

CONVERGENCE



No.27 | 2019 | March

国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点

International Center for Materials Nanoarchitectonics (WPI-MANA)



睡眠科学 × 材料科学

人工脳が「眠い」というとき

筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 (WPI-IIIS)

柳沢 正史 機構長 Kaspar Vogt 准教授

Leader's Voice

福山 秀敏 教授に聞く

“ 風通しの良い研究環境が交流を生み
交流は新たな研究成果を生む ”

WPI-MANA Research Highlights

- ▶ 二次電池の高容量・超寿命化を両立する酸化物 / グラフェン複合材料を開発
- ▶ トポロジカルな量子バレー流を観測
- ▶ 自ら学習して判断する「意思決定イオニクスデバイス」

眠くなるとはどういうことか

柳沢：睡眠については、実は何もわかっていないというのが本当のところ。特に大きな謎、ビッグクエスチョンがふたつあります。一つは「なぜ眠らないといけないのか」。脳の活動をみると、睡眠中も神経活動は止まらないどころか、代謝率や血流などを測定しても、一番エネルギーのかかる大脳皮質の活動はほとんど下がらない。

中山：エネルギー消費は下がらないのに、脳は眠らなくてははいけないのですね。

柳沢：ずっと断眠し続けると、動物は死にます。生命維持のためにも睡眠は必須です。ただ、それがなぜなのか、きちんと説明できない。そもそも睡眠中に脳で何が起きているのか、説明できないですね。言い換えれば、睡眠の機能です。「なぜ眠らないといけないのか」が一つ大きな問題。

中山：今、睡眠の役割については、何がわかっているのでしょうか。

柳沢：断片的にわかっていることはたくさんあります。例えば記憶のコンソリデーション（固定化）が、特に深いノンレム睡眠（徐波睡眠）中に起こるということがわかってきました。知識などの言葉にできる記憶だけでなく、車の運転やスポーツ、楽器演奏などのいわゆる「スキル」も一晩寝ると向上します。脳の記憶素子にあたるもの

は、シナプスであるといわれています。シナプスのつながりの強弱が記憶の実体なのだろうと考えられていますが、具体的に睡眠がそこにどう関連しているか、イマイチよくわかっていないのです。

中山：眠っている間に記憶を定着させるために、シナプスの結合を強くする、、、そんな作業をやっていたらエネルギー消費が下がらないのもうなずけますね。

柳沢：もうひとつのビッグクエスチョンは、睡眠の制御です。ヒトの成人であれば、平均睡眠量は一晩におよそ7時間±1時間と言われていて、一晩徹夜すれば次の日は眠くなり、長く深く眠るわけですね。つまり、起きてれば起きているほど睡眠要求はだんだんたまっていくわけで、眠るとそれが解消される。しかし、その睡眠要求なるものは一体なんなのか、わかっていないのです。

中山：眠くなるのはどうしてか、眠る必要性をどう計っているのか、という問題ですね。

柳沢：そうです。「眠気」の物理的な実体、生物学的な脳の中におけるメカニズムは何もわかってないのです。我々の脳は近過去の覚醒量を常にカウントしているはずですが、その積分器がどこにあるかわからない。どのように計測され、脳のどこでカウントされているのか、どういうメカニズムなのか、どれもわからない。

中山：お聞きすればするほど、ますますわからなくなっていくます（笑）



睡眠科学 >

人工脳が「眠

WPI-MANAでナノシス

原子スイッチを用いた人工脳の可能性を探るう

そして、睡眠研究の世界最先端研究機関 筑波

柳沢正史機構長とカスパー・

はたして睡眠とWPI-MANAが目指す

話を進めるうち、両者に意外な

筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 WPI-IIMS

機構長

柳沢 正史

Masashi Yanagisawa

柳沢：そうですね。ほんとうに絶望的にわかってないのです。

原子スイッチと人工脳と睡眠

中山：WPI-MANAは、原子スイッチという、原子の動きを制御して動作する全く新しい素子を開発しました。この原子スイッチはON-OFFスイッチ素子として既に実用化されましたが、今我々は原子スイッチで人工脳を作る研究に取り組んでいます。原子スイッチは、オンやオフだけでなく、連続的な中間状態が存在し、さらにそのスイッチング動作やオン・オフ状態が過去の動作に影響されるという面白い性質を示します。この「連続した中間状態」とか「過去の履歴に依存した動作」が、シナプスの特徴に似ていると考えています。例えば、強く記憶すれば長く覚えていられるし、弱く記憶すればすぐ忘れてしまう、原子スイッチは、そんな動作をする素子です。

柳沢：なるほど、それは脳を理解するための、新しいアプローチかも知れませんね。

中山：人工脳と言いますと、AIをすぐに思い浮かべます。現在のAIというのはコンピュータのソフトウェアとデータベース、つまりソフトAIです。コンピュータはオフできますし、そうすればソフトAIは全て停止します。でも、人間の脳の完全停止は「死」ですね。つまり、少なくとも人間の脳には完全停止はなく、睡眠がある。我々が作る

うとしている人工脳にも似た特徴があれば、ソフトAIとは全く違うものになると思うのです。

柳沢：私のイメージでは、脳における睡眠の機能とは、スイッチ・オフではなくて、外界から切り離されたオフライン状態でのメンテナンスです。ちょうどデフラグやガベージコレクションのような作業を行なっている状態が、例えとしては近いと思います。

中山：なるほど。非常に面白い例えですね。コンピュータのストレージ断片化を解消していくイメージですね。外部からの入力をいったんやめて、内部記憶の強化というか整理を行うということですね。

シナプスの動きは 原子スイッチと似ているか

中山：原子スイッチは、シナプスのような可塑性*¹が、コンダクタンスの変化として、つまり一つの信号で表されます。一方、脳のシナプスは、複数種類の分子輸送・信号伝達が関与する複雑なものですよね。

柳沢：シナプスの動きを非常に単純化して言うと、こうなります。シナプスには前部（プレシナプス）と後部（ポストシナプス）があります。基本的には活動電位が軸索（AXON）を通してニューロンの前端部にやってくると、シナプス小胞から神経伝達物質（ニューロ

＜材料科学

い」というとき

テムの研究をする中山知信。
ち、生物の脳に特徴的な「睡眠」に着目した。
大学国際統合睡眠医科学研究機構(WPI-IHIS)
フォークト准教授を訪ねる。
人工脳に共通点は見いだせるのか。
共通点が浮かび上がってきた。

ライター：小森 岳史 (TRIXIS FACTORY)

国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 WPI-MANA
副拠点長

中山 知信

Tomonobu Nakayama



WPI-IIIIS カスパー・フォークト准教授

トランスミッタ)の放出が起こります。後端部のニューロンにある受容体が神経伝達物質を受け取ることで信号が伝わる。シナプス後部側の活動電位がある閾値を超えるとポストシナプスの細胞が発火する。ただ、同時に神経伝達物質の放出量やそれを受け取る側にある受容体の量、ニューロンが発火するまでの閾値など、量的にも時間的にも可変で極めて複雑です。しかし、ざっくり言うとアナログで、強い刺激がくるとより強い関連付けが行われる。シナプスの強度があがる。お聞きしている原子スイッチとよく似ているのは、そういうアナログなところですね。

中山:原子スイッチが、「ざっくり」とでもシナプスと似ていると仰っていたら、大変勇気ができます。

柳沢:でもあえていうと、基本的には一個一個のシナプスってすごく「いい加減」です(笑)。もっというと、平均千くらいのシナプスを持っている一個一個の神経細胞のレベルでも、ある意味いい加減ですね。脳の中で行われるほとんどの巨視的な活動、つまり思考なり演算なりは、多くのニューロンのアンサンブルが生み出すもので、それによってある程度の確度を保って行われる。いわゆる生物は「間違える」わけですけど、生きていける程度の確度はあるんです。

中山:まさにそこは、我々、ナノ材料の研究者にとって非常に興味深いポイントですね。一般的には、ものをすごく小さくして、ナノの領域にいけば、精密になって動作も速く確実になると思われています。これは、ある意味では正しいです。でも、実は小さいものほど揺らぎが大きいのです。原子スイッチ100万個を全く同じ性能で用意して、精密に動かせと言われたら、泣きたくりますね。性能のばらつきを隠すために(笑)、オンとオフのように明確に区別できる状態だけを使うしかないでしょう。多少バラバラの特性の素子の集合体でも、アンサンブルとしてそれなりに確度のある動作が出来るとなれば、ナノシステムの新しい可能性が拓けます。

コンピューターはエネルギーを過剰に使っている

柳沢:古典的な、今、実用化されているコンピュータって、ものすごく確度が高いですが、一方でものすごく、無駄なことをしていますね。

中山:確かに、全ての素子を思った通り動かすためには、エネルギーがすごく必要です。

柳沢:正確に作動させるために過剰にエネルギー消費しているのが今のコンピュータ。そこは生物と大きく違う点です。生物学的な脳は、いい加減なものを、上手にアンサンブルを組むことによって、見かけ上、ほぼ大丈夫というシステムなんです。

中山:それはシステムを適度に揺さぶって、より安定で安全な状態を見つけようという生物の戦略でしょうか。

柳沢:恐らくそうですね。その辺りに、睡眠が関与している可能性があると私は思っています。

中山:コンピュータの性能が上がり、ソフトAIがますます膨大なデータベースを使うようになると、さらに過剰にエネルギーを消費しますね。それを回避するには、ちょっと間違えるかも知れないけれど効率よく動いている生物の脳のようなシステムで、そのシステムを運用する上で、睡眠が重要な役割を果たしているということですね。

柳沢:そう思います。

睡眠中のシナプスはダイナミズムを持って動く

柳沢:睡眠の機能について、シナプス恒常性理論(Synaptic homeostasis theory)という仮説があります。その仮説では、覚醒して意識がある限り、シナプスは刻々と変わるインプットにリアルタイムで反応し続ける。それを続けていると、脳内の平均的シナプス強度がだんだん上がっていく。しかし、いつまでも上がり続けることはできないので、どこかで破綻する。破綻しないように、上がり続ける何かを計測していて、睡眠という状態に切り替わる。そういう仮説です。

中山:なるほど、確かに考えすぎると疲れてきます。「考えすぎ」という抽象的なものではなく、それに相当する何らかの物理量が変化していると。

柳沢:はい、そして睡眠という状態に切り替わると、リノーマライゼーション(最適化・平準化)が起こると。リノーマライズするときには、バイアスがかからないようにしなきゃいけないから、一回オフライン＝意識のない睡眠という状態になる、という説です。非常にもったらしいのですが、正直、厳密な生物学的証明がまだないのです。

フォークト:大切なことは、リノーマライゼーションは記憶を消さずに行わねばならないということです。記憶を失って、初期化しては

ダイナミクスから考える

意味がありません。いずれにしても、記憶を完全に消去できるとは思いませんが。リノーマライゼーションというのは、ネットワークにランダム性を導入するというのではないかという考え方があります。もしそうなら、ランダムなニューロンの活動は、当人にとって全く意味が通らないだろうし、通常の活動は行えないと思われそうです。だからその時、我々は意識を失う必要があるかも知れません。しかし、これはまだ実証されていません。結局は、どの瞬間にどのようなシナプスのリノーマライゼーションが起こるのか、その詳細なメカニズムはわかっていないのです。

中山：面白いですね。確かに「ランダムな状況＝意識がない状態」でないと困りますね。ランダムに指示を出す脳に従って活動されては、何をやらすか分かりません。生きていくために意識をなくすのでしょうか。しかし、それなら意識のある状態と無い状態では、脳の活動ダイナミクスも異なるはずですね。

柳沢：フォークト准教授の最近の仕事の一つが、まさにそれを説明しようということなのです。彼はニューロンの活動電位を統計的に測定しました。そして彼が導き出した結論は、覚醒状態に比べて徐波睡眠中のスパイクのエントロピーの方が高かった、ということです。これはさっきの「睡眠中の方が脳は活動している」という話に矛盾しない結果ですね。

フォークト：面白いことに、脳は複数種類のやり方で動作しています。覚醒時、ニューロンや視覚野に明確なインプットを与えれば、発火パターンを予測できます。明確なインプットがない場合には、覚醒時でも予測不能な発火パターンを示します。

中山：では、睡眠中の発火パターンはどうなのでしょう。

フォークト：徐波睡眠に突入した瞬間、劇的に発火パターンが変化します。徐波睡眠中、大脳皮質にあるニューロン群のオン（活動）・オフ（静止）が強く同調しながらも、予測不能な発火のパターンが現れます。このパターンは、覚醒時のそれとよく似ていますが、重要な違いを見せるのです。つまり、個々のニューロンが独立に発火しているのではなく、膨大な数のニューロンが同時に動作していました。私が調べた結果、ニューロンが連動するパターンそのものは、覚醒中より徐波睡眠中の方がランダムであることが分かったのです。

中山：徐波睡眠に入ると活動パターンはランダムになるけれど、それはニューロン群の同調を伴う現象だと。

フォークト：はい、覚醒中の大脳皮質と徐波睡眠中のニューロンの連動パターンが全く異なるのです。

中山：徐波睡眠中は、物理的なニューロン間の結合は維持されているのですか？

フォークト：ニューロン間の結合はきわめて動的です。

中山：つまり同調はするけど、ニューロン間の結合が動的に変化して、全体のダイナミクスをコントロールしている。

フォークト：その通りです。実際に物理的なネットワークがどのタイミングで変更されるのかについてはよくわかっていません。今、分かっていることは、ニューロン同士の個々の結合と、集団的な活動は全く別物だということです。

中山：仮に、人間の脳のシナプスがすべて個別に正確に動作するものだったら、なにがおこりますか。もっと頭が良くなりますか（笑）

柳沢：どうでしょう。僕のイメージでは、いわゆるフレキシビリティがなくなるのではないのでしょうか。生物のすごいところは、別に教えられなくても、ちょっと環境が変わってもうまく適応できるところですよね。やわらかさというか。

中山：やわらかい頭ですね。正確なシナプスを積み重ねた脳は、決定的にしか動かない頑固なものになりそうです。

柳沢：そうです。ひとつのことをやることには非常に長けるけども、ちょっとずれるとなにもできないというような。でも実際の生物はそうじゃない。

中山：今のAIが抱えている問題の一つですね。

柳沢：そうですね。要するにきちんと定義された問題を解くことは非常に長けている。だけど、何が問題か、何を解いたら面白いかは今のAIにはできない。

中山：まさにその通りです。柳沢機構長がおっしゃった「一つ一つのシナプスはある意味いい加減と言えいい加減」という部分がこのフレキシビリティに繋がるのでしょうか。

柳沢：そうですね。

中山：特性にばらつきのあるナノ材料の集合体を作り、適切な制御をすれば確度のある機能性を発現し、フレキシブルな材料やシステムになる。このように考えると、多くの研究者が、新しい方向性を見つけ出すのではないのでしょうか。全然違う分野なのに、似たような考え方が出来るのは、非常に面白いですね。

柳沢：一つ一つのコンポーネントもシナプスの受容体一つをとってみても、原子の数で言えば相当な数ですから、スケールは相当違うのですが、コンセプトは似てますよね。

中山：コンポーネントが集合体としてどのように協奏するのか、そこが重要というコンセプトですね。

柳沢：そう思います。

中山：これまでの科学技術は、一個一個のコンポーネントから積み上げてきました。けれど、その考え方をちょっと変えて、ダイナミクスの方から考えてみる。それが、機能する人工脳を設計する考え方なのかもしれません。「眠い」と言い出す、そんな人工脳が出来たとき、睡眠の科学にも、材料の科学にも新たな展開が生まれそうです。■

※1：シナプス可塑性 神経細胞間の情報の伝達部であるシナプスの特性は、外からの種々のシグナル（例えば感覚刺激）に適応して刻々と変化する。記憶や学習にも重要な役割を持つと考えられている。



福山 秀敏 教授に聞く

「良いテーマは永遠」である

— WPI-MANAはナノテクノロジー、材料科学といった基礎基盤研究を行なっています。WPI-MANAのアドバイザーである福山先生から見て、若い人は研究生活の中で何を目標せばよいのでしょうか。基礎基盤研究における研究テーマとはどのようなものなのでしょうか。

基礎研究だからといって「何をやってもよい」ということはありません。やはり「意味あること」を研究しなくては何のための「研究」であるかわかりませんし、研究者としての人生の意味を考える上でも、研究テーマ設定には本質的な重要性があると思います。問題は、どのようにして「良いテーマ」というものに出会うか、ということです。このことについては、大学院での指導教員、研究室先輩をはじめとした「環境」の果たす役割が大きいでしょう。

— 先生ご自身も、研究室メンバーからスタートし、のちに自身の研究室を主催し、そして物性研究所を率いる、という変遷がありました。やはり研究人生初期のテーマは特別なものですか。

はい。大学院の頃に指導教官の先生から提起されたテーマをいまだに追求している自分に気がつきます。「良いテーマは永遠」ですね。大学院時代に基礎的知識を徹底的に身につけたあと、本格的な研究のステージに移行するわけですが、私はそこに「基礎」と「応用」という区別はないと認識するようになりました。思い返せば大学院の指導教員だった久保亮五先生は、当時からそれを学生に伝えてくださっていた。お恥ずかしいことですが、そのことに気がついたのはごく最近のことです。「研究に基礎と応用の区別はない。違うのは些末な研究と本質的な研究だ」と。東北大学の礎を築き、東京理科大学の初代学長を務めた本多光太郎先生の言である「産業は学問の道場なり」も同じ意味を持つものと理解しています。現実の産業界での課題を解決しようとする中で、学問も同時に発展していくのです。それは、応用には基礎が欠かせず、基礎は応用を生み出すということに他なりません。基礎と応用はその区別なく、一体となって進歩していくのです。最近このことを「科技拓深」（科学は技術を拓き、技術は科学を深化させる）と呼ぶことにしています。



PROFILE

福山 秀敏 (Hidetoshi Fukuyama)

1970年、東京大学理学系研究科物理学専攻 博士。
1971年、ハーバード大学 ポストドクトラルフェロー。
1973年、ベル研究所 研究員。
1974年、東北大学理学部物理学科 助手/助教授。
1977年、東京大学物性研究所 助教授。
1984年、東京大学物性研究所 教授。
1992年、東京大学理学部 教授。
1993年、東京大学大学院理学系研究科 教授。
1999年、東京大学物性研究所 所長。
2003年、東北大学金属材料研究所 教授。

2006年、東京理科大学理学部第一部 教授。
2010年、東京理科大学 副学長。
2013年より、東京理科大学研究推進機構 総合研究
院長、東京理科大学 理事長補佐、学長補佐を務める。

「福山公式」として知られる、ホール効果・軌道磁性に関するグリーン関数を用いた定式化をはじめ、量子輸送現象の理論的研究において重要な成果を上げた。アメリカ物理学会フェロー、第1回日本IBM科学賞、IUPAP vice president (2002-2005)、紫綬褒章、瑞宝中綬章、文化功労賞、日本物理学会名誉会員、ロレアル「女性研究者を応援する男性リーダー」、他受賞多数。

若手研究者へ受け継ぐべきは「研究とは何か」という理解

— 先生は長く物性物理研究を続けておられますが、今と昔の研究環境を見比べて変わったと思われる部分はありますか。

はい。昔の方が純粋に学問を追求できる環境があったように思います。その点において、今の若い研究者は大変気の毒な状況に置かれていますね。それは研究を評価するために指標が導

はずですから。「インパクトファクターの高いxx誌に出版」というような表現を耳にすることがありますが、これは予備校の謳い文句である「うちからはxx大学にxx人合格」と大差ない表現だと感じます。商業誌の「ビジネス戦略」に翻弄されてしまっている、もしくはそうせざるをえないのであれば今の研究者の置かれている状況は深刻です。

— では、研究を正しく評価するにはどのような態度が必要だと思われますか。

やはり最も重要なのは、個々の論文の中身の理解に努め、当

“ 風通しの良い研究環境が交流を生み 交流は新たな研究成果を生む ”

入されたことに大きく関係しています。昔に比べて今の若い研究者たちは、研究の正当性の「証拠」を求められている。研究を質ではなく、どの学術誌に掲載されたかで評価されてしまう傾向が強くなってきているということです。この状況は極めて深刻だと思います。研究成果の社会への公開の場であった論文発表の意味が変わってきてしまっており、「事実を正確に伝える」という本来の目的から外れて、しばしば「宣伝」の道具になってしまっているように感じます。

— 機械的指数の導入は、評価という点においてはやりやすい一方で、評価を高めるための研究が優先されてしまうのではないか、という話をよく聞きます。

確かに私も、論文が評価されるためには特定の雑誌に掲載されなくてはならない、と言った本末転倒な状況になっていることへの危機感を覚えています。商業誌が研究成果を出版するのは、サイエンスの進歩のためではなく、ビジネスのためです。「商業」誌なので当然です。最近は何かにつけて「インパクトファクター」で研究が語られているように見受けられますが、それは大きな間違いです。そもそもインパクトファクターは雑誌についての指標であって、個々の研究の内容や質とは本来関係がない

該分野の状況を理解の上で、被引用数、国際会議基調講演、招待講演などを参考にするといいと思います。また、若い人たちが「研究とは何か」について理解するためにも、研究テーマの選び方、研究の進め方、発表の仕方などを研究指導者がきちんと若手研究者に伝えていくことが大事になります。これができていないと彼らの研究活動の将来的な展開がおぼつかなくなってしまいます。

共同研究、研究者同士の交流で見えてくるものがある

— WPI-MANAではグループ単位で研究が行われています。グループを横断するような研究活動にも力を注いでいますが、共同研究活動についてご意見はありますか。

共同研究は大いに推奨されるべきです。研究においては、1+1が3にも4にもなりえます。私は31-32歳の頃、ベル研究所に滞在していましたが、当時のベル研究所はまさにそういった環境でした。フィリップ・アンダーソン(1977年ノーベル物

福山秀敏 教授に聞く

理学賞受賞)をはじめとする優秀な研究者たちが昼食中だろうと廊下であろうと大声をあげて議論を交わしていたことを今でも覚えています。議論することの重要さ、楽しさを肌で感じることができました。議論に加えて研究者が集うパーティーも頻繁に行われており、研究者同士の交流が重要であることも身をもって体験しました。研究過程において、理論家と実験家が分野にとらわれず、闊達に意見を交わすことで見えてくるものがあります。ベル研究所での滞在以降、「実験あつての理論」という姿勢を人間的な接触を通して保とうと心がけています。理論家として、実験家から不思議な現象を最初に紹介してもらうことは大変な幸せなことです。

● フィリップ・W・アンダーソン教授と談笑する福山教授（1985年）



論文発表に求められる客観性と研究活動自体が持つ独自性

— 分野融合が重要とのことですが、理論家と実験家だけでなく、他の研究分野との共同研究についてはどうお考えですか。

物性研究では原子・分子の集合体である物質を対象にしており、そこには無限の可能性があり、新しい驚くべき現象が絶えず出現します。今後は生体関連物質も研究対象に入ってくるのと思います。研究対象が変わろうとも、物性物理学的な研究の重要性は変わりません。むしろ今後は、よりその重要性が増してくるでしょう。多くの研究者と交流していく中で、新しい研究対象に挑戦していく姿勢が大事です。そしてそういった風土を作り出すために重要なのは「環境」です。歴史的にも重大な発見に成功した研究者の周りには、優れた環境が用意されていました。研究者同士の交流を促す仕組み作りは、組織として注力しなくてはならない部分です。

— 最後に、若手研究者に向けたメッセージを頂戴できますか。

一言でお答えすることは難しいですが、外部資金を獲得していくことは極めて重要です。予算がなければ研究をすることも不可能になってしまいます。しかし、繰り返しになりますが、研究資金を獲得するために、過剰に評判を意識しすぎた活動をするのは、そもそも科学的な態度ではない。理想を言えば、外部が自然と資金を提供したくなるような研究を推進することが大事なのでしょう。ここで研究成果を社会的に報告する際の「客観性」を持つことは当然のことですが、対照的に研究成果を目指して努力する過程での「独自性」や「個性」というものがなければ人を惹きつける魅力的な研究には繋がりません。この「研究活動の個人的な過程」というものこそが、研究の一番の面白さだと私は思うのです。そしてそれは、研究者同士の自由な交流を生み出す「環境」に惹起されるものであり、WPI-MANAという組織に大いに期待する部分ですね。■

新たに2つの サテライトラボが追加

WPI-MANAは、国際的な頭脳循環を加速し、ナノテクノロジーネットワークを強化するため、既存の5つのサテライトラボに加え、ストラスブール大学、ペンシルベニア大学の2箇所を新たにサテライトラボとして迎えることになりました。

ストラスブール大学



Nano-Materials



Photo by Jonathan Martz

G. Decher ファジーナノ集積

私の研究チームは、ナノスケールで精密に制御された複合材料を作り出すための、新しくかつ汎用性のあるツールを開発しています。WPI-MANAのサテライト・ネットワークを通じて、ナノ複合材料を研究する研究者たちとの相乗効果を生み出します。

ペンシルベニア大学



Nano-Materials



Photo by iStock

T. E. Mallouk ナノスケール化学

私のグループは、ナノマテリアル化学を駆使して、電気化学エネルギー変換、低次元の物理現象、そしてナノ・マイクロスケール物質の動力駆動を研究しています。私たちが持つ専門知識を活かして、WPI-MANAの科学者たちと様々な課題解決を進めたいと思っています。



Nano-Theory

D. Bowler
ユニバーシティ
カレッジロンドン

大規模計算と
その実験的検証



Nano-Systems

C. Joachim
フランス国立
科学研究センター

分子ゲート理論
とその実証



Nano-Systems

F. M. Winnik
ヘルシンキ大学

ポリマー化学、
ナノバイオロジ
モントリール大学から移転



Nano-Systems

J. K. Gimzewski
カリフォルニア大学
ロサンゼルス校

ニューロモルフィック
ネットワーク



Nano-Materials

Z. L. Wang
ジョージア工科大学

ナノエネルギー材料

二次電池の高容量・長寿命化を両立する酸化物 / グラフェン複合材料を開発

二次電池の高性能化に向けた開発の中で、飛躍的な高容量化が期待できるシリコンやその合金系、遷移金属酸化物などの研究開発が進められていますが、依然として短いサイクル寿命は最大の課題です。例えば、酸化マンガンは高い理論容量が期待できる材料ですが、電極反応において酸化物が金属まで還元されるサイクルが繰り返されると、結晶構造が破壊され、電池として機能しなくなってしまいます。

近年、様々な層状金属酸化物から剥離によって得られる単層ナノシートは、電気化学的エネルギー貯蔵のための理想的な電極材料として注目されています。単層ナノシートを活物質として利用することができれば、「活性点が最大に露出される」、「ゲストイオンが拡散する距離が短くてすむ」、「体積変化が抑制される」など、いくつかの要素が相まって電気化学的性能を最大化することができると期待されているからです。しかし実際は、ナノシートが凝集し、再積層しやすいために、「単層」ナノシートとしての利点を十分に利用できない問題点があります。また、多くの酸

化物は電子的には絶縁体であるため、電極全体としての性能を低下させる要因にもなっています。高い導電性を持つグラフェンとの複合化が、電荷輸送能力を向上させたという報告はなされていましたが、2次元物質の特徴を最大限に引き出し、高性能エネルギー貯蔵を実現するためには、酸化物ナノシートとグラフェンを分子レベルで複合化する高度なナノ構造の構築、制御が必要とされています。

WPI-MANA は、負に帯電している MnO_2 ナノシートと高分子電解質を修飾することで正に帯電させた還元型酸化グラフェン (rGO) を使い、分子レベルで複合化して、交互に積層させることに成功しました。 MnO_2 ナノシートと rGO は反対の電荷を持たせてあるため、2つの溶液を混ぜ合わせると、静電的相互作用により自己組織的に交互に積み重なります。

この複合材料を負極活物質とし、対極にそれぞれ Li と Na を使用したコインセルを試作したところ、ともに可逆的な充放電が可能であることが分かりました。0.1A/g の電流密度ではそれぞれ 1325mAh/g、795mAh/g の高い容量を示し、カーボンを負極とする現行の Li イオン電池の 2 倍以上の負極容量を持つことが明らかになりました。5000 サイクル充放電してもサイクル当たりの容量減少は、Li イオン電池ではわずか 0.004%、Na イオン電池でも 0.0078% であり、これまでに報告されている金属酸化物系負極材料の中で最も高い容量と長いサイクル寿命を示しました。これは、高い導電性を持つグラフェンにより電極全体の伝導性が改善されただけでなく、 MnO_2 ナノシートがグラフェン間に挟まれて有効に隔離さ

れることによって、 MnO_2 の可逆的な酸化還元変換プロセスが安定化されたためと考えられます。■

REFERENCE

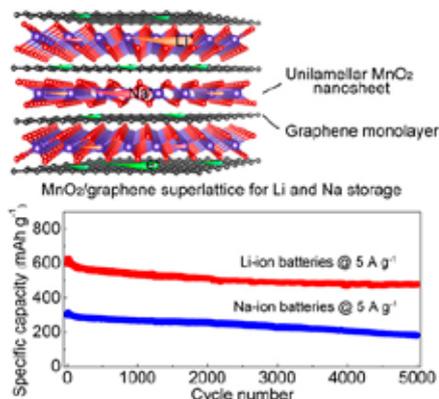
PAN XIONG, RENZHI MA, NOBUYUKI SAKAI, AND TAKAYOSHI SASAKI, GENUINE UNILAMELLAR METAL OXIDE NANOSHEETS CONFINED IN A SUPERLATTICE-LIKE STRUCTURE FOR SUPERIOR ENERGY STORAGE, ACS NANO, 12, 1768-1777, (2018).

トポロジカルな量子バレー流を観測

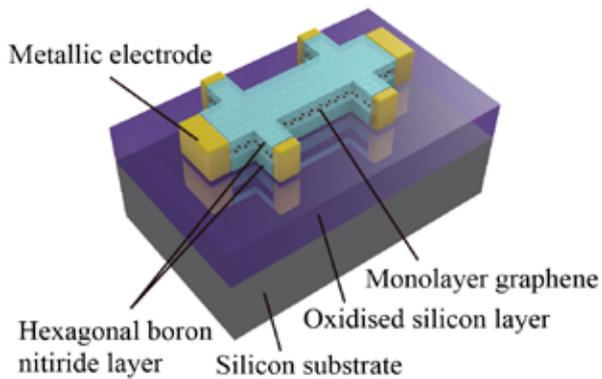
電子は電荷やその自転方向に対応するスピンと呼ばれる量子力学的内部自由度を持っています。一方、固体結晶中の電子は、バレーという隠れた内部自由度が存在することが古くから知られており、バレー流の検出は近年試みられてきましたが、そのシグナルは非常に小さく、量子エレクトロニクスなどに必要とされる巨大な応答は実現されていませんでした。加えて、バレー自由度を制御することは難しく、積極的にデバイスなどに利用する視点は最近まで注目されていませんでした。

WPI-MANA では、電気伝導を測定するための電極が取り付けられた、グラフェンと六方晶窒化ホウ素のシートからなる超格子構造を作製しました。このデバイスを用いて、電気的な信号をバレー流にまず変換し、数マイクロメートルにおよぶ伝送の後にまた逆の変換をおこなうことによるバレー流の電気的検出を行い、量子化抵抗オーダーの巨大なシグナルとして検出することに世界で初めて成功しました。さらに、デバイスの端に局在した電流が現象を支配している、量子バレー流の可能性を確認しました。

作製したデバイスの電気伝導測定の結果、世界最高水準の高い移動度



STRUCTURE OF MnO_2 /GRAPHENE SUPERLATTICE-LIKE STRUCTURE



と、素子内を散乱されずに伝導するバリステック（弾道）伝導現象を確認し、さらに超格子構造を反映した量子ホール効果を観測しました。得られた実験データから作製した超格子の構造を解析すると、グラフェンと六方晶窒化ホウ素の結晶方位は1度以下の角度で揃い、モアレ超格子構造を形成していることがわかりました。このようなグラフェンと六方晶窒化ホウ素から構成される超格子構造では、電子はバレーという隠れた自由度を持ち、電荷の移動に伴って電流が生じるのと同様に、バレー流というものが電荷の流れ

を伴わずに発生することが予測されています。

バレー自由度を用いたエレクトロニクスはバレートロニクスとも呼ばれ、近年のInternet of Things (IoT) に資する低消費電力素子の候補の一つとして注目されています。トポロジカルな原

理による量子バレー流の基礎科学研究をベースに、将来のデバイス応用を目指し、バレーという隠れた自由度を外部から制御する量子光学的干渉素子の開発を現在進めています。また、量子の世界の波動性が巨視的なレベルで現れる超伝導などと組み合わせたトポロジカルな超伝導量子情報素子の開発も今後期待されます。■

REFERENCE

K. KOMATSU ET AL., "OBSERVATION OF THE QUANTUM VALLEY HALL STATE IN BALLISTIC GRAPHENE SUPERLATTICES", SCI. ADV. 4:EAAQ0194 (2018).

自ら学習して判断する 「意思決定イオニクスデバイス」

社会活動や産業活動において、刻一刻と変化する状況を迅速に認識して適切に判断することの重要性が高まっており、人間の意思決定能力を上回るAIシステムの技術開発が進められています。従来のAIでは、意思決定は複雑なプログラム処理による学習によって成されているため膨大な情報を処理する必要があり、取り扱う問題が複雑化すると処理

時間が指数関数的に増加してしまうという課題がありました。そのため、革新的なAI技術の開発が期待されていました。

WPI-MANAでは、材料特性を利用することにより、デバイス自身が学習して意思決定を担う機能を持つ「意思決定イオニクスデバイス」を開発し、多腕バンディット問題と呼ばれる問題を解くことに成功しました。多腕バンディット問題とは、報酬確率が異なる複数のスロットマシンの中から利益を最大化するために適切なスロットマシンを選択する数値問題で、現代の社会活動の幅広い分野でその応用が期待されています。

意思決定イオニクスデバイスは、水素イオンを輸送することが可能な固体電解質に白金電極を取り付けた構造を持っており、接続された電

気測定部によって電極間の電圧を測定したり、パルス電流を印加したりすることで動作します。このデバイスにパルス電流を印加すると、電極界面では水素イオンの移動に伴う電気化学現象が起きるため、水素イオンや分子の濃度変化によるキャパシタや濃淡電池の作用により回路開放時に電位差が生じます。意思決定イオニクスデバイスは、電極界面近傍で生じるこの電気化学現象を利用することにより、迅速に学習して適切な判断を行う機能を持たせたものです。

研究者らは、この意思決定イオニクスデバイスを利用して、混雑した通信網において情報を最大の効率で送信するためにチャンネルを選択する必要がある通信チャンネル選択シナリオを調査しました。通信成功確率が異なる2つのチャンネルA、Bに割り当てられた電極の電位をそれぞれ測定し、高い電位を示す電極に対応するチャンネルを選択するよう定めます。通信が成功（失敗）した場合、選択したチャンネルに対応する電極に正（負）のパルス電流を印加することで、選択したチャンネルのデータ送信の成功、失敗の結果をデバイスに学習させます。電極間の電位差が変調されることによってチャンネルの持つ確率を学習するとともに、次回に選択するチャンネルを電位として出力します。その結果、試行回数の増加に従って正しいチャンネルを選択する確率（正答率）は100%に近づいていきます。また、通信環境の変化を模擬してチャンネルの通信成功確率を途中で入れ替えた場合、正答率は一旦低下しますが、やがて環境に適應し、完全正解へ向けて急回復していくことが確認されました。

今後、微細加工技術による高性能・高集積化等を行い、より複雑な数値問題を解きうる意思決定イオニクスデバイスを搭載したAIシステムの構築を目指します。さらには、生物の様にプログラム無しでも動作するAIシステム（人工脳）へと発展させたいと考えています。■

REFERENCE

TAKASHI TSUCHIYA, TOHRU TSURUOKA, SONG-JU KIM, KAZUYA TERABE AND MASAKAZU AONO, "IONIC DECISION-MAKER CREATED AS NOVEL, SOLID-STATE DEVICES", SCIENCE ADVANCES, 4, EAAU2057 (2018).



● Welcome to WPI-MANA ●

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。

私は、2015年からNIMSの若手国際研究センターに在籍したのち、2018年4月にMANAに着任しました。WPIとして数多くの業績を残してきたWPI-MANAの一員に加わることができ、大変光栄に思います。

私は、これまで π 共役系からなる有機分子・高分子に関する研究を行ってきました。 π 共役分子は、有機エレクトロニクスにおいて中心的な役割を担う発光特性や導電性を示す材料です。なかでも私は、外部刺激(光、圧力、摩擦)や環境(溶媒、温度)に応答して色調や発光特性が劇的に変化する新規分子の合成と機能開拓を行ってきました。このような機能性分子は、生命における視覚といった重要な役割を担っているだけでなく、センサーとしての機能をもつ材料としても働きます。元来、有機化学は「生命」に由来した分子や高分子を扱うことに起源を持ちます。近年の合成手法の発展にともない複雑な分子を合成することができるようになりつつありますが、

生命現象の鍵を握るタンパク質のような巨大な分子を思い通りの構造へ造形・集積し、動かすことは困難を極めます。そこで、現在は精密有機合成の手法を用いて巨大分子を設計・合成することで、分子レベルの動きや物性を精密に制御し、生命機能を凌駕する新たな有機材料の開発を目指しています。

休日には、猫と戯れたり写真を撮ったりすることで気分転換しつつ、日々生命を超える有機材料のデザインを考えています。



猫と過ごす休日のひととき

ナノマテリアル分野
フロンティア分子グループ
研究員

名倉 和彦

Kazuhiko Nagura



地球上に存在する細菌の数は 10^{30} と言われており、文字どおり私たちの世界は隅から隅までこの微生物叢(細菌の集団)で埋め尽くされています。その一角「電気細菌」とは、固体と電子の授受を行うバクテリアのことを指し、最近まで特殊な生物と思われていましたが、実はヒト体内や地中を含む様々な場所に存在することがわかってきました。

電気細菌は基本的に絶縁性の細胞膜を貫通する約10ナノから数マイクロメートルの分子導線を持ち、電子を細胞内から細胞外の電極へと直接移動させることで代謝します。この性質を利用すると細胞内の「生きた」酵素の動きをそのまま電気化学解析することが可能となり、私たちはこのようなアプローチを10年以上磨き、研究してきました。従来の単離・精製された個々の生体分子を研究することではわからなかった細胞膜や非平衡性などの複雑な生体因子の寄与を物理化学的に紐解いています。このような研究は、電気細菌という新しい

窓から生命を捉え直すことに他ならず、私の知的好奇心の源泉となっています。さらに、電気細菌が我々の体内にも潜んでいるという事実は、宿主との電気を使った交信等、未踏かつ広大な研究テーマの存在を示しており、どう取り組むかが今後の課題です。

大学から8年間ビーチラグビーというスポーツを砂や泥にまみれ続けてきたせいか、最近始めた家庭菜園で畑の土にまみれて作業していると癒されます。あるいは、空気から体内に取り込まれる微生物叢や電気細菌が、私の脳にいい影響を与えているのかもしれない。



週末、育てた白菜と。

独立研究者

岡本 章玄

Akihiro Okamoto



私は、2018年11月にWPI-MANAの独立研究者となりました。アカデミックキャリアのほとんどをNIMSで過ごしていますが(NIMSポスドク研究員→JSPS海外特別研究員→ICYS-MANA→ICYS-Namiki研究員)、改めてWPI-MANAの一員となれたことを大変光栄に思います。

私はスマートポリマーを用いてバイオ系研究者が成し得ないバイオロジー研究をモットーに日々研究に励んでいます。現在は、形状記憶高分子の機能化に関する研究を行っています。形状記憶高分子はそのインパクトあるビジュアルから、興味を持って頂く機会が多いですが、身の回りではほとんど活躍できていません。自戒の念を込めて言うと、「ただの面白そうな材料」で止まってしまっています。長年付き合ってきた者として、面白そうな材料から使える材料へと、そのポテンシャルを開花させたいというのが目標です。一方で、自らが作製した材料の上で細胞などが示

す振る舞いは、大変興味深く、妄想をかきたててくれます。実際には、そのコントロールには手を焼くことが多いのが現実ですが、NIMSで研究する上で、材料に強いこだわりを持ち、オリジナルな材料研究とバイオロジー研究の融合により新しい生命現象の解明や操作技術の開発を目指しています。

休日は、家族と一緒にドライブを楽しみ、自然などに触れ合いながらリフレッシュしています。プライベートでも、どうしても懐いてくれない娘に手を焼いています。研究と子育て、どちらも奥が深いです。



筑波山にて

独立研究者

宇都 甲一郎

Koichiro Uto



私は2015年に東京大学で博士号を取得したのち渡米し、コーネル大学で1年、ノースウェスタン大学で2年の計3年間、博士研究員として研究を行ってきました。2018年12月に世界有数のナノ材料研究拠点であるWPI-MANAに着任し、これからの研究活動に胸を高まらせています。

私は多次元ポリマーの合成とその機能開拓について研究しています。スパゲッティのようなひも状の分子からなる一般的なプラスチックは、材料として扱う大きなスケールではランダムに絡まり合うためコントロールが難しく、狙った機能を発現させるのが困難です。それに対して、多次元ポリマーは、2次元、3次元に広がった分子構造を持ち材料中での複雑さが少ないため、特定の機能をもつ材料を設計することが容易です。米国で私は材料の中に決まったサイズの孔をもつ多次元ポリマーを使い、水の浄化膜や濾過材などへの応用を研究していました。いまだに多次元高分

子は新しい研究分野で、今後より精緻で効率的な合成法を開拓していく予定です。

ナノサイエンスの多くは目に見えません。我々、合成研究者は日々の合成実験では想像(妄想)を膨らませながら手探りで進んでいます。想定したように実験が進まずくじけることも多々ありますが、妄想が現実になった時や何が起きているのかが分かった時の興奮は格別です。目に見えないナノスケールのドキドキとの出会いを楽しみながら、面白い材料を生み出していけたらと思っています。



米国のホストファミリーと：
人との出会いは科学の発見と似ている気がします。

独立研究者

松本 道生

Michio Matsumoto



若山 裕 新副拠点長

量子デバイス工学グループ 若山 裕グループリーダーが新WPI-MANA副拠点長に就任することとなりました。WPI-MANAは新体制のもと、強靱な運営体制と新材料研究を飛躍させる活発な研究活動を実現していきます。

企 業務めからキャリアをスタートし、その後国内外でポスドクを経験した後、この研究所に着任したのが1999年のことでした。程なくしてNIMSが発足して、その後世界トップレベルの材料研究機関としての地位を確立していく過程をリアルタイムで体験することができました。国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (WPI-MANA) にメンバー入りしたのは2011年4月からで、WPI-MANAがWPIプログラムのひとつとして設立されて4年が経過していた時です。それ以降、中堅研究者として自らの研究に集中できる環境に恵まれました。

今から四半世紀前、若気の至りで会社に辞表を出してしまったとき、師と仰ぐ人から「これからは自分の研究を広く世界に問うことになる。その幸せを知りなさい」と言われました。以来、自己満足に陥ることなく常に他者に評価を仰がなければならない、そのための媒体として論文がある、そう信じてこれまでの研究に取り組んできました。逆に言うとかくまでも論文は評価を仰ぐための媒体でしかなく、目的ではありません。そんな世界共通のルールの中で年齢も国籍も関係なくオープンな環境で研究ができるMANAという組織に在籍させてもらえたことに感謝しています。時が経ち私ももう50代半ばになりました。定年退職の4文字がチラつき始めています。そろそろ自分だけでなく(自分も含めて!)若手が研究に没頭できる環境を整える役割を担うのには程よい頃です。そんな思いで副拠点長の職をお引き受けした次第です。

若山 裕



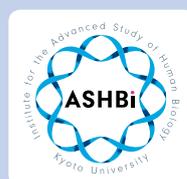
2018年採択 新WPI拠点

北海道大学
化学反応創成研究拠点 ICReDD
 Institute for Chemical Reaction Design and Discovery



計算科学による化学反応経路の導出、情報科学による反応経路の選別や統合、有機化学から材料化学、医療分野にまで及ぶ実験科学による実証と理論へのフィードバックによる融合研究を行う。これにより人類が未来を生き抜く上で必要不可欠な化学反応を、新たに複雑なネットワークとして理解し、自在に制御することを目指す。

京都大学
ヒト生物学高等研究拠点 ASHBi
 Institute for the Advanced Study of Human Biology



生命・数理・人文科学を融合し、ヒトの設計原理とその破綻による病態発症機構を究明する新しい研究領域"ヒト生物学"を創成する。ヒトの本質を明示するとともに、難病を含む様々な病態の発症機序を解明・その治療法を開発する基盤を提示し、ヒト社会の健全で着実な進歩を支える礎を築くことを目指す。

NEWS & TOPICS

🚩 イベント開催報告

MANA国際シンポジウム

Towards Perceptive Nanomaterials, Devices and Systems

2019年3月4日-6日、つくば国際会議場EPOCHAL TSUKUBAにて「MANA国際シンポジウム2019」を開催しました。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、国内外から集まった多くの研究者らによって、活気に満ちた議論が交わされました。



🏆 受賞情報

吉川 元起 グループリーダー

柴 引太 主任研究員

今村 岳 独立研究者

「文部科学大臣表彰 科学技術賞(開発部門)」(2018.4)

荻原 充宏 准主任研究員

「文部科学大臣表彰 科学技術賞(理解増進部門)」(2018.4)

岡本 章玄 独立研究者

「文部科学大臣表彰 若手科学者賞」(2018.4)

石井 智 主任研究員

「National Physical Laboratory Best Presentation Award "Second Grand Prix"」(2018.6)

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

Jonathan P. Hill 主席研究員

Thomas. E. Mallouk サテライトPI

Zhong Lin Wang サテライトPI

山内 悠輔 PI

葉 金花 PI

「Highly Cited Researcher 2018」選出(2018.11)

吉川 元起 グループリーダー

「清山賞」(2019.1)

👤 新任研究者紹介



G. Decher
サテライト PI



T. E. Mallouk
サテライト PI



名倉 和彦
研究員



岡本 章玄
独立研究者



宇都 甲一郎
独立研究者



松本 道生
独立研究者



岩崎 拓哉
ICYS-WPI-MANA
研究員



T. Subramani
ICYS-WPI-MANA
研究員



Y. Kaneti
MANA Postdoctoral
Fellow



山本 翔太
MANA Postdoctoral
Fellow



L. Shi
MANA Postdoctoral
Fellow



H. Lyu
MANA Postdoctoral
Fellow



L. Zihang
MANA Postdoctoral
Fellow



B. Ghosh
JSPS
研究員



F. B. P. Sciortino
JSPS
研究員



B. Ding
JSPS
研究員



S. Jing
JSPS
研究員



Z. Chen
ポスドク研究員



S. Yadav
ポスドク研究員



Y. Song
ポスドク研究員



鶴見 淳人
ポスドク研究員



西川 道弘
ポスドク研究員



上治 寛
ポスドク研究員



B. K. Barman
ポスドク研究員



W. Miran
ポスドク研究員



M. Mu
ポスドク研究員



C. Chang
ポスドク研究員



K. Sun
ポスドク研究員



L. Nurdwijayanto
ポスドク研究員



E. D. K. Heragh
ポスドク研究員



A. Guionet
ポスドク研究員



C. Wang
ポスドク研究員



H. Xue
ポスドク研究員



D. Thang
ポスドク研究員

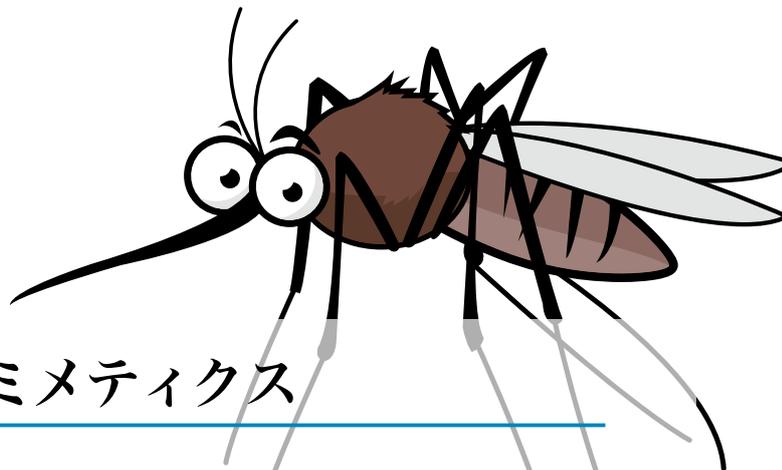


X. Deng
ポスドク研究員



佐藤 直人
ポスドク研究員

Editor's Column



気になる言葉：バイオミメティクス

科学広報を担当していると、日々の業務の中で様々な研究分野のプレスリリースに触れる機会があります。材料科学に関するプレスリリースだけでなく、生物、地球科学、植物学など、話題になっているものはなるべく目を通すよう心がけています。その中でも特に印象に残ったのが、「カエルの合唱法則の研究と通信システムへの応用 ～途中で休みながら輪唱を繰り返すカエルの行動に注目～」というプレスリリースです。簡単に言うと、雄ガエル集団の合唱を模倣したパターンを無線センサネットワークの自律分散制御に応用すると、パケット衝突を回避しつつ、通信状態と休止状態の一斉スイッチングができる、というものです。内容自体も面白いのですが、一番興味をそそられたのは、カエルの鳴き声という身近な現象が、全くそれと関係のない研究分野の問題解決に役立っているということです。このような生物模倣技術は「バイオミメティクス」と呼ばれており、様々な先行例が存在します。

レーザー・レーザー

SPEEDO社が開発した競泳用水着。体型矯正と、サメの皮膚表面の形状をヒントにした細かい撥水プリントで水の抵抗を抑える仕組みを持つ。競泳の記録が伸びすぎてしまうため、着用水着が理由で記録が公式で認められないことなどが話題となった。

痛みの少ない注射針

注射は痛いけれど、蚊に刺されても痛くない。これをヒントに開発された蚊の針の形状を取り入れた注射針。蚊の小顎にあるギザギザ構造を模倣することで肌に刺さる際の抵抗を減少させ、痛みを和らげることができる。

他にも、新幹線のパンタグラフ（フクロウの羽を模して騒音を抑える）や先端の形状（カワセミの嘴を模して抵抗を抑える）、マジックテープ（オナモミの形状を模して開発）など、多くの先行例があります。NIMSでもヤモリの足の接着機構を応用した材料研究が行われています。近年話題の強化学習も、入力に応じた強化信号によって環境のダイナミクスに対応するという点で生物進化の過程を模倣していると考えられるかもしれません。

Convergence 27号では、睡眠科学者と材料科学者の対談を巻頭特集としました。WPI-MANAの代表的な研究成果である「原子スイッチ」を応用した人工脳研究について、何か面白いアイデアを得られるかもしれないという意図で行われた企画ですが、話を聞けば聞くほど、人間の脳みそは複雑・不思議であることを再確認させられました。「曖昧さを持ったパーツが系全体としてダイナミックに稼働することで発揮される機能がある」というIIS柳沢機構長の言葉は、まさにナノアーキテクトニクスの基礎概念の一つに挙げられている考え方です。その類似性に驚きつつ、人工脳研究におけるバイオミメティクスの可能性を考えずにはいられませんでした。

研究成果はもちろんのこと、「長い進化の過程を経て、現生生物の形状、機能があるのであれば、形でも機能でも出来るところから模倣してみよう」という研究者の柔軟な発想には感心させられるばかりです。

バイオミメティクス

バイオミメティクスは、生物の構造、機能などを模倣することで、新しい技術開発を行う生物模倣技術のこと。1950年代の生物物理学者、オットー・シュミットがその概念を発展させたと言われる。

MANA NEWS LETTER

CONVERGENCE

No.27 2019年 3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**
人工脳が「眠い」というとき
柳沢 正史、カスパー・フォークト、中山 知信
- 6 **Leader's Voice**
福山 秀敏教授に聞く
- 9 **新たに2つのサテライトラボが追加**
- 10 **WPI-MANA Research Highlights**
二次電池の高容量・長寿命化を両立する酸化物/グラフェン複合材料
トポロジカルな量子バレー流を観測
自ら学習して判断する「意思決定イオニクスデバイス」
- 12 **Welcome to WPI-MANA**
- 14 **Progress of MANA**
若山 裕 新副拠点長
- 15 **NEWS & TOPICS**
- 16 **Editor's Column**
気になる言葉：バイオミメティクス