

量子技術の実用化推進ワーキンググループ（第三回）議事要旨【公開用】

1. 日時 令和4年12月6日（火）15：30～17：30
2. 場所 Web会議（Teams）
3. 出席者（敬称略、順不同）

<構成員および有識者> ◎主査、○主査代理

◎伊藤 公平	慶應義塾塾長
○岡田 俊輔	一般社団法人量子技術による新産業創出協議会実行委員長
川畑 史郎	産業技術総合研究所新原理コンピューティング研究センター副研究センター長
佐藤 信太郎	富士通株式会社富士通研究所量子研究所長
嶋田 義皓	国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センターフェロー
鈴木 教洋	株式会社日立製作所執行役常務 C T O 兼研究開発グループ長
寒川 哲臣	日本電信電話株式会社先端技術総合研究所基礎・先端研究プリンシパル
松岡 智代	株式会社 Q u n a S y s C O O
山田 昭雄	日本電気株式会社執行役員
萬 伸一	国立研究開発法人理化学研究所量子コンピュータ研究センター副センター長
青木 隆朗	早稲田大学教授
伊藤 陽介	キュエル株式会社代表取締役
大関 真之	国立大学法人東北大学大学院情報科学研究科情報基礎科学専攻教授
菊地 英一	株式会社長大執行役員（事業戦略推進担当）
近藤 正雄	富士通株式会社量子研究所シニアディレクター
高野 秀隆	株式会社長大クオンタム推進部部長
田中 智樹	株式会社三菱 UFJ フィナンシャル・グループシステム企画部調査役
西原 基夫	日本電気株式会社取締役 執行役員常務 兼 C T O
廣瀬 雅	株式会社 Nanofiber Quantum Technologies CEO
藤澤 克樹	国立大学法人九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授
山城 悠	株式会社 J i j 代表取締役社長

<政府関係者（関係行政機関の職員）>

高原 勇	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局審議官
増田 幸一郎	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局政策企画調査官
犬塚 誠也	金融庁総合政策課総合政策企画室長
武馬 慎	総務省国際戦略局技術政策課研究推進室長
迫田 健吉	文部科学省研究振興局量子研究推進室長
高江 慎一	厚生労働省大臣官房厚生科学課研究企画官
羽子田 知子	農林水産省農林水産技術会議事務局研究開発官室
堀部 雅弘	経済産業省産業技術環境局研究開発課研究開発調整官

川村 竜児 国土交通省総合政策局技術政策課技術開発推進室長

大崎 馨 防衛装備庁技術戦略部技術戦略課技術企画室長

<事務局>

内閣府科学技術・イノベーション推進事務局

4. 議事次第

1. 量子コンピュータの論点等について

2. 量子コンピュータについての有識者ヒアリング

(1) 量子コンピュータ産業の課題や今後の産業振興方策について

- 岡田 俊輔 一般社団法人量子技術による新産業創出協議会実行委員長
- 鈴木 教洋 株式会社日立製作所執行役常務 C T O 兼研究開発グループ長
- 佐藤 信太郎 富士通株式会社富士通研究所量子研究所長
近藤 正雄 富士通株式会社富士通研究所量子研究所シニアディレクター
- 西原 基夫 日本電気株式会社取締役 執行役員常務 兼 CTO
- 廣瀬 雅 株式会社 Nanofiber Quantum Technologies CEO
- 伊藤 陽介 キュエル株式会社代表取締役

(2) 総合議論

3. その他

5. 配布資料

資料 1 量子コンピュータの論点等

資料 2-1 有識者資料 (Q-STAR 岡田実行委員長資料)

資料 2-2 有識者資料 (日立鈴木執行役常務 C T O 資料)

資料 2-3 有識者資料 (富士通佐藤所長、近藤シニアディレクター資料)

資料 2-4 有識者資料 (日本電気西原執行役員常務資料)

資料 2-5 有識者資料 (NanofiberQuantumTechnologies 廣瀬 CEO 資料)

資料 2-6 有識者資料 (キュエル伊藤代表取締役資料)

資料 3 量子技術の実用化推進ワーキンググループのスケジュール

参考資料 1 量子技術の実用化推進ワーキンググループの設置

参考資料 2 量子技術の実用化推進ワーキンググループの概要

参考資料 3 量子技術の実用化推進ワーキンググループの論点

参考資料 4 量子技術の実用化推進ワーキンググループの進め方

参考資料 5 量子技術の実用化推進ワーキンググループ (第二回) の議事要旨案

参考資料 6 量子コンピューティング技術・産業の国内外動向 (CRDS 資料)

6. 議事要旨

議事 1 量子コンピュータの論点等について

事務局が、資料 1 を用いて、量子コンピュータの論点等を説明した。

議事 2 量子コンピュータについての有識者ヒアリング

(1) 量子コンピュータ産業の課題や今後の産業振興方策について

岡田氏が、資料 2-1 を用いて説明した。主な意見や質疑は以下のとおり。

【岡田氏からの説明】

- ユースケースを考える上で量子・古典のハイブリッドのシステムや開発したデバイス・センサーなどを産業界が使える環境整備をお願いしたい。また、アーリーアダプターとして国の側からの問題提起、解決機会の提供も必要。
- ユースケースを評価するためのベンチマーク開発を議論できるスキームを作っていただきたい。
- 利用環境は暗号通信等との組合せで、セキュアな環境であることが重要であり、基盤整備もお願いしたい。
- 人材育成に関して、グローバルの人材交流に資するフレームや産業界と政府が一体となってシームレスに取り組まないでいけるような環境を作っていきたい。

【質疑】

- 開発環境について、現状でも民間企業のサービスはあるが、古典から入って量子に行くと古典に戻るような問題を End to End で実行できる環境はなく、量子を切り出してやっている状況。問題を区切ってやろうとしたときに、個社個社で契約するには十分な環境があるが、お互いに助け合ってやっていくための環境はない。国主導のテストベッドが準備されると非常に広がるのではないか。

鈴木氏が、資料 2-2 を用いて説明した。主な意見や質疑は以下のとおり。

【鈴木氏からの説明】

- アニーリングはソリューション提供を開始、ゲート型は JST ムーンショット型研究開発制度に参画し 2025 年までにシステム動作を目指して開発中。
- QII・Q-STAR にも参画しアルゴリズム開発やアプリケーションの検討も実施。日立的ソリューションサービスから見て現状の量子コンピュータでは規模、質、実課題対応にギャップがあり社会実装の上での課題と認識。
- 国への期待としては、テストベッドを含めた実験・評価環境、試作ラインの整備、サプライチェーンの整備、ベンチマーク手法の整備・標準化、アプリケーションのフォーカスすべき領域設定、実験・評価環境の整備、産官学の人材交流を推し進めていただきたい。

【質疑】

- 半導体試作ラインは、現状、使うことはできているが、共同研究契約ベースの利用でありサービスの形で提供されていないので、枠組みとしてもう一步進めていただきたい。
- 産総研ファブについて補足すると、Qufab という超伝導のファブは完全にオープンになっており企業が自身の量子チップを試作可能な環境。シリコンは COLOMODE と呼ばれる量子専用ファウンドリーを整備したが、オープンになっておらず、共同研究契約ベース。今後検討していきたい。

- クライオ CMOS については国の様々な機関・企業・プロジェクトで独立して実施されているので、情報共有と必要に応じて連携を行いながら開発を進めることが重要。
- 日本として計画的に同位体制御シリコンウェハを手に入れる仕組みに関しては、インテルなどの大きな会社が動き、それがスタンダードになって、信越化学や SUMCO 等の国内企業が手に入れることができれば問題ないが、それ以外だと交渉が必要になる。

佐藤氏が、資料 2-3 を用いて説明した。主な意見や質疑は以下のとおり。

【佐藤氏からの説明】

- 富士通としては Computing as a Service Vision を掲げ、複数のコンピューティングリソースを組合せたプラットフォーム提供。将来的にはどのリソースを使うかを意識せずにユーザが使えるようなプラットフォームにしていきたい。
- ソフトは AWS が存在感を増しているが、ハードが実力不足なので、現状はシミュレータなどを有効活用してアプリ開発に取り組む必要。
- 実用化に向けた課題として、制御エレクトロニクスの価格と容積の問題がある。
- 産業化に向けた提言としては、長期的な取組への覚悟が必要で、基礎研究と産業化技術を両輪として腰を据えて取り組むことが必須。
- 実機の国産化は必須であり、それにより関連技術の育成が図られる。また古典とのハイブリッドのためのハード、アーキテクチャーについての理解が得られる。ハードについては最終形態が未定のため大きなリスクがあり公的支援が必要。特に中小企業にとっては極低温下のテスト環境を自前で用意するのが大変であろうと思う。

【質疑】

- 今後数年以内に登場する NISQ で対応可能となる問題の特性・条件がわからないうちは、計算の一部を量子に置き換え、古典と量子の性能を同時並行的に同じ問題で評価できるプラットフォームが必要。
- 今は理研を中心に連携しているが、産総研の方が産業に近いので、部品など本当に必要で少し泥臭いところを民間企業と一緒にやっていただくようなことを産総研には期待する。
- 制御装置やチップについては技術開発でコストダウンできる要素はある。我々単独でやるのはリソース・人の関係で厳しく、他企業との連携、産総研での共同研究、制御エレクトロニクス等関連技術の転用など、公的機関での支援があれば助かる部分はかなりある。
- 現状、NISQ のアプリが見つからないなどの状況はあるが、量子コンピュータの技術は進展していて、できないと思っていたことが毎年できるようになってきた。NISQ も使えるようになるという前提で装置も開発する必要。そうしないと遅れを取ってしまう可能性もある。

西原氏が、資料 2-4 を用いて説明した。主な意見や質疑は以下のとおり。

【西原氏からの説明】

- 量子アニーリングの市場のカバー率は高い。量子コンピュータ全体における量子アニーリングの用途は、短期的には 7 割、長期的にも 3 割くらいある。そのために実用段階の技術を市場に投入しマクロな市場に広げていく。

- ハイブリッドシステム実現にはプログラミング環境・コンパイラ、アルゴリズム、OS にあたるソフトウェア部分などの共通基盤が非常に重要。ここはオープンイノベーションで連携して共通基盤を整えていくところ。
- 産総研には、インフラ整備と人材育成に期待。NEC としては、冠ラボとして産総研と連携しながら拠点整備にも尽力していく。
- 提言は3つあり、1つ目は国産量子アニーリング技術の早期産業化、2つ目は共通基盤技術の導入、3つ目は産総研拠点における量子技術産業化支援への期待。

【質疑】

- 古典コンピュータでは、1,000、万、10 万ビット級になるとマイクロ秒単位での求解は不可能。量子コンピュータでも 1,000 くらいだとデータの出し入れ等を考えると古典と差がつかないかもしれないが、10 万くらいのレベルでは差がつく可能性がある。
- 本当に大きな市場は、量子を使って生まれるアプリケーションの市場で。アプリケーションをいち早く提供していくことが重要で、ハードの部分は部品という認識。周辺技術や要素技術はそこから学ぶものもあると思うので、クローズにしない方が分野の成長にとっても得ではないか。

廣瀬氏が、資料 2-5 を用いて説明した。主な意見や質疑は以下のとおり。

【廣瀬氏の説明】

- NanoQT の戦略として、5 年で量子ネットワークのコアとなるコンピュータを、超伝導、イオントラップと並ぶスペックまで高める。その後、5 年で量子通信で必要となるハードも開発し量子ネットワークの開発企業になるという戦略。
- 量子技術でユニコーンを創出するにあたっての課題として3つある。
- 1つ目は資金調達の規模。米国3社はユニコーンとして上場するまで 300 億円近い資金を VC 又は国から調達してようやく上場に至っている。
- 2つ目は人材の確保。今のスタートアップの布陣を見ても数十人規模の Ph.D.の専門家を結成しているチームがほとんど。
- 3つ目は知財。米国3社を見ると、1つの目安として数十から数百の単独での知財創出が肝になる。資金や知財の専門家の体制をどう作るかが課題。

【質疑】

- 国の資金は必要。VC マネーは安定的な収入ではなく、研究開発という長いスパンの活動を VC マネーだけで調達するのは、キャピタルインテンシブなハード企業には厳しい。
- NanoQT としての人材についての課題は、超伝導と違って原子系の人材が少ないので、育てていくところを長期的な施策として検討いただきたい。他の方式の人など、学術機関・産業界から、いわゆる流動性を持って参入する仕組み、ビジティングで NanoQT に来て研究開発をするような仕組みが重要。知財については、量子技術に詳しい弁理士、専門家が少なく、ここを育てていくことが課題。
- ムーンショットに参画しているが、NanoQT が創業間もない企業であり、委託研究契約を結ばない、提案した体制で研究をスタートできないという課題がある。

伊藤（陽）氏が、資料 2-6 を用いて説明した。主な意見や質疑は以下のとおり。

【伊藤（陽）氏からの説明】

- 量子業界への参入を促していくシンポジウム開催、コンソーシアム形成、展示会出展や産総研での低温の実験・測定環境づくりには期待がある。
- ユニコーンを生み出すためには、スタートアップの数は重要な指標。研究者と組んで立ち上げる体制が必要で、起業数に紐づく指標として研究者、研究室をどう増やしていくことをお願いしたい。
- 我々の製品は研究所が顧客になることが多いので、政府調達に長いプロセスがかかるのが課題。例えば、SBIR プログラムの中で随意契約を可能にすることが支持されているので、我々にも適用していただけるとありがたい。

【質疑】

- 人材に関しては、量子が専門ではない、FPGA やマイクロ波のプロが我々の会社で働いている。この領域が面白そうであることを人材プールに対し告知していくのはすごく大きなこと。
- 大学・研究機関の人材が創業やビジネスに関わることにに関して、創業初期に一時的に時間を使って会社を立ち上げたいということに対応できる制度はないと思う。ちゃんとした時間をベンチャーに使えるようにするのは意味があると思う。
- QPARC のハードウェア版を作る余地があると思う。実際に何が必要かわからないというのはまずあると思うので、そこを明確にすると開発目標が分かりやすくなり、実験環境、測定環境がそろっていれば、自社で設備購入するハードルもなくなる。

（2）総合議論

主な意見や質疑は以下の通り。

- 各社がハードウェアを開放してテストベッド整備するのであれば、ユーザが使える使うほどハードの性能が上がる仕組みのような、ユーザとのスティッキネス（粘着性）を作る仕組みづくりは何かあり得るのか、考える必要がある。
- 人材獲得が重要。ハードのレイヤーについては多くのマスが半導体分野にあると思う。一方、半導体分野も盛り上がっており、どう人材を呼び寄せるかは今後ぜひ議論していただきたい。半導体分野では大学が学科を作ったり、高専と連携するなど柔軟に対応しているように見えるので、量子の世界でも柔軟にできる体制を作る必要があると思う。
- 超伝導以外にもイオン、光、原子もある中で、サプライチェーンや装置化、ビジネスの担い手を考えておかないといけない。
- 共通基盤については、ハードだけでなくソフトもあると思う。最上位のアプリケーション、どの領域にどのアルゴリズムを適用するかは競争領域だが、ソフトというかファームウェアのところはある程度共通化できる、あるいは共同化してもいいのではないか。

議事 3 その他

事務局が、資料 3 を用いて今後の開催スケジュール等を説明した。

以上