科学・環境

kagaku@asahi.com

火曜掲載

1センチ角の心臓部守る〝シャンデリア〟

絶対零度近く保つ150センチの冷凍機

超伝導量子コンピューター初号機の外見は、ドラム缶のような筒や大きなラックだ。中身はどうなっているのか。2月、大阪大学で同じ構造の試験機の中身を見学した。

実験室に入ると、天井近くからシャンデリアのような物体がつり下がっていた。直径50センチほどの円盤が四つ縦につながり、全長は150センチほど。研究を行う同大の根来誠准教授が「これがドラム缶のように見えるものの中身」と教えてくれた。

従来のコンピューターは、あらゆる情報を「0」か「1」で表して計算する。こうした情報単位を「ビット」と呼ぶ。スイッチの役目をするトランジスタが電気のオフとオンという形で0と1を実現している。

一方、量子コンピューターは、「量子」と呼ばれるミクロなものの物理法則をつかった計算機だ。情報単位「量子ビット」は、0でもあり1でもある「重ね合わせ」という量子特有の状態もとりうる。

超伝導量子コンピューターの場合、微小な回路を冷やして超伝導状態にすることで量子ビットを実現している。回路が集積した小さなチップこそが心臓部だ。阪大にあるチップは大きさは約1センチ角しかない。

ただし、この量子特有の状態は、とても繊細でわずかな熱や磁場などでも壊れてしまう。シャンデリアに見えたものの正体は「冷凍機」。量子に正しく計算させる環境を整えるためのもので、円盤は熱伝導のいい銅製だ。

チップは、磁気シールドにくるまれ、冷凍機の最下段に据え付けられている。この部分は、物質をこれ以上冷やせない絶対零度（マイナス273・15度）に約0・01度と迫るところまで冷やされる。

チップ上の各量子ビットからは、ケーブルと部品がつながり、冷凍機の上部から外へとのびている。シャンデリアの飾りのように見えた部分だ。ドラム缶のように見える筒は、4層からなり、魔法瓶のように低温を保っている。

これだけではまだ計算はできない。新しい化合物を探すためのシミュレーションなどをさせたければ、それを量子ビット上の計算に翻訳してくれる「量子ソフトウェア」が必要だ。

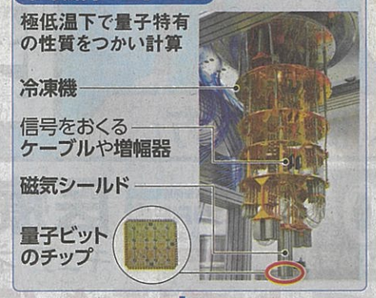
またケーブルを介して、量子ビットに計算の信号を送ったり、結果の信号を受けたりする「制御装置」も欠かせない。これらが一体となったものが量子コンピューターの全体像だ。

送受信する信号は、電子レンジでおなじみの「マイクロ波」。それをいかに高精度で制御できるかも性能を左右する。阪大は試験機を使い、制御装置の開発などにあたる。根来さんは「実用化には、チップだけでなく、周辺装置の改良も不可欠」と話す。

（水戸部六美）

阪大試験機の中身

超伝導量子コンピューターの全体像



＋

制御装置
高精度な信号で計算の指令や結果を送受信

量子ソフトウェア
化学計算などやりたいことを量子ビット上の計算に翻訳

量子コンピューター実用化 四つの課題

「火」「言語」に匹敵する変化 利益は最大で100兆円超？

理化学研究所などが開発した国産の超伝導量子コンピューターが3月に稼働した。その意義や実用化までの課題について、超伝導量子エレクトロニクスが専門の仙場浩一・東京大特任教授に聞いた。

仙場浩一・東大特任教授に聞く

国産の超伝導量子コンピューター初号機＝3月24日、埼玉県和光市、諫山卓弥撮影

――量子コンピューターが切り開く未来とは。

蒸気機関やトランジスタの発明以上の社会変革がもたらされると思います。

量子コンピューターとは、原子や電子など「量子」と呼ばれるミクロなものの物理法則を使ったまったく新しい計算機です。実用化されれば、スーパーコンピューターでも難しい、物質内の電子状態のシミュレーションが容易になります。「素材」や「薬」の開発は確実に加速するでしょう。

太陽電池やバッテリーなど量子コンピューターによるシミュレーションでみつかった新材料が、気候変動問題の解決などにも貢献する可能性もあります。

個人的には「量子特有の性質」を自由に操れるようになることは、人類が「火」や「言語」を使いこなせるようになったことに匹敵する変化になるのでは、と予感しています。

――国産機の意義は。

量子コンピューターは15～30年以内に最大100兆円超の利益を生むとの予測もあります。関連分野も含む量子技術産業は、自動車産業に匹敵する広がりを持つようになるでしょう。

超伝導量子コンピューターも心臓部の部品「量子ビット」だけで動くわけではありません。そのほかの高性能部品を製造できる企業が国内で育つことは経済発展にもつながります。

実際に部品をつくるには、量子コンピューターの仕様を熟知している必要がある。国産機ができたことで、国内企業は情報を得やすくなり、部品の開発も一気に進むと思います。

――実用化への課題は。

大きく四つあります。

一つ目が「量子ビットの寿命の改善」です。量子コンピューターは量子特有の性質を使って計算をしますが、これらの性質はノイズの影響で、短時間で消えてしまいます。それを超えて計算すると無意味な答えしか出ません。現在、その時間はミリ秒（1千分の1秒）まで延びていますが、実用化にはさらなる長寿命化が不可欠です。

二つ目が「部品の小型化、高性能化、省エネ化」です。超伝導量子コンピューターは、一つひとつの量子ビットにケーブルや増幅器といった部品がつながり、冷凍機の中で冷やされることで初めて動きます。

実用化には100万個ほどの量子ビットが必要と言われますが、いま市場にある部品では冷凍機に入りきらない、あるいは部品の発熱で冷えないのでは、という問題があります。

三つ目が「中規模マシンの有益な活用法の発見」です。正しく計算させるには、複数の量子ビットを使い、いわば「多数決」で正しい答えを決めるようなことを次々と繰り返す必要があります。これができるのが「誤り耐性型」と呼ばれる量子コンピューターで、100万個ほどの量子ビットが必要と言われます。

国は2050年ごろの実現をめざしていますが、必ず開発が停滞する時期が訪れる。期待や投資がしぼむ前に、数百個の量子ビットの中規模な量子コンピューターでも簡単に問題が解決できるアルゴリズムやソフトウェアの開発が急務です。

四つ目が「圧倒的な人材不足の解決」です。超伝導量子ビットは日本発の技術ですが、研究が民間企業主導だったため、人材を大学で育ててこられなかったという背景があります。

量子コンピューターの中身を熟知した学生のほか、創薬化学や機械学習などさまざまなバックグラウンドをもった学生も学ぶ機会を持つことで、活用の幅が広がっていくと思います。

（聞き手・水戸部六美）

①量子ビットの長寿命化　②部品の高性能化

③中規模機の活用法　④多分野の人材を育成

文化