

量子コンピュータ 9000兆倍の破壊力



Google

相次ぐ企業の量子コンピュータ開発

図 各社の量子コンピュータ関連の発表

2016年6月 9量子ビット機を試作
2017年6月 49量子ビット機を2017年中に
実現する計画を公表

Microsoft

New Quantum
Simulator

Microsoft's Quantum Sim
LIQ*ui*l)

2016年3月 シミュレーターを公開

IBM



2016年5月 5量子ビット機をクラウドで公開
2017年3月 50量子ビット機の開発計画を発表
5月 16量子ビット機をクラウドで公開

「巡回セールスマン問題」など数々の難問を一瞬で解き
 性能はスーパーコンピュータの9000兆倍に——。
 夢の計算機、量子コンピュータの研究が世界で急加速している。
 IBMとグーグルなどの米国勢は試作機を公開。
 欧州連合や中国政府も研究開発に巨額を投じている。
 「用途は科学技術分野など限定的だろう」との考えは正しくない。
 産業分野に応用できるアルゴリズムが突然見つかり、
 「明日にも企業が使えるようになる可能性がある」と専門家はみる。
 9000兆倍の破壊力を持つ新技術の今を追った。

(広田 望)



2015年9月 オランダの研究グループ「QuTech」に
 5000万ドル(約55億円)出資

2017年5月、米IBMは17個の「量子ビット」を備えたプロセッサを試作したと発表した。同社初となる商用の量子コンピュータ用プロセッサの試作品となる。

IBMが量子コンピュータの商用化へ本気で取り組み始めた。ジニー・ロメッティCEO(最高経営責任者)は同年3月期の業績発表で「量子コンピュータなど新技術を提供し、企業の複雑なビジネス課題への取り組みを変革する」とコメントした。

IBMは2016年5月、量子ビット5個からなる量子コンピュータを操作できるクラウド

サービス「IBM Quantum Experience」を無償提供して話題を呼んだ。公開から約1年で100カ国超の4万5000人が使い、約30万回の実験をこなした。2017年5月には量子ビット数を16個に増やした量子コンピュータのベータ公開を始めた。

IBMが開発する量子コンピュータは「量子ゲート方式」と呼ばれるタイプだ。「0」と「1」のビットを基に論理回路(論理ゲート)で演算するのは従来のコンピュータと同じ。通常のコンピュータが扱うビットは「0」か「1」のどちらか一方を表すのに対し、量子コンピ

ろ、コヒーレンス時間がそれまでの2~4倍に及ぶ100マイクロ秒まで伸びた。さらにコヒーレンス時間の延長で、量子ビット操作の精度も実用域まで高まった。この技術革新があったから「量子コンピュータを開発できる見通しが立った」とIBM Researchのダリオ・ジル バイスプレジデントは話す。

量子ゲートの実現方式には超伝導量子ビット型のほか、電子のスピンの向きで「0」と「1」を表現する「スピン量子ビット型」がある。スピン量子ビットは超伝導量子ビットに比べて周囲からの影響を受けにくくなる。慶應義塾大学の伊藤公平教授が作成した同位体制御シリコンがブレークスルーとなり、これをもとに豪州の研究グループが2014年にコヒーレンス時間を1ミリ秒に伸ばした。さらに横浜国立大学の小坂英男教授らはダイヤモンドを基板を使って1万倍となる10秒のコヒーレンス時間を達成した。

量子ビットの操作精度については、東京大学の樽茶清悟教授の研究グループが2016年

に99.6%、2017年に99.93%を達成した。樽茶教授は「スピン量子ビットを使った量子コンピュータは基礎研究が中心の段階から、集積化をしながら研究をするエンジニアリングの段階に入っている」とし、集積回路の製造技術を持つ企業に協力を呼びかけている。

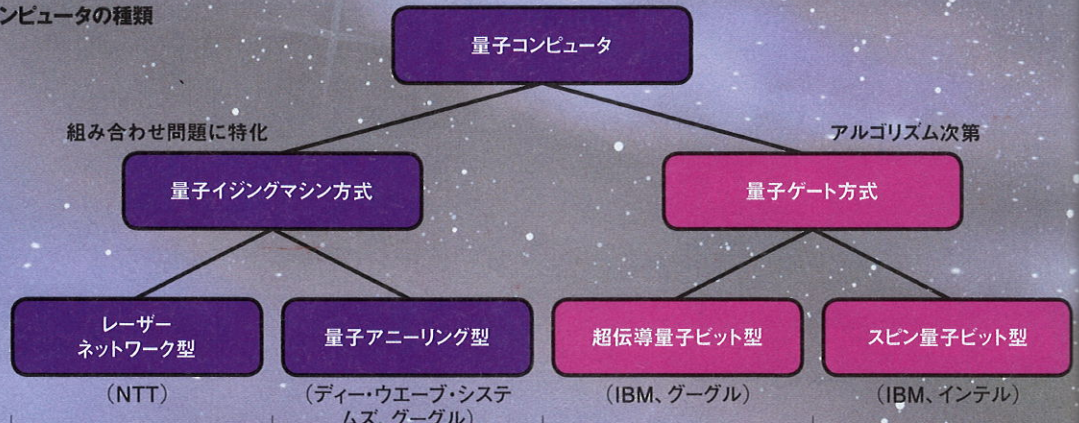
スピン量子ビット型の弱点は、量子ビットのサイズが小さいため量子ビット同士を相互作用させる回路が作りにくいことだ。スピン量子ビットは不純物原子や原子欠陥といった小さな領域に閉じ込めた電子を使うため、電子を閉じ込める場所が少しずれるだけで相互作用が大きく変わる。逆に言えば量子ビットを構成する材料を精度よく加工する技術があれば実現のメドが立つ。

産業的な貢献度は未知数

量子の超越性が目前に迫る量子コンピュータだが、「産業的な貢献があるかは、正直に言って分からない」(中村教授)。量子超越性を達成した量子コンピュータが扱う問題は

ブレークスルーが続々

図 企業が開発に取り組む量子コンピュータの種類



	レーザーネットワーク型 (NTT)	量子アニーリング型 (ディー・ウエーブ・システムズ、グーグル)	超伝導量子ビット型 (IBM、グーグル)	スピン量子ビット型 (IBM、インテル)
コヒーレンス時間の延長	済 (新光源の発明)	済 (2011年: 量子ビットの結合)	済 (2012年: 3次元構造化)	済 (2014年: 同位体制御シリコン)
単一量子ビット操作の高精度化			済 (2014年: コヒーレンス時間の長時間化)	済 (2016年: 核スピンフィードバック)
複数量子ビット操作の高精度化			済 (2014年: コヒーレンス時間の長時間化)	未
集積度の向上			未*	済 (既存の集積回路の加工技術)
アルゴリズムの開発			未*	未*

*分子など特定の量子系をシミュレーションする「量子シミュレーション」のアルゴリズムであれば、より緩い条件で実現できる

ブレークスルー

「人類が初めて計算する問題であり、どんな使い道があるかが見えてくるのはこれから」(西森教授)だ。

量子ゲート方式の計算能力はアルゴリズム次第だ。IBMが自社の量子コンピュータをクラウドに公開したのも「研究者を増やして産業応用できるアルゴリズムの発明を促す狙いがありそうだ」(中村教授)。現在は小さな分子の性質をシミュレーションできるとして、薬の合成に使う計画がある。

「アルゴリズムの発明は「前触れもなく突然に訪れる」。そう話す東京大学の小芦雅斗教授は、2014年に新たな量子暗号通信のアルゴリズムを発表した張本人。30年間議論もされなかった通信方法を「偶然見つけた」(小芦教授)という。新しいアルゴリズムが見つければ、明日にも量子コンピュータが産業利用できるかもしれない。

米欧中が投資額を競う

産業応用について不確実性を抱えながらも、米国では量子コンピュータの研究に多額の投資が集まり始めた。量子コンピュータのスタートアップ企業であるミリゲッティ・コンピューティングは2017年3月に6400万ドル(約70億円)の資金調達に成功した。

「米国の活発な投資に続けとばかりに、世界中で量子情報分野の研究が加速している」と樽茶教授は話す。欧州で特に資金を獲得しているのが、インテルから出資を受けているオランダの研究グループ「QuTech」だ。同社はオランダ政府からも2015年に10年間で1億3500万ユーロ(約162億円)の研究費を得ている。

このほか英国は2013年に英国工学・物理科学研究会議(EPSRC)に5年間で2億7000万ポンド(約378億円)を量子コンピュータ関連の

研究費として出資。欧州連合(EU)欧州委員会の研究プロジェクト「量子情報フラッグシップ」は10年間で10億ユーロ(約1200億円)を量子コンピュータ関連に拠出する。

小坂教授は「最も活発なのは中国だ」と話す。中国は量子情報を国の4大重点科学技術の一つに位置付け、2015年に中国科学院に量子計算実験室を設置している。

日本の研究プロジェクトである内閣府による革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)では、山本喜久プログラム・マネージャーらのグループがレーザーネットワーク型の新型量子コンピュータ「量子人工脳」を開発している。ただし、プロジェクト資金は5年間で30億円ほどで、米欧中と比べ一桁以上少ないのが現状だ。

基礎研究では存在感のある日本だが、実用化に向けた資金面では大差がついた格好だ。小坂教授は「今、乗り出さなければ技術とノウハウで海外に決定的な差をつけられる」と危機感を露わにする。

世界中で沸き立つ研究意欲

表 各国の研究プロジェクトの概要



オランダ

2015年6月 10年で1億3500万ユーロ(約162億円)の研究資金を、量子ゲート方式を研究する「QuTech」に投資

2015年9月 米インテルが同じくQuTechに5000万ドル(約55億円)を出資



英国

2013年 5年で2億7000万ポンド(約378億円)の研究資金を英国工学・物理科学研究会議に量子情報分野向けとして出資



欧州連合(EU) 欧州委員会

2016年 10年で10億ユーロ(約1200億円)の研究資金を量子情報の研究向けに出資すると発表



中国

2015年 重点科学研究分野4項目の一つに量子情報を認定し、中国科学院に量子計算実験室を設立

2016年 量子暗号通信衛星を打ち上げ



日本

2014年 革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)に5年で30億円を出資

量子人工脳(レーザーネットワーク型)の開発を進める

2018年 文科省が量子化学技術委員会を発足し、量子情報分野の研究プロジェクトを開始予定