

量子技術領域

量子技術による産業・社会イノベーションの実現に向けて

量子技術は、将来の経済・社会に変革をもたらすばかりではなく、経済安全保障の観点からも重要な基盤技術である。我が国の「量子技術イノベーション戦略」を明確に位置づけ、日本の強みを活かし、重点的な研究開発や産業化・事業化をPRISM量子技術領域の施策によって促進し、量子コンピュータのソフトウェア開発、量子生命、量子セキュリティなどで世界トップをめざす。



量子技術領域統括

荒川 泰彦

東京大学 ナノ量子情報
エレクトロニクス研究機構
特任教授

Profile

1975年東京大学工学部電子工学科卒業、1980年東京大学大学院工学研究科博士課程電気工学専攻修了（工学博士）、1980年東京大学生産技術研究所講師、1981年東京大学生産技術研究所助教授、1993年東京大学生産技術研究所教授、1999年東京大学先端科学技術研究センター教授兼任、2006年東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長、2018年現職、東京大学名誉教授。2009年紫綬褒章、2011年ウェルカー賞、2017年日本学士院賞などを受賞。

領域概要

■量子技術と他分野との融合によるイノベーションの創出

我が国が強みを持つ量子技術と他分野技術を融合・連携させた新たな技術体系として、三つの「量子融合イノベーション領域」を設定。これらの領域で我が国が世界を先導・主導すべく、国の最重点領域として戦略的取組を強力に推進・展開。



早期に高い確度で実用化・事業化等を実現し、我が国の産業・社会イノベーションに大きく寄与・貢献

運営委員の紹介

荒川 泰彦	領域統括/座長
寒川 哲臣	NTT先端技術総合研究所 所長
平野 琢也	学習院大学 理学部物理学科 教授

量子技術を、多様な領域に融合。「量子技術イノベーション」を実現する



Q1 量子とはどんなものですか？また、世界の量子技術領域の歴史や現状について教えてください。

原子・分子の極微の世界では、物理量はそれまでの古典物理学で考えていたような連続的なものでなく、ある条件のもとに定まるとびとびの(離散的な)値をとります。そのときの基本単位が量子です。たとえば、アインシュタインは、光も量子であるという光量子仮説を提唱し、またボーアは水素原子内で電子の角運動量の量子性を見出しました。その後これらの思想が進化し、量子力学という体系がつくりあげられるようになりました。ハイゼンベルク、シュレディンガー、パウリといった当時20代後半の天才たちの貢献が大きかったといえます。

1947年には半導体トランジスタが登場しましたが、動作を理解するのに必要なバンド理論は量子力学にもとづいています。1957年には、江崎玲於奈博士が、後にエサキダイオードにおいてトンネル効果を発見しました。その後の半導体の発展は著しく、LSI(Large Scale Integration:大規模集積回路)、レーザーなどを生み出すとともに、電子の波動性を人工的に発現する超格子や量子ドットなども出現しました。これらにより、「量子1.0」のステージが到来し、今のIT社会に大きく貢献してきています。実用化目前の量子暗号通信技術や量子アニーリングの考え方もこのカテゴリーに属します。

一方、ゲート型量子コンピュータは「量子2.0」に立脚し、量子のコヒーレント状態や量子もつれ状態を積極的に活用しています。大雑把に言えば、「量子1.0」は一つの量子の状態制御を基本とするのに対し、「量子2.0」は2つ以上の状態が絡み、一方の状態観測するともう一方の状態も決まるような「もつれ」の状態に基づいています。「量子2.0」は、約30年後のゲート型量子コンピュータ実現を究極の目標にしており、現在、超伝導、イオントラップ、半導体量子ドット、光子など、いろいろな要素技術に対して世界中で大きな投資が始まっています。

Q2 PRISMで量子技術領域に取り組んでいる内容についてお聞かせください。

量子技術を社会実装できる分野は、量子コンピューティング分野や量子鍵配送分野のみならず、光格子時計、脳磁・心磁計測、超高感度MRI、高精度加速度計、量子イメージング計などの量子計測・センシング分野も有望です。ゴールへの距離感はそれぞれの分野ごとに異なりますが、PRISMでは特定のテーマに照準を合わせ、集中投資をすることによって、一気に社会実装まで進めていきます。その流れが実現されれば、投資がさらに増え、産業界が本気で参画し、開発が一層加速されるという、ポジティブスパイラルが生まれることが期待できます。

PRISMの量子技術領域が、2021年度に重点テーマとしたのは、量子AI技術、量子生命技術、量子セキュリティ技術の3点です。これらの技術の実用化開発を推進することによって、社会実装に向かうべき姿を浮き彫りにできると考えています。今後もこれら融合領域の推進に引き続き力点を置きますが、2022年度以降は、量子コンピューティング、量子計測・センシング、量子鍵配送などの基幹分野についても、民間投資を誘発する有望な元施策があれば積極的に支援していきます。

実は、これから10年で社会実装される量子技術は、主に「量子1.0」に立脚しています。例えば、ダイヤモンド量子センサー、単一光子発生器に用いられる技術の基本は20~40年前に既に生まれていますので、量子生命技術、量子セキュリティ技術は「量子1.0」に近いといえます。一方、量子AI技術では、量子コンピュータを実際に使えないソフトウェアがAIと融合するわけですから、「量子2.0」といえます。ただ、考え方は「量子2.0」であったとしても、当面は、「量子1.0」に基づく古典的大型コンピュータを用いてエミュレート(仮想的に実現)して、量子計算状態を取り扱うことになります。その意味では、「量子1.0」から「量子2.0」までシームレスにつながる量子技術の社会実装を目指すことが正しい戦略といえます。

Q3 量子技術領域の展望をお聞かせください。

世界が開発を競っている状況ですが、特に米国や中国がリードしているように見受けられるのは、国家セキュリティのポリシーを明確に打ち出しているためです。これらの国では、量子コンピュータにより世界制覇をめざしているといっても過言ではないと思います。我が国においても、そうした強い牽引力を実現する新しい国家的価値観を形成する必要があり、PRISMがその呼び水のひとつとなればよいと考えています。

量子コンピュータについては、マラソンに例えるならば、トップ集団にはいなければいけません。ゴールは先ですので、ずっとトップを走っている必要はなく、最後に抜けばいいわけです。そのためには、これから20-30年程度の長いスパンで、量子技術を国の長期的基幹施策として位置付けて、産業界も長いスパンでの投資をすることが必要です。

優れた人材の継続的な育成も重要です。10年後、20年後に、量子技術分野が本格的に開花したとき、きちんとそれを担う人材がいて、一気に花を開かせることができるかが大きなポイントなのです。最近理工系の人気下がっていましたが、今こういった量子の話題などで盛り返しつつあります。量子技術分野が発展しその魅力が高校生にも見えるようにするのも、PRISMが果たすべき役割であり、量子エリート育成が鍵となります。

さらに申せば、カーボンニュートラルなど、人類が立ち向かうべき骨太の目標に対して、量子技術が成し得る貢献を明確にし、新たな融合を図ることも意義深いことです。広い視野で量子技術を捉えながら、PRISMが「量子技術イノベーション」を牽引できるようにしたいと思います。