

M AIMR Magazine

Advanced Institute
for Materials
Research

AIMRマガジン 2014年3月号

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 広報・アウトリーチオフィス
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
Tel. 022-217-6146 Mail. outreach@wpi-aimr.tohoku.ac.jp
<http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/>



M AIMR Magazine

Advanced Institute
for Materials
Research

04
March 2014

[特集]

小さなMEMSが描く
大きな未来

東北大学 原子分子材料科学高等研究機構

江刺正喜

[AIMR in the world]

写真で振り返る

Science Talk Live
2013 in Sendai

[巻頭対談インタビュー]

企業と共に歩む

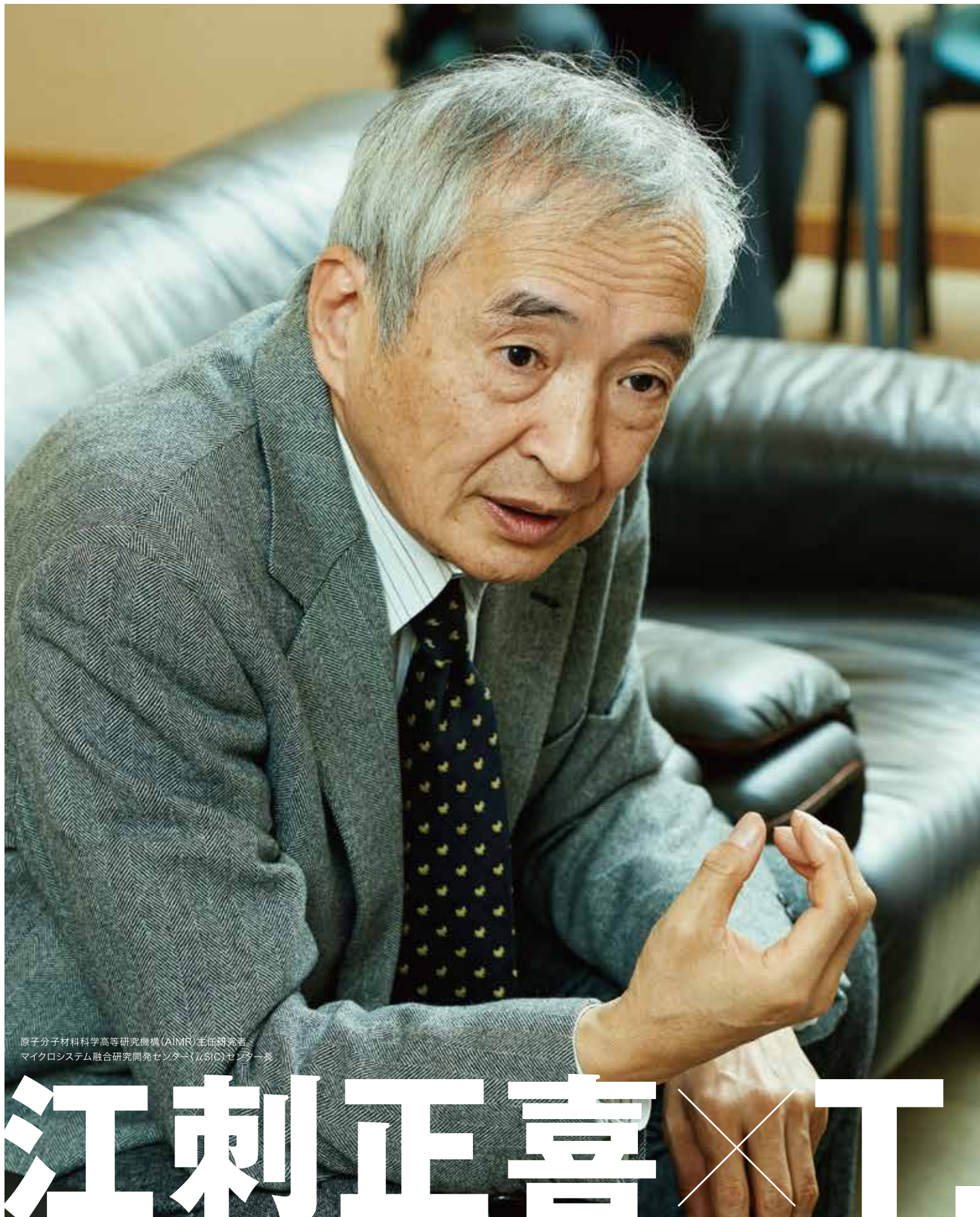
江刺正喜

原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)主任研究者
マイクロシステム融合研究開発センター(μ SIC)センター長

T. Gessner

原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)主任研究者 フラウンホーファー ENAS(エレクトロ・ナノシステム研究所)所長





原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)主任研究者
マイクロシステム融合研究開発センター(μSIC)センター長

江刺正喜



原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)主任研究者
フラウンホーファー ENAS(エレクトロ・ナノシステム研究所) 所長

T. GESSNER

企業と共に歩む

AIMRのデバイス・システムグループは、企業との連携を通じて産業界のニーズを理解しながら、学際的なアプローチで革新的なデバイス開発に挑んでいる。

今回は、デバイス開発の中でも成長著しいMEMS(メムス: Micro Electro Mechanical Systems)分野をリードする江刺教授とゲスナー教授に、これまでの連携を振り返ってもらいながら、研究現場で感じた分野や大学の枠を超えた連携の重要性について話を聞いた。

Larry Greenberg=取材・文 / 中道康文=文 / 望月 研=写真

AIMRで世界最先端のMEMS研究を追求

「日本では、研究組織や研究分野別で仕切りを設ける、いわゆる『縦割り』が頻繁に見受けられますが、MEMSの研究においては、分野の間に限らず、企業・大学・政府機関の垣根を超えた技術の融合が必要です」と、江刺教授は指摘する。これを念頭に、研究機関と企業の連携が高度に組織化されているドイツから効果的な連携体制について学ぶため、2006年、江刺教授は仙台市長とフラウンホーファー研究機構本部を訪問し、市長は連携協定を締結した。この協定によって、東北大学にはNEMS / MEMSおよび製造技術に焦点を当てた日本初のフラウンホーファープロジェクトセンターが設立されるなど、MEMS研究をより効率的に進める取り組みが始まった。実際に、センターの設立により世界規模のプロジェクト連携が可能となり、企業による研究成果の商品化が加速するなど目に見える効果が出ている。

「私にとって、MEMS分野において世界で最も権威ある科学者の一人であり、材料科学分野において卓越した知見と実績を有する江刺教授と連携することは大変な魅力でした」と、フラウンホーファー ENAS(エレクトロ・ナノシステム研究所)所長を務めるゲスナー教授は説明する。

「この連携における重要な課題の一つが、数学モデルを使ったシミュレーションによって、材料の特性をより詳しく解析する

ことです。AIMRでは、数学・材料科学・デバイスの融合研究が数多く展開されていますので、こうした研究に最も適した研究拠点なのです。」

また、この連携を通してフラウンホーファーとの研究者交流も積極的に行っているが、世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)の下で設立されたAIMRでは、こうした交流も従来より格段に行いやすくなったとゲスナー教授は語る。「AIMRでは全て英語で運営されているため、世界中からトップクラスの研究者がストレスなく訪問することができます。さらに、日本の研究者がAIMRという国際的な環境で経験を積むことで、海外機関の研究にスムーズに参加できるよう体制が整えられています。研究者交流の活動は今年開始したばかりですが、志願者は募集人数を遥かに超えており、プログラムの拡大を検討しています。」

現場で感じる産学連携のメリット

江刺教授は、AIMRにおけるデバイス・システムグループの重要なミッションは、金属ガラスなど数学に基づいた材料科学を産業に結びつけるために、企業と大学の橋渡しをしていくことだと語る。「数学を用いることで、新材料の予見及びシミュレーションが可能となります。企業との連携を通じて、そうした成果を特定のデバイス開発に結びつけることができるよう研究を進めています。」また、企業との連携は大学と企業の双方

にとってプラスになると語る。「大学が産業界のニーズを把握することで、実社会に適用可能な研究に焦点を絞ることができ、同時に企業側も、社員が大学で最先端技術のトレーニングを受け、新製品の開発に携わることができますから、双方にとってとてもメリットが高いわけです。これこそ真の協力関係と言えます。」

ゲスナー教授もこれに同意し、「フラウンホーファー研究機構では、定期的に企業とワークショップを開催しています。」と具体的な活動を説明する。「仙台市で毎年開催されるフラウンホーファーシンポジウムもその一例です。ワークショップがその後の連携や実際の研究契約につながる事が頻繁にあるため、我々の研究活動に大きな刺激となると同時に、企業側にとっても、研究や開発能力の伸展を図ることのできる貴重な機会となっています。」

さらに、企業から派遣された研究員が研究室でともに時間を過ごすことは、学生にとっても良い刺激となっていると江刺教授は語る。「こうした機会がなければ、学生は実社会の真のニーズを掴めないままとなるでしょう。企業の研究者にとっても、自らの課題を彼らと共有することは重要で、研究室で学んだことを持ち帰り自分達の同僚と共有しています。」

ゲスナー教授はその重要性を次のように語る。「新しいデバイスや材料に関する相談のために、多くの企業担当者が研究所を訪れます。そこからアイデアを得て、研究所として新しいデバイスや材料の開発に注力します。その一方で、学内では数多くの博士課程の学生が研究を進めているため、チーム体制で話し合いを行い、そのアイデアを博士論文のテーマとすることもあります。例えばスピーカー向けの金属ガラスの応用が博士号の研究対象となったとすると、学生は企業と共にこの技術の応用を試みます。」学生時代から継続して研究を行うことについてゲスナー教授は以下のように述べる。「発明や何か新しいことを始めるプロセスというものは、瞬間的な突然のひらめきのように急に思い浮かぶものではありません。アイデアは長い期間をかけて醸成されるもので、多くの科学者が新たな装置や応用方法を模索するべくたゆまぬ研究を続けています。企業との連携を通して、学生が新しいデバイスや応用のアイデアを生み出すのに必要な創造性を育み、企業が求める人材を創出することで産業界にも貢献しています。」

さらに江刺教授は、「我々と企業の共同研究は技術革新に限ったことではありません」と語り、開発コストや標準化等の問題への取り組みの重要性も指摘する。「コスト減、小型化、標準規格の合意、補助的技術の開発等の組み合わせで、デバイス市場の規模が突如として拡大することがあります。その例がマイクロフォンです。」近年、クラウド型音声認識技術により、スマートフォンやテレビのようなインターネット接続デバイスに搭

載可能な、小型で安価なマイクロフォン向けの大規模な新市場が創出された。「この例のように、企業と連携し、革新的なアプローチを行い、サイズやコスト等の課題に取り組むことで、企業が新しい市場を開拓するお手伝いができると考えています。」



MEMSのこれまでとこれから

MEMSとは、半導体開発で培ったシリコン加工技術を応用し、電子システムでの先進的な機能にとって重要な働きをする小さなデバイスの技術である。「いわば情報信号を処理する脳のような働きをするのが集積回路ですが、入力や出力のような部分も重要です。」と江刺教授は説明する。例えば、加速度センサはスマートフォンで重要な役割を果たしているが、「MEMS技術では、このような検出あるいは出力を制御する素子をシリコン基板上に同時に組み込むことで、より小さな面積でより複雑な機能が実現できます。これにより、スマートフォンなどのデバイスをさらに進化させることが可能となります。」

このようなMEMSの技術は、1990年代に自動車産業にてエアバッグ用の加速度センサとして初めて用いられたことに始まる。その後ペースメーカーなど医療分野への応用から、加速センサやジャイロスコープ等の多様なセンサを搭載するスマートフォンへ使用されるようになった。「スマートフォンをはじめとしたいわゆるスマートシステムの発達は、我々の生活や価値観を一変させる可能性を持っている」と指摘するゲスナー教授。二人の研究者を引き合わせたこのMEMSという分野は、スマートシステムの発展を通じて我々の生活を便利で豊かにする重要な役割を担うことが期待されている。

さらに江刺教授は、スマートフォンのマイクロフォン等の大量生産品向けの応用だけでなく、少量品だが付加価値の高い製品を開発できるのもMEMSの強みだと指摘する。「例えば、私達はある企業とLSIテスターに使用されるMEMS スイッチを開発しました。生産量は非常に少量ですが、LSIテストの信頼性を大幅に向上させました。」その結果、現在ではインテル





がこのテスターを利用して自社のマイクロプロセッサの試験を行うなど、非常に付加価値の高い製品となっている。

現在、二人の研究室が中心となり、AIMRの別の研究室や企業とも連携しながら、MEMSの発展に不可欠なウエハ接合及びパッケージ化技術についての研究を進めている。「AIMRの陳明偉主任研究者のグループが、基板同士を電気的に接続するためのナノポーラス金を開発しており、これを受けてセラミック企業のNIKKOとの連携で、シリコン基板と電気的に相互接続が可能なセラミックウエハを開発しました。スポンジのような働きをするナノポーラス金を使用することで、シリコンとセラミックウエハを低温で効率よく圧着することができるようになりました。」と江刺教授は説明する。さらなる研究進展のためには「低ストレスですべての技術の一つのパッケージの中に統合する必要がありますから、これは簡単な作業ではありません」とゲスナー教授が語ると、江刺教授も同意し次のように続けた。「優れたスキル、洞察力、そして多岐にわたる経験のみが、効率的な方法と適切な解決策をもたらしてくれます。だからこそ、MEMSのように様々な分野の知識を融合して研究を進める際に、産学連携は必要不可欠なのです。」

MEMSで目指す未来

ゲスナー教授が現在取り組んでいる夢の一つが、MEMSを利用したスピーカーチップのアイデアだ。スマートフォンやその他の携帯デバイスが対象となりえるが、サイズと価格を十分に抑えることができれば、より多くの日常的なアイテムに装備し

て様々な用途に活用することが可能となるかもしれない。こうしたスピーカーチップの最少サイズはどの位かとの質問に対し、「現段階では回答するのは難しいです。スピーカーの場合、マイクのように単純に空気の振動を感知するのではなく、空気の振動で音波を発生させるためある程度のスペースが必要となってきます。MEMSスピーカーチップのようなエンジニアリングの限界については、最近になって研究が始まったばかりです」と答える。しかしながら、現在のスピーカーを大幅に小型化することは可能だと確信しているとゲスナー教授は続けた。

また江刺教授はMEMSで実現したい夢について次のように語る。「三年前に東日本大震災が発生してからというもの、緊急時に生死に関わる情報にアクセスできるスマートフォンの重要性が認識されるなど、電話やスマートフォンが利用不能となることで起こる問題に注目が集まるようになりました。現在、私達は大規模災害から社会が復興する力を高めるために、多くの企業と連携し、専門技術を駆使して、信頼性の高い新しい通信技術を開発する研究を進めています。」

これら通信技術全般のほかに、今後発展が期待されるMEMSの代表例として、自動車への応用があるとゲスナー教授は語る。「現代の自動車には50を超えるマイクロプロセッサが搭載されており、ジャイロ스코プ、加速度センサ、制御システム、走行制御等のMEMS部品が多く採用されています。今後、より効率的な生産を目指し、生産性の改善、コスト削減、エネルギー消費の削減に向けて製造部門でより多くのスマート電子システムが利用されるようになるでしょう。」ここであげた例

以外にも、MEMS分野には成すべきことは数多くあるとした上で、MEMSの未来について以下のように語った。「MEMSは大規模な産業であり、これまで未開拓だった分野に新たにMEMSの応用を希望する企業は数多くあります。今後MEMS技術が応用される可能性がある分野として宇宙用の高精度MEMSデバイスなどが考えられますが、これらはまだ市場で手に入れることはできません。医薬品も大きな応用分野です。日本やドイツでは高齢化が進んでおり、今後、MEMS技術を利用した高齢者支援のデバイスが必要になってきます。このように、MEMSは私たちの生活全般にすでに大きな影響を与えていますが、今後その影響がより大きなものになるでしょう。」

若いころからエンジニアリングに対する熱意を持ち続けた江刺教授は、インタビューの終わりにあたり、「自らの夢を追及することができ自分は本当に幸せ者だ」と語った。このエンジニアリングに対する熱意こそが、研究を成功へと導くポイントであり、産業界から関心を集める要因なのである。江刺教授は、日本におけるMEMS産業の未来は、企業の存続を賭けた海外企業との合併・買収により形成されていく可能性が高いだろうと指摘しつつも、以下のように語る。「AIMRでの研究活動で多くの連携の機会を作り出し、それによって大学と企業間の垣根が部分的にでも取り払われ、企業と日本の大学が引き続き連携してMEMS産業を発展させていくことを願っています。」



トーマス・ゲスナー *T. Gessner*

1954年ドイツ・カール＝マルクス＝シュタット生まれ。ドレスデン工科大学で博士号を取得後、1989年にケムニッツ工科大学で教授職資格を取得。1991年よりケムニッツ工科大学マイクロテクノロジーセンター長、1993年より同教授、2008年よりフラウンホーファー ENAS所長を務める。

江刺正喜 *Masayoshi Esashi*

1949年仙台生まれ。東北大学大学院工学研究科(電子工学専攻)博士課程修了(工学博士)。東北大学工学部助手、助教授、教授を経て、2007年よりAIMR教授を務める。マイクロシステム融合研究開発センターのセンター長を兼務。

01 巻頭対談インタビュー

江刺正喜×T.GESSNER
「企業と共に歩む」

07 特集

小さなMEMSが描く大きな未来。
江刺正喜

10 NEWS & INFORMATION

- 小谷機構長、
総合科学技術会議議員に就任
- 高橋教授、本多フロンティア賞受賞
- ブラシデス教授が王立協会
ウォルフソン研究功績賞受賞

11 AIMR in the world

写真で振り返る
Science Talk Live 2013
in Sendai

16 EVENT REPORT

- The AIMR International
Symposium 2014開催
- AAAS年次大会にてブース出展と
ワークショップ開催

17 材料科学コラム

「ちょっと寄り道 MATERIALS」第4話

18 New Staff

ラミン・バナン・サデギャン



Editor
中道康文

Design/Printing
株式会社 崑山デザイン事務所

produced by
東北大学原子分子材料科学高等研究機構
広報・アウトリーチオフィス

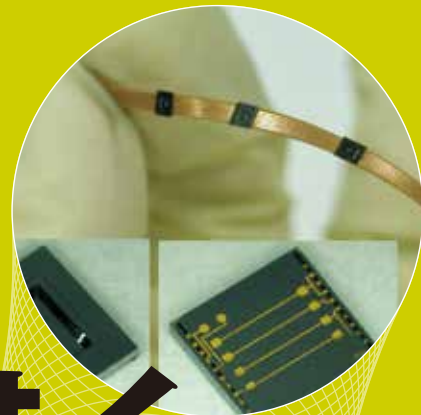
小さな MEMS が描く 大きな 未来。

自動車やスマホの発展を支え、私達の生活や社会システムを大きく変えつつあるMEMS。ここでは、産業活性化の切り札とも言われるMEMSについて詳しく紹介する。



東北大学 原子分子材料科学高等研究機構

江刺正喜 = 文



MEMSとは

スマートフォンを傾けると、その動きにあわせて画面の向きも自動的に変化する。すでに当たり前のようになったこの機能は、傾きを検知するセンサと、センサからの情報を処理する回路の組み合わせで実現されている。このようなセンサや回路を、高性能化しつつ小型化する開発技術が、携帯電話をはじめとした電子機器を急速に進歩させてきた。特に近年では、複数の機能を持ったセンサの一体化や、センサと回路を一体化する技術によって、より複雑な機能を持ったデバイスをより小型化することが可能になっている。この一体化の技術がMEMS(メムス)である。

MEMSとはMicro Electro Mechanical Systems(マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムズ)の略で、これまで別々に製造されてきたセンサ同士、もしくはセンサと回路を、同じ素子上で実現するシステムを指す。MEMSは、情報機器から自動車、製造・検査や医療など、幅広い分野で重要な働きをしており、毎年13%の割合で市場規模が拡大している。身近な例では、先述のスマートフォンのユーザインターフェースに動きを入力するための加速度センサのほか、デジタルカメラの手振れ防止に用いられるジャイロ(角速度センサ)や、ビデオプロジェクトで使用されている、LSI上に100万個程の可動鏡を形成したDMD(デジタルマイクロミラーデバイス)などがある。

我々の身の回りにすでに多く使われているMEMSだが、これまで培ってきた半導体集積回路(LSI)の製造技術を応用することで発展してきた。LSIとは、優に10億を超える莫大な数の回路素子がわずか数mm角程度のチップ上に集積化された回路で、高度な情報処理を行うことができる。製造の際は、フォトマスクと呼ばれる回路設計図の型となるパターンを光で一括転写して、直径30cmのシリコンウェハ上に数mm角のチップとして同時に多数製造する。そのため、現在では大量生産が可能となっており、比較的安価に製造することができる。このようなLSIの製造技術を応用し、極微小で高機能なセンサの開発や、LSIとセンサの一体化を実現しているのがMEMSである。

最近の研究の成果

このようなMEMS製造技術の中でも特に、我々の研究室では図1に示すような「ヘテロ集積化」を研究している。ヘテロ集積化とは、MEMSと集積回路のような異なる(ヘテロな)要素を一体化するものである。いままで温度などの制約でLSI上に作る事が困難であったMEMSをLSIと「ヘテロ集積化」するために、図1のようにMEMSウェハに形成した異なる機能を持ったMEMSを、樹脂接合などでLSIウェハ上に一括転写し、最後に各チップに分割する方法を開発した。この手法を用いれば、

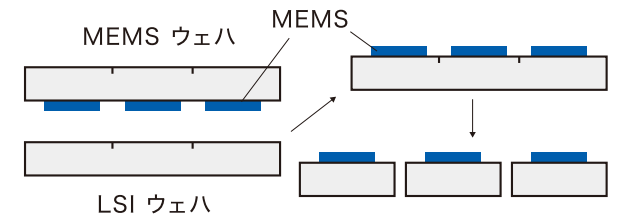


図1.ウェハレベル転写によるヘテロ集積化

LSIを壊さずに、高度な働きをする多様なサブシステムを一度に多く作ることができる。1971年より、自作の試作装置を用いてこのようなMEMSの研究を続けており、これまで130社程の企業が我々の研究室に研究員を派遣し実用化を行ってきた。1980年に製品化されたカテーテル先端のpH・CO₂センサ(クラレ、日本光電)、ウェハ状態で封止した集積化圧力センサ(豊田工機)、TVに使われているマイクロホン(NHK、パナソニック)、JRの駅のプラットフォームドアなどに使われる光スキャナ(日本信号)、地下鉄に使われている静電浮上回転ジャイロ(東京計器)、自動車の安全装備に必要とされるジャイロ・加速度センサ(トヨタ自動車)、LSIテストに使われているMEMSスイッチ(アドバンテスト)などがその例である。これからの実用化を目指した研究の中から、ここでは以下の3つを少し詳しく紹介する。

(1) 無線通信用ヘテロ集積化デバイス

スマートフォンなどの無線通信は年2倍程の割合で増大しており、利用可能な周波数帯が枯渇する恐れがある。このため、使われていない電波帯域を有効利用するコグニティブ無線技術や、情報通信研究機構(NICT)、千葉大学、村田製作所、デンソーなどと共同で開発している。これによって災害時に電波が混雑してつながらない等の問題を解決することもできる。図2はLSIチップ上に複数の弾性表面波(SAW)フィルタ、およびはチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)による圧電MEMSスイッチを、転写によってヘテロ集積化したものである。従来は基板上にフィルタやスイッチをLSIと並べて組み立てていたが、転写によってそれらをLSIチップ上に作ることで、より小型で高性能にすることが可能となる。

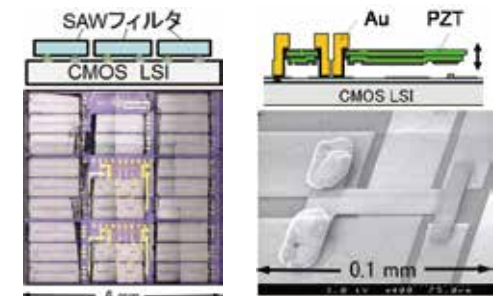


図2.転写による無線通信用ヘテロ集積化デバイス (左:LSI上のマルチフィルタ、右:LSI上の圧電スイッチ)

小谷機構長、総合科学技術会議議員に就任

小谷元子AIMR機構長が、3月6日付けで内閣府・総合科学技術会議議員に就任した。総合科学技術会議とは、内閣総理大臣及び内閣を補佐する「知恵の場」として、我が国全体の科学技術を俯瞰し、各省より一段高い立場から、総合的・基本的な科学技術政策の企画立案及び総合調整を行うことを目的として内閣府に設置された、「重要政策に関する会議」の一つ。内閣総理大臣が議長を務め、関係関係や有識者の14人の議員から構成されるが、今回、小谷機構長は非常勤の有識者議員の一人として選出された。



高橋教授、本多フロンティア賞受賞

AIMR主任研究者の高橋隆教授が、第11回本多フロンティア賞を受賞した。本多フロンティア賞は、理工学特に金属及びその周辺材料に関する研究において、優れた研究成果または発明を行った日本の研究者に対して贈られる。高橋教授は「光電子分光法による量子物質の電子構造と物性発現機構の解明」が評価されての受賞となる。贈呈式は2014年5月29日、東京で行われる。



プラシデス教授が王立協会ウォルフソン研究功績賞受賞

AIMR主任研究者のプラシデス教授が、王立協会ウォルフソン研究功績賞(Royal Society Wolfson Research Merit Award)を受賞した。この賞は、優れた業績を挙げた英国科学者に贈られる。プラシデス教授は分子超伝導体と凝縮系物理・化学の権威として知られており、今回の受賞は「New Chemistry of Functional Molecular Materials」に関する研究が評価されての受賞となる。

た。そのため、この施設は大中小の企業以外に、自社工場を持たないベンチャー企業や、企業が中止したプロジェクトの設備を譲り受けたスピンアウト企業などにも利用されている。

さらには、中古の設備や工場を用いて、MEMSの開発や少量生産を請け負う会社である「MEMSコア」が2003年に仙台で設立されたほか、LSIテスト用MEMSスイッチなどを生産している仙台的「アドバンテストコンポーネント」がMEMSファウンダリ(量産請負)を行うなど、効率化に向けて組織の壁を越えた取り組みが広がってきている。このような活動を支えるために、仙台市を中心として「MEMSパークコンソーシアム」を設置し、MEMS製品などを展示した「仙台MEMSショールーム」や、毎年場所を変えて行う3日間の「MEMS集中講義」などで情報提供も行っている。このような「MEMS」を取り巻く活動が評価され、「試作コインランドリ」運営の中心である戸津健太郎氏(東北大学准教授)と、「MEMSコア」の本間孝治社長が、2013年度の経済産業大臣賞(産学官連携功労者表彰)を共同受賞している。

国際的な取り組みとしては、先の対談の中でも述べたが、2005年にドイツのフラウンホーファー研究機構と仙台市が交流協定を締結し、それ以来毎年「フラウンホーファー in Sendai」というシンポジウムを開催してきた。東北大学AIMRでは、フラウンホーファー研究機構のENAS(電子ナノシステム)研究所長であるトーマス・ゲスナー教授が主任研究員を務めており、研究員の派遣だけでなく、2012年にはAIMR内に「フラウンホーファー プロジェクトセンター」が発足するなど、強く連携して研究を進めている。このほかにも、東北大学がベルギーにあるIMEC(大学間マイクロエレクトロニクス研究センター)のアジア戦略連携校(米国はスタンフォード大学、欧州はスイスのローザンヌ工科大学)になるなど、国際的に開かれた体制でMEMSの研究開発を行っている。以上のように、異なる分野や組織間の壁を無くし国際的にも開かれた活動によって、最新情報を集め技術レベルを確保しながらMEMSの研究を進め、産業界とともに社会のニーズに応えていきたい。

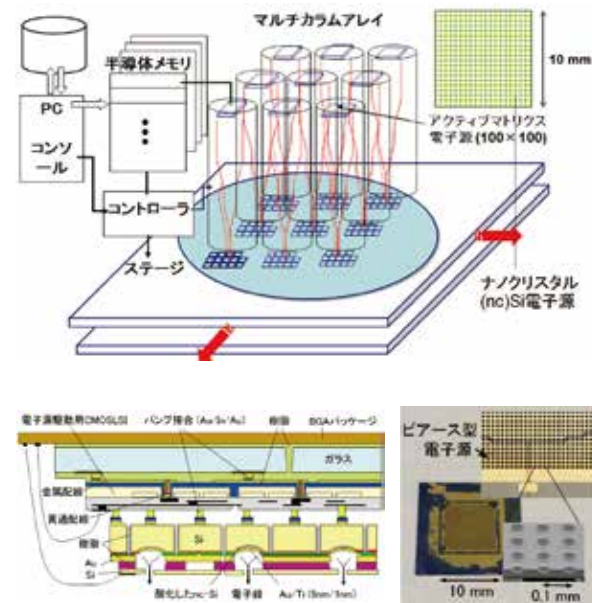


図4.超並列電子線描画装置
(上:概念、下:アクティブマトリクス電子源)

産業の活性化へ向けて

我が国の半導体産業は国際競争力が低下し雇用も減少しているが、MEMSによるヘテロ集積化のような多様化・高度化は、日本の半導体産業が進化していく一つの方向である。しかしMEMSは用途によって形状や製造工程が多様となり共通化が難しく、品種ごとに開発する必要がある。そのため、製造の効率が良くなければ収益化が困難となる。効率化のためには、異なる分野や組織間、企業間の壁を無くし、国際的にも開かれた体制にすることが求められる。

例えば、LSIを作るには通常CMOSファウンダリ(量産請負)に外部委託するが、個別に委託すると費用がかかるため、トヨタ自動車やリコーなど競合しない企業16社が乗り合いで1枚のウェハ上にそれぞれのLSIを製作し、開発のコストやリスクを少なくしている。先に説明したヘテロ集積化デバイスはこの仕組みで作られた。

そのほか低コスト化の取り組みとして、東北大学では、以前半導体工場として使われていた施設を活用し、企業が人を派遣して試作開発を行う「試作コインランドリ」を運営している。ここには多くの企業から装置が寄贈されており、安価に利用してもらうことができる。「試作コインランドリ」を利用することで、企業は設備投資をしなくて済むため、低リスクで新規事業に取り組める。それだけでなく、共同利用の施設としてはめずらしく、開発した製品を市販することも関係者の努力で認められ

(2) ロボット用触覚センサネットワーク

超高齢化社会に向けて、医療現場の負担を減らすために患者のお世話をする介護ロボットが求められている。MEMSの技術を使い、介護ロボットが人に衝突しても安全にするため、人間と同じように体表に触覚のセンサを多数分布させる研究を、トヨタ自動車、豊田中央研究所と共同で行っている。樹脂接合によってヘテロ集積化した触覚センサが、図3のように細かいフィルムに形成した共通線に多数接続されている。力を感じたセンサがLSIの働きでセンサのIDと力の情報を送信し、コンピュータに割り込みをかける方式であるため、遅れることなく感じる事ができる。

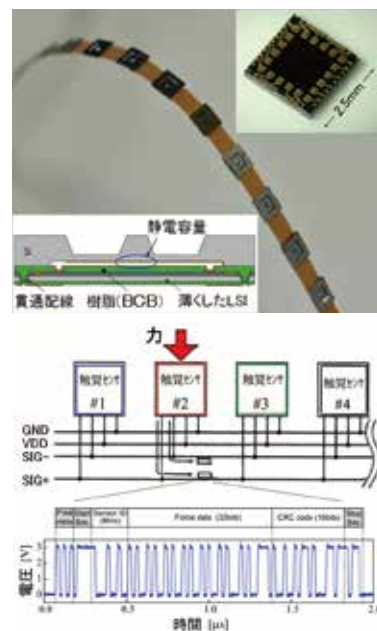


図3.ロボット用触覚センサネットワーク

(3) 超並列電子線描画装置

図1の無線通信用デバイスは大量生産されるものであるが、少量でも高付加価値のヘテロ集積化デバイスもある。図4は開発中の超並列電子線描画装置で、多数の電子線でLSIのパターンを高速に描画することによって、1セット数億円にもなるフォトマスクを使わず、マスクレスでLSIを製造することができる。このため多品種少量でも採算が合うだけでなく、開発も短期間に行える。ナノクリスタル(nc)Si電子源アレイ(100×100)をLSI上に形成したアクティブマトリクス電子源を、クレストックおよび東京農工大と共同で開発しているが、ここにも樹脂接合によるヘテロ集積化の技術を用いており、電子的な取差補正などLSIの高度な機能が活かされている。



A tree branch

- must hold leaves out in the sunshine for photosynthesis
- must not bend too much under its own weight, or in the wind.



The material chosen for the branch

- must be **stiff** (have high Young's modulus E)
- must have a **low density** (ρ , kg/m^3)

枝の条件 = ヤング率が高い (≒曲がりにくい) & 密度が低い (≒軽)

2013年12月14日、仙台国際センターにて、第3回世界トップレベル研究拠点合同シンポジウム「Science Talk Live 2013 by WPI」が開催された。《「見る」力を、「観る」力に。—世界を変える科学者の目—》と題して行われた本シンポジウム。世界トップレベル研究拠点で活躍する5名の科学者が、それぞれの研究を熱く語った様子を写真と参加者の感想で振り返る。



講演を行う5名の研究者



五感で感じる電子の世界

高山あかり 博士

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 JSPS特別研究員

「異常感知能力」を高めてください。それは研究だけでなく、日常生活にもきっと役に立つはず。高山あかり博士が講演の最後に発したメッセージだ。超高分解能スピン分解光電子分光装置を使って電子のスピン状態を解析するという非常に難しい研究を、いきいきと語った。装置開発からデータ解析まで「五感」をフルに使って研究する様子は、「実験の内容などはもちろん、自分の研究を楽しそうに語っていらっやった高山博士は、私にとってとても刺激的だった」と参加者の心に強く訴えかけた。

自然が魅せる材料開発の未来

アラン リンゼイ グリア 教授

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 主任研究者、
ケンブリッジ大学 材料科学冶金学科 教授

「人間は素晴らしい材料をいろいろ開発しようとがんばっているが、じつは最も優れた材料のアイデアはすでに自然の中に存在する」ことを、木の枝やカエルの冬眠、クモの糸など身近な例をあげながら説明するグリア教授。「材料について熱心に研究したいという思いが高まった」という感想が聞かれるなど、普段はなじみのない材料科学という研究を身近に感じることができる講演だった。



新物質イタミンを夢見て

伊丹健一郎 教授

名古屋大学トランスフォーメティブ生命分子研究所
拠点長

化学が嫌だった少年が、どうやって合成化学に魅かれていった、どんな夢を描いているのか、分かりやすく語りかける伊丹教授。「自分の実力を存分に発揮することができ、そのうえ楽しく研究ができる、というのは非常に達成感を感じることができ、とても素晴らしいと思った」という感想からも、高校生の心をとらえたことが分かる。



地球の起源と生命の誕生

廣瀬 敬 教授

東京工業大学地球生命研究所
所長

「今日は私の夢を語りに来ました」と語り始めた廣瀬教授。生命の誕生に地球がどのような役割を果たしたのかを、無限の好奇心を持って研究している様子が伝わる講演であり、講演後のブースでは長く高校生から質問を受けていた。



睡眠・覚醒の謎に挑む

柳沢正史 教授

筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構
機構長

誰もが毎日経験する睡眠という現象が、実は何も分かっていないということ。そのような謎に包まれた睡眠について、膨大な実験を行って睡眠のメカニズムの一端を明らかにしてきたことを説明する柳沢教授。「睡眠は身近すぎて興味を持っていなかったけど、講演を聴いて一気に興味がわいてきた」参加者が多かったようだ。



高校生による英語の研究プレゼンテーション

後半は、宮城県仙台第三高等学校、宮城県仙台第一高等学校、宮城県古川黎明高等学校の他、アメリカのエレノア・ルーズベルト高校の代表者が、互いの研究成果を英語で発表した。



ブースセッション

WPI全9拠点の展示を見ようと、大勢の参加者でにぎわうブースセッション。宇宙や生命、材料やエネルギーなど幅広い分野の最先端研究が一度に見られるとあって多くの参加者でにぎわっていた。また講演者がブースに立つと、直接質問しようという高校生に囲まれて多くの質問を受け、講演者も最後まで熱心に質問に答えていた。



EVENT REPORT

The AIMR International Symposium 2014開催

2014年2月17日から19日にかけて、仙台国際センターにおいてAIMR International Symposium 2014 (AMIS2014) が開催された。里見進総長の開会の挨拶で始まり、UCSBのJames Langer教授をはじめとした招待講演者、およびAIMRの研究者32名が講演を行った。アメリカ、中国、イギリス等13ヶ国から約240名の参加者が集い、各講演後活発な意見交換が行われた。今回のワークショップでは「Toward emergence of new materials science with mathematics collaboration」のテーマのもと、多くの数学者の参加を得て、AIMRが展開している数学と材料科学との融合についても活発な議論が交わされた。



▶ 仙台第三高等学校 ▲

A Method to Change the Color of Metals by Oxidation



▲ エレノア・ルーズベルト高校 (米国メリーランド州)

Adaptive Control Using a Neural Net (by Michael Stevens)
Cooling of Linear Induction Launcher (by Matthew Early)
Fast Single-Point Imaging Electron Paramagnetic Resonance Imaging to study fluctuating Tumor Physiology; k-space and Trajectory Design (by Vishnu Rachakonda)



▶ 古川黎明高等学校 ▲

Verification of Breed Difference through Anther Culture



前日から雪が降り積もるあいにくの天気にも関わらず、高校生を中心に約600名が来場した。里見総長の挨拶と櫻田文部科学副大臣の祝辞に始まり、研究者の講演と高校生の発表を聴いた参加者からは「研究の視点というものが日常から非日常まで様々で、それぞれ違う角度から見ている。学問って面白そうと感ずることができた」「高校生たちの発表を聞いて、こんな凄まじいことを自分と同じ年代の人がやったのかと思うと立っていてもいられなくなった。」といった感想が聞かれた。次回のWPI合同シンポジウムは2014年12月に東京で開催予定。

当日の講演を録画したものが下記のサイトでご覧いただけます。

<http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/wpi2013/>

AAAS年次大会にてブース出展とワークショップ開催

AIMRは、2月13日(木)から5日間にわたってシカゴで開催されたアメリカ科学振興協会(AAAS)年次大会 2014にて、世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)の各拠点および文部科学省と合同でWPIブースを出展し、ワークショップを共催した。

WPIブースは科学技術振興機構(JST)が主催する日本バビロンの一部で、14日(金)～16日(日)の3日間、ハイアット・リージェンシー・シカゴの展示ホールで展示された。期間中、多くの来場者がブースを訪れ、担当者に研究内容や研究者の受け入れ態勢について熱心に聞く様子が見られた。理化学研究所との共催で行われたワークショップ「Build a Career in Japan!」では、WPIプログラムの概要説明や、外国人研究者が日本で生活するにあたってのサポート体制等が紹介された。

また、ジュニア主任研究者のカテムホッセイニ博士がAAASフェローに選出され、15日にAAASフェローフォーラムにて表彰が行われた。



ちょっと寄り道

M A T E R I A L S

このコーナーでは、AIMRの研究分野である「材料科学」について、基礎的な事柄、歴史、世界の研究動向、AIMRにおける先端研究、等々をエッセイ風に紹介していきます。

* 第4話 *

電子デバイスと材料

今日、電子デバイスという言葉は私たちの日常生活にも浸透し、ごくごく普通の会話にも登場します。電子デバイスは携帯電話やコンピュータなどの電子機器に使われているトランジスタや発光素子などの電子部品を指します。日本語では、コンピュータなどの製品を「電子機器」と呼び、それら電子機器を構成している個々の電子部品を「電子デバイス」と呼ぶ習慣がありますが、国際線の飛行機に乗ると離陸時と着陸時に、We request that all electronic devices be turned offとアナウンスがあったりするので、英語の「電子デバイス electronic device」という言葉はもう少し広く、電子機器(コンピュータなど)も含んでいるようです。ここではあまり厳密な定義はせずに電子デバイス、または単にデバイスと表記することをお許しください。

さて、電子デバイスは大量の情報を保管したり、プログラムに従った高速計算をしたり、情報を電波に乗せて瞬時に伝送したりすることに使われています。以前は書物に記録されてきた情報はハードディスク、フラッシュメモリなどにコンパクトに保存され、スーパーコンピュータによる計算で気象予測の精度も上がり、かつては手紙で送っていたメッセージは電子メールによって瞬時に世界を飛び交い、電話も無線の携帯電話が主流となってきました。こんな現代社会を支えるデバイスの研究・開発に関わってみたいと夢をもつ高校生が学部、学科選びをするとき、どこを選んだらよいのでしょうか?工学部の電気電子工学科、電気通信工学科などはもちろんその研究・教育の舞台です。ただ、これは材料科学のエッセイですので、やはりここでは、材料科学もデバイスに直結していることを書きたいと思います。

例えばICやLSIと呼ばれる集積回路は典型的な電子デバイスですが、たくさんの電気配線(アルミニウム線、銅線など)が張り巡らされているばかりではなく、中身を顕微鏡で拡大してみると、ある板の表面に細かな構造が散りばめられていることがわかります。現在のデバイスの多くはシリコンウエハと呼ばれるシリコン単結晶を0.5~1 mmくらいの厚さにスライスした

板を使ってできています。このシリコンウエハはそれ自体が半導体であるため電気を流すことができます。リソグラフィと呼ばれる微小構造を作る技術によって、そのウエハの表面付近にp型領域(正電荷が多く存在)、n型領域(負電荷が多く存在)、絶縁体領域(シリコンの酸化膜)からなる、数千、数万のトランジスタ構造を作り込んでいきます。シリコンという半導体材料からできている以上、そこには材料科学の果たす役割があります。例えば、シリコンの電気伝導性やp型、n型の違いは結晶中にドーピングする不純物の効果によって生み出されますが、これも材料科学の重要課題です。材料科学者の貢献により、現在ではシリコンとは異なる特性をもった様々な半導体が電子デバイスの材料として実際に使われたり、将来の使用を目指して研究されています。

ここからは私たちAIMRのお話です。もちろん、半導体や電子デバイスの研究をしている研究者はAIMRにも多数在籍しています。半導体(材料)と電子デバイスは切っても切れない関係にあります。更にAIMRにはMicro Electro Mechanical Systems(MEMS:メムス)の研究グループがあります。MEMSは上述の集積回路に似ていますが、シリコン基板の上に、機械要素部品、センサー、アクチュエータ、電子回路を同時に作り込んでいきます。集積回路は電気の流れを制御、利用するデバイスですが動くことはありません。それに対してMEMSでは、動く微小機械を電子回路と一緒に作り込むことで付加価値を高めています。詳しくはAIMR Magazine本号の江刺教授とゲスナー教授の対談をご覧ください。電子デバイスに興味のある皆さん、材料科学からアプローチするのも面白いですよ!



池田 進 Susumu Ikeda

1967年埼玉県生まれ。90年東北大学理学部卒業。セメント会社勤務後、東京大学大学院理学系研究科で学位取得。同大学院新領域創成科学研究科助教を経て、2008年よりAIMR助教。10年より准教授。11年より副事務部門長を併任。AIMR事務部門において、分野融合、数学-材料科学連携の支援を行うほか、共通機器の整備等を担当。

ラミン・バナーン・サデギヤン

Ramin Banan Sadeghian

ももとは大規模な集積回路やマイクロセンサーを専門とする電子技術者だという。「化学マイクロセンサーの設計を経験してから、バイオセンシング、特に生体組織の解析に用いるナノスケールのプローブ開発に興味を持つようになりました。」

医療や創薬などの分野で広く応用されるようになったバイオセンシング。その研究を行うにあたって、AIMRは理想に近い研究環境だと言う。「ここには、材料解析やナノファブリケーション(ナノスケールの微細加工技術)の素晴らしい研究者が多くいますし、施設や装置も最高のものが揃っています。この環境を活かして、彼らと多くの共同研究を進めていきたいと思っています。」

着任から3ヶ月ほどだが、もうすっかりAIMRの環境にとけ込んでいるようだ。

「AIMRは、みんな本当に反応が早くプロフェッショナルな環境だと感じます。若手研究者ともシニアの研究者とも気軽に自分の研究テーマについて議論することができるし、事務スタッフからも、かつてないほどの援助をうけています。全員との交流を心から楽しんでいます。」

そんな彼に興味はなにかと聞くと、「ラジコンです」という答えが返ってきた。思わず電子技術者らしいなと思っていると、その心を知ってか知らずか、「あと最近、日本語を習い始めました」と付け加えた。「ちなみに」と続けた彼の言葉に驚かされた。「うまく日本語を話せるようになれば、私にとって話すことができる6カ国語目の言語になります。」

ラミン・バナーン・サデギヤン
AIMRポスドク研究員

75年イラン生まれの38歳。カナダ・コンコルディア大学で博士号を取得後、カリフォルニア大学デービス校およびサンタクルーズ校のポスドク研究員、H2scan Corporationのシニア・リサーチャー・エンジニアを経て2013年11月より現職。

中道康文=写真・文