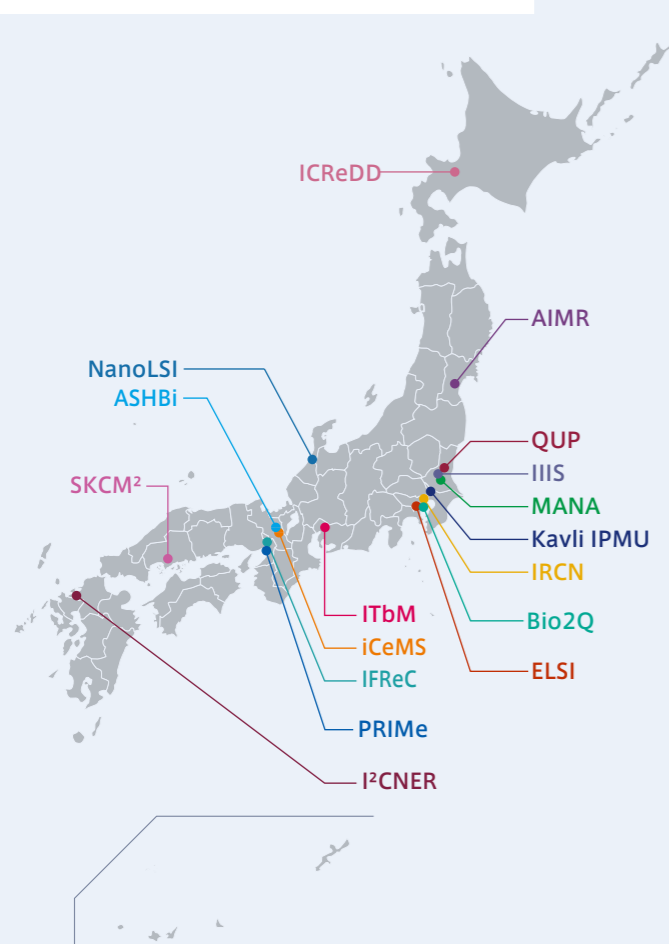
## New WPI Mission

- World-Leading Scientific Excellence and Recognition**
  - The Highest Level of Research Impact
  - Expanding Knowledge Frontiers through Interdisciplinarity and Diversity
- Global Research Environment and System Reform**
  - Harnessing Talent and Potential through Global Brain Circulation
  - Interdisciplinary and Inter-organizational Capacity Building
  - Effective, Proactive and Agile Management
- Values for the Future**
  - Societal Value of Basic Research
  - Human Resource Building: Higher Education and Career Development
  - Self-sufficient and Sustainable Center Development



## WPI centers (total: 17 centers)

※ 4 centers launched in and after 2021 were selected under the new missions.



## WPI Academy

- Five centers adopted in 2007**
  - P.06** AIMR: Tohoku University: Advanced Institute for Materials Research (AIMR)
  - P.08** IPMU: The University of Tokyo: Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (Kavli IPMU)
  - P.10** iCeMS: Kyoto University: Institute for Integrated Cell-Material Sciences (iCeMS)
  - P.12** iFReC: Osaka University: Immunology Frontier Research Center (iFReC)
  - P.14** MANA: National Institute for Materials Science (NIMS): Research Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)
- One center adopted in 2010**
  - P.16** ICNER: Kyushu University: International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (ICNER)

**WPI Academy**  
The WPI Academy was launched in FY 2017 for maximizing the effect of the WPI Program by such means as: amplifying the experience and know-how acquired by the WPI centers as they worked toward achieving "World Premier Status" with regard to their research level; enhancing the profile and brand of the overall WPI Program; promoting global brain circulation; and internationalizing and reforming the scientific environment by networking the activities of WPI centers.

- Three centers adopted in 2012**
  - P.18** IIIS: University of Tsukuba: International Institute for Integrative Sleep Medicine (IIIS)
  - P.20** ELSI: Tokyo Institute of Technology: Earth-Life Science Institute (ELSI)
  - P.22** ITbM: Nagoya University: Institute of Transformative Bio-Molecules (ITbM)

## Centers Currently Receiving Funding

- Two centers adopted in 2017**
  - P.24** IRCN: The University of Tokyo: International Research Center for Neurointelligence (IRCN)
  - P.26** NanoLSI: Kanazawa University: Nano Life Science Institute (NanoLSI)
- Two centers adopted in 2018**
  - P.28** ICRoDD: Hokkaido University: Institute for Chemical Reaction Design and Discovery (ICRoDD)
  - P.30** ASHBi: Kyoto University: Institute for the Advanced Study of Human Biology (ASHBi)

- One center adopted in 2021**
  - P.32** QUP: High Energy Accelerator Research Organization (KEK): International Center for Quantum-field Measurement Systems for Studies of the Universe and Particles (QUP)
- Three centers adopted in 2022**
  - PRiMe**: Osaka University: Premium Research Institute for Human Metaverse Medicine (PRiMe)
  - SKCM<sup>2</sup>**: Hiroshima University: International Institute for Sustainability with Knotted Chiral Meta Matter (SKCM<sup>2</sup>)
  - Bio2Q**: Keio University: Human Biology-Microbiome-Quantum Research Center (Bio2Q)

## Program Contents

<b>Funding period</b>	10 years (up to 15 years for centers selected in or before FY 2012)
<b>Project funding</b>	About ¥700 million per fiscal year for each center (up to ¥1.4 billion per year for centers selected in FY 2007 and FY 2010)
<b>Evaluation</b>	Each year, a thorough follow-up review is conducted of the centers. A midterm evaluation is conducted in their 5th year and a final evaluation in their 10th year. These reviews are conducted by the Program Committee, comprising Nobel laureates and top-level researchers, and program directors and program officers.

The Japan Society for the Promotion of Science assists in smoothly and effectively implementing the WPI Program.

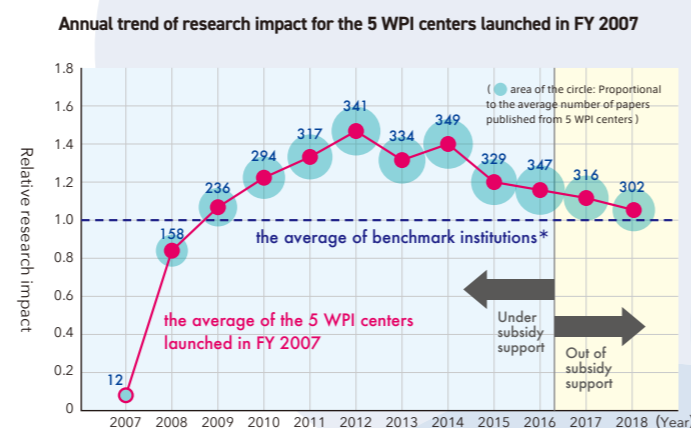
WPI Website →

WPI has continuously produced the world's highest-level achievements in  
 WPI has tackled the challenge of creating an excellent world-class  
 WPI centers yield productive ripple effects that improve the operation

fused research.  
 environment for advancing research.  
 of their host institutions.

# 1 Science (Implementing the world's highest level of research)

- Since their establishment, the WPI centers have steadily produced research papers on a level commensurate with the world's top-level research institutions.
- Three WPI center researchers have won Nobel Prizes. Others have gained international recognition by winning such prestigious awards as the Canada Gairdner International Award. Still others have received top domestic awards such as Japan's Order of Culture.
- Despite their focus on basic research, WPI centers enjoy high appraisal by society as seen in the large donations and investments they receive from foundations, corporations and other private entities.

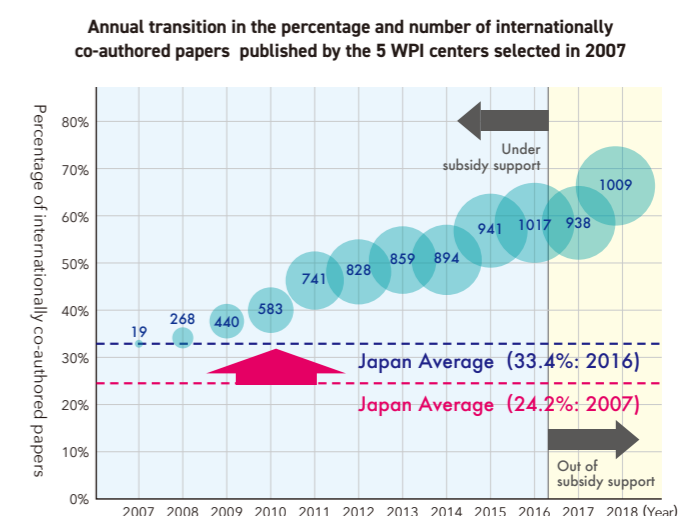


\* Benchmark institutions: For each WPI center, five benchmark institutions at a top world level in a similar research domain are set by each center's working group.

- This figure was created by MEXT and JSPS based on data from Clarivate Analytics (collected in May 2019).  
 - Research impact (RI): The sum of all the impact factors of the journals in which papers are published in a year, used as a proxy variable to show the international visibility and competitiveness of a center.  
 - Relative research impact: Ratio of the centers' average research impact to the average research impact of their benchmark institutions.  
 - The vertical axis shows relative research impact while the radius of the circle and the blue numbers in them indicate the average number of papers published from WPI centers in that year.

# 3 Globalization (Creating international research environments)

- English is the working language in WPI centers. Overseas researchers make up approximately 40% of the center's research staff.
- By recruiting internationally for postdoctoral researchers and taking measures to promote the employment of overseas researchers, WPI centers are establishing highly competitive, internationally attuned research systems. By establishing systems to support their life and work in Japan, the centers are creating environments that allow the researchers to both independently and comfortably carry out their work.
- Nearly 50% of the papers published by WPI centers stem from international joint research, attesting to the positioning of the centers within international research networks.



- The WPI portion of the graph was created by MEXT and JSPS based on data from Clarivate Analytics (collected in May 2019). The Japan average is extracted from NISTEP's "Japanese Science and Technology Indicators 2018." (Reference Research Material-274, August 2018)  
 - The radius of the circles and blue numbers inside them show the number of internationally co-authored papers.

# 2 Fusion (Generating fused research domains)

- Besides advancing research in each of their fields, WPI centers also contribute to pioneering various new interdisciplinary domains.
- A cascade of fused research achievements is being generated. Examples include an elucidation of the structure of glass by fusing mathematics and materials science and the discovery of a method for combating the parasitic plant Striga made by fusing animal/plant biology and synthetic chemistry.
- A "flat" organization with no partitioning between research fields and an open building architecture with no walls between labs spawn intellectual inspiration and a collaborative atmosphere of friendly rivalry among researchers.

# 4 Reform (Innovating research organizations)

- WPI centers act as the nucleus for system innovation within their host universities and research institutions. The reforms they achieve are shared and applied to their host institutions, elevating system-wide internationalization and strengthening research capabilities. Some spinoffs of center reforms include:
  - Groundbreaking introduction of cross-appointment systems and of merit-based pay systems for researchers
  - Introduction of top-down management systems revolving around the center director
  - Horizontal development of large-scale funding acquisition know-how

## Outreach (Disseminating information to society)

Steadfast results are being achieved as WPI carries out various joint outreach activities with an aim to broaden its visibility within society.

### • WPI Science Symposiums

These symposiums are held to give participants a feeling of familiarity for cutting-edge research by introducing them to WPI programs and their research results. They are attended by students from junior high and high schools and members of the general public.



"WPI Forum" website

### • "WPI Forum" website

Know-how accumulated by WPI on ways to attract overseas researchers is shared with universities and research institutions seeking to internationalize their operations.

## Education (Fostering next generation of researchers)

WPI is working to create a framework for human resource development aimed at fostering the next generation of researchers. It includes:

- Double mentoring by instructors from diverse research fields whose training enhances the ability of young researchers to do fused research
- Collaborative relationships with WISE Program
- Collaborative relationships with overseas graduate schools



Annual Meeting of Nagoya University WISE Program (GTR)

# Bringing Advanced Materials Science to the World through Cooperation with Mathematics

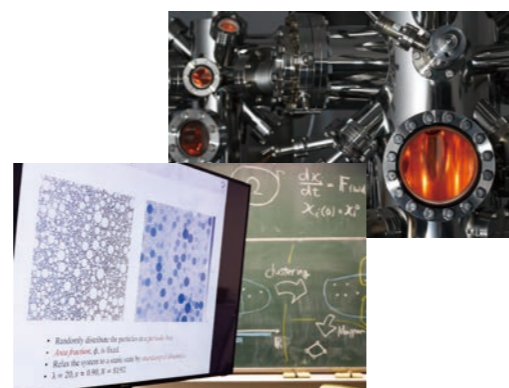
AIMR aims to contribute to society by further developing the collaboration between mathematics and materials science and to contribute to society through materials discovery and development. Based on the results, AIMR will form a research hub that brings advanced materials science to the world.

## [Purpose of the Research]

### Reinforcing original scientific foundation based on mathematics-materials science collaboration

A wide array of materials including metals, semiconductors, ceramics, and polymers contribute to modern technologies in every field from energy to ICT, medicine, healthcare, and high-speed transport, and many technological domains have been improved together with materials discovery and development. Progress in materials science as the scientific principle will continue to be essential for the acceleration of materials discovery and development.

As well as further reinforcing its original scientific foundation based on mathematics-materials science collaboration, by developing actual technological fields in concert with cutting-edge analysis techniques, AIMR will create materials that make a genuine contribution to society.



## [Unique Features of WPI Center]

### Advanced Target Projects & global brain circulation



One practical link that AIMR is forging between mathematics and materials science is the establishment of three Advanced Target Projects focusing on “control of local structure in topological functional materials,” “integrated control of bond variation and its time evolution,” and “improving self-organization technology and controlling biological responses.” Through the promotion of these research projects and expansion of its global network with three joint laboratories set up in the UK, US, and China, AIMR intends to create materials based on understanding and controlling atoms and molecules — the smallest units

for materials. AIMR is also actively pursuing global brain circulation by developing researchers who promote research initiatives worldwide, through methods such as providing outstanding young researchers with their own laboratories.

## [Message from OHNO Hideo, President of Tohoku University]

### AIMR, leading the mathematics-materials science collaboration as a WPI Academy member



Tohoku University is continuing to provide AIMR with multifaceted support as a regular department. AIMR has established the world's first material creation platform through mathematics-materials science collaboration. The achievements are currently receiving international attention. In addition, the new framework of the institute constructed by AIMR, which works as a hub for global brain circulation, is the model for the world-leading research centers that we have established under our plan as a Designated National University. AIMR's activities greatly contribute to the strengthening of research capabilities reinforcement and structural reforms of the university.

## Message from ORIMO Shin-ichi, Director of AIMR



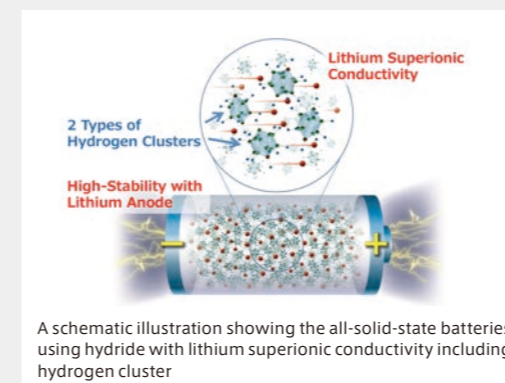
In October 2019, I was appointed as AIMR's Director. Working together under one roof, materials scientists and a wide range of mathematicians spanning pure and applied mathematics have achieved major successes and established AIMR's identity of the collaboration between mathematics and materials science. As well as further reinforcing AIMR's unique academic foundations by developing actual technological fields in concert with cutting-edge technologies in areas such as measurement, we will create materials that make a genuine contribution to society. AIMR is striving to bring advanced materials science to the world. I look forward to your continued support for us.

**Profile** After receiving his PhD from Hiroshima University, Prof. Orimo has held posts as JSPS Research Fellow and Guest Researcher at the Max-Planck Institute for Metal Research, before becoming Professor at the Institute for Materials Research (IMR), Tohoku University in 2009. He became Principal Investigator at AIMR in 2013 and was promoted to Deputy Director in 2018 and to Director in October 2019. Major awards include the Japan Institute of Metals and Materials Meritorious Award (2011), the Award for Science and Technology (Research Category), the Commendation for Science and Technology by MEXT (2012), the Science of Hydrogen & Energy Award (2015), and the 18th Honda Frontier Award (2021).

## Archive of research results

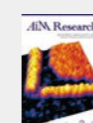
### “Hydride superionic conductor” can accelerate development of all-solid-state batteries

By designing the molecular structure of hydrogen clusters (complex ions containing high density hydrogen), a new hydride that exhibits lithium superionic conductivity at room temperature was developed. Using this hydride as a solid electrolyte, AIMR has also succeeded in demonstrating a lithium negative-electrode-type all-solid-state battery device with the world's highest energy density. AIMR is now conducting research aiming at elucidating the mechanism of ionic conduction and further improving superionic conductivity through mathematics and materials science collaboration.



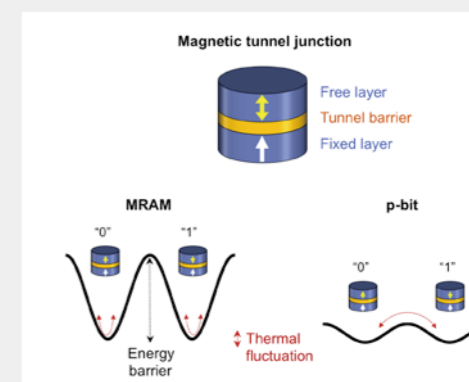
A schematic illustration showing the all-solid-state batteries using hydride with lithium superionic conductivity including hydrogen cluster

Director of AIMR / Device and System Group PI Shin-ichi Orimo et al. (Nature Communications, 2019)



AIMResearch is an online and print publication that highlights the scientific achievements of AIMR. AIMResearch selects the most important papers produced by AIMR scientists and distills the essence of the achievements into timely, concise and accessible research highlights that are easy to digest but retain all the impact and importance of the original research article. <https://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/en/aimresearch/>

### “Poor-man's q-bit” based on spintronics can solve quantum problems at room temperature



The structure of a magnetic tunnel junction and the design of the energy barrier for MRAM and p-bit applications. The magnetic tunnel junction consists of ferromagnetic free and fixed layers which sandwich a thin insulating tunnel barrier.

AIMR has developed a new-concept spintronics device that utilizes thermal fluctuation and can operate at room temperature. Using this device as a pseudo quantum bit (probabilistic bit, or p-bit), AIMR has succeeded in demonstrating factorization by applying a method similar to quantum annealing. The results are promising in terms of paving an unexplored pathway towards a new computing paradigm that is particularly well-suited for certain classes of problems like optimization.

Device and System Group PI Shunsuke Fukami (Nature, 2019)



# Cross-Disciplinary Research Center for Addressing the Origin and Evolution of the Universe

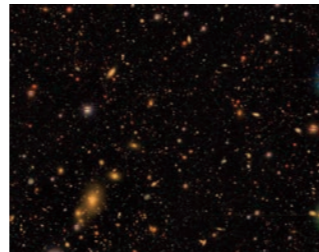
Establishing a world-class research center for the most urgent issues in basic science such as dark energy, dark matter, and unified theories, with close collaboration between mathematics, physics and astronomy.

## [Purpose of the Research]

### Uncover the origin and evolution of the Universe

Until recently, it had been believed that atoms were the only components of the Universe. However, new advances in observational cosmology have shown that galaxies contain invisible "dark matter," which keeps the stars from dispersing, and that the Universe is filled with mysterious "dark energy," which is accelerating the Universe's expansion. But the true identity of dark matter and dark energy has yet to be revealed.

"Unified theories," such as string theory and quantum gravity, are developing as physics and mathematics enhance our understanding of the Big Bang and black holes. Recent advances have led many researchers to speculate that many hidden dimensions exist beyond the third dimension, and that the origin and evolution of the Universe are closely related to their geometries. Kavli IPMU delves into these deep mysteries of the Universe.



Galaxies captured by the Hyper Suprime-Cam (Credit: Princeton University/HSC Project)

## [Unique Features of WPI Center]

### Cross-disciplinary research in mathematics, physics and astronomy



Kavli IPMU teatime\*\*

At the Kavli IPMU, more than 280 researchers\* in a variety of fields including physics, mathematics, and astronomy are working together to solve fundamental questions about the Universe. Every day at 3 pm, researchers gather in our commons area for tea and cookies and share ideas. Such informal exchanges across disciplines have resulted in world-leading discoveries\*\*. In addition to promoting research by integrating different fields, the institute has created a truly international environment, with more than half of its membership coming from overseas. The Kavli IPMU is increasing its efforts to improve its diversity, and continuing to generate new ideas and insights through lively engagement with diverse views, values, cultures, and disciplines.

\* Including affiliate members.

\*\* Due to the COVID-19 pandemic, a limited teatime is currently taking place under strict guidelines to ensure the health of our researchers.

## [Message from FUJII Teruo, President of the University of Tokyo]

### Driving reform at the University of Tokyo via a quest for global knowledge and cutting-edge initiatives



At the Kavli IPMU, leading researchers from around the world are engaged in exciting exploration of knowledge that pushes the boundaries of fields such as mathematics and physics in order to unravel the mysteries of the Universe. By gathering a diverse body of researchers and advancing cutting-edge initiatives such as those on workplace reform, the Institute has helped to improve the overall competitiveness of the University of Tokyo. I hope that the Kavli IPMU continues to produce high-level research results and to be a trailblazer for reform in the University.

## Message from OOGURI Hiroshi, Director of Kavli IPMU



The Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (Kavli IPMU) was launched as the Institute for the Physics and Mathematics of the Universe at the University of Tokyo in 2007 and acquired the current name after the establishment of its endowment fund by the Kavli Foundation in 2012. The mission of Kavli IPMU is to solve fundamental questions about the Universe by joining the forces of physics and mathematics. The institute is leading the world in research in mathematics, theoretical physics, and projects in astronomy and experimental physics, with an impact factor competitive with those of other major institutes. Kavli IPMU is an international institute with the majority of its on-site researchers coming from abroad. With a significant increase of the endowment fund in 2020, the institute is aiming at even more ambitious research targets.

**Profile** After receiving his PhD from the University of Tokyo, Ooguri has held posts at the University of California, Berkeley, and Kyoto University, before becoming Fred Kavli Professor of Theoretical Physics and Mathematics at the California Institute of Technology in 2007. He is also Director of the Walter Burke Institute for Theoretical Physics, and became Director of Kavli IPMU in October 2018. In 2019, he was awarded the Medal of Honor with Purple Ribbon by the Government of Japan.

## Archive of research results

### Ultra-wide-field multi-object spectrograph PFS equipment arrives in stages in Hawaii

The Prime Focus Spectrograph (PFS) project, which is being developed by an international team led by the Kavli IPMU, aims to start scientific observations in 2024. Meanwhile, participating institutes continue to produce its parts, which are transferred for onboard testing and observation testing on the Subaru Telescope in Hawaii. With PFS, about 2400 optical fibers can be used for spectroscopic observations over a wide wavelength range at once, allowing researchers to unravel the mysteries of dark matter and dark energy, and reveal the evolution history of the Universe.

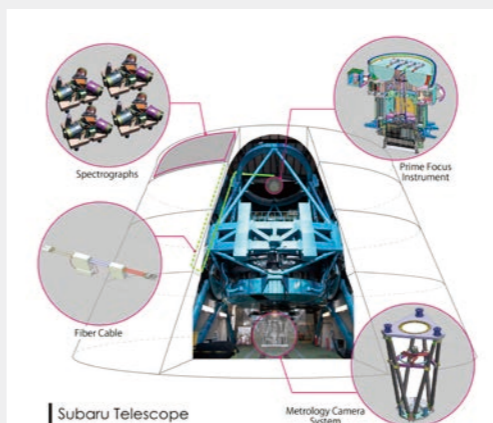
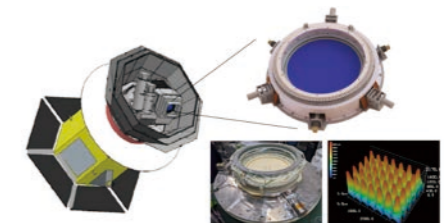


Image: Schematic of the general appearance of PFS (Credit: PFS Project / Kavli IPMU / NAOJ)

Members include Project Associate Professor Naoyuki Tamura, Project Researcher Kiyoto Yabe, and Visiting Associate Scientist Yuki Moritani.

### LiteBIRD satellite plans take a step forward



A CAD model of LiteBIRD and the polarization modulator with the breadboard model of the rotation mechanism and the broadband anti-reflection sub-wavelength structure on sapphire. (Credit : ISAS/JAXA, Y. Sakurai et al., T. Hasebe et al., R. Takaku et al.)

Plans are moving forward with the LiteBIRD satellite, where Kavli IPMU is a member. The project aims to find a footprint of primordial gravitational waves left in the cosmic microwave background to test the inflation theory of the Universe. In 2019, LiteBIRD was selected as a ISAS/JAXA strategic L-class mission. It was also named an important large-scale research project in the 2020 Master Plan announced by the Science Council of Japan. It is scheduled to launch in the late-2020s. Kavli IPMU is responsible for the polarization modulator in the low-frequency telescope and the data analysis. The polarization modulator is crucial to achieving high-sensitivity polarization measurement at a large angular scale, where the inflationary B-mode polarization signal becomes prominent. Researchers have been deriving the key requirements of this instrument from the science goal and demonstrated its feasibility.

This project involves members including Professor Nobuhiko Katayama, Associate Professor Tomotake Matsumura and Project Professor Masashi Hazumi.



# Towards the Integration of Materials Science and Cell Biology

iCeMS' mission is to produce chemicals necessary for understanding and manipulating cellular functions, to use these chemicals to explore the mysteries of life, and to create new functional materials inspired by cellular functions.

## [Purpose of the Research]

### Exploring the relationship between matter and life – Opening new horizons of science and technology

Cells sustain life through self-organization and cooperative interactions between a great number of chemical substances. The behaviors of these chemicals are constantly in flux. To understand this chemistry, we need to look at molecules working in the mesoscopic region, rather than in the nanometer region. To this end, iCeMS continues to develop a variety of imaging and modeling techniques, as well as physical and chemical methods to analyze the complex activities of cells. We expect that replication of cellular functions with designed materials is possible with a deep understanding of cellular processes. We are advancing research through understanding and creation.



## [Unique Features of WPI Center]

### An international and interdisciplinary environment with many young PIs



1) iCeMS is an environment that fosters active discussion and exchange across disciplines through open offices, laboratories, and shared lab equipment that bring together researchers from different fields. Face-to-face meetings help generate ideas for collaborations. 2) The Overseas Researchers Support Office (ORSO) assists foreign researchers, who make up about 20% of the total, so that they can concentrate on research activities. ORSO provides support for obtaining a status of residence in Japan, procedures for employment, and finding housing to help overseas researchers and their families. 3) We hold many international symposia

and seminars in Japan and abroad, in order to grow international and interdisciplinary research collaboration. 4) The Research Administration Division (RAD) reinforces the international research network and returns iCeMS' research results to society. RAD works to obtain external funds and to accelerate human resource exchange through industry-academia or academia-academia collaborations, and also holds outreach activities boosting brain circulation and disseminating research results both domestically and internationally.

## [Message from MINATO Nagahiro, President of Kyoto University]

### The international development of new academic fields at Kyoto University On-site Laboratories



The pursuit of a flexible and dynamic approach to knowledge creation is a key concept of Kyoto University's aims under the Japanese government's Designated National University program. iCeMS contributes to that endeavor through its development of new academic fields integrating materials science and cell biology. We also anticipate the international development of unique integrated fields through the efforts of the university's locally-managed "On-site Laboratories," which are established and operated in collaboration with overseas partner institutions.

## Message from UESUGI Motonari, Director of iCeMS



At iCeMS, we believe "chemical self-assembly" forms the boundary between matter and life. Through the coordinated fusion of cell biology and chemistry, we endeavor to understand the principles that govern intracellular self-assembly and aspire to let this wisdom inspire the innovation of functional self-assembling materials as we seek solutions to global problems. With these intentions, we are bringing together a wide range of researchers from disparate fields to achieve both diversity and focus.

## Profile

Born in Osaka, Japan in 1967. After completing his doctoral studies at the Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Kyoto University in 1995, he worked as a researcher at Harvard University and as an associate professor at Baylor College of Medicine. He became a professor at the Institute for Chemical Research, Kyoto University in 2005. From 2007, he also served as a professor at iCeMS, where he became a deputy director in 2013, and will serve as director from 2023.

## Archive of research results

### Hi-CO unravels the complex packing of nucleosomes

A new technology combining high-resolution genome structural analyses with large-scale simulations developed by a group led by Yuichi Taniguchi resolves the structure of the genome in three-dimensions at the nucleosome level. DNA is packed into the nucleus by wrapping around protein structures called histones and then folding into a tightly packed space. These wrapped structural units are called nucleosomes. Gene expression depends not just on the sequence of DNA, but also upon the way in which it is packaged. "Being able to analyse this structure should help clarify the origins and control principles of many biological phenomena, including cell differentiation and immunity," says molecular biologist Masae Ohno, who conducted the experiments and analyses.

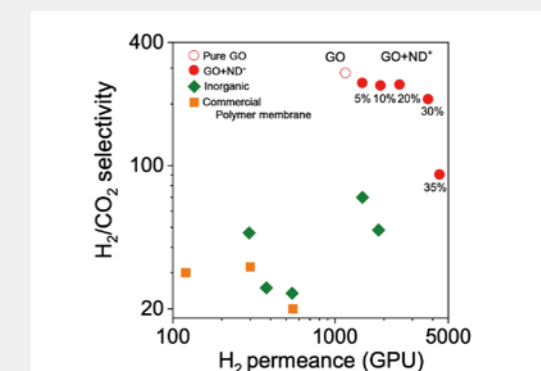


The research group has developed a new technology to analyze the 3D positions and orientations of nucleosomes using a next-generation genome sequencer and a supercomputer. (©Mindy Takamiya/Kyoto University iCeMS)

Professor/PI Yuichi Taniguchi (Nature Protocols, May 2021)

### Nanodiamonds are key to efficient hydrogen purification

A group led by Easan Sivaniah found that by incorporating positively charged nanodiamonds into graphene oxide sheets they were able to create humidity-resistant membranes which could be used to separate hydrogen gas during fuel production. Graphene oxide membranes offer an economic option touting high selectivity for gas separation, but quickly degrade in practical conditions of hydrogen purification. With an eye towards the future of green hydrogen production, the nanodiamond incorporated sheets were designed to retain durability and performance in the high humidity environment of water splitting. The sheets could also find application in micro supercapacitors, fuel cells and sensors.



The red circles in the top right corner represent the graphene oxide / nanodiamond sheets created in this study compared with existing inorganic and polymer filters. The GO/ND<sup>+</sup> membranes showed both exceptional H<sub>2</sub> permeance (>3,700GPU) and H<sub>2</sub>/CO selectivity (>200).

Professor/PI Easan Sivaniah (Nature Energy, December 2021)



# Comprehensive Understanding of Immune Reactions and Contribution to the Society

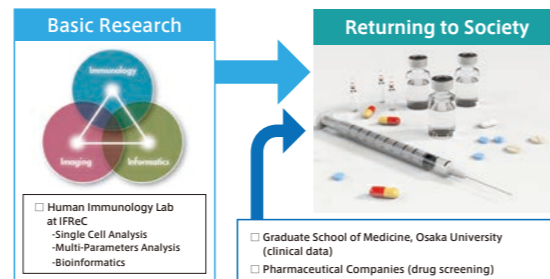
IFReC's important mission is to construct a world-class immunology research center.

Furthermore, in addition to efforts in advanced research on basic immunology, IFReC has been actively engaging in serving society through the results of its research.

## [Purpose of the Research]

### Striving to lead the world in interdisciplinary and immunology research

Since its inception in 2007, IFReC has advanced interdisciplinary research through a team of outstanding researchers in the fields of immunology, bioimaging, and bioinformatics. Numerous articles have been published in many top journals and with the increasing number of academic awards, IFReC's reputation has spread far and wide among the world's immunologists. Since 2017, in addition to basic research, we have endeavored to create a methodology for developing the results of our basic research into medical applications.



## [Unique Features of WPI Center]

### As a world-class research center



IFReC Advanced Postdoctoral fellows from around the world (as of March, 2021)

To further develop as an international research center, IFReC has increased its efforts in the study of human immunology, which is basic research using human cells with the cooperation of the Osaka University Graduate School of Medicine. Further, by incorporating the viewpoint of pharmaceutical companies, we are accelerating the sharing of our basic research with society.

Nurturing the next generation of researchers is also an important responsibility of IFReC. To recruit outstanding young researchers from all over the world, we have created the "Advanced Postdoc System", which offers a competitive salary and generous research budget.

IFReC provides an enticing environment for the next generation of researchers and aims to be an indispensable part of the career paths of talented international researchers.

## [Message from NISHIO Shojiro, President of Osaka University]

### IFReC leading the way at Osaka University



In April 2017, Osaka University established the International Advanced Research Institute (IARI) and IFReC became its first affiliate. IFReC has thus become part of this new world-class research hub in the university yet secured its independence in operation through comprehensive collaboration agreements with pharmaceutical companies for industry-university co-creation, and established methods to translate fundamental research results into applied research. IFReC significantly contributes to Osaka University not only in spearheading co-creation between industry and academia but also as a leader in internationalization.

## Message from TAKEDA Kiyoshi, Director of IFReC

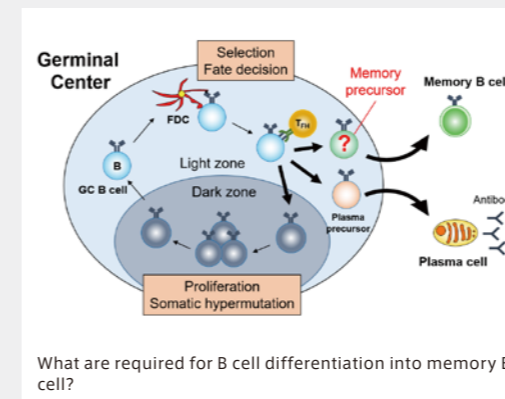


I will strive not only to deepen our basic research into immunology until now but also to make IFReC a world-class research center with the aim of overcoming immunological disorders of the future. IFReC has concluded comprehensive collaboration agreements with a number of pharmaceutical companies, thereby creating an industry-academia collaboration system for advancing free basic research, the first model of its kind in Japan. The future looks promising as IFReC accelerates world-class basic immunology research and the sharing of its results with society.

**Profile** | Osaka University, Medical School, MD 1992/PhD 1998. 2003: Professor, Medical Institute of Bioregulation, Kyushu University. 2007-Present: Professor, IFReC/Graduate School of Medicine, Osaka University. July 2019-Present: Director of IFReC. Japanese Society for Immunology Award (2004). JSPS Prize (2010). Osaka Science Prize (2016). Bälz Prize (2016). Mochida Memorial Academic Award (2019). Highly Cited Researchers (2014-2017). 2nd place in "World Immunologist Ranking by Citations 2014." (Dr. Shizuo Akira, the former director of IFReC ranked first.)

## Archive of research results

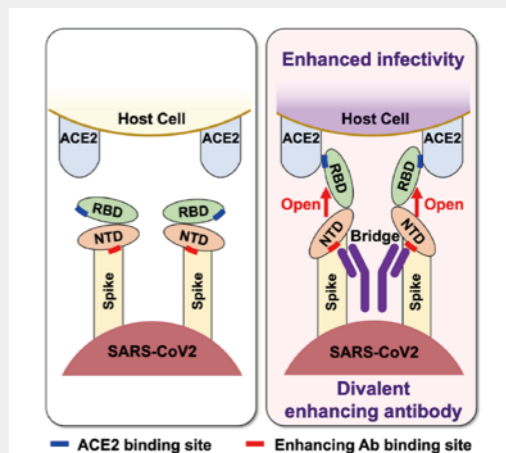
### Mechanism for the establishment of immunological memory



Memory B cells, which are generated during the first infection, quickly differentiate into plasma cells (antibody-secreting cells) and block or eliminate antigens efficiently upon second infection. Vaccination is a strategy to artificially induce the immunological memory using this mechanism. A research group with Takeshi Inoue and Tomohiro Kurosaki identified and characterized a small GC population of precursors for memory B cells. They found the GC B cells with lower mTORC1 activity and increased survival signal from surface B cell receptors favor a memory B cell fate. This achievement provides the underlying mechanism for the establishment of immunological memory, which will help to develop new vaccine strategies.

Inoue et al. J Exp Med. 2021

### Discovering antibodies that enhance SARS-CoV-2 infection



SARS-CoV-2 infectivity is enhanced upon antibody binding to the N-terminal domain.

Antibodies against the receptor binding site of the SARS-CoV-2 spike protein play an important function as neutralizing antibodies that suppress SARS-CoV-2 infection by inhibiting its binding to the human receptor, ACE2. A research group led by Hisashi Arase (IFReC/RIMD/CiDER, Osaka University) discovered both neutralizing antibodies that protect against infection as well as infection-enhancing antibodies that increase infectivity are produced after infection with SARS-CoV-2 by analyzing antibodies derived from COVID-19 patients.

Liu et al. Cell 2021





# "Materials Nanoarchitectonics" - New Paradigm of Materials Development -

Nanotechnology is changing our lives.

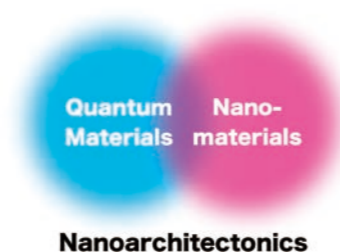
MANA is pioneering a revolutionary technological system called "nanoarchitectonics" as a new paradigm for nanotechnology to create new materials and functions.

## [Purpose of the Research]

### Pioneering a new nanotechnology system to create next generation materials

Since its establishment in 2007, MANA has released numerous research achievements based on the concept of "Nanoarchitectonics," which creates materials from the bottom up at the nanoscale. The research in Nanoarchitectonics consists of two linked fields: the "Quantum Materials Field" which deals with materials that exhibit quantum functionalities by precisely controlling atomic and molecular scale configurations, and the "Nanomaterials Field" which is essential for innovative materials research such as 2D nanosheets, 1D nanowires and other low-dimensional materials. By working together with close collaboration, MANA accelerates its nanoarchitectonics research.

MANA will continue to create innovative next-generation materials and technologies to support various fields such as the environment, energy sustainability, next-generation computation & communication, and health & security.



## [Unique Features of WPI Center]

### International nanotechnology research center driven by challenges and field fusion



MANA administrative office welcomes foreign researchers

In order to create a world premier research center with global visibility, MANA strongly promotes the following management.

#### Melting pot environment

MANA provides a "melting pot" environment for gathering researchers of different fields, cultures and nationalities in one place. MANA is regarded as one of the most internationalized research organizations in Japan. MANA promotes fusion research between various fields for "Nano Revolution for the Future."

## [Message from HONO Kazuhiro, NIMS President]

### Pioneering Japan's world-leading science and technology



The National Institute for Materials Science (NIMS) supports the Research Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA), one of the first five WPI research centers established in 2007.

MANA is promoting "Nanoarchitectonics (building nanoscale blocks)," a unique technology for creating nanomaterials.

The purpose is to discover new substances, new materials and new functions, and to produce research results with the aim of creating seeds that will lead to innovation in various fields.

I am convinced that the further development of WPI will be more and more important to enhance the presence of Japan's outstanding science and technology.

## Message from TANIGUCHI Takashi, Director of MANA



After overcoming the COVID-19 pandemic, diverse recovery efforts are being made on a global scale. In these endeavors, it is a crucial recognition for material science researchers to aim for contributions derived from cutting-edge scientific knowledge and technological innovations. MANA is committed to advancing nanotechnology through the development of new materials, devices and systems using active integration of nanomaterials and nanosystems through interface control, while leveraging our expertise in quantum technology innovation. By utilizing these nanotechnologies for new material development, we strive to contribute to solving various challenges that humanity has faced in recent years.

**Profile** | 1987: Doctor of Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Research associate, Tokyo Institute of Technology; 1989: National Institute for Research in Inorganic Materials (NIRIM), Science and Technology Agency; 2001: Principal Researcher of National Institute for Materials Science (NIMS); 2018: NIMS Fellow; 2019: Vice Chairman of International Association for the Advancement of High Pressure Science and Technology (AIRAPT), Visiting Professor, The University of Tokyo; 2021: Director of Research Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA).

## Archive of research results

### Invention of ionic decision-maker capable of self-learning

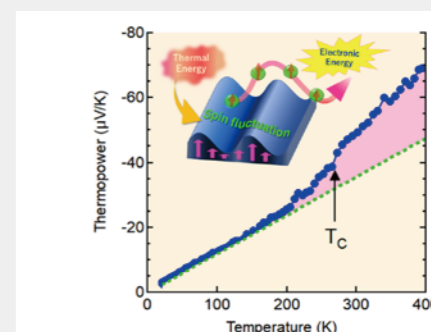
A MANA research group has invented an ionic device, termed an ionic decision-maker, capable of quickly making its own decisions based on previous experience using changes in ionic/molecular concentrations. The group then succeeded in demonstrating its operation. This device is capable of making decisions while efficiently adapting to changing situations by a means unrelated to the storage of past experiences in computer memory or to the performance of decision-making computations. This invention may lead to the development of novel artificial intelligence (AI) systems able to process analog information using hardware in a completely different manner from conventional AI systems that process digital information using software.



A decision-making ionic device capable of learning using electrochemical phenomena induced by the movement of hydrogen ions.

Principal Researcher Takashi Tsuchiya,  
 Chief Researcher Tohru Tsuruoka,  
 MANA Principal Investigator Kazuya Terabe  
 (Science Advances, 2018)

### Power generation from heat accelerated by magnetic interaction



Thermopower of an Fe-doped Fe<sub>2</sub>V(Al,Si) sample as a function of temperature. This compound becomes ferromagnetic below  $T_c = 285$  K. Thermopower exhibits remarkable enhancement around  $T_c$  by up to 50%. This phenomenon is understood by the effect of spin-fluctuation, which absorbs thermal energy and transfers it to electrons effectively.

Thermoelectric generation is expected to provide electric power to IoT devices from ubiquitous heat. Improving the power factor of thermoelectric materials is essential in this regard. We have found that the power factor is significantly enhanced near room temperature for a class of materials called weak ferromagnets. We observed a rapid increase in the Seebeck coefficient for ferromagnetic metals around  $T_c$ , where ferromagnetism sets in. The phenomenon is explained by the increase of the energy-transfer efficiency from heat to electrons via the spin-fluctuation, which becomes significant near  $T_c$ . This finding will help to develop high performance thermoelectric materials working near room temperature.

Principal Researcher Naohito Tsujii,  
 MANA Principal Investigator Takao Mori (Science Advances, 2019)



# Grand Highway for a Carbon-Neutral Energy Fueled World

I<sup>2</sup>CNER's mission is to contribute to the creation of a sustainable and environmentally-friendly society by advancing low-carbon emission and cost-effective energy systems, and improvement of energy efficiency. Through its mission-driven basic research, I<sup>2</sup>CNER has defined and produced the development of the science to dramatically reduce Japan's CO<sub>2</sub> emissions.

## [Purpose of the Research]

### Creation of basic science for realization of a low-carbon society

The Institute aims at understanding and advancing the science of hydrogen production using artificial photosynthesis; hydrogen tolerant materials; next-generation fuel cells; catalysis and "greening" of chemical reactions; CO<sub>2</sub> capture and utilization; CO<sub>2</sub> geological sequestration; and energy analysis. This broad-based agenda cuts across the boundaries of chemistry, physics, materials science, mechanics, geoscience, biomimetics, economics, and policy-making. The research in I<sup>2</sup>CNER bridges multi-dimensional spatial and temporal scales for various phenomena.

## [Unique Features of WPI Center]

### Collaboration with UIUC and generating fused disciplines



Strategic partnership with UIUC

This is a unique collaborative project between Kyushu University and the satellite institute at the University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC). I<sup>2</sup>CNER's strength is its young faculty members who have been encouraged to develop independent research programs, and who have been intensively working with our international collaborators. The issue of transitioning into a carbon-neutral energy society is global and requires leveraging resources from the international community.



A state-of-the-art research environment

I<sup>2</sup>CNER provides unique opportunities for bottom-up research, giving researchers opportunities to create and establish new research directions. In order to foster interdisciplinary research, applied math and economics are integrated into I<sup>2</sup>CNER's research portfolio. "Applied math and economics for energy" is now a new interdisciplinary research direction, and will be an important component of I<sup>2</sup>CNER.

## [Message from ISHIBASHI Tatsuhiro, President of Kyushu University]

### Toward the realization of a Carbon-Neutral Energy Fueled World



Green innovation that utilizes CO<sub>2</sub> emission-free renewable energy sources is essential to ensure a sustainable supply of environmentally friendly energy for future generations.

Kyushu University is committed to producing outstanding research accomplishments on energy science and foster world top-level researchers with I<sup>2</sup>CNER as a leader in achieving a carbon-neutral energy society. We highly appreciate your continued support and cooperation.

## Message from ISHIHARA Tatsumi, Director of I<sup>2</sup>CNER



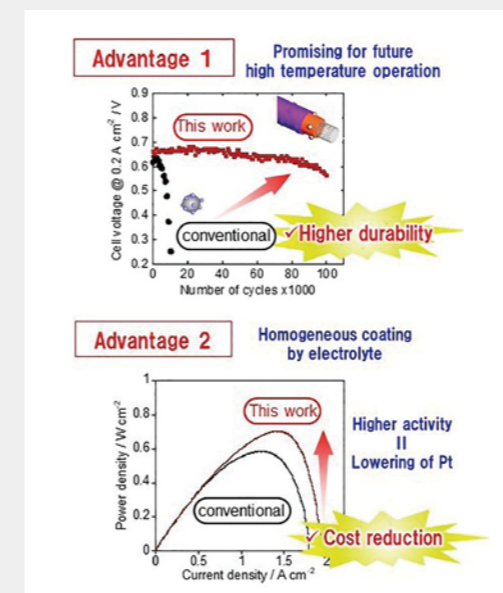
Shifting to a carbon-neutral energy society is a globally required important subject. I<sup>2</sup>CNER will contribute to realizing a carbon-neutral society by developing the necessary novel sciences and cultivating a new research field by interdisciplinary research. On the other hand, securing energy to support a prosperous life is also an important global issue. I<sup>2</sup>CNER will propose a social system which uses renewable energy by converting it to hydrogen or hydrocarbons synthesized from captured CO<sub>2</sub> and leads to the establishment of a carbon-neutral society.

**Profile** Prof. Ishihara received his PhD in Material Science and Engineering from Kyushu University in 1991. After working as a lecturer and assistant professor at the Faculty of Engineering, Oita University, he became a professor at the Faculty of Engineering, Kyushu University in 2003. In 2013, he was appointed as Associate Director of I<sup>2</sup>CNER, and has been Director of I<sup>2</sup>CNER since April 2023. His major awards include Catalysis Society of Japan Award and the Daiwa Adrian Prize. He has discovered a new pure oxide ion conductor used for fuel cell and electrolyzer which is found after 100 years.

## Archive of research results

### Novel electrocatalyst design based on polymer-wrapping of carbon supports

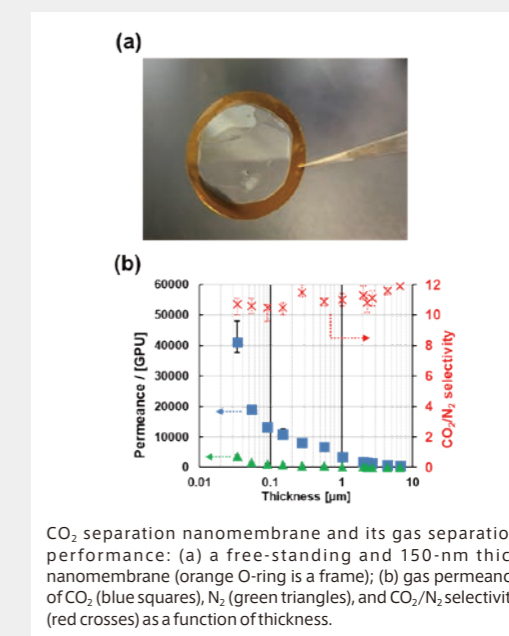
Prof. Fujigaya et al. developed a novel electrocatalyst structure for polymer electrolyte fuel cells (PEFC), in which the carbon supports are wrapped with polymers prior to the catalyst loading. One of the powerful advantages of this strategy is that carbon materials with high crystallinity can be used for catalyst loading, and thus, high durability of PEFC was realized (Advantage 1). The team also successfully increased the utilization efficiency of platinum and realized high activity of PEFC (Advantage 2).



Tsuyohiko Fujigaya et al. (Scientific Reports, 2015)  
Tsuyohiko Fujigaya et al. (Electrochimica Acta, 2019)

### Creation of ultra-fast CO<sub>2</sub> separation nanomembranes and direct air capture

Efficient CO<sub>2</sub> capture technologies are indispensable and urgently needed for carbon-neutral energy systems. Prof. Fujikawa and his group succeeded to develop well-defined, free-standing nanomembranes of 34 nm thickness, which is the highest level of CO<sub>2</sub> permeance in the world. This finding expands the relevance of I<sup>2</sup>CNER research goals beyond capturing CO<sub>2</sub> from fire-powered plants to the entirely new area of CO<sub>2</sub> capture directly from the atmosphere.



Shigenori Fujikawa et al. (Chemistry Letters, 2019)



# Solving the Mysteries of Sleep

Sleep is one of the biggest black boxes of today's neuroscience.

Researchers at IIIS cooperate with each other aiming to elucidate the fundamental principles of sleep/wake regulation and develop new strategies to assess and treat sleep disorders.

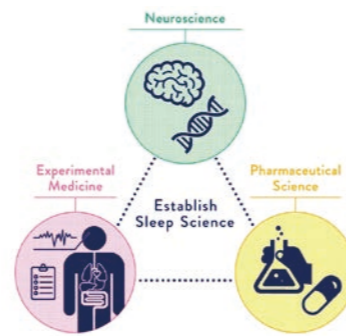
## [Purpose of the Research]

### Aiming to realize a society where people can sleep soundly

We spend nearly 1/3 of our lives asleep. The importance of sleep is clear because the loss of sound sleep lowers daytime performance and physical and mental health. However, the regulation and function of sleep remain unclear.

IIIS sets 3 missions to uncover the mystery of sleep and to solve sleep-related social problems:

1. To elucidate the functions of sleep and the fundamental mechanisms of sleep/wake regulation
2. To elucidate molecular pathogenesis of sleep disorders and related diseases
3. To develop preventive measures, diagnostic methods, and treatments for sleep disorders



## [Unique Features of WPI Center]

### Open and flat organization to maximize all members' capacity



Open floor space



Shared laboratory

Under the leadership of Prof. Yanagisawa, the researchers at IIIS collaborate with each other to drive forward innovative sleep research. Based on Prof. Yanagisawa's 20-plus-year experience as a PI at the University of Texas Southwestern Medical Center, IIIS has been established as a unique institute and the best sleep research center in Japan, by learning from the merits of the US-style academic "department". IIIS has created a free and vigorous atmosphere emphasizing: (i) flexible and timely appointments of independent PIs regardless of their age and career stage, with a necessary start-up package (e.g., funding, personnel and space); (ii) a flexible and dynamic allocation of floor space for each laboratory to facilitate free and open communications; and (iii) sharing of major facilities and capital equipment among laboratories. IIIS manages the organization so that all researchers and students can vigorously communicate and maximize their potential.

## [Message from NAGATA Kiyosuke, President of University of Tsukuba]

### World-class sleep research from Tsukuba, to protect our health and well-being!



With 20% of Japanese suffering from sleep-related problems, Japan is listed as one of the worst countries regarding the total sleep hours compared with the rest of the world. Such a "sleep underdeveloped country" needs a world-class research institute for sleep medicine. The International Institute for Integrative Sleep Medicine (IIIS) of University of Tsukuba serves that role. Embodying the principles of the Designated National University even before they existed, IIIS has developed as a world-leading institute and will continuously solve the mysteries of sleep for contributing to next-generation medical care systems.

## Message from YANAGISAWA Masashi, Director of IIIS



Our discovery of the neuropeptide orexin and its prominent role in sleep/wake regulation has generated a highly active research field in the neurobiology of sleep. However, the fundamental governing principle for the regulation of sleep pressure remains a mystery. Based on my own experience as a PI in the US, and by learning from the merits of US academia while retaining the merits of Japanese traditions, IIIS provides a scientific culture and environment that strongly encourage all members to initiate and continue truly groundbreaking studies.

**Profile** | Received a PhD from the Faculty of Medicine, University of Tsukuba. Served as a Professor at the University of Texas and a Researcher at the Howard Hughes Medical Research Institute for 24 years from 1991 to 2010. In 2010, his research project was adopted under the FIRST Program. In 2012, appointed Director and Professor of WPI-IIIS. In 2021, he was selected as a Project Manager of the AMED Moonshot R&D Program. Received numerous awards and distinctions, including the Medal with Purple Ribbon (2016), the Keio Medical Science Prize (2018), the Person of Cultural Merit (2019), the Ibaraki Prefecture Honor Award (2019), and the Tokizane Award (2022).

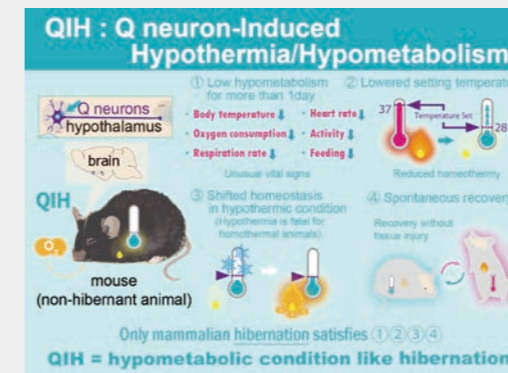
## Archive of research results

### A novel neuronal pathway that induces hibernation-like hypometabolic states

Hibernating mammals lower their body temperature and reduce energy expenditure, although the regulating mechanism of hibernation is still not well known.

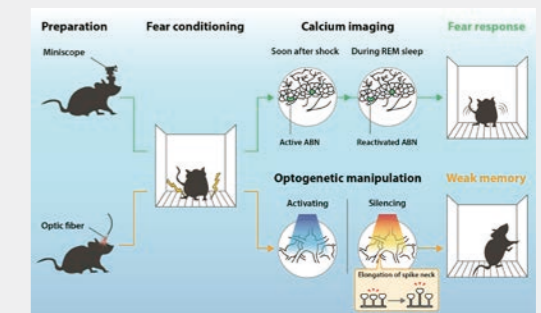
IIIS has found a population of hypothalamic neurons that induces a long-lasting hypothermic/hypometabolic state similar to hibernation (Q neurons). No obvious tissue/organ damage nor abnormalities in behavior have been observed after recovery.

This finding opens the door to the development of the induction of a hibernation-like state on non-hibernating mammalian species, including humans.



Takahashi, Sunagawa, Sakurai et al. (Nature, 2020)

### Sparse activity of hippocampal adult-born neurons during REM sleep is necessary for memory consolidation



The presence of dreaming during rapid-eye-movement (REM) sleep indicates that memory formation may occur during this sleep stage. But now, researchers have found that activity in a specific group of neurons is necessary for memory consolidation during REM sleep. The researchers of IIIS have revealed that adult-born neurons (ABNs) in the hippocampus, which is a brain region associated with memory, are responsible for memory consolidation during REM sleep.

More detailed clarification of the memory consolidation mechanism could facilitate the development of new treatments for memory disorders.

Kumar, Sakaguchi et al. (Neuron, 2020)



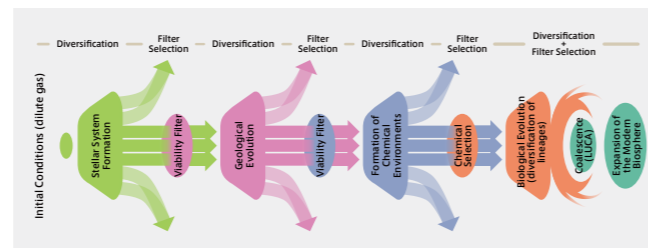
# World-class Interdisciplinary Research Hub Exploring the Origins of Earth and Life

ELSI's Earth/planetary and life scientists study the origins of Earth and life, and possible life forms on solar-system and extra-solar planets by testing what is unique and universal to Earth's life.

## [Purpose of the Research]

### How did the Earth form, and how did life begin and evolve?

ELSI specifically investigates how the Earth formed, the emergence of life in the early environment, co-evolution of the Earth-life system, and the emergence/occurrence of life elsewhere in the universe. These domains are achieved by using the ELSI model as a theoretical framework and a roadmap for origins of life research. The ELSI model captures the idea that the events from the Big Bang to life were a series of diversifications followed by selections.



ELSI model of the origins of life

## [Unique Features of WPI Center]

### An open and inclusive interdisciplinary research environment

ELSI remains a world-leading research and education hub through reform:

- Research environment:**
- Open and flat research environment for inclusiveness
  - Annual evaluation of researchers
  - Young researcher start-up funds to kickstart their career
  - Ample external funding, including Astrobiology Program established by private company donation

- Education pathways:**
- 5-year graduate program in English
  - Up to 10 fully-funded student scholarships each year, on a competitive basis
  - Includes courses on 'Collaboration with Industry' and 'Global Science Communication'

- Outreach and science communication:**
- Practice evidence-based outreach for efficient engagement
  - Conduct science communication training and workshops
  - Produce content with international standards in English



Open and flat research structure



Active collaboration between young and senior researchers

## [Message from MASU Kazuya, President of Tokyo Institute of Technology]

### Unravelling the wonders of the Earth and life



We, at Tokyo Tech, are proud of the accomplishments of ELSI, which include a highly successful recruiting strategy, the establishment of a global collaborative network of world-leading scholars, and a genuinely international environment that welcomes researchers from all over the world. ELSI is intended to be a role model for the university and forms a key part of my vision for Tokyo Tech to become one of the top-level research universities. ELSI and Tokyo Tech will continue to rise together.

## Message from SEKINE Yasuhito, Director of ELSI

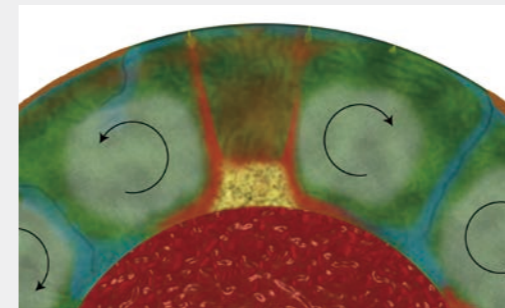


In the first ten years, ELSI provided the view of the sequence of diversifications and selection mechanisms that gave rise to the current Earth-Life system. While keeping the existing approaches at ELSI to understand key transitions toward the emergence of our Earth-Life system, we will explore new approaches to understanding and predicting the possibilities of alternative planet-life systems which may exist anywhere in the Universe. We will work in close cooperation with space exploration missions by extending the research scope from the Origins and Evolution of the Earth and Life to include searching for evidence of extra-terrestrial life.

**Profile** A top-level expert in the origins and evolution of both planetary atmospheres and oceans and habitability in the Solar System. He revealed the presence of ongoing hydrothermal systems in Saturn's moon, Enceladus, in 2015. His research aims to address questions such as "what makes Earth a habitable planet?" and "is there life beyond Earth in the solar system?" by understanding environmental factors and the chemistry among them that give rise to and support life on planets.

## Archive of research results

### Domains of ancient rocks preserved in the Earth's mantle

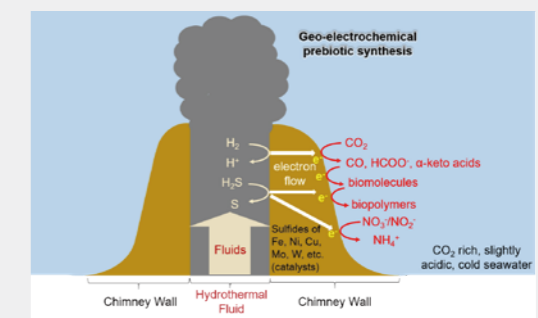


Mantle convection removes heat from our planet's interior and drives plate tectonics. Geochemical data suggests ancient domains are preserved >4.4 billion years in the mantle despite persistent convection and mixing. To explain this, ELSI established a new model of mantle material transport. In its simulations, high-viscosity mantle rock can stabilise unmixed mantle domains despite whole-mantle flow circulating within them. Preservation of ancient SiO<sub>2</sub>-rich domains may also explain SiO<sub>2</sub> depletion in the circulating mantle, relative to the solar system's average composition.

Ballmer M., Houser C., Hernlund J., Wentzcovitch R., Hirose K. Persistence of strong silica-enriched domains in the Earth's lower mantle. (Nature Geoscience, 2017)

### Geoelectrochemistry – a new field of study within OoL research

ELSI has demonstrated abiogenic electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> to CO under geochemically plausible conditions. The significance of this result is that abiogenic CO has long been proposed as a feedstock for complex organic synthesis; the efficient reduction shows that the potentials obtained at hydrothermal vents are sufficient to drive carbon fixation.



Kitadai N., Nakamura R., Takai K., Li Y., Gilbert A., Ueno Y., Yoshida N., Oono Y. Geoelectrochemical CO production: Implications for the autotrophic origin of life. (Science Advances, 2018)



# Change the World with Molecules: Where Chemistry, Biology and Theory Meet

ITbM's dream is to develop "transformative bio-molecules" that can change the way we live. By merging synthetic/catalytic chemistry, animal/plant biology, and theoretical science, ITbM will take up the challenges of solving global issues with molecules.

## [Purpose of the Research]

### Interdisciplinary research producing transformative bio-molecules

ITbM continues its research into creating innovative bio-functional molecules that will fundamentally transform life science research – "transformative bio-molecules." Through the dynamic cooperation of synthetic chemists, plant/animal biologists and theoreticians and the creation of a new field of research merging biology and chemistry, ITbM develops transformative bio-molecules that will have a great and positive impact on society. In 2020, ITbM will prioritize new areas of research as "ITbM 2.0," using molecules to tackle worldwide issues such as climate change, food supply and medical technologies.



ITbM's flagship research areas

## [Unique Features of WPI Center]

### Diverse and interdisciplinary research born from mixed spaces



Researchers and students from different fields work alongside one another in ITbM's Mix Lab and Mix Office



Poster session by students of the Graduate Program of Transformative Chem-Bio Research (GTR)

At ITbM, top level experts in a variety of fields from both Japan and abroad occupy the positions of Principal Investigators (PIs). ITbM's younger specialists take on the role of Co-PIs, cooperating with PIs to drive forward their research effectively and learn important research and laboratory management skills. With most of the post-doctoral researchers coming from overseas, and 30% of researchers being women, ITbM is a highly diverse research environment. ITbM incorporates research spaces and researchers from different fields into cooperative "Mix Labs" and "Mix Offices" where researchers can conduct experiments and talk side by side, and promotes collaborative and inter-disciplinary research within its research groups.

## [Message from MATSUO Seiichi, Chancellor of Tokai National Higher Education and Research System]

### ITbM is a treasure of Nagoya University and a global center for chemistry-biology fusion research



Sharing the thoughts of ITbM's director, young researchers gathered under one roof, produced many wonderful research results in a short time, and have taken on the challenge of creating new value. An outstanding graduate program by ITbM has also started, and the "ITbM spirit" of taking on challenging research while being excited beyond the boundaries of the field is spreading inside and outside the university. ITbM is an irreplaceable treasure for Nagoya University, and the whole university is very proud to support its activities.

## Message from YOSHIMURA Takashi, Director of ITbM



Our dream is to change the world through molecules. By fusing state of the art synthetic chemistry, biology and theoretical science, ITbM has developed a range of promising bio-functional molecules during its first ten years, "ITbM1.0." Our earth faces a number of critical issues that are vital to the sustainable future of humankind, such as achieving food security, combating climate change, and ensuring healthy lives. In ITbM's second chapter, "ITbM2.0," we will further accelerate and expand our research to solve these important social issues with the power of molecules.

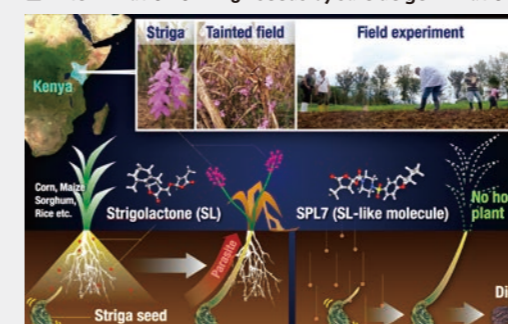
**Profile** Received his PhD from Nagoya University in 1999. Serving as a Professor at Nagoya University from 2008. Also served as Visiting Professor at the National Institute for Basic Biology from 2013 to 2019. ITbM Director in 2022. Received many awards and distinctions including Hoffenberg International Medal from the Society for Endocrinology (2010), Fellow of the Royal Society for Biology (2011), Van Meter Awards from the American Thyroid Association (2015), Aschoff and Honma Prize for Biological Rhythm Research (2020), and Kihara Memorial Foundation Academic Award (2021).

## Archive of research results

### Exterminating the parasitic menace *Striga* in Africa

SPL7 is a ground-breaking molecule developed to exterminate the parasitic plant *Striga*, which has dealt a heavy blow to African cereal production. SPL7 has very little impact on the biological environment of cereals and soil bacteria, and promotes the suicidal germination of *Striga* at concentrations of as little as  $1/10^{13-15}$  mol/L. SPL7 boasts a potency equivalent to natural germination stimulant strigolactone, the most potent germination stimulant to *Striga* among all commercially available compounds. Currently, ITbM is conducting field testing of SPL7 in Kenya and continuing its development towards practical use. This research project was introduced at the official side event STI for SDGs, hosted by MEXT at the 7th Tokyo International Conference on African Development (TICAD7).

#### Extermination of *Striga* seeds by suicide germination



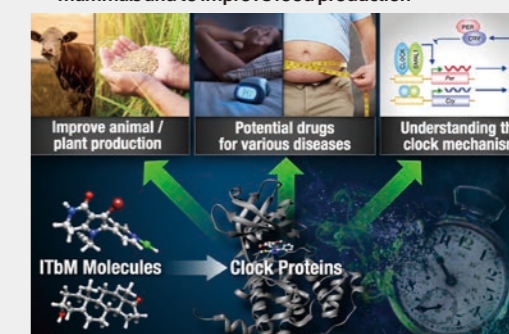
SL-like molecules work as inducers of suicidal germination to purge the soil of viable *Striga* seeds before planting the crop seed.

Yuichiro Tsuchiya, Daisuke Uruguchi, Takashi Ooi et al. (Science, 2018)

### Molecules to treat diseases in mammals and improve food production by modifying the circadian rhythm

ITbM has discovered GO829, which slows or lengthens the circadian rhythm in cultured human cells, DHEA, which treats jet-lag in mice by accelerating the circadian rhythm, AMI-331, which slows or lengthens the rhythm in plants and Celastrol, which rescues winter depression-like behavior in medaka fish. The circadian clock controls the rhythm of the day such as sleeping and waking, and, when disrupted, is known to cause a variety of health problems. Through the elucidation of the molecular mechanism of the circadian clock in a wide variety of organisms from mammals to plants, it is expected that improvements will be made in the treatment of related diseases such as sleep disorders, depression, obesity and cancer, and that food production will be increased.

#### Modification of the circadian rhythm to treat diseases in mammals and to improve food production



ITbM's research is expected to improve the treatment of diseases such as sleep disorders, depression, obesity and cancer.

Tsuyoshi Hirota et al. (Science Advances, 2019)  
Takashi Yoshimura et al. (EMBO Molecular Medicine, 2018, PNAS, 2020)  
Norihito Nakamichi et al. (PNAS, Plant Direct, 2019)



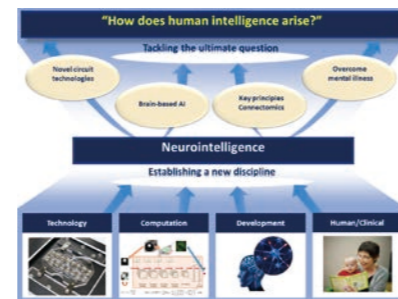
# Tackling the Ultimate Question – “How Does Human Intelligence Arise?”

IRCN combines life sciences and information sciences to establish a new field, "neurointelligence."  
By clarifying the essence of human intelligence, overcoming neural disorders, and developing new A.I., it will contribute to a better future society.

## [Purpose of the Research]

### To establish the new field of “neurointelligence”

Understanding the brain is a highly ambitious endeavor, challenging a fundamental scientific frontier on par with seeking the origins of the universe. IRCN aims to (1) discover fundamental principles of human intelligence, (2) understand the emergence of psychiatric disorders underlying impaired intelligence, and (3) use these principles to shape the development of next-generation artificial intelligence (A.I.). Through these approaches, IRCN is establishing the new interdisciplinary field of “neurointelligence.”



## [Unique Features of WPI Center]

### Global bridging – Brain development and computational science



Researchers from around the world at Imaging Core



IRCN Neuro-Inspired Computation Course

IRCN is organized into four Research Units (Development, Human/Clinical, Computation, Technology), whose collective goal is creation of the research field of neurointelligence. Each unit is asked to produce new synergistic research outcomes through collaborative research. IRCN also aims to build the world's highest-level research organization by offering cutting-edge technology and an international environment.

#### Leading Global Network

Functioning as a research hub in collaboration with 20 key overseas institutions such as Boston Children's Hospital

#### Core Facilities for Interdisciplinary Research

Maintaining facilities which provide a platform for enabling researchers to seamlessly integrate hypothesis and verification cycles for efficient research

#### Nurturing Young Researchers

Encouraging trainees to exchange views and ideas through Science Salon, Retreat, and Neuro-Inspired Computation Course, which lead IRCN to new integrated research

## [Message from FUJII Teruo, President of the University of Tokyo]

### Human-centered intelligence for a technological society



As the second WPI institute at our University, IRCN is aiming to develop a new academic field called "Neurointelligence" by bringing different knowledge on and off campus together ranging from life-science, medicine, linguistics, mathematical science and informatics. Through pursuing fundamental questions on "How does human intelligence emerge?", I hope that IRCN delivers world-class research results globally and proactively disseminate the related knowledge throughout our society.

## Message from Takao K. Hensch, Director of IRCN



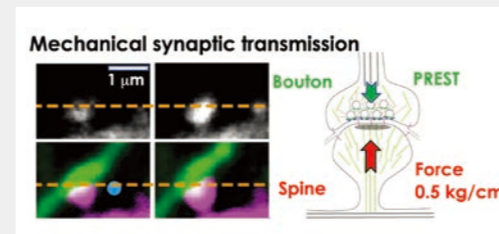
International Research Center for Neurointelligence was established in 2017 with a 10-year mission: to create a new discipline at the interface of human and artificial intelligence from the view of neurodevelopment and its disorders. We seek answers in the underlying principles of neural circuit development and how it goes awry in psychiatric disorders. This promises new insights for neuro-inspired A.I. and innovative, computational approaches to understanding the human condition. Come share our quest, key collaborations, state-of-the-art core facilities and unique culture!

**Profile** After receiving his PhD from UCSF (1996), Hensch helped to launch the RIKEN BSI before returning to Harvard in 2006. Currently, he is Joint Professor of Neurology (HMS) and Molecular Cellular Biology (FAS), Director of the NIMH Silvio Conte Center for Mental Health Research, Director of IRCN, and Co-Director of the CIFAR Child Brain Development network. He has received several honors including the Young Investigator Award in both Japan (Tsukahara Prize, 2001) and the US (2005), the NIH Director's Pioneer Award (2007), and the Mortimer D. Sackler Prize (2016), and serves as Chief Editor of *Frontiers in Neural Circuits*.

## Archive of research results

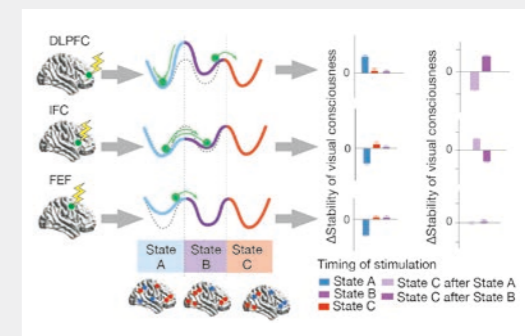
### Mechanical transmission underpins novel synaptic intelligence

Communication between the brain's myriad synapses powers intelligence, including learning and memory. For half a century, this synaptic discourse was believed to occur only via chemical and electrical signaling. In 2021, IRCN researchers discovered a third major form of communication called mechanical transmission. Occurring between presynaptic boutons and postsynaptic spines, they found that expansion of spines could push on boutons with a force equal to smooth muscle contraction inducing PREssure Sensation and Transduction (PREST) and resulting in higher levels of evoked transmitter release. This novel form of synaptic communication may regulate learning and memory and explain previously unknown aspects of cognition in the realm of neurointelligence.



Principal Investigator/Professor Haruo Kasai  
Ucar, H. et al. (2021) Nature, DOI: 10.1038/s41586-021-04125-7

### Neurofeedback control of brain state dynamics underlying visual consciousness



Brain state dynamics are the patterns of brain-wide neuronal activity that emerge like travels between islands in a turbulent sea. These island travels are believed to underpin the remarkable powers of human cognition and to go awry in brain disorders. An understanding of brain state dynamics would unlock the mysteries of intelligence and the potential for therapeutic control. An IRCN team developed a neural stimulation device driven by particular brain state patterns for a behavior called "perceptual flexibility" where a person sees the perceptual flipping of a bistable visual illusion. They monitored whole brain neural dynamics until the expected patterns triggered an external stimulation to alter the percept. The study opens a window to the fine control of human consciousness and treating psychiatric conditions like autism (ASD) and ADHD.

Principal Investigator/Associate Professor Takamitsu Watanabe  
(2021) eLife, DOI: 10.7554/eLife.69079



# Nanoprobe Life Science: Exploring "Uncharted Nano World" of Life Sciences

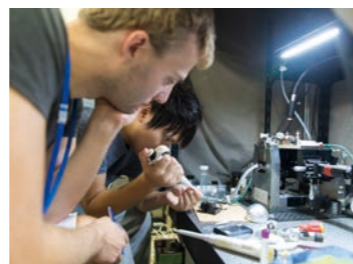
Scientists at the Nano Life Science Institute are making nanoscale observations of "life-phenomena" using unique scanning probe microscopes to demystify this "uncharted nano-world of life science" for the advancement of science.

## [Purpose of the Research]

### Nanoscale insights into dynamic mechanisms in life sciences

Countless molecules and cells that make up the body play critical roles in sustaining human life. However, humans are unable to directly observe the nanoscale dynamics and interactions of these molecules. This is the "uncharted nano-world" of life science.

NanoLSI is an interdisciplinary research institute where experts in nanometrology, life science, supramolecular chemistry, and mathematics are using cutting-edge scanning probe microscope technology to explore "unseen nano-cellular worlds." NanoLSI scientists directly observe complex mechanisms of "nanoscale life-phenomena" through world-class research and have created the new academic field of "nanoprobe life science" to advance knowledge in the life sciences.



An experiment using scanning probe microscope technology

## [Unique Features of WPI Center]

### Comprehensive programs for enhancing creativity and innovation



Group photo at the 8th Bio-SPM Summer School

NanoLSI organizes regular meetings for ideas to create new interdisciplinary fields: PI-centric NanoLSI Colloquia; T-Meetings, for "one-to-one inter-lab" interaction; and informal "plate-in-hand" NanoLSI Luncheons. Outstanding ideas from these meetings receive "Transdisciplinary Research Promotion Grant" funding for "start-up projects."

Other activities include the Bio-SPM Summer School; Bio-SPM Collaborative Research; NanoLSI Visiting Fellows Program; and international symposia held at satellite hubs in the UK and Canada, with results fed back to young researchers at the Department of Nano Life Sciences.

These various activities are still being impacted by the global novel coronavirus pandemic but should continue in appropriate forms. The training of young researchers at the Graduate School of Frontier Science Initiative, Division of Nano Life Science, is progressing steadily, and our endeavor to be a hub in the field of bioimaging is expanding more and more.

## [Message from WADA Takashi, President of Kanazawa University]

### A virtuous cycle of people, knowledge, and society for advancing multidisciplinary research



Kanazawa University is establishing a global research hub based on its excellence in nurturing cutting-edge world-class research. Internationally renowned researchers and highly motivated students form the basis of a diverse group of scientists and engineers interacting to explore the infinite possibilities of creating new value for the benefit of society. As a center of knowledge that creates such a virtuous cycle of people, knowledge, and society, we are confident that the NanoLSI will contribute to global advances encompassing a wide range of disciplines.

## Message from FUKUMA Takeshi, Director of NanoLSI



The origins of all the physical properties and phenomena can be explained by structures and dynamics of nanoscale (roughly 1/1,000,000,000 of a meter) species, such as atoms and molecules. We aim to develop new nanoprobe technologies that allow us to directly visualize nanodynamics in the uncharted nano-realms at the surface and interior of live cells. This will hereby contribute to dramatic progress in the life science field, and lead to the formation of a new academic discipline, "nanoprobe life science."

**Profile** Prof. Takeshi Fukuma received a PhD in Engineering from Kyoto University in 2003. Since then, he has worked at Kyoto University, Trinity College Dublin, and Kanazawa University. Since 2017, he has been the director of NanoLSI. He developed the world's first in-liquid frequency modulation atomic force microscopy (FM-AFM) that allows observation at atomic scale. He received the Young Scientists' Prize from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT, 2011) and Japan Society for the Promotion of Science Prize (2018).

## Archive of research results

### Endoscopy of a living cell on the nanoscale

In order to advance our understanding of how biological cells function, visualizing the dynamics of intra-cellular components on the nanoscale is of key importance. Current techniques for imaging such dynamics are not optimal — for example, fluorescence microscopy can visualize 'labeled' molecules but not the target components themselves. A label-free, non-destructive method has now been developed by Takeshi Fukuma from Kanazawa University and colleagues: nanoendoscopy-AFM, a version of atomic force microscopy that can be deployed within a living cell.

The principle of AFM is to have a very small tip move over the surface of a sample. During this 'xy' scanning motion, the tip, attached to a small cantilever, will follow the sample's height ('z') profile, producing a measurable force on the cantilever. The magnitude of the force can be back-converted into a height value; the resulting height map provides structural information about the sample's surface.

The researchers designed a novel AFM setup where the needle-like tip is brought in and out of the interior of a cell. The process is reminiscent of an endoscopy — the procedure of looking at an organ from the inside, by inserting a small camera attached to a thin tube into the body — which is why Fukuma and colleagues call their

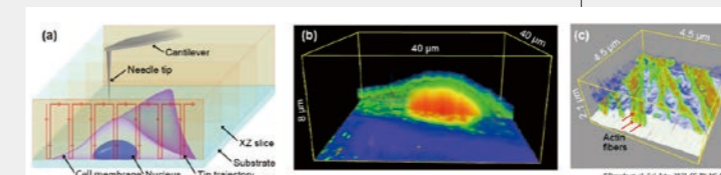
technique nanoendoscopy-AFM. Letting the nanoneedle travel an 'xyz' trajectory going in and out of the cell results in a 3D map of its structure. They tested the technique on a cell from the so-called HeLa cell line commonly used in medical research. In a scanned volume of 10 x 10 x 6 μm<sup>3</sup>, internal granular structures could be clearly identified.

During a scan, the nanoneedle penetrates the cell membrane (and the nuclear membrane) many times. The scientists checked whether this repeated penetration does not cause damage to the cell. They performed a viability test on HeLa cells by using two fluorescent marker molecules. One molecule emits green fluorescence from a living cell, the other red fluorescence from (the nucleus of) a dead cell. The researchers found that when using nanoprobe smaller than 200 nm, nanoendoscopy-AFM does not lead to severe damage to cells.

The method is also particularly useful for probing surfaces within the cell, for example the inner side of the cell membrane or the surface of the cell nucleus. Fukuma and colleagues call this application 2D nanoendoscopy-AFM, and point out that it could be combined with high-speed AFM resulting in a powerful technique for studying the nanodynamics of the interior of living cells in physiological environments.

The scientists stress that AFM is the only method that allows label-free imaging of biomolecular systems, and conclude that their technique will enable the "direct observation, analysis and manipulation of intracellular and cell surface dynamics to gain insights about the inner cell biological processes — increasing the ability to understand biological phenomena."

Marcos Penedo, Keisuke Miyazawa, Naoko Okano, Hirotohi Furusho, Takehiko Ichikawa, Mohammad Shahidul Alam, Kazuki Miyata, Chikashi Nakamura, Takeshi Fukuma. *SCIENCE ADVANCES* 7, eabj4990 (2021) 22 December 2021.



Principle and example of intra-cellular 3D imaging by nanoendoscopy AFM. (a) Principle. (b) 3D-AFM image of the live HeLa cell. (c) 3D-AFM image of the actin filaments in the live fibroblast cell.



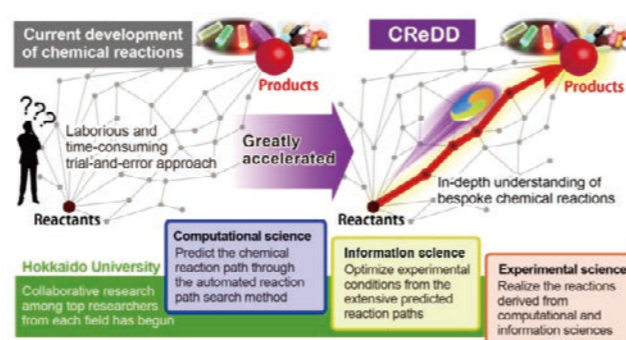
# In-depth Understanding and Efficient Development of Chemical Reactions

ICReDD aims to establish the scientific field of "chemical reaction design and discovery" through a combination of computational, information, and experimental sciences to efficiently develop new chemical reactions.

## [Purpose of the Research]

### The purposeful and efficient design of chemical reactions

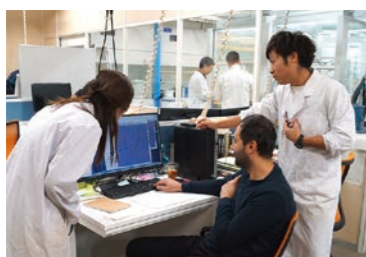
The current trial-and-error approach to the development of new chemical reactions is time-consuming and inefficient. ICReDD uses state-of-the-art reaction path search methods based on quantum chemical calculations and applies concepts of information science in order to extract meaningful information for experiments, thus narrowing down optimal experimental conditions. This approach considerably shortens the time required to develop chemical reactions and creates a feedback loop in which data obtained through experiments is circulated back to computations through information science.



The strategy of ICReDD

## [Unique Features of WPI Center]

### The MANABIYA Program fosters researchers proficient in three fields



Interdisciplinary discussion among young researchers

MANABIYA is a system to foster a new generation of researchers proficient in the three fields of computational, information and experimental sciences and to develop the new interdisciplinary academic field of "chemical reaction design and discovery" (ICReDD) worldwide. Within this system, ICReDD conducts joint research and education, trains individuals, and discovers new research ideas. Thus, ICReDD aims to form an academic network, becoming an internationally recognized research institution. In the academic branch, young researchers and graduate-level students from domestic and overseas institutions are invited to stay at ICReDD for 2 weeks to 3 months to acquire techniques for developing new chemical reactions. In the industry branch of the program, ICReDD promotes collaborations between faculty and corporate researchers in the form of consulting, research collaborations, and consortia.

## [Message from HOUKIN Kiyohiro, President of Hokkaido University]

### Shining a light from Hokkaido upon the world



As a flagship institute to help realize Hokkaido University's vision, "Shining a Light from Hokkaido Upon the World," ICReDD endeavors to develop new chemical reactions by fusing computational science, information science and experimental science to "shine the light of knowledge" from Hokkaido to the world. The university is providing full support for the further development of ICReDD, including the construction of a new building as well as personnel and financial resources. Please look forward to the future of ICReDD.

## Message from MAEDA Satoshi, Director of ICReDD



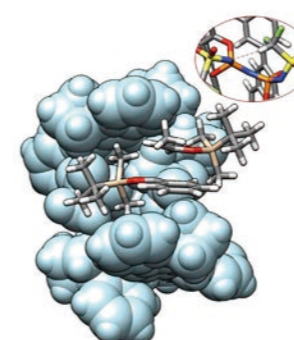
Reaction development that relies solely on the trial-and-error approach is too time-consuming to solve urgent global problems that include pollution as well as the scarcity of energy and resources. ICReDD will revolutionize the traditional approach to developing reactions by fusing computational, information, and experimental sciences. We strive to spread the benefits of this approach by establishing a global research center, integrating multiple disciplines. Our sincere hope is that ICReDD may contribute to a brighter and more prosperous future for all of humanity.

**Profile** After his PhD from Tohoku University, he served as a Postdoc at Emory University and Kyoto University. At 37, full Professor at Hokkaido University; at 39, youngest Director of a WPI center. Recipient of numerous awards, among them the JSPS Prize "to recognize and support young researchers with rich creativity and superlative research ability" and the WATOC Dirac Medal for an "outstanding theoretical and computational chemist under the age of 40." Developed the "artificial force induced reaction" (AFIR) method to calculate chemical reaction-path networks and predict unknown reactions.

## Archive of research results

### Confinement-controlled, either *syn*- or *anti*-selective catalytic asymmetric Mukaiyama aldolizations of propionaldehyde enolsilanes

Nobuya Tsuji, Assistant Professor and Co-PI for the List group at ICReDD, collaborated with members of Professor List's group at the Max-Planck-Institut für Kohlenforschung to develop an organocatalyst that enables confinement-controlled *syn/anti* selective asymmetric Mukaiyama aldolizations of propionaldehyde enolsilanes. The researchers found modifying a single atom of the inner core of a large catalyst resulted in a change in the size of the catalyst's reactive "pocket." This change in size caused the molecules in the reaction to approach the pocket from different angles, which resulted in obtaining both *syn/anti* selectivity and high enantioselectivity. The mechanism of this selectivity was clarified using quantum chemical calculations with the GRRM method.

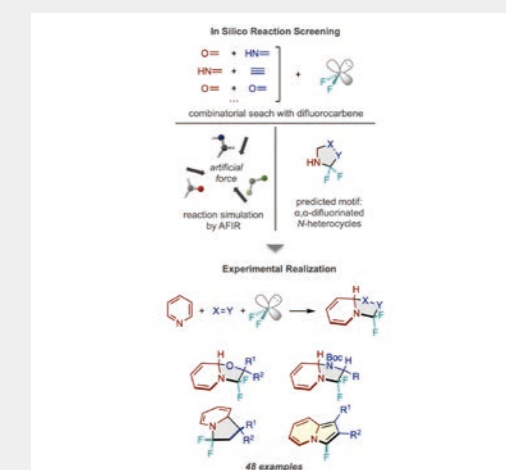


Computed transition state structure for the major enantiomer of the *anti*-selective Mukaiyama aldolization.

Tynchtyk Amatov, Nobuya Tsuji, Benjamin List et al. (Journal of the American Chemical Society, 2021. DOI: 10.1021/jacs.1c07447)

### In silico reaction screening with difluorocarbene for *N*-difluoroalkylative dearomatization of pyridines

Quantum chemical calculations are most often used to understand the mechanism of a reaction that has already been discovered. However, researchers at ICReDD were able to use the Artificial Force Induced Reaction technique to produce the general idea for an entirely unimagined reaction. Using the design principle suggested by computational results, the team successfully developed a suite of 48 reactions of unexplored three-component dearomative cycloadditions, utilizing difluorocarbene and two molecules bearing unsaturated bonds to produce a variety of molecular motifs, including difluorinated *N*-heterocycles, which are potentially useful for novel drug development.



Workflow of reaction discovery via in silico screening

Hiroki Hayashi, Hitomi Katsuyama, Hideaki Takano, Yu Harabuchi, Satoshi Maeda, Tsuyoshi Mita. (Nature Synthesis, 2022. DOI: 10.1038/s44160-022-00128-y)





# What Key Biological Traits Make Us "Human," and How Can Knowing these Lead Us to Better Cures for Disease?

ASHBi investigates the core concepts of human biology with a particular focus on genome regulation and disease modeling, creating a foundation of knowledge for developing innovative and unique human-centric therapies.

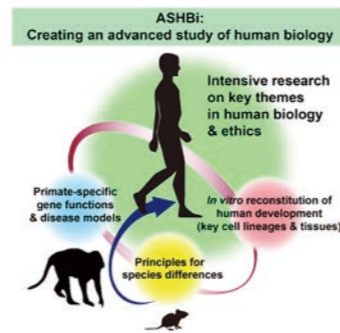
## [Purpose of the Research]

### Creating an advanced study of human biology

ASHBi's goals:

- 1) Promote the study of human biology, with a sharp focus on genome regulation
- 2) Clarify the principles defining the species differences and human traits
- 3) Generate primate models for intractable human diseases
- 4) Reconstitute key human cell lineages or tissues *in vitro*
- 5) Contribute to formalizing an international ethics standard for research on human biology

ASHBi's strategies and aims →



## [Unique Features of WPI Center]

### Initiating fusion research through mutual understanding



Discussion on ethics of human biology



Interdisciplinary discussion is held actively

To create advanced studies of human biology, ASHBi strongly pursues the development of novel principles through fusion of new ideas in biology, mathematics and ethics provoked by deep understanding of different disciplines.

- **Biology/Mathematics:** Mutual learning process of mathematicians catching up on the latest advancement in genome science and biologists absorbing the latest mathematical approaches actively takes place to create essential ideas provoked through interaction.
- **Biology/Ethics:** Discussion on new ethical issues arising from scientific advancement in research, and philosophical meaning of human and life continuously takes place to set ethical frameworks.
- **Fusion Research Grant:** Supporting new collaboration among ASHBi groups tackling to elucidate new scientific principles based on fused disciplines.

## [Message from MINATO Nagahiro, President of Kyoto University]

### Shining light on ourselves, for the new era of human biology



ASHBi, established in 2018, seeks to elucidate the fundamentals of human development and pathogenesis. They integrate inquiry into the life sciences, mathematics, and humanities, contributing to the flexible and dynamic creation of knowledge as envisioned by KyotoU's status as a Designated National University. As part of the university's further global expansion of its research, we expect ASHBi to pioneer the field of human biology.

## Message from SAITOU Mitinori, Director of ASHBi



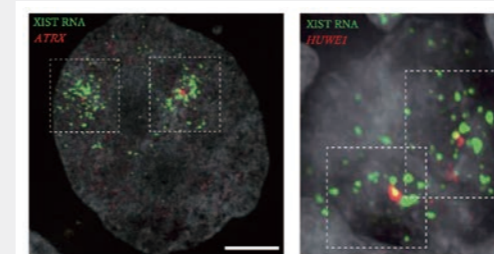
Understanding the basic biology of human beings is a fundamental challenge in life sciences. The knowledge gleaned from model organisms has often been difficult/impossible to translate to humans due to species differences in the regulations of key basic pathways. Accordingly, ASHBi will target humans and non-human primates as major research subjects in an effort to uncover the key principles of human traits and disease states, through a multi-disciplinary science approach. This takes place in our open and flexible international research environment, with full support for motivated, early-career investigators.

**Profile** Prof. Saitou has spent decades extensively investigating the genetic and epigenetic mechanisms that determine the development of germ cells, the cells fundamental to all life. Using iPSCs, he has recently succeeded in generating human primordial germ cell-like cells (PGCLCs), which are responsible for producing sperm and oocytes. He is the recipient of numerous prestigious awards including the Imperial Prize, the Japan Academy Prize, the Asahi Prize and the International Society for Stem Cell Research Momentum Award.

## Archive of research results

### Gene regulation from the X chromosome during monkey development

As an embryo grows into a whole human being, a number of key genetic events must occur. One of the two X chromosomes in the cells of females becomes inactive during early embryonic development. Because the study of human embryo development is heavily restricted for ethical reasons, scientists have turned to observing other primate mammals in order to understand this critical phenomenon in humans. A new study led by ASHBi Director Mitinori Saitou provides a detailed description of the dynamics of X-chromosome dosage compensation in monkeys, providing the most accurate understanding of X chromosome dosage compensation dynamics in humans to date.

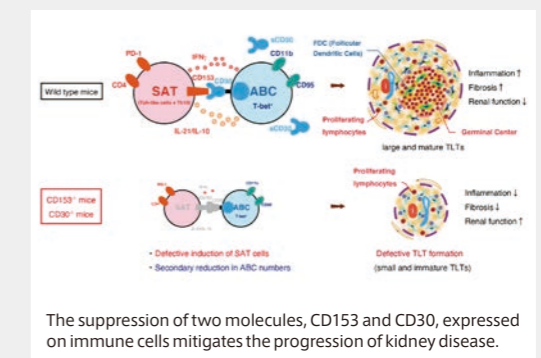


Three-dimensional structured illumination microscopy (3D-SIM) images of XIST RNA (green) and X-linked genes (red) in a trophoblast of female E8 embryos (left), E57 female germ cells (right).

ASHBi Director Mitinori Saitou and Lecturer Ikuhiro Okamoto, *Science*, 2021. DOI: 10.1126/science.abd8887

### A new drug target for kidney disease

Scientists have searched for unexplored molecular signaling pathways that make promising drug targets for acute kidney injury. ASHBi Professor Motoko Yanagita found two specific cell types, senescence-associated T (SAT) cells and age-associated B cells (ABCs), continuously accumulated with the formation of tertiary lymphoid tissues in aged mice with injured kidney, and SAT cells and ABCs were linked by CD153 and CD30. Further, gene knockout of CD153 and CD30 reduced the number of SAT cells and ABCs in mice. More importantly, the knockouts also resulted in fewer tertiary lymphoid tissues and less kidney damage. An examination of human kidney samples also found that the expression of CD153 and CD30 was higher in immune cells located in tertiary lymphoid tissues. Noting that tertiary lymphoid tissues are commonly seen with acute kidney injury in mice and humans, Yanagita believes that the findings should be considered for drug discovery.



The suppression of two molecules, CD153 and CD30, expressed on immune cells mitigates the progression of kidney disease.

ASHBi PI/Professor Motoko Yanagita, 2021. *Journal of Clinical Investigation*, DOI:10.1172/JCI146071



# Bringing New Eyes to Humanity to See this Beautiful World

The "quantum field" is the origin of everything.  
QUP will invent and develop new systems for measuring quantum fields.  
With these new systems, we will bring innovation to human society,  
while working on basic research on the space-time and matter of the universe.

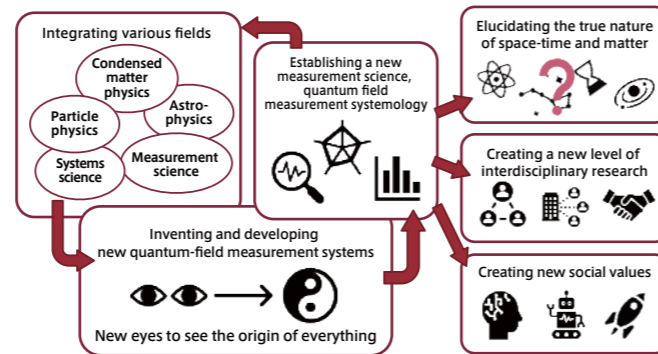
## [Purpose of the Research]

### Inventing and developing new quantum-field measurement systems

Quantum fields are space-time with particles and quasiparticles created and annihilated, and associated physical quantities.

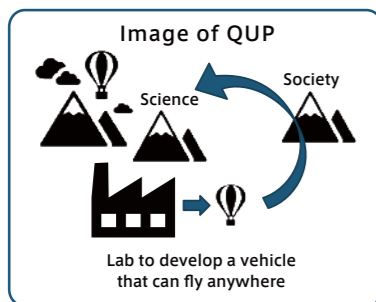
QUP aims to invent and develop new systems for measuring quantum fields by integrating particle physics, astrophysics, condensed matter physics, measurement science, and systems science. The new systems must bring innovation to measurements in cosmological observations and particle experiments, and elucidate the true nature of space-time and matter.

Furthermore, the new measurement systems create new social values through application to other fields and social implementation.



## [Unique Features of WPI Center]

### Conducting interdisciplinary research on "means" or "methodologies"



QUP will conduct interdisciplinary research on "means" or "methodologies." We are the only center in the world that integrates the invention of new measurement principles for experimental cosmology and particle physics, the development of systems to realize these principles, and the execution of projects.

Our unique approach will establish a new measurement science, quantum field measurement systemology, as a science of means through the above practices and create a new level of fusion of various research areas beyond physics and new social values through application to other fields and social implementation.

## [Message from YAMAUCHI Masanori, Director General of KEK]

### Quantum-field measurement opens the door to future research



QUP's goal to develop and invent the quantum-field measurement system is important for the High Energy Accelerator Research Organization (KEK), as its various research platforms for vast fields of research including particle physics, material science, biology, and archeology are always requiring better measurements. We will strongly support QUP's missions, including social implementation, and expect that the outcome of QUP accelerates the other researchers at KEK.

## Message from HAZUMI Masashi, Director of QUP

Marcel Proust said, "The only real voyage of discovery consists not in seeking new landscapes, but in having new eyes."

The quote precisely conveys our spirit, and QUP brings new eyes to humanity to see this beautiful world (the true nature of space-time and matter). I would like to make QUP a place where researchers from different fields can meet, ideas can spark, and dreams can come true. And I dream that QUP will become a cornerstone of human happiness in this way.

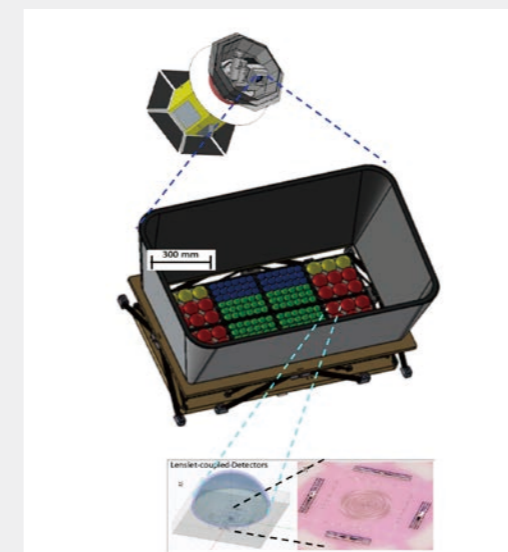


**Profile** After receiving his Ph.D. from the University of Tokyo, Hazumi served as an assistant professor at Osaka University and an Associate Professor at the High Energy Accelerator Research Organization (KEK) before becoming a Professor at KEK in 2007. He is also a project professor at the Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (Kavli IPMU), the University of Tokyo, since 2014, and a Specially-Appointed Professor at the Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS/JAXA), since 2020. His research focuses on particle physics and experimental cosmology. He received the 4th JSPS Prize in 2007 for discovering CP violation in B-meson decays. He proposed the LiteBIRD satellite project in 2008 and currently serves as its global principal investigator.

## Archive of research results

### Development of the new superconducting sensor for implementation in the LiteBIRD satellite

LiteBIRD is a JAXA-led satellite project targeting a launch in 2028 to observe the universe before the hot Big Bang. The QUP director is the founder of the mission and the PI. QUP will develop the superconducting sensor, which will be the "eye" of LiteBIRD. Space offers an ideal observation environment that cannot be obtained on the ground. To take advantage of this, the noise of the sensor must be sufficiently small. QUP has already succeeded in the initial development of a sensor that meets LiteBIRD's requirements.

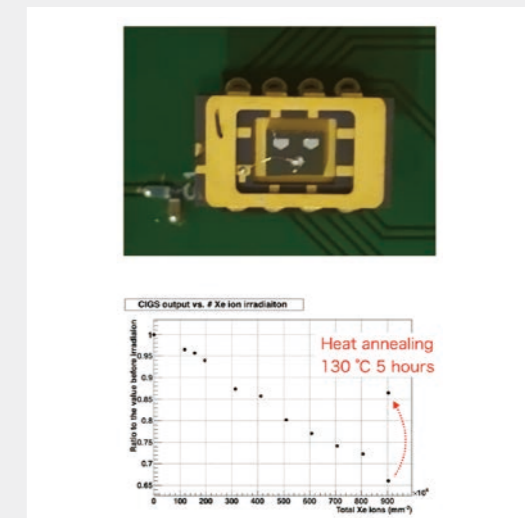


A conceptual drawing of the LiteBIRD satellite, the superconducting sensor array, an optical lenslet, and a superconducting sensor.

### "CIGS semiconductor detector" has a recovery mechanism from radiation damage

The Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> (CIGS) semiconductor, initially developed for solar cells, is expected to have high radiation tolerance with a recovery from radiation damage with compensation for the defects by ions and would shed new light on the use of a particle detector and camera under a high radiation environment.

The world's first CIGS detector successfully detected a single Xe ion (400 MeV/u, <sup>132</sup>Xe<sup>54+</sup>) with a fast response. With 10<sup>9</sup>/mm<sup>2</sup> Xe ion irradiation, the CIGS output degraded to 66% after irradiation but recovered to 86% after heat treatment under 130°C for 5 hours.



Upper) A CIGS detector. Lower) Relative output from the CIGS detector as a function of the number of Xe ion irradiation and its recovery with heat treatment.



# 目次

プログラム委員長からのメッセージ	35
世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI) について	36
WPI 拠点	
東北大学：材料科学高等研究所 (AIMR)	40
東京大学：カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)	42
京都大学：物質－細胞統合システム拠点 (iCeMS)	44
大阪大学：免疫学フロンティア研究センター (IFReC)	46
物質・材料研究機構 (NIMS)：ナノアーキテクトニクス材料研究センター (MANA)	48
九州大学：カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (I²CNER)	50
筑波大学：国際統合睡眠医科学研究機構 (IIIS)	52
東京工業大学：地球生命研究所 (ELSI)	54
名古屋大学：トランスフォーマティブ生命分子研究所 (ITbM)	56
東京大学：ニューロインテリジェンス国際研究機構 (IRCN)	58
金沢大学：ナノ生命科学研究所 (NanoLSI)	60
北海道大学：化学反応創成研究拠点 (ICReDD)	62
京都大学：ヒト生物学高等研究拠点 (ASHBi)	64
高エネルギー加速器研究機構 (KEK)：量子場計測システム国際拠点 (QUP)	66
連絡先	68

## プログラム委員長からのメッセージ

世界トップレベル研究拠点プログラム委員会

2019年末より始まったコロナ禍の中で、人類社会は大転換期を迎えつつあります。8月1日時点では、世界の累積感染者5億7119万人を超え、死亡者は638万人余に達しています。また、コロナ禍に加え、本年春よりロシアのウクライナ侵略が始まり、戦況は長期化の様相を示しています。更に、コロナ禍、ロシアの侵略は、サプライチェーンの破断を生じ、世界全体に、不況と食糧不足そして将来への不安をもたらしつつあります。

果たして、人類社会はこれらの困難を克服し、未来社会の希望をもたらす術を見いだすことができるでしょうか。あるとすれば、それは科学技術・イノベーションの革新的な推進しかありません。

そのためには、先ずもって我が国が研究力を高め、人類が共有すべき新たな現象の発見・解明や革新的な技術創出に貢献する基礎研究を通じて、先導的な研究成果を生み出し、人類社会に貢献していくことが重要です。更に、革新的な科学技術・イノベーションの推進を図るためには、従来の枠にはまらない新たな構想による、国や分野の境界を越えた研究拠点を立ち上げる必要があります。

また、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の影響により停滞した国際頭脳循環の流れを再び活性化していくことが、我が国にとって喫緊の課題であることは言うまでもありません。

世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI) は、2007年の発足以降、「世界最高水準の研究」「融合領域の創出」「国際的な研究環境の実現」「組織の改革」の4つのミッションを掲げ、2018年までに13の拠点を形成しました。これらの拠点による意欲的・挑戦的な活動は、世界の第一線で活躍する優れた研究者を国内外から惹きつけ、日本のみならず諸外国でも高い評価を受けるフラッグシッププログラムとなりました。

そして、2020年12月には従来のミッションを高度化するとともに、高等教育と連動した若手研究者の人材育成や、補助金支援期間終了後の持続可能性の確保といった「次代を先導する価値創造」を新たなミッションに加えました。

2021年は、この新たなミッションの下で初めての拠点を採択し、2022年は、更に3つの拠点を採択しました。これは日本の研究の在り方を変革するチャンスであると考えています。研究環境のDX (デジタルトランスフォーメーション) 化などを通じて、ポストコロナ時代を迎えた日本の研究活動を新たな姿に変革していくなど、このプログラムを通じて更なる構造転換が図られることを期待しています。

WPIが引き続き、日本の研究力強化における重要な役割を果たすことができるよう、皆様と共に力を尽くしてまいりますので、今後とも、皆様の御理解と御協力をお願いいたします。

徳川道成



### ロゴデザイン・コンセプト

プログラムを象徴する本シンボルマークは、「上昇、飛躍感」を基本コンセプトに、「鳥」をモチーフとして作成しました。刻々と変化を遂げる世界の中でトップレベルを目指す研究拠点の様を、常に雲一つない空色を身にまといながら、革新的なイノベーションの種を運ぶ鳥の姿に見立てたものです。また、アルファベットの“i”の一部ともなっているこの種には、これから進むべき方向を照らす光の道案内の意味合いが込められています。

# 「目に見える研究拠点」の充実・強化を

# 目指して

## WPI 新ミッション

### 世界を先導する卓越研究と国際的地位の確立

- ・世界最高水準の研究成果
- ・分野融合性と多様性による学問の最先端の開拓

### 国際的な研究環境と組織改革

- ・研究力向上のための国際的頭脳循環の達成
- ・分野や組織を超えた能力向上
- ・効果的・積極的かつ機動的な組織運営

### 次代を先導する価値創造

- ・基礎研究の社会的意義・価値
- ・次代の人材育成：高等教育段階からその後の職業人生まで
- ・内製化を見据えた拠点運営、拠点形成後の持続的発展



## 背景

近年、優れた頭脳の獲得競争が世界的に激化し、「ブレイン・サーキュレーション」と呼ばれる人材の流動が進んでいます。このような流れを受けて、優れた研究人材が世界中から集う、「国際頭脳循環のハブ」となる研究拠点を強化していくことが必要となっています。

## 目的

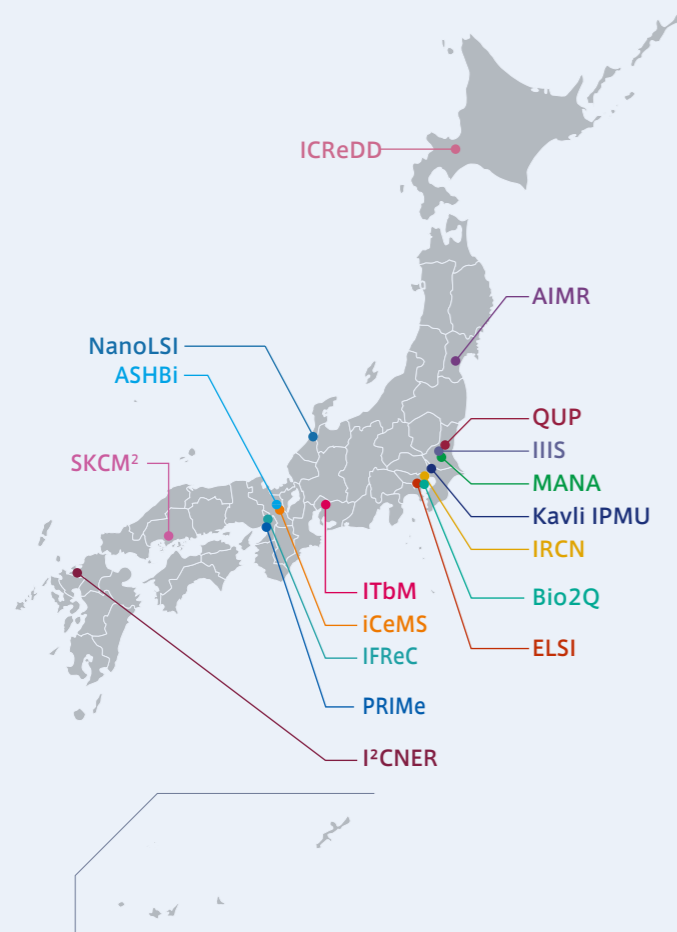
高いレベルの研究者を中核とした「世界トップレベル研究拠点」の形成を目指す構想に対して政府が集中的な支援を行うことにより、システム改革の導入等の自主的な取組を促し、第一線の研究者が是非ここで研究したいとして集うような、高度に国際化された研究環境と世界トップレベルの研究水準を誇る「目に見える研究拠点」の形成を目指しています。

## 新たなミッションの策定

従来の「世界最高水準の研究」「融合領域の創出」「国際的な研究環境の実現」「組織の改革」という4つのミッションを高度化し、新たに「次代を先導する価値創造」を加えたミッションを令和2年12月に策定しました。

## WPI 採択拠点一覧 (計:17 拠点)

※4拠点(令和3年度以降採択)は新ミッションの下、採択された。



## WPI アカデミー

### 平成19年度採択5拠点

- P.40** AIMR 東北大学 材料科学高等研究所 (AIMR)
- P.42** IPMU 東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)
- P.44** iCeMS 京都大学 物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS)
- P.46** iFReC 大阪大学 免疫学フロンティア研究センター (iFReC)
- P.48** MANA 物質・材料研究機構 (NIMS) ナノアーキテクトニクス材料研究センター (MANA)

### 平成22年度採択1拠点

- P.50** ICNER 九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (ICNER)

### WPI アカデミーについて

- 1) 世界トップレベルの研究水準を達成したWPI拠点を持つ経験・ノウハウの展開、
- 2) WPI 全体の知名度・ブランドの維持・向上、
- 3) 国際頭脳循環の促進、
- 4) 各拠点の活動のネットワーク化による国際化等改革の先導など、WPI の成果の最大化を目指して平成29年度に設けられた枠組み。

### 平成24年度採択3拠点

- P.52** IIIS 筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 (IIIS)
- P.54** ELSI 東京工業大学 地球生命研究所 (ELSI)
- P.56** ITbM 名古屋大学 トランスフォーメティブ生命分子研究所 (ITbM)

## 補助金支援中の拠点

### 平成29年度採択2拠点

- P.58** IRCN 東京大学 ニューロインテリジェンス国際研究機構 (IRCN)
- P.60** NanoLSI 金沢大学 ナノ生命科学研究所 (NanoLSI)

### 平成30年度採択2拠点

- P.62** ICReDD 北海道大学 化学反応創成研究拠点 (ICReDD)
- P.64** ASHBi 京都大学 ヒト生物学高等研究拠点 (ASHBi)

### 令和3年度採択1拠点

- P.66** QUP 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 量子場計測システム国際拠点 (QUP)

### 令和4年度採択3拠点

- PRiMe** 大阪大学 ヒューマン・メタバース疾患研究拠点 (PRiMe)
- SKCM<sup>2</sup>** 広島大学 持続可能性に寄与するキラリノット超物質拠点 (SKCM<sup>2</sup>)
- Bio2Q** 慶應義塾大学 ヒト生物学・微生物叢・量子計算研究センター (Bio2Q)

## 支援の内容

<b>支援期間</b>	10年間 (平成24年度以前の採択拠点においては最長で15年間)
<b>支援額</b>	原則年間7億円程度 (平成19年度、22年度採択拠点においては～14億円程度/年)
<b>評価</b>	毎年、ノーベル賞受賞者や著名外国人研究者等で構成されるプログラム委員会やPD・POによる丁寧かつきめ細やかなフォローアップを実施するとともに、事業開始5年目に中間評価、10年目に最終評価を実施

独立行政法人日本学術振興会は、世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)が円滑に実施できるよう、サポートを行っています。

WPI公式サイト→



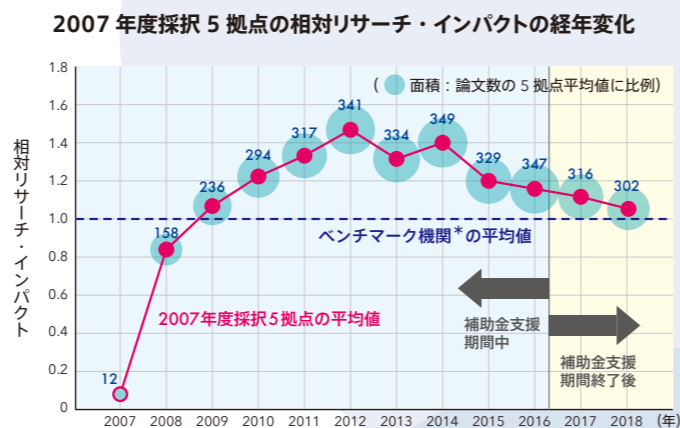
WPIは、世界最高水準の融合研究の成果を着実にあげています。

WPIは、国際水準の優れた研究環境と運営の実現に挑戦しています。

WPIのこれらの活動は、大学等ホスト機関へ良い波及効果を生んでいます。

# 1 Science (世界最高水準の研究)

- WPI拠点は設立以来、世界トップレベルの研究機関と比肩する論文成果を着実に挙げ続けています。
- WPI拠点の研究者3名がノーベル賞を受賞しているほか、ガードナー国際賞などの著名な国際賞、文化勲章などの国内最高レベルの賞も授与されています。
- WPI拠点の卓越した研究力は、社会からも高く評価され、基礎研究を主としているにも関わらず、民間財団・企業等から大型の寄付金・投資を得るまでに至っています。



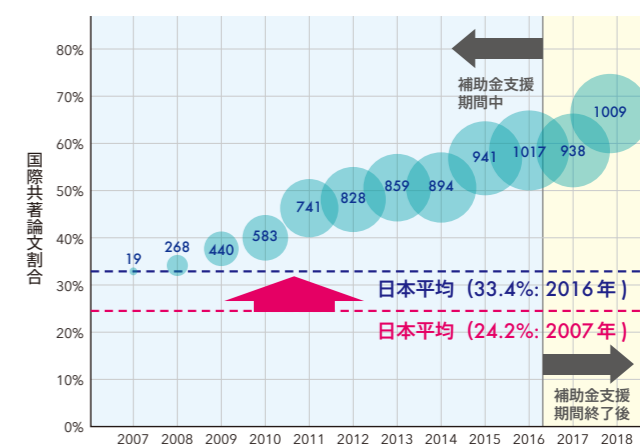
\*ベンチマーク機関：各WPI拠点と研究領域が近い世界トップレベルの拠点であり、当該WPI拠点がベンチマークとすべき存在として、1拠点につき5つ設定した研究機関。

クラリベイト・アナリティクス社提供のデータ(2019年5月取得)を基に文部科学省・日本学術振興会にて作成。グラフの縦軸は相対リサーチ・インパクト、円の半径及び青数字はWPI拠点から当該年に輩出された論文数の平均を示す。リサーチ・インパクトは、当該年に輩出された論文すべてについて、その論文が掲載された雑誌のインパクト・ファクターを足し合わせた数値で、国際的なvisibilityないし競争力の代理変数として使用。相対リサーチ・インパクトは、ベンチマーク拠点のリサーチ・インパクトの平均値に対して、WPI拠点のリサーチ・インパクトの平均値がその何倍にあたるかを示した数値。

# 3 Globalization (国際的な研究環境の実現)

- 拠点内の公用語は英語で、研究者全体の約40%が外国人です。
- ポストクの国際公募によって、国際的かつ競争的な体制が整備されています。外国人研究者雇用促進のための処遇の工夫や生活支援等によって、研究者が自立的にのびのびと研究できる環境が実現されています。
- 発表論文の50%近くが国際共同研究論文であり、WPI拠点が国際研究ネットワークの中に位置づけられていることを示しています。(右図)

2007年度採択5拠点の国際共著論文割合・論文数の経年変化



WPI拠点は、クラリベイト・アナリティクス社提供のデータ(2019年3月取得)を基に文部科学省・日本学術振興会にて作成。日本平均は、文部科学省科学技術・学術政策研究所(NISTEP)の「科学技術指標2018」(調査資料-274、2018年8月)から引用。円の半径及び青数字は国際共著論文数を示す。

# 2 Fusion (融合領域の創出)

- WPI拠点は各分野をけん引するだけでなく、様々な研究での融合分野開拓に貢献しています。
- 数学と材料科学の融合によるガラス構造の解明、動植物学と合成化学の融合による寄生植物ストライガを除去する方法の解明など、融合研究の成果を次々に発表しています。
- 研究者を分野ごとにまとめないフラットな組織や、各研究室間の壁を取り払ったオープンオフィスを採用する等、異分野研究者間の知的触発・切磋琢磨が日常的に行われる仕組みを構築しています。

# 4 Reform (組織の改革)

- ホスト機関である大学や研究機関は、WPI拠点をシステム改革の核とし、その成果を共有・活用することにより機関全体の国際化・研究力の強化につなげています。
  - クロスアポイントメント制度の先駆的な導入や研究者の能力に応じた給与体系の導入
  - 拠点長を中心としたトップダウン型マネジメント体制の導入
  - 大型資金獲得ノウハウの横展開

## Outreach (社会への発信)

WPIを広く世の中から「見える」存在とするため、各種合同アウトリーチ活動を実施し、着実な成果をあげています。

- WPIサイエンスシンポジウム**  
先端科学を身近に感じるイベントを開催し、中高生や一般の人々にWPIの取組や成果を紹介
- 横展開ウェブサイト「WPI Forum」の運用**  
国際化を目指す大学や研究機関とWPIに蓄積されたノウハウ等を共有



ウェブサイト「WPI Forum」



## Education (次世代の研究者の育成)

WPIは、次世代の研究者を育てる人材育成の仕組み作りにも取り組んでいます。

- 融合研究に寄与できる若手研究者育成のための、分野の異なる複数の指導者によるダブルメンター制
- 卓越大学院プログラムとの連携
- 海外の大学院との連携



名古屋大学卓越大学院プログラム(GTR)成果報告会

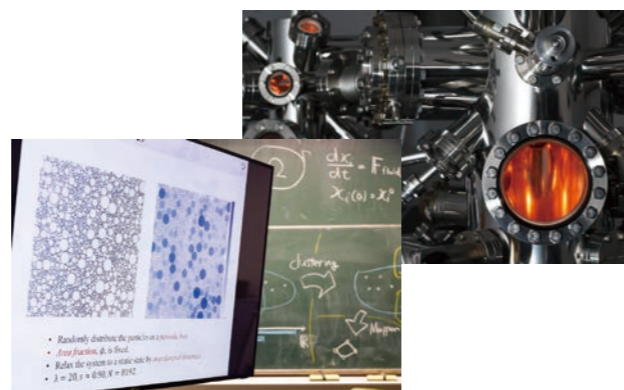
# 数学と連携した 社会と世界につながる先端材料科学

AIMR (東北大学 材料科学高等研究所) は、これまでに醸成された数学-材料科学連携の精神をさらに発展させ、革新的な材料創製により社会貢献を果たし、社会と世界につながる先端材料科学の研究拠点形成を目指します。

**【研究の目標】**

## 数学-材料科学連携に基づく独自の学術基盤をさらに強化

「材料」無くして私たちの社会は成り立ちません。金属・半導体・セラミックス・高分子などの様々な材料が、現代のエネルギー・情報通信・医療健康・高速移動などあらゆる技術分野を支えており、多くの技術分野は高度な材料の創製とともに発展してきたといえます。この材料創製を加速するためにも、学術的基盤としての「材料科学」を推進することは今後不可欠です。AIMRは、数学-材料科学連携に基づく独自の学術基盤をさらに強化し、先端計測技術とも連携して現実の技術分野に展開することで、社会に貢献する材料創製を実現して参ります。



**【WPI 拠点としての特徴】**

## 発展ターゲットプロジェクト・国際頭脳循環の推進



数学と材料科学を強固につなぐために、3項目の発展ターゲットプロジェクトを設定、「トポロジカル機能性材料の局所構造制御」、「結合多様性とその時間発展の統合制御」、「自己組織化の高度化と応答制御」などを中心に研究を実施しています。これらの研究推進、および英国・米国・中国に設置したジョイントラボをハブとする国際ネットワークの拡大を通じて、物質・材料の最小単位である原子・分子の理解とその制御を基盤とした先端材料科学の研究拠点形成を目指します。また、これらの研究をグローバルに展開する研究者育成にも力を入れており、優秀な若手研究者に独立した研究室を与える国際頭脳循環の取り組みなどを鋭意進めています。

**【東北大学総長 大野 英男からのメッセージ】**

## WPI アカデミーの一員として数学-材料科学連携を先導



東北大学は、永続部局としてのAIMRに対して多面的な支援を継続しています。AIMRは世界に先駆けて数学-材料科学連携の材料創成基盤を立ち上げました。その成果は現在国際的な注目を浴びています。また、AIMRが構築した国際頭脳循環のハブとして機能する研究所のありかたは、本学が指定国立大学法人として設置した世界トップレベル研究拠点群のモデルとなっています。これらの取り組みは、本学の研究力向上と制度改革に大いに貢献しています。

## 拠点長 折茂 慎一からのメッセージ



2019年10月よりAIMR拠点長に就任しました。AIMRでは、これまで純粋数学から応用数学にわたる幅広い数学者が材料科学者とアンダーワンルーフで研究することで大きな成功を収め、アイデンティティである数学-材料科学連携を確立しました。今後は、「予見に基づく材料科学」のための新たな学術基盤をさらに強化するとともに、先端計測技術などとも連携して現実の技術分野に展開することで、真に社会に貢献する材料創製を実現して参ります。【社会と世界につながる先端材料科学】を実現するAIMRに、今後ともご支援賜りますようどうぞよろしくお願い致します。

**プロフィール**

1995年に広島大学大学院生物圏科学研究科博士課程を修了。日本学術振興会特別研究員(数物系)、マックスプランク研究所客員研究員などを経て、2009年から東北大学金属材料研究所教授。2013年に東北大学 AIMR 主任研究者、2018年に副拠点長、2019年に拠点長。主な受賞に日本金属学会功績賞(2011年)、科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞(2012年)、Science of Hydrogen & Energy Award(2015年)、本多フロンティア賞(2021年)などがある。

**これまでの研究成果**

### 全固体電池の 高エネルギー密度化を加速する 「水素化物超イオン伝導材料」を開発

水素クラスター(水素を高密度に含む錯イオン)の分子構造デザインにより、室温でリチウム超イオン伝導性を示す新たな水素化物を開発しました。この水素化物を固体電解質として用いることで、世界最高のエネルギー密度を持つリチウム負極型全固体電池のデバイス実証にも成功しました。現在、数学-材料科学連携により、イオン伝導メカニズムの解明や超イオン伝導性のさらなる向上を目指す研究を進めています。

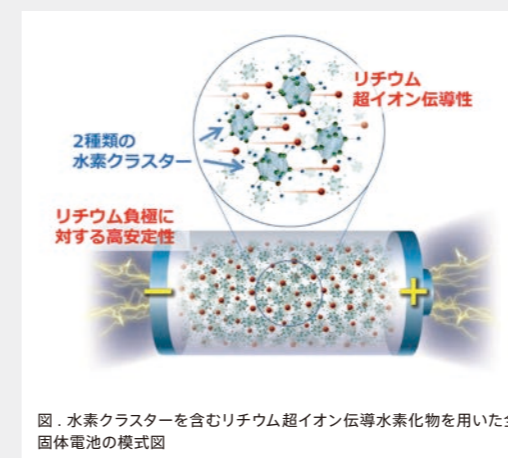
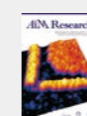


図. 水素クラスターを含むリチウム超イオン伝導水素化物を用いた全固体電池の模式図

折茂慎一 AIMR 拠点長 / デバイス・システムグループ PI ら  
(2019年「Nature Communications」誌に論文掲載)



AIMResearchはAIMRの優れた業績を紹介する出版物で、ウェブと印刷体の両方の媒体で展開しています。ウェブ版では毎月、AIMRの特筆すべき論文をタイムリーで分かりやすい要約記事(Research Highlight)として紹介しています。<https://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/aimresearch/>

### 室温動作スピントロニクス素子を用いて量子アニーリングマシンの機能を実現

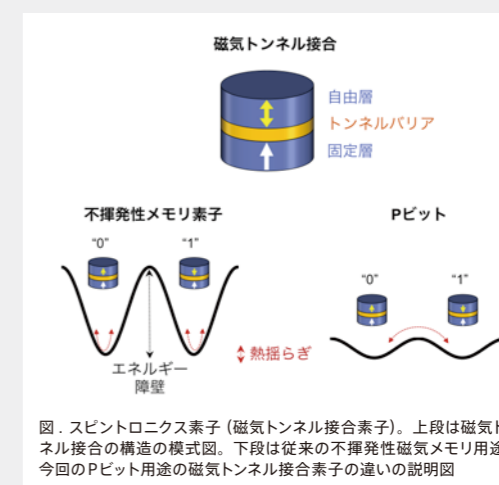


図. スピントロニクス素子(磁気トンネル接合素子)。上段は磁気トンネル接合の構造の模式図。下段は従来の不揮発性磁気メモリ用途と今回のPビット用途の磁気トンネル接合素子の違いの説明図

室温動作が可能な新概念:揺らぎ利用スピントロニクス素子を開発しました。この素子を疑似的な量子ビット(確率ビット:Pビット)として用いたデモシステムを構築し、量子アニーリングと同様な手法を適用して因数分解の実証に成功しました。最適化問題などの既存のコンピュータが苦手とする複雑なタスクを効率的に処理する新たな方式として期待されます。

深見俊輔 AIMR デバイス・システムグループ PI ら  
(2019年「Nature」誌に論文掲載)



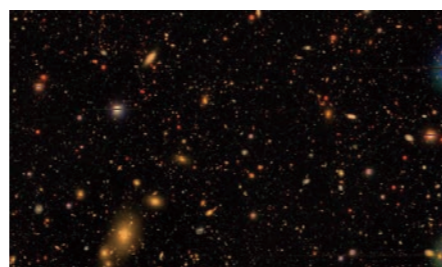
# 数学と物理、天文の連携で宇宙の謎に迫る!

現代基礎科学の最重要課題である暗黒エネルギー、暗黒物質、統一理論（超弦理論や量子重力）などの研究を数学、物理学、天文学における世界トップクラスの研究者の連携によって進め、目に見える国際研究拠点の形成を目標としています。

## 【研究の目標】

### 宇宙の起源と進化の解明を目指す

最近まで宇宙全体は原子だけから出来ていると考えられてきました。しかし今では、銀河には「暗黒物質」が含まれていることが分かっています。そうでないと、星が飛び散ってしまい、銀河が形成されないからです。さらに、宇宙は「暗黒エネルギー」と呼ばれる不思議なエネルギーで満ちていて、宇宙の膨張を加速させていることも分かっています。しかし、これらの正体についてはまだなにも分かっていません。超弦理論や量子重力など「究極理論」と呼ばれる理論の発展と、ビッグバンやブラックホールの物理学および数学の間には密接な関係があると考えられています。Kavli IPMUはこのような深淵な宇宙の謎に迫ります。



Hyper Suprime-Cam で撮影された宇宙に広がる銀河 (Credit: Princeton University/HSC Project)

## 【WPI 拠点としての特徴】

### 数学、物理、天文の分野を超えた融合型研究拠点



Kavli IPMU のティータイム※

数学、物理学、天文学を含む様々な分野の280名を超える研究者（連携研究者含む）が、分野の垣根を超えて共同研究を行なっています。毎日午後3時にはティータイムが行われ、その場での会話がきっかけとなった世界トップレベルの研究結果が次々と発信されてきました<sup>※</sup>。異分野融合の積極的取り組みによる研究活動の発展だけでなく、外国人研究者の受入体制の拡充により構成員の半分以上は外国人研究者という非常に国際的な研究所へと成長しました。ダイバーシティの取り組みにも力を入れており、異なる考え方や属性、異なる文化、異なる分野間の活発な交流による新しいアイデアや洞察を今後も生み出そうとしています。

※新型コロナウイルスの影響により現在は感染対策を施した上での開催とし、交流を図っています。

## 【東京大学総長 藤井 輝夫からのメッセージ】

### 世界的知の探究と先進的取り組みで東京大学の改革をリードする



Kavli IPMU では宇宙の謎を解明するため、世界中から集った一流の研究者が数学や物理学など分野の枠を超え、心躍らせるような知の探究を進めています。ここに集う研究者の多様性は本学が目指すべき姿であり、雇用制度改革等の先進的な取り組みが波及することで本学全体の競争力向上にも繋がっています。

Kavli IPMU が今後も高い研究成果を生み出し、本学の改革をリードする存在であり続けることを期待します。

## 拠点長 大栗 博司からのメッセージ



カブリ数物連携宇宙研究機構は2007年に数物連携宇宙研究機構として東京大学に設立され、2012年にカブリ財団からの寄付基金設立に伴い現在の名称になりました。

数学と物理学の力を結集して宇宙の深遠な謎を解明することを目的とし、天文や実験物理学のプロジェクトで成果を挙げるとともに数学や理論物理学の研究でも世界をリードしています。専任研究者約100名の過半数が外国籍という国際的な研究機関で、論文被引用数による指標であるインパクト・ファクターでも世界の名だたる研究機関に伍しています。2020年には基金の大幅な増額があり、さらに野心的な研究に取り組んでいます。

## プロフィール

京都大学大学院修士課程卒業後、東京大学理学部助手。カリフォルニア大学バークレー校、京都大学数理解析研究所の助教授を経てカリフォルニア工科大学教授となり、2007年より同大学の初代フレッド・カブリ教授職。同大学ウォルター・バーグ理論物理学研究所所長。2018年10月より Kavli IPMU 機構長。2016～2019年アスペン物理学研究所所長。アメリカ数学会アイゼンハッド賞、仁科記念賞など受賞多数。『超弦理論入門』で講談社科学出版賞受賞。2019年秋に素粒子物理学研究功績により紫綬褒章受章。

## これまでの研究成果

### 超広視野多天体分光器 PFSの装置が続々とハワイに到着

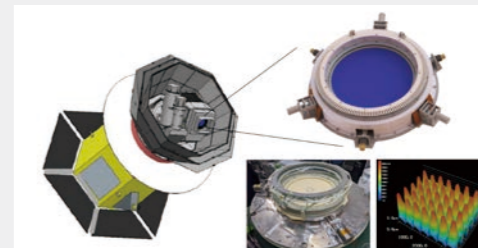
Kavli IPMU を中心とした国際チームにより製作が進められている超広視野多天体分光器 PFS (Prime Focus Spectrograph) プロジェクトでは、2024年本格観測開始を目指して、各国で製作してきた装置を続々とハワイのすばる望遠鏡へ運び、搭載試験やテストを行っており、昨年秋からは本格的な試験観測も開始しました。約2,400本の光ファイバーで一度に幅広い波長範囲での分光観測が可能で、ダークマター・ダークエネルギーの謎の解明や銀河進化の歴史に迫ろうとしています。



図. PFSの全体像の模式図。(Credit: PFS Project/Kavli IPMU/NAOJ)

田村直之特任准教授、矢部清人特任研究員、森谷友由希連携研究員らが参加

### LiteBIRD 衛星計画が進行中



LiteBIRD 衛星に搭載する偏光変調器の CAD モデルおよび実証のための超電動磁気軸受回転機構とサファイアのためのミリ波広帯域反射防止微細加工。(Credit: ISAS/JAXA, Y. Sakurai et al., T. Hasebe et al., R. Takaku et al.)

Kavli IPMUは、参加機関の一つとしてLiteBIRD 衛星計画を推進しています。本計画は、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の偏光観測から原始重力波の痕跡を検出し、インフレーション宇宙論仮説の検証を目指しています。JAXA宇宙科学研究所の戦略的中型衛星2号機として2019年に選定されました。日本学術会議が策定したマスタープラン2020の「重点大型研究計画」の一つにも選定されています。2020年代後半の打ち上げを目標に準備が進められており、Kavli IPMUは低周波望遠鏡の偏光変調器とデータ解析を担当しています。

偏光変調器はインフレーション偏光信号が特に優位となる大角度スケールの精密偏光観測を実現するために鍵となる観測装置です。科学目的から様々な観測要求を導出し、性能実証を実現しています。

片山伸彦教授、松村知岳准教授、羽澄昌史特任教授らが参加



# 物質科学と細胞生物学の統合へ

細胞機能の理解に必要な化学物質や、細胞機能の操作に必要な化学物質を作製し、これらを用いて生命の謎に迫り、さらには、細胞機能に触発された新たな機能材料を創生することを目指します。

【研究の目標】

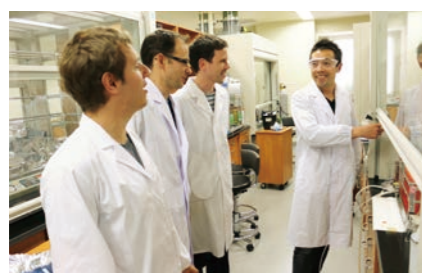
## 細胞機能を化学で理解し、物質により再現、操作することは可能か

細胞は、数多くの化学物質を自己組織化し、協同的に相互作用させることで生命活動を維持しています。それらの化学物質の挙動は時空間的に常に変化しています。これを化学で理解するには、ナノメートル領域ではなく、もう少し大きなメソスコピック領域で働く分子に目を向ける必要があります。このために、様々な可視化技術やモデル化技術、そして複雑な細胞の営みを解析する物理や化学の手法を開発します。さらに、細胞機能を物質で再現することにも挑戦します。細胞機能が理解できているなら、物質による細胞機能の再現は可能はずです。理解と創造により研究を推進します。



【WPI 拠点としての特徴】

## 国際的かつ学際的な研究環境



iCeMSでは、①異分野による融合研究に適した、分野の垣根を超えた活発な議論や交流が生まれるような環境を醸成するため、研究室ごとの区切りのないオープンオフィスやオープンラボに加え、異分野の研究者がともに使える共用実験機器などを整備しています。日頃から研究者同士が顔を合わせることで学際融合に関するアイデアが生まれやすい環境を整えています。また、②外国人研究者が研究に専念できる環境を整えるため、外国人研究者支援室を設置しています。ここでは、在留資格取得のための支援や就労に関する手続きのサポート、住まい探しや家族も含めた生活のサポートなどを行っています。さらには、③国際的かつ学際的な研究環境の実現に向けて、オンラインでの国際シンポジウムやセミナーを開催しています。④iCeMS内に設置された研究支援部門では、国際研究ネットワークの強化を図りながら、iCeMS内で生まれた研究成果を社会へ還元することを目指し、iCeMSの研究基盤を強化するための外部資金等の資金獲得や産学連携活動、学術交流などの人材交流を活性化するための取り組みを行うと同時に、国際的な頭脳循環に向けてのアウトリーチ活動や研究成果の国内外への発信に力を入れています。

【京都大学総長 湊 長博からのメッセージ】

## オンサイトラボラトリによる新しい学術領域の国際展開を期待



京都大学高等研究院の主要メンバーであるiCeMSは、材料科学と生命科学の融合による新しい学術領域の創出を目指す拠点として、本学が指定国立大学法人構想として掲げる「柔軟かつダイナミックな体制による知の創造」に大きく貢献しています。特に、海外の大学や研究機関等との協働による現地運営型研究室（オンサイトラボラトリ）の活発な運営を通じ、独自の融合分野の国際展開を進められることを大いに期待しています。

## 拠点長 上杉 志成からのメッセージ



iCeMSでは、「化学物質の自己集合」が生命と化学物質の境界を形成すると考えています。細胞生物学と化学の有機的な融合によって、生命と物質の境界にある細胞内自己集合体の理解（学理）と、それらに触発された機能性自己集合材料によるイノベーション（応用）の両方に挑戦し、さまざまなグローバルな課題の解決を目指します。そのために、自己集合に関する多岐にわたる研究者をiCeMSに結集させ、ダイバーシティとフォーカスを両立させたいと考えています。

プロフィール

1967年、大阪府生まれ。1995年、京都大学大学院薬学専攻科博士後期課程を修了。その後ハーバード大学研究員、米国ペイラー医科大学助教授および准教授を経て2005年に京都大学化学研究所教授。2007年よりiCeMS教授を兼任、2013年より副拠点長を経て2023年より拠点長。

これまでの研究成果

### 最も詳細な解像度でゲノム DNA の 3次元構造を導く技術

谷口雄一教授らの研究グループは、細胞内のゲノムDNAの3次元構造を、ヌクレオソームのレベルで決定する技術の詳細な実験マニュアルを公開しました。ヌクレオソームは、様々な遺伝子をコードするゲノムDNAが、160~200塩基対ごとにヒストンと呼ばれるタンパク質に巻きついて形成するゲノムDNAの構造単位です。従来、遺伝子領域に関わらず規則的にヌクレオソームが並んでいると考えられてきましたが、2019年に同グループは、遺伝子領域ごとにヌクレオソームの配列構造が異なっていることを発見しました。発生や分化などの際の遺伝子の発現が、その構造を基に制御されていることを示唆するものであり、様々な生命プロセスの発生源を知るための重要な基盤技術として、世界的に大きく注目されています。

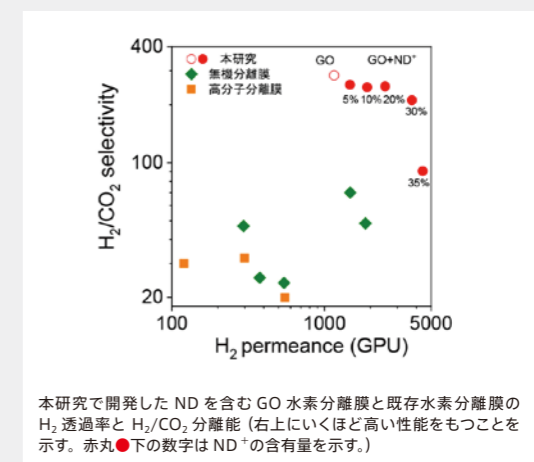


研究グループは、次世代ゲノムシーケンサーとスーパーコンピュータを用いてヌクレオソームの3次元的な位置や方向を明らかにする技術を開発しました (© 高宮ミンディ/京都大学アイセムス)

谷口雄一教授/主任研究者  
(2021年5月 Nature Protocols にて論文公開)

### 世界最高の水素分離性能を有する酸化グラフェン膜を開発

水素は脱炭素社会の実現に向けた新時代のエネルギーとして期待されていますが、大規模な水素供給を可能にするために、より効率的な水素の製造方法の確立が求められています。イーサン・シバニア教授らの研究グループは、湿度に弱いため水素の分離に向いていないと考えられていた酸化グラフェン (GO) 膜に、正電荷を帯びたナノダイヤモンド (ND) を組み込むことで、最大の課題であった耐湿性を著しく向上させることに成功しました。本研究で開発したNDを含むGO水素分離膜は水素製造プロセスの効率化に加え、水素製造時に発生する二酸化炭素の高純度回収にもつなげる可能性をもつため、二酸化炭素貯留 (CCS) や資源活用 (CCU) への応用も期待されます。



本研究で開発したNDを含むGO水素分離膜と既存水素分離膜のH<sub>2</sub>透過率とH<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>分離能(右上に行くほど高い性能をもつことを示す。赤丸●下の数字はND<sup>+</sup>の含有量を示す。)

イーサン・シバニア教授/主任研究者  
(2021年12月 Nature Energy にて論文公開)





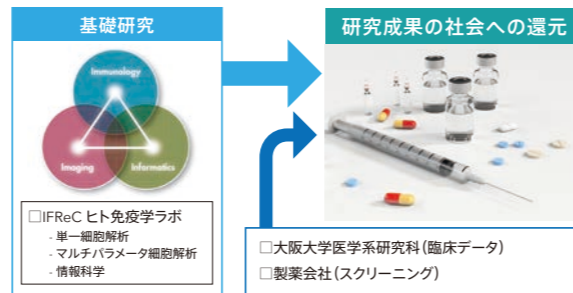
# 免疫学の統合的理解と社会への貢献

IFReCは、拠点設立時から、病原体感染や自己免疫疾患、がん細胞に対する免疫反応とその制御を目標に据えて研究してきました。これは、個々の免疫細胞の働きを明らかにしつつ、全身で起こる免疫反応を深く理解することです。WPIアカデミー拠点となって以降、高度な基礎免疫学の研究に加えて、それらの社会還元への動きも加速させています。

## 【研究の目標】

### 融合研究とともに免疫研究の頂点を目指す

IFReCは、2007年のWPI研究拠点設立時から、先端的研究課題に取り組むために、免疫学、バイオイメージング、バイオインフォマティクス各分野の優れた研究者を集めて融合研究を推進してきました。こうしてインパクトの高い論文が多くのトップジャーナルに掲載され、また数々の学術賞を獲得することで、世界の免疫研究者の間にIFReCの名前を浸透させることができました。2017年以降は、基礎研究のさらなる追求と同時に、研究成果の応用展開を図るためのシステム・組織作りに取り組んでいます。



## 【WPI 拠点としての特徴】

### 世界に冠たる研究拠点として



公募で世界中から選ばれたアドバンストポスドクのメンバー (2021年3月)

IFReCは研究成果を社会に還元するための一環として、最新の解析技術や研究環境を整えた「ヒト免疫学研究室」を立ち上げました。ここでは、大阪大学医学系研究科の協力のもと、ヒト細胞を用いた基礎研究を推進します。ここに製薬会社の視点も取り入れて、基礎研究の社会還元すなわち新規創薬・新規治療法開発を加速させていきます。

次世代の研究者を育てることも重要な責務です。IFReCが2011年から主催してきた若手研究者対象の免疫学ウインタースクールの教育内容をさらに充実させていきます。また、報酬・研究費を欧米諸国の標準に近づけた「アドバンストポスドク」制度を作り、世界公募で優秀な若手研究者をリクルートしています。IFReCは次世代の研究者が来たくような環境を提供し、グローバルな頭脳循環の場を目指します。

## 【大阪大学総長 西尾 章治郎からのメッセージ】

### 大阪大学を先導する IFReC



大阪大学は、2017年度に世界最先端研究機構 (IARI) を設置し、IFReCをその最初の所属部局としました。IFReCは、製薬企業との産学共創を指向した包括連携契約により、独立した経営基盤を確立し、基礎研究成果を応用研究へと活用する手段を確立しています。また、産学共創のみならず、国際化を先導する研究機関として、大阪大学に極めて大きな貢献をしています。今後もこうした活動を継続し、大阪大学の免疫学・イメージング研究の伝統をさらに発展させることを期待しています。

## 拠点長 竹田 潔からのメッセージ



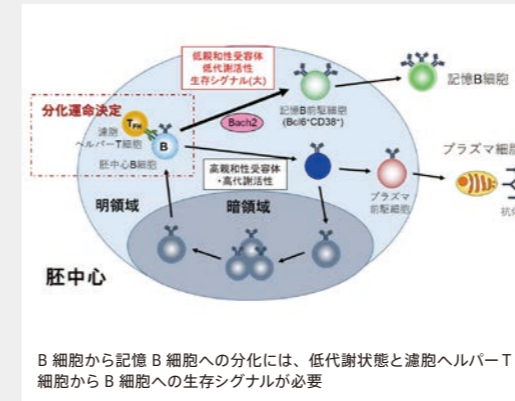
2019年7月よりIFReCの拠点長に就任いたしました。これまで IFReCが推進してきた融合研究による免疫学の基礎研究の深化のみならず、将来の免疫関連疾患克服を目標に世界的な研究センターを目指します。そのために IFReC は複数の製薬会社と包括連携契約を結び、国内では初めてのモデルとなる自由な基礎研究を推進する産学連携システムを構築しています。さらに将来の免疫学を担う若手研究者の育成と各国研究機関との国際連携も推進していきます。世界トップレベルの免疫学の基礎研究とその社会還元を加速化する IFReCにこれからもご注目ください。

## プロフィール

大阪大学医学部卒業、医学博士。大阪大学微生物病研究所を経て、2004年九州大学生体防御医学研究所教授。2007年大阪大学大学院医学系研究科/IFReC 兼任教授、2019年7月よりIFReC 拠点長。日本免疫学会賞(2004)、日本学術振興会賞(2010)、大阪科学賞(2016)、ヘルツ賞(2016)、持田記念学術賞(2019)、Highly Cited Researchers 選出(2014-2017)。論文引用数による免疫学者世界ランキング2014年第2位(第1位は審良静男前拠点長)。

## これまでの研究成果

### 免疫記憶成立のメカニズムを解明

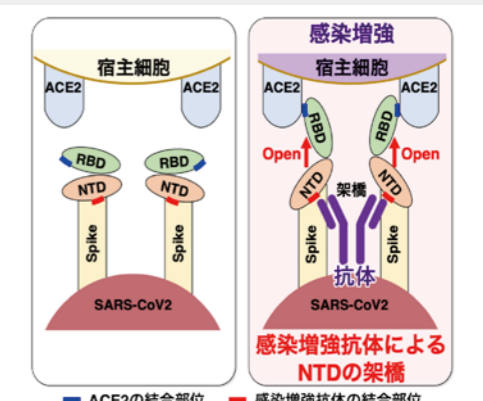


B細胞、T細胞といったリンパ球は、細菌・ウイルスなどの感染症において、免疫の中心的役割を担います。病原体の2度目の侵入時には、1度目の感染時にできた記憶B細胞が素早く抗体産生細胞(プラズマ細胞)に分化し、効果的に抗原をブロック・除去します。一方で、免疫記憶の仕組みを利用して、B細胞に人為的に記憶を誘導するのがワクチン療法です。

井上毅准教授、黒崎知博教授らの研究グループは、ワクチン療法の基本原則である免疫記憶の中心を担う記憶B細胞が、胚中心B細胞から効率的に分化誘導されるメカニズムを明らかにしました。この研究は、毎年のワクチン接種が必要か? といった問いに答えるための基礎データを提供するものであり、革新的なワクチン開発につながる可能性があります。

井上他 J Exp Med. 2021

### 新型コロナウイルス感染を 増強する抗体を発見



スパイクタンパク (Spike) の N-末端領域 (NTD) に抗体が結合すると感染性が増大する

新型コロナウイルスのスパイクタンパク質の受容体結合部位 (RBD) に対する抗体は、ヒトの受容体である ACE2 との結合を阻害することにより、新型コロナウイルスの感染を抑える中和抗体として重要な働きをします。一方でスパイクタンパク質の他の部位に対する抗体の機能は不明でした。

荒瀬尚教授らの研究グループは、COVID-19 患者由来の抗体を解析することにより、新型コロナウイルスに感染すると感染を防御する中和抗体ばかりでなく、感染性を高める感染増強抗体が産生されていることを発見しました。感染増強抗体の産生を誘導しないワクチン開発に対して重要な成果です。

Liu 他 Cell 2021



# マテリアル・ナノアーキテクトニクス — 新材料開発のための新しいパラダイム —

私たちの生活を変えつつあるナノテクノロジー。

MANAは、新材料・新機能をつくり出すため、「ナノアーキテクトニクス (ナノ建築学)」と呼ばれる新しい技術体系 (パラダイム) で材料開発を進めています。

## 【研究の目標】

### 次世代材料を生み出す「ナノアーキテクトニクス」

MANAは、2007年の設立以来、ナノスケールでボトムアップから材料を構築する『ナノアーキテクトニクス』のコンセプトのもと、多くの世界トップレベルの研究成果を発表してきました。『ナノアーキテクトニクス』研究は、物質の原子・分子レベルの構造を精密制御することで発現する量子機能を扱う「量子材料分野」と、二次元ナノシートや一次元ナノワイヤーなどの革新的なナノマテリアルを扱う「ナノ材料分野」が密接に連携して発展し続けています。

MANAは、人類の豊かで持続可能な発展を支えるため、環境、エネルギー、資源、食糧、インフラ、情報、通信、診断、医療、安全など、あらゆる分野を支える革新的な次世代材料・技術を創っていきます。



## 【WPI 拠点としての特徴】

### 挑戦と分野融合が原動力、世界を代表するナノテック研究拠点



外国人受入体制の整う事務局

MANAは、WPIプログラムのミッションを達成するため、以下の研究環境を提供し、「目に見える」世界トップレベル研究拠点を目指しています。

#### メルティングポット環境

多彩な国籍、文化で育った研究者が集って話し合い、新たな研究テーマを生み出す「メルティングポット環境」を実現しています。この環境が、多様な融合を生み、優れた研究成果の源となります。

## 【物質・材料研究機構理事長 宝野 和博からのメッセージ】

### 世界に誇る日本の科学技術を切り拓く



国立研究開発法人物質・材料研究機構 (NIMS) は、2007年に最初に設置された5つのWPI拠点の一つである「ナノアーキテクトニクス材料研究センター (MANA)」を支援しています。

MANAでは独自のナノ材料創製技術、「ナノアーキテクトニクス (ナノの積み木細工)」を追究して、新物質、新材料、新機能を発掘し、様々な分野のイノベーションに繋がるシーズ創出を目指して研究を推進しています。

WPIのさらなる発展は、我が国の優れた科学技術の存在感を高めるためにもますます重要だと確信しています。

## 拠点長 谷口 尚からのメッセージ



2020年からの新型コロナウイルス禍の克服を経て、今般グローバルな視点で多様な取り組みがなされようとしています。この取り組みにおいて、先端の科学的な知見、技術革新から導かれる貢献を目指すことは自然科学、物質科学研究者としての重要な認識と言えます。MANAにおいてはナノアーキテクトニクスの概念の下で、ナノマテリアルの開発とその能動的な集積化、界面制御によるナノシステムの統合を基盤とした新材料、デバイス、システムの開発、さらにこれまで培ってきた技術、知見の量子技術イノベーションへの展開を目指しています。これらナノテクノロジーを駆使した新材料開発により、近年人類が直面している多様な課題の解決への貢献を目指します。

## プロフィール

1987年東京工業大学総合理工学研究科博士課程修了。同年東京工業大学工学部無機材料工学科助手。1989年科学技術庁無機材質研究所入所。2001年物質・材料研究機構 (NIMS) に改組、主席研究員。2018年 NIMS フェロー。2019年国際高圧力科学技術連合 (AIRAPT) 副会長、東京大学生産技術研究所客員教授。2021年ナノアーキテクトニクス材料研究センター (MANA) センター長。

## これまでの研究成果

### デバイス自ら学習して判断する「意思決定イオニクスデバイス」

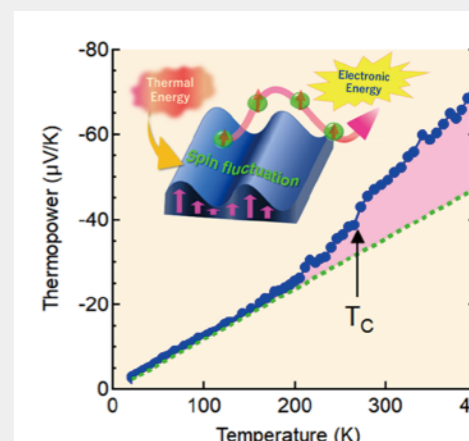
MANAは、経験をイオンや分子の濃度変化として記憶し、デバイス自ら迅速に意思決定を行う「意思決定イオニクスデバイス」を発明し、その動作実証に成功しました。このデバイスでは過去の経験をコンピュータのメモリで蓄積する必要がなく、それに基づく意思決定のための計算処理も不要のため、状況変化に効率的に適応して判断を行うことができます。このデバイス開発により、ソフトウェアの働きでデジタル情報処理をする従来の人工知能 (AI) システムと全く異なり、ハードウェアの物性を利用してアナログ情報処理を行う新しいAIシステムの開発が期待されています。



水素イオンの移動による電気化学現象を利用して学習と判断を行う意思決定イオニクスデバイス

土屋 敬志 主幹研究員、鶴岡 徹 主席研究員、寺部 一弥 MANA 主任研究者 (2018年「Science Advances」誌に論文掲載)

### 磁性の効果により増強された熱電変換材料



Feドープ Fe<sub>2</sub>V(Al,Si) の温度依存熱電能。この物質は T<sub>c</sub> = 285 K 以下で強磁性体であり、T<sub>c</sub> 付近で 50% の熱電性能増強が認められる。これは、吸収した熱から電子へのエネルギー伝達効率、スピンの揺らぎにより促進されるためだと考えられる。

熱電変換は熱から電力を取り出すことができるため、IoTデバイスの動作電源として期待されています。そのため、熱電材料のパワーファクターを大きくすることが重要です。MANAは、弱い強磁性体と呼ばれる金属において、強磁性転移温度 T<sub>c</sub> 付近で熱電能が急激に増大することを発見しました。この現象は、熱から電力へのエネルギー変換が、スピン揺らぎによってより効率よく行われるためと考えられます。今後、室温付近で動作する高性能の熱電材料開発が加速することが期待されます。

辻井 直人 主幹研究員、森 孝雄 MANA 主任研究者 (2019年「Science Advances」誌に論文掲載)



# カーボンニュートラル・エネルギー社会 実現への道筋

I<sup>2</sup>CNERの使命は、低炭素排出とコスト効率の高いエネルギーシステムの推進、そして、エネルギー効率の向上による持続可能かつ環境に優しい社会の実現に貢献することです。

ミッション主導型の基礎研究を通じて、CO<sub>2</sub>排出量の飛躍的削減に向けた科学技術の研究開発を展開しています。

## 【研究の目標】

### 低炭素社会実現のための基礎科学の創出

I<sup>2</sup>CNERの研究目標は、光触媒を利用した水素製造、耐水素材料、次世代燃料電池、化学反応・触媒作用の「グリーン化」、CO<sub>2</sub>の分離・転換、CO<sub>2</sub>地中貯留（隔離）、エネルギーアナリシスなどの理解を深め、基礎科学を創出することです。戦略的な推進に際しては、化学、物理、材料科学、熱流体工学、地球科学、生物模倣学、さらには経済学や政策決定にいたるまで、様々な分野における融合研究や学際的研究が不可欠です。I<sup>2</sup>CNERの研究は非常に幅広く、水素、酸素及びCO<sub>2</sub>と物質とのインターフェイスで起こる現象及びその基本的メカニズムについて、多様な空間スケール（原子から、分子、結晶、地層まで）と時間スケールにまたがる研究をしています。

## 【WPI 拠点としての特徴】

### イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校との連携／融合研究領域の創出



UIUC との戦略的パートナーシップ協定の締結



世界に誇る最先端の研究環境

I<sup>2</sup>CNERは、米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校 (UIUC) にサテライトを設置し、戦略的に連携を進める点において他に類のないWPI拠点です。九州大学は世界に誇る最先端の水素研究環境を備えており、伊都キャンパスで行われる科学的交流や議論は、国際社会に強い影響力をもたらしています。また、I<sup>2</sup>CNERは、様々な国の科学分野で活躍する優れた研究者から構成されています。I<sup>2</sup>CNERの特徴は、若手研究者による独自の研究プログラムの発展をサポートし、彼らが海外の研究機関と活発な共同研究を行っていることにあります。I<sup>2</sup>CNERの成功のためには、研究者の質こそが最も重要であると考えます。低炭素社会への移行は、世界規模で取り組むべき課題であり、国際社会の中で人的資源を有効活用することが求められています。

またI<sup>2</sup>CNERでは、ボトムアップ研究のためのユニークな機会を提供し、新たな研究の方向性の創出を積極的に支援しています。毎年開催するシンポジウムは、異分野間の融合を追求し、分野横断的な研究方針を育み、研究計画を策定するための議論を交わす好機として活用されています。例えば、2016年と2017年のシンポジウムがもたらした重要な成果から、計算科学と応用数学が研究ポートフォリオに組み込まれました。

カバーする研究分野の多様性により、部門の垣根を越えたコラボレーションが生まれると同時に異分野融合研究が促進され、必要に応じて様々な分野の科学者やエンジニアによる研究プロジェクトが結成されます。

## 【九州大学総長 石橋 達朗からのメッセージ】

### カーボンニュートラル・エネルギー社会実現に向けて



次世代に対して環境に優しいエネルギーを持続的に供給するために、CO<sub>2</sub>排出を伴わない再生可能エネルギーを使用するグリーンイノベーションが求められています。九州大学は、カーボンニュートラル・エネルギー社会の実現を先導するI<sup>2</sup>CNERを中心に、本学の強みである環境・エネルギー科学研究での優れた研究成果の創出やトップレベルのリーダー研究者の育成に総力を挙げて取り組みますので、皆様のご支援とご協力をお願いいたします。

## 拠点長 石原 達己からのメッセージ

カーボンニュートラル社会への移行は世界的に取り組まないといけない重要な課題となっています。I<sup>2</sup>CNERはカーボンニュートラル社会の実現に必要な革新的科学の開発と分野融合による新しい学問領域の開拓により、この移行への貢献を目指しています。一方で、現在、エネルギー価格が高騰しており、豊かな生活を支えるエネルギーの確保もまた、世界的に重要な課題です。I<sup>2</sup>CNERは再生可能エネルギーを水素またはCO<sub>2</sub>から得た炭化水素へ変換し利用する社会システムを提案し、カーボンニュートラル社会の構築に寄与したいと考えています。



## プロフィール

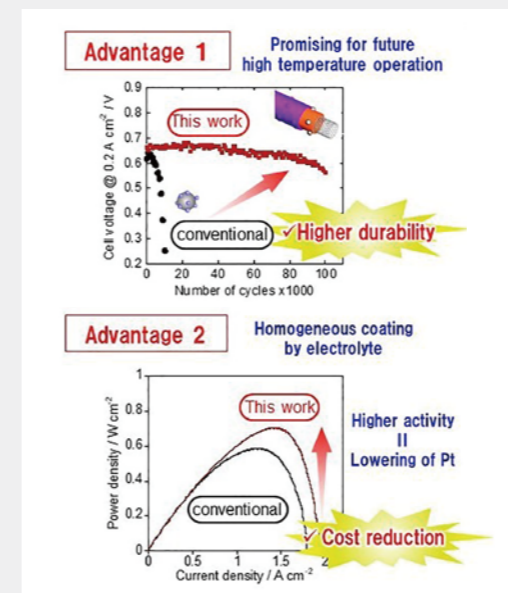
1986年に九州大学総合理工学研究所修士課程修了後、同大助手。工学博士（九州大学）。大分大学工学部講師、助教授を経て2003年から九州大学工学部教授に就任（現在まで）、2013年I<sup>2</sup>CNER副所長に就任。2023年4月からI<sup>2</sup>CNER所長を務める。主な受賞に触媒学会賞（学術部門）、Daiwa Adrian Prize等。専門は無機電気化学であり、燃料電池や電解に用いることができる高酸素イオン伝導体の新材料を100年ぶりに発見した。

## これまでの研究成果

### カーボン担体のポリマーラッピングによる新しい電極触媒の設計

藤ヶ谷教授らは、高分子電解質燃料電池 (PEFC) 用の電極触媒において、カーボン担体を触媒担持前にポリマーで被覆する新しい電極触媒構造を開発しました。本手法の強力な利点の一つは、カーボンナノチューブのような高結晶性カーボンに、白金に代表される触媒ナノ粒子を均等かつ均一に担持できるため、燃料電池の高耐久性が実現できることです。(Advantage 1)

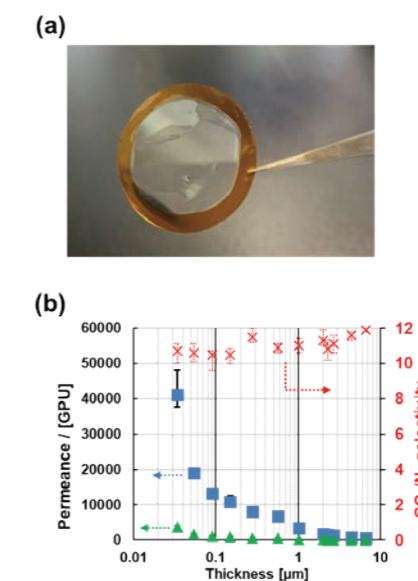
チームはこのアプローチによって、白金利用率が向上することを見出し、高活性化も実現しています。(Advantage 2)



藤ヶ谷剛彦 (2015年「Scientific Reports」, 2019年「Electrochimica Acta」誌に掲載)

### 世界最高のCO<sub>2</sub>透過度を持つ分離ナノ膜の創製と大気からのCO<sub>2</sub>直接回収への挑戦

地球温暖化ガスであるCO<sub>2</sub>回収は地球温暖化問題解決に必須です。藤川教授らは、極めて薄いCO<sub>2</sub>分離ナノ膜（厚さ：34nm）を開発し、従来の分離膜よりも圧倒的に高いCO<sub>2</sub>透過度（約20倍）を実現しました。CO<sub>2</sub>のネガティブエミッションに向け、この分離ナノ膜による「大気からのCO<sub>2</sub>直接回収」が次なる課題です。



CO<sub>2</sub>分離ナノ膜とそのガス分離性能：(a) 自立型で厚さ150nmのCO<sub>2</sub>分離ナノ膜（オレンジ色のリングはフレーム）；(b) 分離膜の厚みとガス透過性及びCO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>選択性の関係。CO<sub>2</sub>（青の四角形）、窒素（緑の三角形）の透過性、およびCO<sub>2</sub>と窒素の選択性（赤の×字）。

藤川茂紀 (2019年「Chemistry Letters」誌に掲載)





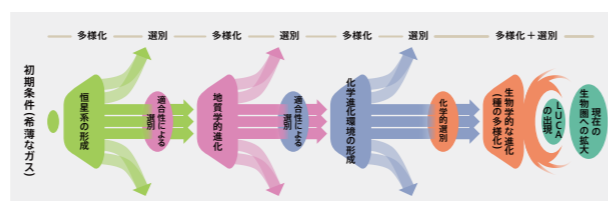
# 地球と生命の起源を探る 世界トップレベルの融合研究拠点

地球惑星科学および生命科学分野の世界一線級の研究者を結集し、「生命の起源」は「地球と惑星の起源」と不可分であるというコンセプトのもと、これらの起源への問いに挑戦します。さらに、生命惑星地球の特殊性と普遍性に注目しつつ、太陽系内および系外の生命探査研究も進めていきます。

## 【研究の目標】

### 地球はどのように生まれ、生命を育み、進化してきたのか

ELSIの研究テーマは、「地球はどのように生まれ、生命を育み、進化してきたのか」、そして「地球以外でも生命は発生するのか」という人類の根源的な謎の解明です。その理論的枠組みと研究の道筋を示すものが、ELSIモデル(右図)です。ELSIモデルは、宇宙の始まり(ビッグバン)から現在の生命までを、多様化と選別という過程の連鎖として捉えるユニークな考え方を表しています。



生命の起源に関する ELSI モデル

## 【WPI 拠点としての特徴】

### 開かれた魅力的な融合研究の拠点

ELSIは、次のような改革を通し、世界を牽引する研究・教育拠点であり続けます。

- 研究環境**
- ・異分野の研究も受け入れるオープンでフラットな研究体制
  - ・毎年の業績評価と研究者へのフィードバック
  - ・若手研究者のキャリア形成を支援する研究スタートアップファンド
  - ・企業からの寄付で始まったアストロバイオロジープログラムなどユニークな外部資金の獲得
- 教育分野での活動**
- ・英語による5年間の大学院プログラム
  - ・全額出資の学生奨学金を競争制で毎年最大10名に供与
  - ・「産業界との研究連携」と「グローバルサイエンスコミュニケーション」コースを開設
- 広報活動**
- ・効率的な活動を実現するためのエビデンスに基づいたアウトリーチの実践
  - ・サイエンスコミュニケーショントレーニングやワークショップの実施
  - ・国際基準の英語コンテンツ制作



融合研究を推進する  
オープンでフラットな研究組織



主任研究者が若手の研究員と議論中

## 【東京工業大学長 益 一哉からのメッセージ】

### 地球と生命の謎を解き明かす



ELSIは東京工業大学の研究拠点組織の中核研究所となっています。国際公募により研究者の約半数が外国人であること、世界トップクラスの研究者からなる共同研究ネットワークを築き上げたこと、真に国際的な研究環境を提供していることなど、ELSIは本学の誇りです。世界最高水準の理工系総合大学を目指す本学にとって、ELSIはその先導と位置づけられます。ELSIと本学はこれからも共に歩み、未来に向かって成長を遂げていきます。

## 拠点長 関根 康人からのメッセージ



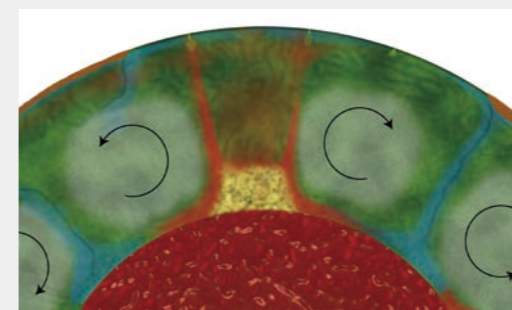
ELSIは最初の10年間で、現在の地球生命系を生み出した一連の多様化と淘汰のメカニズムについての見解を示してきました。次の段階として、地球生命系の誕生に至る重要な変遷を理解するという試みを維持しつつ、さらに宇宙における別の惑星生命系を理解し、その存在を予測するための新しいアプローチを模索していきます。また、「地球と生命の起源と進化」から「地球外生命の兆候探し」へと研究範囲を広げ、宇宙探査ミッションと密接に連携していきます。

## プロフィール

惑星の大気と海洋の起源と進化、および太陽系におけるハビタビリティ(居住可能性)についてのトップレベルの専門家。2015年には、土星の衛星エンケラドスに現在も継続している熱水系が存在することを明らかにした。惑星に生命を誕生させ、維持するための環境因子と同環境における化学反応を理解することで、「何が地球をハビタブルな惑星にしているのか」、「太陽系には地球以外に生命が存在するのか」といった未解決問題を解き明かすための研究を行っている。

## これまでの研究成果

### 太古の岩石はマントルの中に保存されている

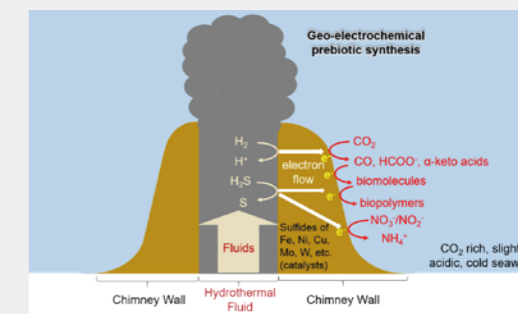


マントル対流は地球内部から熱を取り除き、プレートテクトニクスを駆動する役割を果たします。しかし地球化学的データによると、対流と物質混合が続いたにもかかわらず、マントルのどこかに太古の物質が44億年以上も保存されている証拠があります。この結果を説明するために私たちは、マントル物質輸送の新しいモデルを作りました。私たちの対流シミュレーションによると、マントルは全体としては対流し循環するにもかかわらず、粘性の高いマントル物質の領域は安定して存在し、流れはこの領域を壊さずにその周りを循環します。この結果は、循環するマントル内の二酸化ケイ素量が太陽系の平均組成よりも低いこととも合致します。

Ballmer M., Houser C., Hernlund J., Wentzcovitch R., Hirose K. Persistence of strong silica-enriched domains in the Earth's lower mantle. (Nature Geoscience, 2017)

### 地球電気化学 ——生命の起源についての 新しい研究分野

私たちは、地球化学的にもっともらしい条件下で、生物を介さずに電気化学的反応だけで、二酸化炭素から一酸化炭素への転換(還元反応)が起こりうることを示しました。一酸化炭素は複雑な有機物合成の原料として長い間提案されてきたことから、この発見は重要な意味を持ちます。私たちは、熱水噴出孔で得られる電位差が還元反応を促進し炭素固定を推進したのではないかと考えています。



Kitadai N., Nakamura R., Takai K., Li Y., Gilbert A., Ueno Y., Yoshida N., Oono Y. Geoelectrochemical CO production: Implications for the autotrophic origin of life. (Science Advances, 2018)



# 分子で世界を変える： 化学・生物学・理論科学が融合する場所

ITbMの夢は、私たちの生活を大きく変える革新的な生命機能分子「トランスフォーマティブ生命分子」を生み出すことです。名古屋大学の強みである合成・触媒化学、動植物生物学および理論科学の融合によって、大きな社会的波及効果をもたらす新たな研究分野を創生することを目指します。

【研究の目標】

## トランスフォーマティブ生命分子を生み出す融合研究

歴史を振り返ると、ペニシリン(抗生物質)、タミフル(抗インフルエンザ薬)、生命現象を可視化する緑色蛍光タンパク質(GFP)などの数々の著名な分子が世界を変えてきました。ITbMは、このような生命科学研究・技術を根底から変える革新的な生命機能分子をトランスフォーマティブ生命分子と定義し、これらを生み出すことを目標としています。合成化学者、動植物生物学者、および理論科学者のダイナミックな連携・融合を通じ新たな研究分野を開拓し、社会に大きな影響を与えるトランスフォーマティブ生命分子の開発を目指します。2020年、ITbMは新たな重点的研究領域(ITbM2.0)を設定し、環境問題、食糧問題、医療技術の発展などの世界的な重要課題を分子で解決すべく研究を推進しています。



ITbM2.0の重点的(フラッグシップ)研究領域

【WPI 拠点としての特徴】

## 多様な豊かな環境が融合研究を促進させる「ミックス」



異分野の研究者と学生がとなり合せて働くITbM研究所内のMix LabおよびMix Office



卓越大学院「トランスフォーマティブ化学生命融合研究大学院プログラム(GTR)」の学生によるポスターセッション

ITbMには、世界を牽引するトップレベルの研究者が国内外から参画しています。海外PI 5名をはじめ、多くの海外出身の若手教員や博士研究員が参画し、女性研究者も3割を占めており、多様性の高い環境で研究者が育成されています。ITbMは、異なる分野の研究者が共に研究活動を行う「Mix Lab(ミックス・ラボ)」および「Mix Office(ミックス・オフィス)」を設置し、異分野融合を促進しています。研究分野・国籍・性別などにとらわれず自らの知的探究心に基づき最大限に力を発揮できる環境を提供し、研究者が日々ワクワクしながら研究に取り組むことで、数多くの生命機能分子が生み出されてきました。この取り組みを大学院教育にも反映させるべく、関連する研究科等とともに卓越大学院「トランスフォーマティブ化学生命融合研究大学院プログラム(GTR)」を発足させました。

【東海国立大学機構構長 松尾 清一からのメッセージ】

## ITbM は名古屋大学の宝で、化学-生命科学融合研究の世界的拠点



ITbMは拠点長の想いに共感した若手研究者が一つ屋根の下に集い、短期間に多くのすばらしい研究成果を生み出し、新しい価値の創造に挑んできました。ITbMを核とする卓越大学院プログラムもスタートし、分野の壁を超えてワクワクしながら研究に挑む「ITbMスピリット」は学内外に広がっています。ITbMは人類社会の発展に貢献するかけがえのない宝であり、名古屋大学は誇りをもってその活動を全力で支援します。

## 拠点長 吉村 崇からのメッセージ



2022年4月よりITbMの拠点長に就任いたしました。私たちの夢は分子の力で世界を変えることです。ITbMは2012年の発足から10年の節目を迎えましたが、これまでの第一章では、合成化学、生物学、計算科学の融合研究によって、数多くの有望な分子を開発してきました。今日地球では食料安全保障、気候変動対策、健康的な生活の確保など、全人類の持続的な将来に不可欠な重要課題が山積しています。ITbMの第二章(ITbM2.0)では、これまでの研究をさらに加速、発展させることで、これら人類にとっての重要課題の克服を目指すとともに、新たな分野を切り拓いて参ります。

プロフィール

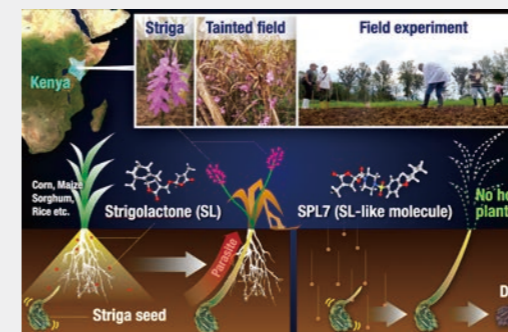
名古屋大学大学院農学研究科にて博士号を取得(1999年)。名古屋大学農学部助手、同准教授等を経て、2008年より名古屋大学大学院生命農学研究科教授、2013年より本研究所教授、2013年~2019年基礎生物学研究所客員教授。2022年より本研究所拠点長。英国内分泌学会国際賞(2010年)、英国王立生物学会フェロー(2011年)、米国甲状腺学会ヴァンミーター賞(2015年)、アショフ・ホンマ生物リズム賞(2020年)、木原記念財団学術賞(2021年)などを受賞。

これまでの研究成果

### アフリカで猛威を振るう寄生植物ストライガの撲滅

アフリカの穀物生産に大打撃を与える寄生植物「ストライガ」を駆逐する画期的な分子「SPL7」の開発に成功しました。SPL7は、穀物や土壌細菌などの生物環境への影響が少なく、極めて低濃度(1/10<sup>13-15</sup>mol/L)でストライガの自殺発芽を促します。これは、自然界の発芽刺激分子に匹敵するものであり、SPL7は最高の活性を持った人工分子です。現在、ケニアでSPL7のフィールド試験を行い、実用化に向けた検証を進めています。この成果は第7回アフリカ開発会議(TICAD7)の文部科学省主催公式サイドイベントで取り上げられました。

■自殺発芽によるストライガの駆除



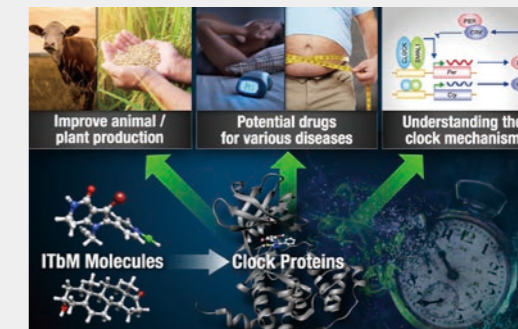
SPL7を用いて強制的にストライガの種子を発芽させることで、ストライガの種子を土壌から除くことができます。

土屋 雄一郎、浦口大輔、大井 貴史ほか(2018年「Science」誌に論文発表)

### 概日時計のリズムを変え哺乳類の疾病や食料生産を変えうる分子

ヒト培養細胞の概日時計のリズムを遅らせる「GO289」、リズムを速くしマウスの時差ボケを軽減する「DHEA」、植物のリズムを遅らせる「AMI-331」、さらには、メダカを用いてうつ病を改善する「セラストール」を発見しました。概日時計は睡眠・覚醒など1日周期のリズムを支配し、その機能が乱れるとさまざまな不調をもたらすことが知られています。哺乳類から植物まで幅広い生物の概日時計の分子メカニズムの解明を進めることで、睡眠障害、うつ病、肥満、がんなどの疾患の改善や食料生産の向上が期待されます。

■概日時計のリズムを変え哺乳類の疾病や食料生産を変える ITbM 分子



概日時計の分子メカニズムの解明を進めることで、睡眠障害、うつ病、肥満、がんなどの疾患の改善や食料生産の向上が期待されます。

廣田 毅ほか(2019年「Science Advances」誌に論文発表)  
吉村崇ほか(2018年「EMBO Molecular Medicine」, 2020年「PNAS」誌に論文発表)  
中道 範人ほか(2019年「PNAS」, 「Plant Direct」誌に論文発表)



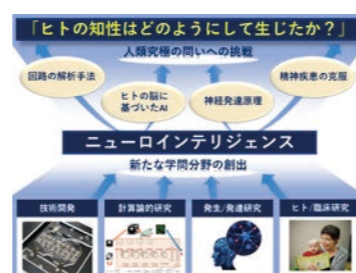
# ヒトの知性はどのように生じるか 脳神経発達の理解から迫る!

本機構では、生命科学と情報科学をつなぐ新しい学問分野である、“ニューロインテリジェンス”を創成し、「ヒトの知性はどのように生じるか」という人類究極の問いに迫ります。発達障害を含む脳神経回路障害の克服、次世代型の人工知能の開発を通じて、より良い未来社会の創造に貢献します。

【研究の目標】

## 新たな学問分野『ニューロインテリジェンス』の創成へ

脳の働きを理解することは極めて複雑かつ困難な試みであり、宇宙の起源と並んで現代科学の最大のフロンティアともいえる研究領域です。ニューロインテリジェンス国際研究機構 (IRCN) は、ヒトの知性の特徴である柔軟な神経回路の形成原理を明らかにし、その原理に基づくAIの開発を促進するとともに、神経回路発達の障害により引き起こされる精神疾患の克服にも貢献する新しい学問分野の創成に挑んでいます。また、コンピュータサイエンスから得られるフィードバックをヒトの知性の理解に還元し、「ヒトの知性はどのように生じるか?」という究極の問いに迫ろうとしています。



【WPI 拠点としての特徴】

## 国際連携のもとで脳の発達理論と計算論的科学的融合研究を推進



イメージングコア (海外からの研究者との融合)



IRCN 神経科学コンピューテーションコース

IRCNは発生/発達研究ユニット、ヒト/臨床研究ユニット、計算論的研究ユニット、技術開発ユニットの4つの連携研究ユニットで構成され、ニューロインテリジェンスの創成のため融合研究を推進しています。さらにIRCNでは、世界でもトップクラスの最新の技術や国際的な研究環境を整え、世界に類を見ないハイレベルな研究拠点を構築します。

### 国際的な共同研究ネットワークの構築

ボストン小児病院、マックスプランク研究所をはじめとする世界中の20ヶ所の研究組織との連携により研究ハブとしての機能を果たします。

### 研究力強化を実現するエコシステムの構築

機構内に整備した5つのコアファシリティーが求心力となり、融合研究をより効率的・効果的に進められるよう研究者のサポートを行います。学際的な仮説の構築や検証手段を可能にするプラットフォームを国内外の研究者に提供しています。

### 国内外の若手研究者の育成への取り組み

サイエンスサロンやリトリート、神経科学コンピューテーションコースを通じ、機構内の議論を活性化することで、次代を担う若手研究者を育成します。

【東京大学総長 藤井 輝夫からのメッセージ】

## ヒトの知性を探り、それに学び、社会に活かす新学問領域の創成



IRCNは東京大学に設置された二つ目のWPI拠点として、学内外の生命科学、医学、言語学、数理科学、情報科学の分野の知を結集・融合し、ニューロインテリジェンスという新たな学問分野の創成を目指しています。未だ解明されていない「ヒトの知性はどのようにして生じるか?」という根源的な課題に迫る中で、世界最高水準の研究成果を世界に向けて発信していくとともに、得られた知見を社会に積極的に還元していくことを期待します。

## 拠点長 ヘンシュ 貴雄からのメッセージ

神 経発達とその障害という観点から、ヒトの知性と人工知能を結びつける新しい学問分野の創設を目的に、ニューロインテリジェンス国際研究機構は2017年10月に発足しました。IRCNでは神経回路の発達過程の基本原理を究めるとともに、その異常によって生じる精神障害の発症メカニズムの解明を目指します。回路形成原理の理解は、これに基づく新しい人工知能の開発と革新的な計算手法に基づくヒト疾患の理解につながります。IRCNの唯一無二である生命科学・医学・数理科学・情報科学・言語学等の融合研究やこれを推進するコアファシリティーに是非ともご期待ください!



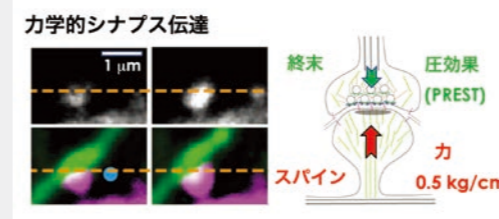
プロフィール

UCSFにて博士号を取得後、理研 BSI 発足に神経回路発達室長として関わり、グループディレクターを務め2006年に米国に戻る。ハーバード大学とボストン小児病院で教授を兼任し NIMH Silvio O. Conte Center for Basic Mental Health Research を指揮。2017年より IRCN の機構長に着任し、2019年に CIFAR Child & Brain Development Program 共同ディレクターに就任。2016年 MD Sackler Prize、平成18年度文部科学大臣表彰科学技術賞、日本神経科学学会奨励賞 (塚原仲見記念賞) 及び米国同賞等多数受賞。

これまでの研究成果

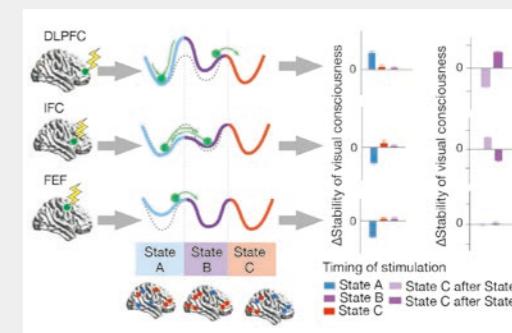
### 脳は記憶を力で刻む —シナプス力学伝達の発見

長期記憶が形成される際、大脳のシナプスにおいて樹状突起スパインが増大します。今回、IRCNの研究者達は、このスパインの動きが、筋肉収縮と同程度の力でシナプス前部を押し、伝達物質放出を増強する圧効果を持つことを見いだしました。シナプスにおける情報伝達様式には、化学物質の放出により信号を伝える化学伝達と、電気が通る電気伝達の二種類の様式が知られてきましたが、今回はスパイン増大と圧感覚 (PREST: PREssure Sensation and Transduction) を介した力学的伝達という第三の様式を発見しました。この力学伝達は脳を理解し人工知能を開発する新しい手掛かりとなります。



Principal Investigator/Professor Haruo Kasai  
Ucar, H. et al. (2021) Nature, DOI: 10.1038/s41586-021-04125-7

### 脳活動の揺らぎを制御する



ヒトの意識は絶えず変化しており、その柔軟性こそが知性の鍵となっています。IRCNの渡部 喬光らは、そういった認知の柔軟性は脳神経活動全体が柔軟に変化できることによって生み出されているということを示しました。さらに今回、脳全体の神経活動の揺らぎをほぼリアルタイムに追跡し、最適なタイミングで自動的に神経刺激を与えるシステムを開発することで、認知の柔軟性に関する前頭前野の新たな機能を同定しました。加えてヒトの認知の柔軟性をコントロールすることにも成功しました。この手法は、さまざまな知性を生み出す神経ダイナミクスの同定に活用できるほか、自閉スペクトラム症やADHDといった疾患の新規治療法の開発にも応用されることが期待されます。

Principal Investigator/Associate Professor Takamitsu Watanabe (2021)  
eLife, DOI: 10.7554/eLife.69079



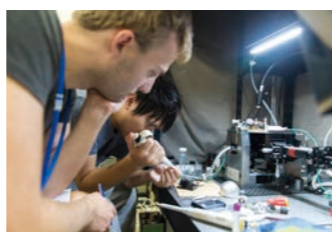
# ナノプローブ生命科学： 生命科学の「未踏ナノ領域」開拓

「目に見えない小さな世界を観る」ことは、あらゆる物性や現象の起源を学び、科学を発展させる基盤となります。ナノ生命科学研究所 (NanoLSI) は、独自の顕微鏡技術によって、これまで人類が目にしたことのない現象をナノスケールで直接観察し、科学に飛躍的な進展をもたらすことを目指しています。

## 【研究の目標】

### 生命現象の真理を、ナノスケールで解き明かす

身体を構成する細胞の外には無数の分子が存在し、その相互作用によって生命現象を生みだします。しかし、人類は未だそれを直接観察することができません。生命科学の「未踏ナノ領域」です。NanoLSIは、世界最先端の走査型プローブ顕微鏡技術を核として、ナノ計測学、生命科学、超分子化学、数理計算科学の融合を進め、この未踏ナノ領域の開拓を目指しています。「これまで誰も見たことのない生命現象をナノスケールで直接観察し、その仕組みを根本的に理解する」 NanoLSIは、世界最先端の研究でこれを実現し、新たな学問領域「ナノプローブ生命科学」を創生して、生命科学に飛躍的な進展をもたらすべく努力しています。



走査型プローブ顕微鏡を用いて実験の様子

## 【WPI 拠点としての特徴】

### バイオイメーjing分野のハブとなる、唯一無二の研究拠点



第8回 Bio-SPM Summer School での集合写真

NanoLSIは、研究者が有機的に連携して自由に先進的な研究を進められるよう、多様な取組で支援をしています。

研究所内では、PI中心に最新の研究成果を共有するColloquium、研究室同士が一对一でディスカッションをするT-meeting、ランチを片手にフラットな環境で対話をするLuncheonの3種類の研究会で、週1回以上の交流機会を設けています。そして、この交流から生まれた共同研究を融合研究推進グラントでスタートアップ支援しています。所外に対しては、若手を対象とするBio-SPM Summer School、多様な分野を対象とするBio-SPM Collaborative Research、世界トップクラスの研究室を対象とするVisiting Fellows Programの3つのOpen Facility Programsを展開し、バイオイメーjing分野で多彩な連携を構築しています。英国とカナダに設置しているサテライト拠点では、拠点を中心とする新たな連携の構築を目的として国際シンポジウムを開催し、複数の共同研究につなげています。また、これらの成果は、大学院において若手研究者の育成に生かされます。

こうした多様な活動は、新型コロナウイルス感染拡大の影響下にある現在も、適宜形を変えて継続しています。大学院ナノ生命科学専攻での若手研究者育成も順調に進み、バイオイメーjing分野のハブとしての取組は、ますます広がっています。

## 【金沢大学長 和田 隆志からのメッセージ】

### 人・知・社会の好循環を作り出し、学問の進展に力を尽くす



金沢大学は、卓越した世界トップレベルの研究力の強化、特色ある研究育成を基盤とし、世界の研究者が集う研究拠点の形成を推進しています。ナノ生命科学研究所は、まさにこの成果が結実したものです。世界各国から多様な研究者・学生が集まり、探求と交流を重ね、新たな価値を創造し、社会に問う。そんな、人・知・社会の好循環を生み出す知の拠点として、ナノ生命科学研究所が広く学問の進展に貢献することを期待しています。

## 拠点長 福間 剛士からのメッセージ



あらゆる物性や現象の起源は、ナノスケール (10億分の1メートル程度) の構造や動態で説明できません。あしたがって、これらを直接観て正確に理解することは、あらゆる科学技術に通じる究極の目標です。我々は、液中で原子や分子の動きを直接観ることのできるナノプローブ技術の開発で世界をリードしてきました。本拠点では、これらのユニークなイメージング技術を基盤として、細胞の表層や内部という「未踏ナノ領域」を開拓し、人類が観たことのない現象を直接可視化することで生命科学分野に飛躍的な進展をもたらすとともに、「ナノプローブ生命科学」という新たな学問分野を形成することを目指しています。

## プロフィール

2003年、京都大学博士課程修了。博士(工学)。同大学博士研究員、Trinity College Dublin 主任研究者、金沢大学准教授を経て、2012年から同大学教授を務める。2017年に同大学ナノ生命科学研究所(WPI-NanoLSI)の所長に就任し、現在に至る。世界初の液中原子分解観察可能な周波数変調原子間力顕微鏡(FM-AFM)の実現により、原子・分子レベルの計測技術を化学・バイオ分野にもたらし、「未踏ナノ領域」開拓の契機となった。3D-AFM、電位分布計測技術の開発などナノプローブ技術で世界をリードする。日本学術振興会賞(2018)、文部科学大臣表彰若手科学者賞(2011)などを受賞。

## これまでの研究成果

### 生きた細胞の内部をナノレベルで直接観察できる原子間力顕微鏡技術の開発に成功!

生きた細胞の中で働くタンパク質、核酸、脂質、代謝物質などのナノスケールの構造および動態を理解することは、疾患や老化などのさまざまな生命現象を根本的に理解するために極めて重要です。しかし、既存の観察技術では、それらを生細胞内部で観ることはほとんどできていません。

NanoLSIの福間剛士教授、マルコス・ペネド特任助教(研究当時)、産業技術総合研究所の中村史副連携研究室長らの共同研究グループは、生細胞内部の構造や動態を直接ナノスケールで観察できる「ナノ内視鏡AFM」を世界で初めて開発することに成功しました。この技術では、あたかも人体に内視鏡カメラを挿入してその内部を観察するように、生きた細胞の内部に細長いニードル状のAFM探針を挿入し、その内部構造を可視化します。探針を細胞内部に挿入する際に、探針先端は内部構造を押しつけるため反発力を受けますが、その力を3次元的に記録することで細胞内構造を可視化できます。本研究では、この技術を用いて、細胞核やアクチン繊維な

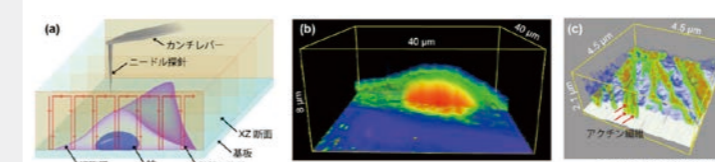
どの3次元分布や、細胞膜を支えるメッシュ状の裏打ち構造の動きを、生きたままの細胞の内部で観察できることを明らかにしました。

これまでも、細胞表面をAFM探針で強くたたいて硬さ分布を計測する方法や、細胞内を伝搬する振動波の減衰を測定する方法により、AFMで細胞内構造を観察しようとする試みはありましたが、いずれも細胞内構造の2次元投影図しか得られていません。それを本研究では、初めて3次元的に可視化することに成功しました。さらに本手法では、細胞内構造と探針を直接接触させられるため、原理的には、分子分解能観察や、力学物性計測、分子認識イメージングなどのほぼすべてのAFM機能が活用できます。これらの計測は従来法では原理的に不可能だったものであり、本技術の開発によって新たな計測の可能性が拓かれました。

本研究で開発した技術により、将来、細胞内のさまざまな生命現象が直接ナノスケールで観察できるようになることが期待されます。例えば、細胞核や、ミトコンドリア、細胞骨格の表面で働くタンパク質の様子や、細胞-細胞間の接着構造、細胞核やミトコンドリアの硬さの細胞老化に伴う変化などを生細胞の内部で直接観察できる可能性があります。これらの方法により、がんや

感染症などによって生じる細胞内の変化を詳細に知ることができれば、それらの診断や治療法の改善につながることを期待されます。

Marcos Penedo, Keisuke Miyazawa, Naoko Okano, Hirotohi Furusho, Takehiko Ichikawa, Mohammad Shahidul Alam, Kazuki Miyata, Chikashi Nakamura, Takeshi Fukuma. SCIENCE ADVANCES 7, eaab4990 (2021) 22 December 2021.



ナノ内視鏡 AFM による細胞内 3 次元観察の原理と測定例。(a) 動作原理。(b) 生きた HeLa 細胞の 3 次元 AFM 像。(c) 生きた繊維芽細胞内部のアクチン繊維の 3 次元 AFM 像。





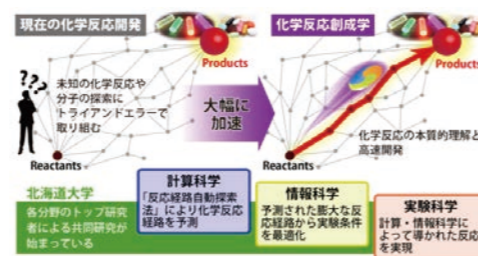
# 化学反応の本質的理解に基づく 自在設計と高速開発

化学反応は自然界のあらゆるところに存在しています。そのため化学反応の制御は、人類を豊かにする根幹をなす技術となります。ICReDDでは、計算科学に基づく化学反応の本質の解明、情報学的手法による化学反応の持つ複雑さに対する理解、および実験的な実証とフィードバックを通じて化学反応の自在設計と高速開発を目指しています。

【研究の目標】

## 計算科学・情報科学・実験科学の融合による化学反応の高速開発

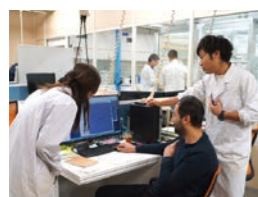
新しい化学反応を開発するための既存の試行錯誤的なアプローチは、非常に時間がかかります。そのためICReDDでは、理論先導型のアプローチにより化学反応の開発に要する時間を大幅に短縮します。前田拠点長が開発した量子化学計算に基づく最先端の反応経路自動探索法により化学反応経路ネットワークを算出したあと、情報科学の概念を応用し実験に必要な情報を抽出することで、最適実験条件を絞り込むことが可能となります。また実験科学のデータを、情報科学を通じて計算科学へとフィードバックすることにより、新しい反応を合理的かつ効率よく開発できるようになります。このようにして私たちの未来に必要な不可欠な化学反応の高速開発を目指し、研究を推進します。



「化学反応創成学」による高速反応開発

【WPI 拠点としての特徴】

## 「化学反応創成学」の構築と MANABIYA システムによる国際連携



ミックスラボにおける若手研究者間の融合ディスカッション

ICReDDは、国際的に認知された拠点となること、また計算科学・情報科学・実験科学の3分野の融合により新たな化学反応の合理的かつ効率的な開発を可能にする新学術領域「化学反応創成学 (CRReDD)」を早期に確立することに重点を置いています。これらの目標を達成する手段の一つが、世界スケールの高度人材育成の戦略的仕組みかつ国際的な研究者ネットワークを形成する基盤となる「MANABIYA (学び舎) システム」です。このシステムは、これら3つの分野に精通した新世代の研究者を育成し、新学術領域「化学反応創成学」を世界的に広め活用するためのものです。MANABIYAシステムは2つの部門で構成されており、MANABIYA学術部門では、国内外の大学・研究機関の若手研究者や大学院生が2週間から3ヶ月間、

ICReDDに滞在し、新しい化学反応を開発するための手法を習得します。また、MANABIYA産業部門では、ICReDDの研究者と国内外の企業研究者との間で、コンサルティング、共同研究、コンソーシアムなどの形で連携を推進します。どちらの部門においても、共に新たな研究シーズを発掘し、共同研究を進めていきます。これにより、MANABIYAシステムを通じて新しい化学反応開発の手法を習得したMANABIYA研究者が、国内外を問わずICReDDの手法を使い広めていくことになり、彼らを通じて化学反応創成学がさらに発展していくことが期待されます。

【北海道大学総長 寶金 清博からのメッセージ】

## 「光」は「北」から 「北」から「世界」へ



ICReDDは、北海道大学のスローガンである『「光」は「北」から「北」から「世界」へ』を具現化するフラッグシップとして、「北の地」から「知の光」を「世界」に発信すべく、計算科学・情報科学・実験科学の融合による新しい化学反応の開発に取り組んでおります。本学は、新棟の建設や人的・財政的支援など、ICReDDのさらなる発展に向けて、全面的にバックアップしてまいりますので、ICReDDの今後にご期待ください。

## 拠点長 前田 理からのメッセージ



人類は、様々な化学反応の発見を積み重ねその生活を豊かにしてきました。一方で新しい反応の開発はトライアンドエラーに頼っており、真に革新的な化学反応が発見されるまでには数十年単位の時間を要しています。そのため、このままではエネルギーや資源の枯渇、汚染といった、大きな課題の解決には時間が足りません。そこで我々は、反応開発の進め方を一新すべく、計算科学・情報科学・実験科学を融合させた「化学反応創成学」を確立し、現在および将来の人類の課題の解決を目指します。さらには世界中に開かれた拠点を形成し、その効果を全世界へ波及させることで豊かな未来社会の創造に貢献します。

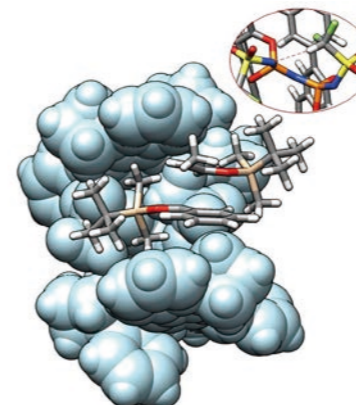
プロフィール

東北大学にて博士号を取得後、日本学術振興会特別研究員として米国エモリー大学等で研究を行う。その後、京都大学および北海道大学にて化学反応経路ネットワークの計算や未知反応の予測を行うAFIR (人工力誘起反応) 法を開発。2017年に37歳で北海道大学教授に就任、2018年には39歳という若さでWPI最年少の拠点長となる。日本学術振興会賞、世界理論・計算化学者協会 (WATOC) Diracメダルなど受賞多数。Diracメダルは毎年40歳以下の優秀な若手研究者1名に贈られる賞で日本人としては初の受賞となる。

これまでの研究成果

### 高い触媒によるプロピオンアルデヒド誘導体エノールシランの syn/anti 選択的不斉向山アルドール反応の開発

ICReDD・リストグループCo-PI 辻信弥特任助教が、マックスプランク石炭研究所・リストグループのメンバーとの共同研究で、高い触媒によるプロピオンアルデヒド誘導体を求核剤とする立体選択的不斉向山アルドール反応を開発しました。大きな触媒の置換基上のたった一つの原子を変えることにより、「触媒ポケット」の大きさを制御することができます。その大きさによって分子が異なる角度から触媒ポケットに入り込み、高い立体選択性で触媒的向山アルドール反応が進行することが分かりました。この選択性を決める反応機構をGRRM法を用いた量子化学計算により明らかにしました。

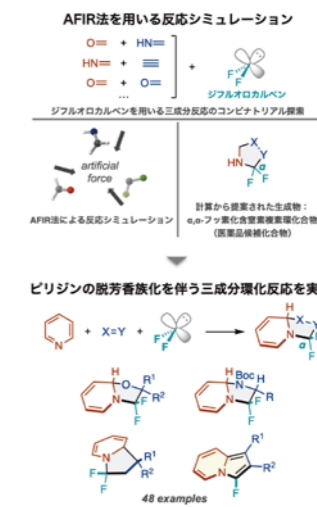


計算により明らかにした anti- 選択的向山アルドール反応の主要エナントオマーの遷移状態

アマトフ ティンシュティク、辻 信弥、リスト ベンジャミンら共著 Journal of the American Chemical Society, 2021 (DOI: 10.1021/jacs.1c07447)

### コンピュータスクリーニングを基盤とした、ピリジンの脱芳香族化を伴うジフルオロアルキル化反応の開発

量子化学計算は、既知の化学反応のメカニズム解析に主に用いられてきました。本研究では、人工力誘起反応法を用いた量子化学計算によるインシリコスクリーニングをベースとした未知の化学反応の設計に挑戦しました。その結果、ジフルオロカルベンと不飽和結合を持つ2分子による新規3成分環化反応が計算から見出され、それを実験で具現化することに成功しました。本反応によって、創薬研究で重要されるフッ素化含窒素複素環を含む多様な分子骨格を供給することができます。



計算科学を用いた新しい化学反応の開発

林 裕樹、勝山 暉、高野 秀明、原 潤 祐、前田 理、美多 剛、Nature Synthesis, 2022 (DOI: 10.1038/s44160-022-00128-y)



# 多分野融合研究により、ヒトの設計とその破綻機構を解明

本拠点は、生命・数理・人文の融合研究を推進し、ヒトに付与された特性の獲得原理とその破綻を究明する先進的ヒト生物学を創出、革新的医療開発の礎を形成することを目指します。

【研究の目標】

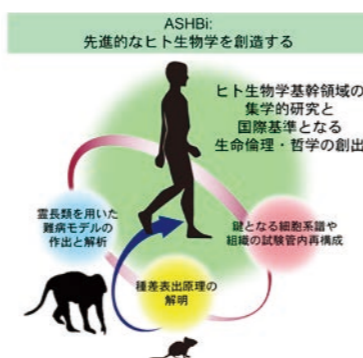
## 先進的なヒト生物学の推進

ASHBiでは、ヒト及びマカクザルを主な研究対象とし、

1. ヒト生物学基幹領域の集学的な研究の推進
2. 多段階多層ゲノム情報の新規数理解析による種差表出原理の解明
3. 遺伝子変容カニクイザルによる難病モデルの確立
4. 鍵となるヒト細胞・組織の再構成系の確立
5. 先進的ヒト生物学研究における生命倫理・哲学の創成

を実現します。これらの研究が、ヒトの本質を明示するとともに、難病を含む様々な病態の発症機序を解明し、その治療法の開発基盤を提示することで、ヒト社会の健全な進歩に貢献することを目指します。

ASHBiの研究戦略と目標→



【WPI 拠点としての特徴】

## 相互理解の素地に基づく異分野融合研究



ヒト生物学の倫理について討論



相互理解を深める議論を積極的に開催

ASHBiでは先進的なヒト生物学を創造するため、生物学と数学、生物学と倫理学の異分野融合研究を積極的に推進しています。

- 生命科学—数学**: 生物学者が数学者に対してゲノム科学を、数学者が生物学者に数理解析法をレクチャーするセミナーを行い、相互理解の素地を十分に形成した上で、実践的な生命科学—数学の融合研究を進めています。
- 生命科学—倫理学**: ゲノム編集やオルガノイドなど、科学技術の進展によって生じる新たな倫理的課題を研究するだけでなく、「ヒト・生命とは何か」という哲学的課題も生物学者との議論を通じて検討しています。
- 融合研究 Grant**: 拠点内に新たな分野融合を醸成する場を積極的に形成するため、ASHBi独自の融合研究 Grant を構築しています。

【京都大学総長 湊 長博からのメッセージ】

## ヒト生物学を推進する国際的研究拠点としての成長を期待



ASHBiは平成30年に設置され、生命科学・数理科学・人文の融合研究の推進によってヒトの発生・発達および病態発症の解明に資する新たな知見を次々と見出して、本学が指定国立大学法人構想として掲げた「柔軟かつダイナミックな体制による知の創造」に大きく貢献しています。今後は国際的研究体制をさらに拡充させながら、ヒトの本質の解明に資する基礎研究から臨床研究までを広く展開されるよう期待しています。

## 拠点長 斎藤 通紀からのメッセージ



ヒトの成り立ちの解明は、根源的な課題です。これまでの生命科学は、生命現象の素過程が保存されていることを示してきました。一方で、それぞれの生物種毎に明確な種差があることも明らかで、モデル生物から得られた知見のヒトへの応用は容易ではありません。例えば、ヒトは、発生・発達に長い時間を費やし、特有の代謝機構を獲得し、その脳機能を著しく発達させました。ASHBiでは、ヒトや霊長類を用いた体系的な研究を推進し、進化が付与した多様性 = 種差の表出原理を解明する、先進的なヒト生物学を創成し、オープンで柔軟性に富む国際的研究環境で、若手が伸び伸びと研究できる場を提供します。

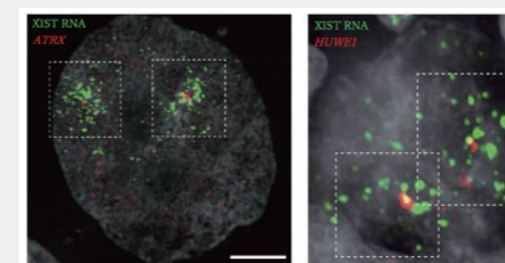
プロフィール

2018年のWPI-ASHBi開設と同時に拠点長に就任。生命の根幹である生殖細胞の発生機構を解明し、それを試験管内で再構成する研究を推進、生殖細胞におけるゲノム・エピゲノム制御機構とその進化を研究している。最近ではヒトiPS細胞から卵子の基となる卵原細胞を作製することや、マウスにおける卵母細胞決定因子の同定に成功するなど、発生生物学研究を開拓する多くの成果を報告している。朝日賞、恩賜賞・日本学士院賞、国際幹細胞学会 (ISSCR) Momentum Award など、国内外の数々の賞を受賞。

これまでの研究成果

### 霊長類における X 染色体遺伝子量補正プログラムを解明

哺乳類は、性染色体構成が雌雄で異なる（雌はXX、雄はXY）ため、雌雄間でX染色体の遺伝子量を補正するプログラムが胚発生初期に起こります。本研究では、霊長類のモデル動物であるカニクイザルを用いて、X染色体の不活性化に必須のXIST遺伝子に着目し、胚発生過程におけるその作用機序の詳細な解析を行いました。その結果、霊長類でX染色体遺伝子量補正が起こる時期と経緯を解明しました。本成果により、霊長類のX染色体遺伝子量補正プログラムの仕組みが初めて明らかになりました。本成果はヒト多能性幹細胞から卵母細胞を誘導する研究、および着床前後胚培養法の技術開発促進、不妊症の原因解明などに役立つと期待されます。

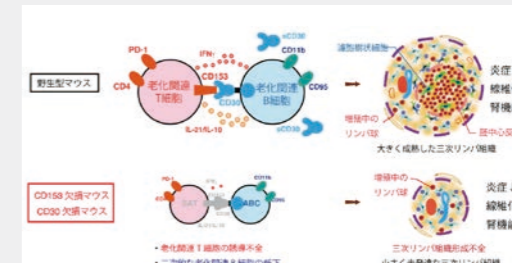


XIST RNA(緑)とX連鎖遺伝子(赤)を蛍光 in situ ハイブリダイゼーションにより可視化し不活性化の進行度合いを検証した。図は胚齢8日目(左) 胚齢57日目(右)の始原生殖細胞。

斎藤通紀 教授/拠点長・主任研究者、岡本郁弘 特定講師ら (2021年11月 Science に論文公開)

### 高齢者腎臓病を悪化させる原因細胞・分子の同定に成功

高齢個体の腎臓では「三次リンパ組織」が正常な組織修復を遮る可能性が示されています。本研究は、加齢に伴い増加する2種類のリンパ球がマウス腎臓の三次リンパ組織内部で相互作用し、三次リンパ組織の形成を促進することを発見しました。また、その相互作用分子としてCD153-CD30経路を同定し、この経路の遮断により三次リンパ組織の誘導が阻害され、腎臓の組織修復が促進されることで、腎障害の予後が改善することも明らかにしました。さらに、これらの細胞および分子はヒトの同様の病態でも確認されました。したがって、本研究で見いだした免疫細胞や相互作用分子を標的とした治療法は、高齢者の腎臓病の回復を促し、透析導入を遅延させる可能性があります。



老化関連 T 細胞と老化関連 B 細胞の相互作用が三次リンパ組織の成熟を促進する。

柳田素子 教授/主任研究者ら (2020年11月 Journal of Clinical Investigation に論文公開)



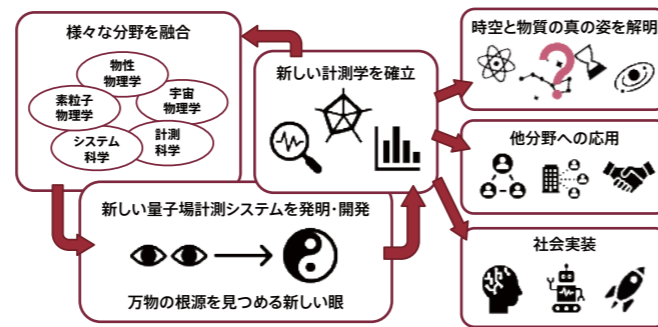
# 新しい「眼」を人類にもたらし、 この世界の成り立ちを見つめる

万物の根源「量子場」。QUPは、今までにない手段で量子場を計測する新システムを開発します。そして、この世界そのものの本質に迫るとともに、他分野や社会への展開を目指します。

## 【研究の目標】

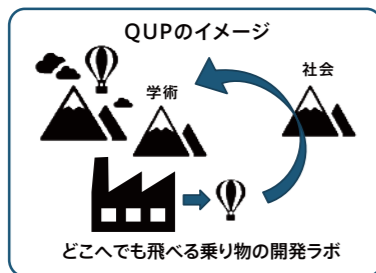
### 新しい量子場計測システムを發明・開発する

「量子場」とは、素粒子や準粒子とそれに伴う物理量を持つ時空そのもの、「物体と時空の根源」といえます。これを計測することは、極小の素粒子から極大の宇宙に至るまでの、世界に存在するすべての事象の本質を見つめることでもあります。QUPの使命は、宇宙物理、素粒子物理、物性物理、計測科学、システム科学を融合し、量子場を計測するシステムを發明・開発することです。これまでになかった発想で作られたシステムは、新しい視点を宇宙観測や素粒子実験にもたらし、時空と物質の真の姿に迫ることができるに違いありません。



## 【WPI 拠点としての特徴】

### 研究のための「手段」を研究する



量子場計測システムという、研究のための「手段」を發明・開発することを目的に、測定原理の發明から、測定を実現するシステムの開発と観測プロジェクトの実行までを、様々な分野を融合しつつ一貫して行っていることが特徴です。いわば、目標に向かって進むというよりも、進むための乗り物を作るために、様々な分野の研究者が協力し合っているというイメージです。新しい乗り物を使えば、今まで行けなかった様々な場所に簡単にいけるようになります。このため、物理学にとどまらないほかの分野や、社会への展開も可能と考えています。

## 【高エネルギー加速器研究機構長 山内 正則からのメッセージ】

### 計測システムの發明・開発を強力にサポート



高エネルギー加速器研究機構 (KEK) は、大学共同利用機関として広大な分野の研究にプラットフォームを提供しています。QUPのミッションである量子場計測システムの發明・開発は、KEKにとっても重要なテーマです。QUPの成果が、より広範な分野へ応用され、社会実装され、大学やKEKの研究全体を大きく後押しすることを期待しています。このために、KEKはQUPのミッションを強力にサポートします。

## 拠点長 羽澄 昌史からのメッセージ



マルセル・ブルーストは「真の発見の旅とは、新しい景色を探すことではない。新しい眼で見ることなのだ。」と述べています。QUPでは、まさにこの精神で、新しい「眼」を人類にもたらし、この美しい世界の成り立ち (時空と物質の真の姿) を見つめていきたいと思っています。QUPを、異なる分野の研究者の出会いの場、アイデアがスパークする場、研究者のみなさんの夢をかなえる場にしたいと思います。そして、それが人類の幸福の礎になることが私の夢です。

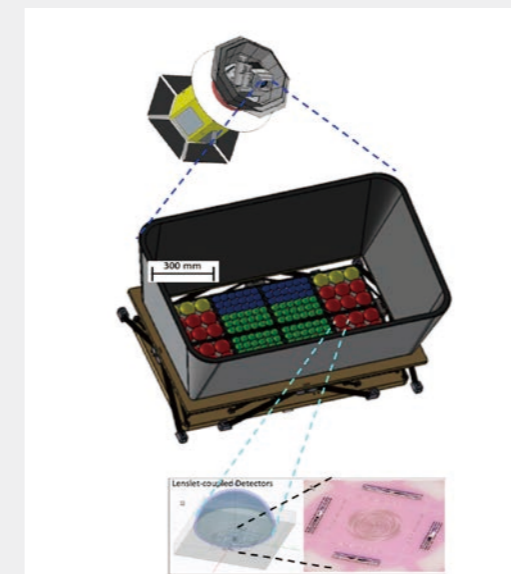
## プロフィール

東京大学大学院博士課程修了、博士 (理学) 取得。大阪大学理学部助手、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 助教授を経て、2007年より同機構教授を務める。2014年より東京大学国際高等研究所・カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) 特任教授、2020年より宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 (ISAS/JAXA) 特任教授を併任。専門は素粒子物理および実験的宇宙論。2007年、B中間子におけるCP対称性の破れの発見により第4回日本学術振興会賞受賞。2008年にLiteBIRD衛星計画を提唱し、現在計画の世界代表を務める。

## これまでの研究成果

### 新しい超伝導センサーの開発 ～ライトバード衛星への 実装のために

ライトバードはJAXAが2028年度の打上げを目指す衛星計画で、ビッグバン以前の宇宙の観測を目的とします。QUP拠点長が提案し代表を務めています。QUPはライトバードの「眼」となる超伝導センサーの開発を手掛けます。宇宙空間という地上にはない最高の観測環境を生かすには、センサーのノイズが十分小さくないといけません。QUPでは、ライトバードの要求を満たすセンサーの初期開発に成功しました。

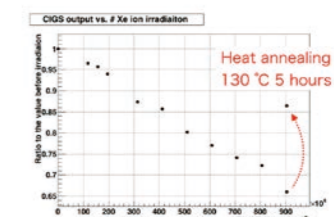
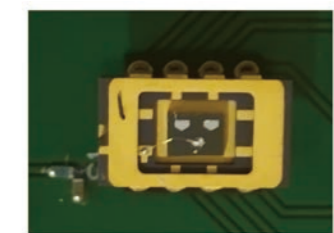


LiteBIRD衛星、超伝導センサーアレイ、微小光学レンズと超伝導センサーの概念図

### 放射線損傷からの回復機構を持つ 「CIGS 半導体検出器」

太陽電池として開発されてきたCu(In,Ga)Se<sub>2</sub> (CIGS) 半導体は、放射線損傷で発生した欠陥を内包するイオンが埋めることによる自己回復機構を持つことが知られており、高放射線環境下で動作する粒子検出器や、カメラとしての利用に着目しました。

我々は世界初のCIGS粒子検出器を作り、単Xeイオン (400 MeV/u, <sup>132</sup>Xe<sup>54+</sup>) の検出に成功しました。また、およそ10<sup>9</sup>個/mm<sup>2</sup>のXeイオン照射による放射線損傷で66%まで低下した出力が、130°Cで5時間の熱処理で86%まで回復することを確認し、回復機構を持つ半導体粒子検出器実現の大きなマイルストーンを達成しました。



上) 試作したCIGS検出器。下) Xeイオン照射によるCIGS検出器の出力減少 (照射前を1とした相対比) と、熱処理による出力の回復。




# Information / 連絡先

 **Tohoku University**  
**Advanced Institute for Materials Research (AIMR)**

2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8577, Japan  
Phone : +81 22 217 5922 Fax : +81 22 217 5129  
Email : aimr-soumu@grp.tohoku.ac.jp  
URL : www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp  
www.facebook.com/TohokuUniversity.AIMR  
twitter.com/TohokuUnivAIMR

**東北大学**  
**材料科学高等研究所 (AIMR/エーアイエムアール)**


〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1  
Phone : 022-217-5922 Fax : 022-217-5129  
Email : aimr-soumu@grp.tohoku.ac.jp  
URL : www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp  
www.facebook.com/TohokuUniversity.AIMR  
twitter.com/TohokuUnivAIMR

 **The University of Tokyo**  
**Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (Kavli IPMU)**  
**The University of Tokyo Institutes for Advanced Study**

5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8583, Japan  
Phone : +81 4 7136 4940 Fax : +81 4 7136 4941  
Email : inquiry@ipmu.jp  
URL : www.ipmu.jp

**東京大学**  
**国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU/カブリアイピーエムユー)**

〒277-8583 千葉県柏市柏の葉5-1-5  
Phone : 04-7136-4940 Fax : 04-7136-4941  
Email : inquiry@ipmu.jp  
URL : www.ipmu.jp/ja

 **Kyoto University**  
**Institute for Integrated Cell-Material Sciences (iCeMS)**  
**Kyoto University Institute for Advanced Study**

Yoshida Ushinomiya-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan  
Phone : +81 75 753 9749 Fax : +81 75 753 9742  
Email : info@icems.kyoto-u.ac.jp  
URL : www.icems.kyoto-u.ac.jp  
facebook.com/Kyoto.Univ.iCeMS  
twitter.com/iCeMS\_KU

**京都大学**  
**高等研究院 物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS/アイセムス)**

〒606-8501 京都市左京区吉田牛ノ宮町  
Phone : 075-753-9749 Fax : 075-753-9742  
Email : info@icems.kyoto-u.ac.jp  
URL : www.icems.kyoto-u.ac.jp  
facebook.com/Kyoto.Univ.iCeMS  
twitter.com/iCeMS\_KU

 **WPI Osaka University**  
**Osaka University**  
**Immunology Frontier Research Center (IFReC)**

3-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan  
Phone : +81 6 6879 4275 Fax : +81 6 6879 4272  
Email : ifrec-office@ifrec.osaka-u.ac.jp  
URL : www.ifrec.osaka-u.ac.jp/en  
facebook.com/Osaka.Univ.IFReC

**大阪大学**  
**免疫学フロンティア研究センター (IFReC/アイフレック)**


〒565-0871 大阪府吹田市山田丘3-1  
Phone : 06-6879-4275 Fax : 06-6879-4272  
Email : ifrec-office@ifrec.osaka-u.ac.jp  
URL : www.ifrec.osaka-u.ac.jp  
facebook.com/Osaka.Univ.IFReC

 **National Institute for Materials Science (NIMS)**  
**Research Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)**

1-1 Namiki, Tsukuba, Ibaraki 305-0044, Japan  
Phone : +81 29 860 4709 Fax : +81 29 860 4706  
Email : mana@nims.go.jp  
URL : www.nims.go.jp/mana  
facebook.com/wpi.mana  
twitter.com/wpi\_mana

**物質・材料研究機構 (NIMS)**  
**ナノアーキテクトニクス材料研究センター (MANA/マナ)**


〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1  
Phone : 029-860-4709 Fax : 029-860-4706  
Email : mana@nims.go.jp  
URL : www.nims.go.jp/mana/jp  
facebook.com/wpi.mana  
twitter.com/wpi\_mana

 **Kyushu University**  
**International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (I2CNER)**

744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan  
Phone : +81 92 802 6932 Fax : +81 92 802 6939  
Email : wpi-office@i2cner.kyushu-u.ac.jp  
URL : i2cner.kyushu-u.ac.jp/en/  
facebook.com/I2CNER.news  
twitter.com/I2CNER

**九州大学**  
**カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (I2CNER/アイスナー)**


〒819-0395 福岡市西区元岡744  
Phone : 092-802-6932 Fax : 092-802-6939  
Email : wpi-office@i2cner.kyushu-u.ac.jp  
URL : i2cner.kyushu-u.ac.jp/ja/  
facebook.com/I2CNER.news  
twitter.com/I2CNER

 **University of Tsukuba**  
**International Institute for Integrative Sleep Medicine (IIS)**

1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8575, Japan  
Phone : +81 29 853 5857 Fax : +81 29 853 3782  
Email : wpi-iis-alliance@ml.cc.tsukuba.ac.jp  
URL : wpi-iis.tsukuba.ac.jp  
facebook.com/WPI.IIS  
instagram.com/wpi.iis

**筑波大学**  
**国際統合睡眠医学研究機構 (IIS/トリプルアイエス)**


〒305-8575 茨城県つくば市天王台1-1-1  
Phone : 029-853-5857 Fax : 029-853-3782  
Email : wpi-iis-alliance@ml.cc.tsukuba.ac.jp  
URL : wpi-iis.tsukuba.ac.jp/japanese  
facebook.com/WPI.IIS  
instagram.com/wpi.iis

 **Tokyo Institute of Technology**  
**Earth-Life Science Institute (ELSI)**

2-12-1-IE-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550, Japan  
Phone : +81 3 5734 3414 Fax : +81 3 5734 3416  
Email : information@elsi.jp  
URL : www.elsi.jp/en  
www.facebook.com/ELSIorigins  
www.twitter.com/ELSI\_origins

**東京工業大学**  
**地球生命研究所 (ELSI/エルシー)**


〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1-IE-1  
Phone : 03-5734-3414 Fax : 03-5734-3416  
Email : information@elsi.jp  
URL : www.elsi.jp  
www.facebook.com/ELSIorigins  
www.twitter.com/ELSI\_origins

 **Nagoya University**  
**Institute of Transformative Bio-Molecules (ITbM)**

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan  
Phone : +81 52 747 6843 Fax : +81 52 789 3240  
Email : office@itbm.nagoya-u.ac.jp  
URL : www.itbm.nagoya-u.ac.jp  
facebook.com/NagoyaUniv.ITbM  
twitter.com/NagoyaITbM

**名古屋大学**  
**トランスフォーマティブ生命分子研究所 (ITbM/アイティービーエム)**

〒464-8601 名古屋市中種区不老町  
Phone : 052-747-6843 Fax : 052-789-3240  
Email : office@itbm.nagoya-u.ac.jp  
URL : www.itbm.nagoya-u.ac.jp/index-ja.php  
facebook.com/NagoyaUniv.ITbM  
twitter.com/NagoyaITbM

 **The University of Tokyo**  
**International Research Center for Neurointelligence (IRCN)**  
**The University of Tokyo Institutes for Advanced Study**

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan  
Phone : +81 3 5841 4861 Fax : +81 3 5841 0738  
Email : pr.ircn@gs.mail.u-tokyo.ac.jp  
URL : ircn.jp/en

**東京大学**  
**国際高等研究所 ニューロインテリジェンス国際研究機構 (IRCN/アイアールシーエヌ)**


〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1  
Phone : 03-5841-4861 Fax : 03-5841-0738  
Email : pr.ircn@gs.mail.u-tokyo.ac.jp  
URL : ircn.jp

 **Kanazawa University**  
**Nano Life Science Institute (NanoLSI)**

Kakuma-machi, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan  
Phone : +81 76 234 4550 Fax : +81 76 234 4559  
Email : nanolsi-office@adm.kanazawa-u.ac.jp  
URL : nanolsi.kanazawa-u.ac.jp/en

**金沢大学**  
**ナノ生命科学研究所 (NanoLSI/ナノエルエスアイ)**

〒920-1192 石川県金沢市角間町  
Phone : 076-234-4550 Fax : 076-234-4559  
Email : nanolsi-office@adm.kanazawa-u.ac.jp  
URL : nanolsi.kanazawa-u.ac.jp

 **Hokkaido University**  
**Institute for Chemical Reaction Design and Discovery (ICReDD)**

Kita 21, Nishi 10, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 001-0021, Japan  
Phone : +81 11 706 9649 Fax : +81 11 706 9652  
Email : office@icredd.hokudai.ac.jp  
URL : www.icredd.hokudai.ac.jp

**北海道大学**  
**化学反応創成研究拠点 (ICReDD/アイクレッド)**


〒001-0021 札幌市北区北21条西10丁目  
Phone : 011-706-9649 Fax : 011-706-9652  
Email : office@icredd.hokudai.ac.jp  
URL : www.icredd.hokudai.ac.jp/ja

 **Kyoto University**  
**Institute for the Advanced Study of Human Biology (ASHBi)**  
**Kyoto University Institute for Advanced Study**

Yoshida Konoe-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan  
Phone : +81 75 753 9882  
Email : ASHBi-info@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp  
URL : ashbi.kyoto-u.ac.jp  
facebook.com/ASHBi.KyotoU  
twitter.com/Ashbi\_KyotoU

**京都大学**  
**高等研究院 ヒト生物学高等研究拠点 (ASHBi/アッシュビイ)**

〒606-8501 京都市左京区吉田近衛町  
Phone : 075-753-9882  
Email : ASHBi-info@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp  
URL : ashbi.kyoto-u.ac.jp/ja  
facebook.com/ASHBi.KyotoU  
twitter.com/Ashbi\_KyotoU

 **High Energy Accelerator Research Organization (KEK)**  
**International Center for Quantum-field Measurement Systems for Studies of the Universe and Particles (QUP)**

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan  
Phone : +81 29 879 6300 Fax : +81 29 864 5430  
Email : qup\_pr@ml.post.kek.jp  
URL : www2.kek.jp/qup/en

**高エネルギー加速器研究機構 (KEK)**  
**量子場計測システム国際拠点 (QUP/キューキュービー)**

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1  
Phone : 029-879-6300 Fax : 029-864-5430  
Email : qup\_pr@ml.post.kek.jp  
URL : www2.kek.jp/qup



## Contact



### MEXT

Basic and Generic Research Division, Research Promotion Bureau  
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology  
3-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8959, Japan  
Phone : +81 3 5253 4111  
Email : kisokiban@mext.go.jp

### 文部科学省

研究振興局基礎・基盤研究課  
〒100-8959 東京都千代田区霞が関3-2-2  
Phone : 03-5253-4111  
Email : kisokiban@mext.go.jp



### JSPS

Center for World Premier International Research Center Initiative  
(WPI Program Center)  
Japan Society for the Promotion of Science  
5-3-1 Kojimachi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0083, Japan  
Phone : +81 3 3263 0967  
Email : jspstoplevel@jps.go.jp  
URL : [www.jps.go.jp/english/e-toplevel](http://www.jps.go.jp/english/e-toplevel)  
Facebook: [facebook.com/wpi.japan](https://www.facebook.com/wpi.japan)

### 独立行政法人日本学術振興会

世界トップレベル拠点形成推進センター  
〒102-0083 東京都千代田区麹町5-3-1  
Phone : 03-3263-0967  
Email : jspstoplevel@jps.go.jp  
URL : [www.jps.go.jp/j-toplevel](http://www.jps.go.jp/j-toplevel)  
Facebook: [facebook.com/wpi.japan](https://www.facebook.com/wpi.japan)