

量子技術イノベーション有識者会議（第1回）議事要旨

1. 日時 : 平成31年3月29日(金) 14:00 ~ 15:00
2. 場所 : 中央合同庁舎8号館4階416会議室
3. 出席者 : (敬称略)

有識者委員

荒川 泰彦	東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構特任教授
伊藤 公平	慶應義塾大学理工学部長・教授
五神 真	東京大学総長
小林 喜光 (座長)	株式会社三菱ケミカルホールディングス取締役会長、経済同友会代表幹事
佐々木 雅英	情報通信研究機構未来ICT研究所主管研究員
寒川 哲臣	NTT先端技術総合研究所所長
十倉 好紀	東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻教授
中村 祐一	NEC中央研究所理事

政府関係者

和泉 洋人	イノベーション推進室室長 内閣総理大臣補佐官
幸田 徳之	イノベーション推進室室長代理 内閣府審議官
赤石 浩一	イノベーション推進室次長 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)
中川 健朗	イノベーション推進室審議官 内閣官房内閣審議官
高田 修三	イノベーション推進室審議官 内閣府宇宙開発戦略推進事務局長
重田 雅史	イノベーション推進室審議官 内閣府総合海洋政策推進事務局長
黒田 亮	内閣府大臣官房審議官(科学技術・イノベーション担当)
三角 育生	内閣官房IT総合戦略室副政府CIO
小川 壮	内閣官房健康・医療戦略室次長
川嶋 貴樹	内閣府知的財産戦略推進事務局長
泉 宏哉	総務省大臣官房審議官(国際技術、サイバーセキュリティ担当)
小林 敏明	外務省軍縮不拡散・科学部国際科学協力室室長
松尾 泰樹	文部科学省科学技術・学術政策局長
別所 智博	農林水産省農林水産技術会議事務局長
渡邊 昇治	経済産業省大臣官房審議官(産業技術環境局担当)

増田 博行 国土交通省大臣官房技術総括審議官
嶺 康晴 防衛装備庁技術戦略課長

参考人

曾根 純一 科学技術振興機構研究開発戦略センター（CRDS）
ナノテクノロジー・材料ユニット 上席フェロー

事務局

登内 敏夫 内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付政策企画調査官
奥 篤史 内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付企画官
高村 信 内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付企画官

4. 議事（冒頭挨拶を除き非公開）

1. 開会

（1）有識者会議「量子技術イノベーション」の設置について

2. 議事

（1）量子技術イノベーション戦略に関わる取組について

（2）JST/CRDSからの説明

（3）各有識者委員からの意見陳述

（4）意見交換

（5）その他

3. 閉会

5. 配布資料

資料1 イノベーション政策強化推進のための有識者会議「量子技術イノベーション」の開催
について

資料2 量子技術イノベーション戦略の策定に向けて

資料3 量子技術分野の研究動向について（JST/CRDS 曾根氏）

資料4 - 1 有識者説明資料（小林氏）

資料4 - 2 有識者説明資料（五神氏）

資料4 - 3 有識者説明資料（荒川氏）

資料4 - 4 有識者説明資料（伊藤氏）

資料4 - 5 有識者説明資料（佐々木氏）

資料4 - 6 有識者説明資料（寒川氏）

資料4 - 7 有識者説明資料（十倉氏）

資料4 - 8 有識者説明資料（中村氏）

参考資料 「イノベーション政策強化推進のための有識者会議」の設置について

6. 議事要旨

(1) 量子技術イノベーション戦略に関わる取り組みについて

資料1に基づき、量子イノベーション戦略の策定について奥企画官（事務局）より説明を行った：

諸外国は欧米中を中心に量子技術を重要技術と位置づけて、政府主導で研究開発戦略を策定している。特に米国では5年間で13億ドル、欧州は10年間で10億ユーロという予算規模で、積極的な投資が実施されている。更に民間でも、特に量子コンピューターの分野を中心にして、各企業の投資が拡大している状況である。

我が国では、国全体として戦略について具体的な記述したものが未だない。現状、各府省が単独で研究計画を進めている。量子コンピューターやセンサー、暗号などは将来的に波及可能性が期待されるので、日本の強みを生かした研究開発戦略を策定していく必要がある。

昨年12月、統合イノベーション戦略推進会議において、官房長官より、「この光・量子の分野についても有識者会議を早急に設置し、検討を開始せよ」という指示があった。これを踏まえて、有識者会議を設置して、今回初めての第1回を開催するものである。

事務局では、1月以降、日本全国の量子の専門家へヒアリングを行い、そのまとめを今回机上配布する（人の名前等が記載されているため、取扱注意で机上配布のみ）。今後の計画は、5月か6月ぐらいに中間的なまとめ、これを踏まえて統合イノベーション戦略に反映した上で、年末に最終報告を取りまとめる。

本日御議論いただきたい主な論点は、次の3点である。1つ目は量子技術がなぜ必要なのか(Why)、2つ目はどこの領域にターゲットを絞った方がいいのか(What)。3つ目は具体的な推進方策としてどうということが考えられるのか(How)。これらについて先生方から御意見を頂きたい。

(2) JST/CRDSからの説明

資料2に基づき、量子技術分野の研究動向についてJSTの研究開発戦略センター、曾根純一フェロー（参考人）により説明を行った：

量子技術分野で今注目されているのは、量子暗号・通信、量子コンピューター、量子センシング、そして量子マテリアルの4つの領域であると認識している。

米欧中では非常に大きな投資が行われている状況は、先ほどの説明の通りである。特に、中国では、1兆円を超える投資を行い、合肥市に新しい量子科学国家実験室を建設中であり、最先端の量子技術全体をカバーする実験室、センターを作ろうとしている。このような多額のお金が出ているのは、単に技術開発ということよりも、「ナショナルセキュリティーに関わる国家間の技術覇権に繋がる技術」という認識があるからと思われる。

日本は、超伝導の量子ビット、超伝導の量子回路についてはパイオニアだが、残念ながら、集積化に遅れをとってしまっており、今巻き返しをしないといけないと考えている。また、量子アニーリングの理論を提唱したのは日本であるが、マシンの開発はカナダのD-Waveというベンチャー企業に先を越され、日本は後追いをせざるを得ないという状況に置かれている。

コンピューターのシステムをつくるには沢山のエンジニアリングの技術が必要であるが、こここそ日本が強い領域だと認識しており、これからでも日本は十分勝てるポジションにいるのではないかと認識している。

(3) 各有識者委員からの意見陳述

資料4 - 1 ~ 4 - 8に基づき、各有識者委員より説明を行った。

小林座長

データセントリックな社会となり、データを伝達処理する技術の革新が、安全保障を含めた国家の競争力の鍵となるだろう。

ユーザーの視点から見た場合、量子コンピューティングの圧倒的な処理性能によって、新しい可能性が生まれることに大きな期待感を持っている。

統合イノベーション戦略において、AI、バイオ、量子、安全・安心などの主要領域が明示されたが、その中でも、とりわけ日本が元々強かったのは、応用としての半導体を含む物性物理学、それを包含する量子分野である。量子技術イノベーション戦略には、その強さをもう一度取り戻すという意味合いも非常に大きいのではないかと考える。日本が取り残されないように何をすべきか、相当忍耐強く長期的な視野で、幅広く考えなくてはならない。

量子コンピューティングにおいて、現状ハードウェアはかなり欧米に依存する形になっているが、日本の立ち位置をしっかりと見据えて、強みを発揮できる分野を明確にして展開を図っていくべきである。海外とのコラボレーションを含めた国際展開や、人材育成も考慮しなくてはならない。

また、広く国民が理解できるようしっかりとロジック、ストーリーを戦略に組み込むべきではないかと考える。

五神委員

今、不連続なパラダイムシフトが起こっており、価値の中心が物から知識・情報・サービスに移り、明らかにデータ活用型の社会になっている。そのような状況において、セキュリティーなどを考えたときに、量子技術は極めて重要になってきている。

国家戦略として推進するにあたり、AI、バイオ、量子というのはいい切り分けである。Society 5.0の実現のために日本の技術で貢献できることをきちんと支えるというイメージとして、AIは屋根であって、量子は土台であると思う。このような形で支えるイメージを創っていくことが望ましいと思われる。

Society 5.0の社会と経済を支えるために必要な技術ターゲットを漏らさず割り出すことが必要。その中で、いつまでにどうするかという時間スケールを明確化していく。何よりも社会の基本がデータ活用型になるということ意識した上で必要な量子技術をきちんと入れていく。もちろん世界の中で日本がどのように貢献するのかを考える必要がある。日本だけではできないということがある一方、日本が世界にとって求心力がなければ最良の情報は入ってこないため、その求心力を高めるための戦略を練り、強いところをきちんと出していくということをやりにながら進めていくのが良いと考える。

伊藤委員

経済活動の発展と安全・安心の維持のためには、我が国が計算技術の最前線を走ることが必要なことは間違いない。

ハードウェアに関しては米国や中国が開発する量子コンピューターは輸出規制が適用され、他の国には販売されない可能性がある。そうなると、日本からそれにアクセスすることが必要になり、当然ながら、日銀、警察庁、警視庁、防衛省等のいわゆる政府機関は利用できなくなる。

30年後に今の暗号が量子コンピューターによって破られるとした場合の意味するところは、この30年間ずっとファイルをため続ける国が30年遡って、ファイルを全部読めてしまうということである。つまり、今の暗号は将来読めるようになって、国家機密が流れていくということである。このような点、そしてこれから開発される量子ソフトウェアがもたらす絶対的アドバンテージを鑑みても量子コンピューターの活用は国として真剣に考えないといけないものである。

量子コンピューターや超伝導量子ビットは、もともと我が国は強い領域である。実用化を目指すのであれば、企業が本腰を入れて、そこに例えば東大・理研と一緒に開発する必要がある。ただし、それに必要な額はざっと見積もって10年間で300億円以上で、それによっても実用に耐える装置開発の絶対的成功が確約されるものではない。

量子コンピューターができて、実際に所望の問題を解くためのソフトウェアやアーキテクチャがなければ全く意味がなく、これを制するものが量子コンピューターを制するといっても過言ではない。今は未だ、この競争が始まったばかりである。

人材育成、ハードウェアに関しては非常に機密が詰め込まれているため、そう簡単に海外からどんどん研究者を呼んでこられる分野ではない。企業が中心となってハブ化を進め、そこに将来を担う学生を集め、企業に蓄積されたパッケージ技術と合わせていくことが必要と思われる。

ソフトウェアに関しては、アニーリングやゲート方式の垣根を越えて、実際の問題が良くわかる企業の研究者が参加し、その問題に沿って答えを出していくことが重要である。

全般的な問題として、輸出規制に基づく参加メンバーの管理や、中途半端な投資による帯に短しでは何も得られないので、注意を要する。

荒川委員

国の技術戦略である以上、最終的には国民経済にその成果を還元することが重要である。そして、狭義の量子技術ではなくて、量子技術の周辺、その分野の広がりというものを十分考慮して、AI、バイオ、安全・安心等の他の国家戦略とシームレスにつながり、これをきちんと戦略の中に見据えていくことが重要である。

ゲート方式のコンピューターは非常に長期的な視点で取り組むべきものであり、この技術戦略が10年、20年に及ぶ長期戦略であるならば、時間軸を少し分けて、長期的な基盤技術研究と、出口を有する技術研究開発に区別するのが望ましい。

量子コンピューターは古典コンピューターを含むコンピューティング技術全体の視点に立脚している必要があり、例えば近い将来、量子コンピューターは汎用HPCコンピューターのプラグインモジュールのような役割を果たすのではないかと考えている。

量子固体センサー、量子もつれセンサー、光格子時計など、量子計測・センシングの分野の研究はかな

り進んでおり、これこそ5年から15年後に出口を有する量子技術として確立することが期待できるものである。そのためには、やはり産業技術への展開を国として強くドライブしておくことが重要である。

人材育成については、出口を視点とする産業界とのシームレスな繋がりが今後の産業技術の発展に不可欠であり、ある意味では量子技術の基礎と、出口を見渡せる人材の育成も含めて展開をする必要がある。

拠点整備については、いわゆる技術のプラットフォームを整備することも、量子技術やその周辺科学技術の発展に向けて意義深いものである。

ゲート方式の量子コンピューターなどは、多分特許が切れる頃に実用化されると思われる。このため、より柔軟なオープンイノベーションの考え方が重要である。また、標準化を含めて、我が国が何らかのキャスティングボードを持つための何らかの方策を立案していくということも重要である。

佐々木委員

量子暗号については、最初の死の谷は乗り越えて、既存技術との生存競争（いわゆるダーウィンの海）も何とか生き延びて、今、新ビジネスの陸地に上がろうという状況にある。

量子中継という長距離化に向けた技術は基礎研究のフェーズであるが、各国がきちんと推進している。

今なすべきことは、装置の市場投入と量子暗号サービスの開始であり、政府がアーリーアダプターとして機密情報をやりとりする部署間に導入を正に検討する時期に来ている。

今後の課題は、量子暗号のみならず、秘密分散、秘密計算、次世代の耐量子公開鍵暗号、これを統合する分野横断の取り組みである。その先に、量子セキュリティー技術分野の創出が期待される。

情報セキュリティーにおいては、一点豪華主義は無意味である。ハッカーは脆弱な一点を探して、そこから情報をとりにくるため、様々な技術をバランスよく組み合わせることが非常に重要である。そういったシステム統合の結果を、SINET（Science Information NETwork、サイネット）等を活用して拠点化し、産学官連携で試験運用を行い、そこから人材育成にも繋げるといった取り組みが適切と思われる。

これらの成果を重要インフラの技術と融合することで、輸出産業に持っていくことができる。日本の安全・安心のブランドを上手く生かせば、市場の拡大は十分可能と思われる。

これからの衛星通信網、地球観測網の分野において、市場は確実に拡大する。日本で今後、光通信、量子暗号、光学センサーを搭載した衛星を開発して、適切な軌道に複数機打ち上げ、これを2025年までに実現できれば、必ず衛星コンステレーションの市場で主導権を握ることができると思われる。恐らく、この5年がマーケットの趨勢を決める勝負の時期である。日本が勝てる領域であるため、是非とも戦略的な取組みを推進すべきと考える。

寒川委員

ネットワークのトラフィックはものすごい勢いで伸び続けており、必ず今のコンピューターでは処理し切れない時代が来る。そのために量子の力が必要と考えて、1980年代からNTTの基礎研究所では量子コンピューターの研究に取り組んでいる。

現時点では、ゲート型量子コンピューターにおいて、必要なビット数をきちんと出せる本命の技術が未だ決まっていないという認識を持っている。そのため、色々な取組みを幅広くやって、人材を育てる必

要があると考えている。そして、量子ビットの集積化ではなく、量子状態を扱う関連技術を磨くことを進めている。

コンピューターの性能が伸び悩んでいる中、光で論理回路を造って非常に速く演算するという取り組みを、CRESTの枠組みで大学の先生方と一緒にやっている。また、量子コンピューターに加えて、物理システムを使ってコンピューターの苦手な最適化問題を解くという、アニーリングのようなイジング計算機にも取り組んでいる。特に、量子と古典のハイブリッド型に着目しており、デジタル計算機を何らかの量子的な振る舞いでアクセラレートさせて、問題を速く解くことに挑戦している。

いずれにしても、研究者はこれが量子だ、これが古典だと結構対立しがちである。しかし、量子と古典が上手く補完し合って、共に発展して、コンピューターの進化を止めないということが、人類にとって非常に大事だと考えている。

十倉委員

Society 5.0でサイバー空間とフィジカル空間の架橋という意味では、通信、情報、計測センサー、などが非常に重要であり、そこに量子科学の考え方を持ち込むというのは大変時宜を得たものである。

量子系のトポロジや強相関量子(量子間の絡み合い)という概念が大きく発展して、この10年で量子物理の分野は非常に大きな転換期を迎えている。

量子材料の戦略としては、今また新しく半導体エレクトロニクス、フォトニクス、それからスピントロニクス、そういう機能に対して、革新をもたらすような物質系や物理概念などが世界中で爆発的に競争的に進行している。

そこでの新しい概念や量子機能は、恐らく量子計測とか、量子情報技術の革新に直結するような大きな可能性を生むだろうと考えている。

イノベーションの誘発に関しては、この量子科学技術は、産業の開発研究の現場との間に非常に大きな乖離(かいり)が出ており、これを何とか意識して両者の総合理解や協働を促すようなプログラムが必要だと考えられる。それには、コンソーシアムや研究拠点開発が重要である。今、量子情報、特に量子計算の分野が、このようなコンソーシアムを創るのに最も適したところだと思われる。人材の裾野が狭いとか薄いとか言われているが、若い人を育て、中堅研究者にはパーマネント職を与えて、国研でそういうセンターを創るということも大変重要だと考える。

中村委員

以前から、シミュレーテッドアニーリングという技術があったが、塩漬けになっていた。ところが、量子アニーリングが流行ってくると、いきなりそれがまた脚光を浴びたりする。このように量子にインスパイアされた技術もこれからは重要になっていくと思われる。

基盤技術の領域では、神様に選ばれた研究者のアイデアが非常に重要だと思われる。そういう神様から選ばれた研究者をどうすくい上げていくかということが、重要になっていくと思われる。

ここ数年で量子技術が大きく進展したものの、社会実装までには未だ未だ時間がかかる。いつまでたっても実用化しない夢の技術のポジションを獲得してしまうと、投資が進まなくなってしまう恐れがある。そのため、小出しでもいいので、従来技術の相乗りでも構わないので、早く社会実装するということが

とても重要だと思われる。

一方で、基盤技術のところは、本当に役に立つかどうかは分からないが、世界一だということを強くアピールしていくことも重要だと思う。

取り組むべき領域については、1種類の技術で解決できることは限られるため、周辺技術や従来技術のハイブリッド化、補完関係、技術融合などの粘り強い、共用度の高い研究開発が必要だと思われる。また、ベンチマークがやはり必要である。例えば量子アニーリングのD - Waveは既に商用化されているが、次世代の製品化が1.5年スリップした。商用化がうまくいっているように見えても、実は課題があり、それを解決できるようなアイデアを出せば勝てると思われる。このように、色々な技術に対する情報収集力、ベンチマークは非常に重要だと考えている。

研究者をどうやって増やすかという問題については、もともと量子の技術者、研究者が沢山はいないため、境界の研究者をいかに量子側に取り込んでいくかが非常に重要になってくる。そのためには、今のAIの技術者のように、「量子をやっていると、非常に明るい未来が見える」ということを若者に示すことが非常に重要と思われる。

以上