

木曜会合〔公開議題〕 議事概要

- 日 時 令和7年4月17日(木) 10:00～11:19
- 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室
- 出席者 宮園議員、梶原議員、佐藤議員、鈴木議員(We b)、菅議員、
波多野議員、光石議員
(事務局)
森総理補佐官(We b)、原審議官(We b)、柿田統括官、塩崎事務局長
補、徳増審議官、藤吉審議官、岩淵参事官、上山内閣府本府参与、松本外務
大臣科技顧問、大野経産大臣科技顧問、服部参事官
(文部科学省)
坂本サイバーセキュリティ・政策立案総括審議官、神部室長
(J S T)
祖父江P D、北川P D、中島部長
- 議題 (1) ムーンショット型研究開発制度C S T I 5年目評価ヒアリング(目標2)
(2) ムーンショット型研究開発制度C S T I 5年目評価ヒアリング(目標6)

○ 議事概要

午前10時00分 開会

○岩淵参事官 それでは、お時間でございますので、木曜会合を開催いたします。

本日は伊藤議員が御欠席、オンラインで鈴木議員が御参加というように承っております。

本日は公開議題としてムーンショットの5年目評価ということがございますので、公開議題の進行を宮園議員よりよろしく願いいたします。

○宮園議員 それでは、議題1、ムーンショット型研究開発制度C S T I 5年目評価ヒアリングについて進めさせていただきます。

ムーンショット型研究開発制度の運用評価指針におきまして、C S T I が研究開発時点から5年目にプログラムの継続、終了を決定することが規定されております。今年度は目標1、2、3、6の4目標が5年目を迎えるため、その検討の出発点として今週及び来週の2週間でJ S T及び各目標のプログラムディレクターより目標に対する進捗状況及び今後の目標の達成の見通しについて御説明いただきます。あわせて、事務局より3月27、28日に実施しましたム

ーンショット型研究開発制度に係る戦略推進会議における議論について報告を受けます。本日はそれらを踏まえて意見交換を頂ければと思います。

本日は目標2及び目標6の報告となります。

では、まず目標2について祖父江PDから御説明をお願いいたします。説明時間は15分となります。どうぞよろしくをお願いいたします。

○祖父江PD どうもありがとうございます。では、簡単に御説明させていただきます。

目標2は「2050年までに、超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現」というものでありまして、この目次に沿って御説明させていただきます。

このプログラムの構成について、4ページでございますが、大野先生のがんプロジェクト、片桐先生の糖尿病、高橋先生の認知症、それから、松浦先生の感染症、合原先生の数理について、合原先生は数理を全般に及ぼしていただく数理・AIという役割で、各グループにも数理・AIのPIが所属しております。

国際的なベンチマークはどうなっているかということでございますが、これは論文での比較になりますが、ここでは三つの領域、残り二つも同じような傾向でございます。上の段を見ていただきますと、赤いところが超早期を対象にする論文の数でございますが、非常に少ないということがお分かりになると思いますし、下段にいきますと、5ページでございますが、超早期の中で予測と予防を同時にやっているというのは更に少なくなってきておりまして、私どもが世界をリードしていく可能性が非常に高いというように考えます。

それから、上の段は評価指標で見えておりますが、五つの評価指標、トップ10の論文、特許の引用、直近2年の伸び率、企業連携、国際協働、赤字で書いたところがほかの全世界の論文よりも優れているというところであります。

その下の特許からの引用数あるいは企業との共同研究論文であります。これも非常に優位に高いということで、目標2は国際的にもかなりユニークで、今後に向けて優位な立ち位置にあるというように考えていいと思います。

そして、次の2030年のターゲットということですが、生体内のネットワーク、これは分子、組織、臓器とございますが、これを一つの軸として全体にかかっており、我々の見つけた超早期の生体、ネットワークがそこに示してあります。これはまた後で御説明しますので、ここでまた出てくると思います。

それから、8ページでございますが、ここから少し具体の個別に入りますが、私どもは革新的基礎研究テーマと社会実装を主とするテーマと二つに分けてやっておりますが、上段のこれ

は糖尿病のプロジェクトでございますが、私どもの中で見いだしました臓器間ネットワークを駆使して化合物あるいは電氣的刺激を与えることによって膵臓のβ細胞を増殖・活性化してインスリンを分泌させるということに成功しております、これは人で今検証中でありまして、これが完成しますと、一番右にありますように糖尿病発症予防に結びつくいろいろなものができるだろうということで、今進めているところであります。

下の段の②と書いてあるところは、超早期の研究からスピアウトした色々なものが取れてきておりますので、それを使って社会実装化を進めているというものでありまして、一番左から糖尿病の多臓器不全あるいは合併症、それから、心電図からの心不全の超早期検出、糖尿病の超早期検出です。それから、腸内細菌の肥満を防ぐと。この「企」と書いてあるのは企業連携が既に進んでいるところでありまして、数理・AIと書いてあるのは数理とAIが合体してやっているということでもあります。

それから、これはがんあるいは認知症のプロジェクトでありまして、上の段を見ていただきますと、9ページでございます。次のページでございます。これはがんの早期、超早期の組織を人から取り出しまして、それで、オルガノイドを作って自然歴を描くということをやっております。バイオロジーによるやり方とデータドリブンによるやり方を併用しているんですが、これがもし完成すれば世界で最初の超早期のヒストリーということになって、いろんなマーカーが取れてくるだろうというように考えているものであります。

下は認知症でございます、ここに書いてありますように世界初ですが、PETで脳内αシヌクレインというこれはパーキンソン病の原因のたんぱくでございますが、これのアグリゲート、それから、血清中のものというのを非常に微量ながらディテクトすることに成功しております、これを国際的にも超早期マーカーとしてもっていきたいというように考えております。

それから、次はウイルス感染症の例について、これは新型コロナウイルスですが、10ページでございますが、上の左側、コロナの感染モデルと書いてあるところ、重症化の場所が肺のファイibroblastという細胞で起こるということが分かりました。その点を数理モデルです。ここでは深層生成モデルということをやっておりますが、そこで重症化予測因子を導き出しまして、その阻害剤を使いますと、これは予防的に阻害剤を投与すると重症化が抑制されたということでございます。これを人で何とか実装できないかということで、今イギリスのヒトチャレンジ試験というのをやっているとあります。これはどういうことかという、かなり厳しいんですが、新型コロナウイルスを人に打って、この薬を使って本当に効くかどうかを人で見ようということでもあります。

下のこれはRNAウイルスでパンデミックを起こすウイルス、12種類について上と同じようなことをやって、宿主応答パターンによってウイルスの重症化あるいは発症の予防ができないかということをやっているものであります。これも世界的には最初のコンセプトとなります。

それから、最後に数理のプロジェクトでございますが、これは11ページでございますが、左側に動物での原理発見ということで炎症性腸疾患、潰瘍性大腸炎とかクローン病でございますが、これをバイオで見て、数理で予測因子を見いだして、それを更にバイオに持ってきたというのが一番左のところでありまして、二つの遺伝子が取れてきています。それを人で検証して、一番右側に書いてありますように再燃の予測のバイオマーカーとか再燃予測の治療薬を開発しているというところでございます。

下は社会実装型の研究テーマでありまして、ラマン分光顕微鏡というのをを使って多発性骨髄腫、白血病、これは造血器の腫瘍でございますが、その超早期の検出に成功したということでございます。

それから、右側は心電図プラスアルファを使って週単位の心筋梗塞を予測できるということをやっております、これも企業がいずれもついたプロジェクトになっております。

それから、プロジェクトマネジメントの取組でございますが、超早期の作業概念、超早期というのはどういうものかということを議論しましたし、後半5年の社会実装に向けた取組で、ガントチャート、計画を作成して専門家のアドバイザーを3名追加しました。それで、実際にPJにアドバイスを開始しておりますし、バイオと数理を同時に検討するというところで、バイオ数理連携会議というのを立ち上げております。

13ページでございますが、これはデータマネジメントということでございますが、データベースを今作っております、これは世界に類を見ない未病のデータベース、何々病の未病状態というのをバンク化していくということで、今GakuNinのRDMにデポジットしておりますが、去年が27テラベースだったのが今年は183テラベースまで大きくなっております。これは革新的なデータベースということで、例えばそこに書いてあります下の段ですが、未病研究データをワンストップで検索可能とか、メタデータのカタログ機能の充実あるいは多様なモダリティーを生データとして格納できるとか、自律分散型運用というものに非常に新しみがあるということでございます。

今後の方向性ですが、それぞれ分解した説明が次のスライドにあります。16ページを御覧ください。

ここで課題とそれをどうマネジメントしていくのかということでありまして、青い字のとこ

ろが大体のマネジメントの方針であります。生体内ネットワークの解明、それから、バイオ・数理連携深化、数理モデルの拡充、それから、これはベンチマークでございますが、世界のベンチマークを研究体制、国際連携にどう生かすかということです。それから、3が統合データベース、これも今御説明したとおりでありまして、これは横串の連携研究に役立てようということでございます。それから、早期の社会実装、企業連携の推進ということもやっております、これが非常にドライブになっているということでございます。それから、5番目がE L S I、アウトリーチ、国・自治体・企業連携ということで今いろんな観点、右のところに①から⑤あるいは①から⑥というように示してありますので、御覧おきいただくと有り難いと思います。

目標2達成に向けたイメージとしては、現在社会実装とか企業連携をどんどん進めているところでございますが、2050年には目標を達成したいということでございます。

ここからは参考資料になりますので、飛ばさせていただきますが、例えば産業界との連携・橋渡しです。21ページでございますが国際連携です。それから、広報・アウトリーチ活動が22ページです。それから、23ページはE L S Iに関する横断的な取組ということで、例えばこの円グラフだけ見ていただきますと、体の状態を常に計られるとか病気などの予兆を知らされるとか、生活習慣等、薬等をアドバイスされるとか、そういうことが受け入れられますかということをお聞きしておりますが、70%ぐらいの人がやっても良いということをお返しているところでございます。

それから、24ページは先ほど申し上げました超早期というものの作業概念を規定したということでありまして、25ページでございますが、これはどういう方向性をもって、社会実装までの計画策定をやっていくかということの模式図であります。

次が各プロジェクト、これは先ほど御説明したものを各プロジェクトのPMオリエンテッドでまとめたものでありますので、もう既に出た図がほとんどであります。これは先ほどの図をもう一回見ていただくとすぐ分かると思います。

それから、プログラムのポートフォリオ・プロジェクト一覧でございますが、これも一番最初に各PMを御紹介しましたので、お分かりになると思います。

それから、これが各プロジェクトの名前でございます。

それから、最後に現況と今後の方向性について、36ページでございますが、世界的に特にA I・数理の解析が非常に進んでおりますので、私どももそこに力を入れるということをやっております。

それから、ディジーズモディファイングセラピー型の薬がだんだん多くなってきておりまして、そういうものは超早期からの病気の予防にも使えるんじゃないかという報告が世界的に出始めておりますので、そういうものとどういう関係にあるかということをご今後考えていきたいと、そういうことでございます。

以上でございます。

○宮園議員 どうもありがとうございました。

それでは、引き続き内閣府科技事務局未来革新グループの服部参事官より戦略推進会議における有識者からの御指摘事項について報告をお願いいたします。

○服部参事官 ありがとうございます。

それでは、私の方から毎年度このムーンショットについてフォローアップを行っていただいております戦略推進会議、宮園先生と梶原先生と波多野先生にも御参画いただいて議論を進めさせていただいておりますが、そこでの御指摘事項について御説明を差し上げていきたいと思っております。

目標2というページを御覧ください。

今後の臨床研究を見据えたインパクトのあるテーマへの集中などターゲットやポートフォリオの見直しの検討というようなカテゴライズをさせていただいておりますが、今後、人への臨床研究に入るとお金が掛かっていくことになる。このまま全てのテーマを継続していくのか、優先順位をつけるといった考えがあるのかどうかといった議論。数理分野の重要性について、プログラムがスタートした5年目に比べると圧倒的に外部環境変化が大きく、当初想定していたものより数理分野でのブレイクスルーが可能になっている。これらを踏まえて、抜本的にプログラム全体の構成の見直しや資源配分を変える必要があるのではないか。また、超早期の定義について、疾病によってこのムーンショット2でございますと、がん、糖尿病、認知症、ウイルス感染症とございますが、進行速度が異なる中でどのくらいの期間をもって超早期というのかイメージがし難いのではないかと御指摘がありました。

次の点、臨床研究に向けた考え方の整備でございますが、非常に早く疾病を予兆することで予防法ができるのか、それともより高い治療効果が上げられるのか、この二つのどちらかがないと早く知っても意味がないので、そういった進め方ということが重要じゃないかという御指摘がありました。

また、数理・データベース×メディカルへの支援の拡大、目標2、目標7との連携の点でございますが、AI分野の発展が激しい中で、この分野におけるAI研究者の人材は多くない。

そういった意味でも目標7との目標間連携が必要であるということ。得られたデータは貴重で、海外との温度差を実感しているというような御指摘。また、これはMSに限ったことではないのかもしれませんが、数理を応用したライフサイエンスは世界中ですさまじい投資競争になっている。少しずつやっていますでは全然追いつかないものがたくさん出ている。人材についても日本は決定的に不足しており、これまでライフサイエンスに従事していないデータサイエンティストを大量に引っ張り込むなど、大胆な動きを取るタイミングではないのかというような御指摘を賜りました。

以上でございます。

○宮園議員 ありがとうございます。

それでは、ただいまの御説明につきまして御意見、御質問がございましたらどうぞよろしくお願いいたします。いかがでしょうか。光石議員。

○光石議員 3点ほどお伺いします。超早期の話に結構ウエートがおかれていると思います。企業レベルの話が出てきていますが、公共政策的な社会保険といった点の準備はしておかなくてもよいのでしょうかというのが1点目。

2点目はE L S Iの話が出てきましたが、これは各課、ここで対象とされているがんとか糖尿病とかいろいろありましたが、そこで共通的なのか、あるいは個別で結構違うのかということ、それから、3番目で、アドバイザー追加ということですが、主にどういう面についてアドバイスを頂く予定なのかという以上3点についてお願いします。

○祖父江PD どうもありがとうございます。

社会保険というのはいつも話題になることございまして、これをどう考えていくのかということですが、社会保険は本来的には疾患が起こって、その後、薬を投与するということに対して社会保険というのは加味されておりますので、病気が起こる前から何かインターベンションしていこうということになると、これは今までの社会保険の概念からは超えてくると思います。それをどういう形で社会システムとして確立していくのかというのは、実は非常に大きな問題でして、予測・予防に関しては今PMDAでそれなりのアクセプションがありまして、そういうものは結構先ほどの企業連携なんかでも主に予測、予防というインターベンションよりは予測するということについてやっているんですが、それに予防ということを取り込もうと思うと、それは患者じゃなくて正常な方にインターベンションすることになりますので、これはなかなか病気を持った方へのインターベンションの今までの社会保険の考え方は異なってきますので、そこはかなり議論が必要というように思っております。これを今いろ

んなところと連携しながら、内閣府の方でも一緒に考えていきたいと思いますという形にはなっているとしますので、是非よろしくお願ひしたいなというように思っています。

それから、E L S I で先に知らせてもらう、あなたはいずれこういう病気になりやすいですよとか、そういうことを知らせてもらうということについては、やはりかなり温度差があるというように感じます。ただ、その細かいデータはまだ持ち合わせておりませんで、先ほどおっしゃったようながんなどに比べると、糖尿病、代謝疾患などはかなり受入れを日常的にもう今はされているところがありまして、早く知らせてほしいと。ただ、がんなど、特にここでやっている膵臓がんなどは、今ほとんど見つけたときはもうそれで終わりというような感じでございますので、それを何とか乗り越えて予防という道が見えてくると、その辺の受取り方はがらっと変わってくるだろうというように感じているところであります。

それから、アドバイザーは、この領域のアドバイザーはなかなかおられません。予測に関してのアドバイザーは結構お見えになるんですが、先ほど申し上げましたように、これは予防的にインターベンションしてどうしていこうということに対しての社会システムを含めたアドバイザーです。薬でいう創薬研究みたいなもののアドバイザーはたくさんお見えになるんですが、製薬メーカーもこれは非常に重要な領域だということは認識しながら一緒に実はやっているんですが、そののところも本当は一緒になっていくということが必要だと思ひまして、それは一緒になってやっているんですが、今は実際にPMDAレベルでの取れるものがかなり増えてきていますので、予防という領域の中でも。インターベンションとは違いますが、そういうものを主に開発の中に入れていくということでもあります。それができるようになると、次のインターベンション型予防ということにも考え方としてつながってくるんじゃないかということを実想しながら今は進めているところでございます。

○光石議員 ありがとうございます。

○宮園議員 佐藤議員、お願いします。

○佐藤議員 どうもありがとうございます。

3点あります。一つは先ほどの国際動向の分析です。この分野は日進月歩というか、進歩のスピードが非常に速いということだと思いますが、国際動向における我々の動向の立ち位置というものがアジャイルにフォローされるという仕組み、要するにその時々状況というのが遅滞なく自分たちの立ち位置を分かるような、そういう仕組みというのはできているのかどうかというのが気になります。つまり例えば2024年の状況が分かっても2026年でも24年の状況しか分かっていないということになると、もうその間で急激に他国のレベルが進化して

我国が遅れを取っているという事もあり得ると考えます。その辺は競争戦略として非常に重要なことだと思いますが、その時その時の我が国の立ち位置が分かる様な仕組みがあるかどうか。

二つ目はE L S Iのことに関わる点です。予防というものあるいは予測というものというのは、予想あるいは予防することが必要である人を抽出することはできても、それが完全に治療できるということになっていないと世の中にある種の大きな懸念だけが広がっていくということになってくるので、ウェルビーイングの観点からもこの点をどう捉えるのかということについて、先生のお考えをお聞きしたいなと思います。

3点目は、これは研究全体の話ですが、今5年たって、まだ人のところまでは至っていないわけですが、全体のプロジェクトのスケジュールとして巡航速度で走っているというようにお考えになっているのかどうか、あるいはここまで来て、その間に分かってきたことを踏まえると残りの期間はもう少し長く捉えていかないといけないという面があるのかどうか。人の育成とかA Iの活用とかも含めて、そういうものが見えているとすればどういうことをお考えになっておられるのか、御意見があったら伺いたいということでございます。ありがとうございます。

○祖父江PD どうもありがとうございました。

まず、一番最初の国際的なベンチマークをタイムリーに把握でき、モニターできているかということですが、これはなかなか実はそういうシステムチックなものはまだ持ち合わせておりません。ただ、国際アドバイザリーボードというそれなりの関係があるところからの方を呼び込んでアドバイザリーボードにしているグループが幾つかありますので、その議論の中では出てきているんだと思います。

それから、もう一つは今回あのような形で最初の頃に2枚ぐらいスライドを使って論文ベースですが、論文になったときには既に遅いということなので、本当はもっと早くやらないといけないと思いますが、テンプレートが一応できていますので、それを次に使うことによって、1年ぐらいはタイムラグができちゃうかもしれませんが、見ていくということが可能ではないかなというようには考えております。

それから、もう一つはE L S Iのことですが、先生おっしゃるように例えば遺伝子オリエンテッドの難病とか致死的な病気というのも非常に浸透率の高い疾患だとしても、必ずしも全員が例えば死亡してしまうとか発症してしまうとかということになかなかないんです。ですが、先生おっしゃるように、もし発症した場合にしっかりした治療の体系があるというのが予防の価値に1対1でつながってきていると思います。

私どもの今の研究の中では、今日具体的に分けて話しておりませんでしたので、分かりにくかったかもしれませんが、例えば炎症性の腸疾患なんかは分子レベルまで既に落とし込んでおります。ですから、その分子をどうマニピュレートするかということ動物レベルですが、きちっと抑えられるということが分かってきたのが幾つかありますので、それを分子レベルまで抑え込んでおりますので、それはもうかなりパラダイム的に人に持っていくものに近いんじゃないかなというように、治験と同じかどうか分かりませんが、違うパラダイムを考えないといけません、持っていける近いところまで来ているのが幾つかあるということだと思います。

それから、先ほどのRNAウイルスの重症化とか炎症性腸疾患とか糖尿病のネットワークを予防していくというようなことについては分子レベルまで落としてありますので、それは薬の治験とはやり方はもちろん違いますが、ものを取っているという点で力があるんじゃないかというように思っております。

最後の今までの5年と今後の5年はどういう関係にあるか、更にその後の2040年、50年との関係をお聞きになっておられたと思いますが、実はこれ5年間といっても最初の2年間はほとんどデータが出てこなかったんです。ですが、これはこんなことができるかなというように皆さん実はPMの先生方もかなり本気で思っていた時期があります。ただ、この2年あるいは2年半ぐらい、今日お示したような予防とか超アーリーの未病ディレクションというのがだんだん拾ってきて、データが非常に急速に高まってきておりますので、かなりいいペースで今は進んでいるというように思っています。

ですから、これを予測という点での実装化というのは、今大体先ほど出しました今後5年あるいはもう少しの間に実装化できると、そういう種類のものが多いんですが、結構実現できるんじゃないかと思っています。

ただ、先ほども申し上げたんですが、予防法の確立となると、それはやはり時間がかかるだろうと、分けて考えております。

○佐藤議員 今の最後の点ですが、ムーンショットの枠組みの中でそこを全部捉えるということも無理があって、先ほどのベンチマークとの関係もありますが、結局勝たなければ意味がないので、場合によってはムーンショットから外して、企業を巻き込んで社会実装化を急ぐような柔軟な発想を是非お願いしたいと思います。

○祖父江PD ありがとうございます。

一番最初に御質問いただいた選択と集中というんでしょうか、これだけは負けないというところを絞り込んでいきたいというように思っております。どうもありがとうございます。

○宮園議員 菅議員、お願いいたします。

○菅議員 ありがとうございます。

まだ企業との関係とかで具体的なものが見えていないのが残念ですが、もちろん有識者会議の方ではもっと専門の方がいらっしゃるの、具体的なデータを見せて議論されていると信じています。そのうえで、私からは二つほどお聞きします。

一つ目はマウス、寿命が1年ぐらいのものに対して、しかも、マウスは系統でずっと作っている動物ですので、個体差があるにしても非常に少ない個体差で、一方でこれを臨床に今後つなげていこうとすると、もっと人間は個体差がや生活の習慣レベルの違いを考慮しなければなりません。その辺り、どれぐらいの臨床の数をやれば未病という超早期の予測につながるのか、これが一つ目の質問です。まず、この質問にお答えいただいた方がいいですかね。

○祖父江PD どうもありがとうございます。

これも時々聞かれる質問ですが、分子レベルまで持っていった場合と数理で攻めようといった場合で数が違うんじゃないかなという予測が数理の方から実は出ておまして、マウスレベルだと、これは本当の平均値的な印象ですが、10とか数十ぐらいのレベルでやっています。恐らく人となると、その10倍あるいはそれ以上ぐらいの数が必要だろうと。数できちっとどこまでやれるかという本当のエビデンスはまだ取れておりませんので、人の場合は。これからやってみてどうなるかだろうと思いますが、多ければ多いほどいいと思います。

ですから、千・万単位、例えば先ほどの心臓のものは5,000例でやっています。5,000例をずっと前向きに言って、その中で20例見つかったというような形を取っておりますので、大体それぐらいの規模感が人の場合での実証になってくるんじゃないかなと思います。ただ、この中に必ずしもそれだけ集められない疾患もございますので、その辺をどうやっていくのかはケース・バイ・ケースで考えないといけないのかもしれませんが、一つのスケール感だけ申し上げました。

○菅議員 分かりました。

それに関連しての質問ですが、やはり数多くデータを取るということになる、ウェアラブルな何かモニターするシステムを各疾患においてきちっと開発するというのがクリティカルになるのではないかと思います。例えば糖尿病はもう血糖値を測るものがしっかりあって、それをモニターすることによって自分の生活を変えつつ治療に持っていくということが出来るわけですね。ほかの疾患に関しては、超早期あるいは早期でもいいと思うのですが、早期でモニターできるものがウェアラブルになるかどうか、非常にこのプロジェクト全体の意義を生み

出すと私は思うんですが、その辺りの計画というのは本日のご発表を拝見する限り、糖尿病に関しては多分非接触の心電図からというような考え方ですが、ほかのものでもそういうのを展開しようとされているのでしょうか。

○祖父江PD どうもありがとうございます。

今おっしゃっていただいたように糖尿病は心電図から糖尿病のヘモグロビンA1cのレベルを見ることができまして、これは非常に高いレベルで糖尿病状態である、あるいは前振りでありますよということが言えるようになってきました。ただ、ほかの例は先生御指摘のように経時的なウェアラブル型、日常的に自動的にデータが集まって、それが未病状態を判定するところを狙わないと、これは先生おっしゃるように未病予測、発症予測というものにつながらないので、そこが非常に大きな肝だと思っています。

私どもは経時的なデータで最低血液を採るぐらい、年間1回やりますよ、企業なんかでも。あのぐらいのレベルでもものが言えないかというところを今探っております。さらに、ウェアラブルにそれをつなげられないかと。例えば心電図、それから、血圧の変動、それから、脈拍の変動、この三つが加わるともっといろんなものが見えてくるということがございますので、恐らくそういう世界の開発というのが非常に急務だと思っております。ですから、その点は残念ながら今遅れておりましたので、先ほどの心電図なんかは海外IT企業との協働なんかもやっておりますので、そこは世界的な協働も図らないといけないかもしれないなというように考えております。どうもありがとうございます。

○菅議員 期待しております。

ImPACTでも似たようなのがあったんですが、あれがどういう成果につながったのか私ははっきり覚えていないので、またチェックしていただけたらと思います。

○祖父江PD 今後ともよろしく申し上げます。

○宮園議員 ほか、いかがでしょうか。

もしよろしければオブザーバーの先生から何かございますでしょうか。よろしいでしょうか。鈴木議員、どうぞ。

○鈴木議員 よろしいですか。

一つ一つのプログラムはなかなかすばらしいなと思ってお聞きいたしました。それを踏まえて二つばかりコメントをさせていただきます。

一つ目は、データマネジメントのところでは未病データベースでしたか、未病データセットを作ろうというお話があったと思うんですが、このデータベース・データセットがナショナルデ

データベースとどのように関わっていくのかということに関してお聞きしたい。ナショナルデータベースはプライマリーデータの集まりですが、これは日本にとって実はたいへん価値のあるものです。国民のウェルビーイングを高める役目としてのファンクションが高いのはもちろん、それ以上にこの膨大なデータは国家的なアセットなんですよ。大きな財を生む。プライマリーデータベースを整え、その上でセカンダリーユースとしてデータを活用して治療や、あるいは予防に基づく未病対策というものを生み出すこと自体が産業なんです。ですので、膨大な医療データというものの自体が実はビジネスの基になるのです。例えばアイスランド、リトアニア、フィンランド、あるいは最近では韓国や台湾等が自国民のデータセットを有していて、これをどのように活用しようか、更にクロスボーダーでどのように展開していこうかということまで考えています。データそのものをアセットにしていくという考えと、セカンダリーユースとして産業化をどう育てていくかという辺りを全体として考えていくといいかなと思うのがまず1点目の話です。

それから、2点目についてはポストコロナのところでも申し上げたのですが、様々な国の機関がこの領域、特にヘルスケアに取り組まれています。S I Pでも、それから、厚労省のDX推進等も関わっていますよね。そういうものを含め、国が行っているプロジェクトやプログラムの全貌を事務局の方にまとめていただきたいと思っています。その全体像を踏まえ、どこに資金を集中したらよいか、長期、短期で見てどうバランスを取って注力していくのがよいかといったことを我々は有識者として申し上げなければいけないのに、全体像が見えていない中で、個々のプロジェクトを切り出して判断しなければいけないことに違和感を感じています。また次のところでも申し上げるかもしれませんが、事務局には是非とも国全体でどういうプロジェクトがあり、予算規模はどうなっていて、どのようなタイムフレームでプロジェクトが完了すると見込んでいるか、というような情報を纏めていただきたいです。全てに取り組むことは出来ないと思いますので、長期プロジェクトと短期プロジェクトのバランスを取りながら判断していくことが大事だと思いますので、よろしく願いいたします。

以上です。

○宮園議員 ありがとうございます。

少し時間が押しておりますので、手短に御回答をお願いいたします。

○祖父江PD どうもありがとうございました。

今本当に素晴らしいサポートを含めた御質問を頂きまして、ありがとうございます。私どももこのデータベース自体は、先ほど申し上げましたように未病のデータベースというのはきち

った形で作っていきという形でデポジットされているものが世界で今はないんですね。ですから、これは我が国初の非常に大きなミッションに今後なっていくと思いますので、是非国あるいは企業、あるいは国として、そういうもののスケール感でサポートを考えていただけると有り難いなというように思っております。

それから、ヘルスケアの中で国が絡んでいるものの全貌を見た上でその位置づけをなささいという御指摘でございましたが、それは本当にありがとうございます。まだ十分できておりません。これは、非常にヘルスケア関係のものはレベルもかなり違っておまして、エビデンスのはっきりしないものからエビデンスのしっかりしたものまであって、私どものものは動物実験を含めているということもあって、主にはエビデンス型のプロセスを踏んでおります。ですから、これがきちっとすれば本当に効くものが取れてくるということだと思いますので、その辺の関係も含めながらまたいろいろサポートあるいは御意見賜ればというように思います。どうもありがとうございます。

○宮園議員 もしよろしければ梶原議員から。

○梶原議員 戦略推進会議でもコメント等いろいろございましたが、やはり一番気になるところが数理データベース、メディカルに対する拡大、これから伸びていくと資料上にもありますが、数理のところは今までにない横連携で進んでいらっしゃるという中で、一つ気になるのは目標7が同じように、がん、糖尿病、認知症をターゲットにして、はAMEDが進めています。こちらはJSTが進めていますが、やはり連携すべきところですか数理のところの要素の加速とか、お互いうまく連携して、もっと加速すべきところは一緒にやっていくべきだと思いますので、そこは是非よろしく願いいたします。

必ずしも目標7でそれを声高に言っているわけではないので。目標2が先に行っており、目標7はもう少し後ろから走っているかと思うんですが、よろしく願いいたします。

○祖父江PD ありがとうございます。

これはいろんなところでお聞きする御指摘でございまして、現実には目標7と目標2で特に若手を中心にするメソッドの共有ということをやっています。その中で非常に大きいのは数理を共有しようということでありまして、先生おっしゃるとおりであります。それがうまくいくといいなと思いますが、目的にしているポイントは違っていますので、目標7はどちらかというとウェルビーイングの最後のところをウェルビーイングしていこうと。こちらは発症そのものということになっていますので、そこはずれるんですが、数理は非常に共通化できると思っておりますので、今後ともよろしく願いいたします。

○宮園議員 どうもありがとうございます。

大変活発な御議論を頂きまして、ありがとうございました。

それでは、次に移らせていただきまして、議題2のムーンショット型研究開発制度CSTI5年目評価ヒアリングの目標6、報告者を交代いたしますので、少々お待ちください。

(説明者入替え)

○宮園議員 それでは、目標6について北川PDから御説明をお願いいたします。説明時間は15分となりますので、よろしくお願いいたします。

○北川PD それでは、目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」に関しまして、PDの北川から報告させていただきます。

4ページを御覧ください。

目標6の目指す社会像は、誤り耐性型量子コンピュータのスパコンを超える計算能力によって、地球規模の社会問題が解決された未来です。例えば量子コンピュータで光合成や窒素固定を解明して、それを模倣することが期待されます。

5ページを御覧ください。

化学肥料の原料となるアンモニアの工業的生産は100年前から高温高压下のハーバー・ボッシュ法で行われており、人類はこれに全消費エネルギーの2%内外を消費していると言われています。一方、マメ科植物の根に寄生する根粒菌は酵素反応によって、常温常圧下で空気中の窒素がアンモニアとして固定されます。根粒菌が行っている窒素固定の酵素反応を解明し、それをまねすることができればアンモニア生産を大幅に省エネルギー化することが期待され、食料、エネルギー、地球温暖化の問題を同時に解決することが期待されます。光合成についても同様でございます。

6ページを御覧ください。

この酵素反応には50個以上の電子が複雑に関与しておりまして、スパコンでも厳密な計算は困難です。酵素反応というのは触媒反応ですから、ほんの僅かの化学エネルギーの差を使って反応を促進するわけです。したがって、通常の化学計算より非常に精密な化学計算が必要になります。しかし、2017年に誤り耐性を持った量子コンピュータなら2,000論理量子ビットで10の17乗ゲートの手間で必要な精度の量子化学計算ができることが分かりました。さらに、2021年には10の10乗ゲートでできるアルゴリズムが開発されて、ゲート数が7桁削減されました。

7 ページを御覧ください。

一方、今実現している量子コンピュータの性能は物理量子ビット数が100から1,000程度、ゲート当たりの誤り率がベストでも0.1%、10のマイナス3乗程度です。計算の成功確率は1,000ゲートなら37%で、3回に1回は成功いたしますが、1万ゲートでは0.0045%となってほとんど成功いたしません。つまり誤り率 p がゲート数 g の逆数以下でないと計算は成功いたしません。現状の誤り率というのは10のマイナス3乗と先ほどのアプリケーションが要求する10のマイナス10乗の間には7桁の大きなギャップがあり、これは量子ビット、量子ゲートの物理的な改善だけでは到底埋められません。そこで、量子誤り訂正を行いながら、高精度の計算を行う誤り耐性量子コンピュータ FTQC の実現が待望されています。

8 ページを御覧ください。

多数の物理量子ビットに量子誤り訂正を行って、一つの論理的な量子ビットとして使うわけですが、誤り率0.1%の場合は一つの論理量子ビット当たり500程度、2,000論理量子ビットでは100万物理量子ビットが必要となります。また、誤り率が0.01%なら1論理量子ビット当たり100程度、2,000論理量子ビットでは20万物理量子ビットが必要になります。つまり現在の物理量子ビットは質、誤り率の低さ、それから、量、量子ビット数ともにまだまだ足りないというのが現状です。

9 ページを御覧ください。

このように現状の量子コンピュータと本来の量子コンピュータの性能を発揮できる誤り耐性型の間には大きなギャップがあり、それを埋めようというのが目標6の研究開発です。やるべきことは量子ビットの量を増やして冗長性を持たせ、量子ビットの質を上げて誤り率を低くする、誤り耐性閾値より低くする、量子誤り訂正を行いながら大規模な計算を行うということです。

10 ページを御覧ください。

世界的な状況ですが、昨年8月にグーグルが105量子ビットの超伝導量子コンピュータで量子誤り訂正を行い、97物理量子ビットを使って実際に訂正前よりも誤り率の低い1論理量子ビットを実現したというのが最新の結果です。まだたった1論理量子ビットで誤り率もアプリケーションの要求レベルから程遠いです。論理誤り率を何桁も下げて、論理量子ビット数も少なくとも数千まで増やさなければ冒頭に紹介したようなスパコンを超える量子化学計算はできません。これはグーグルにとっても我々にとっても誰にとっても極めてハードルの高い挑戦

的な研究開発であり、人類はまだそのスタートラインに立ったばかりと言えます。

11 ページを御覧ください。

現在、超伝導、イオントラップ、光量子、半導体、中性原子の主要な五つの物理系で世界的に研究開発が行われており、目標6もこれらに競争的に取り組んでいます。巨大IT企業やベンチャー企業を中心に野心的なロードマップを発表しており、2030年までにおおむね100論理量子ビットを目指しているところです。

目標6の現状についてですが、ページが飛んで大変恐縮ですが、46ページのポートフォリオを御覧ください。2020年に公募により超伝導、イオントラップ、光量子、半導体の四つの物理量子ハードウェアプロジェクト、量子通信の二つのプロジェクト、誤り耐性の理論プロジェクト、合わせて七つのプロジェクトを採択いたしました。2022年に追加の公募を行い、半導体と中性原子の二つ、計三つの量子ハードウェアプロジェクト、量子通信ネットワーク、誤り訂正システムの古典部分の合わせて五つのプロジェクトを採択してポートフォリオを強化しました。有望な複数の量子ハードウェアを競争的に研究開発し、横串の量子通信ネットワーク、誤り耐性のプロジェクトと連携するという体制です。このポートフォリオは国際的な中間評価でも非常に高く評価されました。

それでは、12ページにお戻りください。

目標6は2030年のマイルストーンとして量子誤り訂正が可能となる規模の量子コンピュータを開発し、量子誤り訂正を実行して、その有効性を実証することを掲げました。その手前の2025年のマイルストーンとしては、その規模まで量子ビット数を増やすことのできる技術と量子誤り訂正方式の開発を設定し、この5年間研究開発を推進してきました。ここでは世界トップレベルの特筆すべき成果の一端を御紹介いたします。

13 ページを御覧ください。

光量子の古澤プロジェクトでは、NTTの5G、6G技術を活用した導波路型光パラメトリック増幅器を用いて、光の論理量子ビットの生成に世界で初めて成功しました。また、アナログ光量子コンピュータの実機を開発して公開しています。

14 ページを御覧ください。

シリコンの樽茶プロジェクトでは、世界トップレベルの1量子ビット誤り率や誤り耐性閾値をクリアする2量子ビットゲートと測定の誤り率を実現いたしました。

15 ページを御覧ください。

中性原子の大森プロジェクトでは、独自の超短光パルス方式により世界最速の2量子ビット

ゲートを実現いたしました。

16 ページを御覧ください。

理論・ソフトウェアの小芦プロジェクトでは、大規模誤り耐性型量子コンピュータの最適設計を可能とするクロスレイヤー協調設計モデルを構築し、超伝導、それから、標準的な表面符号と言われる誤り訂正符号に適用可能にいたしました。さらに、量子誤り訂正、誤り耐性について世界トップレベルの理論的成果を次々に出しており、効率的な FTQC のアーキテクチャ、FTQC に至る手前で実現可能なアーリー FTQC アーキテクチャ、更には FTQC の最難関と言われる魔法状態蒸留の効率的な手法を提唱いたしております。最後の成果はグーグルによる更なる効率化の発見につながるなど、誤り耐性量子コンピュータの実現に大きく寄与する結果と目されております。

17 ページを御覧ください。

プログラムのマネジメントで特筆すべきことは、2024年7月に3日間の合宿を行い、1,000名中、これは目標6の参加者が全部で1,000名程度ですが、そのうちの300名の研究者が参加して、研究の教育と熱心な議論を行いました。このときのテーマは3月の段階で私が設定いたしまして、2030年に何を目指すべきか、そのためには2025年までに何をやっておくべきかということを議論いたしました。

18 ページを御覧ください。

国際連携については、2023年7月に目標6の国際会議を東京で3日間開催いたしました。また、国の量子技術イノベーション拠点主催の国際会議 Quantum Innovation に2021年の初回から毎回共催しており、特に今年は国際量子科学技術年の IYQ グローバルイベントとして7月29日から5日間、万博に合わせて大阪で開催いたします。その中で目標6のこの5年間の成果報告も行います。

19 ページを御覧ください。

産業界との連携ですが、目標6は12PMのうち3PMが民間企業所属、参画機関45のうち15が民間企業、うち4社は量子スタートアップで比較的産業界からの参画が多い方です。しかしながら、目標6の達成には製造業やコンピュータ産業の本格的な参入が不可欠であると考え、連携強化を模索しております。産業界から関心の高いテーマ、FTQCに期待されるアプリケーション、FTQCにどれだけ近づいたのか、オンラインのミニシンポジウムを行い、毎回300名超の参加者中、過半数が企業からで大変好評を頂いております。

20 ページを御覧ください。

社会実装について御紹介いたします。古澤プロジェクトがアナログ光量子コンピュータの実機をクラウド公開いたしました。また、OptQCを起業し、シードラウンドの調達を行いました。山本剛プロジェクトのアルバック・クライオとアルバックが希釈冷凍機を開発しました。同プロジェクトではこれを用いた純国産超伝導量子コンピュータを開発し、万博でクラウド公開する予定です。

山本俊プロジェクトの浜松ホトニクスが世界最大級の32チャンネルの超伝導光子検出器を開発しました。これは仙台で開催されたG7科学技術大臣会合で展示されました。

大森プロジェクトから中性原子量子コンピュータのスタートアップが誕生いたします。目標6全体の大規模なアウトリーチとして、万博でバーチャル展示Future of Quantumを展開しています。現在、「いのちの未来」パビリオンの常設パネルからQRコードでアクセスできるほか、今後、量子関係の展示で活用してまいります。

次です。22ページを御覧ください。

今後の方向性ですが、まずは国際的な中間評価で頂いたコメント、要素技術のインテグレーションによる量子コンピュータシステムの開発加速、アプリケーション、コンピュータサイエンス、特にアーキテクチャの参画への対応を行っています。それらに加えて2030年に向けて若手、新規の参入、産業界からの更なる参画を促すため、ポートフォリオの大胆な再構築が必要と考え、ステージゲートとしてプロジェクトマネジャーの公募を行っています。

23ページを御覧ください。

ポートフォリオとしては、この評価の高かったポートフォリオを基本的には踏襲するんですが、ハードウェアを各方式最大1プロジェクトとし、横串の通信も量子バス・量子通信ネットワークの最大1プロジェクトとします。また、横串としてアプリケーションのプロジェクトを追加いたします。

24ページを御覧ください。

目標6のプログラムとしてのマイルストーンも表現を変えたいと考えています。2030年には小規模又は部分的な誤り耐性を持つ量子コンピュータの実現のPoCを目指します。2040年には中規模な誤り耐性量子コンピュータの実現、スパコンを超える有用計算を可能にするものを目指します。現在のNISQベース、NISQというのは現在誤りのある中規模な量子コンピュータですが、そのNISQをベースとした表現から誤り耐性量子コンピュータを目指すことをより明確に表現しています。また、分散型という手段の限定を外しています。量子コンピュータシステムについては2030年に世界に伍するものを目指すこと、将来研究開発

の中核となる企業を入れることなどを求めています。目標6の社会実装が最終的にはアプリケーションを通して行われることから、アプリケーションのプロジェクトにELSIも担当していただきます。

私からの報告は以上です。

○宮園議員 どうもありがとうございました。

引き続き内閣府科技事務局未来革新グループの服部参事官より戦略推進会議における有識者からの御指摘事項について報告をお願いいたします。

○服部参事官 目標6の部分を御覧ください。

誤り耐性型量子コンピュータの早期実現に向けたターゲットやポートフォリオの見直しの検討というようなカテゴリーでございます。

国際連携が鍵となり、経済安全保障の対象となる中で、国際的なオープンとクローズの戦略をどう捉えるのか。五つのハード方式において企業が参画しているのかというような議論もありました。また、アーキテクチャ分野などの人材が不足している中でどう確保していくのか。行き着く先の未来として、人工光合成や人工窒素固定といった言葉が出ているが、それを含めて人間社会にどのような影響を与える研究なのか、国民に向けて分かりやすく示していく努力が更に必要ではないのか。また、限られた予算と限られた人材の中で、ハードウェア方式の選択と集中といった考え方もあるのではないのかというような御指摘がありました。

2点目、人材育成の強化の部分でございます。ムーンショットでは、全プロジェクトに対し若手の人材育成を強化するよう、指針の一部改定等予定されているが、目標6においてはグローバルな人材も必要と思うが、それらを含めた戦略はどう取るのかといったような御指摘がございました。

以上でございます。

○宮園議員 どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの御説明につきまして御意見、御質問がございましたらよろしく願いいたします。いかがでしょうか。

光石議員。

○光石議員 御説明ありがとうございます。

海外に対する優位の話について、これから日本も競争、競合していく、もっと優位に立ちたいということですが、先ほどの46ページを見たときに、個々の技術は世界的にも優位にあるような人もいる気がしますが、縦串、横串というものを作ると、そういう構成をすることによ

って優位を保てるのか、それともやはり個々をもっと強くしていくのか、その辺の戦略を教えてくださいませんかというのが一つと、企業が幾つか入っていますが、これらはお互いにすみ分けができるのか、それとも競合状態を保つことによってより高いものを目指していくことになるのか、その辺の戦略も教えてくださいませんか。

○北川PD まず1点目ですが、この46ページのポートフォリオ、それから、それを踏襲した新しいポートフォリオですが、縦串と横串に分かれているというのは、これはどちらかという限りあるリソース、リソースというのはお金に限らず人的リソース、研究者の数等を考えて共通化できる部分を横串として共通化することによって、リソースを最小限に抑えながら最大限の研究開発をするための戦略として立案したものでございます。将来的には、基本的には量子コンピュータシステムを作るハードウェア、ハードウェアと書いていますが、ソフトウェアも含めまして量子コンピュータシステムを作るプロジェクトがそれぞれそれに必要なものを全てその中に内包するというのが恐らくそういう形に推移していくと思うんですが、現在のところ、それを全てのプロジェクトがそれをやりますと、人も足りないしお金も足りないという形でこういう形になっております。それと、そういう意味では縦串も横串も世界的にもかなり強い方がPMをやっています。

それから、2番目の御質問ですが、参画している企業は物理系でいいますと、それぞれ割と分散してしまっていて、例えば半導体であるとか超伝導とか、それぞれに割と分散して参画しています。日本の企業はそんなに量子コンピュータに本格的に取り組んでいるところは、今のところ富士通しかないの、富士通はここに入っていないんですが、今後それぞれの量子コンピュータシステムのカテゴリーのところには少なくともそれを中核として担うような企業が1社ずつぐらいは入っていただかないといけないかなというように私どもは考えております。

以上です。

○光石議員 前半の方で個々に強い人を入れるのはもちろんそうですが、こういう体制を組むことによってより強化できるという理解でよろしいですか。

○北川PD そうですね。横串プロジェクトのメリットはリソースを節約すること、それから、専門性の高さです。例えば誤り耐性、誤り訂正のシステムにつきましては、それぞれ専門家、理論の専門家、これは世界的なハイレベルの理論家集団がいますし、また、訂正装置を作ることに関しては、どちらかという量子コンピュータの専門家というよりは古典の半導体であるとかコンピュータあるいはシステムの専門家の方が専門性は高く、レベルの高い研究開発ができますので、割とこのポートフォリオ、縦串、横串を組むことによって初めて強くなる部分と

いうのはあります。

グーグルとかIBMというのは垂直統合で、全て自分の社内で閉じてやっているわけですが、日本の場合はリソースが限られているということもあり、そのような横串として別の集団の専門性を生かしていただくということが強みにつながるというように考えています。

○光石議員 ありがとうございます。

○宮園議員 ほかにいかがでしょうか。

では、佐藤議員、よろしいですか。

○佐藤議員 どうもありがとうございました。

一つ目はこのコメントの方にも書いてあるんですが、国際連携ということについて私は東大のQIIの活動に関与していた為IBMの動向はよく知っているつもりですが、この間、ビット数ということと言うと、彼らはゲート方式ですが、着実にビット数を増やしてきています。どこの方式が勝つかというのは分からないわけですが、何らかの形で国際連携というところを活用しない限り、なかなか我が国だけというわけにもいかないとなると、どことどのような国際連携の方針、戦略を持っておられるのかというのは、もう一度確認しておきたいと思います。それが1点目です。

加えて、その場合に研究セキュリティの問題が非常に重要になってきているので、その点についてどうお考えになっているのかということも併せて伺えればというように思います。

それから、2点目。これは私の理解ですが、日本の場合にはコンピュータそのものの開発ということももちろんですが、ユースケースでの優位性というものを追っていくという一つの大きな戦略があるのだらうと思っています。この五つの方式どれを取っても誤り耐性という意味では100%のレベルにするには相応の時間が掛かるわけですが、それぞれの段階でユースケースの戦略で日本が先行していくという道筋があり得るのではないかと思います。例えば、スーパーコンピュータとのハイブリッド方式でのユースケースなども日本が進んでいると聞いています。この五つの方式の開発の中で100%誤り耐性を実現する前でもユースケースに落とし込んで、その段階で例えば2030年から35年ぐらいまでの間は部分的に勝っていくといった戦略が北川先生としては可能性があるとお考えかどうか。以上2点お伺いしたいと思います。

○北川PD 佐藤議員、ありがとうございます。

国際連携に関しましては正に二つ御指摘されたことが非常に相反しておりまして、ムーンショット研究開発事業全体としましては、国際連携をどんどんやるということを言われているん

ですが、一方、それらの産業化をにらんだ場合、どうしてもオープン・クローズ戦略、国内でもオープン・クローズ戦略を取らなきゃいけないと。このオープン・クローズ戦略は私も大学でやっているんですが、非常に難しく、どこをオープンにしてどこをクローズにするかというところで、海外企業と連携した場合にはそこが非常に難しくなっています。

今、実は中性原子のプロジェクトに海外の企業が参画しているんですが、ここは非常にハンドルが難しいと考えています。非常に悩ましく、また、セキュリティの問題に関しましては、これを現場の例えば研究機関であるとか大学に押し付けてしまうと、現場の研究者はもう身動きが取れないので、これは国としての方針を決めていただいて、それに従って現場は粛々とやるということが望ましいのかなと。研究者に余計な負担を掛けたくないということもございますので、そこは本当に国の方でしっかりやっていただければと思います。特に大学の方は留学生を増やせということも言われておまして、これは割と近い国の留学生が非常に多いと、国立の有名な大学では。そういういろんな状況がありまして、非常に現場の研究者、教員は非常になかなかハンドルが難しいということがございます。そこは本当に悩ましいなと思っています。

最初の御質問に戻りまして、国際協力というのはどうかというと、実は途中で申し上げましたように、これは今一番進んでいるのは多分私の理解では商売としてやっていない、純粋に研究としてやっているグーグルが一番進んでいると思うんですが、そうは言ってもグーグルでもあのレベルということで、まだまだ本当にスタートラインに立ったばかりと。日本もおそらく後から10年後、20年後から見た場合は、別に日本も全然劣後しているわけではなくて、そのスタートラインには少なくとも立っていると。一部理論とか例えば光とかでは、少なくとも半導体の一部とかでは世界最先端にいるというように自負しております。

なので、現段階ではどこかと協力関係を結ぶというのは、将来にわたって縛られる面もありますので非常に難しいと。今は我々の頂いたリソースを最大限に活用して、2030年までに世界と伍するような状況にそれぞれのプロジェクトあるいはプログラム全体として持っていくというのが多分喫緊の課題かなと考えております。

○北川PD ユースケースに関してですが、実は国際的な中間評価で我々は余りユースケースという言葉を使わないんですが、アプリケーションを考えた方がいいというサジェスションを頂きました。それはなぜかといいますと、FTQCといってもピンからキリでありまして、最初に御紹介したように実はかなり大規模なものがないと計算できないんですが、その中でもアルゴリズムの工夫によって例えば何桁も簡単になるということもございます。なので、アプリ

ケーションの方からも研究して、アプリケーションの方からどのぐらいのスペックのものが必要なんだということを示していただくということが重要と考えていまして、そのためにアプリケーションのプロジェクトを今回公募しております。

日本では、企業の方はユースケースということをよくおっしゃるんですが、実際に日本の企業がやっているユースケースというのはほとんどが量子アニーリングでありまして、これは余り海外ではされていない、そこが強みなのか弱みなのか分からないんですが、そこに割と集中されていて、我々から見ると、それは結構リスクなことと考えています。

もう一つはNISQです。今の量子コンピュータ、誤りのある量子コンピュータ、これは先ほど私が説明しましたように割と原理的な限界が見えていまして、ここに余り傾けていっても難しいのかなと。正直申しまして、量子アニーリングとNISQに関しては、それぞれの中で世界のどこと勝つかということはあるけれども、古典に勝つかどうかという1点において理論的な証明がないわけです。理論的に古典に勝てることが分かっていないものにどれだけ傾けるのかというのは、我々としてはむしろFTQC、目標6の目指している誤り耐性量子コンピュータというのは、唯一古典に勝てることが確実に理論的に証明されているものですから、これにリソースをかけて粛々とこれを長期的に実現していくというのが一番量子コンピュータの未来としては明るいのかなというように私自身は感じております。

○佐藤議員 ムーンショットと離れてしまうかも知れませんが、今言ったのはNISQとかアニーリングも含めて、40年までをユースケースで勝ち進むという戦略は、日本としては意味があると先生は考えますか。それともそういうところで余計なエネルギーを使うなという話になるのでしょうか。

○北川PD 非常に正直に言わせていただければ、理論的に証明されていないことにかけるのは、非常に私はリスクだと考えています。研究としては一番面白いんです。それは分かっているんで、量子アニーリングで古典のこういうことはすばらしい、それから、NISQでそういうアプリケーションがあったらすばらしい。だから、研究者は非常にこの分野が好きなんです。なぜかという、リスクでまだ分かっていなくて、もしかしたら自分が世界で初めてそれを見つけることができるかも知れないから。研究としてはエキサイティングだが、私は非常にリスクだと思っています。研究者はリスクなものが好きなんです。英雄になる可能性があるから。

ただ、FTQCは作れば確実に人類に貢献することが分かっているが、非常に難しい。でも、これもそういう意味でのリスク。多分グーグルにとってもIBMにとっても誰にとってもリ

スクは同じです。なので、私は日本はここを是非頑張るべきだと思っていて、特に理論の分野では本当に先ほど紹介しましたが、小芦プロジェクトの中から出ている最近の理論とかでは、最近グーグルが発見した、これは符号法の解になるかも分からないというすぐ一歩手前までいっていて、それにヒントを与えたということもありますし、それに関して言うと、ムーンショットが始まるはるか前の2014年ぐらいから今は東芝におられる後藤さんという方、理研とも兼任されていますが、後藤さんが最初に始められて、最近では阪大の藤井先生がそれを更に発展させて、それを最後更にグーグルが発展させて、これによってこのFTQCの実現が恐らく5年、10年は早くなったかもしれないというのは大きな成果なんですね。そういう意味でも科学としてのコラボレーションを特定のところとしなくても、科学全体としてはコラボレーションが進んでいると、そういう状況です。

○宮園議員 ありがとうございます。ほかに御質問ありましたら是非よろしくお願ひいたします。いかがでしょうか。菅議員、どうぞ。

○菅議員 一つだけ、私はこの分野に疎いので、22ページの今後の方向性を見ると、量子の誤り訂正が今度は耐性になっていくということが書いてあると思うのですが、耐性というのは誤りを起こさないという意味なんですか。耐性と訂正の違いを教えてくださいませんか。

○北川PD 誤り訂正というのを一回行うだけだと、少し誤りが減るだけなんですね。誤り訂正をどんどん何回も繰り返しながら計算を行っていくと。でも、それでも誤りは蓄積していくんですね。少しずつ蓄積していきんだが、その誤りが1になる前、つまり成功確率が何十%残っている間に計算結果が出るように一生懸命誤り訂正を続けるというのが誤り耐性でございます。それが先ほどの例えばアプリケーションで言いますと、10の10乗回ぐらいゲートを回している間中、計算が間違いなく進んでいくというのが誤り耐性ということで、誤り耐性といっても未来永劫誤りが生じないわけじゃなくて、必要な計算が終わるまで誤りが生じないようにすると、そういうことでございます。

○菅議員 分かりました。

今、2030年とか2050年とか書いていますが、この目標のスピード感は大丈夫なんですか。

○北川PD これは基本的に世界で誰も誤り耐性型量子コンピュータを本当に使うものがいつできるかと言いつけることができる人はいないと思っているので、これは私のここに書いている2040年にスパコンを超える量子計算が可能というのは、これは私のあくまでも希望です。このぐらいを目指してやらないとなかなか難しいんじゃないかなと。目標はなるべく高く、し

かも、それを早く実現するという目標を掲げて、それに挑戦していく中で進歩するんじゃないかなと思っています。

○宮園議員 ありがとうございます。オンラインで鈴木議員から手が挙がっていますので、よろしくをお願いします。

○鈴木議員 鈴木です。

量子コンピュータで色々と面白いことができるようになりそうだなという期待を持ちつつ聞いておりました、ありがとうございます。産業界から見ますと、トップランナーになるか、あるいはチョークポイントを握れるか、このどちらかを達成すれば勝ちなのですが、先程の説明の最後の方でおっしゃっていた産業界との連携というところで、例えば光検出だとか光子の検出だとか光増幅だとか、あるいは冷却だとかというところでは色々やられている。この辺は日本は実はとても強い強いのではないかと私は思っています。量子コンピュータのアルゴリズムだけではなくて、そちらにまでリーチを広げていくということについてはどうお考えになっているのか、まずお伺いしたいです。

○北川PD ありがとうございます。

この目標6の量子コンピュータを作るためには様々な技術が必要でして、ある意味希釈冷凍機であるとか光検出器であるとかというのは、そのために必要なピースであるわけですが、我々の目標を達成するために新たにそういうものを開発する必要性が生じて、それが産業としてスピナウトといいますか、それ自体が商売になるということは十分あり得るというように考えています。

○鈴木議員 実は日本の産業界はまだ量子に目が向いていない人も結構いるんですが、量子は非常に重要な領域だと思いますので、様々な技術分野・産業を巻き込んで、もっともっと裾野を広げてやっていただければいいなと思います。

これまた内閣府事務局へのお願いですが、量子コンピュータはいい方向に進んでいると思いますが、量子というのは、実はセンサもあるし、いろんな応用があります。先ほど申し上げたことの繰り返しになりますが、量子分野についても、国の取組状況が分かるよう全体像をまとめていただきたいと思っています。

以上です。

○宮園議員 どうもありがとうございます。

それでは、ほかに御意見ございますでしょうか。

では、大野顧問、最後にお問い合わせいたします。

○大野経産大臣科技顧問 御説明どうもありがとうございました。

今、鈴木議員の御質問に関連して、やはりスタートアップにきちんとリスクを取ってもらって様々な周辺を固めていくというのが一つの戦略なんだろうと思いますが、そこについてプロジェクト全体、ムーンショット全体でのスタートアップにエンカレッジする施策といたしますか、方針というか、そういうものはございますでしょうか。

○北川PD ありがとうございます。

現在、これはもちろんエンカレッジしております。といたしますのは、そもそもムーンショット事業自体が2030年までというように今のところはCSTIの方で決まっていますので、それ以降を担う企業が必要だということで、残念ながら先ほど言いましたように日本の大企業で本格的にやっているのは富士通だけですが、だったらスタートアップで、自分たちでやるしかないということで、例えば古澤先生の光量子はOptQCを起業しました。それから、中性原子も多分発表していないだけで起業しています。それから、そもそもその前の段階でムーンショットが始まる前に青木先生のNanoQTは起業していますし、ここに参画している企業、スタートアップはQuEL社やLQUOMなど量子スタートアップと言われるものが4社ぐらい参画しています。ということで、我々としてはもちろんどんどんエンカレッジしているし、実際にその方向に動いているということでございます。

○大野経産大臣科技顧問 どうもありがとうございました。

そういうエコシステムをどうデザインするかということも是非お考えいただければと思います。イリノイ州とかああいうところでスタートアップも含めて大きな産業を創ろうという努力がされているので、我々はそれにどう対応するのかというところを是非お考えいただければと思います。ありがとうございました。

○宮園議員 どうもありがとうございました。

大変活発な御議論を頂きまして、ありがとうございました。時間となりましたので、本日の木曜会合の議題は以上とさせていただきます。

本日はどうもありがとうございました。

午前11時19分 閉会

以上