

# GMSI Newsletter

Global Center of Excellence for Mechanical Systems Innovation

Vol. 7  
January 2011

## contents

### Conversation / 巻頭対談

#### 01 Making nano-satellites and simulation technologies useful to society

Educating engineers skilled in system integration

Shin-ichi Nakasuka & Shinobu Yoshimura

超小型衛星やシミュレーション技術を社会に役立てる

システム統合力を養う技術者教育

中須賀 真一 & 吉村 忍

### Young researchers shouldering the future / 未来を担う若手研究者

#### 09 Atomic diffusion mechanism in alumina ceramics

アルミナセラミックスにおける原子拡散機構に関する研究

#### 10 Searching for a suitable site for CO<sub>2</sub> geological storage in Japan

日本国内における CO<sub>2</sub> 地中貯留の最適地を求めて

### Activity report / 活動報告

#### 08 International Internship

海外インターンシップ

#### 11 The First GSISH-GMSI Summer School

第一回 GSISH-GMSI サマースクール

#### 13 Domestic Internship

国内インターンシップ

#### 14 Evening Seminars

イブニングセミナー

Conversation

## Making nano-satellites and simulation technologies useful to society

Educating engineers skilled in system integration

**Shin-ichi Nakasuka** Professor in the Department of Aeronautics and Astronautics, School of Engineering

**Shinobu Yoshimura** Professor in the Department of Systems Innovation, School of Engineering

巻頭対談

### 超小型衛星やシミュレーション技術を社会に役立てる

システム統合力を養う技術者教育

**中須賀 真一** 教授 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻

**吉村 忍** 教授 大学院工学系研究科 システム創成学専攻

Professor Nakasuka, who has developed a nano-satellite weighing only 1kg, has opened the doors wide for young researchers interested in space development research. Professor Yoshimura, on the other hand, has worked on open source simulation software that operates in a parallel computing environment, and is engaged in the planning and design of new social systems based on “intelligent simulations.” They claim that the commonality in their research is system integration. We asked them about their studies and attempts to utilize research in education.

わずか 1kg という超小型衛星を開発し、若い研究者たちに宇宙開発研究への門戸を大きく開いた中須賀真一教授。一方、並列計算機環境で動くオープンソースのシミュレーションソフトを手がけ、「知的シミュレーション」による新たな社会システムの設計・デザインに取り組む吉村忍教授。両者の研究に共通するのは、システム統合力だという。その研究と研究を教育に生かす試みについて話を聞いた。



**Shin-ichi Nakasuka**

Professor Nakasuka earned a Doctor of Engineering in aeronautics from Graduate School of Engineering at The University of Tokyo in 1988. The same year, he joined IBM Research-Tokyo, where he worked on artificial intelligence and automated factories. In 1990, he became a lecturer in the Department of Aeronautics at The University of Tokyo, School of Engineering. After serving as Associate Professor at the Research Center for Advanced Science and Technology at The University of Tokyo, Research Fellow at the University of Maryland in 1996, and Visiting Researcher at Stanford University in 1999, he was appointed Professor at The University of Tokyo in 2004. His research interests lie in space engineering and intelligent systems.

**なかすか・しんいち**

1988年、東京大学大学院工学系研究科航空工学専攻博士課程修了（工学博士）。88年、日本IBM東京基礎研究所に入所し、人工知能や自動化工場の研究を手がける。90年、東京大学工学部航空学科講師となり、同先端科学技術研究センター助教授、96年メリーランド大学客員研究員、99年スタンフォード大学客員研究員を経て、2004年東京大学教授に就任。専門は宇宙工学、知能工学。

**Shinobu Yoshimura**

Professor Yoshimura earned a Doctor of Engineering in nuclear engineering from the Graduate School of Engineering at The University of Tokyo in 1987. The same year, he became a Lecturer in the Department of Nuclear Engineering at The University of Tokyo, School of Engineering. After serving associate professorships in the Department of Nuclear Engineering, RACE (Research into Artifacts, Center for Engineering), and the Department of Quantum Engineering and Systems Science, he was appointed Professor in the Institute of Environmental Studies at the Graduate School of Frontier Sciences in 1999. Since 2008, he has been a Professor in the Department of Systems Innovation at the School of Engineering. He was a visiting researcher at the Computational Mechanics Center at the Georgia Institute of Technology from 1985 - 1986, and a visiting researcher at the State Materials Testing Institute(MPA), University of Stuttgart, Germany, in 1994. His research interests include computational mechanics, intelligent simulations, and system design.

**よしむら・しのぶ**

1987年、東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了（工学博士）。87年、東大工学部原子力工学科講師。同大助教授、同人工物工学研究センター助教授、同工学部システム量子工学科助教授を経て、99年より新領域創成科学研究科環境学専攻教授。2008年より工学系研究科システム創成学専攻教授。85～86年米国・ジョージア工科大学計算力学センター客員研究員、94年、ドイツ・シュツットガルト大学材料試験研究所（MPA）客員研究員。専門は、計算力学、知的シミュレーション、システムデザイン学など。





## Simulation studies with a wide range of applications, nano-satellite research shouldering the responsibility of both education and practice

応用範囲の広いシミュレーション研究、  
教育と実用の両輪を担う超小型衛星研究

——先生方の研究テーマを教えてください。

**吉村**——私の専門はシミュレーションで、最初は原子力発電プラントや核融合炉の材料の強度や安全性の研究からスタートしました。その後、高速高精度シミュレーションの手法の開発、それを使った人工物の設計の研究に移行し、さらに、東大・柏キャンパスの新領域創成科学研究科環境学専攻へ移った後は、シミュレーションの対象の範囲をさらに広げ、環境と人間社会システム全体のシミュレーションやデザインに取り組むようになりました。研究範囲が広すぎるように思われるかもしれませんが、いかなる対象物であっても、モデリングや設計をする際には、基本現象をきちんと理解し、評価するプロセスが必要であり、そこからそれぞれの対象物にふさわしい設計・デザインを行っていくという意味では同じで、応用可能なのです。現在、中須賀先生の専門分野である H2A ロケットのエンジン燃焼器の寿命評価シミュレーションも手がけているんですよ。

**中須賀**——私は、将来の新しい宇宙システムの研究をしています。もともと、専門は航法誘導制御という分野からスタートし、現在では宇宙機のシステム設計から制御までを研究対象としていますが、その具体例が超小型衛星（ナノサット、Nano-Satellite）の開発です。ナノサットとは 30kg 以下の衛星のことで、2003 年に、当時、世界最小となる、わずか 10cm 立方、1kg の CubeSat 「XI-IV（サイ・フォー）」の開発・打ち上げに成功しました。2005 年には 2 号機「XI-V（サイ・ファイブ）」、2009 年には、約 20cm 立方、8kg ほどの 3 号機「PRISM」の打ち上げに成功しました。

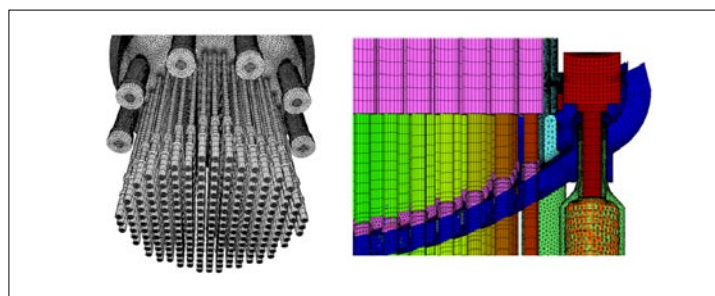
実は、この超小型衛星の開発は教育目的で始まったものですが、途中から実用化も視野に入れた研究も行っています。というのも、従来の大型の人工衛星には数百億円もの巨額の予算が必要なうえ、開発に多くの時間がかかるなど、敷居がとても高く、宇宙利用が広がってこなかったんですね。一方で、超小型衛星は低予算で開発でき、さまざまな人々の宇宙開発の夢を実現できるツールになり得ると考えています。

—— Please tell us about your research.

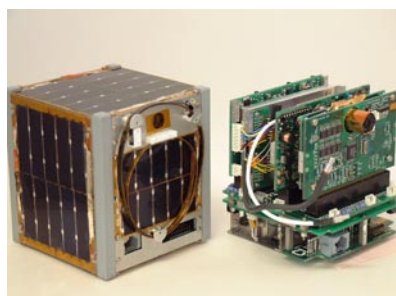
**Yoshimura:** My field of expertise is simulation. Initially I began with research on the strength and safety of materials for nuclear power plants and fusion reactors. Later, I moved on to develop tools for high-speed, high-accuracy simulations and conducted research on using these tools to design artificial materials. After moving to the Institute of Environmental Studies at the Graduate School of Frontier Sciences of The University of Tokyo Kashiwa Campus, I further expanded on the subject of simulation and came to be involved in the simulation and design of environments and human social systems in their entirety. It may seem that the range of my research is too broad, but regardless of subject matter, the process of properly understanding and evaluating the underlying phenomena is necessary when modeling or planning. It's the same in the sense that you carry out plans and designs that are appropriate to the subject matter based on this process. So you see, my research is applicable. Actually, I am also currently working on a lifetime assessment simulation for the engine combustor of the H2A rocket, which is one area of Prof. Nakasuka's expertise.

**Nakasuka:** For my part, I conduct research on novel space systems for the future. I originally started in a field called Navigation Guidance and Control. Now I conduct research on systems design and control of space vehicles, a specific example of which is the development of nano-satellites (NanoSats). A NanoSat is a satellite weighing less than 30kg. In 2003, we succeeded in developing and launching the 10cm cube, 1kg CubeSat “XI-IV (Sai-Four),” which at the time was the world's smallest satellite. In 2005, we successfully launched satellite no.2 “XI-V (Sai-Five),” and in 2009, we further succeeded in launching satellite no.3 “PRISM,” which is approximately 20cm per side and weighs about 8kg.

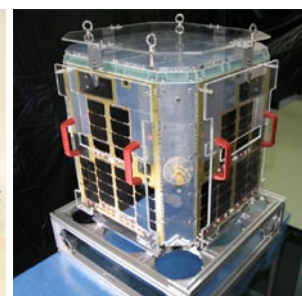
Actually, the development of nano-satellites initially began for educational purposes, but from midway onward we have also been carrying out research with practical applications in sight. Space utilization has not become widespread because of the high threshold for launching conventional large-scale satellites, which require, among other things, an astronomical budget of up to tens of billions of yen and a great deal of



Magnified diagram of nuclear reactor container mesh  
Left: Appearance of base Right: Appearance of interior  
原子炉容器メッシュの拡大図  
左：底部の様子 右：内部の様子



The 1kg “XI-IV” (Left) and  
interior of the “XI-V” (Right)  
重さ 1 kg の「XI-IV」(左)と  
「XI-V」(右)



Astrometric satellite  
“Nano-JASMINE”  
位置天文衛星  
Nano-JASMINE

——研究に取り組まれるようになった動機とは？

**吉村**——根底には、「安全」の実現があります。ちょうど中学生くらいのときにオイルショックを経験し、脱化石燃料の必要性を痛感して原子力を専攻したわけですが、原子力発電についてもっとも重要だと考えたのが安全性でした。そこで、安全性を高めるために材料の強度の実験やシミュレーションの研究からキャリアをスタートさせたのです。それは今でも一貫していて、対象物が複雑になればなるほど、精密なシミュレーションで的確に性能予測をし、適切な設計をすることで安全性を高めていく必要があると思っています。こうしたシミュレーションの基本的なアプローチは、さまざまな分野に応用できることから、次第に研究対象が広がってきたというわけです。

**中須賀**——私は学生のころから宇宙開発に携わってきたわけですが、実は一時期、研究が面白くないと感じることがありました。というのも、人工衛星の打ち上げの機会はたまにしかなく、搭載されるのは確立された技術だけで、大学で取り組んでいるような最先端の技術が採用されることはまずなかったからです。自分たちがいくら研究をしても、実用化されるまでには長い時間がかかってしまうことが、大きなジレンマでした。ところが、1999年にスタンフォード大学に客員研究員として訪れた際、学生たちが研究室で小さな衛星を手づくりで開発しているのを見て、「こんなやり方があったのか」と目から鱗が落ちたのです。と同時に、「日本人ならもっとうまくつくれる」とも思いました。日本人は工夫する能力に長け、手先が器用なので小さなものをつくるのは得意ですからね。

ちなみに、うちの研究室でつくっている超小型衛星の部品は、ほとんど秋葉原で買ってきた民生品なんです。民生品であっても、システム設計をきちんとやっていれば、宇宙環境でも問題なく動く。実際に、1号機は打ち上げから7年、2号機も5年になりますが、いずれも順調に稼働しています。当初は、放射線などの影響もあるため、2カ月くらい動けばいいかなと思っていたので予想外でした。逆に、予算をかけなくても、工夫すればちゃんと使えるということなんです。

とくに日本の宇宙開発の場合、何百億円という巨額を投じているにもかかわらず、その成果が十分に生かされていないように感じます。小さな衛星でも使えることを証明し、コストパフォーマンスを高め、開発期間を短くすることによって、最先端の技術を搭載するなど小回りのきくものをつくって、現在の宇宙開発に対するアンチテーゼを示したいというのが、この研究のモチベーションの一つでもあります。

time for development. On the other hand, I think that NanoSats, which can be developed on a low budget, can become the tools for many people to realize their dreams of space development.

—— What motivated you to become engaged in research?

**Yoshimura:** My underlying motivation is the realization of “safety.” I experienced the oil shock just around the time I was in middle school. Having painfully felt the need to shed our reliance on fossil fuels, I majored in nuclear energy. What I found to be most important about nuclear power was safety. As a result, I began my career by conducting experiments on the strength of materials and research on simulations for the purpose of enhancing safety. That motivation remains consistent today as well. I think that the more complicated the subject matter becomes, the greater the necessity to enhance safety by accurately predicting performance characteristics with detailed simulations and appropriate planning. This sort of basic approach to simulations can be applied to various fields. It is for this reason that my research topics have gradually expanded to where they are today.

**Nakasuka:** Although I have been involved in space development from when I was a student, there was in fact a period when I felt that this research was not interesting. The reason was that opportunities to launch satellites occurred only occasionally, and cutting-edge technologies studied at places like universities were rarely, if ever, adopted; only established technologies were being loaded onto satellites. A big dilemma for me was that no matter how much research we did, it inevitably took a long time for practical applications to be realized. However, in 1999, when I went to Stanford University as a visiting researcher, I saw students developing small hand-made satellites in the laboratory, and thought, “Wow, why didn’t I think of that approach?”, and the scales fell from my eyes. At the same time, I also thought, “the Japanese could make them even better.” As you know, Japanese people are skilled at making small things because they are creative and good with their hands.

Incidentally, the parts for the nano-satellites being built in our laboratory are almost all consumer products we bought at Akihabara. Even if they are consumer products, if the system design is done properly, they work perfectly well in the space environment. In fact, it has been 7 years since the launch of the first satellite and 5 years since the launch of the second, and both are still operating smoothly. Given the effects of radiation, for example, we thought at the time that it would be nice if the satellites worked for about 2 months, so this longevity is unexpected. This means, however, that even without a huge budget, satellites can work well if you are creative.

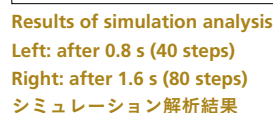
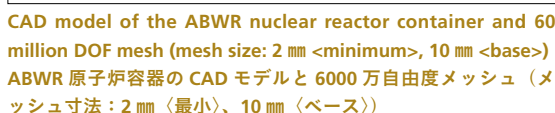
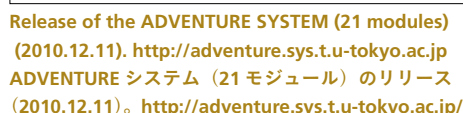
Particularly in the case of Japanese space development, I feel that in spite of the astronomical amount of tens of billions of yen invested, the results are not being sufficiently utilized. The desire to create a satellite that is very adaptable to demonstrate the antithesis of current space development—by proving that small satellites can be used, improving cost performance, reducing development time, and mounting cutting-edge technologies, for example—is in fact one of the motivations for this research.

— Please tell us the specifics of your research.

——なぜ、オープンソースにされているのですか？

— Why are you making it open-source software?

**Yoshimura:** A computer program is a “form of life,” and always requires maintenance depending on changes in the environment in which it is used. Furthermore, a great deal of effort is required to implement and test new functions and algorithms in accompaniment with advances





ゴリズムを実装したり、テストをしたりするのにも、大変な労力が必要になります。その際、オープンにしている人に使ってもらい、問題点を抽出、改良できれば、手間を省きつつ、信頼性を保つことができます。

もちろん、特許を申請し、知財として技術を非開示にするやり方もありますが、幅広い研究の基盤となるソフトをクローズドにするということは、研究や教育、技術の進歩を阻むことになりかねません。場合によっては、開発した本人ですら、別の研究にそのソフトを使えないこともあります。民間の中には我々の開発したソフトをチューニングして商品化したり、このソフトを使って新しい製品を開発したりしていますが、そういったことすべてを含めて、皆で使い技術をより高めていくことが、日本の競争力強化につながっていくと思っています。

**中須賀**——同感ですね。技術というのは一度閉じたら死んでしまう。そういう意味では、超小型衛星も、多くの学生やこれまで宇宙と関わりのなかったような産業界の人たちに宇宙開発の門戸を開いたという意味で、大きな意義があると思っています。逆に、自分が学生のときにできなかったのが悔しいくらいですよ（笑）。

——超小型衛星はどうやって打ち上げるのですか？

**中須賀**——相乗り方式で、メインの大型の衛星を打ち上げる際に一緒に打ち上げてもらうのです。これまで1、2号機はロシアのロケット、3号機は日本のJAXA（宇宙航空研究開発機構）に打ち上げてもらいました。次回はウクライナのロケットで打ち上げを予定しています。大きさや目的、ロケット次第で値段は変わってきますが、通常の衛星なら数十億～100億円くらいかかるところが、超小型衛星ならわずか数百万～数千円程度で打ち上げが可能です。

打ち上げに成功して以来、さまざまな企業から問い合わせがあり感じたのですが、今後は、以前には想像しなかったような新しい宇宙利用のアイデアが生まれてくると思います。ちなみに、衛星には小型のカメラが搭載されていて、撮影した地球の画像が地上に送られてくるのですが、学生のアイデアで、この画像をメール登録者に配信するサービスを行っているんですよ。また、3号機「PRISM」は分解能30mの地球画像を撮影できるリモートセンシング衛星ですが、これだけの分解能があれば、低価格で宇宙から撮影した地球の写真を提供することも可能になります。

さらに2011年に打ち上げを予定している「Nano-JASMINE」は、国立天文台と共同で開発している衛星で、3次元での星の精密な地図をつくることを目的とした、日本初の「位置天文衛星」です。これが成功すれば、1989年に欧州宇宙機構が打ち上げたヒッパルコス衛星とほぼ同レベルの観測が行える超小型衛星（約30kg）になります。

超小型衛星はもちろん教育目的にも非常に有効です。中高教育はもちろんのこと、モノづくりやプロジェクトマネジメント教育まで短期間に一貫して行うことができるというのが大きな魅力ですね。このように、超小型衛星は教育、実用、トップサイエンスへと、宇宙利用の拡大に大きく貢献しつつあるのです。

in research. In doing so, if problems can be extracted and improved by making it open-source software and having many users, it is possible to maintain reliability while saving time.

Of course, there is the option of applying for a patent and making the software intellectual property, thus rendering the technology closed. However, making software that is to become the foundation for a broad range of research closed is to risk hampering the development of research, education, and technology. Depending on the case, even the person who developed the software by him/herself may be unable to use it for a different study. In the private sector, there are those who have tweaked the software we developed and made it into a commercial product, or used it to develop a new product. All such activities included, I think that the improvement of technologies through use by all will lead to Japan's increased competitiveness.

**Nakasuka:** I agree. Once a technology becomes closed, it dies out. In that sense, I think nano-satellites are greatly meaningful in that they have opened the door of space development to many students and to those in industry who have had no connection to space until now. In fact, I almost feel frustrated that I was not able to do this when I was a student (laugh).

——How do you launch a nano-satellite?

**Nakasuka:** We have it launched in ride-along style when a primary large-scale satellite is launched. Thus far, we have had satellites no.1 and no.2 launched by a Russian rocket, and satellite no.3 by Japan's JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency). For the next round, we are scheduled to launch with a Ukrainian rocket. Although the price varies with the size, purpose, and rocket, it is possible to launch a nano-satellite with as little as several to tens of millions of yen, as opposed to up to 10 billion yen which is needed for a normal satellite.

Ever since we succeeded in launching the NanoSats I have had many inquiries from people in various businesses. My impression was that in the future, we will see the emergence of new ideas for space utilization that previously had not been imagined. Incidentally, the satellites we have launched are all equipped with small cameras, and photographed images of earth are sent to us on the ground. It was a student's idea— we are performing a service where we distribute these images to mail subscribers. In addition, satellite no.3, "PRISM", is a remote sensing satellite that can photograph images of the earth at a resolution of 30m. With this degree of resolution, it will become possible to provide photographs of earth taken from space at a low cost.

Furthermore, "Nano-JASMINE," which is scheduled for launch in 2011, is a satellite we are developing in collaboration with the National Astronomical Observatory of Japan. It is Japan's first "Astrometric satellite" whose purpose is to create a detailed 3-dimensional map of the stars. If this succeeds, it will become a nano-satellite (approximately 30kg) capable of conducting nearly the same level of observations as the Hipparcos satellite launched by the European Space Agency in 1989.

NanoSats are also very effective for educational purposes. As well as for middle and high school education, the great appeal is that it is possible to consistently cover from manufacturing education to project management education in a short period. In this way, NanoSats are on the verge of making great contributions to space utilization from education, to practical applications, and to top-tier science.

## Demand for engineers with strong system integration skills

### 技術者に求められるシステム統合力

**吉村**——中須賀先生の研究とは、そのアプローチは違うものの、その研究が多くの人に開かれているという点で共通していますね。シミュレーションは、実験が難しいような対象物であっても、コンピューター上で試すことで新しい知見が得ることができる、誰にでも使いやすい技術です。一方で中須賀先生は、複雑で巨大な既存の宇宙開発技術の中から、エッセンスを取り出し、学生や一般の人でも扱える技術に置き換え、結果として既存の宇宙開発にフィードバックしているわけですね。

**中須賀**——まさにおっしゃる通りで、複雑なものを複雑なまま一部のコミュニティで閉じてしまうのではなく、その中のシンプルな動作原理を把握することで、いかに複雑なものを扱えるようにするか、ということが重要だと思っています。複雑なものに取り組み、見える化するという意味では、超小型衛星の開発は、まさにシミュレーションと通底するものがありますね。

**吉村**——多くの人は、複雑なものに出会うと戸惑ってしまうというか、表面の事象だけを見て思考停止に陥ってしまい、中身に立ち入ろうとしなくなってしまうのではないのでしょうか。シミュレーションでは中身に立ち入り、モデリングに際しては、関連する事象を一つひとつ丁寧に理論に置き換え、さらにこれを統合していくことが求められます。それによって現実世界では目に見えなかった相互関係が明らかになり、新しい知識や設計・デザインへとつながっていく。つまり、複雑なものを理解しようという努力のプロセスが必要になるのです。この一連の思考こそが、科学技術者としてのシステム統合力や応用力、展開力を高めることにつながるのだと思います。

**中須賀**——超小型衛星の開発においても、まさに求められるのはシステム統合力です。さまざまな現象をよく理解し、電気設計、構造、熱力学、構造力学などの知見を組み合わせ、バランスのとれた設計をしていく必要があります。それが技術者の力を養うのに非常に役立っていると感じます。さらに、現在進めているのが、モジュール化や標準化、よりシンプルなインターフェイスを実現することです。これはさらにもう一段高いレベルでのシステム統合と言えます。要するに、私たちの基本は、複雑なものをいかにシンプルにできるか、ということ。複雑なものが残っていると、

**Yoshimura:** Despite the differences in approach with Prof. Nakasuka's research, my research is similar to his in that it is open to many people. A simulation is a technology that is easy for anyone to use. With it, you can obtain new insights by testing it on a computer, even on a subject matter for which it is difficult to conduct experiments. On the other hand, Prof. Nakasuka extracts the essentials from complex, gigantic, existing space development technologies and replaces them with technologies that students and laypeople alike can handle. The consequence is that this feeds back into currently existing space development.

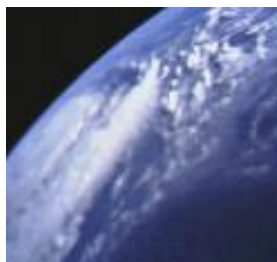
**Nakasuka:** That's exactly right. Instead of sealing up complex objects in all their complexity within a portion of the community, I think it's important to figure out how to handle these complex objects by grasping the simple operating principles within them. Indeed, the development of nano-satellites connects with simulations in the sense that it involves working on complex objects to make them visible.

**Yoshimura:** I wonder if many people become confused when they encounter a complex systems, or perhaps fall into a state of suspended thought after seeing only the events on the surface, and then become disinclined to look inside. In simulations, you step inside, and when modeling, it is desirable to carefully substitute each relevant event with theory and then further integrate this theory. By doing so, the mutual relationships that were not visible to the eye in the real world become clear, and this leads to new knowledge or planning and design. In other words, a process of effort to understand complex systems becomes necessary. I think that this is precisely the sequence of thoughts that leads to enhancements in the engineer's abilities to unify, apply, and deploy systems.

**Nakasuka:** Even in nano-satellite development, it is indeed the ability to synthesize systems that is demanded. It is necessary to understand various phenomena well, and to conduct planning in a balanced way by combining knowledge from areas such as electrical design, structure, thermodynamics, and structural physics. I feel that this is very helpful in nurturing the ability engineers. Furthermore, we are currently advancing modularization and standardization to realize a simpler interface. You could say that this is a level of systems integration that is one stage higher. In other words, our basic philosophy is to take a complex object and see how much we can simplify it, because complex objects may fail or cause accidents at the most unexpected places.



Conceptual drawing of “PRISM” in orbit  
「PRISM」の軌道上予想図



Photographs of Earth taken by “XI” and “PRISM”  
「XI」や「PRISM」が撮影した地球の写真

思わぬところで故障や事故が起こるものですからね。

**吉村**——技術の標準化というのは、非常に重要ですね。先述の「ADVENTURE」というシミュレーションソフトでも、設計段階で非常に腐心したのは、今後の計算機環境の変化を予測したうえでの徹底したデータ構造の標準化でした。単に性能を出すだけなら、レーシングカーのように特定の機能に特化して特別なものをつくれればいいわけですが、それでは汎用化は難しい。「ADVENTURE」では、開発の初期の段階でデータ入出力などに関する徹底した標準化を行ったことで、いまだにベースのデザイン構造には手を入れる必要はほとんどありませんし、多くの人が使う上でカスタマイズしやすいソフトウェアとなっているのです。これまでのシミュレーションソフトの開発は、分析や解析を専門とする人たちが手がけるものですが、これからは、そこにシステム統合能力が必要になってくると思います。

**中須賀**——おっしゃる通り、これからの工学には、オープン化や標準化、システム化といったシステム統合能力がますます求められるようになるでしょうね。日本人はモノづくりや匠の技にこだわるあまり、統合能力をおざなりにしてきたところがあるように思いますが、さまざまな技術要素を束ね、ある機能をもった一つのシステムに仕上げていく能力を身につけていくことは大きな課題です。さらに、一つのシステムの中の統合化だけでなく、宇宙開発全体の中で一つの衛星プロジェクトの果たす役割を考え、社会や科学に貢献していくといった具合に、もう一つ上のレベルで、俯瞰的に物事を捉える人材も必要です。これを僕は「プロジェクト・サイエンティスト」と名付けていますが、つまりプロジェクトの進め方そのものを研究対象として、プロジェクト全体のシナリオを描き、動かせる能力のある人が求められているのです。

**吉村**——日本人は仲間内で優れたものをつくるのは得意なのですが、組織や分野を超えた途端に力が発揮できなくなってしまうことが多い。もっと分野の垣根を越えてプロジェクトを推進し、異分野のことを理解しようとする姿勢を養う必要があるでしょう。また、関わったプロジェクトを振り返り、何ができたのか、できなかったのか問題点を分析することが重要なのではないかと思います。

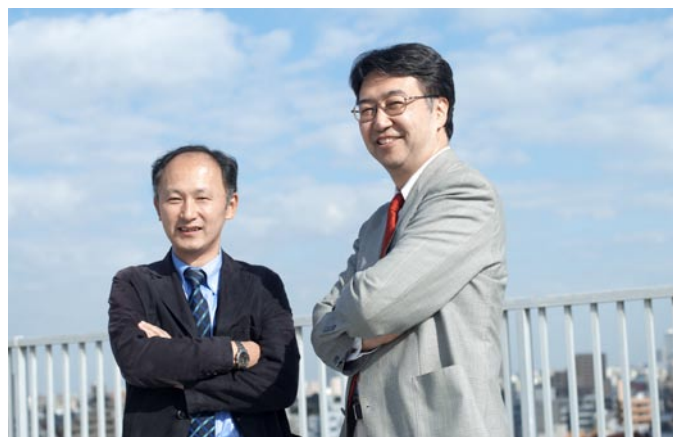
**中須賀**——プロジェクト分析というのは、経験を定着させるうえでも非常に有効ですね。ぜひ、そういった取り組みを、GMSIの中でもやっていけたらいいですね。

**Yoshimura:** Standardization of technology is very important. In the aforementioned simulation software “ADVENTURE” as well, what I struggled with greatly during the planning stage was the thorough standardization of the data structure upon having anticipated changes in the future computing environment. If your only concern is to improve performance, then all you need to do is to create something special by specializing a particular function, as you might do for a racing car. However, this makes it difficult to generalize. In “ADVENTURE,” at an early stage in development, we thoroughly standardized aspects such as the input and output of data. As a result, we have hardly needed to change the basic design structure thus far, and the software has become one that is easy to customize for many people. Those with analytical expertise have been involved in the development of simulation software to date. However, in the future, I think that the ability to synthesize systems will become necessary.

**Nakasuka:** Just as you say, engineering in the future will demand the ability to synthesize systems such as in converting to open-source software, standardization, and systemization. I think that Japanese people, in their obsession with manufacturing and craftsmanship, have neglected their abilities to synthesize. A great challenge is to acquire the ability to bundle various technological elements and to finish it into a single system with certain functions. Furthermore, we need talented individuals that not only unify single systems, but grasp things from a bird's-eye view at a higher level, such as in thinking about the role of a single satellite project within the whole of space development to contribute to society and science. I call such people “project scientists.” In other words, we need people who study ways to advance projects and have the ability to picture the entire project scenario and move it along.

**Yoshimura:** Japanese people are skilled at making superior products within their own groups. However, they often become unable to demonstrate their full potential as soon as they cross into another organization or field. We will need to cultivate an attitude of promoting projects that cross over barriers between fields, and of seeking an understanding of different fields. I also think that it may be important to reflect upon projects with which one has been involved, and analyze the problems by clarifying what was accomplished and what was not.

**Nakasuka:** Project analysis is also extremely effective for firmly establishing our experiences. I sincerely hope that we might tackle such work within GMSI as well.



Reported and written by: Madoka Tainaka  
Photographs by: Yuki Akiyama

取材・文 = 田井中麻都佳  
写真 = 秋山由樹



# International Internship

海外インターンシップ

Research Assistant  
Kazuyuki Ide  
井出 和幸



Neil Armstrong Hall of Engineering

私は10月4日からの5カ月間の予定で、アメリカのPurdue Universityに滞在している。Purdue大学はインディアナ州ウエストラフィエットのメインキャンパスと四つの地方キャンパスをもち、工学分野を得意とする大学である。なかでもNeil Armstrong氏を筆頭に数多くの宇宙飛行士を輩出し続ける航空宇宙分野は特に有名で、現在も学生数1,000名程度の大所帯となっている。また、化学分野で活躍されている根岸先生がノーベル賞を受賞されたことは記憶に新しく、Purdue大学においても大変な注目を集めた。

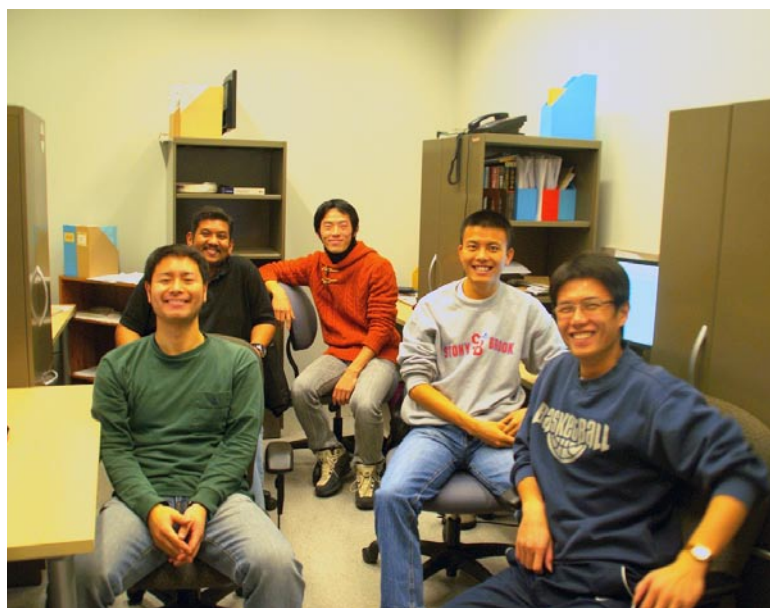
ここでは通年で秋・春の2セメスター制を取り、Ph.D.の学生は講義を受講して、専門分野(および語学)の試験をクリアしなければ研究を進めることができない。学生は講義に伴う膨大な量の宿題とテストをこなしながら学力を向上させていくわけだが、そこでは学生間のコミュニケーションが重要な役割を果たしている。課題の不明点を学生間で共有し、それを連携して徹底的に解決していくという姿勢は、おもに個々で解決しようとする日本とは対照的な印象を受けた。研究においても同様にミーティングを通して学生間、および指導教員との間で緊密にコミュニケーションを取り、研究・プロジェクトを推し進めていくという体制となっている。この連帯感こそが、週末に行われる勝利を期待できないフットボールゲームにおいても、小さな静かな町を大いに沸かせている一因のようだ。

短い渡航期間中、世界中から非常に多くの優秀な学生が集まるこの大学において、それぞれの文化や多様性を学び、最先端の研究とともに、研究思想についても幅広く切り拓いていきたいと思う。

My five-month international internship at Purdue University started from Oct. 4<sup>th</sup>, 2010. Purdue's main campus is located in West Lafayette, Indiana, and Purdue University has four regional campuses within Indiana. Purdue University, a public land grant university, is well known for its great educational programs and good achievements in engineering nationwide and globally. Purdue also has many legendary alumni. Most notably, Dr. Neil Armstrong, the first person to walk on the moon, got his bachelor's degree in aeronautical engineering here in 1955. Recently, Dr. Ei-ichi Negishi, a Purdue chemistry professor, excited all of Japan by winning the 2010 Nobel Prize in Chemistry.

Lectures and researches are organized for each fall and spring semester in Purdue University. Ph.D. students here have to take some specific courses and pass qualifying exams during the first three semesters to go on to their Ph.D. research works (there are also language requirements for non-native English speakers). In solving some problems which they bump into along a course, we can find some cultural differences. While Japanese students usually try to solve them on their own, here in the US, people take close communication with each other for home work or some problems, and try to get them solved completely as a team. This difference is quite interesting because it seems to reflect some basic thoughts and systems of each country. I expect that there should be a lot of such things and believe we can make our system better from such experiences.

Life in the US is very fascinating and full of what I didn't know. I want to bring as many things as possible to Japan, and feed it back for the future.



Colleagues at Purdue University



Research Assistant  
Nobuaki Takahashi  
高橋 伸彬

材料中の輸送現象は変形、化学反応、また環境保全の観点から昨今多くの注目を集めているイオン伝導など、材料の種々の特性あるいは現象を支配する素過程であり、基礎的、工業的にも非常に重要である。昨今の研究機器性能の飛躍的な向上もあり、現在ではナノオーダー、すなわち原子スケールの輸送現象に関する理論を確立し、理詰めによる新たな材料設計指針を得ることが期待されている。しかしながら、今日においても、実験のみによるアプローチでは、原子一個単位のマクロスコピックかつダイナミックな現象を直接的に解析するのは極めて困難であり、これまでの研究でも定性的な議論にとどめられていた。

私はこれまで、従来の実験的な解析手法に加えて、計算機シミュレーションを積極的に取り入れることで、アルミナセラミックスを中心に原子拡散機構に関する研究を行ってきた。その一つとして、二次イオン質量分析法 (SIMS) および第一原理バンド計算によるクロム原子のサファイア (アルミナ単結晶) 中拡散の方位依存性に関して研究を行った。実験・理論の双方において、クロムに関して (0001) 面内の拡散がより高速に進行するという傾向が一致し、本理論計算手法の妥当性が証明された。同時に、その拡散は空孔を介した機構が支配的であることを明らかにした。

現在は興味を結晶粒界に移し、また有限温度下のシミュレーションを行うことで、より実用材料・実用環境を意識した研究を遂行している。

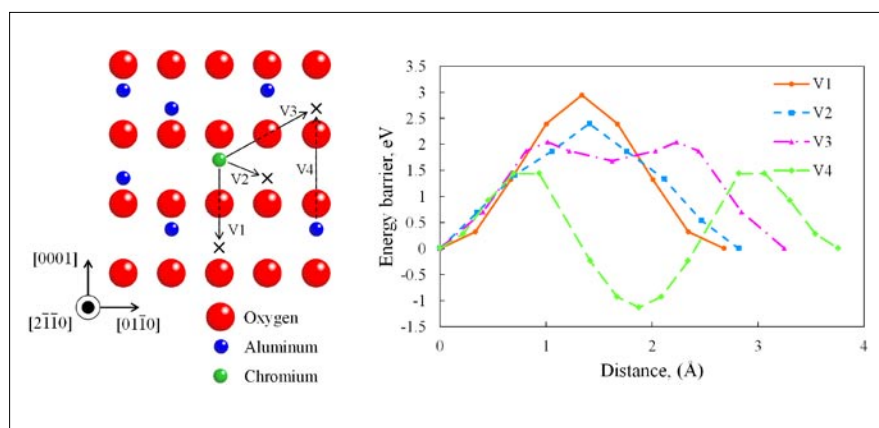
## Atomic diffusion mechanism in alumina ceramics

### アルミナセラミックスにおける原子拡散機構に関する研究

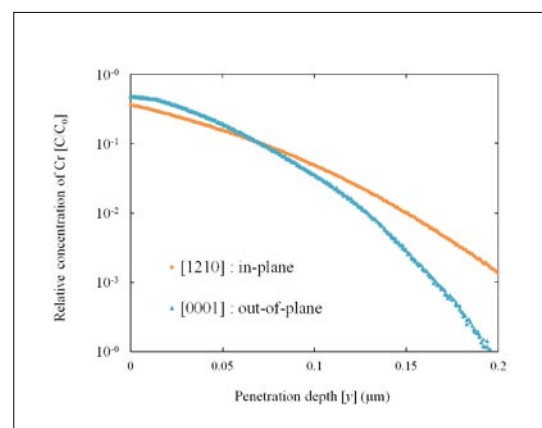
Transport phenomena in materials are widely known as elementary processes which can control various material properties such as deformation, chemical reactions, ionic conduction, and so on. The understanding of these phenomena from the atomic scale is quite important in a scientific and industrial sense. Owing to the significant advance in the performance of measurement hardware, it is expected that nano-scale material design controlling atomic-scale transport phenomena may become possible. However, only from the experimental approach it is still difficult to understand atomic diffusion, which is essentially a dynamic microscopic phenomenon, and there has been only qualitative discussions in previous researches.

I am studying mainly the atomic diffusion mechanism in  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alumina) ceramics using not only conventional experimental approaches but also computational simulations. As part of that, I conducted studies on the orientation dependency of chromium diffusion in sapphire (alumina single crystal) by secondary ion mass spectroscopy (SIMS) and first principles calculations. We found from both the experiments and theoretical calculations that chromium ions migrate preferably in the parallel direction to the (0001) plane. These results validated the calculation methods of this study. Furthermore, it was revealed that the chromium diffusion occurs via vacancy sites rather than interstitial sites.

Recently, I have also worked on investigating the diffusion behavior in the vicinity of grain boundaries. In addition, I have been using a new simulation methodology to include temperature effects so that the properties or phenomena of the materials in a practical environment may be uncovered.



Left: Chromium migration paths via vacancies in sapphire  
Right: Energy barriers of Cr migration



Cr diffusion profiles after heat treatment at 1350°C for 50 hours





Research Assistant  
Yutaro Takaya  
高谷 雄太郎



Field observation

人類活動に由来する温室効果ガスの排出増大と、これに伴う地球温暖化が世界的な社会問題となって久しい。現在、温室効果ガスの排出削減へ向けたさまざまな研究・開発が続けられているが、これと並行してCO<sub>2</sub>の地中貯留技術に大きな注目が集まっている。特に、すでに高いエネルギー効率を達成し、温室効果ガスの大規模な削減が困難であると予想される我が国においては、CO<sub>2</sub>地中貯留技術はCO<sub>2</sub>問題を解決する切り札となることが期待される。

CO<sub>2</sub>貯留層内では、注入されたCO<sub>2</sub>と地層水、周辺の岩石という三者間で化学反応が起こる。この反応によって、注入されたCO<sub>2</sub>は、液体もしくは超臨界状態からイオン、炭酸塩鉱物と、より安定な相へと姿を変えるため、その反応速度が貯留の安全性に大きな影響を及ぼすと考えられる。私は国内に分布するさまざまな岩石種を用い、実験的手法でこの反応速度の比較を行うとともに、実験より得られた反応速度データを用いて長期的な反応進行シミュレーションを行ってきた。一連の研究から、日本海側から北海道東部に広がるグリーンタフ地域こそ最も有力なCO<sub>2</sub>貯留候補地となると考え、現在はグリーンタフ地域から採取した凝灰岩を用いて実験を進めている。CO<sub>2</sub>の回収から輸送、貯留までを含めた具体的な貯留計画の立案を私自身の大きな目的とすると同時に、この研究が我が国のCO<sub>2</sub>貯留事業を進める中での一つの指標となるよう、今後も真摯に研究に取り組んでいきたい。

## Searching for a suitable site for CO<sub>2</sub> geological storage in Japan

### 日本国内におけるCO<sub>2</sub>地中貯留の最適地を求めて

Global warming due to the increase of greenhouse gas emissions by human activities has long been a serious social problem of the world, and various researches and developments for the reduction of greenhouse gas emission are ongoing. On the other hand, CCS (Carbon Capture & Storage) technologies, especially CO<sub>2</sub> storage in geological formations, are receiving much attention. In Japan, large scale implementation of CO<sub>2</sub> geological storage may play a key role in resolving CO<sub>2</sub> problems because of the difficulty of drastic reduction of industrial CO<sub>2</sub> emission from the fact that high energy efficiency has already been achieved.

In CO<sub>2</sub> reservoir formation, the injected CO<sub>2</sub> (liquid or supercritical phase) changes to more stable phases (ions, minerals) through reactions between aquifer water and the host rocks. The speed of this reaction process is the key factor for the security of CO<sub>2</sub> storage from a long-term perspective. I have been researching this interaction to define the reaction speed using various rocks in Japan, and have performed computer simulations of long-term interactions. From a series of researches and experiments, the Green Tuff region, that is the green tuffaceous rock broadly prevailing from the coast of the Japan Sea to western Hokkaido, seems to be the most suitable site for CO<sub>2</sub> geological storage in Japan, and now I am conducting experiments with tuffaceous rock sampled from the Green Tuff region.

I made it the theme of my study to build a practical storage plan including CO<sub>2</sub> capture, transport, and storage, and will work hard to contribute by advancing the CO<sub>2</sub> storage project in Japan.



Experimental equipment



# The First GSISH-GMSI Summer School

第1回 GSISH-GMSI サマースクール

Research Assistant

Dong Wei

韋冬



Group picture

2010年9月13～17日に第一回 GSISH-GMSI サマースクール「医用生体工学の進展」がドイツのキム湖にある Frauenwörth 大修道院で開催された。ドイツの名門校ミュンヘン工科大学 (TUM) の健康情報科学研究科 (GSISH) と東大の GMSI を中心に、34名の参加者が集まった。トピックは医用イメージングや医療ロボットなどであり、多彩な講師陣による12もの講義に加え、10時間のグループ活動、病院を含む4機関への研究室見学があり、さらにボートやハイキングなど学生同士がお互いを知るための活動が用意されていた。

今回のサマースクールの特徴は、グループ活動として共同研究提案書を書くことであった。学生は5～6人のグループに分けられ、革新的な医療機器やサービスを開発する国際共同プロジェクトを企画した。架空の公募では、予算は30万ユーロ（約3,200万円）で、2011年1月1日から開始し、期間は12カ月または18カ月とすること、との指示であった。各グループは研究内容を決め、人的資源と予算の計画を含む6ページ以上の研究提案書を提出し、20分のプレゼンテーションを行った。教授陣は提案書と発表を評価し、優勝したチームにはサプライズプレゼントが贈呈された。

今回一受講生としてサマースクールに参加でき、国際コラボレーションの難しさを体験し、アカデミックライティングとプレゼンテーションの演習は、とても勉強となり、よりいっそうタフになったと感じる。ここで、サマースクールの開催と運営に尽力された GSISH と GMSI の先生方に感謝する。今回のサマースクールで得られた経験を今後の GMSI における活動に活かしていきたいと思う。

The First GSISH-GMSI Summer School “Recent Advances in Biomedical Engineering” was held at Abtei Frauenwörth, Chiemsee, Frauenchiemsee, Germany, from Sep. 13<sup>th</sup> to Sep. 17<sup>th</sup>, 2010. The number of participants was 34, and 22 PhD/MSc candidates and 12 professors joined the school, mainly from the Graduate School of Information Science in Health (GSISH) of Technischen Universität München (TUM) and the GMSI program of the University of Tokyo.

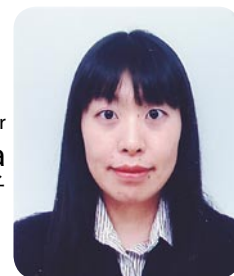
The topics were biomedical imaging, medical robotics, etc., and the program was composed of 12 lectures by the professors with different research backgrounds, 10 hours of group activity, lab tours to four institutes including a hospital, and “get to know each other” excursions such as boating and hiking. The summer school was characterized by the content of the group activity which was an exercise on proposal writing. Specifically, each group (5-6 people) had to propose an international collaborative project on an innovative medical device/service. “The budget of the fictive project is 300k Euro, and the duration is 12 or 18 months, starting from Jan. 1<sup>st</sup>, 2011. Each group had to give a 20 minute presentation about their proposal of more than 6 pages containing the planning of research tasks, human resources, and budget. Professors evaluated the proposals and presentations. The team that won the best presentation award was given surprise gifts.

I participated in the summer school and experienced the difficulty of international collaboration. I also learned a lot from the practice of academic writing and presentation, and now I feel I've become stronger through this experience. I wish to express my gratitude to GSISH and GMSI professors and organizers. I want to make the best use of the experience obtained during the summer school for the future activity in GMSI.



Lab tours to a hospital of TUM

Assistant Professor  
**Kanako Harada**  
原田 香奈子



Winners of the first prize

サマースクールの詳細は章さんの記事に譲り、本稿ではオーガナイザーとしての立場からこのサマースクールについて述べたい。私はポスドクとしてイタリアに3年間滞在した間、ヨーロッパの若手研究者や博士課程学生が国境を越え、言語の壁を越え、共同で国際研究プロジェクトを行う様子を見て、非常に感銘を受けた。ヨーロッパでは暗黙の了解となっている予算体系や共同研究のあり方を日本に居ながら知る機会は稀であり、このサマースクールで、学生たちにそれを知ってもらい、体感してもらいたい、との思いがあった。そこで、本サマースクールでは架空の国際共同研究プロジェクトの公募を設定し、学生たちのグループに提案書を執筆させることを企画したのである。公募は、実際のEUの公募を参考にすることで現実味があるものとし、提案書のサンプルも作成した。ドイツ側も非常に熱心で、実際のプロジェクトコーディネータにEUプロジェクトに関する講義を依頼していただき、また大企業の研究員にもアドバイザーとして参加してもらった。学生たちは夜遅くまで熱心に議論し、提出された企画書もプレゼンテーションもさわめて質の高いものであった。

学生たちは、英語が苦手であっても、専門分野に関する意見があれば、他の人も耳を傾けてくれるということを実感できたと思う。同時に、うまく意思疎通ができずにもどかしい思いをした学生もいるだろう。このような機会が学生の刺激となり、視野を広げるきっかけとなってくれば幸いである。

As Mr. Wei wrote the details of the Summer School, here I want to write about it as its coordinator. I had stayed in Italy for three years as a Post-Doc and got very impressed by EU international collaborative research projects, where young researchers and students of different cultural and linguistic backgrounds work together. Since it's difficult for Japanese students to learn about the EU project scheme or activities, I wanted to organize the Group Activity of the first GSISH-GMSI Summer School to provide a nice opportunity for getting familiar with the EU's research framework. So, we, the organizers of the school, prepared a fictive Call for an international collaborative research project based on an existing EU project and prepared a proposal template with an example. In addition, the GSISH organizers invited an EU project coordinator as a lecturer to provide the basic knowledge and vision of the EU projects, and a researcher of a large German company served as an adviser of the Group Activity. The students forming groups of 5-6 people discussed their ideas to propose an innovative medical device or service, filled out the proposal template of more than 6 pages, and gave presentations on the last day of the school. The students worked very hard until midnight, and the quality of all the submitted proposals and presentations was excellent.

I think some students realized that their group members listened to their technical opinions regardless of their English proficiency and other students felt frustrated with their own poor communication skills. I hope that such experiences motivated the students to broaden their mind.



Visit to a castle



# Domestic Internship

国内インターンシップ

おそらく、これを読む学生の多くは会社で働いた経験がないだろう。私自身にはあるのだが、会社勤めの経験がない人にも感じてもらえるように書いたつもりなので、言葉の端々のニュアンスを拾っていただければと思う。

2010年の9月に、3週間ほど（株）東芝メディカルシステムズ社にインターンシップに行ってきた。開発をおもな業務とする会社で、本社は栃木県的那須にあり、インターンシップ中は寮に滞在した。那須は大自然に囲まれているものの、寮近郊にはコンビニ、飲食店などが歩いて行ける距離にあり、車・バイクでの通勤が主となる。主力製品はCTで、世界的なシェアは4位。業務は各国と連携しているため、朝会社に行くと、前日の自分の仕事の結果が地球を一周して戻ってきている、といった具合だ。業務の具体的な内容は、先方との契約により差し控えるが、この会社で体験したことを書こう。

職場環境は写真が示すように、外国人や子供がいる女性も働くことのできる非常によい環境だった。受け入れにあたっては、テーマを具体的に設定していただいた。お世話になったのは研究を行っている部門だが、大学で行っている研究とは趣きを異にし、学術的な新規性より、製品としての新規性を追求することが主たる内容になる。わからないことがあれば周囲に聞くことができ、親切に教えてくれる環境でもあった。実際、私も素直に聞くことができたし、若手の人が年配の人に技術的な相談を行っていた。会社業務には文書作成が多いとのこと、アカデミアに残るとしても、その点はあまり変わらないかもしれないが、このことは忘れてはいけない。

散文的になったが、最後にインターンシップにあたり、福永氏を始めとする企業の方々、そしてGCOE事務局には大変お世話になった。ここに感謝を記す。



Research Assistant  
Hiroyuki Hishida  
菱田 寛之

I guess that most students reading this article don't have any experience working in a company. I do, so I wrote this article for them and hope that they read between the lines.

In September, I stayed at Toshiba Medical Systems Corporation for an internship. Its main work is the development of medical systems, and its headquarters are located in Nasu, Tochigi. I stayed at a dormitory during the internship. Nasu is in the countryside, but some convenience stores and restaurants are within walking distance from the dormitory, and people commute by car or motorcycle. The main products of the company are CT scanners, and they have the 4<sup>th</sup> largest share of the world market. Since they collaborate with partners worldwide, you can find your reports reviewed by colleagues abroad the very next day after you submitted. I cannot write the details of my work there, so I write what I felt during my stay.

As you can guess from the photo, the working environment is very nice, and many foreigners and women with small children are working there, which is not so common in Japan. They proposed a research topic for my internship and kindly explained it in detail. I belonged to a research department, and the research there is different from that in academia — their priority is contributions to new products. I could ask their opinions without hesitation, and technical discussions between young and senior researchers were quite active. They told me that there are many documents to prepare for work — perhaps similar to academia, but writing skills are important as well.

Last but not least, I'd like to thank the colleagues in the company, especially Mr. Fukunaga, and the GCOE office.



With my colleagues



# Evening Seminars

イブニングセミナー

Research Assistant

Hasan Aftab Saeed  
サイード・ハサン・アフタブ



博士課程の学生は、長期にわたり研究テーマに取り組む必要がある。これは完成度の高い博士論文を書く上で大変望ましいことであるが、一方で、興味のある研究分野以外のことに興味をもたなくなり、より大きな研究目標を見失ってしまう危険性がある。学部生のときに初めてこの話を聞いた私は、いま博士後期課程の最後の段階になって、身をもってまさにこれが真実であったことを実感している。

博士課程の学生は、現在従事している研究が世の中の仕組みに上手く適応していく方向性を見出す必要がある。私は過去2年にわたり GMSI プログラムのイブニングセミナーを聴講して、イブニングセミナーがこのジレンマを効果的に解決しようとしているものであることを実感した。月1回のイブニングセミナーと、より頻繁に行われる午前／午後のセミナーの違いは、後者が講演者の研究に関連する詳細な科学技術テーマを対象としているのに対して、前者は RA である受講者の洞察力を向上させ、産業界で成功を収めるために必要な素養を育むことを目的とした話題を提供している。これらの素養には、既存の問題を解決する能力だけでなく、新たな問題を特定し、定義する能力が含まれる。

すべての高等教育機関は、産学の研究者を輩出するだけでなく、革新的なビジネスベンチャーを創出すべく先見性を高め意欲を駆り立てるような教育をし、さらには産業界においてリーダーシップを発揮できる卒業生を世に送り出す必要がある。イブニングセミナーを聴講することで、指導的な立場にある技術者や経営者の多彩な経験談を直に聞くことで、博士課程の目標達成に向けての有意義な一歩を踏み出すことができる。このような理由から、私はいつも GMSI イブニングセミナーを楽しみにしているのである。



Evening seminar

A PhD candidate has to focus on his research topic for long periods of time. While this focus is desirable from the point of view of successful writing of his doctoral thesis, there is a significant danger of his losing sight of the bigger picture outside his field of immediate interest. I first heard this when I was doing my B.S., and now that I am in the final stage of my PhD, I can confirm from experience that it is absolutely true.

It is therefore necessary that a PhD candidate doesn't lose sight of where his research actually fits in the bigger scheme of things. Having attended evening seminars during the last two years under the GMSI program, I can confidently say that they effectively address the above dilemma. The difference between the monthly evening seminars and the more frequent morning/afternoon seminars is that while the latter typically focus on technical details pertaining to the speaker's research, the former aim at improving the research assistants' insight in terms of the qualities required for a successful career in industry. These qualities include broad vision, foresight, and an ability to identify and define problems, not just an expertise to solve already defined problems.

In addition to producing researchers for academia and research institutions, all educational institutes must also prepare their graduates for leadership positions in industry as well as inculcate in them motivation and foresight to start innovative business ventures. Listening to first-hand experiences of engineers and managers in diverse leadership positions in industry goes a long way towards achieving this goal. I find GMSI evening seminars informative as well as stimulating, and always wait for them with eager anticipation.



**Global Center of Excellence for Mechanical Systems Innovation  
The University of Tokyo**

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, JAPAN TEL/FAX: +81-3-5841-7437  
E-mail: [gmsi-office@mechasys.jp](mailto:gmsi-office@mechasys.jp) <http://www.mechasys.jp/>

**東京大学グローバル COE プログラム 「機械システム・イノベーション国際拠点」**

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL/FAX: 03-5841-7437  
E-mail: [gmsi-office@mechasys.jp](mailto:gmsi-office@mechasys.jp) <http://www.mechasys.jp/>