

No. 41 September 2008

NII Today

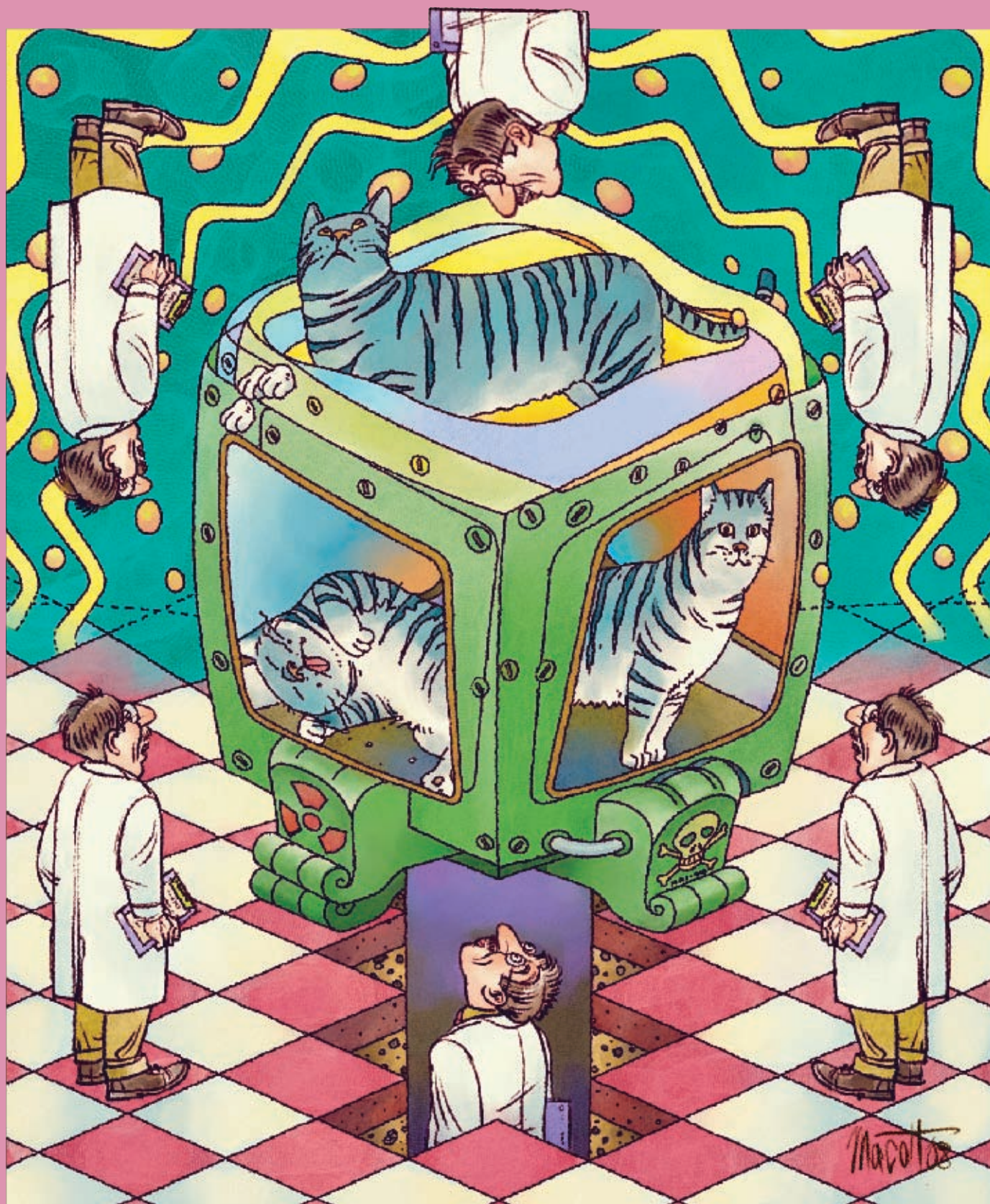
National Institute of Informatics News

特集 量子コンピュータへの道

量子計算の本命に ユニークなアイデアで計算を実行する

情報処理の未来を告げる、量子の不思議な世界

世界水準を実現するNIIの理論グループ





やまもと・よしひさ
国立情報学研究所情報学プリンシプル
科学研究系教授
スタンフォード大学教授

NII SPECIAL

Compute by “Cooling” Quantum System

量子計算の本命に ユニークなアイデアで計算を実行する

古田 量子コンピュータは、1980年代に理論が出ました。当時はまったく注目されませんでした。すぐに研究を始められましたね。

山本 情報科学と物理学という、一見距離が遠そうな2つの分野に接点があるということにわくわくしていました。量子力学の世界には「観測すると状態が変わる」、「2つの粒子の相関がいくら離れても消えない」などの不思議な現象がありますが、量子コンピュータのアルゴリズムでは、それらの量子の不思議が基本原理として使われています。量子コンピュータを実現するのは量子力学の中核部分を検証することでもあり、非常に魅力的でした。

光子を量子ビット(*1)に見立てて、2ビットを相互作用させる基本ゲートアイデアを考えました。ただ、実現には非常に極端な性質を持つ光学結晶が必要で、現実的ではありませんでした。他に緊急性の高いテーマもあったので、そちらに関心が移ってしまいました。

古田 当時、「量子コンピュータは実現しない」と仰っていたとか。

山本 公式には言っていないよ。そういう予言はたいていはずれますから(笑)。ただ、実験の現実を知る研究者は皆、それに近いことを考えていたと

思います。

今は状況が変わり、非常に優秀な人材が大勢参入し、色々な可能性に挑戦しています。量子コンピュータの実現手法もいくつも提案されました。でも僕は、現在考えられている手法はどれもハズレのような気がするのです。量子ビットを操作する量子ゲートを作り、それを組み合わせて量子アルゴリズムを実行するという今の方向は、数学的には単純です。間違っていない。だからといってそれが工学的な正解とは限らない。この方向でいくら頑張っても、量子コンピュータには到達できないと確信しています。

古田 どうしてでしょうか。

山本 自然のあり方と真っ向から対立する方向だからです。この世界の物はすべて、外界とつながっています。ところが量子コンピュータのデータを格納する量子レジスタは、外界から切り離しておかないと計算にエラーが起きる。すべてのステップでエラー訂正をすれば計算できるとされていますが、人間の力で自然現象を封じ込めるのには限界があります。自然とケンカせず、量子力学のエッセンスを生かしていく方法を考えなくてははいけません。

古田 どういう方法がありますか。

山本 今考えているのは、ある物理系

(※1) 量子ビット：量子情報の最小単位。その情報を載せた光子や電子スピンなどの物質を意味することもある。

(※2) 巡回セールスマン問題：セールスマンが複数の都市を最短距離で回る経路を求める問題。訪問先が少し増えると必要な計算が爆発的に増える「計算量爆発問題」の1つ。

(※3) ボーズアインシュタイン凝縮 (BEC)：多数の原子からなるガスをレーザーを使って冷却すると、すべての原子が同じ最低エネルギー状態になり、1つの巨大な原子のように振舞う現象。かつてアインシュタインが予言し、1995年に米国のグループが初めて実現した。



ふるた・あや
日本経済新聞社科学技術部 記者

のエネルギーが最小になる状態（基底状態）を求めると、それが解きたい数学の問題の答えになっている、というような系を作る方法です。

巡回セールスマン問題（*2）をご存知ですか？ セールスマンが複数の町を訪問する最短経路を求める問題です。訪問先が30もあると、今のコンピュータでは宇宙の終わりまで計算しても計算が終わりません。

例えばこの問題を、多粒子が集まった物理系に置き換えます。粒子を町と考え、近い町の間は粒子間の相互作用を弱く、遠い町の間では強くします。町の間を移動する距離は、粒子間の相互作用エネルギーに相当します。全部を訪問する際の移動距離が、系の全エネルギーになるような粒子間の相互作用を作りこみます。エネルギーを最小にする状態、つまり基底状態を突き止めれば、それが最短経路ということになります。

古田 どうやって基底状態を突きとめるのですか。

山本 実験で基底状態に持っていくのです。物質をどんどん冷やしていき、絶対零度になると、系は基底状態になります。技術的には、ボーズアインシュタイン凝縮（BEC）（*3）を作るのと同じです。数学の問題を解くためには、

粒子のエネルギーに様々な条件が課されますし、粒子同士も相互作用します。BECよりもはるかに複雑な系を、いかに素早く冷やせるかというチャレンジです。

系が複雑になると簡単ではなくなりますが、幸い光子などのボーズ粒子はある程度の粒子が基底状態に落ちると

5年でできないものは、
おそらく永遠にできません。
この5年が勝負です。

ほかの粒子もどんどん落ちていくという性質があります。その自然の力に期待しています。

古田 現在の量子コンピュータとは全然違いますね。

山本 そうですね。今の量子コンピュータは多数の粒子を干渉させる干渉計で、干渉パターンが数学的な問題の答えになります。この量子コンピュータ

は多粒子系をどんどん冷やしていく冷蔵庫で、絶対零度に冷やした時の状態が答えです。手法はまったく違いますが、似たところはあると思います。

古田 何年で実現しそうですか。

山本 ……5年でしょう。

古田 早いですね。今の量子コンピュータの実現は50年後とも言われています。

山本 大きな発明はだいたい、発想から5年以内でモノになっています。5年でできないものは、おそらく永遠にできないのだと思います。この5年が勝負です。

📌 インタビュアーの一言

量子コンピュータは「計算は物理現象である。ゆえに新たな物理現象は新たな計算過程になり得る」という発想をもたらした。山本教授の量子コンピュータは、十数年前に実現したばかりのBECを計算に利用するというユニークなアイデアだ。量子現象を使って計算を実行する点以外は、使う現象もアルゴリズムも、現在の量子コンピュータとはまったく異なる。こんな風に既存の枠を超える計算機が、今後続々と登場するだろう。その先駆けとなる「冷蔵庫」量子コンピュータの実現が楽しみだ。

Compute by “Cooling” Quantum System

量子コンピュータへの道

情報処理の未来を告げる、量子の不思議な世界

新聞などでときどき取り上げられる「量子コンピュータ」とはいったい何なのか、私たちはまだ、ほとんど知らない。というのも、それが何から作られ、どんな形になるのかといったその姿が、未来にゆだねられているからだ。とはいえ「量子コンピュータ」は「量子」のもつ性質を原理として考えられたコンピュータであり、その「量子」の側から見ると、現在私たちが使っているコンピュータはすべて「古典的コンピュータ」なのだという。そして量子コンピュータなら、現在世界中にあるすべてのコンピュータが、指先に載るたった1枚のチップに収まる可能性があるのだそうだ。そんなとてつもなく新しい情報処理にチャレンジする、国立情報学研究所(NII)の研究プロジェクトを訪ねた。

2006年にスタートしたこの研究プロジェクトは、理論と実験の双方の専門家を集めた5年間のプロジェクトであり、今まさに佳境を迎えている。リーダーを務めるNIIの山本喜久教授に、まずプロジェクトの目的について聞いた。

「我々のミッションは、目的に応じて計算の規模を大きくしていくことができるような量子計算をどう実現するのか、その技術を見つけ出すことです。これまでも世界中でいろいろな方法が試されてきていますが、成功を収めると思われるアプローチは、現在まだ見つかっていません。そういうわけで実はこれ、まさに大問題であるといえるわけなんです」。

必要に合わせて計算の規模を大きくすることができるシステムを「スケーラブル」といい、これをクリアすることは、量子情報処理研究が抱える大きな課題のひとつである。とはいえ、なぜ量子計算の技術が、世界が注目するような大問題となるのだろうか？

理由のひとつは、「ムーアの法則」と呼ばれる有名な法則——コンピュータのプロセッサの性能は約18カ月で2倍になる——に由来する。“より速く”といっても、どんな物であれ、速さは光速を超えることができない。そこで回路そのものを“より小さく”することにより、コンピュータは実際はぼこの法則に沿って発達してきたのである。とこ

ろが極小の世界は、量子の活躍する世界でもある。つまり、私たちのプロセッサのサイズはついに量子の領域に迫っており、もし次の手が見いだせなければ、輝かしい半導体の発達の歴史がそこで立ち往生してしまう。これこそ、まさに「大問題」というわけだ。そこでたちまちこのやっかいな量子性を理解し、それをコントロールしなければ、という課題が切迫したものとなってくる。

21世紀に入ると、主に極小の世界に見られる量子は「量子情報科学」という新しい分野を生みだし、目まぐるしいほどの発展を遂げていくのである。

「キューバス」という切り札

このような潮流を背景として2005年、これまでの常識をくつがえし、光量子コンピューティングに新時代の到来を告げる画期的な理論が現れた。提案したのは、NIIの根本香絵准教授と英国ヒューレットパッカード研究所の共同研究グループである。翌2006年、彼らはこの成果を継承発展させ、光だけでなく多様な物理系に広く適用可能な理論として発表する。それが「キューバス量子コンピュータ」である。

グローバルに発展する量子情報科学の分野で、これらの提案はいわば「コロンブスの卵」として迎えられた。いままで研究に携わる誰しもにとって



Yoshihisa Yamamoto
山本喜久 国立情報学研究所 情報学プリンシプル科学研究系教授



Kae Nemoto
根本香絵 国立情報学研究所 情報学プリンシプル科学研究系准教授

大きな壁と考えられていた問題を、理論的に突破する。「すると分野にまったく新しい視界が開けて、研究が活気づいてくる」と、根本准教授はいう。彼女の指導教員だったジェラルド・ミルバーン教授（豪州クイーンズランド大学）も、かつてそのようにして線形光学によるブレイクスルーで新時代を拓いた、光量子コンピュータの立役者だ。そこでまず根本准教授に、キューバスの特徴をたずねた。

「キューバス量子コンピューティングは、計算の基本単位である量子ビット（キュービット）と量子通信路（バス）とを相互作用させ、これを素子として現実に開発可能な方法を示した点に特徴があります。キューバス量子計算の原理となる素子は物理的にも新しく、またさまざまな材料を使って実現できることから、まさにこれからさまざまな実験成果が期待できます。私たちの理論では、このような素子が実現すれば、量子計算・通信・ネットワークのすべてに利用可能なスケーラブルな情報処理が可能です」。ひと言でいえば、キューバスこそ、量子コンピュータへの道に大きな実現可能性を拓いたのである。

超伝導体を量子ビットとして使う

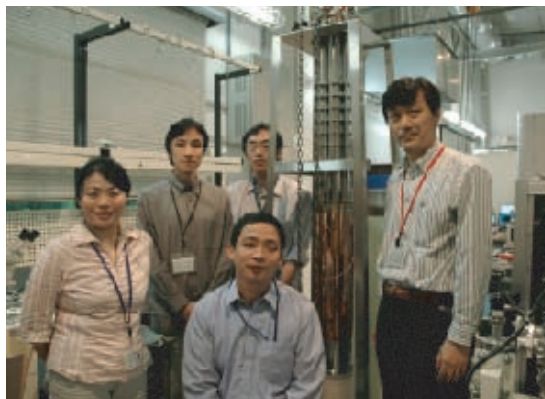
そこでプロジェクトには、キューバスに可能性を見いだした実力のある実験チームが集まった。そのひとつがNTT物性科学基礎研究所の仙場浩一博士率いる超伝導量子物理研究グループである。

「現在僕らが取り組んでいるのは、超伝導量子ビット間のエンタングルメントを1個の光子を介して制御することです」。超伝導量子ビットは、仙場博士が「導線で外界と繋がれた人工原子」と呼ぶように、原子の代わりに、アルミニウムで作った微細な回路を量子ビットとして利用するのが特徴だ。回

路の一边はおよそ数ミクロン、ふつうの原子の約数万倍の大きさである。そのような多くの原子を含む系が、1つの大きな原子のように「状態の重ね合わせ（*1）」や「エンタングルメント（*2）」といった、量子の不思議な性質を示すことが分かってきた。

「アルミニウムは約1ケルビンより低温では抵抗ゼロで電流が流れます。これが超伝導ですが、実験はさらに低温、室温の約1万分の1の30 ミリケルビンで行います（下の写真説明を参照）」と仙場博士。そこで実験は、高さ3メートルを超える巨大な希釈冷凍装置の中で行われる。「量子ビットとして利用する回路の周囲に、マイクロ波共振器という別の回路を作り、共振器中の単一モード光子をキューバスとして使い、他の量子ビットと連携していくわけです」。

超伝導量子ビットの実験は現在、量子ビットと単一光子のエンタングルメント制御まで成功しており、今後、複数の量子ビットゲートを実現することに取り組むのだそうだ。仙場博士に今後の課題について聞いた。



希釈冷凍装置と仙場博士のグループのみなさん。30ミリケルビンとは、まさに超低温の世界である。これ以上は低くならないという温度を「絶対零度」といい、これが0ケルビンだ。ちなみに室温（約27℃）は、300ケルビンに相当する。

（*1）古典的な1ビットは「0」または「1」のいずれかであるが、1量子ビット（キュービット）の量子状態は、「0」と「1」がいくぶんかずつ重ね合わさった状態にある。量子の世界では、たとえばスピンなら「右回り」であると同時に「左回り」であるといったことが起こるのだ。古典的な場合に比べてたいへん豊富な性質を持つが、私たちの現実世界では出会うことがないため、なかなかイメージしにくい。

（*2）2つ以上の量子ビットが相互作用して、「2つで1つ」の状態を構成しているもの。「量子絡み合い」ともいう。エンタングルメントは非局所的な性質を持ち、エンタングルした量子ビットを引き離しても、「2つで1つ」の状態を保つことができる。エンタングルメントは、量子に特徴的な性質であり、ほとんどの量子情報処理において重要な役割を担う。量子テレポーテーションも、エンタングルメントが可能にするプロトコルだ。

Compute by “Cooling” Quantum System



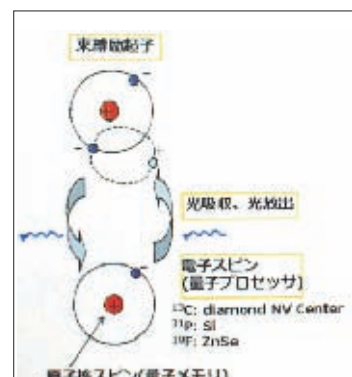
Kouichi Semba

仙場浩一 NTT物性科学基礎研究所 超伝導量子物理研究グループリーダー



Kohei M. Itoh

伊藤公平 慶應義塾大学理工学部 物理情報工学科教授



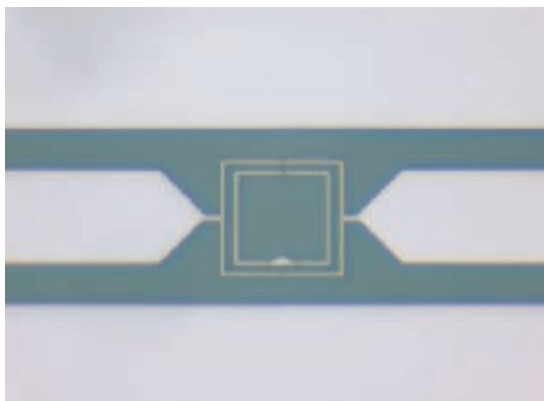
NII山本教授グループの光によるキューバス量子コンピューティング。光の吸収と放出により入れ替わる励起子状態の概念図。

「今、最も重要なのは、ノイズが入ってこない回路をいかに実現するかです。超伝導量子ビットはアクセスしやすい反面、その大きな回路を通じて外界との相互作用が起こってしまうのが欠点。これらをカットする方法を、今後地道に改善していきたいと考えています」。

光を使ったスタンフォード大の研究グループ

一方、米国スタンフォード大学では、山本教授が率いる実験チームが光を用いたキューバス量子コンピューティングの実現に取り組んでいる。山本教授はいう。「僕らの場合にはキャビティQEDというものを組み、小さな箱（量子ドット）の中に電子を閉じこめて、これに光を当てて相互作用させます」。

光を使った方法の問題点をひと言でいうと、超伝

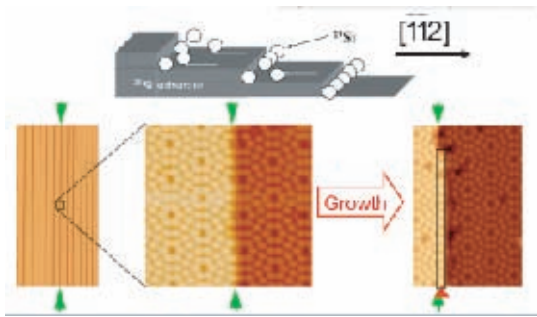


仙場博士（NTT物性科学基礎研究所）の超伝導回路の実写。これを希釈冷凍装置に入れ、超低温にすると量子ビットとして使うことができる。

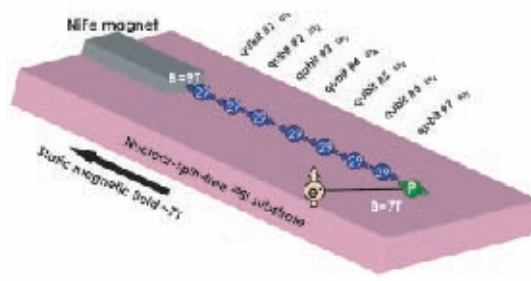
導体のちょうど逆だ。私たちのまわりにはこんなにも光があふれているのに、光と光は相互作用しない。つまりふつうにあるだけでは何も起こらないから、閉じこめておいてなんとか相互作用させようというしくみがキャビティQEDなのである。このようなキャビティを2つ置き、光のパスを介して情報をやりとりする。

「半導体中のドナー不純物と呼ばれる物質を使い、この中にある電子スピンの光パルスに当てることで、電子の持つスピンをコントロールする実験が比較的順調に進んでいます。光を受け取ったのか放出したのかによって電子スピンの状態が変わる。この状態の変化（励起子状態）を使って、さらに電子スピンの状態を読み出せるようにもなってきました」。

ところで一般に量子状態は壊れやすいことが知られている。量子性が維持できる時間のことを「コヒーレンス時間」と呼び、山本教授のシステムでは、これを約1ミリ秒と、従来と比べて飛躍的に伸ばしているのも大きな成果だ。これによって電子スピンをどれだけの回数操作できるかが決まり、それによって何度ゲート（論理回路）を組めるかが決まる。早くも量子コンピュータの性能について議論しているのかと錯覚するほどだが、山本教授はその先を見る。「キューバスを現実の技術として実現するためには、どうしてもキャビティ中の光の損失が大きすぎる。これを回避するシンプルで効果の高い方法——それこそが、今後大きな焦点になるだろうと思うんです」。



伊藤教授(慶應義塾大学)の、階段状の端に並んだ29シリコンの様子と模式図。



一列に並んだ29シリコンの先に読み出し用のリンがついている。(伊藤教授の資料から)

一列に並んだシリコン同位体を使って

そしてプロジェクトにはもう一人、世界でも珍しい、シリコンの「同位体」研究で知られる、慶應義塾大学の伊藤公平教授がいる。

同じ原子でも、持っている中性子の数が違うものを同位体といい、シリコンの場合には28、29、30という3つの同位体がある。このうちまず原子の中にある核スピンの向きで量子ビットを構成できないか、というのがそもそものアイデアだ。

伊藤教授はいう。「1つ1つの核スピンを初期化できるのか、読み出せるのか、きちんと計算に相当する動作をしてくれるのか、……確認しなければならないことは山ほどあります。でも、あきらめるわけにはいきませんよ(笑)」。

シリコンで本当に量子コンピュータができるのだろうか？ そんな疑問も頭をかすめる。だがその代わり、シリコンには、古典的コンピュータ時代に培った集積化技術のノウハウが詰まっている。そこに他の材料にはないチャンスがある。

伊藤教授のシステムでは、一列に並んだ29同位体のシリコンの末尾にリンが1つ付いており、これを核スピンの読み出しに使う。その先が「キューバス」のバスである。

「リンの核スピンに光を当て、出てくる光の波長を見ることによって、スピンの読み出しに成功しています。また光だけでなく、電流を使って核スピンの読み出しもできる」と、伊藤教授。研究は着実に成果を上げつつある。「量子性を活かすのか除くのか、それを議論するにもまず、

量子性を理解しなければ始まらない。僕らの道程は基礎研究として意義があるし、さらには産業へとつながっていった欲しいですね」。

量子コンピュータへの道、これから

あと2年半——このプロジェクトが終わる時、量子コンピュータへの道程には、どんな展望が開けているだろうか。

理論物理学者の根本香絵准教授は各実験グループを巡る一方で、未来の量子コンピュータへ向けて、キューバスの持つ可能性を追究する。なにはともあれ、突破する道を示すのは理論の役割であり、系の特質によらず、新しい発想を呼び込めるのは理論の醍醐味でもある。根本准教授はいう。

「量子ビットを測定することによって計算を行う〈測定ベース〉の量子計算では、キューバスによって、これまでの限界を超えて大幅に効率化できることや、キューバスのシステムは意外にも光の損失に強い面があることなど、さまざまな性質が見えてきています。このような性質を最大限に引き出す素子デザインやアプリケーションもいろいろと研究中です」。キューバスという理論は、発表当初の衝撃を超えて、どうやらさらなる進化を遂げているらしい。さらに「測定ベースの量子計算にはどうしても大量の量子ビットが必要です。では、たとえばそこに、安くて大量に投入できる光を使ったらどうか。実はこのようなシステムにキューバスが効くこともわかってきています」と根本准教授はいう。

どんなアイデアが、量子情報処理の新しい方法を拓くのか。量子コンピュータの実現へ向けて、プロジェクトのゆくえが楽しみだ。

(取材・構成 池谷瑠絵)

Compute by “Cooling” Quantum System

量子コンピュータへの道

世界水準を実現するNIIの理論グループ

国立情報学研究所(NII)の量子情報科学理論グループは、根本香絵准教授を中心に、量子情報・計算の理論研究を進めている。日本では比較的実証研究がさかんなことから、研究グループというと実験チームをイメージしがちだが、このグループには量子情報科学をリードする海外の教授や研究員が参加しており、理論やインプリメンテーション(実装化)に関する活発なコラボレーションを展開する、国際的な拠点のひとつとなっている。そうした交流を活かしたセミナー活動はもちろん、ポスドク(大学院を卒業し博士号を持つ研究員)が招聘研究員として滞在したり、逆にグループから送り出すなどの連携もさかんだ。グループの定期ミーティングは、毎回メンバーの誰かが現時点での自分の研究の成果を発表するスタイルで、報告会というだけでなく、今直面している問題について意見を求め、理解を深める機会となっている。ほぼ週1回行われているこのミーティングで、グループへの参加意義やNIIが提供する研究環境などについて、メンバーに聞いた。



A/Prof. Kae Nemoto

根本 香絵 准教授
専門は理論物理学、量子情報・計算。
グループを総括する。

東京で国際的な研究をするには？

鈴木：僕がNIIのこのグループを選んだのは、比較的ポスドクが多く、研究を進める上でディスカッションや共同研究などがしやすい環境だと思ったからです。ふだんから学生だけでなく、隣接した関心を持つ人と話せるのはうれしいことだし、自分の研究にとって大きな活力になります。それともうひとつの理由は、やはり根本准教授が世界のすばらしい研究グループと幅広く共同研究をしていることですね。

ティルマ：私も同感です。私がこのグループへ来た理由がまさにそれなんですから。私はいったん研究を離れて最先端テクノロジーのアナリストをしていましたが、根本准教授のグループに参加する機会を得て、ふたたび研究生活へ戻ってきました。それだけの魅力があったからです。なぜなら彼女のように、国内の研究にも海外の動向にも通じ、意義のあるプロジェクトを推進している人は滅多にいないからです。

唐澤：僕の場合は2年前まで、東北大学の数学科に在籍していました。その前は北海道大学です。土地柄もあってか、とても限ら

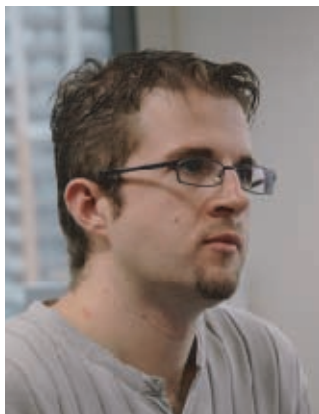
れた範囲の中で暮らしていたと思います。毎日会う人も同じ、出かけるところも同じ……そういう環境と自分自身を変えるべきだと思いました。

マイヤー：グループに参加してから、僕の研究も順調に進展していると思います。研究に必要なものはすべて揃っているし、とても快適です。

研究に必要なものが揃った 自由な環境

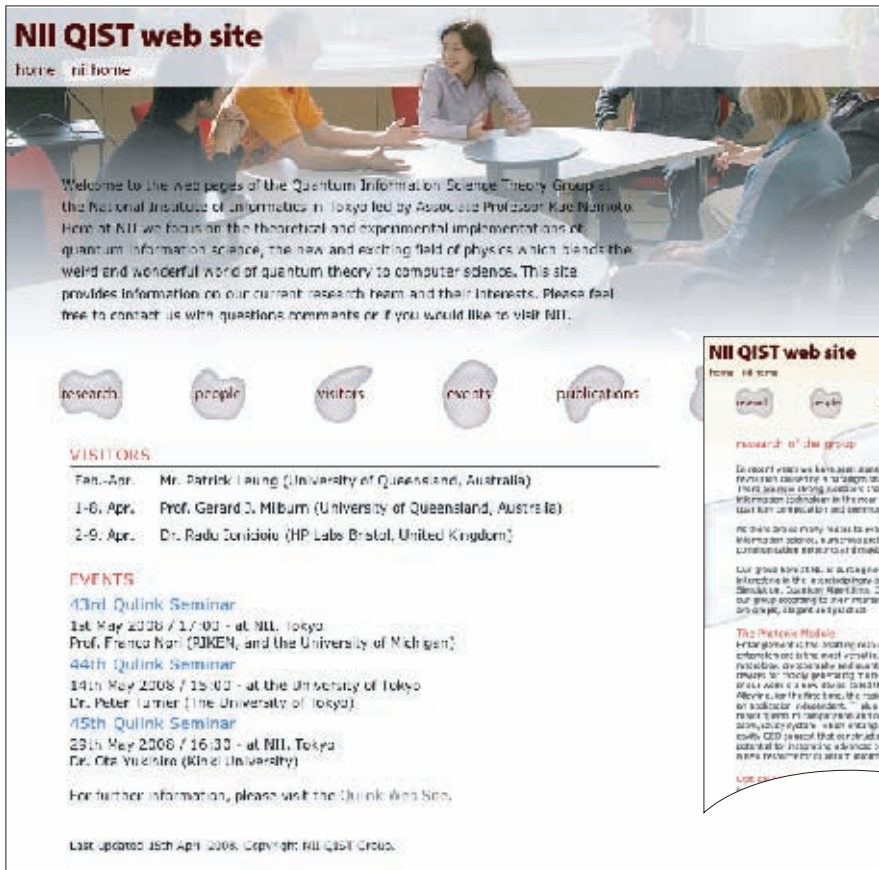
唐澤：実は僕はグループに入った時、このメンバーは、これまで大学で知り合った人とはずいぶん違うなと思ったんです。どうやって研究を進めていくか、そのスタイルが違うんですね。まず研究室の外にいろんな研究者のネットワークを持っている。そして、プレゼンテーションがうまい。そして最も違うのは、ここでは研究テーマを自分で見つけて進めていかなければいけない、そういう自由が与えられているという点です。自分で判断しなければいけないため、とまどうこともありますが、今後の研究生活に役立つものと考えて取り組んでいます。

ディビット：僕の場合はみなさんの動機と



Dr. Simon Devitt

サイモン・ディビット 研究員
メルボルン大学、ケンブリッジ大学を
経てグループに参加。



NII QIST group website

メンバーや関係者向けの連絡用だけでなく、国内外へ向けて開かれたグループの窓として、セミナー情報、研究成果、メンバー紹介、論文一覧、求人情報などを掲載。



はちょっと違うかもしれません。僕はメルボルン大学（豪州）の博士課程在学中に、1年間ケンブリッジ大学（英国）でも研究していたのですが、いずれも自分がやりたいことをとことん追求できる環境とは言い難いものでした。いずれの大学でもやらなきゃいけないことが山ほどあって、いつも手一杯という状態だったし、そもそもケンブリッジ大学ではどちらかというと概念的な量子物理学を追究していたんです。だから僕が欲しかったのは——唐澤さんが言うように——フリーダム、つまり自由に研究できる環境だったんですね。

僕が集中したい研究とは、量子計算を実現する基となるデバイスを作ることです——というより、量子情報の研究者なら、今みんなそう思っていると思いますが。これに取り組める自由な環境が、根本准教授のグループのコラボレーションの中にはあったから。実際、NIIでの現在の研究環境を僕は本当に気に入っているし、もうどこへも戻りたくない（笑）。

「情報学のNII」が拓く、新しい可能性

鈴木：ただ僕は、実際に来てみて、NIIは一般の大学とはずいぶん違うなということを感じましたね。それにはもちろんいい面と悪い面があると思うのですが、僕が以前いたシンガポール国立大学理学部では、学内にいる多くの物理学者と気軽に話す機会があったし、毎週セミナーに参加して異なった分野で今何が焦点になっているのか、興味深い話を聞けるという利点があったんです。NIIには自分の研究に専念できる環境が整っており、それはたいへんいいことなのですが、同時にちょっと寂しい気もするのです。

ティルマ：いや、それがまさにNIIは「情報学」にフォーカスした、たいへんユニークな研究機関だということなんです。だから私たちはその一員であることで、バイオインフォマティクス、量子情報科学、ウェブサーチ技術など、さまざまな分野の専門



Dr. Todd Tilma

トッド・ティルマ 研究員
アメリカから、NII量子情報科学理論グループに参加。



Dr. Jun Suzuki

鈴木 淳 研究員
インタビュー時は赴任したての最も新しいメンバー。

Compute by “Cooling” Quantum System



Dr. Tokishiro Karasawa
唐澤 時代 研究員
北海道大学、東北大学を経て、NIIへ。

家と出会い、それらの研究が今どうなっているのか、知ることができる。このような環境は願ってもない、まさにNIIならではの特徴であり、逆にふつうの大学では絶対に実現できないことです。さらにNIIが、東京の中心に立地している点も、実に素晴らしい。

そこでこのような点から、NIIにはまったく新しい、チャレンジングな研究を生み出す可能性がある。量子情報科学の理論をウェブサーチに使ったらどうなるのか、シミュレーションの技術を生物学的な情報学に適用したらどうなるのか……このようなアイデアはとても興味深いですね。私もいずれそういったコラボレーションを実現したいし、それが学術的に意義があり、産業界にもインパクトを与えるような新しいチャレンジになればよりうれしいですね。

唐澤：実際、量子的な考え方というのは、やはりこれからどんどん重要性が増してくると思います。でもどちらかというと、量子の研究者と他の分野の人々の間には、や

はりギャップがあるのではないのでしょうか。ですから機会があれば、NIIのまだあまり量子性に詳しくない研究者に、量子物理学の価値を伝え、ギャップを埋めるような仕事ができたらとも思っています。

Qulink Seminar と 日仏合同ワークショップ

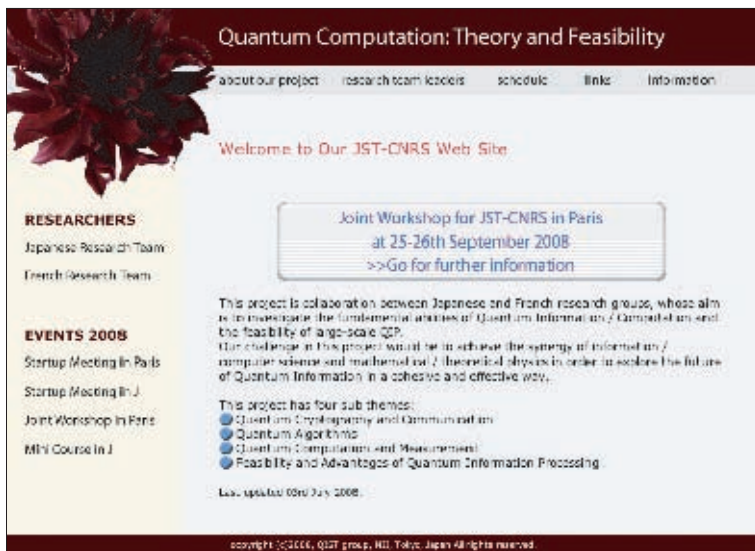
ルイ：このグループを選んだ理由は僕もみなさんとほとんど同じですが、学生にとっては、NII全体で取り組むオープンハウスなども、他の学生がどんな研究をしているのかを知る機会としてとても参考になりますね。また新しい研究生生活をスタートする際のNIIの歓迎会なども、始めはよくわからないことも多いため、スムーズに研究に着手するきっかけになります。

それからQulink Seminarは、なんといっても勉強の助けになります。研究を進めていくうえで理解のネックになっていたところクリアになったり、よく知らない分野については信頼できるガイドになってくれ



Qulink Seminar

2004年にスタートした「Qulink Seminar」は、量子情報科学理論グループと東京大学が連携したセミナーシリーズ。原則として毎月2回開催し、2008年中に50回を数える。右の写真は2004年に開催されたQulink SeminarでのGerard J. Milburn教授（豪州クィーンズランド大学）の講演の様子。左の2点は、2006年の同セミナーでのSamuel L. Braunstein教授（英国ヨーク大学）の講演風景から。



日本・フランス合同ワークショップ
日本チームは根本香絵准教授、フランスチームはDr. Iordanis Kerenidis がリーダーとなって推進する、量子情報科学のコラボレーション。コラボレーションを円滑にし、効果的に進めるためのツールとしてウェブサイトを立ち上げ、さまざまな連絡やアイデアの交換に役立っている。今秋にはフランスで合同ワークショップが開催される予定だ。

ます。これまで参加したセミナーの中では、特にオーストラリアの研究者による線形光学に関する講演が、自分の研究に役に立ち、鮮やかに印象に残っています。

ディビット: 僕も Qulink Seminar は非常にいい機会だと思っています。だから、もしかしたらもっと頻繁にセミナーをしてもいいのではないかと思います。つまり論文を待っているよりも、より直接的に新しい考えを聞いたほうが有意義だと思うからです。

根本: 今サイモン（ディビット）が言ったように、セミナーやワークショップは、どんなものよりも早く新しい考え方に触れるチャンスなんです。時には本人がまだその素晴らしさに十分気づいていないようなヒントがある。Qulink Seminar では、いつも講演後にフリーディスカッションの時間を設けていますが、学生でもこのような機会に自分が疑問に思った点をぶつけて欲しいんです——それが最先端に触れるということです。まだわからないことや勉強不足なことがいろいろあっても、このようにして早くから研究者であるという自覚に立って研究に取り組むことが、優れた人材を育てると考えています。新しいセミナーもぜひ検討しましょう。

今年はまた、フランスの量子情報のチームと共同のワークショップも進めています。まず3月にNIIで日本チームのワークショップを行いました。同様に6月にはフランスチームがパリでキックオフミーティング

を開催しています。本番はこれからというところですね。

ディビット: 秋にパリで行われる予定の合同ワークショップをとっても楽しみにしています。イギリスやドイツの研究者との交流はあるのですが、フランスで量子情報がどのように進んでいるのか、なかなか知る機会がないので、とても貴重な体験になると思います。

量子情報科学の未来へ向けて

根本: では最後に、量子情報研究の今後の展望について少し聞かせてください。

ルイ: 将来にはきっと、世の中に役に立つようなさまざまな量子技術が出てくるでしょう。そのためにも今、自分たちが数理的な理論研究をしっかりとやっていきたいと思っています。

ディビット: 僕が目指しているのは、もちろん、大規模量子コンピュータです。それは実現するのか？——というと、実は2年前にも同じ質問を受けたんです。なかなか難しいんじゃないかというのが正直なところでした。でも今はかなり楽観的になってきています。たとえば80年代には、今僕らが使っているようなパーソナルコンピュータを誰がイメージ出来たのでしょうか？そこで僕は、量子コンピュータについても、こう思うんです——僕らのような研究者がやっていけば、それはきっとできるんだ、って。
(取材・構成 池谷瑠絵)



Dr. Casey R. Myers
ケイシー・マイヤーズ 研究員
オーストラリア人。カナダ・ウォータールー大学からNIIへ。



Mr. Sebastien Louis
セバスチャン・ルイ 総研大博士課程
在学生
フランスからグループに参加している、グループで最も若いメンバー。

統計学は罪か

新井紀子(国立情報学研究所情報社会相関系教授)

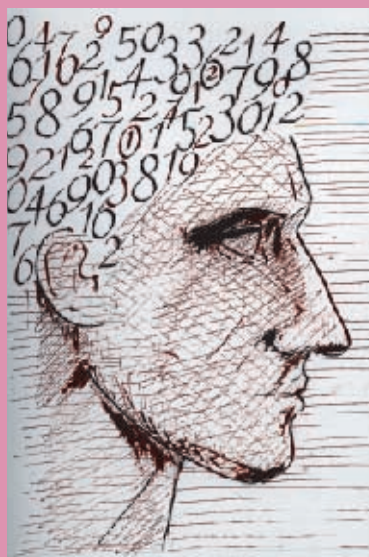
旧約聖書を読み返してみると、現代人には不可解に思える記述にしばしば行き当たる。その筆頭が人類の祖とされているアダムが九三〇歳まで生きた、という記述だろう。これは単なる誇張だと理解できなくもないが、それ以上に不可解な記述が、歴代記上に見つかる。それは、イスラエルの英雄であるダビデが犯した「重い罪」に関する記述である。

人口調査が罪になる

ダビデはそこまでにペリシテ人ら周辺の民族との戦いに勝利し、領土はかつてないほどに広がっていた。そのとき、サタンがやってきて、「イスラエルの民を数えるように」とダビデをそのかしたのである。百戦錬磨だけでなく聡明なダビデは、民すなわち戦士の数を正確に把握することが勝利のために最も重要なことだと直感したに違いない。神の怒りを恐れて反対する臣下の言葉に耳を貸さず、人類初の人口調査を強行することになる。それに対して、父なる神は大変にお怒りになった。ダビデは神から、「三年間の飢饉、三カ月間の

敵による蹂躪、三日間の疫病のどれかを罰として選べ」といわれ、三日間の疫病を選んだ結果、七万人の民を失つことになるのである。

現代を生きる私たちにとって、不可解を超えてショックですらあるのは「人口調査が罪になる」という記述だ。しか



も、下された罰の大きさから考えると、その罪の深さは盗みや殺人よりもはるかに重いように見える。

聖書は当然のごとくに人口調査を罪とみなしているのだから、「なぜそれが罪か」を完全に知ることはできないが、ダビデに反対する臣下の言葉にヒントがある。「主がその民(イス

ラエルの民)を百倍にも増やしてくださいますように」。つまり、戦士の数が増えるように、あるいは、今年が豊作となるように、というのはひたすら祈り、神に委ねるべき領域とみなされていたのである。人口調査を行い、自ら「これだけの兵力があるならペリシテ人に勝てる」とか、「これだけの民がいれば来年の税収はこうなるはず」ということを判断することは、神の領域を犯す大罪だと考えられていたのである。この記述の影響力は大きく、なんでも、十八世紀に至ってもなお、イギリス議会では人口調査の法案に旧約聖書の記述を盾に反対する敬虔な議員が少なくなかったというのだ。

統計による予測を神はどう思うか

翻って今日。ペタバイトのデータを扱い、「百年後に地球の平均気温が二度から四度上昇する」「三十年以内に南関東でM7以上の地震が起こる確率が七〇%」などと予測する私たち人類を神様はどんな気持ちで眺めているのか……やや気になるところである。

情報から知を紡ぎだす。



国立情報学研究所ニュース(NII Today) 第41号 平成20年9月

発行：大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 <http://www.nii.ac.jp/>

〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋2丁目1番2号 学術総合センター

編集長：東倉洋一 表紙画：小森 誠 写真撮影：由利修一 デザイン：鈴木光太郎 制作：サイテック・コミュニケーションズ

本誌についてのお問合せ：企画推進本部広報普及チーム TEL:03-4212-2135 FAX:03-4212-2150 e-mail: kouhou@nii.ac.jp