

NEC、量子コンピューティング技術で社会的課題の解決へ

NEC（以下「当社」）は、実社会の組み合わせ最適化問題に対応するため、量子コンピューティング技術の開発を進めている。本稿では、当社のシステムプラットフォーム研究所長を務められている中村祐一氏に、量子コンピューティング技術についてわかりやすく説明していただいた（取材・文責：JOI総務部 佐々木、関根）。

量子コンピューティング技術とは

量子とは、原子などを含むきわめて小さな物質やエネルギーの単位のことであり、粒子と波の性質を併せ持つとされる。きわめて小さい世界を扱う量子力学では、ニュートン力学に慣れ親しんだ人間の直感とは相いれない不思議な現象が起きることが確認されており、その1つが「量子の重ね合わせ状態」である。実験結果によると、仕切りによって区切られた2つの部屋がある箱の中に1つの量子を入れると、量子が波の性質によって両方の部屋を行ったり来たりすることが明らかになっている。にわかに信じがたいものの、この量子の性質を利用することにより、量子コンピューティング技術は量子ビットと呼ばれる情報単位の中で0と1を混在させることが可能となる。たとえば、10ビットを所与として、従来のコンピュータで組み合わせ最適化問題を解くと、 $2^{10}=1024$ 個の解答の候補案を1個ずつ処理して1024回分の演算を繰り返すのに対し、量子コンピューティング技術では、1024個の候補案を同時処理することによって一瞬で最適解を探し当てることができる。あらゆる研究者が匙を投げている「巡回セールスマン問題」では巡回する都市の数が増えると組み合わせが爆発的に増加することが知られているが、量子コンピューティング技術は、このような与えられた条件を満たす組み合わせを求める分野での応用が有望視されている。



インタビューにご対応いただいたNECの中村システムプラットフォーム研究所長（博士〔工学〕 2016年より現職。2007年より国立情報学研究所客員教授）

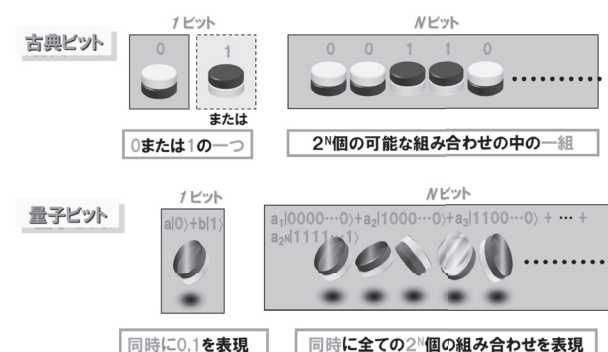
量子コンピューティング技術の現状

しかし、「量子の重ね合わせ状態」は自然に減衰し短時間で消滅してしまう。このため、量子コンピューティング技術を実用的に実用化するためには、「重ね合わせ状態」の継続時間を延ばすことが必要となる。加えて、量子ビットを用いて、組み合わせ最適化問題などに限定しない汎用的な計算処理を行うためには、非常に多くのハードルを乗り越えなければならず、相当の時間を要すると見込まれている。十分な資金力を持つIBM、GoogleやMicrosoftは、汎用的な計算処理を可能とする量子ゲート方式と呼ばれる量子コンピューティング技術の開発に取り組んでいる。量子ゲート方式が実用化されれば、長い桁数の素因数分解が短時間で解けることとなり、インターネットの暗号化技術が役に立たなくなると予想されている。また、量子コンピュータはスーパーコンピュータと異なり、体育館ではなく部屋サイズの敷地があれば設置可能となり、大量の電力を消費することもなくなる。

量子アニーリング方式の可能性

当社は、量子ゲート方式ではなく、量子アニーリング方式を用いることによって、組み合わせ最適化問題に特化した専用計算機の開発に注力している。組み合わせ最適化は、コスト最小配送問題や便益最大の割り

図1 量子ビット



当て問題などの基本動作手法であり、与えられた制約のもとで目的関数（コスト最小など）の順路や割り当ての組み合わせを求める問題である。量子アニーリング方式とは、この組み合わせ最適化問題において、量子が勢いよく動き回ること、すべての割り当てに対して同時にコスト計算を行うことにより最小のコストの組み合わせを瞬時に求めるアプローチである。

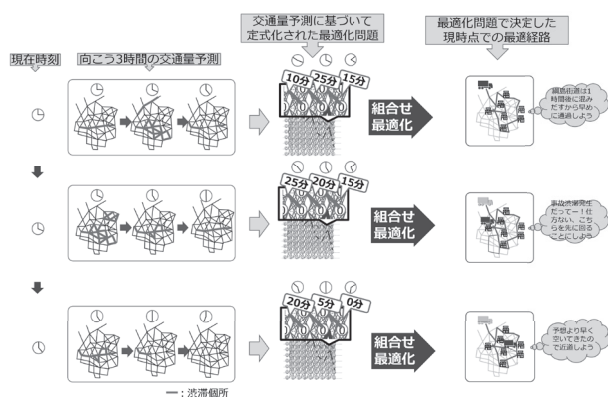
現状、量子アニーリング方式による実用機はすでに製品化されており、30～100個程度の組み合わせ最適化問題を高速で解くことが実現されている。今後、実社会で想定される大規模な組み合わせ最適化問題に対応するためには、「量子の重ね合わせ状態」の継続時間の延長化に加え、多数の量子間を完全に結合する必要がある。

当社は、2018年1月、量子状態を長く保つ新しい量子素子の技術、それら量子素子を密に結合し拡張可能とする技術の基本動作の検証に成功した。成功要因は、量子素子のノイズ耐性が改善し「量子の重ね合わせ状態」が大幅に延びたことや、量子素子を二次元的に配置することにより完全結合を実現させた点にある。この成果を発展させて、当社は、向こう10年で1万個程度の組み合わせ最適化問題を解く実機の開発を目指している。

社会的課題解決に向けた取組み

量子アニーリング方式が得意とする分野は、短時間で解くことが求められる、実社会の複雑な組み合わせ最適化問題である。たとえば、道路の混雑状況が刻一刻と変化するなか、配達の総所要時間を最も短縮化するために、宅配ドライバーはどの経路を選択すればよいか、という組み合わせ最適化問題を考える。道路の所要時間は、宅配ドライバーが通過しようとする時点の混雑状況に依存する。通過時点での道路の混雑状

図2 通過時刻によって所要時間が変わることのイメージ



況の予測は、最近、AIで注目を集めているディープラーニングを用いるのが適当である。ディープラーニングによって予測した、各地点の通過時刻毎の所要時間のデータを踏まえ、従来のコンピュータで組み合わせ最適化問題を解いて、運転開始する前の宅配ドライバーに最適経路を伝えたとしよう。しかしながら、実社会では、最適経路上の突発的な交通事故や顧客からの再配達要求などを考慮する必要性が生じる。これら状況変化に対応するためには、組み合わせ最適化問題の再計算（逐次更新）が必要となり、このような分野に量子アニーリング方式の活用が期待されている。従来技術では、トラック1台による100箇所の配送問題の組み合わせ最適化計算に30分程度（トラック10台なら5時間）を要し、刻一刻と変化する状況に対応することは困難である。従来は、時間と精度間のトレードオフの關係に悩まされてきたが、量子アニーリング方式を用いれば、時間と精度をともに改善することが可能となる。

ただし、量子コンピューティング技術が必ずしもすべての課題に対して万能ではないことに留意が必要である。前出例のとおり、ディープラーニングは別のコンピューティング技術に優位性がある。当社は、それぞれ得意領域の異なるコンピューティング技術を組み合わせることによって、多様なニーズに对应していける、と考えている。

最後に

一昔前の当社は、通信機器や半導体を開発したら、それらの性能向上のみをひたすら追求すればビジネスとして成り立たせることができた。しかし、量子アニーリング方式の場合、従来技術のようにオールラウンドなシステム開発は難しい。実際に利用される場面を考慮した最適化が必要であるため、顧客との共創作業が不可欠になる。

前出例で宅配ドライバーの総所要時間の短縮化を目的関数として設定したように、量子アニーリング方式では、最適化問題を数学的に定義する必要がある。ポテンシャルが大きいとされる創薬分野では、組み合わせ最適化問題として数学的に定義できておらず、数学的知見を有する識者の協力が不可欠となる。このように、需要の喚起・拡大のためには、産官学の連携が欠かせない。今後、市場創造の展開次第では、国内外問わず、さまざまな分野の方とオープンイノベーションのかたちで協働することを視野に入れながら、実社会の多様な課題を解決し、社会に貢献していきたい。