

量子技術の実用化推進ワーキンググループ（第四回）議事要旨【公開用】

1. 日時 令和4年12月8日（木）10:00～12:00
2. 場所 Web会議（Teams）
3. 出席者（敬称略、順不同）

<構成員> ○主査代理

- 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
- 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CTO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QunaSys COO
- 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

<有識者>

- 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
- 樹神 弘也 三菱ケミカル株式会社 Science & Innovation Center Materials Design Laboratory 所長
- 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
- 塩田 靖彦 株式会社 Fixstars Amplify 参事
- 高野 秀隆 株式会社長大クオラム推進部部長
- 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
- 藤堂 眞治 東京大学大学院理学系研究科教授
- 中村 泰信 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センター長
- 廣瀬 雅 株式会社 Nanofiber Quantum Technologies CEO
- 藤井 啓祐 大阪大学大学院基礎工学研究科教授
- 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
- 松田 佳希 株式会社 Fixstars Amplify 取締役 CTO
- 山城 悠 株式会社 J i j 代表取締役社長
- 楊 天任 株式会社 QunaSys 代表取締役

<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

川口 健太 外務省総合外交政策局軍縮不拡散・科学部国際科学協力室首席事務官
(代理出席)

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リアリング

(1) 量子ソフトウェア産業の課題や今後の産業振興方策について

○楊 天任 株式会社 QunaSys 代表取締役

○松田 佳希 株式会社 Fixstars Amplify 取締役 CTO

○山城 悠 株式会社 J i j 代表取締役社長

(2) ユーザ産業の課題や今後の産業振興方策について

○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

○高野 秀隆 株式会社長大クオンタム推進部部長

○樹神 弘也 三菱ケミカル株式会社 Science & Innovation Center Materials
Design Laboratory 所長

(3) 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 (QunaSys 楊代表取締役資料)

資料 2-2 有識者資料 (Fixstars Amplify 松田取締役 CTO 資料)

資料 2-3 有識者資料 (J i j 山城代表取締役社長資料)

資料 2-4 有識者資料 (三菱 UFJ フィナンシャル・グループ田中調査役資料)

資料 2-5 有識者資料 (長大 高野部長資料)

資料 2-6 有識者資料 (三菱ケミカル 樹神所長資料)

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

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) 量子ソフトウェア産業の課題や今後の産業振興方策について

楊氏が、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。

【楊氏からの説明】

- 重要なのは、色々なものを使いたいというユーザのニーズを満たすこと。例えば国産実機は安く開放されていて、そこでテストしてノウハウをためて、海外実機で大きなデモをするなどの使い方も可能にするような、ユーザに便利な基盤づくりが重要。
- 民間利用者の育成に関しては、教育に手が回らない企業や、少し触ってみて将来のハードルを下げたい学生が多々いる中で、気軽に便利なソフトウェアを採用して使えるようにするための支援もあるのではないか。
- インターンのように産業課題を実際に解く場も重要で、拠点などに産業課題を企業が持ち込んで、学生を巻き込んで問題を解いて試してもらおうような場が人材育成につながるのではないか。
- ユーザ企業や研究エコシステムに重要なのは、どういう指標を突き詰めればいいのかという産業問題をベンチマークの指標として開発して、それをいかに改善するかで人が集まり、そこで出てきた有望なアルゴリズムを活用のアイデアとノウハウとして蓄積するようなプラットフォームを整備す

ることが重要ではないか。

- また、量子コンピュータに取り組む企業へのインセンティブとして、トランジションファイナンスや脱炭素に向けたチャレンジのような枠組みが使えるのではないか。

【質疑】

- アルゴリズムプラットフォームでは、場づくりから始まるのではないかと思っている。例えばベンチマーク指標でいいものが出てきたときに、それをユーザに伝える場を作ったり、開発している人と使う人をつなげることが重要。利用テストベッドなどユーザが集まる場にそういった機能を持たせて回していただくことが考えられる。
- テストベッドの標準インターフェースがある程度公開されれば民でも開発可能。ソフトウェア開発のところは全て民に任せてもいいのでは。ユーザが利用する場づくりのような枠組み形成は国の支援があるとユーザも入りやすいのではないか。
- ハードのベンチマークはユーザには響かない。現場のユーザの研究者レベルが、今量子コンピュータがどのくらい性能が改善されているか評価できるような指標を作ることが重要ではないか。

松田氏が、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。

【松田氏からの説明】

- 量子と聞くと高度に専門的な技術領域と思われることが多く、開発者、研究者が非常に少ないことが課題となっている。領域外の方にも参加いただく仕組みが必要。
- そのため、アプリケーションとソフトウェアの間の層のライブラリを拡充する必要ある。アルゴリズムは量子人材が開発し、アプリケーションは普通のエンジニアが作っていくことが必要。
- 古典から量子に移行できるようなアプリケーションを作っていくことが必要で、現行 SIP の成果などでは、量子アルゴリズムだけにこだわらず、ハイブリッドで実アプリを作って、量子のブレークスルーを達成した後に乗り換えることを狙っている。

【質疑】

- Fixstars Amplify のプラットフォームをもちいて、Q-STAR で実際に様々なマシンを動かして評価できるプラットフォームを提供する予定。こうした取組はクローズで行われることが多いが、事例は対外的に発信することも必要。
- ベンチマーキング結果をオープンにする場合は、ベンダー側も日々開発しているので、一度悪い結果が出ても引きずらないようにしなければならない。しがらみなくできるのは大学・研究機関ではないか。
- ピュアな問題のベンチマークは、それはそれで意味がある。この問題だったらこのマシンという形でうまく使うところも大事ではないか。偏らないベンチマークが必要。

山城氏が、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。

【山城氏からの説明】

- ベンチマークを取りやすい環境を作るというのを提言したい。最適化問題の場合、MAX-CUT をベースとしたベンチマーク研究が多く、実問題で使おうとして初めてボトルネックが見えてくることがある。研究の段階からそれが分かるようなベンチマーク基盤、例えばデータをそろえる、フォーマットを整えるなど必要ではないか。
- エネルギー分野では国営公社や各国省庁と一緒に官民一体で産業・インフラの輸出を実施している。量子はまだ行われていないので、アジア向けの量子ビジネスを官民一体でやるのがいいのではないか。
- 最適化と言っても広い話になってしまう。応用事例の産業と省庁が入り混じっているので、うまく整理できると産業からも参入が多くなるのではないか。

【質疑】

- Jij でもいくつかパートナーシップが組めたので、ようやくベンチマークが取れ始めた。その前まではすごく長い時間を待たなければ量子コンピュータを使えない、すごくお金をかける必要があるなど、ベンチマークを取れる状況ではなかった。国内で計算リソースを持つておくことは非常に重要。
- 技術開発を促進するためのベンチマークと、ユーザがどれだけ使えるかを知るためのベンチマークでは少し違う。データセットが 2 種類できる。アプリケーションごとに作るのかなど難しい点はある。最適化計算では、あるアプリケーションの一部のデータしかないような状況もある。うまくバランスするのが難しい。

(2) ユーザ産業の課題や今後の産業振興方策について

田中氏が、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。

【田中氏からの説明】

- 実際の実例として、①リソースの削減（アプリケーション側からのどうやって使える時期を早めるか）、②NISQ でどこまでできるのかの探索、③適用アプリケーション自体の拡大、④量子コンピュータが当たり前の時代を見据えたときにどれくらいのリソースが必要なのかの見積りが、ユーザ企業の取組のポイントとして挙げられる。
- 量子をやっていない人が参入できるような異業種や異分野の連携や、安定して研究できる環境を整える必要がある。例えば金融機関では研究開発組織自体がないところも多いので、その立ち上げを支援いただけるのであれば、技術開発や技術の取り込みがやりやすくなる。
- 量子だからできること、優位性をはっきり目に見える形にしていく。そのためにベンチマークは大事。また、情報共有の際も、共通言語の下で対話しないと進んでいかないのではないか。

【質疑】

- 個社の中に研究開発組織立ち上げるときに支援する仕組みなのか、あるいは人材を送り込む

ような仕組みの両面必要。研究開発する土壌がなく、未知の技術に対する取組が少ない企業を支援するのも方法の1つ。

- IBMQ-Hub が1つのモデルになるのではないか。金融、化学など色んな企業が集まって PoC をやっていく組織があるといいと思う。企業からの人的リソースのコミットメントが重要。

高野氏が、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。

【高野氏の説明】

- 未来のまちづくりへの量子技術の適用を検討するに際してクオンタムシティ構想を提唱し活動中。標準モデルを世界に先駆けて開発し、またその過程において明らかとなった課題に対するハード及びソフト両面での解決策についても積極的に提案したい。
- 社会実装においては、社会課題を明らかにできる能力、社会課題解決のための手法を数式化できる能力、数式をシステム化できる能力、ビジネスモデルを構築しマネタイズできる能力が必要。ハード、ソフトで豊富な資産を持つ産総研拠点と連携したい。
- クオンタムシティの意義、必要性、導入効果及びその進め方などについてガイドブックを作成したい。内容としてはクオンタムシティ施策の KPI 設定指針などを含むものを想定。その実現に向けて意欲のある市町村をモデル地区として「クオンタムシティモデル事業」を創設してはどうか。

【質疑】

- 国内だけでなく海外への展開も視野に入れて、海外事例も含めてモデルを構築し、その中で日本に足りないところを追求するような形で具体化していきたい。
- クオンタムシティ施策の KPI 設定指針などについては、ユースケースを確立していく際に出てくる課題を明らかにする報告書を Q-STAR 側で検討し、必要な国からの支援策につなげていくことを想定。交通をテーマに年度内に取りまとめる予定。
- ユースケースといった時に、どこまで含むのか定義がぶれている気がする。技術的に、あるいはビジネス的にどこまで目指すかという指標も重要ではないか。

樹神氏が、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。

【樹神氏からの説明】

- 慶應大学の IBMQ-Hub に参画。これはたまたま経営者が判断したことが起点になっていて、我々としてはそういう機会を得たことでこの分野で出発できている。
- 今後 10 年から 30 年を見据えた研究テーマということで、多くの企業は二の足を踏んでいる状況。我々も決して合理的に経営に対して説明できているわけではない。
- マテリアルズインフォマティクスで必要となるシミュレーションによる物性予測、そのデータを使った機械学習や予測、材料探索、最適化、このそれぞれにおいて今の古典コンピュータで計算できない対象に対して、量子コンピュータを使って破壊的な成果が出てくるのではないか。

【質疑】

- アーリーステージなので、オープンに産学の色々な立場の人がコラボレーションできるような場がしばらくは必要。そういう場として研究開発事業を設定するとよいのではないか。
- ベンダー側には、現時点で想定できる具体的なロードマップを作ってシェアすることを要望する。ただ、それだけで個社が大きな投資をしようとはならない。30年かけて社会課題の解決を実現しなければならないという大義を社会全体で共有化し、一定の研究開発投資が持続的に行われる空気、風土が醸成されていくのが重要ではないか。
- 完全に見えてはいないが、固体電池の電極や様々強相関係数など、古典の手法で近似を使えば解けるが、それがうまくいかないような強相関の領域、あるいは生体、そういうところに量子技術によるブレークスルーが出てくるのではないかという期待はある。

(3) 総合議論

主な意見や質疑は以下の通り。

- 高校生に量子の基礎を教える際に、高校で行列を扱ってないのが困っている。高校で量子の基礎の教育が完結すると非常に大きい。
- MAX-CUT ベンチマークは汎用的だが、工夫すると各ソルバーの特性分析に使える研究成果も出てきている。
- IBMQ-Hub、共創の場、Q-STAR など異分野交流できる枠組みが徐々にできつつあるが、これらに追加して政府が整備すべき場があるかについては、IBMQ-Hub に参加している企業は人も金も出してコミットしているので、強いモチベーションを持って、ある程度リソースを張って取り組む体制が取れる。例えば人的リソースのサポートについては、半分（あるいは全額）国から研究費を支援する仕組みは選択肢。
- 企業によって考え方は違うので、ヘビー向け政府支援、ライト向け政府支援色んなパターンがあってもいいのではないか。
- 九州大は、古典コンピュータの厳密解法、量子アニーリング、シミュレータによるゲート方式の3つの計算結果を一遍に示す形の方が産業界には分かりやすいので、その方法が普及するように取り組んでいる。
- Q-STAR では、課題とその解決手法、技術の時間軸、マーケットボリュームを考え、いつまでに何ができるという時間軸を定義できるようにして整理している。
- ユースケース、ベンチマークについて、ユーザ側から「こういうことをやりたい」という話があって、研究者側からアルゴリズム的に解決する部分とマシンの能力的に解決する部分とを併せて、「ここまでできます」という話を行ったり来たりできる環境があればよいのではないか。問題意識を出すところは、企業側もクローズではなくオープンにやれる部分ではないか。
- こういう課題を解いてほしいと国から提起する、問題の出し手として国の位置づけも重要ではな

いか。

- 技術のベンチマークはゲーム的に競い合えるようなオープンなものになり得る。技術をどう組み合わせでどういう産業インパクトにするか、これは競争力に直結するところで、ユーザの個性が出せるところ。

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