

量子技術イノベーション戦略の戦略見直しワーキンググループ（第5回） 議論のポイント

- 日時：令和3年12月22日（水）10:00～12:00
- 議論のテーマ：量子関係団体からのヒアリング、ムーンショット型研究開発制度の今後の方向性について、中間とりまとめについて

1. 量子関係団体のプレゼンの概要

【島田（太） 構成員（量子技術による新産業創出協議会 実行委員長）】

- 世界中で産業化のコンソーシアムが立ち上がっている状況。数年の間に産業化に積極的な団体の設立が非常に活性化している。また、日米の投資状況を比較すると米国では企業側の投資が非常に大きくなっている。
- IBM、Google、Honeywell、IonQ 等、量子コンピュータのプランを出している海外の会社がこれだけある中で、我々日本において出している企業は存在しない。
- Q-STAR では QRAMI を用いて、どういう領域がプロミシングな領域か又は一体何を研究開発・エンジニアリングすれば、量子と今の技術の融合が図れるのかの検証を進めている。3月末には一旦フィックスする予定。
- 5年後の予測としては、アニーラや量子暗号がかなり進展。量子と今のハイパーコンピュータや通常のインターネットが融合したような技術が5年後にはかなり実用化されると予想。10年後には NISQ が産業化、30年後には汎用量子計算機が登場して色々なイノベーションが起こると予想。
- また、Q-STAR では、ユースケースカードを作成中。これを見ればどんなもの、どの領域の話をしていて、どんな期待値があるのかということが一目で分かるように取りまとめをしていきたい。
- これを受けて、今後何をしていくのか。3つ出口戦略のポイントの1つとして、5年後に主要先進国の人口の5%から10%、日本では約1,000万人の人が知らない間に量子技術を使っている世界を作れないかと思っている。
- 2つ目は量子技術の転換を加速させるために、ユニコーン企業を台頭させようということ。必ずしも大企業だけでなく、大学やベンチャーなど量子技術を用いた産業化のステークホルダーを構成するということを目指したい。
- 3つ目は量子のグローバル化の強力な実行、推進。量子技術及び量子技術を応用した世界規模のシステム・ソリューション構築に日本が主要な役割を果たすことを目指す。重要なインテグレーションの部分もしくはプラットフォームに近い部分を標準化でもリードできるような形に持っていかなければならないのではないかと。
- 純国産にこだわらず、国際協調によって量子技術の進展や実用化を加速させる。レファレンスアーキテクチャとして QRAMI をデファクト化させる。それから、ここから出てきた中で、国際標準化によってテクニカルコミティを日本主導で立ち上げる。知財管理、輸出管理について政府間協議や世界各地のコンソーシアムと議論を通じて共通ルール化を図ることを目指す。

【富田 有識者（量子 ICT フォーラム 代表理事）】

- 産業化と人材育成は両輪。人材こそが新技術、新事業を作り、産業化によって雇用、それから研究環境の向上が見込める。両面から社会に対して働きかけ、いろんな動機で入っていただく。
- 技術分野、量子技術コアの部分からビジネス化、アウトリーチ、またレベルも一般から専門家まで様々なセグメンテーションがあり、施策を打つに当たってはどこをターゲットとしていくかというのが重要な観点。
- 人材育成が一番重要であり、量子関連の人材は圧倒的に不足。コアの研究者、技術者だけではなくて、アカデミアとの橋渡しのリーチ人材、産業化人材、事業を創造する人材が足りていない。
- アーキテクチャも含めて、量子技術というものの体系化が必要ではないか。例えば、量子版ヘネパタのようなものがあるのもいい。
- 何よりも大事なのは研究者、技術者の処遇を改善すること、それから環境を改善することが必要。
- （人材を）見つける、引き寄せる仕組みとして、例えばビジネスコンテストといったものが考えられる。
- 検定というものも初級から中級、上級へ、今の I T 技術者に関してはこれに似たようなものが考えられる。これらの実現には教育プログラムをきちんとすべき。
- 産業化の拠点となるインキュベーション拠点、こういったものが必要。機能としてはスタートアップの支援、公募制の実証事業の支援、研究開発、海外のベンチャーを呼び寄せる、そういった機能があってもいい。
- 形態としては、集中型的なもの、ネットワークが重要。優秀で意欲のある拠点からこぼれ落ちている人を拾い上げられるようにすることが必要。
- 運用としては、資金の出どころによらない、長期的な運用を可能にすることと、参加する企業に対しての税制の優遇、知財の管理ということがある。また、今大学・研究拠点で作られている技術・設備の活用。一番重要なことは、失敗と挑戦を評価するというような仕組み。
- 現場の生の声としては、とにかく忙しくてしょうがないということ。また、パーマnentポストがなくて次の職が分からないから非常に不安であるということ。また、研究支援のやり方で良いのは長期的な視点で、それから組織の垣根、省庁の垣根を超えたものができるかということ。それから、今ある産業界の技術、量子ではない技術をいかに量子の方に入れていくかというのは重要。最後に、コミュニケーションの問題で、長い研究開発の道の中でどうやって社会の理解を保っていくか、そういうことが重要。

2. ムーンショット型研究開発制度についてのプレゼンの概要及び意見交換時の主な発言

【北川 有識者（ムーンショット型研究開発制度目標 6 PD（大阪大学大学院基礎工学研究科 教授））】

- 誤り耐性型量子コンピュータの社会的ニーズが非常に高まっていて、地球温暖化対策として脱炭素化のニーズが非常に顕在化。2050年に本格的な量子誤り耐性の汎用量子コンピュータというのを目指したが、2040年頃から量子誤り耐性を使いたいという期待が高まっている。
- 世界的な競争の中で量子誤り訂正による量子優位性と誤り耐性をいち早く達成する加速というのが求められており、半導体系や原子系を想定した量子ハードウェアの強化、同時並行型でジェネリックな形でのハードウェアにも使えるような大規模な誤り訂正システムを作っていく必要。
- もう1つ、物理的な量子ビットの集積限界を超えた瞬間にもう通信のボトルネックが始まってしまうので、大規模分散量子ネットワークに必要な大規模量子通信ネットワーク、量子インターネットの技術を開発することが必要。
- （補正予算を受けて）シナリオ全体は変わっていないが、通信ネットワークのところを特に強化する。前は規模的にも小さくなっていたので本格的にやる。さらに大規模量子通信ネットワークのテストベッドを構築する。
- ハードウェアの方は、今、4つの方式があるが、物理的にあるいは論理量子ビットとしてどんどん増やしていける可能性のある有望なものを追加する予定。
- 既存プロジェクトは、既存設備から専用設備導入による加速と、課題推進者・研究者の大幅増による加速、企業の参画による加速を予定。既に Q-STAR と連携の話をしており、今後の参入を期待。

【意見交換時の主な発言】

- 誤り訂正システムというのは、どういう形のものなのか。
- 個々のハードウェアプロジェクトの中に、小さい量子誤り訂正のための古典回路を一部でやっているが、各ハードで別々にやるのは無駄なので、もう少しジェネリックに共通して、例えば超伝導にもイオンにも半導体にも使えるような量子誤り訂正システム、しかも最終的には誤り耐性型に持っていけるようなものを、開発する。
- 誤り耐性システムの方で、そのソフトウェアレイヤーの取組はすごく重要だと思うが、ハードウェアは含まないのか。
- 古典的なハードウェアは含む。FPGA で組む等、いろんな方法があると思うが、拡張性があるような方法を検討したい。
- 量子ネットワークシステム技術のテストベッドと言っても、上のレイヤーまで作らなければいけないと思うが、どうふうに切り分けるのか。
- 実際に分散型量子コンピュータを作るのは階層ごとになるが、基本的に一体のものなので、そういうプロトコルスタックみたいなものを全部含んで提案があると良い。
- 富田先生が言ったように量子人材というのが不足している中で、プロジェクトマネージャーを増やして、新しい人材を発掘する予定なのか。
- 今でもムーンショットに入っていない量子の人材は沢山いて、量子以外の人も入れれば良い。今やっている量子の人たちが一緒にやってくれば、純粋に古典の人たちとのベンチャーであるとか、そういうところも入ってこられると

思っている。ネットワークに関しては、人材の分布が違うので、今のムーンショットにはそんなに入っていない。なので、まだ更に量子をやっている人材を十分吸収する余力はあり、もちろん新しく開拓していくことは、全てに共通で重要。

- ムーンショットという月を目指す、誰が一番かみたいになると、世界において 1,000 論理量子ビットが 2030 年ぐらいにやるという会社がある中において、（ムーンショットでは）2028 年に 100~1,000 論理量子ビットで、年数がずれているのはどう考えるか。
- 少し誤り訂正が効いて、例えば少し今までより長い時間計算できるくらいだと、実用に耐える十分な計算ができないのが分かっている、誤り耐性が必要だと思っている。なので、本当の勝負は誤り耐性。1,000 論理量子ビットといっても、論理量子ビットもピンからキリまである。そこで 1,000 の数が重要なのか、100 論理量子ビットでちゃんときっちり量子優位性があるようなアプリケーションを実行できるのが重要なのかという判断である。

3. 中間とりまとめ案に対する主な意見

- 誰が具体的になげうれしいと思うのかを示す必要がある。 実用化や産業化に際しては、成果を受益する企業・人・団体・社会というユーザーの顧客価値や顧客体験を考えていくということが、プロジェクトの理解を得ていくために必要。また、部品やコンポーネントのサプライチェーンに関して、この点は副資材、例えばヘリウムの調達などを含むと考えている。(島田(啓) 構成員)
- 人材開発や人材育成が大事だと思うが、産学連携や国際連携をする拠点を見える化するのが非常に大事。 派手な組織でも何でもいいが、若い人にとっても、頑張っ研究すればそこに行けるとか、そこに参加している企業に出口があるとか、そういったのを感じられるぐらいの何か大きな拠点ができるのがいい。(東構成員)
- 今の8拠点はバラバラになっている。しかもそこにポジションがあるかどうかは、まだ見えてない。今ある拠点というのは、今ある人が拠点を構築している。何かそこに新しいポジションがあるとか、あるいは産業界の人が質問を言って答えてくれるのかというのが、まだそれほど伝わってない。新しい人材や、産学連携を促す大きな何かができないとやはり難しいと感じる。(東構成員)
- お客様、市民の方々に価値を提供するという意味でソリューションを提供する。そのためには量子コンピュータを更にブースターとして使っていくというのが基本姿勢だと思う。 このソリューションとして、海外にも通用するものは何かという点と、そのソリューションと量子コンピュータをセットにしてパッケージ的に輸出していかなくてはと思うが、過去のいろいろなインフラ輸出などの反省を踏まえた対応が必要。それを政府、民間も取りまとめ役を置いて推進する必要。(甲斐構成員)
- 戦略の見直したところをしっかりと明確にしていきたい。前の戦略を否定するのではなくて、2020年以降、大きく世の中が変わったという、やはりそこを非常に強調することが必要。(小柴構成員)
- ユーザーとしては1日も早く、どこの国にも負けない計算能力を手にしたい。今、QIIの方ではIBMのコンピュータを持ってきているが、最新鋭のものをそろえる必要。(小柴構成員)
- 耐量子暗号として、量子コンピュータを使って真性乱数を出すような形で、完全とは言えないまでも、例えばQKDのインフラが整うまでの間の日本のデータをどう守るか。 こうした提案を量子の専門家会議の方から出してほしい。(小柴構成員)
- 人材こそが安全保障の要という点で、若い人たちも入ってこられるような夢のある待遇というのが必要ではないか。 また、理屈の部分と実践の部分をブリッジするのを早くしていかないといけない。(小松構成員)
- 計算、通信暗号、計測標準、これらの統合をどうするかをどこかに追記する必要。どこかでこの計算から通信暗号、計測標準をどうやって統合して実社会へのサービスプラットフォームを作っていくかを明示的にまとめるのがいい。 量子コンピュータと量子セキュリティの掛け算が重要ということも明示が必要。量子・古典ハイブリッドソルバーのようなキーワード、そういう象徴するようなキーワードを連呼していくと問題意識も浸透する。(佐々木構成員)
- 実際に儲かるかどうか、産業界からのアセスメントを頂きながら、特に量子だからというよりは量子も one of themとして、本当に社会に役立つサービスをどう提供するかが重要。(佐々木構成員)
- 予算制度というのは非常にクリティカルな問題で、ムーンショットの基金化というのが非常に大きな成功例であり、

同様のものを拠点の運営費交付金の一部に適用するだけでも、単年度決算で国際調達をやるときの非現実的な予算運用が大分解消されて、コンプライアンス的にもグレーゾーンを回避しながら予算の有効活用ができる。（佐々木構成員）

- 標準化はかなり重要になってくる。特にゲームを決めるところは重要で、しっかりしたプロをあてがって、ゲームの得点のルールを決めるところを国際的にやっていくのは非常に重要。技術ができたのに、ゲームのルールが違って生かせなかったということがないように、体制を作っていただきたい。（佐藤構成員）
- 量子コンピュータを使いこなすためには、実は古典コンピュータとの連携がすごく重要。日本全体としてそういう視点で、量子は古典を置き換えるものではなくて古典と共存するものであり、一緒にこういう技術を作り上げられるような環境を作っていけたらと思う。（佐藤構成員）
- 政府がアーリーアダプターになることで需要喚起をすること。また、政府間交渉を含めたグローバル化のフレームワークづくり、量子安全保障の観点でのガイドライン、輸出管理、知財管理の整備、政府間協議のコンソーシアムとの議論を通じて共通のルール化等を盛り込んでいただきたい。また、ベンチャー創出プログラム、これは極めて重要なので、その点についても加筆していただきたい。（島田（太）構成員）
- 人材がまだまだ足りないというのをいつも感じていて、Q-STARや企業の方、あるいは大学、国研の方も含めてより一層交流して、新しい人材を確保するとともに育成していくのが重要。将来特に人材が安心して参加できるように、持続的な政府からの計画のようなものがあると良い。（中村構成員）
- 人材不足と言いつつも、やはり若い人から見ると余り魅力のあるポストがない。大きなプロジェクトで特任の身分はたくさんあるが、先が見えないというのが難しい。一方で、量子人材は、産業界でもそれ以外でも、研究以外の立場で様々な活躍の仕方があるので、キャリアパスやロードマップがあまり見えないというのが難しいところ。そのマッチングやコーディネートするようなものが何かあると、キャリアパスが見えるようになって、若い人がどんどんその分野に行けばハッピーになれるという気持ちで入ってこられるのではないか。（武田構成員）
- どういう人材が必要なのかというところを明確にしていく必要がある。スタートアップが今後増えるためにもやはり学生及び研究者、海外のスタートアップを見ますと研究者がきっちり技術的なところの後ろを支えているという形でコミットしているということで、研究者、学生が増えないとスタートアップも増えないのではないか。そういうことも踏まえると、将来的な未来の人材の供給源というのは大学にあり、量子技術というのは広くとらえると、従来の半導体技術、広く情報、AIが関わってくるので、それを統合するような新しい研究科を作るぐらいのことをしないと海外との競争というところでは勝てないのではないか。（藤井構成員）
- 量子というのは新しい分野で、出島のように量子技術分野をモデルケースとして研究者の待遇改善をすれば優秀な学生が研究者になりたいというマインドにもなるので、研究者の待遇というのも重要な観点。（藤井構成員）
- 記載されている課題に濃淡があり、例えばビジネスコンテストは、割と一企業でもやろうと思えばできるが、具体的なアプリケーションの発掘であるとか人材育成、この辺はなかなか一プレイヤーがやりにくいのと道筋も余り見えてないところがあるので、その辺りを産学官連携でやっていけるような課題提起になるような提言になっているといい。特に、人材育成のところは結構難しさがあるので、例えば待遇の改善など、産業の側から大学に

対して貢献できるようなところがあると思っている。(松岡構成員)

- 量子コンピュータを使ってのデータ処理をやるためにはやはり実機の整備が必要であるということ、量子のネットワークのテストベッドの整備が必要。また、技術組合を作るというのは非常に重要。社会実装という意味では Q-STAR を窓口にして進めていくのがいい。人材育成に関しては、大学にいい人材が少なくなってきたというがあるので、今後議論していく必要。(水林構成員)
- この戦略のゴールとするところを、それがすごく魅力的で、こういう状態になれば世界に勝てる、ある社会課題を解決できる、技術も何とかなりそう、そういう to be をみんなで共有してそれに向かった戦略にするというのができればいい。時間軸を切って to be を考えていくということ、5年後の to be から発展系で 10 年後の to be になるというような見通しもある戦略に近づけられればいい。(村井構成員)
- 量子は 20 年以上日本でも研究が行われてきたが、ものすごい予想を上回るスピードで進んできた。これからますますそれが加速すると考えると、今後はこの程度だろうという予想は恐らく低過ぎて、もっと上に行く可能性がある。(伊藤主査)
- これからは古典と量子と通信も Beyond5G も半導体も合わせ込んで、計算能力で圧倒的に勝つというのが大きなゴールだと思うので、量子でこれだけやりましたということが許されないフェーズに入ってきている。同時に、古典とのハイブリッドの期間がどれだけあるのかというのはもう分からない。結構なスピードで進むかもしれないので、どの割合で力を入れるか検討する時に、実は結構進むのではないかと予想もしなければいけない。(伊藤主査)
- その上で、更に裾野を広げることがとても大切であって、特に人材教育においてはどれだけ多くの大学が参加できるような体制を作るか。つまり一研究室だけで、いくらお金が来ても、そこだけの研究室、学生の数は限られているので、どれだけ多くの大学に量子研究が広まるかということが大切であって、一番スケールするのは色々な大学の基礎研究にお金が行くということ。大きなお金でなくても構わないが、そういう研究の裾野を広げて、そこから新しいアイデアが出てくるということが重要。そのバランスをこの戦略見直しの中でしっかりと作っていき、ムーンショットのように誰が最初に月に行くんだというような競争、そこも含めて考える必要。(伊藤主査)
- ムーンショットに関しては、裾野を広げるということはもちろん重々意識していて、研究者もどんどん参加者は増えていて、今回の増額に関しても色々な研究者を巻き込むような形で、量子の人でなくても、例えばイオントラップをつなぐのに光が必要だったら光集積の専門家を入れればいい。むしろ量子の人は自分のやりたい量子のところに集中できるような体制や、裾野を広げるという意味では研究者を増やすというのは強く言っているところ。(北川有識者)

以上