

総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会 [公開議題]

議事概要

- 日 時 令和5年11月30日(木) 10:00～11:20
- 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室
- 出席者 上山議員、梶原議員、佐藤議員(Web)、篠原議員、菅議員、波多野議員、
光石議員
(事務局)
松尾事務局長、坂本事務局長補、渡邊統括官、大塚内閣府審議官、
藤吉審議官、川上審議官、武田参事官、中川参事官、
(文部科学省)
遠藤研究開発戦略課戦略研究推進室長
(ムーンショット型研究開発制度)
萩田PD(Web)、
北川PD(Web)、
(JST)
中島ムーンショット型研究開発事業部部長、
生嶋ムーンショット型研究開発事業部調査役
(オブザーバ)
橋本内閣官房科学技術顧問
(外務省) 松本外務大臣科学技術顧問、
(文部科学省) 長野サイバーセキュリティ・政策立案総括審議官、
- 議題 ・ムーンショット型研究開発制度 PD報告(目標1)
・ムーンショット型研究開発制度 PD報告(目標6)

○ 議事概要

午前10時00分 開会

○上山議員 皆様、おはようございます。定刻になりましたので、只今より総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会を始めます。

本日は佐藤議員はオンラインでの参加、藤井議員は欠席となります。

議題はムーンショット型研究開発制度PD報告、目標1と目標6です。目標1の萩田PD及び目標6の北川PDにオンラインで御参加を頂いております。

まずは、萩田PDより目標1の取組状況について御説明を頂き、御議論をお願いいたしたいと思っております。

それでは、早速ですが、萩田PDからの御説明をどうぞよろしくをお願いいたします。

○萩田PD おはようございます。目標1のPDをやっております萩田です。

スライドをお願いいたします。ありがとうございました。目標1は2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現する、そのプログラムの進捗状況について御報告いたします。

次、お願いいたします。この順番で説明いたします。

次、お願いします。まず、1番の方で、目標1の位置付けですが、社会領域の中で急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り開くということを担当させていただいております。

次、お願いいたします。少子高齢化時代とはどんな問題を解かないといけないのかということをお我々なりに解釈いたしまして、大きく分けて年齢の3区分の中で高齢者、今こちらで言うと茶色い部分です、ここが2020年から50年で300万人増えて3,900万人ぐらいになると。労働人口の方は、そこに2,000万と書いてございますが、1,800万の誤りですが、修正できなくて大変申し訳ございません。これが7,500万から5,700万人に減ってしまうと。この茶色と緑の部分はどうやって補いますかという問題になりますが、目標1は労働人口が大幅に減少しても生産性を向上でき、しかも高齢者が働きたいうちはいつまでも働ける。そして障害者の方が働く機会を持てる社会を実現する。そのために誰もが自らの能力を拡張する技術革新を起こすというシナリオです。

次、お願いいたします。この技術革新によって目指す社会像ですが、誰もが能力拡張できる複数の分身を持って、好きなときに仕事をするだけで生産性が向上し、生産性だけではやはり無理で、子育てとか余暇、やりたい社会活動などの生活の豊かさも両立できる社会の実現を目指すということを考えております。

まず、生産性の向上ですが、能力拡張できる複数の分身を遠隔操作できるというので、そこにCAと書いてございますが、下の方に、これは誰もが複数の分身を遠隔操作できるようになる技術としてサイバネティック・アバターというものをオリジナルとして提案しております。そのCAの利用者数を増やして生産性を向上しようということです。

結果として、生産性のGDP関連の16市場産業、一番下の方に書いてございますが、この16市場産業の市場産業数が段階的に2050年に向けて増加していくことを目指したいと思います。それと同時に我々はパンデミックを経験しましたので、パンデミックとか災害に対しても強靱な生産性を維持するという生産性向上を目指したいと思います。

もう一つ効率だけで仕事をして複数の分身を使ってやはり疲れますので、そうした生活の豊かさに関するところも両立させないといけないのだということで、主婦・主夫の方が子育てとか介護がある訳で、その中で上の生産性向上にも遠隔から操作できるということで、ゆとりある余暇、好きな社会活動に参加していけるような、GDPの16市場産業には入らないですが非市場産業数、これも増やして行って、生産性向上と生活の豊かさの両立を実現していきたいと思います。

そのときに独り暮らしの方ですとか、障害者の方が自分としての個を注目したいときと、やはりお医者さん等に見守っていただきたいというバランスがやはり十分考慮された上で、CAを用いると必要なときに専門家がアドバイスしてくれるような、そうした安全で安心な健康な日常生活を実現しようと。

ポートフォリオの指標といたしましては、CA利用者数というのはGDPを上げる市場産業数だけではなくて、CAの非市場産業数をどうやって両立しているかというのが指標の一つになるかと思います。

もう一つの指標は、先ほどの年齢区分でありましたCA利用者数で、15歳から64歳の労働人口と65歳以上の高齢者、そして今、ドバイですとかバルセロナで今後実験をしようと思っています外国人のCA利用者数、これを使って生産性を上げていくということを狙っております。

次、お願いいたします。サイバネティック・アバターというのは大きく分けて、今、研究レベルではソシオCAというレベルと体内CAの二つを考えております。ソシオCAというのは個人や集団に対してサービスを提供するCAでして、もう一つ体内の方は、生体内に遠隔からモニターをして見守ってくれるようなものです。今のところ、ここに書いてあるいろいろなCAを開発しつつございます。

次、お願いします。ポートフォリオ的には先ほど言いました縦軸にCAの利用者数、CAの利用分野数が段階的に増えていくということですが、2050年は先ほど言った身体的空間、時間の制約からの解放なので、バックキャストिंगしますと2030年のマイルストーンとして、1人が複数の分身を持って、皆が集まって今までできなかったような遠隔互助できるよ

うなCA基盤、ネットワークインフラストラクチャーを作っていくのと、あと高齢者や障害者が安全で安心なCA生活を送れる。そのためには、2025年のマイルストーンでは自分に合った、例えば障害者ですと障害者の方が使えるようなアクセシビリティのあるCA、高齢者が使いやすいようなCA、一般の主婦・主夫の方が会社の仕事と介護を一緒にやれるようなCA、これを開発すれば一つのフェーズができると。そのためにバックキャストして2023年は、具体的な労働ができるのかと。障害者の方が労働ができる機会を持てるのかとか、いろいろな保育ですとかそうした領域でできるかということ調べています。

その結果、今のところ16市場産業のうちの5つの市場産業でCAの適用可能性があるということを60ぐらいの実証実験を経て明らかになっております。最終的には2050年で労働人口が24%減少しても複数の分身を使うCAで、16市場産業に生産性を向上することを実現したいと思いますし、CAの利用者の健康管理能力も同時に見て、生活の豊かさも向上するというシナリオです。

一番下にご書いてございますのは、具体的に我々が手前みそでやってもしようがありませんので、客観的な評価をしていただくような調査機関と連携しながら、このバランス、両立というものを調べていこうと思っております。

次、お願いいたします。今、プログラム体制は7PMになっておりまして、今回の中間評価がソシオCAという、石黒、南澤、金井の3PMについてですが、昨年度立ち上げました体内の中を調べるCAですね、新井、山西PMと、あと具体的に研究開発でCAだけを作ればいいのではなくて、その結果を受ける制度課題、具体的にはこうしたものを導入するには国連と連携したりしなきゃいけないとか、OECDといろいろ提言していかなくちゃいけないという部隊を社会受容基盤として2PMをセットしてございます。

次、お願いいたします。具体的な3PMの成果ですが、石黒PMについては、世界に比べて圧倒的に挑戦的で、かつ革新的な成果が出始めております。一つはメタバースといいますと、例えば今、1×1が、1人の人が1体を動かすというものが中心ですが、石黒PMの方はもう既に1人で20体動かせる。これはタスクの難しさによって違います。あとは複数人で3人で1体を動かすような遠隔操作が可能であるということを実証実験で確認している。いろいろなというのは60近い実証実験を3年間でやりまして、河野大臣のCAについては、河野大臣が何をしゃべるかというものと同様に、具体的な所作も自動生成できるようなもので、皆さんで言うとパワーポイントを作ったら、それでロボットがどうやって手足や頭や何かを動かすかというところまで自動的にやるようなものを作っております。

あとやはり100体を超えるようなCAが10日間きちんと動くという実証実験もしております。この100体がだんだん多くなって将来的に100万體ぐらいのものが動くようなCAのプラットフォームを開発する礎になって、これからドバイ等で実証実験をするときに、台数が増えても動くということ、また国外と連携してやっても動くというものをこれから明らかにしようと思っています。

それでいうと、国際的には、話す・聞くについてはフランスとかBBC等で非常に受けてメディアで取り上げられたり、国際コンペティションでもやはり世界一を取っているようなものを出しておりますし、ChatGPTがございしますが、やはりそのまま使っては誤った発言が出てきたりします。そこら辺を不適切な対話を修正するというのもやっております。

次、お願いいたします。南澤・金井PMについては、南澤PMについてはこの分身ロボットカフェという、新日本橋にあります。このシステムでALSの患者さんを含むような重い障害を抱える人が1人で5体のCAを動かしてサービスを開始しております。また、2人の障害者の方が一緒になって、今、写真にありますマニピュレーターを動かしてパンケーキのトッピングを動かしているということもやって、5週間動かして一応こうした方が重い障害を抱える方も働く機会を持てるということが分かってまいりました。

金井チームについては、侵襲・非侵襲・非接触というBMI、ブレインマシンインターフェースというのをずっとやっておりますが、侵襲型でありますとイーロンマスクさんたちとかベンチャーでやっておりますが、やはり脳の骨を開けるという開頭手術がありますので、私は利用者目線で開発していきたいということで、できるだけ負担の少ないやり方として、極低侵襲というBMIを昨年度から始めておまして、これはその図にあります太い静脈血管にステントを入れるというやり方はあるのですが、更に難しい毛細血管の中にステントを入れていって、そのステントも一番右の図にあります。らせん型で電子回路が入っております。生体になじむ電子回路で動くようなものを作り始めて、僅か6か月ぐらいで豚の中で脳活動、その血管の周りにある脳活動を計測できるというところまで検証し始めてきておまして、これは世界に先駆けたものだと思っています。

次、お願いいたします。最後にマネジメントについて説明させていただきますと、プログラム体制の強化ということで、今申し上げました極低侵襲だとか体内CAですとか、社会受容基盤の研究を開始しまして、国際アドバイザーボードで国際的に欧米だけではなくて中東ですとかアジアの方にもやはり実証実験を拡大すべきだという意見で今、進めております。目標3とは、特に関連が深い国際標準化において我々はCAというものを開発します。福田先生たち

はA I ロボットというのを開発します。これが同じネットワークにつながれば、1つのアプリがいろんな組合せでサービスを生み出すとっておりますので、その国際標準化がおおむね2025年に第1回目の技術仕様を出せそうだなというめどが立ってまいりました。

国際連携ではI A B（インターナショナル・アドバイザリー・ボード）を通じて国際力を強化するということで、ドバイとバルセロナでの実験をこれから進めようと思っておりますし、今申しあげました国際標準化はOMG（Object Management Group）というところで実現しております。

あと企業コンソーシアムについては、石黒・南澤それぞれ増えておりまして、先ほどの16市場産業からすると、製造業の方も入ってきております。

広報のアウトリーチは若者が考えるようなC A社会像の動画を萩田たちPDがいろいろ言わないでやるみたいなことも始めておりますし、データマネジメントも石黒・金井を通じて国際的に発表する段階です。多分ドバイの実験が進めば、もう少ししっかりしたものを出せるのではないかと考えています。

以上で発表を終わらせていただきます。御清聴ありがとうございました。

○上山議員 ありがとうございました。

では、ここから15分ほど時間ありますので、皆さんからの御質問、御意見等頂きたいと思っております。どなたでも結構ですが、お手をお挙げいただけますか。

では光石議員、どうぞ。

○光石議員 おはようございます。

生産性の向上という言葉が使われていますが、この言葉だけを見ると工場か何かの生産性を向上するように思えますが、基本的には労働生産性という人が関わるものであると考えてよいでしょうか。

○萩田PD おっしゃるとおりです。福田先生の方はA I ロボットの自律なのですが、我々はどちらかという、雇用創出という遠隔で仕事をするという方を仮定しております。

○光石議員 その意味では労働生産性ということですね。

○萩田PD そうです、労働生産性。

○光石議員 ありがとうございます。

○上山議員 波多野議員に行ってから、梶原議員。

○波多野議員 御説明ありがとうございます。

私は定期的に進捗を伺っておりますので、この課題1がどれだけ進んでいるかということも認

識しております。その上で、労働人口の減少は病院のでも働き方改革が始まるなど喫緊の課題です。もう少し早く目標やマイルストーンを実現するには課題がございますか、を伺いたいと思います。またブレインテック、超低侵襲というのは非常にプロミッシングだと思っていて、ブレインテックは様々の取り組みが世界で進んでいますが、もちろん倫理的問題もあり、その辺のガイドラインを出されていると思うのですが、それを国際的に共通のルール作りを主導できないか、を伺いたいと思います。よろしくをお願いします。

○萩田PD 分かりました。ブレインテックの方から申しますと、今我々は世の中でBMI、ブレインマシンインターフェースとしていろいろ発売されているので、それらを利用者の立場に立って、一体どういう基準を見ればいいのかということをお我々なりに考えて、外部有識者の方も入れて和文と英文で発信いたしました。そうしたら、具体的にUNESCOの方からも招待を受けたり、OECDからも問合せが来たりして、何を言っているかということ、先ほどOMGでCA基盤の国際標準化ができましたという、それは機械側の話なのですが、人間側の人権とかそちらはどうなっているのだということを整理するような意味で、国際的なルールメイキングを作るために今、やはり世の中は注目してくれているのかなということで、今後ともこの活動は広げていきたいのと、このブレインテックはテックだけではなくて具体的なエビデンスブックというのも並行して出しておまして、世の中の最先端の研究成果がどういうことを言っているかということまで含めて2本立てで公表するようにしていきたいと思っています。

最初の波多野委員が言われたやつは、もう一度言っていただけますか。

○波多野議員 ムーンショットではあるものの、早急に社会実装の可能性はいかがでしょうか？例えば私はロボットカフェ、実際に従事していらっしゃる心臓病の方とお話したことがあって、社会へ貢献しているという感動を持っていらっしゃる、とても善いなと思っっているのですが、もっと早くアバターも含めて社会実装するというときの課題は何でしょうか。2030年を目指していらっしゃいますが、もっと前に実現をしていただきたく期待します。

○萩田PD 今のはやはりすばらしい質問だと思うのですが、一応16市場産業の中でもそうしたサービス系は石黒・南澤を中心にできるだけ前倒ししてやろうということをしておりまして、実は最初の3年目というのは1人3体ぐらいまでが限界かなと思っていたのですが、実は5体とか、石黒さんですと20体ぐらいやっております、これは目標を前倒ししないといけないぞということで、今回の3年を受けて更に前倒し、先生おっしゃるような前倒しをこれから進めようと思っ、特にドバイの方でもこうしたものをできるだけ早くできないかというのを今、検討を始めているところです。

実際、小売等を入れていきますと、小売業等もこのやり方でやりますと、店舗に出勤しながらやるよりも遠隔から複数店舗を見てしまうとか、そうしたことも可能ではないかというふうに具体的にコンソーシアムに参加している企業からも意見を頂いておりました、今、先生がおっしゃるような前倒しで今後2025に向けて進めたいなというふうに思っております。できるところからやらせていただいて、製造業等はアクションが要るようなものはもう少し後にせざるを得ないかと考えています。

○波多野議員 分かりました。ありがとうございます。

○上山議員 では、梶原議員、どうぞ。

○梶原議員 どうもありがとうございます。

国際標準化について質問がございます。先ほど回答いただいた部分と重なるところがあるのですが、OMGで標準化を実現しているということでしたが、市場形成やインターオペラビリティなどといった国際標準化の目的を考えるときに、この領域は恐らく先ほどおっしゃったような人権や社会受容といった観点も入ってくるのではないかと思います。OMG以外のところで標準化のような動きがあるのか、また、ドバイで取り組んだ結果なども社会受容の観点から日本と共通になるのかどうかも気になります。多分グローバルにコンセンサスを得ていく方向になると思いましたので、OMG以外のところのミドルウェアの標準化において、どういう目的を想定されているのか確認したいと思いました。おそらくインターオペラビリティを考えていらっしゃると思いますが、実際にはどうでしょうか。また、ここではオープンソース的なものにして解放する構想を持っていらっしゃるかどうか確認させていただきたいと思いました。

また、6ページでCAの利用分野数とCAの利用者数の指標を新しく設定されていますが、評価を行う観点で、指標を持たれるのは非常に素晴らしいことだと思います。ただ具体的にそれをどのように、どのタイミングでカウントしていく想定なのでしょう。最終的に2050年にカウントすることになるのかもしれませんが、どのような具体的な数字目標を掲げているのかを教えてください。よろしく願いいたします。以上です。

○萩田PD オープンソースの話ですが、今度バルセロナとドバイでやらせていただきますが、これはバルセロナについては、EUはやはりGDPRというのがございますので、遠隔操作者がヨーロッパの方がやっていたときに、そのデータを日本の方に持ってくるみたいなものもそもそも許されるのかどうか、どういう範囲だったら許されるのか、そうしたところの一つの敷居を検討しようと思っております。

ドバイはやはり年間8,600万、資料には8,000万人と書いてございますが、8,6

00万人が乗降するハブでして、ある意味世界中のいろんな方が集まるところで、そこで実験をしますと、欧米だけではなくてグローバルサウスも含めていろいろなデータが取れるのかなと。そのデータを取るときに、ドバイの方たちもアバターに対しては非常に興味を持っていただいておりますので、そうした国民性といいますか文化の差みたいなものをやはり標準化に反映させていきたい。また、OMGでさえもサービスの違いによってどうやって作り上げるかということも今、RoSO (OMG Robotic Service Ontology) という名前で標準化を進めており、オントロジーに文化的なものも入れるようなものを今、考えております。

指標の1、2ですが、指標についてはこれから、先ほどもプレゼンしましたが、手前みそにならないように外部の機関を入れてするか。一番大きいのは労働生産性の分母です。分母が今までは産業ごとに投入した人の数なのですが、我々の目標値は誰もがというところがありますので、これを一度、國領先生たちのJSTの中のRISTEXの中でも検討していただきまして、経済的にはインクルーシブ生産性みたいな新しい尺度を考えた方がいいのではないかみたいなことを言われています。そうしたものも含めて具体的にはそうした客観的な評価ができる機関と今後連携して評価をしていただくかなというふうに思っています。大まかに言いますと、そうした回答です。

○上山議員 ありがとうございます。

次はオンラインで佐藤議員、どうぞ。

○佐藤議員 ありがとうございます。

今回のムーンショット目標1の進捗状況、それから実績を拝見して大変心強く思いましたし、是非力強く進めていただきたいと思います。

応援団の1人として、あえて二つ、こうしたプロジェクトを国民経済的な中にインサートしていくときに非常に大事なことは、国民的理解とか許容性があるかどうかということだと思っていて、そこに問題が生じると一遍にスピードが落ちてしまうということがあり得るので、それを懸念するのですが、その観点から先ほどプロダクティビティの話がありましたが、これは重症患者の方の働き口を作るとか、そういった意味でのプロダクティビティの向上というのは非常に大きな期待が持てるのですが、しかしよく考えてみると、これは通常の健常者から労働機会を奪うということにも当然出てくる訳で、ロボティクス全体に言えることですが、そうした問題について、どう折り合いを付けるのかということについて、今でなくてもいいのですが、これが社会実装化していくときに、その国民的理解というものをどう立て付けていくのかということは極めて重要なポイントになってくるのかと思いますので、今の段階でどのよう

なアプローチがあり得るのかなというのが一つと、それから同じく2点目ですが、バーチャル世界における最大の問題というのは、例えば法制度とか社会構成制度というものが十分整わない中でバーチャルの世界が立ち上がってくるということになると、警察の問題だとか法律の問題だとか事故の問題とか、これは別にムーンショットの目標1に限った話ではないのですが、これも社会実装化ということを考えた場合には避けて通れない問題になってきますので、先生のこれから先のプロジェクトの中でこうした非常に難しい問題、どんどん進めていただきたいのですが、どこかでゴールを目指していかなければ国民的な理解が得られない問題をどのように考えているのか。今の段階で結構ですが、先生のお考えをお聞かせいただければ大変助かります。

○萩田PD 正しくすばらしいコメントを頂きましたが、一言で言うと、バランスというのを常に考えております。バランスというのは働く人の労働の利用者の中でのバランスです。今、議員が言われたようなハンディキャップの人たちと通常の人たちの間のバランスもありますし、研究開発において研究開発だけをやっていたら駄目なので、制度課題も一緒に考えていくというバランスもございます。あとはやはり国際的な差ですね、日本の中の違いと国際的な差をしっかりと見るという、そうしたいろんな意味で、お箸の両端ですが、両端をしっかりとバランスしながら調べていくのが大事かと思っております。

以上です。

○佐藤議員 今の点で追加的に人文系の方の知見のある方とか、これからプロジェクトに加えていくということもあり得ると考えてよろしいですか。

○萩田PD 社会受容は人文系です。だから、首相(のAI戦略会議)の中に入っているAI関係の方もパフォーマーに入っておりますので、それはかなり強化して、あとお医者さんのところもいっぱい入っております。

○佐藤議員 分かりました。ありがとうございます。

○上山議員 では、篠原議員。

○篠原議員 簡単に二つ質問させてください。

まず一つは南澤プロジェクトの件なのですが、弊社も3年ぐらい前からオリィ研究所と一緒にあって(NTT)持ち株の受付、お客様の受付を全部ロボットを使って障害者の方にやっていたということがあるのですから、結構実現性は高いと思うのです。これからの方向感なのですが、例えば適用できる領域を増やすために、例えば業者別若しくは疾患別、障害者の方の疾患別に合わせて新たな操作をアクチュエーターとかロボットみたいなものを作るのがこ

れからの方向なのか、それとも別の方向なのかというのを教えていただきたいというのが1点です。

もう一点が、石黒先生の11ページを見ると、特に下の四つ言葉が書いてあるのですが、下のところを見ると、大規模言語モデルをこれから一所懸命開発していこうということをなさっているふうに思えるのですが、そうした理解でよろしいのでしょうか。

○萩田PD 大規模何でしょうか、大規模。

○篠原議員 大規模言語モデル、要するに不適切な対話行動を適切な発言に変えていくとか、あと「見て概念を創る」と、これって正しく大規模言語モデルの話になってくるのですが、それをここの中で新たにやろうとなさっているというふうに思えばいいのですかね。

○萩田PD 大規模言語だけではなくて、ここに書いてある対話行動なのです。だから、ロボットですから動かさないといけないので、その動かし方のモデルも含めて、今作ろうと思っております。よろしいですか、それで。

○篠原議員 動かし方の方だったらいいのですが、大規模言語モデルを作るとなると、とんでもないお金が掛かってきますし、ほかの国のいろんなプロジェクトも動いていますので、そことの連携を是非やっていただけたらいいかなと思いました。

○萩田PD あとコンソーシアムの中にやはり大規模言語モデルの日本版を作ろうという企業も参加しておりますので、全てムーンショットのお金でやるということよりは、やはりコンソーシアムとの連携をうまく使っていきながら開発していこうと思っています。

あと南澤さんについては、確かにおっしゃるようにアクセシビリティというのがそれぞれの患者さんによって違います。このインターフェースをどうやって作るかというのは、南澤さん、むしろ身体の制約からの解放ですので、そのアクチュエーターの意味でどうやったバランスのあるアクチュエーターを作っていくかというところがこれからの課題になっていくかと思えます。

○篠原議員 ありがとうございます。

○上山議員 次は松本オブザーバ、どうぞ。

○松本科学技術顧問 ありがとうございます。

前提として、5ページに今後の日本の人口動態を出しておられますが、今後海外からの移民は当然あると思うのですが、このCAを使うと海外の人とも容易に協力できる環境になると思えます。そうするとこうした日本の人口動態における前提が急速に変わってしまう可能性もあるような気がします。それから、65歳以上って、昔と考えるとずっと元気ですよ。

そうすると、十分定年を延長してもきちんと働けるということはあると思います。

もう一つ、E L S I 的な問題として気になるのは、こうしたアバターが分身としてのロボットまで発展していくと、ロボットが人間と同じ、更には運動能力とかは発達してきていますよね。そうすると、その使い方をどういうふうに規制していくのかということも、コンセンサスを考えて設計していかないと難しい問題に入ってしまうと思います。

それから、もう一つ体内C A というところで、非常に重要な概念だと思いますが、例えば既に片岡先生などは体内病院という言い方をされていますが、幾つものプロジェクトを持っておられるので、連携などもうまく図っていただけると、ムーンショットとしての価値が更に高まるのかなと思ってお聞きする次第です。

○萩田PD ありがとうございます。

一応目標2とは、あちら未病ということでやられておりますので、一応いつ頃合流できるかみたいなことはお話ししたことはございます。今後とも先生言われるような他の連携、片岡先生ですとかそうしたところとも今後意見交換をしていきたいと思います。

あとE L S I については今やはりC A というのがきちんと世の中に入っていくと、電気製品などの商品にC E マークとかございますが、そうした認証の作り方がこれから極めて重要になっていくかなど。そのときに先ほど佐藤議員からもありましたような、コンセンサスを取りながら認証のシステムを導入していくという、やはり制度課題をどう解くかというのが極めて重要なので、我々のチームには一応社会受容基盤というところで、その部隊を作りましたので、そこが国内外に発信して提言していくというシステムと、やはり市民の方と話す機会を持って厳しく評価していただいて世の中に入っていく仕組みを作っていきたいなど。今までの研究開発はどちらかというと、研究開発とE L S I の課題ぐらいまでで終わっていたのですが、やはり我々は制度改革の具体的な動きまでやっ飛ばさないとというのが、このムーンショット目標1の目指すところ。それはやはり海外と今これからやることによって、又は先生がおっしゃるような場合の2025に万博がございます。この万博でも海外の人はどういうふうに我々のアバターを使うのかなというのを具体的にデータとして取りたいというふうに思っております。

以上です。

○上山議員 菅議員、どうぞ。

○菅議員 御説明ありがとうございました。

本日は多分進捗のあったプログラムの方を中心にお話ししていただいたのだと思うのですが、私、実はムーンショットという立ち位置から考えると、新井PJと山西PJの進捗がどんなも

のなのかというのが非常に興味深いところでして、少し拝見する限り、以前拝見した資料から余り変わっていない印象を受けるのですが、何か進捗はあるのでしょうか。もし余り進捗がないようでしたら、何がそれを妨げているのかということもお伝えいただければ幸いです。

○萩田PD 新井、山西プロジェクトは今正しく実際スタートしたのが今年の初めぐらいからではないかと思います。ですので、まだ短い期間ではあるので、ほかのソシオCAも最初の1年目というのはこのぐらいであるので、S字曲線を成果として書き始めますので、多分来年ぐらいにお話しするときには具体的にこうしたプロミッシングなところが出てきたよということを報告できると思いますので、もう少し待っていただければと思います。そのときにきちんと御説明させていただきますので、よろしくお願ひします。

○上山議員 ありがとうございます。

私から本当に簡単に。

ムーンショットのこのプロジェクトは、やはり大きなアウトカムとして社会的な制度改革みたいにつなげていくということだと思うので、そうした面がどうしても評価としては出てくると思うのです。そうすると、8ページに書かれているようなマイルストーンマイルストーンですよ。このプロジェクトから社会的な生産性、労働の生産性の向上と、それから豊かさの向上みたいなアウトカムをどこではかるのかというのが大きなテーマになってくると思います。ここではまだ御説明いただけていないのですが、多分それが全体のプロジェクトの評価になっていくということで、このような研究は経済学の分野ではずっとやってきていることです、特に行動経済学ですよ。國領先生の名前が出ましたが、彼はRISTEXでやっているのは、どちらかというとなり経営的な分析ですが、行動経済学というとなり、例えば幸せの指標とかウェルビーイングの効用性みたいなことを人間の行動と絡めて議論していますので、そうしたことは多分入ってくるのではないかというふうには思ったのが一つです。

もう一つは、今日のお話ではテーマになりませんでした、社会受容基盤のところ。このような研究では、新しい技術が社会にどういうふうに入れられるかという視点が出てくるのですが、新保さんは日本の立法学者の中でとても珍しい、この類いのことをやる立法学者なのですよ。その手の研究者は少ないのです、法律関係のところ。だから、アウトカムが実際に法的な制度の中でどんなふうコンセンサスが得られるのか、立法学者の中でのコンセンサスをどう取っていくかという話はとても関心があります。法学者の中でこんな議論できる人が少ないので、日本では。そうした意味で、それをまた教えていただきたいという希望だけ申し上げておきます。どうぞよろしくお願ひいたします。

○萩田PD ありがとうございます。

一応計量経済学の先生も新保さんたちに入れてありますので、そうした視点で意見をもらえると記載しております。

○上山議員 そうですね。むしろ行動経済学者ですよね、計量経済というのは伝統的な経済学ですが。どうぞまたよろしく願いいたします。ありがとうございます。

それでは、時間が十数分過ぎてしまいました。目標1のムーンショットについての御報告を頂いたところで、次の目標6に行きたいと思います。

先生、どうもありがとうございました。

○萩田PD ありがとうございます。失礼いたします。

○上山議員 それでは、目標6に移っていただけますか。北川先生、御報告をどうぞよろしく願います。

○北川PD おはようございます。

ムーンショット目標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のPDを務めております北川です。本日はプログラムの進捗状況を御報告いたします。

次、願います。まず、目標6の概要、次に研究開発の成果及び周辺動向、プログラムマネジメントの状況、最後に今後の方向性についてお話しします。

次のページ、願います。社会を大きく変革させる汎用量子コンピュータを実現することで様々な応用が想定されるのですが、ここでは科学的な知見に基づいて代表的なものを挙げます。

次のページ、願います。目指す社会像は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困難な問題が解決された社会です。触媒や酵素での化学反応は僅かなエネルギー差によって生じるため、それを解明するためには多くの電子が複雑にもつれ合った量子状態のエネルギーを精密に計算する必要があります。生物が行う酵素反応には50個から70個の電子が関わっており、そのエネルギーを正確に求めることはスパコンでも非常に困難で、事実上不可能と言われております。それは2の50乗を超えるような複素係数を計算しなければならないからです。しかし、量子コンピュータは複雑にもつれ合った量子状態をありのままに計算しエネルギーを精密に計算できると期待されております。

次のページをお願いします。例えば現在、窒素肥料の原料であるアンモニアの工業的生産に人類の全消費エネルギーの2%程度、英国一国分に相当する大量のエネルギーが使われていま

す。100年以上前に発明されたハーバー・ボッシュ法によって空気中の窒素をアンモニアとして固定し、空気からパンを作る方法とされています。しかし、自然界ではマメ科の植物の根に寄生する根粒菌が酵素反応によって、はるかに省エネの方法で空気中の窒素を固定しています。この酵素反応を量子コンピュータで解明し、それを人工的にまねすることができればエネルギー問題と食料問題を同時に解決できると期待されます。

同様に、植物が行っている光合成を量子コンピュータで解明し、人工的に模倣することができれば地球温暖化の問題の解決が期待されます。

次のページ、お願いします。そこで大規模な量子状態の厳密計算が可能で、スパコンの能力を超えるような量子コンピュータを実現するのが目標6の課題です。量子コンピュータではビットの代わりに量子ビットを計算に用います。量子ビットは非常にもろくて、すぐに誤りが生じてしまいます。現在実現している量子コンピュータは量子ビット数は数十から数百程度です。一番多いIBMの超伝導が400量子ビット、国産では理研や富士通の超伝導が64量子ビットです。来年には原子を使って1,000量子ビットができるというアナウンスが先日ありました。全てNISQと言いますが、Noisy Intermediate-Scale Quantumと呼ばれる誤りのある中規模なものです。大規模計算を行うには、量子誤り訂正と言いますが、誤りを訂正して物理的な量子ビットよりも誤りのはるかに小さな論理的な量子ビットを作る必要があります。誤り訂正の途中でもまた誤りが生じますので、誤りを厳重にも何重にも行って大規模な計算が可能となるレベルまで論理量子ビットの誤りを小さくします。これが目標6の目指す誤り耐性型量子コンピュータ、Fault Tolerant Quantum ComputerでFTQCと言います。現在の量子コンピュータとはこのように大きなギャップがあります。それを埋めるには量子ビット数を飛躍的に増やし、質も高めて誤り確率を閾値以下にし、量子誤り訂正を行う必要があります。

次のページ、お願いします。現在このように超伝導、イオン、光、半導体、中性原子と世界的に大競争が繰り広げられておりまして、海外ではグーグル、IBM、インテルといった巨大IT企業のほかに、多くの専門ベンチャーが参入し、1社1,000億円程度の資金を調達しています。我が国のムーンショットが2020年にスタートした後、IONQやグーグルが2028年、29年に1,000論理量子ビットを目指すなど、非常に挑戦的な目標を掲げています。量子誤り訂正の研究も活発化してきており、今年に入って量子誤り訂正のブレークイーブン、つまり物理量子ビットよりも誤りの小さな論理量子ビットが米中から報告され、今年が量子誤り訂正元年となる予定です。最近ではIBMを含む全ての参加者がFTQCを目指し始め

ています。

次のページ、お願いします。各国政府の研究開発投資も非常に活発化しておりまして、5年で1,000億円から2,000億円を量子技術分野に投資しております。その大きな部分が、そのど真ん中にある量子コンピュータに使われていると考えられています。ここに挙げた主要国以外にも、オランダ、デンマーク、スイス、フィンランド、カナダなどが国の規模に比較しますと比較的大きな研究開発投資を行っております。

次のページ、お願いします。ムーンショット目標6では2050年までにスパコンを凌駕する誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現することを目指しておりまして、そこに至るまでのマイルストーンをこのように設定しています。

2030年までに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、その有効性を実証します。当初5年間のマイルストーンは2025年に量子誤り訂正に必要な規模まで量子ビット数を増やすことのできる技術の開発と、それに適した量子誤り訂正方式の開発を掲げています。

また、中間である2023年には、将来増やすことが可能となる量子ビットの作成と、それに適した量子誤り訂正方式の提案としています。

次のページ、お願いします。量子誤り訂正を行うには、冗長な、つまり余分な量子ビットが大量に必要で、更に元の量子ビットの誤り率も例えば0.1%以下とか0.01%以下など、ある程度小さくする必要があります。つまり量子ビットは量と質ともに非常に重要です。そのため、超伝導、イオン、光、半導体、原子など複数の系で競争的にハードウェアの研究開発を行います。更に、一つの量子チップの限界を超えて大規模化するためにチップ間を量子的に接続する量子通信ネットワークの研究開発も行っています。その上で、誤り耐性を実現するために理論、ソフトウェア等、大規模な量子誤り訂正のシステムの研究開発を行っています。これら三つのカテゴリーの協力によって、2030年には一定規模の量子コンピュータを開発して、量子誤り訂正の有効性を実証します。

次のページ、お願いします。2020年度に7プロジェクト、2022年度に5プロジェクトを採択し、現在のプログラムのポートフォリオはこのようになっています。量子ハードウェアが超伝導、イオン、光、半導体が二つ、それと原子が二つの7プロジェクト。量子通信ネットワークが量子インターフェース二つとネットワークシステム一つの3プロジェクト。誤り耐性が理論ソフトウェア一つと誤り訂正システムの2プロジェクトです。ハードウェア同士は競争しながら横串となる量子通信や誤り耐性とは連携しています。このように横串を通した研究

開発体制が目標6の特徴です。

次のページ、お願いします。目標6には3名のSPDを含む11名のアドバイザーがいて、各プロジェクトPMに対するアドバイスと評価を行っています。

次のページ、お願いします。目標の達成に向けた取組と革新的な成果を御紹介します。超伝導の山本剛プロジェクトでは、集積化のための積層チップの設計、作成、評価の目標を達成しました。また、誤り訂正能力が期待される猫状態の量子ビットとその観測に成功しました。

次のページ、お願いします。光の古澤プロジェクトでは、光パラメトリック増幅器によって世界最高レベルの8デシベルのスケーリングを広帯域で実現し、更に超伝導光子数識別器を開発して誤り訂正能力が期待されるGKP量子ビットの最初の実験に成功しました。

次のページ、お願いします。シリコでは水野プロジェクトの理研グループ、現在の樽茶プロジェクトで世界最高レベルの高忠実度の2量子ビットゲートを実現して目標を達成し、3量子ビットで位相反転エラーの誤り訂正実験を世界に先駆けて行いました。これらはいずれも「Nature」に掲載された顕著な成果です。

次のページ、お願いします。誤り耐性理論・ソフトウェアの小芦プロジェクトでは、クロスレイヤー協調設計モデルのひな型として、超伝導量子ビットと表面符号の主要な方式について、全てのレイヤーを含むソフトウェア群を構築しました。この誤り耐性量子コンピュータというのは非常に多くのレイヤーから構成される非常に複雑なシステムで、異なるレイヤー間のパラメータのトレードオフなどは簡単には分かりません。そこでこのモデルによって、それが分かるようになります。また、今後このモデルを超伝導以外のほかの量子ハードウェアをこのモデルに乗せることによって、それらの比較を科学的・定量的に行えるようになることを期待しています。

次のページ、お願いします。これは目標6の各プロジェクトと世界的な動向を比較したものです。超伝導では将来の大規模化に必要な集積化の要素技術を網羅的にカバーしています。イオオでは将来の大規模化の肝となる光接続技術を開発中です。光では独自の方式で世界トップを独走中です。半導体では世界トップレベルの質の量子ビット、量子ゲートを実現し、量子誤り訂正実験も行っています。量子通信ではダイヤモンドを使った独自の量子インターフェースを開発中で、また多チャンネルの光子検出器も実現しています。誤り訂正では世界に先駆けてFTQCのクロスレイヤー協調設計モデルを構築いたしました。

次のページ、お願いします。プログラムマネジメントですが、まず国際的にはこの7月に海外からトップレベルの研究者を招いて目標6の国際的な中間評価を兼ねた国際シンポジウムを

開催しました。我が国の量子技術イノベーション拠点Q I Hが主催する国際会議、Q u a n t u m I n n o v e t i o nは初回の2021年から目標6として共催しています。また、P Dとして米国、オランダなどの在京大使館やドイツ政府代表団に対して目標6の紹介を行いました。各プロジェクトも国際的な共同研究、研究交流、それから若手育成のための人材交流を活発に行っています。

次のページ、お願いします。次に産業界との連携については、山本剛プロジェクトで浜松ホトニクスが開発した超伝導光子検出器を他のプロジェクトにも提供し、またG7で展示いたしました。山本剛プロジェクトでアルバックとアルバック・クライオが開発中の希釈冷凍機が完成すると、純国産の超伝導量子コンピュータが誕生します。産業界、特に製造業との連携を深め、参入を促すために、Q-S T A R「量子技術による新産業創出協議会」と合同で量子コンピュータ技術討論会を行っています。

現在、目標6の12プロジェクト中3名のPMが民間企業、NEC、日立、メルカリ所属で全部で13社の企業が目標6に参画しています。2026年から30年と、更にそれ以降をにらんで産業界からの更なる参画が必須であり、そのための活動を行ってまいります。

次のページ、お願いします。広報・アウトリーチとして毎年3月に公開シンポジウムを開催し、オンラインでも配信しています。人材育成として昨年度まで文部科学省Q-L E A Pの教育プログラムと共催でサマースクールを行ってまいりました。今年度からは量子技術イノベーション拠点Q I Hと共催で行い、来年3月にスプリングスクールを開催します。

横断的な取組として、数理科学やE L S Iのワークショップを行いました。また、目標4、目標5との連携として、これらの目標に量子コンピュータが貢献できる問題を探索いたします。

次のページ、お願いします。プロジェクトの評価結果と対応方針は以下のとおりです。S評価は光の古澤プロジェクトと誤り耐性の小芦プロジェクトの2プロジェクトで、他は全てA評価です。加速については超伝導、山本剛プロジェクトで開発した希釈冷凍機を用いて要素技術を統合するテストベッド構築を、インテグレーションと社会実装の加速として認めました。光の古澤プロジェクトのF T Q C達成前の早期のクラウド化と高速化のためのA S I C作製をインテグレーションと社会実装の加速として認めました。また、小芦プロジェクトのクロスレイヤー協調設計モデルを他の物理系を拡張することを加速するために、人材面を強化する予定です。他のプロジェクトについては全て継続といたしました。

次のページ、お願いします。プログラム評価については、この分野の著名な研究者に外部評価を行っていただきました。国内から細谷先生、今井先生、海外からはオックスフォードのE

k e r t 先生、M I T の C h u a n g 先生、U N S W の S i m m o m s 先生です。

次のページ、お願いします。評価結果ですが量子ハードウェアのプロジェクトを縦糸、量子通信、誤り耐性のプロジェクトを横糸とするポートフォリオが非常に高く評価されました。また、世界をリードする成果も出ており、全体として前倒しで研究が進んでいると評価されました。国際連携や人材育成も高く評価されました。

その上で幾つかサジェスションを頂きましたので、それに基づいて今後の方向性を述べます。

次のページ、お願いします。中間評価で今後の課題として四つ指摘されました。要素技術を統合して形にする必要があること。横通しをより広く推進する必要があること。量子化学などのアプリケーションと計算機科学の専門家の参加。産業界からの更なる参画。全体的確な御指摘であり、P D として必要と考えていたことでもありますので、下記のとおり対応してまいります。

各プロジェクトのインテグレーションを加速します。横通しの要となる研究者を補強するなどして連携を強化します。量子化学などアプリケーションと計算機科学の研究者を補強します。既に行っているQ - S T A R の取組を更に強化して、特に製造業との連携を強化いたします。

以上です。御清聴ありがとうございました。

○上山議員 ありがとうございます。

それでは、これから御質問、御意見等を頂きたいと思います。どなたでも結構ですが、お手をお挙げください。よろしいでしょうか。ございませんか。

梶原委員、どうぞ。

○梶原議員 御説明大変ありがとうございました。

プロジェクトの多くが設定されている目標を達成している状況だという非常に力強いお言葉を頂いて、プログラムとして着実に動いているというのがよく分かりました。

その上で、私からは若手の育成に関して質問させていただきたいと思います。18ページに、10名程度の方々を派遣という記載があるのですが、この方々というのは先ほどのムーンショットのそれぞれP M の領域から満遍なく出されているのでしょうか。それとも若手育成する分野というように何か特徴があるのでしょうか。また、誰がそうした人たちを選び決めているものを伺いたいと思いました。やはり人材育成を推進していかないといけないわけですが、この分野についての人材育成はおそらく色々なプログラムのプロジェクトの中で動いていると思います。その全体感や方向性があるのか、今後増やしていく様子などの観点でコメントいただければと思いました。よろしく願いいたします。

○北川PD ありがとうございます。

実はこの派遣に関しては、若干偏っております。やはりPMがそれに積極的と、それと派遣先として適当などいいますか、非常にいい海外の大学や研究機関とコラボレーションしているかというので決まりまして、先ほど名前出ました古澤プロジェクトが一番積極的です。ほかのプロジェクトも徐々に増えていっているというところで、今のところ少し偏っておりますが、ほぼ満遍なくいろんなプロジェクトから若手を派遣しています。その判断はPMが行っているということでもあります。

続きまして、全体的な人材育成、サマースクールのページ、確かに人材育成は重要でして、現在サマースクールというのを重点的にやっております。といいますのは、現在このムーンショット目標6のPMやPIをやっているかなりの部分が2000年代、2010年ぐらいまでやっていたサマースクールで育成された方が多いのです。ということで非常に有効ということで、これを今、重点的にやっているのですが、これは毎年対面では大体50名ぐらい、去年は灘校生1名を含む大学学部生10名だったかな、全部で50名ぐらいで開催しました。これはQ-LEAPのプロジェクトが終わりましたので、今後はQIHという理研にヘッドクォーターがある量子技術イノベーション拠点とムーンショットで共催して毎年行ってまいります。これはサマースクールといいますかスプリングスクールという形なのですが、一方、海外が諸外国といいますか、国際的にはこの分野の量子技術分野の修士課程やドクター博士課程というのがすごい盛んに作られていまして、日本国政府も2020年の量子技術イノベーション戦略において、5年以内にそうしたものを作るという方針を出しましたが、まだ残念ながらどの大学もそこにまだリーチできておりません。私の所属する大阪大学でもそれに向けていろいろやっているのですが、2025年の量子科学技術年となったのですが、2025年が。その年に向けてそうした課程が日本の幾つかの大学でできるように尽力したいと考えております。

○上山議員 よろしいですか。

ほかの方、どうぞ。橋本先生、どうぞ。

○橋本科学技術顧問 どうもありがとうございます。橋本です。

このテーマは本当に今もお話ありましたが、各国どこ話しても最重要テーマの一つとして上がってくるところで、非常に競争も激しいし、それから最先端の研究者に投資をして研究がどんどん進んでいると理解しております。そうした中で、この外部評価をさせていただいている方も国際的に大変著名な方を入れているというので、正しい評価ができていますのだと思いますので、そこはよく理解しているつもりなのですが、その上であえて何うと、やはり物とでも成

果といたしますか、進展がありますよね、~~今これ~~。私自身は専門から少し遠いのでよく分からないのですが、この分野の専門家の方からいろいろお話を聞くことはあって、その中で、特にこの誤り耐性の話というのは、その中でもど真ん中のターゲットなので、本当に世界で競争されていると。これはうわさレベルというよりはもう少し正確な情報として聞いているところによると、最近誤り耐性の方式に対して米国でかなり画期的な成果が出て、まだ発表されていないが数か月後に発表されるという話を聞いています。多分先生の耳にも入っているのではないかと思いますのですが、そうすると、今までターゲットしてきたよりもずっと前倒しでこのものが達成されるのではないかというふうに言われているというふうに専門家の方から聞いたりしているのですが、そうしたふうに、それは一つの事例なのですが、ターゲットが動くのではないかという気がするのです。今、2050年にターゲットしていますが、それが多分どんどん動いて前倒していくのではないかという気がしているのですが、その辺に対する対処法、今のうわさレベルのかなり画期的なものが出たという話なども含めて、どのように北川先生、考えてこれを進めていかれるのでしょうか、これから。

○北川PD ありがとうございます。

今、委員のお話のうわさが、ルーモアが私としてどれに相当するか分からないのですが、誤り耐性に関してはとても活発化して進んでいることは確かです。例えばIBMは去年までは、私、IBMと向こうの中心のジェイガン・ベッタとかも議論を何回もしているのですが、誤り耐性とか誤り訂正、非常にネガティブだったのです。これは中々難しいということで、どちらかというエラーミティゲーションの方に走っていたのですが、ただ、きちんと研究の方はやっていました、IBMも、今、主流と考えられていた表面符号という先ほどの小林プロジェクトでやったモデルがあるのですが、皆さんが世界中でやっているモデルがあるのですが、それだと量子ビット数がたくさん要するというので、もう少しそれよりも少ない量子ビットでできる方法というので、古典のLDPC符号というシャノン限界に達する通信の符号化の符号があるのですが、その量子版というのを盛んに研究していて、それを使うと今まで考えていた10分の1ぐらいの分量でできるというので、今年になってとてもIBMもFTQCを前向きな感じでウェブにも広報していたりします。

そうした話は幾つもあるのですが、その一方で、今年になって初めてできた誤り耐性が少し強いような論理量子ビットというのは、実はたくさん量子ビットを並べて誤り訂正やったのではなくて、たくさんフォトン、光の粒がたくさんあるような状態が少し例えば2倍ぐらい今までより寿命が延びたとか、あるいはアメリカので2倍だと。中国ので15%延びたという、

その程度の話でありまして、まだその間で論理量子ビット間で演算ができるというレベルには到底達していないのです。

それと例えばIBMとかグーグルが言っている、例えば1,000論理量子ビットを100万量子ビットを作ろうとすると、超伝導の量子ビットは今、100とか1,000とか集積できるのですが、これを例えば1万とか10万とか100万とか集積化できるかという、今の技術ではIBMもグーグルもそれはできない。その答えを彼らは持っていないです。1万ぐらい集積して、それを100枚並べるとかそうした今年か今のところは考えられていないということで、この分野は多分前倒しして進んでいく、前のめりに進んでいくとは思いますが、現実その辺の物理的な面は結構厳しいというふうに見ていまして、専門家の国際的な委員の中からも、少しムーンショット目標6のマイルストーンというのは割ととてもグーグルとかに対抗して立てている部分もあるのですが、それは少し前のめり過ぎるのではないかと。非常に高過ぎるのではないかという意見もChuang先生からは頂きました。

ということで、いろんなルーモアとかいろんなアイデアとかどんどん出てくるのですが、そんなに簡単だとは我々は思っていないです、すみません。

○上山議員 では篠原議員。

○篠原議員 簡単に1点だけお願いいたします。

先ほど北川先生から御紹介のあったマイルストーンを考えたときに、2025年に量子ビット数を増やすことのできる技術を開発すると書かれているのですが、現在この七つの方式、ハードウェアの方式ございますよね、この七つの方式を2025年までに幾つかに絞り込んでいくような方向でこれから開発なさるのか、それとも絞り込みというのはもっと先を考えていらっしゃるのか、それどちらなのでしょう。

○北川PD ポートフォリオの図を見せていただけますか、JST。

篠原議員、ありがとうございます。

まず、2025年というお話を一旦置いて、まずどういう形でステージゲート的なことを考えるときに、その段階で一番進んでいるものというよりは将来性のあるもの、先の長い目標なので将来性のあるプロジェクトを残さないといけないです。あるいはその物理系を残さないといけないということになりますと、科学的にそれを割と予測しなきゃいけない訳ですが、それにはこの小芦プロジェクトで作っているクロスレイヤー設計モデルにいろんな物理系を全部乗せて、科学的に比較する必要があると考えていまして、それができ始めるのが多分2025年頃から、本当はすぐにやりたいですが、それが2025年に全部完全にできるかどうかは分

からないです。そうしたことができるようになるのが2025年ぐらいだと考えています。

その時点で絞り込むというのは、例えば同種同士、例えば同じ半導体同士だったら割と比較的絞り込むのは簡単かも知れないですが、異なる物理系を比較するのは非常に難しい。例えば光と超伝導とか非常に難しいので、その辺はこのモデルに乗せながらある程度複数のパラダイムの違うものを並行してやはりもう少し先まで見ていくということが必要なと考えております。

○篠原議員 ありがとうございます。了解しました。

○上山議員 光石議員、どうぞ。

○光石議員 ご説明ありがとうございます。

量子技術の説明はたくさんしていただいたのですが、スライドの4ページ、5ページを見ますと、人工光合成、人工窒素固定とか、生物学あるいは食料関係があります。今日の話からはこの辺にどうつながるのか中々まだ見えていないという気がしますが、これは、例えば6ページのスライドでいえば、かなり右端の方に来ないとできないものなのかどうなのか、4ページ、5ページの辺りが見えてくるのはいつ頃になりそうでしょうか。お願いします。

○北川PD ありがとうございます。

まず、先ほどの光合成とか窒素固定は量子コンピュータで解くためのアルゴリズムとか、それに必要な量子コンピュータはどのぐらいの量子コンピュータが必要かという試算が既に論文として幾つか出ています。そうした意味では、ターゲットとしては割とクリアにどのぐらいの規模のものを作ればいいのかというのは分かっています。どのぐらいの性能のもので、どのぐらいの規模のものを作ればいいのかというのは分かっています。

それが例えば2,000論理量子ビットのFTQCができれば、さっきの窒素固定は計算できるのですが、それがいつ頃できるかという話は、2,000量子ビットができるのは多分もしかしたらそれ自体は2030年以降に割とできるかも知れないのですが、その性能がどこまで出るか、つまり論理量子ビットでもピンキリでありまして、その性能がどこまで出せるかということ、やはり普通の予想だと2040年ぐらいというふうな予想になるのではないかと思います。もちろん画期的なアイデアが出れば前倒しされるのですが、今の通常の考えでいくと、多分2040年頃、汎用ではないが、例えば量子化計算ができるような誤り耐性型量子コンピュータというのは少し手前の段階で、2030年以降、2040年までの間にできるかなとは思っています。それはムーンショットの中と、それから富士通さんとの共同研究、阪大と富士通の共同研究とかできているのですが、この誤り訂正量子コンピュータとNISQのちょうど

間ぐらいに中間的な目標としてアーリーF T Q Cという領域を作りまして、完全なF T Q Cではないのだが、でもほぼほぼF T Q Cという、そうしたものをターゲットとして考えると、それは2030年から2030年以降、割と早い時期に小規模なものならできるのではないかと考えておまして、2025年度以降のターゲットといえますか、マイルストーンの見直しではそうしたのを入れるのがいいのではないかと考えております。

○光石議員 ありがとうございます。

そうした意味で、社会の中でこの成果が見えるものが、具体的なものでもう少し量子ビットの少ないところでもよいのかもしれないですが、別の例と言ってよいのかどうか分かりませんが、そうしたものも示していただけるとうれしいと思いました。

以上です。

○北川PD ありがとうございます。

N I S Qの範囲でしたら、2025年の大阪万博ぐらいに合わせて、先ほどの国産の希釈冷凍機を使ったほぼほぼ純国産の量子コンピュータというのをデモンストレーションすることは可能だと考えております。

○光石議員 ありがとうございます。

○上山議員 ほか、いかがですか。

○松本科学技術顧問 最終的な目標として、大規模な量子状態の厳密計算を可能にする誤り耐性型汎用量子コンピュータということなのですが、こうした複雑な系の計算をやるときに、必ずしも今考えておられる誤り耐性型汎用量子コンピュータではなくても、いろんな計算手法をうまくつなぎ合わせてやっていくということも十分考えられると思うのですが、例えばQ P UとG P UとC P Uを組み合わせるようなことはあり得る話で、そのところはどんなふうターゲットの中で考えておられるのでしょうか。早めにそういったことが可能になってくると、計算科学的には大きなイノベーションが起きるような気がするのですが、そのあたりはいかがですか。

○北川PD ありがとうございます。

そのようなハイブリッドはもともと今のN I S Qと呼ばれている量子コンピュータも、それから将来我々が目指している誤り耐性型も全てハイブリッドでありまして、超伝導の量子部分と、それからハイブリッドの古典部分、先ほど誤り訂正装置などはハイブリッド、純粋古典でして、その部分にはG P Uを使ったりF P G Aを使ったりというので、もちろんA S I Cを使ったりで今やっている訳です。

ただ、そうした古典と量子の組合せで、じゃ、本当に今のさっき言った量子化学計算などで従来の古典のスパコンを破れるかというところに1点に絞りますと、どうしても量子部分が大きくないといけないというふうな、今のところ少なくとも考えられていまして、そうした意味では古典と量子の組合せによって飛躍的に性能が上がるというのは少し考えにくいのです。やはり量子部分に負うところが大きいということでありまして、そうした意味で量子部分の難しさを少し緩和して、さっき言ったアーリーFTQCという段階でそうした量子化学の計算などができるようになるというふうに我々は期待しています。

○松本科学技術顧問 ありがとうございます。

○上山議員 よろしいでしょうか。

私からこの機会に聞いておきたいのと、今のお答えを聞きながら思ったのですが、8ページの中で各国の科学技術関係にすごい大きな資金が入ってきていますよね。こうした投資って実はかなりのところ研究者育成みたいなのところに行くと思うのです。つまり各国では競争的資金がそちらの方に行くというシステムを作っていると思うのですが、先ほどのお話で聞いていたら、ほかの各国は優秀なグラジュエートとかポスドクを集めるような形でこうしたところに資金を集中しております。一方で日本のところは中々難しいのだという話が少し出ましたが、例えば阪大ですら、先生のところでも、それを新しい講座を作るとか新しい育成の仕方をするみたいなのに、ムーンショットみたいなのとても使いやすいお金を利用することが難しいのでしょうか。その構造については何か是非知っておきたいなので、もし御経験の中から考えられることがあったら教えてください。よろしくお願いします。

○北川PD ありがとうございます。

確かにアメリカとかはDOEとかで研究センターを五つとか作りました。そうしたところはもちろん大学の中に大きな研究センターを作っているんで、そこに当然いろんな理学とか工学とかいろんな数学とか物理とか電気とかいろんなところから学生が来るという仕組みを作っています。私もスタンフォードのギンストンに滞在したことがあります。電気応用物理、物理、情報、いろんな学生が来ていました。そうした仕組みが日本の中の大学では作りにくいのです。例えば私、今阪大で量子のセンターのセンター長をやっているんで、QIQBというセンターを作っているんで、ここは結構共創の場の支援のお陰でとてもあるいはムーンショットとか、僕はお金を配る方ですから駄目ですが、PIとかPMもいますので、研究費はたくさん入ってくるのです。そうしたすばらしい研究センターとか研究室はすぐできるのですが、じゃ、そこにいろんな例えば理学部とか工学部とか基礎工学部とかいろんな学部とか大学院から学生が集

まってきた切磋琢磨するみたいな仕組みは今の日本の大学にはほぼほぼないのです。それは大学院重点化のときに協力講座というのが一つしか駄目というふうに絞られてしまったので、研究センターにいろんな専門を持った学生を集めて、そこで研究指導するという仕組みが作りにくくなってしまったという現状があります。

○上山議員 少しまだよく分からないところがありますが、S l a c kなどDOEのお金ですよ。たしか大学予算全体の20%ぐらいまでDOEのGOCOの形式で入っているのですが、あそこなどは完全にミクスチャーしてやっていて、しかもスタイペンもすごいお金を出していると思うのです。

○北川PD 国の出している問題のお金ではなくて、それは多分アメリカでも日本でも国は結構お金を出していただいているので、研究には使えるのですが、新しい研究センターとかにいろんな分野の学生、学部とかが横断的に人を集めるというのが多分、研究課と連携課程とかそうした仕組みを文部科学省が作ってくださっているので、そうしたのを活用すればできるのですが、中々そうしたのにどこの大学も腰が重いということだと思います。

○上山議員 ありがとうございます。

大学は腰が重いということでした。これは大学側にも聞いてみないと分からないですが、競争的資金が幾ら増えても結局次世代の育成のところの一人一人の大学院生とかのところにお金が行くのかな、仕組みがどうなのかなと前から思っていました。ムーンショットみたいなこんなやりやすいお金でも難しいのかなと聞いていて疑問として思ったので、またいろいろと松尾事務局長からもお話を聞いて、文部科学省の政策を教えてくださいたいと思います。ありがとうございました、どうも。

それでは、御質問、コメントないようでしたら、20分ほど過ぎてしまいましたが、ムーンショットの目標6の御報告と御質問を頂きました。活発な議論を頂きましてありがとうございました。

それでは、未来革新研究推進担当においては、本日の議論の内容を関係府省と研究推進法人にお伝えをいただいて、今後の研究を進めていただけるようお願いいたします。公開議題は以上とさせていただきます。どうもありがとうございました。

午前11時20分 閉会