

NICT NEWS

国立研究開発法人
情報通信研究機構

No.2

2021

通巻 486

FEATURE

量子技術特集

Interview

社会に変革をもたらす
量子ICTの未来

量子通信技術で世界のトップを走る
NICT の取組は



FEATURE

量子技術特集

Interview

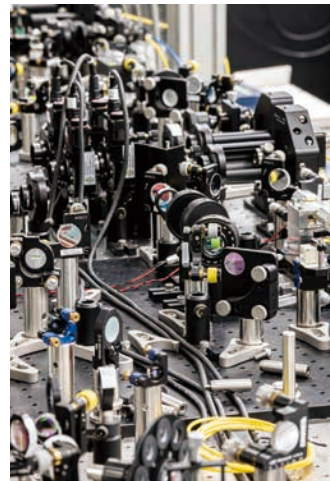
- 1 **社会に変革をもたらす量子ICTの未来**
量子通信技術で世界のトップを走るNICTの取組は
武岡 正裕
- 4 **量子暗号・物理レイヤ暗号の研究開発**
情報理論的安全な通信の実用化に向けて
藤原 幹生 / 遠藤 寛之
- 6 **光量子制御技術の研究開発**
量子ネットワークの実現を目指して
遠本 吉朗
- 8 **イオントラップ光時計と量子ネットワーク**
早坂 和弘 / 田中 歌子
- 10 **深化する超伝導光子検出技術**
三木 茂人
- 11 **量子ICTへ向けた超伝導量子回路の研究開発**
吉原文樹

TOPICS

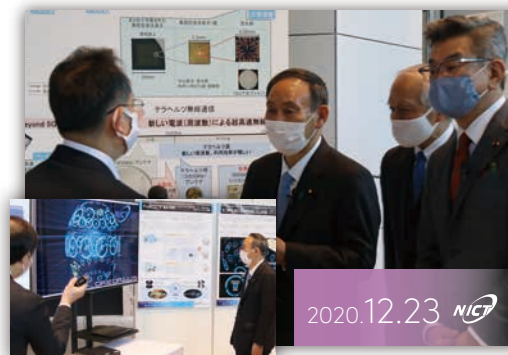
- 12 **量子ICT人材育成プログラム NICT Quantum Camp**
戦略的プログラムオフィス 柏岡 秀紀
- 13 **NICTのチャレンジャー File 15 金 鮮美**
窒化物超伝導量子ビットの研究で量子技術のブレークスルーを目指す

INFORMATION

- 14 **柳田敏雄 CiNet 研究センター長が日本学士院会員に選出**
- 14 **パーマナント研究職・総合職 採用2022**
- 14 **NICTオープンハウス 2021 ONLINE 開催のお知らせ**



表紙写真：量子鍵配送装置
光子を送信し、量子暗号の暗号鍵を共有する送信機（左）と受信機（右）
実際にはそれぞれ離れた2地点に設置し、その間での鍵共有を行います。これらは実用機としてサーバーラック内に収められていますが、ここには本ページ左上のような実験室内の量子光学系を使った長年の基礎研究の成果が凝縮されています。



菅首相がNICTの次世代の情報通信に係る研究をご視察

2020年12月23日（水）、菅首相が東京都小金井市にある国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）を訪問され、次世代の情報通信に係る研究について、武田総務大臣、徳田理事長の案内によりご視察されました。

量子暗号技術、Beyond 5G 関連技術、多言語翻訳技術及びサイバーセキュリティ技術の説明をご聴取いただき、ご視察後の記者団の取材に対しては、「NICTや民間が総力を結集して研究開発を進め、次世代のデジタル化にしっかり対応し、世界をリードしていける。そうした実感を得ることができた」、また Beyond 5G については「2030年の日本の社会産業基盤であり、研究開発を加速し、海外展開をできるよう対応していきたい」とお話されました。

Interview

社会に変革をもたらす量子ICTの未来

量子通信技術で世界のトップを走るNICTの取組は

光子や電子といったミクロの粒子の振る舞いを記述する量子力学を通信・コンピューティング・センシングなど工学的に応用しようという動きが活発になってきた。米IBMやグーグルは量子コンピューターの開発に力を入れ、日本では昨年、東芝が国や企業の基幹システムのセキュリティを確実に守る量子暗号の実用化を発表している。日本の量子技術発展に大きく貢献してきたNICTは量子通信技術を中心として長年にわたる研究開発の実績を持つ。量子技術研究開発の中核をなすのが「量子ICT先端開発センター」だ。今回は、センター長の武岡正裕に話を聞いた。

—世界及び日本の量子技術をめぐる状況はどのようなものでしょうか。

武岡 量子通信技術の研究は、1990年代から2000年代にかけて基礎研究としてコツコツと行われてきましたが、目に見える形で成果が現れてきたのは2010年前後からです。日欧米で相次いで量子暗号のフィールド実証が行われ、企業による実用化研究開発も始まりました。また、2010年代の半ばになると、米IBMやグーグルなどが量子コンピューターの開発に本格的に取り組み始めるなど、これまで物理学の中でも最も難解な分野であった量子力学の工学への応用が進んできました。

また、中国は大量の資金を投じて量子暗号の研究を進め、2017年には2,000 kmにわたる量子暗号ネットワークを建設し、また衛星-地上間の量子暗号の実験にも成功

しています。量子暗号は原理的にいかなる計算機でも解読不可能な暗号とされており、我が国を含め世界各国で開発が進んでいます。新しい暗号技術として社会への活用が期待されるほか、国家の安全保障にも大きく関わってくる技術だからです。

2020年1月に政府の統合イノベーション戦略推進会議が「量子技術イノベーション戦略」を発表し、量子技術をAIなどと並ぶ重要戦略技術と位置づけ、量子イノベーション拠点を形成する動きが始まっています。量子技術の主な領域としては、量子コンピューター・量子センシング・量子通信があります。さらに量子技術はこれまであまり考えられてこなかった他の分野の技術と融合・連携することで、量子AIや量子生命科学、量子セキュリティなど、これまでなかったような革新的な分野が登場してくると考えられています。

武岡 正裕（たけおか まさひろ）

未来ICT研究所
量子ICT先端開発センター
センター長

大学院博士課程修了後、2001年に独立行政法人通信総合研究所（現NICT）入所。量子光学、量子情報理論、量子暗号の研究に従事。博士（工学）

— NICTの量子暗号研究の歴史は長いですね。

武岡 NICTはNTT、三菱電機、NEC、東芝など企業及び大学と連携して、2010年に東京QKDネットワークを立ち上げました。QKD（Quantum Key Distribution）とは量子鍵配送のことで、量子暗号の試験をするためのテストベッドです。このネットワークは、世界でも最も長い運用実績を持ったQKDネットワークであり、これまで企業や大学と協力して様々な実験を行うことで、多くの技術が蓄積されました。そのおかげで日本の量子暗号送受信装置の性能は世界一です。ネットワークとしての制御・管理技術、またQKDネットワークをどのように実用に結び付けていくかという応用技術でも世界の最先端にいます。

Interview

社会に変革をもたらす量子ICTの未来

量子通信技術で世界のトップを走るNICTの取組は

—衛星量子暗号通信についてはどのような取組を行っているのですか。

武岡 量子暗号では、光の粒である光子を伝送する必要がありますが、ファイバーでは光子が一定程度散乱してしまい、届く距離に限界があります。一方、宇宙は真空なので光が散乱されず、原理的には光子を長距離送ることが可能です。そこで我々は、ワイヤレスネットワーク総合研究センターと連携して、人工衛星と地上間で量子暗号を実現する技術の開発を進めています。NICTは衛星光通信で世界トップレベルの技術を持っており、これを活用して、2017年には世界で初めて超小型衛星（SOCRATES）と光地上局との間で、光子1個のレベルで情報をやり取りする量子通信の基礎実験に成功しました。中国は重量600 kgほどの大きな衛星を使って実験しましたが、私たちの超小型衛星は重量50 kg程度です。超小型衛星はコストが安く、ビジネス展開しやすいのがメリットです。2018年度から5年間の総務省プロジェクトで開発を進めているほか、2020年度からは新しい総務省プロジェクトにより、地上ネットワークと衛星量子暗号を統合したグローバル量子暗号ネットワークの実現に向けて、産学官のオールジャパン体制での研究開発にも取り組み始めたところです。

■量子研究のハブとなる量子拠点

—政府の量子技術イノベーション戦略という量子拠点とはどのようなものですか。

武岡 量子コンピューター・量子センシング・量子通信といった主要な量子技術について、戦略的に研究開発を行う拠点化しようというものです。そうすることで、プレーヤーを明確に戦略的に研究に取り組もうということです。NICTは「量子セキュリティ拠点」を担当しており、通信分野の拠点となることに加え、量子通信と現代セキュリティ技術の融合から生まれる新しい技術の実用化と普及を目指しています。拠点には産学の研究者・技術者が集まり、研究開発の中心になるほか、人材育成や社会実装のための準備なども行います。

官民の連携を広げることで、量子暗号が実用段階に入ったときのイメージがつかみやすくなります。さらに、足りないのはどの分野の技術か、どう開発すれば使いやすくなるのかなど、実際に使われるようになったときの使い勝手にまで切り込んでいくことができると考えています。例えば現在では、医療関係の方々と連携して、患者さんの重要な個人情報であるカルテや遺伝子情報保護するための実証実験を進めているほか、金融分野や国家機関等との連携を進めています。

■国際標準化でも日本がリード

—国際標準化の取組について教えてください。

武岡 量子暗号ネットワークも電話やインターネットなどと同じ通信です。規格が各国バラバラでは相互につながらなくなってしまいますので国際標準化は必須です。

国際標準化にあたっては、標準をいかに自国が開発した技術に合った形にするかということがポイントです。私たちが有利なのは、東京QKDネットワークのおかげで、その開発・運用に10年にわたる実績があるところです。しかもNICTのような研究機関と実際の運用に関わるメーカー各社とが強く連携しているところが大きなメリットです。ネットワークは装置だけでなく、それをつなげ、制御していかなければならない。それができているところが、国際標準を決める際に非常に有利になります。

2019年10月、ITU-T（国際電気通信連合）で、Y.3800という量子暗号ネットワークに関する初めての国際標準が、日本主導により勧告化されました。これは、東京QKDネットワークの運用で蓄えた知識と経験をバックグラウンドにした日本からの文書案に説得力があったからです。日本の提案が国際標準に取り入れられたことは、今後この通信プロトコルが産業として普及するうえで日本企業の大きなアドバンテージになります。

■量子人材の育成

—量子ICTの人材は足りているのですか。

武岡 新しい分野の技術ということもあり足りていません。これまでは、量子通信をはじめとする量子科学・量子技術は、物理や数学、基礎計算機科学などの分野とされ、学術の世界と現実社会の通信や計算機を担っている産業界との交流は少なく、双方に通じた人材はごく僅かしかいませんでした。そこでNICTは、2020

年から量子人材育成プロジェクト（NQC）を開始しました。今年度は新型コロナ感染症の影響もあり、30人程度の受講生でオンライン講義中心の活動となりましたが、今後は、講義に加え、実習や研究開発施設の見学などにも活動を広げていく予定です。

受講者は量子技術に興味のある大学院生が中心ですが、企業の方や学部生もいます。将来は研究者だけでなく、実際にビジネスとして量子技術と関わることになる人材を育成できればいいと考えています。

—最先端物理として量子物理を勉強している学生と工学的に応用しようという人は違うところがありますね。

武岡 量子物理はそれ自体が巨大な学問領域で、一生かかっても研究しきれないほどのものですが、量子技術のエンジニアリングという観点から見れば、必ずしもその全てを知る必要はありません。まずは工学的に必要な量子力学のエッセンスのみ効率的に勉強し、後は必要に応じて詳細に踏み込む、という新しい学びの形ができてくると考えています。実際、最低限のエッセンスは学部レベルの線形代数でほとんど理解することができます。

■量子通信の未来に向けて

—量子通信技術の将来はどのようなものになるのでしょうか。

武岡 東芝が量子暗号の実用化を開始した昨年（2020年）は、日本の量子通信

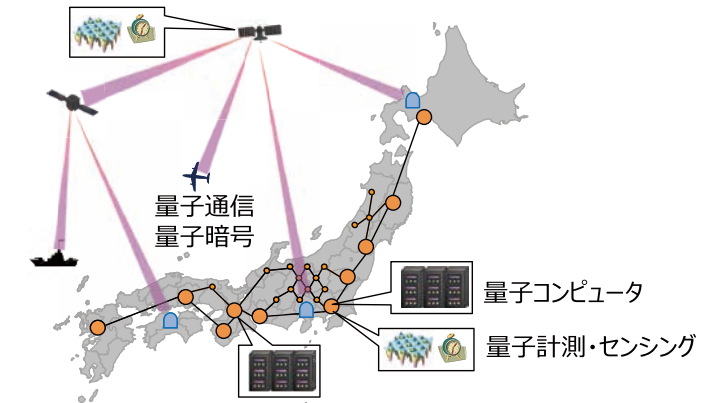


図1 グローバル量子ネットワークのイメージ

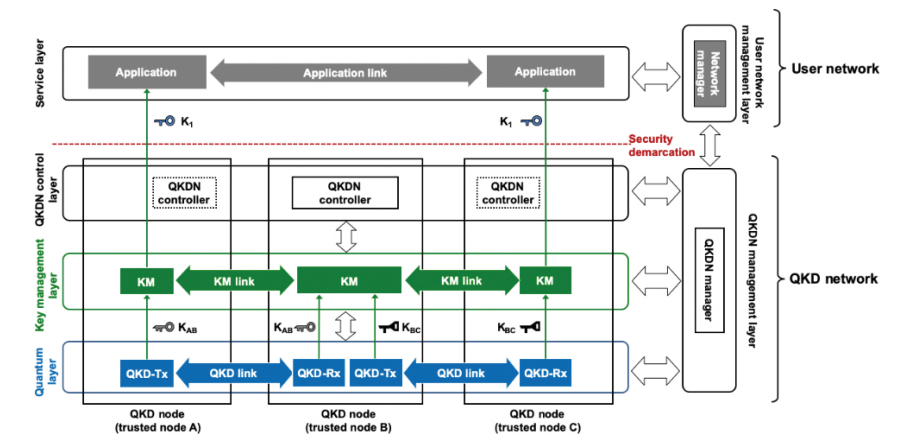


図2 国際標準勧告ITU-T Y.3800で規定されたQKDネットワーク及びユーザーネットワークの基本構成

技術の産業化元年と言えます。また、量子コンピューターなどの量子関連技術も一般社会で話題になっています。一方、これらは生まれたばかりの技術で、まだ解決すべき様々な課題があるのも事実です。私たちは流行に流されることなく、しっかりと地に足をつけて本当に求められているものを社会に出していきたいと考えます。

そのためには、今使える技術を着実に取り組んで実用的なものにすること。そしてもう一つのアプローチとして、従来の発想にとらわれない視点で考えることが大切だと考えます。この二つをバランスさせて研究開発を進めていきたいと思っています。

1960年代に数人の研究者が最初のインターネットの実験を始めたとき、今日のオンラインショッピングやSNSなどのサービスを想像していたでしょうか。また最初から、当時既に世界中に張り巡らされた電話網より優れていたわけでもありません。ただ、従来の考え方にとらわれず新しい技術にチャレンジしてきたことが、20年後、30年後に世界を変える技術の成長につながったのだと思います。量子ネットワークの技術も、流行の浮き沈みにとらわれず、根気強く、かつチャレンジ精神を持って取り組むことで、今は想像できていない全く新しい形で社会に貢献できるのだらうと思っています。

量子暗号・物理レイヤ暗号の研究開発 情報理論的安全な通信の実用化に向けて



藤原 幹生

(ふじわら みきお)

未来ICT研究所
量子ICT先端開発センター
研究マネージャー

大学院修士課程修了後、1992年郵政省通信総合研究所（現NICT）入所。衛星搭載用遠赤外検出器、光子数識別器、極低温エレクトロニクス、量子鍵配送の研究に従事。博士（理学）



遠藤 寛之

(えんどう ひろゆき)

未来ICT研究所
量子ICT先端開発センター
研究員

大学院博士後期課程修了後、2017年NICT入所。物理レイヤ暗号、光空間通信、量子乱数生成源の研究開発に従事。博士（理学）

N ICTでは将来どれほど計算機が発達しても解読できない暗号通信、いわゆる情報理論的安全な通信を可能とする量子暗号ネットワークと、そのネットワーク上に分散ストレージを構築し、情報理論的安全なデータ保管を可能とする技術の研究開発を進めています。NICTは東京100 km圏に量子暗号ネットワーク（Tokyo QKD Network）を2010年から稼働しているほか、現在、衛星搭載化の研究も進めており、グローバル化に向けた進捗をご紹介します。

■背景

公開鍵暗号で現在最も利用されているRSAやDH暗号はTLSによる暗号通信・デジタル署名等で用いられています。しかし、これらの暗号は量子コンピュータにより多項式時間で解読されることが知られ、早急な安全性強化が必要です。それに対し、2015年8月にはアメリカ国家安全保障局（NSA）は量子コンピュータに耐性のある数学を利用した耐量子暗号への移行を表明しています。また2016年2月に米国標準技術研究所（NIST）は耐量子暗号の標準化計画を示し、2020年12月現在、ラウンド3まで進行しており、2025年ごろから移行が始まると予想されます。しかし、鍵交換に利用される耐量子-公開鍵暗号も計算量的安全性であり、将来それが破られないことを保証するものではありません。現在安全とされている通信も将来には解読されている危険性があり、例えば30年後でも解読されれば多大な損害を生じる可能性のあるゲノム情報の保護など、情報漏洩への対策を急ぐ必要があります。将来の暗号解

読の脅威から解放する技術で、すぐに手にできる物として量子暗号が挙げられますが、伝送距離や鍵生成レートなど改善すべき技術課題があります。現在その克服に向けた開発と新たな機能を武器に社会実装を進めています。

■量子鍵配送のネットワーク化

量子暗号とは量子鍵配送（Quantum Key Distribution: QKD）による暗号鍵（乱数）の共有と、伝送データ1ビットごとに送受信者で共有した乱数の排他的論理和を実施するVernam's one time pad (OTP) 暗号を組み合わせたものです。QKDの鍵配送速度と距離の目安は図1（上）に示すように、標準的なファイバ（伝送ロス0.2 dB/km）では、距離50 km（10 dBの伝送損失）において100 k~1 Mbps程度の鍵生成が可能で、1リンクだけではサービス距離も限られるため、暗号鍵情報を古典情報として“信頼できる局舎”で保管し、鍵をカプセルリレーし、鍵配送距離、サービスエリアを拡大します（図1（下））。QKDリンク及び信頼できる局舎でネットワークを形成しており、これをQKDネットワークと定義しています。NICTは2010年からTokyo QKD Networkの稼働を続けています。このネットワークでは異なるベンダーのQKDリンク間でも確実に鍵リレーを実施可能とするための開発を進めてきました。このノウハウはITU-TにおけるQKD分野での初の勧告となるY.3800とそれに続くシリーズの勧告、計7件の成立に生かされ、日本が標準化を主導しています。

欧州でも同程度の規模のネットワークが運用され始めています。中国では上海-北京間を鍵リレーし総距離2,000 kmに及ぶQKDネットワークを形成しました。

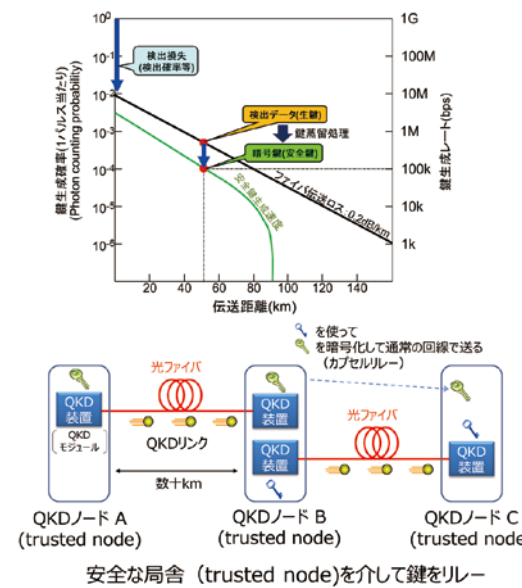


図1 量子鍵配送の性能（上）と鍵リレーの概念図（下）

我が国のQKDネットワークは中国と比較し、小規模ですが、QKD装置の性能、ネットワークの信頼性及びそのアプリケーションでは世界最先端を達成しています。

■量子セキュアクラウド技術

量子セキュアクラウドとはQKDネットワークとそれを利用した安全な通信を可能とする量子暗号ネットワーク上に形成された分散ストレージと定義できます（図2）。分散ストレージでは秘密分散という情報理論的安全なデータ保管を可能とするプロトコルを実装しています。秘密分散はデータをシェアと呼ばれる複数のデータに変換し、量子暗号で秘匿化した通信で遠隔地に保管します。データ保有者がデータを復元するには、あらかじめ設定した数（閾値）のシェアを集めることで可能になります。逆に閾値未満のシェアが漏洩したとしても、元のデータの情報は一切漏れないことを数学的に保証できます。秘密分散の最初の提案は1979年ですが、その際データの安全な伝送は仮定するしかありませんでした。量子暗号ネットワークを利用して、初めて手渡しによらないデータの情報理論的安全な分散保管が可能になりました。ま

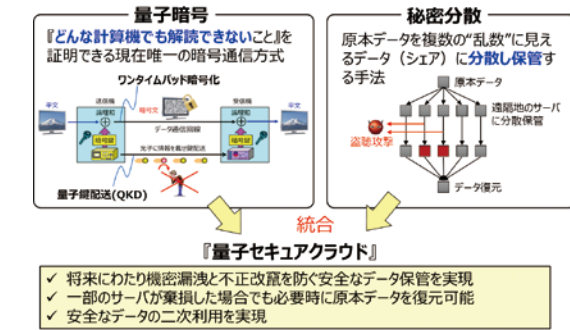


図2 量子セキュアクラウドの概念

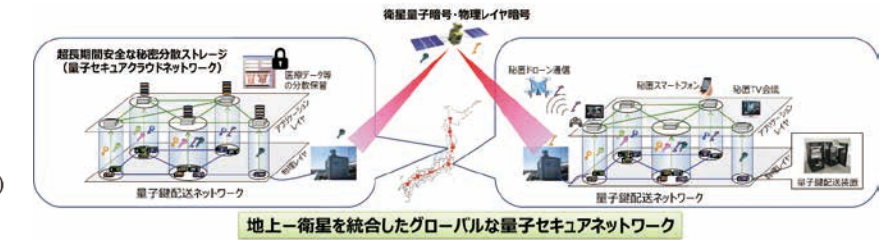


図3 地上-衛星を統合したグローバル量子セキュアクラウド概念図

た秘密分散には保存したデータの秘匿性を担保したうえでそのデータの統計情報などを計算できる秘匿計算機能が実装可能です。つまりデータの安全な伝送、保存、二次利用を可能とします。またユーザの認証やデータの完全性の担保技術など、様々な機能の研究開発も進められています。これらの技術はゲノム解析データ、電子カルテ、さらに生体認証用データの分散保管のデモにも成功し、実データでも試験が進行中です。

■今後の展開：グローバル化に向けて

ファイバ網を用いたQKDネットワーク・量子暗号ネットワークだけでは、世界展開はおろか、我が国全体をカバーするにもコストが膨大になります。先の量子セキュアクラウド技術はデータベース的な機能と考え、そこへのアクセスは衛星を介した暗号鍵を用いて実施されることが可能になります。NICTでは2018年より総務省直轄委託研究「衛星通信における量子暗号技術の研究開発」に参画しており、小型衛星搭載用機器や可搬型地上局の開発を進めています。QKDでは伝送経路において盗聴者は量子コンピュータや量子メモリを有していたとし

ても安全に設計されており、その分スループットが制限されています。それに対し、衛星-地上通信などの見通し通信では、伝送路での盗聴者の有無が様々な手段で確認でき、盗聴者が可能な攻撃は受動的盗聴に合理的に制限可能です。そのような通信路において、安全な鍵共有を可能とする技術を我々はQKDと区別し、物理レイヤ暗号と呼び、QKDよりも桁違いに高速に鍵共有ができる技術の研究開発を進めています。QKDと物理レイヤ暗号は利用場面により使い分けを想定し、より実用的な技術の開発となります。この技術により、情報理論的安全なグローバルネットワークの形成が可能になると考えます（図3）。このようなグローバル戦略とキラーアプリの研究を総合的に進めている組織は世界でも例がなく、NICT内の様々なバックグラウンドを持った関係者からのフィードバックを頂きながら進めています。量子技術だけの視点ではなく、真に意味のある技術へ成熟させ、社会実装に向けた努力を続けています。

光量子制御技術の研究開発

量子ネットワークの実現を目指して



遠本 吉朗
(つじもと よしあき)
未来ICT研究所
量子ICT先端開発センター
テニユアトラック研究員

大学院修了後、2017年NICT入所。量子もつれ光子対源の開発やそれを用いた量子プロトコルの実証実験に関する研究に従事。博士（理学）

量子コンピュータなどの量子デバイスを量子的に接続し、物理原理が許す最大限の機能を実現することを目指した究極のネットワークを量子ネットワークと呼びます。量子ネットワークでは「量子もつれ」と呼ばれる量子力学特有の相関をリソースとして用いることで、古典物理学に基づく従来技術のみでは達成不可能なプロトコルが実現可能となります。本稿では、この量子的な相関を持つ量子もつれ光子対を高速に生成し、活用した最新の研究開発結果と、それを用いて初めて可能となった量子プロトコルの原理実証実験について紹介します。

■量子ネットワークの実現に向けて

インターネットは、人やモノをつなげることで、社会に新たな価値を生み出してきました。同様に、量子コンピュータや量子センサといった量子デバイスをつなぐネットワーク概念が「量子ネットワーク」です。これまでに、分散・秘匿量子コンピューティングや超高精度時刻同期など量子ネットワークを利用した様々なプロトコルが提案されており、今後も様々な利用方法が提案されていくと目されています。このように量子ネットワークの恩恵が期待される一方で、その実現には様々な技術開発が不可欠です。NICTでは、量子ネットワークの基本的なリソースとなる量子もつれ光子対の生成・制御技術の研究開発を推進しています。

■量子もつれ

量子もつれとは、古典物理学では説明できない量子的な相関を意味します。量子もつれの説明の前に、まずは古典的な

相関について光子対の偏光を例に取って考えます。いま、縦偏光か横偏光かをランダムに選択し、選んだ偏光を持つ光子対が生成できる装置があるとします。生成された光子対に対して、それぞれの光子の偏光が縦偏光か横偏光かを偏光フィルタによって識別すれば、「一方の光子の偏光が縦（横）偏光の場合、もう一方の光子の偏光も縦（横）偏光である」という相関が測定されるでしょう。しかし、偏光フィルタを取り替えて、右回り円偏光と左回り円偏光を識別するような測定を行うと、何の相関も検出されません。このように、特定の偏光だけで得られる相関を古典的な相関といいます。一方で、量子もつれ状態にある光子対を用いると、縦横の偏光を識別する測定を行っても、円偏光を識別する測定を行っても、相関が検出されます。この振る舞いは、古典物理学に基づく考え方では説明することができません。量子ネットワークでは、このような量子的な相関を積極的に活用します。

■超高速量子もつれ光子対源の開発

NICTでは、これまでに自発的パラメトリック下方変換（Spontaneous Parametric Down-Conversion: SPDC）と呼ばれる非線形光学効果を用いた高輝度・高品質な量子もつれ光子対源の開発を行ってきました。SPDCでは、励起レーザー強度に比例した確率で光子対が生成されるため、励起レーザーの強度を増強することで高輝度化が期待できます。しかし、この励起レーザー強度の増加に伴い、1パルスあたり2対以上の光子対が生成される、いわゆるエラーイベントの確率も増えるため、量子もつれの質が劣化してしまうという

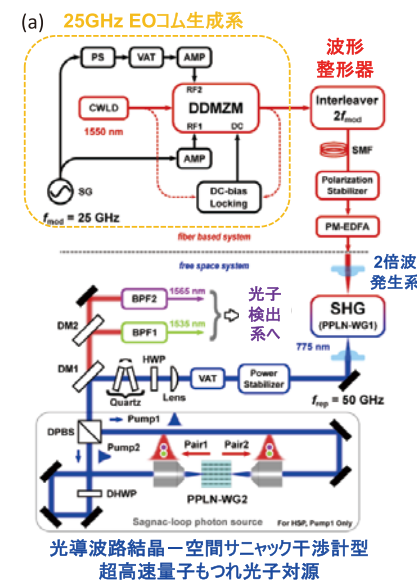


図1 a) 超高速量子もつれ光子対源の構成。電気光学変調（EOM）により高速パルスを生成し、その二倍波を導波路型非線形光学結晶へ入射することで、量子もつれ光子対を生成する。b) 量子もつれ光子対の検出レートと励起パワーの関係。c) 量子もつれ光子対の質と励起パワーの関係。

問題が知られています。このトレードオフを回避できる手法として、励起レーザーの繰り返し周波数を上げる手法があります。これにより1パルスあたりのエネルギーを低く抑え、エラーイベントの確率を増やすことなく、もつれ光子の生成レートを上げることができます。今回我々は、周波数コム光源と高効率な導波路型非線形光学結晶を組み合わせた超高速量子もつれ光源を新規開発することに成功しました（図1(a)参照）。この周波数コム光源では繰り返し周波数を最大50 GHzまで可変に設定できます。図1(b)に示すように、量子もつれ光子対の検出レートは最大で1.6 MHzに達し、これは以前に当先端開発センターの実験において得られたレートの約100倍にあたります。また、図1(c)に示すように量子もつれの質を表すFidelity（忠実度）、Purity（純粋度）、EoF（Entanglement of Formation、量子もつれの度合い）はいずれも高い水準に保たれていました。

■量子プロトコルの実証実験

このような量子もつれ光子対をリソースとして用いるプロトコルの1つに、装置無依存量子鍵配送（Device-Independent Quantum Key Distribution: DIQKD）があります。DIQKDは、量子もつれ光子対の量子的な相関の度合いを監視することで、QKD装置に関する知

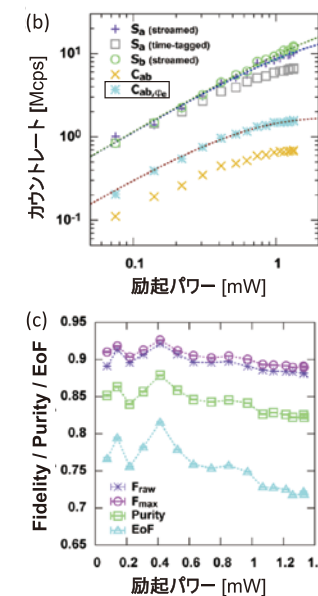


図2 a) 実験系の概略図。量子もつれ光子対の相関パラメータSを測定する。b) 量子もつれ光子対の平均光子数とSの関係。

識が得られない場合であっても秘密鍵が得られる次世代のQKDプロトコルです。量子的な相関は、測定結果から得られる相関パラメータSによって評価可能で、Sが2を超えれば秘密鍵の安全性が保障されます。しかし、実際にSPDCで生成した量子もつれ光子対を使ってDIQKDを行う場合に、どの程度の平均光子数を選べばSを最大化できるかは、これまでよく分かっていませんでした。今回我々は、図2(a)に示す実験系を用いて、従来考えられていた平均光子数よりも非常に大きい領域でSが最大化されることを実験的に確かめることに成功しました（図2(b)）。さらに、量子もつれ交換と呼ばれる手法を適応することで、DIQKDの長距離化が可能となることを実験的に実証しました。図3(a)に示した実験系では、量子もつれ光子対を2組生成し、それらを連結することで長距離の量子もつれを形成します。本実験では、量子もつれ光子対に対して長さ50 kmの光ファイバに相当するロスを加えた後に、量子もつれ交換を適用し、実験結果から推定した終状態がS>2となる状態であることを確認することに成功しました（図3(b)）。

■今後の展望
これまでの研究で、量子もつれ光子対の高速生成が可能となり、生成された光子を適切に制御・測定することで、

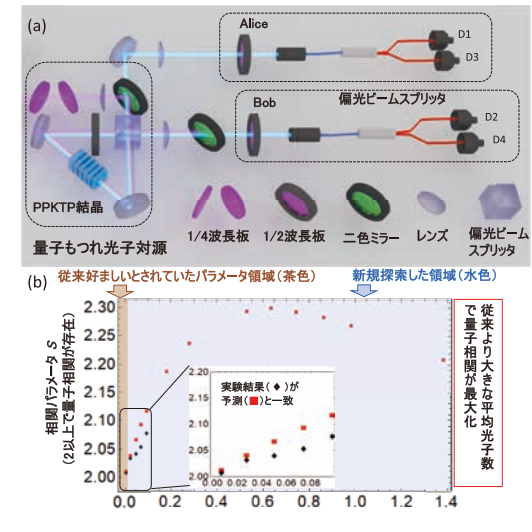


図3 a) 実験系の概略図。b) 量子もつれ交換で得られた量子状態。

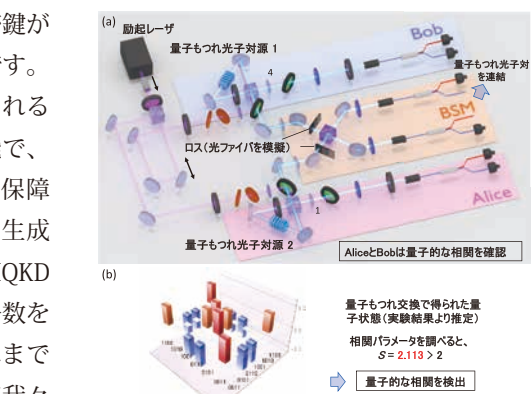
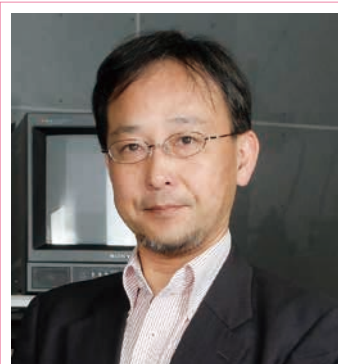


図3 a) 実験系の概略図。b) 量子もつれ交換で得られた量子状態。

DIQKDといった量子プロトコルの実証が可能となってきました。量子ネットワークを実現するためには、このような光量子制御技術の高度化に加えて、物質系量子メモリと量子もつれ光子対をリンクし、相互に量子情報をやりとりすることが不可欠です。そのためには、量子メモリや量子メディア変換器といった様々な要素技術の研究開発も重要となってきます。量子ICT先端開発センターでは、今後もこれら技術の研究開発を総合的に推進していきます。

イオントラップ光時計と量子ネットワーク



早坂 和弘

(はやさか かずひろ)

未来ICT研究所
量子ICT先端開発センター
研究マネージャー

大学院修了後、1990年通信総合研究所（現NICT）入所。2011年4月より現職。イオントラップを用いた量子光学の研究に従事。大阪大学大学院基礎工学研究科特任准教授。博士（理学）。



田中 歌子

(たなか うたこ)

未来ICT研究所
量子ICT先端開発センター
主任研究員

大学院修了後、1994年通信総合研究所（現NICT）入所。2003年から大阪大学大学院基礎工学研究科にてイオントラップを用いた量子計測に従事し2006年より講師。2017年よりクロスアポイントメント制度により現職。博士（理学）。

イオントラップは制御した電場によりイオンを閉じた空間にとらえるデバイスで、レーザー冷却技術と併せて用いることでイオン化した原子を空中に静止させて保持することを可能とします。また、原子内部や運動の量子状態を制御することで、光周波数を用いた原子時計である光時計や量子コンピュータが実現できることが知られています。本稿ではNICTが取り組んでいるイオントラップ光時計の研究開発と光時計量子ネットワークへの応用の展望について紹介します。

■背景

量子力学の教科書には個々の原子の量子状態を操作する思考実験が多く登場しますが、量子力学の創始者の一人であるE. シュレディンガーですら個々の原子での実験は現実的ではないと1950年代に記しています。しかしながら、1970年代後半にはイオントラップで個々のイオンの量子状態が実験で観測できるようになり、1982年には18桁の周波数精度を持つ単一イオン光時計が提案されました。単一イオン光時計の量子状態制御技術をベースとして、1995年にはイオントラップ量子コンピュータが提案されました。最近では、これらを基に周波数精度が19桁に及ぶ光時計や32量子ビットの量子コンピュータが実現されています。

■イオントラップ光時計

NICTでは1990年代からイオントラップ技術の研究開発に取り組み、2008年にはカルシウムイオン光時計、2017年には共同冷却式インジウムイオン光時計を世界に先駆けて実現しました。単一イ

オン光時計はイオンの時計遷移を周波数基準として精密光周波数を生成します。1個だけのイオンの信号は微弱なので、正確な周波数を決定するまでの時間が長いという問題点がありました。これを解決したのが中性原子集団を用いた光格子時計です。光格子時計では 10^4 個以上の原子を、周波数変動を抑圧できる特定波長の光で生成する光格子に配置して信号を増強しています。イオントラップ光時計でも多数個を用いるアプローチが試みられていますが、電荷を持たない中性原子とは事情が異なります。従来型イオントラップでは電気四重極シフトと呼ばれる周波数変動がイオンごとに異なるため、それぞれのイオンが異なる基準光周波数を発生してしまい、多数個の利点が発揮できません（図1）。NICTではこの問題を解決するため、全てのイオンが同一の基準光周波数を発生するトラップ電位を発見しました。光格子時計で原子の周波数変動を抑圧する光波長を「魔法波長」と呼ぶのに倣い、このトラップ電位を「魔法電位」と呼びます。しかしながら、従来型イオントラップでは電位を制御する自由度が少ないため魔法電位を生成することができません。

■オンチップイオントラップ

従来型イオントラップでは電極を三次元的に配列するため、任意のトラップ電場の生成には困難が伴います。この問題を解決するのがオンチップイオントラップです。このイオントラップでは、電極を平面形状に近似して同一平面上に配置します。これらの電極を分割して異なる電圧を印加することにより、自由度の高いトラップ電位の生成が可能となりま

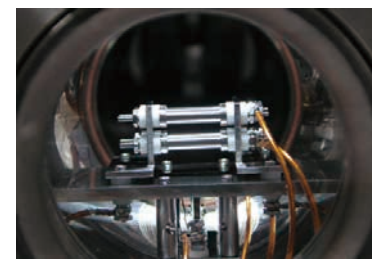


図1 従来型イオントラップ（左）とトラップされたカルシウムイオン（右）
カルシウムイオンの間隔が不均一であることから電気四重極シフトが不均一であることが分かる。

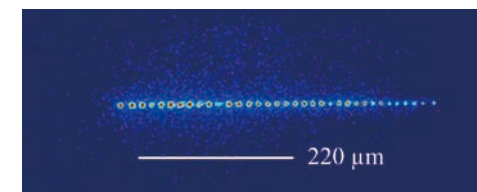


図3 「魔法電位」にトラップされた35個のカルシウムイオン
13対の電極から構成されるオンチップトラップを用いて大阪大学大学院基礎工学研究科 田中歌子グループでの実験で観測された。図1のイオン列と異なりイオンが等間隔に配置しており、電気四重極シフトのばらつきがないことが分かる。

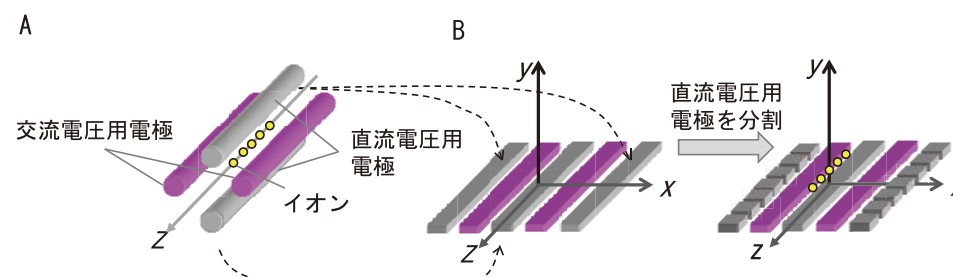


図2 イオントラップの電極構成
(A)従来型イオントラップ（リニアトラップ）、(B)オンチップイオントラップ

す（図2）。この特徴によりオンチップイオントラップは量子コンピュータにも広く用いられています。NICTでは大阪大学との協力で13対の電極から成るトラップを試作して魔法電位の生成を試みたところ、35個のイオンで魔法電位の生成が可能であることを確認できました（図3）。また、未来ICT研究所内での連携により、表面精度や耐電圧に優れたオンチップイオントラップを内製することができました（図4）。さらに、複数個イオンによる信号増強を従来型イオントラップでのエミュレータ動作で検証することができ、オンチップイオントラップを用いた複数イオン光時計の実現にあと一歩と迫りました。

■イオントラップと光子による量子ネットワーク

イオンが光子を生成する際には、イオンと光子の量子状態に量子もつれと呼ばれる量子相関が生成されます。イオンは質量を持ち輸送が困難であるのに

対して、光子は自由空間や光ファイバーを通して遠距離を伝送させることが比較的容易です。イオントラップと光子を用いると光時計を量子的に接続して高速に時間を決定する量子時刻同期や量子コンピュータを量子的に接続する光接続量子コンピュータなどの量子ネットワークが実現できると考えられています。NICTではイオントラップと光子による量子ネットワークに早期から着目し、2004年にはマックスプランク量子光学研究所との協力により単一イオンからの時間波形を制御した単一光子列の生成を初めて実現しました。この光子の波長は866 nmで光ファイバーでの伝送距離に制限がありましたが、2018年にはサセックス大学、大阪大学との協力により、光子の量子力学的性質を保持したまま光通信波長帯光子へと変換し、10 kmの光ファイバー中伝送を実証しました。これによりイオントラップを光ファイバーで接続した量子ネットワークの実現へと大きく近づきました。

■今後の展望

光時計のネットワークを形成することで時空情報の高度化や局所的重力変動のセンシングなどが可能になると期待され、国内外でファイバリンクの整備が進められています。量子ネットワークでは、このようなネットワークで得られる時空情報配信やセンシングに要する時間を量子力学が許す極限まで短縮することができると期待されます。イオントラップ技術に加えて光周波数標準技術、微細加工技術等の量子ネットワーク実現に必要な要素技術の多くがNICT内で研究開発されており、世界に先駆けた実現を目指します。

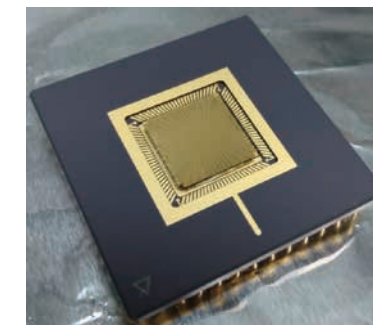
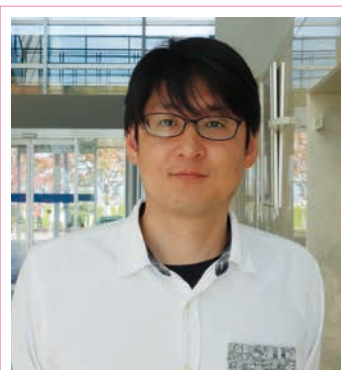


図4 NICTで作製されたオンチップトラップ
フロンティア創造総合研究室によりNICT内部施設で作製された。

深化する超伝導光子検出技術



三木 茂人

(みき しげひと)

未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室
主任研究員

大学院博士課程修了後、科学技術振興機構研究員を経て、2005年NICT入所。超伝導ナノワイヤを用いた単一光子検出器に関する研究に従事。博士(工学)。

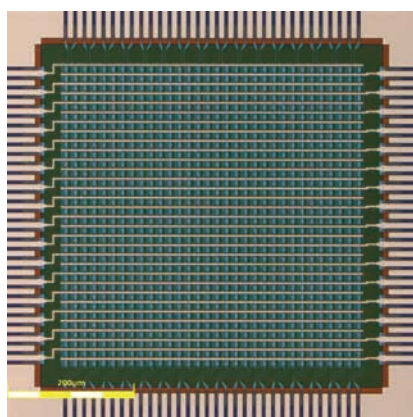


図1 試作した1024ピクセルSSPD素子の光学顕微鏡写真

光子検出技術は、量子情報通信技術・超長距離レーザー通信・レーザーセンシングや蛍光相関観測など、様々な分野における基盤技術となります。NICTでは超伝導材料を用いることで他の検出器では達成できない性能を備えた超伝導単一光子検出器 (Superconducting nanowire Single Photon Detector: SSPD) の研究開発に10年以上にわたり取り組んでいます。これまでも急速な技術進化によって他の検出器では達成できないような性能が実現してきましたが、今、更なる技術の深化に向けて動き出しています。

2013年12月号のNICTニュースで「進化する超伝導光子検出技術」と題して研究紹介記事*を掲載させていただきました。SSPDは厚さ数 nm (ナノメートル)、幅百 nm 以下の「超伝導ナノワイヤ」から形成されますが、当時我々の研究プロジェクトでは、この超伝導ナノワイヤの上下に光共振構造を設置することに成功し、20%程度にとどまっていた通信波長帯 (波長1550 nm) における検出効率を一気に80%まで向上させることに成功しました。その後、従来とは異なる新たな構造の採用などにより性能向上は進み、現在の検出効率は90%近くとなり、光子検出器の重要な性能である暗計数率 (単位時間あたりの誤り検出数) も10カウント/秒以下と他の検出器を凌駕する性能が実現しています。

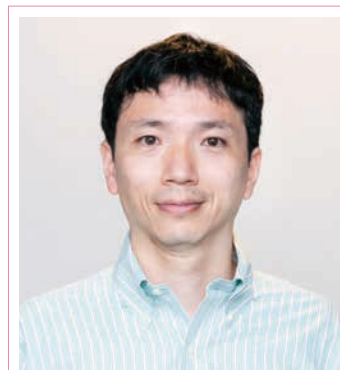
■ 深化に向けた SSPD アレイ化技術の開発

一方、従来の SSPD は光子が入射したかどうかを判別することしかできませんが、光子の数や波長、入射位置の特定な

ど、より高度な機能が様々な先端技術応用分野から求められるようになってきています。このような超伝導光子検出技術の深化に向けた鍵を握るのが SSPD の多ピクセル化技術だと我々は考え、研究開発に取り組んでいます。幅百 nm 以下の超伝導ナノワイヤをチップ内に多数個配置することになるので素子作成技術の困難性は飛躍的に高まりますし、多数の SSPD からの出力信号を極低温環境下でまとめる技術 (多重化信号処理) も必要となってきます。これらを克服するために、我々は超伝導単一磁束量子 (Single Flux Quantum: SFQ) 回路を用いた SSPD 用多重化信号処理を世界に先駆けて提案し、動作実証を行ってきました。SFQ 回路はデジタル回路であるため、柔軟性のある信号処理を行うことが可能であり、多入力論理和や同時計数、アドレスエンコードなど多岐にわたる回路を多ピクセル SSPD と組み合わせることにより、先に述べた様々な機能を実現することができます。また、超伝導ナノワイヤ作製技術の進展により、ピクセル数も4ピクセルから開始し、8、16、64ピクセル SSPD の作製と動作実証に成功してきました。さらに、図1に示す様な1024ピクセル SSPD の試作も開始しています。1024ピクセル SSPD は完全動作実証には至っていませんが部分的な動作は確認できており、SFQ 回路を組み合わせた完全動作実証が視野に入ってきました。

今後は、ピクセル数規模の拡大はさらに続き、もちろん幾つもの技術革新が必要となってきますが、100万ピクセル SSPD の実現もあながち夢物語ではなくなってきたのではと感じています。

量子 ICT へ向けた超伝導量子回路の研究開発



吉原 文樹

(よしはら ふみき)

未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室
巨視的量子物理プロジェクト
主任研究員

大学院博士課程修了後、理化学研究所研究員を経て2014年NICT入所。以来、超伝導量子回路を用いた量子物理の研究に従事。博士(工学)。

近年、量子コンピュータの研究開発が盛んに行われています。10年ほど前には、量子コンピュータの実現可能性は全く未知数でしたが、ここ数年で量子ビット数が急速に大きくなり、ある特定の問題に関してはスーパーコンピュータよりも高速な演算処理を行えることが示されました。

量子コンピュータの最小構成要素は量子ビットと呼ばれています。0と1を表すビットの量子版にあたります。量子ビットは0状態と1状態の重ね合わせ状態を取ることができ、また、量子ビットが二つあると、「量子ビットAが0状態で量子ビットBが0状態」という状態と、「量子ビットAが1状態で量子ビットBが1状態」という状態の重ね合わせ状態を取ることができます。この状態は、お互いの量子ビットの状態がもう片方の量子ビットの状態によって決まっているというとても不思議な状態であり、量子ビット間に大きな相関があることからもつれ状態と呼ばれています。量子コンピュータでは「重ね合わせ」、「もつれ」といった量子力学特有の状態をうまく使って量子演算を行います。また、これら量子力学特有の状態は量子コンピュータ以外にも、量子通信、量子計測、量子シミュレータなどの様々な量子情報処理に用いることができるのです。

■ 超伝導量子回路

量子情報処理を行うための様々な物理系の中で、超伝導電気回路は本命の一つと考えられています。超伝導電気回路を超低ノイズ・極低温 (数十 mK) 下におくと、「重ね合わせ」、「もつれ」といっ

た量子力学特有の状態が現れます。このような、量子力学特有の振る舞いを示す超伝導電気回路を超伝導量子回路と呼びます。超伝導量子回路を動作させるには希釈冷凍機を用いて極低温に冷却する必要があります。これは、運用を考えるうえではデメリットと言えますが、超伝導量子回路にはこのデメリットを補って余りある以下のような長所があります。超伝導量子回路で構成される超伝導量子ビットは数 μm から数百 μm の大きさを持ちます。これは、数ある量子ビットの中で飛び抜けて大きいです。このため、超伝導量子ビット同士、または超伝導量子ビットと他の回路要素との結合強度を大きくできるのです。このことは、高速動作が可能であることを意味しています。さらに、電気回路なので集積化が可能であり、無限の設計自由度があります。これらことから、超伝導量子回路を用いた量子情報処理技術はまだ多くの伸びしろを有していると言えます。

■ 今後の展望

巨視的量子物理プロジェクトでは、超伝導量子回路を用いて、超伝導量子ビットとマイクロ波との間の相互作用を1光子レベルで解き明かすという量子情報処理に不可欠な研究課題に取り組んでいます。超伝導量子ビットの長所である「大きいこと」、「無限の設計自由度があること」を最大限に生かすことで、様々な成果を上げてきました^{*1,2}。今後も、超伝導量子回路を用いた量子情報処理に不可欠な、量子ビットの長寿命化、量子ビットゲート操作・量子ビット状態測定の高精度化などの研究開発に取り組めます。

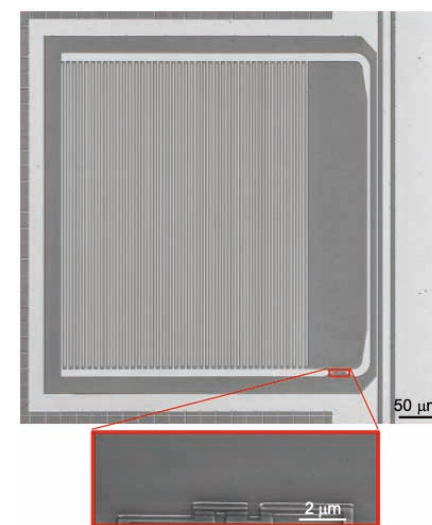


図 超伝導量子ビット (赤枠内) と超伝導共振回路

*1 プレスリリース：光子と人工原子から成る安定な分子状態を発見 (2016/10/11)
<https://www.nict.go.jp/press/2016/10/11-1.html>

*2 プレスリリース：光子との相互作用を使った超伝導人工原子の自在なエネルギー制御が可能に (2018/5/8)
<https://www.nict.go.jp/press/2018/05/08-1.html>

* <https://www.nict.go.jp/publication/NICT-News/1312/02.html>

量子ICT人材育成プログラム NICT Quantum Camp

オープンイノベーション推進本部
ソーシャルイノベーションユニット
戦略的プログラムオフィス
統括 柏岡 秀紀

量子計算や量子通信に代表される量子ICTは、従来型を超える性能を提供し得るものとして大きな期待を集めています。そのため、国家安全保障、経済的競争性を構成する重要な技術として、基礎技術の研究開発や、産業応用についての試行検討が続けられ、様々な国で、多額の資金が提供されるプロジェクトが実施されています。

このように注目されている分野ですが、人材が豊富とは言えない状況です。内閣府による量子技術イノベーション戦略の最終報告においても、「量子ネイティブ」育成の重要性がうたわれています。NICTでも、2019年7月に「次世代量子情報処理と人工知能」をテーマとして「NICT Open Summit」が開催され、量子ICTの研究開発に携わる人材の不足が指摘されました。加えて、人材育成のための良い教材や育成システムの開発の必要性が指摘されました。それを受け、NICT徳田理事長の指揮の下、量子ICTの人材育成の具体化に向けた検討が始まりました。NICTでは、若年層のICT人材を対象に、セキュリティイノベーター育成を目的とした人材育成プログラム「SecHack365」を実施しています。このプログラムの実施経験を活かした実施体制の構築とともに、NICTがカバーする分野だけでなく、大学、企業の方を講師、アドバイザーに招き、オールジャパン体制で実施することで、「量子ネイティブ」の育成を目指しています。詳細は、<https://nqc.nict.go.jp/> をご覧ください。

このような考えの下、NICT Quantum Campでは、以下の2つのプログラムを実施しています（図）。

- 1 量子ICTに関する基礎知識や活用するための技能に関する講演・演習を実施する「体験型人材育成プログラム」
量子ICTに関わる人材の裾野を広げることを目的としています。2020年度、20名程度の参加者を募集しました。結果、多数の応募の中から、高専生、大学生、大学院生、社会人の

30名を対象に、リモート環境にて講演・演習を実施しています。講演の前後で、参加者間の交流や講師陣との交流を図り、様々な意見を言える環境を作っています。同じ手法の説明でも、講演者の取る立場で説明が変わってきます。プログラムを通して参加することで、ひと口に量子ICTといっても、多様な見方、立場があることが理解できます。


2 研究者を育成する「探索型/課題解決型人材育成プログラム」

量子ICTに関する研究課題を自ら設定し、実施する研究開発を支援しています。個人単独又はグループとして、調査・開発・研究課題を提案していただき、その活動資金として、100万円/件を支援しています。NICTを支える一流の研究者を育てたいというもくろみがあります。2020年度は、2件の提案を採択し、研究開発を実施しています。

量子ICT人材育成プログラム NICT Quantum Camp (NQC) の名称は、このプログラムのNICTで検討に加わっていただいた方々のアイデアから、イメージを合わせて決定されました。NQCで共に過ごした仲間の絆は深く、様々な場面で助け合い、共に切磋琢磨するライバルにもなります。NQCがそのような場を提供できるように、活動していきます。

柏岡 秀紀 (かしおか ひでき)

1993年博士課程修了後、ATR (国際電気通信基礎技術研究所) に入社。2006年4月よりNICTに出向、2009年3月ATRを退社、同年4月より現職。博士 (工学)



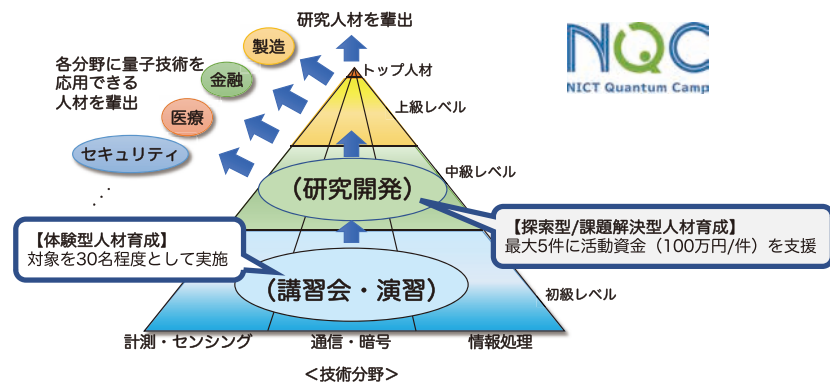


図 NICT Quantum Camp (NQC) の概要

窒化物超伝導量子ビットの研究で 量子技術のブレークスルーを目指す



金 鮮美

(きむ せんみ)
未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室
巨視的量子物理プロジェクト
研究員 理学博士

- 経歴
1975年 韓国扶餘にて誕生
2003年 西江大学大学院 (韓国) 博士課程修了後、来日し物質材料研究機構 (NIMS) に博士研究員として入所
2006年 大阪大学レーザーエネルギー学研究中心博士研究員
2009年 NIMS 博士研究員
2013年 東京大学生産技術研究所博士研究員、2014年から特任助教
2018年 NICT 入所、現在に至る
- 受賞歴等
2020年 NICT 優秀賞: 「全窒化物 接合磁束量子ビット作製に成功」
NICT 先端ICTデバイスラボ 成果報告会優秀ポスター賞: "Fabrication of superconducting quantum circuit with π -junction qubit"

一問一答

- Q 生まれ変わったら?
A 人の命を助けるお医者さんになりたいと思います。
- Q 今までで最大の失敗は?
A 2006年にイギリスで行われた国際会議で初めての招待講演をした時、緊張しすぎて発表中、頭が真っ白で固まった経験があります。発表は準備したメモのおかげで無事に終わりましたが、発表練習の大切さを身を持って感じました。
- Q 最近ハマっていること
A 家の近所に来た新しい唐揚げ屋さんの唐揚げにはまっています。

私は窒化物超伝導量子ビットを研究しています。窒化物の超伝導体を用いて、量子回路を設計・作製し、10 mK の極低温で素子のマイクロ波特性を調べて、人工原子としてのコヒーレンス特性を明らかにしながら、量子情報処理に欠かせない量子ハードウェアの新しいプラットフォームを構築する研究をしています。

現在、Google や IBM 社が開発に注力している量子コンピュータの心臓部は、ジョセフソン接合 (超伝導体/絶縁体/超伝導体の接合) と呼ばれるものでアルミ (Al) の酸化プロセスによって作製されています。しかし Al 系量子ビットはデコヒーレンスの原因となる微視的二準位系 (TLS) を多数含む非晶質の酸化 Al を絶縁層とし構成されており、今後の更なるコヒーレンス時間の改善、大規模集積化に向けて、これを置き換える材料の検討が不可欠です。それに比べて「エピタキシャル成長の窒化物 (NbN/AlN/

NbN) ジョセフソン接合」は、Al より酸化し難く、配向性が優れた結晶構造を持つ絶縁膜を使うことで TLS の影響が少ないことが期待されており、量子ビット応用に適した材料です。私は最近 NICT フロンティア創造総合研究室の寺井弘高 首席研究員のグループ及び名古屋大学の山下太郎 准教授との共同研究を基に、誘電損失が少ないシリコン基板上に窒化物超伝導量子ビットの作製に成功し、窒化物

としては世界最高のコヒーレンス時間が得られました (論文執筆中)。今後は強磁性体ジョセフソン接合と結合した新機能量子ビットや、誤り耐性の量子ビット開発に携わりながら、従来の Al 系量子ビットの性能を凌駕する量子ハードウェアの新しいプラットフォーム構築を目的とし、量子情報処理分野の新たなブレークスルーの発見を目指していきます。

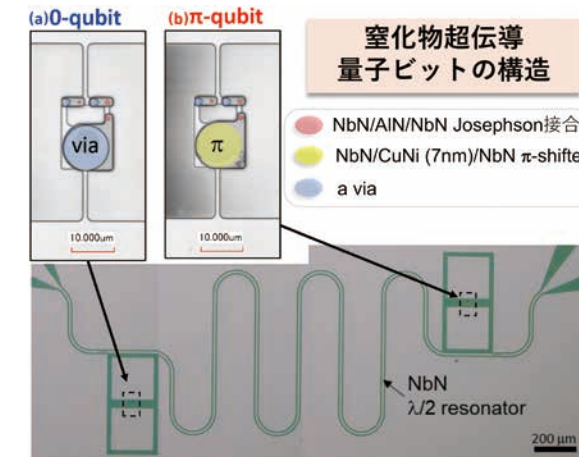
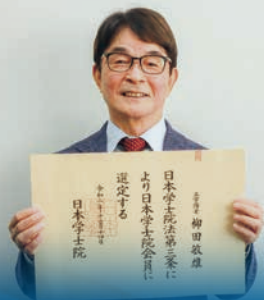


図 (a) 接合を含まない窒化物磁束量子ビット (0-qubit) と (b) 位相シフターを含む窒化物磁束量子ビット (π -qubit) と結合した NbN の $\lambda/2$ コプレーナ導波路共振器の写真



柳田敏雄 CiNet 研究センター長が 日本学士院会員に選出

脳情報通信融合研究センター（CiNet）の柳田敏雄研究センター長（大阪大学 特任教授）が令和2年12月14日、日本学士院会員（第四分科、理学）に選ばれました。同年12月21日、学士院会員選定状授与式が行われ、柳田研究センター長はオンラインで参列しました。

柳田敏雄研究センター長は、生物物理学の分野における、「蛋白質動態 1 分子計測技術」の先駆的研究者として、独創的アイデアで筋収縮メカニズムを解明するなど、数々の画期的成果をあげたことが評価されました。

現在、脳情報通信融合研究センター長として、この成果の中心にある「ゆらぎ」の考え方を生かした新しい脳情報科学研究を進め、新しい脳情報通信技術への展開を進めているところです。

柳田敏雄研究センター長のコメント

日本の文化とも言うべき、「いい加減に」、「ほどよく」の考え方を持ち込み、生命の理解に挑戦してきました。欧米文化にはあまり見られないユニークな「ゆらぎ」の概念で、長年世界の研究者と論争してきたのですが、このように評価していただいても嬉しいです。

パーマナント 研究職・総合職

採用 2022

NICTは、情報通信分野を専門とした我が国唯一の研究機関です。研究者と総合職が一体になることで、高いパフォーマンスを発揮し、情報通信の分野で『安心・安全で豊かな社会の実現』を目指して仕事をしています。このNICTで、是非一緒に様々なことに挑戦していきませんか？

研究職・研究技術職・テニュアトラック研究員

- 募集職種 パーマナント研究職員、パーマナント研究技術職員及びテニュアトラック研究員
- 採用時期 2022年4月1日（場合により早期採用の可能性有）
- 応募方法 弊機構採用情報のwebページからのエントリー（研究職）https://www.nict.go.jp/employment/research_staff.html（研究技術職）https://www.nict.go.jp/employment/technical_staff.html
- 応募締切 2021年4月9日（金）17:00 必着
- お問い合わせ
総務部人事室人事グループ／経営企画部 研究職 採用担当
MAIL: jinji-r@ml.nict.go.jp TEL: 042-327-7304

総合職

- 仕事内容 研究開発の推進及び研究開発成果の社会還元のため、経営企画、人事、財務、法務、広報等の組織マネジメント、産学官・地域連携、国際連携、知的財産管理、技術移転などの業務に従事します。
- 応募資格 4年制大学（海外の大学を含む）以上を2022年3月に卒業・修了する見込みの方。あるいはそれらを卒業・修了した30歳以下（1991年4月1日生まれまで）の方。＊学部や専攻は問いません。
- エントリー方法
下記URLからマイナビ2022に登録後、エントリーをされた方へ順次ご案内いたします。
<https://www2.nict.go.jp/employment/clerk/clerk.html>
マイナビにエントリーできない方は、下記までお問い合わせください。
- お問い合わせ
総務部人事室人事グループ 総合職 採用担当
MAIL: jinji@ml.nict.go.jp TEL: 042-327-7304

2021年3月1日
エントリースタート!

その他、詳細については、採用情報の URL をご覧ください。

<https://www.nict.go.jp/employment/index-top.html>

- NICTの最新研究成果を皆様にご紹介いたします。
- 皆様のオンライン参加を心よりお待ちしております。

3月中旬にHPIにて情報公開してまいります。

ONLINE
オンライン開催

NICTオープンハウス2021
6月11日（金）・12日（土）開催