

# KARCFRONT

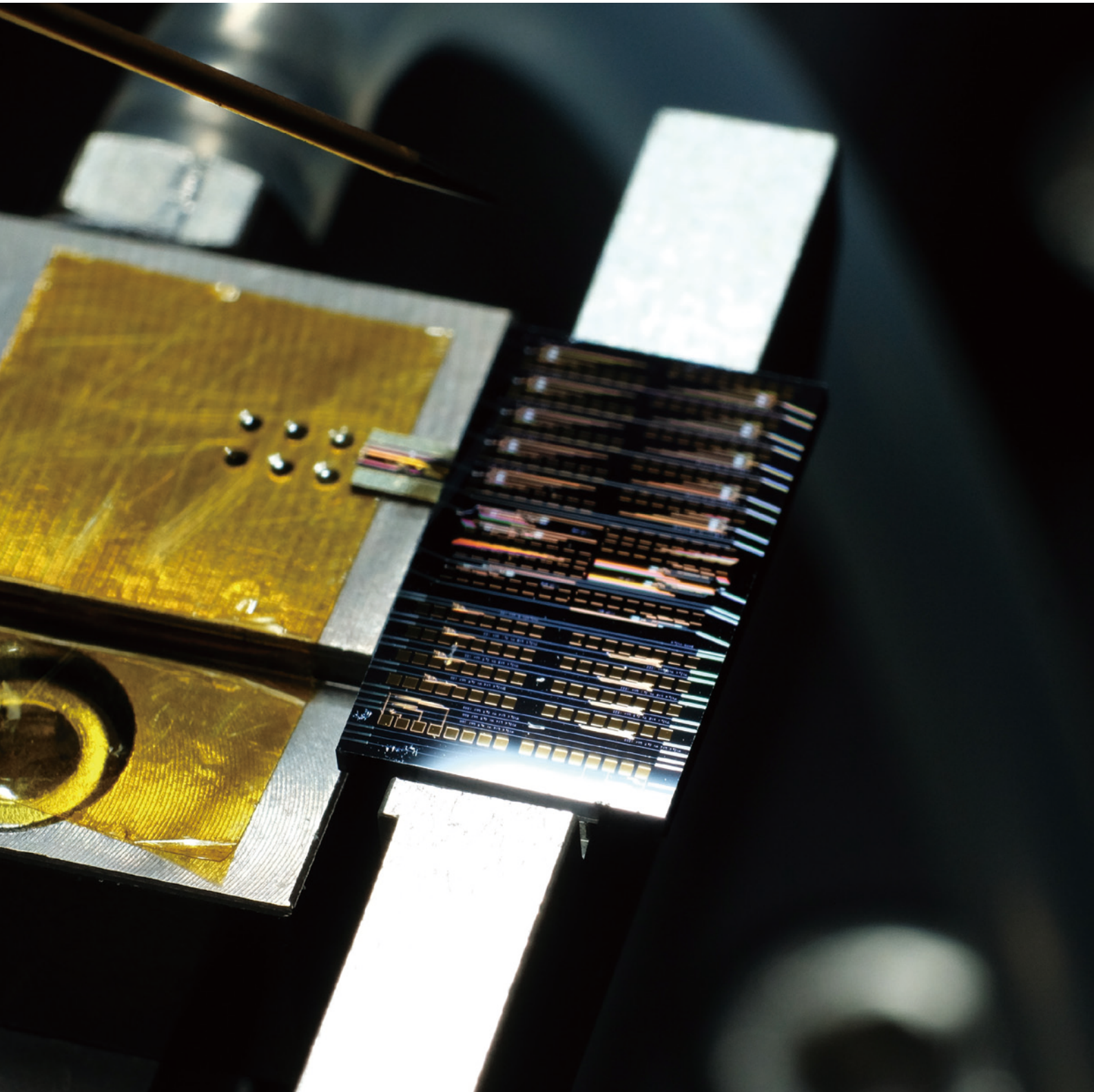
未来 ICT 研究所ジャーナル

Vol. **34**  
2017  
WINTER

特集 超センシング技術・超制御技術をめざして

## 新たな組織で新たな分野を切り開く

有機無機ハイブリッドプロセスを用いた ICT デバイスの高機能化  
窒化物超伝導エレクトロニクス——究極の感度・省エネルギーへの挑戦  
NICT、大学、企業が集うデバイス開発の聖地





## Contents

特集に寄せて ..... 3

### 基礎研究の インキュベーターとして 未来を拓く

企画室室長 照井通文

特集：超センシング技術・超制御技術をめざして ① ..... 4

### 新たな組織で 新たな分野を切り開く

研究所長 寶迫 巖

特集：超センシング技術・超制御技術をめざして ② ..... 8

### 有機無機ハイブリッドプロセスを 用いた ICT デバイスの高機能化

上席研究員 大友 明

特集：超センシング技術・超制御技術をめざして ③ ..... 10

### 窒化物超伝導エレクトロニクス ——究極の感度・省エネルギーへの挑戦

上席研究員 寺井弘高

特集：超センシング技術・超制御技術をめざして ④ ..... 12

### NICT、大学、企業が集う デバイス開発の聖地

先端 ICT デバイスラボ ラボ長 山本直克

TOPICS ..... 14

イベント／受賞報告／報道発表／その他  
KARC FRONT から NICT NEWS への移行のお知らせ

未来 ICT 研究所 STAFF 総覧 ..... 16

# 基礎研究の インキュベーターとして 未来を拓く

企画室室長

## 照井通文

国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）は国の定める中長期目標に基づき、その目標を達成するための中長期計画を定め、研究開発などの業務を行っています。今年度は5年間の中長期計画における初年度であり、研究の目標・計画が新しくなると同時に組織改変もあり、新規スタートの年となりました。

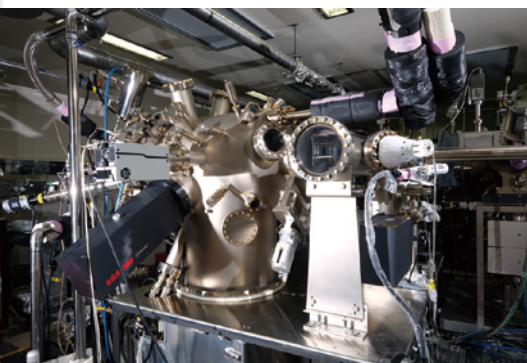
情報通信は、社会経済活動の基盤となっており、あらゆる場所へICTが入り込んできています。多くの方が聞きしたことがあるであろう第5世代移動通信システム（5G）、IoT（Internet of Things）、ビッグデータ、人工知能（AI）、高度道路交通システム（ITS）などが実用になりつつあり、ICT技術はますます重要になっています。

今中長期目標におけるNICTの役割は、ICT分野の基礎的・基盤的な研究開発などを実施することであり、(1) センシング基盤分野、(2) 統合ICT基盤分野、(3) データ利活用基盤分野、(4) サイバーセキュリティ分野、(5) フロンティア研究分野など、国の政策において重点的に研究開発を行うべきものとされた研究開発課題に取り組むことです。また、研究開発の成果展開・社会実装、産学官連携の推進、国際標準化・連携の推進、研究人材などの育成を行います。

未来ICT研究所はフロンティア研究分野において、最先端ICTにより新たな価値創造や社会システムの変革をもたらす、「未来を拓く」能力としてのイノベーション創出に向けた先端的・基礎的な研究開発を行うとともに、成果展開に向けた研究の促進と産学官連携、地域連携の拠点となるべく体制を整えています。施設としては、昨年度竣工した新クリーンルームが今年度より本格稼働していますが、運営は最先端のデバイス開発拠点として活動する先端ICTデバイスラボと一体化し、デバイス基盤技術の開発拠点として機能するような位置づけとなりました。

基礎研究においては研究の継続性が重要ですが、一方、成果の社会への還元はスピードが求められているため、研究の進捗フェーズに合わせて、研究リソースを柔軟に変更することも必要です。この点は研究所の運営として難しいところですが、見方を変えれば、インキュベーターとしての未来ICT研究所らしさを出せるポイントであるとも言えます。

今号では、新中長期計画での未来ICT研究所のビジョンと体制を紹介します。また、独立した組織ではありますが、未来ICT研究所と深く関わっている組織として先端ICTデバイスラボの紹介をします。



先端ICTデバイスラボの最先端装置の例  
原子層堆積装置（上）と  
分子線エピタキシー装置（下）

## 新たな組織で 新たな分野を切り開く

今年度、情報通信研究機構（NICT）は「第4期中長期計画」を開始しました。未来ICT研究所の組織も大きく変わり、これまでのユニークな研究資産を活かしつつ、より戦略的に新たな方向をめざすことになりました。変革期を迎えつつあるデバイス技術の開発に、どのように取り組んでいくのでしょうか？ 寶迫所長に意気込みをうかがいました。



**Q**：第4期中長期計画で、NICTの組織はどのように変わったのでしょうか？

**寶迫**：これまでの研究所やセンターが再編され、5つの研究群とオープンイノベーション推進本部に分かれました。未来ICT研究所は、先端ICTデバイスラボとともに未来ICT研究群となりました。

先端ICTデバイスラボは、発足当初、小金井のフォトニックデバイスラボ（PDL）だけでしたが、平成24年度、以前から小金井にあったミリ波研究棟と一体化され、さらに今年度からは、神戸に新設されたクリーンルーム棟も加わりました。先端

未来ICT研究所  
研究所長

**寶迫 巖**

Iwao Hosako

博士(理学)

### 略歴

1993年、大学院博士課程修了後、日本鋼管株式会社勤務。1995年、通信総合研究所COE特別研究員。1996年、通信総合研究所（現 情報通信研究機構（NICT））入所。2008年、情報通信研究機構 先端ICTデバイスグループ リーダー。2011年、情報通信研究機構 未来ICT研究所 副研究所長 超高周波ICT研究室室長（兼務）。2013年、所長に。

### 研究分野

遠赤外線（テラヘルツ）検出器、テラヘルツ帯半導体レーザ、テラヘルツ帯計測システム

### 近況

現在の携帯電話よりも1000倍程度速いデータレートを持つ100Gbit/s級無線の標準化を、IEEE802.15.3dタスクグループ副議長として推進中です。

ビジョン: デバイス技術の変革期(ムーアの法則の破綻、ニューロモルフィックデバイスの台頭、扱うデータ量の爆発、、、)に当たり、これまでの研究開発資産を活用し、新しい分野を切り開き、地域(主に関西)に根ざしたエコシステム(関西物質・生命・情報科学融合イノベーションネットワーク)を構築・活用し、(少なくとも今後20年程度の)持続的なオープンイノベーションを推進する。

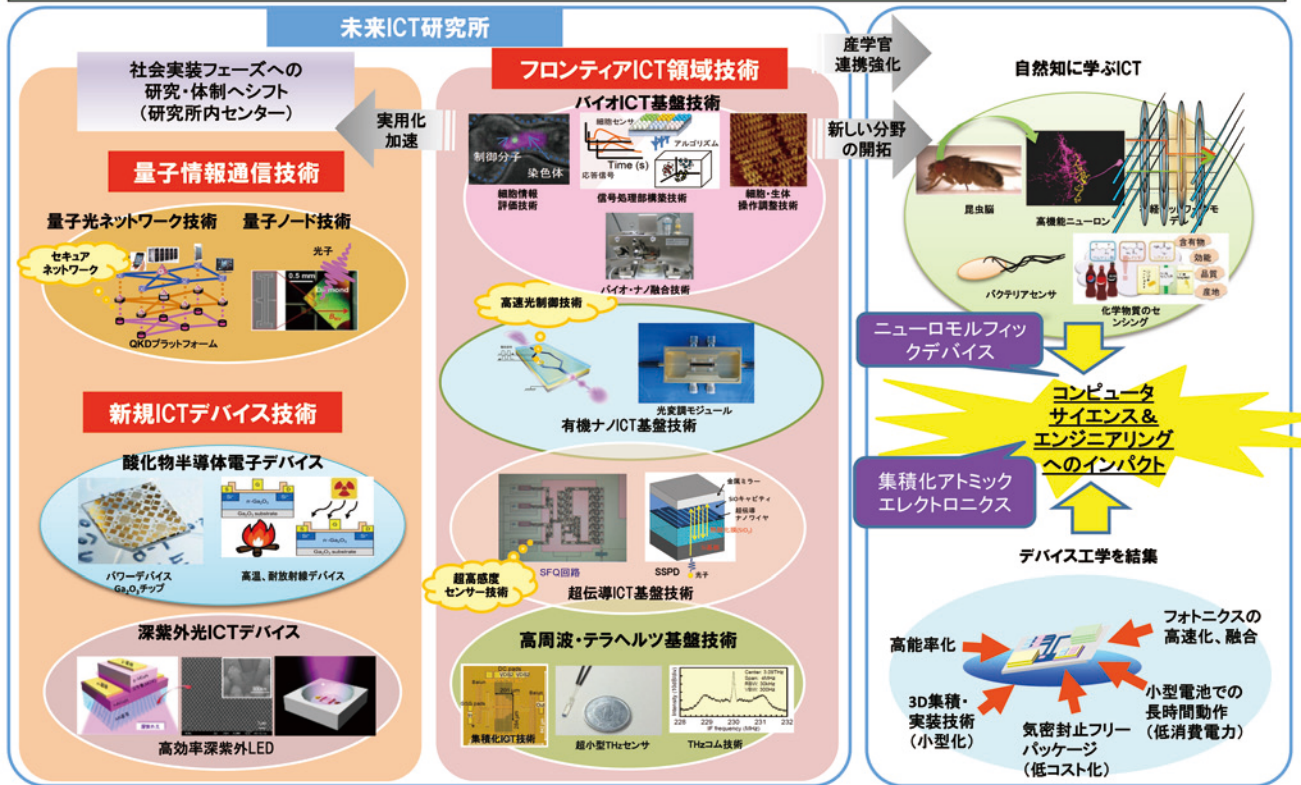


図1 未来ICT研究所の研究領域

量子ICT、ナノICT、バイオICTをはじめ、先端融合領域の国際的な研究拠点として、多岐にわたる研究開発を行っている。

ICTデバイスラボは当研究所とは別組織であり、その業務は、デバイスの作製・評価に用いる施設と装置を管理し、NICT内外の研究者に広く使っていただけるようにすることです(詳細は、pp.12-13の山本施設長インタビュー参照)。

しかし、神戸の新クリーンルーム棟は、もともと当研究所の研究室にあったクリーンルームを再編してつくられたという経緯もあり、小金井も含めて、私たちの研究に欠かせない施設となっています(pp.8-9の大友上席研究員、pp.10-11の寺井研究マネージャーの記事などを参照)。また、先端ICTデバイスラボは、大学や研究機関、民間企業がいっしょに研究開発を進めるオープンイノベーションの場としての役割を果た

しています。ですから、私たちは、これまでの研究資産とともに、この先端ICTデバイスラボを活かし、地域連携も強めて、新たな分野を切り開こうと考えています。

**Q:** 研究所内の組織も大きく変わったのですね。

**寶迫:** はい。社会実装が近い技術を開発する3つの研究所内センターと、新たな分野を切り開く「芽」となる研究を行うフロンティア創造総合研究室からなる組織に生まれ変わりました(図1)。

研究所内センターは、いずれも大きな外部資金を獲得したテーマの研究開発のために設けられたものです。すでに発足していたグリーンICTデバイス先端開発センター(東脇正高センター長)、深紫外光ICTデバイス

先端開発センター(井上振一郎センター長)に加え、今年度、量子ICT先端開発センター(武岡正裕センター長、革新的研究開発推進プログラムImPACTに採択)が発足しました。

フロンティア創造総合研究室には、これまでのバイオICT、有機ICT、超高周波ICT研究室と、巨視的量子プロジェクト室の研究者が所属しています。

**Q:** この新しい組織は、どんな戦略で新しい分野の開拓をめざすのでしょうか?

**寶迫:** 現在、デバイス技術は変革期を迎えていると思います。ムーアの法則はいずれ破綻すると言われながら、ずっと成り立ってきましたが、さすがに限界が近づいています。デバイスをさらに高性能化するには、

集積化とは別の方式を本気で探らなければなりません。実際に、新たな方式の候補として、脳内の神経回路を模したニューロモルフィックデバイスの開発がさかんに行われています。

一方、人工知能によるビッグデータ解析の技術もどんどん進んでいます。しかし、事前に膨大なデータを覚え込ませておき、パターン認識で必要な情報を選び出すという手法をとる限り、データの増大に伴ってサーバへの負担は大きくなります。電力消費もどんどん増えて、いずれは破綻してしまうことでしょう。そんな事態を避けるためには、これまでとは異なるデータ処理技術が必要になります。

このような変革期をうまくとらえれば、私たちのような小規模研究所でも、レバレッジのきいた(伸びしろの大きい)研究ができると考えています。私たちには、20年以上にわたって培ってきたユニークな研究成果がありますから、それらを、新たな原理のデバイスやデータ処理技術に向けて発展させれば、インパクトのある十分な成果をあげられるはずです。

**Q:** 変革期をチャンスととらえ、攻めていこうという戦略ですね。具体的には、どのようなテーマで研究するのでしょうか？

**寶迫:** 大きな軸の1つはバイオで、人工知能の対極にある「自然知」から学んで情報処理システムを構築することをめざしています。その1つとして、大腸菌をセンサーとして使

う、田中裕人主任研究員の研究があります。大腸菌は、環境中のさまざまな化学物質の濃度を計測し、その結果を処理して、前に進むか退くかという2つの値に落とし込んでいます。この機能を利用することにより、コーラの銘柄、アミノ酸の種類、米の産地を見事に当てることができます。

これは、学習機能をもった人工知能によるビッグデータ解析と見なすことができ、新たな原理の情報処理に発展させられる可能性を秘めています。例えば、20種類のアミノ酸を使えば、各アミノ酸を大腸菌に与えるかどうかで、20ビットの入力ができることになります。大腸菌は凍結保存できますから、テープ上で凍結しておき、少しずつ引き出して解凍しながら演算させることもできるかもしれません。

もう1つは、吉原基二郎主任研究員が行っているショウジョウバエの脳の記憶回路の研究です。ヒトの脳は約1000億個の神経細胞からなりますが、ハエではわずか20万個で、それらが相互にどうつながっているかも、すでに調べられています。そのネットワークの中で、記憶がどのようにつくられるのかという根源的なメカニズムが、吉原さんの研究でわかるだろうと期待しています。

ハエで記憶の原理がわかれば、それをチップ上の電子回路に置換することができます。そうすれば、これまで報告されているものよりも効率のよいニューロモルフィックデバイスができるでしょうし、ビッグデー

タ解析もできるのではないかと思います。

**Q:** これまではデジタル化で進んできた情報処理を、生物に学んでアナログで行おうというわけですね。

**寶迫:** その通りです。デジタル化された情報は扱いやすいのですが、先ほども触れたように、規模が大きくなると処理のためのエネルギー消費も増えてしまいます。自然知に学べば、原理をチップに焼き移した場合でも、今のコンピュータより省電力のものができるかと期待しています。

一方、量子情報も、デジタル化の問題点を解決するための手法として期待され、世界中で研究が行われています。量子状態の実現にはいろいろな方式があるのですが、当研究所の仙場浩一プロジェクトリーダーらは、光と物質を強く結合させる方式を成功させています。この方式は、量子情報通信のノードにおいて、量子状態を光から物質に転送したり、物質から光に転送したりする際にも威力を発揮するでしょう。また、量子コンピュータにも応用可能です。

**Q:** バイオ以外では、どんなテーマがありますか？

**寶迫:** 集積化原子光回路の開発を目標に掲げています。このデバイスは、精密な時計に関係するものです。

原子時計の精密化をめざして研究されている光原子時計では、原子をトラップする(空間に強く固定する)が必要があり、そのためにレーザー光の干渉縞(光格子)が使われています。これは優れた方法なのですが、トラップできる原子の数に制約があり、

## ICTの基礎となる新概念や新たな枠組(新機軸)の形成

- ⇒ 各技術領域における、先端的・基礎的な研究開発の実施
- ⇒ フロンティア創造総合研究室における分野間・領域間融合や機構内外における組織の垣根を超えた連携活動を広く展開
- ⇒ 様々な技術ブレークスルーに基づく新たな情報通信パラダイムの創出

## 領域融合を活かした、ICTフロンティア領域における新たな情報通信パラダイムの創出

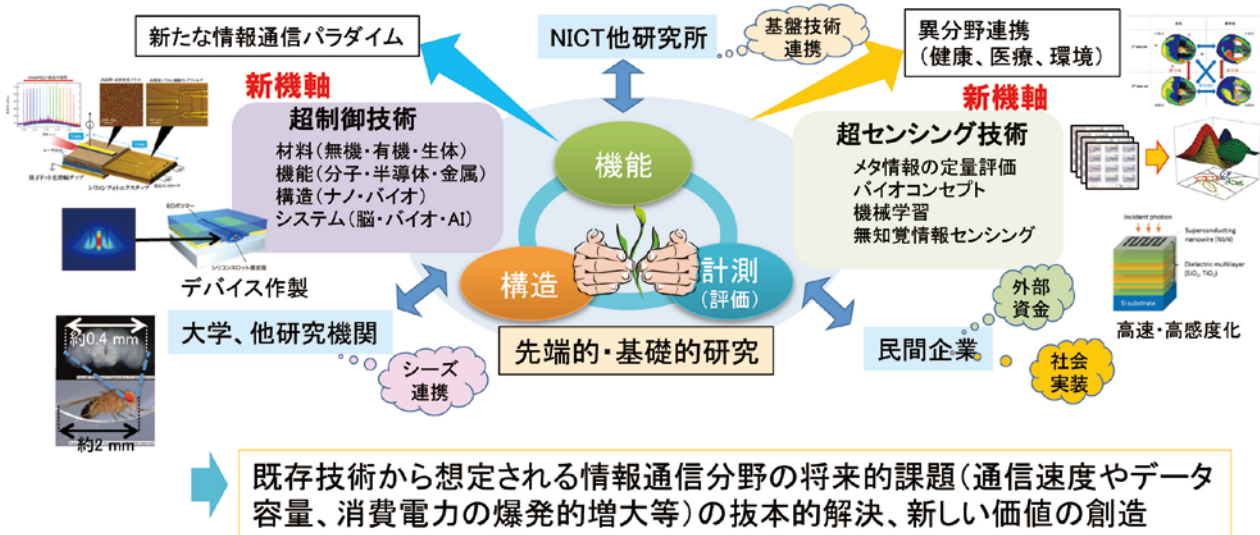


図2 中長期計画におけるメタ・ターゲット

装置も大がかりです。

そこで、集積化原子光回路の作製を目標に掲げました。これは、チップ上にミクロな電極を多数配置し、イオンを捕らえ光と相互作用させるものです。トラップできるイオンの数を光格子の100倍にできれば、ノイズは10分の1になり、原子時計はより正確になります。チップですから、通信機器に組み込むのも簡単で、高速通信に貢献すると期待されます。

当研究所にはいろいろな分野の研究者がいます。集積化原子光回路はベースとなる学問分野が広いので、これを明確な目標に掲げることで、誰もが自分の専門を活かして参加できると思います。皆の知恵と経験をイオントラップという形にまとめ上げる中で、このデバイスの研究開発をリードできたらと考えています。

Q：これから、新しいものがどんどん生まれそうで、ワクワクしますね。

A：具体的な研究テーマをお話してきましたが、その背景には、実はメタな目標があるのです。それは、「超センシング技術」と「超制御技術」という2つの新機軸をつくりだしたいということです(図2)。この目標を実現するには、機能、構造、計測を三位一体で動かすことが必要ですが、未来ICT研究所はそのためにも最適な研究体制をもっています。新機軸を確立できれば、高速通信、医療などさまざまな出口があるので、目標に向けてがんばっていきます。

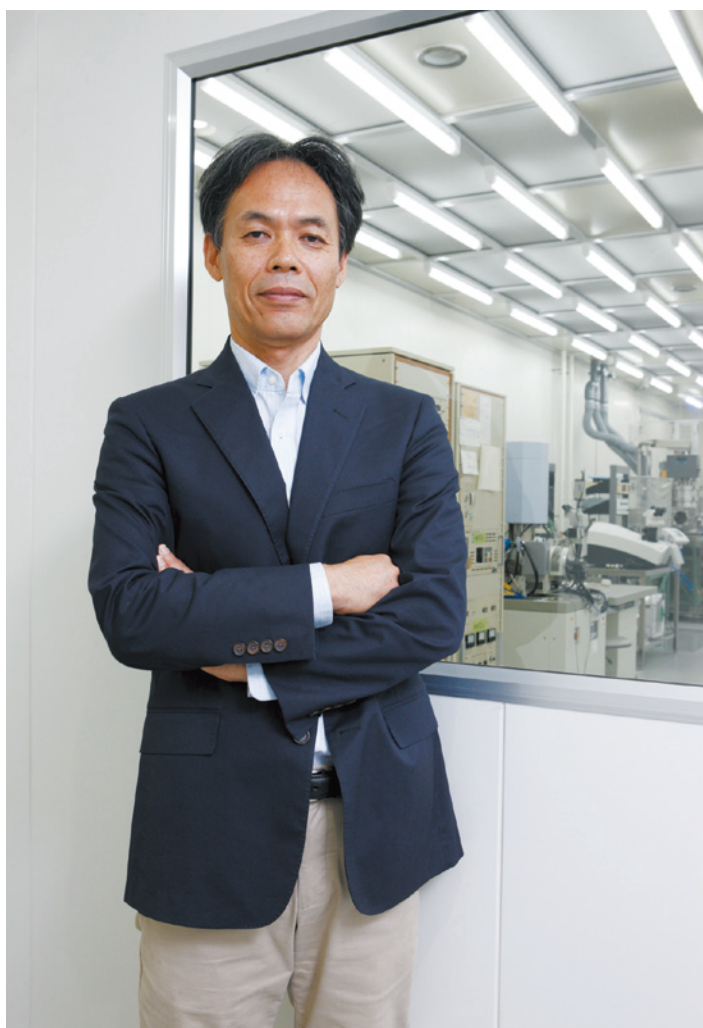
とは言え、基礎研究を取り巻く環境は厳しいので、地域連携によりエコシステムを構築する努力もしています。小金井では多摩地区の大学や企業との連携がすでにかなり行わ

れており、神戸でも理化学研究所、Spring-8、京都大学、大阪大学などの連携を進めています。特に大阪大学基礎工学部が発案した「関西物質・生命・情報科学イノベーションネットワーク事業」には積極的に参加しており、企業にも加わってもらおう予定です。こうした場で、魅力的な研究テーマを提案したり、研究開発の早い段階から内容を企業に見せたりすることで、オープンイノベーションを推進するとともに、企業からの投資を引き出せればと考えています。

今回の“中長期計画”について、当研究所ではさまざまな議論を重ねてきました。戦略的に設定した目標へのチャレンジを通して、いつも時代を切り開く研究所であり続けたいと思います。

# 有機無機 ハイブリッドプロセスを用いた ICT デバイスの高機能化

急増するデータ通信量に対応した光通信システムの高度化や短距離データ通信への光インターコネクットの適用に向けて、光制御デバイスの高速化、低消費電力化、小型化が求められています。私たちは、これまで独自に開発してきた高機能有機材料と先進的なシリコンフォトニクス技術を組み合わせて、革新的光制御デバイスの開発を目指しています。



## 高機能化の鍵は適材適所

有機分子は、高い非線形光学効果を示すことが知られています。これは、数nmの小さな分子の中に閉じ込められた $\pi$ 電子と電磁波である光の電場とが共鳴して強い相互作用を示すためです。非線形光学効果は、光の位相や偏光などの特性を電気や光で操るのに欠かせない機能です。特に大きな電気光学 (EO) 効果 (2次非線形光学効果の一種) を示す有機EOポリマーは、光通信システムに不可欠な光変調器をはじめとする光制御デバイスの高速化、低消費電力化を実現する新規材料として期待されています。

私たちは、これまでに大きなEO効果に加えて、耐熱性や耐候性などの実用性能を備えた高機能有機EOポリマーの開発に成功しています。このポリマーを用いて、無機材料では不可能な100GHz以上の超高速

フロンティア創造総合研究室

上席研究員

ナノ機能集積プロジェクト 主幹 (PI)

## 大友 明

Akira Otomo

Ph.D. (光科学・工学)

### 略歴

企業研究所、米国留学を経て1996年、郵政省通信総合研究所 (現NICT) に入所。有機分子フォトニクスやナノフォトニクスを光制御技術に応用する研究などに従事。

### 研究分野

非線形光学、光導波路デバイス、有機分子フォトニクス

### 近況

生みの苦しみと格闘する毎日ですが、愛犬と戯れることでリフレッシュし活力を維持しています。





図1 シリコン微細加工装置(左)や原子層堆積装置(中央)などを駆使した有機無機ハイブリッドプロセスにより超高速小型変調器(右)などの革新的な光制御デバイスを開発しています。

光変調にも成功し、変調器メーカーで実用化に向けたモジュール開発が進められています。しかし、ポリマーは屈折率が低いために、小さな光デバイスの作製には不向きです。

一方で、無機材料は屈折率が高く、特にシリコンは有機ポリマーの2倍の屈折率で赤外光領域では透明なため、シリコンを用いた光集積回路、いわゆるシリコンフォトニクス技術が実用化されてきています。しかし、シリコンはEO効果がほとんどないため、高速光制御素子が作製できません。私たちのプロジェクトでは、有機材料の高効率で高い光制御機能とシリコンなど高屈折率無機材料のナノ光構造とのそれぞれの優れた特徴を組み合わせることで、光制御素子の高機能化や集積化を目指しています。

### 有機無機ハイブリッドプロセス技術

シリコン加工技術は成熟しており、近年のシリコンデバイス開発では、加工を専門とするファウンドリサービスの利用が一般的になっています。ナノスケールの加工精度が必要なシリコンフォトニクスにおいても、ファウンドリの利用が可能ですが、有機材料との組み合わせは敬遠されます。有機材料を加工することで装置が汚染されると信じられているからです。しかし、シリコンをパターン加工するのに有機ポリマーレ

ジストを使用しているのですから、明確な根拠はありません。とは言え、ファウンドリ利用では、有機材料との組み合わせが制限されることから、ハイブリッドデバイス開発ではシリコンナノ加工も自前で行うことが不可欠となります。

先端ICTデバイスラボ(神戸)では、これまでの有機EOポリマーデバイス作製に必要な、成膜、加工技術に加えて、シリコンや酸化物、窒化物などの無機材料の成膜、微細加工技術(図1左)を兼備しているのが特徴です。他の研究機関ではできない有機無機ハイブリッドプロセスにより、唯一無二の革新的なデバイスを作ることができるのです。

### ハイブリッドデバイス作製に 欠かせない界面制御

有機EOポリマーと無機材料は、加工方法は基本的には大きく変わりませんが、構造や特性が大きく異なるので組み合わせは容易ではありません。シリコン/有機EOポリマーハイブリッド(SOPHY)変調器(図2)では、シリコンで作製した数十nmのごく狭い溝にポリマーを充填します。溝に隙間なく充填するためには、シリコンとポリマーの親和性と密着性が必要になります。親和性と密着性はシリコンとポリマー界面での作用なので、ポリマーの組成に応じたシリコン表面の改質が鍵とな

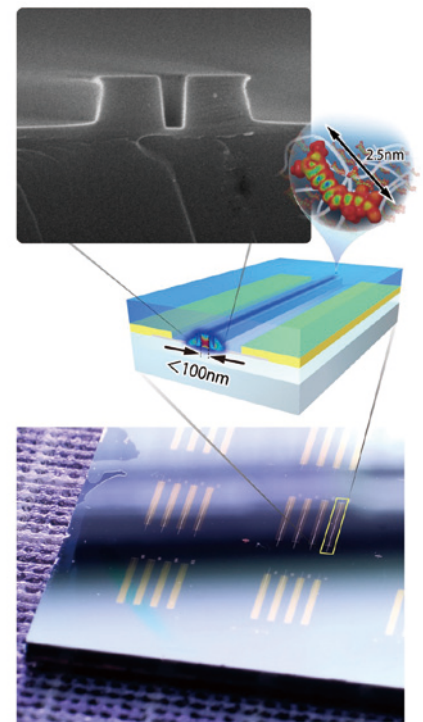


図2 シリコンナノ構造光導波路と有機EOポリマーとを組み合わせたシリコン/有機EOポリマーハイブリッド変調器

る技術です。また、EOポリマーのEO効果を発現させるためには、絶縁破壊に近い高電界をかける必要がありますが、高電界印加時の電荷注入と電圧降下を抑えなければならず、界面数nmの領域での特性制御が重要になります。

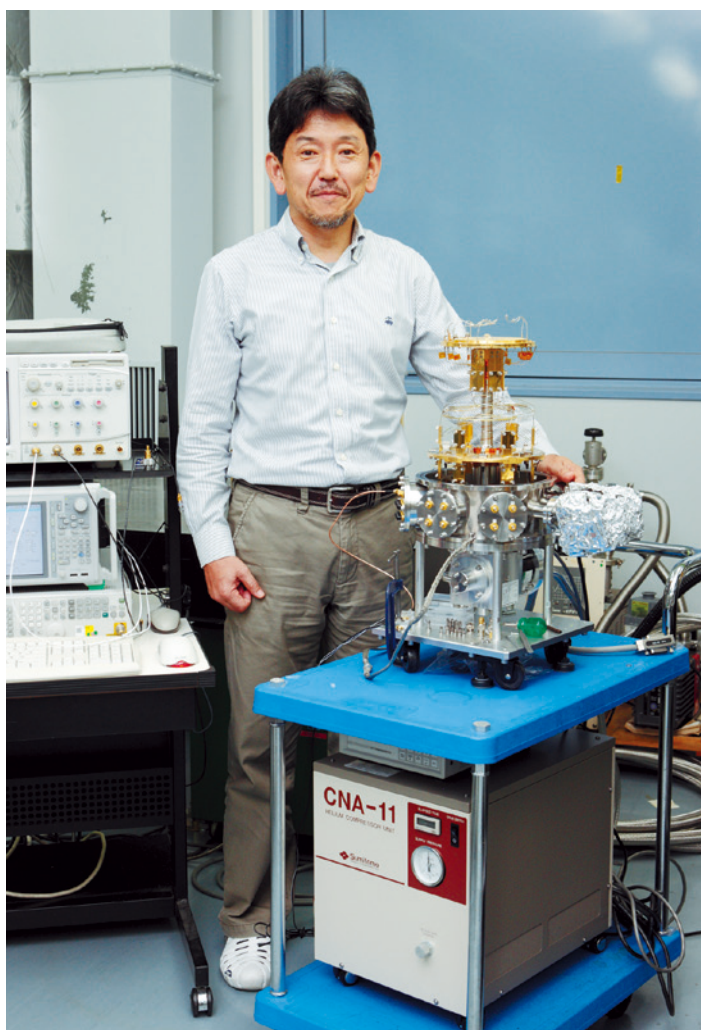
私たちは、原子・分子レベルの厚さで制御できる自己組織化単分子膜(SAM)や原子層堆積(ALD)法(図1中央)などを駆使して界面の化学的特性や電気的特性を制御する技術を開発しています。これらの技術を界面だけではなくポリマー表面の不活性化にも適用し、デバイスの耐候性を高めることも実現しています。

ここでしかできない有機無機ハイブリッドプロセス技術を基盤に産学との連携を拡充し、光変調器だけでなく光フェーズドアレイやTHz発生・検出など様々な革新的光制御デバイスの開発を進めていきます。

# 窒化物超伝導 エレクトロニクス

## ——究極の感度・省エネルギーへの挑戦

電気抵抗ゼロという超伝導現象を使って、究極の感度を持つ光子検出器やテラヘルツ検出器、超低電力で動作可能な集積回路などの研究開発を行っています。現在、このような応用で主に使われている超伝導材料はニオブ(Nb)ですが、私たちは次世代の超伝導材料として窒化物超伝導体に着目して研究開発を進めています。



### 研究の背景

超伝導はある温度以下で電気抵抗がゼロになる現象で、超伝導リニアや病院で見かけるMRIなどで使われているのをご存じの方も多いと思いますが、微弱な信号を取り扱うエレクトロニクスも超伝導の重要な応用分野です。超伝導エレクトロニクスの魅力を一言でいえば、究極の感度・省エネルギーということになります。冷却が必要なため汎用品として私たちの目に触れる機会はありませんが、超伝導でしか実現できない性能を必要とする最先端の研究開発で着実にユーザが広がっています。

私たちのグループでは、窒化物超伝導体(NbN、NbTiNなど)に着目

フロンティア創造総合研究室  
上席研究員

## 寺井 弘高

Hiroataka Terai

博士(工学)

### 略歴

1996年名古屋大学大学院博士課程修了後、NEC基礎研究所を経て、1997年に郵政省通信総合研究所(現NICT) COE特別研究員。1998年に郵政省通信総合研究所に入所、関西先端研究センター(現未来ICT研究所)に勤務し現在に至る。2000年応用物理学会講演奨励賞、2004年超伝導科学技術賞、2010年日本学術振興会・146委員会賞受賞。

### 研究分野

電子工学、量子情報工学、超伝導エレクトロニクス

### 近況

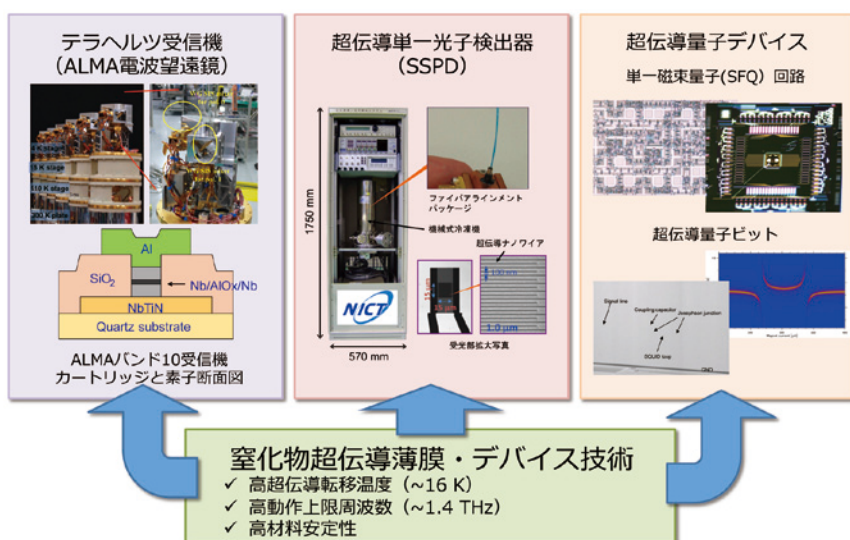
小金井での勤務時に購入したスポーツサイクルを活用しようと、妻もスポーツサイクルを買って、坂の多い神戸の街を一緒に自転車で走り回っています。散歩よりも格段に行動範囲が広がり、常に新しい発見があって気持ちをリフレッシュしてくれます。でも神戸の坂は本当にハードです。

図 窒化物超伝導薄膜・デバイス技術をコアとしたNICTの研究活動  
 窒化物超伝導薄膜・ジョセフソン接合をコア技術として、テラヘルツ受信機、単一光子検出器(SSPD)、単一磁束量子(SFQ)回路、超伝導量子ビットなどの研究開発を行っている。

して超伝導のエレクトロニクス応用に取り組んでいます。窒化物超伝導体の特長として、高い超伝導転移温度(Nbは9K、NbNでは16K)、高い動作上限周波数(Nbは750GHz、NbNでは1.4THz)、高い材料安定性(例えば酸化耐性がNbよりも高い)があり、より高い温度、高い周波数での動作が可能となります。ここでは、窒化物超伝導薄膜・デバイス技術をコアとした私たちの研究活動を紹介いたします(図)。

### ALMAバンド10受信機

ALMA望遠鏡は、南米チリの標高5000mにあるアタカマ砂漠に日米欧の協力のもとに建設された巨大電波望遠鏡で、Nbの動作上限周波数を超える最も高い周波数帯(780~950GHz)がバンド10です。バンド10受信機の開発を担当した日本の国立天文台は、Nbよりも動作上限周波数が高いNICTのNbTiN薄膜を同調回路に使用して、ALMA望遠鏡の要求仕様を満足する世界最高感度の受信機の開発に成功しました。ALMA望遠鏡による観測はまだ始まったばかりですが、微弱な電波を観測する眼としてNICTの窒化物超伝導薄膜が日々宇宙を見つめています。バンド10受信機の成功を受けて、周波数帯域が1.25~1.55THzにあるバンド11受信機についても検討を始めており、ここではNICTのNbN/AIN/NbNトンネル接合が検出素子の有力候補になっています。



### 超伝導単一光子検出器 (SSPD)

超伝導単一光子検出器(SSPD)の動作原理は、簡単にいえば光子のエネルギーで超伝導状態を壊すというもので、薄く、細く、かつ特性の均一な超伝導細線を実現する必要があります。窒化物超伝導体は安定して均一な超薄膜(膜厚10nm以下)の作製が可能であり、SSPDへの応用に適しています。私たちはNbNを用いて通信波長帯で80%の検出効率を実現しており、東京量子鍵配送ネットワークをはじめとして、多くの研究機関に提供されており、最先端の学術成果の創出に貢献しています。現在、通信波長帯以外の幅広い光波長で使えるデバイス構造の研究開発、多ピクセル化による高速化・高機能化に取り組んでおり、量子情報、宇宙通信、バイオ・医療、環境計測など、幅広い分野の研究者と連携しながら、SSPDの新たな応用分野を開拓しています。

### 超伝導量子ビット

超伝導状態では、すべての電子が波として位相の揃った状態にあり、目に見えるマクロなスケールで1つの量子状態となっています。この巨

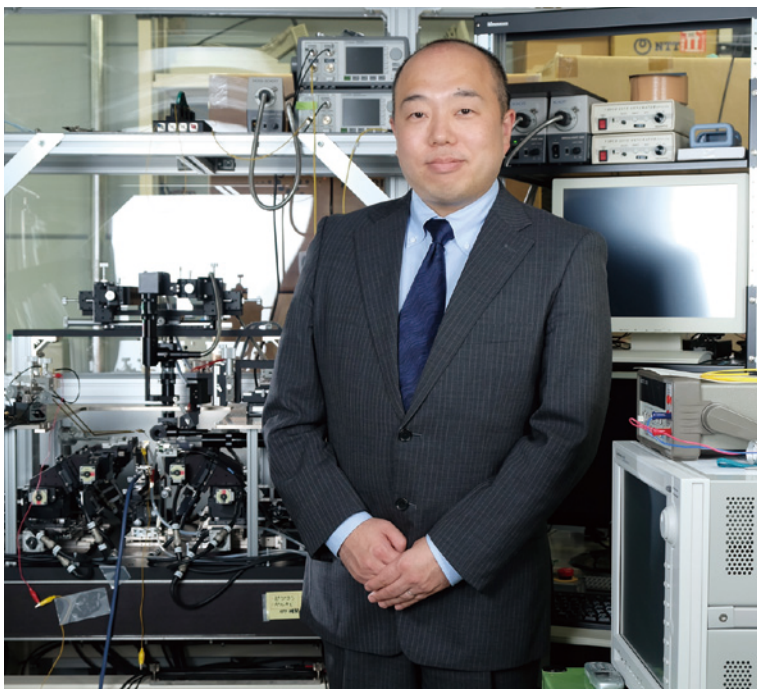
視的な量子効果を利用して、人工的な量子2準位系を集積回路として実現したものが「超伝導量子ビット」です。超伝導量子ビットは、設計自由度やスケラビリティで大きな利点がある一方、材料欠陥などによるエネルギー散逸によりコヒーレンスを長く保つのが難しいという問題があります。窒化物超伝導体は材料安定性が高く、窒化物超伝導体を用いた非常に低損失な超伝導共振器の報告事例も多数あり、超伝導量子ビット用の低損失材料として非常に有望です。

### 今後の展望

超伝導という冷却が必要なため、アレルギー反応を示す人が多いのも事実です。しかしながら、最近では2 Kまで冷却可能で、システム全体が19インチラックの半分程度に収まる機械式冷凍機も市販されており、冷却というハードルはだいぶ低くなってきました。超伝導エレクトロニクスの市場はまだまだ大きいわけではありませんが、ニッチではあっても尖った技術が次世代のイノベーションを生み出すのだと信じて頑張っていきます。

## NICT、大学、企業が集う デバイス開発の聖地

未来 ICT 研究所と密接な関係にある先端 ICT デバイスラボ。そのクリーンルームには、デバイスの作製に欠かせない結晶成長、薄膜形成、微細パターンニング、エッチングなどの最先端装置がずらりと並んでいます。このラボは、どのような理念でつくられ、どのように活用されているのでしょうか？ 山本ラボ長にうかがいました。



先端ICTデバイスラボ ラボ長

### 山本 直克

Naokatsu Yamamoto

博士(工学)

#### 略歴

大学院博士課程修了後、東京電機大学助手を経て、2001年、通信総合研究所（現 NICT）に入所。量子ドットなどの半導体ナノ構造や、異種材料利用（ヘテロジニアス）による広帯域・光電子融合デバイス技術、大波長空間光伝送システム技術など、光アクセス基盤技術全般の研究開発などに従事。東京電機大学客員教授。NICTネットワークシステム研究所 ネットワーク基盤研究室 研究マネージャー。

#### 研究分野

半導体ナノ構造、新機能光電子材料、光・電子融合デバイス技術、ヘテロジニアス光デバイス技術、光・高周波融合伝送サブシステム技術

#### 近況

研究など忙しい毎日ですが、家族と機構内外の多くの皆様に支えていただいています。この場を借りて「ありがとうございます」。最近は料理にハマリ中。

**Q**：ラボの概要を教えてください。

**山本**：先端ICTデバイスラボは、小金井にあるフォトニックデバイスラボ (PDL) とミリ波研究棟、神戸の新クリーンルーム棟の3つの拠点からなっています。PDLとミリ波研究棟は光とミリ波、さらにテラヘルツ波までを含む幅広い周波数域に対応したデバイス基盤技術、神戸は超伝導、有機材料などのデバイスと、それぞれカバーする研究領域の異なるクリーンルームがあり、革新的なデバイスを創るための加工装置や評価装置が多数設置されています。

**Q**：このラボはどのような経緯で発足したのでしょうか？

**山本**：従来、クリーンルームの維持管理や運用は研究者が行い、それは大きな負担となっていました。そこで、専門の管理スタッフを置き、研究者を管理から解放する代わりに、装置を大学や企業などNICT外部のユーザーにも開放するという方針で、当ラボが発足したのです。これにより、研究者は自身の研究に専念でき、装置はさらに有効活用できるようになりました。

**Q**：どのように利用され、どのような成果が上がっているのでしょうか？

**山本**：クリーンルームの装置をうまく活用して目的の機能をデバイスに発現させるには、装置を使いこなすテクニックや、光や高周波の特性、材料の光・電子物性などの広い範囲のノウハウが必要です。NICTでは、そうしたノウハウを基盤技術として蓄積しています。これらの基盤技術



図1 先端ICTデバイスラボは、オープンイノベーションの場として実績をあげている。

が当ラボに移されており、利用者は装置をこのノウハウとともに使えるのです。

このしくみは好評で、日本全国のみならず、海外の大学などからも多くの利用者が訪れます。大学や企業の方の利用もあり、平成27年度はのべ1432人が利用しました(小金井の2拠点の合計、外部利用者数)。

NICTの基盤技術に大学のアイデアや企業の製品化技術が加わって、画期的なデバイスが次々に誕生しています。その中には、製品展開やシステムデモまで発展したものもあります。当ラボは、装置を中心として、革新的な技術の創造と有機的連携を育むオープンイノベーションの場となっているのです(図1)。

**Q:** 例えば、どんなデバイスが開発されたのでしょうか？

**山本:** 光信号を無線信号に変換して空間に送り出す、光・高周波用通信デバイスが好例です(図2)。このデバイスは、NICTがもつ結晶成長技

術、高周波実装技術などの基盤技術と、企業の信号増幅技術などがデバイスラボで結集されて完成しました。現在、このデバイスが搭載されたレーダヘッドを主要空港に設置して、滑走路上の異物を監視するシステムのフィールド実験を行っています。光と高周波を融合するようなデバイスや超小型波長可変レーザーデバイスなども誕生しています。こうしたデバイスは、携帯端末などの有線と無線を共用するようなデータ通信網の構築に貢献すると期待されます。またこの他、高周波増幅器やパワーエレクトロニクス用デバイスの開発が行われています。

**Q:** ラボの運用にあたって心がけておられることはなんですか？

**山本:** 施設を外部にオープン化する際の要は、安全な環境の確保です。そのために、管理・運営スタッフを手厚く配置しています。また、当ラボの小金井の2拠点はISO14001を取得していますので、そのマネジメ

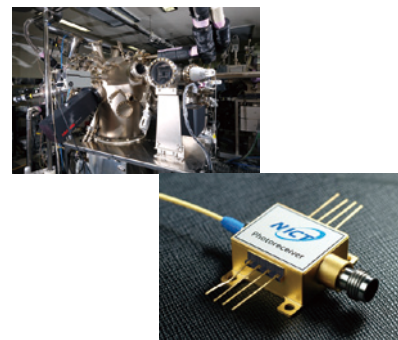


図2 先端ICTラボにある分子線エピタキシー装置(MBE)と光・高周波用通信デバイス。MBEを用いた高品質結晶成長技術と他の装置によりデバイス構造をつくりこみ、さらに光と高周波を融合した基盤技術を駆使して開発した。

ントシステムを活かして、安全な環境の維持に努めています。もちろん、ISO14001にのっとり、環境に与える負荷を最小限に抑える努力もしています。

**Q:** 今後、どのような方向をめざしていきますか？

**山本:** 今回の中長期計画で、NICTは新たな基盤技術の開発に力を入れることになりました。新たな知見が生まれれば、基盤技術として当ラボにも組み込んでいきます

特に、基盤技術のこれからの方向の1つとして、「適材適所」という発想が登場しています。従来使われてきた材料にこだわらず、適材適所で異種材料を組み合わせることで、デバイスの高性能化やコンパクト化を図ろうというわけです。例えば、波長可変レーザーはこれまで大きな箱のような装置でしたが、シリコン半導体と化合物半導体を組み合わせることで、米粒より小さい光源デバイスを実現できました。このような新たな基盤技術を生み出す場としても、当ラボを活用していただきたいと思っています。

今後も当ラボを発展させていくため、地道な努力を重ねていきます。

# TOPICS

## イベント

### 2016 施設一般公開開催

未来 ICT 研究所 (神戸) では平成 28 年度の施設一般公開を 7 月 23 日 (土) に開催しました。当日は晴天に恵まれ、524 名の来場者がありました。来場者の多くは例年人気のクイズラリーに参加し、クイズ順に各展示ブースを見学しながら、研究員が趣向を凝らした体験型の展示や研究者達との交流を十分楽しんだ様子でした。9 回目となる一般向け講演会では、身近な事例から最先端の研究までを解説しました。今回は、本研究所のナノ・バイオの研究内容に加え、脳情報通信融合研究センターの講演もいただき、会場は満席となり盛況でした。

未来 ICT 研究所以外からは、総務省近畿総合通信局、脳情報通信融合研究センター、電磁波研究所、ワイヤレスネットワーク総合研究センターに参加いただいた他、アマチュア無線記念局も開設していただきました。

本年の施設一般公開も近隣の皆様に神戸での NICT の活動について知っていただく良い機会となりました。また、猛暑の中、事故やトラブルなどがなく無事に終了することができ、ご協力いただいた関係各所に感謝いたします。



展示ブースの様子

### 第 1 回 電気光学ポリマー応用技術研究会開催

10 月 27 日に未来 ICT 研究所フロンティア総合創造研究室ナノ機能集積プロジェクトが中心となり、小金井本所において、電気光学ポリマー応用技術研究会を開催しました。

本研究会は、光通信の高速化と低消費電力化に向けた超高速光変調器や、電界センサー、高効率の THz 発生・検出器、さらには光インターコネクタや光フェーズドアレイ、波長選択スイッチなどへの応用も注目され、急速に期待が高まっている電気光学ポリマー研究において、先駆的に応用デバイス研究に取り組んでいる研究者が一堂に会する機会として開催しました。課題とソリューションを共有することで、実用化研究に向けた展開の加速を図るものとして企画されました。

研究会には産学官それぞれの分野からご参加いただき、電気光

学ポリマー材料、プロセス研究、応用デバイス研究についての講演 (8 件) と活発なディスカッションが行われ、今後の電気光学ポリマー研究の広がりを十分に期待させるものでした。



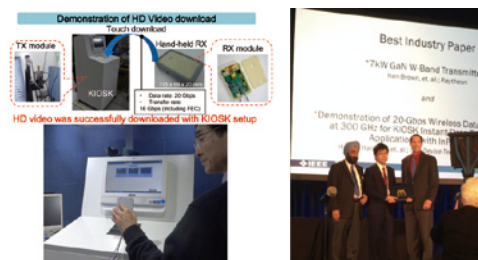
研究会の様子

## 受賞報告

### IEEE MTT-S IMS2016 Best Industry Paper Award 受賞

本受賞は、国際会議 IEEE MTT-S 2016 International Microwave Symposium (IMS2016) において発表した成果が、学術的な意義に留まらず産業に大きなインパクトを与えるものと認められたものです。

論文名 Demonstration of 20-Gbps Wireless Data Transmission at 300 GHz for KIOSK Instant Data Downloading Applications with InP MMICs  
受賞者 藤井勝巳研究マネージャー、渡邊一世主任研究員、笠松章史上席研究員 (以上 NICT) ソン・ホジン、濱田裕史、田島卓郎、アミン・エルムタワキル、矢板信 (以上 NTT) 川野陽一、高橋剛、中倉安宏、原直紀 (以上 富士通研究所)  
受賞日 平成 28 年 5 月 27 日  
受賞名 Best Industry Paper Award  
授与団体 IEEE MTT-S 2016 International Microwave Symposium (IMS2016)



300GHz 超高速ダウンロード実証 表彰式の模様

(また、本成果を含む総務省委託研究の受託チームにて、平成 28 年度情報通信研究機構成績優秀表彰優秀賞 (団体) を受賞している。)

## その他

### nano tech 2017 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議への出展

未来 ICT 研究所は、nano tech 2017 への出展を予定しています。フロンティア総合研究室を中心に、高効率、高速応答の「有機材料を用いた光制御デバイス」や生体システムの持つ優れた特徴を

活用した「細胞・分子センサシステム」の研究開発成果など、高機能・高性能のデバイスやシステムに関する最新の研究成果を紹介いたします。また知財や技術移転に関する展示を行います。

## ▶ 報道発表

未来 ICT 研究所は、次の研究成果を報道発表を通じて発信しました。  
詳細は、URL をご覧ください。

- [2016/04/12] **秋田県仙北市において小型無人航空機ドローンによる図書の自動配送実験に成功**  
— セキュア通信技術を組み込んで安全な配送サービスを実現 —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/04/12-2.html>
- [2016/04/19] **世界初！異なる光周波数の二光子の干渉を実現**  
— 情報処理能力の飛躍的拡大へ新しい道筋を拓く成果 —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/04/19-1.html>
- [2016/05/26] **毎秒数十ギガビットの伝送速度を有する300GHz 帯を用いたテラヘルツ無線用小型送受信機を世界で初めて開発し、高速データ伝送実験に成功**  
— DVD1 枚分のデータを数秒で転送するサービス実現に道 —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/05/26-1.html>
- [2016/06/15] **高周波圧電共振器の課題を解消する回路技術を開発**  
— IoT 時代に向けて、無線通信システムの小型化・低コスト化・高速化を実現へ —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/06/15-1.html>
- [2016/07/29] **外来遺伝子 (DNA) の生細胞への効率的な導入方法の開発に成功**  
— ガンや高血圧、糖尿病など特定の遺伝病を治療するための遺伝子治療に貢献 —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/07/06-1.html>
- [2016/07/27] **微小管-タンパク質モーター相互作用によるネットワーク構築とその数理モデル化に成功**  
— 細胞の形や硬さを決める細胞骨格の操作技術につながる成果 —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/07/27-1.html>
- [2016/10/11] **光子と人工原子から成る安定な分子状態を発見**  
— 光と物質を操る量子技術に新たな可能性を拓く —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/10/11-1.html>
- [2016/10/24] **超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の波長特性を自在に設計する新手法を開発**  
— 検出する光波長の高感度を維持しつつ、究極的な低ノイズ化が可能に —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/10/24-1.html>
- [2016/11/15] **自然界にある分子モジュールから人工的な分子モーターの創出に初めて成功**  
— ナノメートルスケールの一方向性運動が生み出される基本原理の解明に道筋 —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/11/15-1.html>
- [2016/11/17] **量子メモリへの書込・読出に光通信で成功！**  
— 量子セキュリティ通信長距離化実現の中核テクノロジーとして期待 —  
<https://www.nict.go.jp/press/2016/11/17-1.html>

### KARC FRONT から NICT NEWS への 移行のお知らせ

KARC FRONT は、未来 ICT 研究所ジャーナルとして平成 16 年度に創刊され、12 年にわたり研究成果などを発信してまいりましたが、今号が最後となりました。広く一般に情報を発信できるという点で、KARC FRONT は研究者にとっても重要なメディアでした。

読者のみなさまには、未来 ICT 研究所に興味を持っていただくきっかけになったのではないかと自負しております。

KARC FRONT は廃刊となりますが、これは新たなスタートでもあります。NICT が定期発行する NICT NEWS (年 6 回) において、年 1 回は未来 ICT 研究所の特集になる予定です。

最後に、ご愛読くださったみなさま、誌面に登場あるいは寄稿いただいた方々、そして発行にお力添えをいただいたみなさまに、心から御礼申し上げます。

# 未来 ICT 研究所 STAFF 総覧

研究所付	賈迫 巖	研究所長	博士(理学)	
	久保田 徹	副研究所長	博士(工学)	
	佐々木 雅英	NICTフェロー/主管研究員	博士(理学)	
	大岩 和弘	NICTフェロー/主管研究員	理学博士	
	王 鎮	NICTフェロー/招聘専門員	工学博士	
	小川 博世	研究技術員	工学博士	
	企画室 (神戸)	照井 通文	室長	博士(理学)
		横田 和之	グループリーダー	—
		五十川 知子	主任	—
		牧瀬 圭正	主任研究技術員	博士(理学)
高橋 恵子		一般職	—	
佐伯 香住		一般職	—	
山根 梓		一般職	—	
神田 由香里		一般職	—	
大山 良多		一般職	—	
企画室 (小金井)		小倉 基志	マネージャー	—
	広瀬 信光	エキスパート	博士(工学)	
	田村 宗久	研究技術員	博士(工学)	
	鈴木 与志雄	研究技術員	—	
	佐藤 暁洋	一般職	—	
	川瀬 典子	一般職	—	
	八代 祐子	一般職	—	
	兒玉 朋子	一般職	—	
	秋葉 誠	嘱託	理学博士	
	笠松 章史	首席研究員	博士(工学)	
フロンティア 創造総合 研究室	原 紳介	主任研究員	博士(理学)	
	渡邊 一世	主任研究員	博士(工学)	
	董 鋭冰	研究員	博士(工学)	
	山下 良美	研究技術員	—	
	関根 徳彦	研究マネージャー	博士(工学)	
	Patrashin Mikhail	主任研究員	博士(工学)	
	安田 浩朗	主任研究員	博士(工学)	
	古澤 健太郎	主任研究員	博士(理学)	
	諸橋 功	主任研究員	博士(工学)	
	小川 洋	主任研究員	博士(工学)	
	浜崎 淳一	主任研究員	博士(理学)	
	齋藤 伸吾	主任研究員	博士(理学)	
	酒瀬川 洋平	研究員	博士(工学)	
	大友 明	首席研究員	Ph.D.	
	田中 秀吉	研究マネージャー	博士(理学)	
	笠井 克幸	主任研究員	博士(工学)	
	梶 貴博	主任研究員	博士(工学)	
	山田 俊樹	主任研究員	博士(工学)	
	長谷川 裕之	研究員	博士(理学)	
	富成 征弘	研究員	博士(工学)	
	横濱 秀雄	研究技術員	—	
	高木 良博	研究技術員	—	
	山田 千由美	研究技術員	—	
	上田 里永子	研究技術員	—	
	青木 勲	研究技術員	—	
	岡部 久美	一般職	—	
	上月 真紀子	一般職	—	
	寺井 弘高	首席研究員	博士(工学)	
	鶴澤 佳徳	研究マネージャー	博士(工学)	
	三木 茂人	主任研究員	博士(工学)	
	山下 太郎	主任研究員	博士(理学)	
	川上 彰	主任研究員	博士(工学)	
	丘 偉	研究員	Ph.D.	
	宮崎 茂之	研究員	博士(工学)	
	藪野 正裕	研究員	—	
	今村 三郎	研究技術員	工学博士	
	瀧岡 美佐	一般職	—	
	高木 佳寿代	一般職	—	
	仙場 浩一	首席研究員	博士(工学)	
	吉原 文樹	主任研究員	博士(工学)	
布施 智子	主任研究員	博士(理学)		
星 亜希子	一般職	—		
小嶋 寛明	首席研究員	博士(工学)		
古田 健也	主任研究員	博士(学術)		
榊原 育	主任研究員	理学博士		
田中 裕人	主任研究員	理学博士		
古田 茜	研究員	博士(理学)		
佐川 貴志	研究員	博士(生命科学)		
鳥澤 薫征	研究員	博士(学術)		
吉雄 麻喜	研究技術員	—		
網野 美紗子	研究技術員	—		
田中 美佳子	一般職	—		
岩本 政明	主任研究員	博士(理学)		
近重 裕次	主任研究員	博士(理学)		
原口 徳子	主任研究員	医学博士		
松田 厚志	主任研究員	博士(理学)		
丁 大橋	主任研究員	博士(理学)		
山本 孝治	研究員	博士(理学)		
平岡 泰	招聘専門員	理学博士		
岡正 華澄	研究技術員	—		

フロンティア 創造総合 研究室	荒神 尚子	研究技術員	—
	小坂田 裕子	研究技術員	—
	森 知栄	研究技術員	—
	堤 千尋	研究技術員	—
	梶谷 知子	研究技術員	—
	高村 佳美	一般職	—
	佐橋 律子	一般職	博士(学術)
	樋口 美香	一般職	—
	長濱 有紀	一般職	—
	福田 紀子	一般職	—
量子ICT先端 開発センター	吉原 基二郎	主任研究員	博士(理学)
	櫻井 晃	主任研究員	博士(生命科学)
	武岡 正裕	センター長	博士(工学)
	早坂 和弘	研究マネージャー	博士(理学)
	藤原 幹生	研究マネージャー	博士(理学)
	和久井 健太郎	主任研究員	博士(工学)
	Zhu Jinxiao	研究員	博士(システム情報科学)
	伊藤 寿之	研究員	博士(地球環境科学)
	松尾 昌彦	研究技術員	—
	西澤 亮二	研究技術員	—
グリーンICT デバイス先端 開発センター	天野 滋	研究技術員	—
	都筑 織衛	研究技術員	—
	北村 光雄	研究技術員	—
	南 恵子	一般職	—
	東脇 正高	センター長	博士(工学)
	片桐 祥雅	研究マネージャー	工学博士
	上村 崇史	主任研究員	博士(工学)
	中田 義昭	主任研究員	博士(工学)
	Lingaparthi Ravikiran	研究員	Ph.D. Microelectronics
	Wong Man Hoi	研究員	Ph.D Electrical and Computer Engineering
深紫外光ICT デバイス先端 開発センター	小西 敬太	研究員	博士(工学)
	林 弘弘	研究員	工学博士
	井上 振一郎	センター長	博士(工学)
	Hao GuoDong	研究員	博士(工学)
	黒澤 裕之	研究員	博士(理学)
	谷口 学	研究技術員	—
	都築 幸子	研究技術員	—
	塩地 雅之	研究技術員	—

(2016年12月1日現在)



兵庫県神戸市  
未来ICT研究所への  
アクセス

国立研究開発法人 情報通信研究機構

## 未来 ICT 研究所

〒651-2492 兵庫県神戸市西区岩岡町岩岡 588-2  
TEL:078-969-2100 FAX:078-969-2200

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1  
TEL:042-327-7429 FAX:042-327-6961

E-mail:karc@ml.nict.go.jp  
http://www.nict.go.jp/advanced\_ict



未来ICT研究所ジャーナル KARC FRONT  
No.34 2017年1月31日発行 発行/賈迫巖 編集/照井通文