

# 誤り耐性型量子コンピュータを開発 経済・産業・安全保障の飛躍的发展へ

日本発の破壊的イノベーション創出を目指し、2020年からスタートしたムーンショット型研究開発事業を紹介する全4回のインタビュー企画。最終回は、目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」を紹介する。量子コンピュータは従来の0と1の組み合わせではなく、物質を形作る量子の性質を利用することで、短時間で膨大な計算やより複雑な課題の解決を可能にする。本格的な実用化には、処理の途中で起こる誤りを自動で検知し修正しながら正確な計算を行う、誤り耐性の実装が鍵になるという。プログラムディレクターの大阪大学大学院基礎工学研究科の北川勝浩教授に、日本科学未来館科学コミュニケーターの本間英智が聞いた。



ほんま ひでとも  
**本間 英智**  
日本科学未来館 科学コミュニケーター

## 地球規模課題の解決に糸口も 量子コンピュータの可能性

**本間** 目標6では、量子コンピュータを使って、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させることを目指していますが、具体的にはどのようなことに利用できるのでしょうか。

**北川** さまざまな用途がありますが、代表的なものは化学反応のメカニズムの解明です。例えば光合成やマメ科の植物に寄生する根粒菌が行う窒素固定など、生物はとても効率の良い仕組みを持っています。しかしこれらの反応には非常に複雑な量子状態が関わっているため、メカニズムはまだ完全には解明できていません。反応に関わる酵素や物質は大体わかっているので、量子コンピュータを使えば解決できるだろうと考えています。

**本間** 人工光合成などが実現できれば、さまざまな地球規模課題の解決につながりそうですね。

**北川** 私たちは量子コンピュータを使ってさまざまな課題を解決し、将来的

には人々の暮らしをより豊かにすること  
に貢献していきたいと考えています。

**本間** 量子コンピュータはいつ頃から  
研究が始まったのでしょうか。

**北川** もともとは物質の状態を正確に  
調べるための道具として考えられまし  
た。それまでの古典力学とは異なり、  
量子力学では物質の状態は1つに決ま  
らず、いろいろな状態を同時に取り得  
ると考えます。すると簡単な化学反応  
であっても、それぞれの原子や電子ごと  
に無数の状態が存在し、1つ1つを調べ  
ていくと大変な計算量になります。そ  
こで1982年に米国の物理学者リチャ  
ード・ファインマンが、量子力学的に物質  
を研究したいなら、計算機自体を量子  
力学的にすれば良いと考えたんです。

**本間** すごい発想の転換ですね。

**北川** その後、1994年に物質とは関係  
ない問題も、普通のコンピュータより  
早く解けることがわかりました。これが  
有名な「ショアのアルゴリズム」で、素  
因数分解が早く解けるというもので  
す。この発表後、量子コンピュータの注  
目度は急速に高まりました。

**本間** インターネット通信の暗号にも  
素因数分解が使われていますね。それ  
が量子コンピュータを使えば、簡単に

解けるようになるのでしょうか。

**北川** その通りです。現在使っている  
公開鍵暗号はいずれ量子コンピュータ  
が解いてしまうことが明らかになった  
ため、今世界中で量子コンピュータにも  
解読できない新たな暗号技術の開発が  
進んでいます。

## 新たな発想で世界をリード オールジャパン体制で挑む

**本間** 量子コンピュータが本格的に実用  
化するまでにはまだ時間がかかりそう  
ですが、どんな課題があるのでしょうか。

**北川** 量子コンピュータの最も大きな  
課題は、エラーが生じた時にそれを検知  
して直す「誤り訂正」技術を開発するこ  
とです。この技術自体は以前からあり、  
スーパーコンピュータなどでも使われて  
います。一般的にコンピュータは外部か  
らの影響で、さまざまなエラーが発生  
してしまうものなのですが、例えエラー  
が出たとしても訂正する機能が備わっ  
ていれば、問題なく使うことができます。

**本間** 誤り訂正できないと、間違っ  
たまま処理が進み、出てきた結果も大  
きくずれてしまうということですね。

**北川** 量子コンピュータは、量子の状態

の重ね合わせで情報を保持しています  
から、どこにどのようなエラーがあっ  
たのかを検知する仕組みが従来のコン  
ピュータとは異なります。さらにエラー  
を修正して元に戻すのにも、新しいやり  
方が必要になるのです。1995年に先ほ  
どのショアが量子コンピュータで誤りの  
訂正を行えることを示し、2014年にある  
符号で誤りを訂正し続けることができる  
性能の超伝導量子回路が実現しました。

**本間** 複雑な計算を行うようになると、  
何度も誤り訂正を行う必要がありそう  
ですね。

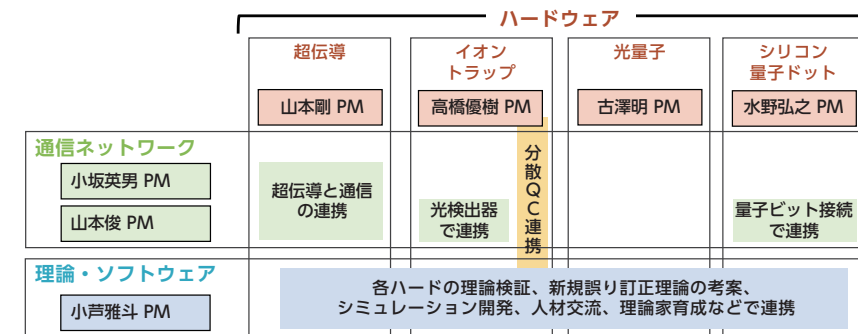
**北川** しかし、まだ常に誤りを訂正し  
続けることはできておらず、20〜30年  
はかかるだろうと言われています。そ  
こで目標6では誤り耐性型汎用量子コ  
ンピュータを実現しようと考えました。

**本間** 研究体制はどのようになっている  
のでしょうか。

**北川** ハードウェア、通信ネットワー  
ク、理論・ソフトウェアの3つの領域に  
分けて、研究開発を進めようとしていま  
す。量子ハードウェアは、4つの方式を  
並行して研究しています。超伝導方式  
は日本電気の山本剛主席研究員、イオ  
ントラップ方式は沖縄科学技術大学院  
大学の髙橋優樹准教授、光量子方式は  
東京大学の古澤明教授、半導体方式は  
日立製作所の水野弘之主管研究長が  
担当しています。

**本間** どの方式が本当に有効なのか  
がわからない中での研究なので、一極集

| プロジェクトマネージャー (PM)   | 研究開発プロジェクト                      |
|---------------------|---------------------------------|
| 山本 剛 (日本電気)         | 超伝導量子回路の集積化技術の開発                |
| 髙橋 優樹 (沖縄科学技術大学院大学) | イオントラップによる光接続型誤り耐性量子コンピュータ      |
| 古澤 明 (東京大学)         | 誤り耐性型大規模汎用光量子コンピュータの研究開発        |
| 水野 弘之 (日立製作所)       | 大規模集積シリコン量子コンピュータの研究開発          |
| 小坂 英男 (横浜国立大学)      | 量子計算網構築のための量子インターフェース開発         |
| 山本 俊 (大阪大学)         | ネットワーク型量子コンピュータによる量子サイバースペース    |
| 小戸 雅斗 (東京大学)        | 誤り耐性型量子コンピュータにおける理論・ソフトウェアの研究開発 |



ムーンショット目標6の研究開発プロジェクト



計画中の企画があれば  
教えてください。

中ではなく、可能性の高い4つの方式全  
てでレベルを上げていく必要があるの  
ですね。

**北川** 超伝導量子ビットと通信用光子  
をつなぐ量子メモリや量子インター  
フェースの開発は横浜国立大学の小坂  
英男教授が行っています。大阪大学の  
山本俊教授は、複数の中小規模量子コ  
ンピュータを接続したネットワーク型  
量子コンピュータの構築を目指してい  
ます。誤り耐性実現のための理論とソ  
フトウェアは、東京大学の小戸雅斗教  
授が担っています。

**本間** まさにオールジャパン体制で研  
究開発に挑んでいるんですね。

**北川** こうした研究開発を一体的に行  
うことにより、部分的な研究要素だけ  
では生まれない新しい発想が得られ、  
それも取り込みつつ誤り耐性量子コ  
ンピュータの開発を目指すことで、世界  
をリードできると期待しています。

## 5〜10年で先頭集団の一員に 次世代の参入にも大きな期待

**本間** 世界中で開発が行われています  
が、今後の動向や日本の位置づけをど  
のようにご覧になっていますか。

分野外の若手研究者も  
参加できるサマースク  
ールをやりたいですね。

**北川** 今の研究業界では、誤り耐性型  
汎用量子コンピュータの実現が重要な  
課題であることは共通認識です。日本  
も30年後の国の目標として宣言しまし  
たが、国としてここまで踏み込んだのは  
日本が最初です。タイミング的にはギリ  
ギリでしたが、このムーンショット事業  
が始まって良かったと思います。研究  
の進みは非常に速いですが、この5年  
から10年で、少なくとも先頭集団に  
入らなければいけません。一度トップ  
から離れてしまうと、追いつくのは非  
常に難しくなります。

**本間** 応用範囲が広いだけに、後れを  
取らないようにすることが重要ですね。

**北川** 量子コンピュータの計算能力を  
生かすことで、化学や物理学を始めと  
する科学・工学全般が進歩します。そ  
の成果が産業、ひいては経済に波及し  
社会の役に立ちます。

**本間** 若い世代の読者にもメッセージ  
をお願いします。

**北川** 今高校生の人たちも、30年後  
には指導的な立場に立っていること  
でしょう。大学などで量子力学やコン  
ピュータサイエンスを勉強して、この  
分野を担ってほしいですね。量子はな  
かなかわかりにくい分野ですが、面  
白さやすごさを積極的に発信し、若  
い人たちが興味を持って参入してく  
れるようにするのが、私たちの務め  
だとも思っています。

**本間** 研究者だけでなく、多くの人  
たちに影響を与えそうですね。

**北川** 30年前には限られた人しか使  
えなかった当時のスーパーコンピュータ  
が、今ではタブレット型コンピュータ  
になり、目の前にあります。同じよう  
に30年後には量子コンピュータも誰  
もが使えるようになります。です  
からさまざまな問題を考えるとき  
に、今は解けなくても量子コンピ  
ュータなら解けるかもしれません。  
何を実現したいかがはっきりしてい  
れば、あとは量子コンピュータが  
やってくれる、そんな世界がきつ  
と訪れるでしょう。(この項終わり)