

最近の技術トレンドによく出てくる技術ワードと言えば、生成AI、メタバースそれと量子コンピュータという事になるだろうか。

生成AIについてはその有用性が広く喧伝されたので、実際に使ってみた人も多く、仕組みはともかく内容も含めて知っている人も多い。メタバースについては、単にゲームソフト、CGの進化したモノ程度に誤解している人もいるようだが、これはこれで大変なインパクトのある技術で、そのうちに我々の社会のあり様までも変えてしまいそうな予感を感じさせる分野である。

一方、量子コンピュータと言えば、とてつもない技術であるかのような匂いをさせてはいるが、実態がさっぱり見えてこないのは何故なのか。この辺りの事情を量子コンピュータ1と2に分けてレポートしてみたい。

とはいえ、この分野への国の期待の大きさは内閣府が発表している下図のような応用事例からも分かる。



図4: 量子技術による社会課題の解決の例

出典: 内閣府「量子技術イノベーション戦略の策定に向けて」(2019)

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ryoshigijutsu_innovation/dai1/siryoku2.pdf, p.4

これらは現在の日本が直面している課題ばかりで、これが解決できるのであればこんな素晴らしいことはない。

そのため量子技術関連予算は基金も含め、令和5年度で420億円超が計上されている。無論、米中に比べれば多少見劣りするものの、それでも力の入れ具合が分かる。

[量子技術イノベーション会議 \(cao.go.jp\)](https://www.cao.go.jp/)

更に、今年の4月に西村経済再生担当大臣がわざわざ、記者会見の冒頭【最先端の量子コンピュータを導入し、経済安全保障推進法に基づいて約42億円の補助を行うことを決定した。】と述べており、重要なテーマである事は間違いない。

[西村経済産業大臣の閣議後記者会見の概要 \(METI/経済産業省\)](#)

また、世界的に見ても量子技術に関する話題には事欠かない。例えば、昨年のノーベル賞は量子もつれに関する研究に与えられた。これは量子コンピュータの基本的な動作原理に関するもので、それが再認識されたということである。

2022年のノーベル物理学賞に「量子もつれ」の研究者3人 | ノーベル賞2022 NHK

2022年のノーベル物理学賞の受賞者に、物質を構成する原子や電子のふるまいについて説明する理論、「量子力学」分野で、「量子もつれ」という特殊な現象が起きることを理論や実験を通して示し、量子情報科学という新しい分野の開拓につながる大きな貢献をした、フランスの大学の研究者など、3人が選ばれました。

それは「量子もつれ」と呼ばれ、光の粒などの量子が、お互いにどんなに遠く離れていても、片方の量子の状態が変わるともう片方の状態も瞬時に変化するという現象です。この現象を利用すると、ある情報を量子に埋め込めばそれを離れた場所にあるもう一方の量子に光の速度で伝えることができます。この特性を使って開発が進められているのが「量子コンピュータ」です。

スーパーコンピュータをはるかにしのぐ『次世代のコンピュータ』として私たちが暮らす社会を大きく変える可能性があると言われ、開発には日本の研究者も大きく貢献しています。

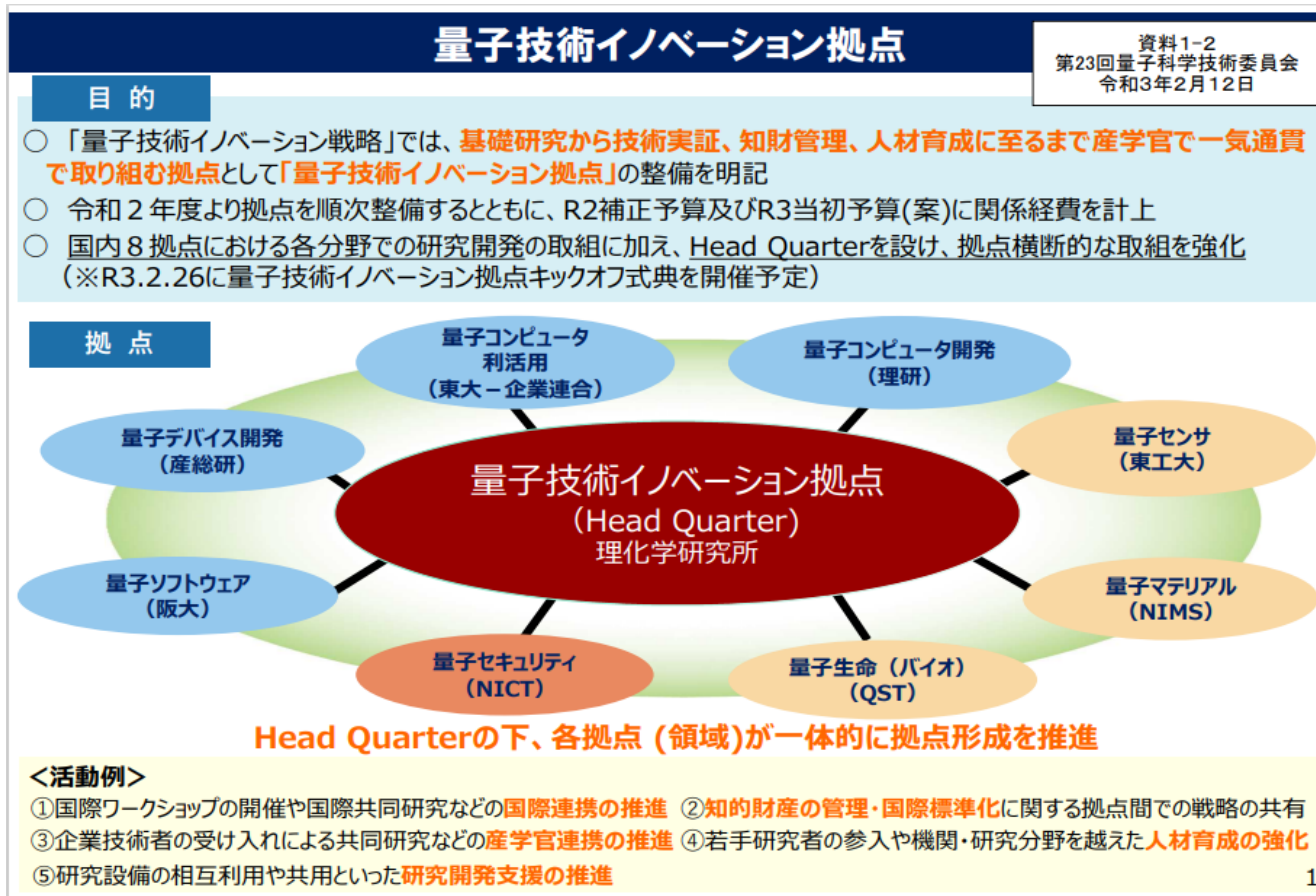
すでに一部のタイプのもは利用が始まっているほか、グーグルやIBMなど世界的な企業も開発を進めていて、国際的に熾烈な研究開発競争が展開されています。

一方で、コンピュータの計算能力が飛躍的に上がるとインターネットの通信に使っている暗号が解読されるリスクが大きくなると指摘されています。また、量子コンピュータについては、スーパーコンピュータでも数千年かかる計算を瞬時にやるなど、超高速の計算が可能になるということです。量子コンピュータでは車の渋滞を避けて効率よく走行するルートを見つけるなど最適な「組み合わせ」を解くことが期待されるほか、将来的には、新たな薬や高性能な材料などの研究開発に役立つことが期待されているということです。

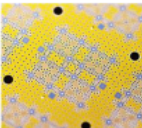
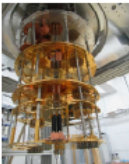

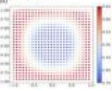
ちょっと、眉唾物の表現になっている気配もあるが、期待の大きさはよくわかる。

さて日本における量子コンピュータの開発体制だが、現状の体制はおおよそ下記の図表ようになっており、理研が全体のコントロールをしている。

資料1-2 量子技術イノベーション拠点について (mext.go.jp)



特に量子コンピュータで重要な技術は量子コンピュータそのものと同時に量子ソフトウェアが重要で、計算が可能となるには、新しいアイデアが必要とされており、実用化に向けたキーとなっている。

量子コンピュータ開発（理研）	量子ソフトウェア研究拠点（大阪大学）
<p>1. 概要・方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○理研が持つ量子技術、計算科学の叡智を結集して量子コンピュータシステムの実現・確立を目指す超伝導をはじめとした量子コンピュータに関する量子技術イノベーション拠点を形成 ○全拠点の取りまとめとして「量子技術イノベーション拠点」形成を支援。人材育成等を通じて、日本の量子技術水準向上に貢献 <p>2. 予算額・期間</p> <ul style="list-style-type: none"> ○R3予算額： 交付金540億円の内数、Q-LEAP 8.7億円(R2分担機関含) R2補正予算額：施設整備費補助金 9億円 ○期間：R2年度から研究組織を設置し、拠点整備を本格開始 <p>3. 実施内容・実施機関</p> <ul style="list-style-type: none"> ○量子ビットの集積を目指すチップ開発 <ul style="list-style-type: none"> ・現在16量子ビット試作中。今後5年以内に50量子ビットとする等、さらなる集積化を目指す ○富岳等のスーパーコンピュータとの併用を目指した連携 <ul style="list-style-type: none"> ・互いの長所を活かす解析を行うソフトウェア等の開発 ○汎用型量子コンピュータを目指したシステム実装（Q-LEAP） <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>16量子ビットを集積化したチップ (約1cm)</p> </div>  <div style="margin-left: 10px;"> <p>超伝導を作り出す冷凍機 (チップを入れ配線することで全体システムを構築)</p> </div> </div>	<p>1. 概要・方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○量子ソフトウェア研究拠点は、将来の誤り耐性汎用ゲート型量子コンピュータに適用するアルゴリズム、量子コンピュータと古典コンピュータのハイブリッド利活用、さらには量子機械学習や量子化学計算等のアプリケーションを研究開発し、社会実装を目指す <p>2. 予算額・期間</p> <ul style="list-style-type: none"> ○R3予算額： 共創の場形成支援プログラム 約34億円の内数、Q-LEAP 3.15億円 (量子AI 2.5億円、量子情報処理基礎基盤 0.65億円、分担機関含) ○実施期間 共創の場形成支援プログラム（2020年度～2029年度） Q-LEAP（量子AI 2020年度～2029年度、 量子情報処理基礎基盤 2018年度～2027年度） <p>3. 実施内容・実施機関</p> <ul style="list-style-type: none"> ○量子化学や機械学習など量子コンピュータに優位性がある応用の開拓と知的量子設計による量子ソフトウェア研究開発 [実施機関] 阪大、京大、東大、名大、三重大、慶応大、早稲田大、NICT、NTT、イーツリーズ・ジャパン ○量子ソフトウェアの開発プラットフォーム構築、社会実装と普及、社会課題解決基盤の確立による持続可能な未来社会の実現 [実施機関] 阪大、豊田通商、QunaSys、イーツリーズ・ジャパン、Amazon Web Services、伊藤忠テクノソリューションズ、AGC、エヌエフホールディングス、J X石油開発、ソニー、DIC、東ソー、日立製作所、富士通研究所、プリチストン、他 <div style="text-align: center;">   <p>量子回路学習</p> </div>

さて、日本における量子コンピュータの開発状況だが、先日、NexTech Japan 2023 10.27（秋）のセッションで量子コンピュータの研究開発に携わっている中井 悦司 氏(グーグル)が講演され、今現在の進捗をお話しされた。中井氏の講演要旨は

量子コンピュータは世間では騒がれているが、現時点では大きな進展はない。まだ、基礎開発の段階で、実際に役に立つような成果は出ていない。動作原理は量子現象を使うので、一般的なコンピュータの動きとは全く違う。特定の問題に特化した量子アルゴリズムを見つける必要があり、それが実用化の課題になっている。

【量子コンピューティングの現時点での課題】

- ・ 量子ビットはエラーが起きやすく、量子状態を安定に保つことが難しい。
- ・ 問題ごとに計算結果を読みだすための量子アルゴリズムを見つける必要がある。
- ・ エラー訂正機能が完成しないと汎用の量子コンピュータは使いものにはならない。

グーグルの研究チームも頑張っているが、現時点では一般的に使えるようなコンピュータ実現へのロードマップと言う意味では、今はまだ作成可能な量子ビット数が1000～10000位。量子コンピュータが実用的になるためには量子ビットが100万個程度必要で、まだ、汎用量子コンピュータの完成は先になる。

当面はマテリアルサイエンスと量子物理の研究が進展しないと先に行けない。その次がエラー訂正機能のある汎用型の量子コンピュータの出現だろうがまだ先の話だ。

という事の様である。

これと似た話はCRDSフェローの嶋田 義皓 氏も今年8月のセミナーでいみじくも同じような事をおっしゃっていた。
【今はちょうどトランジスが見つかった頃と同じ。これで何ができるかはやってみないと分からない。ラジオ、テレビはできるかもしれないが、汎用コンピュータができるかどうかは分からない】という主旨の発言だったように思う。確かに100万個の量子ビットが集積されないと、比例則から言って今の汎用コンピュータにはならないかもしれない。開発の現状から分かるように、量子コンピュータは話題が先行している。実用化までにはまだ時間がかかるようだ。日本のムーンショット型開発プロジェクトでも、量子コンピュータは**2050年ごろの実用化**が目標となっている。そもそも、昨年度のノーベル賞を見ても分かるように、量子力学そのものにまだまだ学問的な議論がある状態であり、量子現象を自由に扱えるようになるには、まだまだ時間がかかるということが実際の所なのだろう。

【量子コンピュータその2】では 量子コンピュータの仕組みと、どうして実用化が難しいのかを報告する予定です。
[量子コンピュータの特徴を活かすアルゴリズムの開発 | コラム一覧 | 50周年記念サイト | 三菱総合研究所 \(MRI\)](https://www.riken.jp/pr/news/2020/20201001_2/index.html)
https://www.riken.jp/pr/news/2020/20201001_2/index.html
[量子技術イノベーション戦略の戦略見直し検討ワーキンググループ \(第2回\) \(cao.go.jp\)](https://www.cao.go.jp/)

以上