

GMSI Newsletter

Global Center of Excellence for Mechanical Systems Innovation

Vol. **11**
December 2011

contents

Preface dialog / 巻頭対談

01 Pioneering Advanced Engineering in the Field of Nanomaterials

The Need for Continuity and the Spirit of Challenge

Tadatomo Suga & Tatsuya Okubo

ナノ材料分野の最先端工学を切り拓く

必要なのは、継続とチャレンジ精神

須賀 唯知 & 大久保 達也

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

09 Molecular simulation of novel interfacial applications

非平衡分子動力学シミュレーションによる新奇界面現象へのアプローチ

10 Multi-probe scanning method for measuring profile line of

plane mirror in nanometer accuracy

走査型多点法による平面ミラー形状のナノ精度計測

Activity report / 活動報告

08 International Lecture

インターナショナル・レクチャー

11 GMSI Workshop on Metrology

国際拠点ワークショップ

12 GMSI course: Engineering Literacy III

GMSI 講義: 工学リテラシーⅢ

13 International Internship

海外インターンシップ

14 Domestic Internship

国内インターンシップ



Preface dialog

Pioneering Advanced Engineering in the Field of Nanomaterials

The Need for Continuity and the Spirit of Challenge

Professor Tadatomo Suga, School of Engineering,
Department of Precision Engineering

Professor Tatsuya Okubo, School of Engineering,
Department of Chemical System Engineering

巻頭対談

ナノ材料分野の 最先端工学を切り拓く 必要なのは、継続とチャレンジ精神

須賀 唯知 教授 大学院工学系研究科 精密工学専攻

大久保 達也 教授 大学院工学系研究科 化学システム工学専攻

Professor Tatsuya Okubo is involved in the development of innovative nanospace materials in the fields of energy and the environment, and focuses his attention on zeolite, a porous inorganic material. Professor Tadatomo Suga is a pioneer in interfacial bonding of various materials at room temperature, and is involved with activities aimed at establishing practical applications. We asked the professors, both of whom have led the way in the field of advanced materials engineering, about their past activities, and the requisite attitude and experience of being a researcher.

多孔性の無機材料であるゼオライトを中心に、エネルギーや環境分野における革新的なナノ空間材料の開発を手掛ける大久保達也教授。アルミなどの金属を中心に、世界に先駆けて、常温での界面結合を実現し、実用化に向けた活動に取り組む須賀唯知教授。ともに最先端の材料工学の分野を牽引してきた両教授に、これまでの足跡と、研究者として必要な姿勢や経験について伺った。



Tadatomo Suga

Dr. Suga graduated from the University of Tokyo, Faculty of Engineering, Department of Precision Machinery Engineering in 1977. He served as a researcher at Max Planck Institute for Metals Research, and received his Doctorate of Science from Stuttgart University in materials science in 1983. From 1984, he served as Assistant Professor in the Faculty of Engineering, The University of Tokyo, and became Professor in the same department in 1993. From 1994 to 2004, he also served as Professor at the Research Center for Advanced Science and Technology. Dr. Suga has researched new methods related to integration and disassembly of micro-systems; coordinated collaboration between industry, government, and academia; established the Institute for Advanced Micro-system Integration (IMSI); and contributed to the establishment of the Union of Eco-designers. He also served concurrently as the Director of the National Institute for Materials Science from 2002 to 2009. He became a Member of the Science Council of Japan in 2008 and an Affiliated Member of the Science Council of Japan in 2009.

すが・ただとも

1977年、東京大学工学部精密機械工学科卒業。マックスプランク金属研究所研究員を経て、83年にシュツツガルツ大学材料科学で理学博士号を取得。84年東京大学工学部助教授、93年同教授、94年より先端科学技術研究センター教授。2004年より、大学院工学系研究科教授、精密機械工学専攻を担当。マイクロシステムの接合と分離に関わる新手法を研究するとともに、実装における産官学の連携、電子実装工学研究所（IMSI）の設立、さらに、エコデザイン学会連合の設立に寄与。2002～2009年、独立行政法人物質材料研究機構、特別研究員（ディレクタ）を併任。20期学術会議会員、21期同連携会員。

Tatsuya Okubo

Dr. Okubo graduated from the University of Tokyo, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering in 1983. He completed doctorate coursework at the University of Tokyo, Graduate School of Engineering, Department of Chemical Engineering and was awarded a doctorate in engineering in 1988. He served as Research Associate at Kyushu University, Faculty of Engineering, Department of Applied Chemistry in 1988, and Research Associate at the University of Tokyo, Faculty of Engineering, Engineering Research Institute in 1991. After serving as Visiting Associate at California Institute of Technology in 1993, he went on to be Lecturer in 1994, Associate Professor in 1997, and Professor from 2006 at the University of Tokyo, School of Engineering, Department of Chemical System Engineering. He served concurrently during this period as JST front-line researcher from 1997 to 2000, and again from 2002 to 2006. The focus of professor Okubo's research is the development of new synthesizing processes for zeolite and mesoporous silica and their application to the fields of energy and the environment. Professor Okubo is involved in the creation of unprecedented novel nanospace materials, and the development of practical processes for such materials.

おおくぼ・たつや

1983年、東京大学工学部化学工学科卒業。88年、東京大学大学院工学系研究科化学工学専攻博士課程修了、工学博士。同年、九州大学工学部応用化学科助手、91年、東京大学工学部総合試験所助手、93年 California Institute of Technology, Visiting Associate。94年、講師、97年助教授を経て、2006年より東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻教授。この間、1997～2000年、および02年～06年にかけて、JST さきがけ研究者を併任。研究対象はゼオライト、メソポーラスシリカの新規合成プロセスの開拓と、エネルギー・環境分野への応用。これまでにない新規ナノ空間材料の創出やそのための合理的なプロセスの開発などを手掛ける。

—先生方のご研究について教えてください。

大久保—私は長年、ゼオライトという多孔性の無機材料などのナノ空間材料の研究に取り組んできました。ゼオライトというのは、洗剤などで広く使われている物質です（図1）。洗剤の場合には、水中のマグネシウムやカルシウムなど、界面活性剤の洗浄力を妨げるアルカリ土類金属をイオン交換により回収し、水を軟水化することで、洗剤の泡立ちをよくする役割を果たします。かつて、同様の役割はリン含有物質が担っていたのですが、排水に含まれるリンが引き起こす環境問題が深刻化したことで、今ではほとんどがゼオライトに置き換えられました。ゼオライトは酸素とシリコン、アルミからできていて、役割を終えて構造が分解されても、有害物質が排出されません。つまり、環境に対して害がないため、大いに利用されているのです。

そもそも、ゼオライトというのは自然界にある物質なんです。たとえば、鉱物のウルトラマリン（ラピスラズリ）はゼオライトの一種で、古くから天然顔料として使われてきました。学術的には1756年にスウェーデンの鉱物学者クロンステットによって発見され、1940年代に英国のバーラーによって人工的に合成する手法が開発されて、その後、先にお話しした水の軟水化や重質油の接触分解の触媒として、エネルギー・環境分野で広く使われるようになりました。最近では、日本発の技術として、ナイロンの原料をクリーンにつくり出す際に触媒として使われています。また、ペットボトルの材料であるパラ・キシレンを分離・精製する際の吸着剤として世界中で活用されています。ゼオライトは小さな穴をもつ固体で、かつ酸の性質をもつことから、触媒、イオン交換材料、吸着材料など、環境対応の物質として幅広く活用されているのです。

そうしたなか、我々は、この物質がアルカリに非常に強い物質であることに着目して、ゼオライトにカリウムやナトリウムなどのアルカリ金属の塩を担持することで、ディーゼルエンジンから排出される煤の燃焼触媒に応用する研究を進めています（図2）。これは、砂と海水からつ

— Please tell us about your research.

Okubo: For many years, I have been involved with research of nanospace materials such as zeolite, a porous inorganic material. Zeolite is a substance widely used in detergents and other products (Fig. 1). Zeolite in a detergent serves to improve detergent foaming by softening water through the ion exchange recovery of magnesium, calcium, and other alkaline-earth metals, which are present in water and interfere with the detergency of surfactants. At one time, phosphorus-containing substances served the same role, but currently, these substances have mostly been substituted by zeolite due to aggravation of environmental problems caused by the phosphorus contained in waste water. Zeolite is formed from oxygen, silicon, and aluminum, and does not discharge toxic substances when it has served its role and its structure has decomposed. In other words, zeolite is widely used because it does not harm the environment.

To begin with, zeolite is a naturally occurring substance. For example, the mineral lapis lazuli (ultramarine) is a type of zeolite and has been used through the ages as a natural pigment. In terms of its scientific history, zeolite was discovered by the Swedish mineralogist Cronstedt in 1756, and a technique for artificially synthesizing zeolite was developed by Barrer in England in the 1940s. Zeolite thereafter became widely used in the fields of the environment to soften water as described above, and the energy as a catalyst for catalytically cracking heavy oil. More recently, zeolite has also been used for cleanly forming nylon material, which is a technology developed in Japan. Zeolite is also used worldwide as an adsorbent for separating and refining paraxylene, which is a material used in plastic bottles. Zeolite is a solid that possesses small pores, and is widely used as an environmentally friendly catalyst, ion exchange material, adsorbent, and the like because it has acidic properties.

In lieu of these facts, we are performing research in the use of zeolite as a combustion catalyst for the discharge of soot from diesel engines by supporting potassium, sodium, and other alkali metal salts on zeolite in view of its extremely high alkali resistance (Fig. 2). This catalyst can be made from sand and salt water.

Additionally, we have undertaken research related to the creation of

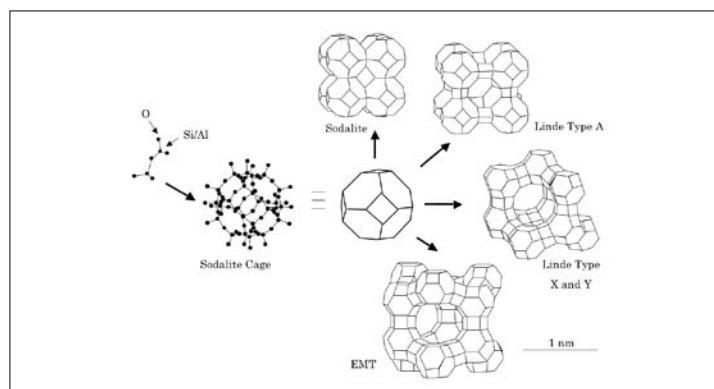


Fig.1: The structure of zeolite
図1: ゼオライトの構造

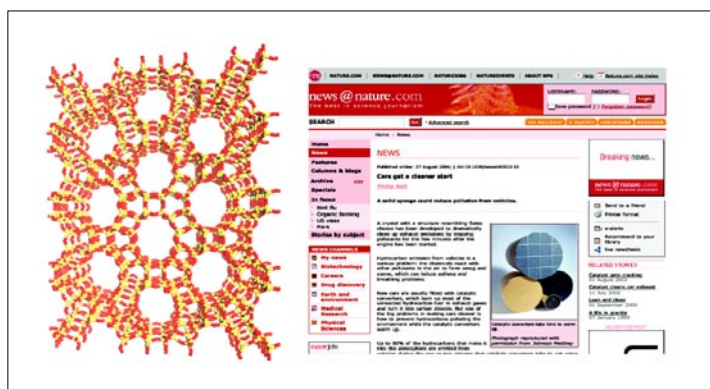


Fig.2: Hydrocarbon trap. A system of recovering unburned hydrocarbons in exhaust gas during automobile engine startup
図2: ハイドロカーボントラップ。自動車エンジン始動時の排ガス中から未燃ハイドロカーボンを回収・利用するシステム



Fig.3: Morpho butterfly and opal

図3: モルフォ蝶とオパール

ることができる触媒です。

そのほかに我々が取り組んでいるのが、物質の構造によって機能をつくり出す研究です。たとえば、宝石のオパールの色は、 SiO_2 、すなわちシリカが球状に整然と並んでいることによって生み出されるものなんですね。あるいは、鮮やかな青色をしたモルフォ蝶の翅は、鱗粉の表面に刻まれた格子状の構造が編み出す色。このような物質の構造がつくり出す色に着目しています（図3）。従来、化学の分野では特定の物質に依存して色をつくり出していたのですが、構造色の開発によって、環境負荷の少ない、より安全な物質で機能をつくり出すことが可能になると考えています。これは、ナノテクノロジーの重要な分野であると考えています。

そのほかにも、ゼオライトと同様にナノの空間をもつ日本発の材料であるメソポーラスシリカを使った反射にくいディスプレイパネルの開発や、光の屈折率を制御し高効率に電気エネルギーを光エネルギーに変換して取り出すことができる照明の開発も手掛けています。ただし、あくまでもつくり方はシンプルに、汎用的な技術を目指すのが我々のやり方です。

須賀—私は、常温で金属や半導体を直接接合する研究を手掛けています。たとえば、通常、アルミの部品を接合するためには、表面を $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 程度に加熱して、原子を拡散させてくっつける方法をとりますが、それを「常温で」実現するというのが我々の研究の要です。金属を熱で溶かすにはエネルギーも必要ですし、別の反応が起こってしまったり、物質によって熱膨張係数が違うため歪みが生じたり、脆い層ができるなど、さまざまな問題が起こりやす

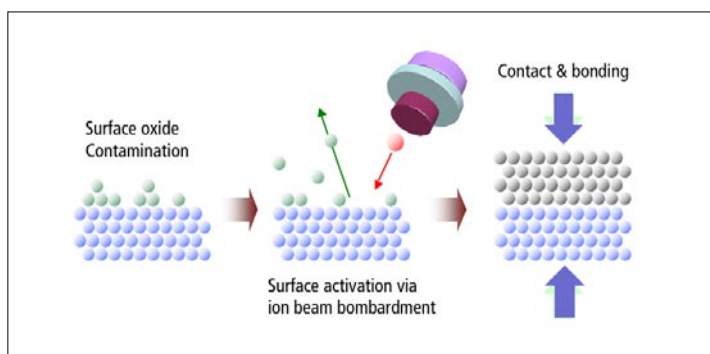


Fig.4: Basic principles of surface activated and room-temperature joining

図4: 表面活性化常温接合の原理

functions that depend on the structure of a substance. For example, the color of an opal jewel is created by the orderly spherical alignment of SiO_2 , i.e., silica. Alternatively, the color of the wings of a bright blue morpho butterfly is created by the lattice structure indented on the surface of its scales. We are focusing on the colors created by the structure of such substances (Fig. 3). In past times, colors were created in the field of chemistry by dependence on a specific substance, but we believe that it is possible to create functions using safer substances with a lower burden on the environment by developing structural colors. We believe that this is an important field within nanotechnology.

Also, we are involved in the development of low-reflectivity display panels that use mesoporous silica, which is a material that was developed in Japan and has the same nanospace as zeolite. We are also developing illumination applications in which the refractive index of light is controlled and electric energy is converted into light energy in a highly efficient manner. However, our approach aims for a method of manufacture that is a simple, general-purpose technology.

Suga: I am involved in research in which metals and semiconductors are directly bonded at room temperature. For example, in order to join aluminum components together, the materials are ordinarily heated to about $400\text{--}500^\circ\text{C}$ to diffuse the atoms and bring them into contact with each other, but the main point of our research is to achieve this "at room temperature." Energy is required to melt a metal with heat, and this may prompt unnecessary reactions to occur, strain to arise due to a difference in the coefficient of thermal expansion between substances, formation of a brittle intermetallic layer, and various other problems to occur. On the other hand, such problems can be avoided if the bonding can be achieved at room temperature. In order to realize it, the surface of the substances to be bonded must be thoroughly planed to flatness at a nano-level. The surface of the metal is exposed to air and oxidizes, i.e., rusts. When this oxide layer is thoroughly removed using an ion beam or by other means, the surface goes into an unstable state with higher energy. Bringing, for example, two aluminum components having such activated surfaces into close contact with each other makes it possible to securely join these surfaces together at room temperature (Fig. 4).

Until now, room-temperature joining had to be performed in an ultra-high vacuum because oxidation would immediately occur when work was carried out in the open air. Currently, surface activation processes are being devised, materials are being selected, and other novel ideas are being tried out so that bonding can be more simply performed under ordinary

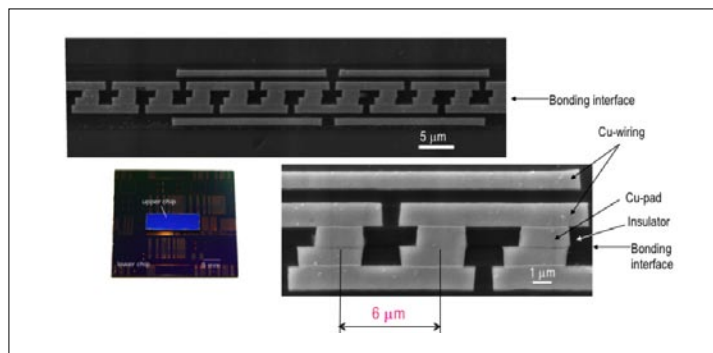


図5: 半導体デバイス 3D 積層のための銅電極の超微細多端子接続

常温接合を実現するためには、空気中で作業すればすぐに酸化してしまうので、従来は、超高真空で作業する必要がありました。これを、より簡単に、普通の状態でも接合できるよう、現在は、表面処理のプロセスを工夫したり、材料を選択するなど、新しい試みを重ねているところです。最近では、金属だけでなく、ガラスや有機材料などでも接合が可能になり、半導体デバイスなどに応用すべく研究を加速しています(図5)(図6)。

須賀 一途中、さまざまな研究もやっていましたが、常温接合については20年くらい取り組んでいます。最初は異種材料界面の構造や強度評価の研究をしていて、そこから常温接合の基礎研究を手掛けようになり、さらにプロセスとして使えるものにしていこうと研究を進展させてきた。この研究はまさに日本発で、我々が切り拓いてきた分野なのです。すでに実用化も始まっていますが、今後はさらに応用分野を広げていこうと、民間企業とコンソーシアムを組むなどして、ニーズの検討を行っているところです。

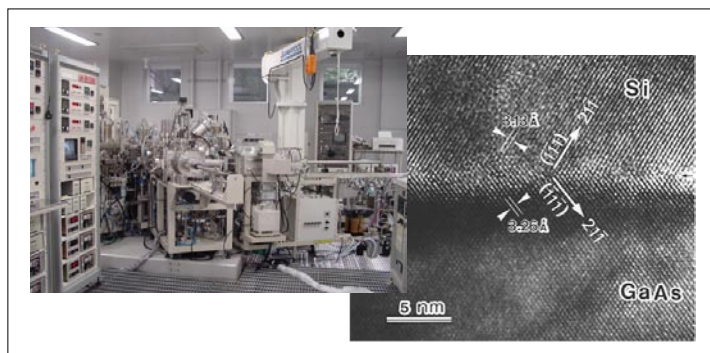


図6: ウエハ接合装置および Si-GaAs 常温接合界面の電子顕微鏡像

— Have you consistently researched the same topics ?

Suga: At one point in my career, I researched various topics, but for 20 years now I have grappled with room-temperature bonding. Initially, I researched the interfacial structure between different types of materials and performed strength evaluations. From there I moved on to basic research in room-temperature bonding, and then to research of methods that can be used as a production process. This research has really taken off in Japan, and the field is one that we have pioneered. Commercial application is already underway and a consortium with private enterprises is being brought together to determine needs in an effort to further expand the field of application.



Experience Abroad is an Asset for Researchers

海外での経験が、研究者としての財産になる

——具体的には、どのようにして新しい分野を切り拓いてこられたのですか？

大久保—当時、東京大学工学部総合試験所で助手をしていたのですが、自分の書いた論文が“Nature”に掲載されたこともあって、自分で世界に出ていかなければと、意気込んでいた時期でもありました。タイミングよく、オランダの共同研究先から博士論文の審査委員として招聘を受けました。その帰りに、ヨーロッパ・米国の大学で、10カ所くらいセミナーをやって、自分を売り込んだのです。その甲斐あって、2カ月後には客員研究員としてカリフォルニア工科大学に赴くことになりました。

もっとも、最初は言葉が通じなくて苦労もしました。私の英語はブロークンなうえに、日本語同様に早口で、よく、「Tatsuyaは何を言っているのかさっぱりわからない」と言われたものです。結局、私が英語が上手くなるよりも早く、皆が私の英語を理解してくれるようになってしまったので、上達せずじまいで今日までできてしまいました（笑）。とはいえ、若いときにそうやって当たって砕けながら築いた経験と人脈が、今の私の財産になっています。

須賀—私も25～30歳までドイツに留学していたのですが、大久保先生同様、若いころに必死に取り組んだことが、現在の研究につながっています。とくにドイツで身につけたのが、論理的に書き、表現するというスキルでした。留学当初はドイツ語はまったくしゃべれませんでした。場数を踏めばなんとかなるものです。そもそも、研究の場で使う英語は、ネイティブである必要はないですからね。語学の能力に関しては、今の学生のほうが自分たちの若い頃より長けていると思うし、環境が整っていて羨ましいくらいだと思います。

——ただ、最近は留学に積極的でない内向きの学生が増えている、という話も聞きます。

須賀—必ずしもすべての学生がそうではないのですが、確かに、若者が海外に出ていきたくない傾向があるのは事実のようですね。やはり生活が安定してきて、ハングリーさを失っていきけるのでしょう。ただ、欧米の学生の場合は、知識に対するハングリーさは失っていないようにも感じる。語学の壁があるのかもしれませんが、もったいないと感じますね。

大久保—今はいつでも海外に行けるから、貪欲に行こうとは思わないのかもしれませんが、もっとも、ただ闇雲に海外に行くよりも、我々教員がサポートしたり、適切なアドバイスをすることで、より効果的な経験ができるだろうとは思っています。私の場合は、海外へ導いてくれる先生はいませんでした。周囲に、海外の大学と共同研究をしている先輩がいたことで、大変いい刺激を受けました。

— Specifically, how have you pioneered new fields?

Okubo: At the time, I was working as a research associate at the Engineering Research Institute. A paper that I wrote was published in Nature and I was very enthusiastic about going beyond the shores of Japan. I received a timely invitation from research collaborators in the Netherlands to serve as a committee member for a doctoral dissertation. On my way home, I pitched myself at seminars at about 10 Universities in Europe and the USA. This produced positive results, and two months later I headed off to the California Institute of Technology as a visiting researcher.

That being said, I initially suffered because I didn't speak English well. I spoke in broken English and spoke very rapidly as I do in Japanese. It was often said of me "I don't understand anything Tatsuya is saying." Ultimately, my English did not improve, but rather, everyone began to understand my English, so I am where I am today without having improved (laughter). Be that as it may, I am fortunate today because of the experience and personal contacts I developed while running up against and breaking down barriers when I was young.

Suga: I also studied abroad in Germany from the age of 25 to 30 years old, and I also worked furiously when I was young in similar fashion to Professor Okubo, and this led to my current field of research. What I especially acquired in Germany was the skill of logical writing and expression. At the start of my study abroad, I could not speak any German, but it worked out in the end after I gained considerable experience. In the first place, the English used in research situations is not required to be at a native level. In relation to language learning ability, students nowadays are more adept than when we were young, and I am envious of the excellent environment they are in.

— However, we recently heard of an increasing number of inward-looking students who are not proactive about studying abroad.

Suga: That's not necessarily the case for all students, but it is certainly true that young people tend to not want to go abroad. After all, they have a stable life and have probably lost ambition. Nevertheless, I sense that students in Europe and the USA have not lost their hunger for knowledge. There may be a language barrier, but to not take advantage of this opportunity seems to be a waste.

Okubo: Nowadays, one can go abroad anytime, so they may lack the ambition to go. That being said, I think they can probably have a more effective experience than haphazardly going abroad if we the faculty provide support and suitable advice. In my case, there wasn't a boss who advised me to go abroad, but I was very positively stimulated by senior colleagues around me who were carrying out collaborative research with overseas Universities.

Suga: In my case, in contrast to Professor Okubo, I went abroad merely under the advice of my professors, and I decided on my research topics after arriving there (laughter). This may be because, for example, mechanics

須賀—私の場合は大久保先生とは違って、ただ先生に勧められるがままに赴き、テーマも向こうに行ってから決めたほどでしたよ（笑）。というのも、大学では力学を、大学院では材料の研究をするなど、研究テーマが定まっていなかったからです。結局、ドイツで力学と材料の両方の分野にまたがる材料界面の研究を手掛けることになったわけですが、留学していなければ、今の自分の研究者としての道は拓かれていなかったと思います。

大久保—結局は、能力云々ではなくて、チャレンジするかどうかですね。そういうチャレンジ精神をもってほしいからこそ、うちの研究室では卒論はできるだけ英語で書くように指導していますし、海外での学会発表など、学生たちにはさまざまな機会を提供するようにしています。

須賀—GMSIにおいても、海外セミナーなどさまざまな機会を用意しているので、ぜひ、活用してほしいですね。

are taught to undergraduates, and materials research is done in graduate school, so research topics are not established. In Germany, I ultimately became involved in the research of material interfaces, which straddles both mechanics and materials, and if I had not studied abroad, I think that my current path as a researcher would not have been open to me.

Okubo: After all, it is not a matter of ability, but a matter of being up for the challenge. Since we desire that students have such a spirit of challenge, we instruct the students in our research lab to write their graduation theses in English if at all possible, and we provide them with various opportunities to make presentations at academic conferences overseas.

Suga: At GMSI as well, we provide overseas seminars and various other opportunities, and we definitely want the students to take advantage of such opportunities.

New Ideas Come to Mind as a Result of Continuous Thinking

思考し続けた結果、新しいアイデアが浮かんでくる

——最先端研究を切り拓くには、何が必要なのでしょう？

大久保—やはり、誰もやったことがないことをやってやろう、という気概でしょうか。未知の分野というのは怖さもありますが、逆に言えば、誰もやったことがない分野だからこそ、自分の好きにできる面白さがあります。

須賀—人がやらないことをやれば、いつも自分が先頭を走っていられますね。

大久保—私も、今でこそ世の中の役に立つことをしなければという使命感を持って取り組んでいますが、若い頃は、須賀先生がおっしゃるように、1番になりたいと思って突っ走ってきました（笑）。

須賀—ただ、新しいことをやろうと思っても、あるとき突然、アイデアが浮かぶというわけではない。目の前の研究のことをずっと考え続けていく中で、だんだんに核心にいきり寄っていくうちに、あるとき目が覚めるような感覚というか——。結局は、地道な取り組みが必要だと思います。

大久保—おっしゃる通りです。よく、お風呂に入っていてアイデアが浮かぶなんて言いますが、つねにそのことについて考えているから思いつくのでしょう。そうやって、何かがつながったり、ひらめいたり、わかったときは、本当に嬉しいものです。アルキメデスが風呂場でアルキメデスの原理のヒントを得て、湯船から走り出て喜んだ、というのと同じですね。学会発表に行くのだから、そこで情報を仕入れるというよりは、他の研究者の発表に触れて刺激を受けることで、自分の研究とつながる部分を発見したり、イメージを膨らませたりすることが重要なのです。だから学生にも、日頃から、学会には積極的に参加した方がいいと助言をしています。

須賀—若い時は、考える時間がたっぷりあるので、ぜひ、

— What is required to pioneer advanced research?

Okubo: Perhaps it is the spirit of trying to do what no one else has done. There is some fear of working in an unknown field, but on the other hand, it is interesting in that one can do as one pleases because it is a field that no one else has worked in.

Suga: When one does what others won't do, one can always lead the way.

Okubo: I also work with a sense of mission in that even now I believe that I must play a useful role in the world, but as Professor Suga said, when I was young, I worked feverishly with the desire to be the best (laughter).

Suga: However, it is not necessarily the case that one will suddenly have an idea come to mind even if one is attempting to do something new. There is a sense of awakening at some point as one continues to think about





物事にじっくり取り組んでほしいですね。同時に、基礎についてもしっかり学んでほしい。最先端のことというと、基礎とは遠くかけ離れたもののように感じる人もいますが、基礎と最先端というのは、案外、隣り合わせにあるものなのです。逆に言えば、身の回りに、最先端になり得るアイデアがたくさん転がっている。基礎にしっかり取り組むことで、見えなかったものが見えてくることはあるはずです。

大久保—そこで重要なのが、情報に振り回されないようにすることでしょうね。今は昔より情報量が格段に増えているので、情報の取捨選択が難しい。知識に振り回されるのではなく、知識を使いこなす知恵を身につけてほしいと思います。

須賀—ええ、これだけ情報社会が進展すると、研究のあり方やコミュニケーションの仕方も変わってくるのかもれません。ただ、そのもととなるのは、あくまでも自身のアイデアであり基礎である、ということを忘れないで取り組んでほしいと思います。

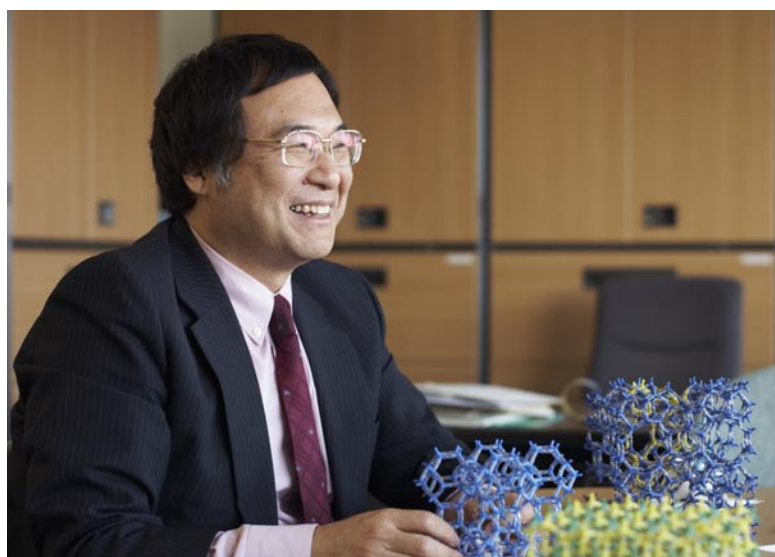
the research in front of you and one gradually approaches the core issues. Ultimately, I think that it is necessary to unceasingly tackle the issues at hand.

Okubo: That is exactly right. It is said that ideas come to mind when one is taking a bath, but this probably happens because one is constantly thinking about the issues. It is truly joyous when one makes a connection, has an inspiration, or comes to an understanding in such a manner. It's the same as when Archimedes obtained a hint of the Archimedes' principle in the bathtub and then joyously dashed out of the bathhouse. Even in going to academic conferences, more important than collecting information is being stimulated by exposure to the presentations of other researchers, whereby one can discover ideas related to one's own research and obtain a larger picture of things. Therefore, I always recommend that my students actively participate in academic conferences.

Suga: One has plenty of time to think when one is young, so I would really like young people to be thoroughly involved with things. At the same time, I want young people to thoroughly learn the basics. There may be those that perceive advanced concepts to be far removed from the basics, but basic and advanced concepts are surprisingly close to each other. Conversely, we are surrounded by many ideas that can become advanced concepts. Things that could not be seen before should come into view when one is thoroughly versed in the basics.

Okubo: What is important here is to not be overwhelmed by the information available to us. The amount of information is vastly greater nowadays in comparison with the past, so it is difficult to decide what is useful. I would like students to use knowledge to acquire wisdom rather than drift helplessly in the sea of knowledge.

Suga: Yes, the entire concept of research and the methods of communication may change if our information-based society continues to advance at the current pace. However, I would like students not to forget that one's work should be based strictly on one's own ideas and basic concepts.



Reported and written by: Madoka Tainaka

Photographs by: Takashi Arai

取材・文 = 田井中麻都佳

写真 = 新井 卓

Research Assistant
Le Thu Hac Huong
レ・ツー・ハク・ホウン



Lecture by Prof. I-Ming Hsing

第8回インターナショナル・レクチャーを通じて、マイクロ・ナノ化学の方法論として非常に重要な単一分子の分光学の基礎、およびバイオ分析、医療診断、エネルギーデバイスにおける最先端の様々な研究について学ぶ機会を得た。その内容について簡単にまとめる。講義は2日間であり2つのテーマについて学んだ。1日目は香港科技大学 (HKUST) の I-Ming Hsing 教授の講義であり、マイクロエネルギーデバイスとして最近注目されている集積化した燃料電池の開発について学んだ。講義の後半ではバイオ分析、医療診断分野における応用研究の現状と展望が紹介された。新たな微細加工法の開発によって生物学的事象の定量分析が可能となり、微小環境における生体反応の基礎を解明できることが紹介された。

第2日目には Iowa 州大学の Edward. S. Yeung 教授から単一分子の分光学に関する重要な研究が紹介された。近年、マイクロチップや単一細胞に代表されるように分析場が微小化している。このような微小空間では検出体積が小さくなるため、検出される分子数は少なくなり、単一分子の分析が求められる。本講義では、新たなレーザーイメージングシステムを使用することによって、液体中の個々の蛍光種の拡散運動を解明し、拡散係数と同様に光化学分解率を直接測定する手法が紹介された。その狭い空間での動きがバルク拡散に比べて非常に異なることがわかった。これらの結果からは、感度の優れた検出法や新たな分離モードなどの開発が期待されている。

The 8th lecture on applied spectroscopy and micro/nano chemistry is one of the international lectures held by the GMSI program, which primarily aims to give graduate students opportunities to learn and discuss innovative research activities in certain fields of engineering. The lecture was divided into two separate themes over two days. On the first day, Professor I-Ming Hsing from the Hong Kong University of Science and Technology (HKUST) introduced how the field of integrated fuel cells has been progressing. Recently, this has attracted much attention due to an increasing demand for micro energy devices. Another topic on his lecture was related to developing microsystems for biological applications. His research interest in this area is to develop a point-of-use bioanalytical microsystem with emphases on the fundamental understanding of biological reactions in a microenvironment as well as the realization of novel, microfabrication-compatible techniques, enabling quantitative analyses of biological events in the microscale.

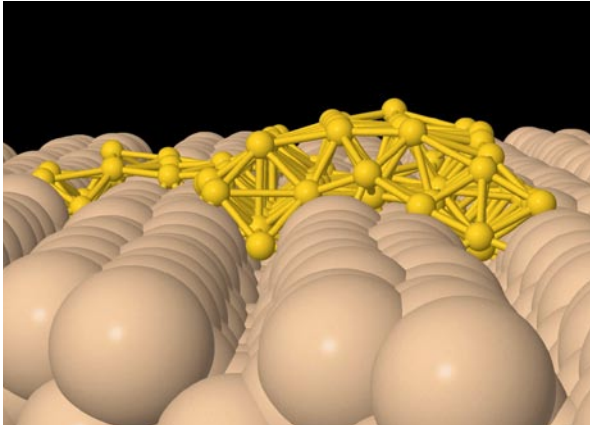
The second lecture was related to the field of Single molecule spectroscopy and was presented by Professor Edward. S. Yeung from Iowa State University. In recent years, the demand for analysis in miniaturized systems or in living cells has increased rapidly because of potential applications in environmental analysis, cell engineering, clinical diagnosis, and life science. Since the detection volume in such micro space is small, the number of detected molecules is thereby reduced, thus requiring the developing of novel single molecule detection methods. Professor Yeung introduced his research interests in microscale separation and single molecule spectroscopy. By using a novel laser-imaging system, he could follow the diffusional motion of individual fluorescent species in solution. Moreover, the diffusion coefficient, as well as the photochemical decomposition rate, can both be measured directly. It has been found that motion in a confined space can be very different compared to bulk diffusion. The results provide unprecedented insight into bulk separation processes. Novel separation modes have been demonstrated based on these new insights.



Lecture by Prof. Edward. S. Yeung



Research Assistant
Derek Ashley Thomas
トーマス デレック・アシュリー



MD simulation of gold deposited on a silicon surface

多成分系から構成される物質表面や結晶粒界などの界面構造は非常に複雑である。これら界面の影響は、ナノスケール熱伝導やナノ構造体の自己組織化などの幅広い現象において支配的な役割を担うと考えられる。このような理由から、ナノ材料界面物性の理解とそれに基づく制御は急務であり、実験的研究からの知見のみならず、数値シミュレーションに基づく理論的指針もまた、デバイス応用に向けて極めて重要となる。そこで、我々は数値シミュレーションの立場から、界面現象の解明に取り組んでいる。

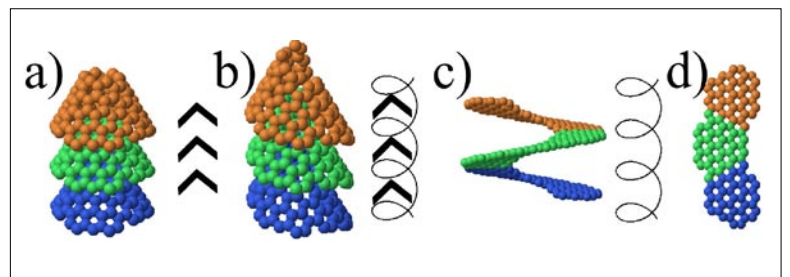
我々の数値シミュレーションは非平衡分子動力学法に基づいており、これまでにプログラムコードの開発・応用を行ってきた。現在は主に2つのテーマに焦点を絞って解析を行っている。ヘリカル構造のカーボンナノファイバーの熱伝導特性とシリコン表面での金属原子の自己組織化の2つである。カーボンナノファイバーの研究については、ヘリカル構造のカーボンナノファイバーの熱伝導率は他のナノカーボン物質のそれと比べて、極端に小さい値をとることがわかった。共有結晶で小さな熱伝導率を示すことは非常にユニークであり、熱電デバイスへの応用も十分に考えられる。自己組織化の研究については、シリコン表面における金属原子の自己組織化のメカニズムを解明するために、現在カナダのトロント大学の実験グループと共同研究を進めている。

Molecular simulation of novel interfacial applications

非平衡分子動力学シミュレーションによる新奇界面現象へのアプローチ

The presence of complex interfaces (e.g. multi-component surfaces, grain-boundaries, etc.) in engineered components can play important roles in any engineering focus. Interface-science is important to a wide range of topics, including nanoscale thermal transport and nanostructure self assembly, just to name a few. Creating next generation nanotechnology in these important areas is important, but experimental analysis cannot control and anticipate all of the factors at the nanoscale alone (e.g. environmental conditions, effect of defects, etc.). Therefore, there is a need for robust simulation techniques that handle the complexity of interface engineering.

In order to form a firm theoretical understanding of these interesting systems, we have begun development of a robust simulation software package. We plan to look at questions related to thermal transport in carbon nanostructures and self assembly of metals deposited onto silicon. We are currently using non-equilibrium classical molecular dynamics (MD). In our work up to this point, we have already been able to investigate some novel systems. In particular, thermal transport simulations of conical-helix carbon nanofiber show some unique properties we haven't seen in other carbon nanostructures. These include a drastically reduced thermal conductivity and other unique properties, all of which may one day lead to efficient power generation at the nanoscale and to other applications as well. Furthermore, we've begun working in collaboration with experimental researchers at the University of Toronto to better understand the mechanisms of metal self assembly on silicon surfaces. We are working to extend the understanding and predictability of nanoscale engineering through our research in computational materials science.



Various related carbon nanostructures: a) cup-stacked nanofiber, b) conical helix nanofiber, c) helical nanofiber with no conical angle, and d) graphene ribbon.



Research Assistant
Ping Yang
楊平

Multi-probe scanning method for measuring profile line of plane mirror in nanometer accuracy

走査型多点法による平面ミラー形状のナノ精度計測

The development of super-precision machining technology has brought the machining accuracy of large-scale parts, such as optical components; silicon wafers; and liquid crystal panels, in the order of nanometers already. It has also become increasingly important to evaluate surface geometry with nanometer accuracy.

In our study we have devised a new multi-probe scanning method using multiple displacement sensors and angle sensor, based on an error separation technique, to measure the profile line of a plane mirror. Compared to the conventional measurement methods, this method does not require a high-accuracy reference element. Moreover, the profile line of the reference plane mirror and straightness motion error of scanning stage can be simultaneously measured by a simple algorithm. The data processing is an application of simultaneous linear equations and least-squares method which can evaluate random error and systematic error of the measurement method.

Specifically, the multi-point scanning method composing three laser interferometers and one autocollimator was used. The effective size of the plane mirror to be measured was 100 mm × 30 mm; the intervals of interferometers were 10 mm and 21 mm; and the moving step of the scanning stage was 1 mm. The measurement principle is shown in Figure 1. We see from the data gathered after running the experiment ten times that the two standard deviations value of the plane mirror profile is mainly fitting the simulated measurement uncertainty of 10 nm (2σ). Comparing this with the results measured by a ZYGO interferometer, our measured data showed agreement with nanometer accuracy. The comparison results are shown in Figure 2.

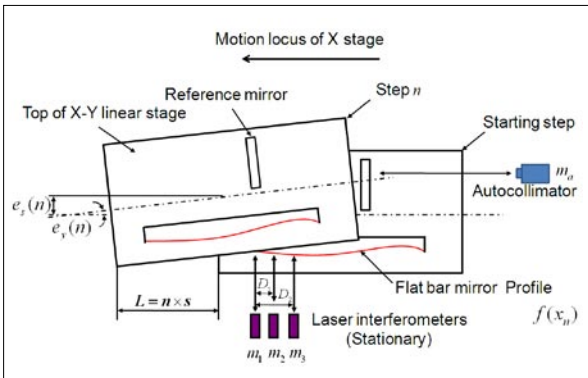


Figure 1: Principle of multi-probe scanning method

近年の超精密加工技術の発展とともに、大型光学部品、シリコンウエハー、および液晶パネルなどの精密部品はナノメートルオーダーの加工精度で製作されている。また、ナノメートルの計測精度で表面形状を評価することがますます重要になっている。

本研究では、平面ミラー形状を測定することを目的とし、基準誤差を分離できる走査型測定手法として、複数の変位センサおよび角度センサを用いた多点法を新たに提案した。従来の測定法と比較して、この手法では高精度な基準を要することなく、簡単なアルゴリズムで参照平面ミラー形状と走査ステージの並進誤差を同時に測定できるようになった。データ処理は連立方程式と最小二乗法であり、計測手法の偶然誤差や系統誤差を評価できる。

具体的な多点法として、レーザ干渉計3点とオートコリメータ1点を用いた手法について検討した。計測対象の平面ミラーの有効サイズは100 mm × 30 mmであり、干渉計の配置間隔は10 mmと21 mmとし、走査ステージの移動ピッチは1 mmとした。計測原理を図1に示す。多点法計算により、全10回の測定データから、ほぼすべての領域で、実験的に求めた平面ミラー線形形状の標準偏差とシミュレーションで求めた伝搬した不確かさが10 nm (2σ) で一致する結果が得られた。一方、ZYGO社の白干渉計で計測した結果と多点法による測定結果とを比較したところ、両者はナノメートルの精度で一致した。比較した結果を図2に示す。

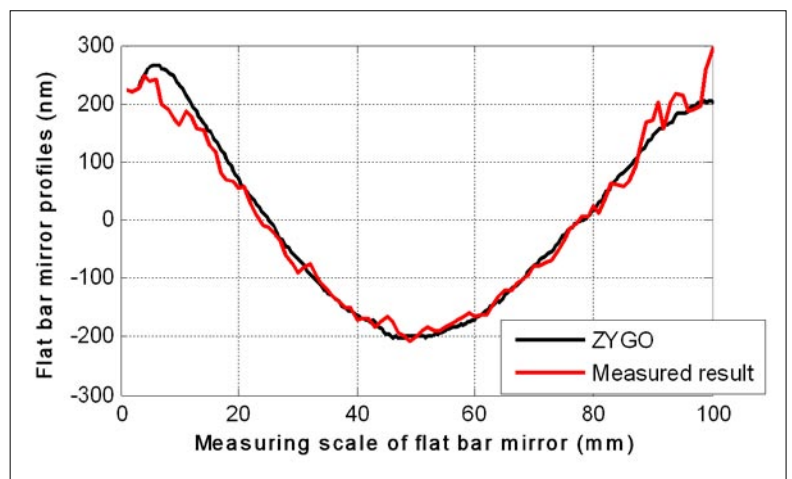


Figure 2: Comparison of our measured result with profile measured by ZYGO's whitelight interferometer system

GMSI Workshop on Metrology

国際拠点ワークショップ

Research Assistant
Muzheng Xiao
肖 木崢



2011年の9月24日から30日まで、GMSIのRA5名、特別研究員1人とGMSI事業推進担当者である教授1名で中国の厦門大学と北京理工大学にある機械計測工学の研究を行っている研究室を訪問した。それぞれの研究室で、セミナーとラボ見学を通して計測工学についての交流を行った。

初めに訪問したのは厦門大学の郭先生の研究室だった。郭先生は日本の東北大学にて博士学位を取得し、約10年前から厦門大学で研究を行っている。研究分野は主に大型で複雑な曲面をもつ形状の加工及び計測技術に関する研究である。研究室所属の大学院生5人が研究を紹介してくれた。彼らは普段の研究活動では英語はあまり使わないとのことであったが、一生懸命に英語で自分の研究を説明してくれた。彼らが自分の研究に対して強い熱意をもっていることに感心した。

厦門大学の訪問の後、北京理工大学の張先生の研究室を訪問した。張先生の研究室では主に微小機械部品の加工及び測定に関する研究を行っている。北京理工大学の学生6人と私達RA5人がそれぞれの研究内容を発表し、その後彼らの研究に関係する実験装置を見学した。彼らの研究テーマのほとんどは、工場における機械部品加工プロセスの問題に対する提案手法に関するものであり、企業との連携が非常に深いことがわかった。私は画像寸法測定器から得られた画像のエッジの決め方に関する研究について議論を交わした。

今回のワークショップで2つの研究室を訪問し、計測工学に関する深い議論ができ、大きな達成感を感じることができた。自分の研究に強い熱意をもっている学生たちとの交流を通して、自分の研究により興味をもつようになった。さらに、研究のテーマを見つけるには企業との連携が非常に重要であるとの認識も得られた。また、今後もGMSIが主催する国内インターンシップなどのプログラムに参加する意欲が高まった。



Seminar at the Beijing Institute of Technology



Workshop group photo at Xiamen University

Five GMSI research assistants, a GMSI researcher and a GMSI professor attended the GMSI Workshop on Metrology from September 24-30, 2011. We travelled to two famous universities in China: the Xiamen University in Fujian province and the Beijing Institute of Technology in Beijing. We attended young researcher seminars and toured the labs at each university.

First, we visited the laboratory of Prof. Guo at Xiamen University. Prof. Guo graduated from Tohoku University about ten years ago. The research of Prof. Guo's laboratory is mainly concerned with the manufacture and metrology of large lenses. Five graduate students of the lab presented their research in the seminar session, and a discussion followed. Although they do not often use English in their lab, they tried their best to explain their work to us. Their great enthusiasm very much impressed me.

After the visit to Xiamen, we flew to Beijing to visit Prof. Zhang at the Beijing Institute of Technology. Professor Zhang's laboratory mainly works on fabrication and metrology of micro-miniature mechanical components. Attending a seminar and lab tour, we learned that their research mostly originated from the problems that actually occur in design and fabrication processes in factories. Here, I was impressed that they have such close contact with companies and factories. During the seminar, I became particularly interested in their research on the edge determination method of image dimension measurement. Some new ideas proposed during the discussion led us to become very excited over future prospects.

I feel very satisfied to have attended such a successful workshop. Being in similar research fields led to deep and efficient discussions. Seeing the students' great enthusiasm for their research really moved me and has encouraged me to focus on my own research with greater effort. Furthermore, I now understand that it is important for researchers to have close contact with companies in the public sector. This workshop has really prompted me to rethink my role in participating in the various activities organized by GMSI, especially in domestic internships.

GMSI course: Engineering Literacy III

GMSI 講義：工学リテラシーⅢ

Research Assistant
Masaya Sakamoto
坂本 正哉



工学リテラシーⅢでは、プレゼンテーションとディスカッションの練習を通じて、国際会議にも通用する英語コミュニケーション方法を学ぶ。授業では、英語のプレゼンテーションを行う上でのポイントを学び、実際のプレゼンテーションとディスカッションを実践練習する。

多くの学生にとって、国際学会は自らの研究を世界に向けて発信し、国際的な研究者ネットワークへ参加する重要な機会となる。しかし、国際学会での発表は、発表だけでなく質疑応答を全て英語で行わなければならないなどハードルは高く、異なる文化や価値観をもつ人々に研究内容を理解してもらうのは容易ではない。これらのハードルを克服すべく、授業でのプレゼンテーションとディスカッションを通じて、自らのウィークポイントを明らかにし、改善するための助言を受ける。

本講義の目的は学術内容の発表ではなく、プレゼンテーションのためのスキルを身につけることであり、講師をはじめ受講者とは率直な意見交換を行うことができる。また、ネイティブの講師による評論も的確であり、効果的である。受講生は工学系のさまざまな分野から来ていることから、身内の発表では省略しがちな研究背景や展望を専門外の人に説明する良い機会ともなる。

本授業は決して容易なものではないが、その分、得るものも多いため、ぜひとも受講すべきであると思う。受講に対して、英語の能力に不安がある人は、はじめは聴講のみにし、慣れてきてから受講するのも手だろう。



Student presentation and discussion

In this course, we practiced presentations and discussions in order to learn English communication skills for active participation in international conferences. After studying the basics of academic presentation, students then gave presentations of their own and held discussions as well.

For students, participation in an international conference is an important opportunity to disseminate their own research to the community, as well as for joining international networks of researchers. However, as presentations and discussions at international conferences are normally in English, it is not very easy for me to explain my research to people of different backgrounds. The course was helpful for me to realize my weak points, and the teacher suggested how I could improve my presentation and discussion skills. The purpose of this course is acquiring presentation skills more than discussing content, and all participants should give their honest opinions and comments. The comments from the native English-speaking teacher were very detailed and useful. I had to include detailed research background in my presentation as the participants were from various fields of engineering, so this also turned out to be a good exercise for me to explain my research to an audience not particularly familiar with my field.

This course is not easy, but you can learn a lot. I recommend this course to those who are really interested in improving their English presentation skills. Students who are concerned about the level of their English communication skills are allowed to join a class before registration so they can judge for themselves whether or not it would be a good fit.



Learning the basics of academic presentation

International Internship

海外インターシップ



Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology

私は、8月31日から来年の2月28日までの6か月間、オランダのデルフト工科大学（Technische Universiteit Delft）に滞在する予定である。デルフトは首都アムステルダムから快速列車で1時間程度のところに位置する静かな街である。

デルフト工科大学はオランダの工科大学の中では最大かつ最古の大学であり、航空宇宙工学や応用科学、建築をはじめ8つの学科がある。航空宇宙工学科は西欧では最大であり、学生数は学部と修士を合わせると2200名ほどで、特に学部1年生は500名近くもいる。その内、25～35%は留学生であり、学部・修士の講義は英語で行われている。

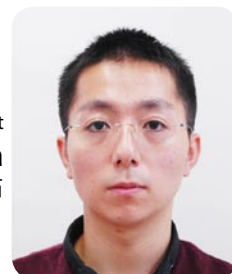
私の派遣先は航空宇宙工学科の Structural Integrity グループで、ここでは構造の疲労・損傷許容性や非破壊検査、製造などについて研究が行われている。このグループには10名以上の博士課程の学生がおり、そのほとんどがオランダ以外の出身で国際色豊かなグループである。グループ内での交流も活発で、毎日、午後3時に多くのスタッフや学生が集まり、コーヒー等を飲みながら会話を楽しむ。実験室は広く、数多くの試験装置があり、航空機の一部やF-16なども教育用に展示されている。

インターンシップ期間中、私は複合材料の剥離進展に関する実験を行うことになった。現在、指導教官や他の学生と相談しながら、そのための準備を進めている。短い期間だが、さまざまな人と交流し、国際性を身につけ、視野を広げていきたいと思う。

Research Assistant

keisuke Umezawa

梅澤 啓祐



I am currently staying at Delft University of Technology (TU Delft). I plan to stay for six months between the dates of August 31, 2011 and February 28, 2012. Delft is a calm town in the Netherlands located about one hour south of Amsterdam by rapid-transit train (Sneltrain).

TU Delft is the largest and oldest public technical university in the Netherlands and is comprised of eight faculties (e.g. Aerospace Engineering, Applied Science, Architecture, etc.). The Faculty of Aerospace Engineering (AE) is the largest of its kind in Western Europe and has about 2,200 students in BSc and MSc courses, nearly 500 of which are in the first year of a BSc course. The percentage of international students in AE is 25-35%, and all lectures are given in English.

I am working in the Structural Integrity group in AE, where structural fatigue and damage tolerance, non-destructive inspection, and manufacturing are studied. There are more than 10 Ph.D. candidates in this group, and most of them are from outside the Netherlands. There is a coffee break at 3 p.m. every day and many students and staff come together to enjoy conversations over coffee. This really promotes various exchanges within the group. The laboratory is very large, and there is a lot of test equipment. Many aircraft parts, and even an F-16, are displayed in the laboratory for educational use.

I am studying a topic related to delamination growth in composite material during my internship here. I am now in the process of preparing for my experiments and being able to regularly consult with my supervisor and other Ph.D. candidates is really a great opportunity. Even though I will be here for only a short stay, I like to interact with as many people as I can in order to learn as much about being in an international mindset and to further broaden my horizons.



Delft Aerospace Structures and Materials Laboratory

Domestic Internship

国内インターシップ

Research Assistant
Jiyeon Kim
金 志娟



WARP: an automotive navigation system using Heads-Up Display (HUD)

まずは、国内インターンシップの機会を与えられたことについて、GMSI 事務局と東芝研究開発センターに感謝申し上げます。私にとってこの3か月のインターンシップは日本の企業文化を体験する貴重な経験であった。

私は8月から10月に、神奈川県のにぎやかな街、川崎市にある東芝研究開発センターの Human Centric Laboratory (HCL) にて実習を行った。HCL はその言葉の通り、人間の認知特性や情報に関して研究するグループである。HCL の皆様は、私の未熟な日本語にも関わらず、研究のことや会社生活等に対する相談を親切に聞いて下さった。そして活発に行われているさまざまな最新技術のプロジェクトに参加させて下さった。特に、車の Head-Up Display のような拡張現実を利用した多様なアプリケーションを集中して学ぶことができた。この研究は、私の専攻とはあまり関係のないテーマだったが、研究に対しての視野を広げる非常に良い経験となった。

私が東芝で教えていただいたのは最新技術だけではなく、日本の企業やその文化を見て、自分の母国のものと比べながらいろいろと学んで感じることもできた。特に、目の前の利益に拘らず、未来を正確に予測し、それに備える東芝の姿勢にとっても感心した。

このインターンシップは、留学生である私にとって非常に良い経験になった。外国人にも関わらず、この機会を与えてくれた GMSI 事務局と東芝にもう一度感謝申し上げたい。そして GMSI の他の RA の方々、特に海外からの留学生の方に、この国内インターンシップへの参加を強くお勧めしたい。

First of all, I would like to thank the GMSI office and Toshiba Corporation for providing me the opportunity to work as a research intern at the Toshiba R&D Center. Over the past three months, through this internship opportunity, I gained valuable insight into Japanese industry that would have been impossible for me to gain otherwise.

I worked at the Human-centric Laboratory (HCL) at the Toshiba R&D Center from August until the end of October. Toshiba R&D Center is located in Kawasaki City, a main hub in Kanagawa prefecture. Everyone at HCL was very welcoming and helpful, teaching me about ongoing projects in the Lab with great patience. Toshiba gave me the opportunity to work on various projects and I had the chance to observe the different aspects of systems using Augmented Reality (AR). I focused on studying navigation systems using AR technologies, such as Heads-Up Display (HUD) systems for automobiles. Even though this topic was quite different from my usual field of research, it was quite beneficial in further broadening my knowledge.

Not only did I have the chance to deal with advanced technology, but I was also able to experience Japanese business culture in a real-life setting. I was especially surprised by the true spirit of progress at Toshiba; they look ahead to the future without focusing on whether or not a profit can be turned right at this exact moment.

This internship has definitely increased my interest in pursuing a career in the modeling field. Once again, I would like to thank the people who helped place me in this great internship. I would strongly recommend this domestic internship program to other RAs, especially to the other international students.



With HCL colleagues and other interns

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 <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 <http://www.mechasys.jp/>