

量子科学技術委員会（第 25 回） 議事概要

■日時：令和 3 年 12 月 17 日（金） 9：00～11：00

■議論のテーマ：①量子技術イノベーション拠点内外の連携による人材育成等の裾野拡大について

②若手研究者育成について（量子分野への持続的な支援、国際的なリーダーの育成等）

①量子技術イノベーション拠点内外の連携による人材育成等の裾野拡大について

<各プレゼンターからのプレゼンの概要>

【萬 有識者（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）】

- 理化学研究所は量子コンピュータ研究拠点として、研究開発の強力な推進をテコにした機会や場の提供を特徴とする人材育成が目指せるところと認識。
- 量子コンピュータの試作機の研究開発については、非常に総合的な科学・技術を集積して蓄積するような活動であり、様々な領域の技術や科学に触れる機会が提供可能。また、ソフトとハードの両者がともに議論する場を構築できるという特徴があり、幅広に国内外の研究機関との連携が期待できる。製造技術の共用や実機マシンの提供という形での機会の提供も可能。
- 社会的インパクトの強い成果を実証し、産業界への広がりを契機として、若手研究者の多様なキャリアパス構築への貢献を目指す。
- 連携という観点では、近い関係性にある他分野との有効な分野間連携戦略や仕組み作り、産業化に向け技術シーズとニーズをコーディネーションする機能の強化、海外との人的交流の機会促進が非常に重要。
- 人材育成という観点では、育成と研究の両立にはリソース的に制約があり、教える側も人材不足。新規参入者に量子技術をゼロベースから教えていくのが負担の一端。初期的・共通的な知見はうまくまとめることができないか。また、インターンや短期滞在での費用に充てることができるフレキシブルな予算が必要。
- 設備共用化については、技術そのものが研究開発途上であり、研究開発用途との兼ね合いでマシンタイムの問題がある。集中して大型の研究成果を出すことと広く共用することのトレードオフが生じているのでこの問題をどうするか検討が必要。

【馬場 有識者（量子科学技術研究開発機構 量子生命科学研究所長）】

- 量子生命拠点として、現在、国内外の多様な機関連携体制を構築。最先端の装置を設置し供用を開始している。量子生命拠点の建屋完成後は、企業スペース等を設置し企業との連携を強化するとともに、出口戦略や人材育成を強化していく予定。
- 人材育成はさきがけや量子生命科学学会、企業や拠点間の連携と高校生等をターゲットとした量子ネイティブの育成を進めているところ。特に企業では、Q-STAR の連携や製薬企業、バイオインダストリー等との連携も進めている。
- 連携している大学は医学・生命科学系の大学が多くを占めており、特に医学系の研究者から興味。クロスア

ポイントメント等で各大学の研究者と連携するとともに、東北大学・医学部や千葉大学・理工系大学院では新設の講座やコースの設置に向けた準備を進めているところ。京都大学と名古屋大学のラボを QST 内に設置するなど連携ラボも構築。

- Q-LEAP における連携状況では非常に多くの生命科学系・医学系の機関が入っており、領域の発展を加速する体制を組んでいる。QST では量子センサ計測技術の供用を進めていたが、臨床サンプルを外部に持ち出すことが困難なため、北海道大学や名古屋大学に新しく装置を設置して体制を構築し、Q-LEAP に参画していない大学の研究開発も加速していく予定。
- MRI についても、岐阜大学と QST それぞれに装置の設置を進めており、量子生命拠点棟完成後には全国の医学部が研究できる体制となる状況。
- 今後は例えば遠隔講義などで、既存のカリキュラムに量子生命科学のカリキュラムを入れることなどを通して企業の方を含め多くの方に受講してもらえるような教育カリキュラムの構築も進める予定。

【波多野 委員（東京工業大学工学院 電気電子系 教授）】

- 東工大は Q-LEAP において、超スマート社会に向けて、プロトタイプ開発によるポテンシャルを示すことによる裾野拡大を目指しており、そのための量子計測の高度化、材料基盤、周辺技術の構築を推進。物理の基礎、基盤技術、応用を担う機関と、それらをつなぐセンサーシステムレイヤーを東工大に位置づけ一気通貫で進めている。
- 産業界に広げていくにはルールを決める必要があります、今後、仕組みをどうしていくかが課題。企業から多くの引き合いがあることから、何とか産業界にも裾野を広げていくために、プロジェクト遂行や研究リソースのミスマッチを解消して社会実装を目指すための研究エコシステムが必要。
- 現状、量子センサを基礎から学びたいという企業ニーズは国プロの枠組みでは満たせておらず、非常にミスマッチが起こっている。産業界から強いニーズがある一方で、まだ量子においては着手段階のため、その手ほどきからの連携が求められているところ。
- そこで、企業の需要側と大学・国研連携、さらに全国津々浦々広げて連携すべく、量子技術の教育的なツールとして、室温で実体験ができるため普及の障壁が低いダイヤの量子センサを活用したものが有効でないかと考えている。生産性を上げるためにも、企業への導入機会を広げるためにも有効と認識。
- この教育の協力により、企業からは市場の種類や、利用可能性のある技術、標準化の進め方、その資源の提供などの協力を期待。総力戦を持つてすれば、社会実装の開拓や量子ベンチャーの起業、その中で学生や若手からベンチャーが出てきたり、教育ビジネスを推進したり、人材を育成することができるのではないか。
- 人材活用については、人材も不足しているので量子ダイバーシティを進めるために、シニア人材の活用や参画企業へのキャリアパス、参画企業からの社会人博士や派遣研究員、クロスポイントメントも推進。
- 学生たちに知の共有をできないかということの試みとして、「知の自律的共有システム」を構築し研究室員を中心に企業や、量子を受講していない学生にもわかるように基礎講座や輪講を行っており、すべて録画しているので、広めていければと考えているところ。

- 装置やコア技術のオープン利用の促進も進めており、ダイヤモンドの材料や共焦点顕微鏡はフルオープン。 利用報告をいただければ、1 時間 1,000 円程度で大学、企業問わず使える。海外との相互共有はすべきと考えている一方で、オープン・クローズド戦略も関するので検討を要する。
- 国際連携は、特にドイツに NV センターの拠点が完成。先方の先端利用を有効に活用して、こちらからもコアの技術を提供できるような、世界の共通プラットフォームやサテライトオフィスの整備ができるとよい。

【角屋 有識者（広島大学大学院 先進理工系科学研究科 教授）】

- 自分の知っている範囲では、広島大学の教員・研究員には、狭い意味での量子技術に直接関係する者は少ない。基礎や間接的な部分、さらに周辺といった領域には非常に充実している印象。
- フェローシップ事業においても量子分野には宇宙・素粒子・数学の学生が採択されており、物性物理、材料科学に近い学生はマテリアル分野での採択という形。
- 拠点外からの要望としては、まず拠点の方から情報を提供、あるいはサーキュレートしていただけるとありがたい。
- 量子技術といっても関連分野が広いので、その関連分野にいる方たちから自分がこの量子分野に貢献できる何か道筋みたいなものが見えるように、うまく情報提供される参入しやすい。
- 数学や物理、宇宙物理、素粒子物理を専攻する学生や研究者は、少し視点を変えれば、この量子技術にかなり貢献いただけるのではないか。 そのため周りの分野から人材を上手にリクルートしてくるといいのではないか。
- 例えば、シンポジウムなどをすでに拠点で実施されているものをもっと広く提供されるとよい。場合によっては集中講義のようなものをオンデマンドのビデオみたいなもので作っていただき、自由に使えると、大学院の学生の教育の中で、少しずつ量子技術に目を向けてもらうことが可能になるのではないか。
- キャリアを選択する際に、宇宙物理学や素粒子物理学、数学の研究者は大学に残るのは、昨今、なかなか難しいため、量子分野をキャリア選択に入れてもらうのもいいのではないか。導入的な部分での短期のインターンシップなどでドクターを取った後の行き先として、量子分野に目を向けてもらうこともできるのではないか。
- 集中講義やシンポジウムはうまく活用すると、助教や若手、周辺の先生の研究テーマに量子を入れ込むきっかけにもなる。 その際に、拠点の方とどう連携、連絡すればいいかわからないので、何か窓口を設置いただき大学の方にうまくサーキュレートしていただけると、そこを通じてつながっていけるのではないか。

<意見交換時の主な発言>

- 大学共同利用では、旅費や研究費もしっかり制度的に確保されているが、理研のような研究開発法人ではその辺りは難しいのではないか。また、ボトムアップ的に広くアイデアを集めるということが重要なため、その辺りは公募・審査を行い、コミュニティー全体で共同研究や共同利用を選んでいくというようなことを考えているのか。
- まだ設備共用化ということ自体が始まったばかりで、制度的に洗練されたような形にはなっていない。その上で、インターンシップ、短期滞在の費用を一定レベルは運営費交付金や研究プロジェクトの共同研究の中で賄えるが、育成目的であれば研究目的とは違った側面がある。量子の場合はまだ萌芽的な状況なため、研究開

発で使って立ち上げているものを一緒に使うことになり多少やり方が変わってくると思っている。

- 短期的に見れば、異分野融合や企業との連携が重要で、それぞれの拠点でも既に工夫して取り組まれているところ。難しいのは長期の部分で、いかに量子ネイティブを育てるか。教える側も人材不足で、インターンやシンポジウムもお金がかかる。馬場先生が例を出された神戸大学での遠隔講義のようなものをシステムティックに、小中学生、大学生・大学院生、専門家それぞれの立場ごとに作っていくのがいいのではないか。
- 各拠点から出てきた教育啓蒙プログラムをワンストップのポータルのようなものをつかって、そこにアクセスすると全てが分かるようになると情報を有効に活用できるのではないか。
- 量子人材を増やすにあたって、本人の動機付けや就職にあたっての魅力度などの点から、量子人材とはどのような能力に長けた人たちなのかを提示し広く共有させることは重要。例えば、数理人材という洞察力や分析力といったわかりやすい特徴で、またアドバンテージの観点から能力やスキルを言えるようになっていけば非常に良い。
- 三重円で、真ん中にあるプロの集団と最外層のユーザーをつなぐインタープリターをどう育成するかが量子を普及させる際の重要課題。
- 政策として取り上げるとしたら、目標が荒々でもあったほうがよい。量子のプロ、翻訳家は国として何人育成するべきなのかという目安を共有するのが良いのではないか。
- 人材供給の観点では、学生にとって最もインパクトが大きいのは将来のキャリア。量子は最近テクノロジーだけでなくファイナンスや AI 等の色んな方面で実際の企業に必要とされてきている。これは現場ではわかっているが、効果的に学生、高校生に周知ができると量子のキャリア選択につながるのではないか。
- リモート教育というのは入り口では非常にいい試みだと思うが、リアルに研究の現場に入って実体験する機会も重要。
- 波多野先生のご提案のエコシステムに関して、手ほどきからの連携が求められているのは共感するところ。企業が参画する際に、企業に予算を出してもらう仕組みだと、大企業しかできない可能性もある。中小企業の参画や、成果についてのお考えを伺いたい。
- 町工場、大企業などからいろいろ問合せがあるがどこもやはり量子に触れてみたいと思っている。共同研究費はないが、こちらとしては裾野を広げたいと思っている。量子コミュニケーターに加えて、新規に参入する大学や企業の方への新しい仕組みが必要。
- SPring-8、東北放射光などの大型放射光施設や J-PARC の運営が参考になるのではないか。公開・非公開や産業用のためのビームラインの分離、トライアルユースに加えてイントロダクションのレクチャーなど、普通は敷居が高く手を出しにくい設備を普及させるために、相当な経験と苦労があると認識。

②若手研究者育成について（量子分野への持続的な支援、国際的なリーダーの育成等）

<プレゼンターからのプレゼンの概要>

【川上 委員（理化学研究所 浮場電子量子情報白眉研究チームリーダー）】

- FIRST が終わってから CREST が始まるまでは、日本の量子は冬の時代で生き残るのが大変だったと聞いて

いる。その頃自分がいたオランダは、2014 年ぐらいから、どんどん盛り上がってきており、EU 政府の予算や、インテルやマイクロソフトの参入などの産業界の予算も出てきて、すごい勢いで研究室が大きくなっていった。人は本当に 100 倍ぐらいに大きくなった。

- 2015 年頃、卒業後の進路の話を指導教官とした際、「量子コンピュータの研究をしたいなら日本には帰らないで他のところに行った方がいい」と言われとても驚いた。その 1 年後に卒業することになったが、その時は日本でも量子が盛んになってきていて帰る決断ができた。2015 年にポスドク先を探していたら行先は日本ではなかったと思う。
- また冬の時代が日本だけに到来するのであれば、海外に人材が流出することもあり得る。現在の盛り上がりは日本は 10 年ヨーロッパ等より遅れており、その間に世界の量子人材は、先に盛り上がったところに集まった感がある。そのため現在の盛り上がりで人材を日本に呼び込むのは難しいと感じる。
- 量子分野の持続的な発展について考えると、もう量子コンピュータできるという印象を与えるようなプレスリリースをしてしまうことで、近々何か利益出せるような感覚で参入してきた方が、まだ全然できていないことに気づき、すぐ諦めていなくなってしまうことがあり、もったいないと感じる。そういったプレスが逆効果になっているのではないか。
- FIRST では、修士の学生としてサマースクール等に参加したが、日本の量子のすごい先生たちが集まっていて、楽しかった覚えがある。自分の研究分野以外の量子の情報の話に触れることができたので、Ph.D のときの研究分野を選ぶ参考にもなり、同世代の学生とも知り合いになれた。
- さきがけ予算のおかげでポスドクの間も自由に研究ができた。領域会議で、日本の若手量子研究者と知り合いになることができ今もお互いに刺激を受け合って研究できている。
- JST 予算は、お金をあげて終わりではなくて、研究者同士で交流させる方式や海外の大学に在籍していても獲得できるため非常にいい制度。また、CREST の分担者に海外の研究者を入れることもでき、オランダにいた時の先生が毎回謝辞を述べられた李、資産に JST マークがついているのをたくさん見て海外でも予算が生きていることを実感した。
- 世界で活躍できる卓越した量子人材の育成については、オランダで Ph.D を取ったときの同級生が今、世界各地で PI になっており、ワークショップをオーガナイズ際に呼んでくれる。自分を行った側だが、海外の人を日本に呼ぶというのも重要だと思っています、両方ともやっていく必要。

<意見交換時の主な発言>

- 最初にどこの研究室に所属しているかが、かなり大きなファクターになってしまっている印象。その観点から、より裾野を広げる、より若い人に参入していただくために、必要な施策は何かあるか。
- 所属の大学に量子の教員がいればその研究室に入ればいい。大学に量子の教員がいない学生は、大学院などに進学の際に移り先の指導教授の理解があれば分野を変えることができるのではないか。学生が変えることに不安を持っている、変えられないと思っているのが問題で、もっと気軽に大学の研究室も移れたらいいのではないか。

- 学生もそうだが、研究者にとってもポストクのときに分野を変えて、新しく量子に入ろうというのは結構障壁が高い。そういう施策、そこをサポートされるような取組があってもいいと思うがいかがか。
- 分野をかなり変えた経験からコメントすると、日本では変えたらダメだという風潮があり変えにくいと感じるケースがあるのではないか。海外ではむしろ変えない方がおかしいという風潮。日本の教員がそういうマインドを持つことが重要。
- 海外の研究者や学生が日本に入れない状況が長期に続いており、それが日本のプレゼンス低下につながっている。
- エンジニアの学生はなかなかドクターにならない。量子をやるにはやはり博士まで行く必要。サマースクールでは何が刺さったのか。
- 研究内容自体がわかっておらず、色んなことが進んでいることも知らなかったのが、最先端の研究内容に触れて感激したのが一番大きかった。
- 量子コンピュータができそうだったという宣伝に触れて入ってきた学生でも、実はそうじゃないと知って諦める状況はあるのか。企業が辛抱できないということなのか。海外の企業の状況はどうなのか。
- 学生についてはそういうことはないと思う。企業は利益を求めるとはありそうがない部分もあるが、ネガティブな印象を持たれるのはもったいない。海外の企業とは投資できる体力も違いもある。ただしオランダは米国の企業から予算を取っていた。国としてそれでも利を得ることができているのではないか。
- 博士課程に行く学生がものすごく少なく、博士課程にネガティブな印象があり、就職がデフォルトになっている。学生に博士課程に行こうと思ってもらうためにどの部分がハードルになっているのか。
- 自分の場合は金銭的な問題が一番のハードルだった。オランダの場合は、金銭的な支援ができない限り、たとえ学生本人がいいと言ったとしても、博士に進学させてはいけな。そういうところが一番違う。
- 量子の特にハードウェアの研究室はすごくお金がかかるためスタートアップのハードルが非常に高い。そのため、持続的な経済支援、特に若手への経済支援というのは必要。短期的に、たまたま CREST、さきがけがある期間しか支援できなくなると、なかなか若手が参入しにくいので、持続的な支援が必要ではないか。
- 海外は若手でもスタートアップで 2 億円もらって研究室を立ち上げている人はたくさんいる。日本はそんなことやっているのは OIST ぐらいしかない。同じようにできたらいいと思う。
- 一方、海外では、全て研究室の教授が取ってきた研究費で雇われるポストばかり声がかかったのが、自分のやりたい研究ができるポストではなかった。欧米にも若手が応募できる研究費はあるが、日本は科研費や JST のさきがけ等もあり、また、博士号を取ったら、ある意味で本当に年配のシニアの研究者の方々と同等に扱ってくれる。その制度はすごい。
- 量子ネイティブの育成というとき、暗黙のうちに前提として大学生や大学院生が対象になっているが、例えば高校生であるとか、極端な話だと中学生、小学生、この辺りの若年層を対象にすると、非常に効率的ではないか。実際中国では国際会議のサイドイベントとして、欧米の著名な先生が小中学生向けの講演者と触れ合う会を企画している。実際、日本でも量子に興味を持っている小学生は多くいると感じるので、こういった若年層の子供たちを対象に啓蒙的なイベントを企画していくと、何年かたって、効率的な結果が生まれるのではないか。

- アウトリーチ活動には、文科省や研究者だけでなくマスコミの協力も必要。 実際、そういった動きが中国では非常にエフェクティブに効いていて、市民の間での量子技術に対する認知度、あるいは重要性への理解というのは、日本よりは格段に進んでいると聞いている。そういったところは日本も試してみるといった姿勢で臨むのも1つのアプローチではないか。

以上