

量子技術の実用化推進ワーキンググループ（第六回）議事要旨【公開版】

1. 日時 令和5年1月18日（火）10：00～12：00
2. 場所 経済産業省別館2階238会議室、及びオンライン（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

- 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QunaSysCOO
- 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
- 大島 武 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門
高崎量子応用研究所 量子機能創製研究センター センター長
- 加藤 滋 名古屋大学学術研究・産学官連携推進本部 本部長補佐
- 清中 茂樹 名古屋大学大学院工学研究科 教授
- 高口 雅成 株式会社日立製作所研究開発グループ 主管研究員
- 谷口 尚 物質・材料研究機構 フェロー
- 寺内 勉 太陽日酸株式会社イノベーションユニット SI 事業部
SI イノベーションセンター開発課 課長
- 寺本 三記 住友電気工業株式会社 グループ長
- 中園 晃充 矢崎総業株式会社技術研究所 リーダ
- 波多野 睦子 東京工業大学工学院電気電子系 教授
- 馬場 嘉信 量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門
量子生命科学研究所 所長
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 教授
- 平田 裕人 トヨタ自動車株式会社先端材料技術部 部長
- 山下 誠 名古屋大学大学院工学研究科 教授

<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
- 石川 勝利 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. 量子計測・センシング、量子マテリアルの論点等について

2. 量子センシングについての有識者ヒアリング

(1) 量子センシング産業の課題や今後の産業振興方策／ユーザの拡大・振興について

○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

○高口 雅成 株式会社日立製作所 研究開発グループ 主管研究員

○中園 晃充 矢崎総業株式会社技術研究所 リーダ

(2) 量子拠点の現状、利用環境整備、産学官連携体制強化の在り方について

○波多野 睦子 東京工業大学工学院電気電子系 教授

○馬場 嘉信 量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門量子生命科学研究所所長
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 教授

(3) 総合議論

3. 量子技術の実用化推進ワーキンググループ 中間とりまとめ

4. その他

5. 配布資料

資料 1 量子計測・センシング、量子マテリアルの論点等

資料 2-1 有識者資料（日本電信電話寒川基礎・先端研究プリンシパル資料）

資料 2-2 有識者資料（日立製作所高口主管研究員資料）

資料 2-3 有識者資料（矢崎総業中園リーダ資料）

資料 2-4 有識者資料（東京工業大学波多野教授資料）

資料 2-5 有識者資料（量子科学技術研究開発機構馬場所長資料）

資料 3-1 量子技術の実用化推進ワーキンググループ 中間とりまとめ

資料 3-2 量子技術の実用化推進ワーキンググループ 中間とりまとめ概要

資料 4-1 量子コンピュータ等に関する Q-STAR からの提言

資料 4-2 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 量子センシング・量子マテリアルの技術・産業の国内外動向（CRDS 資料）

6. 議事要旨

議事 1 量子計測・センシング、量子マテリアルの論点等について

事務局が、資料 1 を用いて、量子計測・センシング、量子マテリアルの論点等を説明した。

議事 2 量子センシングについての有識者ヒアリング

(1) 量子センシング産業の課題や今後の産業振興方策／ユーザの拡大・振興について

寒川氏が、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。

【寒川氏からの説明】

- 精度 18 桁の光格子時計は 1 センチの高さの差が測れるため、高さ方向の精度が出ない GPS に対して、補完的な有効性があると考えられている。
- ここまで高精度だと光も自在につくれる領域。いろいろなタイムビジネスをこれから議論・検討していきたい。
- セキュリティー等の金融分野ではタイムスタンプが重要で、精度を上げれば何かビジネスチャンスがあると考えている。
- 光格子時計ネットワークのためには、光ファイバー伝送のための波長変換を伴う送信・ノイズを除去する中継・周波数測定のできる受信といった技術、若しくはより利便性の高いマイクロ波への 18 桁の精度での変換といった技術が必要である。
- 装置を外に持ち出して実験可能なレベルまで来たが、24 時間 365 日連続運転というビジネスニーズに比べると未熟なため、さらなる安定化が必要。また、ユースケースの議論や参入しやすくなる仕組みも必要である。

【質疑】

- 超高精度タイムビジネスについて、2つのステップがあると考えている。最初は極めてレイヤーの高い特定のニーズに応えるサービスで、それが普及した後、無償でみんなが使えるサービスが出てくる。サービスやアプリを増やすには、18 桁の有難味を知ってもらう場が不可欠で、それに対して国の支援があれば日本がリードできると思う。
- ハードウェアとして見たときに、国内での設置を考えると、標準時を決めるような一番精度が高い時計は何十台。一方、格子時計自身は時刻差測定する場所に必要のため、地震の多い日本では県に一つという思いはあるが、値段次第だろう。また、クロック配信に限ると中継装置のみだけ済むため、それほど高くない。そのため、時刻配信に関しては、中継装置をいろいろな所に置いて、数を出す想定。それを全部国産とするには一部足りない部品があるし、販売の観点では国内ベンチャー企業が少ない状況もあり、苦労している。日本企業が大部分の部品を製造できるようになってきており、一部の部品は外国製の方が性能はよいが、日本製に変えていきたい。
- アメリカの光格子時計を使ったプロジェクトの状況として、アメリカは何かの技術を持っているのは確かだが、様子見の状態と聞いている。また、国際原子時への貢献は、連続運転ができていた 16 桁レベルの時計。日本としては、18 桁の連続運転という技術的に難しい挑戦をしている。

高口氏が、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。

【高口氏からの説明】

- 課題認識の 1 点目として、事業化には装置小型化と原価低減が必要。加えて、少し性能は緩めても、使いやすく、安定に動く装置という観点での研究も大事と考えている。
- 2 点目として、キラーアプリがやはり大事。例えば、生物がもつ量子機能を解明してエレクトロニクスに落としていくことで新しい産業分野を生み出すような取り組みが大事と考えている。
- 3 点目として、制御系の標準化・汎用化・品証対応が重要で、対応するソフトが非常に重要。特に組込みソフトの良し悪しで製品のシェアは変わる。現状は研究要素が強いが、プラットフォーム化し、製品認定のプロセスに乗るシステムとしていく必要がある。
- 具体化するための要望が 3 つ。まず、テストベッドは、箱だけではなく、試料の前処理や解析も含めた人の育成が必要。それから、分野融合と実用化研究。これらをテーマ化して進めることが大事である。

【質疑】

- 分野融合について、研究者がいろんな所に出向いて議論することは大事。例えば、Q-LEAP の量子計測と量子生命の領域会議では、テーマリーダーがそれぞれ議論に参加でき、情報共有ができています。材料、医学系など他の応用も大事。例えば、東工大と医科歯科大が一緒になる機会に、工学と医学が議論できる場も出来るとよいと考えている。
- 目玉となりえる技術や研究課題としては、ダイヤモンドの量子計測で生体、細胞などの機能を測る研究を進めている。不妊治療、がん診断、創薬、細胞の高度解析や生産でのインライン計測技術が今後は大事になると思う。
- テストベッドの体制についての要望として、ハードウェアを作るだけではなく、使い勝手や前処理やデータ解析が重要で、それをサポートできる人材も大事であり、ナノテクプラットフォームを参考に、人員への投資も重要と考える。物理や工学の研究者ではバイオで発現している現象のモデル化は難しい。分野融合で議論ができる形がよいと考える。
- 量子生命の取組は、基礎研究ができる部署での研究で、まずは日立の中で計測装置としての事業化ができないか議論しながら進めている。

中園氏が、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。

【中園氏からの説明】

- 電池パックの入出力部分の電流センサを使って、電池の制御をしており、電流センサの性能が上がると、電池の状態を推定する精度が上がる。電池を安全かつ効率的に使うことができるので、電流センサの精度が重要なポイントと考えている。
- 実用化に向けては、材料の品質安定性、量産の観点から、特にダイヤモンド材料分野への研究支援が必要だと考えている。
- ユーザ拡大には、企業側に量子技術の応用やユースケースを分かりやすく伝える仕組みや、企業の技術者への教育支援が必要だと考えている。
- 基礎研究から社会実装を見据えたフラグシッププログラムでの材料評価環境や情報交換が研究加速につながった。こういった方策の評価が今後も必要と感じている。

【質疑】

- 矢崎総業としての研究開発の中心は車載に対応できる信頼性や安定性に向いており、プロトタイプ検証ができたので、今後は車に実装するための課題解決のための開発に近い形にあると思う。
- 材料に対するニーズは、材料の値段に加え、量産技術も非常に重要になってくる。
- ユースケースや今後の市場のポテンシャルの情報提供または作る場所は国がやるべき。
- 企業側は市場がないと材料開発に取り組めないため、まずは国の研究機関での取り組みが大事と思う。
- ダイヤモンドを使った量子センサをEV用に応用した研究開発は海外では、バッテリーの充放電モニタはなく、バッテリーの中での劣化状態などに使う話は聞いている。電流センサに限っては先行している。

(2) 量子拠点の現状、利用環境整備、産学官連携体制強化の在り方について

波多野氏が、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。

【波多野氏からの説明】

- Q-LEAP 量子固体センサ Flagship プロジェクトでは技術レイヤーを基盤技術、センサシステム、プロト応用の3つに分けており、企業 5 社を含む 12 機関が参画し、東工大が参画機関同士を繋いでいる。固体量子センサ技術のエコシステムを構築し、ポテンシャルユーズの開拓をしたい。
- ダイヤモンドセンサはマルチモダル性を有しており、例えば温度と電流の同時計測ができるため、企業の部品数を下げたいというニーズに対応している。
- ダイヤモンドセンサのニーズの例として、EV 向け電池モニタ等に加え、分散型や大容量の電源への活用が期待されるが、それらの標準計測技術とすることができれば、グローバルに広げることができると考えている。
- 社会実装に向けては、大学拠点での取り組みには限界があり、コンソーシアムの形成が必要である。その中で Q - S T A R に非常に大きな期待をしている。

【質疑】

- 量子技術が事業化される将来の絵姿としてプレーヤーとして、スタートアップへの期待は大きいですが、マテリアルをはじめとする世界に比べて強い技術もあるため産業界が重要だと思っている。
- ダイヤモンドセンサは S Q U I D に比べて室温を含む広い温度範囲で動作し、ダイナミックレンジが広いので、モバイル性に優れ、リアルワールドで用いることができる。光トポグラフィは脳の血流量の変化を計測している。脳の活動を直接計測するには神経の発火を検出する磁場センサが必要。

馬場氏が、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。

【馬場氏からの説明】

- ダイヤモンドセンサについて企業との議論を通じて、がんや認知症の診断技術への活用が期待されており、現在動物の計測や iPS 細胞の計測を進めている。
- 研究開発を進めるための材料の提供とテストベッドの構築を進めている。その中で MRI の分子プローブを開発しがん関連分子のリアルタイム計測を実現させた。

- ユーザを拡大するために動的核偏極の研究会を組織し、30社以上の企業が参画している。
- コンソの構築について産業界との連携強化、ユースケース開拓、人材育成が重要である。

【質疑】

- ドイツのウルム大学が超偏極MRIと量子センサのセンターを作っているが、量子生命拠点として連携・競争をしている。米国ではMRIの研究開発の中心はNIHのがん研究所であり、こちらでも連携をしている。実はこれまで日本にテストベッドが無かったためにMRIの研究者はNIHに留学していたが、QSTの中にテストベッドができて多くの方が戻ってきた。あと、材料開発についてはオーストラリアのグループと連携している。

(3) 総合議論

主な意見や質疑は以下の通り。

- これまでQ-S-T-A-Rは量子コンピュータを中心に検討してきたが、量子センシング、デバイスの部会も立ち上げることになり、そこを窓口に応用化に向けて、産業界にも広げていきたい。
- 量子センサの特にパッケージングに関するエコシステムとして、人材が不足している。量産化の観点では企業に担ってもらいたい。量子コンピュータでも同じ状況である。インテグレーションをやらなれないといけない。ただセンサはある程度の性能が出ていて短期間で実用化の姿を見せていくフェーズと考えている。
- 利用用途とマーケットが見えて、次に経済性がどうなるかという面がクリアにならないと、企業側の投資は難しい。
- 量子センサを実用化する上で今後のビジネス展開を考えるという面でダイヤモンドセンサ単体の実用化を考えつつ、従来センサとのハイブリッドのユースケースも想定しながら早期の実用化を目指すことも、ノイズのキャンセルに従来センサを用いること以外、検討していないため、考えてみたい。
- 量子センシングの領域でいうと、用途では代表的なものが概ね上がっており、国内も海外のトップ研究者も、キラーアプリに関して悩んでいる。引き続き、Q-S-T-A-Rのお知恵を頂きたいと思う。

議事3 量子技術の実用化推進ワーキンググループ 中間とりまとめ

事務局が、資料 3-1,2 を用いて量子技術の実用化推進ワーキンググループ中間とりまとめについて説明した。

主な意見や質疑は以下の通り。

- 大きな方向性に違和感はない。どの辺りのケーパビリティが足りていないのか、足りていないとすると、どういうプレイヤーを巻き込む必要があるのかについて、検討すると良いと思った。
- 基本的には国が主体と考えているが、支援はしつつも、スタートアップが協力したり、将来の主体になるような素地、環境を作ることも含め、国が進めていくという観点で記載をする。
- 大枠は賛同する。この世界で勝っていくために、どの部分で連携し、どの部分は国内で強化していくのか、課題の中に入れていくと良いと思った。また、ムーンショットで行っている研究開発において「担い手になる企業が顕在化していない状況である」と書かれているが、商用化を目指しているものもあるので、文面を改定する。
- 「ユースケースづくり」という表現としては、やりたいこととしては2つであり、ユースケースづくりをしや

すい環境づくりとユースケースづくり自体を支援するような取組を考えている。

- 言葉の問題でユースケースを作るのではなく、量子技術もパーツがあって、いろんな応用があるので、そのうまいつなぎ方を何か示すということではないかと思う。その上で、ある種のユースケースを生み出して、幾つかは新しい人材を呼び込み、またベンチャーの創出にもつながると思った。
- ベンチャーという話が出ているが、ベンチャー一本やりで良いのだろうか。日本の産業構造的には既存企業の強みの部分を使っていくべきではないかと思うので、スポットライトの当て方も検討すべき。ベンチャーのみだと雇用創出能力も限られる。大企業からのカーブアウト事業等、又は中小企業のように対象を広げなければならない。
- 今回の中間とりまとめでは、「量子未来社会ビジョン」を書いた際の社会実装のイメージ図から、結果的に何がよくなって、どういう産業を作っていくかということがゴールだとすると、そこが中心になるようなイメージを作成すると良いと思う。
- 量子コンピュータ等ができると凄いというイメージが先行し過ぎて、実際に蓋を開けてみると異なるという事態を危惧している。うまくアクセルとブレーキを両立させるような、メッセージ性も入れていく。

議事 4 その他

事務局が、資料 4-2 を用いて今後の開催スケジュール等を説明した。

以上