

NICT NEWS

国立研究開発法人
情報通信研究機構

No.4

2019

通巻476

FEATURE

次の「未来」を切り拓く最先端研究 —未来ICT研究所 特集—

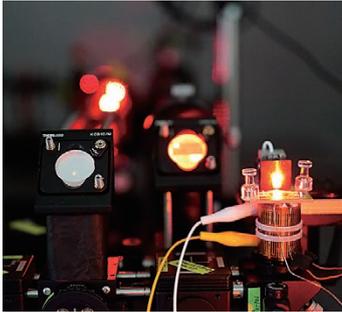
Interview

未来に向けてタネを蒔き
斬新な基礎研究で新分野を切り拓く



FEATURE

次の「未来」を切り拓く最先端研究 —未来ICT研究所 特集—



Interview

- 1 **未来に向けてタネを蒔き
斬新な基礎研究で新分野を切り拓く**
寶迫 巖
- 4 **マイクロとマクロをつなぐ記憶研究**
記憶する単一ニューロンのリアルタイム解析へ
櫻井 晃
- 6 **生物の自律振動が自発的に生まれる仕組み
を理解する**
古田 茜
- 8 **単一光子計数法で探るナノ・量子の世界**
コロイドドット量子光源の高性能化に向けて
井原 章之
- 10 **ノーマリーオフ酸化ガリウムトランジスタの開発**
安全・高効率なパワーデバイスの実現に向けて
上村 崇史

表紙写真：

昆虫（ショウジョウバエ）の“食べる”行動を制御する神経回路のかなめ Feeding neuron。摂食行動の制御に関わるほとんどの情報がここに統合される。ピンクに色付けされた枝に“食べる”という情報が集約され、黄色の枝から“食べる”ための運動出力が指令される。マクロな脳機能情報（感覚入力>摂食行動）とニューロンのシナプス可塑性によるマイクロ情報処理とを直接つなぐ場所である。

左上写真：

分子レベルの力を測定できる、温度制御付き光ピンセット装置（ステージ部分）。生物システムを緻密に“再構成”できる、新しい手法であり、生物の持つネットワーク制御を解明する強力なツールとなる。

TOPICS

- 12 **NICTのチャレンジャー File 5** 遠藤 寛之
光空間通信による物理レイヤ暗号の実現に挑む
～光の性質を利用したセキュアな通信～
- 13 **Awards**

INFORMATION

- 14 **2019 各地のNICTオープンハウス開催のお知らせ**
未来ICT研究所／鹿島宇宙技術センター
耐災害ICT研究センター／ユニバーサルコミュニケーション研究所／
沖縄電磁波技術センター

Interview

未来に向けてタネを蒔き 斬新な基礎研究で新分野を切り拓く

未来ICT研究所

寶迫 巖（ほうさこいわお）

未来ICT研究所 研究所長

ICT技術が目覚ましい進歩を遂げている。半導体の集積度も限界を迎えつつあり、ビッグデータという人間の脳では処理しきれないような大量のデータをAIが処理するようになってきた。

この先、情報通信の未来はどうなっていくのか。ICT技術はこの情報の大洪水をどう乗り切るのか。未来を見据えた基礎研究を行うNICTの中でも特色のある研究所である未来ICT研究所の寶迫巖研究所長に話を聞いた。

—ICTは目覚ましい進歩を遂げています。一体この先どうなっていくのでしょうか。

寶迫 「30年」というのがひとつのキーワードだと思います。未来ICT研究所が神戸でスタートしたのは1989年、今からちょうど30年前です。その頃は日米経済摩擦というのがあり、日本は基礎研究をしないでアメリカの研究成果にただ乗りしていると批判されました。そこで、国を挙げて基礎研究に力を入れることになったのです。情報通信分野も基礎研究をしないといけないということでスタートしたのが未来ICT研究所の始まりです。しかし、次第に短期間で成果を出すことが求められるようになりました。その結果だと思いますが、近年、日本の論文数が外国に比べてかなり減ってしまったのです。

このように途中で、科学技術研究に関する制度が変わり、科学技術の基礎体力

が低下しましたが、それでも最初の頃に蒔かれたタネが、最近の連続したノーベル賞受賞につながっているのではないかと思います。

過去30年から学ぶと、一番大切なことはアイデアのタネを蒔くことだと思うのです。そしてそれを30年以上、しっかり持続して育てていかなくてはならないのです。

■30年後を見据えた3つのキーテクノロジー

—未来を切り拓くと考えられる新しい技術にはどんなものがありますか。

寶迫 我々は、3つのキーテクノロジーを考えています。

1つが量子技術です。中でも量子情報処理技術は重要です。計算速度の著しい高速化がICT技術の高性能化につながります。量子コンピュータの実現まではま

大学院修了後、日本鋼管株式会社（現JFE）を経て、1996年郵政省通信総合研究所（現NICT）入所。以来、テラヘルツ帯半導体デバイス・各種応用システムの研究開発に従事。博士（理学）。

だ時間がかかると思いますが、ひとつ言えることは、量子コンピュータは、今のスーパーコンピュータ（スパコン）のように単体で使うというより、特定用途向けのアクセラレーターのようなイメージになるのではないのでしょうか。PCのグラフィクスボードのような感じです。ですから、特定の用途では、現在のスパコンとは比較にならないようなすごい結果を出します。

当研究所には、量子技術関係の研究者が大勢います。例えば、超伝導デバイス・イオントラップ・量子暗号・量子センサーなどの研究者です。このようなりソースをうまく方向づけていきたいと考えています。

—2つめは？

寶迫 生き物の持つ情報通信の仕組みです。地球上で一番繁栄しているのは、昆虫や細菌です。細菌を例に

Interview

未来に向けてタネを蒔き 斬新な基礎研究で新分野を切り拓く

あげると、彼らには情報を入力するセンサー・情報を出力するアクチュエータ（エネルギーを運動に変換する仕組み。バクテリアの場合、鞭毛などが相当する）があり、その間に情報処理（演算）を行う部分があります。入力・演算・出力というコンピュータと同じ情報の流れがあるのです。であるならば、この仕組みに学べばいいのではないかとことです。

彼らは非常に小さなエネルギーで動いています。常温環境で、ノイズより僅かにはみ出したくらいの世界で情報処理をしている。人間が生物の巧妙な仕組みに気づき、生物模倣（バイオミミクリー）を始めてたかだか100年程度ですが、バクテリアは30億年も前から地球上で生き続けているのです。ですから、バクテリアの機能というのは相当洗練されていると考えていいのです。

さらに、脳のメカニズムに学ぶということにも注目しています。人間の脳の中には約1,000億個の神経細胞があります。最近ではfMRIで脳の動きを1ミリメートル程度の分解能で探ることができるようになり、脳科学は大きく進歩しました。しかし、1立方ミリメートルの中には多くの神経細胞が入っています。我々は、神経細胞の集団としての動きを見ているにすぎないのです。

では一つひとつの神経細胞の動きを見るにはどうすればいいか。そのヒントが正に昆虫なのです。記憶神経生物学プロジェクトと行動神経生物学プロジェクトでは、キイロショウジョウバエを調べているのですが、彼らの脳の大きさは1ミリメートル程度。その中に20万個ほどの神経細胞があります。人間と比べると圧倒的にコンパクトです。また、複眼と呼ばれる昆虫の目の画素数は、例えばショウジョウバエでは800画素程度です。人間の目は一説によると5億7600

万画素と言われますから、比較にならないくらい貧弱です。しかし、たったこれだけの視覚で飛行し、ナビゲーションし、餌を探し、ペアとなる相手を探している。センサーも情報処理能力も低レベルなのですが、少なくともドローンよりは賢い。このシンプルで軽量な情報処理は正にIoT向けです。

——3つめの柱は？

竇迫 今さらと思われるかもしれませんが、光ファイバーや無線通信の高速化です。考えているのはショートレンジの通信です。例えば、車の中のセンサーと制御コンピュータのように、長距離でなくてもよいから超高速で通信がしたいというニーズがあります。

超高速性を目指す中で、様々なパイプロダクトが生まれます。例えば、当研究所のナノ機能集積プロジェクトでは超高速短距離光ファイバー通信用に有機EOデバイスを研究していますが、これを応用すると、機械的可動部の無い自動運転車の衝突防止用のセンサーに使われるライダー（レーザーレーダ）の実現も視野に入ってきます。

——無線通信の方はテラヘルツ波を使うのですか？

竇迫 テラヘルツ波は、波長が非常に短い電波で、極近距離の無線通信なら、100 Gbpsという超高速が出ます。

このほか、重要文化財の修復前診断や電波を吸収する特殊塗料塗布の際の膜厚制御にも使えます。現在は、こういったコストを度外視できるような分野では使えるのですが、もっと広く使ってもらうためには、大幅にコスト削減する必要があります。

■ロングスパンの研究が必要

——社会に役立つまでは時間がかかるのですね。

竇迫 新しい技術に着手してから、市場に出るまで20年から30年かかるものなのです。今、NICTの代表的な成果展開事例である多言語音声翻訳システムも元は30年前（平成元年）に、情報通信の基礎研究拠点として情報系・物性系・バイオ系の3つの研究系をそろえてスタートした関西支所（現未来ICT研究所）においてその芽となる研究開発を始めたものです。

——30年後の未来ICT研究所のイメージは？

竇迫 この先ずっととどまることなく情報量が増え続けるのでしょうか、大量の情報はネットをいたずらに混雑させ、情報処理や通信のリソースを過剰に使うことになってしまいます。ですので、大量の情報をうまく制御する技術が必要です。

これも生き物にヒントがあります。生き物の群れとしての行動には興味深いものがあります。何万匹という魚の群れが一斉に向きを変えたり、全体の姿を大きな生き物に見えるようにして敵を追い払ったりしています。

この行動の際、コミュニケーションは何万匹のすべてで行っているわけではありません。また、中央に司令塔があってそこから指示を出しているわけでもありません。せいぜい自分の隣にいる3匹くらいを見て自律的に動いているのでしょう。この生物の機能を生かして自律制御ができる技術を開発すれば面白いことができるようになるでしょう。

また、蜂は群れが自律的に働いて、最

初は小規模ですが最終的には巨大な巣を作り上げることができます。

この様な機能を学び使いこなすことができれば、例えば、ロボット群が月面基地を建設するような作業を自律的かつ非常に少ないエネルギーでできるようになるかもしれません。

——未来ICT研究所には、研究室とセンターがありますが、この違いはなんでしょうか？

竇迫 センターには、量子ICT先端開発センター・グリーンICTデバイス先端開発センター・深紫外光ICTデバイス先端開発センターの3つがあります。これらは、当研究所の中で社会実装が近いもの、あるいは大きな外部資金を獲得できている研究グループです。研究室はフロンティア創造総合研究室の1つですが、およそ9つの研究部ユニットがあり、30年後に向けてタネになりそうなものは何でも、といった感じです。本当の基礎研究です。

■ 2つの新機軸

——これまでお話の出た3つの柱のほかにも新分野がありますか。

竇迫 分野ではありませんが2つの新機軸があります。それは超センシングと超制御です。例えばバクテリア（大腸菌）センサーが正に超センシングです。バクテリア（大腸菌）の受容体（センサー）は2種類しかないのですが、それで彼らは様々な化学物質を嗅ぎ分けられます。これを利用した超センシング技術を使うと、人間では区別の付きにくい炭酸飲料の違いをほぼ100%判別できます。また、米のとぎ汁から米の産地も判別できます。

もう1つの超制御のひとつの例が、可動部分の無いフェーズドアレイ方式のレーザーレーダ（ライダー）です。ライダーではレーザーの照射方向を自在に制御する必要があります。多くの例では、鏡を動かして照射方向を制御する方法が採られています。アレイ型光導波路を用いたフェーズドアレイによって可動部を無くせば故障が少なくコストが下がります。

す。単価が数千円程度になれば軽自動車にも付けられるでしょう。

——未来ICT研究所のこれからの抱負をお聞かせください。

竇迫 日本の研究所の傾向として、どこも皆ショートレンジの研究ばかり指向するようになって、きちんとタネを蒔けるようなところが少なくなってきていると思います。達成可能な程度の目標を掲げ短期間で成果を出すのが効率的だと思われるがちですが、本当は必ずしも達成できるかどうか分からないくらいの高い目標を掲げロングレンジで進めた方が、パイプロダクトも多く生まれ効率も研究レベルも高くなります。

これからも、どしどしロングレンジのタネを蒔いていきたいと思っています。そして成長したら当研究所から社会実装を目指す組織として分かれてもらう。そういったタネあるいは苗床を育てるために努力し、新しい基礎分野を切り拓くために、様々な研究分野と融合を深めていきたいと考えています。

Column

「未来ICT研究所開所30周年記念シンポジウム」を開催

未来ICT研究所がこのほど開所30周年を迎えたことを記念し、6月7日、「未来ICT研究所開所30周年記念シンポジウム」を神戸市内で開催しました。会場には、産学官の研究者や関係者の方々約150名が参加されました。

シンポジウムでは、NICTの徳田英幸理事長による開会挨拶に続き、総務省近畿総合通信局長 大橋秀行氏及び大阪大学の西尾章治郎総長から来賓祝辞を八木康史理事・副学長の代読により頂きました。続いて「未来ICT研究所の30年」が上映され、和やかな雰囲気にも包まれました。

未来ICT研究所竇迫巖研究所長の「未来ICT研究所の現在と未来」の講演では、

当研究所は論文の被引用件数がNICT全体の35%を占める（職員数は12%）など特色ある研究成果を創出してきており、今後は先端的技術研究を「神戸発」in NICTとして発信していくとの話に、多くの参加者が共感する様子が見られました。また同研究所大岩和弘主管研究員の紹介により研究所の若手研究者の活動が発表されると会場では新たな神戸ブランド研究の芽吹きとして、研究所の未来を心強く感じているようでした。

シンポジウムの後半では、山形大学有機エレクトロニクス研究センターの時任静士センター長から、有機エレクトロニクスの先端的研究とその将来展望の紹介



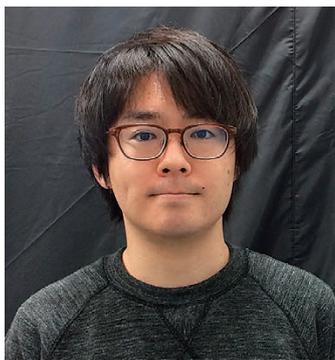
シンポジウム会場（神戸市内）の様子

と、技術立国日本における基礎研究の重要性についての講演を頂きました。続いて、脳情報通信融合研究センターの柳田研究センター長から、NICTと大阪大学との基本協定10周年を迎え、脳情報通信融合研究の最新の成果について講演がありました。

知的刺激に満ちた講演は午後4時半ごろに終了、未来ICT研究所による「神戸発」研究ブランド力発信への更なる期待感に包まれたシンポジウムは、盛況のうちに閉会しました。

ミクロとマクロをつなぐ記憶研究

記憶する単一ニューロンのリアルタイム解析へ



櫻井 晃

(さくらい あきら)

未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室
主任研究員

大学院博士課程修了後、マサチューセッツ大学医学校、マサチューセッツ工科大学、東北大学にてポスドク研究員、2014年NICT入所。連合学習によるシナプスの可塑的変化のリアルタイム解析に従事。博士（生命科学）。

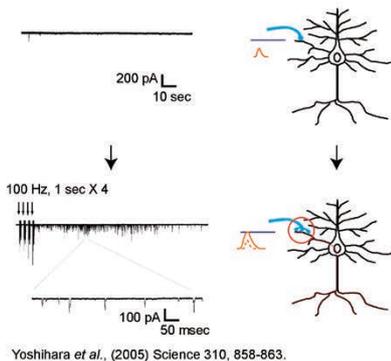
近年の人工知能、機械学習の進歩は目覚ましく、その基礎には神経科学のアイデアが重要な貢献をしてきたという歴史的経緯から、脳の学習、そして記憶のメカニズムは既に解明されたいわゆると想像されるかもしれませんが。しかし実際には、世界中の多くの大学、研究機関では、記憶の神経メカニズムについて、今なお多くの人員と予算を割いて研究されています。その理由の少なくとも一部は、分子・細胞レベルのミクロな研究と、マクロな脳機能研究との間には深い溝があるためであると指摘されています。私たちは、独自の方法論でその溝を埋め、ミクロとマクロの橋渡しをすることで、脳の単一ニューロンが情報を保存するメカニズムを明らかにしようとしています。

■生物の脳をモデルとした研究開発

近年、従来のノイマン型とは異なる、生物の脳をモデルとした情報処理装置の開発への期待は大きい。ノイマン型のコンピュータが、アルゴリズムをプログラムとして読み込んで、決められた手順で

ひとつずつ実行するのに対して、神経細胞の情報処理を模倣したコンピュータは、大多数の素子によるデータの並列処理と学習能を持ち、特定のプログラムを必要としません。この特性を持つことから、音声や文字を認識するパターン認識などの、アルゴリズムが分かっていない、あるいは書き落とすことが難しい場合でもその解析を可能にし、とりわけ、今日特に重要になってきているビッグデータからの精度良い情報抽出において、その重要性が認識されています。例えばアメリカ合衆国IBM社は、単一のニューロンの情報伝達における生理学的特性を詳細に模倣したコンピュータチップ「TrueNorth」をScience誌に発表し、既に販売しています。TrueNorthは、ノイマン型のコンピュータに比べて、はるかに精度の高いパターン認識をより少ないエネルギーで実現し、さらに、機械学習において最高レベルの性能を発揮します。このことは、単一ニューロンの特性を人工知能設計に応用するという戦略の有効性を裏付けていま

分子・細胞レベルでの変化（ミクロ）



記憶：動物行動の変化（マクロ）



図1 記憶研究におけるミクロとマクロのギャップ

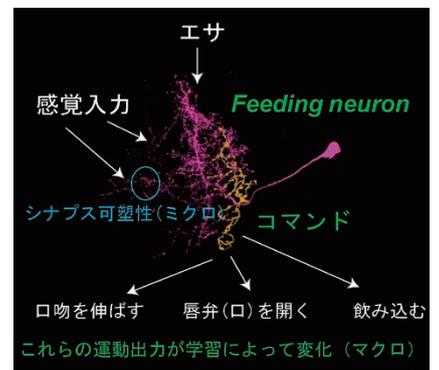


図2 ミクロとマクロをつなぐ Feeding neuron。ピンクに色付けされた枝に「食べる」ということに関わるほぼ全ての情報が集約され、黄色の枝から食べるために必要な全ての運動出力が司令される。

す。ニューロンにできることは、情報を「伝達する」と、「保存する」ことの2つです。私たちは、人工知能の性能を更に飛躍的に向上させるために、残る「保存する」メカニズム、すなわち記憶のメカニズムについて、単一ニューロンレベルで解明しようとしています。

■記憶研究のマイクロとマクロ

記憶は、ニューロンとニューロンの接続部であるシナプスのマイクロな変化によって形成されると考えられています。しかし、両者の因果関係の解明については、「現在、我々の前に立ちはだかっている最大の問題は、マイクロな研究と、マクロな脳機能の研究との間に横たわっている深い溝を、繋げていく方法が必ずしも明確でないことである（塚原伸晃、脳の可塑性と記憶）」と指摘されています。例えば、「パブロフの犬」はベルの音が鳴るとエサがもらえることを記憶し、ベルの音を聞くと唾液を分泌するようになりますが、その時にはたらく脳神経回路の実態について、単一ニューロンレベルでは理解されていません。そのため、脳

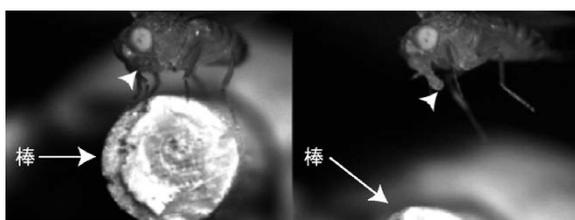


図3 パブロフのハエ（棒が離れると口吻を伸ばす）

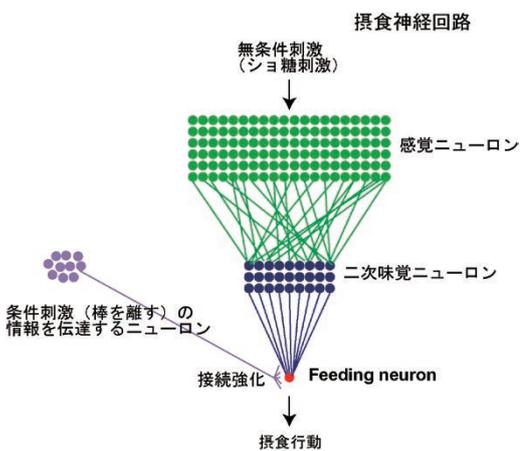


図4 Feeding neuron を活動させる新たなつながりができる

内のどの接続が変わって（マイクロ）、唾液を分泌するようになった（マクロな脳機能の変化）のかは分かりません（図1）。つまり、マイクロとマクロの溝が生じるひとつの要因は脳神経回路の複雑さにあると言えます、この溝を埋めることができれば、記憶をつくるニューロンの特性を明らかにすることができます。

■マイクロとマクロをつなぐ

Feeding neuron（フィーディングニューロン）

マイクロとマクロの溝を埋めるために、私たちはショウジョウバエをモデルとしています。ショウジョウバエは、約20万というヒトに比べると少ない神経細胞数でありながら、多様な行動を示し、高い記憶形成能力を持つため、厳密なメカニズム解明にとって極めて有用なモデルとなります。そして、私が所属する未来ICT研究所記憶神経生物学プロジェクトの吉原基二郎総括研究員は、食べる行動を制御する神経回路のかなめに位置する Feeding neuron を発見し、Nature

誌に報告しました*。Feeding neuron は脳の左右に1つずつ存在し、活動すると食べる行動が引き起こされる一方で、破壊されると一切食べなくなります。以上から、摂食行動の制御に関わるほとんどの情報が Feeding neuron において統合されるということが示唆されます（図2）。そのため、Feeding neuron を活動させる新たな神経接続ができれば、パブロフの犬に見られるようなエサの取得に関する記憶がつけられると予想されます。

■パブロフのショウジョウバエ

Feeding neuron を記憶研究に活用するために、パブロフの犬の実験に倣って、「ハエがつかんでいる棒を離す」という刺激の直後にエサである「ショ糖溶液」を与え

るという操作を繰り返すことによって、棒が離れると甘いショ糖溶液がもらえることを学習させ、記憶させるといった新しい学習実験を吉原総括研究員と共同で開発しました。学習前は棒が離れても口を伸ばすことはありませんが、学習後には棒が離れるとショ糖溶液を飲もうとして口を伸ばすようになりました（図3）。また、学習をさせながら、リアルタイムで Feeding neuron の活動を観察したところ、学習前には応答を示さなかった「棒を離す」刺激に対して、学習後には強く応答するようになることが分かりました。実際に、学習によって Feeding neuron を活動させる新しい神経接続が生まれていると想定されます（図4）。さらに、学習中だけ Feeding neuron の活動を抑制する実験から、新しい接続の少なくとも一部は Feeding neuron 上で生じていることも分かってきました。

■記憶形成時の単一ニューロンのリアルタイム解析へ

これまでの研究で Feeding neuron 上のシナプス接続の変化によって記憶が形成されることが分かりましたので、いよいよ記憶をつくるシナプスの変化の実態を、電気生理学的手法や二光子顕微鏡を用いてリアルタイムで観察することができます。また、このとき同時に遺伝子機能の操作を行うことも可能であるため、分子・細胞というマイクロなレベルの変化から、実際に動物の行動を変えてしまう記憶形成というマクロなレベルまでギャップなく横断的に明らかにしていくことができます。こうして獲得される知見を基に数理モデルを構築し、シリコン回路へと実装する共同研究も予定されています。記憶をつくるために重要な単一ニューロンの特性について、マイクロな研究とマクロな研究、双方の知見を融合させる独自の研究展開が期待できます。

* Flood, Iguchi, Gorczyca, White, Ito & Yoshihara. Nature. 499:83-87. 2013

生物の自律振動が自発的に生まれる仕組みを理解する



古田 茜

(ふるた あかね)

未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室
協力研究員

大学院修了後、2011年NICT入所。生物分子モーターの運動機構に関する研究に従事。2018年より学振特別研究員 (RPD)。博士 (理学)。

近年、生物にヒントを得た、多数の素子の分散処理による新たなネットワークシステムの開発が活発化しており、従来のトップダウンなネットワーク制御とは一線を画しています。しかし、素子間のローカルな相互作用だけで、全体として所望の振る舞いをさせるアルゴリズムは明らかになっていません。そこで私たちは、生物が多数の動力素子を整理させて創り出している自律振動現象（鞭毛・繊毛運動）に着目し、これを人為的に再構築してメカニズムを理解するための実験系を構築しました。

■自己組織的なネットワーク構造の形成戦略を生物に学ぶ

近年、センサーネットワーク、IoT、IoH (Internet of Human)、スマートマテリアルなどのように、ヒトを含めて環境中のあらゆるものがネットワークに接続される社会が想定されています。しか

し、もしこれを、現在の鉄道や電話などのインフラと同様に、指令センターを持つ中央集権的なシステムとして構築した場合、どんな未来が待っているのでしょうか？どんなに注意深く設計したとしても完璧なソフトウェアは無いので、しばしば報道されているように、指令センターの小さなエラーが大規模なシステム障害につながってしまいます。ネットワークがヒトの生活や体に密着して便利になればなるほど、障害が起きたときのダメージは計り知れないものになるでしょう。

このような問題意識から、対案のひとつとして、生物の採用しているアルゴリズムにますます関心が集まっています。生物では、あらゆる階層、つまり、分子、分子集合体、細胞、組織、個体において、多数の素子それぞれがお互いに通信しながらローカルに処理を行い、その結果をさらに上の階層に上げる仕組みがしばしば見られます。例えば、細胞性粘菌は普段は単細胞でバラバラに生活しています

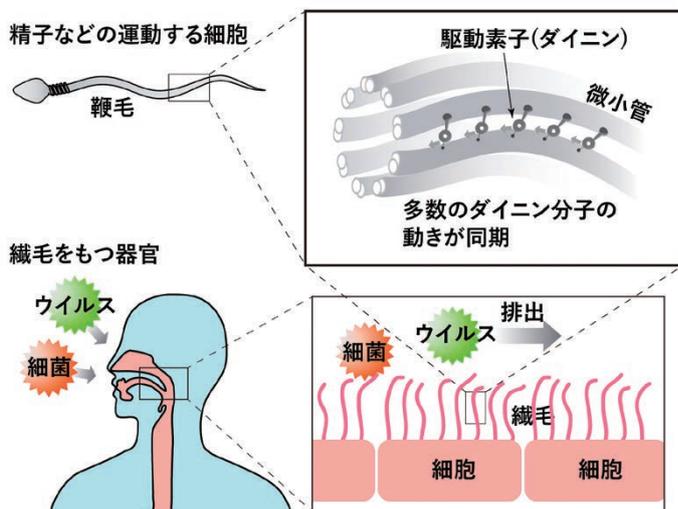


図1 鞭毛・繊毛の模式図。骨格となる微小管上に駆動素子、ダイニンが整列している。多数のダイニンが協同的に微小管上を運動することで統制の取れた波打ち運動ができる。

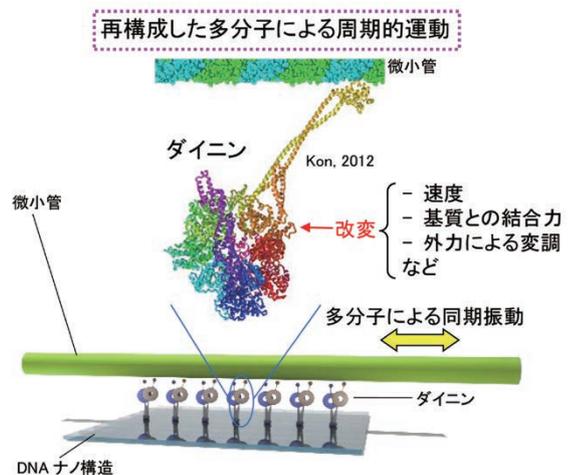


図2 ダイニンの結晶構造と、DNA ナノ構造体をテンプレートとした高精度タンパク質配置技術の模式図。ダイニン（駆動素子）を一定間隔で配置し、鞭毛を真似たマイクロメートルサイズのアクチュエーターを試作する。

が、飢餓が起きるとお互いに集まって大きな子実体を形成して胞子をバラまき、次の世代に望みをつなぎます。また、生物に普遍的に見られる鞭毛・繊毛では、骨格となるレール上に多数の生物分子モーターと呼ばれる素子が自己組織化によって整列し、指令者がいないにもかかわらず、各モーター同士の近接相互作用だけで調和の取れた波打ち運動を引き起こします。このように、生物の自己組織化と、その調和の取れた作動機構は、ボトムアップ型の新しい原理に基づくネットワークの構築に応用できると期待されていますが、このような現象を理論的に記述しようとしても、どうしても階層性を持つ生物現象の複雑性がネックとなります。

■生物分子モーターによって引き起こされる鞭毛・繊毛の自律振動

この問題に正面から取り組むために、私たちは、比較的素子の改変が容易な鞭毛・繊毛運動に着目しました(図1)。鞭毛・繊毛は、細胞から突き出した細長い構造体であり、これが周期的に波打ち運動をすることで、細胞の遊泳に必要な推進力や、生体内での物質輸送などを担う運動器官です。精子の鞭毛運動による卵への移動や、気管上皮繊毛による異物の排出などに見られるように、鞭毛・繊毛は生命活動に欠かせない器官であり、この特徴的な構造は、単細胞の原生生物からヒトに至るまでよく保存されています。鞭毛・繊毛の内部では、レール上に駆動素子である多数のダイニンと呼ばれる生物分子モーターが整列しています。この生物分子モーターがレール上で力を発生してレール同士が滑ると、レールの屈曲が生み出され、さらにこの屈曲がレール全体に伝播することで、数十Hzに達する統制の取れた振動運動を引き起こします。その振動モードは環境に応じてミリ秒のオーダーで瞬時に切り替わりますが、このとき、個々の生物分子モーターには特定の周期でタイミングを合わせるための明確な指令が来ているわけで

はなく、各々が勝手な周期で運動しているうちに、相互作用を通じて次第に同期していくと考えられています。つまり、これは真にボトムアップな制御と言えます。当然、個々の分子モーターと集合体の階層との間には密接な関係があり、集合体としてのマクロな振る舞いは、分子モーターの性質にその全てがプログラムされていると考えられていますが、そのカラクリはいまだ明らかにされていません。

■生物の風洞実験

私たちは、生物の特徴とも言える「自己組織的な協同現象」が生じるメカニズムを明らかにすることを目指し、鞭毛の人為的な再構築の研究を進めています。研究を進めるうえで、最も大きな課題は実験系の構築です。鞭毛は、最小の動力素子である生物分子モーターや、レール、数多くのバネ要素などからなる非常に複雑な構造体であり、その複雑さゆえに、個々の動力素子の性質とその結果であるマクロな挙動との関係を予測することは、超大型計算機をもってしても容易ではありません。鞭毛の協同的な運動を理解するためには、飛行機や新幹線の設計現場では今でも風洞実験が必須であるのと同様に、動力素子を改変してはその集合体の振る舞いを見る、という実験サイクルをできるだけ迅速に行うことができる実験系が必要です。

そこで、これまでに私たちが確立したDNAナノ構造体をテンプレートとした高精度タンパク質配置技術を用いて、鞭毛内と同じように分子モーター・ダイニンを一定間隔で配置し、鞭毛の構造を真似たミニマルな「振動する生物機械」を実際に作ることにしました(図2)。どのような素子をどのように配置したときに、どのような挙動を示すかということが観察できれば、ちょうど風洞実験に相当する実験が可能になり

ます。先行研究によって、1分子のダイニンでは弱い運動しか起こせず、これらが集まって多分子化することで初めて機能を発揮できることが分かってきています。ところが、この1分子と全体の振る舞いとの関係は自明ではありません。状況証拠から想像される現時点での有力な仮説のひとつは、各々の素子がお互いに対して及ぼす力によって、各々の素子自体の機能に大きな変調がかかるように設計されているというものです。この変調によって相互にフィードバックが掛かり、素子同士が力を及ぼし合う間に同期し、全体としての自律振動が創発されると考えられます。

■今後の展望

私たちが開発したDNAナノ構造体に分子モーターを集積する技術と、分子レベルの力を測定できる光ピンセット(図3)を駆使し、実際に生物システムを「再構成」することで、多数の分子によるダイナミックな協同現象が自発的に生み出されるメカニズムを明らかにしたいと考えています。このような新しい手法によって、生物が採用しているネットワーク形成のエッセンスを学ぶことで、トップダウン型には実現が難しいような低エネルギー消費で自律分散型の新しい原理に基づく計算機やネットワーク制御技術など、様々な分野への応用につながると期待しています。これから続々とその成果が出てくるところですので、NICT発の新しい生物学にご期待いただければ幸いです。

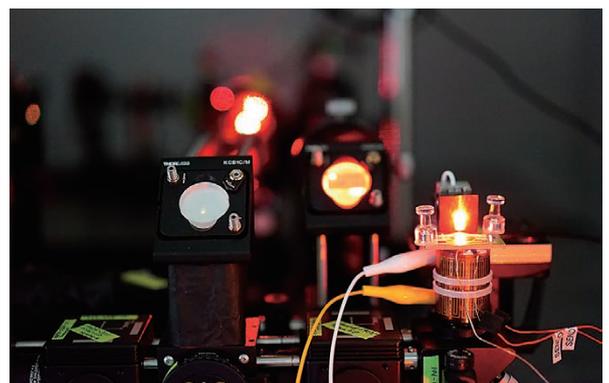
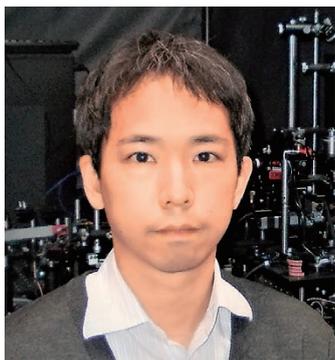


図3 温度制御付き光ピンセット装置のステージ部分(目次ページ参照)

単一光子計数法で探るナノ・量子の世界

コロイドドット量子光源の高性能化に向けて



井原 章之

(いはら としゆき)

未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室
テニュアトラック研究員

大学院博士課程修了後、東京大学生産技術研究所、京都大学化学研究所を経て、2017年NICT入所。顕微発光分光、ナノ構造光物性、量子光源などに関する研究に従事。博士（理学）。

情報 通信や情報処理の革新に向けて、「量子」を扱った技術の研究開発が世界的に活発化しています。ナノメートルという極微なサイズの材料を用いると、非古典的な性質をもつ特殊な光を発生させる「量子光源」を容易に作製できます。量子光源は、情報通信をはじめとした様々な用途に活用できるため、高輝度化・安定化・室温動作などを目指して、世界中で研究が進められています。本稿では、コロイド量子ドットと呼ばれる半導体微粒子材料からなるコロイドドット量子光源の特徴と、光源性能を精密に評価するために開発した独自の計測システムを紹介します。

のほか、量子的な相関をもつ「もつれ合い光子対」や「識別できない複数の光子」を生成する光源などが挙げられます。これらの光源は、盗聴不可能な通信を実現できる量子暗号技術や、既存のコンピュータの計算速度を圧倒的に上回る高速情報処理技術等に活用できることが知られています。非古典的な光を発生できる光源のうち、優れた性能が期待されている候補のひとつが「ナノ量子光源」です。ナノ量子光源は、ナノメートルという極微なサイズの材料で構成された光源で、その特性は量子力学に従います。量子ICT技術と呼ばれる先端技術の開発競争が世界的に激化している中で、非古典光を効率よく生成できるナノ量子光源の開発も大きく加速しています。

■量子ICTのキーとなる「ナノ量子光源」

近年、古典的な波の概念ではとらえることのできない、様々な種類の「非古典光」を生成できる光源が、世界中で研究されています。例としては、それ以上分離できない「単一光子」を生成する光源

■コロイドドット量子光源の特徴

本研究では、コロイド量子ドット (CQD) と呼ばれる材料に着目し、量子光源としての性能を調べる実験を行っています。

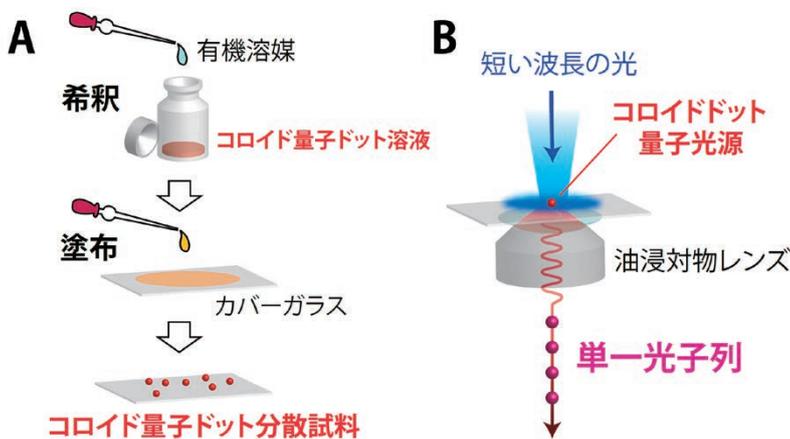


図1 A) コロイド量子ドット (CQD) 分散試料の作製方法。有機溶媒で希釈して低濃度にした後、ガラス基板に塗布する。B) CQD 分散試料を用いた単一光子生成方法。短い波長の光を照射すると、長い波長の単一光子が放出される。室温で動作するのが特徴。

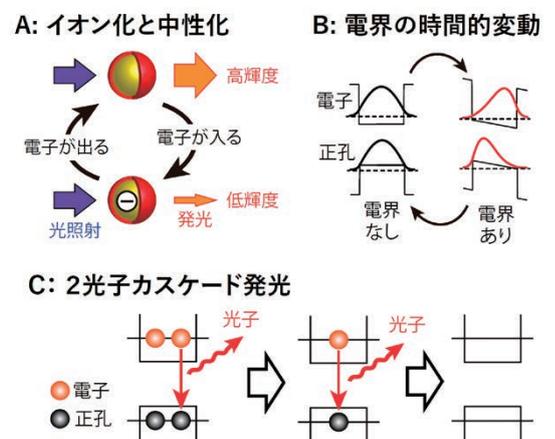


図2 コロイドドット量子光源の性能に影響する物理現象の例

CQDは、室温において高い効率で発光する半導体微粒子で、低いコストで容易に量子光源を作製できる材料です。粒子の直径は2~10ナノメートル程度で、サイズや形状、材質等に応じて、発光の色(波長)等の特性が大きく変化する特徴を持ちます。本研究では、図1に示す手順に従ってコロイドドット量子光源(CQDからなる量子光源)を作製しています。低濃度に分散させたCQDに短い波長の光を照射すると、長い波長の単一光子がCQDから放出されます。CQDから放出される単一光子の指向性は低いのですが、油浸対物レンズという顕微鏡部品を使用してロスを減らし、高い輝度を実現しています。

近年の研究で、コロイドドット量子光源の性能には、図2に示すような様々な物理現象が影響することが分かってきました。図2Aは、単一のCQDに電子が入り込む現象で、発光強度の時間的な変動(発光明滅)の要因のひとつです。図2BはCQD内部の電界に有無に起因して、電子の波動関数が増減する現象で、発光の色の時間的な変動を引き起こします。図2Cは、単一のCQDが2つの光子を連続的に放出する過程で、2光子カスケード発光と呼ばれる現象です。CQDに限らず、多くのナノ量子光源の性能は、これらの物理現象に強く影響されます。高性能なナノ量子光源を実現するためには、これらの現象の発生メカニズムを深

く理解し、制御する技術を開発する必要があります。

■単一光子計数法による光源分析

本研究では、図2に示すような多彩な物理現象を観測し分析するために、「単一光子計数法」を活用しています。この計測手法を用いると、10ピコ秒程度の高い時間分解能で、単一光子の検出時刻をテキストファイルに記録することができます。図3に、本研究で開発した計測システムの概要図を示します。低雑音かつ高感度の超伝導ナノワイヤ単一光子検出器を活用し、発光強度の時間的な変動や2光子カスケード発光などの特性を、極限的な精密さで分析しています。

本システムでは、発生させた光子を50%ずつに分離する光学素子(ビームスプリッター)に通してから2本の光ファイバーに入射し、強度相関という量を計測します。単一光子が規則正しく一定の周期で生成されている場合は、分離した2つの光子が両方の光ファイバーに同じ時刻に入射する確率がゼロになります。そのため、2チャンネルの単一光子検出器で同時計数を測定すると、時間差=ゼロに現れる信号が消失します。図4に、実際に得られる強度相関の実験データの一例を示します。このデータでは、同時計数カウント値の最大値と時間差ゼロの値の比が0.01程度になっています。こ

の値は小さければ小さいほど良く、0.01という値は、世界で報告されている室温で動作する単一光子光源として、トップクラスの性能であることを表しています。

最近の実験では、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の特徴を生かせば、更なる高性能化を実証できることを示唆するデータが得られています。室温ナノ量子光源の性能を極限的にどこまで向上させることが可能か、今後の実験で明らかになってくると期待されます。

■今後の展望

今回、CQDを活用して、性能の高い単一光子光源(コロイドドット量子光源)を容易に作製できることを明らかにしました。将来、単一光子だけでなくもつれ合い光子対や識別できない複数の光子を効率よく生成する技術を確立できれば、非古典光を使ったICT技術の実社会利用が飛躍的に広がると期待できます。また一方、単一光子計数法を高度に活用した実験を行う中で、CQDをはじめとした様々なナノ材料の持つ非古典的な性質や光学特性を定量的に評価できることも明らかになってきました。今後の研究では、ナノ量子光源の高性能化に向けた研究開発を進めるとともに、単一光子計数法を高度に活用した応用や、ナノ・量子の世界に現れる非古典的な性質を活用した応用を幅広く開拓していくことを目指します。

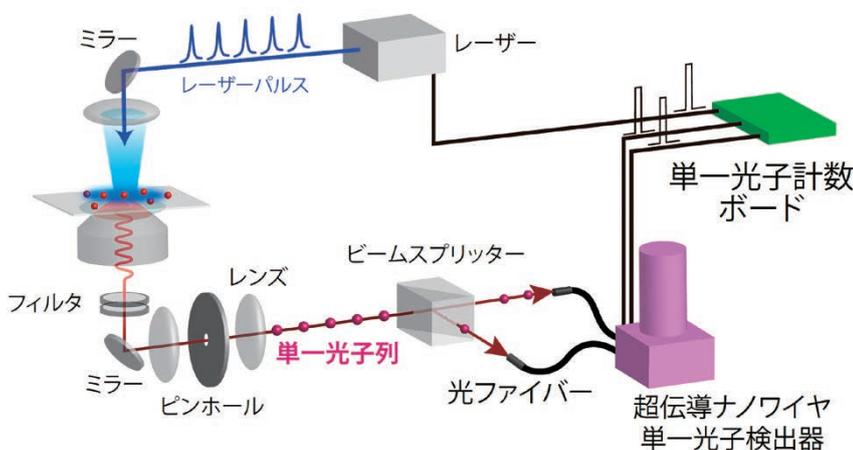


図3 本研究で開発した計測システムの概要図。生成された単一光子を超伝導ナノワイヤ単一光子検出器で検出し、その信号を単一光子計数ボードで記録する。

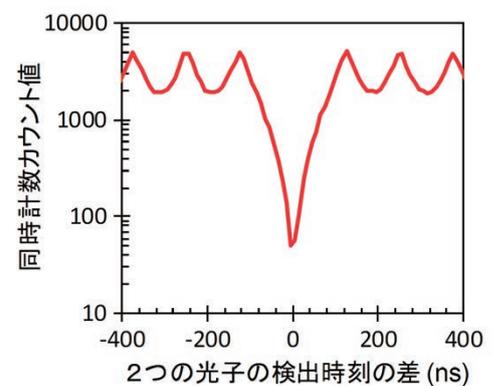


図4 単一のコロイド量子ドット発光の同時計数データの一例。同時計数カウント値の最大値と時間差ゼロの値の比が0.01程度になっており、世界トップクラスの性能が出せることを示している。

ノーマリーオフ酸化ガリウムトランジスタの開発

安全・高効率なパワーデバイスの実現に向けて



上村 崇史

(かみむら たかふみ)

未来ICT研究所
グリーンICTデバイス先端開発センター
主任研究員

大学院博士課程修了後、日本学術振興会特別研究員を経て2013年NICT入所。2014年より現職。酸化ガリウムを用いたパワーデバイスを主とするデバイス開発に従事。博士（工学）。

地 球規模でエネルギー需要が年々増加するなか、限られている資源の消費が増え続けています。この問題は地球温暖化などの環境問題とも関連し、世界中で省エネルギー化が火急の課題となっています。グリーンICTデバイス先端開発センターでは、高効率電力変換によって省エネ化に貢献できる酸化ガリウムパワーデバイスの実用化に向けて取り組んでいます。パワーデバイスの安全な運用に必須のフェイルセーフ（故障安全性）制御を実現するためには、回路不良等が発生した時に電流の流れない特性（ノーマリーオフ特性）が必要です。最近、これまで困難であった、ノーマリーオフ特性を再現性良く得られるデバイス構造を新規に開発し、そのデモンストレーションを行いました。

■大電力・高効率パワーデバイスを実現する酸化ガリウム

パワーデバイスは、高い電圧、大きな電流を扱うことのできる半導体素子です。交流と直流の変換、さらには、電圧や周波数を変える機能を担い、電力の制御や供給に用いられます。

近年、シリコン（Si）に比べてバンドギャップ*¹が大きいワイドギャップ半導体が注目を集めています。なぜならワイドギャップ半導体は、現在主流のSiパワーデバイスでは実現不可能な高電力領域での高い電力変換効率を得られることが期待されているからです。中でも酸化ガリウム（Ga₂O₃）は、代表的なワイドギャップ半導体である窒化ガリウムや炭化シリコンよりも大きなバンドギャップを持つことから、それらの材料を用いる

よりも高い性能を発揮することが有望視されています。

■フェイルセーフ

—ノーマリーオフ特性の必要性—

パワーデバイスの性能への要請は、高効率電力変換のほかにもフェイルセーフがあります。これは、パワーデバイスが高い電力を扱う素子であることから、故障、誤動作等の不測の事態には安全に電流を遮断して、装置の暴走による危険を回避できる制御を指します。この制御を実現する素子特性が、ノーマリーオフ特性です。これまでもGa₂O₃金属酸化物半導体電界効果トランジスタ（Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor: MOSFET*²）のノーマリーオフ特性の報告はありましたが、材料中の意図しない不純物により再現性良く作製するのは困難でした。

本研究では、再現性の高いGa₂O₃ MOSFETのノーマリーオフ特性を実現できるプロセスとデバイス構造の開発を目指しました。

■Ga₂O₃結晶薄膜中の窒素、シリコン濃度制御法の開発

Ga₂O₃ MOSFETにおいて、電子は電流を担うキャリアとして働きます。チャネル中の電子濃度が高い場合、ゲート電圧を印加せずともドレイン電流が流れることになってしまうので、この電子濃度を何とか下げる必要があります。プラズマ支援分子線エピタキシー法によって基板上にGa₂O₃結晶薄膜を成長するとき、Siと窒素（N）が、結晶薄膜へ取り込まれ

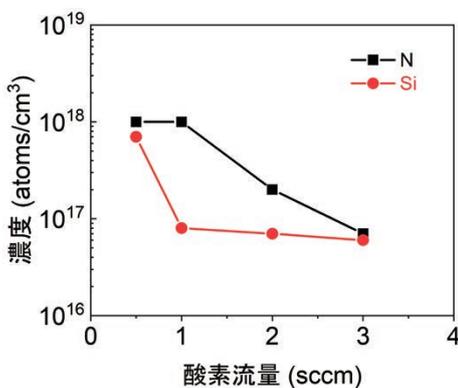


図1 Ga₂O₃結晶成長中の酸素流量と結晶薄膜中のNとSi濃度の関係。各濃度は、二次イオン質量分析法測定による。

ることが、それまでに分かっていた。それぞれ、装置内の石英部品由来と酸素源の高純度酸素ボンベ中の残存N₂由来と考えられます。これらの元素は、Ga₂O₃中で、Siは電子を放出するドナーとして、Nは電子を捕獲して濃度を下げるディープアクセプタとして働きます。この結晶薄膜を用いてMOSFETを作製したとき、N濃度が十分にSi濃度より大きければ、チャンネルが空乏化若しくは正孔濃度が電子濃度を大きく上回りp型化します。そのため、正のゲート電圧印加で電子を誘起しなければドレイン電流は流れず、ノーマリーオフ特性が実現できます。

まず、私たちはこの濃度関係を得られる結晶成長条件の研究を行いました。図1は、成膜中の酸素流量と結晶薄膜中Si濃度、N濃度の相関関係を示しています。酸素流量が1 sccm*3のときにN濃

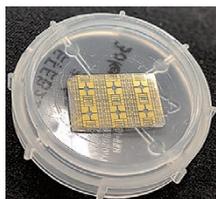


図2 Ga₂O₃基板上に作製されたデバイス。基板サイズは、10 mm × 15 mm。金色のパターンは電極であり、基板上に多数のデバイスが作り込まれている。

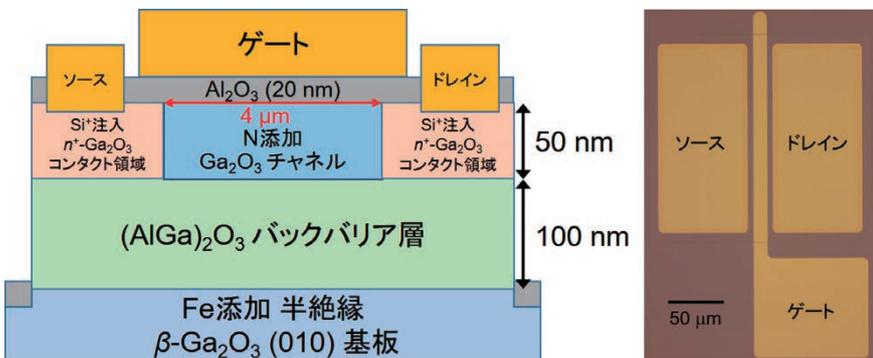


図3 Ga₂O₃ MOSFET 構造の断面模式図 (左) と基板上側からの光学顕微鏡写真 (右)

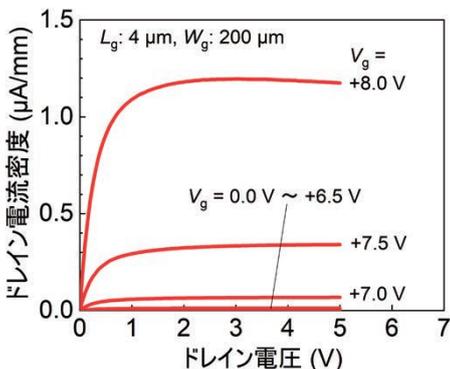


図4(a) 窒素添加Ga₂O₃ MOSFETの出力特性。ゲート電圧が正に大きくなるに連れてチャンネルに電子が誘起され、ドレイン電流密度が増加するn型MOSFET特性を示している。

度がSi濃度よりも一桁高い値となることになりました。この条件を見いだしたことによって、ノーマリーオフ特性を期待できる結晶薄膜を実現することができました。

■ノーマリーオフGa₂O₃ MOSFETのデモンストレーション

次に、前述の条件によって成長した結晶薄膜を使い、Ga₂O₃ MOSFETを実際制作して特性評価を行いました(図2)。図3にGa₂O₃ MOSFETの構造模式図を示しています。図4は、測定により得た電気伝導特性です。図4(a)は、印加したドレイン電圧とドレイン電流密度の関係を表しており、各プロットは異なるゲート電圧を印加した場合に対応しています。示された特性は、電子をキャリアとするn型MOSFETの特性をよく表しています。次に、図4(b)は、ドレイン電圧を+5 Vに固定した場合のゲート電圧とドレイン電流密度の関係を示しています。0 Vから+5 Vのゲート電圧では、ドレ

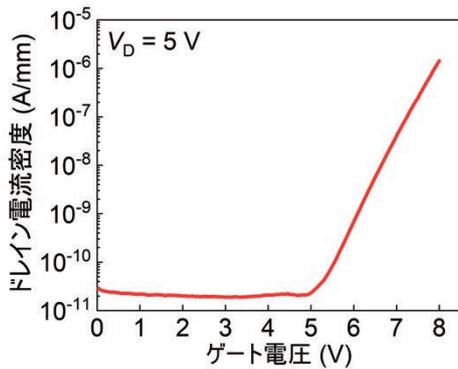
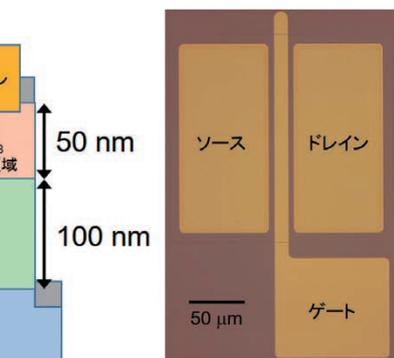


図4(b) 窒素添加Ga₂O₃ MOSFETの伝達特性。0 Vよりも十分に高いゲート電圧からドレイン電流が立ち上がるノーマリーオフ特性を示す。

イン電流密度が測定機器の測定下限を下回り、観察されません。言い換えると、ゲート電圧が0 Vのときに、ドレイン電流が完全に遮断されているので、ノーマリーオフ特性を実現しています。このことから、残留電子濃度をN添加で効果的に下げることが示されました。さらに、ゲート電圧を+5 V以上に大きくしていくと、ドレイン電流密度は指数関数的に増大していき、トランジスタがオン状態に遷移していくことを示しています。さらに、ゲート電圧+8 V以上ではゲートリークが増大しトランジスタ動作が難しくなるため、今後の試作ではゲートリークをより抑制できる絶縁膜材料を採用する必要があることが分かりました。

■今後の展望

今回、Nを添加したGa₂O₃ MOSFETにおいて、ノーマリーオフ特性のデモンストレーションを行いました。この要素技術の確立により、Ga₂O₃を用いたパワーモジュールのフェイルセーフ制御が可能となる展望が大きく開けました。

今後もGa₂O₃パワーデバイスの早期実用化に向けて、研究開発を進めていきます。さらに、Ga₂O₃は注目されてから日が浅い材料であることから、まだまだ明らかになっていない物性値があります。これらもデバイス試作を通して明らかにしていく予定です。

(結晶薄膜の成長関連については、主にグリーンICTデバイス先端開発センター 中田 義昭主任研究員による成果です。)

*1 バンドギャップ
結晶のエネルギーバンド構造において、電子が占有する最も高いエネルギー帯の最大値から、電子が占有されていない最も低いエネルギー帯の最小値までのエネルギー差。禁制帯ともいう。半導体材料において最も重要な物性値のひとつ。

*2 MOSFET : (MOSトランジスタ)
MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor)は、電界効果トランジスタの一種。ゲート金属と半導体の間に酸化絶縁膜を挟んだ構造を持つ。この酸化絶縁膜により、リーク電流を大幅に減少させることができ、その結果、トランジスタの高効率化につながる。

*3 sccm
Standard cc/min. 1分間あたりに何ccの流体が流れるかを表した流量の単位。1気圧、一定温度を標準条件 (standard) として規格化されている。

光空間通信による物理レイヤ暗号の実現に挑む ～光の性質を利用したセキュアな通信～



遠藤 寛之

(えんどう ひろゆき)

未来ICT研究所
量子ICT先端開発センター
研究員
博士 (理学)

●経歴

- 1989年 埼玉県にて誕生
- 2012年 早稲田大学先進理工学部物理学科卒業
- 2013年 NICT協力研究員（早稲田大学大学院在籍）
- 2017年 早稲田大学大学院博士課程修了後、NICT入所。現在に至る

●受賞歴等

- 2015年度 電子情報通信学会 衛星通信研究会賞 (団体)
- 「光空間通信の物理レイヤセキュリティ技術」
- 平成31年度情報通信研究機構表彰 (成績優秀賞)
- 「光空間通信における物理レイヤ暗号の実現」

一問一答

Q 研究者になってよかったことは？

A これまで教科書や論文でしか名前を知らなかった人たちと、直接言葉を交わして一緒に何かを作れるということは、この仕事のひとつの醍醐味なのではと考えています。

Q 生まれ変わったら？

A また研究者になれたら、今度は今の分野とはあまり関係ない、宮沢賢治やフクロウ、古代オリエントのことなどについて研究したいです。

Q 今までで最大の失敗は？

A 毎日、毎週、毎月、大小関わらず何かしらの失敗をしています。国際会議の記念品として頂いたマグカップを帰りの飛行機で割ってしまったときは本当に落ち込みました。



光 空間通信とは、レーザー光による無線通信のことで、高速・大容量な通信を行えるため注目を集めています。特に、送信者と受信者が互いに向き合っており、指向性の高いレーザー光で情報を送るため、電波無線通信よりも高いセキュリティを持つと言われていています。

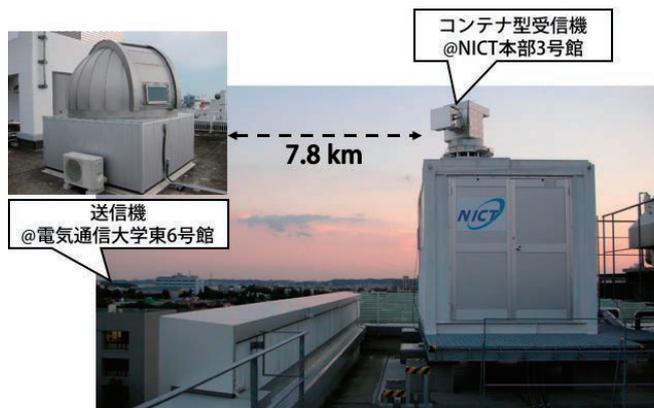
私が研究している物理レイヤ暗号は、この光空間通信の特徴を利用する暗号技術です。盗聴者は送受信者に発見されるような仕方では盗聴はできないとする仮定の下、適切な信号処理を用いることで、計算機では絶対に解読できない秘匿通信を実現できます。

私は、大学院に在学中から協力研究員としてNICTで物理レイヤ暗号の研究を続けてきました。NICT-電気通信大学の7.8km光空間通信テストベッドを用いた実証実験からは、大気ゆらぎによって予測不可能な情報漏えいが発生することを明らかにしました。最近、この人間には予測不可能な自然現象をむしろ逆

手にとって、物理レイヤ暗号の性能を向上させる方法を模索しています。

研究員として着任した後は、物理現象から安全な乱数を作り出す手法にも研究の幅を広げました。また、これらの研究で培った知見を、研究室の大きなプロジェクトで活用しています。これらのプロジェクトでは様々な方々の意見を取りまとめる必要があつてなかなか大変ですが、とても達成感があります。

物理レイヤ暗号は、光空間通信自体の電力効率の高さから、衛星やドローンなどの無人航空機の通信に適しています。ですが、その研究はまだ始まったばかりであり、理論にも装置にも解決すべきハードルがたくさんあります。私は、物理レイヤ暗号の実用化に向けて、これらの問題をひとつずつ着実に解決していけるよう日々努力しています。



電気通信大学とNICTを結ぶ、総回線長7.8 kmの光空間通信テストベッド

前島密賞は、通信事業の創始者「前島密」の功績を記念し、その精神を伝承発展せしめるために設けられたものです。情報通信事業（郵政事業を含む）及び放送事業の進歩発展に著しい功績のあつ

た者に贈呈され、第64回にあたる本年度は、NICTからは共同研究での受賞も含め3件の受賞がありました。
※所属・役職名は受賞者決定時点のものです。

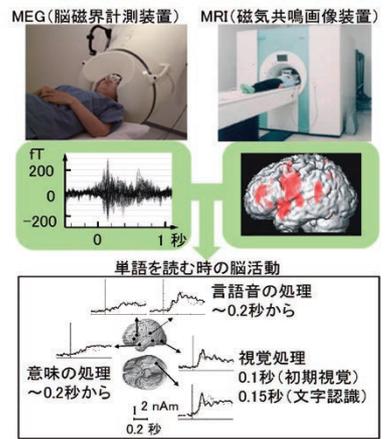
■公益財団法人 通信文化協会 第64回 前島密賞 64th Maejima Award

藤巻 則夫 (ふじまきのりお)
脳情報通信融合研究センター (CiNet)
脳機能解析研究室 マネージャー

概要 ●受賞内容：【脳情報通信融合研究のためのMRI/MEG計測システムの構築】
●受賞日：2019年4月10日
受賞の言葉 本受賞を大変うれしく思います。言語脳機能計測の研究や、6年前に始まったNICTと大阪大学の共同研究センターCiNetの安全な脳計測運用体制を評価いただきました。CiNetはMRIとMEG計5台の脳計測装置を持ち、年間2千人の被験者を測る大規模な施設となり、市場調査や医



療応用などを含む脳情報の研究が安全に進められています。関係の皆様へ感謝します。



時間分解能に優れたMEGと空間分解能に優れたMRIを使って、時間空間的な脳活動を可視化する

原田 博司 (はらだひろし)
オープンイノベーション推進本部
ソーシャルイノベーションユニット
戦略的プログラムオフィス 統括特別研究員

児島 史秀 (こじま ふみひで)
ワイヤレスネットワーク総合研究センター
ワイヤレスシステム研究室 室長

概要 ●受賞内容：【スマートメーター用無線通信システムに関する研究開発・標準化・実用化】
●受賞日：2019年4月10日

受賞の言葉 NICTが開発し、国内企業との連携を通じて国際標準化・認証化が図られ、社会展開が進行しているスマートメーター用無線通信システムが、情報通信の



Wi-SUNアライアンス認証無線機 (左から、無線機、内蔵無線モジュール、通信IC)

進歩発展に対する著しい功績として賞されたことを心から光栄に思います。今後も、本分野にとどまらずICTを利用した安全安心社会の実現に一層努力してまいります。

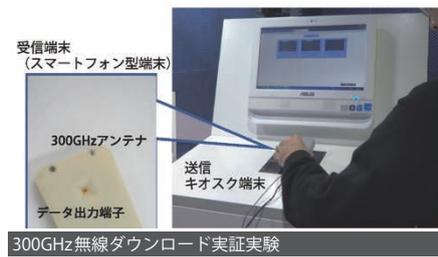


左) 児島史秀、右) 原田博司

笠松 章史 (かさまつあきふみ)
未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室
上席研究員

概要 ●受賞内容：【テラヘルツ波無線伝送技術の研究開発】テラヘルツ波(300GHz帯)の小型送受信機を世界で初めて開発し、毎秒40Gbitのデータ伝送を実現。同送受信機を用いてキオスク端末からスマホ型端末へDVD1枚分のデータを約3秒でダウンロードするシステムを実証。300GHz帯の国際標準化や計測技術の開発にも貢献した。

●受賞日：2019年4月10日
●共同受賞者：矢板信(日本電信電話株式会社)、中舎安宏(株式会社富士通研究所)
受賞の言葉 本受賞は、300GHz帯技術開発を共同受託した3社(NTT、富士通、



300GHz無線ダウンロード実証実験

NICT)の代表者で受賞しました。受賞者のみならず、共同研究に参画した皆様の功績によるものです。NICTでは未来ICT研究所のデバイス技術、電磁波研究所の計測技術が活用されました。関係皆様へ感謝いたします。



2019

NICT 各地のNICT
オープンハウス



未来ICT研究所



鹿島宇宙技術センター

NICTが開催する各地の施設一般公開イベント、「オープンハウス」では、ICTの最先端研究を体験できます。世界のトップランナーである研究者たちにface to faceで、研究内容や先端技術などの話を聞けるチャンスです！

未来ICT研究所（兵庫県神戸市西区岩岡町岩岡588-2）

https://www.nict.go.jp/advanced_ict/

内容

- 各研究室ほかの展示17ブース（体験ブース有）
 - ・分子機能と光で拓く情報通信のフロンティア
 - ・ショウジョウバエの巧みなプロポーズ戦略
-脳はどのように行動を作り出すのか-
 - ・イオントラップで学ぶ量子力学
 - ・安心・安全でクリーンな生活環境を実現する
深紫外光ICTデバイス技術
 - ・テラヘルツ波の正しい知識とその活用法 ほか

- 見て・聞いて・学ぶ 研究講演会
当機構の研究員が、最新の研究内容を分かりやすく講演します。
〈午前の部：11:00~12:00、午後の部：14:00~15:00〉

開催日

7/27(土)

10:00~16:00
(受付15:30まで)



◀身近なモノを使って極低温（-196℃）の世界を体感（平成30年度の様子）



▲見て・聞いて・学ぶ 研究講演会（平成30年度の様子）

鹿島宇宙技術センター（茨城県鹿嶋市平井893-1）

<http://ksrc.nict.go.jp/>

テーマ：電波の仕事を見てみよう

- ・衛星通信を活用してみよう
- ・見えない光で情報を伝えよう
- ・宇宙の電波を観測する34mアンテナ
(34mアンテナにのぼってみよう、ペットボトルロケットを飛ばそう、空気砲)
- ・こども工作教室「FMラジオを作ろう！」（当日整理券配布）
- ・アマチュアも活躍する電波技術
- ・特設電波相談所
- ・【講演】「宇宙を観測する鹿島の34mアンテナ
～鹿島に電波望遠鏡ができた理由とその後の活躍～」 関戸衛

※ほか、多数展示

開催日

7/27(土)

10:00~16:00
(受付15:00まで)



◀34mアンテナを見学、のぼってみよう（天候によりのぼれない場合があります）



▲平成29年度開催時の様子

各施設のオープンハウス2019

施設名（所在地）	開催日（予定）
耐災害ICT研究センター（宮城県仙台市）	10/12(土)・10/13(日)
ユニバーサルコミュニケーション研究所（京都府相楽郡精華町） ※けいはんな情報通信フェアの一部として実施	10/31(木)~11/2(土)
沖縄電磁波技術センター（沖縄県国頭郡恩納村）	11/23(土・祝)