

4 百折不撓・デバイス研究

4 *Indefatigability, Device Research*

4-1 先端 ICT デバイスラボの運営と研究推進への取組

4-1 *Promoting Research and Development for Innovative Device Technologies in Advanced ICT Device Laboratory*

4-1-1 革新的デバイス基盤研究のための先端 ICT デバイスラボ

4-1-1 *Direction of Research and Development for Innovative Device Technology in Advanced ICT Device Laboratory*

山本 直克 田中 秀吉 赤羽 浩一

YAMAMOTO Naokatsu, TANAKA Shukichi, and AKAHANE Kouichi

先端 ICT デバイスラボはデバイス技術に関する産学官連携のオープンイノベーション拠点として開かれた研究施設である。急速に発展、高度化する情報通信技術への要求に応えるために、光や超高周波等のあらゆる周波数帯を融合して調和的に活用できる革新的な情報通信デバイスの要素技術や、高精度センシングや量子技術などの革新的なデバイス技術の創造を目的としている。そのため半導体や誘電体等を用いた様々なデバイスに関して、その設計・試作・実装・評価等の高度なハードウェア開発技術を基に、研究開発を推進している。ここでは先端 ICT デバイスラボにおけるデバイス研究開発のめざしている方向性と、ラボの利用促進を考慮した取組について紹介する。

Advanced ICT Device Laboratory is a research facility as an open innovation center for industry-academia-government collaboration on innovative device technology. In order to meet the demands of rapidly developing information and communication technologies (ICTs), the laboratory aims to create elemental technologies for innovative ICT devices that can integrate and harmoniously utilize all frequency bands, including optical and ultra-high frequency, as well as innovative device technologies such as high-precision sensing and quantum technologies. For this purpose, we are promoting research and development of various devices using semiconductors and dielectrics based on advanced hardware development technologies such as design, prototyping, mounting, and evaluation. Here, we introduce the direction of device research and development at the Advanced ICT Device Laboratory and our efforts to promote the use of the laboratory.

1 未来社会構築のためのデバイス技術研究の重要性

未来社会を想像するとき Society 5.0 が一つの重要なキーワードであり、明るく豊かな人生のために、もしくは多くの社会課題解決のために、例えば図 1 に示すような、非常に多くの魅力的なアプリケーションが期待されている [1][2]。

- ① 移動困難者支援や都市圏簡易移動手段としてのパーソナルモビリティ
- ② 医師不足や過疎地域の医療高度化、高度 AI 医

師利用のための遠隔医療

- ③ 要介護者支援などの社会課題解決のための遠隔介護
- ④ 危険地帯・未踏空間の探索や作業に寄与するアバターロボット・マイクロロボット
- ⑤ 機器・施設や人体などのデジタルツインによる損傷や病状等の早期診断
- ⑥ サイバー空間の物理空間へのオーバーレイによる拡張現実感
- ⑦ IoT (Internet of Things) に対応した高感度・高精度センサー群による環境情報収集

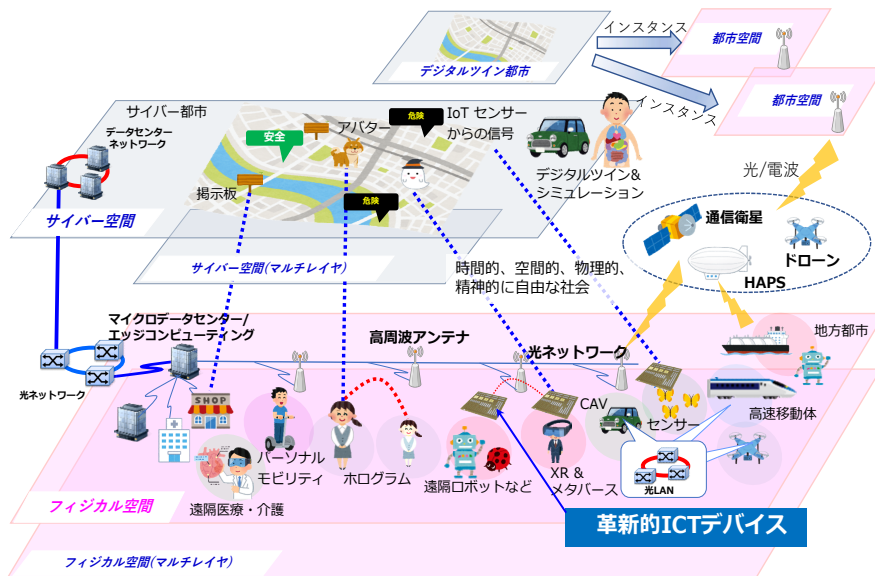


図1 サイバーフィジカル社会のアプリケーションと光・電波融合ネットワークを支える革新的 ICT デバイス

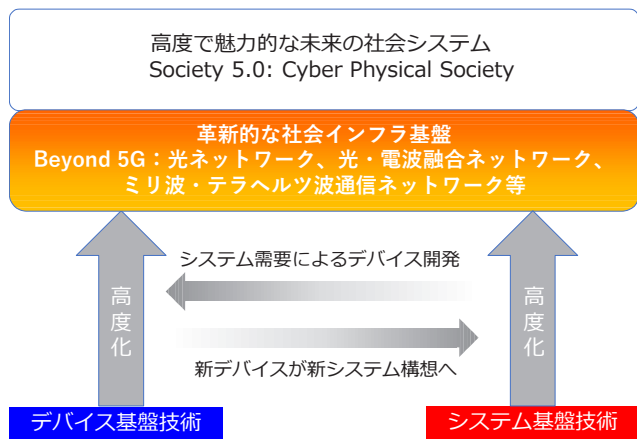


図2 将来の高度な社会インフラ構築のためのデバイス・システム基盤技術研究

これらは人間の時間的、空間的、物理的(身体的)、さらに精神的な開放につながるが、このような高度な社会システムを構築するには、物理空間で発生する大量情報と、データセンタ等で演算された情報を相互作用させる「サイバーフィジカルシステム」が必要であり、結果として大容量・超高速でリアルタイム性の高い(低遅延)な情報通信インフラが必須となる。また、身近な通信では「わずかに動くモノ」が多く存在することから、光ファイバ通信と無線通信の融合が重要となり、図1に示すような光と電波を調和的に利用する光・電波融合ネットワークインフラが必須となる [3][4]。

小さなデバイスが世界を一変させることは過去にもあったが、高度で革新的なデバイス技術は、このようなサイバーフィジカル社会を支える新たなインフラを創造・構築する上で重要となる。先端的なデバイス技術の研究開発を推進するためには、新たな材料物性やデバイス機能の発見、適切なデバイス構造による機能

の効率的発見、さらに環境負荷やコスト等を考慮したサステナビリティなど、理工学から経済学等まで包括するような広い知見が必要である。このため、デバイスの研究開発では、多くの知見を得るために様々な分野の研究者が情報交換し、連携しながら進めることが肝要となる。このような背景の下、NICTではチャレンジングで先端的なデバイス基盤技術の研究開発を推進するために「先端 ICT デバイスラボ」を組織化しており、デバイス分野における産学官のオープンイノベーション拠点として機能している。先端 ICT デバイスラボでは、広い範囲の「デバイス基盤」の研究開発が実施されており、将来の情報通信インフラへの応用はもちろん、基礎科学や社会展開などの日本の産業のシーズになり得る新たな知の創造に貢献することを目的としている。

情報通信技術の発展では、多くの場合アプリケーションやシステムの技術開発などの生活に直結した部分が注目を集めることが多くある。一方で、そのような通信システムを支える情報通信機器には極めて小さな光・電子デバイスが非常に多く組み込まれているが、それを意識して生活することは少ないと思われる。つまり、そのような偏在する微小なデバイス群が高度な情報通信社会を支える「影の」インフラとして機能している。Society 5.0で掲げられるサイバーフィジカル社会の実現をめざし、現在よりもより高度な情報通信技術の創出は不可欠であり、そのなかで革新的なデバイス技術の研究開発は必須となる。NICTでは図2に示すように、ICT (Information and Communication Technology) のシステム・デバイスの両輪で研究開発を推進しており、特に先端 ICT デバイスラボではデバイス技術の更なる高度化や新機能を発現するデバイス技術の創生を進めている。

2 先端 ICT デバイスラボの利用促進

先端 ICT デバイスラボは、東京・神戸拠点にそれぞれ個性を持ったクリーンルーム実験環境を整備している。それらは①光デバイスや光・電波融合デバイス技術、②ミリ波・テラヘルツ波に対応した超高速電子デバイス技術、③超伝導や有機ポリマー半導体等の新材料デバイス技術に大別される。このような実験環境の分離は材料種別やデバイス構造のサイズなどに依存しており、材料間のクロスコンタミ問題や加工・計測装置スペックとの整合性を考慮しているためである。拠点は分離しているものの、将来の高度な情報通信のための社会インフラ基盤を構築する革新的デバイス技術の研究というベクトルは整合している。先端 ICT デバイスラボでは、光ネットワーク大容量化のための高速光・電子集積デバイス技術や、光と電波（ミリ波やテラヘルツ波等の高周波）を融合して活用する革新的デバイス技術、情報通信インフラの低消費電力化に寄与する酸化物半導体デバイス技術、次世代信号処理のための量子デバイス技術、超伝導エレクトロニクス技術、ナノ構造・有機ポリマー半導体等の先端材料を用いた各種要素デバイス、さらに深紫外デバイスなど、非常に多岐にわたるデバイス基盤技術の研究が進められている。広い範囲のデバイス研究を推進するためには、

国際的な研究進捗を把握しながら、先端 ICT デバイスラボとして先駆的な加工装置・技術を順次整備・蓄積し、デバイス加工技術の高度化を図る必要がある。図3に先端 ICT デバイスラボで整備した装置・技術の一例として、最先端のプロープ型微細描画装置で描いた NICT のロゴマークを示す。ナノメートルレベルの加工精度でおよそ2ミクロン角内にロゴが鮮明に描かれていることがわかる。将来の超高速光・電子デバイス等の極限的な性能向上を目指すには、ナノメートルレベルの非常に微細で正確な加工技術が必要になると考えられる。このような先端的なデバイス加工技術を多くの研究者に利用されることが、技術力向上につながると考えられ、図4の運営方針の下、先端 ICT デバイスラボは運営されている。加工・計測装置等はメンテナンスが頻繁に発生することから、一般的に研究者負担が大きい。この部分に技術系スタッフが積極的に寄与することが重要であり、これにより研究者は装置管理から「解放」される。また、デバイス加工では同じ装置を継続的に長時間使うことは少ない。そのため、装置をタイムシェアする形で多くの研究者が利用する、つまり1つの装置を多くのユーザーに「開放」することで、研究開発を平行に推進することが可能になる。このようなオープン化の視点を主軸として、先端 ICT デバイスラボは運営されている。当然のことながら、このようなオープン化を実現するためには、安全・安心な研究設備環境を維持し、サステナブルな運営のための効率化の工夫が求められる。更に革新的なデバイス技術をめざしてデバイス技術力の蓄積と高度化を積極的に図ることが重要である。

先端 ICT デバイスラボの第一の目的は上記のようにクリーンルーム環境を整備し、光・電波等を伝送メディアとした情報通信に必要な革新的デバイス技術の研究推進であるが、同時に国内外研究者の技術交流を促すことで新しいアイデアの創出につながるような「場」を作ることもある。アイデアやイノベーション

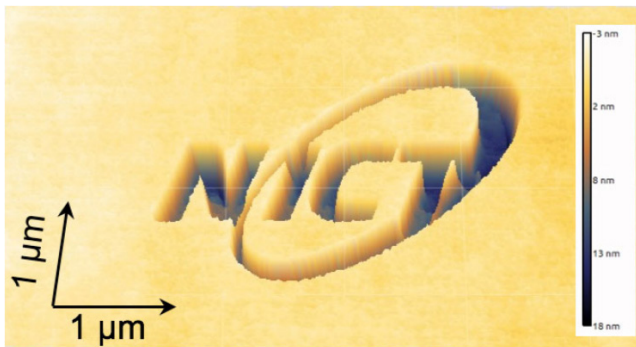


図3 プロープ型微細描画装置によるナノメートルレベルの加工技術

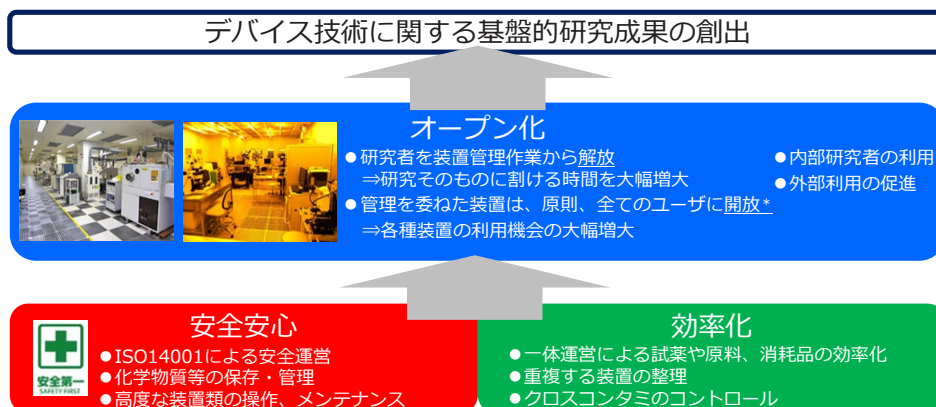


図4 先端 ICT デバイスラボのオープン化のための運営方針

4 百折不撓・デバイス研究

ンを狙い通りに創出することは極めて難しいが、研究者が自身の得意とする技術を話題の中心としてディスカッションすることは、そのアイデア創出の一助になると考えられる。先端 ICT デバイスラボではラボ利用研究者を中心に、技術交流会を実施することでその交流を達成し、積極的な有機的交流を進めている。光デバイスと電子デバイス、さらには新材料デバイスなど、その研究開発の志向・感覚が異なっており、そのような異分野のデバイス研究者間の交流でも十分なひらめきにつながると期待される。さらに企業・公的機関等の研究者と、学生の交流はデバイス開発に関する若手育成に寄与すると考えられる。

先端 ICT デバイスラボは、NICT の中期計画に沿った自らの研究と、産学官連携による共同研究、Beyond 5G 委託研究でのテストベット利用、さらに半導体レーザ作製などの 27 種類のデバイス加工プロセスについて加工・評価装置と作製ノウハウをセットに提供する「外部有償利用制度」を運用しており、多様な利用シーンに対応したスキームが運営されている。このような様々な「入口」を準備することでオープンイノベーション拠点として広く先端 ICT デバイスラボが活用されることが期待される。

3 まとめ

将来の情報通信インフラを構築するためには革新的デバイス基盤技術の研究開発がキーであることを考察した。先端 ICT デバイスラボは NICT 内外のデバイス研究を推進するためのデバイス作製・評価環境が整備されている。世界初・世界最高性能のデバイスが創出されつつあり、先端 ICT デバイスラボにデバイス作製・評価のノウハウが蓄積されてきていることが実感される。今後、このような知見を基に更なる利用促進につながると期待される。さらに、デバイス研究を中心に研究者・技術者が有機的に連携、情報交換することで、新しいアイデアやイノベーションの創出につながると考えられ、将来、先端 ICT デバイスラボから社会を一変させる画期的なデバイス基盤技術が創出されることを願っている。

【参考文献】

- 1 総務省、Beyond 5G 推進戦略懇談会提言
https://www.soumu.go.jp/main_content/000696612.pdf
- 2 情報通信研究機構、"Beyond 5G/6G ホワイトペーパー," <https://www2.nict.go.jp/idi/>
- 3 山本直克," Society 5.0 時代の大容量情報通信を支える光・電波融合デバイス・システム基盤技術," 光技術コンタクト (Optical and electro-optical engineering contact), vol.61, no.4, pp.18-27, April 2023.
- 4 山中直明ら," Beyond 5G 時代のネットワークビジョンー2030 年に向けたアーキテクチャとブレイクスルー技術の鳥瞰一," 電子情報通信学会論文誌 B vol.J104-B, no.3 pp.315-336, 2020.



山本 直克 (やまもと なおかつ)

ネットワーク研究所
フォトニック ICT 研究センター
副研究センター長/
ネットワーク研究所
先端 ICT デバイスラボ
ラボ長
博士 (工学)
半導体ナノ材料、光デバイス、光・電波融合
【受賞歴】
2021 年 電子情報通信学会通信ソサイエティ
チュートリアル論文賞
2015 年 ITU Kaleidoscope Academic
Conference 2015 最優秀論文賞



田中 秀吉 (たなか しゅうきち)

未来 ICT 研究所
神戸フロンティア研究センター
研究センター長/
ネットワーク研究所
先端 ICT デバイスラボ
副ラボ長
博士 (理学)
低次元物質、有機ナノ材料、酸化物、
プローブ顕微鏡、ナノバイオ融合



赤羽 浩一 (あかはね こういち)

ネットワーク研究所
フォトニック ICT 研究センター
光アクセス研究室
室長/
ネットワーク研究所
先端 ICT デバイスラボ
副ラボ長
博士 (工学)
化合物半導体結晶成長、光デバイス
【受賞歴】
2012 年 E-MRS Best Poster Award 受賞
2007 年 応用物理学会 講演奨励賞 受賞