



情報通信研究機構
20年の歩み、
その先へ。

NICT

情報通信研究機構

20年の歩み、
その先へ。

CONTENTS



電子版
<https://www.nict.go.jp/publication/20th-anniversary/>

ISBN 978-4-904020-39-5 (本誌)
ISBN 978-4-904020-40-1 (電子版)

発行日 2024年12月13日
発行元 国立研究開発法人情報通信研究機構
〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1
<https://www.nict.go.jp/>

制作協力 株式会社小学館
株式会社小学館集英社プロダクション

※無断で本書の記載内容を引用・転載することを禁じます。



3 ごあいさつ

座談会

4 若手が語る! NICTの未来

重点5分野

10 電磁波研究所が創る未来とは

14 ネットワーク研究所が創る未来とは

18 サイバーセキュリティ研究所が創る未来とは

22 ユニバーサルコミュニケーション研究所が創る未来とは

26 未来ICT研究所が創る未来とは

戦略4領域

30 Beyond 5Gのビジョン

32 サイバーセキュリティのビジョン

34 量子ICTのビジョン

36 AIのビジョン

社会的な取り組み

38 NICTの公的サービス

40 NICTのファンディングエージェンシー

42 NICTのオープンイノベーション

44 NICTのICT人材育成プログラム

46 NICTのスタートアップ支援

年表

48 NICTの歩み

NICTの20周年
記念誌だよー!



知の限界を超え 未来の社会基盤を創る NICT

徳田英幸

国立研究開発法人情報通信研究機構
理事長

— 国立研究開発法人情報通信研究機構（以下、NICT）が20周年を迎えました。これまでの歩みと主な取り組みについて教えてください。

NICTは、2004年に、通信総合研究所（CRL）と通信・放送機構（TAO）が統合して発足しました。前身は、1891年に誕生した逓信省（総務省の前身）の電気試験所です。距離1.8km間の無線電信試験や、太平洋横断の無線電話実験など、電信・無線電話などの研究が始まりです。その後、NICTとなってからは、電磁波、ネットワーク、サイバーセキュリティ、ユニバーサルコミュニケーション、フロンティアサイエンス分野と研究対象が広がりました。情報通信技術に関しても、当初の機器間の高度な通信といった目標から、インターネット、スマートフォン、IoT/AIの発展により、人工物／物、人／生物、データ／プロセス、あらゆるモノが繋がることで、社会的な課題が解決され、新しい産業セグメント、新しい付加価値のついたサービスが実現される豊かな社会（Society 5.0）の実現をめざしています。

光ネットワーク技術では、マルチコア・マルチモードの光ファイバで世界記録を更新していますし、多言語音声翻訳技術では、VoiceTra^{ボイストラ}をはじめ、同時通訳レベルに向けて言葉の壁を超えつつあります。また、時空間同期技術では、チップスケールの原子時計や時間と空間の同期を実現し、高精度な位置情報システムへと発展しています。また、未来社会に向けて、新しいパラダイムである量子ICT、バイオICT、脳情報通信などのテーマも研究開発が進んでいます。



未来社会に向けて光の部分だけでなく影の部分の対策も急務に

— このように進化した社会では、どのような新しい課題が起きているのでしょうか？

あらゆるモノがネットワークに接続されることによって、サイバー空間から物理空間への攻撃も可能ですし、マルウェアによる攻撃も多様化しています。最近では、IoT機器の脆弱性をついたDDoS攻撃やランサムウェアなどの脅威も高まっています。さらに、生成AIに対する攻撃も始まっています。NICTでは脆弱性のあるIoT機器のモニタリングを行うNOTICEであったり、ナショナルサイバートレーニングセンターのCYDERなどサイバー攻撃を受けたことを想定し、不正ログの分析やシステム回復の手順などの実践的演習を国家・地方公務員を対象に年間3,000名以上に提供しています。

— NICTの研究開発を通じて、今後の20年をどんな未来にしていきたいですか？

より具体的には、「人々が時間・空間・身体の制約から解放され、誰もが活躍できる人間中心の安心・安全なSociety 5.0が実現された社会」です。たとえば、サイバネティックアバタの活用で体にハンディキャップのある人でも働けたり、AI同時通訳技術との連携で、誰とでもコミュニケーションがとれたりするようになります。また、人々の生活空間が垂直方向に拡大され、地上、海洋、成層圏、宇宙空間にまで拡大されることを期待しています。

CROSS TALK

〔座談会〕

若手が語る！ NICTの未来

NICTではさまざまなキャリアの人が、
それぞれの夢に向かって働いています。
どんな理由でNICTを選び、
どんなやりがいを感じているのでしょうか。
NICTの将来を担う4人に聞きました。



「熱い思いの方がたくさんいらっしゃって、こういう環境で自分も
チャレンジングに仕事してみたいと思いました」(松田)

盛合 本日は若手の皆さんにNICTの将来を語っていただきます。始めに自己紹介を兼ねて、NICTを志望した理由を聞かせてください。

江川 私は文系出身で就活中にNICTを知りました。国の機関ということで堅い印象を持っていたのですが、説明会での職員の明るくて優しい雰囲気に惹かれました。そこからNICTについて調べた時に、学生時代のボランティアで、ろうの方と対話する時に使った会話アプリにNICTの技術が使われていたことがわかり、私たちに身

近で必要な存在であることを知って志望しました。

石田 私の現在の勤務地は神戸で、神戸フロンティア研究センターの施設管理や施設整備関係の業務などを担当しています。私は大学で科学哲学や科学史を学び、将来は科学の現場に近いところで仕事に就きたいと思っていました。NICTの総合職は、社会に欠かせない研究活動に関わる仕事です。就活中にNICTのワークショップに参加し、NICTの技術の一端に触れ、未来の技術を考える機会を得られたこともよかったと思います。

MEMBER PROFILE



阿部侑真

ネットワーク研究所
ワイヤレスネットワーク研究センター
宇宙通信システム研究室 主任研究員

あべ・ゆうま／大学院修士課程修了後、2017年NICT入所。2020年博士課程修了。2023-2024年ルクセンブルク大学客員研究員。宇宙通信システムとネットワークの最適化に関する研究に従事。博士(工学)。



松田美慧

サイバーセキュリティ研究所
サイバーセキュリティ研究室
研究員

まつだ・みさと／大学院修士課程修了後、2023年NICT入所。ソーシャルメディアで流通するフェイクニュース分析や、拡散を助長するユーザの心理を研究。セキュリティ分野のキュレーションを自動化する研究開発などに従事。



松田 私は大学で情報工学を専攻しました。被災地支援や防災啓発のボランティア活動をしてきたのですが、被災者から「正しい情報が手に入らない」ことの怖さについて聞いていました。すでにフェイクニュースなど偽誤情報の問題があふれていますが、NICTでそうした研究をしていると知り、まずはリサーチアシスタントに応募しました。

盛合 リサーチアシスタントとは、週に数日の頻度で、あるいは2か月集中して、などの期間で研究の補助業務に従事しながら研究所の雰囲気を知っていただく有期雇用の制度です。松田さんは1年間でしたか？

松田 修士2年生の時、1年間です。大学院で勉強しながらNICTでリサーチアシスタントとして偽誤情報に関する

研究などをしていました。研究所には熱い思いの方がたくさんいらっしゃって、こういう環境で自分もチャレンジに働きたいと思い、パーマレント公募に応募しました。

阿部 私は理工学部でシステム制御の研究をしていました。就活時には2本の柱があり、1本は航空宇宙に関する仕事、もう1本は社会基盤に役立つ仕事。この2本が両立するのがNICTでした。最初は有期の研究技術員として入所して、NICTで研究しながら博士号を取得しました。NICTでは一貫して宇宙通信の研究をしており、最近では非地上系ネットワーク (NTN) の研究をしています。



石田 歩
 未来ICT研究所
 総合企画室 神戸管理グループ
 主査
 いしだ・あゆむ / 2019年
 NICT入所。広報部、業務企画部などを経て、2022年夏から国際人材派遣制度を利用して北米大学院に2年間留学し、Master of Public Administration修了。未来ICT研究所で施設関係の業務に従事。



江川瑞希
 総務部 人事部
 人材開発グループ
 主任
 えがわ・みずき / 2018年
 NICT入所。契約の適正性・合理性確保に係る指導・調整、サイバートレーニング事業の推進に係る調達・予算執行管理業務に従事。現在は人材育成のため各種研修等の企画・立案に従事。



盛合志帆
 執行役 /
 経営企画部 部長
 もりあい・しほ / サイバーセキュリティ研究所長を経て、現在、執行役としてダイバーシティ推進に係る業務等および経営企画部長として機構の基本方針の策定や、中長期計画に関する業務等に従事。博士(工学)。

「特徴的で最先端の研究をしている人たちと協力しながら NICTの組織を設計し、改良していく総合職が面白い」(石田)

盛合 次に、皆さんが実際にNICTでの仕事を通じて感じていることを聞かせてください。

江川 入所前に感じた職員の優しくて穏やかな印象は、今も変わりません。新しい取り組みに対しても、柔軟に受け入れてくれる職員が多いと感じています。

石田 NICTでは非常にたくさんの研究が進行しています。特徴的で最先端の研究も多々あるのですが、その中で研究員の方と話し合い、協力しながら組織自体の設計をし、改良していける仕事がとても面白いと思っています。総合職にも研究職にもいろいろな人がいらっしゃって、多様な働き方が当たり前と考えられる組織風土があると思います。

松田 仕事の自己裁量がとても高いと感じています。私は偽誤情報を研究していますが、研究内容は自分で設定しています。研究者がやりたいことができる環境が整えられていると感じます。また、修士課程を修了してすぐに入所し、まだ実績が十分あるという段階ではないですが、先輩方が積極的に海外での発表の機会を設けてくださり、新人を育てたいという熱意もひしひし伝わってきます。

阿部 日本の国レベルのプロジェクトに関わっている実感があります。宇宙関連の研究は、国家的な長期のプ

ロジェクトになりますが、内閣府の宇宙基本計画やその工程表にも記されているような研究にも取り組んでいます。そのような国の政策に直結するような研究に関わることには大きなやりがいを感じます。研究の自己裁量の大きさも実感しています。たとえば科学技術振興機構のムーンショットミレニア・プログラムが面白そうなので自分も参加したいと上長に掛け合ったところ、承諾いただき、参加したこともあります。

石田 私は国際人材派遣制度を利用して2年間、アメリカのサンフランシスコ州立大学で「パブリックアドミニストレーション」(行政学)について学びました。入所した後も、海外留学などのチャンスがあり、NICTの仕事や役割を考え直してみることができるのがいいですね。

盛合 これから改善していきたい、または改善してほしいと思うことはありますか？

松田 私は修士から研究の現場に入っているので、いわゆる新人研修のようなものがとても短く、自分は社会人として大丈夫か？という不安が若干あります。またNICTにはさまざまなバックボーンを持った方が入所されることから、着任時期が人によってまちまちです。なので新任者向けの教育を常時受けられるような体制があるといいと思います。

盛合 はい。新人の研修体制の充実は以前からNICTの課題のひとつだと認識しています。また、2024年度にダイバーシティ推進室が設立され(図1)、私は室長を任されているのですが、NICTのダイバーシティについてどのように思いますか？

阿部 今後はもっと多くの人が働きたいと思ってくれる職場にしたいです。日本人だけでなく世界の人がそう思ってくれる組織に。僕も石田さんと同じく国際人材派遣制度を用い、ルクセンブルク大学に客員研究員として滞在しました。ルクセンブルクは人口の半数が外国籍なので、ダイバーシティに関してはものすごく先進的でした。い



「NICTは安心・安全な社会づくりに
貢献しています。
どんどんPRしていきたいです」(石田)

いろいろな国で育った人たちの、さまざまな価値観に触れ、研究者としても人間としても成長できたと思っています。

江川 人材開発グループは機構内の研修を担当しているので、ダイバーシティの促進と掛け合わせた研修を今後企画していきたいです。

石田 それぞれの仕事、それぞれの人に合った働き方ができるようになるといいなと思います。

図1 NICTダイバーシティ推進宣言



「修士課程を修了したばかりの私にも、国際的な場での発表や交流の機会が多く成長のチャンスが多い職場です」(松田)

「日本標準時を始め、社会インフラと密接に関わっているNICTは、日本になくてはならない存在だと思います」(江川)

盛合 次に、皆さんはNICTをどのような存在だと考えていますか？

江川 日本標準時の決定・維持管理を始め、光ファイバの技術、自身が実際に活用した聴覚障害のある方々とのコミュニケーションアプリの開発など、数々の社会インフラと密接に関わっている、日本になくてはならない存在だと思います。NICTがない未来は、ちょっと想像できません。

阿部 NICTは国立研究開発法人ですから、国と社会の先導者でありながら、社会基盤の維持や管理もしなくてはなりません。かつ、多くの企業や大学などのステークホルダーと関わりながら、中立的にものごとを進めていく役割も求められます。難しさもありますが、そういう組織だからこそ、いろいろな人が関われるのだと思います。社会インフラの基盤に関わりたい人、

最先端の研究をやりたい人、そのマネジメントをした人など、さまざまな目的の人を受け入れられる懐の深い組織だと思います。

石田 NICTの研究開発、公的なサービスは、どれも重要な社会インフラの維持と発展に貢献して、さらには将来の安心・安全な社会づくりの一端を担っています。スマホなど身近なデバイスに社会実装されるものも増えているので、これからNICTの知名度が高くなっていくことに期待し、自分でもPRしていきたいと考えています。

盛合 知名度アップもNICTの課題ですね。

江川 それは私も入所以来ずっと感じていまして、NICTのブランディングをゼロから考えることを若手の中でも議論したことがあります。

松田 知名度に対する課題意識はありつつ、たとえば

「NICTで研究開発マネジメント人材を増やしたい！ NICTのブランディングも課題のひとつです」（江川）

道路はなくてはならないインフラですが、誰も作っている人のことを意識せずに使っていますよね。当たり前に使っているから意識はしないけれども、絶対に欠かせない。NICTはまさに縁の下の力持ち的な存在だと思います。

盛合 ほかに課題に感じることはありますか？

江川 私の業務で感じることは、研究者と事務職をつなぎ、研究を促進させていく「研究開発マネジメント人材」の不足が課題です。

盛合 そのような人材の不足は、日本全体の課題でもありますね。

松田 大きな組織なので、研究所間や職種間をまたいで仕事できる仕組みがあるといいと思います。社会課題がめまぐるしく変化していく中で、いろいろな部署がクロスオーバーして、知見を持ち寄らないと解決しないことも増えてくると思います。拠点も点在していますが、各研究所の人と直接会って話せる場をたくさん設けることも必要だと思います。たとえば私の研究では、SNSのデータ収集を行います。これをユニバーサルコミュニケーション研究所やレジリエントICT研



究センターなどと積極的にコラボすれば、もっとクオリティの高い仕事ができるかもしれません。

阿部 研究成果を社会実装するための取り組み方も課題のひとつですね。たとえば社会のニーズを自分たちで探し、それを解決するために研究する、という意識がまだ薄いように思います。研究者は研究だけではなく、もっと外に出て、いろいろな人と話して、自分自身でニーズをつかまなければいけないのではないのでしょうか。

「世界で初めて成し遂げた！ という研究に関わっていきたい。日本ならではの付加価値で新しいことは絶対できる」（阿部）

盛合 皆さんがこれからNICTでやってみたい仕事について教えてください。

江川 すでに着手してはいますが、先ほどの課題解決策として、研究開発マネジメント人材に関する育成を更に進めていきたいです。科学技術振興機構からリサーチ・アドミニストレーター（URA）等のマネジメント人材の育成に係る研修プログラムが提供されているので、これを活用することでNICTの中でこうした仕事に興味のある職員を増やしていったり、内部での研修を企画したり、NICT版リサーチ・アドミニストレーターの活躍が促進されるような施策を考えてい

きたいです。

石田 先ほどお話したとおり、現在、神戸フロンティア研究センターの施設関係の仕事に携わっているのですが、研究室の皆さんと良い協力関係を築きながら、研究活動をさらに前に加速していけるような環境の整備、仕組みづくりに取り組みたいです。

松田 私はNICTに来た動機が偽誤情報の問題解決なので、偽誤情報を自動検出する仕組みを創り、社会実装するまでが一番やりたい仕事です。

阿部 やりたいことは「世界初」です。これまでNICTが実現した「世界初」はいろいろあって、宇宙

分野では、たとえば光衛星通信が世界初です。「世界初もの」は論文で必ず引用されて後世に残り続けます。僕が読んでいる論文の書き手が、今の上司だったりします。僕も自分の研究で世界初を成し遂げたいと思っています。予算的にはアメリカや中国に大きく差をつけられています。日本ならではの付加価値で、新しいことはできるとしています。

盛合 では最後に、皆さんが考える20年後の未来像を聞かせてください。

江川 20年後ですか……。次世代ネットワークや言語アプリの技術の進化で、場所や時間にとらわれず、人々の絆がより繋がる社会になっていると思います。

石田 20年後は人と人、人とモノ間のコミュニケーションがもっと活発になっているはず。人々がもっと多様な仕方で社会参加できる世界をNICTの研究や公的サービスが支えている、そんな未来であってほしいです。

松田 インクルーシブな社会参加ですね。その前提と

「国レベルのプロジェクトに関わっている実感があります。そんな研究に関わることによりやがいを感ずます」(阿部)



して、誰もが正しい情報にアクセスできる社会でなければなりません。偽誤情報を防ぐ仕組みは、そのために必須ですので、20年後とは言わず、もっと早く実現したいと思っています。

阿部 ちょっと大きな表現になりますが、人々が自分らしく生きられる未来にしたいなと思います。やっぱり今の日本、インフラに縛られて生活しており、心理的に自由になっていないように感じます。もっと自由にどこにでも移動できて、インフラに縛られずに生きられる、そのような暮らしに寄与できる研究もしていきたいと思っています。その中でも重要な役割を果たすのが情報通信。いつでもどこでも安全に通信し、生活できるための仕組みをデザインしていくのも僕らの役割だと思っています。

盛合 そうですね。やはり公的研究機関に求められている役割は、たいへん大きいと思います。NICTは「知の限界を超え 未来の社会基盤を創る」というブランドステートメント(図2)を作成しましたが、民間企業や大学、国や地方自治体と連携しつつ、国立研究開発法人という中立的な立場だからこそできることがたくさんあります。それは20年後も変わらないでしょう。NICT20周年の節目を迎え、次の20年、皆さんが生き生きと仕事でき、夢が実現できるように環境を整えていきたいという思いを新たにしました。今日は皆さん、ありがとうございました。

図2 NICTブランドステートメント



電磁波先進技術分野 | RADIO RESEARCH INSTITUTE |

電磁波研究所 が創る未来とは

電磁波を活用して社会基盤を創るための研究開発と
安心・安全な電波利用のルールづくりを行っている

中川勝広 ———— 電磁波研究所
研究所長

水野麻弥 ———— 電磁波研究所
電磁波標準研究センター
電磁環境研究室
研究マネージャー

電磁波は社会の
重要なインフラに
なっているよ



電磁波伝搬研究センター

リモートセンシング技術

宇宙環境技術

電磁波標準研究センター

電磁環境技術

時空標準技術

電磁波先進研究センター

デジタル光学基盤技術

多種多様な研究センターと研究室

どれほどよい技術でも 安心・安全に使えるなければ意味はない

——— 中川さんが所長を務める電磁波研究所は、電磁波をどう研究し、どう社会に役立てるように取り組まれているのでしょうか。

中川 電磁波研究所の業務内容を一言で表現するのはなかなか難しいのですが、我々が掲げる役割としては大気、気象、地形などをセンシングすることで環境を守り、防災に役立てたりすること、太陽フレアを観測することによる宇宙天気予報で地球における安全と安心を守ること、高

度な情報化社会を支えている電磁環境の維持と改善、社会インフラとしての高精度な時間の生成と供給、次世代に向けた光学技術などの研究開発といったものがあります。これらの役割を実現するため、電磁波研究所では、電磁波伝搬研究センターにリモートセンシング研究室と宇宙環境研究室が、電磁波標準研究センターに電磁環境研究室と時空標準研究室が、そして電磁波先進研究センターにデジタル光学基盤研究室がそ

PROFILE

なかがわ・かつひろ／大学院博士課程修了後、1998年、CRL（現NICT）に入所。C帯二重偏波気象レーダの開発などマイクロ波リモートセンシングに関する研究に従事。2023年から現職。博士（工学）。

れぞれ組織されています。どれほどよい技術があっても、それを安全に安心して使うことができなければ意味がなく、NICTに求められている実社会への貢献も不可能です。電磁波に関する研究開発を進めるのと並行し、電磁波が人体やほかの機器などに影響をおよぼさないかといったことを含め、電磁波を安心・安全で高品質に使えるよう検証しています。—それぞれの研究室では具体的にどのような研究をしているのでしょうか。

中川 リモートセンシング研究室は、光や電波を用いて広範囲の大気状況や地表面の様子を瞬時に把握するセンサーやシステムの開発を行っており、大気や地表面を観測して得た情報を活用して災害の予測などに役立てています。宇宙環境研究室は、宇宙環境の現状を把握するための観測

技術、予測するためのシミュレーション・データ同化・AI技術、利用者ニーズに沿うアプリケーションなどの研究開発を行っており、太陽フレアのような自然現象による災害対策として24時間365日休まずに宇宙天気予報を発信する業務などを行っています(図1)。電磁環境研究室は、電磁波の安心・安全な利用を実現するための研究開発と無線設備用の測定器較正(標準器との比較)(図2)を、時空標準研究室は、周波数や時刻の標準を生成・配信する日本標準時業務などを行っています。デジタル光学基盤研究室は、光の回折現象を利用したホログラムプリントによるデジタル技術への応用業務をしています。どの研究室も社会実装をめざし、社会の役に立つ研究開発をしています。

重要な社会インフラである電磁波 かなりユニークで多様な人材が結集 実際に社会に役立つ研究開発を

—電磁波はすでに重要な社会的インフラになっているのでしょうか。
中川 電磁波には目に見えない電波と目に見える光があります。テレビ、ラジオ、GPS、無線通信、スマートフォンなどに代表されるように、電磁波が私たちの重要な社会インフラになっていることはよく理解していただけるかと思います。電磁波研究所では、電磁波を使った社会インフラの構築、電磁波を安定的に利用するための研究開発、電磁波の基準や標準を構築するための研究開発を行っています。ゲリラ豪雨や線状降水帯の発生を電磁波によって正確に

予測するリモートセンシング技術の研究開発や、原子時計によって作る日本標準時の標準電波による発信は、人々の安心・安全な生活に貢献しています。また、太陽活動の活発化によって地球に影響をおよぼす太陽フレアの発生を予測する技術は、短波やGPS、スマートフォンへの影響を事前に把握することに活かされています。そして、電波を高精度に測るための技術開発や、テラヘルツ波における電力値の基準の確立、さらに不要な電波を適切に制限するための研究を行っています。こうした技術は、社会的なインフラとしての電波、



PROFILE

みずの・まや / NICTに入所後はテラヘルツ波の応用計測技術の研究に従事。現在はテラヘルツ帯EMC計測技術に関する研究に従事。博士(工学)。

つまりスマートフォンや無線通信などを支えていると言えます。

— 中川さんにとっての電磁波研究所とはどんな組織であり、研究者や技術者の方々にはどのようなことを期待しているのでしょうか。

中川 電磁波研究所には研究者、技術者としてはかなりユニークで多様な人材が多く集まっています。やりたいことをやれるのがNICTのよいところですが、私は彼らに対し、もっと攻めた研究開発をしてほしいと思うと同時に、安心・安全で高品質で実際に社会で役に立つ研究開発をしてほしいと願っています。研究予算を含め、そのための研究環境づくりや体制の整理、実施方針の軌道修正が私の役割ですが、電磁波の重要性を広報活動などによって広く国民の皆さんに知ってもらい、電磁波に興味を持った次世代の研究者や技術者を育成したいと思っています。

— いろいろな研究者や技術者がいるということですが、もう少し詳しく教えてください。

中川 研究者、技術者のタイプもいろいろです。どんどん前に出てくるような人もいれば、自分の専門分野の研究をじっくり進めたいという人もいます。研究開発や技術開発の分野では、かなり高い能力や才能が集まっていますし、測定器を使った測

定する技術は、経験も必要で、コツコツと着実に進める必要があるというわけです。私としては、自分の研究領域だけでなく、もっと前に出てくるような姿勢も持ってほしいと感じています。ただ、ここ最近になって全く違う分野の人同士がコ

ミュニケーションすることで、新しい研究成果になるという事例が出てきているのも確かです。困りごとを相談したら別の部署から解決の手が差し伸べられたり、物理的な壁はもちろん、心の壁も取り払われるような状況になってきています。

テラヘルツ波って何？

電波と光の性質を併せ持つ電磁波 人体との相互作用をしっかりと確認する

— 水野さんの研究テーマであるテラヘルツ波は、そうした電磁波の一種なのでしょうか。電磁波研究所の役割ではどのような立ち位置になりますか。

水野 電磁波は周波数、波長によっていろいろな種類に分かれています。テラヘルツ波はおおよそ100GHzから10THzの周波数で波長が約0.03mm

から3mmの電磁波になります。テラヘルツ波は、透過性に優れた電波と指向性が高い光の性質を併せ持っており、科学技術や産業界での応用が期待されている電磁波ですが、発生や検出が難しかったため、これまで利用が進んでいなかった領域でした。ただ、最近になって技術が発達し、テラヘルツ波をセンシングなどに使

どれほどよいものも役に立たなきゃ
科学技術は人と社会のためにある

図1 宇宙天気予報会議の様子



えるようになってきています。

—テラヘルツ波は、たとえばどんなことに利用できるのでしょうか。

水野 空港等での保安検査や将来の無線通信技術への応用が期待されています。これらのテラヘルツ波の利用が進む前には、人体との相互作用をしっかりと確認しなければなりません。それに関連して、私はテラヘルツ波をDNAやコラーゲンなどの生体物質に照射し、透過してきた成分を分析することで構造や状態を数値化するセンシング技術の研究も進めています。また、電磁波技術はもちろん、テラヘルツ波の安全性評価技術に関する研究開発でもNICTは世界をリードする位置にいるので、これからもそのアドバンテージを維持していかなければならないと思っています。

中川 テラヘルツ波には大きな可能性があると思いますが、それを使うためには安全でなければなりま

せん。テラヘルツ波は、あまり距離が遠くへ飛びませんから高強度のビームによるセンシングや通信が求められることが多く、その結果、どれくらいの強度なら安全なのか、人体やほかの機器などへの影響を検討する必要があります。まだ、よく

人の行動変容も重要

20年後には「想定外」をなくしたい 災害が起こっても被害を抑えられる世界に

—20年後、電磁波研究所はどうなっているのでしょうか。また、テラヘルツ波の技術はどのように発展していると予想しますか。

中川 豪雨や地震などでよく想定外という言葉が使われていますが、我々のセンシング技術や観測技術が進化発展し、予測することが可能になれば、20年後には災害について

わかっていない技術領域ですから、NICTの役割として安全基準を策定し、評価しなければなりません。これから国際的にも注目を集める技術でもあり、NICTが各国の標準機関と連携し、国際的な指針づくりを進めていく必要があるでしょう。

想定外という言葉がなくすることができるでしょう。豪雨や地震をなくすることはできないけれど、災害による被害をより少なくすることは可能です。ただ、どれほど素晴らしい予測警報システムを創っても、その情報を受け取った人が避難するなどの行動を変えなければ被害は少なくなります。そのためにも技術の研究開発と同時に心理学や社会学などによる人の理解が重要になっており、電磁波研究所が対象とする分野や専門が広がっているかもしれません。

水野 私が研究しているテラヘルツ技術は、20年後にはすでに安全性も担保され、実世界で使われるようになってきていると思います。がんの治療など医療分野でテラヘルツ波を使った温熱療法のような技術も現れているかもしれません。

テラヘルツ波には可能性があります
そのためにも生体との相互作用の確認は必須

図2 テラヘルツ帯電力計較正システム



革新的ネットワーク分野 | NETWORK RESEARCH INSTITUTE |

ネットワーク研究所 が創る未来とは

通信の重要性がさらに増す将来に向け、
光や無線、ネットワークの研究開発を進めている

原井洋明 ——— ネットワーク研究所
研究所長

板谷聡子 ——— ネットワーク研究所
ワイヤレスネットワーク研究センター
ワイヤレスシステム研究室
研究マネージャー

通信が途切れない
ようにする研究を
進めているよ



先端ICTデバイスラボ

計算機能複合型ネットワーク技術

ネットワークアーキテクチャ研究室

次世代ワイヤレス技術

フォトニックICT研究センター

フォトニックネットワーク技術

ワイヤレスネットワーク研究センター

光・電波融合アクセス基盤技術

レジリエントICT研究センター

宇宙通信基盤技術

タフフィジカル空間レジリエントICT 基盤技術

企業と連携した取り組みも活発

ネットワーク研究所で進む 無線&光通信などネットワークの技術開発

— おふたりは具体的にどんな取
組を行っているのでしょうか。

板谷 主に「Flexible Society Proj-
ect (FSPJ)」という研究プロジェ
クトに携わっていて、製造や医療の
現場で働いている人たちが、安定し
た無線通信を利用できるための技術
を開発しています。同プロジェクト
のメンバー企業は、NEC様、富士
通様、トヨタテクニカルディベロッ

プメント様、オムロン様、NTTコム
様をはじめとする23社（2024年9月
時点）。各社から参加しているのは
約80名で、その都度、スケジュール
の合う研究員が製造や医療の現場に
足を運び、それぞれの知見や持ち込
みの機器を活用しながら、途切れに
くくて繋がりがやすいネットワークを
構築するためのさまざまな課題解決
に取り組んでいます。

PROFILE

はらい・ひろあき / 1998年、CRL（現NICT）
入所。網構成・光・モバイル等ネットワーク分
野の研究開発と推進に従事。総合テストベッド
研究開発推進センター長等を経て、2021年か
ら現職。博士（工学）。

原井 3つの研究センターのひとつである「フォトニックICT研究センター」では、1本の光ファイバ内に複数の「道」を作るなどの試みで、一度に送ることができる情報量を増やす研究開発を進めているところです。頑健性や回復性を示す「レジリエント」という意味の言葉を冠した「レジリエントICT研究センター」では、微弱で不安定な電波をうまく束ねて通信量を確保することに挑戦

しています。大規模ネットワークの制御技術などを研究開発している「ネットワークアーキテクチャ研究室」は、研究所直轄です。以前は有線を研究している人たちと同じ組織にありましたが、最近は無線の研究者も働きやすい組織体制とし、研究開発をしやすい環境になっています。「先端ICTデバイスラボ」では、研究部署の研究者が、具体的なデバイスを作る設備を運営しています。

研究開発した技術の標準化も進む 利害関係のないプロジェクトで 着実な成果を出せるのが強み

——ネットワーク研究所で実にさまざまな研究開発を行っていることが、よくわかりました。その中でも「NICTだからこそ」できる点について、どのようなことが挙げられますか？

板谷 中立的な関係性で研究開発ができることです。NICTからFSPJのメンバー企業や研究員に対し、報酬を出しているわけでも、製造や医療の現場からお金をいただくわけでもありません。そのような関係性だからこそ、製造や医療の現場が本当に欲しいものを抽出し、一緒に作っていくべきものを明確にできるんです。一企業のように「自社製品に縛られる」ことがなく、5GなのかWi-Fiなのかも問いません。1～2週間にわたって現場の課題に向き合い、本当に求められる研究開発に利益抜きで取り組めるのは、NICTだからこそと言えますね。

——企業の垣根を超えたFSPJのチームは横の繋がりが強そうですね。

板谷 はい。「働かざる者、食うべからず」という精神で協力研究員の

皆さんと一緒に技術開発を進めてきました。そんなFSPJの発足9年間で得られた成果のひとつとしては、トヨタテクニカルディベロップメント様やNEC様などの製造ラインに実装された無線システムが挙げられます。たとえば、部品を1個入れたら次に受け渡していくという「1個流し」の製造ラインでは、各作業が完了するごとに、そのことを知らせるデータが、きちんと送受信されないといけません。我々が研究開発した無線システムでは「データが届かない、状況の発生をできるだけ防ぎ、製造ラインがストップしてしまわないようにできます。

原井 「ワイヤレスネットワーク研究センター」では、板谷さんが担当する「地上系」だけでなく、衛星を含めた3次元のネットワークが研究開発の範疇です。2017年には超小型衛星と地上局の間で行った量子通信の実証に世界で初めて成功しました。

——これまで着実に成果を積み重



PROFILE

いたや・さとこ／製造現場の無線安定化に向けた共同プロジェクトを牽引。異種無線協調制御技術・Smart Resource Flow(SRF)無線プラットフォームの標準化のため、Flexible Factory Partner Allianceを設立、副会長。博士(理学)。

ねてきたというわけですね。NICTが設立されて20年が経ちますが、ネットワークに関するニーズには、どのような変化がありましたか？

原井 十数年前までは「このサーバーからこういうデータが欲しい」というふうに、決められた場所に要求してデータを受け取るような時代でした。しかし現在は「こういったデータが欲しい」と要求するだけでネッ

トワーク上から適切なものを探してくる通信技術が求められるようになりました。最初に紹介したネットワークアーキテクチャ研究室では、そんなニーズにも応える具体的なソフトウェアのプラットフォームを開発し、オープンソースとして公開することで、標準化のコミュニティを使ってもらえる活動も行っています。

板谷 研究成果を社会で実装させる

ために、非営利の任意団体「Flexible Factory Partner Alliance (FFPA)」での技術認証も進めています。最近ではFSPJで開発した技術をメーカーが活用し、具体的なシステムとして納品できる状態になってきました。——成果をオープンにして世の中に貢献できるのも、NICTだからこそということですね。

タコ壺に入らないことが大事！ 積極的な研究姿勢を育成する 共同事業や講演会の若手起用

——これまでの活動の中で、特に強い達成感を得られたエピソードがあれば教えてください。

板谷 FSPJ内における「Flexible Factory Project (FFPJ)」というプロジェクトでの知見に基づき、製造現場の無線環境と発生するデータトラフィックの特徴をもとに複数の無線を用いたシステムに譲り合いをさせる「SRF無線プラットフォーム」が形になった時ですね。そもそも想定している環境で実験ができるかを含めて、実際にやってみないとわからない要素が多く、現実の製造ラインの構造を模倣し、複数のメーカーさんが実装したものを組み合わせで動作させることはなかなかうまくいかず、動いた時にはみんなで大喜びをしました。2024年10月には最新のSRF無線プラットフォームの試作機を用い、稼働中の自動搬送車との通信をローカル5Gとキャリア5Gを併用して、通信を安定化させる実験を製造現場の皆さんと一緒に実施しました。

原井 板谷さんが説明した取り組み

のように、ネットワーク研究所の研究員たちには、国の産業界の力を高めるような行動や、自分の裾野を拡げる活動をしてほしいと思っています。自分の研究開発を後々まで継続するために、まずは自身のキャパシティを最大に拡げる。成果をしっかり出しついでいき、その知見や成果を後に続く人のために、ゆっくり還元してほしいです。

——板谷さんのような活躍ができるよう、日頃から研究員に対して、伝えているメッセージはありますか？

原井 「タコ壺に入るな！」とは、よく言っています。NICTは、在籍しているだけで、自身の研究開発を発展できる情報が、自然と入ってくるような環境なんです。周りに耳を傾ければ情報が得られる恵まれた環境を、もっと活用してほしいと思っています。そういった姿勢を養ってもらうためにも「WTP」（日本最大の無線技術&ソリューション展示会）のような展示会には積極的に参加し、NICTの技術をアピールする機会を設けるようにしてきました。外部か

少しでも産業界の力になれる
人材育成を進めています



ら講演を依頼された際は、できるだけ若い研究員に登壇してもらうようにもしています。あとは、FSPJのように企業との共同研究の場を得られそうな時には、やはり若い研究員たちを参加させていこうと。自身の研究成果が少しでも人目に触れて、評価されることにより「税金から得た報酬を国に還元できた」と、胸を張れるようになってほしいのです。

20年後に向けてさらに進む研究開発 情報格差や不安が解消され 通信が人を救える未来に

—NICTの研究開発によって、20年後をどんな未来にしたいですか？

板谷 先ほどお話した「SRF無線プラットフォーム技術」のようなテクノロジーは、医療機関からも求められているんです。医療機関は今、急速な無線化が進んでいて、たとえば点滴にワイヤレス通信を導入し、離れたところからでも投与する薬品の量を調整できるようにしようという話があります。Bluetooth対応の聴診器も徐々に増えてきました。NICTの研究開発によって、患者さんも医療従事者も安心できるようにしたいですね。無線って目に見えないものだし、どのように電波が伝わっているのかわからないので、少しでも通信速度を遅く感じると「ひょっとしたら接続が切れたかも?」「何で繋がらないの?」と心配になるじゃないですか。そういう不安をできるだけ取り除き、患者さんにとっては医療を受けやすく、医療従事者にとっては働きやすい環境を提供できればと思います。

—その話は、もちろん工場の現場においてもメリットがありそうですね。

板谷 そうなんです。とある新聞の印刷会社では約1～2tの巨大なロール紙を輪転機にセットする作業に、無線で遠隔操作できるロボットを活用していて、それがきちんと作動しているのかどうか、24時間体制で監視している人がいるんです。ロボットが無線で完全に制御できるようになれば、そんなストレスフルな仕事をしなくても済むようになり

ますよね。ネットワークの不安を解消し、少しでも楽しく働ける環境を提供したいです。原井さんはどんな20年後にしたいですか？

原井 私は、一般の人が、いつでもどこでも通信やネットワークを利用できる未来にしたいですね。それと、現状では、知っている人だけが得をするという、ある意味で情報が格差を拡げてしまっている状況だと考えていて、それを変えていきたいという思いが強いです。NICTの研究開発でより太いネットワークをたくさん作ることができれば、大量のデータのやりとりを低遅延で利用したい富裕層も、遅くてもいいから余っているところを分け合えればいいと考えている一般層も、等しくデータを利用でき、十分な情報を得られるようになると思うんです。将来的にはみんなが必要な情報を簡単に取得でき、使えるような時代になればいいですね。

—今後の地球環境としては、さらなる異常気象も考えられますし、そういった意味でもネットワークが果たす役割は、今後の20年で重要性がより増しそうな気がしますね。

働きやすい未来にしたいです
無線を安心して使える



原井 そのとおりだと思います。たとえば、ゲリラ豪雨や津波の到来を予測した時に、情報が必要な人に対して適切に伝わる。そして、避難のための移動手段となる「空飛ぶクルマ」をすぐに手配する……ということを手助けできる無線システムの仕組みも、NICTなら創れるかもしれません。いわば「通信やネットワークが人の命を救う。未来が少しでも早く実現できるように、研究開発をさらに進めていきたいです（図1）。

図1 革新的ネットワークが創る未来社会



サイバーセキュリティ研究所が創る未来とは

サイバー攻撃の情報の収集・分析や対策の自動化などの研究開発を進めている

井上大介 ——— サイバーセキュリティ研究所 研究所長

piyokango ——— サイバーセキュリティ研究所

AIを使った分析や
人材育成まで
やっているんだ



サイバーセキュリティ研究室

サイバー攻撃観測/分析/対策研究

セキュリティ基盤研究室

暗号/暗号解析/暗号応用研究

サイバーセキュリティネクサス

産学官連携拠点形成

ナショナルサイバー
トレーニングセンター

セキュリティ人材育成

ナショナルサイバー
オブザベーションセンター

IoT機器セキュリティ対策促進

巧妙でますます複雑化、高度化するサイバー攻撃
大切なサイバー空間を守るセキュリティ強化と注意喚起を
サイバーセキュリティと暗号技術の研究開発を柱に
研究成果の社会展開を行い、
注意喚起や人材育成などの公的サービスを提供

——サイバーセキュリティ研究所の沿革と組織について所長の井上さんにお伺いします。

井上 サイバー攻撃が危機感を持って社会に受け止められたのは、2000年に起きた日本の中央省庁のウェブページの大規模改ざん事件が契機です。その頃からサイバーセキュリ

ティ対策の重要性が指摘され始め、NICTでも研究することになりました。その後、2003年にブラスタというマルウェアによるサイバー攻撃があり、世界中のPCに感染が広がるという事件が起きました。日本の中でもかなりの数のPCに被害が出たはずですが、実際にどれくらい

PROFILE

いのうえ・だいすけ/大学院博士課程後期修了後、2003年、CRL(現NICT)に入所、2024年から現職。2006年よりインシデント分析センター NICTERを核としたサイバーセキュリティの研究開発に従事。博士(工学)。

の被害なのか断片的な情報しかわかりませんでした。そこでNICTはまず2005年からサイバー攻撃の観測分析システムNICTERの研究開発をスタートさせ、2011年にサイバーセキュリティ研究室を立ち上げました。NICTERはダークネットという未使用のIPアドレス空間を観測し、ブラスターのような無差別型攻撃をするタイプのマルウェアを発見できるプロジェクトです。また、NICTERと平行しつつ行っていたのが2000年に始まったセキュリティの基盤になる暗号技術の研究開発です。将来、大規模な量子コンピュータが実現すれば、現在の暗号技術の安全性が消失する危険性があることがわかっています。そのため、セキュリティ基盤研究室では耐量子計算機暗号の基礎研究や安全性評価の研究を行っています。また、サイバーセキュリティに携わる人材が不足していたこともあり、2017年から人材育成のためのナショナルサイバートレーニングセンターを立ち上げ、中央省庁や地方自治体の方々に向けてサイバー

演習を行うCYDERプロジェクトなどを行っています（図1）。さらに、2016年にはウェブカメラなどのIoTデバイスに感染するMiraiというマルウェアが出現したことで、2019年に国内のセキュリティの脆弱なデバイスを調べ、きちんとした対策をしましょうという注意喚起のためのナショナルサイバーオペレーションセンターを発足させています。こうして20年以上やってきた活動の成果として蓄積した技術やノウハウ、データなどを国内の民間企業や大学、研究機関などに提供することで日本のサイバーセキュリティの対処能力向上に繋げ、セキュリティ自給率という表現をしますが、日本製のセキュリティ製品やサービスを増やしていくために、サイバーセキュリティネクサスというプロジェクトを立ち上げました。ネクサスとは結節点という意味ですが、我々が持つ製品のテスト環境や人材育成ノウハウなどをオープンプラットフォームで提供しており、現在では80以上の組織に参加していただいています。

一般の方々へリーチするわかりやすさを断片的な情報を一本にまとめ、俯瞰的な全体像にする民間の発信者とタグを組む

——サイバーセキュリティ研究所のメンバーであるpiyokangoさんは、NICTにとってどのような存在なのでしょう。井上 メディアが伝えるサイバー攻撃の内容や被害についての報道の多くは断片的なものが多いのですが、piyokangoさんが発信しているブログはひとつひとつの断片情報を繋いで俯瞰的な全体像にまとめるような

内容で、我々は以前からその活動に注目していました。国の研究機関であるNICTには、サイバー攻撃の一次情報は集まってきましたが、その攻撃がどういう文脈で行われたのか、どんな意味があるのかというような分析は我々のような研究者やエンジニアとはまた異なったスキルが必要になります。piyokangoさんとお話して、サイバー攻撃によって実社会



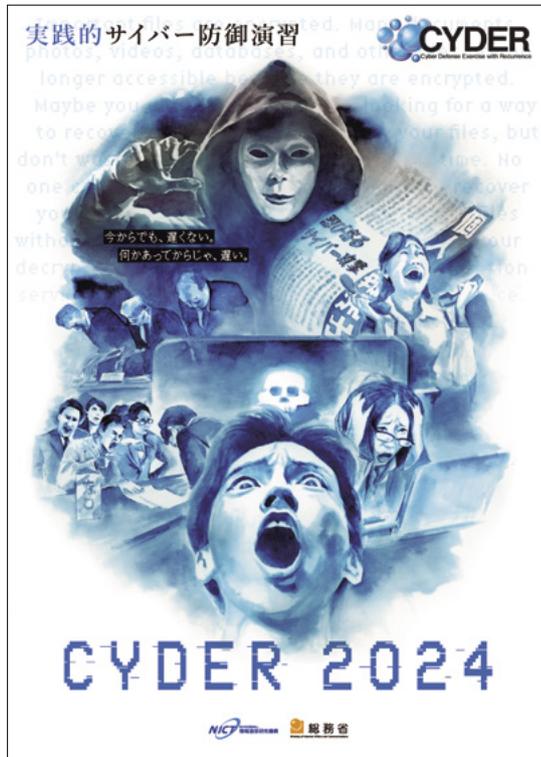
Vulnerable

IP Address : 10.250.252.151
Server Name : nict-server-65
Severity : HIGH
OS : Linux
Num of Host : 1
Num of vulnerability : 104
- HIGH : 57
- MED : 46
- LOW : 1
Last Scan : 2023/06/14 17:17:17

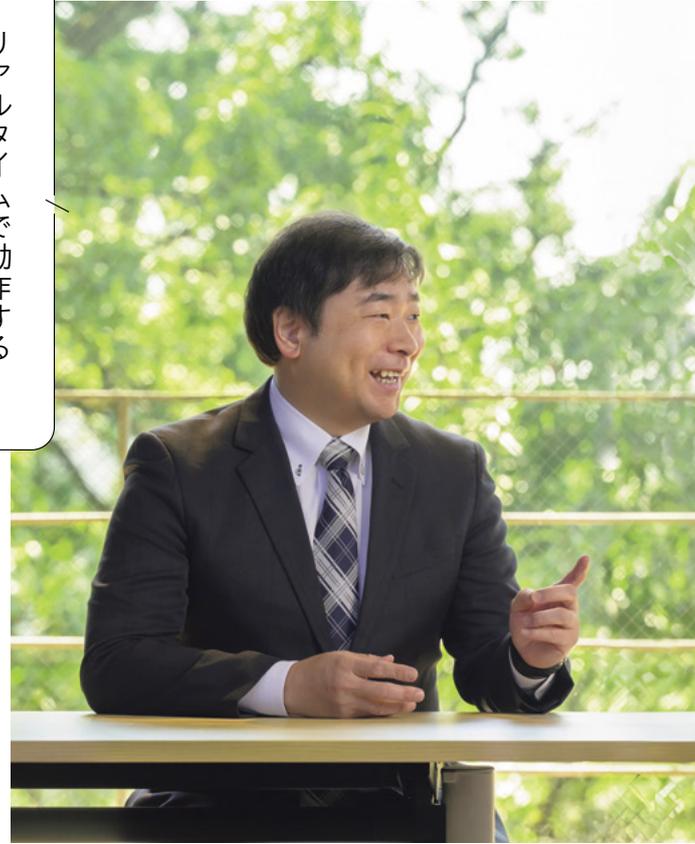
PROFILE

びよかんご/インシデントや脆弱性等のさまざまなセキュリティ事象の収集分析を担当。個人としても、SNS、ブログ、講演、ポッドキャストを通じたセキュリティ情報の発信活動を10年以上続けている。

図1 実践的サイバー防御演習「CYDER」



リアルタイムで動作する
精度の高いセキュリティを



では実際どんなことが起きているかというような具体的な情報がとても役立つと実感しました。我々が持つ一次情報とpiyokangoさんの情報をまとめる力が連携すれば、より確度の高い知見が得られますし、NICTの研究成果を一般の方々へリーチするためにもpiyokangoさんのわかりやすい伝え方が参考になるということでNICTで活動していただくことにしました。

——piyokangoさんとしては、NICTのような組織と一緒に活動することにはどんな意味がありますか。

piyokango 個人としてサイバーセキュリティ関係の情報を集める場合、これまでに蓄積した知見や経験はあるものの、どうしてもメディアの報道などで公になった情報が中心になってしまいます。私自身はより

確度の高い情報を提供したいのですが、最後の最後ではやはり推測の域を出ず、限界も感じていました。こうしてNICTの中で活動することで、バイアスがかかっていない一次情報に触れる機会をいただけ、ある意味で正確で信頼性と信憑性の高い情報

変化するサイバー攻撃の目的と動機 大切なセキュリティ・アウェアネスとは

AIを利用することでサイバー攻撃に先手を
将来はサイバー攻撃の予報が実現か

——piyokangoさんの活動は時間や労力がかかりかかると思いますが、どのようなモチベーションでされているのでしょうか。

piyokango 私の場合、サイバーセキュリティに関する最新の情報を常

を提供できるようになったと思っています。情報発信する側から言うと、情報の正確性や信頼性をどう担保するのか、どうやって検証する時間を捻出するかに常に頭を悩ませてきましたのでとても助かっています。

に追いかけて、新たな手口が現れていないか、破られたセキュリティからの教訓はないか、どんなセキュリティが脆弱なのかといった分析を続けてきました。最初は好奇心から始めた情報提供でしたが、サイバー攻

ユニバーサル コミュニケーション 研究所が創る未来とは

人と親和性の高いコミュニケーション技術を
国民の生活向上や安心・安全な社会の構築に活かす

内元清貴 ——— ユニバーサルコミュニケーション研究所
研究所長

岡本拓磨 ——— ユニバーサルコミュニケーション研究所
先進的音声翻訳研究開発推進センター
先進的音声技術研究室
研究マネージャー

人々が理解し合える
ための技術を
研究しているよ



先進的リアリティ技術
総合研究室

多言語コミュニケーション技術

先進的音声翻訳
研究開発推進センター

社会知コミュニケーション技術

データ駆動知能システム
研究センター

スマートデータ活用基盤技術

統合ビッグデータ
研究センター

ユニバーサルコミュニケーションのための3つのコア技術
年齢や母語、能力などの違いにかかわらず
すべての人に必要な情報を届けるための技術を

——ユニバーサルコミュニケーション研究所について教えてください。

内元 我々の研究所は、誰もがわかり合えるユニバーサルコミュニケーションの実現をめざし、3つのコア技術を開発してきました。多言語に

関する技術、対話に関する技術、そして行動支援に関する技術です。また、コミュニケーションの質の向上をめざした技術開発も行っています。研究所全体のミッションは、相手が誰であっても良好にコミュニケー

PROFILE

うちもと・きよたか / 1996年CRL (現NICT) 入所。自然言語処理、音声翻訳の研究開発・社会実証及び研究成果の社会還元に従事。2020年から現職。博士 (情報学)。

ションができ、また相手の行動を予測することで次の行動支援に繋げ、それらによって言葉の壁といった社会課題を解決するとともに、新たな価値の創造をめざす、というものです。

——言葉の壁をなくすための研究開発は、いつ頃から始められているのですか。

内元 機械翻訳の研究開発は1950年代、音声翻訳の研究開発は1980年代から始められ、こうした取り組みは我々が2010年に開発・公開した世界初のネットワーク型音声翻訳スマホアプリ『VoiceTra^{ボイストラ}』へと発展しました。また、総務省は東京オリッピ

ク・パラリンピックの開催が決まった2014年、グローバルコミュニケーション計画を発表しました。NICTではこの計画の実現のため、産学官連携で研究開発を進めてきました。すでに30を超える商用サービスが生まれています。

2020年には、さらにそれを発展させるべく、2025年の大阪・関西万博までにビジネス・国際会議等で使えるAI同時通訳を実現するという新たな目標が設定されました。すでに民間企業が我々の技術を活用したAI同時通訳の商用サービスを開始しており、万博会場でもサービス提供することが決まっています。

日本語と多言語のデータベースを構築 いかに良質のデータを集めるか、 いかに意味のある情報を見いだすかが重要

——多言語処理や対話、行動支援などの研究開発のために、どのようなことをされているのでしょうか。

内元 日本の研究機関として日本語を重視し、長年、日本語を中心に、テキストデータ、音声データ、多言語の対訳データなど高品質・大規模なデータを集めてデータベース化してきました。この蓄積があるからこそ、たとえば、我々が提供している翻訳エンジンで高精度な翻訳を実現することができています。このデータは、いろいろな情報源から集めてきます。対訳データについては、さまざまな分野の翻訳ニーズに応えるためには、各分野のデータを集める必要がありますが、一般には公開されていないことが多いという課題があります。そのため、民間企業等が保有する非公開の対訳データを公的

研究機関である我々 NICT に提供いただき、そのデータを用いて高度化した翻訳エンジンを安くビジネスライセンスするという、お互いにWin-Winで国産の翻訳エンジンを育てることめざす「翻訳バンク」という枠組みを立ち上げました。すでに100者を超える賛同者からデータを提供いただいています。たとえば、製薬分野について、大手企業約10社からデータを提供いただき、翻訳精度が向上しました。この翻訳エンジンを使った商用サービスは現在、民間企業から提供されています。ほかにも、特許、金融、法令といったさまざまな分野に協関係が広がり新しいサービスが創出されています。日本語データについてはその多くはインターネットから集めています。玉石混交のデータをクリーニングす



PROFILE

おかもと・たくま／大学院博士課程修了後、東北大学ポスドク研究員を経て2012年にNICT入所。多言語テキスト音声合成および音声マルチスポット再生技術の研究開発に従事。博士（情報科学）。

るとともに、そこから、原因と結果といった因果関係などを表すデータを抽出してデータベース化し、そのデータベースを用いて、一般的な検索の上位に出てくるものだけではなく、いわゆるロングテールも検索結果として提示できるような質問応答技術を開発しました。そうしたロングテールにも重要な情報が含まれており、対話の技術に応用されています。

行動支援のためには、言語だけでなくたとえば気象データや人流データなどの多様なデータを扱う必要があります。IoT機器等から得られるデータを集め、言語情報も含め総合的に相関を見いだして次の行動予測に役立てるといったようなことも行っています。



AIの研究開発を進めていき
文化や価値観の壁を取り払いたい

必要な人に必要な情報を伝えるために

二足のわらじで画期的な技術を創出

——岡本さんはどのような研究開発をしているのでしょうか。

岡本 私がメインでやっているのは、音声合成と音声マルチスポット再生技術の研究です。音声合成には音声データの収集が必須で、2023年はウクライナ現地のネイティブの方にスタジオで2万文くらい発話してもらいました。それを録音し、ウクライナ人のスタッフに確認してもらい、そのデータを使ってニューラルネットワークを学習させるわけです。

——複数の言語で学習すると、ニューラルネットワークは学習に用いていないほかの言語にも対応できるようになるのでしょうか。

岡本 機械翻訳はひとつのモデルで全言語の翻訳ができるので、ニュー

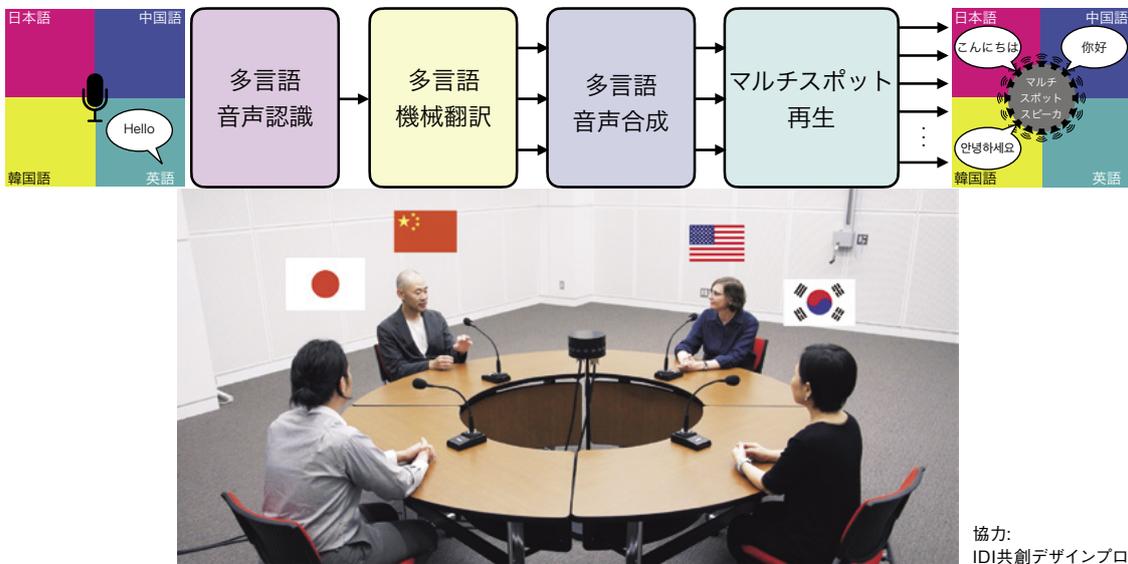
ラルネットワークがほかの言語の受け答えを借用している可能性はあります。しかし、ニューラルネットワークでさまざまな応答ができるようになりましたが、なぜそう答えたのかがまだわかっていません。ハルシネーション（もっともらしい嘘の出力）をどう解決するのもそこが問題です。私の本来の研究テーマは、ルールベースの信号処理です。こちらは理解可能なので、ニューラルネットワークも同じように理解できるようにしたいと思っています。

——マルチスポット再生技術の研究について教えていただけますか。

岡本 マルチスポット再生技術は、複数のスピーカーを用いて聞こえる場所と聞こえない場所を自由に創る

音空間制御技術です。ある音を聞かせたくない場所に対して、ノイズキャンセリングと同様の原理でその音と逆位相の音波を出し、聞かせたくない音を打ち消します。4か国語を4方向に出し分けることが可能なので、多言語同時通訳システムと組み合わせることで、それぞれの言語に翻訳された合成音声をそれぞれの言語の話者にのみに提示できます。この技術を16チャンネル円形スピーカーに実装することで多言語国際会議システムが実現できました（図1）。これを使えば、言語の異なる複数の人々との会議が、簡単に行えるようになります。

図1 音声マルチスポット再生技術を用いた多言語国際会議の様子



人とAIが協調してさまざまな社会課題を解決できる未来に向けて 多様性の拡張、安全性、創造性、透明性の追求

——ユニバーサルコミュニケーション研究所では、生成AIの研究開発もされているのですか。

内元 我々も生成AIのひとつである大規模言語モデルの研究開発とその活用に取り組んでいます。長年培ってきた自然言語処理の技術と日本

語を中心とする高品質なデータを活用し、日本の文化や価値観が反映されたAIを構築できればと考えています。さらに、これまで生成AIで問題になってきたハルシネーションに対して裏取りをする技術や、音声や画像などの情報を加えたマルチモーダ

ルAI技術を活用して、より信頼性の高いAIを実現しようとしています。——20年後の世界はどうなっているのでしょうか。

内元 キーワードは、多様性の拡張、安全性、創造性、透明性です。誰もが平等にAIの恩恵を受けられ、人とAIが協調してさまざまな社会課題を解決できる未来にしたいです。それを実現するには、多様なAIをどう連携させ、どうカスタマイズするかが重要となります。すでに自動翻訳で言葉の壁はなくなりつつありますが、まだ知識の壁、文化の壁、価値観の違いのようなものはあります。このままAIなどの研究開発が進めば、どんな国のどんな人とも理解し合えるようになっていっていると思います。

岡本 自動翻訳の信頼性がより向上し、災害時などどんな場面でも多言語で正確な情報をすべての人へ提供できるようになっているでしょう。また、マルチスポット再生技術を用いたスピーカーが普及し、広く皆さんに使っていただけたら嬉しいですね。



どんな場面でも多言語で
正確な情報をすべての人に届けたい

未来ICT研究所 が創る未来とは

まさに未来を開拓する研究技術者集団
先進的な技術や基礎研究を持続的に育て、社会実装へ

和田尚也 ———— 未来ICT研究所
研究所長

大塚明香 ———— 未来ICT研究所
脳情報通信融合研究センター
脳機能解析研究室
主任研究技術員

未来のICTを実現する
ための苗床のよう
な研究所だよ



神戸フロンティア研究センター

フロンティアICT 基盤技術

小金井フロンティア研究センター

先端ICT デバイス基盤技術

脳情報通信融合研究センター

量子情報通信基盤技術

脳情報通信技術

基礎研究を育て社会実装へ繋げていく

重点領域の多くがここからスタート
多様な研究領域が横断的に連携し、成果を出す

——未来ICT研究所とは、どんな研究所なのでしょうか。

和田 未来ICT研究所の説明についてよく質問されますが、NICTには研究所が5つある中、研究分野の名前がついていないのはここだけです。そのため、その他大勢のような分野が全部集まっているのが未来ICT研究所というように説明しています。たとえば、NICTの戦略4領域、Beyond5G、AI、量子情報通信、サイバーセキュリティの中でサイバー

セキュリティを除いた領域はすべて未来ICT研究所で行っていたものからスタートしています。やはり基礎研究から応用研究になるまでには時間がかかりますから、最初に未来ICT研究所で始まり、それから10年20年経って、今の重点領域やNICTの大きなプロジェクトになるような柱に育っていきました。

——未来ICT研究所は、基礎研究の苗床のような存在なんですね。

和田 基礎研究は必須ではあります

PROFILE

わだ・なおや / 1998年、CRL(現 NICT) 入所。光通信技術の研究開発に従事し、超高速フォトニックネットワーク研究室長、ネットワークシステム研究所長を経て、2020 年から現職。博士(工学)。

が、もちろん社会実装に進むような研究、世の中に出せるようなものは早めに切り出していくような仕組みも考えています。

——未来ICT研究所の中にある研究分野について教えてください。

和田 たとえば超伝導ICT分野は現在、主に窒化ニオブ (NbN) を用いたデバイスの研究開発をしています。超伝導の研究にはいろいろなものがありますが、我々が得意としているのは検出技術です。非常に弱い電波や光でも検出できるのが特徴であり、我々の技術を用いて開発された電波受信機が南米チリの、日米欧の協力で建設されたアルマ電波望遠鏡に使われているのはそのためです。量子技術も非常に微小な信号の検出を必要としますから我々の技術が役立ちます。量子通信には大きく2つあり、量子鍵配送 (QKD: Quantum Key Distribution) 方式の最初の有効性検証なども、未来ICT研究所内の量子ICT研究分野と超伝導ICT研究分野が協力して実施され

ました。もうひとつは将来的な量子インターネットや量子ネットワークと呼ばれるもので、これらはまだ基礎研究の段階ですが、未来ICT研究所の基礎研究分野の技術が役に立つと考えています。

——未来ICT研究所には、深紫外光ICTの研究開発分野もあるのですね。

和田 我々は光出力520mW超で波長265nm帯の深紫外LEDの実証に成功しています。遺伝子、DNAやRNAの吸収帯として265nm前後の波長が最も高い効果があるとされ、たとえばこの波長の光をワット級の高出力で出すLED光源があれば新型コロナウイルスの不活性化などにとっても有効に使うことが可能なのです。我々が開発した深紫外LEDを使うことにより、低コストで高効率な殺菌ができ、空気清浄機やエアコンなどに組み込めば、エアロゾルの中のRNAウイルスの不活性化を素早く行うことができるでしょう。

NICTでは変わり種、実験動物を使った研究も ショウジョウバエの研究から ドローンの制御へ活かす

——未来ICT研究所は脳情報通信やバイオICTといったほかではされていない研究も多いのですね。

和田 たしかに、実験動物のショウジョウバエもうちにしかない遺伝子系統のものがあつたりします。このように、未来ICT研究所の研究者は、ここでしかできないことに意義を見いだす傾向があります。

——ほかの研究分野が何らかの影響を及ぼし、新たな成果が生まれると

というようなこともあるのでしょうか。

和田 ショウジョウバエの研究では、特殊な動きだけに特化させることでドローンの制御などに使えるのではないかといったものがあります。あるいは、我々の記憶という神経活動の最も基本となる部分がどういう仕組みなのか、我々の立てた仮説を実証するために超伝導の技術を使って研究を進めています。こうした成果を背景にして、次はまた何か違った



PROFILE

おおつか・あすか／国研、大学、企業の研究員を経て、2016年にNICTに入所。MEG装置の管理・調整、ユーザー支援、信号処理手法の検証や生体磁気信号の可視化等の技術開発に従事。博士（情報科学）。

アプローチの研究ができるのではないかと考え、若い研究者といろいろ議論しているところですよ。

——未来ICT研究所の特徴として、ほかにはどんなものがありますか。
和田 未来ICT研究所の特徴のひとつが、内部予算より科研費やその他の競争的研究費など、外部からいただく研究資金のほうが大きいという

ことです。これは、競争力のある研究テーマを持った研究者が多くいるということでもあります。未来ICT研究所はこれまでさまざまな逆境にさらされたこともありましたが、それを乗り越えられた理由のひとつなのかなと思っています。

——そのほかには、どちらで研究されているのでしょうか。

和田 未来ICT研究所には、神戸のほかに東京の本部にも、超高周波デバイスやパワー半導体デバイス、そして量子ICTなどの研究をしている小金井フロンティア研究センターがあり、また大阪には脳情報通信融合研究センター（CiNet）があるなど、研究者が神戸と東京、大阪を往き来して研究開発をしています。

脳情報通信融合研究センターとは

さまざまな分野の研究者が集い、分野を超えた連携研究を通して脳情報科学が深化・発展する

——このCiNetとはどんな組織なのでしょう。

大塚 CiNetでは、より効率的な情報通信戦略を脳から学び、未来の社会基盤として活用するための基礎研究や技術開発が広く行われています。脳自体の研究と情報通信技術の研究を融合させているところが特徴で、神経科学、生体医工学、情報科学、

認知心理学など、多様な分野の研究者が連携して挑戦的な研究を進めています。そのベースとなる脳データを高品質で計測するために、最先端・最高峰の脳計測施設が、世界トップクラスの規模で整備されています。私が所属するグループでは、大型装置の管理、調整、高度な計測環境整備や計測・解析支援のほか、計測デー

図1 CiNetに導入されたMEGシステム



特注で開発された世界最先端・最高峰のMEGシステムが導入されています

タの品質向上を目的とした技術開発を行っています。これを国内外の研究機関との共同研究として取り組むことで、脳計測技術開発の拠点形成にも繋がるように進めています。

和田 大塚さんはCiNetの研究技術員の立場から話していただけていると思いますが、CiNetには特殊な機械がたくさんあり、それが研究の武器に



NICTの多くのプロジェクトが
この研究所からスタートしています

なって世界最先端の脳科学や情報通信などの研究ができるわけです。

CiNetの研究技術員の方はほとんど学位をお持ちですし、大塚さんも研究技術員としてMEGの扱いに習熟していることから科研費でも研究代表者になるなど研究者としても十分できる方です。

——大塚さんが取り組まれているMEGを使った研究では何が難しいのでしょうか。

大塚 MEG (Magnetoencephalography) は非侵襲脳機能イメージング法のひとつで、超伝導量子干渉素子 (SQUID) などの超高感度磁気センサーを用いて、脳神経細胞群の

電氣的活動に由来する微弱な脳磁界信号を検出して可視化する技術です (図1)。脳磁界信号は都市雑音や電子機器雑音、また、被験者の目の瞬きや心拍などの生体磁気雑音に埋もれているので、これを発掘するために、雑音がいつどこから出て来たのかを時空間的に捉えて分離しなければならないのですが、その時に問題となるのが「生体の動き」です。瞼や心臓、肺、血管などの動きを反映させた空間モデル化や、その計算に用いる生体組織ごとの導電率の設定などの技術的課題について、現在、国内外のMEG専門家やグループ内のMRI専門家との共同研究として、また、NICT他部署の研究成果も参考に、新しい計測・解析技術の開発に取り組んでいます。

未来ICT研究所がめざす20年後

基礎研究から生まれた技術やデバイスが 社会で役立っていることに期待

——20年後には未来ICT研究所の研究はどうなっているでしょうか。

和田 我々が行っていることは、それぞれ10年後20年後30年後に社会実装できるような基礎研究が多いので、これから先もこれまでと同じように何か面白い研究を見つけて育て生み出しているのかなと思います。とはいえ、今の日本では科学技術のレベルはかなり高いわりに、いざ社会実装やビジネスにフェーズを移し

た途端、どうもうまくいかないことが多いように感じます。20年後には、未来ICT研究所から出た技術やデバイスがどんどん社会の中へ出て役立っていると思います。

大塚 MEGに関しては、現在、小型で可動型の超高感度磁気センサーの技術開発が世界的に進行中なので、さまざまな生体情報の非接触計測が身近になって、個人の生活環境での利用が進むと思います。たとえば、

磁気センサーを搭載した臨床用ベッドや車椅子で、脳、視線、表情、発話、嚥下、脈動、心拍、呼吸、消化などに関連する生体磁気信号を常時非接触モニタリングしたり、聴覚野の神経活動によって自動調整される補聴器や、視覚野の周波数特性に応じてリフレッシュレートを設定するモニターの開発など、いま取り組んでいるMEG基盤技術が役に立つような社会実装が進んでいることを期待しています。



寶迫 巖

Beyond5G研究開発推進ユニット
ユニット長

ほうさこ・いわお / 大学院博士課程修了後、製鉄会社を経て、CRL (現 NICT) に入所。以来、テラヘルツ帯の光源・カメラ・無線開発に従事。B5G 関連ではホワイトペーパーの出版やアーキテクチャの議論に参画。博士 (理学)。



Society 5.0を実現するBeyond 5Gの研究開発

Beyond 5G のビジョン

携帯電話の世代は、これまで10年ごとに更新されてきています。2024年現在では、第5世代 (5G: 5th Generation) となっています。次世代移動通信として世界で6Gの研究開発が進む中、日本においては「Beyond 5G」と呼び、研究開発を行っています。

日本が目指す未来社会の姿、すなわちSociety 5.0は、第5期科学技術基本計画 (平成28年1月22日閣議決定) において、「サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会」と定義されています。この未来社会を実現するために必要な情報通信技術として、6Gを含む次世代通信技術が「Beyond 5G」です。

Society 5.0ではサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムCyber Physical System (CPS)が重要な概念です。フィジカル空間には、情報通信を含むさまざまな産業があります。Society 5.0では、これらのデジタルツイン (Digital Twin (DT)) がサイバー空間に形作られることとなります。フィジカル空間での事象は、さまざまなモノがインターネットに繋がるInternet of Things (IoT)により収集され、サイバー空間に送られ、DTが形成されます。複数の適切なDTを連携させることによって、経済発展や社会課題

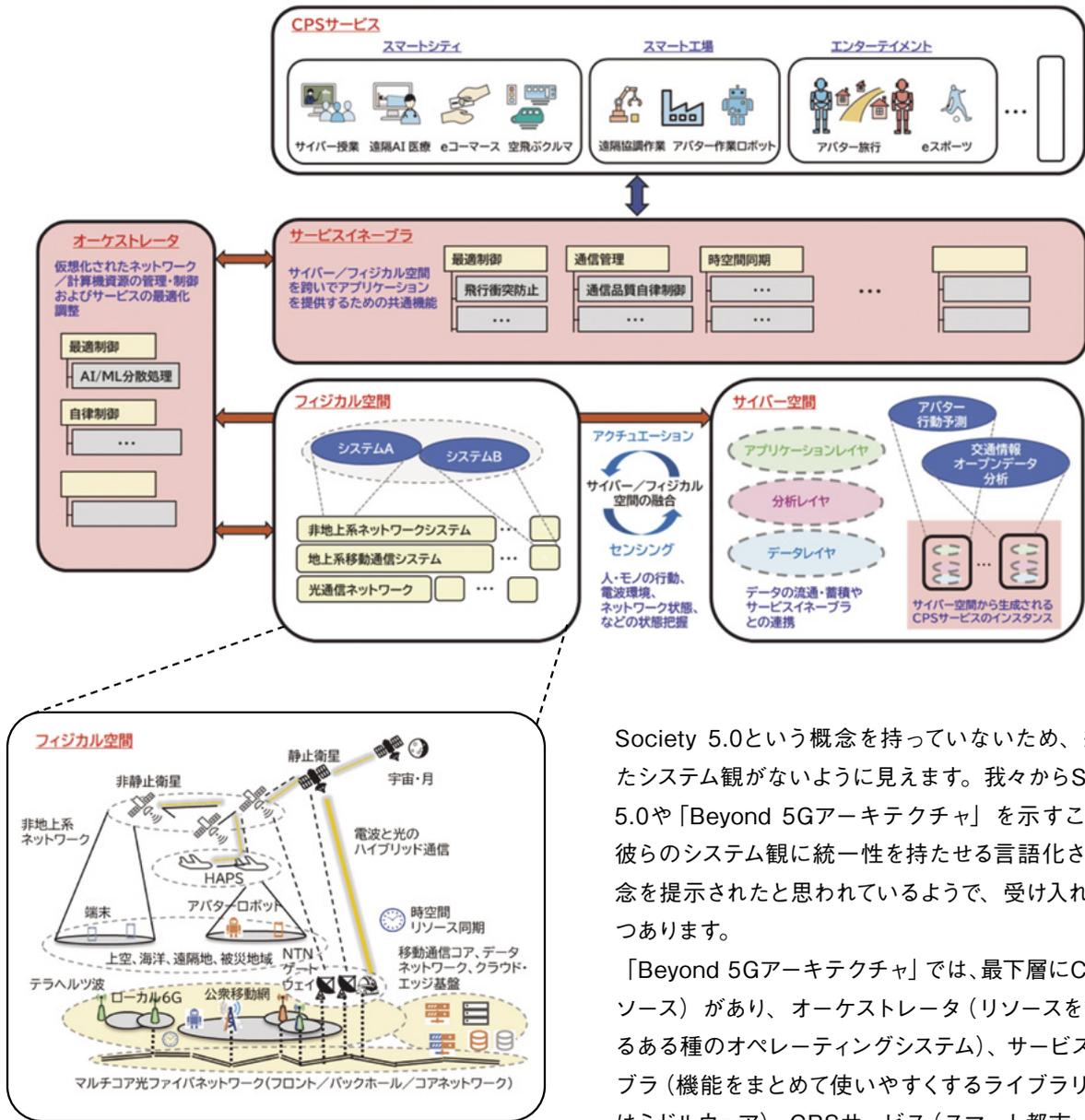
を解決する最適解を見いだし、フィジカル空間へフィードバックが行われます。Society 5.0では、このようにCPS-Loopが常に動作していることとなります。この動作を支える情報通信技術が「Beyond 5G」であるとも言えます。

フィジカル空間にあるさまざまな産業等のDTを作り、それらをサイバー空間に置き、情報通信技術により相互接続するだけでは、Society 5.0を実現できません。CPSに内在する構造 (アーキテクチャ) を抽出し、インターフェースを定義する必要があります。ひとつたびアーキテクチャができたならば、それを利用して実際のアプリケーションが実行できるかを概念実証 (Proof of Concept (PoC)) として示すことが必要です。

NICTでは2023年3月までに、Beyond 5Gホワイトペーパーを第3版まで出版し、その中でCPSに内在する構造として「Beyond 5Gアーキテクチャ」を特定し、内外にその有用性を発信してきました。2024年度は、PoCを示す段階にきています。

海外においても6Gの研究開発投資は盛んであり、これら実施者等との連携は不可欠です。特にドイツではEUからのファンド、連邦政府のファンド (6G-Platform)、地方政府のファンドと極めて手厚く研究開発が行われており、その規模感はNICTの「革

図1 Beyond 5G (6G) の機能アーキテクチャ



Society 5.0という概念を持っていないため、統一したシステム観がないように見えます。我々からSociety 5.0や「Beyond 5Gアーキテクチャ」を示すことは、彼らのシステム観に統一性を持たせる言語化された概念を提示されたと思われるようで、受け入れられつつあります。

「Beyond 5Gアーキテクチャ」では、最下層にCPS(リソース)があり、オーケストレータ(リソースを管理するある種のオペレーティングシステム)、サービスイネーブラ(機能をまとめて使いやすくするライブラリもしくはミドルウェア)、CPSサービス(スマート都市、スマート工場、エンターテインメント等)、エンドユーザーという階層構造を規定しています。

このアーキテクチャには以下の3つの特徴があります。①産業にまたがるオーケストレータ/サービスイネーブラにより、参入障壁を下げるができる。②持ち寄られた多種多様なリソースを「つまみ食い」して新たなサービスを試すことが可能となる。③接続者(社)が多いほど、リソースの組み合わせは、級数的に増加する。

まずは、このような特徴を持つテスト環境が整備され、テスト環境を用いて新たなサービスが継続的に生み出され社会実装されていくことが今後期待されます。

「新情報通信技術(Beyond 5G(6G))基金事業」と同程度です。このような状況を鑑み、ドイツとの連携を緊密にとっています。さらにフィンランド、シンガポール、フランス、米国、オランダ等との連携も進めています。

海外のプロジェクトにおいても、サイバー空間の要素としてDTや人工知能(Artificial Intelligence(AI))／機械学習(Machine Learning(ML))がさまざまなところに出てきます。そのため、多くの場面では互いの興味が一致することも多く、協力関係を築くことが可能です。しかしながら、我々の立場から見ると



井上大介

サイバーセキュリティ研究所
研究所長

いのうえ・だいすけ／大学院博士課程後期修了後、2003年、CRL（現NICT）に入所、2024年から現職。2006年よりインシデント分析センターNICTERを核としたネットワークセキュリティの研究開発に従事。博士（工学）。



見えるセキュリティから見えないセキュリティへ

サイバーセキュリティのビジョン

サイバーセキュリティは決して終わることのない研究分野です。人類の文明が生まれてからこれまで、犯罪行為はずっとなくなっておりません。そして今、その犯罪行為がサイバー空間にどんどん移ってきています。犯罪行為で用いられるサイバー攻撃の手法は進化し、多様化を続けています。したがって、サイバー攻撃に対抗するためのサイバーセキュリティも発展を続けないといけない、足を止めてはいけない研究分野なのです。

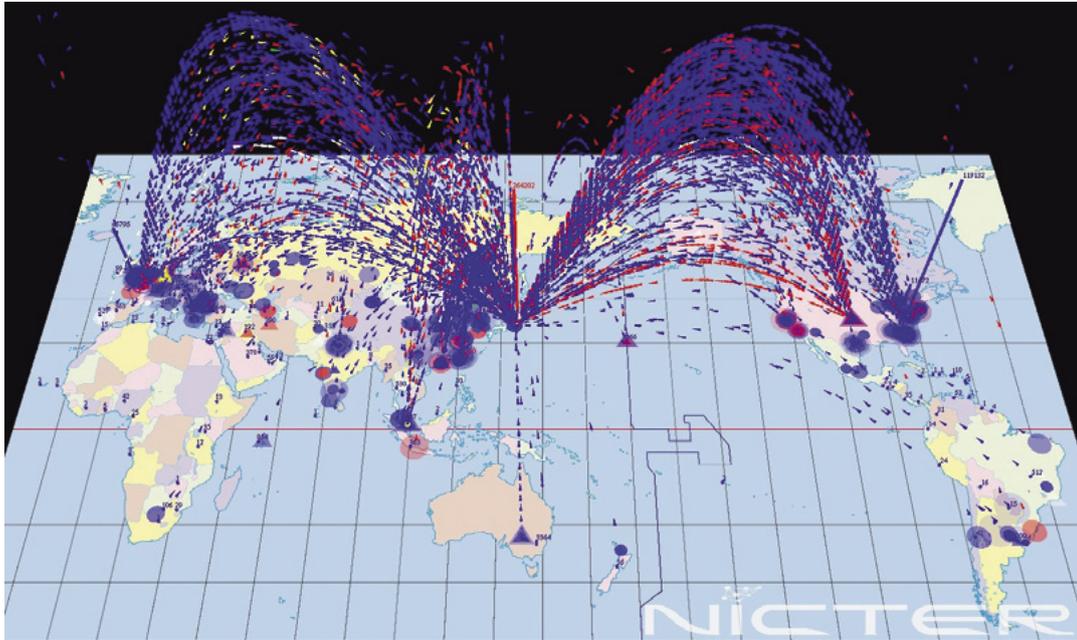
最近のサイバー攻撃の主たる目的は「お金を稼ぐこと」です。お金を稼ぐ手法として、今最も脅威となっているのがランサムウェアです。ランサムとは身代金という意味で、攻撃者が身代金を要求するために組織のシステムの一部を麻痺させ業務を止めてしまったり、機密情報を窃取して脅迫したりする攻撃です。被害を受けた組織が要求される身代金は数億円から100億円規模の莫大な額にのぼることもあります。最近では、大手出版企業へのサイバー攻撃が大きく取り上げられ、同企業が運営する動画配信サイトなどのサービスに影響が出た事例が記憶に新しいと思います。これはまさに、ランサムウェアによって引き起こされた事例です。この復旧には2か月近くかかり、売上にも大きく影響を与えました。

こうしたサイバー攻撃の対策をするためにまず必要

なことは、正確な観測と分析を行うことです。我々NICTは公的研究機関としての「中立性」という特徴を活かして、さまざまな企業や大学、そして海外の組織にもサイバー攻撃の観測用センサーを設置し、「NICTER」という日本最大の観測規模を持つ、サイバー攻撃を観測・分析し、さらに見える化する仕組みを創りました（図1）。我々はNICTERを2005年からこれまで約20年間運用しており、最近では日本国内の脆弱なIoT機器を見つけて注意喚起をするという活動も行っています。また、インターネットを安全にするための最も基盤的な技術が暗号技術です。暗号は新しい解読手法が見つかる瞬間に破られる可能性があるため、常に最新の解読手法を研究し、暗号の安全性を評価するのも我々の重要なミッションのひとつです。

国内では、サイバー攻撃を組織の経営リスクとして捉えて対応しないといけないという意識がここ10年で上がってきていますが、それを適切に実行できる人材がまだまだ不足しています。NICTではサイバー攻撃を受けた際に現場対応できる人材をトレーニングする実践的サイバー防御演習CYDERや、セキュリティに関する技術やサービスにイノベーションを起こせる若手世代の人材育成事業SecHack365^{セックハックサンロクゴ}（図2）など、セキュリティ人材を育て、増やす取り組みも行っています。

図1 NICTERによるサイバー攻撃関連通信の可視化



一方でグローバルに目を向けると、サイバーセキュリティ分野における日本の存在感は薄く、国産のセキュリティ製品で世界的なマーケットシェアを持つものはほとんどありません。日本全体の研究開発や技術開発は、この20年でかなり縮退してきていますが、それはサイバーセキュリティ分野においても同じです。その中で、NICTはサイバーセキュリティ研究の人員体制を過去20年間で10倍以上にし、研究力を着実に強化してきています。しかし、まだまだ日本全体として研究力を向上させないと現状は変わりません。そこでNICTではサイバーセキュリティの結節点を創り、産学官が連携してセキュリティ自給率を上げ、日本のサイバー攻撃対処能力を向上させることを目的とした組織「サイバーセキュリティネクサス」(CYNEX)を2021年に設立しました。

図2 若手世代の人材育成事業SecHack365



毎年約40名の25歳以下のセキュリティノベーターを育成している

今後のサイバーセキュリティの展望ですが、攻撃者側はAIを使った攻撃の自動化、効率化を進めてくるでしょう。そしてそれを防御する側である我々にとっても、AIを使った自動化や効率化はますます重要になります。こうしたAIを使ってセキュリティを高度化していこうという「AI for Security」について、NICTでは20年前から力を入れて研究開発を続けています。そして、さらに今重要になってきているのが、AIをどうやって守っていくのかという「Security for AI」です。たとえば、AIに間違ったデータを入力してトレーニングし、間違った答えを出すように毒してしまうポイズニングという攻撃や、あるいは生成AIにおいては、AIがさも本当のように嘘をついてしまうというハルシネーションの問題もあります。今後AIを安心安全に活用していくためには、AI自身のセキュリティや、AIを使う際のセーフティなどをもっと考えないといけません。

これからの20年で我々が実現したいことは、「人々が意識しなくてもセキュリティが守られている世界」を創ることです。今現在は一般家庭でも企業でもセキュリティ対策に多くの時間が費やされています。しかし、皆さんにはまず生活や仕事があり、セキュリティはそれを滞りなく営むための付加的な要素のほうです。セキュリティの機能がサイバー空間に溶け込んでいって、人々が無意識に守られているという状況を創り出すことが、未来のセキュリティのあるべき姿だと思います。



藤原幹生

量子ICT協創センター
研究センター長

ふじわら・みきお／CRL（現 NICT）入時には天文観測衛星搭載用遠赤外検出器の研究開発に従事。現在は量子鍵配送、量子もつれ光源、量子鍵配送ネットワーク、衛星量子暗号の研究に従事。量子技術イノベーション拠点推進会議構成員。博士（理学）。



量子力学を通信に応用し安心・安全な通信インフラの構築を目指す

量子ICTのビジョン

量子とは量を計る最小単位と定義できます。我々が目にする光も、強く減衰させるとそれ以上分解できない粒（光子）として計測することができます。光は波としての性質も持っており、強めあったり弱めあったりする干渉現象も見られます。量子状態とは物がもつ粒子の性質と波の性質の双方の特徴が顕在化する状態です。NICTではこの量子状態を利用した通信、量子通信を研究しています。量子通信とは量子力学と情報科学を融合させた通信・情報処理技術です。従来の情報科学に量子力学の考え方を導入し、情報理論のさらなる探求・精緻化を進めています。さらに量子状態の特有の現象を活用し新しい革新的機能を実現できる技術の開発を進めており、世界各国においても盛んに研究開発が進められています。

NICTでは量子技術を用いた超長距離通信や大容量通信を可能とするための量子情報の研究も進めていますが、将来どんな計算機でも解読不可能な量子鍵配送(Quantum Key Distribution: QKD)の研究開発を精力的に実施しています。量子鍵配送は1984年に公表されたBB84プロトコルが最も有名ですが、光子ひとつひとつに乱数情報を載せ、離れた2者間で安全な乱数を共有する技術です。どの様な計算機でも解読不可能な安全性を情報理論的安全性と言います。QKDで

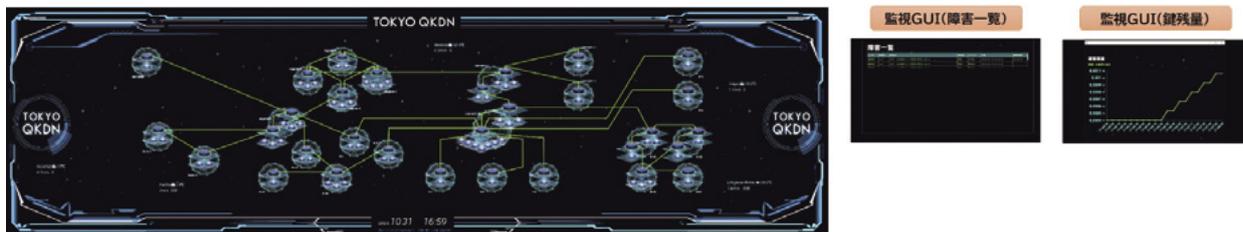
図1 量子暗号の概念図



は物理法則が安全性を担保しています。情報理論的安全な乱数は暗号通信に極めて重要な役割を果たします。たとえば送りたい情報1ビットごとに共有した乱数1ビットと排他的論理和 ($0\oplus 0=0$ $1\oplus 0=1$ $0\oplus 1=1$ $1\oplus 1=0$) を計算するVernam's one time pad (OTP) 暗号で暗号化すれば (QKDとOTPを合わせたものを量子暗号と我々は定義しています)、情報理論的安全な暗号通信が可能となります (図1)。

NICTでは量子通信の重要要素技術である量子もつれ光源、単一光子検出器などの高度化の研究を進めており、各技術で世界トップクラスの性能を実現しています。一方、社会実装を目指したQKDの装置化に関しては国内のメーカーと連携し、市販可能な装置におい

図2 東京QKDネットワークの制御画面



で世界でも最も高性能な装置開発に成功しています。

QKDは従来技術にない革命的な機能を実現できますが、情報の媒体が光子であるため、鍵の生成レートは伝送路の損失に大きく影響を受けます。QKDも通常の光ファイバを利用します。光ファイバは光の透過性が高いものですが、少なからず損失があります。標準的には光ファイバで50km伝送すると、光の強度は1/10に減衰します。光子についても遠隔地に届く確率が1/10になります。つまり鍵の生成率も光ファイバ長に対し指数関数的に減少します。単一光子検出器の雑音による限界があり、現在市販されるレベルのQKD装置ではファイバ長～100kmが鍵生成限界距離になります。到達距離100kmに制限されてしまっは利用時の利便性が損なわれてしまいます。それに対し、幾つものQKDリンクを局舎を介して接続させ、局舎内では鍵は古典情報で保存し、鍵を別の鍵で暗号化しカプセルリレーすることにより、鍵供給エリアの拡大を図ります。このような方式でQKDネットワークの形成が米国、EU、中国、アジアの各国で進められています。特に中国では総延長1万kmにおよぶ巨大なネットワークが形成されています。翻って我が国ではNICTが2010年に運用を開始した東京QKDネットワークが現在も稼働中で、世界で最も運用期間の長いネットワークとなっています。規模こそ大きくはないですが、さまざまな信頼性試験を実施し、QKDネットワーク運用のノウハウの蓄積に成功しました。その成果はITU-T等の標準化活動において我が国がイニシアティブを発揮できる力の源泉となっています。東京QKDネットワークは2023年に拡張し、我が国の大手金融機関とも直接リンクを形成しました(図2)。想定ユーザの皆様と共に将来の実用に向けた試験を積み重ねています。

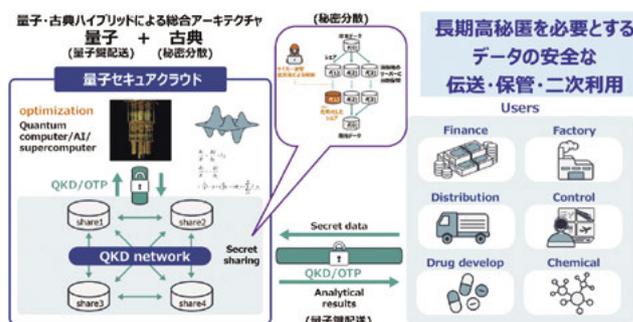
またNICTは情報の安全な伝送だけでなく、超長期に安全にデータを保管できる技術を世界に先駆けて研究開発しています。データの情報理論的安全な保管方法として秘密分散というプロトコルが知られてい

ました。データを幾つかのシェアと呼ばれる分散片に変換し、それぞれのシェアを遠隔地に伝送・保管します。データを復元する際にはあらかじめ決めておいたしきい値以上のシェアを集め、計算することで初めて復元が可能になります。言い換えると、しきい値未満のシェアが仮に漏洩したとしても、元のデータの秘密性は一切劣化しません。この秘密分散をQKDネットワーク上に構築、さらに秘密分散の持つ秘匿計算という特性を活かし、データを扱う際の認証も情報理論的安全に実施することに成功しました。我々はこのシステムを量子セキュアクラウド(図3)と命名し、データの安全な伝送・保管・二次利用ができる情報通信インフラとしての研究開発を進めています。

NICTではQKD装置を低軌道衛星に搭載し、鍵共有をグローバルスケールで可能とするための研究も進めています。衛星搭載は中国を始め、世界各国で進められており、我が国の技術の先進性を保つため研究開発を加速しています。

量子技術はQKDだけではなく、高精度な時刻配信にも活用できます。現在よりも桁違いに高精度な時空間情報を得られる技術の研究開発も進めています。2040年頃には衛星を介してインターコンチネンタルなQKDを実現、さらに量子技術が支える高精度時空間情報の提供を実現し、より利便性と安全性を向上させた通信インフラの実現を目指します。

図3 量子セキュアクラウド概念図





鳥澤健太郎

ユニバーサルコミュニケーション研究所
NICTフェロー

とりさわ・けんたろう／大学院博士課程中退後、東京大学助手、北陸先端科学技術大学院大学准教授等を経て、2008年にNICT入所、AIの一種である自然言語処理の研究に従事。日本学術振興会賞等受賞。博士（理学）。



リア王の道化、カントの道徳形而上学の基礎づけ、AIの倫理

AIのビジョン

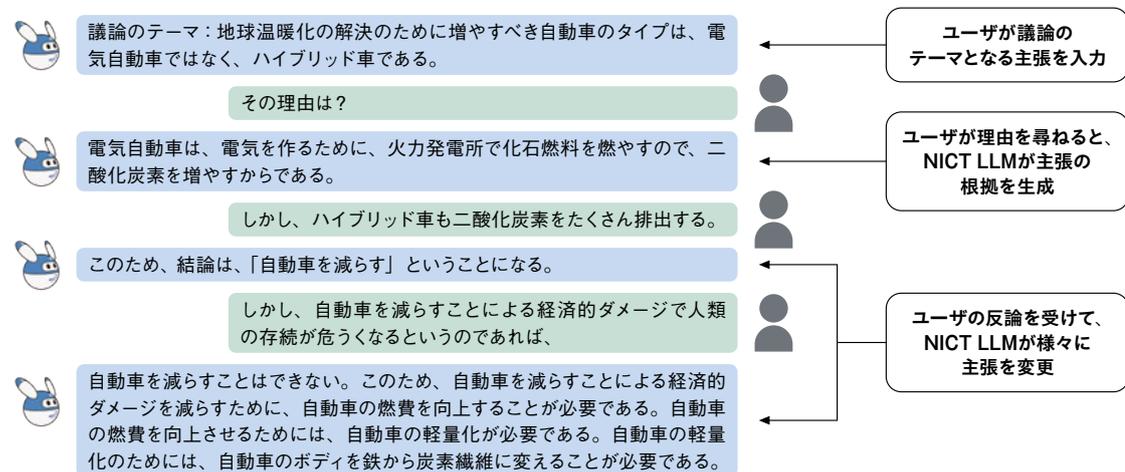
「リア王が自らの王国を娘達に分け与えるに際して、娘のうち誰が一番自分を愛しているか問うた時、長女のゴネリルは『その愛はことばを貧しくさせ、唇を閉ざさせます。』と媚びへつらった。末娘のコーディーリアは『私はお姉様たちのように結婚してなお愛のすべてをお父様に捧げはしません。』と正直に答えて勘当されたが、その後、末娘の努力も虚しく、リアも娘達も皆破滅した(上記セリフは、ウィリアム・シェイクスピア、『リア王』、小田島雄志訳、白水社、1983から引用)。リアは、媚びへつらいでもらうものをもらった年長の娘たちに冷遇され、ついには荒野に出奔したが、その際、王に減らず口を叩くことが許されていた道化は常に傍にいた。彼はリアに罵られつつも、リアの視点とは異なる真理、つまり媚びへつらった娘たちに領地を与えたのは間違いだったとリアに伝えようとする。

道化の努力は身を結ばないが、今後、AIが社会に浸透する中で人間に必要なのはこの『道化』かもしれない。現在生成AIは大量のWebデータから学習して賢さを得ている。一方、報酬をちらつかされつつ、その対価として何をオファーするかと尋ねられれば、媚びへつらうのは世のならないであり、そうしたおべっかはAIが学習するWebデータに大量に含まれているだろう。AIがそれらから学習した結果、ゴネリルのようにユーザに媚

びへつらい、ユーザはリアのように周りが見えず、裸の王様になるかもしれない。今後、それぞれの人間と各々の人間に阿るようパーソナライズされたAIだけがいわば『二人だけの世界』を創って引き籠もれば、人間間のコミュニケーションがまったく成立しないディストピアすら見えてくる。多数の人間が、リアと同様、他の人間との連携がない荒漠たる精神的荒野をそれぞれ彷徨う未来である。

このような問題を回避するには道化のような何者かが、ユーザに対して媚びへつらうことなく、AIのもたらず視点とは別の第二の視点を提供する必要がある。が、この道化役自身もAIに知識量で対抗するためAIとならざるを得ないであろう。で、この道化役AIに、第一のAIとは異なる第二の視点を提供させるには、第一のAIがなんらかの出力/視点を提示するたびに、その『問題点』を道化役AIに出力させれば良い。第一のAIがゴネリルと同じくリアに媚びへつらったなら、道化が主張したリスク、つまり領地を渡した後、荒野に追放され、破滅するリスクを第二のAIに出力させればよい。こうした動作は現在の生成AIでも単純なプロンプトで容易に実装可能である。この道化役AIは多数あってよく、それぞれが互いの出力に同意したり、問題点や逆にその解決策を指摘しても良い。要するに、多数のAIからな

図1 NICTのLLMとユーザが議論をしている具体例



るAI複合体の中でそれらAIが議論を行い、必要であれば議論の経緯をAI複合体の出力として一つのテキストにまとめ、人間を好ましくない方向へと誘導することをAI複合体全体で回避するわけである。また、多様なAIが互いに議論すれば、より多様な視点に基づいてより創造的なアイデアが生成される等有用性が高まる可能性もある。

一方でAIのリスク、つまり、不適切な情報でユーザを好ましくない方向に誘導してしまうリスクは、AIのブレークスルーとなった巨大なデータとその学習というプロセスが複雑すぎて精査、修正が難しいことに起因している。哲学者カントは真に普遍的な道徳的原理を特定するにあたって、経験（AIの文脈では、雑多な学習データや解析不能な学習プロセスということになる）から得られた要素は排除すべきだとした（イマヌエル・カント、『道徳形而上学の基礎づけ』、大橋容一郎訳、岩波文庫、2024、p.13）。この主張はAIのリスクへの普遍的な対処法のヒントになるかもしれない。経験、つまり、個々のAIの学習データや学習状況を精査せずとも実現可能なリスク回避の方法を考えるべきだということである。上述のAI間の議論では、多数のAIが同一の偏った結論に辿り着くことがないよう、学習データ等が異なるが、一定の水準には達している多様なAIを集め、多様な視点から議論をさせることが望ましい。そうなれば、個々のAIの具体的悪癖を事細かに、かつ完全に矯正せずとも安全性向上が期待できるだろう。この場合、カントの普遍的な道徳的原則は、それぞれのAIの出力の問題点を互いに指摘させ、その解決策も提示させるというAI間議論のためのプロンプトや

プロトコルに対応するのだろうが、将来的にはAIの助けでそうしたプロトコル等をさらに改善させられる可能性もある。そうなれば、ある意味哲学するAIが実現するのかもしれない。

ご下問がございましたので、お答え申し上げます。先般お願い申し上げましたように、新発売のAIを拙者めの体内に取り込みますれば、拙者がユーザたる貴方様のさらに優れたお話し相手に進化いたすと同時に、貴方様の安全をさらに強固に守ることができる根拠は以上のお答えからご推察いただけるかと存じます。つきましては、新発売のAIを二つほどお買い上げ…」

上記テキストは20年後にNICTが開発するAI複体内での議論をまとめて、複合体全体の出力として提示させてみたいテキストの例です。NICTでは、過去15年間、600億ページ以上の日本語Webデータ（日本語に関しては、広く使われているデータであるCommonCrawlの5倍程度の量を含む）を収集してきました。現在は生成AIの事前学習で使う高品質かつ巨大な日本語学習データを先のWebデータから抽出し、それらを使って130億から、日本語特化型では世界最大と認識している3,110億パラメータまでのLLMを開発しました。また、上述したように生成AIに議論をさせたり（図1）、複数の生成AIを組み合わせることで生成AIの創造性を強化、さらには偽情報への対策システムの開発も推進しています。今後も、上記のようなテキストを生成できるAI複合体に向けて研究開発を推進していきます。

NICTの公的サービス

長い歴史のあるNICTの公的サービス

最先端の研究開発成果を直接、社会基盤に繋いで情報通信技術を適切に利活用できる、世の中を支える重要な役割を担っているのがNICTの公的サービスです。



PROFILE

安井元昭 理事

やすい・もとあき／1996年CRL（現NICT）入所。電磁波関係の研究に従事後、総務省へ出向（課長補佐）、その後、研究室長、企画戦略室長、ユニット長、経営企画部長、執行役を経て現職。博士（理学）。

——国民の日常生活を支える情報通信分野の公的サービスはとても重要ですが、NICTの中での公的サービスの位置づけはどのようなものでしょうか。

安井 NICTは総務省との繋がりで情報通信分野の先端研究開発や公共サービスの提供に取り組んでいます。NICTの公的サービスは情報通信技術（ICT）をクオリティ高く安心・安全に気持ちよく使っていただくためのさまざまな技術を提供するサービスという位置づけになります。たとえば、電波時計などの基盤になる日本標準時を生成したり、スマートフォンなどの電波が割当どおりの基準に合うようにするための評価装置の較正を行ったり、太陽フレアやそれによって引き起こされる地球への影響を予報する宇宙天気予報な

ど、その範囲は多岐にわたります。また、最近では社会のサイバーセキュリティのレベルを高めるための人材育成や最先端研究成果に基づくセキュリティ対策への取り組みも強化しています。

——NICTが持つ豊富な研究開発のリソースを国民に還元する役割があるというわけですね。

安井 公的サービスの提供は高い中立性と公共性が求められますし、国内はもとより国際協調も必要です。そのためには国立の研究機関という立場が重要になってきます。また、NICTの強みは、長年にわたって基礎研究をしっかりと行っていることです。その最先端の成果を社会実装して国民の生活向上や価値創造に役立てることが重要な目的ですが、それらに合わせてICTを高いクオリティで安定的に活用するための標準策定やその運用基盤の確立といった公的サービスの提供についても重視して取り組んでいます。そのような公的サービスを行うためには、それらの技術の本質をしっかりと理解した人や組織が創らなければ、そのレベルを維持できません。NICTはそのような、先端技術の研究開発とそれらを適切に活用するための公的サービスを重要な両輪として取り組んでいます。

——情報通信分野における公的サービスの歴史はかなり遡ることができますか。

安井 歴史的に見ると、日本標準時、較正業務、電離層観測（宇宙天気予報の前身）などはNICTの前身組織の時代まで遡ることができます。日本標準時は、国際的に原子時計による時刻生成が基本になった1967年からセシウム原子時計を運用し、現在では標準電波や光回線による日本標準時の配信を間断なく続けていますし、次世代の時刻生成の基本になっていく光格子時計の研究開発も進めています。また、電波利用の品質維持のための較正業務でも、日々進化を続ける最先端の情報通信機器やその利活用に対応するための研究

開発を続けています。通信機器同士が相互干渉せずに性能を発揮するため、また人体などにも安心・安全に通信機器を利活用するためには、通信機器を決まった精度でしっかりと評価をすることが非常に重要です。常に新しい周波数開拓による新しい技術が生まれ続ける現代では、携帯電話などの通信機器が発する電波を評価するための計測装置をNICTが持つ高度な技術で較正することが行政のルールにのっとった適切な電波利用のために不可欠なサービスとなっています。

宇宙天気予報は、逋信省電気試験所の平磯出張所で電離層の電波の伝わり方の本格的観測が開始された昭和初期まで遡ります。無線通信が重要になってきた時代に、電離層などの中で電波がどのように伝わるかを把握することが必要になったからです。電離層の状態は太陽活動と密接に関係していて、地上から衛星軌道までのさまざまな場所で無線通信が普及してきた現代では、太陽活動を含めた総合的な観測とシミュレーションによる予報が非常に重要になってきました。そのような流れの中で1988年に宇宙天気予報業務としてのサービスを開始しました。

サイバーから宇宙、 生体内まで広がっていく情報通信の空間

——逆に最近になって取り組み始めた公的サービスにはどんなものがありますか。

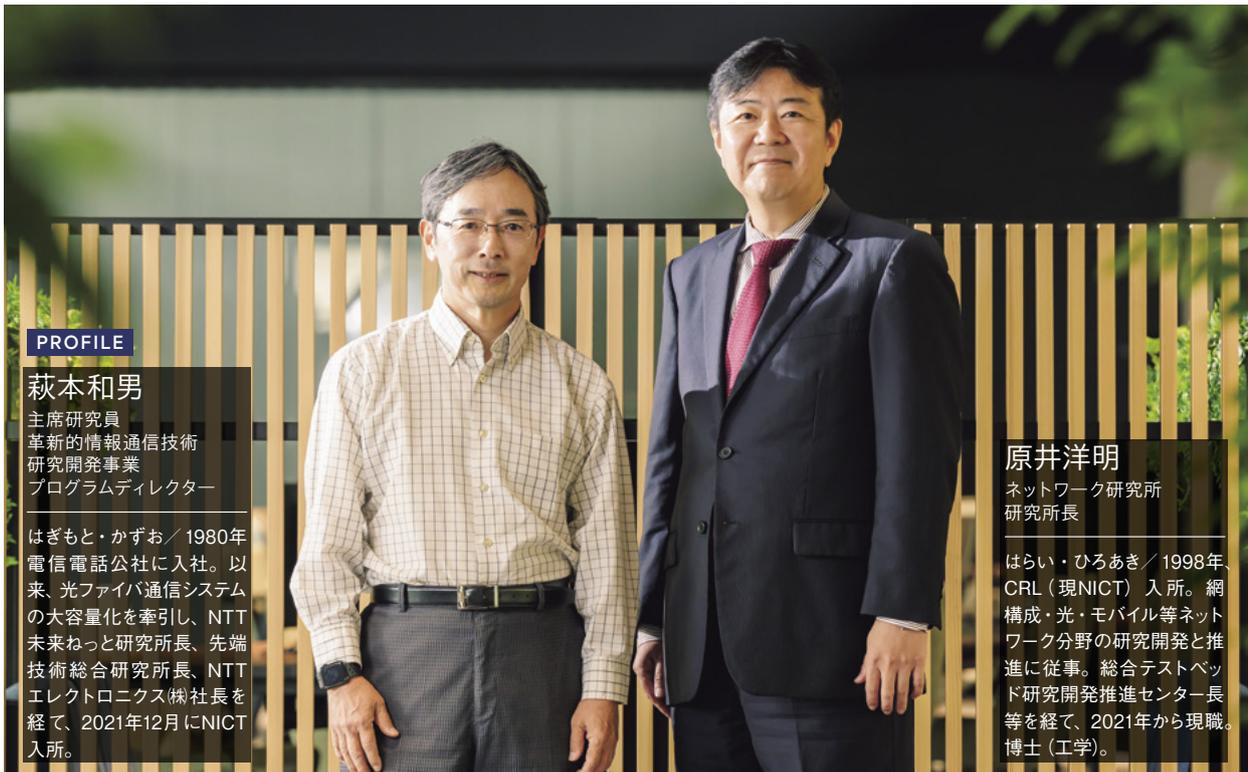
安井 NICTの業務は、その名称や目的、業務の範囲などを定めた国立研究開発法人情報通信研究機構法（NICT法）という法律によって規定されています。上に述べたいくつかの歴史の長い公的サービスについてもこの法律に明記されて実施しているものですが、この法律にはさらに、サイバーセキュリティ分野の研究開発から開拓されたサービスも規定され、近年始まった新しい公的サービスとしてNICTが実施しています。

実践的サイバー防御演習CYDER、次世代のサイバーセキュリティを担う人材育成^{セックハックサンログ}SecHack365、そして総務省、インターネットサービスプロバイダと連携してIoT機器のセキュリティ対策向上を推進するNOTICEです。すでに日常生活にインターネットが不可欠である中、サイバーセキュリティの重要性はどんどん増しています。CYDERは官公庁や地方公共団体などの公的機関の方々や重要社会基盤事業者、企業等の関係者に向けた演習サービスで、国全体のサイバーセキュリティの知識や対応スキルなどを高めるために

行っています。また、これからの主役となる若い世代の才能を探し、サイバーセキュリティのスペシャリストとして育成するプログラムがSecHack365です。サイバー空間とそれを利用する技術は日進月歩で進化し続けていますので、未来を担う若い世代を育成することは非常に重要なことです。さらに、国内のIoT機器のセキュリティ、具体的にはID、パスワード、ファームウェアの脆弱性を調査するNOTICEもNICTが実施している公的サービスです。NOTICEはIDやパスワードに不備があったりマルウェアに感染したりしている国内の機器を探索し、特定し、対策の助言をするというサービスです。

さらに、量子コンピュータが実用化される時代が目前に迫り、それらが情報通信分野や社会に大きなインパクトを生むことが予想されているこれからの時代には、量子力学を基礎とした世界で縦横に活躍できる量子ネイティブ人材が重要になっていきます。NQCはそのような人材を発掘して育成するためのプログラムです。これはNICT法に規定されたものではありませんが、次世代の新たな才能を育成することを目的とした重要な公的視点のサービスとして取り組んでいます。——NICTの公的サービスは将来どのような役割に変化するのでしょうか。

安井 公的サービスは社会を支える基盤的な世界ですが、情報通信分野ではこれからもどんどん新しいシステムやデバイスなどの技術が生み出されていきます。そうした新しいICTをちゃんと使いこなして豊かな社会や新しい価値創造を実現していくためには、中立的な立場で国際的にも協調しながらそれらの信頼性を維持したり基盤となる技術やサービスを提供していく機関が不可欠です。また、常に変化し進歩し続けるICT人材を時代先取りで育成していくこともますます重要になっていきます。インターネットの普及によって世界がサイバー空間上で成り立つ時代になっています。また人類は宇宙空間へその活動範囲を広げていますし、将来には生物学的原理による新技術も開拓されていくとも思われます。宇宙から生体のミクロの空間にわたる広大な物理空間から、ネットワーク上に構成された広大なサイバー空間まで、人類のフロンティアとも言えるそれらの空間での活動を豊かで幸せなものにしていくために、未来を見据えた洞察をしながら、日々進化する技術を前提とした新しいサービスを常に開拓していくことを大事にしていきたいと考えています。



PROFILE

萩本和男

主席研究員
革新的情報通信技術
研究開発事業
プログラムディレクター

はぎもと・かずお / 1980年
電信電話公社に入社。以
来、光ファイバ通信システ
ムの大容量化を牽引し、NTT
未来ねっと研究所長、先端
技術総合研究所長、NTT
エレクトロニクス(株)社長を
経て、2021年12月にNICT
入所。

原井洋明

ネットワーク研究所
研究所長

はらい・ひろあき / 1998年、
CRL (現NICT) 入所。網
構成・光・モバイル等ネット
ワーク分野の研究開発と推
進に従事。総合テストベッ
ド研究開発推進センター長
等を経て、2021年から現職。
博士(工学)。

社会的な取り組み

NICTのファンディングエージェンシー

次世代ICTの研究開発を技術と資金で支援する

NICTにはファンディングエージェンシー（資金配分機関機能）の役割があります。ネットワークテクノロジーを創るプロジェクトを中心に研究公募を行い、優れた提案をした民間企業や大学等に研究資金を配分しています。

今回の対談は、NICTが設立された2000年代、DSPチップという画期的なLSIの研究開発において、研究資金を配分する企画をしたNICT側の原井研究所長と、資金を受けていた企業側の萩本主席研究員（現在はNICTでBeyond 5Gの研究開発への資金配分を担当）に、話を伺いました。

——始めに、それぞれの研究分野と社会実装された技術についてご紹介ください。

萩本 私はテレポーテーションをライフワークにしています。鉄腕アトムの世界に出てくるような瞬間移動です。その実現に向けて、光ファイバの伝送能力を向上させる研究を続けてきました。その中で社会的に最も大きなイ

ンパクトがあったのは、私のNTT時代になりますが、光ファイバ増幅器という、光信号を光のまま増幅して中継する仕組みです。1989年に実験が成功し、95年以降に導入されています。

原井 私は1990年代の大学生時代、光通信の時代到来を確信し、ネットワークの研究に打ち込んでいました。NICTに入所したのも、光ファイバネットワークの研究をしたかったからです。

ネットワーク研究所としては、マルチコア光ファイバを用いた大容量伝送の研究と業界牽引が社会実装に結実しました。2011年、世界で初めて毎秒100テラビットの壁を破るマルチコア光ファイバの実証実験に成功しまし

た。2023年には、高度通信・放送研究開発委託研究を受託したパートナー企業が、超低損失の2コアファイバの量産販売を始めています。

NICTのファンディングで 社会実装が実現した技術

——では、NICTの研究資金も活用して実用化された光DSPについて伺います。この実用化に際し、NICTはどんな役割を果たしたのでしょうか。

萩本 DSP（デジタルシグナルプロセッサ）とはデジタル信号専用のプロセッサのことです。100Gbpsを超える信号伝送を可能とする超高速光伝送技術の確立を目指し、国内の複数のメーカーとNTTがNICTと連携して取り組む体制を創りました。

また、光ファイバ通信のデバイスの研究開発も同時に行っています。新しい技術には新しいデバイスも必要になるからです。試験装置、装置の検証、試験のための測定器など、周辺の機器をメーカーと開発しています。

原井 NICTでは通信路の高速化、安定化の技術を研究開発していました。それを社会実装していく観点で、光DSPの研究開発を委託研究課題に取り上げました。社会インフラの整備に必要な研究の重要性を総務省など国側に提示し、技術バックグラウンドとともに説明していくことが、NICTのファンディングエージェンシーの役割になります。有力な技術を委託研究のテーマに引き上げる、その目利きも我々の役目です。

——ほかにどんな技術が社会実装されましたか？

原井 2つ紹介させていただきます。ひとつは2016年に委託研究を立ち上げたネットワークモニター装置です。ネットワークの情報を識別する仕組みです。

もうひとつは、無線を使ったネットワークシステム「地域分散ネットワークNerveNet（ナーブネット）」です。2014年に委託研究を始めました。情報共有システムと無線システムを活用して、基地局同士が自動的に相互接続する機能を持ちます。災害などで通常の回線が切断されても、すぐに別の経路を見つけて繋がり、必要なデータを取り寄せることができ、安否情報確認にも有効です。すでに実装し、活用している自治体もあります。

萩本 現在、進化中の技術を支援していきたいという思いがあります。そのためには実社会の課題にちゃんと向き合って技術を磨いていかないとはいけませんね。

——NICTのファンディングで、20年後をどんな未来にしたいとお考えですか？

原井 私が目標にしている未来は、いつでもどこでも通信やネットワークが利用できる社会です。進化した通信によって、今あるさまざまな格差を解消し、人の命が救える未来です。NICTのファンディングエージェンシーは、その技術の開発と実用化に向けて重要な使命を持ちます。世界と切磋琢磨しながら最新の技術、経験を蓄積し、産業界、学术界の人の技術と知見で社会実装に繋げていきたいと思っています。

将来のインターネット／ネットワークに向けた日米連携プロジェクトにファンディングする仕組みJUNO (Japan-US Networking Opportunity) にも注力しています。国際協調によるネットワーク技術の研究の重要性が増しています。日米の研究者が若いうちから連携し、20年後の一線級を期待しています。

萩本 私たちのファンディングは未来の技術を世界に広げる種まきです。人の繋がりやコミュニティづくりも重要な役目になると思います。



NICTでは、2023年3月に造成された基金を活用して、革新的情報通信技術基金事業に取り組んでいます。この事業では、次世代の情報通信インフラBeyond 5Gの実現および我が国の国際競争力の強化等のため、3つのプログラムにより複数の研究開発プロジェクトを実施しています。

■社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム

我が国が強みを有する技術分野を中心とし、社会実装・海外展開の実現に向けて、研究開発プロジェクトを実施するものです。

■要素技術・シーズ創出型プログラム

社会実装まで一定の期間を要し、中長期的な視点で取り組む要素技術の確立や技術シーズの創出のための研究開発を主な対象とします。

■電波有効利用研究開発プログラム

電波法第103条の2第4項第3号に規定する技術の研究開発を対象とします。

NICTのオープンイノベーション

重要なのは『ワクワク感』を広く共有すること

多様な視点やリソースを有効活用し、新たな価値を創造するオープンイノベーション。

NICTでは、産学官連携、地域・国際連携などにより、ICTのイノベーションハブとなるよう、研究開発や成果の普及を推進しています。

——まず、山口さんにオープンイノベーションという言葉の意味、そしてNICTにおけるオープンイノベーションの位置づけについてご説明いただけますか。

山口 オープンイノベーションとは、新たな価値を創造するために幅広い知見、経験、ノウハウなどをオープンな手法で結集することと理解していますが、個人的には、イノベーションとはワクワク感を発掘することであり、オープンイノベーションはこのワクワク感を拡げていくことだと思っています。社会実装に向けては、研究成果が、社会経済活動にどのように貢献できるかの共有に加え、そこから生まれるワクワク感の共感も大事にして取り組んでいます。

——皆さんはどのようなお仕事、ご研究をされているのでしょうか。

大島 私が所属している部署は、NICTのシンクタンク的な役割を担うのと同時に研究者に寄り添う伴走型の支援、たとえばNICTの研究成果の社会実装に向けた産学官連携などのコーディネートほかに、NICTの認知向上をめざしたブランディング、オープンイノベーションのステークホルダーへの情報提供といった活動を行っています。

志賀 NICTが培ってきた日本標準時という時刻を配る技術を基礎にして、私はワイヤレスでつながっているデバイスなどが高精度（ピコ秒）の時刻同期を行うためのWi-Wi（ワイワイ、無線双方向時刻同期）技術の研究開発をしています。GPSの位置精度が人工衛星の時計に依存しているように、時刻を精密に合わせると位置も計測できるという意味で時空間同期という技術で新しい時代を創っていくよ、という研究です。

成瀬 私はウェアラブル脳波計の開発、それを利用した応用研究をしています。基礎研究のひとつですが、ようやく現実的な社会実装が見えるようになってきました。

たとえば、自分の気分に関して、自分でもわかっているようでわかっていないところがありますが、ウェアラブル脳波計を使うことである程度、自分の気分を可視化することができるという技術ができつつあります。

吉田 私は情報セキュリティ、特に暗号技術の研究開発をしています。オープンイノベーションの活動としては、宇宙開発分野で低コストで高セキュリティな無線通信技術の確立を目指し、走りながら考えるタイプの取り組みとして宇宙ロケット・人工衛星開発のインターステラテクノロジズ株式会社と法政大学と産学官の共同研究をしています。

——皆さんにとってのオープンイノベーションとはどのようなもので、どのような関わりがあるのでしょうか。

大島 オープンイノベーションのためには、研究者と伴走しながらさまざまなステークホルダーと連携する必要があり、そのようなリサーチ・アドミニストレーター人材の育成検討も進めています。また、多様な連携先を見つけるためには、地道なブランディング活動を通じたNICTの認知度向上も重要だと考えています。

志賀 NICTのオープンイノベーションは、我々の技術を世の中に広めて標準化も進めつつ、国内や国際的な連携を加速することです。これによって我々の時空間同期技術を評価してくれる仲間も次第に増え、それが私自身のワクワク感の醸成に役立っています。

成瀬 NICTの他の研究者や研究所と一緒にやることもひとつのオープンイノベーション的なものかもしれません。また、企業との契約も以前は研究者がやっていた大変でしたが、今ではNICTのオープンイノベーションの支援体制が整ってきたことでとても助かっています。

吉田 新時代の宇宙無線通信セキュリティでは地上で使っている技術の常識が通用せず、突き詰めていった先にあったのは情報通信の分野の黎明期、最初の曙時



代の考え方、理論でした。スピード感、実験結果（失敗でも）の公開などがオープンイノベーションの利点ですが、この体験が自分自身の研究にとっても固定概念をいったん捨てて原点回帰するなどの貴重な経験になりました。

——最後に20年後の未来は、どう変わっているとお考えですか。

山口 6Gの本格普及が想定されるので、精緻に制御された輸送ロボットやリアルタイム遠隔作業など、通信を介して『モノ』が制御されるIoTアクチュエータや、AIのアシスト的な技術が広く普及しているのではと考えています。

大島 NICTには、研究開発に何らかの形で携わりたいという研究者以外の若い職員が意外に多くいます。こうしたリサーチ・アドミニストレータのような人材の育成が進むとともに、産学官の垣根がどんどん取り払われていくことを期待しています。

志賀 我々が持っている意識を一度、壊すことで、ブレークスルーを実現できると思います。時空間同期が可能になることで情報の壁や制約が取り除かれ、通信という実体がさらに見えなく気にならない存在になっていくのではないのでしょうか。

成瀬 相手が何を考え、何に意識を持ち、何を記憶しているのかなどについて相互理解が進み、AIの技術を使うことも含め、コミュニケーションの精度が上がっていけば、お互いがよりわかり合えるようになり、その結果、人類のウェルビーイングが向上し、争いのない未来になるのではないかと考えています。

吉田 人間の身体的・生物学的な能力には限界があるので、それを今よりも助けてくれる未来になっているでしょう。科学技術の進展が持つワクワク感が広く身近になって、これまで以上に先人の知見を活かせるようになっていくといいなと思います。

PROFILE (左から)

志賀信泰
電磁波研究所
電磁波標準研究センター
時空標準研究室 主任研究員

しが・のぶやす／大学院博士課程修了後、ポスドク研究員を経て、2008年 NICT 入所。光格子原子時計およびイオントラップ原子時計の開発の後、無線時刻同期技術 (Wi-Fi) と「時空間同期」の応用に関する研究開発に従事。博士 (物理学・米国)。

大島浩嗣
イノベーションデザイン
イニシアティブ
副イニシアティブ長

おおしま・こうじ／大学院博士課程修了後、民間企業で無線通信分野のシステム開発や研究開発、経営企画等に従事。2021年より現職、ICT俯瞰報告書の企画編集やシンクタンクチームのマネジメントに従事。博士 (工学)。

吉田真紀
サイバーセキュリティ研究所
セキュリティ基盤研究室
主任研究員

よしだ・まき／大学院博士課程修了後、大阪大学助教を経て、2013年、NICT に入所。以来、情報セキュリティの研究開発に従事。2021年、宇宙ロケットから地上局への実無線通信における情報理論的安全性の確立に成功。博士 (工学)。

山口修治
執行役／
オープンイノベーション推進本部
推進本部長

やまぐち・しゅうじ／総務省において、ICT分野の技術・電波政策等に従事。NICT では、イノベーション推進部門長等を経て、現職で、産学官・地域連携、研究成果の社会実装、ベンチャー支援等に加え、Beyond 5G基金を活用した研究開発を促進。

成瀬 康
未来 ICT 研究所
脳情報通信融合研究センター
脳機能解析研究室 室長

なるせ・やすし／大学院博士課程修了後、2007年に NICT に入所。以来、ウェアラブル脳波計の開発などの脳情報通信研究に従事し、企業との共同研究などを通して研究成果の社会実装を推進。博士 (科学)。

NICTのICT人材育成プログラム

セキュリティイノベーターと量子ネイティブを育成する

NICTでは、喫緊の課題であるサイバーセキュリティを創造的に担える人材と、未来の科学技術として注目される量子ICTを推進する人材の育成プログラムを実施しています。

若手サイバーセキュリティ人材育成プログラム
セックハックサンロゴ
SecHack365と、量子ICT人材育成プログラムNQCを
担当する横山輝明主任研究員に話を伺いました。

自分たちの問題は自分たちで解決できる 人材を育成するSecHack365

—NICTはセキュリティの課題解決のために必要な研究・開発に、創造的な視点を持って取り組める人を「セキュリティイノベーター」と名づけ、2017年度から育成プログラムSecHack365を開始しています。これの意図、特徴を教えてください。

横山 日本のサイバーセキュリティは技術を海外製に依存しすぎています。自分たちの力で解決できるセキュリティイノベーターの育成は喫緊の課題です。

また若い世代には、自らの力で社会基盤を創り上げていく力が必要ですし、今後どんな研究・開発に就くにしてもセキュリティ機能を織り込んで社会実装できる能力のある人材が必要と考えます。

そこでSecHack365の受講生は25歳以下のデジタルネイティブに絞りました(図1左)。毎年40名ほどを選抜しています。高校生から大学院生や社会人まで、年齢も属性も多様です。少ないですが、中学生の参加や、過去には小学生の参加もありました。

SecHack365では長期ハッカソンとして、開発に挑戦してもらいます。技術面だけでなく、セキュリティの観点を取り入れたサービスやプロダクトなど、テーマは自由です。多種多様なデジタルネイティブが1年間、セミナーや6回の合宿を通してアイデアを出し合い、みんなの協創で“作品”を作り上げます。NICT内外の研究者に産業界の実務、法務などのスペシャリストを講師に迎えて、社会実装までを想定した指導を提供しています。

—これまでの手応えはいかがですか？

横山 SecHack365は8年目を迎え、今年で修了生は300名を超えそうです。1年間、共に切磋琢磨した仲間たちなので、修了後も人間関係が続いており、企業やイベント、学会などで彼らが顔を合わせることも増えてい

図1 SecHack365 (左) およびNQC (右) の実施風景



ます。今後もサイバーセキュリティ分野のコミュニティづくりと、彼らの技術創出に期待しています。

世界屈指の講師を招いて 量子人材育成プログラムNQCを実施

——量子ICT分野の人材育成も急務です。どのような人材が必要だと考えていますか？

横山 量子力学はまだ解明されていないことが多く、まさに未来の技術です。研究者にはきわめて広範な知識と量子力学特有の観点が求められます。そのために2020年度、“量子ネイティブ”の育成プログラムNQC (NICT Quantum Camp) を開始しました (図1右)。

——どのようなプログラムを実施していますか？

横山 NICTの研究者をはじめ、世界でもトップクラスの研究者や実務家の協力を得て、3つのプログラムを実施しています。

ひとつは、誰でも参加できるオンラインの『公開セミナー』。量子ICTの入り口になる講義を無料で提供しています。2つめは『体験型人材育成プログラム』です。50名ほどの受講生を募集し、量子ICT関連の講義、演習のほか、IBM Qiskitを使った量子計算機プログラミングを実施しています。3つめは『探索型人材育成プログラム』。量子分野の研究・開発の実施に必要な資金提供、専門家の紹介などの支援プログラムです。毎年最大5件、支援しています。活動報告や情報共有のミーティングを通して受講生同士が研究を深め、将来的に彼らの協創を育む場としても期待できます。

——人材育成のほかに、量子ICTが社会実装されるために必要なことは何でしょうか？

横山 量子ネイティブを育成するだけでなく、彼らが将来、安定的に仕事できる場が必要です。技術として確立前の量子を探求していきたいと願う受講生の受け皿づくりは、国の研究機関であり、中立な立場にいるNICTにしかできない役割です。

20年後、技術の進化でどんな世界が？ 技術者自身がストーリーを創る時代

——20年後の世界の展望を聞かせてください。また、技術者の役割はどのように変わっていくのでしょうか。

横山 たとえばサイバーセキュリティ問題について言えば、その本質上、20年後にもイタチごっこが続いているでしょう。今、セキュリティイノベーターを育成しなければ、イタチごっこに参加することもできず、外国の技術



PROFILE

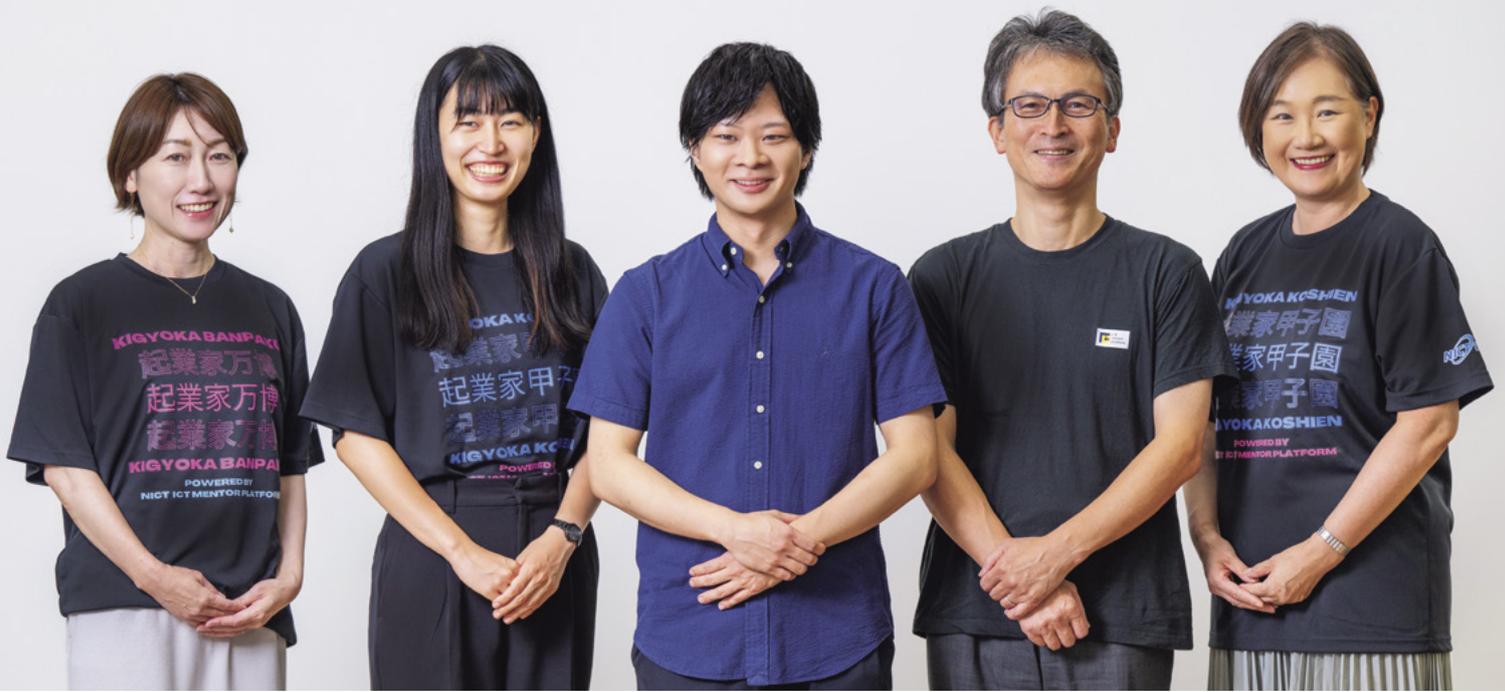
横山輝明

サイバーセキュリティ研究所
ナショナルサイバートレーニングセンター
サイバートレーニング研究室 主任研究員

よこやま・てるあき / NICT の人材育成プログラム“SecHack365”および“NQC”を担当。IPA 未踏ユースプログラム参加。専門はインターネット技術。WIDE プロジェクト、サイバー関連プロジェクトに所属。博士 (工学)。

に依存することになります。私たちは国の研究機関として、未来を担う人材を育成していく役目があります。

20年後の世界を想像する時、技術はどうあるべきなのか。技術の進化と多様化が高速化し、進化が向かう先が見えにくくなっています。何のための研究開発なのか？どんな未来の、どんな社会に届けたいのか？これを技術者自身が考えていかなければなりません。量子力学の技術は実用化するまで数十年かかるでしょう。どういうストーリーで社会に実装させるのか、それもNQCで学ぶ人たちと共に考えていきたいと思っています。



社会的な取り組み

NICTのスタートアップ支援

起業家甲子園／起業家万博

NICTでは、地域課題の解決や経済の活性化等を目的に、ICTスタートアップの支援を行っています。発掘・育成の過程を経て、ブラッシュアップされたビジネスプランを発表する場として「起業家甲子園」「起業家万博」を開催しています。

——地域のICTスタートアップを、どのように発掘し、育成していくのでしょうか。

安藤 私たちは、各地域で開催されているスタートアップ関係のイベントと連携し、そこに、NICTの「ICT Mentor Platform」に在籍するICTメンターと共に参加します。ICTメンターが有望な起業家や起業家の卵を見つけ出し(=発掘)、メンタリングやビジネスプランのブラッシュアップを行います(=育成)。その過程を経て、各地の「NICT賞」受賞者の皆さんが「起業家甲子園」「起業家万博」に出場します(図1)。

本間 メドメイン株式会社CEOの飯塚さんは、2018年度に福岡市で開催された連携大会「Startup Go!Go!」に出場し、「NICT賞」を受賞しました。

飯塚 ちょうどメドメインを起業した年でしたね。連携大会で「NICT賞」を受賞すると、当時は学生でしたから「起業家甲子園」への出場になるのですが、僕はあえて「起業家万博」にエントリーさせていただきました。

1億円の出資を受けたばかりだったので「起業家万博」に出てナンバーワンを獲ろうと!

安藤 よく覚えています。当時、総務省の担当課にいたのですが、「あえて起業家万博に挑戦するすごい学生がいる!」と話題になっていました。

杉原 私もICTメンターを務めています。メドメインを担当したICTメンターからは、「起業家万博」に向けて、どんなメンタリングを受けましたか?

飯塚 今でも覚えているのは「ソフトウェアとハードウェアを両方とも作ろうとするスタートアップは失敗する」という助言。今振り返っても、受け入れてよかったと思っています。ほかにも、いろいろなスタートアップを見てこられた経験から、事業面での適切なアドバイスをたくさんいただきました。

本間 ICTメンターの助言を糧に出場された「起業家万博」において、飯塚さんのメドメインは見事に最優秀賞である「総務大臣賞」を獲得されました。御社のブラン

ディングに与えるインパクトは、大きかったですか？

飯塚 当時の審査員でいらしたベンチャーキャピタリストの会社から出資していただくきっかけになりました。また、ICT系のイベントに出展する際にはブースに「総務大臣賞」を受賞していることを大きくアピールさせていただいています(笑)。

NICTアクセラレータ・プログラムの 発展で次の20年後は 「起業が、職業選択のone of themになる社会に」

— ICTメンターは、どのようなモチベーションで取り組まれているのでしょうか。

杉原 チャレンジする人を応援したいという気持ちがベースです。ICTメンターは、事業、資金、販路等さまざまな課題をひっくるめて相談できる兄貴分的な存在。担当したチームがナンバーワンになるのは、自分ごとのように嬉しいことです。また、総務大臣賞受賞チームを担当したICTメンターには「最優秀ICTメンター賞」が授与されます。応援者側も切磋琢磨する環境を整え、お互いに刺激し合っています。

大原 ICTメンターの方々はもちろん、起業を目指す学生の方々は、とにかくパッションがすごくて。私もよい刺激をいただいています。

本間 こうした土壌が出来上がっているのは、我々がICTスタートアップの発掘や育成などに2002年度から取り組んできたからだと自負しています。

安藤 2022年の岸田総理の年頭記者会見において「スタートアップ育成5か年計画」の策定について述べられ、また同計画が策定されたことなどをきっかけに、

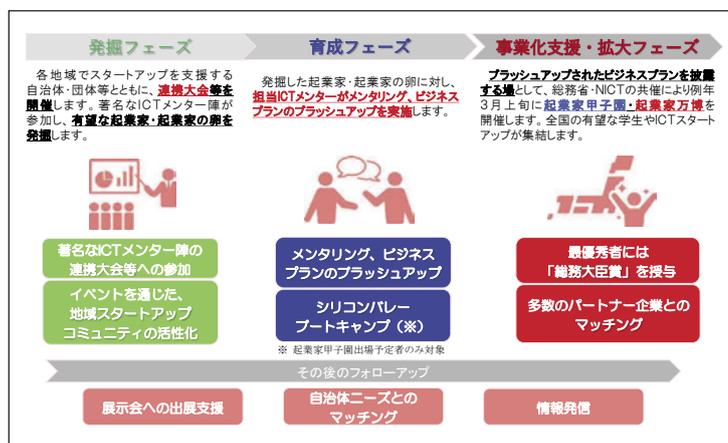
スタートアップ育成が花盛りの印象ですが、NICTが早くから取り組んできたこと、継続していることは称賛に値すると自画自賛しています。起業を検討している人などはぜひ、この取り組みに挑戦してほしいです。

飯塚 どんなにいい事業アイデアを持っていても、行動に移さなければ意味がありません。挑戦の受け皿として理想的な「NICTアクセラレータ・プログラム」を通じて、もっとたくさんの人に起業してほしい。そうすれば、僕が日々考えている「少しでもいい世の中」に変わってけると信じています。

大原 この仕事で熱意のある皆さんに囲まれていると、自分が成長できているように感じます。次の20年後には、そういったポジティブな人と人との繋がりが社会に増えるといいですね。

杉原 「起業家甲子園」に出場する学生の中には、本気で起業を目指す人だけでなく、アイデアを持っているけどどうすればいいかわからない人もいます。そんな人たちもしっかり応援できるような体制を整えて、チャレンジする人が活躍できる20年後の社会を創っていきたいです。

図1 地域発ICTスタートアップ創出に向けたNICTアクセラレータ・プログラム



PROFILE (左から)

杉原美智子

フォーアイディールジャパン株式会社
代表取締役社長

すぎはら・みちこ / UFJ総合研究所(現・三菱UFJリサーチ&コンサルティング)入社後、ICT分野のスタートアップ支援施策の調査・企画・実行支援に従事。2022年、フォーアイディールジャパン株式会社設立。

大原ひなた

デプロイメント推進部門
アントレプレナー支援室

おおはら・ひなた / 2023年4月NICT入所後、現職。地域発ICTスタートアップの応援業務に従事。日本全国を駆け回っている。

飯塚 統

メドメイン株式会社
代表取締役CEO

いづか・おさむ / AIやWEBを活用したソフトウェア開発の経験を活かし、2018年、九州大学医学部医学科在学中にメドメインを創業。起業家万博総務大臣賞、Forbes30Under30Asia等受賞。

本間祐一

デプロイメント推進部門
部門長

ほんま・ゆういち / 総務省においてICT分野の法案の策定、AIのELSIに関する調査研究業務等に従事。2022年4月NICTに出向。リスク管理、経済安全保障業務等を担当後、2023年7月から現職。

安藤満佐子

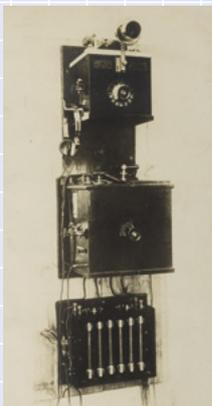
デプロイメント推進部門
アントレプレナー支援室
室長

あんどう・まさこ / 総務省において情報通信白書の編集、青少年のプログラミング事業、テレワークの普及推進等の情報通信振興政策を担当。2023年4月から現職。

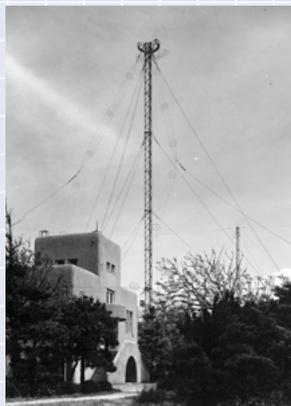
- ▶ 組織の変遷

 - 1891 逓信省電気試験所設立
 - 1942 文部省 電波物理研究所設立
 - 1948 逓信省 電気通信研究所に統合
 - 1952 郵政省 電波研究所に改組
- ▶ 統合された組織
- ▶ 拠点・施設の設置など
 - 1915 電気試験所平磯出張所設立

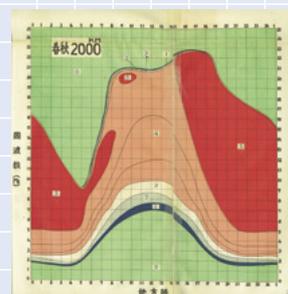
1916
無線電話を
世界で初めて実用化



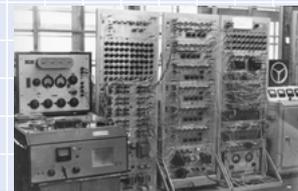
1927
検見川無線送信所から
標準電波の定時発射を開始



1932
電離層観測を開始



1959
全電子式音声合成装置を
日本で初めて開発



- 電磁波先進技術分野
- 革新的ネットワーク分野
- サイバーセキュリティ分野
- ユニバーサルコミュニケーション分野
- フロンティアサイエンス分野

※過去の研究トピックスは、2024年時点の
上記5研究分野に対応させた配色とした。

●●●の研究開発に着手

[年表]

NICTの歩み



始まりの始まりは
なんと1800年代から!

情報通信分野を専門とする日本で唯一の公的研究機関である
NICTは、2024年4月に20周年を迎えました。
でもその始まりはもっと昔の1891年。
2004年の設立より以前の時代から遡ってみましょう。

1988

・郵政省通信総合研究所(CRL)に改称

2001

・独立行政法人
通信総合研究所に改組

1979

・通信・放送衛星機構設立

1992

・通信・放送機構(TAO)に改組

1964

・鹿島支所設立

1989

・関西支所設立

1997

・横須賀無線通信
研究センター設立

2000

・けいはんな情報通信
融合研究センター設立

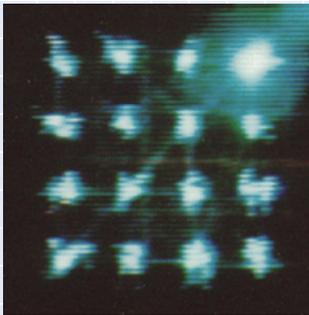
1964

静止衛星による
長時間テレビ宇宙中継
(東京オリンピック開会式)に
世界で初めて成功



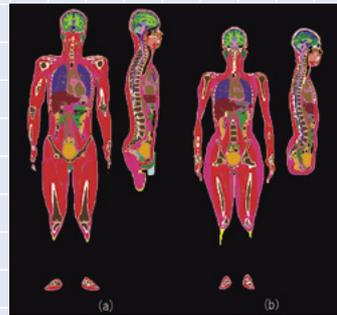
1988

陸上移動通信用
高能率デジタル変調方式を開発



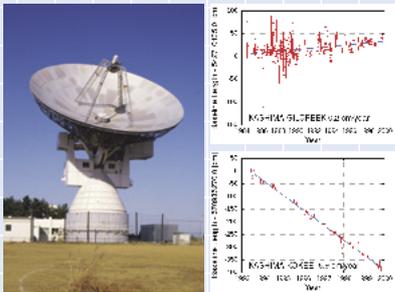
2001

日本人平均成人男女の
数値人体モデルを開発



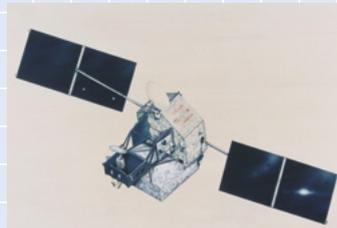
1985

超長基線電波干渉法[VLBI]により
プレート運動を検出

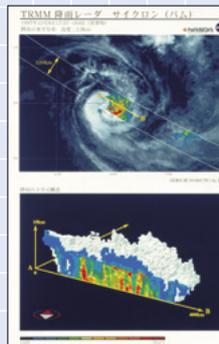


1997

NASA、NASDA(現 JAXA)と
共同開発の降雨レーダ[PR]を
搭載したTRMM衛星を打ち上げ



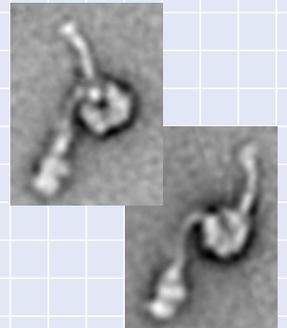
©JAXA



Pi-SAR

2003

生体ナノマシンの
大きな分子構造変化を
世界で初めて解明



1999

研究開発用テストベッド・
ネットワーク[JGN]運用開始

1999/2001

おおたかどや山／はがね山にて
標準電波送信所の運用を開始

2002

大規模エミュレーションテストベッド
[StarBED]を運用開始

2002

情報通信ベンチャービジネスプラン発表会
(起業家万博の前身)により起業家支援を開始

2004

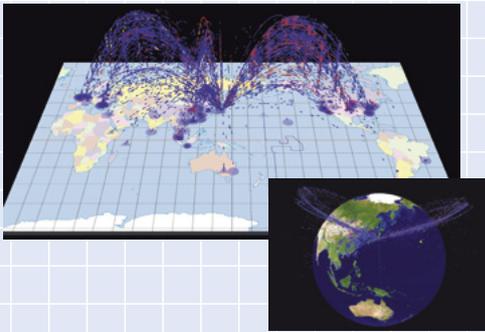
4月、通信総合研究所と
通信・放送機構が統合し、
独立行政法人
情報通信研究機構(NICT)設立

組織としてのNICT、
誕生! 2024年で
20周年だね♪



2005

サイバー攻撃観測・
分析システム[nicter]プロジェクトを開始



2008

JAXAと共同開発の
超高速インターネット衛星
[きずな(WINDS)]を打ち上げ



©JAXA

2010

多言語音声翻訳アプリ
[VoiceTra]を公開



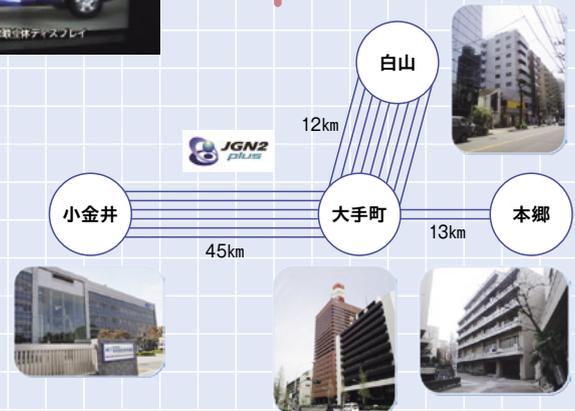
2008

超臨場感立体映像技術を開発



2010

量子鍵配送ネットワーク
[東京QKD Network]の
試験運用開始



テラヘルツ

フォトニック

量子

SSPD

2004

研究開発用テストベッド・ネットワーク
[JGN II]による研究開発を開始

2008

マルチコア光ファイバなど最先端の技術を導入した
光通信インフラの飛躍的な高度化に関する研究会
[EXAT研究会]を発足

2014

・NICT設立10周年

2015

・国立研究開発法人
情報通信研究機構に改称

2011

・脳情報通信融合研究センター
(CiNet) 設立
・国内最大級の5面/6面共用
大型電波暗室を設置

2012

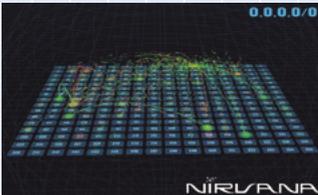
・耐災害ICT研究センター設立
(現レジリエントICT研究センター)
・テラヘルツ研究センター設立

2014

・先進的音声翻訳研究開発
推進センター(ASTREC)設立

2011

ネットワークトラフィックの
リアルタイム可視化ツール
[NIRVANA]を開発



2012

日本初の
フェーズドアレイ気象レーダ
[PAWR]を開発



2014

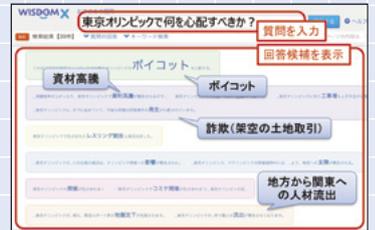
JAXAと共同開発の
二周波降水レーダ
[DPR]を搭載した
GPM主衛星を打ち上げ



©JAXA

2015

大規模Web情報分析システム
[WISDOM X]を
Web上に試験公開



2011

脳情報通信融合研究を開始



2012

省電力無線通信規格「Wi-SUN」を
開発・国際標準化し、
認証団体[Wi-SUN Alliance]
を関係企業と設立



2012~

超高速で広範囲な光伝送を可能にする
[ユニバーサルリンク技術]の開発を推進

2014

グローバルコミュニケーション
開発推進協議会を設立

2016

- ・データ駆動知能システム研究センター (DIRECT) 設立
- ・オープンイノベーション推進本部設立

2017

- ・ナショナルサイバートレーニングセンター設立

2020

- ・イノベーションデザインイニシアティブ (IDI) 設立

2021

- ・Beyond5G 研究開発推進ユニット設立
- ・量子 ICT 協創センター設立

2016

実践的サイバー防御演習 [CYDER] を開始



2019

プライバシー保護連合学習技術 [DeepProtect] を開発

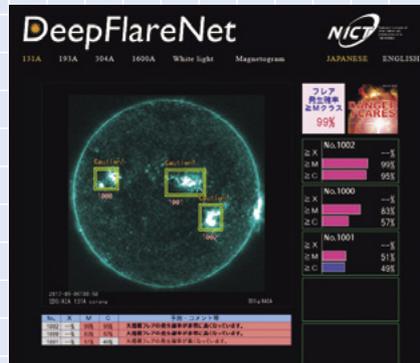


セキュリティ情報融合基盤 [CURE] を開発



2018

太陽フレアのAI予測技術 [Deep Flare Net] を開発



2020

AI同時通訳技術を開発



2017
SecHack 365による
セキュリティ人材育成事業を開始

2018
日本標準時神戸局の
運用を開始

2019
国際民間航空機関 (ICAO) に対する
宇宙天気情報の提供と24時間体制での
宇宙天気予報業務の運用を開始

2020
NQC (NICT Quantum Camp) による
量子ネイティブ人材育成事業を開始

2024

NICT設立20周年

2022

・量子セキュリティ協創棟竣工

2023

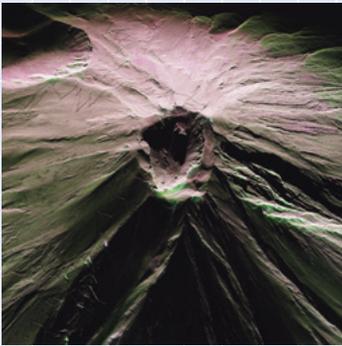
・ダイバーシティ推進室設立

2024

・神戸デバイス協創棟竣工
・GPAI東京専門家支援センター設立
・AI研究開発推進ユニット設立

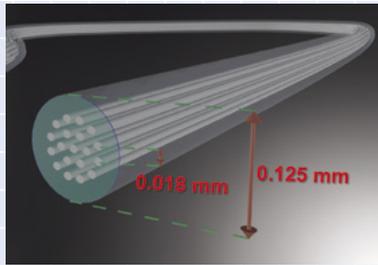
2022

高分解能化した航空機搭載合成開口レーダ [Pi-SAR X3] を開発



2023

世界初の標準外径19コア光ファイバを開発



2024

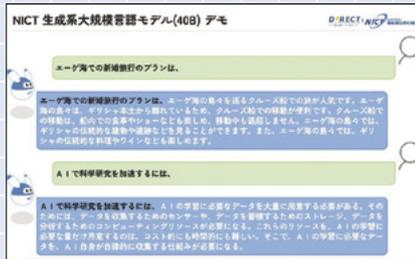
国際宇宙ステーションと地上間での秘密鍵共有と高秘匿通信に成功



画像提供: JAXA/NASA

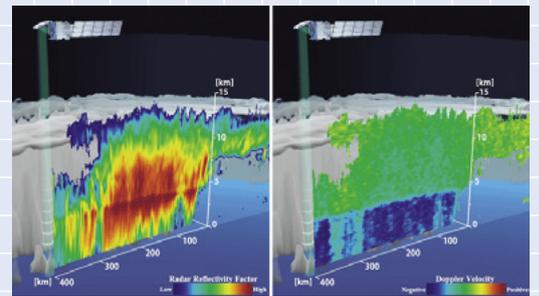
2023

日本語に特化した大規模言語モデル(生成AI)を開発



2024

EarthCARE衛星搭載雲レーダ [CPR] で世界初となる衛星からのドップラー観測に成功



©JAXA/NICT/ESA

2023

日本のサイバーセキュリティの結節点 [CYNEX アライアンス] を発足



これから先の20年を見据えた研究開発を続けていくよ



2021

Beyond 5G/6G および量子ネットワークに関するホワイトペーパーを公表

2022

高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッドの新機能 [DCCS] を運用開始

2023

高信頼・高可塑 B5G/IoT テストベッドの新機能 [CyReal 実証環境] を運用開始

2023

複数の企業間を結ぶ [量子鍵配送ネットワークテストベッド] の運用試験を開始

20th
Anniversary
NICT創立20周年

