MANA NEWS LETTER

CONVERGENCE

No.26 | 2018 | February
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
International Center for Materials Nanoarchitectonics (WPI-MANA)

Featured Topics

惑星科学×生命科学×材料科学

Mission to Mars

― 火星移住は可能なのか？ ―

地球生命研究所（ELSI）　廣瀬 敬所長、臼井 寛裕准主任研究者

Leader's Voice

天野浩 教授に聞く

“発展途上国にこそ新たな研究シーズがある”

WPI-MANA Research Highlights

- 金属表面上のしなやかな分子カーの操縦方法の確立
- 磁気でイオンを輸送する新原理のトランジスタを開発
- ペロブスカイトを用いた世界最高性能の原子層誘電体

Featured Topics

惑星科学×生命科学×材料科学

Mission to Mars
— 火星移住は可能なのか？ —

人類が月面に到着して48年。無人ローバーによる火星探査が可能となった現在、「火星移住」という言葉は現実味をもって語られるようになりつつある。最先端の惑星科学、生命科学、材料科学の視点から考えて、火星移住は実現可能なのだろうか。東京工業大学 地球生命研究所(ELSI) の廣瀬敬所長、臼井寛裕准主任研究者にその展望と今後必要となるであろう技術について話をお聞きしました。

インタビュワー：科学ジャーナリスト 餌取 章男　/　ライター：小森 岳史 (TRIXIS FACTORY)

東京工業大学
地球生命研究所 (ELSI)
所長

廣瀬 敬
Kei Hirose

PROFILE
1994年、東京大学大学院理学系研究科地質学専攻博士課程修了。1996年、カーネギー地球物理学研究所客員研究員。1999年、東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻助教授。2006年、同教授。2012年、東京工業大学地球生命研究所（ELSI）所長。地球内部の120万気圧、2500℃の超高圧高温環境を実験室で再現することに成功し、ポストポストペロブスカイト相を発見。井上学術賞、日本学術振興会賞、日本学士院賞、藤原賞など受賞多数。

火星へ降り立つ日は近い？

—最近、火星へ行く、移住する、という話がいろんなところで話題になってきました。

廣瀬：NASAとしては本気でどうやったら火星に移住できるかを考えているようです。NASA以外でもSpace X社のイーロン・マスク氏が真剣に取り組んでいます。オランダの非営利団体であるMars Oneという団体は火星移住の目標を掲げて移住希望者を募ったりもしています。SFや映画ではなく、実際にどうしたら可能かということを真剣に考え、行動を起こしている団体が民間レベルで出てきている。世界的な火星への関心は高まっており、それに向けてロードマップが出来つつある段階だと思います。

臼井：ただ火星の知見を蓄積するにも、NASAだけでは人材的にもリソース的にも不足しているので国際的な枠組みで活動しています。火星由来の隕石(※1)を調べることはもちろん、探査機(※2)が火星に行き、様々なことを知ろうとしています。移住や有人飛行にはまだまだナレッジギャップがたくさんあります。

—今のロードマップですと、いつごろから移住は始まりますか。

廣瀬：NASAの火星有人飛行計画では、早ければ2035年にも実行に移す予定とあります。移住にはあと四半世紀くらいでしょうか。もちろんこの通りに行くとは思わないですが（笑）。

—廣瀬先生とELSIは、なぜ火星に注目しているのでしょう。

廣瀬：僕らが火星を研究する一つの意味は、地球とどう違うのかという比較対象が可能だからです。基本的には火星も地球も同じようなプロセスでできています。火星も地球と同じ青い星だったのかもしれません。30数億年前には火星表面の20%が海で覆われていたと推測されていて、当時は火星内部にも地球と同じ様な高温の液状コアがあり、熱対流することで磁場があったとも考えられています。

—今の火星からは考えられません。

廣瀬：42から39億年前に相次いで小天体が火星に衝突し、最終的に液状コアは冷え切り、熱対流がなくなったので磁場は永久磁石として固定したと考えられています。磁気圏がなくなると太陽風（プラズマ粒子のガス）の侵入を防げなくなり、大気が剥がされ、水は蒸発しました。水分子は放射線によりイオン化され、水素ガスは宇宙へ放出され、酸素は火星表面のあらゆるものを酸化させました。ですから火星の土は酸化鉄に覆われ、赤いのです。

—火星が地球の様になった可能性も、地球が今の火星の様になった可能性もあるのですね。

廣瀬：地球と火星のプロセスの差が、結果的に惑星としての運命を分けたわけです。その頃の火星に生命がいたかどうか、考える材料としては非常に面白い。地球環境において生命が生まれた仮説があったとして、それを同時期の火星に適応すると導かれる結論があり、実際に検証できる可能性があるわけです。地球で作ったモデルを検証実証できるということは火星のすごくおもしろいところです。

—地球との兄弟星などとも言われています。

臼井：月や金星より火星が面白いと思うのは、火山地形があり、川が流れた流水地形があり、昔の海の堆積物があったり、極冠には氷河があったり、地質的に多様性に富んでいる点です。四季もあります。2010年代に入ってからハワイ島・マウナケア天文台群の観測で大気の水蒸気の量とかがわかるようになってきました。それではじめて、高いところや低いところでどういう風に大気が動いているとかがようやくわかり始めてきたのです。

火星に家を建てるなら

—では、そうしたロードマップが達成され、火星に人類がたどり着き、住むということにいよいよなったならば、どの様な生活が待っているのか、仮説としてお話ができればと思います。例えば住むための場所というのは、どのように考えればよいのでしょう。

廣瀬：火星の表面にそのまま住むのは非常に難しいでしょう。表面は酸化が著しいので、とてもじゃないけど普通の生物が生きていける環境ではなく、人間も含めて無理なわけです。

—放射線や紫外線の問題もあります。

廣瀬：でも、ちょっと面白い話もあります。実は、火星の内部は決して酸化的ではないのです。むしろ地球よりも還元的だと言われているくらいです。だから、ちょっと穴を掘るといいかもしれません。僕が聞いたことがあるのは、溶岩が流れた後にできる溶岩チューブという空洞が火星にもある様です。日本の富士山でも樹海の下にあります。洞穴みたいなものですが、最初のとっかかりとしてはいいかもしれないですね。

—では、そうした溶岩チューブにまず入るとします。そこを人類の住みよい場所にするには、ある程度の建材が必要だと思われます。構造材料と機能性材料に関しては、火星でまかなえますでしょうか。

廣瀬：まず、構造材料の代表として、セメントはおそらく容易に手に入ると思います。原料の石灰岩はおそらく普遍的にありますからね。もちろん酸化されているでしょうが、還元させれば良い。それよりも問題はいわゆる金属です。

–例えば鉄が手に入りますか。

廣瀬：火星の石は鉄分がものすごく多い。ただ、もちろん製鉄が必要です。地球ではそれを溶鉱炉で溶かして酸素を剥がしているわけです。

臼井：火星にはハワイの石が錆びたようなものがゴロゴロしています。地球と同じような材料が作り出せるか、という問いの答えはYESです。だけどぼくらはハワイの溶岩の上に立ってもそこから鉄鉱石を取ることはできない。やはり地球の場合は水が循環し、生命が介して元素が濃集するプロセスが鉄鉱石をつくりだし、鉱脈ができ、そこから鉱物資源を取り出しているわけです。鉱脈を見つける必要があります。

廣瀬：どこかに水があって流水地形がある以上、地球と同じ様に凝集した鉱脈は必ずあるはずです。まだ見つかっていないだけで。

臼井：火星と比べると地球の方が圧倒的に凝集プロセスの様々な活動量が大きいし、時期も長かった。火星では塩水が流れていると

いうのは今でもあるのですが、量としても非常に少ない。ただ、熱水が循環していた場所というのは今ではいくつか見つかっています。そこにはオパールがあったり、重金属がちょっと濃集している場所もあるようです。

廣瀬：銅という元素が欲しくて火星の鉱物を利用するとなったら、鉱脈があったとしても石の中から抽出しなければいけない。地球であれば溶解させるわけですが、火星では大変でしょう。一つのアイデアとして、菌などの微生物で行うバイオリーチングと呼ばれる手法が考えられています。金属の錯体形成による沈殿と溶解を、微生物の酸化還元プロセスを介して行う方法です。すでに地球でも硫酸還元菌を用いた銅の浸出法があります。これを火星で応用するのです。火星の模擬土から菌を用いて鉄とリンを抽出した例もあります。

—大気はどうでしょう。

廣瀬：火星の大気は非常に薄く、95%が二酸化炭素です。薄い大気だと考えても二酸化炭素は地球以上にある。ただ人類が住むとなると、水蒸気はほとんどないし、もちろん酸素はほとんどない。

—するとやはり酸素はどっかからか持ってくるか、つくるかです。

廣瀬：火星表面はものすごく酸化されているので、それをうまく分解して酸素を取り出せばいい。電気分解はもちろん、それこそ微生物にやらせるアイデアもあるようです。

—そういう働きを持っている微生物、菌は地球から持ってかなきゃなりませんか。

廣瀬： それはもちろんそうです。まぁ、微生物が全て遺伝子だと言ってしまえば、向こうで全部DNAを合成して、なんていう技術もいつかはできるかもしれません。ですが少なくとも現在の合成生物学でもさすがにそこまでは難しいですよね。

—一種の微生物に近いようなモジュールがあれば、一番いいのでしょうか。WPI-MANAでも人工光合成というアイデアがあります。

廣瀬：そうですね。そういうものを人間が作れるようになるともっとコントロールしやすくなります。やっぱり微生物がいくら有用だと言ったって、必ずしもこちらがやって欲しいことばかりやってくれるわけではないので。人間がちゃんとコントロールできるようになったモジュール、装置は微生物よりは使い勝手がいいでしょうね。エネルギー効率的にもいいのではないでしょうか。

エネルギー源と水について

—ではバイオの力で住むところはなんとかなったと。大気もある程度は確保できた。次はなんでしょう。

廣瀬：エネルギーですね。太陽からものすごく遠いですから、平均気温もマイナス60度。地球は15度です。つまり極寒の地です。

臼井寛裕 准主任研究者

火星探査機は太陽光電池ではなく、原子力電池で動いています。NASAでも火星に小型原子炉を作るプロジェクトがあります。そういうエネルギーはまず地球から持って行くか、火星で見つけなければならない。

—水は火星にあると言われていますが。

廣瀬：基本的に火星には、ちょっと掘ればいろんなところに凍土層がたくさんあるのだろうと期待されています。

臼井：氷そのものは大した量が見つかっていませんが、何十mという厚さの凍土層が地下に広域にあるというのは電気的な物理探査でのデータがあります。実際掘るとなると相当技術的なジャンプはありますが、浅い凍土層の位置がわかれば氷にはアクセスできるでしょう。表面に染み出しているところは普遍的に見つかっています。暖かい赤道域のクレーターの斜面などに、夏になると黒いシミができて、冬になると消えるという現象が繰り返されています。分光学的にそのシミをみると、どうも塩水がちょろちょろちょろちょろとでて蒸発して、冬になったら消えて、これを繰り返しているらしい。このような季節的な変化があるっていうことが実は生命活動には大事だと思っています。

火星と生命探求研究

—先ほどのバイオリーチングなどは、人類の環境を作り出すために地球から菌や微生物をたくさん持っていかなくてはなりません。

廣瀬：僕らのような、生命の起源を研究している身からすると、本当は地球から持って行くのは面白くないんです（笑）。もし火星で地球とは独立に何か生命が誕生していたとすると、確率的に地球とは違う生命のはずです。地球の生命って、言い方は悪いけど一種類しかいない。こんなに地球にはいろんな多様性に富んだ生物がいるように見えますが、全てが共通の原理でできているたった一種類の生物でしかないと極論もできる。

—セントラルドグマ(※3)ですね。

廣瀬：そうです。生命の多様性を本当に知りたいのであれば、地球生命じゃない生命のことを僕らは知りたい。

—火星に地球の生命を送り込むと、外来種として駆逐する可能性があるということですか。

廣瀬：地球には生命が一種類しかいないと言いましたが、もしかしたら元々は100種類ぐらいいたのかもしれない。それを我々の祖先がほかの生命を駆逐し、生存競争に勝って、一つに残ったという可能性が高いと考えています。同じことを火星でやってしまっていいのか。生命の起源に興味のある側からすると非常に気になります。

—今のDNAやRNAの生物が、地球上で唯一の生物だとすると、他の星にはもしかすると、全く別の形の生物がいる可能性がある。

廣瀬：それは、そういう別の形が当然あっていいはずです。それがどういう形なのかっていうのが、僕ら、一番知りたいわけですね。

—それがELSIの根源的な問いですね。

廣瀬：宇宙に生命がいるかみたいな話をよくするわけですが、宇宙にいる生命と地球の生命が同じなはずがないわけですよ。全く同じセントラルドグマだとはとても思えない。地球には地球の個性というものがあって、その個性に合わせた生命が今の生物であるはずです。ほかとどこが違うのかというところまでは今ではわからない。そこが一番の興味なのです。

—我々が想像のつかない形の生物がいる可能性もあるわけですよね。

廣瀬：もちろん、そうです。僕らはアミノ酸を20個使っています。これを25個にしたとするとね、一体何ができるか、すごく面白い問いですよね。逆に、15個に絞った時に何ができなくなるかとか。その20というのも決して決まった数字ではないはずです。違う種類の組み合わせの25個になった時に、どうなるのかというのは、非常に興味深い。必ず同じはずがないので。

—生命研究の観点からも、火星や他の星の研究が重要なのですね。

廣瀬：火星探査をして、もちろん社会的には火星に生命がいるかいないかっていうことも重要ですが、我々としては火星の生命が地球の生命と何が違うか、というところが一番の興味なわけです。

—では最後に、将来もし、限られた人ではあっても火星に行けるようになったとします。先生は行かれたいですか。

廣瀬：いやぁ。そんなに魅力的じゃないですよね（笑）。火星の赤茶けた大地なんか、あんまり行きたいと思わないですね。地球から観測しています（笑）。■

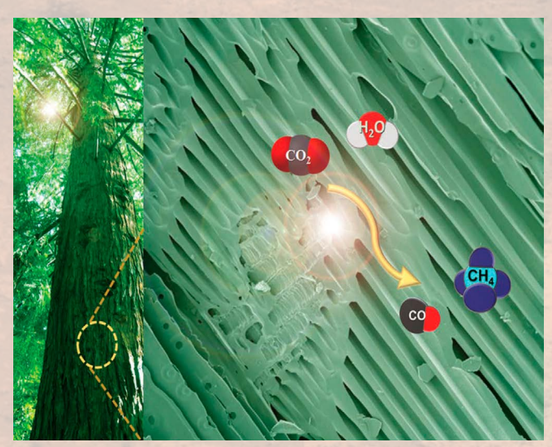
※1：火星由来の隕石は、2017年9月時点で198個発見されている。

※2：火星探査機は1997年にはじめて「マーズ・パスファインダー」が着陸に成功してから8台送り込まれている。現在はNASAが送り込んだキュリオシティが稼働し、火星の様子を地球に伝えてくれている。

※3：地球上のすべての生物は同じ原理を持つとする分子生物学の考え方。DNAがRNAを介して、タンパク質を生成し、生物の機能や構造をつくる一連の情報伝達は細菌からヒト、植物にまで当てはめることができる。1958年にフランシス・クリックが提唱した。

WPI-MANAの関連研究： 人工光合成への挑戦

「人工光合成」は、太陽光によって水と二酸化炭素を炭化水素に変換して再利用する技術であり、地球温暖化の解決に寄与することが期待されています。WPI-MANAでは独自の複合光触媒材料の設計・制御による高効率人工光合成の実現に取り組んでおり、これまでに水の酸化反応において、自然界の光合成に匹敵する量子効率を達成しています。表面／界面構造を精緻に制御し、自然界に存在する構造・機能を模倣することにより、効率的な光吸収、二酸化炭素の吸着・拡散およびメタンへの変換が促進されることがわかっています。高効率な人工光合成の実現に向かってWPI-MANAは大きな一歩を踏み出しています。



Leader's Voice

天野浩 教授に聞く

PROFILE

1988年、名古屋大学大学院工学研究科博士課程単位取得退学。1988年、名古屋大学工学部助手。1989年、名古屋大学工学博士。1992年、名城大学理工学部講師。1998年、名城大学理工学部助教授。2002年、名城大学理工学部教授。2010年より、名古屋大学大学院工学研究科教授。2011年より赤崎記念研究センター センター長を兼任。2015年10月、名古屋大学未来材料・システム研究所附属未来エレクトロニクス集積研究センター長に就任。
名城大学終身教授、名古屋大学特別教授である赤崎勇教授、カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授である中村修二教授とともに、世界初の青色LEDに必要な高品質結晶創製技術の発明に成功し、2014年、ノーベル物理学賞を受賞。他、受賞多数。

LED技術の先にある応用研究

— 先生は青色LEDでノーベル賞を受賞しましたが、その後研究の進展はございますでしょうか。

はい。LEDが一般社会に普及したということは、その製造技術がある程度確立されたということを意味します。そのおかげで、現在ではLEDの様々な応用が考えられる段階にきているように思います。私たちの研究室では今、パワーデバイスへの応用について考えているところです。特にワイヤレス送電ですね。窒化ガリウムは非常にバンドギャップが大きい、つまり絶縁破壊耐性が大きいのです。それによって、小さなデバイスを作ることが可能になるんですね。小さくできるということは、エネルギー損失も少なくなるはずです。もう少し頑張れば実用化に結びつくというところまで来ていると思います。ワイヤレス送電が実現されれば、世の中が大きく変わるのではないかと考えています。例えば、ドローン。バッテリー容量に限りがあるので最長でも30分程度しか飛べませんが、ワイヤレス給電技術が発達すれば長時間飛行が可能になります。短距離輸送を中心とした物流システムに革命を起こす可能性もあります。

— ワイヤレス送電技術は非常に応用的な技術ですが、先生は基礎的な材料研究からキャリアをスタートしています。基礎研究と応用研究の関係についてはどのようにお考えですか。

それは大切な質問です。LED技術を例に話しますと、LEDと電源回路の場合には、材料の信頼性に対する必要仕様が全く違ってきます。光源としてのLEDの場合、結晶の欠陥が多少あっても問題なく光ります。極論を言えば、交通信号灯は使われているLEDのひとつが光っていなくても信号灯としての機能を果たすわけです。しかし、電源回路の場合はそうはいかない。もし電気自動車が暴走してしまったら大変なことになります。つまり、絶対あってはいけない結晶欠陥をあらかじめ見極めておかなくてはなりません。必要とされる仕様を満たすような製造技術を確立するには、結晶成長技術、熱力学、統計学、量子力学などといった基礎学問、基礎研究が必要不可欠です。応用技術と基礎はひとつなぎです。

若い研究者はハングリーであれ

— 日本と世界の研究情勢を比較して何かお考えになることはございますか。

ノーベル賞をいただいてから、いろいろな国に行く機会が増え、その中で多くの発見がありました。例えば、アメリカのシリコンバレーに行き、アメリカの発展はAI、インターネットなどに大きく支えられています。基礎研究よりIT応用技術研究にばかり力が入っていて、次の一手がないようにも見えますね。一方、フランスでは、一人一人の学生に工夫された実験設備を与えて基礎実験ばかりをやらせているのです。学生に手をかける労力のかけかたという点で、日本は全然足元にも及ばないと実感させられました。ただ、自分の経験からすると、あれだけ実験をやらせてしまうと学生が満足してしまうような気もする。私は大学に入ってすぐはあまり実験できなかった反動で、卒業研究では実験にのめり込みました。しかも実験が全くうまくいかなかった。その反動で研究に対するハングリー精神が養われたと思っています。

> 発展途上国にこそ
> 新たな研究シーズがある

— 学生たちは積極的に海外経験を積むべきでしょうか。

そう思います。昔は誰もがアメリカやヨーロッパに留学したがっていたのですが、最近の学生はどこにも行きたくなくなっているように感じます。私はむしろ発展途上と言われている国々に行くことを勧めたい。

— それはどういうことでしょうか。

最近、オマーンとインドに行ったのですが、素晴らしい文化が存在する一方で、社会に残っている解決するべき課題もたくさん残っている。研究者ならそれを見て、自分たちが取り組んでいる研究が社会の役に立つ可能性に気がつくはずなんです。若い人にはそういう経験をしてもらうっていうのがすごく大切だと思います。つまり、「俺はこれがやりたい、この社会を変えて行きたい」というようなハングリーな気持ちになってほしいのです。本来は、日本にいても社会的課題に気がつくべきなのですが、実際それは難しいでしょう。

例えば、グアテマラは水の確保に苦労しているんですね。取水が行われている湖に生活排水を排水してしまったために、健康被害が発生しているんです。そこで水を綺麗にする必要があるのですが、技術的に難しいという話を聞き、何か協力できることがないかと動き出したところです。我々の研究室では、紫外線LEDの開発にも取り組んでおり、水の殺菌についても企業と共同研究を進めていましたので、情報を提供することができました。ただ、紫外線の殺菌装置では大規模な水の浄化には適さないので、微生物を使って水を綺麗にする研究をされている名古屋大学の先生にも協力してもらい、水の浄化プロジェクトをスタートすることができたのです。

最先端研究が行われている先進国ばかりをウォッチするのではなく、発展途上国の現状に注目することによって、研究テーマが見つかることは、たくさんあると思うんです。若いうちにそれに気がつくこと、自分の研究に目的意識を持つことは、とても大事なのだと思います。

— 先生は、社会の役に立つ研究というものを意識されているようにお見受けしますが、日常の中においても研究者の視点を失くさないように常に心がけていらっしゃいますか。

日常的に研究のことが頭の中にありますが、それが生活の一部となっていますので、仕事だと意識することはないですね。研究のネタを考える作業自体が楽しいんです。特に、海外に行って今まで気づかなかった課題を見つけたときなどは、どうすればそれを解決できるかを考えるのが楽しくてしょうがないですね。

Leader's Voice

天野浩 教授に聞く

0から1を生み出す研究と1を10に発展させる研究

— ところで、先生はNIMSの小出理事と共同研究に取り組んでいますが、どのような経緯があったのでしょうか。

小出さんは赤﨑研究室時代に一緒に研究していた先輩ですので気心が知れているというのが一つありますが、やはりNIMSの持つ世界最高の物性評価能力が必要だったというのが共同研究の大きな理由です。例えば、窒化ガリウム結晶のキラー欠陥がどういう構造になっているのか調べたいと思った場合、原子レベルで評価することが可能な研究機関はNIMS以外にありません。共同研究のおかげでいくつかの点に関して急激に理解が深まりました。このような基礎的な分野におけるNIMSの実力は本当に素晴らしいと思います。

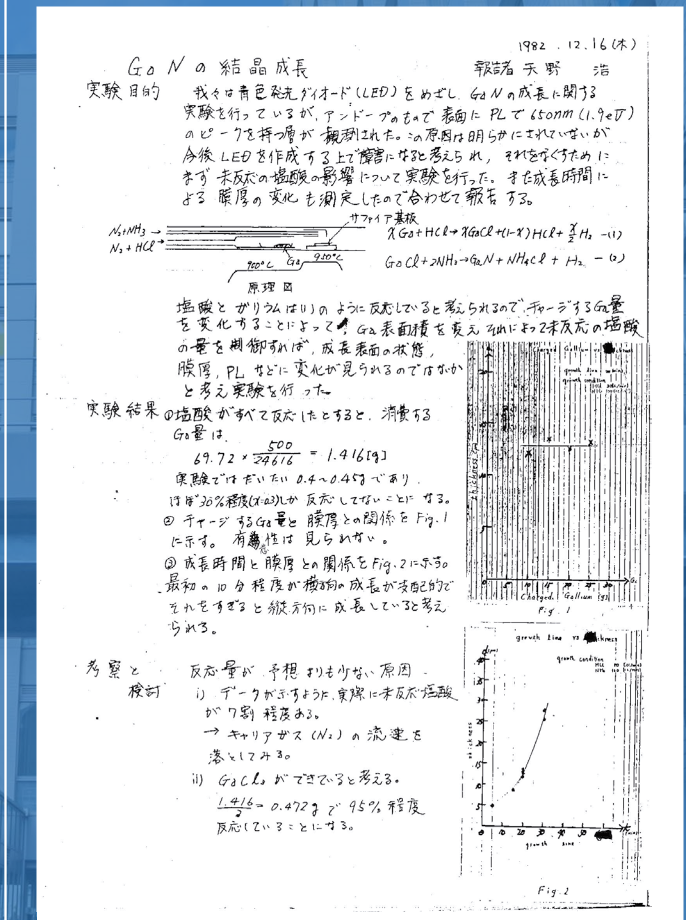
— WPI-MANAでは「ナノアーキテクトニクス」という新しいパラダイムを提唱し、ナノテクノロジー研究を推し進めています。「ナノアーキテクトニクス」のこれからの歩みに関してアドバイスはございますでしょうか。

やはりNIMS、WPI-MANAが社会から期待されていることというのは、基礎的な優れた研究成果を多数生み出す、ということだと思います。今後も社会からの期待に応え続けてほしいというのが私が思うところです。しかし、日本には、0から1を生み出そうとする取り組みをしている研究者がとても多い現状があります。そのために今、1を10に発展させる仕事が大きな意味を持ち始めています。それをどうするか。1の段階である研究成果をうまくコーディネートして、新たなものを作り出す専門家の方が1人2人出てくると、実社会との繋がりも担保できるのではないかと思います。インベンションをイノベーションに繋げる仕事が必要とされているのかもしれません。

— 若い人でもその役割は果たせますでしょうか。

むしろ若い人こそ適任なのではないかと思います。もう我々くらいの歳になると新しい発想って思いついたとしても、膨大な仕事に埋没してしまい思うように推し進めることが難しい。このような部分にこそ、やる気に満ちた若い人のパワーというものが必要とされているのではないでしょうか。■

大学4年生当時の卒業研究発表資料の1ページ


1982.12.16(木)
GaNの結晶成長　報告者 天野 浩
実験目的　我々は青色発光ダイオード(LED)をめざし、GaNの成長に関する実験を行っているが、アンドープのもので表面にPLで650nm(1.9eV)のピークを持つ層が観測された。この原因は明らかにされていないが今後LEDを作成する上で障害になると考えられ、それをなくすためにまず未反応の塩酸の影響について実験を行った。また成長時間による膜厚の変化も測定したので合わせて報告する。
サファイア基板
$xGa + HCl \rightarrow xGaCl + (1-x)HCl + \frac{x}{2}H_2$ —(1)
$GaCl + 2NH_3 \rightarrow GaN + NH_4Cl + H_2$ —(2)
原理図
塩酸とガリウムは(1)のように反応していると考えられるので、チャージするGa量を変化することによってGa表面積を変え、それによって未反応の塩酸の量を制御すれば、成長表面の状態、膜厚、PLなどに変化が見られるのではないかと考え実験を行った。
実験結果 ①塩酸がすべて反応したとすると、消費するGa量は、
$69.72 \times \frac{500}{24616} = 1.416[g]$
実験ではだいたい0.4〜0.45gであり、ほぼ30%程度(x=0.3)しか反応してないことになる。
② チャージするGa量と膜厚との関係をFig.1に示す。有意性は見られない。
③ 成長時間と膜厚との関係をFig.2に示す。最初の10分程度が横方向の成長が支配的でそれをすぎると縦方向に成長していると考えられる。
考察と検討　反応量が予想よりも少ない原因
i) データが示すように、実際に未反応塩酸が7割程度ある。
→ キャリアガス(N_2)の流速を落としてみる。
ii) $GaCl_3$ができていると考える。
$\frac{1.416}{3} = 0.472g$で95%程度反応していることになる。
Fig.1
Fig.2

「実験が全くうまくいかなかったので、同級生が当時最先端の研究成果を報告する中、自分だけが中身のない内容を報告しました。この時の悔しさが今の私の原点なんです。このレポートがきっかけで、修士課程・博士課程の間はひたすら実験に没頭しました」

2017-2018

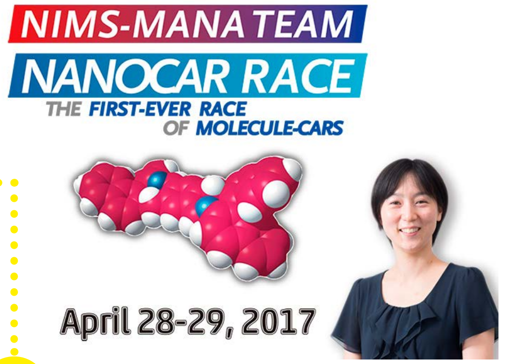
年表で見るWPI-MANAの1年

2017.03

「原子スイッチ」の実用化を祝う国際シンポジウム

MANAで発明された「原子スイッチ」は"NEC AtomSW-FPGA"として実用化されました。電磁ノイズや放射線による誤作動が少ないため、ロボットや人工衛星などでの利用が考えられています。シンポジウムでは、次世代エレクトロニクスデバイスの展望について議論しました。

04



世界初の分子カーレース「ナノカーレース」に参戦

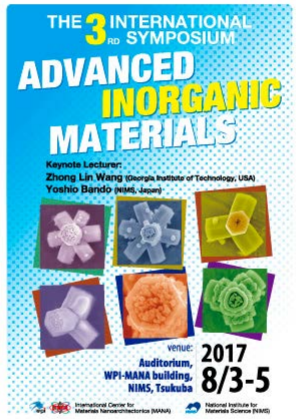
世界初の試みである分子の車による国際レース「ナノカーレース」が、フランスにて開催されました。ナノカーレースは、各国の代表チームが独自の分子カーをコントロールし、全長100nmのコースを36時間内に走り抜けるまでの時間を競うレースです。日本代表として参加したNIMS-MANAチーム(スポンサー:TOYOTA)は、2枚の羽根をパタパタと動かすことにより推進する分子カーで参加しました。現地実験装置のクラッシュにより途中棄権という結果になってしまいましたが、他チームのためにクラッシュの影響を最小限に抑えた努力から、フェアプレー賞を受賞しました。

05

06

07

08



第3回 Advanced Inorganic Materials 国際シンポジウム開催

ナノチューブ、ナノワイヤ、グラフェン、ナノポーラスに代表される無機ナノ材料の専門家が集まり、その合成手法、分析手法などに関して最新の研究成果を発表しました。
また、センサー材料やバッテリー材料、グリーンエネルギー材料など、将来考えうる応用について活発な議論を交わしました。

09

寺部一弥PI、青野正和エグゼクティブアドバイザー 第28回つくば賞を受賞

茨城県科学技術振興財団 は、寺部一弥PI、青野正和エグゼクティブアドバイザー、早稲田大学先端理工学部の長谷川剛教授に「第28回つくば賞」を授与しました。「つくば賞」とは「茨城県内において科学技術に関する研究に携わり、顕著な研究成果を収めた研究者を顕彰」するものです。「原子スイッチの発明と実用化のための研究」が高く評価され、本受賞につながりました。

10

11

「Highly Cited Researchers 2017」WPI-MANAから6名の研究者が選出

「Highly Cited Researchers」とは、クラリベイト・アナリティクスが発表する、被引用数が上位1%に入る論文の著者のことです。研究分野ごとに選定され、各研究分野において影響力の大きかった研究者を発表するものです。2017年、WPI-MANAからは、6名のPIが選出されました。

材料科学

有賀 克彦

材料科学

板東 義雄

材料科学

デミトリ・ゴルバーグ

化学

山内 悠輔

物理学

高野 義彦

材料科学 化学 物理学

ゾン・リン・ワン

12

2018.01

第11回 MANA国際シンポジウム 第2回 MANA Reunion Workshop

2018年3月、第11回となるMANA国際シンポジウムが行われます。「Towards Perceptive Nanomaterials, Devices and Systems」をテーマとし、「ナノ材料で実現する人工知覚」について発表、議論します。また、国際シンポジウムに続いて開催される第2回MANA Reunion Workshopでは世界中からMANA卒業生が集まり、国際的なナノテクノロジーの頭脳循環を促します。

02

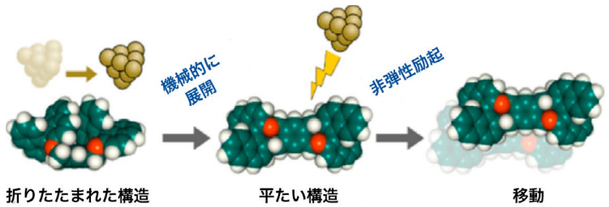
03

WPI-MANA Research Highlights

金属表面上のしなやかな分子カーの操縦方法の確立

MANA では、金属表面に配置した柔らかい分子を機械的に押したりせずに、走査型トンネル顕微鏡（STM）のトンネル電流によって駆動させることに成功しました。剛直な分子に比べ柔らかい分子はその柔軟性のために動きを制御することは困難であるとされていますが、本研究により、トンネル電流のエネルギーが、柔らかい分子の立体構造を変化させるだけではなく、その運動にも利用されることが新たに解明されました。

WPI-MANA の中西和嘉主任研究員と有賀克彦 PI、CEMES-CNRS の We-hyo Soe 博士と Christian Joachim WPI-MANA サテライト PI による共同研究では、2 つのビナフチル構造をフェニル骨格に結合させた分子カーを設計。この分子カーは、金（111）表面に吸着された時点では、折りたたまれた構造をとりますが、適切な STM 探針による物理的操作により、分子を機械的に広げて平面構造に変形させることができます（図左中）。STM 探針から発生するトンネル電流が、平面構造となった分子のビナフチル構造を励起し振動させ、分子カーを駆動させる仕組みです（図中右）。柔らかい分子は、分子構造が変化するためにもエネルギーが使われる可能性もあり、その制御が困難でしたが、探針からのエネルギーを受けやすい平面構造となった分子の微分トンネルコンダクタンス（dI/dV）を測定し、分子を動かすために必要な、分子の励起状態の電子状態密度分布図を得ました。平面構造の中の適切な位置に局所的なトンネル電流によってエネルギーを与え、励起することで、エネルギーを与える位置依存的に分子を曲げたり、分子を移動させたりすることに成功しました。これはつまり、STM 探針で物理的に押すことなく、柔らかい分子でも適切な位置にエネルギーを与えることで構造と運動を精密に制御できる可能性を示しています。さらに、分子動力学計算および密度汎関数理論計算によって、分子の構造や運動特性を理解することができました。 2017 年 4 月には、トンネル電流駆動の分子カーを用い、36 時間以内に金表面を 100nm 走行させることを目標とした "ナノカーレース" が開催されました。本研究の分子は "ナノカーレース" に出場した日本代表チームの分子カーです。■



図：トンネル電流で駆動する分子の模式図

REFERENCE

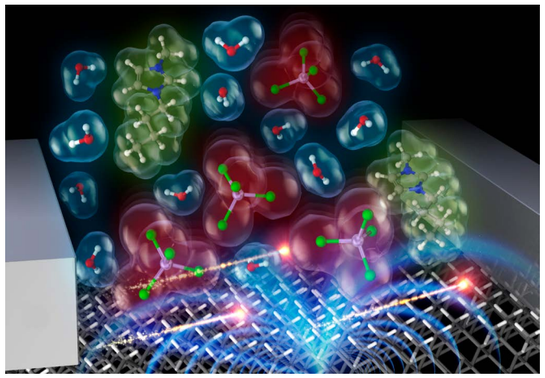
SOE W.-H., SHIRAI Y., DURAND C., YONAMINE Y., MINAMI K., BOUJU X., KOLMER M., ARIGA K., JOACHIM C. AND NAKANISHI W. "CONFORMATION MANIPULATION AND MOTION OF A DOUBLE PADDLE MOLECULE ON AN AU(111) SURFACE." ACS NANO 11, 10357-10365 (2017).

磁気でイオンを輸送する新原理のトランジスタを開発

ある種のイオンには、砂鉄のように磁石に引き寄せられる性質があることが知られています。WPI-MANA は、この性質を応用し、電気化学デバイスの常識を覆す、磁気による制御が可能な新原理のトランジスタを開発しました。

バッテリー、コンデンサ、センサー、トランジスタなどの様々な産業製品に電気化学の技術が応用されています。これらの電気化学デバイスを動作させるためには、イオン輸送および電気化学的プロセスを引き起こすための電圧印加が必要です。このシンプルかつ厳しいルールが、電気化学やその関連技術を長らく革新から遠ざけていました。このルールに挑戦すべく、WPI-MANA の土屋敬志主任研究員、寺部一弥 PI は、「電気化学デバイスの磁気制御」の開発に取り組みました。

土屋、寺部らは、電気機器の代わりに小さな磁石でイオンをコントロールする手法を用い、液体電解質（[Bmim] $FeCl_4$ を含む）中の $FeCl_4$ イオンを輸送することで、電気二重層トランジスタ（EDLT）などの典型的な電気化学デバイスに必要な電気化学的プロセスを制御しました。EDLT は、半導体 / 電解質界面で EDL を用いて半導体の電子キャリア密度を調整するタイプのトランジスタです。土屋、寺部らは、ダイヤモンド（100）単結晶 / 電解質界面の二次元正孔ガス（数 nm）の電気伝導度を磁場によって制御することに成功し、また、そのスイッチング比は電圧印加によって制御される場合よりも小さいとはいえ、正確に切り替えられることがわかりました。



イオンの磁気制御は、MANA で原子スイッチ * として発明され、それに続く抵抗変化メモリやメモリスタ等にも脈々と受け継がれている「イオンによって達成されるナノエレクトロニクス」というパラダイムに新しい次元を加えます。また、他の電気化学デバイスにも大きな影響を与え、従来は不可能だった革新的な製品が開発される可能性があります。さらに、高性能磁性電解質の研究開発が加速されることも期待されます。

電気化学はその重要さ故に長きに渡って徹底的に研究されてきた分野です。磁気との境界領域は、そこに残された稀有なフロンティアの一つと言えます。磁石に引き寄せられる砂鉄のように、きっと多くの研究者が魅せられていくことでしょう。■

* REFFERS

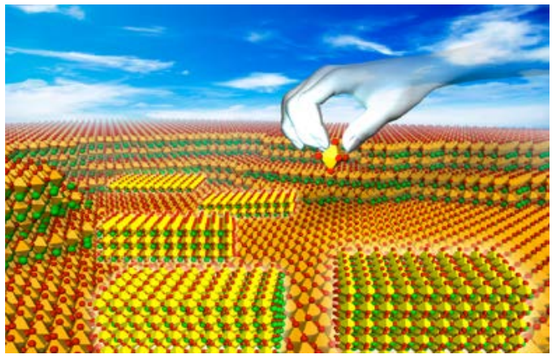
"QUANTIZED CONDUCTANCE ATOMIC SWITCH" K. TERABE, T. HASEGAWA, T. NAKAYAMA & M. AONO, NATURE 433, 47-50 (2005).

REFERENCE

T. TSUCHIYA, M. IMURA, Y. KOIDE & K. TERABE. MAGNETIC CONTROL OF MAGNETO-ELECTROCHEMICAL CELL AND ELECTRIC DOUBLE LAYER TRANSISTOR. SCI. REP. 7, 10534 (2017)

ペロブスカイトを用いた世界最高性能の原子層誘電体

WPI-MANA は、原子レベルの薄さのペロブスカイトナノシートを合成し、膜厚 10nm 以下のナノスケール領域で世界最高性能を有する誘電体ナノ膜の開発に成功しました。この研究は、WPI-MANA の長田実 PI、佐々木高義拠点長らの研究グループにより行われました。



スマートフォン、パソコンで使われている電子部品の高性能化は、微細・集積化により実現されてきました。しかし、現在の技術には限界があり、さらなる高性能化には、新しい材料、新しいプロセスの導入が必要となっています。特に、重要となっているのが、コンデンサ、メモリなどの心臓部で働く高誘電体膜の開発です。

本研究グループは、酸化物ナノシートをベースとした電子材料の開発を進めており、今回、高誘電体として知られる層状ペロブスカイト構造を持つ一連の物質群の中から世界最高の誘電率を持つ誘電体ナノシート（$Ca_2Na_{m-3}Nb_mO_{3m+1}$; m = 3–6）の開発に成功しました。この誘電体は、原子レベルで構造を制御することで、誘電性、強誘電性をコントロールすることが可能というユニークな特徴を持っています。実際、m を変化させ、単位ユニットに相当する金属酸素八面体（厚み：0.4nm）を1個増やすことで、八面体3個の3層型誘電体（誘電率：210）から誘電率が約 80 ずつ増加し、八面体数が6個の6層型誘電体では、膜厚 10nm 以下のナノスケール領域で安定な誘電特性、絶縁性を示し、世界最高の誘電率 470 と高い電気容量（203 $\mu F/cm^2$）を実現しました。以上の特性を利用すれば、従来の高誘電体と比較し、1/100 の小型化と 1000 倍以上の大容量化を同時に実現する高性能のコンデンサ素子の開発が期待できます。

今回の研究成果は、高誘電体、強誘電体材料の開発に向けた新たな設計指針を与えると同時に、酸化物ナノシート特有の高誘電性、強誘電性を利用した高容量コンデンサ、メモリなどへの応用展開が期待されます。■

REFERENCE

LI B.-W., OSADA M., KIM Y.-H., EBINA Y., AKATSUKA K., SASAKI T. ATOMIC LAYER ENGINEERING OF HIGH-K FERROELECTRICITY IN 2D PEROVSKITES. J. AM. CHEM. SOC. 139, 10868–10874 (2017)

● Welcome to WPI-MANA ●

2017-2018年からWPI-MANAに着任して活躍する研究者たちを紹介します。

ナノマテリアル分野
主任研究者（PI）
クロスアポイント（東京大学）

竹谷 純一
Junichi Takeya

私は半導体の研究を行なっています。半導体は、スマートフォンなどで情報を電子的に扱うのに必須な材料です。現在使われている半導体のほとんどは「シリコン」ですが、シリコンは曲げるのが難しく、作るのにはとても大掛かりな設備が必要です。フィルムの上に絵を描くように半導体の電子回路が作れれば、配達時にワインやアイスクリームの温度管理をしたり、コンビニの商品すべての精算が自動的にできたり、自動生産工場のたくさんのロボットの異常を直ちに察知したり、これまでできなかったことが可能になります。

そこで、私たちは、有機物で半導体の材料を作り、回路にする研究をしています。有機物は、柔らかくて、安くて、自分で勝手に構造をつくることが特徴です。最後の点は、自己組織化といいますが、有機物の分子が溶けた溶液をうまく乾燥させると、1秒間に10億個以上のスピードで、分子が規則正しく整列し、大面積の「結晶膜」を形成することを見出しました。これにより、従来よりも電子的な性能が10倍以上になって、実用的なエレクトロニクス材料として利用する道が拓かれました。私たちが作ったベンチャー企業では、大掛かりな装置を使わずに、半導体の機能をもったデバイスを安く作る開発を進めています。研究室では、回路の規模を大きくして、製品化する工学と、さらに高性能な新しい材料を化学的に合成してつくる化学と、電子伝導をさらに1桁あげる方法を基礎的に考える物理を一体化して、次世代の材料研究に取り組んでいます。

溶液からつくった有機物の半導体結晶でできた電子回路を搭載したフィルム

ナノシステム分野
メカノバイオロジーグループ
主任研究員

上木 岳士
Takeshi Ueki

2017年4月にWPI-MANAに着任しました。世界でも指折りのナノ材料研究拠点に仲間入りすることができて大変光栄に思っています。

私は学生時代からイオン液体と呼ばれる、奇妙な塩(液体)に関する研究をしてきました。固い、樹脂のような高分子ネットワークにイオン液体を混ぜてプラスチックやゲルのような柔らかい素材にしたり、熱や光を感じて瞬時にイオン液体に溶ける高分子を見つけました。ポスドク時代は互いが混ざり合わない高分子成分をつなげた、ブロック共重合体と呼ばれる物質をつくることに熱中しました。

高分子ゲルや溶液科学に登場する役者は、溶かされる高分子と、それを溶かす液体です。これまで長きにわたって主役を務めてきたのは高分子でしたが、バイプレイヤーに徹している液体成分にスポットライトを当てたとき、そこには新しいソフトマターの科学が広がっているのではないかと私は期待しています。現在はバイオ関連のグループで、水ではない、少し風変わりな液体で作ったゲルの上で細胞を育てています。日々の発見に一喜一憂し、ときにエキサイトし、楽しく研究を続けています。

一般的に、固い高分子ネットワークにガラス転移温度の低い可塑剤（例えばイオン液体）を混ぜると柔らかくなります。専門的には「α緩和時間(relaxation time)が短くなった」とか単純に「緩和した(relaxed)」と言うこともあります。最近、私生活で息子が産まれました。家族の表情を緩和(relax)させ、柔和にする彼もまた、人のネットワークに突然混ざってきた可塑剤なのかな、と考えています。

休日は息子とリラックス

ナノマテリアル分野
半導体ナノ構造物質グループ
研究員

松村 亮
Ryo Matsumura

私は九州大学で博士課程を修了し、東京大学・電気系研究科の研究員として1年間働いた後にNIMSに赴任しました。国内随一の研究都市であるつくば市、そして世界屈指の材料研究拠点であるNIMSで研究する機会をいただけたことを大変うれしく思っております。

私は学生の頃より半導体の研究をしてきました。コンピュータやスマートフォンの演算素子等に広く使われてきた材料であるケイ素(Si)は、材料内部の電子等の移動度が低く、今後の持続的なコンピュータ類の性能向上のためには、より高い移動度を有する新材料が渇望されています。私はSiより高い移動度を持ち、次世代の高速演算素子に応用が可能だと言われるゲルマニウム(Ge)を中心とした半導体の結晶成長技術の研究と、それを実際にデバイスに応用する技術に関する研究を続けており、新しい結晶成長法の確立や新奇デバイスの実証などを行っています。

私が所属する半導体ナノ構造物質グループでは、これまでSiなどを用いたナノ構造の実現に関して研究してきたグループです。私の持つ結晶成長技術やデバイス技術などをグループの持つナノ構造技術と組み合わせ、高性能な次世代ナノデバイスを実現していくのが将来の目標です。

休日にはオーケストラやアンサンブルなどでヴィオラを演奏しています。ヴィオラはあまり目立つ楽器ではありませんが、縁の下の力持ち的なところが気に入って、長年続けています。旅行も好きなので、週末などは海を見に港町に行って気分転換をしています。

オーケストラでの演奏風景

ナノマテリアル分野
超分子グループ
MANA Postdoctoral Fellow

Xiaofang Jia

私は、2014年に中国科学院の長春応用化学研究所で分析化学の博士号を取得し、2016年4月まで同科学院の助教授として、バイオセンシングや触媒作用に必要となる蛍光ナノマテリアルの合成や自己組織化の研究に携わっていました。2016年5月からは、ポスドク研究員としてオハイオ大学薬学部へ移動し、脂質二分子膜の間に入り込み細胞組織の安定したイオンフローをサポートするRNAベースのナノポア材料の研究を行いました。そして2017年より、ナノテクノロジー分野、材料科学分野で世界的に有名なNIMS-MANAの一員として研究をスタートすることができ、嬉しく思っています。

超分子グループでの私の研究テーマは、幹細胞の液体インターフェースにおける生体機能に関するものです。日夜、今までに取り組んだことのないエキサイティングな研究プロジェクトへの挑戦を楽しんでいます。

人類は、はるか昔より、自分たちがどこからやってきたのか、どのように生命が始まったのか、を問い続けてきたように思います。研究の中から、生命の起源について液状基質の研究からヒントが得られることを期待しています。

休日は旅行やアウトドアスポーツを楽しんでいます。やはり自然に触れるとき癒されているような気持ちがするんです。

A happy tour to
Qinghai Province in China

WPIアカデミー
拡大する世界トップレベルの研究活動

2017年、WPI-MANAは10年間のファンディング期間終了を迎え、新たにWPIプログラムの一貫として設けられた「WPIアカデミー」拠点としての活動をスタートしました。日本における国際的な研究活動を加速させる「WPIアカデミー」としての活動を紹介します。

世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）は、2007年に文部科学省の事業として開始され、2017年に10年間の活動の節目を迎えました。これまでに、計11拠点がWPI拠点として採択されていますが、そのうち2007年に採択されたWPI-MANAを含む先行5拠点が、「WPIアカデミー」という新たに設立された枠組みへと移行されました。WPIアカデミー拠点として採択されたのは、東北大学 AIMR、東京大学 IPMU、大阪大学 IFReC、京都大学 iCeMS、そして、物質・材料研究機構 WPI-MANAの５拠点です。10年間の活動を経て、世界トップレベルの研究機関と並ぶ卓越した研究力や国際化を達成し、「世界から目に見えるWPI拠点」の形成に成功したことが採択に繋がりました。

WPIアカデミーは、日本の研究環境の国際化やその他の改革を先導し、国際頭脳循環の加速・拡大を推進することを目的として設けられました。今後、WPI-MANAは卓越した研究活動を継続すると同時に、国際研究拠点の形成およびその円滑な運営のノウハウを国内の研究機関に横展開し、日本をさらなる国際的な頭脳循環の一極に位置付ける活動にコミットしていきます。

WPIプログラムを通じて、獲得した国際拠点運営のノウハウは、それ自体が共有すべき財産です。WPIアカデミー拠点には、WPI全体、ひいては日本全体の研究活動を活性化し、頭脳循環を拡大することで、日本の研究力の底上げに貢献することが求められています。

wpi World Premier International Research Center Initiative

WPIアカデミー拠点
- 東北大学AIMR
- 物質・材料研究機構 WPI-MANA
- 東京大学 IPMU
- 大阪大学 IFReC
- 京都大学 iCeMS

WPI拠点
- 筑波大学 IIIS
- 金沢大学 NanoLSI
- 東京大学 IRCN
- 東京大学 IPMU
- 東京工業大学 ELSI
- 名古屋大学 ITbM
- 九州大学 I²CNER

※ 東京大学 IPMUはWPI拠点、WPIアカデミー拠点の両方に属します。

2017年採択 新WPI拠点

東京大学
ニューロインテリジェンス国際研究機構
（IRCN：International Research Center for Neurointelligence）

IRCN International Research Center for Neurointelligence

神経回路発達の基礎研究、精神疾患の病態研究、人工知能研究の三者を有機的に結びつけ、融合による相乗効果によって、ヒトの知性（HI）を実現する柔軟な神経回路の形成原理を明らかにし、その原理に基づくAIの開発を促進するとともに、神経回路発達の障害による精神疾患の克服に貢献することを目標としています。

金沢大学
ナノ生命科学研究所
（NanoLSI：Nano Life Science Institute）

NanoLSI WPI KANAZAWA UNIVERSITY

生命の基本単位である「細胞」。その表層や内部においてタンパク質や核酸といった生体内で重要な役割を担う高分子等がどのように振舞うか、その動態をナノレベルで直接動画として観察、分析、操作する「ナノ内視鏡技術」を開発します。それにより様々な生命現象をナノレベルで根本的に理解することを目指します。

NEWS & TOPICS

イベント開催予告

MANA国際シンポジウム
Towards Perceptive Nanomaterials, Devices and Systems

2018年3月5日-7日、物質・材料研究機構並木地区にて「MANA国際シンポジウム」を開催します。ナノテクノロジーの技術で実現する「ナノ知覚材料、デバイス、システム」について、国内外の著名研究者によるプレナリ講演、招待講演、MANAの研究者による講演、および多数のポスター発表が行われます。

最新のナノ材料科学に興味のある多数の研究者がシンポジウムに参加し、新たなイノベーションになりうる「ナノ人工知覚」に関する有意義な議論から新たなインスピレーションを得ることを願っています。

http://www.nims.go.jp/mana/2018/

受賞情報

中西 和嘉 主任研究員
「日本化学会 コロイドおよび界面化学部会科学奨励賞」（2017.3）

陳 国平 PI
「American Institute for Medical and Biological Engineering (AIMBE) フェロー」選出（2017.3）

Sang Liwen 独立研究者
「The Corbett Prize」（2017.8）

若山 裕 グループリーダー
「応用物理学会論文賞」（2017.9）

知京 豊裕 PI
「応用物理学会フェロー」選出（2017.9）

寺部 一弥 PI
青野 正和 エグゼクティブ・アドバイザー
「つくば賞」（2017.9）

有賀 克彦 PI
板東 義雄 エグゼクティブ・アドバイザー
Dmitri Golberg PI
山内 悠輔 PI
高野 義彦 PI
Zhong Lin Wang PI
「Highly Cited Researcher 2017」選出（2017.11）

新任研究者紹介

竹谷 純一
PI

上木 岳士
主任研究員

松村 亮
研究員

今村 岳
独立研究者

梅山 大樹
独立研究者

X. Jia
MANA Postdoctral Fellow

B. Jiang
MANA Postdoctral Fellow

足立 伸太郎
MANA Postdoctral Fellow

X. Lu
MANA Postdoctral Fellow

A. D. Alvarez
MANA Postdoctral Fellow

S. Danial
JSPS 研究員

一ノ倉 聖
JSPS 研究員

X. Li
JSPS 研究員

M. Bablu
JSPS 研究員

Z. Cai
JSPS 研究員

D.T. Payne
JSPS 研究員

F. Lu
ポスドク研究員

Z. Y. Raza
ポスドク研究員

S. Li
ポスドク研究員

F. Failamani
ポスドク研究員

小松 尚登
ポスドク研究員

S. Nikolaev
ポスドク研究員

P. Sahoo
ポスドク研究員

掛札 洋平
ポスドク研究員

W. Jie
ポスドク研究員

S. Maji
ポスドク研究員

M. K. Chahal
ポスドク研究員

X. Sun
ポスドク研究員

J. Su
ポスドク研究員

Q. Zhang
ポスドク研究員

Editor's Column

学術系クラウドファンディング最前線

誰でも手軽に挑戦することができる資金調達の一つとして注目されるクラウドファンディング。新製品開発やベンチャー企業の立ち上げをはじめとする様々なプロジェクトへの出資を募る多くの広告・記事は、SNSの普及により人々の間で拡散され、今ではすっかり日常風景の一部となった。実際、クラウドファンディング市場は年々大きくなっており、クラウドファンディングが生まれたアメリカでは、2012年に1800億円だったクラウドファンディングによる資金調達総額は、2018年現在1兆円以上の規模にまで成長している。

目標金額を達成した際に出資者に対する物品のリターンが設定されている「購入型」クラウドファンディングが人気とされる一方で、社会貢献を目的とした「寄付型」クラウドファンディングにも大きな成功を納めるプロジェクトが多数存在することは興味深い。そこで「社会貢献に対する資金調達が成立するのであれば、クラウドファンディングによって学術研究資金を調達すればよいではないか」という研究者が現れるのは自然な流れであり、それらは学術系クラウドファンディングと呼ばれ、今注目を集めている。

学術系クラウドファンディングの動きが活発なアメリカは寄付文化が根付いていることもあり、50-100万円規模のプロジェクトが主流である中、数億円規模の寄付を集めるプロジェクトも存在する。支援者に対し、リターンとして研究レポートの送信や、論文に支援者への謝辞を記載することを設定しているものが多く、支援者に対する税制優遇に加えて、社会貢献による達成感・満足感を得られる仕組みが多くの支援者の掘り起こしに成功しているようだ。

日本では、学術系クラウドファンディングという活動自体が初期段階ではあるものの、いくつかの学術系クラウドファンディング会社を通じて年間数十のプロジェクトが目標金額を達成しており、2千万円以上の資金調達に成功しているプロジェクトも存在する。

クラウドファンディングに挑戦した研究者へのアンケートによれば、必ずしも資金調達だけではなく、支援者を募るために繰り返し行われる広報活動によるアウトリーチ効果もその目的の一つとなっているようだ。資金調達と同時に自身の研究分野が多くの人に紹介される機会が得られることは大きな魅力だ。

クラウドファンディングには様々なメリットがある一方で、「資金調達後の研究成果にどれほどの責任感を研究者が感じることができるか」、「調達した資金の不正使用をいかに防ぐか」というような問題も存在する。すでに海外では調達資金の不正使用が発覚したケースもあり、クラウドファンディングを研究機関に取り入れる場合には整備された制度の導入が必要であることは明らかだろう。さらに「科研費申請と比較して精神的な敷居が高い」という意見も多く、適切なリターン設定からプロジェクトの広報戦略までを手厚くサポートする事務体制も必要となる。

学術系クラウドファンディングを適切に運用するには多くの準備を必要とするが、研究者に対する適切なサポートを提供する環境が整っていけば、研究資金調達手段の一つとして今後広く認知されていくのかもしれない。

クラウドファンディング

群衆（crowd）から資金調達（funding）を行うこと。別名ソーシャル・ファンディング。インターネットを通じて一般市民から出資を募り、目標・事業の達成に必要な資金を調達することを目的とし、出資者への見返りの有無や種類により、「寄付型」、「投資型」、「購入型」などに分類される。製品開発、作品制作、ベンチャー企業立上げをはじめとした幅広い分野への出資に利用されており、近年では科学研究のための資金調達手段としても使われる事例が増えている。

MANA NEWS LETTER

CONVERGENCE

No.26 2018年 2月発行

発　行　国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（WPI-MANA）
企画・アウトリーチチーム
〒305-0044　茨城県つくば市並木 1-1
国立研究開発法人物質・材料研究機構内
電　話　029-860-4710（代）
ＦＡＸ　029-860-4706
Eメール　mana-pr@ml.nims.go.jp
ウェブ　http://www.nims.go.jp/mana/jp

CONVERGENCE：
世界の優秀な研究者をMANAのメルティングポット研究環境に集結・収斂させ、新材料の創製・イノベーションに向けて、ナノアーキテクトニクスのキーテクノロジーを統合（CONVERGENCE）していくというMANA全体を表すキーワードです。

©掲載記事・図版の無断引用・掲載はご遠慮ください。

CONTENTS

2 **Featured Topics**
Mission to Mars
ー火星移住は実現するか？ー ／廣瀬敬、臼井寛裕
6 **Leader's Voice**
天野浩教授に聞く
9 **年表で見るWPI-MANAの一年**
10 **WPI-MANA Research Highlights**
金属表面上のしなやかな分子カーの操縦方法の確立
磁気でイオンを輸送する新原理のトランジスタを開発
ペロブスカイトを用いた世界最高性能の原子層誘電体
12 **Welcome to WPI-MANA**
14 **Progress of MANA**
WPIアカデミー
拡大する世界トップレベルの研究活動
15 **NEWS & TOPICS**
16 **Editor's Column**
学術系クラウドファンディング最前線