

GMSI

Newsletter

Vol. 3
2009/December



対談
電子顕微鏡による
観察・分析により
新素材を生み出す。

contents

共同研究者対談

- 01 カーボンナノチューブの合成技術の開発
幾原 雄一・丸山 茂夫

未来を担う若手研究者

- 05 細胞間シグナリングの経路を調べる
張 氣薫

活動報告

- 07 機械システム・イノベーションⅡ
サマーキャンプ
09 第1回「機械・土木・建築・その他工学」
GCOEプログラム拠点連携会議
10 2009年度上半期活動記録



電子顕微鏡による観察・分析により 新素材を生み出す

カーボンナノチューブの合成技術の開発

幾原 雄一

工学系研究科
総合研究機構ナノ工学研究センター・教授

1983年九州大学工学部卒業、88年同大学院
総合理工学研究科博士課程修了。
ファインセラミックセンター研究所研究員、統
括部長代理、米国ケースウエスタンリザーブ大
学客員助教授、東京大学工学部助教授を経て、
2003年、工学部総合研究機構教授に就任。
電子顕微鏡による材料科学への応用を手がける。
専門は、結晶界面工学、セラミックス材料学など。

丸山 茂夫

工学系研究科機械工学専攻・教授

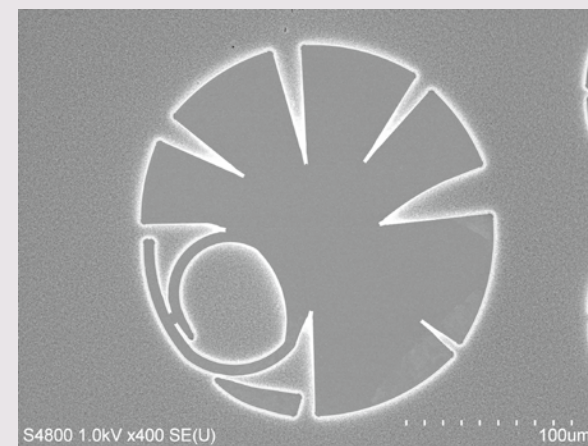
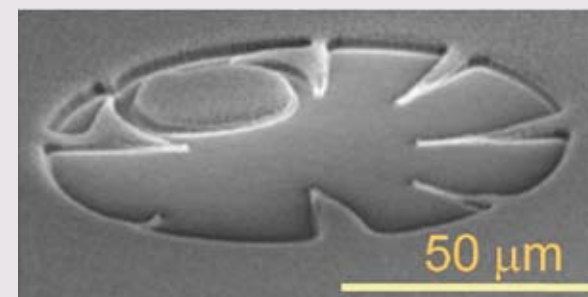
1983年、東京大学工学部船用機械工学科卒
業、88年、同大学大学院工学系研究科機械工
学専攻博士課程修了。
同大学工学部機械工学科助手、テキサス州ライ
ス大学フェロー、東京大学講師、助教授を経て、
2004年に東京大学大学院工学系研究科機械
工学専攻教授に就任。
専門は単層カーボンナノチューブの生成機構の
解明と合成、および光学特性と伝熱特性の研究。

通常の炭素素材とは異なる性質をもち、強く、軽く、しなやかであるがゆえに、次世代材料として大いに期待を集めるカーボンナノチューブ。一部で実用化が始まっているものの、思い通りの形に合成したり、性質の異なるものをつくり分けたりして、実社会に役立てるには、まだまだ課題が山積する。そうしたなか、電子顕微鏡でカーボンナノチューブを観察、分析し、その生成のメカニズムを探り、実際のものづくりに活かす研究が始まっている。電子顕微鏡を駆使し、原子レベルで新素材の開発を手がける幾原雄一教授と、カーボンナノチューブの研究者、「ナノテクの革命児」と丸山茂夫教授に話を聞く。

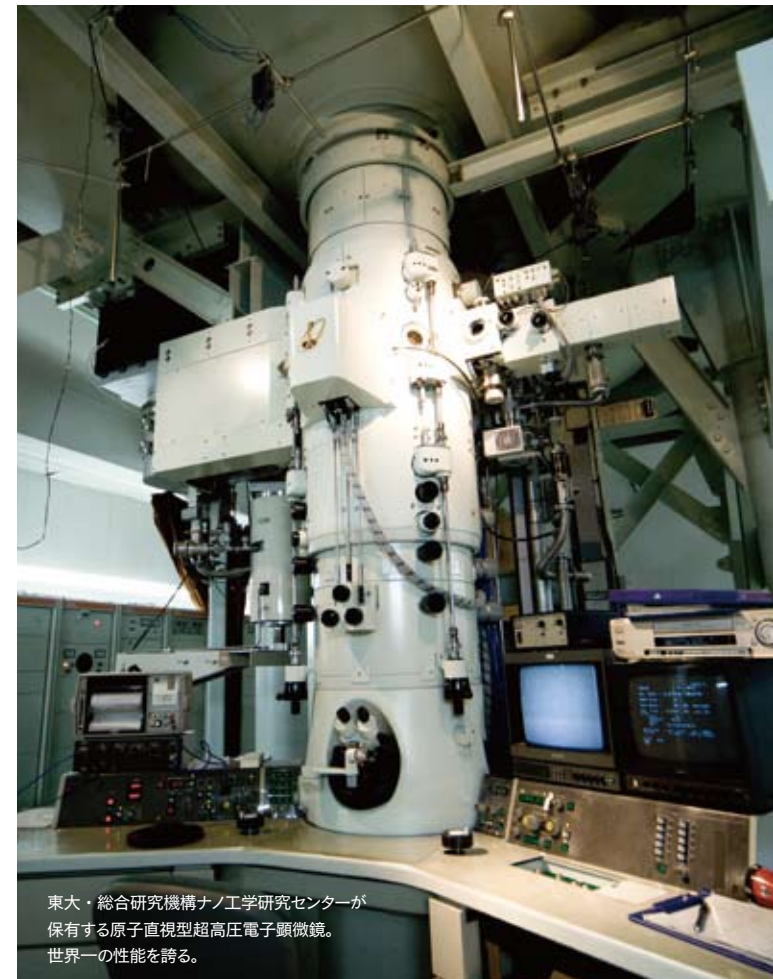
電子顕微鏡でカーボンナノ チューブを観察・分析する

本拠点における共同研究の内容を教えてください。

丸山 私は現在、カーボンナノチューブ(CNT)の合成技術の開発に取り組んでいます。カーボンナノチューブというのは、網目状に結びついた炭素原子が籠のように筒状になっているもので、その直径は1nmと非常に小さい素材です。今、お見せしているこのサンプルは、カーボンナノチューブで東大のロゴをつくったものですが、実は束状のCNTが絨毯のように無数に立っていて、立つ位置を制御してパターンをつくり、ロゴを浮かび上がらせています。しかし通常の電子顕微鏡では、1本1本のCNTを見ることはできませんし、ましてや原子がどのように結びついているかまで確認することなどできません。CNTをつくるためには、まず根元に触媒となる金属(コバルトなど)の種をまき、温度を上げてアルコールの蒸気を流すというCVD(触媒化学気相成長)法によって育てるのですが、そこからどのようにCNTが“生えて”いるのかもわからない。そこで、電子顕微鏡研究の権威である幾原先生のお力をお借りして、CNTがどうやってつくられているのか、詳細を観察・分析し、CNTの合成技術に役立てようとしているのです。



東京大学のロゴを、カーボンナノチューブを積層させることで浮かび上がらせた。
いずれも走査型電子顕微鏡で撮影。

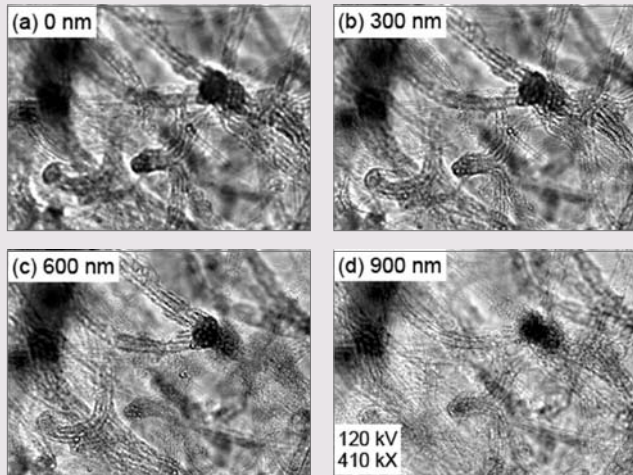


東大・総合研究機構ナノ工学研究センターが
保有する原子直視型超高压電子顕微鏡。
世界一の性能を誇る。

幾原 この研究で使用するのは、東大・総合研究機構ナノ工学研究センターの電子顕微鏡です。当センターでは、加速電圧1250kV、分解能1オングストロームという、世界一の分解能を誇る原子直視型超高压電子顕微鏡を保有しています。これを用いれば、0.1nmまで観察が可能になります。その大きさは、本体だけでも建屋3階をぶち抜くもので、ほんの少しの振動でも影響を与えてしまうことから、地下を20mほど掘り下げて基台を設置しています。このような最先端の電子顕微鏡を使い、原子レベルで物質の成り立ちを観察、解析し、新素材の開発に役立てるのが私の研究分野です。
ところがCNTは、この超高压電子顕微鏡で見ると壊れてしまうのです。CNTは材料として強度が強いことにより期待されているのですが、それでも超高压の強力な電子線には負けてしまう。そうしたことから、CNTを観察するために最適な手法を見出すことも、研究課題の一つとなっています。

どのような成果が得られたのでしょうか？

丸山 昨年、カーボンナノチューブを輪切りにして、三次元的に可視化することに成功しました。実際に見てみると、意外に小さな束だったり、実際に触ったわけではありませんが(笑)、フニャフニャと柔らかかったり、予想以上に面白い構造をしていることがわかりました。やはり、実際に目で見てみるというのは、とても重要なことなのです。



非破壊的な手法により、カーボンナノチューブの束の断面を3次的に見ることに成功。
(a)～(d)は、膜の上から下の方に焦点をずらして輪切りの位置を変えて見たもの。
5～6本のナノチューブの束がいくつか見える。

幾原 輪切りにする場合、通常は最初に人間が手で削り、さらにイオンで削って中身を見ていくのですが、今回は非破壊的なやり方で、電子ビームをフォーカスしたところだけを見るという手法を採用しています。これまでの常識では、こんなに厚いサンプルを透過して見られるわけがないとされてきたのですが、それを覆すことができました。

丸山 実は発表直後、CNTの研究者の中から、「これは間違いだ」と、指摘されたんですよ。もちろん間違いではありませんし、にわかには信じられないほど、画期的な研究成果だったということでしょう。納得いただくのに半年くらいかかってしまいました。もともと、ナノの世界でモノを見ようとする、ときに、まったく違うものを見てそう思い込んでしまったりして、本当にとんでもない間違いをしてしまうことがある。それくらい、電子顕微鏡を操り、解析するのは難しいということです。触媒の金属の粒にしても、大きさは1～2nmほどですから、幾原先生との共同研究をさらに進めてより微細な箇所を観察していきたいと考えています。この粒を見ることができたことにより、我々のCNTの合成技術は格段に進歩したのです。さらに今、私が見たいのは、触媒の金属からCNTが伸びるときの生え際の状態。これまで、ピンポイントで場所を決めて見るのが難しかったことに加え、なかなかいいサンプルが作ることができなかったのですが、最近、ようやくさまざまな条件でCNTを合成することが可能になってきました。

幾原 それは面白いですね。今度ぜひ、見てみましょう。

分野融合により、新たな地平を拓く

これまでどういったご研究を、それぞれ手がけてこられたのでしょうか。

幾原 私はもともと、セラミックス材料の構造を解析する研究に携わっていました。なかでも、セラミックスの機械的な強度をテーマとしていたのですが、なぜ、セラミックスが強いのか、そのメカニズムを探るには、原子レベルで調べ、定量化する必要があると思い、そこから透過電子顕微鏡の研究を手がけるようになりました。

高分解能電子顕微鏡法を始めた当初はまだ、電子顕微鏡の精度は低く、操作性も悪くて、何も見えない状態でシミュレーションの条件をもとに多数の画像を撮るというものでした。現在のようにリアルタイムで画像を見ながら操作することなどできませんでしたから、現像してみても初めて、何が写っているかがわかるといった具合でした。そうしたなかで、実際に原子を捉えたときは感動したものです。日本では、早くから金属やセラミックスの構造解析に電子顕微鏡を用い、その成果が、CNTの発見や超伝導材料などの新素材の開発にもつながったのは、ご存知の通りです。つまり、電子顕微鏡でメカニズムを解明し、材料開発のプロセスにフィードバックさせることにより、新素材を生み出すことができたということ。多くの物質は原子と原子がどのような角度や密度で隣接しているのか、その配列によって、硬度や導電性などの性質に違いができるため、それを制御できれば、より高機能な新素材を生み出すことが可能になるのです。

さらに近年、電子顕微鏡のレンズ収差補正技術が進んだことにより、原子1個1個までその種類を識別して見えるようになりました。この技術は、日本では東大がいち早く導入したのですが、これにより、原子の配列や不純物原子の有無など、さまざまなことが解明されつつあります。つい最近では、私どもの研究室において、物質を斜めから見ることによって、結晶内部の不純物原子を一つずつ見ることに成功しました。不純物というのは、たとえばセラミックスを硬くするなど、材料に新しい性質を与えるものとして重要な役割を担っているため、大きな成果といえます。一方で、CNTの場合は、超高压の電子線で壊れてしまいますし、構造もとぐろを巻いたような形で観察が非常に難しいため、まだまだ技術革新が必要です。いずれは、原子だけでなく、原子を結びつける結合の「手」まで見ることができれば嬉しいですね。



丸山 私のほうは機械工学の専門で、最初は乱流を扱っていました。流れの構造を調べ、熱の伝わり方を調べるというものです。その後、1980年代後半から、機械工学でマイクロスケールやナノスケールといった極小の世界を扱う機運が高まり、私もクラスターなどの超微細素材の研究に携わるようになりました。さらに、米国ライス大学のリチャード・スモーリー教授のもと、フラレンの研究を手がけるようになった。この方は、後にノーベル化学賞を受賞されることになるのですが、当時の研究はまだ、フラレンは質量分析装置で測定にかかるだけで、目に見えるほどのものをつくり出すことはできないようなレベルでした。やがてそれが可能になり、CNTが発見されると、その合成に夢中になりました。なぜこんな不思議なものが勝手にでき上がるのか、面白くて仕方なかったんですね。CNTの形成メカニズムを解明し、さらにプロセスを変えて、新しい形をつくっていったわけです。研究の進展とともに、CNTの集合体を膜にしたりパターンにしたりできるようになると、センサや半導体など電子・光学系の材料としてCNTを応用するという夢が現実味を帯びてきました。こんなに面白い材料なのだから、皆が使える役立つものにしていきたいと、ますます強く思うようになっていったのです。一方で、魅力的な素材ゆえに、夢だけが先行して騒がれすぎている感もあります。宇宙エレベーターへCNTを応用するといった壮大な夢ばかりが語られていますが、まずはその構造をちゃんと知り、それができ上がるメカニズムを解明し、本当に役立つものをつくっていくことが重要ではないでしょうか。

幾原 まずは根本的なメカニズムを解明しなければ、利用もできませんからね。そのために、科学の基本である〈見る〉ということは、実に重要なことだと思います。

カーボンナノチューブを自在に合成し、社会に役立てたい

実際には、CNTでどのようなものをつくるのが可能なのでしょうか？

丸山 電子顕微鏡でCNTを観察し、分析した結果を活用して、チューブの長さを均一に制御したり、たくさんのチューブを並べて立てたりできるようになってきました。また、狙った性質をもったものだけを生成する手法にも取り組んでいます。今後はさらに、原子一つ一つを制御してCNTの構造をつくるとともに、それらを集合させてパターンをつくり、自在に求めるアプリケーションをつくっていきと考えています。そうすることで、今までなかったような革新的な機械を生み出したい。拡張ナノ領域の特有の現象を利用することで、社会に貢献するような革新的な機械を創出しようというのが、当GCOEの「機械システム・イノベーション国際拠点」の研究目的でもあります。小さい世界だけを見るのではなく、実社会に役立つ機械まで視野に入れて研究を進めていけることが、当拠点の醍醐味といえるでしょう。また、共同研究の利点は、研究者同士が直に話し合う

ことで、新しいアイデアが生まれることだけでなく、学生が研究室を自由に行き来し、見聞を広めて、両方の研究分野に通じることができることにもあります。

幾原 実際に、丸山先生の研究室の学生の中にも、電子顕微鏡を扱える人が出てきました。彼らはすでにCNTの壁を自由に観察しており、さらに炭素原子で構成される六角形の観察にも挑戦しようとしています。今後、ナノ研究が加速すればするほど、電子顕微鏡の役割はますます大きくなっていくでしょうね。先にも述べましたが、CNTの発見は電子顕微鏡があってこそなされたわけですから。

丸山 そう。電子顕微鏡がなければ、CNTはちょっと性質の変わったただの黒い煤でしかなかったはずですよ。

どのような応用が考えられるのでしょうか？

丸山 すでに、携帯電話などで使うリチウムイオン型二次電池の電極材料に混ぜることで、電池の長寿命化に貢献したり、光通信のネットワーク基盤などに使われるファイバー・レーザー、すなわち超短時間パルスレーザやFED(電界放出型ディスプレイ)、蛍光表示管などへの応用が始まっています。あるいは、CNTを織り込んだ繊維をつくり、汚れがつかない布といったものも開発されています。そのほかにも、CNTは非常に強く軽く、そしてしなやかなので、素材としてさまざまな可能性を秘めています。たとえば、ロケットや飛行機、車のボディに混ぜて強度を上げたり、車体を軽くして省エネに貢献することもできるでしょう。半導体のCNTを利用することで、センサやフレキシブルなトランジスタなど、電子デバイス分野でも大いに期待されています。私手がけているのはこうした電子デバイスへの応用ですが、この先、10～20年かかるかもしれませんが、CNT1本1本を取り出すことができれば、シリコンに続く次の世代のトランジスタの役割を担うことができると考えています。あるいは、太陽電池や燃料電池の電極材料としても、CNTの最適な合成技術が待ち望まれているのです。



幾原 日本では、CNTの研究は非常に進んでいますし、電子顕微鏡についても、解析技術についてはトップといえます。今後、CNT生成のメカニズムの解明が進めば、さらに思いがけない製品を生み出すことができるでしょう。今後の研究の進展に、大いに期待いただければと思います。

特任研究員
張氣薫
Ki Hoon Jiang



マイクロチップ技術のバイオサイエンスへの応用研究の一環として、細胞間シグナリングの経路を調べる研究を行っています。

機械系GCOE特任研究員の張氣薫と申します。

修士課程の時はバイオチップ開発のための表面修飾に関するテーマで学位を習得、その後半導体会社でCMP (Chemical Mechanical Polishing) 工程エンジニアとして勤めました。その時の経験から表面化学、基本的な半導体の特性と半導体作製工程関連を色々と学びましたが、バイオチップを含むマイクロ科学、バイオシステムの勉強をもっとしたいと思いました。それで、マイクロフレイディスクの専門である、北森研究室に興味を持ち、また勉強を続けたいと決心をして、2005年10月渡日し、東京大学応用化学科北森研究室の博士課程に入学しました。光化学反応を利用した微小空間における細胞パターニングの研究というテーマで2008年9月卒業、その後同研究室でGCOEの特任研究員として研究を進めています。

研究内容

細胞シグナリングは人間の生命活動に大切な役割を担当しているので、シグナリングの異常は生体的の秩序を逸脱した細胞を生むことになる。そのため、シグナリング系の詳細な経路を理解する事は診断、治療、予防法の開発に大切な事であることが知られている。

一方、マイクロチップ技術のバイオサイエンスへの応用研究が活発になされている。その中で細胞を用いた実験は特に注目されている。本研究の目的は同種あるいは異種の細胞間の距離と位置を調節出来る選択的な共培養 (co-culture) マイクロフローシステムにより、細胞間シグナリングの経路を調べる事である。細胞の上流からの刺激で下流の細胞の応答の有無と変化を確認する事で、細胞間情報伝達機構の詳細なメカニズムが不明な細胞間の相互作用に関する理解を深めることが出来る。このような解析は癌や自己免疫疾患といった難病に対処する新しい治療法の開発の糸口になる。

細胞シグナリングの分析、検出の為に安定的な細胞パターニングが必要なので、その目的の為に光分解リンカー技術を導入した。マイクロチップの準備はまず簡単な半導体工程でマイクロフローチップを作製して、0.1 M NaOH水溶液でチャンネルの表面を洗浄し、純水で十分にすすいだ後、アミノプロピルトリエトキシシラン (APTS) で表面にアミノ基を導入した (図1 APTS)。選択的な細胞パターニングの為に、光分解性リンカー (PL) をアミノ基修飾されている表面 (図1 APTS-PL) に結合させる。

次に蛋白質と細胞の非特異吸着を防止させると知られている poly (2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) (MPCポリマー) を導入した (図1 APTS-PL-MPC)。フォトマスクを利用して望む部分にUV照射させるとその部分だけの光リンカーが分解されてMPCポリマーが除去され (図1 UV)、その部分が親水性から疎水性に変わって細胞が接着しやすくなり細胞パターニングが可能となった (図2)。

この方法を利用すると複数の細胞のパターニングが可能であり、例えば血管内皮細胞と平滑筋細胞 (図3)、neuron-neuroglia cell 等の同種あるいは異種の細胞 - 細胞相互作用と細胞シグナリングを得る事が出来れば、細胞の分化、増殖を解析するツールとして大きな役割を果たす事が出来ると考えられる。さらに、マイクロチャンネルと拡張ナノ空間を一つのチップに融合した単一細胞分析チップとして期待される。

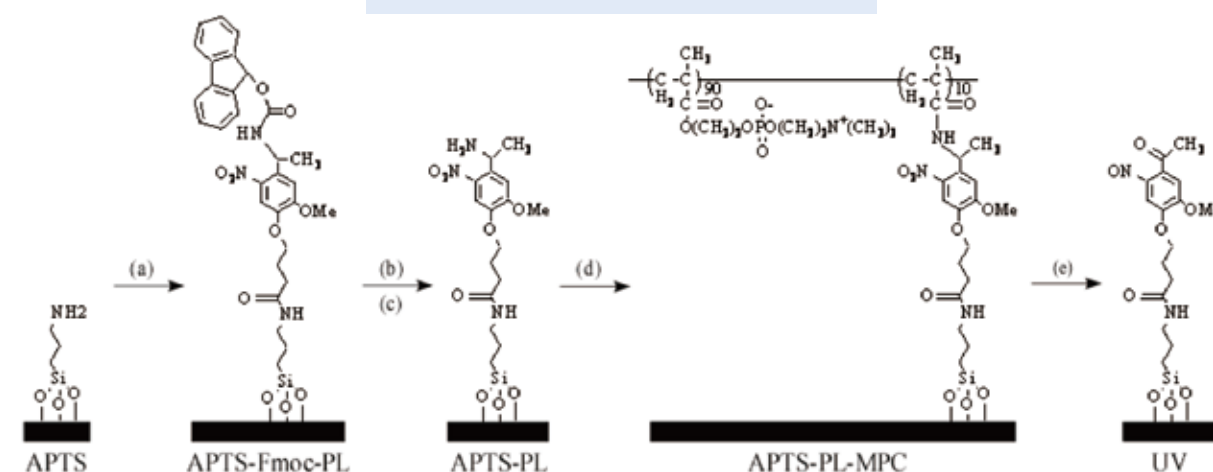


図1: 選択的細胞接着表面修飾法
(a) Fmoc-photolabile linker (5 mM), BOP (5 mM), HOBt (5 mM), DIEA (5 mM) in DMF; (b) 30 % (v/v) acetic anhydride in DCM; (c) 20 % (v/v) piperidine in DMF; (d) MPC-co-MA (2.5%), EDC (0.02 M) in MOPS buffer (0.1 M, pH 5.0); (e) UV illumination (365 nm, 500 mW/cm²).

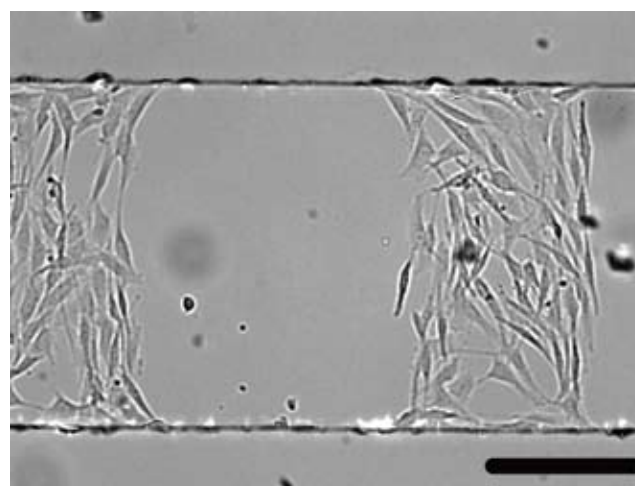


図2: マイクロチャンネル内MC-3T3 E1細胞パターニング結果

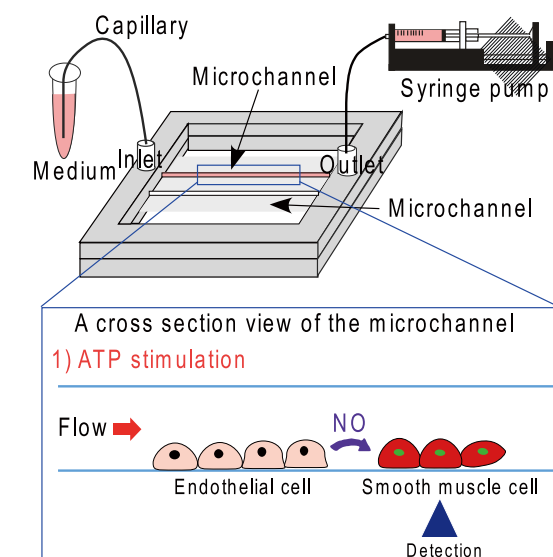


図3: 細胞間シグナリングの検出システム

機械システム・イノベーションⅡ

第1回

サマーキャンプ

場所／ NASPA ニューオータニ（新潟県・越後湯沢）

1. 概要

サマーキャンプは、本拠点に所属するRAと海外から招聘した大学院生とを集めた合宿であり、RAの英語討論能力および国際コミュニケーション能力の向上、若手研究者間の国際的ネットワークの構築を目的としている。

また、RAの研究視野の拡大や、討論等におけるリーダーシップの養成もあわせて狙っている。本拠点の重要な教育活動の一つとして位置づけられている。

2. 実施内容

平成20年度から実施内容の検討・準備を進め、下記のように第1回を開催した。

日程 平成21年7月29日～8月1日（3泊4日）

場所 NASPAニューオータニ（新潟県・越後湯沢）

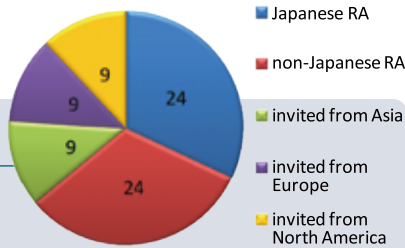
参加者 大学院生75名。

他に、運営スタッフとして本拠点事業推進担当者2名、特任研究者4名、教育分担者1名、事務局員2名の計9名、講演者として本拠点事業推進担当者2名（運営にも参画した光石拠点リーダーを除く）が参加した。参加大学院生の内訳は右図の通りである。海外から一流大学の大学院生を招聘できたことに加え、日本人RA、留学生RA、海外招聘学生が約1/3ずつとバランスのよい構成となった。

参加者の内訳

- 本拠点日本人RA：24名
- 本拠点留学生RA：24名
- 海外からの招聘大学院生：27名

内訳は、米国8名（コロンビア大、スタンフォード大、ライス大、UCバークレー、MIT）、韓国7名（ソウル国立大、オランダ3名（デルフト工科大）、イタリア2名（聖アンナ高等学院大）、ドイツ2名（ミュンヘン工科大）、中国2名（清華大）、イギリス1名（ケンブリッジ大）、カナダ1名（トロント大）、スウェーデン1名（KTH（王立工科大））。



教育としての位置づけ

本キャンプを「機械システム・イノベーションⅡ」（単位数：2.0）として開講することとともに、RAには必修に準ずるものとした。

主な内容 タイムテーブルと各セッションの内容を下に記す。全てのセッションは英語で実施した。

1) テクニカルセッション：参加大学院生がそれぞれ自分の研究についてプレゼンテーションし、それに対する討論を行った。このセッションは、次に述べるチーム作業に向けて参加学生同士が互いの研究分野や興味について知ることを主目的とした。時間の都合上、参加学生を4グループに分け、4セッションを並行して開催した。

2) チーム作業、中間発表会、最終発表会：本サマーキャンプの中核となる部分である。7～8名からなる計10のチームを編成し、それぞれのチーム内であらかじめ決められたテーマについて議論し、また必要に応じてインターネットを利用した情報収集を行い、その結果をまとめて発表会でプレゼンテーションした。チーム以外の参加者から質問やコメントの形でフィードバックを受け、最終発表会に向けて内容を深める目的で中間発表会を開催した。最終発表会では参加者の投票により最優秀チームを選出し、パンケットで表彰した。チーム討論のテーマについては、多様な専門分野の参加者の間で議論することを考慮し、全体の大テーマとして「工学と社会とのかかわり」を掲げた。事業推進担当者（サマーキャンプ自体には参加しなかった者も含む）および特任研究者での事前打ち合わせや参加予定学生へのアンケートを踏まえ、上記の大テーマの下で「工学と倫理/工学者の社会的責任」、「人類の幸福と科学技術の発展」、「工学者（専門家）と一般大衆との関係」、「環境問題（エネルギー問題を含む）への工学の貢献」の4つのテーマを設定した。

希望テーマについて事前に参加者にアンケートを実施した上でチームを編成し、各チームは上記4つの中からあらかじめ決められたテーマについて討論等を行った。

3) 本拠点事業推進担当者による講演：本拠点の3つ研究分野である「拡張ナノ空間研究」、「ナノ・マイクロ要素イノベーション」、「シンセシス・イノベーション」から、それぞれ丸山茂夫教授、北森武彦教授、光石衛教授が自分自身の研究を中心に講演した。

4) 小遠足：息抜きとして、宿泊地からバスで15分程度の大源太キャニオンに行き、大源太湖のまわりを散策した。

スケジュール																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
July 29				参加登録		開会&ガイダンス	テクニカルセッション				夕食	チーム作業						
July 30			チーム作業			中間発表会		小遠足				チーム作業						
July 31	朝食		チーム作業			最終発表会							パンケット					
Aug. 1		講義	開会															

3. 実施状況および成果等

全ての内容を、特に問題なく予定通り終えることができた。以下では、本サマーキャンプの中核であり、もっとも特色ある部分であるチーム作業とその発表について述べたい。

このチーム作業のような、少人数で議論を深めながらテーマに対するプレゼンテーションを準備していくのは、多くの参加学生にとって初めての経験であった。初期の段階では運営スタッフがチューターとして参加して若干助言する場面もあったが、その後はいずれのチームにもリーダーシップを取る学生が現れ、各チームとも自主的に議論・作業を進めていた。その進め方はチーム毎に異なり、リーダーが効率的に議論を整理し、作業分担を決めていったチームもあれば、参加者全員の意見をじっくり引き出そうとリーダーが努めていたチームもあった。当初から予想され、実際に顕在化した問題点は、まず第1に日本人RAが作業・議論のリーダーシップをとっていなかった点である。日本人RAの中にも、ユニークな意見を述べたり、プレゼンテーション準備の際に得意な技能を発揮したりして重要な貢献をした者は多数いたが、リーダーシップをとっていたのは主に欧米大学からの招聘学生であり、他は留学生RAであった。第2に、日本人RAおよびアジア地区からの留学生・招聘学生の一部に英語での議論にあまり参加できない者がいたことである。これには、欧米人参加者の間で交わされる英語での議論を理解できないケースと、理解はできても自分の意見を英語で述べられないケースとがあった。いずれにせよ、当初は強いフラストレーションを感じた日本人RAは相当数いたようであるが、後述するアンケート結果を見ると、最終的にはチーム作業への評価も肯定的であり、良い経験ができたと感じている参加者が多かったと思われる。このチーム作業は、本拠点RAの国際性の面での能力が不十分である現状を浮き彫りにするとともに、本サマーキャンプの意義を改めて確認するものとなった。

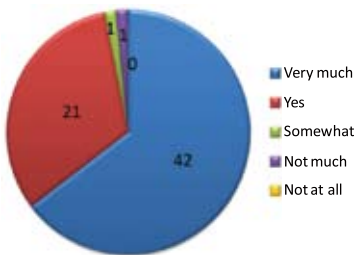
次に中間発表会および最終発表会でのプレゼンテーションは、いずれのチームも工夫を凝らしたものであった。聴衆に質問し、発言させることを取り入れたチーム、中間発表



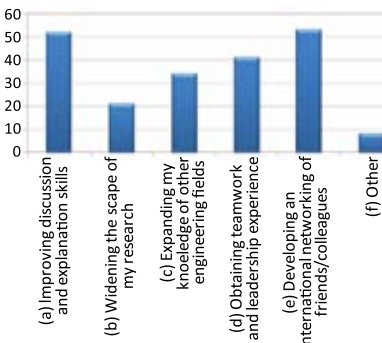
チームミーティング

の意義を改めて確認するものとなった。次に中間発表会および最終発表会でのプレゼンテーションは、いずれのチームも工夫を凝らしたものであった。聴衆に質問し、発言させることを取り入れたチーム、中間発表

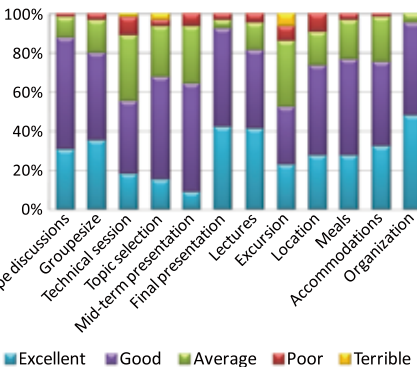
キャンプ全体に対する参加者の満足度



どんな面に役立ったと思うか（複数回答）



個々の点に関する参加者の評価



表やチーム討論の様子をビデオに収録し、それを含めて最終発表したチーム、教授に扮したメンバーがコミカルな演技で講義する様子を含めた発表をしたチームなど、その創意あふれたプレゼンテーションは、運営側の予想を超えたものであった。他方、テーマに対する十分な基礎知識がないために議論の到達点がやや浅かった。この点は今後の課題といえる。

最後に、閉会セッション時にとった参加学生へのアンケートに基づいて、参加した大学院生の本キャンプへの評価を概観したい。まずサマーキャンプ全体としての満足度の結果（下記左のグラフ参照）をみると、日本人RA・留学生RA・海外招聘学生の間で若干程度の差は見られるものの、満足度はおおむね高いといえる。次に様々な点についての個別の評価をみると（下記右のグラフ参照）、どの項目も高い満足度を示しているが、中ではテクニカルセッションと小遠足の満足度が比較的低い。前者については、講演時間が一人当たり13分（討論込み）と短く、十分な議論ができなかったことが原因と考えられるが、他に「チーム作業に向けてメンバーが知り合う上では互いのパーソナリティをもっと知ることができるような内容が望ましかった」との意見も寄せられた。後者については、ただ散策しただけで、名所があったり特別なイベント・活動を行ったりしたわけではなかったことが原因と思われる。最後に、自分の能力のどんな面を向上させるのに役立ったかという点では、議論・説明能力の向上および国際的な人的ネットワークの形成を挙げた者が特に多かった（下記中央のグラフ参照）。後者に関しては、毎晩、夜のチーム作業の後に参加者が共にカラオケに興じたり飲んだりしながら遅くまで語り合う光景が見受けられ、このようなインフォーマルなコミュニケーションも大いに役立ったと思われる。

既に述べたように、RAの教育に関する課題も明らかとなり、また運営上改善すべき点も多々あった。しかし、参加者へのアンケート結果や現場での観察の実感として、おおむね所期の目的を達成することができ、初回の開催としては大成功裏に終えることができたと考えている。本サマーキャンプの実施に協力頂いた拠点内外の関係者に深く感謝する。



クロージング

第1回「機械・土木・建築・その他工学」 GCOEプログラム拠点連携会議

全国から総勢60名余りが一堂に会し、GCOEの制度への要望などについて意見交換を行った。

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」と「都市空間の持続再生学の展開」2拠点の共同企画による「第1回機械・土木・建築・その他工学グローバルCOEプログラム拠点連携会議」を9月25日(金)、本郷キャンパスにて開催した。

グローバルCOEプログラム(GCOE)は国際的に卓越した教育研究拠点の形成を目的とした制度で、「機械・土木・建築・その他工学」分野では東大の2拠点を含め全国で14拠点が採択されている。各拠点の研究テーマは異なるが、若手研究者の育成については共通の課題や相互に参考となる取組が多いと考えられることから、拠点間交流を呼びかけたものである。各拠点のリーダー級の教員や若手研究者など、全国から総勢60名余りが一堂に会し、拠点の取組みや若手育成のプログラム、運営上の課題、GCOEの制度への要望などについて意見交換を行った。

会議では特に若手研究者からの活発な発言が目立った。GCOEの良さとして専門の幅が広がることが認識されている一方、従来型の専門研究とGCOEとのギャップに負担を感じる場合があることなど、GCOEの運営上参考となる意見が聞かれた。さらに、GCOE終了後のキャリアパスに不安があることや、女性研究者が研究を続けられる環境作りの必要性など、研究者の育成・輩出に関する本質的な議論が交わされた。

この会議は、今後、各拠点での成果やGCOE制度の改善要望の発信の場としたいと考えている。また、専門領域を越えた若手研究者の交流実現はより重要な狙いであり、次回以降は若手研究者を主体として企画・運営を進め、拠点間のネットワークを強化していく予定である。

参加拠点一覧

拠点番号	大学名	拠点名
H01	東北大学	流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点
H02	東京大学	都市空間の持続再生学の展開
H03	東京大学	機械システム・イノベーション国際拠点
H04	東京工業大学	震災メガリスク軽減の都市地震工学国際拠点
H05	山梨大学	アジア域での流域総合水管理研究教育の展開
H06	名古屋大学	マイクロ・ナノメカトロニクス教育研究拠点
H12	早稲田大学	グローバルロボットアカデミア
H07	京都大学	アジア・メガシティの人間安全保障工学拠点
H08	大阪大学	高機能化原子制御製造プロセス教育研究拠点
H09	熊本大学	衝撃エネルギー工学グローバル先導拠点
H10	慶應義塾大学	環境共生・安全システムデザインの先導拠点
H11	東京理科大学	先導的火災安全工学の東アジア教育研究拠点
H13	東京工芸大学	風工学・教育研究のニューフロンティア
H14	立命館大学	歴史都市を守る「文化遺産防災学」推進拠点



各拠点の取組状況発表と質疑



若手研究者からの発言が相次ぐ



会場(工学部2号館)前での参加者記念撮影

●公開セミナー

09.04.02	第15回GMSI公開セミナー	講 師: Sylvain Lardeau (Dr., Imperial College London) 担 当: 笠木伸英 (機械工学専攻・教授) 講演題目: Long and short-lived structures and turbulent and transitional flows: modeling and simulation	09.07.06	第25回GMSI公開セミナー	講 師: Marco Viceconti (Dr., Rizzoli Orthopedic Institute) 担 当: 竹内伸太郎 (機械工学専攻・講師) 講演題目: Multiscale modelling of the musculoskeletal apparatus to predict the risk of bone fracture. (骨折リスク予測のための筋骨格系のマルチスケールモデリング)
09.04.02	第15回GMSI公開セミナー	講 師: Tamer Zaki (Dr., Imperial College London) 担 当: 笠木伸英 (機械工学専攻・教授) 講演題目: Instances of transition to turbulence in boundary layers	09.07.30	第26回GMSI公開セミナー	講 師: R. Tao (Professor, Temple University, College of Science and Technology) 担 当: 藤田豊久 (システム創成学専攻・教授) 講演題目: Rheology for Efficient Energy Production and Conservation
09.04.21	第16回GMSI公開セミナー	講 師: Kyriakos D. Papadopoulos (Professor, Tulane University) 担 当: 大久保達也 (化学システム工学専攻・教授) 講演題目: Capillary Video Microscopy & Transcutaneous Immunization	09.07.29	第27回GMSI公開セミナー	講 師: 長原孝英、小林博美 (樹立プラントテクノロジー研究開発本部 主任研究員) 担 当: 竹内伸太郎 (機械工学専攻・講師) 講演題目: ポンプ・コンプレッサ流体性能設計の最新状況
09.06.04	第17回GMSI公開セミナー	講 師: X. L. Ma (Dr., Shenyang National Laboratory for Materials Science) 担 当: 幾原雄一 (総合研究機構・教授) 講演題目: Interface characteristics in variant heteroepitaxial systems	09.08.05	第28回GMSI公開セミナー	講 師: Yoky Matsuoka (Professor, Associate Professor, Computer Science & Engineering, University of Washington) 担 当: 浅間一 (精密機械工学専攻・教授) 講演題目: Neurobotics for Human Dexterity
09.06.03	第18回GMSI公開セミナー	講 師: Russell Taylor (Professor, Johns Hopkins University) 担 当: 光石衛 (機械工学専攻・教授) 講演題目: Computer-Integrated Surgery	09.08.07	第29回GMSI公開セミナー	講 師: Janos B. Nagy (Professor, Chairman-Manager, NANOPART S.A.) 担 当: 野田優 (化学システム工学専攻・准教授) 講演題目: Helical Carbon Nanotubes and Nanocomposites: Mechanical and Flame - Retardant Properties
09.06.16	第19回GMSI公開セミナー	講 師: Stephen K. Doorn (Dr., C-PCS, Chemistry Division) 担 当: 丸山茂夫 (機械工学専攻・教授) 講演題目: Raman Studies of Excito Behavior in Single-Walled Carbon Nanotubes	09.09.04	第30回GMSI公開セミナー	講 師: C.DellaCorte and R.J.Bruckner (Dr., NASA, Glenn Research Center) 担 当: 金子成彦 (機械工学専攻・教授) 講演題目: Foil Gas Bearings for Advanced Oil-Free Turbomachinery Systems: Past, Present and Future
09.06.16	第20回GMSI公開セミナー	講 師: Richard Leach (Professor, National Physical Laboratory, UK) 担 当: 高増潔 (精密機械工学専攻・教授) 講演題目: Engineering measurement in micro- and nanotechnology	●イブニングセミナー		
09.06.16	第21回GMSI公開セミナー	講 師: Thomas Pichler (Professor, Faculty of Physics, University of Vienna) 担 当: 丸山茂夫 (機械工学専攻・教授) 講演題目: Tailoring carbon nanostructures: Unravelling the electronic properties of low-dimensional quantum solids	09.04.08	第4回イブニングセミナー	講 師: 富山哲男 (デルフト工科大学・教授) 担 当: 高増潔 (精密機械工学専攻・教授) 講演題目: 博士号をとること：日本と世界
09.06.30	第22回GMSI公開セミナー	講 師: Marco Viceconti (Dr., Rizzoli Orthopedic Institute) 担 当: 竹内伸太郎 (機械工学専攻・講師) 講演題目: Pre-operative planning of total hip replacement: from anatomical navigation to simulation-based planning.	09.05.27	第5回イブニングセミナー	講 師: 吉村忍 (システム創成専攻・教授) 担 当: 酒井信介 (機械工学専攻・教授) 講演題目: 大規模科学技術シミュレーションソフトウェア開発～プロジェクト・マネージメントの視点から～
09.07.02	第23回GMSI公開セミナー	講 師: Catalin R. PICU (Professor, Rensselaer Polytechnic Institute) 担 当: 井上純哉 (マテリアル工学専攻・准教授) 講演題目: Mechanical behavior of nanostructures and hierarchical materials	09.06.24	第6回イブニングセミナー	講 師: Han-Il Yoo (Professor, Department of Materials Science and Engineering) 担 当: 酒井信介 (機械工学専攻・教授) 講演題目: Moving oxygen: An essence for our sustainability
09.07.09	第24回GMSI公開セミナー	09.07.16 講 師: Marco Viceconti (Dr., Rizzoli Orthopedic Institute) 09.07.23 担 当: 竹内伸太郎 (機械工学専攻・講師) 講演題目: Computational Biomechanics. (A short introductory course.)	09.07.28	第7回イブニングセミナー	講 師: 炭谷俊樹 (ランネット・グローバルスクール代表、ビジネス・ブレイクスルー大学院大学・教授) 担 当: 大久保達也 (化学システム工学専攻・教授) 講演題目: たこつばから飛び出し、新大陸を発見せよ！
			09.08.24	第8回イブニングセミナー	講 師: 奥原主一 (日本ベンチャーキャピタル株式会社 代表取締役社長) 担 当: 酒井信介 (機械工学専攻・教授) 講演題目: High risk ≠ High return